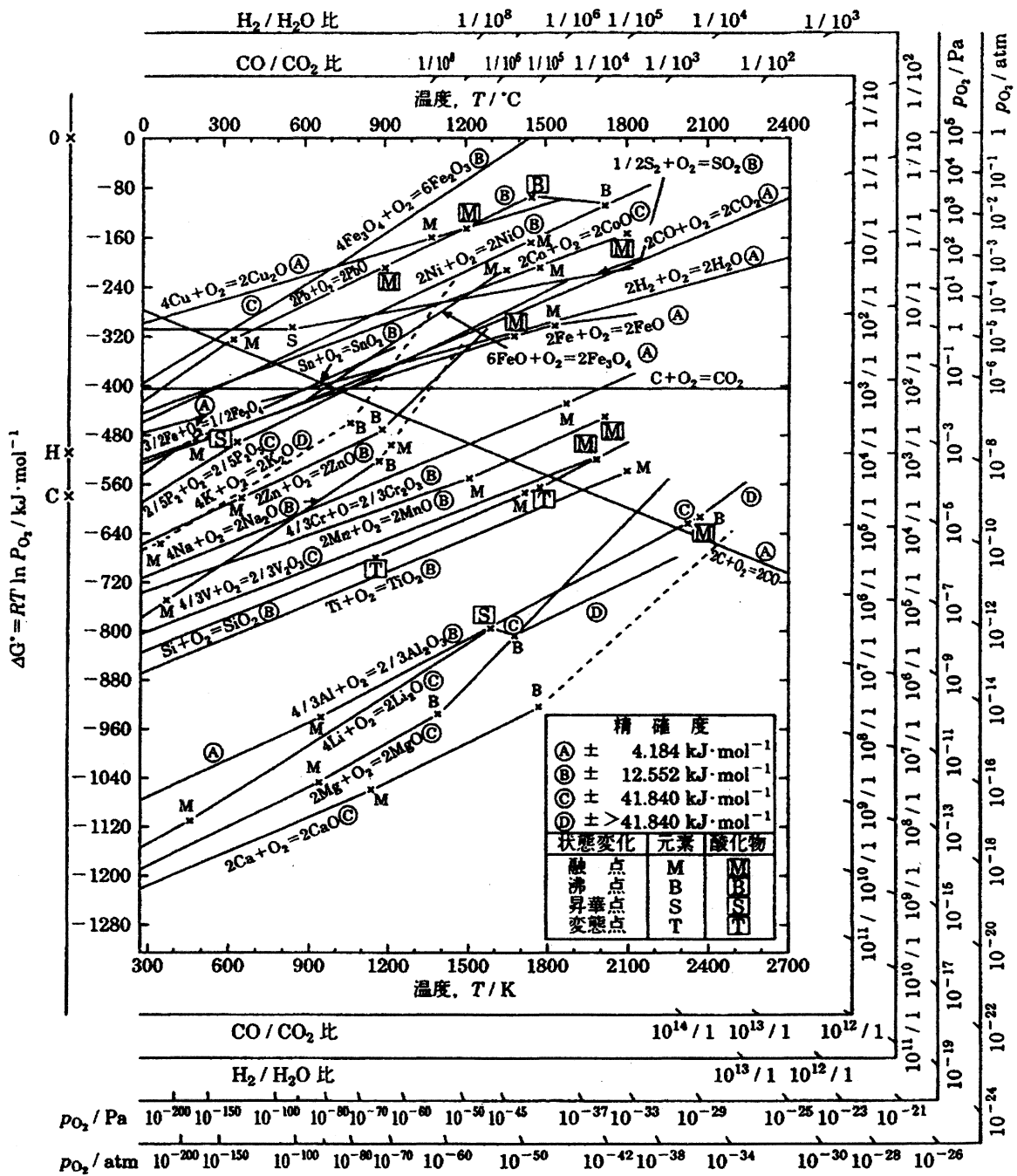


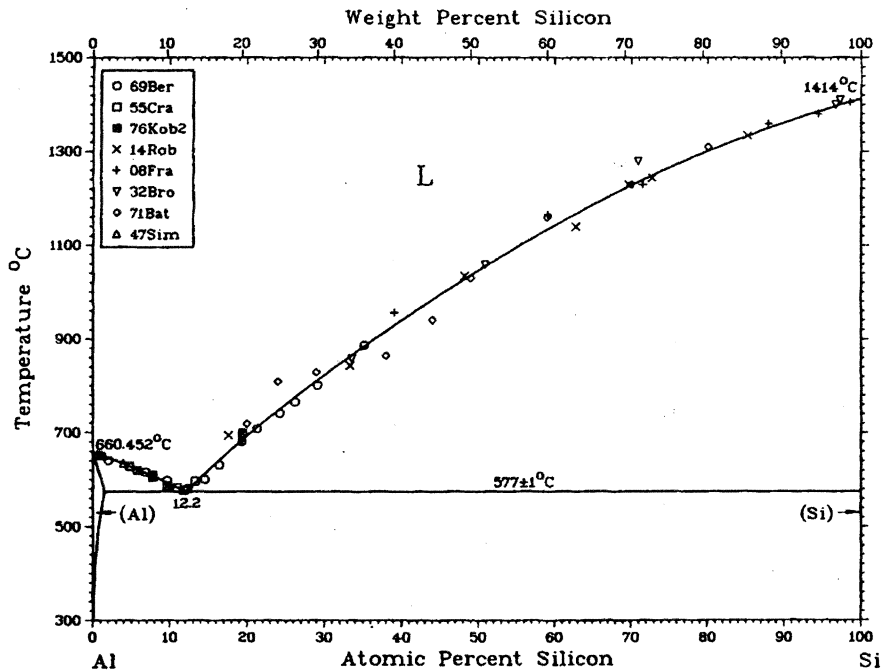
Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

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。エリンガム図に関する次頁の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① それぞれの線 ($2m/n M + O_2 = 2/n M_mO_n$) より上の領域の条件では酸化物が、下の領域では金属が安定である。
- ② ニッケルの線 ($2Ni + O_2 = 2NiO$) はリチウムの線 ($4Li + O_2 = 2Li_2O$) より上にあるので、金属ニッケルとリチウムの混合物から、リチウムを酸化除去できることが予測される。
- ③ 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反応のエントロピー変化が負であるためである。
- ④ 各線の $T=0$ [K] 軸 (絶対零度軸) における切片の値から、酸化反応の標準エンタルピー変化 (生成熱) が求められる。
- ⑤ 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。

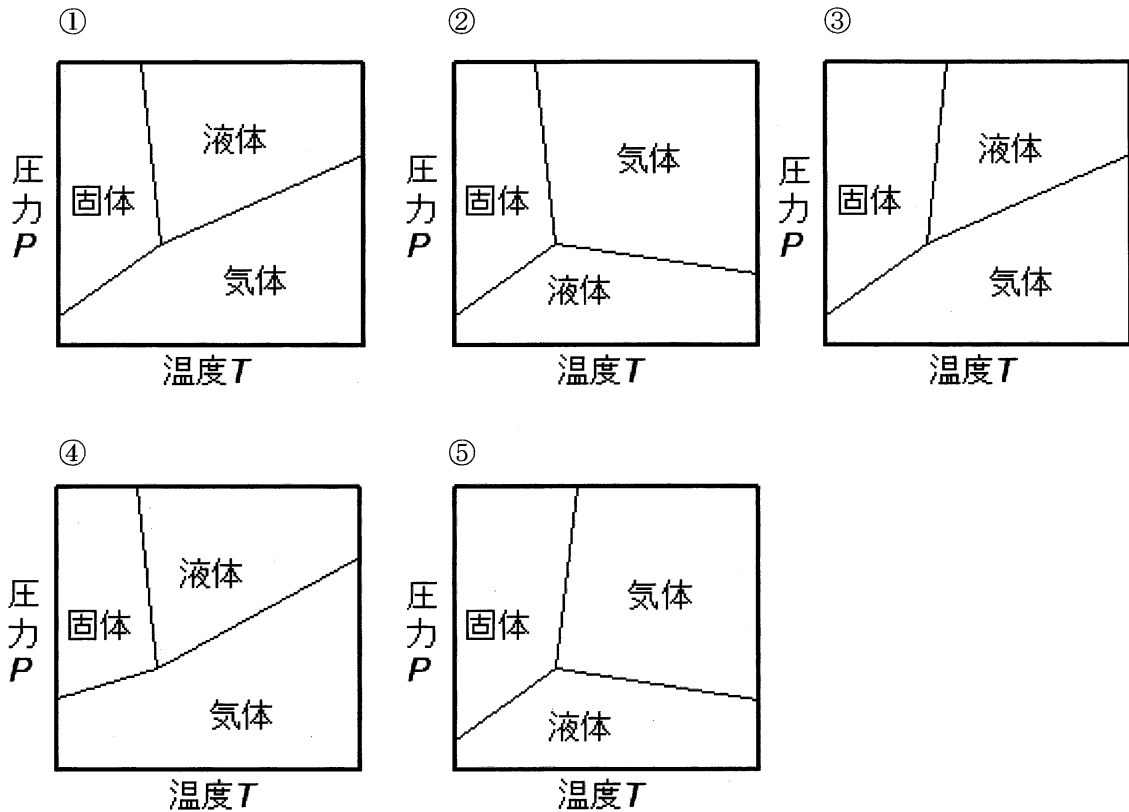
Ⅲ-2 アルミニウム (Al) - シリコン (Si) 二元系状態図 (下図) に関する次の(1)~(3)の記述のうち、正しいもの若しくは正しいものの組合せはどれか。



- (1) 熔融アルミニウム-シリコン合金を凝固させて、純度99 wt%以上の固体シリコンを製造することは可能である。
- (2) 850 K (577 °C) では、アルミニウムとシリコンの固体混合物と液相の3相平衡が成り立つ。
- (3) 50 wt%Si-50 wt%Alの合金を1000 K (723 °C) で保持平衡させたとき、熔融アルミニウム-シリコン合金と固体シリコンがモル比でほぼ1 : 2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 亜鉛の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-4 鉄の精錬プロセスに関する次の記述のうち、下線部分が最も不適切なものは①～⑤のうちどれか。なお、①と②は下線部分が2か所ある。

高炉-転炉法における精錬工程では、原料から混入する不純物を効率的に除去するため種々のプロセスが開発されてきた。炭素やガス成分以外はスラグ-メタル反応によりスラグ中に除去されるが、その原理や最適条件は元素によって異なる。鉄中のシリコンやリンは酸化反応により除去されるため、① 高温で② 酸化性雰囲気が好ましいのに対し、硫黄は③ 硫化物イオンの形に還元されて除去されるため、① 低温で② 還元性雰囲気が好ましい。シリコン、リン、硫黄のいずれの元素も鉄中では炭素との相互作用（反発力）が④ 大きいため、溶銑段階で、できるだけ除去されている。精錬スラグについては、上記のいずれの元素も塩基度の⑤ 高い組成が好ましいが、廃棄スラグの環境問題からフッ素（蛍石）の使用が困難となり、溶銑予備処理プロセスも変化しつつある。

Ⅲ－５ 鉄鋼スクラップに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 市中から回収したスクラップには、Cu、Sn、As、Sbなどのトランプエレメントが多く含まれており、これらの元素は現在の製鋼プロセスでは除去しにくいいため、製品中に循環濃縮される。
- ② スクラップはその発生源から、「自家発生スクラップ」、「市中スクラップ」、「輸入スクラップ」に分けられる。
- ③ P、As、Cr等は、鋼材の製造過程で熱間加工性を阻害して表面疵の原因となり、Cu、As、Pb等は、冷間加工時の引抜き性や絞り性を阻害し、プレス製品などの割れの原因となる。
- ④ フラックスで脱銅する方法として、硫化物を用いる方法が知られている。
- ⑤ 銅は鉄より貴な金属であるため、鉄から酸化除去することは困難である。

Ⅲ－６ 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 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。
- ② 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。
- ③ 酸化銅鉱を溶鉱炉又は反射炉で溶製して中間生成物のマットを作り、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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

Ⅲ－7 チタンの製錬工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 チタンの製錬は、不活性ガス雰囲気中でTiCl₄をマグネシウムで還元してスポンジ状の金属を得るクロール法が主流である。
- ② スポンジチタンを加工用素材とする方法としては、粉末冶金法、圧延法、高周波溶解法、アーク溶解法、電子ビーム溶解法などがある。
- ③ TiCl₄をマグネシウムよりも還元力の強いナトリウムによって還元するハンター法があり、より純度の高いチタンが得られる。
- ④ TiCl₄は、低品位イルメナイトからマンガン分を除いて高品位の合成ルチルを製造し、これを塩素化して製造する。
- ⑤ 生成したスポンジ状金属チタン中のマグネシウムとその塩化物は約1000℃で真空蒸留して分離する。

Ⅲ－8 金属の体心立方格子に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

格子定数を a とすると、最近接原子間距離は (ア) である。1 個の原子に最隣接している原子の数は (イ) 個であり、1 つの単位格子に属している原子の数は (ウ) 個である。また、原子を剛体球と仮定したときに単位格子を原子が占める体積の割合は約 (エ) % である。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	$\sqrt{2}a/2$	12	4	68
②	$\sqrt{2}a/2$	12	4	74
③	$\sqrt{3}a/2$	8	2	74
④	$\sqrt{3}a/2$	8	2	68
⑤	$\sqrt{3}a/2$	12	2	68

Ⅲ－9 純銅中の銅原子の自己拡散係数を 900 °C と 700 °C で測定し、次の結果を得た。

$$900\text{ °C} : 3.2 \times 10^{-14} \text{ [m}^2\text{/s]}$$

$$700\text{ °C} : 3.8 \times 10^{-16} \text{ [m}^2\text{/s]}$$

これらの測定値に基づいて求めた純銅中の銅原子の拡散の活性化エネルギーに最も近い値はどれか。必要であれば次の近似値を利用せよ。

$$\log_{10} 3.2 = 0.51 \quad \log_{10} 3.8 = 0.58 \quad \ln x = 2.3 \log_{10} x$$

$$\text{気体定数} : 8.31 \text{ [J/(mol}\cdot\text{K)]}$$

- ① 40 [kJ/mol]
- ② 51 [kJ/mol]
- ③ 92 [kJ/mol]
- ④ 120 [kJ/mol]
- ⑤ 210 [kJ/mol]

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脆性遷移を生じにくい。
- ② 高速度工具鋼は、主として金属炭化物の析出によって高温硬さを発現させる。
- ③ 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。
- ④ 金属材料の強化機構には、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。
- ⑤ 運動する転位が間隔 λ の障害物によってピン止めされるとき、転位に働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。

Ⅲ－11 鉄鋼材料の脆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 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からなる。
- ② 高強度の鉄鋼中の水素は、応力のかかっている非金属介在物と母相の界面、結晶粒界などの局所領域に偏析し、脆性破壊を誘発する。
- ③ 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脆化することがある。
- ④ 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。
- ⑤ 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低くなるため低温脆性を生じる。

Ⅲ－12 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み合わされた結果生じる。
- ② 高張力鋼の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脆化が挙げられる。
- 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 熱間圧延及びその後の冷却中の組織制御を行う加工熱処理法（TMCP）は、母材の高張力化と高靱性化をもたらす。また、炭素量低減によって、溶接部特性を向上させる効果もある。
- ⑤ 高張力鋼の溶接ボンド部の靱性は、鋼板組成に少量のチタンやボロンを添加して、細かい窒化物をオーステナイト→フェライト変態の核に利用することにより、溶接熱影響部の結晶粒を粗大にして改善されている。

Ⅲ-13 特殊鋼や非鉄金属材料に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① マルエージング鋼は、鉄-18%ニッケル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、微細な窒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 ニオブは、常温では体心立方構造で、融点は2470℃である。延性があり、1000℃以上で窒素と反応する。超伝導合金や核燃料被覆材などに用いられる。
- ⑤ ニッケル基超合金は、主に母相と整合性のよい体心立方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 金属材料の分析・試験に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 粒度番号を G 、断面積 1 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に対し塩酸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の表面近傍の観察に用いられるのに対し、走査型電子顕微鏡は試料内部の微細構造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、試料の結晶構造を求めることができる。しかし結晶方位は測定できない。

Ⅲ-15 Fe-C系 (Fe-Fe₃C系) 状態図と合金元素の影響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 Fe-C系 (Fe-Fe₃C系) 状態図では、約1147℃に $L \rightleftharpoons \gamma + Fe_3C$ の共晶反応が、約727℃に $\gamma \rightleftharpoons \alpha + Fe_3C$ の共析反応が存在する。
- ② 共晶反応によって生じる共晶組織はレーデブライトと呼ばれ、白鑄鉄（白銑）の組織に現れる。
- ③ 共析反応によって生じる共析組織は、冷却速度が比較的小さいときは、 α とFe₃Cが層状に交互に重なり合ったパーライトとなる。
- ④ 合金元素Siの添加は、状態図の γ の領域を広げ、共析温度を下げる。
- ⑤ 合金元素Moの添加は、状態図の γ の領域をせばめる。

Ⅲ-16 下図は、鋼のTTT曲線と等温（恒温）熱処理の方法（図中の破線）を示した模式図である。①～⑤の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

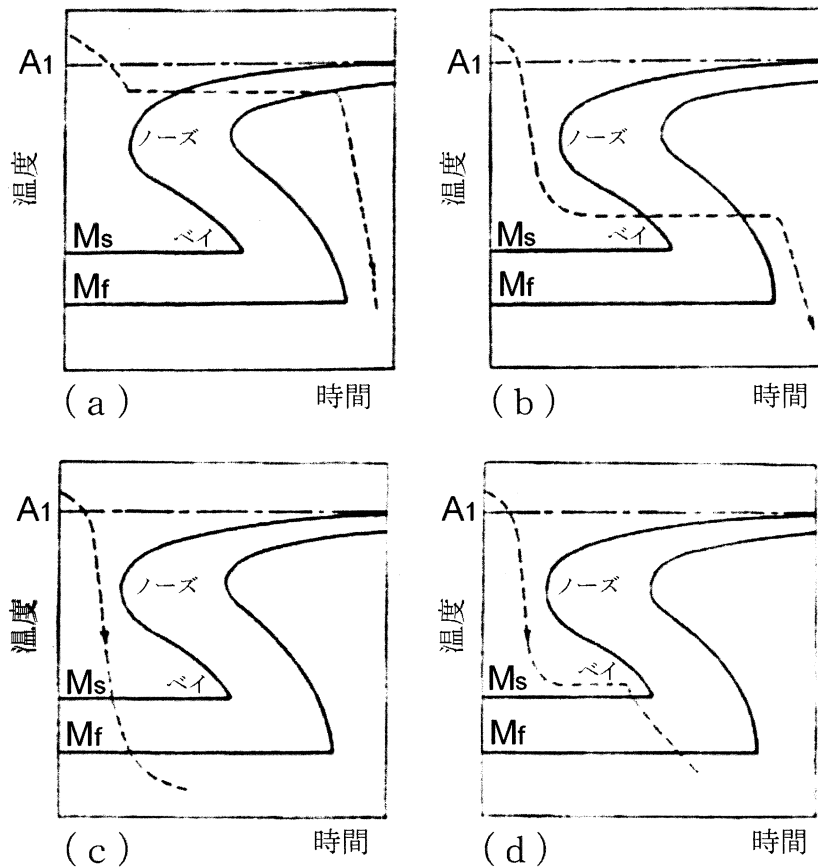


図 鋼のTTT曲線と等温（恒温）熱処理の方法

- ① 図（a）の熱処理は、等温焼なましと呼ばれ、ノーズの上の温度に保持する。完全焼なましからの徐冷に比べ、等温焼なましの方が短時間でパーライト変態する。
- ② 図（b）のオーステンパによっ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。
- ③ 図（c）に示す方法で、ノーズにかからないような十分に大きい冷却速度で冷却すれば、完全なマルテンサイト組織が得られる。
- ④ 図（d）はオースクエンチと呼ばれる熱処理である。Ms点直上の温度で保持するので、品物の表面と内部の温度差が小さくなり、焼入れひずみの減少や焼割れを防止する効果がある。
- ⑤ 図のベイの温度域で加工をしてから焼入れし、マルテンサイト変態を起こさせる方法を、オースフォーミングという。強度を著しく向上させることができる。

Ⅲ-17 下図に示す900℃に加熱した亜共析鋼の連続冷却変態（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。なお、丸抜き数字は各冷却条件で得られた鋼のビッカース硬さ〔HV〕を、曲線〔1〕～〔5〕との交点には各組織の割合〔%〕を示す。

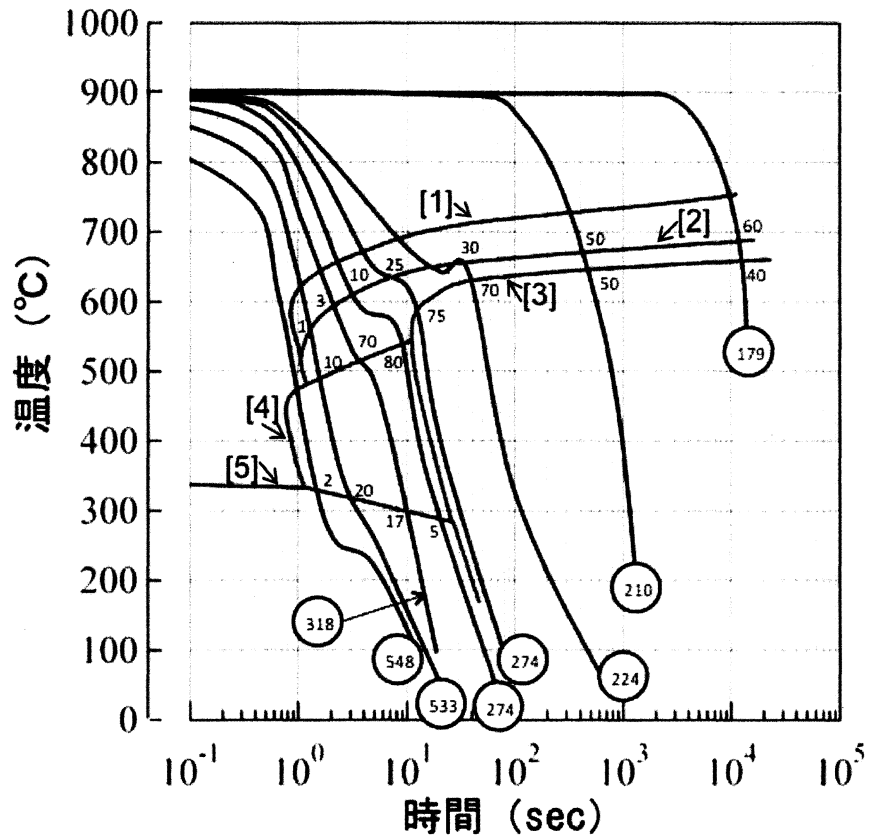


図 亜共析鋼の連続冷却変態（CCT）線図

- ① 曲線〔2〕はパーライト変態開始曲線である。
- ② 曲線〔3〕を横切って連続冷却すると、ベイナイト変態が開始する。
- ③ 曲線〔5〕を横切って連続冷却すると、マルテンサイト変態が起こる。
- ④ フェライト・パーライト組織において、パーライト組織の割合が高いと硬さが大きい。
- ⑤ 冷却速度の増大とともに、フェライト組織の割合は低下する。

Ⅲ-18 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 鋼の焼入れ温度は、一般に亜共析鋼では A_3 変態点以上 $30\sim 50\text{ }^\circ\text{C}$ 、過共析鋼では A_1 変態点以上 $30\sim 50\text{ }^\circ\text{C}$ である。
- ② 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。焼入れ性を表す方法には、ジョミニー曲線（H曲線）による方法と、理想臨界直径による方法などがある。
- ③ 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。
- ④ 鋼にMo, 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。
- ⑤ 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。

Ⅲ-19 下図は、焼入れした鋼の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熱膨張曲線である。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。

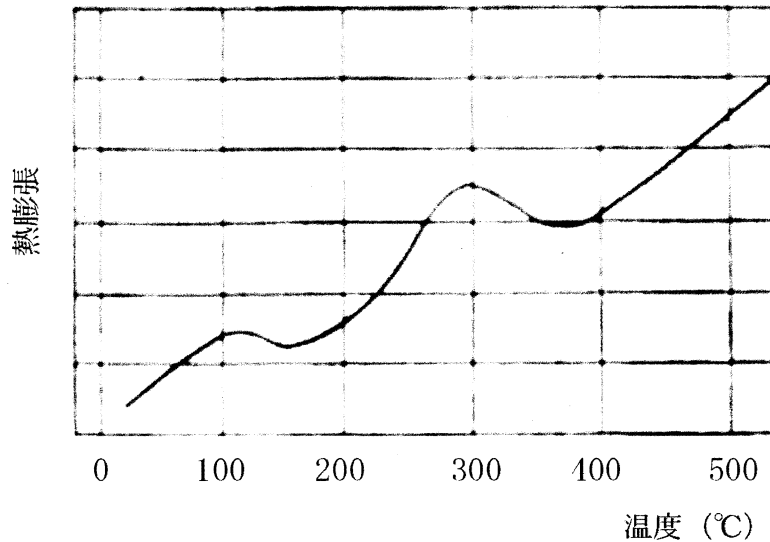


図 焼入れした鋼の焼戻し時における熱膨張曲線

- ① 焼戻しの第一段階（80～160℃）では、体心正方晶のマルテンサイトが、 ϵ 炭化物を析出して、体心立方晶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（230～280℃）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 ϵ 炭化物の混合組織となる。
- ③ 焼戻しの第三段階（260～360℃）では、 ϵ 炭化物が成長し、粒状化する。
- ④ 400℃付近でトールスタイト、500～600℃でソルバイトが出現する。
- ⑤ ソルバイトは強度と靱性に優れるので、機械構造用鋼に適した組織である。

Ⅲ-20 回復・再結晶・粒成長に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 金属材料を塑性加工すると加工に要した仕事の一部は格子欠陥や内部応力として材料内部に蓄積され、材料は加工硬化する。これに伴う自由エネルギーの上昇分を蓄積エネルギーといい、回復・再結晶の駆動力となる。
- ② 回復は、格子欠陥の密度や分布に変化が生じる過程であるため、電気抵抗やX線プロファイルなどには大きな影響を与えるが、光学顕微鏡レベルの材料組織にはほとんど変化が認められない。しかし電子顕微鏡レベルで転位組織を観察すると、顕著な変化が認められる。
- ③ 再結晶を生じさせるには、ある限界の加工度以上の加工が必要である。臨界の加工度は、加工温度が低いほど小さい。
- ④ 再結晶粒径は主に加工度に依存し、加工度が小さいほど微細になる。また、初期結晶粒径が小さいほど微細になる。
- ⑤ 粒成長には、組織全体が平均的に成長していく通常粒成長と、少数の特定の粒が周囲の結晶粒を侵食して大きくなる異常粒成長がある。異常粒成長は、析出物などにより粒成長が抑制されていて、かつ一部でそうしたピン止め力が外れる場合に生じる。

Ⅲ-21 鋼の窒化と浸炭に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 窒化は、鋼製品の表面に窒素化合物層を形成して硬化させる。
- ② 窒化後、焼入れを施すのが一般的である。
- ③ 炭素量の低い鋼で目的の形に整形し、必要部分に浸炭後、全体を焼入れすると、必要部分において表面硬化が得られる。
- ④ 浸炭は、固体浸炭材から発生するCO+CO₂ガスあるいは炭化水素系のガスにより、炭素が鋼中に固溶し、内部に拡散して進行する。
- ⑤ 浸炭した鋼では、表面は高炭素になり内部は低炭素である。また、浸炭時にオーステナイトの結晶粒が大きくなる。浸炭した鋼の焼入れは、これらを考慮して行う。

Ⅲ-22 実用されている一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 マンガン乾電池は、二酸化マンガンを正極活物質、亜鉛を負極活物質とし、塩化亜鉛や塩化アンモニウムを主体とする水溶液を電解質としている。
- ② 酸化銀電池は、正極活物質に酸化銀、負極活物質に銀を用いている。
- ③ 空気電池は、正極に多孔質物質、導電体、酸化物触媒などを用い、空気中の酸素を正極活物質にし、負極に亜鉛粉末などを負極活物質としたものである。
- ④ アルカリマンガン電池に用いる負極及び正極材料はマンガン乾電池と同じであり、電解質が異なる。
- ⑤ リチウム一次電池は、金属リチウムを負極とした一次電池の総称であり、正極活物質には二酸化マンガンやフッ化黒鉛などが用いられている。

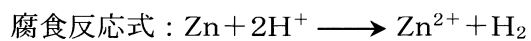
Ⅲ-23 銅及びその合金の耐食性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 銅は溶存酸素を含まない水や非酸化性の酸に対して熱力学的に安定であり、腐食傾向をもたない。
- ② 銅は大気や天然水に対し耐食性をもつ。これは、この環境において表面に酸化銅、水酸化銅あるいは塩基性炭酸銅などの腐食生成物皮膜が安定に存在することによる。
- ③ 黄銅は銅に亜鉛を45 mass%まで添加した銅-亜鉛合金であり、その耐食性は亜鉛の含有量の増加につれて増すが、それと並行して脱亜鉛腐食が生じることがある。
- ④ 青銅は銅にスズを5～15 mass%含む銅-スズ合金であり、その耐食性はスズの含有量の増加につれて低下する。
- ⑤ 銅にニッケルを添加した銅-ニッケル合金には、ニッケルを10～30 mass%含むキュプロニッケルと呼ばれる合金があり、海水用熱交換器管などに用いられる。

Ⅲ-24 JIS規格にあるステンレス鋼の腐食試験法のうち、粒界腐食感受性の評価との関連性が最も低いものはどれか。

- ① 硫酸・硫酸第二鉄腐食試験
- ② 塩化第二鉄腐食試験
- ③ 硫酸・硫酸銅腐食試験
- ④ 電気化学的再活性化率測定
- ⑤ 65%硝酸腐食試験

Ⅲ-25 亜鉛 (Zn) の酸性水溶液中における腐食反応が以下の反応式で進行し、腐食電流密度が $0.10 \text{ [mA/cm}^2\text{]}$ であるとき、腐食速度 (腐食減肉速度: 1年間当たりの減肉量 $[\text{mm/y}]$) として、最も適切なものはどれか。ただし、腐食反応は表面で均一に進行するものとする。また、亜鉛 (Zn) の原子量は 65.38 、ファラデー定数を 96500 [C/mol] 、Znの密度を $7.13 \text{ [g/cm}^3\text{]}$ とする。



- ① 0.15 [mm/y]
- ② 0.30 [mm/y]
- ③ 1.50 [mm/y]
- ④ 3.00 [mm/y]
- ⑤ 30.0 [mm/y]

Ⅲ-26 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 外部電源を用いずに溶液に浸すだけであるため、設備が簡便で、処理操作も容易である。
- ② 化学めっきとも呼ばれるように、その機構は電気化学的なものではない。
- ③ 電流分布が存在しないため、複雑な形状の基材にも厚さが均一なめっきができる。
- ④ イオン化傾向の差により生じる置換めっきも無電解めっきの一種である。
- ⑤ 触媒化処理を行うことで、プラスチックなどの非導電体上にもめっき可能である。

Ⅲ-27 鉄 (Fe) の電位-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。

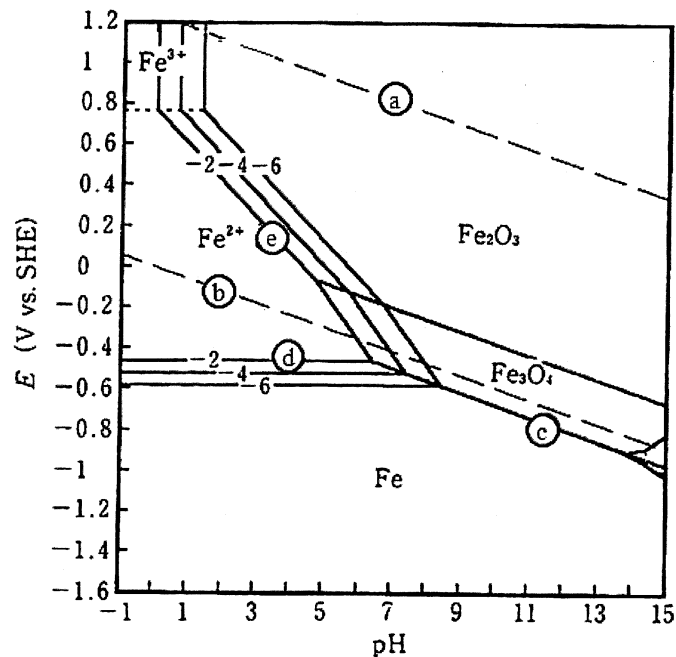


図 水溶液中における鉄の電位-pH図

(出典：腐食・防食ハンドブック，腐食防食協会編)

- ① 図に示す電位-pH図は、水環境にある金属の化学平衡を表すために用いる。
- ② 酸素の還元反応が起きない酸性水溶液中では、破線**①**と直線**④**で囲まれた領域において鉄の溶解は起こりやすい。
- ③ Fe_2O_3 又は Fe_3O_4 が安定な領域は不動態域と定義される。
- ④ 直線**③**はFeと Fe_3O_4 の固相共存状態を示す。
- ⑤ 直線**④**上に示されている“-2”の数字は、 Fe^{2+} からFeへの反応が2電子還元であることを意味する。

Ⅲ-28 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 鉄鋼材料に施すクロムめっきは、耐食性及び耐摩耗性などの向上を目的としてなされる。
- ② スズめっきは主にはんだめっきとして用いられている。最近では鉛フリーはんだめっきとして、スズ-銀めっき、スズ-亜鉛めっき等が開発されている。
- ③ 銅めっきでは、電解液への適切な添加剤の添加により光沢表面を得ることができる。
- ④ 無電解銅めっきでは、ホルムアルデヒドを酸化剤として用い、銅皮膜を析出させる。
- ⑤ 卑な金属であるアルミニウムをめっきする場合は、イオン液体等の非水溶媒を用いる。

Ⅲ-29 板材の成形性や成形性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 成形中に板材の面内に発生するひずみの比率が一定の変形経路において、破断に至った点を結んだものが、板材の成形限界を表す破断限界線 (Forming Limit Curve) である。
- ② スクライブドサークルテストは成形時のひずみを調べる試験法で、素板に円形の模様を描いておき、成形後の円の変形からひずみ量を求める。
- ③ 穴あき素板を円すい工具で成形し、穴縁に破断が生じたときの穴径と初期穴径との比から穴広げ率を求める試験法を、穴広げ試験という。
- ④ 深絞り試験では、破断することなく絞ることができる最大の素板の径と深さの比から、限界絞り比 (LDR) を求める。
- ⑤ 板材の引張り試験によって求められる r 値 (ランクフォード値、塑性ひずみ比) が大きいほど、深絞り性がよい。

Ⅲ-30 板厚1.2 [mm] の薄鋼板から直径15 [mm] の円形製品を打ち抜くために必要なパンチ荷重として、最も適切なものはどれか。ただし、鋼板のせん断抵抗を500 [MPa] とし、シャープ角はつけない。円周率は3.14として計算せよ。

- ① 14.1 [kN]
- ② 28.3 [kN]
- ③ 88.3 [kN]
- ④ 106 [kN]
- ⑤ 353 [kN]

Ⅲ-31 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 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为例としてフリクションプレスがある。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。

Ⅲ-32 冷間鍛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 すえ込み加工ではダイスに固定されていない部分の長さが長くなると、加工時に座屈して折れ込みが生じるため、支えられていない素材の長さは素材直径の3倍以下とする。
- ② 繰り返してすえ込み加工を行う場合は、頭部の寸法に制限はないが、適当な時期に中間焼なましを加えることが必要である。
- ③ 圧印加工において円柱を平行な平面工具で圧縮する場合、工具と材料の間に摩擦があるときには、材料の中央部ほど接触圧力が高くなる。
- ④ 圧印加工では加工力を減少させるために潤滑剤が多用される。
- ⑤ 圧印加工の加工力 P は被加工材料の変形抵抗を Y 、素材断面積を A とすると、 $P=cYA$ (c は定数) として求められる。

Ⅲ-33 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 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比によって大きく異なる。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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半径は必要以上に小さくしない方がよい。

Ⅲ-34 引抜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 引抜力は、棒の直径若しくは断面積を小さくするために必要な力、ダイスと引抜材との間に働く摩擦力に打ち勝つための力、材料がダイスを通過するときの繊維の方向変化に必要な付加的な力、の3つの要素から成り立っている。
- ② 引抜力はダイス角の大きさによって変化し、ある大きさの角度で最小値となる。この角度は、断面減少率の増加に伴い大きな角度となる傾向がある。
- ③ 引抜く材料に逆張力を負荷したとき引抜力は増加し、正味の引抜力であるダイスに働くスラストも増加する。
- ④ 引抜き時の速度は、相当広い範囲にわたって変化させても引抜力にはほとんど影響を与えない。
- ⑤ 引抜作業で用いる潤滑方式には乾式と湿式がある。鋼線、ステンレス鋼線などはほとんど乾式を利用し、銅やその合金、アルミニウムやその合金では湿式を利用する。

Ⅲ-35 板材の絞り加工において、材料の絞り深さを向上させるための手段として、最も不適切なものはどれか。

- ① 製品の寸法と素材の材質が同じ場合、使用する素材の板厚はできる限り薄いものを選択する。
- ② フランジ部の材料の変形抵抗や摩擦を可能な限り小さくする。
- ③ パンチの先端が平たい形状の場合はパンチと素板の界面の摩擦係数を大きくする。
- ④ パンチを冷却し、ダイスやしわ抑え板を加熱する。
- ⑤ 対向液圧成形を活用する。