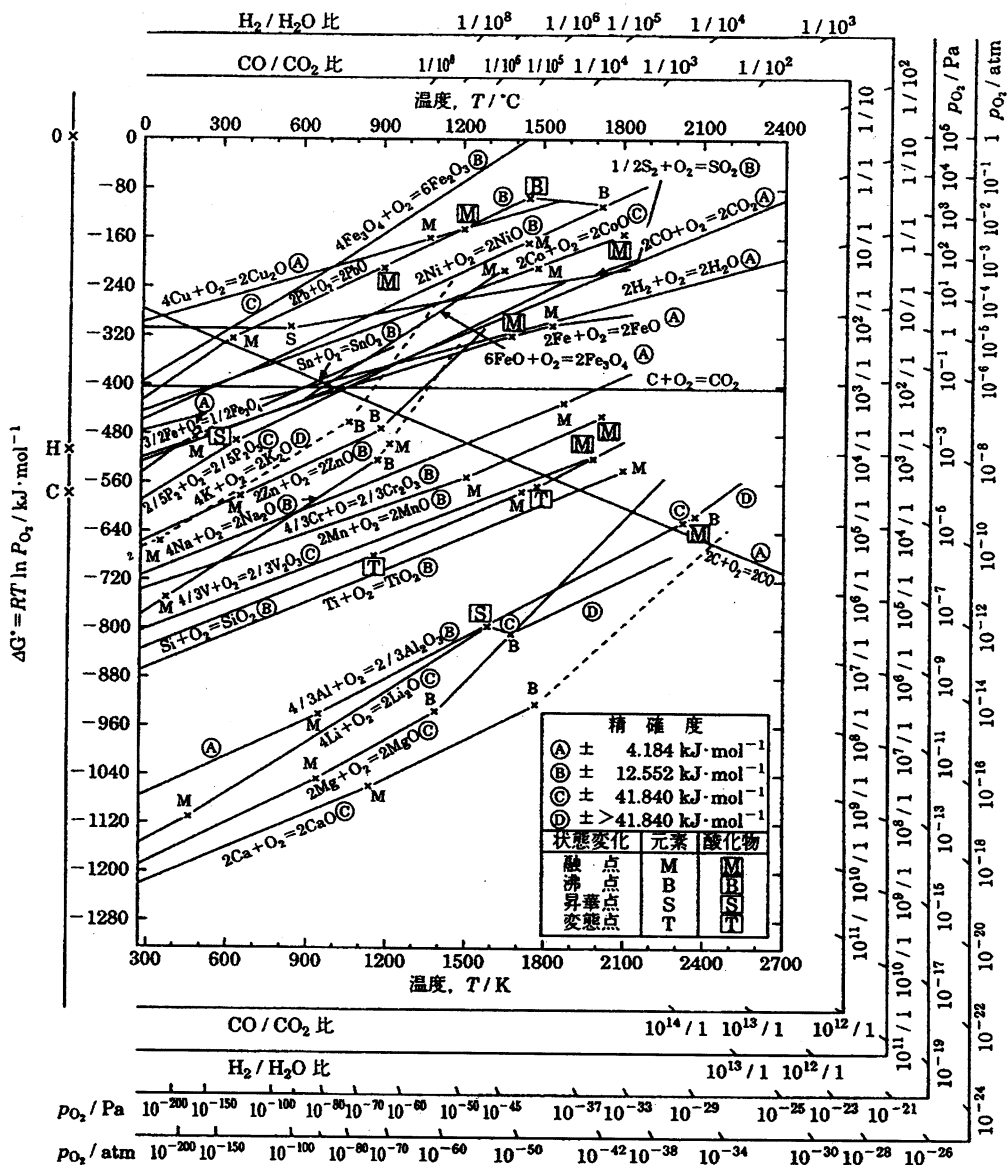


Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ-1 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 ($2m/n M + O_2 = 2/n M_m O_n$, Mは各元素, m, nは整数) 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 コバルトの線 ($2Co + O_2 = 2CoO$) は, リチウムの線 ($4Li + O_2 = 2Li_2O$) より上にあるので, 金属コバルト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 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正であるためである。
- ④ 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。
- ⑤ H_2-H_2O 混合ガスの酸素ポテンシャルはH点を起点とする直線で示され, H_2/H_2O の比が大きいほど, 酸素ポテンシャルは高い。

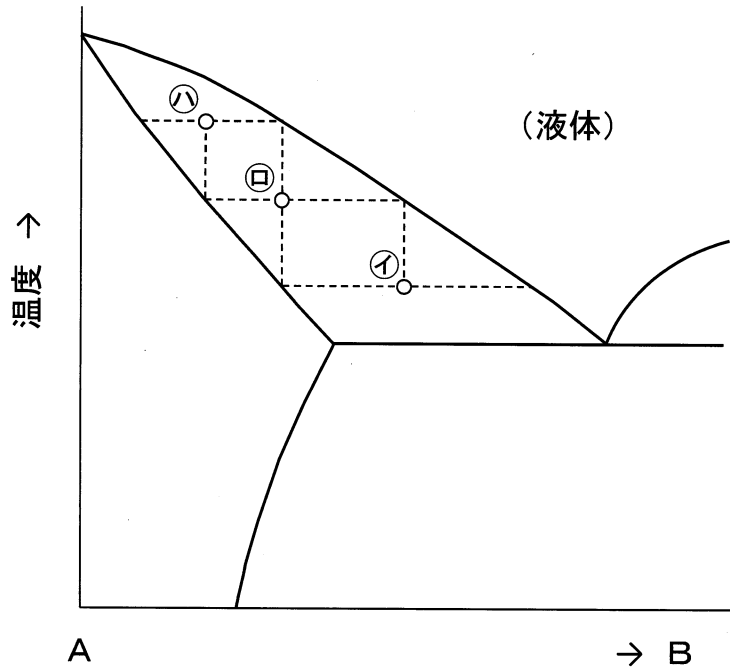
III-2 銑鉄の製造プロセスに関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。

- ① 高炉に適した強度の高いコークスを作るためには, 強粘結炭を適切に配合しコークス炉で乾留する。
- ② 鉍石中には, 脈石という SiO_2 や Al_2O_3 などの不純物が含まれるので, これらを分離しなくてはならない。
- ③ 製鉄工程で排出される燃料ガスには, 高炉から排出される高炉ガスのほか, コークス炉ガス, 転炉ガスがあり, これらは再利用されている。
- ④ コークスは, 高炉中で, 鉄鉍石の結合剤, 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。
- ⑤ 高炉の能力を示す指標である出銑比は, 1日における高炉体積 $1 m^3$ 当たりの銑鉄の生産量である。

Ⅲ－3 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 亜鉛の乾式精錬法であるISP法では、酸化亜鉛をコークスで還元し、コンデンサで熔融鉛中に亜鉛を回収させ、その後Pb-Zn合金を冷却して亜鉛を回収する。
- ② 銅の製錬において、硫化鉱の粉精鉱を仮焼して少量の石灰を添加し1200～1400℃に加熱することにより、上層はFeO-CaO-SiO₂系のスラグ、下層はほぼ純銅の組成に近いマットの2層に分離する。
- ③ 氷晶石にフッ化アルミニウム (AlF₃) を添加した熔融塩にアルミナ (Al₂O₃) を溶解し、炭素電極を用いて電解を行い、アルミニウムを得る。
- ④ 熔融マグネシウムにTiCl₄を滴下すると、以下の反応によりスポンジチタンができる。
$$\text{TiCl}_4 + 2\text{Mg} \rightarrow \text{Ti} + 2\text{MgCl}_2$$
- ⑤ 高純度多結晶ケイ素を素材にして単結晶ケイ素をつくる方法には、チョクラルスキー法やフローティングゾーン法などがある。

Ⅲ－４ 下図は不純物Bを含む金属Aの状態図である。溶離法（均一な融液から、融液とは異なる組成の固体を晶出させる）による金属の精製に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① 精製は㉠→㉡→㉢の順に進行する。
- ② 液体と固体が共存するとき、固体中の不純物濃度は液体中の濃度より低く、不純物が液体中に排出されるという性質を利用している。
- ③ 点㉡の状態でも共存する固体を分離し、残った液体に冷却等の操作を行っても、その液体からより純度の高い固体を取り出すことはできない。
- ④ 棒状にした試料の周りに帯状のヒーターを付け、融解と固化を連続的に行わせる帯域融解法により、固体混合物中の成分を分離して精製することができる。
- ⑤ 固体中と液体中の不純物濃度の比を分配係数といい、その値が小さいほど帯融精製による精製の効率は高くなる。

Ⅲ－５ 高炉，平炉及び電気炉以外の手段によって還元鉄を製造する新製鉄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 還元鉄製造プロセスは，その製造が比較的低い温度で行われるため操業が容易なことや，コークス炉や焼結機が不要で設備投資を低く抑えられることなどが特徴である。
- ② 原料として，シャフト炉法ではペレット若しくは塊鉱石が，回転炉床法では鉄鉱石と炭材を混合したものが使用される。
- ③ 天然ガスを用いるシャフト炉法では，還元生成した金属鉄のスティッキング（付着）を防ぐため1300℃以上で運転される。
- ④ 回転炉床法では，原料中の炭材をガス化して還元に使用するため，ガス化反応が高速に進行する1000℃以上の温度でなければ成立しない。
- ⑤ 天然ガス等による鉄鉱石の直接還元法で製造される還元鉄は，金属不純物を含みにくいため，清浄鉄源として重要度を増している。

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 ステンレス鋼の酸化精錬では，Cr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。
- ② 酸化精錬後のスラグからCrを還元するために，溶鋼にNi源が添加される。
- ③ Crの酸化を抑えながら脱炭を行う方法として，酸素とともに不活性ガス（Ar，N₂）を大気圧下で鋼浴中に吹き込み，COガス分圧を低下させるAOD法が知られている。
- ④ 極低炭素ステンレス鋼の精錬に優れる方法として，減圧下で溶鋼に酸素を上吹きするVOD法が知られている。
- ⑤ ステンレス製造に使用される合金原料は高価なため，ステンレス鋼原料におけるリサイクルスクラップの占める割合は，一般的に普通鋼より多い。

Ⅲ－7 希土類金属の性質と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 希土類金属の融点・沸点は、原子番号の増加に対して単純な挙動を示さないため、化学的に似ているにも関わらず、その製錬プロセスが多様になる1つの原因となっている。
- ② 希土類金属は化学的に極めて活性で、水溶液から電解採取することはできず、有機溶媒等の低温の非水溶液系での電解も効率の良い方法は見つかっていない。
- ③ 希土類金属の化合物は不安定であり、炭素や水素での還元が可能である。
- ④ 熔融塩電解法において、希土類金属と遷移金属の消耗電極（カソード）とを液体合金化して回収する消耗カソード法があり、磁石合金用希土類金属の製造法として知られている。
- ⑤ すべての希土類フッ化物に対してフッ化カルシウム（ CaF_2 ）の方が安定なため、金属カルシウムによる熱還元が可能であり、特に高融点希土類金属の製造に用いられる。

Ⅲ－8 金属の結晶方位に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 立方晶系における (hkl) 面と $[hkl]$ 方向は直交する。
- ② 立方晶系において格子定数を a とすれば、 (hkl) 面の面間隔 d は、
$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$
 で表される。
- ③ 立方晶系における (hkl) 面と $[uvw]$ 方向が平行である条件は、 $hu + kv + lw = 1$ である。
- ④ 六方晶系の格子面を、ミラー・ブラベー指数を用いて (hki) 面と表した場合、常に $i = -(h + k)$ となる。
- ⑤ 格子面が面間隔 d で並んだ結晶に波長 λ の特性X線を照射したとき、強い回折線が出る方向 θ は、 $2d \sin \theta = n\lambda$ (n は整数) の関係から求められる。

Ⅲ－9 金属材料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 運動する転位が間隔 λ の障害物によってピン止めされるとき、転位にはたらく最大せん断応力は $\tau = Gb / \lambda$ で表すことができる。 G は剛性率、 b はバーガース・ベクトルである。
- ② 加工硬化は、変形の進行に伴って転位が増え、転位同士の相互作用のために転位が動きにくくなることで起こる。
- ③ 一般に面心立方構造の材料は、脆性—延性遷移を生じにくい。
- ④ 極低炭素鋼とIF鋼の違いは、フェライト中の固溶炭素や固溶窒素の有無である。
- ⑤ 高速度工具鋼では、主として金属間化合物の析出によって高温強度を発現させる。

Ⅲ－10 鉄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 S45Cには、快削性を高めるためCr、Mo等が添加されている。
- 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 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 耐熱鋼に求められる特性は、高温の耐酸化性やクリープ強さなどが挙げられる。その組織によって、フェライト系、マルテンサイト系、オーステナイト系などに分けられる。
- ⑤ 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。

Ⅲ-11 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 フェライト系ステンレス鋼は、Niを含まないため比較的安価であり、応力腐食割れが起りにくい、低温ぜい性が生じ、耐食性にも劣る。
- ② マルテンサイト系ステンレス鋼は、じん性の低下や応力腐食割れが生じるため350～550℃での焼戻しを避ける必要がある。
- ③ オーステナイト系ステンレス鋼は、炭化物が析出すると耐食性が劣化するので、一般的に1000℃以上で固溶化熱処理を施す。
- ④ 2相ステンレス鋼は、Cr含有量が少ないため不働態皮膜が不安定で、孔食やすきま腐食が生じやすい。
- ⑤ マルエージステンレス鋼は、金属間化合物の析出により硬化させるもので、Niを減じる代わりにCrを10～15mass%添加して耐食性をもたせる。

Ⅲ-12 次の表は、金属の物性値を示したものである。元素の組合せとして、最も適切なものはどれか。なお、密度と線膨張率は20℃付近の値である。

金属元素	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
融点 [°C]	1455	1857	1536	1084.5
密度 [g/cm ³]	8.902	7.20	7.874	8.96
線膨張率 [10 ⁻⁶ K ⁻¹]	13.4	4.9	11.8	16.5

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|------|-----|------|------|
| ① | ニッケル | クロム | 鉄 | 銅 |
| ② | 鉄 | クロム | ニッケル | 銅 |
| ③ | ニッケル | 銅 | 鉄 | クロム |
| ④ | 鉄 | 銅 | ニッケル | クロム |
| ⑤ | 銅 | 鉄 | クロム | ニッケル |

Ⅲ-13 アルミニウム及びアルミニ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 アルミニウムの電気伝導度は、銀、銅、金に次いで高い値を示すが、微量のCr、Mn、V、Zr、Tiの含有によって著しく低下する。
- ② アルミニウムは、表面に緻密な酸化皮膜を形成して優れた耐食性を示すが、アルカリ溶液に対しては酸化皮膜が溶解するため激しく侵される。
- ③ Cuは、固溶強化とAl₂Cu相の中間相による著しい析出強化の効果をもつが、被削性を低下させる。
- ④ Siは、溶湯の流動性、鋳型充填性、溶湯補給性、耐熱間割れ性を向上させる元素であり、合金の熱膨張係数を小さくし、耐摩耗性を向上させる。
- ⑤ Mgは、高い固溶強化の効果をもつが、溶湯の酸化が激しく、流動性、補給性が悪く、ポロシティを生じやすい。

Ⅲ-14 マグネシウム及び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 マグネシウムは、構造用金属材料としては最も軽く、また、寸法安定性、くぼみ抵抗性、振動吸収性に優れる。
- ② マグネシウムは、非底面すべりが常温では活動しにくいため、冷間加工性が低い。
- ③ マグネシウムは耐食性が低く、特に重金属であるFe、Cu、Niの存在は耐食性を著しく阻害する。
- ④ Mg-Al-Zn系合金は、機械的性質、鋳造性、耐食性等のバランスのとれた代表的な合金であり、最も広く使用されている。
- ⑤ 希土類元素は、ネットワーク状の晶出物によってクリープ特性を向上させる効果を有するが、耐食性を低下させる。

Ⅲ-15 鋼の等温変態 (TTT) 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 M_s 点以上で冷却を途中で停止すると、マルテンサイト変態は等温的にはほとんど進行しない。
- ② 亜共析鋼では、TTT曲線の鼻 (ノーズ) の温度以上で一定温度に保つと、まずフェライトが析出し、次にパーライト変態が起きる。
- ③ 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。
- ④ オーステンパーは、オーステナイト化した鋼をノーズ以下の温度まで急冷し、この温度に保つことにより、等温変態を起こさせ、組織をベイナイトとする熱処理である。
- ⑤ マルテンパーは、 M_s 点以下の温度に保った熱浴中に焼入れし、残留オーステナイトの等温変態が終了するまでその温度に保持し、フェライトとパーライトの混合組織を得る熱処理である。

Ⅲ-16 鋼の焼戻しぜい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 ぜい化は、3万時間までの過時効を行っても解消しない。
- ② 焼戻しぜい化が起こると粒界にエッチング効果が現れるので、合金鋼のオーステナイト粒度を測定する良い方法として使用できる。
- ③ ぜい化には可逆性があり、 600°C 以上に加熱し急冷すると消失する。
- ④ Mnの添加によりぜい化の発生が遅れる。
- ⑤ Niの添加によりぜい化が起こりやすくなる。

Ⅲ-17 鋼の等温変態あるいは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 等温変態線図（TTT線図）のノーズと A_{e1} の間の温度における恒温変態によって得られる組織は、 A_{e1} に近い範囲では粗い層状組織のパーライト、それよりもやや低い温度では一次ソルバイトを生じる。
- ② 亜共析鋼の等温変態では、Moはフェライト変態開始温度を低くして、パーライト変態開始時間を延長させる。
- ③ 亜共析鋼の等温変態では、Wはパーライト変態開始温度を高くし、フェライト変態開始温度を高くする。
- ④ 等温変態線図（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 連続冷却変態線図（CCT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 冷間加工後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 再結晶させるために必要な温度は、塑性変形が小さいほど高くなる。
- ② 再結晶では、まず核が形成され、この核をもとにして新しいひずみのない結晶粒が成長して、旧結晶粒と置き換わっていく。
- ③ 塑性変形前の初期結晶粒径が大きなものほど、同一の焼なまし条件で再結晶させるためには塑性変形量を増やす必要がある。
- ④ 塑性変形量を増やすと、再結晶粒は微細化する。
- ⑤ 再結晶が完了した後、焼なましを続けても結晶粒径はほとんど変化しない。

Ⅲ－19 鋼の強度特性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 変態誘起塑性 (TRIP) によって延性と靱性が向上する効果は、応力誘起マルテンサイトが母相よりも硬い場合のみに発現する。
- ② 焼ならしは、 A_{c3} 又は A_{cm} より100～150℃高い温度に加熱した後、大気中に放置することによって行われる。
- ③ 中炭素鋼では、Cr、Moのように炭化物形成元素を添加すると、400℃以上の焼戻しで硬さ低下が遅れる。
- ④ 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。
- ⑤ 粒成長には、組織全体が平均的に成長していく通常粒成長と、少数の特定の粒が周囲の結晶粒を侵食して大きくなる異常粒成長がある。

Ⅲ－20 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 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、微小の添加でも鋼の焼入れ性を高める。
- ② C、N、Ni、Mn、Cuなどは、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、焼入れ性を良くする。
- ③ Al、V、Tiなどは、酸化物、窒化物を形成しやすく、焼入れ温度に加熱すると固溶するので、オーステナイト結晶粒を微細化させ、鋼の焼入れ性を悪くする。
- ④ 高強度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 焼入れした炭素鋼を焼戻すと、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。

Ⅲ－21 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 復元は、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、一時的に溶体化の状態に戻ってしまう現象である。
- ② 二次硬化あるいは焼戻し硬化は、Cr, W, Mo, V等を添加した鋼において、500～600℃の焼戻しで硬さが増加して極大を示す現象である。
- ③ ウィドマンステッテン組織とは、過時効後に出現する平衡析出相 β が、 α 相の結晶格子の一定指数面に沿って板状に析出した組織である。
- ④ ばね鋼のブルーイングは、冷間加工を行った鋼を500～600℃に加熱して、引張強度、硬さ等が増加する現象である。
- ⑤ 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。

Ⅲ－22 金属の大気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 金属表面上の水膜厚さが1～1000 μm 程度の時には、金属表面は濡れていると判断でき、水膜厚さが増加するほど腐食速度は増加する。
- ② 水膜厚さが1000 μm 以上になると、金属表面は水溶液中に浸漬された時と同じ状態になるため、腐食速度は水膜厚さと無関係の一定の値となる。
- ③ 大気腐食において、金属表面上に生成した錆層は、乾湿繰り返しにより還元と酸化を繰り返して成長する。
- ④ 大気腐食環境で炭素鋼表面に生成する錆のうち、結晶性の成分としては各種オキシ水酸化鉄 (α -FeOOH, β -FeOOH, γ -FeOOH) や Fe_3O_4 が代表的なものとして挙げられる。
- ⑤ 耐候性鋼は少量のCu, P, Cr, Niを含む低合金鋼であり、大気中でち密な錆層を形成することで高耐食性を発揮する。

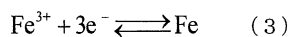
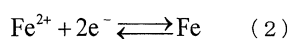
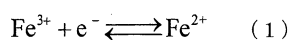
Ⅲ－23 金属の不働態に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 不働態化現象を示す金属のうち、鉄やクロム、ニッケルには半導体の酸化皮膜が生成し、アルミニウムやチタン、ジルコニウムには絶縁体の酸化皮膜が生成する。
- ② 不働態化する金属・合金のアノード分極曲線を測定した際、広い不働態域かつ小さい不働態維持電流密度が得られる金属・合金ほど耐食性が高いといえる。
- ③ ステンレス鋼の不働態皮膜は非常に薄く、中性水溶液中に自然浸漬させて形成させた場合の厚さはマイクロメートルオーダーである。
- ④ 水溶液中における不働態皮膜の形成反応としては、金属と水溶液との直接反応、金属イオンの過飽和溶液からの析出又は金属イオンの電気化学酸化が考えられる。
- ⑤ 酸性水溶液中において、ステンレス鋼のCrやNiの含有量が30mass%程度までであれば、これらの含有量が増加するほど不働態皮膜は薄くなる傾向にある。

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、特定のカチオンの存在下で、もしそのカチオンが存在しなければ不働態を保つような貴な電位で起きる小孔状の局部腐食である。
- ② すきま腐食とは、不働態状態の金属あるいは合金の表面の一部が金属などにより覆われ、その間のすきまが水溶液で満たされ閉鎖セルとなり、活性腐食を受けることで生じる局部腐食である。
- ③ 応力腐食割れは、負荷応力、残留応力、熱応力などの引張り応力の存在下で局部的に皮膜が破壊されて、応力との共同作用で割れが発生・進展する現象である。
- ④ 粒界腐食とは、析出物あるいは成分元素の偏析が生じることで耐食性に有効な成分の濃度低下が起こり、粒界が優先的に腐食される現象である。
- ⑤ 選択腐食とは、合金成分の可逆電位の差が大きい場合、卑な成分が選択的に腐食し貴な成分が多孔質層として残留する現象である。

Ⅲ-25 以下の式(1)に示す電気化学反応について、25℃における標準電極電位(標準水素電極(SHE)基準)の値として、最も適切なものはどれか。ただし、式(2)及び式(3)の25℃における標準電極電位は、 -0.440V vs. SHE 、 -0.036V vs. SHE であり、電気化学反応の標準生成ギブスエネルギー ΔG^0 と標準電極電位 E^0 との関係は、 $\Delta G^0 = -zFE^0$ で与えられる。ここで、 z は反応に関与する電子数、 F はファラデー定数である。



- ① $+1.248\text{V}$ ② $+0.772\text{V}$ ③ $+0.404\text{V}$ ④ -0.404V ⑤ -0.772V

Ⅲ-26 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 金属塩や還元剤、緩衝剤が溶けた水溶液中に金属を浸漬させると、処理物表面に金属が析出し、通電なしに金属をめっきすることができる。
- ② 電気化学反応を用いずに金属被膜を形成することができる。
- ③ 電流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。
- ④ アルミニウム表面に亜鉛をめっきするジケート処理等の置換めっきも、無電解めっきの一種である。
- ⑤ 触媒化処理を用いることでプラスチックやセラミックス等の非導電体上にもめっき可能である。

Ⅲ－27 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、正極にCu及び負極にZnが用いられ、CuとZnの電極電位の差が起電力になる。
- ② 鉛蓄電池の正極材料はPbであり、負極材料はPbO₂である。
- ③ マンガン乾電池の正極材料にはMnO₂が、負極材料にはZnが用いられる。
- ④ リチウムイオン二次電池の正極材料には、LiCoO₂などの活物質や導電剤、粘着剤をAl箔上に塗布した帯状電極が用いられ、負極集電体には、ほぼ同様の方法でCu箔上に塗布した帯状電極が用いられる。
- ⑤ ニッケル水素電池の正極材料にはNi酸化物が、負極材料には水素吸蔵合金が用いられる。

Ⅲ－28 アルミニウムのアノード酸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 アルマイト処理は、アルミニウムを硫酸やシュウ酸等の溶液中でアノード酸化する表面処理法である。
- ② アノード酸化によりアルミニウム上に形成する酸化皮膜は、アニオン染料や電解処理により様々な色に着色できる。
- ③ アノード酸化によってアルミニウム表面に形成する酸化皮膜の表面には、無数の細孔（ポーラス層）が存在する。
- ④ アノード酸化したアルミニウム表面を濃硝酸中に浸漬させて不働態化させることで、より酸化皮膜の耐食性や耐汚染性、耐光性を向上させることができる。
- ⑤ アノード酸化によりアルミニウム上に形成する酸化皮膜は絶縁性を示す。

Ⅲ－29 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 半密閉型を用いる熱間の鍛造では仕上げ打ちの際、型の細部まで材料を充満させるため、材料を外周にいくらか逃がし、ばりを発生させる。
- ② 熱間の自由鍛造は局部変形のため荷重は低い。また、自由表面近くで静水圧応力が低く、場所によっては引張応力が作用し、割れが生じやすい。
- ③ 鉄鋼材料の冷間鍛造では、リン酸塩被膜を潤滑剤として利用する方法が、多くの製品製造時に用いられている。
- ④ 円盤状の鍛造品を考えると、鍛造荷重は鍛造方向への製品の投影面積によって決まるため、製品の高さ寸法は、摩擦を考慮したとしても、鍛造荷重に影響しない。
- ⑤ 熱間鍛造では、加工中や加工後に再結晶が進行し、再結晶に伴う組織の微細化や内部空孔の圧着などの材質改善が可能である。

Ⅲ－30 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 フランジ部の材料には、半径方向の引張応力と円周方向の圧縮応力が同時に作用する。
- 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が、割れとしわを回避するためには、ダイ肩半径は素材の板厚に対して5～10倍程度の値にする。
- ③ ダイ及びしわ抑え板の表面粗さの仕上げ方向は、材料の円周方向に沿う方がよい結果となる。
- ④ 再絞りは、1工程では成形できない深い容器の製造に適している。
- ⑤ 周辺加熱深絞り法は、パンチを冷却し、しわ抑えとダイスを加熱することにより、限界絞り比を向上させる加工法である。

Ⅲ－31 板の圧延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 4段圧延機は、直径の小さなワークロールの上下を大径のバックアップロールで支えることで、圧延荷重によるワークロールの曲げ変形を抑制する。
- ② 圧延荷重を小さくするためには、ワークロールの半径を小さくすることが有効であるが、ワークロール半径が小さくなると、板を噛み込みにくくなるため、大きな圧下量を与えることが難しい。
- ③ 板と直接接触するワークロールでは、弾性変形によって接触部におけるロール表面の曲率半径が、無負荷時のワークロール半径よりも小さくなる。
- ④ 圧延中の板に前方張力又は後方張力を加えると、圧延圧力が減少する。
- ⑤ 薄板の圧延において、幅方向の厚さ制御が不適切であると、板端部の端伸び（耳波）や板中央部の中伸び（中波）などの平坦度不良が生じる。

Ⅲ－32 金属材料の押し出し加工と引抜き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 テーパーダイス（コニカルダイス）を用いた丸棒の引抜きでは、製品精度を向上させるために後方張力（逆張力）を付加することがある。この場合、ダイス寿命は長くなる。
- ② テーパーダイス（コニカルダイス）を用いた丸棒の引抜きでは、引抜き力を最小化するダイス半角が存在する。
- ③ 軸押し出しや引抜きにおいて小さな断面減少率で多パス加工を行う場合に、中心部にシェブロンクラックと呼ばれる内部割れを生じることがある。
- ④ 鋼の熱間押し出しでは、ガラス粉末を潤滑剤として用いる場合がある。
- ⑤ 押し出し加工では、押し出し比が等しい時、一般に直接押し出し（前方押し出し）の押し出し圧力は、間接押し出し（後方押し出し）の押し出し圧力よりも低くなる。

Ⅲ－33 塑性変形に伴って変化する材料特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 結晶組織の変化は、原子配列の回転を生じさせ、集合組織を形成する。その結果、材料の力学的特性は方向によって異なってくる。
- ② 変形の途中で変形の方法が逆転すると、同方向に継続して変形する場合に比べ降伏応力が下がる。これをバウシニング効果と呼ぶ。
- ③ 軟鋼板を引っ張ると降伏点現象を示し、材料表面にリュウダース帯が現れる。これは表面品質を下げるため、降伏点を越えるひずみを与えることで調質して発生を防止する。
- ④ 加工度に伴って変化する性質としては、硬度、降伏点、引張強さ等があるが、ヤング率、ポアソン比、全伸び、絞りは、ほとんど変化しない。
- ⑤ 圧縮と引張を繰り返すと応力とひずみの関係はループ状となる。これを塑性ヒステリシスと呼び、ループ内の面積は、変形に費やされた単位体積当たりの仕事を表す。

Ⅲ－34 板材の引張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 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。
- ② 単軸引張試験片の平行部に一樣な伸びを与えたときの対数板厚ひずみ ϵ_t に対する対数板幅ひずみ ϵ_w の比 ϵ_w/ϵ_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値である。
- ③ 引張方向と圧延方向の角度が0度、45度、90度の引張試験を行った場合、各方向の r 値の差が大きいほど、底付き円筒容器の深絞り成形で耳が生じやすい。
- ④ 単軸引張試験の真応力（ σ ）-真ひずみ（ ϵ ）曲線を n 乗硬化則（ $\sigma=C\epsilon^n$ 、 n は加工硬化指数、 C は塑性係数）で近似すると、引張試験で最大荷重に達したときの真ひずみ ϵ は、加工硬化指数 n に等しい。
- ⑤ 底付き円筒容器の深絞り成形における限界絞り比（LDR）は板材の深絞り性の指標となる。一般に、 r 値が小さいほど限界絞り比が大きい。

Ⅲ－35 等方性の金属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。

ただし、対象とする材料は、単軸引張における降伏応力が200MPaであり、ミーゼスの降伏条件に従うものとする。

- ① この材料を単軸圧縮した場合は、200MPaの圧縮応力で降伏する。
- ② この材料の板材に対して、面内の直交する二方向に200MPaの同じ引張応力を同時に与えた場合、降伏する。ただし、板表面の応力はゼロとする。
- ③ この材料に直交三方向から200MPaの同一の圧縮応力を加えた場合、材料は降伏する。
- ④ この材料の薄肉円管に対して、ねじりトルクのみを加えたとき、せん断応力が約115.5MPaで降伏する。
- ⑤ この材料に $\sigma_1:\sigma_2:\sigma_3=1:0:-1$ の比の主応力を与えたときに、材料が降伏したとすれば、 σ_1 は約115.5MPaである。