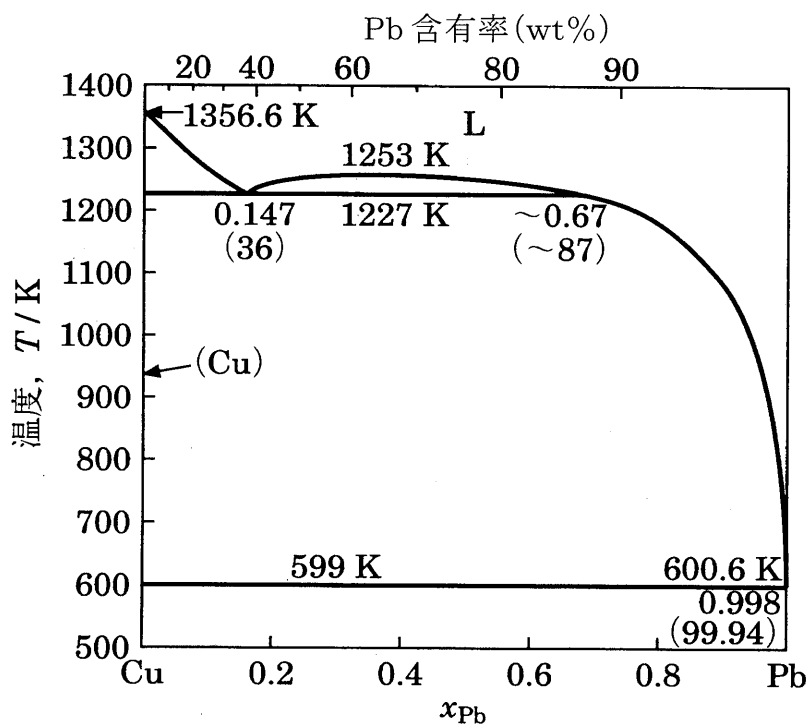


【07】 金属部門

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) の記述のうち、正しいものはどれか。



- (1) 溶融銅-鉛合金を凝固させて、純度99wt%以上の固体鉛を製造することは可能である。
- (2) 1400KのCu-50mol%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 (1) のみ
- ② (2) のみ
- ③ (3) のみ
- ④ (1) と (2)
- ⑤ (1) と (3)

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向流型の反応装置である。
- ② 高炉の炉頂から排出されるガス（高炉ガス）は25～30% $H_2$ を含み、回収されて製鉄所内の加熱炉や火力発電などに燃料として使用される。
- ③ 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、高炉の通気性保持などの役割を果たしている。
- ④ 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。
- ⑤ 高炉内は強還元雰囲気であるため、鉄とともにほとんどのリンは還元されて溶鉄中に混入する。

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 酸化鉄のCOによる間接還元は発熱反応であるが、Cによる直接還元は吸熱反応である。
- ② 銅の製錬において、硫化鉱の粉精鉱を煅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-CuO-SiO<sub>2</sub>系のスラグ、下層はほぼ黄銅鉱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（AlF<sub>3</sub>）を添加した熔融塩にアルミナ（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）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TiCl<sub>4</sub>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。  
$$TiCl_4 + 2Mg \rightarrow Ti + 2MgCl_2$$
- 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 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 製鋼用生石灰は石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) を焼成炉で焼いて $\text{CO}_2$ を除いたものである。
- ② ほたる石 ( $\text{CaF}_2$ が主成分) は生石灰の溶解を速めその反応性を高めるために使用される。フッ素の発生源という環境の見地から、しだいに使われなくなっている。
- ③ 溶鉄の窒素溶解反応は以下のような式で示され、その溶解度はHenryの法則に従う。  
$$1/2 \text{N}_2(\text{g}) = \text{N} (\text{mass}\% \text{ in liquid Fe})$$
- ④ SiはMnとAlの中間の強さの脱酸力を有し、最も一般的な脱酸剤である。
- ⑤ 高炉から出た銑鉄は、まず鑄床の溶銑樋で鉄鉱石粉やミルスケールを吹き込み、Si濃度を0.4%から0.2%程度にする。

Ⅲ－５ 鉄鋼精錬における銅の挙動に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① CuやSnのように化学的に鉄よりも貴な元素は、いったん、鉄の中に溶け込むと分離するのは容易でない。
- ② 硫化物系のフラックスを用いることにより、溶鉄から脱銅することが可能である。
- ③ 銅を含有する鋼を熱間加工時に高温加熱すると、鉄が選択酸化されるため、鋼／酸化層界面に銅濃縮相が生成する。
- ④ 銅濃化液相は、鋼板の変形中にオーステナイト ( $\gamma$ ) 結晶粒界に浸潤し、表面割れを発生させる。
- ⑤ 銅起因表面赤熱脆性を抑制するためにSnの添加が有効である。

Ⅲ－6 希土類金属の製・精錬，リサイクルに関する次の（１）～（３）の記述の正誤に関する組合せとして，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，ネオジウム（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，ほか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－7 鋼の連続鋳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 我が国の鉄鋼生産量のうち，連続鋳造による生産量の比率は，現在95%を超えている。
- ② 連続鋳造装置の冷却鋳型の冷却剤として，液体ナトリウムを使用することはない。
- ③ 連続鋳造装置の鋳型と鋳片間に存在するモールドパウダーは，鋳片の保温と鋳片と鋳型間の潤滑の役割を担っている。
- ④ モールドパウダーを横切る熱エネルギーは，主に熱伝導と放射によって輸送される。
- ⑤ 鋳片と鋳型間の伝熱抵抗にはフラックスフィルムによるものなどがあるが，鋳型とフラックスフィルムの間には存在するエアギャップの寄与する割合は小さく，支配的ではない。

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 面心立方格子は、最密充填原子面がABCABCの3層面周期構造を有している。
- ② 最近接原子間距離が同じならば、体心立方格子よりも、面心立方格子の格子定数の方が大きい。
- ③ 単位格子中の原子数は、面心立方格子が4個、体心立方格子が2個である。
- ④ 面心立方格子の最密充填原子面は{111}面であり、この面内の<110>方向はすべり方向となる。
- ⑤ 原子を剛体球と仮定したとき、体心立方格子の単位胞中に原子が占める体積百分率は約74%である。

Ⅲ－9 金属材料における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 高温で起こる金属・合金中の反応過程の多くでは、拡散が重要な役割を果たしており、拡散によって生じる合金の変態を拡散変態という。
- 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 $Q_{surf} < Q_{gb} < Q_{vol}$ となる。
- ④ ある点における単位断面を通過して単位時間に流れる溶質の量は、その点での溶質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置換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 転位との関連が最も低いものは、次のうちどれか。

- ① オロワン応力
- ② ラスマルテンサイト
- ③ パイエルズ応力
- ④ ポアソン比
- ⑤ シュミット因子

Ⅲ－11 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 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。
- ② 機械構造用炭素鋼（S45C）は代表的快削鋼であり、クロム、モリブデン等が添加されている。
- 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 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。
- ⑤ 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。

Ⅲ－12 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 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ような自己補修能を有する不働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ニッケル当量とクロム当量に換算し、これら2つの当量を両軸にとり、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 オーステナイト系ステンレス鋼は、475℃付近で使われると経年的に脆化する。
- ④ 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、クロムより安定な炭化物を形成する。
- ⑤ 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。

Ⅲ－13 金属の破壊及び溶接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 シャルピー試験法はV又はUノッチを有した試験片を用い、ノッチの反対側から衝撃荷重を与え、破断させるのに要した吸収エネルギーで評価する。
- ② 吸収エネルギーが急激に低下したり、破面の外観が延性から脆性に変化するなどの現象に対する温度を遷移温度といい、延性破面率50%となる温度を破面遷移温度という。
- ③ 鉄鋼材料に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。
- ④ 熱間圧延中及びその後の冷却中の鋼板の組織を制御する熱加工制御技術の進歩は、母材の機械的特性の向上に大きく貢献したが、溶接施工性や溶接部特性の改善効果はほとんどない。
- ⑤ 溶接熱影響部の最高硬さは、溶接後の冷却速度と化学組成に依存する。この化学組成の影響を炭素当量として表し、鋼板の溶接性を評価する指標としている。

Ⅲ－14 金属の物性値を示した下表で、最も適切な元素の組合せはどれか。

金属元素	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
融点 [K]	933	923	1809	1941
密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	2.70	1.74	7.87	4.50
電気抵抗率 [ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ]	2.6	4.2	10.1	54
線膨張率 [ $10^{-6}/\text{K}$ ]	23.5	26.0	12.1	8.9
ヤング率 [ $10^{11}\text{Pa}$ ]	0.76	0.44	1.90	1.14

- |   | (ア)    | (イ)    | (ウ) | (エ)    |
|---|--------|--------|-----|--------|
| ① | マグネシウム | アルミニウム | 鉄   | チタン    |
| ② | アルミニウム | マグネシウム | 鉄   | チタン    |
| ③ | マグネシウム | アルミニウム | チタン | 鉄      |
| ④ | アルミニウム | マグネシウム | チタン | 鉄      |
| ⑤ | アルミニウム | チタン    | 鉄   | マグネシウム |

Ⅲ-15 下図は、Fe-C系 (Fe-Fe<sub>3</sub>C系) 平衡状態図の一部を示している。下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、 $\alpha$  : フェライト,  $\gamma$  : オーステナイト, Fe<sub>3</sub>C : セメントライトである。また、例えば $\overline{EC}$ は、線分ECの長さ (点Eと点Cを結ぶ線分の長さ) を意味するものとする。

- ① 曲線GSはA<sub>3</sub>線, 曲線SEはAcm線と呼ばれる。
- ② C量が図中 (ア) の亜共析鋼を  $\gamma$  領域から冷却すると, 温度T<sub>1</sub>では,  $\gamma$  から析出した $\alpha$ の割合が $\overline{bc}/\overline{ac}$ , 未変態の $\gamma$ の割合が $\overline{ab}/\overline{ac}$ となる。
- ③ 図中 (ア) の亜共析鋼を, さらに共析温度まで冷却した直後には, 0.022%のCを固溶した $\alpha$ と0.765%のCを固溶した $\gamma$ となり,  $\alpha$ の割合は $\overline{dS}/\overline{PS}$ ,  $\gamma$ の割合は $\overline{Pd}/\overline{PS}$ となる。
- ④ 共析温度では, 未変態の $\gamma$ が共析変態をおこしてパーライトとなる。共析変態終了直後のパーライト中のセメントライトの割合は $\overline{Pd}/\overline{PK}$ である。
- ⑤ 図中 (ア) の亜共析鋼をさらに温度T<sub>2</sub>まで冷却すると,  $\alpha$ の割合が $\overline{fh}/\overline{eh}$ , セメントライトの割合が $\overline{ef}/\overline{eh}$ となる。

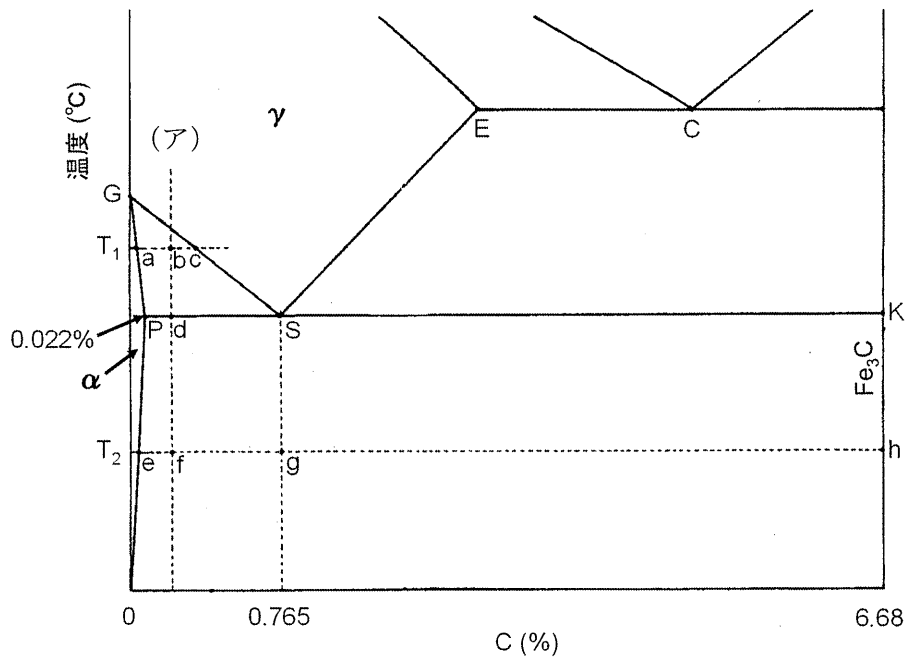


図 Fe-C系 (Fe-Fe<sub>3</sub>C系) 平衡状態図



Ⅲ-16 鋼の等温（恒温）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 亜共析鋼をオーステナイト単相から700℃（973K）に急冷した過冷オーステナイトを等温保持したとき、はじめにフェライトが析出する。
- ② オーステナイト粒径が小さくなると、同一鋼種でも等温変態（TTT）線図が短時間側に移動する。
- ③ 共析鋼をオーステナイト単相から600℃（873K）に急冷して等温保持すると、上部（羽毛状）ベイナイトが形成する。
- ④ 亜共析鋼にNi, Si, Cuなどの合金元素を添加すると、ベイナイト変態曲線は長時間側へ移動し、焼入れ性（硬化能）が大きくなる。
- ⑤ Cr, Moなどを含む合金鋼の等温変態（TTT）線図では、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。

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。冷却速度がきわめて遅い場合は、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。

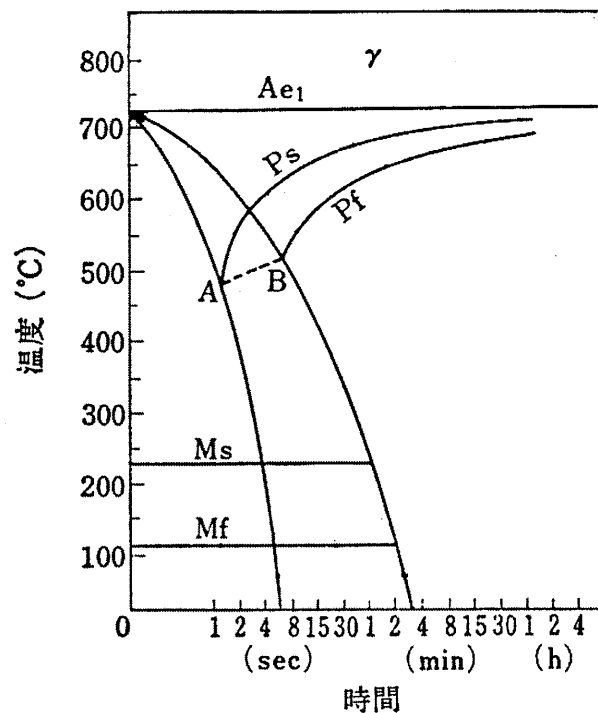


図 共析鋼の連続冷却変態線図（CCT線図）

Ⅲ－18 冷間加工した金属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は、臨界加工度以上の塑性変形を加える必要がある。
- ② 再結晶させるために必要な温度（再結晶温度）は、塑性変形量が小さいほど高い。
- ③ 冷間加工した金属が加熱によって軟化する過程は、温度の上昇に伴い、回復、再結晶、結晶粒成長（粗大化）に分けられる。
- ④ 変形前の初期結晶粒径が大きいものほど、同一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。
- ⑤ 再結晶粒径は、焼なまし時間にほとんど依存しない。

Ⅲ－19 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 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- 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拡散させ、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 $1000^{\circ}\text{C}$ 以上）に加熱、保持したのち徐冷する。

Ⅲ-20 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。

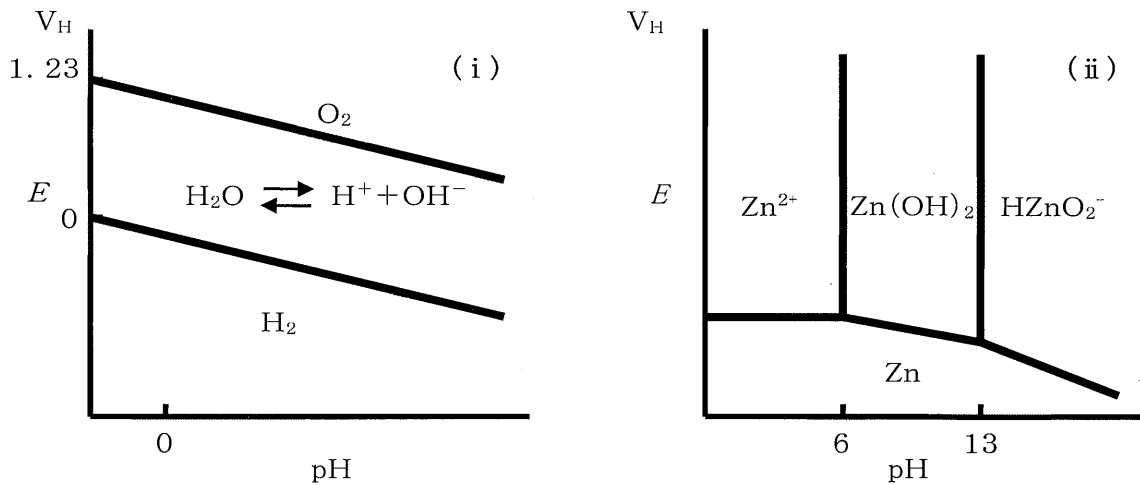
- ① マルテンサイト変態は無拡散のせん断機構による変態であり、組成の変化はなく、表面起伏が生じる。
- ② 炭素鋼のマルテンサイトの結晶構造は、低炭素では体心立方晶 (bcc) と考えてよいが、炭素量の増加とともに c 軸が大きくなり体心正方晶 (bct) となる。
- ③ マルテンサイト相は母相の特定の結晶面に生成する。この面を晶癖面という。母相とマルテンサイト相には一定の結晶学的方位関係がある。この方位関係は合金系によって異なる。
- ④ 高温のオーステナイト状態から冷却したときに、マルテンサイト変態が開始する温度を Ms 点、終了する温度を Mf 点という。C, Mn, Cr, V を添加すると Ms 点は上昇する。
- ⑤ 炭素鋼では、炭素量が約 0.6% 以下ではラスマルテンサイトとなり、炭素量が約 1% 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。

Ⅲ-21 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 焼入れした鋼を 200℃～400℃で焼戻したときに、衝撃値が低下する現象を、低温焼戻しぜい性という。
- ② P や N などの不純物の旧オーステナイト粒界への偏析は、低温焼戻しぜい性に有害であるが、Al や Ti の添加は、低温焼戻しぜい性の改善に効果がある。
- ③ 焼入れした鋼を 450℃～550℃で焼戻したときに、衝撃値が低下する現象を、高温焼戻しぜい性という。
- ④ P や Sb などの不純物の旧オーステナイト粒界への偏析は、高温焼戻しぜい性に有害であるが、0.2%～0.5%の Cr の添加は、高温焼戻しぜい性の防止に有効である。
- ⑤ オーステナイト結晶粒を微細化することは、高温焼戻しぜい性の防止に有効である。

Ⅲ-22 水の電位-pH図を図(i), 亜鉛の電位-pH図を図(ii)に示す。水及び亜鉛の電位-pH図を参考に, 電位-pH図に関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。なお, 図中の $E$ は電位を表し,  $V_H$ は標準水素電極基準の電位の単位である。

- ① 電位-pH図は, 熱力学的平衡に基づいて作られており, 変化速度の情報を与えるものである。
- ② 電位-pH図は, 平衡電位-pHと存在形態を示すものである。
- ③ 電位-pH図においては, 水溶液中のイオン濃度が異なるとそのイオンが関与する物質の存在形態の境界条件(境界線)が変化する, すなわち図の形状が変化する。
- ④ 水の電位-pH図は, 水の安定領域, 水素発生領域, 酸素発生領域を示すものである。
- ⑤ 金属の電位-pH図は, 金属状態, イオン状態, 酸化物状態の安定域を示すものである。



Ⅲ-23 ステンレス鋼の孔食の防止策に関する次の記述のうち, 最も不適切なものはどれか。

- ① CrやMoなどの耐孔食性を高める合金元素を添加する。
- ② クロム酸塩処理や硝酸処理などにより不働態皮膜を強化する。
- ③ MnSなどの非金属介在物を除去する。
- ④  $CrO_4^{2-}$ などの孔食抑制イオンを溶液中に添加する。
- ⑤ C, N, P, Sなどの元素を鋼中に添加する。

Ⅲ-24 金属の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 局部腐食は、耐食性を保護性皮膜に依存する金属材料で起こり、ステンレス鋼、アルミニウム合金の腐食が典型例である。
- ② 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。
- ③ 孔食とは、塩素イオンなど特定のアニオンの存在下で、もしそのアニ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こる小孔状の腐食である。
- ④ すきま腐食は不働態状態の金属あるいは合金の表面の一部が金属または非金属により覆われ、その間の狭いすきまが閉鎖セルとなり活性腐食を生じるものである。
- ⑤ 選択腐食は合金成分の可逆電位の差が大きい場合、貴な部分が選択的に腐食して卑な部分が残留する腐食である。

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することが可能であるが、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 of 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 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。
- ② リチウムイオン二次電池の負極集電体には、耐食性を有する銅箔が用いられる。
- ③ 鉛蓄電池の負極は $\text{PbO}_2$ であり、正極は $\text{Pb}$ である。
- ④ 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。
- ⑤ マンガン乾電池の負極活物質には、亜鉛が用いられる。

Ⅲ－27 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 置換型無電解めっきでは、卑な電極電位を持つ金属が溶解し、貴な電極電位を持つ金属イオンが還元されてめっき皮膜が析出する。
- ② 置換型無電解めっきでは、素地金属とめっきされる金属の電極電位の差が反応の駆動力となる。
- ③ 自己触媒型無電解めっきでは、溶液中の金属イオンが還元剤の酸化反応により還元され、めっき皮膜が析出する。
- ④ 自己触媒型無電解めっきでは、還元剤とめっきされる金属の酸化還元電位の差が反応の駆動力となる。
- ⑤ 置換型無電解めっき及び自己触媒型無電解めっきのいずれの場合も、析出した金属によって表面が被覆されると反応が停止する。

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 炭化物や窒化物膜については、真空蒸着よりはイオンプレーティングやスパッタリングによるほうが容易に成膜できる。
- ② 合金膜や複合膜の作製に関しては、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ほうが有利である。
- ③ 真空蒸着における蒸発源の加熱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ほうが多く用いられている。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

Ⅲ－29 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 素板直径が大きいほど成形荷重も大きくなる。
- 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。
- ③ フランジ部において円周方向応力は圧縮応力である。
- ④ パンチを冷却し、しわ抑えとダイを加熱することにより、成形限界を向上させることができる。
- ⑤ 通常の延性金属板の限界絞り比は3若しくはそれ以上である。

Ⅲ-30 ファインブランキングに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ファインブランキングは、1900年代初頭に考案された。
- ② 切り口の面粗さは、鉄系のS10Cなどの材料で厚さ5mm以下であれば十点平均粗さが5 $\mu$ m程度まで可能である。
- ③ ファインブランキングにおいて破断面が発生しないのは、せん断面近傍の静水応力の増加に伴い延性が増加し、クラックの発生が抑制されるからである。
- ④ パンチとダイとのクリアランスは、材料の厚さの約2～5%にとる。
- ⑤ ファインブランキングプレスには、打ち抜き圧力、板押さえ圧力、逆板押さえ圧力の3つの圧力があり、打ち抜き圧力を100とした場合、板押さえ圧力は約50、逆板押さえ圧力は約20である。

Ⅲ-31 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
生産（加工）の速さ	速い	遅い
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
ストローク長さの調整	一般に困難	極めて容易に行える
加圧力の調整	困難	容易に行える
加圧力の保持	容易にできる	できない

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



Ⅲ－32 初期直径10 [mm]，標点距離50 [mm] の均質な金属丸棒試験片に引張力を作用させたところ，この丸棒は一様に弾性変形し，標点距離の伸び量は0.05 [mm] であった。この材料の縦弾性係数が200 [GPa] のとき，引張力の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 15.7 [kN]
- ② 31.4 [kN]
- ③ 47.1 [kN]
- ④ 62.8 [kN]
- ⑤ 78.5 [kN]

Ⅲ－33 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の大きさに比例する。

Ⅲ-34 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、板面内の直交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-35 金属の硬さ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 ショア硬さ (HS) は、ダイヤモンドのハンマーを一定の高さから落下させ、その跳ね上がり高さに比例する値として求める。
- ② ビッカース硬さ (HV) は、一般に対面角136度の正四角すいのダイヤモンド圧子を試料（試験片）の表面に押し込み、その試験力 [N] の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの表面積 [mm<sup>2</sup>] で割った値である。
- ③ ブリネル硬さ (HBW) は、超硬合金球の圧子を試料の表面に押し込み、その試験力 [N] の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの表面積 [mm<sup>2</sup>] で割った値である。
- ④ ロックウェル硬さ (Cスケール, HRC) は、円すい角120度、先端の曲率半径0.2 [mm] の円すい形ダイヤモンド圧子を試料の表面に押し込み、その試験力 [N] の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの表面積 [mm<sup>2</sup>] で割った値である。
- ⑤ ヌープ硬さ (HK) は、対稜角が172.5度と130度で底面が菱形の四角すいダイヤモンド圧子を試料の表面に押し込み、その試験力 [N] の0.102倍を、試験力の解除後に表面に残ったくぼみの投影面積 [mm<sup>2</sup>] で割った値である。