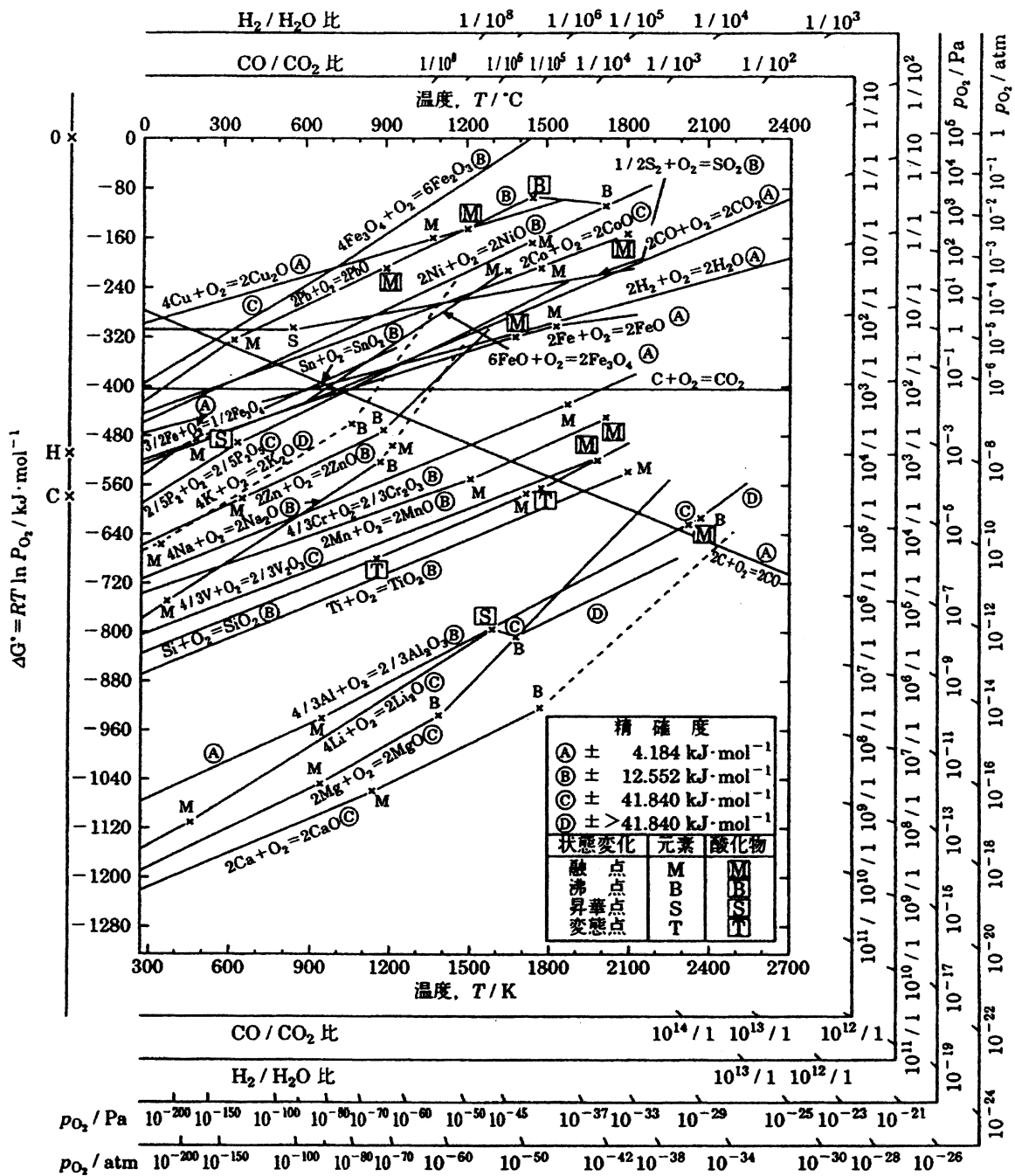


【07】 金属部門

10時30分～12時30分

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。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。
- ③ 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。
- ④ H_2-H_2O 混合ガスの酸素ポテンシャルは左縦軸（絶対零度軸）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-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 高炉は炉上部から装入された鉄鉱石とコークスが、炉下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 高炉内は強還元雰囲気であるため、ケイ素、硫黄、リンなどほとんどの不純物元素は溶銑中に混入する。
- ③ 高炉の炉頂から排出されるガス（高炉ガス）は25～30%のCOを含み、回収されて熱風炉の加熱などに燃料として使用される。
- ④ 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、高炉の通気性保持の役割を果たしている。
- ⑤ 高炉では鉄鉱石の還元剤としてコークスが用いられているが、羽口より吹き込まれている微粉炭や廃棄プラスチックにより一部が代替されている。

Ⅲ－３ 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。

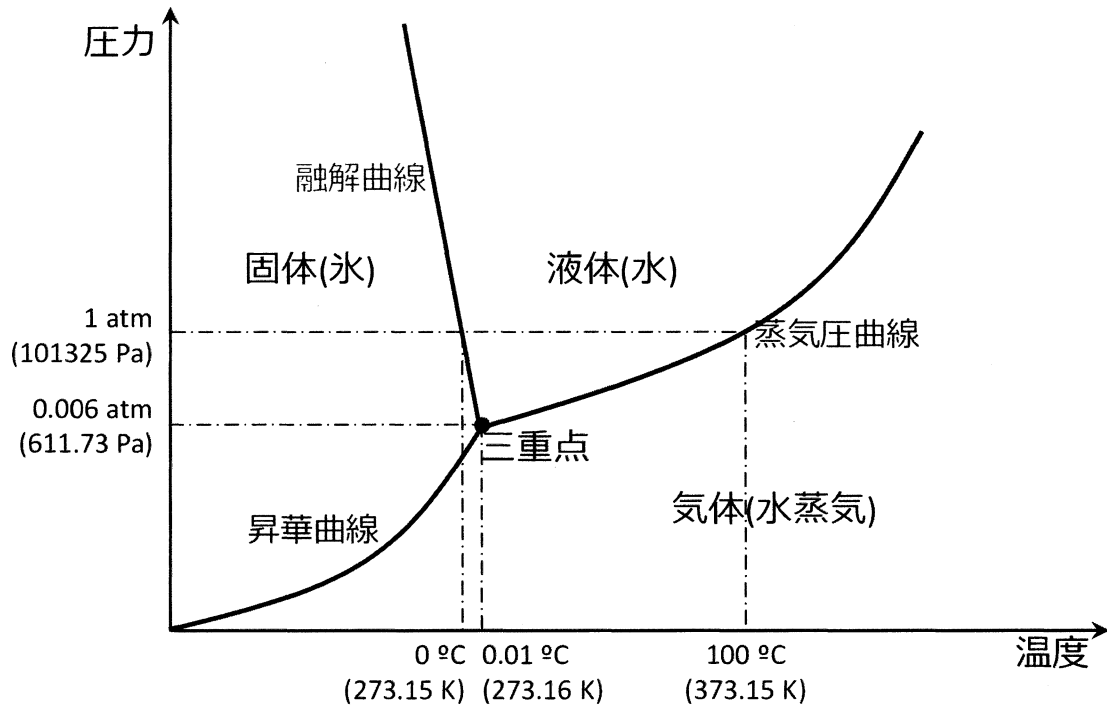
- ① ステンレス鋼の鉄源におけるスクラップ鉄の占める割合は、一般的に普通鋼より多い。
- ② ステンレス鋼の酸化精錬では、酸化脱りんが有利に進行することが多い。
- ③ ステンレス鋼の酸化精錬では、クロムが優先的に酸化され、スラグ中への酸化クロム損失が起こる。
- ④ より清浄度の高いステンレス鋼を製造するには、ESR (Electro-slagremelting) 法の適用が効果的である。
- ⑤ 高価なフェロクロムの使用量を減らすため、クロム鉱石の炭材による溶融還元法により直接含クロム溶銑を生成する方法が開発されている。

Ⅲ－４ 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。しかし、現在では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実用化が進められている。

	<u>(1)</u>	<u>(2)</u>	<u>(3)</u>
①	正	誤	誤
②	誤	正	誤
③	正	正	正
④	誤	誤	正
⑤	誤	正	正

Ⅲ－5 Gibbsの相律に関する自由度及び状態図についての次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① 自由度とは、ある相関係において、任意に定めることのできる示強変数の数である。
- ② Gibbsの相律によれば、1成分系の自由度の最大数は2である。
- ③ 上図の水の状態図において、三重点における自由度は0である。
- ④ 上図の水の状態図において、2相共存状態における自由度は1である。
- ⑤ 固液相共存状態を示す線は、上図の水の状態図のように、多くの金属は、温度上昇に伴い、圧力が低下する傾向を示す。

Ⅲ－6 鉄鋼生産システムにおける溶融スラ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 鉍石から銑鉄を製造する場合、鉍石中の脈石成分を分離するため、フラックスを加えて粘性の低い溶融スラグをつくり銑鉄と分離する。
- ② 酸化精錬中、炭素を除いた不純物の大部分は酸化物として溶鉄相からスラグ中へ除去される。
- ③ 溶融スラグの主な機能として、リン、硫黄などの有害成分を除去し、同時に鉄その他の有価成分元素の損失を最小限に保つことが挙げられる。
- ④ 製銑スラグは $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}$ を主成分とし、製鋼スラグは $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ を主成分とする。
- ⑤ スラグの酸化物成分には、塩基性酸化物と酸性酸化物があり、塩基性酸化物とは、スラグ中で酸素イオンを供給する性質のものである。

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 連続鋳造法とは、製鋼炉で溶製された溶鋼から直接スラブ、ブルーム、ビレットなどの鋼片を製造する方法である。
- ② とりべの溶鋼はタンディッシュと呼ばれる容器に注湯され、タンディッシュの底から鋳型内に注入される。
- ③ 連続鋳造では、鋳型と鋳片間の潤滑剤としてモールドパウダーと呼ばれる $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{CaF}_2$ を基本系とするフラックスを鋳型内の溶鋼上部から添加する。
- ④ 溶鋼の鋳型への焼き付きを防ぐため、鋳型は銅製で表面に鉄基合金のめっきが施されている。
- ⑤ 鋳型を出たばかりの鋳片は、表面部が凝固しているだけで内部は未凝固状態なので、多数のロール群でその形状を保持しながら冷却水を吹き付けて凝固を促進する、二次冷却帯がある。

Ⅲ－8 金属の最密六方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 単位胞中の原子数は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、 $a=2r$ 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 静止系における一次元の非定常拡散現象を記述するフィックの第二法則を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 C は濃度、 t は時間、 x は距離である。 D は拡散係数で、濃度によらず一定とする。

① $\frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial C}{\partial t}$

② $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial C}{\partial x}$

③ $\frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}$

④ $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$

⑤ $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = D \frac{\partial^2 C}{\partial t^2}$

Ⅲ-10 金属材料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 面心立方構造の金属では、結晶粒径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。
- ② 置換型固溶元素に比べて、侵入型固溶元素は格子をより大きくひずませるので固溶強化能は大きく、その量は溶質原子濃度の二乗に比例する。
- ③ 運動する転位が間隔 λ の障害物によってピン留めされるとき、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。ここで、 G は剛性率、 b はバーガース・ベクトルである。
- ④ ホール・ペッチの関係とは、降伏応力 σ と平均結晶粒径 d が $\sigma = \sigma_0 + k / \sqrt{d}$ の関係をもつことをいう。ただし、 k 、 σ_0 は定数である。
- ⑤ 逆位相境界の発生により系の内部エネルギーが上昇するため、規則相粒子内の転位運動は阻害されやすい。

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 鉄にクロムを添加していくと、添加量の増加とともに耐食性は改善されていく。クロムを約11mass%以上含む鋼をステンレス鋼と呼ぶ。
- ② 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、炭素及び窒素の低減が可能となったためである。
- ③ ステンレス鋼の成分元素をそれぞれクロム当量とモリブデン当量に換算し、この2つの当量と金属組織との関係を示したのがシェフラーの組織図である。
- ④ オーステナイト系ステンレス鋼は磁性や焼入れ硬化性がなく、極低温まで高い靱性を示す。
- ⑤ オーステナイト系ステンレス鋼が引張応力を受けた状態のまま、特定のイオンを含む水溶液にさらされると、ある時間を経てぜい性的に割れを生じることがある。これを応力腐食割れという。

Ⅲ-12 チタン及びその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 チタンは約885℃（1158K）に同素変態点を有し、それ以下の温度では最密六方構造を、それ以上の温度では体心立方構造を有する。
- ② チタンは、表面に極めて薄いチタン酸化層が形成され不動態化するため、耐食性に優れている。
- 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 $\alpha + \beta$ 型合金である。
- ④ チタン合金は生体適合性に優れアレルギーを起こさないことから、生体用や歯科用材料としての用途が拡大している。
- ⑤ Ti-Al形状記憶合金を、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のは、熱弾性型マルテンサイト変態に起因する。

Ⅲ-13 マグネシウム及びその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 マグネシウムの比重は鉄の約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。
- ② マグネシウム合金は最密六方構造であるため、室温での塑性加工がやや難しい。
- ③ マグネシウム合金は比強度や振動減衰能に優れているが、他の金属よりも切削性が劣る。
- ④ 鋳造用マグネシウム合金の合金元素として、強度と鋳造性を得るためのアルミニウムと亜鉛、結晶粒微細化のためのジルコニウム、耐熱性をもたせる希土類元素がある。
- ⑤ 展伸用マグネシウム合金として使われるASTM AZ31系合金は、アルミニウムを3mass%、亜鉛を1mass%含有する。

Ⅲ-14 金属の破壊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 金属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する場合があります、これを疲労と呼ぶ。ある負荷応力以下では破断に至らないことがあり、その限界の応力を疲労限という。
- ② シャルピー衝撃試験は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。
- ③ 延性ぜい性遷移温度は、ぜい性破面率50%となる温度、又は延性破面率100%となる温度における吸収エネルギーの1/2の値となる温度である。
- ④ 焼なました炭素鋼は、結晶粒径が大きくなるほど降伏強さが低くなり、延性ぜい性遷移温度は低下する。
- ⑤ 金属の拡散クリープでは、結晶粒径が小さいほどクリープ速度は大きい。

Ⅲ-15 Fe-C系状態図及びFe-合金元素二元系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 α 固溶体（フェライト）には、炭素がごくわずかしか固溶せず、最大固溶度は A_1 点温度で約0.02mass%である。
- ② 炭素鋼の γ 固溶体（オーステナイト）は高温領域に存在し、炭素を最大約2.1mass%まで固溶する。
- ③ 共析（パーライト）変態は、オーステナイトが冷却によってフェライトとセメンタイトに分解する変態であり、共析温度である A_1 点は炭素量により変化する。
- ④ セメンタイト（ Fe_3C ）の結晶構造は斜方晶で、 $213^\circ C$ （486K）に磁気変態点（ A_0 点）を持ち、それ以下の温度で強磁性を示す。
- ⑤ 鉄と合金元素の二元系状態図において、MnやNiはその量が増えるにつれて A_3 点が低下し、ついには室温でもオーステナイトが安定になる、 γ 域開放型の合金元素である。

Ⅲ-16 図は共析鋼の等温変態曲線（TTT曲線）の模式図である。図に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

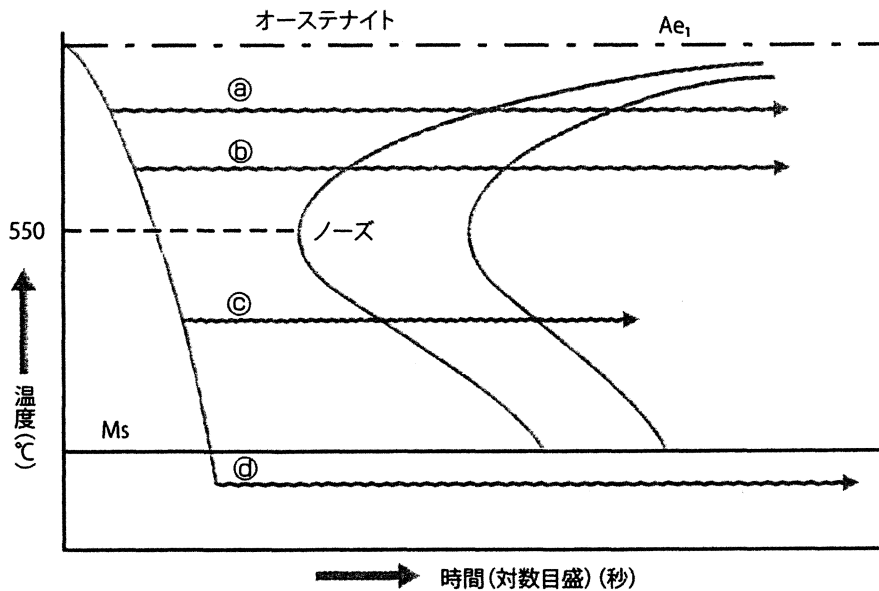


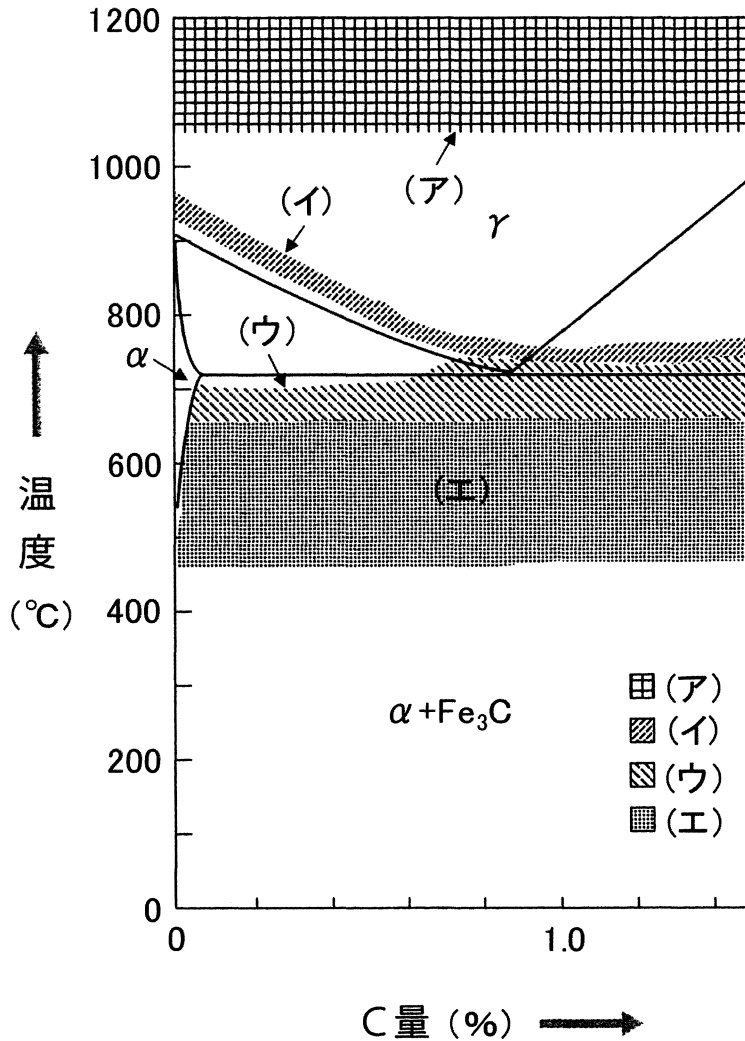
図 共析鋼の等温変態曲線（模式図）

- ① オーステナイト単相から共析変態温度（ Ae_1 ）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 図のⒶとⒷの温度（ Ae_1 とノーズの間）に保持したときに得られる組織はパーライトである。Ⓐの温度に保持した方がⒷよりも微細なパーライト組織となる。
- ③ 図のⒸの温度（ノーズと M_s 点の間）に保持して得られる組織はベイナイトである。ベイナイト組織は、硬さと靱性を有するので焼戻しの必要がない。
- ④ ベイナイトには保持する温度によって、靱性の高い上部ベイナイトと硬さの高い下部ベイナイトがある。
- ⑤ 図のⒹの温度に急冷するとマルテンサイト変態が生じる。

Ⅲ-17 鋼の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 連続冷却変態 (CCT) 線図は、オーステナイト単相から種々の一定速度で冷却したときの変態挙動を知るために必要である。
- ② 連続冷却変態 (CCT) 線図における変態開始時間は、等温変態 (TTT) 線図における変態開始時間から変態の潜伏期の加算則を用いて予測できる場合がある。
- ③ 炭素鋼におけるマルテンサイト変態の開始温度 M_s 点は冷却速度の影響を受ける。
- ④ 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、パーライトとマルテンサイトが混在した組織になる。
- ⑤ 等温変態 (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等温変態曲線 (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。

Ⅲ-18 鋼の焼なましには、目的に応じて各種の方法がある。図はFe-C系状態図と各種焼なましの加熱温度範囲を示した模式図である。次のうち焼なましの方法と加熱温度範囲の正しい組合せはどれか。



- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|--------|---------|----------|----------|
| ① | 完全焼なまし | 拡散焼なまし | 球状化焼なまし | 応力除去焼なまし |
| ② | 完全焼なまし | 拡散焼なまし | 応力除去焼なまし | 球状化焼なまし |
| ③ | 完全焼なまし | 球状化焼なまし | 応力除去焼なまし | 拡散焼なまし |
| ④ | 拡散焼なまし | 完全焼なまし | 応力除去焼なまし | 球状化焼なまし |
| ⑤ | 拡散焼なまし | 完全焼なまし | 球状化焼なまし | 応力除去焼なまし |

Ⅲ－19 鋼の焼入れ・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 鋼は一般に焼入れ温度が高いほど、また、焼入れ時のオーステナイト粒径が微細なほど焼きは入りやすい。
- ② 鋼の焼入れ性を表す方法には、ジョミニー曲線による方法や、臨界直径による方法がある。
- ③ 鋼材の大きさによって冷却速度が変化し、焼入れの効果が変化することを質量効果という。
- ④ 高炭素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－20 各種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 機械構造用合金鋼は、添加元素により焼入れ性を高めている。高温焼戻しぜい性を軽減するために、焼戻し後急冷するか、又はMoを少量添加している。
- ② 高速度工具鋼では、焼入後、530～630℃で焼戻すことによって、二次硬化を生じさせ、硬度を高める。残留オーステナイトが出やすいので、焼戻しを2～3回行う。
- ③ 高炭素クロム軸受鋼では、球状化焼なましを施すことによって、炭化物を結晶粒界に球状析出させ、焼割れを防止している。
- ④ 代表的な冷間成形ばね用鋼であるピアノ線では、パテンティング、強い冷間加工の後、ブルーイングの熱処理により、弾性限や疲労強度を高めている。
- ⑤ オーステナイトステンレス鋼では、1000～1150℃に加熱、急冷する固溶化熱処理（溶体化処理）により、常温でオーステナイト組織としている。

Ⅲ-21 冷間加工材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 再結晶を起こさせるためには、ある最小量以上の冷間加工（塑性変形）が必要である。
- ② 細かい析出物を分散させた合金では、再結晶温度が高くなる。
- ③ 冷間加工（塑性変形）の程度が大きいほど、再結晶は低温で始まり、再結晶後の結晶粒は大きくなる。
- ④ 同じ再結晶温度と時間で再結晶させるためには、冷間加工前の結晶粒径が大きなものほど、冷間加工（塑性変形）の程度を大きくする必要はある。
- ⑤ 再結晶が完了した後も加熱を続けると、特定の少数の結晶粒が他の結晶粒を食って成長することがある。これを二次再結晶という。

Ⅲ-22 実用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 ニッケル水素電池における充放電の反応は $2\text{NiOOH} + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{Ni}(\text{OH})_2$ である。
- ② リチウムイオン二次電池（充電可能な電池）の負極材料としては炭素が主に用いられる。
- ③ 二次電池では、放電時に正極でアノード反応が、負極でカソード反応が生じる。
- ④ 自動車に搭載される鉛蓄電池の充放電生成物は正極、負極とも硫酸鉛（ PbSO_4 ）である。
- ⑤ 水素を燃料とする固体高分子型燃料電池ではイオン伝導高分子膜を電解質としているが、白金系金属触媒が必要である。

Ⅲ-23 金属被覆の耐食性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 中性塩水噴霧試験は、5%の NaCl 溶液を噴霧して行う試験である。
- ② キャス（CASS）試験に CuCl_2 を用いるのは、局部電池腐食を抑制するためである。
- ③ 二酸化硫黄ガス試験に SO_2 が用いられるのは、部分カソード反応を促進するためである。
- ④ コロドコート試験では、試料面にコロドコート泥を塗布し、乾燥後、湿気槽内に放置して耐食性を調査する。
- ⑤ 複合サイクル試験は、塩水噴霧あるいは塩水浸漬と乾燥等の過程をサイクルする試験である。

Ⅲ-24 次の鉄鋼材料に対する表面改質法のうち、基材の表面硬化法として最も不適切なものはどれか。

- ① レーザー焼入れ
- ② 浸炭
- ③ イオン注入
- ④ 黒染め（黒色酸化処理）
- ⑤ ショットピーニング

Ⅲ-25 研磨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 ラップ仕上げは、ラップに研磨材を付着させて、工作物を摩擦して研磨する加工法である。
- ② バフ研磨は、回転するバフに砥粒を付着させて、工作物の表面を摩擦して研磨する加工法である。
- ③ バレル研磨は、被研磨部品と研磨材をバレルと呼ばれる容器中に入れ、容器を回転したり、振動したりして、部品と研磨石とを衝突させることによって、部品を研磨する作業である。
- ④ 電解研磨とは、電解液中に浸漬した被研磨体を陽極に、また不溶性の金属を陰極にして、適度の電圧、電流を保って電気化学的に被研磨体の表面を研磨する方法である。
- ⑤ 化学研磨は、被研磨体である金属表面の大きい凹凸を除去することができる特徴を有する。

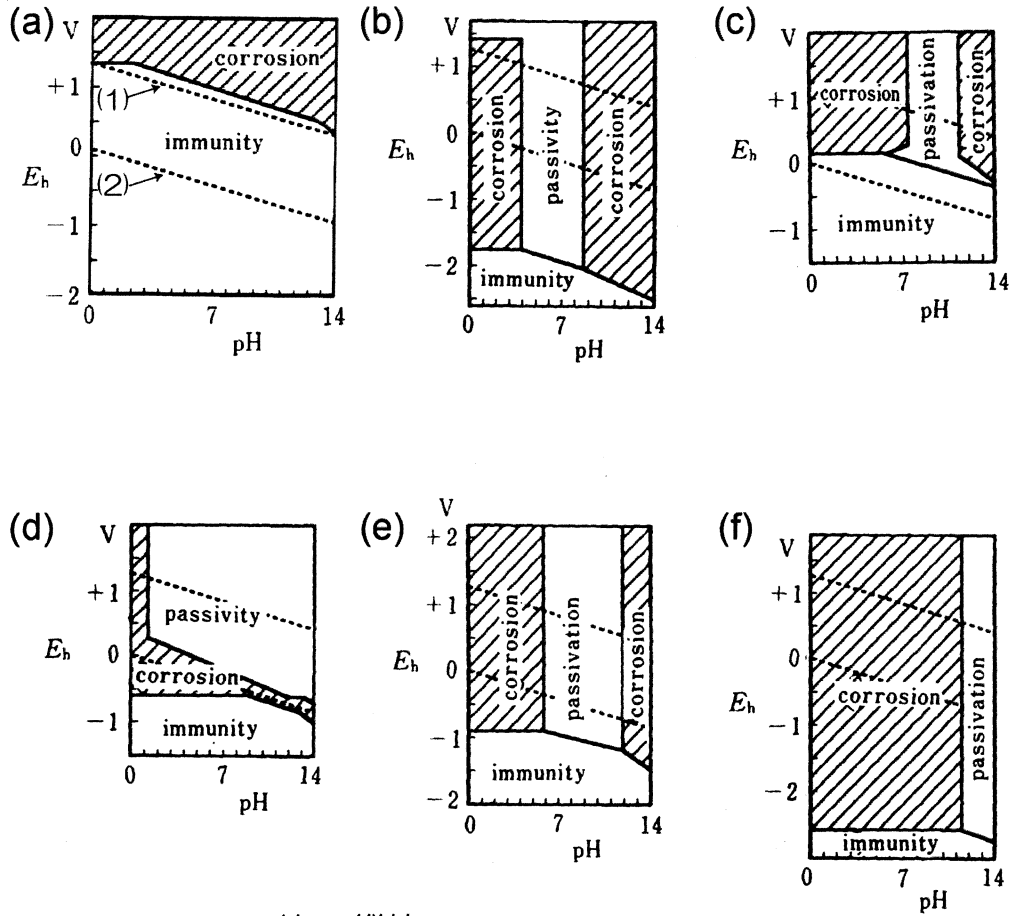
Ⅲ-26 アルミニウムの陽極酸化に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 電解浴には、しゅう酸、クロム酸、リン酸、硫酸、ホウ酸などが用いられる。
- ② しゅう酸、クロム酸、硫酸などの電解浴中で陽極酸化すると、内層に無孔性の緻密なバリアー層と外層側に多孔性のポーラス層が形成する。
- ③ 多孔性陽極酸化皮膜を作製後、金属塩を含む溶液中で交流電解すると、多孔質皮膜の細孔の底部から金属粒子あるいは金属酸化物粒子が析出し、皮膜が着色する。
- ④ 多孔性陽極酸化皮膜の厚さは通常5～50nmであるが、電解液、電流密度、温度、素地の純度などによって変化する。
- ⑤ 多孔性陽極酸化皮膜によるアルミニウム素地の耐食性をさらに高めるために封孔処理が行われる。

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 銅めっきは、酸性めっき浴又はアルカリ性めっき浴で行われるが、酸性めっき浴は光沢剤なしでも均一電着性に優れている。
- ② すずめっきは美しい光沢があり、食品などの有機酸に対して優れた耐食性を持ち、食品容器の被覆などに古くから用いられてきた。
- ③ クロムめっきは美しい光沢を有し、耐食性や耐摩耗性に優れる。
- ④ 銀めっきは、食器や装飾品や、銀が電気の良導体であることを利用して電気接点などにも応用されている。
- ⑤ 亜鉛めっきは、亜鉛が電気化学列では卑な金属に属している性質を利用して、主により貴な金属を電気化学的に保護するために用いられる。

Ⅲ-28 下の図は、Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Auの6種類の金属Mに対するM-水系(25°C)の電位-pH図である。各図(a)~(f)と金属Mとの組合せのうち、最も適切なものはどれか。



(1) O_2/H_2O 線 縦軸: E_h / V vs. SHE
 (2) H_2/H_2O 線

immunity: 不感態 (裸の金属が熱力学的に安定) passivity: 不動態 (薄い酸化皮膜の保護性により耐食的)
 passivation: (受)動態 (厚い酸化皮膜により耐食的) corrosion: 腐食 (腐食速度が大きい)

	<u>a</u>	<u>b</u>	<u>c</u>	<u>d</u>	<u>e</u>	<u>f</u>
①	Cu	Zn	Au	Fe	Al	Mg
②	Au	Mg	Cu	Fe	Al	Zn
③	Au	Al	Cu	Fe	Zn	Mg
④	Au	Al	Fe	Mg	Cu	Zn
⑤	Cu	Zn	Fe	Au	Mg	Al

Ⅲ－29 降伏応力が300MPa、ヤング率が70GPaの金属材料から、直径10mm、高さ20mmの円柱試験片を製作し、高さ12mmまで圧縮した。この材料は剛塑性体で加工硬化せず、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。なお、円周率は3.14とする。

- ① 9.2kN ② 23.6kN ③ 39.3kN ④ 94.2kN ⑤ 157kN

Ⅲ－30 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 圧延作業の実施手順から分類すると、並べた複数の圧延機で素材を一方向に圧延する連続圧延機と、圧延機の上に素材を往復運動させるリバース圧延機に分類される。
- ② 上下2対のロールからなる4段圧延機では、ワークロールのたわみを小さくするために、ワークロール半径を大きくするかわりにバックアップロールを設けている。
- ③ 2対のロールを縦ロールと水平ロールとして配置したユニバーサル圧延機は、複数種のH形鋼製品の製造が可能である。
- 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、素材長さ方向への伸び変形、素材幅方向への広がりの変形の3種類であり、塑性ひずみの評価においてはこれらの変形を考慮すれば十分である。
- 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。材料出口速度とロール周速の比は、連続圧延時の圧延特性を示す指標である。

Ⅲ－31 押し出し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 直接押し出し（前方押し出し）では、変形の初期に大きな圧力が生じ、変形に伴い圧力は減少するが、間接押し出し（後方押し出し）では、変形に伴う圧力変化は少ない。
- ② ダイ半角が大きい場合や押し出し比が大きい場合には、素材表面層の流れがダイによって妨げられ、大きなせん断変形を受ける。
- ③ アルミニウムやマグネシウムの熱間押し出し時の潤滑方法としてユージン・セジュール法が用いられている。
- ④ ダイの形状不良や過少な押し出し比、不適切な押し出し温度などの理由で、製品表面や内部に割れが生じる。
- ⑤ アルミニウム合金などにホローダイ法を用いると単動式押し出し機を用いて中空断面を持つ材料が製造できる。

Ⅲ－32 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 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、一様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指標である。
- ③ 加工硬化式が $\sigma = c\epsilon^n$ で与えられる板材を単軸引張試験したとき、荷重変化率が 0 となる点（最大荷重点）に到達するときの真ひずみ ϵ は加工硬化指数 n 値に等しい。
（ σ は応力、 c は塑性係数）
- ④ 板材の破断部近傍の最大主ひずみと最小主ひずみの組合せをひずみの座標空間にプロットし、それらを滑らかにつないで描かれる線を成形限界線と呼ぶ。成形限界線はひずみ経路によって変化しないので、普遍的な破断の判定基準となる。
- ⑤ 底付き円筒容器の深絞り成形における限界絞り比は板材の深絞り性の指標となるが、一般に r 値が大きいほど限界絞り比が大きい。

Ⅲ－33 せん断変形に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 通常 conditions で加工された切口面は、だれ、せん断面、破断面、かえりの各部分で構成される。
- ② 一般に硬質材や降伏応力の高い材料ほど寸法変化は大きく、伸びの大きな材料ほどかえりが大きくなる。
- ③ 高速でせん断すると破断面の割合は増加する。この効果はパンチとダイのクリアランスが小さくなるほど顕著になる。
- ④ 高温で炭素鋼をせん断すると、青熱ぜい性温度域ではせん断面の割合が多くなる。さらに温度が上がるとせん断面が減少し、破断面が増加する。
- ⑤ 精密打抜き法の中には、被加工材のせん断変形部に大きな圧縮応力を作用させてクラックの発生を抑制し、全面平滑な切口面を得られる方法がある。

Ⅲ-34 板材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 一定の絞り比において、素板の板厚がダイ穴径に対してある程度以上大きい場合、しわ抑えなしで絞り加工ができる。
- ② 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、しわ抑え板を用いてしわの発生を防ぐ必要がある。しわ抑え力の目安は、フランジ部の単位面積当たりの面圧が、降伏応力と引張強さの平均値の1%程度になるように設定する。
- ③ ダイ肩半径と深絞り性には比例的な相関があり、ダイ肩半径を大きくするほど深絞り性は向上する。
- ④ 塑性流動応力の温度依存性を利用して成形限界を向上させる絞り法が考案されている。すなわち、ダイを加熱してフランジ部材料の変形抵抗を低下させ、反対にパンチを冷却してパンチ頭部材料の破断強さを増大させることにより、成形限界が向上する。
- ⑤ 製品の寸法が同じ場合、素板の板厚が薄いほど限界絞り比が低下する。

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 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 [mm²] で割った値である。
- ② 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 [mm²] 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 [mm²] で割った値である。
- ④ 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 [mm²] で割った値である。
- ⑤ ショア硬さ (HS) は、ダイヤモンドのハンマーを試料面上へ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。