

MT レベル 3 二次 C₁ (基礎) 試験のポイント

JIS Z 2305 による資格試験について、NDT フラッシュでは 2010 年に、JIS Z 2320-1~3:2007 及びこれを受けて改訂された参考書“磁粉探傷試験 I~III”の内容に基づいて MT レベル 3 の C₁ 試験のポイントを解説した。

今月号では MT レベル 3 の C₁ 問題について、最近の正答率の低い問題に類似した問題のポイントを解説する。なお、C₁ は MT に関するレベル 3 の基礎知識について問われ、四者択一形式である。

問 1 次の文は、一つの磁極 (4mWb) から 10cm 離れたところの磁界の強さを示したものである。最も近いものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 1590 A/m
- (b) 6300 A/m
- (c) 12700 A/m
- (d) 25400 A/m

正答 (d)

一つの磁極 $m_1(\text{Wb})$ があるとき、この磁極から $r(\text{m})$ の距離における磁界の強さ $H(\text{A/m})$ は次のように表される。

$$H = m_1 / 4\pi\mu_0 r^2$$

題意に従い各々の値をこの式に代入する。

$$\begin{aligned} H &= (4 \times 10^{-3}) / 4\pi \times (4\pi \times 10^{-7}) \times (0.1)^2 \\ &= 10^{-3} / (4 \times \pi^2 \times 10^{-9}) \doteq 2.54 \times 10^4 = 25400 \end{aligned}$$

したがって、最も近いものは (d) である。

誤った解答のほとんどは、この式及び真空の透磁率 μ_0 の値をしっかりと記憶していないことに起因する。少なくともレベル 3 を目指す人はこれらを覚えておいて欲しい。

問 2 次の文は、JIS Z 2320-1:2007 における工程確認方式について述べたものである。誤っているものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 試験体表面に平行な磁界を得るために、磁化方法別に磁化電流値を求める近似式を規定している。
- (b) 試験体表面に平行な方向成分の磁界の強さは、実効値で 2000 A/m を達成することが求められる。
- (c) 表面下のきずの検出に対しては、直流及び衝撃流を使用するように規定している。
- (d) 試験体の磁束密度は、実効値で 1 T を達成するように規定している。

正答 (c)

JIS Z 2320-1:2007 における工程確認方式では、試験体表面に平行な磁界を得るために、磁化方法ごとに適切な磁化電流値を算出する近似式が示されている。試験体表面近傍の最小の磁束密度は、実効値で 1 T が規定され、この磁束密度は低炭素鋼などにおいて、試験体表面に平行な方向成分の磁界の強さを、実効値で 2000 A/m を与えた場合に達成される。また、表面下のきずの検出に対しては、直流及び脈流を使用するように規定している。正答は (c) である。

問 3 次の文は、漏洩磁束密度に影響する因子ときずからの漏洩磁束密度について述べたものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 同一寸法のきずから同一の漏洩磁束密度を得るためには、S55C より S10C の方が大きな磁界の強さが必要となる。
- (b) 試験体表面からの距離が小さくなると、漏洩磁束密度は小さくなる。
- (c) リフトオフが同じ場合、ホール素子の感磁面の面積が小さいほど、漏洩磁束密度のピーク値は小さくなる。
- (d) B-H 曲線の肩の付近から、漏洩磁束密度は急激に大きくなる。

正答 (d)

きずからの漏洩磁束密度は、試験体の磁気特性、きずの大きさ・存在位置、及び与える磁界の強さ、磁化電流の種類等により影響を受ける。同一の磁束密度では、試験体が磁氣的に硬くなると、同一形状のきずによる漏洩磁束密度は大きくなる。すなわち S55C の方が μ_s が小さいため、同一の磁束密度であれば S10C よりも大きな漏洩磁束密度になる。しかし同一の漏洩磁束密度を得るために要する磁界の強さは、S55C の方が大きくなる。試験体表面からの距離が小さくなると、漏洩磁束密度は大きくなる。またホール素子による測定値は、素子面積の平均値として得られるのでホール素子の感磁面 (センサー部分) が小さいほど空間分解能は高くなり、漏洩磁束密度のピーク値は大きくなる。きずからの漏洩磁束密度は磁化曲線の肩付近から急激に高くなる。正答は (d) である。

問 4 次の文は、JIS Z 2320-1:2007 の工程確認方式に

における磁化の確認方法について述べたものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 一つ又は二つ以上の方法を用いて、試験体表面の磁束密度が磁粉探傷試験に必要な値になっていることを確認する。
- (b) 試験体の最も検出しにくい位置に、微細な人工きずを貼り付けて試験し、磁化の確認を行う。
- (c) 試験体の中央部に微細な自然きずをもつ試験体を計算した電流値で試験し、磁化の確認を行う。
- (d) 確立された原理に基づいた他の方法、例えばシムタイプの試験片を使用して、磁化の確認を行う。

正答 (a)

工程確認方式における磁化の確認方法について、JIS規格では、一つ又は二つ以上の方法を用いて、試験体表面の磁束密度が磁粉探傷試験に必要な値になっていることを確認する。最も検出しにくい位置に、微細な自然きず又は人工きずをもつ試験体を試験し確認する。確立された原理に基づいた他の方法を使用して、磁化の確認を行う。ただし、シムタイプ試験片は磁界の強さの評価には十分でないとされている。

問5 次の文は、サーチコイルによって測定した交流の磁束密度について述べたものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 適用する周波数に比例する。
- (b) コイルの大きさに比例する。
- (c) コイルの巻数に比例する。
- (d) コイルの誘導起電力に比例する。

正答 (d)

サーチコイルは磁束の測定に使用される。磁粉探傷試験においては、試験体に直接コイルを巻いたり、また鋼板等の試験体では二つの小さい穴を開け、この穴を通して巻線しその部分を通る磁束密度を測定している。

交流磁束では、最大磁束密度 B (T) は、

$$B = e / 2\pi f N A \quad \text{で表される。}$$

ここで、 f : 周波数(Hz), N : コイル巻数,

A : コイル断面積 (m^2), e : 誘導起電力(V)

したがって、磁束密度 B は誘導起電力 e に比例し、周波数 f , コイル巻数 N , コイルの大きさ (断面積 A) に反比例する。すなわち正答は (d) である。なお、この式を利用して交流極間式磁化器の全磁束を測定できる。

問6 次の文は、JIS Z 2320-1:2007 の標準試験片確認方式における磁化電流の選択について述べたものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 脈流は、それに含まれる交流成分が大きいほど、内部のきずの検出性能が優れる。
- (b) 交流は、表皮効果の影響によって、表面下の磁化の程度は直流に比べて小さい。
- (c) 衝撃流を用いて磁化する場合は、連続法に限る。
- (d) 交流を用いて磁化する場合、残留磁気が残るので連続法だけでなく残留法にも使用できる。

正答 (b)

標準試験片確認方式において磁化電流は、直流、脈流、交流及び衝撃流に分類される。脈流は整流の程度によって、含まれる交流成分が異なり、交流成分が大きいほど、すなわち単相半波整流の方が三相全波整流より、内部のきずの検出性能は劣る。交流は表皮効果の影響によって、表面下の磁化の程度は直流に比べて小さい。交流で磁化する場合、残留磁気が残る場合があるが通常はコントロールできないため残留法には使用できない。衝撃流を用いて磁化する場合、通電時間が短いので残留法に限る。

問7 次は、探傷に必要な磁界の強さを決定する際に考慮すべき事項について述べたものである。誤っているものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 試験体の磁気特性
- (b) 予測されるきずの種類・寸法
- (c) 適用する磁化方法
- (d) 試験体の表面粗さ

正答 (c)

標準試験片確認方式の問題であるが、磁粉探傷試験の基本でもある。参考書「磁粉探傷試験 III」3.3 及び 5.1, 5.2 等にあるように、探傷に必要な磁界の強さは、試験体の磁気特性、形状、寸法、予測されるきずの性質、表面状態、装置の特性などによって、磁粉の適用時期並びに必要な磁界の強さ及び方向を決定し、磁化方法、磁化電流の種類、磁化電流値及び探傷有効範囲を決定する。

例題以外にも、磁粉探傷試験の基礎としての JIS 規格に関する学習不足が目立つ。レベル3の資格取得を目指す人は、本解説や以前の例題解説を参考に、各参考書、問題集及び JIS 規格等の内容をよく学習して頂きたい。

PTレベル3 二次C₁（基礎）試験のポイント

これまで、レベル3のC₁問題のポイントについては本欄において2004年10月(第53巻10号)にC₁,C₂について、2008年5月(第57巻5号)及び2010年8月(第59巻8号)にC₁について、それぞれ数問ずつ解説をした。今回も最近の正答率の低い問題に類似した問題及び基本的に理解してほしい問題のポイントを解説する。

問1 次の文は、ぬれの現象として知られている付着ぬれについての説明である。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 液体が固体の表面をうすく広がる現象で、接触角 θ が 0° のときに起きる。
- (b) 繊維の間に液体が染み込んで行く現象で、接触角 θ が $\theta < 90^\circ$ のときに起きる。
- (c) 接着がこのぬれの代表的な現象であるが、接触角 θ が $\theta < 180^\circ$ のときに起きる。
- (d) 液体が毛細管を上昇する現象で、接触角 θ が $\theta < 90^\circ$ のときに起きる。

正答 (c) (浸透探傷試験Ⅲ1.3項参照)

ぬれには、拡張ぬれ、浸漬ぬれ及び付着ぬれの3種類の形がある。(a)の液体が固体の表面をうすく広がるぬれは拡張ぬれであり、(b)の繊維の間に液体が染み込んで行くぬれと(d)の液体が毛細管を上昇する時に起こるぬれは浸漬ぬれである。この浸漬ぬれは浸透探傷試験の浸透処理で浸透液中に試験体を浸漬した際に起こる。

(c)の接着の際に起こるぬれが付着ぬれであり、正答となる。

問2 表面張力が30mN/mの液体で、 ϕ 10mmのシャボン玉を作った場合、その内圧はいくらになるか。次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

ただし、シャボン玉は球形とする。

- (a) 6 Pa (b) 12 Pa
- (c) 24 Pa (d) 36 Pa

正答 (c) (浸透探傷試験Ⅲ1.4項参照)

液体表面と圧力との関係は、Young Laplaceの式から $\Delta P = \Gamma (1/R_1 + 1/R_2)$ で表わされる。

これを、シャボン玉の内圧と表面張力に適用する。今、シャボン玉が完全な球体であるとする、 $R_1 = R_2 = R$ となる。また、表面張力 Γ はシャボン玉の内表面と外表面の両方に働く。

これより、シャボン玉の内圧 P は

$$P = 2\Gamma (1/R + 1/R) \text{ と表わされる。}$$

ここで、 Γ : 液体の表面張力

R : シャボン玉の半径

$$\begin{aligned} \text{ゆえに、} P &= 2 \times 0.03 \times (1/0.005 + 1/0.005) \\ &= 24 \end{aligned}$$

したがって、(c)が正答となる。

問3 両端が開放された半径 r 、長さ L の毛細管に近い貫通孔があったとき、浸透液の表面張力 Γ 、粘度 η とすると、この孔を浸透液が満たすに要する時間 t を表す式で正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) $4L^2\eta/r\Gamma$
- (b) $4L\eta/r^2\Gamma$
- (c) $4L\eta/r\Gamma$
- (d) $4L^2\Gamma\eta/r$

正答 (a) (浸透探傷試験Ⅲ4.2項参照)

両端が開放された毛細管に近い貫通孔があったとき、この孔を浸透液が満たすに要する時間 t は、浸透液の粘度 η に比例し、毛細管の半径 r に反比例し、きずの長さ L の2乗に比例することを覚えておいてほしい。したがって、(a)が正答となる。

問4 直径が20 μ mの毛細管を浸透液の入ったシャーレの上に垂直に立てた場合、浸透液は液面からどのくらいの高さ上昇するか。次の中から一つ選び記号で答えよ。ただし、浸透液の密度は0.88g/cm³、表面張力は30dyn/cm、粘度は5cSt、浸透液の毛細管に対する接触角は5度、重力加速度は980cm/s²とする。

- (a) 約1.7cm (b) 約7cm
- (c) 約15cm (d) 約70cm

正答 (d) (浸透探傷試験Ⅲ1.5項参照)

液体が毛細管を上昇する高さの問題はよく出題されている。これは具体的に数字を代入するだけの問題であるが、単位の統一を間違わないようにしてほしい。今回は

ほとんどの値が cgs 単位系で書かれており、毛細管の直径のみが μm の単位であるのでこの値を cm に換算する必要がある。

液体が毛細管を上昇する高さ h は

$$h = 2\Gamma \cos\theta / (\rho g) \quad \text{である。}$$

これに、 $\Gamma = 30$, $\theta = 5$, $\cos\theta = 0.996$

$$r = 0.001 \quad (10\mu\text{m} = 0.001\text{cm}), \quad \rho = 0.88, \quad g = 980$$

を代入すると、

$$h = 2 \times 30 \times 0.996 / (0.001 \times 0.88 \times 980) = 69.3$$

したがって、(d) が正答となる。

今回は cgs 単位での解説を行ったが、最近の単位は SI 単位系 (MKS 単位) が使用されているので、それにも慣れるようにすることが大切である。

問5 次の文は、界面活性剤について述べたものである。
誤っているものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 界面活性剤の分子構造には共通の特徴があり、一つの分子中に親水性を示す基と疎水性を示す基の両方を持っている。
- (b) 浸透探傷試験における界面活性剤の作用は、大きく分けて二つあり、一つは固体の表面をよくぬらす湿潤作用と、もう一つは分散系の粒子同士の凝集を防ぐ保護作用である。
- (c) 界面活性剤は、親水性を示す基の種類によって陰イオン活性剤、陽イオン活性剤の2種類に分類されている。
- (d) 界面活性剤はある濃度以上では個々の自由エネルギーを最小に保つため、分子同士が集合体を作る。このような集合体をミセルという。

正答 (c) (浸透探傷試験Ⅲ3.1.3 項参照)

界面活性剤は一般に用いられている石鹼や洗剤と類似のものであり、分子構造の特徴として、一つの分子中に親水性を示す親水基と疎水性を示す親油基の両方を持っていることが挙げられる。したがって (a) は正しい。

また、界面活性剤の作用は、大きく分けて固体の表面をぬらす湿潤作用と、粒子同士の凝集を防ぐ保護作用の二つがある。(b) も正しい。

界面活性剤は、親水性を示す基の種類によって陰イオン活性剤、陽イオン活性剤、非イオン活性剤、両性イオン活性剤の4種類に分けられる。したがって、(c) は誤っている。(d) は界面活性剤の分子が作る集合体(ミセ

ル)の説明であり、ミセルを形成することにより様々な作用(湿潤、分散、乳化、又は洗浄等)が起こる。(d) は正しい。

問6 知覚は色の持つ色相、明度及び彩度の三属性に影響される。このうち、彩度とはどのようなことか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 赤、黄、青、紫などのように一定波長領域の光を特性づける色の属性のことをいい、短波長から長波長に移る紫から赤までの色として抽象表現することをいう。
- (b) 物体表面の反射率が他のものに比べて高いか、低いかを判定する視知覚(又は感覚)の属性を尺度化したものである。
- (c) 物体表面の色の鮮やかさの度合いを尺度化したもので、赤、黄、緑などといった色味の中にどの位の比率で色味のない無彩色の色が入っているかということである。
- (d) 錐状体細胞に与える赤、黄、緑などの色の刺激に適應して、細胞の感受性が次第に変化していく状態をいう。

正答 (c) (浸透探傷試験Ⅱ3.2 項参照)

赤、黄、青、紫などのように一定波長領域の光を特性づける色の属性とは、色相のことであり、(a) は誤っている。物体表面の反射率が他のものに比べて高いか、低いかを尺度化したものとは明度のことであり、(b) も誤っている。物体表面の色の鮮やかさの度合いを尺度化したものとは彩度のことであり、無彩色の混合比が小さい程高彩度であり、鮮やかな色を表す。したがって、(c) は正しい。錐状体細胞に与える赤、黄、緑などの色の刺激に適應して、細胞の感受性が次第に変化していく状態は明適應のことであり、色の三属性とは無関係である。したがって、(d) は誤っている。

以上、C1 に関連する例題について解説を行った。今回は、比較的計算式に関する問題の解説が多かったが、これらの計算は切り口を変えて出題されることが多いので、ただ式を暗記するのではなく、式の中身を理解して対応できるようにすることが必要である。

受験に当たっては参考書と、問題集をよく勉強されることを望むものである。