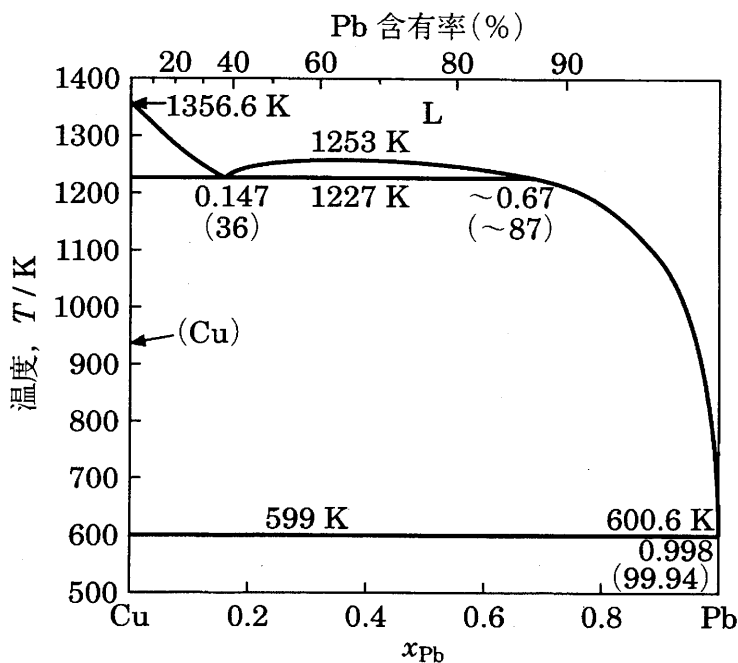


【07】 金属部門

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。)

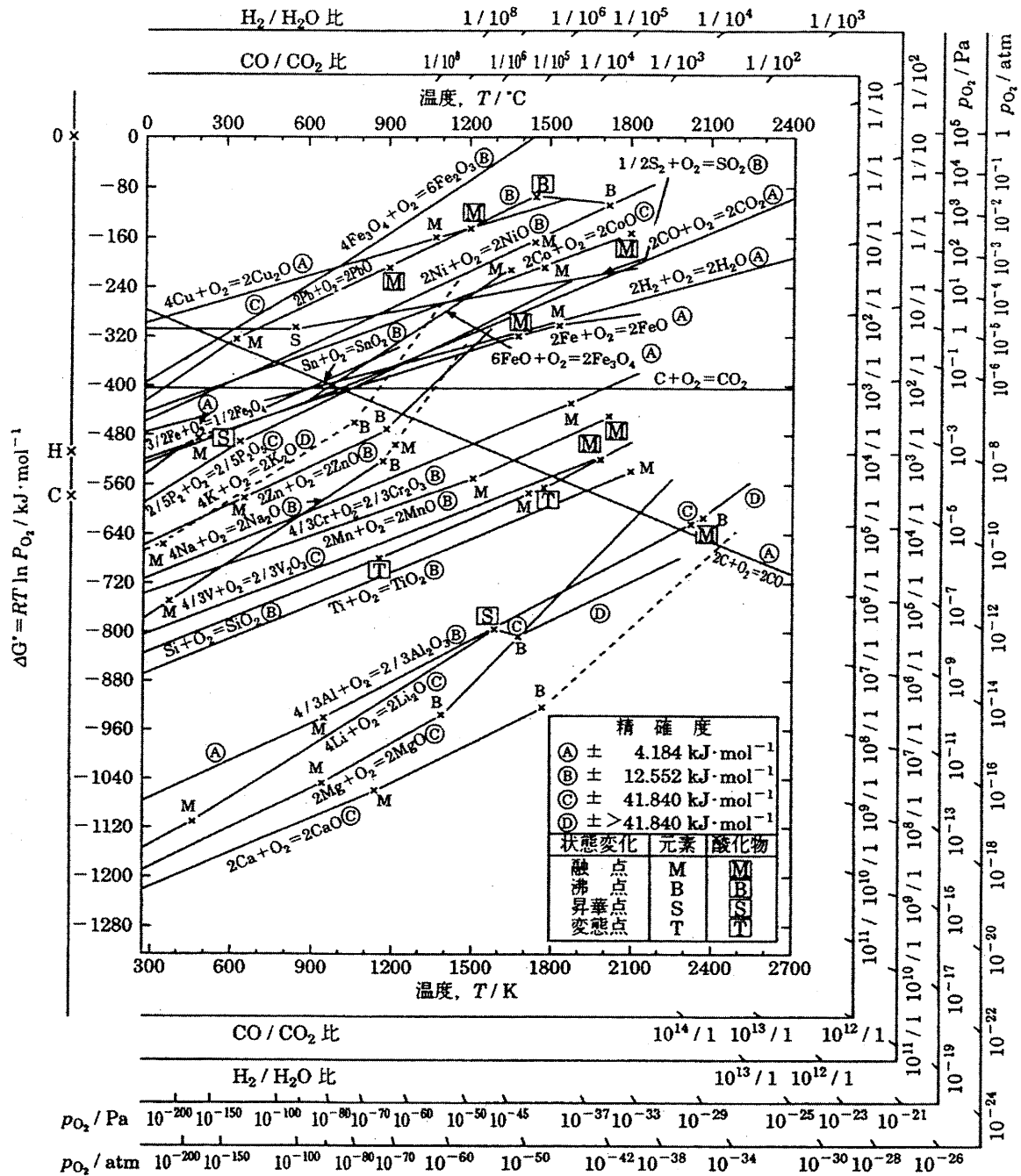
Ⅲ-1 銅 (Cu) - 鉛 (Pb) 2元系状態図 (下図) に関する次の(1)~(3)の記述の正誤について、最も適切な組合せはどれか。



- (1) 熔融銅-鉛合金を凝固させて、純度99 wt%以上の固体鉛を製造することは可能である。
- (2) 1400 KのCu-50 mol%Pb液体合金の鉛の活量は、同じ温度の純粋な鉛の活量よりも高い。
- (3) 銅-鉛2元系では固体の銅、固体の鉛、液体の3相が平衡することはない。

	(1)	(2)	(3)
①	正	誤	誤
②	誤	正	誤
③	誤	誤	正
④	正	正	誤
⑤	正	誤	正

III-2 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。



- 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 これらの線のほとんどはほぼ同じ傾きを持ち、右上がりになっている。これは、それぞれの酸化反応 ( $2m/n M + O_2 = 2/n M_m O_n$ ) において気体 1 モルが消失するため、反応のエンタルピー変化がほぼ同じであることを示している。
- ③ これらの線には、反応に関与する物質の変態点、融点、沸点などにおいて、それらの状態の変化に伴うエントロピー変化に相当する屈折がみられる。
- 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 チタンの線 ( $Ti + O_2 = TiO_2$ ) はカルシウムの線 ( $2Ca + O_2 = 2CaO$ ) より上にあるので、 $TiO_2$ をカルシウムで還元できることが予測できる。

Ⅲ-3 希土類金属の製・精錬，リサイクルに関する次の(1)～(3)の記述の正誤について、最も適切なものはどれか。

- (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)	(2)	(3)
①	正	誤	誤
②	誤	正	誤
③	正	正	誤
④	正	誤	正
⑤	誤	正	正

Ⅲ－４ 高炉（溶鉄炉）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鉄中に混入する。
- 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%の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。

Ⅲ－５ 鉄鋼精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 溶鉄予備処理や、転炉精錬における酸化脱りんは、高温の方が有利である。
- ② 溶鉄予備処理や、二次精錬における脱硫は、精錬スラグの塩基度が高い方が有利である。
- ③ 二次精錬における脱硫は、スラグ－メタル間の平衡酸素分圧が低い方が有利である。
- ④ 二次精錬における脱水素は、平衡水素分圧が低い方がよく進み、溶鋼中水素濃度は水素分圧の平方根にほぼ比例する。
- ⑤ 精錬スラグにおける塩基性酸化物成分として、CaOやMnOがある。CaOの方が、MnOよりも塩基性が強い成分である。

Ⅲ－6 ステンレス鋼の精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 ステンレス鋼の鉄源におけるスクラップ鉄の占める割合は、普通鋼より多いことが多い。
- ② ステンレス鋼の酸化精錬では、溶鋼中にクロムが高濃度に含まれるため、酸化脱りんが有利に進行することが多い。
- ③ ステンレス鋼の酸化精錬では、クロムが優先的に酸化され、スラグ中への酸化クロム損失が起こる。
- ④ より清浄度の高いステンレス鋼を製造するには、ESR (Electro-slag remelting) 法の適用が効果的である。
- ⑤ 高価なフェロクロムの使用量を減らすため、クロム鉱石の炭材による熔融還元法により直接含クロム溶銑を生成する方法が開発されている。

Ⅲ－7 スクラップ鉄における不純物であるトランプエレメント（循環元素）に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 銅とニッケルとケイ素は、鋼中に溶解すると通常の酸化精錬では除去できず、循環して鋼中に蓄積する。
- ② 銅は鉄より化学的に卑なため、酸化精錬により溶鉄から精錬スラグ中へ除去できる。
- ③ 鉄中のビスマスやアンチモンは、バリウムによる還元反応により化合物としてよく除去できる。
- ④ 鉄中の銅は、カルシウムによる還元反応により化合物としてよく除去できる。
- ⑤ 鉄中の銅は、硫化ナトリウム系フラックスにより容易に除去できる。

Ⅲ－8 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 最密六方格子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  $(hkl)$  面と  $[hkl]$  方向は直交する。
- ④ 面心立方格子の最密充填原子面は  $\{110\}$  面であり、この面の  $\langle 111 \rangle$  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－9 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 高強度の鉄鋼材料を高い応力が加えられた状態で使用する際に、ある程度時間が経過した後に起こる破壊現象を遅れ破壊というが、鉄鋼中の水素並びに使用環境から鉄鋼中に侵入した水素が応力集中部に濃縮することにより起こると考えられている。
- ② マルエージング鋼は、鉄-18%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、極低炭素のマルテンサイトに窒化物を析出させて強化したものである。
- ③ 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。
- ④ SUS304、SUS316などのステンレス鋼は、耐酸耐食用として開発されたものであるが、クリープ強度が高く、耐酸化性にも優れているため、高温装置材料にも多用されている。
- ⑤ SUM11は快削鋼であり、マンガン、リン、硫黄が添加されている。

Ⅲ－10 次のうち、転位と関係しないものはどれか。

- ① オロワン応力
- ② ひずみ時効
- ③ パイエルス力
- ④ ポアソン比
- ⑤ シュミット因子

Ⅲ-11 マグネシウム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、構造用材料として用いられる金属の中では最も軽い。
- ② マグネシウムの結晶構造は最密六方晶であり、すべり系は底面すべり系と柱面すべり系である。
- ③ 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。
- ④ Mg-Al-Zn系合金（AZ91系）は機械的性質や鋳造性などバランスの取れた代表的なマグネシウム合金で、ダイカスト合金として使用されている。
- ⑤ 我が国では、マグネシウムの消費で最も多いのは、アルミニウム合金への合金元素としての添加である。

Ⅲ-12 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、 $\alpha$ 型、 $\alpha + \beta$ 型、 $\beta$ 型に分類されるが、Ti-6Al-4V合金は、代表的 $\beta$ 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。

Ⅲ-13 鋼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 溶接割れは、材質が何らかの理由によって脆化し、これに外力又は内力が組み合わされた結果生じる。
- ② 多層溶接における溶接熱影響部の靱性劣化の原因の1つとして、フェライトとオーステナイトの二相域まで加熱冷却された組織による脆化が挙げられる。
- ③ オーステナイト系ステンレス鋼の溶接上の問題点として、高温割れ、ウェルドディケイ、ナイフラインアタック、応力腐食割れなどが挙げられる。
- ④ 熱間圧延及びその後の冷却中の組織制御を行う加工熱処理法（TMCP）は、母材の高張力化と高靱性化をもたらす。また、炭素量低減によって、溶接部特性を向上させるという効果もある。
- ⑤ 高張力鋼の溶接ボンド部の靱性は、鋼板組成に少量のTiやBを添加して、細かいTiNやBNをオーステナイト→フェライト変態核に利用することにより溶接熱影響部の硬化を抑えて改善されている。

Ⅲ-14 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 材料を高温で変形させると、試験条件によってさまざま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-15 Fe-C系 (Fe-Fe<sub>3</sub>C系) の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。ここで、L：液相、 $\gamma$ ：オーステナイト、 $\alpha$ ：フェライト、Fe<sub>3</sub>C：セメンタイトである。

- ① Fe-C系 (Fe-Fe<sub>3</sub>C系) 状態図では、約1147°Cに  $L \rightleftharpoons \gamma + Fe_3C$  の共晶反応が、約727°Cに  $\gamma \rightleftharpoons \alpha + Fe_3C$  の共析反応が存在する。
- ②  $\gamma$  は、約1147°Cにおいて炭素を最大約2.1 mass%まで固溶する。
- ③  $\alpha$  には炭素はわずかししか固溶せず、最大固溶度はA<sub>1</sub>変態点温度で約0.02 mass%である。
- ④ 亜共析鋼を $\gamma$ 単相となる温度に十分加熱したあと、ゆっくりと冷却してくると、A<sub>3</sub>線 (A<sub>3</sub>線) の温度に達して、初析フェライトを生じる。
- ⑤ 過共析鋼を $\gamma$ 単相となる温度に十分加熱したあと、ゆっくりと冷却してくると、A<sub>3</sub>線 (A<sub>3</sub>線) の温度に達して、初析セメンタイトを生じる。

Ⅲ-16 共析鋼の等温 (恒温) 変態線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 オーステナイト域から急冷した過冷オーステナイトを等温保持したとき、どのように変態が進行するかを時間に対して表したものを等温 (恒温) 変態線図 (TTT線図) と呼ぶ。
- ② A<sub>1</sub>点 (A<sub>e1</sub>点) と550°Cの間の変態開始曲線はパーライト変態を示す。
- ③ 550°CとM<sub>s</sub>点の間の変態開始曲線はベイナイト変態を示す。
- ④ 350°C以上のベイナイトは針状を示し、350°C以下のベイナイトは羽毛状を示す。
- ⑤ オーステナイトの結晶粒径が大きくなると、等温 (恒温) 変態線図は長時間側に移行する。

Ⅲ-17 下図に示す共析鋼の連続冷却変態線図 (CCT線図) に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① CCT線図と等温変態線図 (TTT線図) を比較すると、CCT線図では、TTT線図よりも図中のPs線とPf線が図の右下 (低温・長時間側) に移動する。
- ② 図中のB点を通る冷却速度よりもゆっくりと冷却すると、Ps線に交わる点でパーライト変態を開始し、Pf線に達して変態が終了する。冷却速度が極めて遅い場合は、パーライトの層状組織は粗くなる。
- ③ 図中のA点を通る冷却速度とB点を通る冷却速度の間の冷却速度で冷却すると、AB線上でパーライト変態は中断され、常温では粗いマルテンサイト単相組織となる。
- ④ 図中のA点を通る冷却速度よりも速く常温まで冷却すると、全部マルテンサイトに変態する。
- ⑤ A点を通る冷却速度を上部臨界冷却速度と呼び、B点を通る冷却速度を下部臨界冷却速度と呼ぶ。

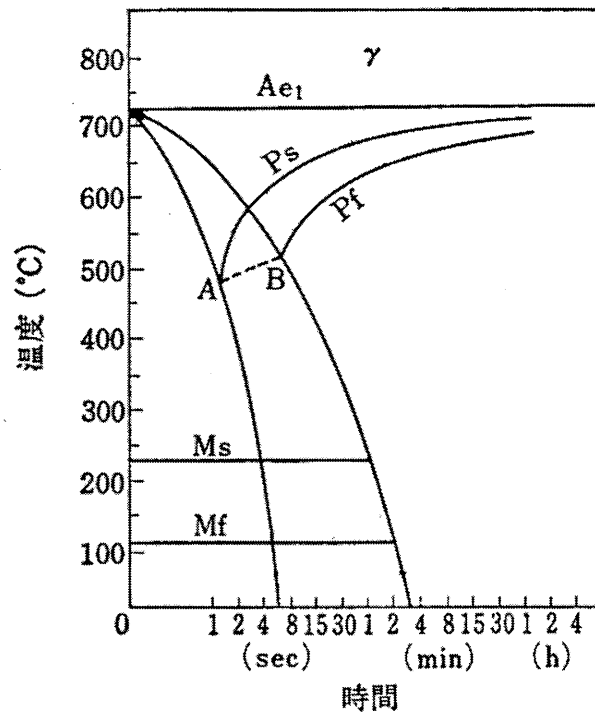


図 共析鋼の連続冷却変態線図 (CCT線図)

Ⅲ-18 冷間加工材の再結晶に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 再結晶を起こさせるためには、ある最小量以上の冷間加工（塑性変形）が必要である。
- ② 冷間加工（塑性変形）の程度が小さいほど、再結晶を起こす温度は低くなる。
- ③ 再結晶粒の最終の粒径は、主に冷間加工（塑性変形）の程度に依存し、冷間加工（塑性変形）の程度が大きい方が、再結晶粒が小さくなる。
- ④ 同じ再結晶温度と時間で再結晶させるためには、冷間加工前の初期結晶粒径が大きなものほど、冷間加工（塑性変形）の程度を大きくする必要がある。
- ⑤ 再結晶が完了した後も加熱を続けると、特定の少数の結晶粒が他の結晶粒を食って成長することがある。これを二次再結晶という。

Ⅲ-19 鋼の焼入れ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 ジョミニー試験では試験片を焼入温度まで加熱し、一端を噴水で冷却する。焼入れ端からの距離と硬さの関係を焼入性曲線（H曲線）といい、H曲線により焼入れ性を評価する。
- ② 種々の直径の試験片を焼入れして断面の組織を調査するとき、中心部の組織の50%がマルテンサイト組織になる直径を臨界直径という。理想的な（無限大の）速さで冷却して得られる臨界直径を理想臨界直径といい、焼入れ性の指標となる。
- ③ 鋼にC, N, Ni, Mn, Cuや少量のCrを添加すると、オーステナイトを安定化させ、オーステナイト→パーライト変態を起こりにくくするので焼入れ性を高める。
- ④ 鋼にAlやTiを添加すると窒化物を形成する。窒化物は、焼入温度に加熱しても固溶しにくいため、オーステナイトの結晶粒が微細化する。このため、鋼の焼入れ性は高くなる。
- ⑤ Bは結晶粒界に偏析し、結晶粒界でオーステナイト→パーライト変態を起こりにくくするので、微量の添加でも鋼の焼入れ性を高める。

Ⅲ-20 鋼のマルテンサイト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。

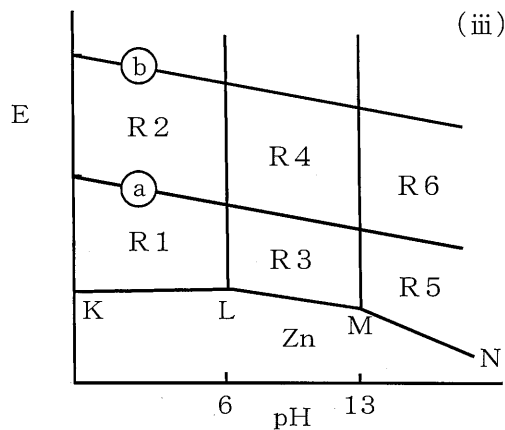
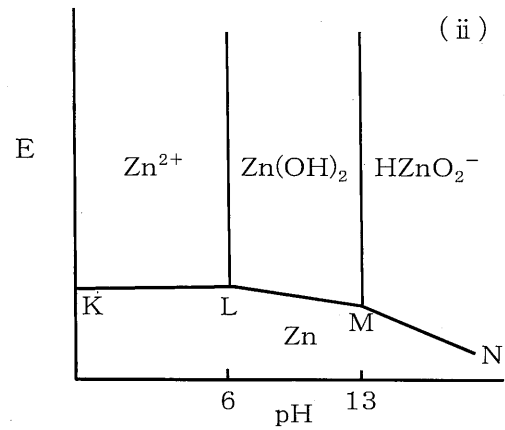
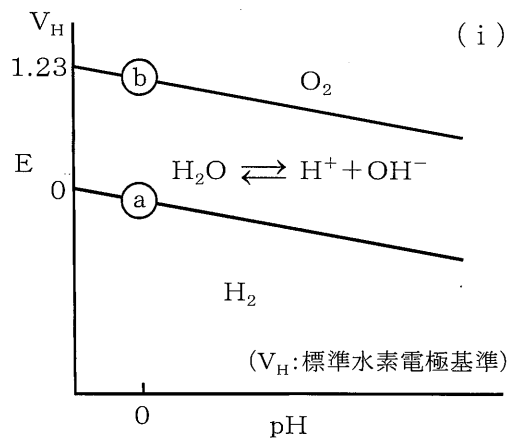
- ① 炭素鋼のマルテンサイト組織は、炭素量が約0.6 mass%以下では針状（ラス状）、約1.0 mass%以上ではレンズ状の形態を主に呈する。
- ② 変態前のオーステナイト相（母相）と焼入れ状態のマルテンサイト相との間には、一定の結晶学的方位関係が成立する。
- ③ 焼入れ状態のマルテンサイト相中には高密度の格子欠陥が存在する。
- ④ 変態前のオーステナイト相（母相）と焼入れ状態のマルテンサイト相とでは、炭素の拡散により組成が異なる。
- ⑤ マルテンサイト変態は、試験片の寸法・形状変化を伴い、平滑な試験片表面には起伏が発現する。

Ⅲ-21 鉄鋼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 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。
- 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 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。
- ④ 金属材料を特殊な条件下で引張試験すると、くびれが起こらず非常に大きな伸びを示すことがある。このような現象を超塑性と呼ぶ。
- ⑤ 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、低温でひずみ速度が大きいときに生じやすい。

Ⅲ-22 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Ⓐ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Ⓑ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-23 金属の防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 外部電源法は、アルミニウムや銅などをアノードとして金属材料をアノード分極する方法である。
- ② 犠牲陽極法は、亜鉛やマグネシウムなどを被防食材料に取りつけ防食する方法である。
- ③ 金属の腐食には環境条件の影響が大きく、除湿やpH調整などの環境処理も防食効果がある。
- ④ 気化性インヒビターは、密閉容器や包装品で用いられ、金属表面に凝縮して防食する。
- ⑤ アルミニウムなどの陽極酸化により生成する多孔質皮膜は、封孔処理により防食効果を増大できる。

Ⅲ-24 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あり、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-25 応力腐食割れ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 定ひずみ法は、多数の試験片を同時に試験可能であるが、力学条件が不明確である。
- ② 定荷重法は、力学条件が明らかであるが、条件設定可能な装置を必要とする。
- ③ 低ひずみ速度法は、短時間で評価できるが、多数の試験片を同時に試験できない。
- ④ 破壊力学法は、き裂伝播に関する知識が得られるが、試験片の製作が容易ではない。
- ⑤ 電気化学的測定法は、割れ発生の電位を予想することができるが、皮膜破壊の情報が得られない。

Ⅲ-26 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-27 次のうち、無電解めっきの特徴に関する記述として最も不適切なものはどれか。

- ① 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。
- ② 電流線分布が存在しないため、複雑な形状の基材にも厚さが均一なめっきができる。
- ③ 化学めっきとも呼ばれるように、その機構は電気化学的なものではない。
- ④ 触媒化処理を行うことで、プラスチックなどの非導電体上にもめっき可能である。
- ⑤ 外部電源を用いず溶液に浸すだけであるため、処理設備や処理操作が簡易である。

Ⅲ-28 次のうち、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とし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 スパッタ時間により、膜厚を制御することができる。
- 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。

Ⅲ－29 初期直径25 mm，初期長さ100 mmの均質な金属丸棒に100 kNの引張力を作用させたところ，この丸棒は一様な塑性伸びを示し，変形後の直径は20 mmであった。このとき，丸棒の中心軸と直交する横断面に作用する真応力として正しい値は次のうちのどれか。ただし，円周率を3.14として計算せよ。

- ① 459 MPa
- ② 318 MPa
- ③ 204 MPa
- ④ 102 MPa
- ⑤ 71 MPa

Ⅲ－30 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，高压容器内で200 MPaの静水圧（平均垂直応力）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－31 板材の深絞り加工に関する説明文として、最も不適切なものはどれか。

- ① フランジ部のしわは過剰な絞り力を誘発し破断の原因となるため、しわ抑え板を用いてしわの発生を防ぐ必要がある。しわ抑え力の目安は、フランジ部の単位面積当たりの面圧が、降伏応力と引張強さの平均値の1%程度になるように設定する。
- ② 一定の絞り比において、素板の板厚がダイ穴径に対してある程度以上大きい場合、しわ抑えなしで絞り加工ができる。
- ③ 製品の寸法が同じ場合、素板の板厚が薄いほど限界絞り比が低下する。
- ④ ダイ肩半径を大きくするほど深絞り性は向上する。
- ⑤ 塑性流動応力の温度依存性を利用して成形限界を向上させる絞り法が考案されている。すなわち、ダイを暖めてフランジ部材料の変形抵抗を低下させ、反対にパンチを冷却してパンチ頭部材料の破断強さを増大させることにより、成形限界が向上する。

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 曲げ加工中の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 塑性加工で、材料内部の組織変化を積極的に利用する過程に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 圧下率が数%以下の軽圧下の圧延により降伏点伸びを消失させ、プレス成形加工時のストレッチャーストレインの発生を防止する。
- ② 熱間加工での再結晶を利用して組織を微細化することで、靱性を損なうことなく、強度を向上させる。
- ③ 冷間加工での塑性変形により組織を微細化することで、強度を向上させるとともに全伸びを向上させる。
- ④ 冷間圧延時の変形集合組織と焼鈍時の再結晶集合組織を利用して、深絞り性の良い鋼板を製造する。
- ⑤ 熱間鍛造加工により介在物や成分偏析部は分散し、鑄造時の空隙は圧着される。

Ⅲ-34 次のうち、塑性加工における工具と被加工材の界面（塑性加工面）におけるトライボロジーの特徴を説明する記述として最も不適切なものはどれか。

- ① 塑性加工面の潤滑は一般に流体潤滑よりも境界潤滑に近い状態にある。多くの塑性加工面の摩擦係数はほぼ0.15～0.02の間にあり、機械要素界面の摩擦係数よりもかなり高い値になっている。
- ② 塑性加工面のように接触面積が大きい場合にはすべり距離が大きくなる。すべり距離の増加により界面の摩擦面温度は高くなり、接触時間も長くなるため、機械要素面に比べ塑性加工面は油膜の動的破断が起りやすいと考えられる。
- ③ 塑性加工面温度は、荷重、速度、すべり距離や摩擦係数の影響を受け、冷間圧延加工の場合でも、材料の加工発熱も考慮すると200℃以上にもなることがある。
- ④ 潤滑油膜は特定の温度（転移温度）以上になると潤滑能力が著しく低下することが知られている。この転移温度は油膜破断の大きな原因となる。
- ⑤ 塑性加工面と被加工材の接触面の面圧は被加工材の弾性限度である。

Ⅲ－35 塑性加工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 押出し加工、引抜き加工はともに、穴を持ったダイスに素材を連続的に通すことによって製品を製造する塑性加工法である。ダイスより素材を押し出して成形する場合を押し出し加工、素材をダイスより引抜いて成形する場合を引抜き加工と呼んでいる。
- ② 管の全体あるいは一部を管の外側へ膨らませ、所望の形状の製品を製作する塑性加工法はバルジ加工と呼ばれる。膨らませる方法として、管の内側に油や水等の液体を入れ、高圧を作用させる方法が一般的である。金型が雌型だけであるので、金型製作の費用が少ないというメリットがあるが、製品精度を確保するために、高い圧力を加えなければならないことに起因するデメリットがある。
- ③ スピニングは、旋盤状の回転加工機械の主軸にマンドレル（成形型）をセットしてそれにブランクを取り付けて回転し、へら又はローラを押し付けながらマンドレルと同じ形状の製品を得る塑性加工法である。しごきスピニングでは、ローラをマンドレルに沿って移動させるだけで成形できる。マンドレルの円すい半角を $\theta$ とするとき、製品壁厚は元の板厚の $\sin \theta$ 倍にしごかれる。
- ④ 転造は、工具との間の摩擦力を利用してブランク（棒材）を回転させながらブランクの半径方向に局所的な圧縮加工を連続的に加えることによって工具の凹凸に対応した製品形状を創成する塑性加工法である。転造では、工具の回転速度が材料流れを制御する重要な加工条件となる。
- ⑤ ロール成形は、タンデムに配置された複数組の成形ロールに、コイル材・フープ材・切り板などの金属素板又は金属帯を通し、漸進的かつ連続的に幅方向の曲げ加工を加え、平坦な素板から目的とする断面形状を有する管材・型材・プレート材・サッシ材などを製造する板材の塑性加工法である。ロール成形の最も重要な要素技術は、各ロールスタンドに組み込まれるロールのプロファイル（形状）の設計である。