

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。)

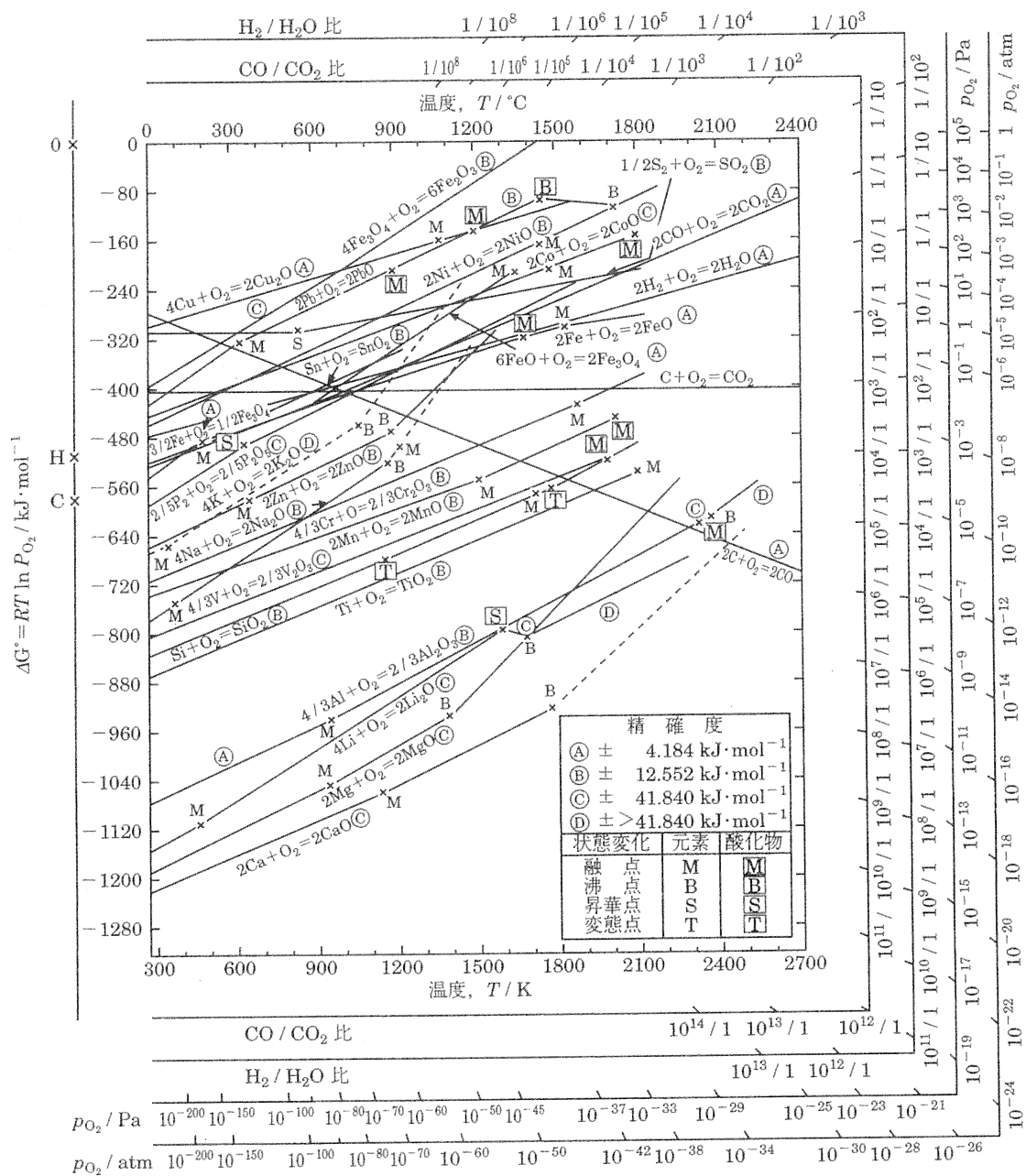
Ⅲ－1 高炉（溶鉱炉）製鉄プロセスに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- 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，回収されて製鉄所内の加熱炉や火力発電などの燃料に使用される。
- ② 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。
- ③ 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並流型の反応装置である。
- ④ 高炉内は強還元雰囲気であるため，ほとんどのリンは還元されて鉄とともに溶鉄中に混入する。
- ⑤ 原料炭を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，反応や熔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。

Ⅲ－２ 非鉄生産システムに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

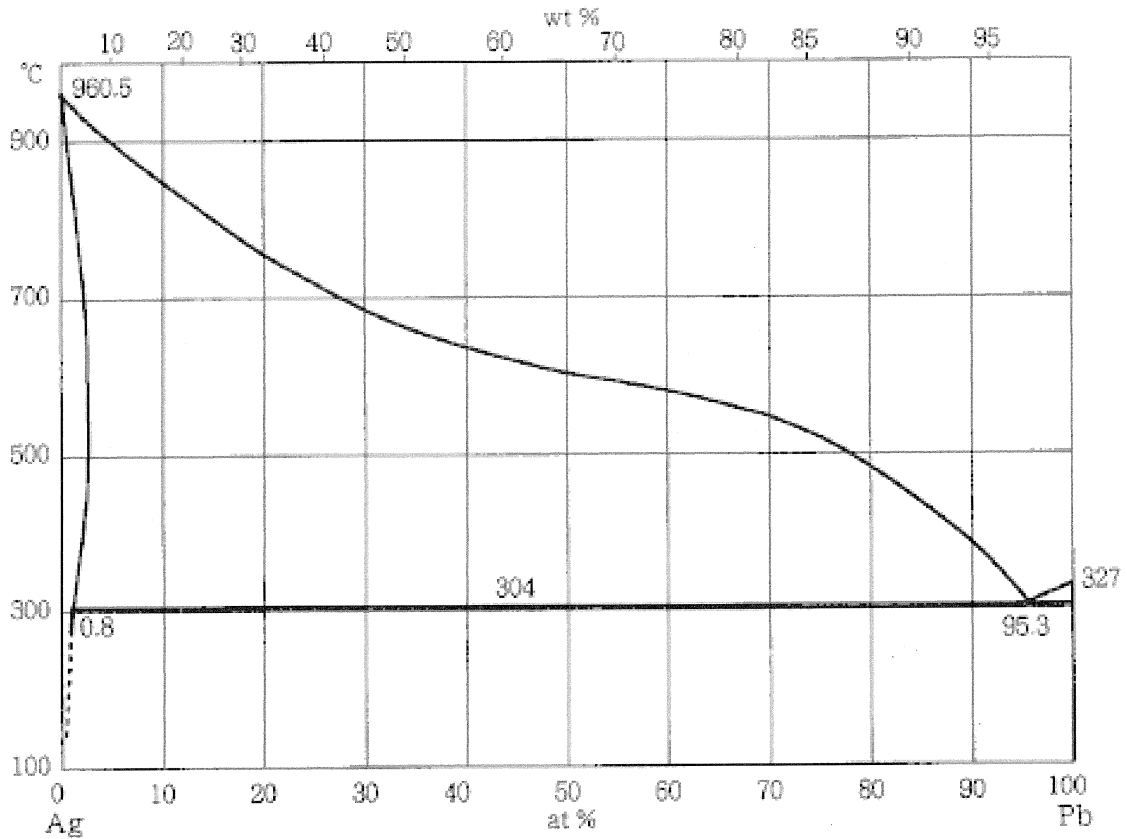
- ① ニッケル硫化鉱の乾式製錬においては、精鉱を溶鉱炉や自溶炉等で溶錬してマットを得る。次に転炉でマット中の鉄を酸化除去して高品位化し、さらに後続の精製工程で不純物の銅を除去して高純度金属ニッケルを得る。
- ② チタンの製錬法であるクロール法では、中間生成物である四塩化チタンをマグネシウムで還元してスポンジチタンを得た後、これをプレスにより圧縮成型して消耗電極として大気雰囲気下でアーク溶解し、凝固させて最終インゴットにする。
- ③ 白金族元素の製錬では、精鉱を王水に溶解し、さらに多数の溶媒抽出や還元工程を経て、粉末（スポンジ）状の金属が得られる。また銅やニッケルの精錬時に発生するアノードスライム中にも濃縮して存在し、白金族金属の大きな回収源となっている。
- ④ 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酸化アルミニウムを得て、これを氷晶石にフッ化アルミニウムを添加した熔融塩に溶解し、炭素電極を用いて電解が行われている。
- ⑤ 半導体用のシリコンの製造では、珪石の炭素熱還元により得られる工業用シリコンを塩化水素と反応させシランガスにし、水素還元して高純度物を得る。これを真空又は不活性な雰囲気下で熔融し、チョクラルスキー法などによる単結晶の引き上げを行う。

Ⅲ-3 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。次の①~⑤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 ( $2m/n M + O_2 = 2/n M_mO_n$ ) より上の領域では酸化物が、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 ( $2m/n M + O_2 = 2/n M_mO_n$ ) において酸素 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 コバルトの線 ( $2Co + O_2 = 2CoO$ ) はリチウムの線 ( $4Li + O_2 = 2Li_2O$ ) より上にあることから、金属コバルトとリチウムの混合スクラップでは、酸化精錬によりリチウムを酸化除去できる。
- ④ 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、これはエントロピー変化が負であるためである。
- ⑤ 左縦軸上のC点、H点は、それぞれ  $2CO + O_2 = 2CO_2$ ,  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$  を表す直線の絶対零度軸における切片である。その値は各反応のエントルピー変化を表し、それぞれの点を通る直線上では、それぞれCO/CO<sub>2</sub>比、H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O比の値が一定である。

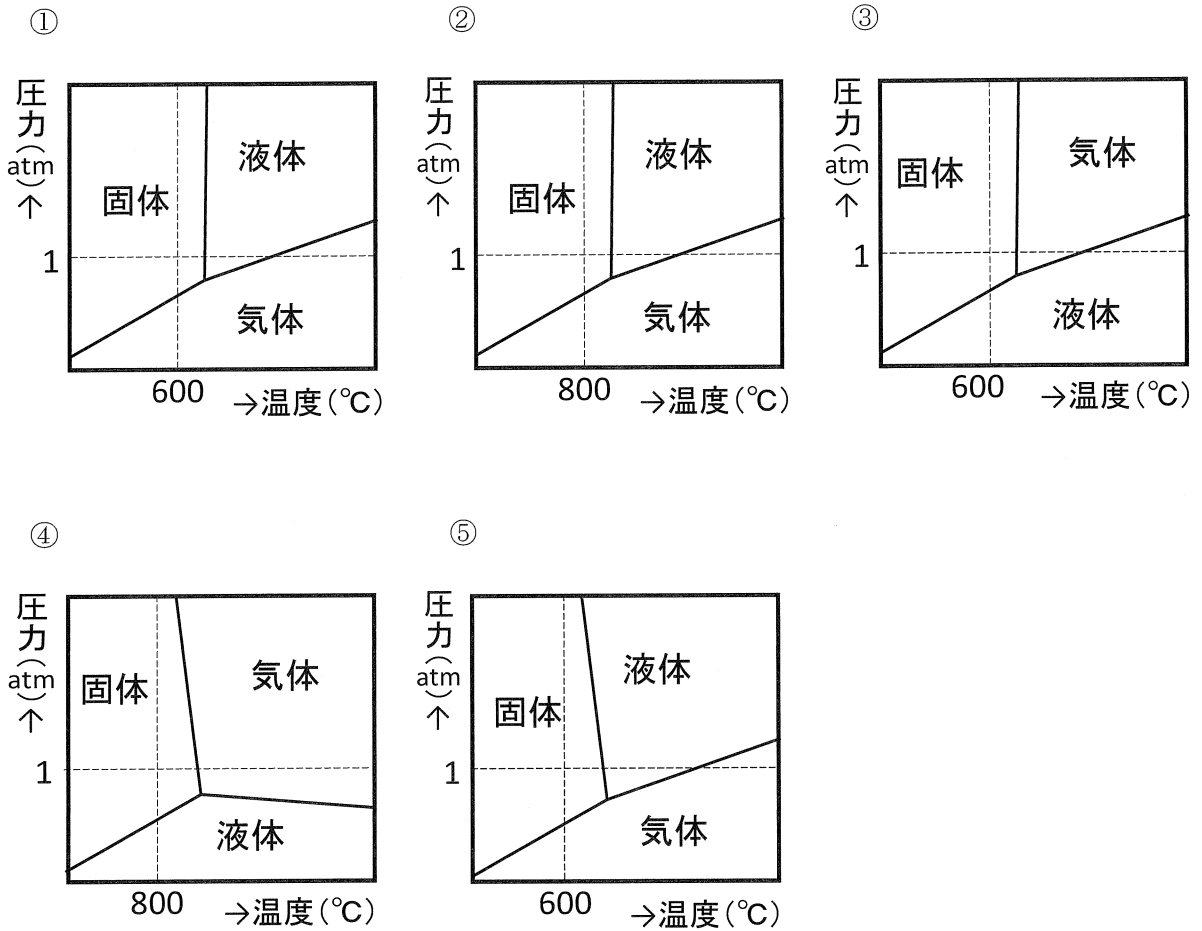
Ⅲ-4 下に示す銀 (Ag) - 鉛 (Pb) 二元系状態図に関する次の (1) ~ (3) の記述のうち、適切なものの組合せは①~⑤のうちどれか。



- (1) 熔融銀-鉛合金を凝固させて純度99 wt%以上の固体銀を製造することは可能である。  
 (2) 304°Cでは、固体銀、固体鉛と熔融銀-鉛合金の3相平衡が成り立つ。  
 (3) 70 wt%Ag-30 wt%Pbの合金を500°Cで保持平衡させたとき、熔融銀-鉛合金と固体銀がモル比でほぼ4 : 1の割合で存在した。

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

Ⅲ－5 マグネシウムの1成分系を定性的に表している状態図として次のうち、最も適切なものはどれか。



Ⅲ－6 次の記述に該当する金属は①～⑤のうちどれか。

密度は $8.9\text{g}/\text{cm}^3$ で強磁性を示し、合金用原料として多く用いられる。耐熱鋼、高速度工具鋼、磁石鋼など特殊用途鋼が主要品目であるが、国内ではリチウムイオン電池の正極材としての用途も多い。鉱石中では硫化物や砒化物として存在するが、一般に産出量は少なく、他の金属製錬時の副産物として得られる。

- ① クロム    ② マンガン    ③ コバルト    ④ タングステン    ⑤ 銅

Ⅲ－7 希土類金属に関する次の(1)～(3)の記述のうち、適切なものの組合せは①～⑤のうちどれか。

(1) 希土類金属の製錬では、精鉱を硫酸分解やカ性ソーダ法で処理後、溶媒抽出法やイオン交換法により分離したものを熔融塩電解やカルシウム熱還元することが行われる。

(2) 希土類金属であるランタノイド元素の電子配置は、最外殻の5d軌道に電子を1個配し、4f軌道に収容される電子数が変化している。このため、それらの化学的性質は大きく異なっている。

(3) 光学レンズ、高性能磁石などに使用される希土類元素は、混合物や固溶体になっていることが多いため、これらを原料レベルにリサイクルするには、回収品を溶解し、精鉱からの製錬と同様の複雑な工程で処理することになる。

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

Ⅲ－8 熱力学と相平衡に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

① 孤立系では外部との物質や熱、仕事のやり取りがない限り、系のエネルギーの総量は保存される。

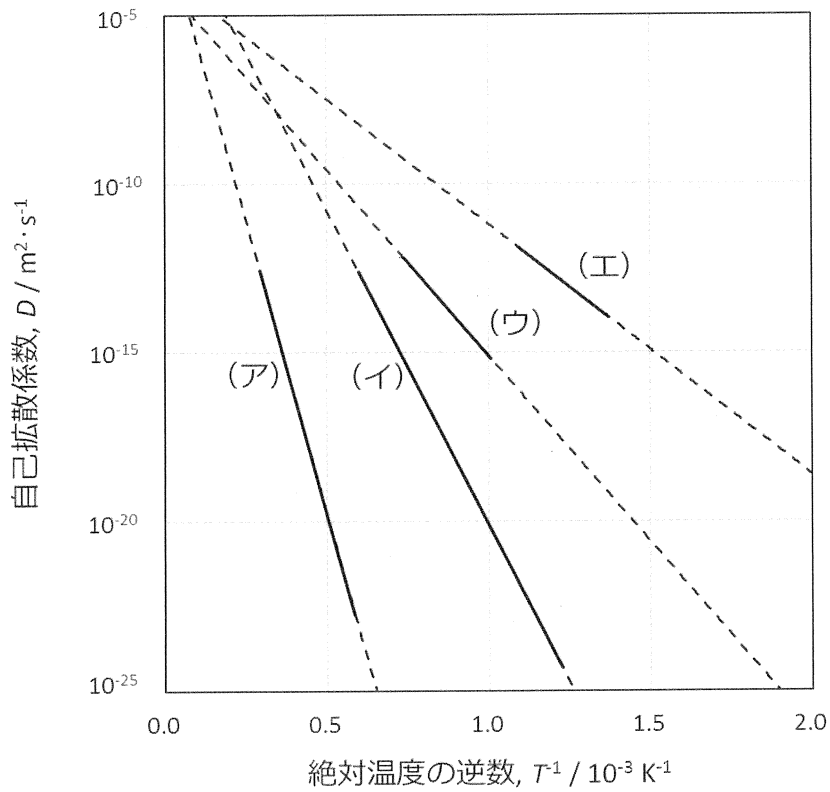
② 断熱された孤立系で不可逆変化が起こるとき、無秩序の度合いを表すエントロピーは減少する。

③ 全ての完全結晶は、絶対零度においてエントロピーが0である。

④ 圧力一定のもとでは、 $f = c - p + 1$ の相律が成り立つ。ここで、 $c$ は系の構成成分の数、 $p$ は系に存在する相の数、 $f$ は系の状態を決定する変数の数(自由度)である。

⑤ 温度と圧力を一定に保った系では、エンタルピーとエントロピーで表される自由エネルギーが減少する方向に変化が進む。

Ⅲ－９ 下図は、金属元素の自己拡散係数及びその外挿と、絶対温度の逆数の関係を示している。元素の組合せとして最も適切なものはどれか。一般に、融点の高い金属元素ほど、自己拡散係数の活性化エネルギーは高い。



	ア	イ	ウ	エ
①	銅	アルミニウム	タングステン	ニッケル
②	ニッケル	タングステン	アルミニウム	銅
③	アルミニウム	銅	ニッケル	タングステン
④	タングステン	ニッケル	銅	アルミニウム
⑤	タングステン	銅	ニッケル	アルミニウム



Ⅲ－10 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 一般に面心立方構造の材料は延性ぜい性遷移を生じにくい。
- ② 運動する転位が間隔  $\lambda$  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。
- ③ 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。
- ④ 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硬さを発現させる。
- ⑤ 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。

Ⅲ－11 鉄鋼材料のぜい性や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 フェライト鋼は、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。
- ② 一般に、鉄鋼材料の延性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、へき開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る。
- ③ 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。
- ④ 遅れ破壊は、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である。
- ⑤ 多量のクロム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、異常な硬化が起こり著しくぜい化することがある。

Ⅲ－12 鉄鋼材料の接合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 シールドガスで溶接部を大気から保護し、アーク熱で溶接するガスシールドアーク溶接には、アーク電極をほとんど溶融しない方法と、電極を連続的に溶融し消耗する方法がある。
- ② 抵抗溶接法は、加圧した被溶接材料間に通電し、材料自体の抵抗発熱で溶接する方法で、スポット溶接が知られている。
- ③ 電子ビームやレーザーを熱源に用いた溶接では、熱影響部が狭く、ひずみの小さい高精度な溶接が可能となる。
- ④ 摩擦攪拌接合は、棒状の工具を高速で回転させながら材料と接触させ、材料との摩擦熱を利用して溶融接合する方法である。
- ⑤ ろう接とは、ろうあるいは半田を用いて、継手とのぬれ現象及びすき間の毛管現象を利用して、母材をできるだけ溶融しないで接合する方法である。

Ⅲ－13 非鉄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 銅－スズ系合金を青銅、銅－亜鉛系合金を黄銅、銅－ニッケル系合金を白銅と呼ぶ。
- ② 変形させた後に加熱すると、自発的に変形前の元の形状に戻る合金が形状記憶合金であり、チタン－ニッケル合金がよく知られている。
- ③ ニッケル基超合金は、主に母相と整合性のよい体心立方構造の規則格子を有する析出物により、高温強度が保たれている。
- ④ ジルコニウム及びその合金は、熱中性子吸収断面積が小さいことから、原子炉材料として使われている。
- ⑤ マグネシウムは、比重が鉄の約  $1/4$ 、アルミニウムの約  $2/3$  で、実用金属材料中では最も軽い。

Ⅲ－14 金属材料の分析や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 粒度番号を  $G$ 、断面積  $1\text{ mm}^2$  当たりの結晶粒の数を  $m$  とすれば、 $G = 8 \times 2^m$  の関係が成り立つ。
- ② ナイタル液は、アルコール100ccに対し硝酸1～10ccの割合で混合した溶液で、炭素鋼の組織観察用エッチング液として用いられる。
- ③ 蛍光X線分析法は、管球から発生する1次X線を試料に照射し、試料中の元素から2次的に発生する固有X線を分光して強度を測り、元素の定性及び定量を行う方法である。
- ④ 透過型電子顕微鏡は試料内部の微細構造の観察に用いられるのに対し、走査型電子顕微鏡は表面近傍を観察するのに用いられる。
- ⑤ 電子線後方散乱回折 (EBSD) 装置を適切に用いれば、試料の結晶構造や結晶方位を求めることができる。

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 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。
- ② パーライト生成温度域では温度の高いものほどパーライトの層間隔は広く、温度が低くなるにつれ微細パーライトになる。
- ③ 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。
- ④  $M_s$  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、焼戻しマルテンサイトと低温ベイナイトの混合組織を得る処理をマルテンパーという。
- ⑤  $M_f$  点以上で冷却を途中で停止しても、マルテンサイト変態は進行する。

Ⅲ－16 鋼の連続冷却変態（CCT）あるいは等温変態（TTT）に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 変態の潜伏期の加算則を用いることにより、等温変態（TTT）線図における変態開始時間からCCT線図における変態開始時間をおおよそ予測できる。
- ② 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。
- 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、ベイナイトとマルテンサイトが混在した組織になる。
- ④ 共析鋼を下部臨界冷却速度以上の速度で冷却するとマルテンサイト変態が起こる。
- ⑤ 共析鋼を下部臨界冷却速度以下の速度で連続冷却すると、共析（パーライト）変態が完結する。

Ⅲ－17 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 Mn, Cr, Siの添加によりぜい化が起こりやすくなる。
- ② Mo若しくはNiを添加するとぜい化の発生が遅れる。
- ③ 旧オーステナイト粒界から破壊が起きる。
- ④ 高純度の炭素鋼はぜい化は起こらない。
- ⑤ ぜい化には可逆性があり、600℃以上に加熱し急冷すると消失する。

Ⅲ－18 鉄鋼材料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 C含有量の増加に伴いオーステナイト→フェライト変態開始温度は低下するが、オーステナイト→パーライト変態開始温度はC含有量によらず一定である。
- ② 鉄鋼材料の溶接部は急熱、急冷を受け、その熱影響部をHAZと呼ぶ。HAZ部は硬化して、これによる脆化あるいは溶接により発生した内部応力などが原因となって溶接船などでぜい性破壊のごとき大きな事故を生じることがある。
- ③ マルテンサイトは合金の種類や組成によって、ラス状、レンズ状、薄板状などの種々の形態をとる。ラスマルテンサイトは厚さが $0.2\mu\text{m}$ 程度の細かいマルテンサイト晶が平行に集団をなして生成する。
- ④ パーライト組織はフェライトとセメンタイトが積層したラメラ組織を有する。パーライト組織は共析組成でのみ実現する。
- ⑤ 炭素工具鋼などのパーライト組織は、オーステナイトとセメンタイトの二相域で熱処理し徐冷することによって、フェライト素地中に球状のセメンタイトが均一分散した組織となる。この球状化セメンタイト組織は、パーライト組織に比べて被削性、延性に優れている。

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 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ ジョミニ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れ性曲線（H曲線）といい、H曲線により焼入れ性を評価する。

Ⅲ－20 鋼の $A_{c3}$ 点の温度に影響を及ぼす添加元素に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① Mnは上げ，Crは下げる。
- ② Siは上げ，Cは下げる。
- ③ Moは上げ，Pも上げる。
- ④ Vは上げ，Niは下げる。
- ⑤ Tiは上げ，Cuは下げる。

Ⅲ－21 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 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。
- 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高くして，パーライト変態開始時間を延長させる。
- ③ 亜共析鋼の連続冷却変態では，約 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以下の冷却速度で徐冷すると，初析フェライトが形成され，パーライト変態が起こる。パーライトはオーステナイト粒界で核生成し，初析フェライトはオーステナイト結晶粒内に優先的に核生成する。
- ④ 共析鋼を $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下で等温変態させるとベイナイト変態するが， $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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冷却速度が大きくなるほど小さくなり，硬さや強さが高くなる。

Ⅲ－22 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 浸炭法は、主に鉄鋼材料に対して、その表面から炭素を侵入拡散させ、表面を硬化させることにより耐摩耗性を与える方法である。
- ② スパッタリングとは、不活性ガスをイオン化し、それをターゲット表面に衝突させ、ターゲットの原子や分子などをはじき出し、基板表面に堆積させるCVD法の1つである。
- ③ アルマイト処理とは、アルミニウムの電解により酸化皮膜を形成する技術である。
- ④ 窒化とは、金属に窒素を拡散させる表面処理であり、鉄鋼材料へ施すことにより主に耐摩耗性を向上させる技術である。
- ⑤ 真空蒸着とは、約 $10^{-2}$  Pa以下の真空中で、高温に加熱することなどによって物質を蒸発させ、基板上に膜を付着・堆積させるPVD法の1つである。

Ⅲ－23 溶射に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 大型構造物に施工できる。
- ② 被覆材を選ばない。
- ③ 皮膜に気孔が介在する。
- ④ 皮膜形成速度が非常に大きい。
- ⑤ 高真空を要する。

Ⅲ－24 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。

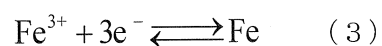
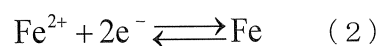
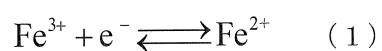
- ① 工業的に実用されている無電解銅めっきでは、主にホルムアルデヒドが還元剤として使用され、銅イオンが還元することにより基板上に銅が析出する。
- ② スズめっきは、はんだめっきとして電子工業用に用いられる。酸性浴でのスズめっきは2価のスズイオンから析出させる。
- ③ クロムめっきは、光沢を空气中で失うことがないが、耐摩耗性に劣る。
- ④ 卑な金属であるアルミニウムのめっきは、水に比較して安定な電位窓が広いイオン性液体を用いて行うことができる。
- ⑤ 硫酸銅めっき浴には様々な添加剤が含まれる。例えば、硫黄系有機化合物の添加により、鏡面光沢をもつ銅めっきが行える。

Ⅲ-25 次の(ア)～(カ)の6つの実用電池に関する記述のうち、最も不適切なものは、  
①～⑤のうちどれか。

(ア) ニッケル-カドミウム電池，(イ) 亜鉛-空気電池，(ウ) ニッケル-金属水素化物電池，  
(エ) 酸化銀電池，(オ) 鉛蓄電池，(カ) 固体高分子型燃料電池

- ① 理論起電力が2V以上のものは2つである。
- ② 負極活物質が気体である電池は1つである。
- ③ 電解質が酸性である電池は2つである。
- ④ 正極活物質が気体である電池は2つである。
- ⑤ 負極活物質が同じである電池は2つである。

Ⅲ-26 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①～⑤のうちどれか。ただし、式(2)及び式(3)の25℃における標準電極電位は、 $-0.44\text{ V vs. SHE}$ 、 $-0.04\text{ V vs. SHE}$ である。また、ファラデー定数  $F$  は  $96500\text{ [C/mol]}$  であり、SHEは標準水素電極を表すものとする。



- ①  $-0.76\text{ V}$
- ②  $-0.48\text{ V}$
- ③  $-0.40\text{ V}$
- ④  $+0.48\text{ V}$
- ⑤  $+0.76\text{ V}$



Ⅲ-27 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-20wt%鉄めっきはパーマロイめっきとして知られ、軟磁性めっきとして使用されている。
- ② 複合めっきとは、めっき液に固体微粒子を懸濁させ、微粒子をめっき皮膜中に取り込み、微粒子の持つ特性を皮膜に付与する方法である。
- ③ 電源のオン/オフを繰り返してめっきする方法はパルスめっき法と呼ばれ、周波数を上げて、電源オンの時間を短くすることにより粗大な結晶粒子を形成できる。
- ④ 高速めっきでは、めっき浴中の金属イオン濃度を高くし、さらに溶液の流動を強くすることによって、高電流密度でめっきが可能となる。
- ⑤ 微細パターンめっきは、ホトリソグラフィーでパターン化した基板にめっきを施し、所定の形をした金属を埋め込む方法であり、高密度配線板などに利用されている。

Ⅲ-28 Tiの耐食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 標準電極電位は  $-1.63\text{ V}$  (標準水素電極 (SHE) 基準,  $25^{\circ}\text{C}$ ) であり、Alとほぼ同じである。
- ② 使用条件によっては水素を吸収することで水素化物を形成し、水素脆化する場合がある。
- ③ 塩化物イオンによる局部腐食は生じにくい、ふっ化物イオンに対しては耐食性を示しにくい。
- ④ 微量の塩酸を含むエタノール環境などでは、活性経路腐食タイプの応力腐食割れが発生することがある。
- ⑤ 酸中での耐食性は高く、非酸化性環境であっても不動態化する。

Ⅲ-29 降伏応力が70MPaである材料をある方向に+30MPaで引っ張り、この方向と垂直な方向から圧縮応力を負荷して塑性変形させる。平面ひずみ圧縮状態でこの材料を降伏させるのに必要な応力は次のうちどれか。ただし圧縮に伴う摩擦は無視し、加える応力は主応力と見なす。符号は+が引張、-は圧縮を意味し、ミーゼスの降伏条件が成立するものとする。

- ① +80MPa    ② +50MPa    ③ -50MPa    ④ -63MPa    ⑤ -80MPa

Ⅲ－30 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 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、じん性を損なうことなく、強度を向上させる。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 冷間加工での塑性変形では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。
- 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－31 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 ワークロールには素材から圧延反力が作用するので、弾性たわみ変形が発生する。このたわみ変形の大きさは、圧延圧力の1乗に比例して大きくなり、ワークロール（素材）の幅の3乗に比例して大きくなり、ワークロールの半径の4乗に比例して小さくなる。
- ② 圧延加工中の素材に発生する塑性変形は、素材厚さ方向の圧縮変形と素材長さ方向への伸び変形の2種類である。
- ③ 圧延時の素材の温度として、室温で行う冷間圧延法と、高温の素材の再結晶温度以上で行う熱間圧延法とがある。
- ④ 工業的に利用されている多くの圧延機では、圧下量はプロセス計算機からの制御信号によって自動的に制御されている。
- ⑤ 被圧延材の入口速度はロール周速よりも遅く、被圧延材の出口速度はロール周速よりも速い。

Ⅲ－32 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 熱間の自由鍛造は局部変形のため荷重は低い。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、割れが発生しやすい。
- ② 半密閉型を用いる熱間の型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。
- 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 再結晶温度以下に加熱して行う温間鍛造は、冷間鍛造と熱間鍛造の問題点を少なくする方法として積極的に利用されている。
- ⑤ 高張力鋼板の加工では、レーザーなどでオーステナイト域まで加熱後、常温の金型で成形すると共に冷却し、マルテンサイト変態による焼入れ硬化を促すホットスタンピングという加工方法が用いられている。

Ⅲ－33 下表は、機械プレスと液圧プレスの機能を比較している。機能に関する記述が、最も不適切な項目はどれか。

機能	機械プレス	液圧プレス
加圧力の保持	容易にできる	できない
加圧力の調整	困難	容易に行える
生産（加工）の速さ	速い	遅い
ストローク長さの調整	一般に困難	極めて容易に行える
ストローク長さの限度	あまり長くできない	相当長いものが比較的楽に作れる

- ① 加圧力の保持
- ② 加圧力の調整
- ③ 生産（加工）の速さ
- ④ ストローク長さの調整
- ⑤ ストローク長さの限度

Ⅲ－34 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 伸びフランジ成形ではフランジ縁からの破断，縮みフランジ成形では座屈によるしわ発生が成形限界になる。
- ② 板材の伸びフランジ性を評価するための穴広げ試験では，あらかじめ中央部に穴をあけた板をパンチ（ポンチ）で張出し成形し，穴の周辺に割れを生じたときの直径を測定する。
- ③ コニカルカップ試験では板材の張出し性及び深絞り性の複合成形性が評価できるが， $r$  値（ランクフォード値，塑性ひずみ比）が小さいほどコニカルカップ値が小さく，複合成形性が良好になる。
- ④ 張出し性を評価するためのエリクセン値は引張試験における  $n$  値（加工硬化指数）と相関があり， $n$  値が大きな材料はエリクセン値も大きい。
- ⑤ 円筒の深絞りにおける限界絞り比は板材の深絞り性の指標となるが，引張試験における  $r$  値が大きいほど限界絞り比が大きい。

Ⅲ－35 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 パンチ肩半径は最大パンチ荷重にほとんど影響しない。
- ② ダイス及びしわ抑えの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良い結果となる。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。