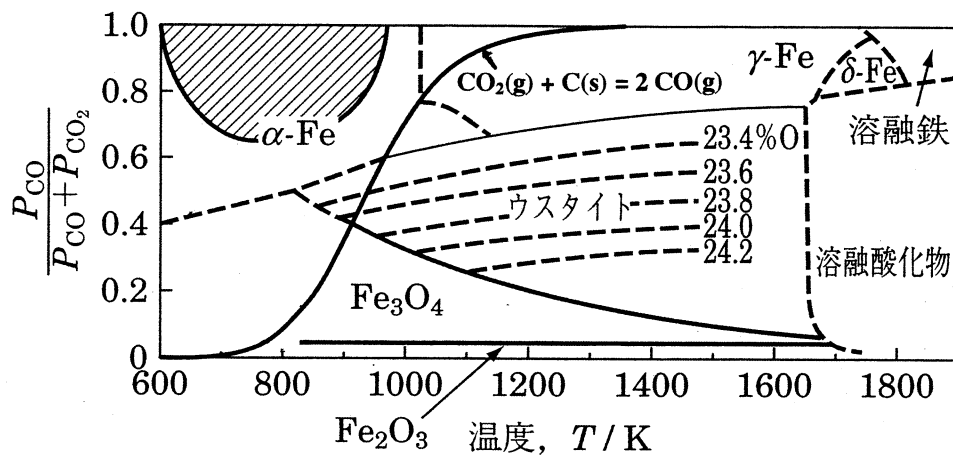


【07】 金属部門

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。)

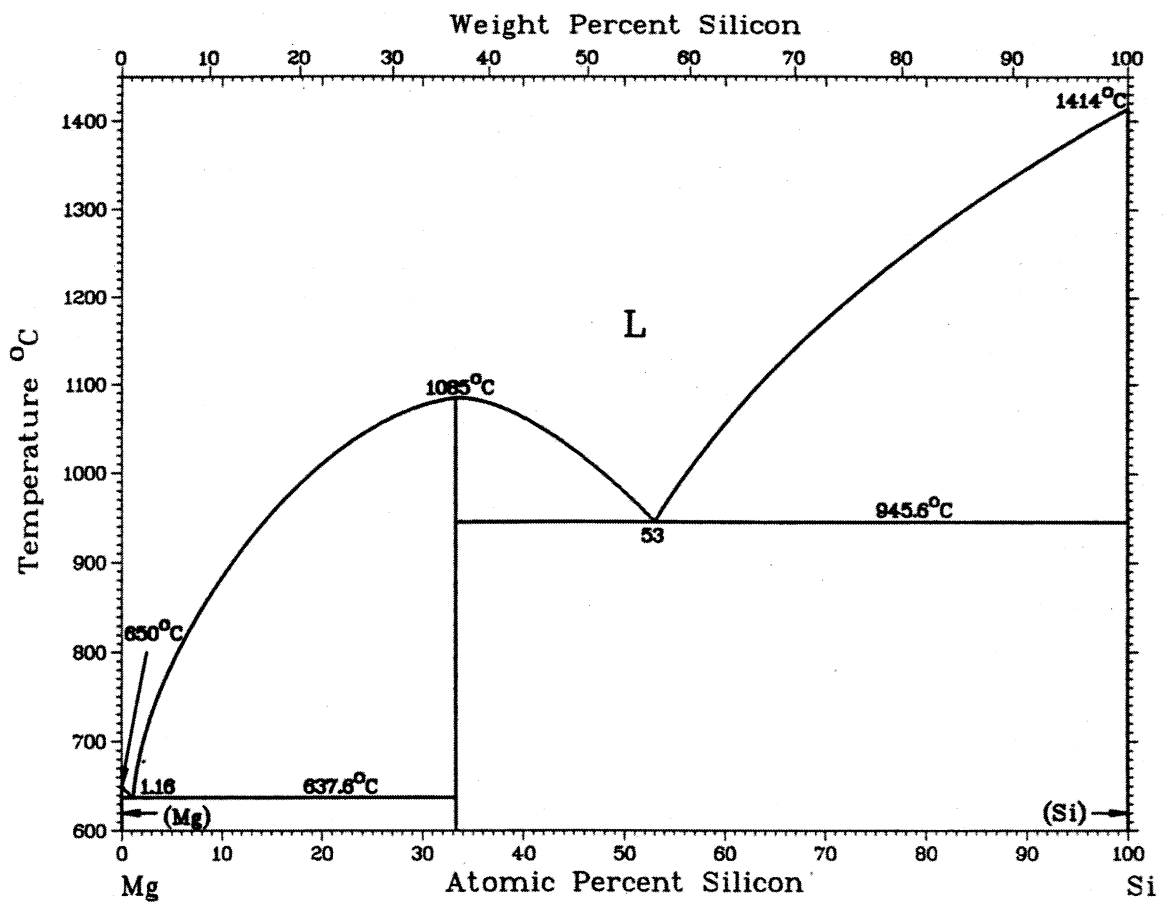
Ⅲ-1 下図は、全圧が1 atmの条件下での、Fe-C-O系の平衡図の一例である。一酸化炭素分圧 ( $P_{CO}$ ) と二酸化炭素分圧 ( $P_{CO_2}$ ) が  $P_{CO} + P_{CO_2} = 1 \text{ atm}$  の条件下で、鉄化合物の安定領域を  $P_{CO} / (P_{CO} + P_{CO_2})$  比と温度の関数として示している。次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ①  $CO_2(g) + C(s) = 2CO(g)$  の右方への反応は、吸熱反応であるから、高温になるほど右方に反応が進み  $CO(g)$  が多くなり、低温になるほど左方に反応が進み  $CO_2(g)$  が多くなる。
- ②  $CO_2(g) + C(s) = 2CO(g)$  の右方への反応を、一般に、カーボン・ソリューション・ロス反応、また、この左方への反応を、カーボン・デポジション反応と呼ぶ。
- ③ 650~1,000K 付近の  $\alpha$ -Fe 安定領域の斜線を示した部分では、カーボン・デポジション反応が進行する。
- ④ 2,200K 以上では、ほとんどが  $CO(g)$  になっているため、実際の酸化鉄の還元は固体炭素による直接還元ではなく、 $CO(g)$  による間接還元である。
- ⑤ 酸化鉄の固体炭素による直接還元反応は、発熱反応であるため、高炉内における熱補償の観点からは望ましい。

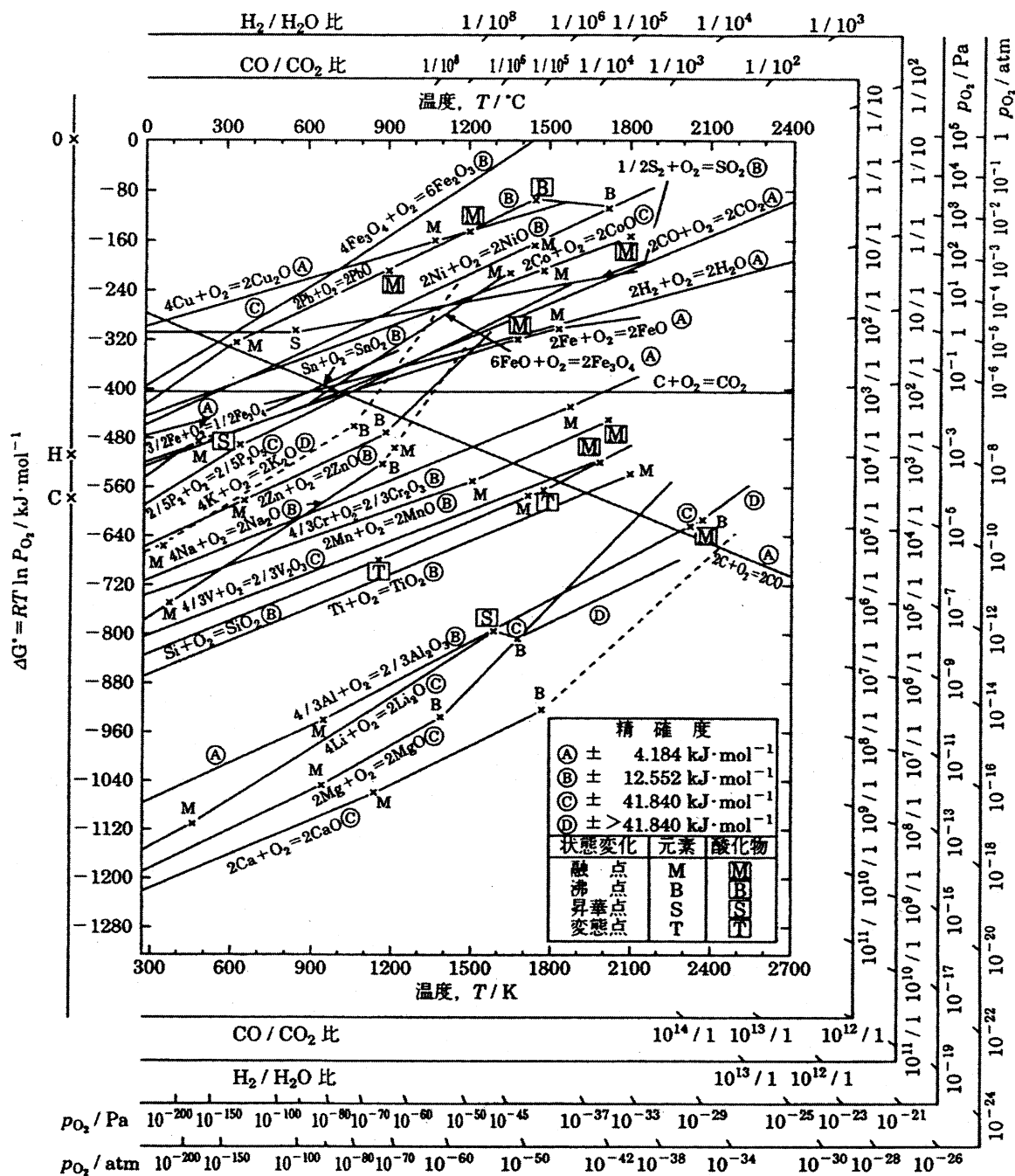
Ⅲ-2 マグネシウム (Mg) - シリコン (Si) 2元系状態図 (下図) に関する次の (1) ~ (3) の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (1) Mg-Si系には  $Mg_2Si$  という金属間化合物が存在する。
- (2) Mg-Si系では、固体のマグネシウム、固体のシリコン、液体の3相が平衡することはない。
- (3) 30atom%Mg-70atom%Siの合金を1,273K (1,000 °C) で平衡させたとき、液体と固体シリコンがモル比でほぼ1:1の割合で存在した。



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

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。下に示したエリンガム図に関する記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① それぞれの線 ( $2m/n M + O_2 = 2/n M_m O_n$ ) 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 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 ( $2m/n M + O_2 = 2/n M_m O_n$ ) において気体1モルが消失するため、反応のエントルピー変化がほぼ同じであることを示している。
- ③ これらの線には、反応に関与する物質の変態点、融点、沸点などにおいて、それらの状態の変化に伴うエントロピー変化に相当する屈折がみられる。
- ④  $H_2-H_2O$ 混合ガスの酸素ポテンシャルは左縦軸上のH点を起点とする直線群で示され、 $CO-CO_2$ 混合ガスの酸素ポテンシャルはC点を起点とする直線群で示される。
- ⑤ チタンの線 ( $Ti + O_2 = TiO_2$ ) はカルシウムの線 ( $2Ca + O_2 = 2CaO$ ) より上にあるので、 $TiO_2$ をカルシウムで還元できることが予測できる。

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 溶鋼中のガス成分である水素は、溶鋼を減圧下で処理することにより取り除くことができる。
- ② 溶鋼中の酸素は、一般にアルミニウムやクロムなどの脱酸剤を加えることにより、溶鋼中より脱酸生成物を晶出させて除去している。
- ③ 電気炉製鋼法では、鉄の原料として鉄くずだけを用いてもよい。
- ④ 電気炉で鉄くずを溶解して精錬する際、不純物銅を除去することは困難である。
- ⑤ 二次精錬では、脱硫を行うことができる。

Ⅲ－５ 非鉄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 銅は黄銅鉱などを原料として生産されており、鉱石の品位を高めるために浮遊選鉱が行われている。
- ② 銅製錬では、鉱石が酸化物であることや品位が低いことから、一挙に粗銅を得るのではなくスラグと呼ばれる中間製品に一度濃縮し、再度転炉によって粗銅がつくられる。
- ③ 亜鉛の乾式製錬法であるISP法は、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吸収させ、その後Pb-Zn合金を冷却して亜鉛を分離するプロセスである。
- ④ 熔融塩電解では、水のような溶媒が存在しないため、卑な金属でも析出させることができるため、アルミニウムやマグネシウムの製造に利用されている。
- ⑤ 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することにより、スポンジチタンを得ている。

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 ステンレス鋼の鉄源におけるスクラップ鉄の占める割合は、普通鋼より多いことが多い。
- ② ステンレス鋼の酸化精錬では、溶鋼中にクロムが高濃度に含まれるため、酸化脱りんが有利に進行することが多い。
- ③ ステンレス鋼の酸化精錬では、クロム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。
- ④ より清浄度の高いステンレス鋼を製造するには、ESR (Electro-slag remelting) 法の適用が効果的である。
- ⑤ 高価なフェロクロムの使用量を減らすため、クロム鉱石の炭材による熔融還元法により直接含クロム溶銑を生成する方法が開発されている。

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フラックスは、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 モールドフラックス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、鋳型の直近に非常に狭い空間として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 最近接原子間距離を  $d$  とすると、面心立方格子の格子定数は  $\sqrt{2}d$  であり、体心立方格子の場合は  $2d/\sqrt{3}$  である。 $d$  が同じならば面心立方格子の格子定数の方が大きい。
- ② 最密六方格子は最密充填構造を有するが、その最密充填原子面の積み重ねは ABAB… である。
- ③ 立方晶系における  $(hkl)$  面と  $[hkl]$  方向は直交する。
- ④  $a$  ,  $b$  ,  $c$  を格子定数とすると、斜方晶の  $(hkl)$  面の面間隔  $d_{hkl}$  の自乗形は、 $d_{hkl}^2 = 1 / (h^2/a^2 + k^2/b^2 + l^2/c^2)$  で表される。
- ⑤  $\alpha$ -Fe の単位胞の一辺の長さは  $0.287\text{nm}$ 、Fe 原子の原子半径は  $0.124\text{nm}$  であるから、単位胞中における Fe 原子の空間充填率はほぼ  $74\%$  である。

Ⅲ－９ 鉄鋼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 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を遅れ破壊というが、鉄鋼中の水素並びに使用環境から鉄鋼中に侵入した水素が応力集中部に濃縮することにより起こると考えられている。
- ② マルエージング鋼は、鉄－ $18\%$ ニッケル合金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たもので、極低炭素のマルテンサイトに窒化物を析出させて強化したものである。
- ③ マルテンサイト系ステンレス鋼は、フェライト系やオーステナイト系に比べて強度は高い。
- ④ SUS304、SUS316 などのステンレス鋼は、耐酸耐食用として開発されたものであるが、クリープ強度が高く、耐酸化性にも優れているため、高温装置材料にも多用されている。
- ⑤ SUM11 は快削鋼であり、マンガン、リン、硫黄が添加されている。

Ⅲ-10 金属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 鋼の強化機構には、転位強化、固溶強化、粒子分散強化、析出強化、結晶粒微細化強化などがある。
- ② 加工硬化とは、変形によって転位密度を高め、転位の運動を困難にする特徴を有する。
- ③ ホール・ペッチの関係とは、降伏応力 $\sigma$ と平均結晶粒径 $d$ が、 $\sigma = \sigma_0 + k/\sqrt{d}$ の関係を持つことをいう。 $k$ 、 $\sigma_0$ は定数である。
- ④ fcc金属では、結晶粒径の影響に加えて積層欠陥エネルギーも加工硬化挙動に影響を及ぼし、一般的に積層欠陥エネルギーが小さいほど加工硬化しやすい。
- ⑤ 高い高温強度を得るには、融点が高い元素を母相とするのが望ましい。また、fcc金属やhcp金属は、bcc金属より拡散係数が大きいので、拡散という観点からは、bcc金属が好ましい。

Ⅲ-11 マグネシウ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 マグネシウムの比重は鉄の約1/4、アルミニウムの約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。
- ② Mg-Al-Zn系合金（AZ91系）は、機械的性質や铸造性などバランスの取れた代表的なマグネシウム合金でダイカスト合金として使用されている。
- ③ マグネシウムの結晶構造は最密六方晶であるため、室温のみならず熱間での圧延や押し出し加工が困難である。
- ④ 铸造用マグネシウム合金の成分設計の基本的な考え方は、強度と铸造性を得るためのAl、Zn、組織を微細化するためのZr、耐熱性を持たせるための希土類元素を添加することである。
- ⑤ マグネシウム合金は、比強度が高く、振動減衰能、切削性などが優れている。



Ⅲ－12 特殊鋼，非鉄金属材料，及び表面処理に関する次の記述のうち，最も適切なものはどれか。

- ① 軸受鋼には，転動疲労寿命，耐摩耗性が要求され，高炭素の Cr 含有鋼が多く使用されている。JIS記号は SKH である。
- ② 高速度工具鋼とは，顕著な 2 次硬化特性を有する鋼で，JIS記号では，SUJで表され，一般に，高炭素組成に，Cr，Mo，W，V等が含まれている。
- ③ 窒化後，焼入れを施すのが一般的である。
- ④ 鋼材の使用区分においては  $-100^{\circ}\text{C}$ 以下を低温と定義し，この温度以下で使用する鋼材を低温用鋼と呼ぶ。
- ⑤ チタン合金は，常温での構成相の結晶構造により， $\alpha$ 型， $\alpha + \beta$ 型， $\beta$ 型に分類されるが，Ti-6Al-4V合金は，代表的  $\alpha + \beta$ 型合金である。

Ⅲ－13 鉄鋼材料の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，材質が何らかの理由によって脆化し，これに外力又は内力が組合された結果生じる。
- ② 多層溶接における溶接熱影響部の靱性劣化の原因の 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冷却された組織による軟化が挙げられる。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 高張力鋼の溶接ボンド部の靱性は，鋼板組成に少量のTiやBを添加して，細かいTiNやBNをオーステナイト → フェライト変態核に利用することにより，溶接熱影響部の結晶粒粗大化を抑えて改善されている。

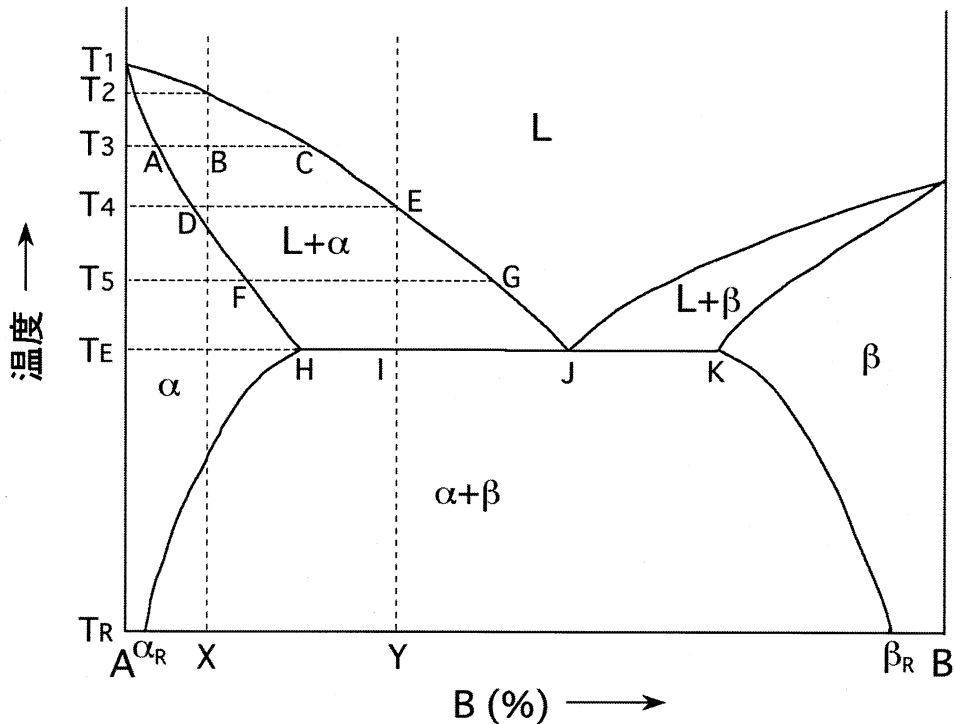
Ⅲ-14 金属の機械試験に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 焼なました炭素鋼において、延性-脆性遷移温度は、結晶粒径の影響を受け、結晶粒径が小さいほど、低下する。
- ② 工業材料の破壊は、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脆性破壊と延性破壊に分類され、さらに繰返し応力による破壊（疲労破壊）は、その特徴と実際上の重要性からこれらとは別に扱われることが多い。
- ③ 破壊靱性試験法には、平面ひずみ破壊靱性 ( $K_{IC}$ ) 試験、弾塑性破壊靱性 ( $J_{IC}$ ) 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。
- ④ 通常クリープ試験と呼ばれる試験には、クリープ試験とクリープ破断試験とがある。クリープ試験は、一定温度及び一定荷重の下で時間とともに変化するひずみを、クリープ破断試験は、一定温度及び一定荷重の下でクリープ破断時間を測定する試験である。
- ⑤ 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。

Ⅲ-15 鉄と鋼の変態点と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。

- ここで、 $\gamma$  : オーステナイト、 $\delta$  : デルタフェライト、 $Fe_3C$  : セメンタイトである。
- ①  $A_0$ 変態点は、 $Fe_3C$ の磁気変態点（キュリー点）であり、約210℃である。
  - ② 鋼の焼戻し、完全焼なまし、応力除去焼なましは、 $A_1$ 変態点以下で行う。鋼の $A_1$ 変態点は約727℃であり、炭素量に依存せず一定である。
  - ③  $A_2$ 変態点は、鉄の磁気変態点（キュリー点）で、強磁性  $\rightleftharpoons$  常磁性の変態が起こる。純鉄の $A_2$ 変態点は、約770℃である。
  - ④ 亜共析鋼の焼入れや焼ならしでは、 $A_3$ 変態点以上に加熱する。亜共析鋼の $A_3$ 変態点の温度は炭素量が多いほど低くなる。
  - ⑤  $A_4$ 変態点は、 $\gamma \rightleftharpoons \delta$ の変態が生じる温度であり、純鉄の $A_4$ 変態点は約1,400℃である。

Ⅲ-16 下図に示す純金属AとBの二元系合金平衡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は液相、 $\alpha$ 及び $\beta$ は固相である。また $\overline{AB}$ は、線分ABの長さ（点Aと点Bを結ぶ線分の長さ）を意味する。

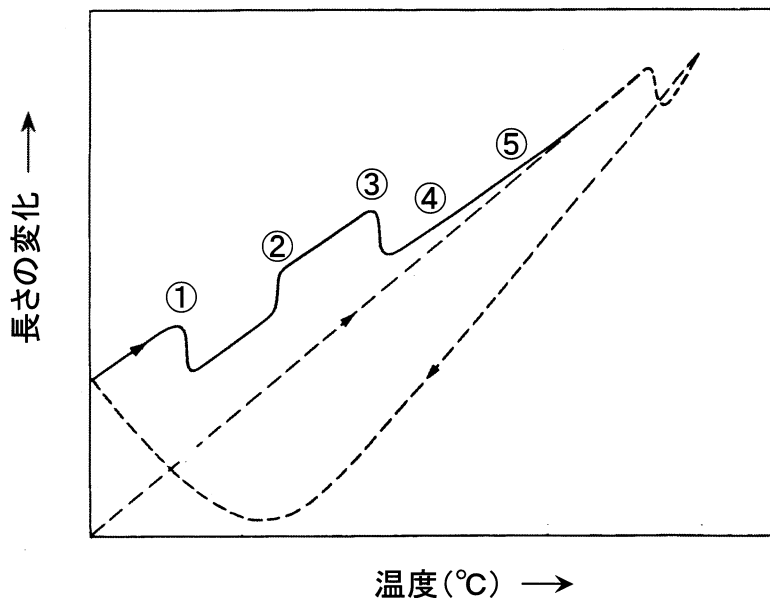


- ① 図は共晶系（共晶型）合金状態図であり、温度 $T_E$ を共晶温度という。
- ② 組成Xの合金を高温の液相状態から冷却した場合、温度 $T_2$ において $\alpha$ 相を晶出しはじめ、温度 $T_3$ においては、 $\alpha$ 相：液相の量の比は、 $\overline{BC} : \overline{AB}$ となる。
- ③ 組成Xの合金を高温の液相状態から常温 $T_R$ まで冷却した場合、 $\alpha$ 相： $\beta$ 相の量の比は、 $\overline{X\beta_R} : \overline{X\alpha_R}$ となる。
- ④ 組成Yの合金を高温の液相状態から冷却した場合、温度 $T_4$ において $\alpha$ 相を晶出しはじめ、温度 $T_E$ までは液相の組成は液相線に沿って $E \rightarrow G \rightarrow J$ と変化し、 $\alpha$ 相の組成は固相線に沿って $D \rightarrow F \rightarrow H$ と変化する。
- ⑤ 組成Yの合金を高温の液相状態から冷却した場合、温度 $T_E$ において共晶反応を起こして凝固を完了する。共晶反応終了後の温度 $T_E$ における $\alpha$ 相： $\beta$ 相の量の比は、 $\overline{IJ} : \overline{HI}$ となる。

Ⅲ-17 鉄鋼材料の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 亜共析鋼をオーステナイト化温度から徐冷すると、フェライト・パーライト組織が得られる。鋼の炭素含有量によらずパーライトの炭素量は一定である。
- ② 焼入れを行う場合に、品物の表面と中心の温度に差がでるために焼割れを生じることがある。これを防ぐために、 $M_f$  点の直下の温度に等温保持し、品物の温度が均一になった後空冷する熱処理方法をマルテンパ（又はマルクエンチ）という。
- ③ 焼入れ後にマルテンサイト中に過冷オーステナイトを残留する場合がある。残留オーステナイトを減少させるため、焼入れ後ただちに  $0^\circ\text{C}$  以下に冷却する熱処理方法をサブゼロ処理という。
- ④ オーステナイト系ステンレス鋼では、約  $1,100^\circ\text{C}$  に加熱、保持し、全体が一様なオーステナイトになった状態から急冷して、常温でオーステナイト組織とする。この熱処理を固溶化熱処理という。
- ⑤ 鋼をオーステナイト化温度に加熱した後、約  $300\sim 500^\circ\text{C}$  の塩浴（ソルトバス）や金属浴（メタルバス）に焼入れ、保持したのち空冷する熱処理方法をオーステンパという。オーステンパの目的は、強度と靱性の改善、焼入れひずみや焼割れの防止である。

Ⅲ-18 下図は、鋼の焼入れ・焼戻し時における各温度での膨張、収縮の様子を模式的に示したものである。鋼の焼戻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 焼戻しの第一段階（図中の①）では、体心正方晶（bct）のマルテンサイトが、 $\epsilon$ 炭化物を析出して、体心立方晶（bcc）の低炭素マルテンサイト（焼戻しマルテンサイト）に変化する。
- ② 焼戻しの第二段階（図中の②）では、残留オーステナイトが下部ベイナイトに変態し、ベイナイトはやがてフェライトと $\epsilon$ 炭化物の混合組織となる。
- ③ 焼戻しの第三段階（図中の③）では、 $\epsilon$ 炭化物は消失し、セメンタイトが析出する。
- ④ マルテンサイトを図中の④（約400℃）に焼戻ししたときに得られる組織は、トルースタイト（焼戻しトルースタイト）である。マルテンサイトからセメンタイトが微細に析出した組織である。
- ⑤ マルテンサイトを図中の⑤（約600℃）に焼戻ししたときに得られる組織は、ソルバイト（焼戻しソルバイト）である。ソルバイトでは、セメンタイトが粗くなるので、強度と靱性はトルースタイトに劣る。

Ⅲ-19 共析鋼の等温（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 オーステナイト単相から共析変態温度（ $A_1$ 線）より低い温度に急冷した過冷オーステナイトを等温保持したとき、どのように変態が進行するかを時間に対して表したものを等温変態線図（TTT線図）と呼ぶ。
- ② オーステナイト粒径が大きくなると、同一鋼種でも等温変態線図が短時間側に移動する。
- ③ オーステナイト単相から $400^{\circ}\text{C}$ に急冷して等温保持すると、ベイナイト変態が生じる。
- ④ Ni, Si, Cuなどの合金元素を添加すると、等温変態線図の形そのものは変わらず、全体が長時間側へ移動する。
- ⑤ Cr, Mo, V, Wなどの強炭化物生成元素を添加すると、パーライト変態曲線は長時間側に移動するが、ベイナイト変態はわずかに移動するだけである。

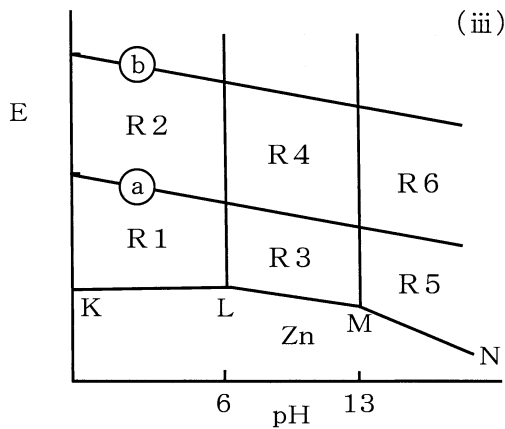
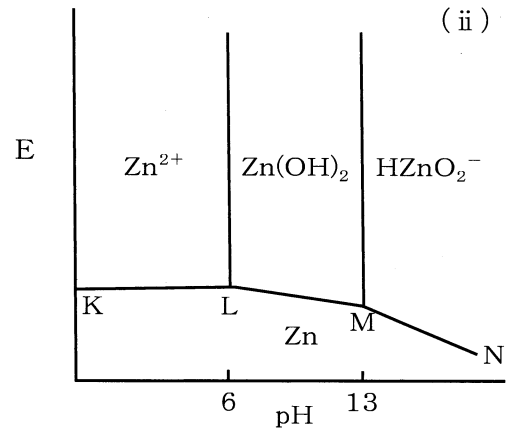
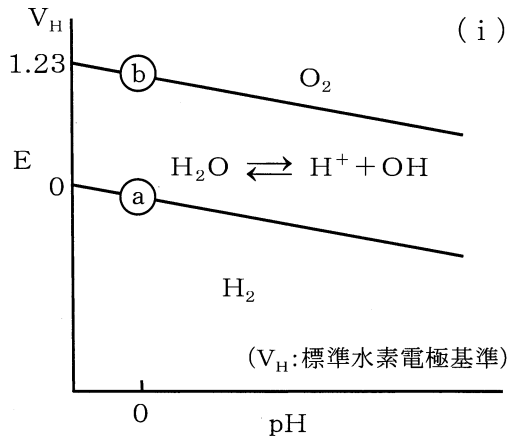
Ⅲ-20 炭素鋼のマルテンサイト変態に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 炭素量が約0.6mass%を境にして、それ以下では針状（ラス状）マルテンサイト、それ以上ではレンズ状マルテンサイトの組織形態に区別される。
- ② 母相とマルテンサイト相との間には、一定の結晶学的方位関係が成立する。
- ③ マルテンサイト相中には、高密度の格子欠陥が存在する。
- ④ 母相とマルテンサイト相では、組成の変化がない。
- ⑤ 形状変化を伴い、表面起伏が発現する。

Ⅲ-21 冷間加工した純金属（工業用純度）の回復，再結晶，結晶粒成長に関する次の一般的な記述のうち，最も不適切なものはどれか。

- ① 再結晶後の結晶粒成長は，転位の自己ひずみエネルギーを主な駆動力として生じる。
- ② 同一温度で同一時間の焼きなましを施して得られた再結晶粒の大きさは，加工度が小さいほど大きくなる。ただし，加工度は再結晶が生じる範囲とする。
- ③ 再結晶が起こる温度（再結晶温度）は，加工度（塑性変形量）が小さいほど高い。
- ④ 金属中に含まれる微量不純物により結晶粒界の移動が影響を受けると，再結晶温度に違いを生じる。
- ⑤ 回復過程では，点欠陥の消滅や転位の再配列などの変化が起こる。

Ⅲ-22 水の電位-pH図を図(i), 亜鉛の電位-pH図を図(ii)に示す。さらに, 図(i)と図(ii)を合成すると図(iii)となり, 各領域をR1~R6の記号で表す。図に関する次の説明のうち, 最も不適切なものはどれか。



- ① 図(i)において, 線(a)より下側の領域では電極上で水素発生が起こりうる。
- ② 図(i)において, 線(b)より下側の領域では電極上で溶存酸素の還元が起こりうる。
- ③ 図(iii)において, R1とR2の領域では  $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$  の反応が起こりうる。
- ④ 図(iii)において, R3とR4の領域では水溶液中に溶存酸素が存在すると  $Zn(OH)_2$  が生成し, 亜鉛の腐食速度は小さい。
- ⑤ 図(iii)において, R5とR6の領域では  $HZnO_2^-$  が安定であり, 水溶液中に溶存酸素が存在すると亜鉛は腐食しやすい。



Ⅲ-23 金属の防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 外部電源法は、アルミニウムや銅などをアノードとして金属材料をアノード分極する方法である。
- ② 犠牲陽極法は、亜鉛やマグネシウムなどを被防食材料に取付け防食する方法である。
- ③ 金属の防食にとっては環境条件の影響が大きく、そのためには除湿やpH調整などの環境処理も防食効果がある。
- ④ 気化性インヒビターは、密閉容器や包装品で用いられ、金属表面に凝縮して防食する。
- ⑤ アルミニウムなどの陽極酸化により生成する多孔質皮膜は、封孔処理により防食効果を増大できる。

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、特定のアニオンの存在下で生じる小孔状の腐食である。
- ② 粒界腐食とは、結晶粒界において析出あるいは成分元素の偏析が生じることで粒界が優先的に腐食される現象である。
- ③ 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、その間のすきまが閉鎖セルとなり生じる腐食である。
- ④ 応力腐食割れは、ステンレス鋼では孔食と並んで最も損傷事例が多く危険な腐食形態である。
- ⑤ 選択腐食とは、合金成分の可逆電位の差が大きい場合、貴な成分が選択的に腐食する現象である。

Ⅲ-25 腐食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 塩水噴霧試験は、食塩水の噴霧により行う試験で促進性が大きい。
- ② 大気暴露試験は、腐食速度が遅いため、評価には長時間を要する。
- ③ 湿潤そう試験は、相対湿度の高い雰囲気中に試験片を設置する方法である。
- ④ ウェザー（ウエザオ）メーターは、紫外線照射等による加速試験であるため金属素材の腐食試験である。
- ⑤ レイティングナンバー法は、腐食量を標準表面図形と比較し、迅速に評価する方法である。

Ⅲ-26 二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 二次電池の放電では、正極でカソード反応、負極でアノード反応が起こる。
- ② ニッケル-カドミウム電池とは、正極にニッケル酸化物、負極にカドミウムを用い、電解液にアルカリ水溶液を用いる二次電池である。
- ③ ニッケル-金属水素化物電池の負極には金属水素化物を用いる。ここでの金属水素化物とは水素吸蔵合金が水素を吸蔵したものである。
- ④ リチウムイオン二次電池の代表的な正極活物質は $\text{LiCoO}_2$ であり、充電時には正極から $\text{Li}^+$ が放出される。
- ⑤ リチウムイオン二次電池の正極及び負極の集電体は、それぞれ銅箔とアルミニウム箔である。

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 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。
- ② 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。
- ③ ピンホールが少なく、比較的密着性が良い。
- ④ 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。
- ⑤ 無電解めっき浴には、基本的に金属塩、錯化剤及び還元剤が含まれる。

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 PVDとは、溶融あるいは溶融に近い状態にした粉末状あるいは線状の材料を高速度で基板に衝突させ、厚膜のコーティングを行う表面処理技術である。
- ② CVDとは、コーティングしたい材料の構成元素を含む単体又は化合物の原料ガスを基板上に供給し、気相あるいは基板表面での化学反応により膜を作製する技術である。
- ③ 金属をアノードとして適当な電解液中で電解を行うと、金属が酸化され、金属表面に酸化皮膜が生成する。この処理をアノード酸化と呼ぶ。アノード酸化皮膜が持つ干渉色の特性を意匠性に生かしたものがカラーステンレス、カラーチタンである。
- ④ 電解研磨とは、適当な電解液中で金属をアノード溶解させる表面処理で、アルミニウム、ステンレス鋼、銅合金などの光沢鏡面を得る方法である。
- ⑤ 電着塗装とは、電着塗料を分散・懸濁させた電解液を用いて電気化学的に塗膜を金属表面に析出させた後に、乾燥及び焼付けを行う塗装法である。複雑な形状の表面に対して均一な膜厚の塗装が行える特長がある。

Ⅲ－29 降伏応力が500MPa、ヤング率が140GPaの金属材料から、断面積100mm<sup>2</sup>、高さ20mmの円柱試験片を製作し、高さ10mmまで圧縮した。この材料は加工硬化せず、圧縮工具と試験片の間の摩擦係数が0とみなせるとき、圧縮荷重として、次のうち最も適切な値はどれか。

- ① 140 kN    ② 100 kN    ③ 70 kN    ④ 50 kN    ⑤ 35 kN

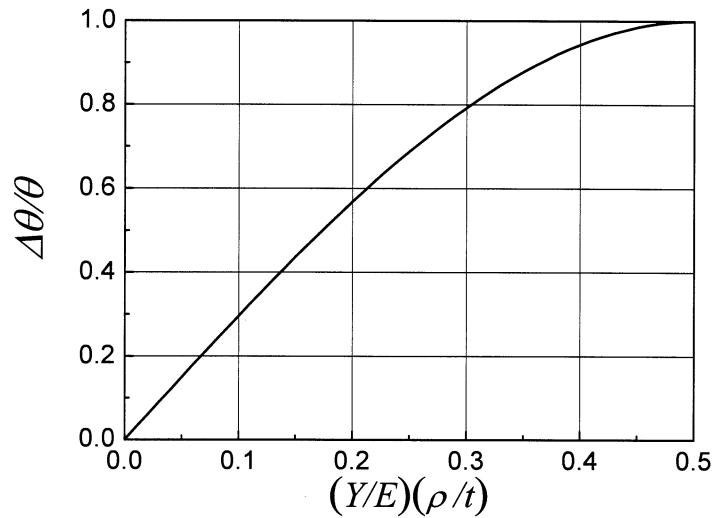
Ⅲ－30 塑性加工における工具と被加工材の界面（塑性加工面）におけるトライボロジーの特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 塑性加工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。多くの塑性加工面の摩擦係数はほぼ0.15～0.02の間にあり、機械要素界面の摩擦係数よりもかなり高い値になっている。
- ② 塑性加工面のように接触面積が大きい場合にはすべり距離が大きくなる。すべり距離の増加により界面の摩擦面温度は高くなり、接触時間も長くなるため、機械要素面に比べ塑性加工面は油膜の動的破断が起りやすいと考えられる。
- ③ 塑性加工面温度は、荷重、速度、すべり距離や摩擦係数の影響を受け、冷間圧延加工の場合でも、材料の加工熱も考慮すると200℃以上にもなることがある。
- ④ 潤滑油膜は特定の温度（転移温度）以上になると潤滑能力が著しく低下することが知られている。この転移温度は油膜破断の大きな原因となる。
- ⑤ 塑性加工面と被加工材の接触面の面圧は被加工材の弾性限度である。

Ⅲ－31 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 板材の成形性は材料の変形及び割れの生じる応力状態によって分類して評価され、基本的には、深絞り性、張出し性、伸びフランジ性及び曲げ性の4つに分類される。
- ② 深絞り性とは、「ダイス面上の素材がダイス穴内へ絞り込まれる程度」と定義される。
- ③ 張出し性は、「平板又は既に成形された製品の一部を膨らまし、突き出して所定の形状寸法に成形し得る程度」と定義される。
- ④ 曲げ性は、「割れを生じることなく曲げられる程度」として定義される。
- ⑤ コニカルカップ試験は、試験片をダイスとしわ抑えで拘束し、穴径27mmのダイス穴内に球径20mmのポンチで張出す試験方法である。

Ⅲ-32 板厚が  $t$ 、ヤング率が  $E$ 、降伏応力が  $Y$  の弾完全塑性体に均等な曲げモーメントを加えて、曲げ角  $\theta$ 、中立面の曲げ半径が  $\rho$  になるまで曲げ加工し、その後に除荷したとき、スプリングバックによる曲げ角の変化を  $\Delta\theta$  とすると、 $\Delta\theta/\theta$  は下のグラフから求めることができる。 $t=1\text{ mm}$ 、 $\rho=100\text{ mm}$ 、 $Y=200\text{ MPa}$ 、 $E=200\text{ GPa}$ 、 $\theta=90$  度のとき、 $\Delta\theta$  の値として、最も適切なものはどれか。



- ① 13.5度    ② 27度    ③ 36度    ④ 72度    ⑤ 90度

Ⅲ-33 プレス機械に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① プレス機械の基本形態は、ベッド、スライド、スライドをガイドするフレーム、動力源である原動機と伝動装置からなっている。
- ② 原動機は一般に回転運動するが、スライドは往復運動を行う。回転運動を直線運動に変換する機構の代表的なものはクランクとねじ（スクリュー）である。クランクを用いると回転運動は往復直線運動に変換される。スクリューを用いて回転を直線運動に変換するプレス例としてフリクションプレスがある。
- ③ 従来のクランクプレスのスライド運動は基本的には二次曲線であり、リンク機構を用いてこれを変えることができて、1つの機械で1種類のスライド運動しか実現できなかった。
- ④ クランクプレスではスライド力は下死点では定めることができない。そこで下死点の上の定点又は角度を定めて、そこでのスライド力を求めてプレスの能力としている。
- ⑤ プレス機械をフレームの構造によって分類すると、Cフレーム、ストレートサイド、アーチ型、Oフレームなどがある。

Ⅲ-34 薄板のプレス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 容器の絞り性を向上させる方法の例として、(1) フランジ部の材料の変形抵抗を小さくする、(2) パンチ肩の材料の強度を高める、などがある。
- ② 絞り容器のフランジ部のしわは過剰な絞り力を誘発し破断の原因となるため、しわ押さえ板を用いてしわの発生を防ぐ必要がある。しわ押さえ力の目安は、フランジ部の単位面積当たりの面圧が、材料の降伏応力と引張強さの平均値程度になるように設定する。
- ③ ダイ肩部を通過する素板は曲げ曲げ戻し変形を受ける。曲げ曲げ戻し変形は、張力が大きいほど、また曲げ半径が小さいほど素板の板厚を大きく減少させる。このことからダイ肩部丸み半径は必要以上に小さくしない方がよい。
- ④ 薄板材料が破断するまでに到達できる最大主ひずみは、材料に付加されるひずみ経路によって大きく異なる。
- ⑤ 張出し加工における容器の限界張出し高さは、一般に  $n$  値 (加工硬化指数) が大きい材料ほど大きい。

Ⅲ-35 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 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。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。