

MT レベル 2 一次試験問題のポイント

JIS Z 2305 に基づく資格試験について、本欄では 2011 年 (Vol.60, 4 月/7 月), 2013 年 (Vol.62, 6 月), 2014 年 (Vol.63, 6 月), 2015 年 (Vol.64, 6 月) 及び 2017 年 (Vol.66, 6 月) に MT-2 及び MY-2 の新規一次試験に類似した例題の中から、ミスをしやすき問題を選んで注意点・ポイントを解説した。今回は、最近の MT-2 及び MY-2 に共通する一般問題の類題の注意点・ポイントを解説する。

問 1 次の文は、磁界の強さ H の空間に置いた強磁性体において、磁束密度 B 、真空中の透磁率 μ_0 、磁界の強さ H 、そして磁化の強さ J の間に成り立つ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) 磁束密度 B は、 $\mu_0 H$ に磁化の強さ J を加えたものである。
- (b) 試験体中の J は $\mu_0 H$ に比べて非常に小さいため、 B は $\mu_0 H$ にほぼ等しい。
- (c) 試験体の磁化の強さ J は磁界の強さ H に比例する。
- (d) 空間の磁束密度 B は磁界の強さ H に反比例する。

正答 (a)

磁界の強さ H の空間に強磁性体の試験体を置いて磁化した場合に、試験体は磁化され磁束密度 B が生じる。この磁束密度 B は、 $\mu_0 H$ に磁化の強さ J を加えたものであり、試験体中の $\mu_0 H$ は J に比べて小さい。試験体の磁化の強さ J は $J = \chi H$ で表されるが、磁化率 χ は $\mu = \mu_0 + \chi$ で表され μ が変数であることからわかるように χ は変数であり、 J は H に比例しない。 $B = \mu H$ で表される試験体の磁束密度 B も、 $B-H$ 曲線で表されるように μ は変数であり、 H に比例しない。なお空間の磁束密度 B は $B = \mu_0 H$ から、磁界の強さ H に比例する。正答は (a) である。

問 2 次の文は、反磁界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) 反磁界係数が小さいほど反磁界の強さは大きい。
- (b) 径が大きくて短い棒状の試験体を軸方向に磁化させる場合、交流よりも直流を用いる方が反磁界は小さくなる。
- (c) 長さが同じ棒鋼をコイル法で磁化した場合、棒鋼の直径が小さいほど反磁界の強さは小さくなる。
- (d) 残留法の場合には、反磁界の影響を考慮する必要がない。

正答 (c)

コイル中に試験体を置いて磁化した場合、試験体の両端に磁極を生じ反磁界が発生する。ただし、無端ソレノイドなどの場合、磁極を生じないため反磁界は発生しない。反磁界係数は、試験体の磁化されている部分の長さ L と直径 D との寸法比 (L/D) によって決まり、材質には関係しない。反磁界係数が小さいほど、すなわち L/D が大きいほど、反磁界の強さは小さくなる。したがって、交流の表皮効果を利用して実質的に D を小さくすることで反磁界を小さくできる。また起磁力 (電流×コイルの巻数) が大きくなると、コイル中央部の磁界の強さも大きくなり試験体は強く磁化する。反磁界の強さはその試験体の磁化の強さに比例して大きくなる。残留法においても反磁界は影響を及ぼすため、考慮が必要である。(a)、(b)、(d) は誤りであり、正答は (c) である。

問 3 次の文は、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) きずの幅が一定の場合、きずの高さに反比例して増大する。
- (b) 漏洩磁束密度は、きず部で磁気抵抗が減少するために生じる。
- (c) きずの方向と磁界の方向が直交したときに、最大になる。
- (d) 表面下のきずの場合、きずの高さが同じであれば、交流よりも直流の方が小さくなる。

正答 (c)

きずからの漏洩磁束密度は、きずの方向と磁界 (磁束) の方向が直交したときに、最大になる。漏洩磁束密度は、きず部で磁気抵抗が増大するために生じ、きずの幅が一定の場合、きずの高さが試験体の厚さに比べてあまり大きくない場合には、きずの高さにほぼ比例して増大する。表面下のきずの場合、きずの高さが同じであれば、交流よりも直流の方が大きくなる。正答は (c) である。

問 4 次の文は、溶接部の探傷に用いる携帯形交流極間式磁化器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) 一般に使用されている磁化器の全磁束は、 $5.0 \sim 8.0 \times 10^{-4} \text{ Wb}$ 程度である。
- (b) 表面きず及び内部きずの検出に適用される。
- (c) 磁極間距離が長くなると、表面きずの検出能力は

変化しないが探傷有効範囲は広がる。

- (d) 表皮効果のために試験体の板厚の影響を受け、板厚が厚い場合には表面きずの検出能力が低下する場合がある。

正答 (a)

交流極間式磁化器の全磁束は、サーチコイルにより測定することができる。一般に使用されている磁化器の全磁束は、磁極断面積の大小はあるが $5.0 \sim 8.0 \times 10^{-4} \text{Wb}$ 程度である。この磁化器は、磁化の電流に交流を使用しているため、表皮効果を利用して表面きずの検出に適用され、板厚の影響は受けない。また全磁束が一定の場合、探傷有効範囲は磁極間距離の影響を受ける。(b), (c), (d) は誤りであり、正答は (a) である。

問 5 次の文は、ホール素子を用いて試験体表面に平行な磁界の強さを測定する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) 試験体表面に対して平行方向成分の磁束密度を測定し、この磁束密度の値に真空の透磁率を乗じて磁界の強さを求める。
 (b) 試験体表面に対して平行方向成分の磁束密度を測定し、この磁束密度の値を真空の透磁率で除して磁界の強さを求める。
 (c) 試験体表面に対して垂直方向成分の磁束密度を測定し、この磁束密度の値を真空の透磁率で除して磁界の強さを求める。
 (d) 試験体表面に対して平行方向成分の磁束密度を測定し、この磁束密度の値を試験体の透磁率で除して磁界の強さを求める。

正答 (b)

探傷有効範囲の確認や、磁化の確認において、ホール素子を用いたテスラメータによる磁界の測定方法をよく理解しておいて欲しい。試験体表面に対して平行方向成分の磁束密度の測定は、ホール素子を内蔵したプローブを試験体表面にできるだけ接近させて、表面に垂直にホール素子の感磁面を配置し、必要な場合はプローブを回転させて最大値を読み取る。テスラメータは試験体表面近傍空間の磁束密度が測定できる。 $B = \mu_0 H$ の式から、試験体表面に平行な方向の磁界の強さ H は、磁束密度の値 B を真空の透磁率 μ_0 で除して求められる。以上のように、正答は (b) である。

なお、JIS Z 2320-1:2017 に推奨されている、試験体表面 (内部) の最小の磁束密度 1T は、「試験体表面近傍空間の磁束密度が 1T」ではないことを理解して欲しい。試験体表面 (内部) の最小の磁束密度 1T は、このようにして求めた試験体表面近傍空間の磁界の強さが 2000A/m 以上であることで確認できる。

問 6 次の文は、C型標準試験片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) 磁粉探傷試験で検出できるきずの大きさ及び高さを知るために使用する。
 (b) 開先面などの狭い領域での、探傷有効範囲の確認に使用できる。
 (c) 試験体表面の磁束密度を測定するために使用する。
 (d) 使用する際は A 型標準試験片と同様に、人工溝のある面を試験面に密着し四辺を粘着テープで留めて固定する。

正答 (b)

C 型標準試験片を目にしたこと、扱ったことがない人もいるかもしれない。A 型標準試験片及び C 型標準試験片は、同じ目的で使用され、連続法のみ使用することができる。これらの試験片を用いても、検出できるきずの大きさ及び高さを知ることはできないし、試験体表面の磁束密度を測定することもできない。C 型標準試験片は A 型より小さく作られているため、溶接部の開先面などの狭い領域における探傷有効範囲の確認に使用できるが、A 型標準試験片と異なり剥がして再使用することはできない。また C 型標準試験片を使用する際は、人工溝のある面を試験体側とし両面テープ又は瞬間接着剤で密着させて固定する。なお、使用する前に A 型標準試験片と同様に、試験体を磁粉探傷するときと同じ磁粉の適用方法で実験し、あらかじめ磁粉模様を検出できるおおよその限界の磁界の強さを求めておく必要がある。(a), (c), (d) は誤りであり、正答は (b) である。

以上、最近の正答率の低い問題の類題について解説した。紙面の都合で全ての例題を解説することはできないため、「磁気探傷試験 I 及び II」や問題集、以前の解説記事などを参考によく学習し、できれば講習会への参加などを通じてより理解を深めて頂きたい。また、改正された JIS Z 2320-1:2017 の内容についても、「磁気探傷試験 II」に記載された程度の内容は理解しておいて欲しい。

TT レベル 2 専門試験問題のポイント

NDIS 0604 に基づく赤外線サーモグラフィ試験（以下、TT という）は、2012 年春期より開始された。TT レベル 2 の新規試験では、一次試験と二次試験がある。一次試験は、TT の認証制度、赤外線の基本及び機器や計測等に関する一般的な問題が出題される一般試験と、各種工業分野に関わる、より専門的な問題が出題される専門試験からなり、何れも筆記試験として行われる。

今回は、専門試験について、正答率の低い問題に類似した例題により、ポイントを解説する。なお、一般試験については NDT フラッシュ 記事 2018 年 Vol.67 No.1 で解説している。また実技試験として行われる二次試験についても随時解説していく予定である。

問 1 次の文は、アクティブ加熱法による裏面減肉の検出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) 減肉による空洞放射効果に基づいた方法である。
- (b) 加熱後に現れた減肉部位を示す指示は、温度伝導率の小さい材料ほど、早い経過時間で消失する。
- (c) 周期的熱負荷を与える場合、加熱周期を長くした方がより深い位置の減肉が検出できるようになる。
- (d) 減肉の検出はできても、その深さ（計測表面から減肉部までの距離）を推定することは原理的に不可能である。

正答 (c)

空洞放射効果に基づく方法では、空洞状のきずの部分で周囲より放射率が高くなることを利用してきずを検出する。したがって、測定対象の表面のきずに対してのみ有効であり、裏面減肉の検出は行えず、(a) は間違いである。温度伝導率の小さい材料では、加熱後、減肉部で現れる温度変化が生じるまでに多くの時間を要し、また一度温度差がつくと消えにくい。よって、(b) も間違いである。また、きずの深さに応じて表面に現れる温度差が生じる時間は変化するため、温度変化の時系列評価を行うことにより、きず（減肉）の深さ評価も可能となりうる。したがって、(d) は間違いである。周期加熱を行う場合には、加熱周期を長くすることで材料内部まで熱を伝えることができるため、より深い位置に存在するきず（減肉）が検出できる。ゆえに、(c) が正答である。

問 2 次の文は、赤外線サーモグラフィを用いた電気・電力設備の設備診断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) 電線などの細い測定対象物の検査は行えない。
- (b) 電気設備の端子の緩みは、電流の増大を引き起こし、異常発熱する。
- (c) 屋外の電力設備診断は、反射の影響を考慮する必要のない夜間に実施すると良い。
- (d) 誘導電動機は、過負荷の状態では電流が多く流れるため過熱する。

正答 (d)

電線などの細い測定対象物に対しては、空間分解能や最小検知寸法に注意すれば検査を行うことも可能であり、(a) は間違いである。また、端子の緩み部では、電気抵抗が増加することで大きなジュール熱が生じるが、電流自体は変化しない。よって、(b) も間違いである。(c) は、夜間についても天空反射や周囲の高温物体などからの反射には注意が必要であり、間違いである。誘導電動機においては、過負荷の状態では電流が大きくなり、それに伴って発生するジュール熱も大きくなる。したがって、(d) が正答である。

問 3 次の文は、周期荷重を受ける物体に生じる熱弾性温度変動のロックイン計測に基づく応力測定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) 荷重を大きくすることにより、エッジ効果を軽減することができる。
- (b) 測定対象物表面に放射率の均一・向上化のためのつや消し黒色塗料を塗布すれば、エッジ効果による測定誤差は生じない。
- (c) 荷重変動に同期した反射の影響は、ロックイン処理により軽減することができる。
- (d) 赤外線カメラの電氣的なノイズなど、不規則に生じる誤差はロックイン処理で軽減できる。

正答 (d)

エッジ効果による測定誤差は、荷重負荷に伴う被測定物の変位によって、ある画素に着目したときに応力変動とは無関係の、みかけの温度変動（例えば、被測定物と背景の温度差を計測）を測定してしまうことで生じるものである。したがって、荷重を大きくする、あるいは表面の放射率を均一・向上化させてもエッジ効果を軽減す

ることはできない。したがって、(a)、(b)は間違いである。また、ロックイン計測は荷重変動に同期した温度変動分を高精度に抽出するものであり、荷重変動に同期していない不規則な温度変動は軽減できるが、荷重変動に同期した温度変動は取り除くことができない。したがって、(c)は間違いであり、(d)が正答である。

問4 次は、室温 20°Cの鋼材 (SS400) に主応力 10MPa の引張応力が作用する場合の熱弾性温度変化 (無負荷の状態からの温度変化) を示したものである。ここで、SS400 の熱弾性係数は 3.0×10^{-12} [1/Pa] とする。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 約 8.8 mK
- (b) 約 88 mK
- (c) 約 -8.8 mK
- (d) 約 -88 mK

正答 (c)

熱弾性効果による温度変動 ΔT は次式で与えられる。

$$\Delta T = -kT\Delta\sigma \quad (1)$$

ここで、 k は材料の熱弾性係数、 T は材料の絶対温度、 $\Delta\sigma$ は主応力の変化量である。(1) 式に $k=3.0 \times 10^{-12}$ [1/Pa]、 $T=293$ [K]、 $\Delta\sigma=10$ [MPa] を代入すると、 $\Delta T = -8.8$ [mK] が得られる。多くの材料の熱弾性係数は正の値であり、引張りが作用すれば温度降下、圧縮が作用すれば温度上昇が生じる。なお、鋼材などの主要材料における応力変化と熱弾性温度変化のおおまかな関係についてはぜひ知っておいていただきたい。

問5 次の文は、熱弾性効果に基づく割れ検出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) 測定対象物の塑性発熱に伴う不可逆な温度変動を計測することにより、割れを検出する。
- (b) 変動負荷の下では、割れ先端の近傍で熱弾性温度変動が大きくなる。
- (c) プラスチックなどの非金属では、割れの検出は不可能である。
- (d) 制御された周期変動負荷を受ける場合のみ、割れの検出が可能であり、現場で想定されるような任意波形の荷重の下では、割れ検出は不可能である。

正答 (b)

熱弾性効果に基づく方法は、物体の応力変動に伴う可

逆的な温度変動を計測するものであり、(a)は間違いである。変動負荷を受ける部材の割れ先端近傍では、応力集中により局所的に作用応力が大きくなる。したがって、割れ先端近傍の熱弾性温度変動も大きくなり、(b)は正答である。プラスチックなどの非金属でも、熱弾性効果による温度変動は生じ、割れが検出できる場合もあり、(c)は間違いである。また、割れ先端近傍では応力集中により大きな熱弾性温度変動が生じるため、制御された周期変動負荷でなくても (ロックイン処理を行わなくても)、割れを検出できる場合もあるため、(d)は間違いである。

問6 地上から約 5m の高さに地面と平行に約 5°C の冷却水を輸送するための保温配管が設置されている。保温配管は屋外に設置されており、その断熱不良部の有無を赤外線サーモグラフィにより調べる。試験は、関東の工場において 8 月の晴天の日、PM 2:00 頃 (外気温は 30°C とする) に実施するものとする。次は、保温配管の断熱不良を示す指示として最も可能性が高いものを示している。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 赤さびがある部分でみかけの温度が高い領域
- (b) 配管の上面で連続的にみかけの温度が低くなっている領域
- (c) 塗膜が劣化しているみかけの温度が高い領域
- (d) フランジ等の断面急変部の保冷材継ぎ目部におけるみかけの温度が低い領域

正答 (d)

低温流体が流れる保温配管の断熱不良部は低温部として計測される。温度が低くなっており正答の可能性がするのは、(b) と (d) だが、(b) は配管の上面が連続的に低温になっていることから、天空反射による影響であると考えられる。保温配管では、特に保冷材の継ぎ目部で断熱不良が現れることが多く、正答は (d) である。

本解説、および別途の参考書や問題集を参考に、試験突破を目指していただきたい。