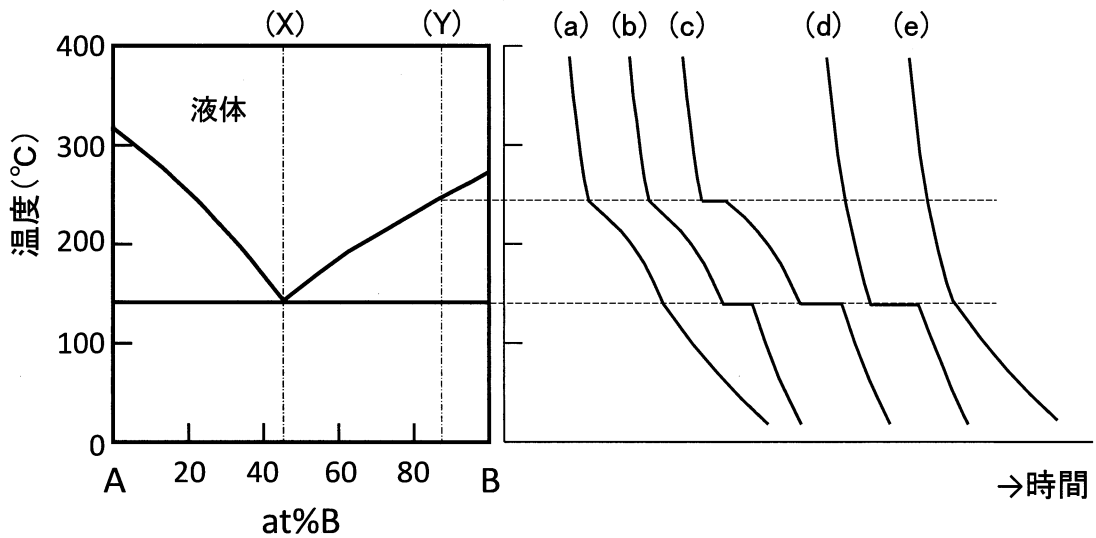


Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ-1 次に示す一定圧力下における共晶系のA-B二元系合金状態図に関する記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① 組成Xの合金を均一液体状態から緩やかに冷却した場合、得られる冷却曲線は(d)のようになる。
- ② 組成Yの合金を均一液体状態から緩やかに冷却した場合、得られる冷却曲線は(b)のようになる。
- ③ 組成Yの合金を200°Cで保持すると、共存する融液の組成は必然的に定められる。
- ④ 本系の合金の均一液体状態からの冷却過程で、温度が一定のまま変化しない場合がある理由は、熱力学的自由度が0であることにより説明される。
- ⑤ 共晶温度では、Aの固相とBの固相の両方が同時に晶出するため、金属Aと金属Bは固体状態でも原子レベルで溶け合う。

Ⅲ－２ 高炉（溶鉱炉）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 高炉は竪型炉の一種で、主原料である塊成鉄（塊鉄、焼結鉄、ペレットなど）と媒溶剤である石灰石を混合した鉄石類と、還元剤であり熱源でもあるコークスを炉頂部より層状に装入する。
- ② 高炉では、炉床部羽口より熱風を吹き込む。このため羽口先は高炉内で最も温度の高い部分となる。
- ③ 装入された鉄石類は上方より次第に乾燥、加熱、還元、脱炭を受け溶鉄の形で炉床部に溜まる。
- ④ 鉄石中の脈石成分は媒溶剤と反応して熔融スラグとなって炉床部に溜まる。
- ⑤ 高炉の炉頂から排出されるガス（高炉ガス）は25～30vol%のCOを含むため、回収して燃料として使用される。

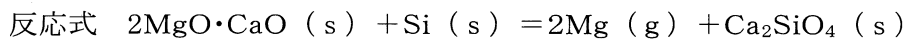
Ⅲ－３ チタンの製錬工程に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 現在我が国で工業化されているチタンの製錬は、不活性ガス雰囲気中で $\text{TiCl}_4$ をマグネシウムで還元してスポンジ状の金属を得るクロール法が主流である。
- ②  $\text{TiCl}_4$ は、低品位イルメナイトから主に硫黄分を除いて高品位の合成ルチルを製造し、これを塩素化して製造する。
- ③ 生成したスポンジ状金属チタン中のマグネシウムとその塩化物は、約 $1000^\circ\text{C}$ で真空蒸留して分離する。
- ④ スポンジチタンを加工用素材とする方法としては、粉末冶金法、圧延法、高周波溶解法、アーク溶解法、電子ビーム溶解法などがある。
- ⑤  $\text{TiCl}_4$ をマグネシウムよりも還元力の強いナトリウムによって還元するハンター法があり、より純度の高いチタンが得られる。

Ⅲ－４ 現在の製鋼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 溶銑中のリンは、溶銑中のケイ素のほとんどが酸化除去された後に急速に酸化除去されるので、溶銑予備処理プロセスでは、通常脱リン処理の前に脱ケイ素処理が行われる。
- ② 転炉では、銑鉄に大きな圧力で酸素を吹き込み、その酸素が銑鉄中の炭素、ケイ素、リン、マンガンなどと急速に反応し、高熱が発生する。
- ③ 溶鋼の炉外精錬法である二次精錬プロセスでの主要な操作には、アルゴンバブリングによる溶鋼の攪拌、脱硫剤や脱酸剤の添加、真空処理、溶鋼加熱による温度制御などが挙げられる。
- ④ 脱酸プロセスにおいて脱酸剤として使用される、酸素との親和力の大きい金属元素は、シリコン、アルミニウム、あるいはニッケルなどである。
- ⑤ 連続 casting プロセスにおいて、連铸パウダーは、铸型と铸片間の潤滑、溶鋼表面の酸化防止、介在物の捕捉、溶鋼表面の保温などを目的として、铸型に添加される。

Ⅲ－５ マグネシウムの製造法であるピジョン法では、下の反応式に基づき、固体 $\text{MgO} \cdot \text{CaO}$ （ドロマイト）を固体シリコンにより還元し、気体マグネシウムと固体 $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ を生成させる。この反応の反応物と生成物が $1400\text{K}$ において平衡する際の、気体マグネシウムの分圧 $P_{\text{Mg}}$  [atm] の対数 $\log_{10} P_{\text{Mg}}$ の値として、最も近い値はどれか。なお、反応式中の（s）は固体、（g）は気体であることを表す。また、この反応の標準生成自由エネルギー変化 $\Delta G^\circ$  は温度 $T$  [K] の関数として（1）式で与えられるとし、気体定数 $R$ は $8.31$  [J/mol/K] とする。計算に必要であれば、 $\log_e 10 = 2.30$ を用いてもよい。



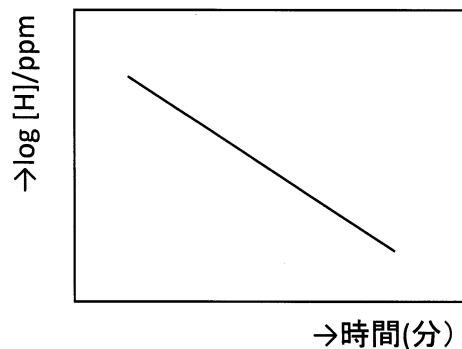
$$\Delta G^\circ / (\text{J/mol}) = 434000 - 244T \quad (1)$$

- ①  $-1.73$
- ②  $-3.45$
- ③  $-3.97$
- ④  $-6.91$
- ⑤  $-7.94$

Ⅲ－６ 鉄スクラップとそれに由来する不純物に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 市中で発生し回収される市中スクラップは、製造業の組立・加工段階で発生する加工スクラップと、鋼構造物や鉄鋼製品が老朽化して発生する老廃スクラップに分類され、発生量は加工スクラップの方が多い。
- ② 市中スクラップには、Cu, Sn, As, Sbなどのトランプ元素が含まれており、これらの元素は現在の製鋼プロセスでは除去されにくいいため、製品中に循環濃縮される。
- ③ 銅は鋼の熱間加工時に割れの原因となるため、例えばJIS G 4051では機械構造用炭素鋼鋼材の銅濃度の上限を0.25mass%あるいは0.30mass%としている。
- ④ 鉄スクラップ中の銅含有量が高いと、規格を満たす鋼材が製造できない場合が生じるため、良質な鉄スクラップや鉄源を使用して希釈する必要がある。
- ⑤ 鉄スクラップを主原料とする電気炉製鉄法によるCO<sub>2</sub>排出量は、鉄鉱石を主原料とする高炉製鉄法のそれと比べて半分以下である。

Ⅲ－７ 溶鉄中に溶解している水素を真空下で除去する際 ( $2\text{H (in metal)} \rightarrow \text{H}_2$ ) に、溶鉄中の水素濃度  $[\text{H}]$  の対数と時間の間に下図の直線関係が得られた。水素の離脱機構について、次の記述のうち適切なものはどれか。



- ① 気相（真空）中での生成水素ガスの拡散律速である。
- ② 溶鉄表面（水素分子・原子の脱着を含む）での化学反応が律速している。
- ③ 溶鉄中水素原子の拡散が律速している。
- ④ 気相中での生成水素ガスの拡散及び溶鉄表面での化学反応の混合律速である。
- ⑤ 溶鉄中水素原子の拡散及び溶鉄表面での化学反応の混合律速である。

Ⅲ－8 金属中の原子の拡散に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 自己拡散の活性化エネルギーは、融点が高い金属ほど大きい。
- ② Fe原子は約550℃以下になるとほとんど拡散できなくなるが、侵入型原子である炭素は室温近傍の低温まで拡散できる。
- ③ 上昇運動律速のクリープにおいて、クリープ速度は拡散係数に比例する。
- ④ 金属間化合物では、化学量論組成からずれた場合に導入される格子欠陥は、拡散を阻害する。
- ⑤ 粒界の移動速度は、純金属では粒界拡散によって、合金元素を含む場合には偏析原子の体拡散によって律速される。

Ⅲ－9 金属のすべり変形に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 引張軸とすべり面法線とのなす角を $\theta$ ，引張軸とすべり方向のなす角を $\phi$ としたとき， $\cos \theta \cos \phi$ をシュミット因子と呼び，絶対値が最も大きなシュミット因子を持つすべり系を主すべり系と呼ぶ。
- ② 体心立方金属では，積層欠陥エネルギーが大きいいため交差すべりは容易で，二重交差すべりによる転位源の発生と活動も容易に起こる。
- ③ 極低温での臨界分解せん断応力は，室温に対して，面心立方構造や六方最密構造の純金属では2倍程度である一方，体心立方構造の純金属では10倍以上にも達する。
- ④ 多結晶が任意の形に塑性変形するためには，少なくとも4個の独立したすべり系が必要である。これをフォン・ミーゼスの条件という。
- ⑤ 一般的に単結晶，多結晶を問わず，せん断変形応力は，転位密度の $1/2$ 乗に比例する。

Ⅲ－10 金属のぜい化に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 硫黄を多く含む鉄鋼材料は硫黄の凝固偏析により、900～1000℃で延性が低下し割れやすくなる。
- ② 多量のCrを含むフェライト系ステンレス鋼を475℃付近で焼鈍すると、金属間化合物が生成されぜい化する。
- ③ フェライト鋼では、降伏応力と破壊応力の温度依存性の違いにより、低温側において降伏応力よりも破壊応力の方が小さくなるため、低温ぜい性が生じる。
- ④ 一般に、鉄鋼材料の延性破面にはディンプルパターンと呼ばれる局所的なくぼみと突起が見られ、へき開破面にはリヴァーパターンと呼ばれる川のような模様が見られる。
- ⑤ 遅れ破壊は、高強度の鉄鋼材料に高い応力が加えられた状態で使用される際に、ある程度時間が経過した後に起こる破壊現象である。

Ⅲ－11 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、母材又は溶接金属がぜい化し、これに外力又は内力が組み合わせられた結果生じる。
- ② 炭素鋼の溶接部は、多量の水素を吸収すると、気孔が発生することがある。
- ③ 多層溶接における溶接熱影響部のじん性劣化の原因の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後冷却された組織による軟化が挙げられる。
- ④ 高張力鋼の溶接ボンド部のじん性は、細かいTiNやBNをオーステナイトからフェライトへの変態核に利用し、溶接熱影響部の結晶粒粗大化を抑えることで改善されている。
- ⑤ 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。

Ⅲ－12 特殊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 マルエージ鋼は、極低炭素で延性に富むラスマルテンサイトを基地とし、それに金属間化合物を微細に析出させることによって強度を高めた鋼である。
- ② 軸受鋼、工具鋼に代表される高硬度鋼の多くは、炭素含有量の高い過共析鋼であって、硬いばかりでなくある程度のじん性を持った焼戻しマルテンサイト素地に硬い炭化物を分散させた組織で使用する。
- ③ フェライト系ステンレス鋼は、変態がないため熱処理硬化性はないが、冷間加工性がよい。
- ④ オーステナイト系ステンレス鋼は、一般的に優れた耐食性を備えているが、その置かれた環境によっては粒界腐食、応力腐食割れ、孔食、すきま腐食などの種々の形態の局部腐食現象を示すことがある。
- ⑤ ピアノ線の製造には、オーステナイト化後に550℃付近で恒温変態させてベイナイト組織を得るためのパテンティング処理が施される。

Ⅲ－13 チタン及びチタン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 チタンは、1155Kに同素変態温度を有し、それより低温側では最密六方晶の $\alpha$ 相、高温側では体心立方晶の $\beta$ 相となる。
- ② チタンは、融点が1941Kと高く、比重が鉄とアルミニウムの間で、熱膨張係数が鉄よりも大きく、熱や電気の伝導率が著しく低い。
- ③ チタンは、室温付近で使用され、かつ強度も要求される場合には、酸素を不純物とは考えずに合金元素として扱い、酸素量の多いグレードのものが適用される。
- ④ 最も広く用いられている $\alpha + \beta$ 型チタン合金であるTi-6Al-4V合金は、熱処理性、加工性、溶接性など全般的にバランスが取れている。
- ⑤ 工業的に用いられている $\beta$ 型合金は、一般に $\beta$ 相を残留せしめた準安定 $\beta$ 相で、熱処理により高強度が得られ、また体心立方構造であるので加工性もよい。

Ⅲ－14 金属材料の機械的性質及びその評価方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 金属材料の破壊は、結晶粒内破壊と粒界破壊に大別することができる。これらはそれぞれ塑性変形の大小によりぜい性破壊と延性破壊に分類される。
- ② どのような金属材料でも、延性－ぜい性遷移温度は、結晶粒径の影響を受け、結晶粒径が小さいほど、低下する。
- ③ ねずみ鋳鉄は、黒鉛が切欠きとなるために衝撃強さは低い。
- ④ クリープ破断試験では、種々の温度、応力での破断時間が得られる。この破断データから長時間の破断時間を推定する方法として、一般に、時間-温度パラメータに基づく外挿が用いられる。
- ⑤ 破壊じん性試験法には、平面ひずみ破壊じん性 ( $K_{Ic}$ ) 試験、弾塑性破壊じん性 ( $J_{Ic}$ ) 試験、CTOD試験などがある。これらのうちCTOD試験は、き裂先端の小規模降伏という線形破壊力学での制約が必要である。



Ⅲ-15 下図は0.44mass%の炭素を含む亜共析鋼の等温変態線図（TTT曲線）である。この図に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

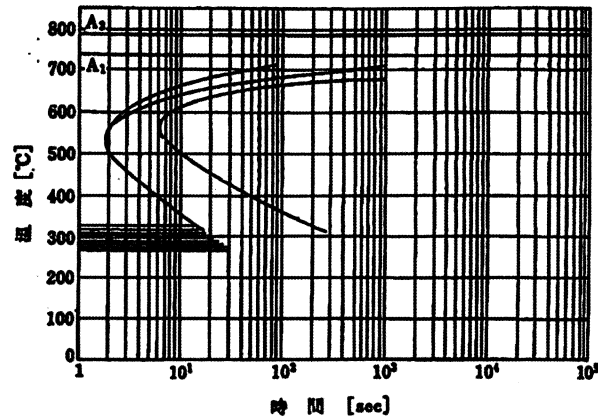


図 0.44mass% C炭素鋼の等温変態線図（TTT曲線）

- ① オーステナイト単相から650°Cに急冷，等温保持すると，さきにフェライトが生成した後に，パーライト変態が生じ，フェライト・パーライト組織となる。
- ② Niなどの炭化物をつくらないオーステナイト安定化元素を添加すると，TTT曲線の形は変わらず，全体が長時間側へ移動する。
- ③ Cr, Moなどの炭化物生成元素を添加すると，パーライト変態曲線が長時間側に移動するために，TTT曲線は2重S曲線となる。
- ④ オーステナイト単相から350°Cに急冷，等温保持をすると，ベイナイト変態が生じ，全面ベイナイト組織となる。
- ⑤ オーステナイト単相から500°Cに急冷，等温保持すると，さきにフェライトが生成した後に，上部ベイナイトが生成し，フェライト・ベイナイト組織となる。

Ⅲ-16 マルテンサイトに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 炭素鋼では、炭素量が約0.6mass%以下ではラスマルテンサイトとなり、約1mass%以上でレンズ状マルテンサイトとなる。その中間の炭素量では、両者の混合組織となる。
- ② 高温のオーステナイト状態から冷却したときに、マルテンサイト変態が開始する温度を $M_s$ 点、終了する温度を $M_f$ 点という。Mn, Cr, Vを添加すると $M_s$ 点は上昇する。
- ③ マルテンサイト変態は、無拡散のせん断機構による変態であり、組成の変化はなく、表面起伏が生じる。
- ④ マルテンサイト変態を利用する形状記憶効果とは、 $A_s$ 点以下の温度で変形させても、 $A_f$ 点以上の温度に加熱すると元の形に戻る現象である。
- ⑤ 炭素鋼では、炭素量が約0.6mass%以上になると、 $M_f$ 点が室温以下になり、マルテンサイトの中に残留オーステナイトが多くなる。

Ⅲ-17 各種鉄鋼材料の熱処理に関する記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 熱処理時に $A_{r3}$ 点以下で圧延加工すると、変形とオーステナイト→フェライト変態が同時に進行することになり、変形されたオーステナイト粒と回復ないし再結晶したフェライト粒が混在した組織になる。
- ② 高炭素クロム軸受鋼では、球状化焼なましを施すことによって、クロム炭化物を結晶粒界に球状析出させ、焼割れを防止している。
- ③ オーステナイトステンレス鋼では、1000～1150℃に加熱、急冷する固溶化熱処理（溶体化処理）により、常温でオーステナイト組織としている。
- ④ フェライト・パーライト鋼では、一般にオーステナイト単相域からの冷却速度が大きくなるほど、フェライト相の結晶粒が小さくなり、パーライト中のセメンタイトのラメラ間隔がせまくなる。
- ⑤ 機械構造用合金鋼では、焼戻し後急冷するか、又はMoなどを少量添加することによって、高温焼戻しぜい性を軽減することができる。

Ⅲ－18 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 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く、オーステナイト結晶粒を微細化させるので、鋼の焼入れ性を悪くする。
- ② Si, Mo, Wなど、固溶強化能の大きい元素は、オーステナイト→パーライト変態を起りにくくするので、焼入れ性をよくする。
- ③ Bは、結晶粒界に偏析し、オーステナイト→パーライト変態を起こしやすくするので、微量の添加でも鋼の焼入れ性を悪くする。
- ④ 鋼をAc<sub>3</sub>点以上の温度から冷却する場合、焼入れ性の向上に伴い、フェライト、パーライト、上部ベイナイト、下部ベイナイト、マルテンサイトとなる。
- ⑤ Coは、M<sub>s</sub>点を高くする元素で、焼入れ性を悪くする。

Ⅲ－19 Fe-C系状態図と合金元素の影響に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 共晶反応によって生じる共晶組織はレーデブライトと呼ばれ、白鉄（白鉄）の組織に現れる。
- ② 合金元素Moの添加は、状態図のオーステナイトの領域をせばめる。
- ③ 合金元素Siの添加は、状態図のオーステナイトの領域を広げ、共析温度を下げる。
- ④ 共析反応によって生じる共析組織は、冷却速度が比較的小さいときは、フェライトとセメンタイトが層状に交互に重なり合ったパーライトとなる。
- ⑤ δ + 液相 ⇄ オーステナイトの包晶反応は約1493℃で生じ、液相 ⇄ オーステナイト + セメンタイトの共晶反応は約1147℃で生じる。

Ⅲ－20 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 ひずみ時効は、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して、降伏点が上昇する現象である。
- ② ブルーイングは、冷間加工を行った鋼を250～370℃に加熱して、引張強度、硬さなどが増加する現象である。
- ③ Al-4mass%Cu合金における時効析出の初期段階では、母相と整合のあるGPゾーンが存在する。
- ④ 過時効は、過度に長時間熱処理して軟化する現象である。
- ⑤ 二次硬化あるいは焼戻し硬化は、Cr, W, Mo, Vなどを添加した鋼において、200～400℃の焼戻しで硬さが増加して極大を示す現象である。

Ⅲ-21 鋼材の利用に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 再結晶集合組織は、結晶方位に依存した性質を示す磁性、弾性、塑性などの分野で工業的に利用される。
- ② 鋼の清浄度を改善することによって、非金属介在物などが低減され、軸受鋼などの転がり疲労寿命が向上する。
- ③ オイルテンパー線は、炭素鋼、低合金鋼の線材に熱間引抜き加工を施した後に、連続的に油焼入れ焼戻し処理を施されたもので、ばねなどに使用される。
- ④ へたりを小さくする対策として、一般に降伏強度を越えて、若干の塑性変形を行わせるセッチングなどが施される。
- ⑤ フェライト系ステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて熱膨張係数が小さいため、熱疲労には有利である。

Ⅲ-22 下の図はCu-H<sub>2</sub>O系の電位-pH図(25℃)である。図中の空欄a~dに入る化学種の組合せとして、最も適切なものはどれか。

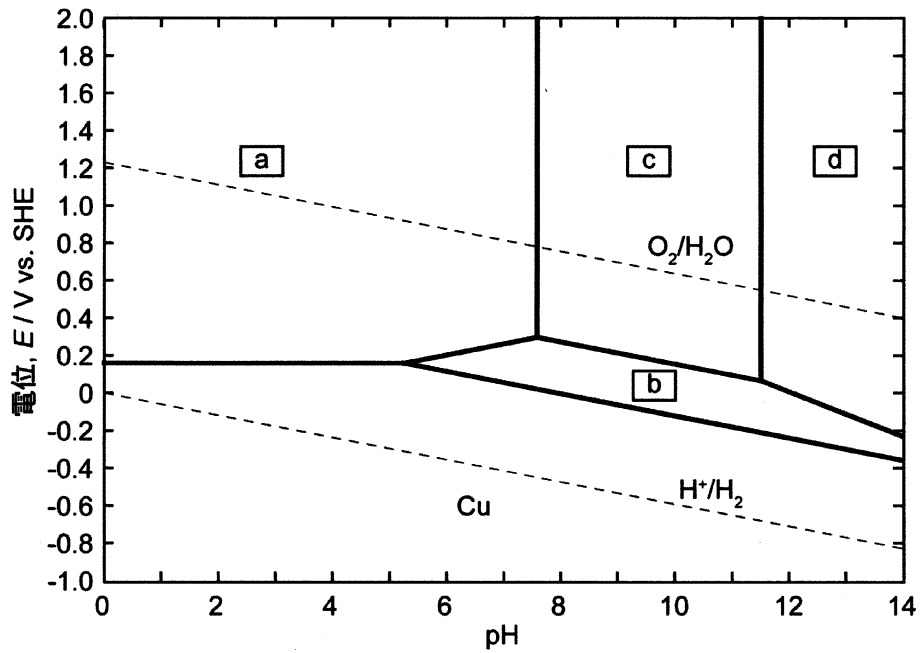


図 Cu-H<sub>2</sub>O系の電位-pH図(25℃, 溶質の全濃度: 1 × 10<sup>-6</sup> mol/L)

- |   | <u>a</u>            | <u>b</u>                       | <u>c</u>                       | <u>d</u>                       |
|---|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① | Cu(OH) <sub>2</sub> | Cu <sup>2+</sup>               | Cu <sub>2</sub> O              | HCuO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
| ② | Cu(OH) <sub>2</sub> | HCuO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Cu <sup>2+</sup>               | Cu <sub>2</sub> O              |
| ③ | Cu <sup>2+</sup>    | Cu <sub>2</sub> O              | HCuO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | Cu(OH) <sub>2</sub>            |
| ④ | Cu <sup>2+</sup>    | Cu <sub>2</sub> O              | Cu(OH) <sub>2</sub>            | HCuO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
| ⑤ | Cu <sup>2+</sup>    | Cu(OH) <sub>2</sub>            | Cu <sub>2</sub> O              | HCuO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |

Ⅲ－23 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 ニッケルめっきは、装飾又は耐食性の向上、あるいはクロムめっきの下地などに用いられる。
- ② スズめっきは、美しい光沢があり、大気中において長期間変化せず、有機酸や希薄な酸あるいはアルカリに対して優れた耐食性を有している。
- ③ 銀めっきは、古くから装飾用に用いられており、また電気の良導体であることを利用して電気接点にも用いられる。
- ④ ニッケル-ホウ素めっきは、ホウ素の含有量が6mass%を超えると結晶化し、硬度が非常に大きくなる。
- ⑤ スズ-銀めっき、スズ-亜鉛めっきなどのスズ合金系めっきは、鉛フリーはんだめっきとして利用されている。

Ⅲ－24 化成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 化成処理は、化学反応を利用して金属表面に無機質の皮膜を形成する方法である。
- ② リン酸塩化成処理は、自動車や家電などにおいて塗装の下地処理として下地との密着性を確保するために不可欠な表面処理である。
- ③ クロメート処理は、クロム酸を主成分とする処理浴で表面処理する方法であり、亜鉛めっき鋼板、スズめっき鋼板、アルミニウム合金によく用いられる。
- ④ 亜鉛の化成処理は、耐食性の向上が主な目的であるが、表面のつや出し、着色などの目的で行われることもある。
- ⑤ マグネシウムは、活性な金属であり、水溶液中で容易に水酸化マグネシウムの皮膜を形成するが、アルカリ環境中では溶解するために化成処理が行われる。

Ⅲ－25 金属の電解研磨に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 電解液中に浸した被研磨体を陽極に、不溶性の金属を陰極にして、電気化学的に被研磨体を研磨する方法である。
- ② 被研磨体の幾何学的な不均一性を解消させるように、面上の凸部の溶解速度を抑制し、凹部の溶解速度を促進するように制御される。
- ③ 電解研磨時には、被研磨面に高粘度液層が形成され、さらに安定な酸化皮膜が形成される。
- ④ 電解研磨液は、被研磨体となる金属ごとに異なり、共通に使用できるものは少ない。
- ⑤ 加工変質層は生じず、欠陥が少ない化学的に清浄な表面が得られる。

Ⅲ-26 実用されている一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 空気電池は、正極に多孔質炭素と酸化物触媒を用い、空気中の酸素を正極活物質にしたものである。
- ② リチウム一次電池は、金属リチウムを負極とした一次電池の総称であり、正極活物質には二酸化マンガンやフッ化黒鉛などが用いられている。
- ③ アルカリマンガン乾電池に用いる負極及び正極材料は、マンガン乾電池と同じであり、電解質が異なる。
- ④ マンガン乾電池は、二酸化マンガンを正極活物質、亜鉛を負極活物質とし、塩化亜鉛や塩化アンモニウムを主体とする水溶液を電解質としている。
- ⑤ 酸化銀電池は、正極活物質に酸化銀、負極活物質に銀を用いている。

Ⅲ-27 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  $i_c$  はそれぞれ電極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  と呼ぶ。さらに  で電流の絶対値を  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。

において、電位に対する  $i$  の傾きの逆数は  と呼ばれる。

図 (a) における電流の絶対値を対数で示したのが図 (b) である。 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  で交わる。その交点での電流値は、 に相当する。図 (b) のプロットにより  を求める方法は  と呼ばれる。

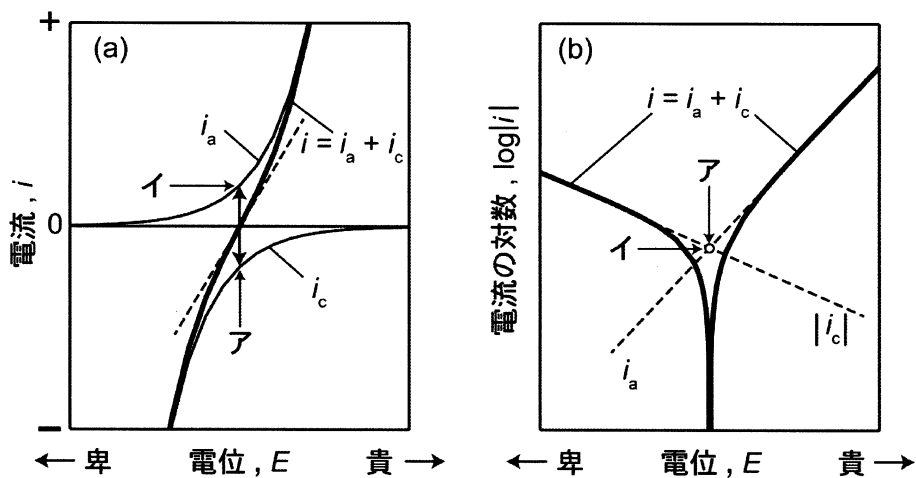


図 分極曲線の模式図

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



Ⅲ－28 物理蒸着法（PVD）による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 真空蒸着により作製した膜は、他のPVD膜に比べて密度が小さく、密着性が劣る。
- ② 炭化物膜や窒化物膜は、真空蒸着よりもイオンプレーティングやスパッタリングによる方が容易に成膜できる。
- ③ 合金膜や複合膜の作製に関して、物質の蒸気圧を利用するイオンプレーティングよりスパッタリングの方が有利である。
- ④ イオンプレーティングとは、真空中で蒸発した金属や化合物のガスをイオン化して基材に叩きつけて皮膜を形成するものである。
- ⑤ 真空蒸着における蒸発源の加熱方法には、抵抗加熱と電子ビーム加熱があるが、工業的には高エネルギーの抵抗加熱の方が多く用いられている。

Ⅲ－29 ある材料を1回当りの公称圧縮率がそれぞれ20%となるように繰り返し3回圧縮した。この場合、この材料が受けた全ひずみ量として最も近いものは次のうちどれか。ただし符号の正負は無視する。また $\log_e 2 = 0.693$ 、 $\log_e 3 = 1.099$ 、 $\log_e 5 = 1.609$ とする。

- ① 0.51
- ② 0.55
- ③ 0.60
- ④ 0.67
- ⑤ 0.92

Ⅲ－30 冷間鍛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 圧印加工では、加工力を減少させるために潤滑剤が多用される。
- ② すえ込み加工では、ダイスに固定されていない部分の長さが長くなると加工時に座屈して折れ込みが生じるため、支えられていない素材の長さは素材直径の3倍以下とする。
- ③ 圧印加工において円柱を平行工具で圧縮する場合、工具と材料の間に摩擦があるときには、材料の中央部ほど接触圧力が高くなる。
- ④ 圧印加工の加工力 $P$ は、被加工材料の変形抵抗を $Y$ 、素材断面積を $A$ とすると、 $P = c \cdot Y \cdot A$ （ $c$ は定数）として求められる。
- ⑤ 繰り返してすえ込み加工を行う場合は、頭部の寸法に制限はないが、適当な時期に中間焼なましを加えることが必要である。

Ⅲ－31 熱処理による焼入れに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 炎焼入れでは、燃料ガスの炎を材料表面にあてて加熱し、表面層が焼入れ温度に達したときに加熱を止めて急冷し、硬化させる。
- ② 高周波焼入れでは、銅製パイプの誘導加熱コイルに高周波誘導電流を流して工作物全体を急速に加熱し、その後急冷して硬化させる。
- ③ 浸炭では、炭素が含まれる雰囲気の中で工作物を加熱し、炭素を工作物表面から内部に浸透拡散させ、その後急冷し硬化させる。
- ④ レーザ焼入れでは、レーザービームを部品の表面に照射して加熱し、その後自己冷却で硬化させる。
- ⑤ 電子ビーム焼入れでは、真空中で電子ビームを工作物表面に照射し走査しながら加熱し、自己冷却で硬化させる。

Ⅲ－32 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 通常、金属材料は高温になるにしたがって加工に対する変形抵抗は低下する。そして変形中にひずみは回復し、さらに温度が上昇すると再結晶が同時進行する。
- ② 熱間加工は、材料組織の調質を目的として行うことがある。空洞を圧接して消滅させ、材料全体を再結晶組織にして均一組織にすることや拡散を促進して偏析を解消できる。
- ③ 動的再結晶が生じている一定応力状態では平均再結晶粒径は一定となる。ひずみ速度が高く変形温度が低いほど、定常応力は低く結晶粒径は大きくなる。
- ④ 加工熱処理は、熱処理による相変態と変形を組み合わせた加工法である。これらの加工熱処理により通常の熱処理よりも強じんな鋼が得られる。
- ⑤ 温間加工も加工熱処理の一種である。この温度域での加工は転位の運動が活発で、溶質原子との相互作用により強じん化される。

Ⅲ－33 引抜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 引抜力は、棒の直径若しくは断面積を小さくするために必要な力、ダイスと引抜材との間に働く摩擦力に打ち勝つための力、材料がダイスを通過するときの繊維の方向変化に必要な付加的な力、の3つの要素から成り立っている。
- ② 引抜く材料に逆張力を負荷したとき引抜力は増加し、正味の引抜力であるダイスに働くスラストも増加する。
- ③ 引抜き時の速度は、相当広い範囲にわたって変化させても引抜力にはほとんど影響を与えない。
- ④ 引抜力はダイス角の大きさによって変化し、ある大きさの角度で最小値となる。この角度は、断面減少率の増加に伴い大きな角度となる傾向がある。
- ⑤ 引抜作業で用いる潤滑方式には乾式と湿式がある。鋼、ステンレス鋼などはほとんど乾式を利用し、銅やその合金、アルミニウムやその合金では湿式を利用する。

Ⅲ－34 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 素板直径 $D$ に対する製品直径（容器直径） $d$ の比 $d/D$ を絞り比と呼び、1回の絞り工程で破断を生じることなく絞れる最大の素板直径を $D_{max}$ とすると、 $d/D_{max}$ を限界絞り比と呼ぶ。
- ② 1回の深絞り加工で成形できる絞り比には限界があり、直径に比べて深い製品を得るためには再絞り加工を行う。
- ③ クリアランス（パンチとダイス間のすきま）を板厚と同じ寸法に設定すると、容器の壁はしごき加工を受ける。
- ④ フランジ部に発生するしわは、しわ抑え力の付加で抑制できるが、必要以上に大きなしわ抑え力はパンチ肩部付近での破断の原因となる。
- ⑤ ダイス肩半径を大きくしすぎると、口辺しわを発生しやすくなる。

Ⅲ－35 塑性加工におけるトライボロジーに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 塑性加工界面の潤滑は、一般に流体潤滑よりも境界潤滑に近い状態にある。
- ② 塑性加工界面は、材料の弾性限をはるかに超えた高い面圧下であり、しかもその面積はきわめて広い。
- ③ 塑性加工界面の温度は、加工温度よりも高い。
- ④ 塑性加工界面内でのすべり速度や方向は、加工条件によって定まり、界面内では一定となる。
- ⑤ 塑性加工界面では、加工中に新生面が露出する。