

RTレベル3 パートD・E試験のポイント

近年出題されたパートD・E試験問題のうち、正答率の低かった問題の類題によって各パートのポイントを解説する。

なお、同様のポイントを解説した過去の NDT フラッシュを日本非破壊検査協会のホームページに公開しているので参考にしてほしい。

パートDの類題

問1 次の文は、照射線量の単位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) 照射線量の単位は、電子・ボルト (eV) で表す。
- (b) 照射線量の単位は、クーロン毎キログラム (C/kg) で表す。
- (c) 照射線量の単位は、物質1kg当たり1ジュール (J) のエネルギーを吸収したとき、1グレイ (Gy) で表す。
- (d) 照射線量の単位は、生体に与える影響を考慮し、シーベルト (Sv) で表す。

正答 (b)

放射線に関する主な単位を表1にまとめて説明する。したがって、正答は (b) である。

表1 放射線に関する主な単位

| 用語 | 単位 | 説明 |
|-------|-------------------|--|
| 放射能 | ベクレル (Bq) | 放射性同位元素が壊変を起こして別の元素に変化する性質(能力)。単位時間当たりの放射線壊変の数で表す。 |
| エネルギー | 電子・ボルト (eV) | 電荷(e)をもつ粒子を1Vの電圧で加速したとき、粒子の得る運動エネルギー |
| 照射線量 | クーロン毎キログラム (C/kg) | 電離放射線によって、空气中に生成される電荷量 |
| 吸収線量 | グレイ (Gy) | 放射線が当たった物質が吸収したエネルギーで表される放射線量 |
| 線量当量 | シーベルト (Sv) | 放射線の人体への影響を表す量。吸収線量と線質係数との積で表す。 |

問2 露出時間のみを変化させて撮影した濃度1.80と濃度2.40の2枚の透過写真を同一の観察条件で観察した。このとき、いずれの観察においても透過光以外の光の強さは濃度1.80の透過写真を透過した光の強さの半分であった。濃度Dとフィルムコントラスト γ とは、濃度0.50~3.50の範囲で正比例の関係にあるものとするれば、濃度1.80における透過度計の線に対する透過写真の見掛けのコントラストは、濃度2.40において同一直径の線に対する透過写真の見掛けのコントラストの [] 倍である。空欄に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1.5 (b) 2.2 (c) 3.7 (d) 4.3

正答 (a)

透過度計の線に対する透過写真の見掛けのコントラスト ΔD_a は式(1)で表される。この式は、「放射線透過試験 II 2019」のP.165及びP.166で説明されている。

$$\Delta D_a = \frac{\Delta D}{1 + L_s/L} \tag{1}$$

ここで、 ΔD : 透過写真のコントラスト

L_s : 透過光以外の光の強さ

L : 透過光の強さ

また、 ΔD は γ と正比例の関係にあり、かつ、濃度1.80及び濃度2.40では題意より γ は D と正比例の関係にあることから、 $\Delta D = CD$ で表される。この C は比例定数である。これを式(1)に代入すると式(2)となる。

$$\Delta D_a = \frac{CD}{1 + L_s/L} \tag{2}$$

式(2)から、濃度1.80及び濃度2.40の透過写真を観察する際、同一直径の線に対する透過写真の見掛けのコントラストである $\Delta D_{a1.80}$ 及び $\Delta D_{a2.40}$ は式(3)及び式(4)で表される。

$$\Delta D_{a1.80} = \frac{C \times 1.80}{1 + \frac{L_s}{L_{1.80}}} \tag{3}$$

$$\Delta D_{a2.40} = \frac{C \times 2.40}{1 + \frac{L_s}{L_{2.40}}} \tag{4}$$

ここで、 $L_{1.80}$: 濃度1.80の透過写真を透過した光の強さ

$L_{2.40}$: 濃度2.40の透過写真を透過した光の強さ

したがって、 $\Delta D_{a1.80} / \Delta D_{a2.40}$ は、式(5)となる。

$$\frac{\Delta D_{a1.80}}{\Delta D_{a2.40}} = \frac{1.80}{2.40} \times \frac{1 + \frac{L_s}{L_{2.40}}}{1 + \frac{L_s}{L_{1.80}}} \tag{5}$$

題意より、 L_s は $L_{1.80}$ の $1/2$ であるため、式(5)は式(6)

で表される。

$$\frac{\Delta D_{a1.80}}{\Delta D_{a2.40}} = \frac{1.80}{2.40} \times \frac{1 + \frac{L_{1.80}}{2L_{2.40}}}{1.5} = 0.5 \times \left(1 + \frac{L_{1.80}}{2L_{2.40}}\right) \quad (6)$$

一方、 D は式 (7) で定義される。

$$D = \log_{10} \frac{L_0}{L} \quad (7)$$

ここで、 L_0 : 入射光の強さ

L : 透過光の強さ

濃度 1.80 及び濃度 2.40 の透過写真では、式 (8) 及び式 (9) となる。

$$1.80 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{1.80}} \quad (8)$$

$$2.40 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{2.40}} \quad (9)$$

式(9)から式(8)を減じれば式 (10) となる。

$$0.60 = \log_{10} \frac{L_0}{L_{2.40}} - \log_{10} \frac{L_0}{L_{1.80}} = \log_{10} \frac{\frac{L_0}{L_{2.40}}}{\frac{L_0}{L_{1.80}}} = \log_{10} \frac{L_{1.80}}{L_{2.40}} \quad (10)$$

式(10)から $L_{1.80}/L_{2.40}$ は $10^{0.60}$ と求まる。これを、式 (6)に入れて計算すると、 $\Delta D_{a1.80}/\Delta D_{a2.40}$ は 1.495 となることから、正答は (a) である。

パートEの類題

問3 「放射線透過試験Ⅲ問題集 2017」の P. 128 の X線フィルムの特性曲線を用いて、露出量の変動が±10%あるものと予想される現場で、図1に示すような厚さに差のある鋳鋼品の透過写真を1枚撮影したところ、薄い方の中央(A点)の濃度が1.00、厚い方の中央(B点)の濃度が0.60であった。なお、X線フィルムはIX100、増感紙は鉛箔0.03 mmとする。

この時、露出時間だけ変化させて撮影する場合に±10%の露出量の変動があっても透過写真の濃度範囲1.00以上3.00以下を常に満足させるためには、露出時間を [] にしなければならない。空欄に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

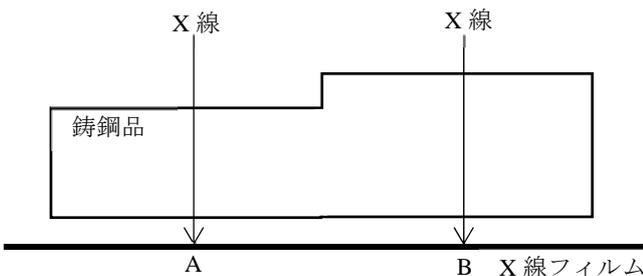


図1 異なる厚さを有する鋳鋼品

- (a) 1.1 倍以上 2.2 倍以下
- (b) 1.5 倍以上 2.8 倍以下
- (c) 2.4 倍以上 2.9 倍以下
- (d) 2.8 倍以上 3.7 倍以下

正答(c)

まずB点の最低濃度について考える。

濃度0.60を得るのに必要な露出量を $E_{0.6}$ 、濃度1.00を得るのに必要な露出量を $E_{1.0}$ とする。

露出量の変動が+10%生じて濃度が0.60になったとすると、その時の露出量 $E_{0.6(+10\%)}$ は式 (11) で表される。

$$E_{0.6(+10\%)} = \frac{E_{0.6}}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \quad (11)$$

露出量を多くして、最低濃度0.60を1.00に上げた時、-10%の変動が生じたとしても濃度が1.00になるようにする必要があり、その時の露出量 $E_{1.0(-10\%)}$ は式 (12) で表される。

$$E_{1.0(-10\%)} = \frac{E_{1.0}}{\left(1 - \frac{10}{100}\right)} \quad (12)$$

式(11)及び式(12)より、式 (13) が求まる。

$$\frac{E_{1.0(-10\%)}}{E_{0.6(+10\%)}} = \frac{E_{1.0}(1+0.1)}{E_{0.6}(1-0.1)} \quad (13)$$

$E_{1.0}/E_{0.6}$ は、X線フィルムの特性曲線より35秒/18秒と求められる。これを式 (13)に入れて計算すると±10%の露出量の変動があっても透過写真の最低濃度1.00以上とする露出時間は元の露出時間の2.38以上となる。

次にA点の最高濃度について考える。

濃度3.00を得るのに必要な露出量を $E_{3.0}$ とする。

露出量の変動が-10%生じて濃度が1.00になったとすると、その時の露出量 $E_{1.0(-10\%)}$ は式 (12) で表される。

露出量を多くして、最高濃度1.00を3.00に上げた時、+10%の変動が生じたとしても濃度が3.00になるようにする必要があり、その時の露出量 $E_{3.0(+10\%)}$ は式 (14) で表される。

$$E_{3.0(+10\%)} = \frac{E_{3.0}}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} \quad (14)$$

式(12)及び式(14)より、式 (15) が求まる。

$$\frac{E_{3.0(+10\%)}}{E_{1.0(-10\%)}} = \frac{E_{3.0}(1-0.1)}{E_{1.0}(1+0.1)} \quad (15)$$

$E_{3.0}/E_{1.0}$ は、X線フィルムの特性曲線より128秒/35秒と求められる。これを式(15)に入れて計算すると±10%の露出量の変動があっても透過写真の最高濃度3.00以下とする露出時間は元の露出時間の2.99以下となる。

したがって、露出時間は 2.38 倍以上 2.99 倍以下となることから、正答は (c) である。

MT レベル3 パートD・E試験のポイント

これまで NDT フラッシュでは JIS Z 2305:2013 による資格試験について、Vol.69 No.5(2020), Vol.72 No.1(2023), Vol.73 No.4(2024)に、MT レベル3 のパート D, E 試験問題のポイントを解説した。今号では MT に関わる JIS である JIS Z 2320 に関連する、パート D, E 試験での基本的な問題の類題についてポイント・注意点等を解説する。本項を参考に JIS Z 2320 の理解を深めてほしい。

パートDの類題

問1 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 の磁化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) 連続法においては、試験面の最適な磁束密度は 1T 程度が望ましいとされている。
- (b) すべての合金鋼及び炭素鋼において、一般的には試験面に平行な磁界の強さとして、2000 A/m が必要である。
- (c) 電流及び磁界の強さの測定は、真の実効値に対応する計測器を用いなければならない。
- (d) 磁界の強さや電流値は実効値での表記が指定されている。

正答 (c)

JIS Z 2320-1:2017 において、磁化に際し試験面の最小磁束密度は 1T 程度が望ましいとされているが、これは最小であって最適とは記されていない。低合金鋼及び低炭素鋼においてこれを達成する磁界の強さは、一般に 2000 A/m が必要と考えられると記載されているが、波高値・実効値についての指定はない (:2007 では実効値のみであったが ISO の改定を受け、波高値も記載された)。磁束密度 1 T を得るには実効値であれば 2000 A/m が必要であるが、磁化曲線からは、波高値なら少なくとも 1600 A/m 程度が必要であり、2000 A/m は十分すぎる(詳細は「磁気探傷試験Ⅲ」(2018)の 3.3.2 磁界の方向及び強さの項を参照のこと)。このように同じ 2000 A/m でも両者でその強さは大きく異なる。そのため磁化電流値の検討や、手順書/指示書に記載する場合は、必ず波高値か実効値かを示しておかなければならない。なお比透磁率の低い鋼材では (1T にするには) 高い磁界の強さが必要となるとの注記がある。正弦波や整流波のように時間的に数値が変動する場合、電流及び磁界の強さの測定値は計測器の特性に影響される。測定は真の実効値に対応した計測器を用いなければならない。正答は (c) である。

問2 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 における磁化電流の波形及び波高率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) 波高率が高い電流は、波形のひずみがないので磁粉探傷試験に適している。
- (b) 波高率が高いほど波形はひずみ、波高値は高くなるので、表面きずの検出性能は低くなる。
- (c) 波高率がわかっているなら、波高値又は真の実効値のどちらを使ってもよいし、両方を混用してもよい。
- (d) 波高率が 3 以下の場合には、既知の正弦波及び整流波の波高率を近似値として計算に用いることができる。

正答 (d)

JIS Z 2320-1:2017 には、正弦波や整流波の磁化電流の波形及び波高率について多くの記述がある。これは現在の多くの磁化装置の電流調整回路や整流回路が、サイリスタの位相制御回路によることに原因がある。磁化電流の波高率(波高値/実効値)が低いほど波形のひずみはなく磁粉探傷試験に適しており、波高率が 3 以下の場合には、附属書 A、表 A.1 に示された既知の波形の波高率を近似値として使用できる。波高率が 3 以上の場合には、その技法の有効性が証明されていなければ使用しない。なお波高率が高いほど、波形はひずむが波高値は高くなるので、表面きずの検出性能は高くなる可能性は高いがコントロールすることは難しい。また波高率がわかっているなら、波高値又は真の実効値のどちらを使ってもよいが、前述のように同じ値でもその内容は両者で大きく異なるため混用してはならない。したがって、(a) (b) (c) は誤りで、正答は (d) である。

パートEの類題

問3 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 の磁化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) 磁化方法は、電流注入法と磁束注入法とに大別される。
- (b) 極間法(可搬型)は、原則として交流電磁石のみが対象である。
- (c) コイル法では、 L/D が 2 未満の試験体では継鉄棒を使用するよう推奨している。
- (d) 試験体の磁化の電流値は、必ず附属書 A に示された経験式により算出するよう、規定している。

正答 (b)

磁化方法は、通電法と磁束投入法に大別される。極間法(可搬型)は、原則として交流電磁石のみに適用する。コイル法では試験体の L/D が 5 未満のときは継鉄棒を使用する。附属書 A は電流値決定の例であるため、磁化電流値は附属書 A に示された経験式を使って決定してもよいし、テスラメータ等により試験体の磁化の確認ができれば、他の経験式により算出してもよい。正答は (b) である。

問 4 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 における検出媒体の性能試験及び総合性能試験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) 使用する検出媒体の性能試験は、磁粉探傷試験の前又は途中に定期的に JIS Z 2320-1:2017 の方法に従って行う。
- (b) JIS Z 2320-1:2017 においては、総合性能試験は必ず行わなければならない手順である。
- (c) 総合性能試験は試験を始める前に実施し、対比試験片タイプ 1 又は 2 を用いて行う。
- (d) 総合性能試験は、検査員の技量、試験手順、磁化方法、検出媒体のいずれかの問題点が明らかになるように実施する。

正答 (b)

検出媒体の性能試験は、磁粉探傷試験の前又は途中に定期的に JIS Z 2320-2:2017 に従い対比試験片タイプ 1 又は 2 を用いて実施する。総合性能試験は JIS Z 2320-1:2017 から必須となり、試験を始める前に既知の自然きず又は人工きずを持つ試験体を用いて行う。総合性能試験は、試験手順、磁化方法、検出媒体のいずれかの問題点が明らかになるように行う。検査員は有資格者又は同等の能力であることが大前提である。正答は (b) である。

問 5 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 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) 観察に際し、蛍光磁粉の場合は試験面で 20 Lx 以下の暗所で、10 W/m²以上の紫外線放射照度で実施すると記載している。
- (b) 観察に際し、非蛍光磁粉の場合は試験面で 500 Lx 以上の明所で実施すると記載している。
- (c) 磁粉や検査液などの検出媒体は JIS Z 2320-2:2017 に適合したものを使うように規定している。

- (d) 湿式検出媒体の望ましい磁粉分散濃度は JIS Z 2320-2:2017 に示されている。

正答 (c)

JIS Z 2320-1:2017 において、観察条件は JIS Z 2323 の規定によると記載されているため (a) (b) は誤り。また磁粉や検査液などの検出媒体の特性は JIS Z 2320-2 に適合したものを使うように規定しているが、検出媒体の通常の濃度の範囲は JIS Z 2320-1:2017 に記載されているため (d) は誤りであり、正答は (c) である。

問 6 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 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) 材質の異なる試験体の探傷に必要な磁界の強さは、JIS Z 2320-1:2017 の解説表 1 に示されている。
- (b) JIS Z 2320-1:2017 の基になっている ISO 9934-1:2015 にも、連続法と残留法が規定されている。
- (c) 連続法における湿式検出媒体の適用では、通電時間は適用開始から検出媒体の流れが止まるまで、とされている。
- (d) 前処理に際し、試験体表面に施された塗装は膜厚 100 μm 未満であれば剥離する必要はない、とされている。

正答 (a)

JIS Z 2320-1:2017 の解説には、旧 JIS G 0565 から継承している、材質の異なる試験体の探傷に必要な磁界の強さの目安が解説表 1 として記載されている。この JIS の基になっている ISO 9934-1:2015 は、連続法での各工程を示しているが、残留法は規定されていない。JIS Z 2320-1:2017 では国内の製造業において、残留法が多用されていることから JIS G 0565 を受け継ぎ、磁氣的に硬い材料を飽和磁化まで磁化するように規定している。また連続法においても、適用時間や通電時間の規定は特に示されていない。前処理において、非磁性塗膜は膜厚 50 μm 未満であれば剥離する必要はない。正答は (a) である。

以上の例題は JIS Z 2320-1:2017 に関連したパート D、E 問題であるが、パート F では当該 JIS を準拠規格として手順書作成を行うことが多いため、併せて JIS 解釈の参考にしていただきたい。また学習に際しては、JIS Z 2320-1:2017 はもとより、Z 2320-2、-3 及び Z 2323 も併せて読んでおくとより理解が深まる。