

MT レベル 3 二次パート D, E 試験のポイント

これまで NDT フラッシュでは JIS Z 2305:2001 及び JIS Z 2305:2013 による資格試験について Vol.61 No.7, No.11 (2012), Vol.62 No.2 (2013), Vol.63 No.2 (2014), Vol.64 No.2 (2015), Vol.65 No.2 (2016), Vol.66 No.4 (2017) に、MT レベル 3 の二次試験のポイントを解説してきた。今号ではパート D, E 試験問題の正答率の低い問題の類題について、ポイントを解説する。本解説を参考に、実体験、講習会などの機会を通じて学習し、より理解を深めて頂きたい。

パート D の類題

問 1 棒状の永久磁石（外径φ15 mm，長さ 500 mm，反磁界係数 0.002）がある。次の値は、磁石内部、長手方向の中央部の磁束密度が 1.0 T である場合、この永久磁石に働く反磁界の強さを示したものである。最も近い値を一つ選び記号で答えよ。ただし、真空の透磁率は $4\pi \times 10^{-7}$ H/m とする。

- (a) 1600 A/m (b) 2400 A/m
- (c) 3200 A/m (d) 4000 A/m

正答 (a)

棒状の強磁性体をコイル法で磁化すると、強磁性体の両端に N 極と S 極の磁極がそれぞれ形成される。外部磁界を H_0 ，反磁界を H' とすると、強磁性体に作用する磁界の強さ H は次式で与えられる。

$$H = H_0 - H'$$

ここで、永久磁石では外部磁界は $H_0 = 0$ であるから、

$$H = -H'$$

また真空の透磁率を μ_0 とすると $B = \mu_0 H + J$ であり、 $\mu_0 H$ は J に比較し十分に小さいので $B \approx J$ ，ここで反磁界係数を N とすると反磁界 H' は次のように表せる。

$$H' = NJ / \mu_0 = NB / \mu_0$$

数値を代入すると、

$$\begin{aligned} H' &= 0.002 \times 1 \div (4\pi \times 10^{-7}) \\ &= 1592 \approx 1600 \text{ A/m} \end{aligned}$$

したがって正答は (a) である。

この反磁界の強さでの例だけでなく、電流貫通法及び軸通電法、コイル法における磁化の電流値や磁界の強さ及び磁束密度等が計算できるようにしておいて欲しい。

問 2 次の文は、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を示したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 磁粉の種類
- (b) 磁化方法
- (c) 試験体の大きさ
- (d) 予測されるきずの位置、大きさ、形状

正答 (d)

磁粉探傷試験において、探傷に必要な磁界の強さは、準拠する規格にその要求がある場合もあるが、本来、検出すべき最小のきずの大きさ及び位置、形状により決まる。また試験体の材質、熱処理状態も十分考慮する必要がある。一方、磁粉の種類は探傷に必要な磁界の強さには関連しない。試験体の大きさ、磁化方法は磁化電流値や探傷条件の設定には関係するが、磁界の大きさの決定には関係しない。したがって (d) が正答である。

問 3 次の文は、鋼の熱処理と磁気特性の関係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) 焼きなまし材では、炭素含有量が多いほど飽和磁束密度は大きくなる。
- (b) 焼入材では、炭素含有量が多いほど飽和磁束密度は大きくなる。
- (c) 焼きなまし材では、炭素含有量が多いほど残留磁束密度は大きくなる。
- (d) 焼入材では、炭素含有量が多いほど保磁力は大きくなる。

正答 (d)

焼きなまし材では、炭素含有量が多いほど飽和磁束密度は小さくなる。焼入材では、炭素含有量が多いほど飽和磁束密度は小さくなり、残留磁束密度や保磁力は大きくなる。焼きなまし材では炭素含有量が多くなると、残留磁束密度は若干小さくなる程度で大きな変化はなく、保磁力はやや大きくなる。したがって (a), (b), (c) は誤っており、正答は (d) である。

問 4 次の文は、JIS Z 2320-1:2017 における磁化の電流値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) 波高値と実効値の関係を把握した上で、実効値によって管理しなければならない。

- (b) 交流電流の波高値を実効値に換算するには $\sqrt{2}$ 倍すればよい。
- (c) 平均値で計測される単相半波整流を実効値に換算するには、その値を3倍すればよい。
- (d) 波高値で計測される単相全波整流を実効値に換算するには、その値を0.707倍すればよい。

正答 (d)

磁粉探傷試験において、JIS Z 2320-1:2017では電流値は、波高値と実効値の関係を把握した上でどちらかを使用すればよいとされている。交流電流は実効値で表されることが多いが、波高値に換算する場合は $\sqrt{2}$ 倍すればよい。単相半波整流で平均値を実効値に換算する場合は、 $\pi/2$ 倍(1.57倍)し、単相全波整流で波高値を実効値に換算する場合は $1/\sqrt{2}$ 倍(0.707倍)すればよい。JIS規格にはこれらの関係表が掲載されている。いずれの場合も波高率が3未満のひずみの少ない波形に適用できる。

問5 次の文は、コイル法の特徴及び注意点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) 試験体の長さ L と直径 D の比 (L/D) が大きいと、反磁界係数は大きくなる。
- (b) 反磁界係数の最大値は0.1である。
- (c) 試験体の長さがコイルの長さよりも長いときは、コイルの長さの間隔で試験を行えばよい。
- (d) 試験体の反磁界係数が大きいほど、有効磁界の強さは外部磁界の強さに近づく。

正答 (c)

試験体に磁極が形成されるコイル法においては、反磁界を十分考慮して探傷を行う必要がある。試験体の長さ L と直径 D の比 (L/D) が大きいと、反磁界係数は小さくなり反磁界は小さくなる。また反磁界係数の最大値は1.0である。ここで比透磁率 $\mu_s = \mu / \mu_0$ であるから、反磁界と有効磁界の強さの関係は

$$H = H_0 - H' \quad , \quad H' = NI / \mu_0 \quad \text{から}$$

$$H = \frac{H_0}{1 + N(\mu_s - 1)}$$

と表せるので、反磁界係数 N が小さいほど有効磁界の強さ H は外部磁界の強さ H_0 に近づく。また、試験体の長さがコイルの長さよりも長いときは、反磁界及び探傷有効範囲を考慮し、探傷ピッチはコイルの長さを目安とするとよい。正答は(c)である。

パートEの類題

問6 次の文は、溶接構造用炭素鋼板(SM400A)の突合せ溶接部を、JIS Z 2320-1:2017に従い、交流極間式磁化器を用いて探傷する際の探傷有効範囲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) 両磁極を結ぶ線の間を中心とし、磁極間内を直径とする円の内側を探傷有効範囲とした。
- (b) 試験面にできるだけ接近して、試験面と平行で、かつ両磁極を結ぶ線と平行な磁界の強さをテスラメータで測定し、その読み値が2.5 mT以上となる領域を探傷有効範囲とした。
- (c) A型標準試験片A1-30/100が明瞭に見える領域を探傷有効範囲とした。
- (d) 試験体表面に作製した長さ10 mm、幅0.5 mm、深さ5 mmの人工きずが明瞭に見える領域を探傷有効範囲とした。

正答 (b)

探傷有効範囲の確認について、JIS Z 2320-1:2017にはいくつかの方法が示されている。例えば、両磁極を結ぶ線の間を中心とし、磁極間内を直径とする円の内側から磁極から25 mmの範囲を除いた範囲とする方法(内接円方式)、テスラメータにより空間の磁束密度を測定し「試験面の磁束密度が1 T」になる範囲を設定する方法、最も検出しにくい位置に、検出すべき微細な人工きず又は人工きずが検出できる範囲などがある。A型標準試験片を用いて確認する場合には、試験面の磁束密度1 Tにするには低炭素鋼、低合金鋼などでは2000 A/mの磁界の強さが必要であることから、A2-15/100に明瞭な磁粉模様が検出できる範囲が適当である。(b)では、空間の磁束密度が2.5 mTと測定されれば、 $H = B / \mu_0$ から磁界の強さは $H = 2.5 \times 10^{-3} / (4\pi \times 10^{-7}) \approx 2000$ A/mとなるので、試験面の磁束密度が1 Tであると推定できる。試験体表面に作製した人工きずを用いて探傷有効範囲を決定する場合、検出すべき微細な(又は最小の)きずを対象とする必要があり、(d)で示したきずでは大き過ぎる。正答は(b)である。また磁化器の大きさ(磁極間距離及び/又は磁極断面積)や試験体と磁化器との接触状態が変化すると、磁路の磁気抵抗が変わるために、試験体表面の磁束密度の分布は変化するので、探傷の際にはその傾向を把握した上で探傷有効範囲の確認が重要である。

PT レベル 3 二次パート D, E 試験のポイント

これまでに PT レベル 3 のパート D, E 試験については何回か本欄で解説してきた(Vol.66 No.3, (ただし, 以下は C₁ 又は C₂ の解説)Vol.59 No.8, Vol.60 No.1, Vol.61 No.11, Vol.62 No.4, Vol.64 No.3)。今回は, 最近の問題の中から正答率の低いものに類似した問題について解説する。

パート D の類題

問 1 界面活性剤は探傷剤の中に種々の形で添加されており, 種々の働きをしている。次の現象と最も関係の深いと思われる界面活性剤の働きの組み合わせで, 正しいものを一つ選び記号で答えよ。

現象 : 働き

- (a) 水洗性浸透液が容易に洗浄できる : ゲル化
- (b) 水洗性浸透液にわずかな水であれば混入してもよい : 可溶化
- (c) 湿式現像剤の粉末が水に分散する : 溶解
- (d) 水洗時において過洗浄を防止する : 乳化

正答 (b)

界面活性剤の働きは種々あるが, 水洗性浸透液に添加されている乳化剤は水の量により変化する。

わずかな水を含んでも浸透液が劣化しないのは可溶化である。さらに水が加わると粘度が上がり, ゲル化を生じる洗浄時に過洗浄の防止となる。さらに多くの水が含まれると粘度が下がり洗浄される。これが乳化である。

湿式現像剤にも界面活性剤が添加されている。これは, 水に馴染みやすく, 分散を容易にさせるためである。

問 2 下記の語群からそれぞれの「 」に入る言葉の組み合わせで正しいものを一つ選び記号で答えよ。

浸透探傷試験において, 浸透液に使用されている蛍光染料は, 特定の溶媒に溶解した状態で特定の波長の紫外線に対して「 ① 」, 「 ② 」, 「 ③ 」の現象により, 蛍光染料特有の色相を呈する。

- (a) ①偏光 ②反射 ③透過
- (b) ①反射 ②透過 ③発光
- (c) ①透過 ②発色 ③発光
- (d) ①反射 ②発色 ③発光

正答 (b)

指示模様の検出のために試験面にブラックライトを照射した場合, 紫外線を受けた蛍光物質が輝くプロセスについて述べたものである。紫外線は, 試験面の現像剤で反射又は透過を生じる。また, 浸透液の蛍光物質に当たると発光する。偏向, 発色することはない。このことから (b) の①反射 ②透過 ③発光が正しい。

パート E の類題

問 3 次の文は, 視感性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) 視感性曲線とは, 各スペクトル(分光)に対する波長の差を求めた曲線である。
- (b) 比視感性曲線とは, ピークの波長光に対する視感性を 1 として視感性を求めた曲線である。
- (c) 等しい強さの各波長の光を作り, その強さ(エネルギー水準)を徐々に下げていくと, 紫色の光が最初に暗くなって見えなくなる。
- (d) 暗所視条件における比視感性曲線は, 波長 650nm 付近で最高感性を有する。

正答 (b)

視感性曲線とは, 各スペクトル(分光)に対する波長の差を求めた曲線ではなく, 人間の目が感じる明るさの程度を示す曲線である。

(b) の比視感性曲線とは, ピークの波長光に対する視感性を 1 として視感性を求めた曲線であり, 正しい。等しい強さの各波長の光を作り, その強さ(エネルギー水準)を徐々に下げていくと, 赤色の光が最初に暗くなって見えなくなる。暗所視条件における比視感性曲線は, 波長 510nm 付近で最高感性を有する。

問 4 次の文は, 油脂類の汚れを除去する洗浄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) 乳化洗浄 : 界面活性剤を添加した水溶液に浸漬させるか, 又は, スプレ等で吹きつけ除去する。
- (b) 蒸気洗浄 : 水蒸気を利用して石油ワックス等を溶解除去する。
- (c) アルカリ洗浄 : 機械油, グリースなど鉱物油には最適な方法である。
- (d) 超音波洗浄 : 周波数が 2 MHz~5 MHz の超音波を溶媒中に発信させ, その振動で洗浄する。

正答 (a)

蒸気洗浄は、水蒸気を利用して石油ワックス等を溶解除去するのではなくて、洗浄溶剤を加熱沸騰させて溶剤蒸気を発生させ洗浄を行う方法である。

アルカリ洗浄は、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムなどのアルカリ塩を用いて脱脂液に浸漬して動・植物油脂を除去する方法である。

超音波洗浄は、周波数が 20 kHz～50 kHz の超音波を溶媒中に発信させ、その振動で洗浄する方法である。

乳化洗浄は、界面活性剤を添加した水溶液に浸漬させるか、スプレ等で吹きつけ除去する方法であり、正しい。

問 5 原子力発電プラントの一次系機器に使用しているボルトの定期検査を行うにあたり、最も有効であると思われる試験方法の組み合わせは次のうちのどれか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 溶剤除去性染色浸透深傷試験・速乾式現像法
- (b) 水洗性染色浸透探傷試験・速乾式現像法
- (c) 水洗性染色浸透探傷試験・水エアゾール・速乾式現像法
- (d) 後乳化性蛍光浸透探傷試験・水ベース乳化剤・無現像法

正答 (c)

原子力発電プラントの一次系機器に使用しているボルトの定期検査という特殊環境での浸透探傷試験が設定されている。特殊な環境とは、試験技術者の放射線による被ばく、試験体の放射性物質による汚染等を考慮した効果的な探傷要求に応える必要がある。このため、探傷はゴム手袋等の保護具を着用し、短時間で終了できる方法を選択する必要があること、廃棄物を少なくする必要があること、などの制限を受ける。このことから、これらの要件を満たす方法として、少し割高にはなるが水洗性染色浸透液と洗浄水を缶入りとした水エアゾールの適用が望まれる。よって、(c) の水洗性染色浸透探傷試験・水エアゾール・速乾式現像法が正しい。

問 6 次の文は、湿度の高い場合に小物部品に対し、浸透探傷試験を実施するときの措置について述べたものである。最も効果が期待できるものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 試験体を乾燥炉に入れて適当な温度に温める。

- (b) 試験体表面の水分を吸収するため、洗浄液（除去液）を適用する前にアルコールを湿した布で拭く。
- (c) 試験体表面の水分を吸収するため、水洗性の浸透液を適用する。
- (d) 浸透液を適用する前に乾燥空気を吹付ける。

正答 (a)

湿度の高い状態で小物部品に対し、浸透探傷試験を実施するときの措置については、試験体の温度を上げる、乾燥空気を吹付ける、などの方法が挙げられる。これは、いずれも試験体表面の結露を防ぐ必要があるためである。

(b) 試験体表面の水分を吸収するため、洗浄液（除去液）を適用する前にアルコールを湿した布で拭くことは試験体表面の水分除去の効果が得られるが、きず内部の水分を完全に除去することは期待できない。このことから、試験体が小さく、乾燥炉に入れることが可能であり、適当な温度に加温することができれば、きず内部の乾燥に加えて、結露も防止できることから、望ましい対応である。

今回はレベル 3 二次パート D, E 試験について解説した。これからレベル 3 の資格を取得しようとする方は、本解説及び以前の解説を参考にして参考書、問題集等の内容をよく学習して欲しい。

【66 巻 3 号掲載記事に関する訂正】2017 年 3 月に掲載した「PT レベル 3 二次パート D・E 試験のポイント」記事において問 4 に誤りがありました。協会 HP の「NDT フラッシュコーナー」内の Vol. 66, No. 3 に訂正記事を掲載させていただきます。お詫びして訂正致します。