

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)製鉄プロセスで使用されるコークスに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

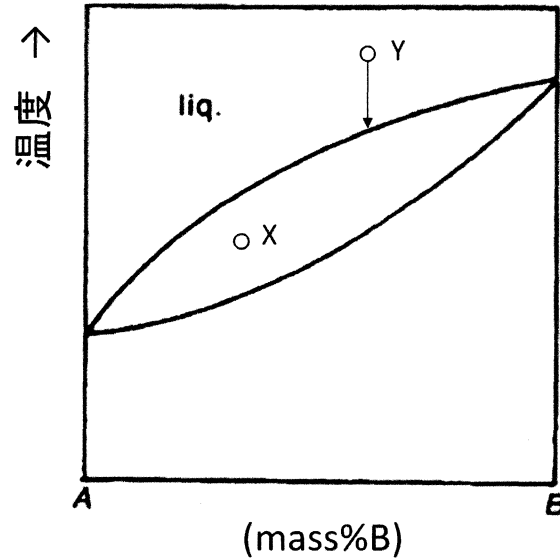
- ① 高炉の通気性保持に適した強度の高いコークスを製造するために、強粘結炭を適切に配合した原料炭が用いられる。
- ② コークス製造時の乾留工程で、原料炭からメタンガスや水素ガスが発生する。これらを多く含むコークス炉ガスは、高炉での水素還元への活用が期待されている。
- ③ 高炉内中央部の炉芯コークス層は、コークス粒がほとんど動かず、高炉内の熱変動を緩和する役割を担う。
- ④ 酸化鉄とコークス中の炭素との直接還元反応は、発熱反応であるため、高炉内における熱供給の観点からは望ましい。
- ⑤ コークスを補う還元剤として、微粉炭や廃プラスチックが使用されることがある。

Ⅲ-2 アルミニウム及びマグネシウムの製造方法に関する以下の記述のうち、アルミニウムに当てはまるものの組合せはどれか。

- (1) 卑な金属で水溶液電解では析出させることができないため、熔融塩電解で製造される。
- (2) 装置負荷及び副反応を抑える目的から、できるだけ低温で電解を行う方が望ましいため、ハロゲン化物の熔融塩が用いられる。電解温度は700～800℃である。
- (3) 十分に精製した原料を使用して還元を行うが、工業的に高純度物を得るために揮発製錬が行われる。

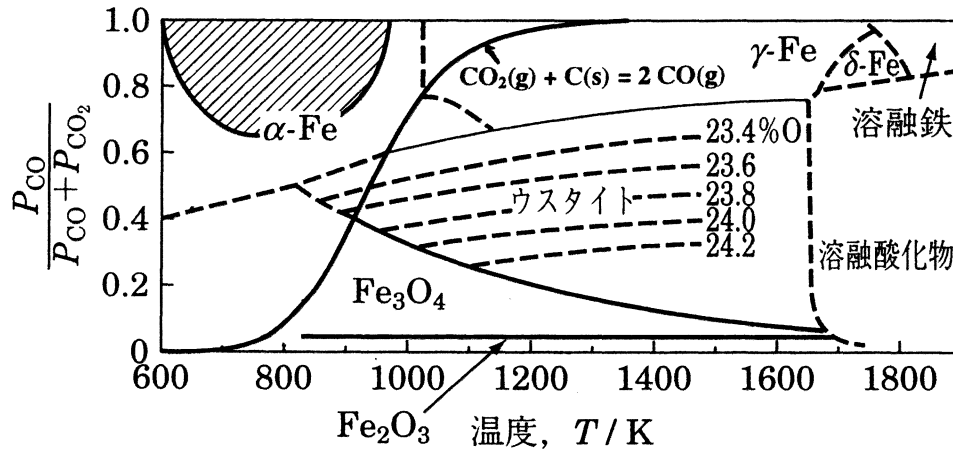
- ① (1)のみ
- ② (2)のみ
- ③ (3)のみ
- ④ (1)と(2)
- ⑤ (1)と(3)

Ⅲ-3 次に示すA-B二元系合金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。



- ① 金属Aと金属Bは、液相状態でも固相状態でもあらゆる濃度で溶け合う。
- ② 図中の下に凸な曲線は、液相と共存する固溶体組成を表す線である。
- ③ 組成Xの合金を、固相線と液相線で囲まれた領域の温度で保持した場合、圧力一定のもとでの熱力学的自由度は1となる。
- ④ 組成Yの合金を図中の矢印のように降温し、液相線に達したとき、YよりもAの濃度の高い固相が晶出する。
- ⑤ 組成Yの合金を図中の矢印のように降温し、晶出した固相を分離するような操作を繰り返すことで、金属を高純度化することができる。

Ⅲ-4 下図は、全圧が1atmの条件下での、Fe-C-O系の平衡図の一例である。一酸化炭素分圧 (P_{CO}) と二酸化炭素分圧 (P_{CO_2}) が $P_{CO} + P_{CO_2} = 1$ [atm] の条件下で、鉄化合物の安定領域を $P_{CO} / (P_{CO} + P_{CO_2})$ 比と温度の関数として示している。次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① $CO_2(g) + C(s) = 2CO(g)$ の右向きの反応は、高温になるほど $CO(g)$ が多くなり、低温になるほど $CO_2(g)$ が多くなっていることから、発熱反応である。
- ② $CO_2(g) + C(s) = 2CO(g)$ の右向きの反応を、一般に、カーボン・ソリューション・ロス反応、また、この左向きの反応を、カーボン・デポジション反応と呼ぶ。
- ③ 600~1000K付近の α -Fe安定領域を斜線で示した部分では、カーボン・デポジション反応が進行する。
- ④ 高炉内で最も高温の2200K以上の領域では、ほとんどが $CO(g)$ になっているため、酸化鉄の還元は $CO(g)$ による間接還元である。
- ⑤ ウスタイトは Fe_3O_4 と FeO の固溶体と扱うことができ、その安定領域では $Fe_3O_4(s) + CO(g) = 3FeO(s) + CO_2(g)$ の平衡に基づき、酸素濃度 (%O) を指定すると、 $P_{CO} / (P_{CO} + P_{CO_2})$ 比が温度の関数で表される。

Ⅲ－5 銅の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 銅の原鉱石を大別すると、黄銅鉱、輝銅鉱などの硫化銅鉱、これが風化した赤銅鉱、藍銅鉱などの酸化銅鉱、及び自然銅になる。
- ② 銅鉱石を溶鉱炉又は反射炉で溶製して中間生成物を作り、これを転炉で製錬して粗銅にし、次に反射炉で精製するか、又は電解製錬によって純銅にする。
- ③ 製銅炉では、硫化銅を主成分とするスラグと、酸化物を主成分とするマットを分離する。
- ④ 製銅における溶融製錬法など、熱を利用して鉱石から金属を採取する製錬法を乾式製錬法という。
- ⑤ 電解製錬の際、不純物のAu, Ag, Se, Teは貴であるので陽極泥となる。

Ⅲ－6 炉外精錬法に分類される溶銑予備処理及び二次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 炭素を高濃度に含む溶銑段階における脱硫は、溶銑中の酸素活量が低いため、転炉や二次精錬に比して低温でも十分進行する。
- ② 炭素を高濃度に含む溶銑段階において脱リン処理が指向されるのは、転炉より低温であり、さらに溶銑中のリンの活量係数が小さいためである。
- ③ 二次精錬において溶鉄中の酸素は、一般にアルミニウム、シリコンなどの脱酸剤を加え、脱酸生成物を析出させて除去される。
- ④ 二次精錬における脱水素反応は、平衡水素分圧が低い方がよく進み、溶鋼中の水素濃度は水素分圧の平方根にほぼ比例する。
- ⑤ 二次精錬スラグにおける塩基性酸化物成分として、CaOの方がMgOよりも塩基性が高い成分である。

Ⅲ－7 次に示す特徴に該当する金属として、最も適切なものはどれか。

密度 $8.56\text{g}/\text{cm}^3$ (298K)、常温では体心立方構造で、融点は2743Kである。酸化物鉱石から鉄合金が得られ、高純度酸化物の炭素還元によって純金属を得ることができる。鉄鋼用添加剤、電解コンデンサー、超伝導合金、核燃料被覆材などに用いられる。

- ① クロム ② コバルト ③ タングステン ④ モリブデン ⑤ ニオブ

Ⅲ－8 純金属の面心立方構造に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 単位格子中の原子数は4個である。
- ② 最近接原子数は12個である。
- ③ 最密充填原子面の積み重ねはABABABである。
- ④ 原子を剛体球と仮定し、格子定数を a 、原子半径を r とすれば、 $a = 2\sqrt{2} r$ である。
- ⑤ 原子を剛体球と仮定したとき、単位格子中の原子の充填率は約74%である。

Ⅲ－9 金属材料の拡散に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 一般的に金属材料の拡散係数の対数は、絶対温度に比例する。
- ② 融点の高い金属ほど、自己拡散の活性化エネルギーは大きくなる。
- ③ 多結晶金属における拡散は、表面、粒界、粒内で起こり、それぞれの活性化エネルギーを Q_{surf} 、 Q_{gb} 、 Q_{vol} とすると、その大小関係は $Q_{\text{surf}} < Q_{\text{gb}} < Q_{\text{vol}}$ となる。
- ④ 単位面積で単位時間に流れる原子数は、この断面での原子の濃度勾配に比例する。これをフィックの第1法則という。
- ⑤ 低炭素鋼の浸炭処理は、鋼の中に入った炭素原子が侵入型原子として鉄原子のすき間を通過して拡散することを利用したものである。

Ⅲ－10 金属材料のすべり変形に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、適切なものはどれか。

金属材料がすべり変形をするとき、一般的には、原子の最密面と最密方向が、それぞれすべり面とすべり方向になる。面心立方構造の場合、 (ア) がすべり面、 (イ) がすべり方向となる。このすべり面には等価な面が (ウ) つあり、これらのすべり面上には (エ) つのすべり方向が存在し、すべり系の数は12となる。

	ア	イ	ウ	エ
①	{110}	<110>	6	2
②	{110}	<111>	4	3
③	{111}	<110>	4	3
④	{111}	<111>	6	2
⑤	{111}	<110>	6	2

Ⅲ-11 ある金属材料中の運動する転位が間隔200 [nm] の析出物によってピン止めされるとき、この転位にはたらく最大せん断応力の値は次のうちどれか。この金属の剛性率は80 [GPa]、バーガース・ベクトルは0.25 [nm] とする。

- ① 1.6 [GPa]
- ② 100 [MPa]
- ③ 64 [MPa]
- ④ 4 [MPa]
- ⑤ 0.1 [MPa]

Ⅲ-12 ステンレス鋼に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① ステンレス鋼の耐食性は、表面に形成されるクロム酸化物及びクロム水酸化物の不動態皮膜によってもたらされる。
- ② ステンレス鋼の成分元素をそれぞれモリブデン等量とクロム等量に換算し、これら2つの等量を両軸にとり、金属組織との関係を表したものがシェフラーの組織図である。
- ③ フェライト系ステンレス鋼は、475℃付近に加熱するとぜい化する。
- ④ クロムやモリブデンを多く添加した高耐食性フェライト系ステンレス鋼が開発されるようになったのは、精錬技術の向上に伴い、炭素の低減が可能となったためである。
- ⑤ 安定化ステンレス鋼と呼ばれるSUS321鋼にはチタンが、SUS347鋼にはニオブがそれぞれ添加されて、クロム炭化物より安定なチタン炭化物やニオブ炭化物が形成する。

Ⅲ-13 特殊鋼や非鉄金属材料に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。

- ① マルエージ鋼はFe-18%Ni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て、微細な炭化物により強化されている。
- ② アルミニウムの比重は、鉄の約1/4、マグネシウムの約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。
- 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。Ti-6Al-4V合金は代表的な α 型チタン合金である。
- ④ ジルコニウム及びその合金は、熱中性子吸収断面積が大きいことから、原子炉材料として使われている。
- ⑤ ニッケル基超合金は、主に母相と整合性のよい面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。

Ⅲ-14 金属材料の機械的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 引張試験では、一定の引張荷重を試験片が破壊するまで加え、荷重と伸びの関係を得る。
- ② 疲労試験では、繰り返し応力又は繰り返しひずみを試験片に加え、破壊するまでの繰り返し数を測定する。ある応力以下では、疲労破断に至らないこともある。
- ③ クリープ試験では、試験片を一定の温度に保持し、これに一定の荷重を加えて、試験時間の経過とともに変化するひずみや破断までの時間を測定する。
- ④ 衝撃試験として広く用いられているシャルピー衝撃試験では、試験片に付けた切り欠きの背面からハンマで衝撃荷重を加えて破壊し、破壊に要したエネルギーを測定する。
- ⑤ 押し込み式の硬さ試験では、試験片表面にダイヤモンドや鋼球などの圧子を押しつけ、これによって生じる圧痕の大きさと押し込み荷重から硬さを測定する。

Ⅲ-15 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 Ni-Cr鋼を焼入れ後、500～550℃で焼戻した鋼はぜい化しており、焼戻し後、徐冷した鋼ではぜい化の程度が著しい。
- ② 焼戻しぜい性は、P、Sn、Sbなどの不純物元素を多く含む鉄鋼で起こりやすい。それらのオーステナイト粒界への不純物偏析が焼戻し中に起こることが、焼戻しぜい性の主因と考えられている。
- ③ 炭素鋼では300℃付近で焼戻しを行うと、靱性が著しく低下する。この現象が低温焼戻しぜい性である。このぜい化の一因として残留オーステナイトの存在が挙げられる。
- ④ 焼戻し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が、その後、350～550℃の温度領域に保持すると再びぜい化する。
- ⑤ 焼戻しぜい化が起こると粒界が化学腐食されやすくなるので、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。

Ⅲ-16 Fe-C系 (Fe-Fe₃C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、 γ ：オーステナイト、 α ：フェライト、Fe₃C：セメンタイトである。

- ① α には炭素はわずかしか固溶せず、最大固溶度はA₁変態点温度で約0.02mass%である。
- ② γ は、約1147℃において炭素を最大約2.1mass%まで固溶する。
- ③ 約1147℃にL \rightleftharpoons γ +Fe₃Cの共晶反応が、約727℃に γ \rightleftharpoons α +Fe₃Cの共析反応が存在する。
- ④ 過共析鋼を γ 単相となる温度に十分に加熱したあと、ゆっくりと冷却してくると、A₃線 (A_{r3}線) の温度に達して、初析セメンタイトを生じる。
- ⑤ 共析変態温度であるA₁点は炭素量により変化しない。

Ⅲ-17 鋼の強化機構に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 時効処理で母相中に第二相を均一に析出させるためには、高温域で固溶体を形成し、温度の低下に伴って合金元素の固溶限がほとんど変化しないような平衡状態図を有する合金系を選択する必要がある。
- ② 析出強化の場合、析出物の量を多くして析出物サイズを小さくすると材料が強化されることになる。
- ③ 炭素、窒素などの侵入型原子が転位に固着すると、降伏強さが高くなる。この現象がコットレル効果である。この効果は、高温になると原子の熱振動が大きくなって転位への固着が外れるために消失しやすい。
- ④ オースフォーミングは、オーステナイト化した鋼に対してA_{r1}変態を阻止しながら、準安定オーステナイト範囲まで冷却したのち、その温度で加工し、次いでマルテンサイト変態を起こさせ、さらに焼戻しを行う処理である。
- ⑤ 共析変態では2つの相が交互に並んだ層状 (ラメラ) 組織が形成されることが多く、ラメラ間隔が狭いほど強度が増大する。ラメラ間隔は過冷度が大きいほど狭くなる傾向がある。

Ⅲ－18 鋼の焼なま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 応力除去焼なましは、鑄造、鍛造、機械加工、溶接などによって生じた内部応力（残留応力）の除去を目的として行う。応力除去焼なましでは、 A_1 点以下に加熱保持したのち徐冷する。
- ② 再結晶焼なましは、再結晶を利用して特定の性質を得る目的で行う。深絞り鋼板や方向性けい素鋼板などで、結晶粒を調整したり特定の結晶配向を得るために行う。
- ③ 球状化焼なましは、炭化物を球状化させることを目的として行う。特に過共析鋼において塑性加工性、機械的性質や靱性を改善するために利用される。鋼をオーステナイト化領域に加熱すると、炭化物の一部は固溶し、未固溶炭化物は表面張力により球状化する。その後徐冷すると固溶した炭化物は、未固溶炭化物を核として析出するので、球状化炭化物が成長する。
- ④ 完全焼なましは、鋼を軟化させて機械加工や塑性加工を容易にすることを目的として行う。亜共析鋼では A_3 点以上、過共析鋼では A_{cm} 点以上に加熱、保持したのちゆっくり冷却する。
- ⑤ 拡散焼なましは、鋼の機械的性質にとって有害な偏析を軽減させ、組織を均質にすることを目的として行う。合金成分を拡散させるために、他の焼なましよりもかなり高温（約 1000°C 以上）に加熱、保持したのち徐冷する。

Ⅲ－19 等温変態線図（TTT線図）と連続冷却変態線図（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 共析鋼ではオーステナイト単相から 400°C に急冷して等温保持すると、ベイナイト変態が生じる。
- ② 亜共析鋼をオーステナイト単相から 700°C に急冷した過冷オーステナイトを等温保持したとき、初めにフェライトが析出する。
- ③ TTT線図の 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フェライトの混合組織を得る処理をマルテンパーという。
- ④ 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 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-20 鋼の焼入れ及び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 焼入れ性がよいとは、鋼の内部深くまで焼きが入ることである。焼入れ性は、ジョミニ曲線（H曲線）により評価される場合と、理想臨界直径により評価される場合がある。
- ② 鋼の焼入れ温度は、一般に亜共析鋼では A_3 変態点より $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 以上、過共析鋼では A_1 変態点より $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 以上である。
- ③ 鋼にCr、Vなどの炭化物生成元素を添加すると、Cが拡散しにくくなるため、焼入れ性は低下する。
- ④ 鋼にAl、Tiを添加すると窒化物を形成する。窒化物は、焼入れ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、焼入れ性は低下する。
- ⑤ 鋼にNi、Mnなどのオーステナイト安定化元素を添加すると、パーライト変態が起こりにくくなるので、焼入れ性は向上する。

Ⅲ-21 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 焼ならしは A_{c3} 又は A_{cm} より $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 高い温度に加熱したのち、大気中に放冷することによって行われる。焼ならしによって、成分偏析の軽減、組織の均質化、結晶粒の微細化などにより、靱性が改善される。
- ② 中炭素鋼では、Ni、Moのように特別な炭化物をつくらず、フェライト中に固溶するだけの元素の場合、焼もどし軟化抵抗は小さい。
- ③ 焼入れしたときの硬さが高いほど、焼戻し後の靱性は高い。不完全な焼入れでは、ベイナイト、フェライト・パーライト組織が混在するために焼戻し後も十分な靱性が得られない。
- ④ 溶接材料にNiやCrを添加して、 M_s 点を低下させることによりオーステナイト相からマルテンサイト相への体積膨張を利用することで、溶接部に圧縮残留応力を与えることができる。
- ⑤ 浸炭処理では表面の硬さを上げることと同時に、表面に圧縮残留応力を付与できる。圧縮残留応力の発生は、焼入れ時のマルテンサイト変態に伴い、浸炭部位で過剰となった炭素原子のために結晶格子が大きくひずむことによる。

Ⅲ-22 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 ピンホールが少ない。
- ② 無電解めっき浴は、主に金属塩、錯化剤及び還元剤からなる。
- ③ 金属錯体の可逆電位より卑な酸化還元電位を持つ還元剤を選ぶ必要がある。
- ④ 触媒化処理により非導電体にもめっきすることが可能である。
- ⑤ 電流分布が存在しないため、複雑な形状のめっき対象物へのめっきには適していない。

Ⅲ-23 次の語句のうち、クロムめっきに用いられるめっき浴として、適切なものはどれか。

- ① サージェント浴
- ② ワイスベルグ浴
- ③ ジンケート浴
- ④ ワット浴
- ⑤ ウッド浴

Ⅲ-24 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 アルミニウムは3価の陽イオンとして溶解するので、犠牲陽極としての効率が高く、淡水中などで用いられる。
- ② 鉄は犠牲陽極として使うことができない。
- ③ マグネシウム系陽極は、実用犠牲陽極の中で最も卑な電位であるので、電導度の低い土壌中や淡水中などで用いられている。
- ④ 鉄の電位を貴にして Fe_2O_3 が安定な条件にすると、鉄は不動態化して耐食性を示す。これをアノード防食という。
- ⑤ 犠牲陽極には、単位質量当たりの発生電氣量が大きく、溶解が均一であることが要求される。

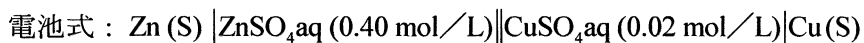
Ⅲ-25 各種金属材料の耐食性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 海水中における炭素鋼の腐食速度は平均で約0.1mm/年である。
- ② 鋳鉄の腐食では、マトリックス中に分散した黒鉛がカソードに、マトリックスがアノードとなる。
- ③ ステンレス鋼の全面腐食は、希硫酸や酢酸のような非酸化性酸中では生じない。
- ④ 銅は、海水などの中性の塩類に対して耐食的であるが、激しい流動条件下では、エロージョン・コロージョンが生じる。
- ⑤ ニッケルは、水酸化ナトリウムや水酸化カリウムなどの苛性アルカリ溶液に対して耐食的である。

Ⅲ-26 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 リチウムイオン二次電池の公称電圧は鉛蓄電池のそれより大きい。
- ② 空気-亜鉛電池と固体高分子型燃料電池の負極反応は同じである。
- ③ リン酸型燃料電池と固体酸化物型燃料電池の酸化剤は酸素である。
- ④ 酸化銀電池の電解質はアルカリ性である。
- ⑤ ニッケル-カドミウム電池とニッケル-金属水素化物電池の公称電圧は同じである。

Ⅲ-27 25°Cにおいて、次の電池の起電力として、最も近い値はどれか。ただし、気体定数 R を 8.31 [J/mol/K] 、ファラデー定数 F を 96500 [C/mol] とする。SHEは、標準水素電極を表す。計算に必要であれば、 $\ln 10 = 2.30$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$ を用いてもよい。



- ① 1.02V
- ② 1.06V
- ③ 1.10V
- ④ 1.14V
- ⑤ 1.18V

Ⅲ－28 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 窒化処理の主な目的は、耐摩耗性を向上させることである。
- ② 塗装鋼板におけるリン酸塩化成処理の主な目的は、塗膜の密着性を強化することである。
- ③ チタンを硫酸やリン酸などの酸溶液中でアノード酸化すると、干渉色を示す薄いアノード酸化皮膜が生成し、装飾を目的として利用される。
- ④ 溶射では、皮膜厚さは通常0.05～5mmまでの薄膜から厚膜まで成膜ができる。
- ⑤ 一般的に、CVD法で得られる膜は、膜厚、膜組成、膜組織が均一である。

Ⅲ－29 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 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 転造は、工具からの圧縮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。
- ⑤ バルジ加工は、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である。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。

Ⅲ－30 板材のせん断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 クリアランス（パンチとダイ間のすきま）を大きくすると、だれやかえり（ばり）が大きくなり、切口面の板面に対する直角度も悪くなる。
- ② 一般に硬質材や降伏応力の高い材料ほどせん断時の寸法変化が小さく、伸びの大きな材料ほどかえりが大きくなる傾向がある。
- ③ せん断の途中でパンチの進行方向を逆向きにすることによって板の両面にだれを作れば、かえりの発生を抑えることができる。
- ④ クリアランスを極めて小さくした状態で大きな圧縮応力をかけながらせん断すると、平滑な切口面が得られる。
- ⑤ せん断荷重は被加工材の板厚、せん断輪郭長さ、被加工材のせん断抵抗から概算できる。せん断抵抗が不明な場合は材料の引張強さの80%と見積もる場合もある。

Ⅲ－31 金属薄板の製造及び成形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 熱間薄板圧延では、ロールのたわみなどの弾性変形があるため、板幅方向の板厚に分布が生じることが多い。
- ② 高張力鋼板のプレス成形においては、強度が高いことに起因するスプリングバックがしばしば問題となる。
- ③ 一般に波形状不良と呼ばれる端伸び、中伸び、あるいは複合伸びは、薄板の圧延方向の伸びが幅方向の各位置で不均一に生じ、相対的に伸びが大きい部分が他の部分に拘束されることにより生じる圧縮応力によって、薄板が座屈することに起因している。
- ④ 深絞り加工においては、フランジ部にかけるしわ抑え力が不十分であると、座屈のためフランジしわが発生する。
- ⑤ 一般的な鋼板の熱間薄板圧延では、パス間時間を柔軟に変更することで材料組織を造り込む必要があるため、仕上げ圧延では一般にリバース式圧延機が利用されている。

Ⅲ－32 粉末冶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 粉末冶金は、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や、金属と非金属の組合せである超硬合金、サーメットの製造に広く利用されている。
- ② 原料となる各種金属粉末の製造方法としては、機械的粉碎法、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。
- ③ 粉末を最終製品に近い形状にする固化成形法としては、主に金型成形、粉末鍛造、冷間等方圧成形（CIP）、熱間等方圧成形（HIP）、射出成形、鑄込み成形、熱間押しがある。
- ④ 成形後、加熱、焼結することによって製品を製造する。焼結温度は融点の65～85%である。
- ⑤ 焼結により生じる緻密化は、粉末粒径に関係なく焼結温度に依存し、温度が高くなると緻密化が促進され、機械的性質が向上する。

Ⅲ－33 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 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。
- ② 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。
- ③ シェルモールド鑄型は鑄物砂にフェノール樹脂を配合させ、樹脂の熱硬化反応により形成される。一般的な砂型より高い圧縮強度を持ち、中・小物の鑄造品に適している。
- ④ ダイカスト鑄造法では金型へ溶融金属を高圧力で高速射出する。溶融金属は低融点から高融点材まで対応し、薄肉・複雑形状の中・小型部品が製造可能である。
- ⑤ インベストメント鑄造法は可溶性プラスチックやろうを模型材料に用いる鑄造法である。多種の溶融金属に対応し、精密で複雑形状な部品の製造が可能である。

Ⅲ－34 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 鍛造加工では鍛流線を切断することで、鍛流線を利用した製品の軟質化をはかることができる。
- ② 熱間鍛造による鍛錬では、結晶粒の微細化や空洞の圧着などにより材質が改善するが、鍛造比（鍛錬成形比）によっては軸方向と横方向で効果が異なる。
- ③ 冷間での型鍛造加工においては、金型寿命を長くするために、金型に過大な負荷をかけるための工程設計が重要とされている。
- ④ 熱間鍛造加工では、再結晶温度以上に加熱した素材を鍛造するので、製品の寸法精度は悪く、後加工が必要である。
- 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。

Ⅲ－35 等方性の金属材料の降伏に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。なお、それぞれの材料において単軸引張降伏応力は100MPaとし、ミーゼスの降伏条件に従うものとする。

- ① この材料に、100MPaの単軸圧縮応力を付与したとき、降伏する。
- ② この材料の板材に、板面内の互いに直交する方向に50MPaの引張応力と50MPaの圧縮応力を同時に付与したとき、降伏する。
- ③ この材料の薄肉パイプに、100MPaのせん断応力を付与してねじったとき、降伏する。
- ④ この材料の薄肉パイプに50MPaの引張応力と50MPaのせん断応力を同時に付与するとき、降伏する。
- ⑤ この材料を50MPaに加圧されている高圧容器内で、50MPaの引張応力を付与したとき、降伏する。