

MTレベル2 一次一般試験問題のポイント

JIS Z 2305による資格試験について、昨年の本欄では過去の出題に類似した例題を選び、MT-2及びMY-2における新規一次試験の一般問題と専門問題の概要とポイントを紹介した。

今月号では、MT-2及びMY-2の新規一次試験の一般問題の中から、受験者の理解不足と思われる問題、思い違いや単純なミスを犯しやすい問題の類題を選んで注意点・ポイントなどを解説する。一般問題は四者択一により正しいもの、誤っているものを選ぶ形式で、30～40問が出題される。採点は正答が70%以上で合格となる。

例題

問1 次の文は、強磁性体の磁化曲線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) 強磁性体の磁化曲線において、横軸との交点は保磁力を示す。
- (b) 磁化曲線は直流磁化でも交流磁化でも、同じになる。
- (c) 磁化曲線において、透磁率 μ は H/B で示され、磁化曲線上の任意の一点での傾きで表される。
- (d) B-H曲線では、縦軸に磁界の強さ H を、横軸に磁束密度 B を示す。

強磁性体の磁化曲線をよく理解していれば容易な問題であると思われるが、縦軸や横軸、また磁化曲線と縦・横軸との交点の意味や名称をよく理解できていない方が残念ながら多いようである。

強磁性体の磁化曲線において、縦軸は磁束密度 B を、横軸は磁界の強さ H を表す。磁化曲線と縦軸との交点は残留磁束密度を表し、横軸との交点は保磁力を表す。磁化曲線上の任意の一点における傾きは B/H であり、その点における透磁率を表している。また交流で磁化した場合は表皮効果があるため、直流磁化とは異なった形状の磁化曲線となる。したがって(b)(c)(d)は誤りであり(a)が正答である。この種の問題は、MT-2参考書4.1節や問題集をよく勉強することがよい対策となろう。

問2 次の文は、起磁力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) 磁気回路において、起磁力 $F(A)$ 、磁気抵抗 $R(A/Wb)$ 及び磁束 (Wb) とすると、 $F = \quad \cdot R$ の

関係式が成り立つ。

- (b) 起磁力 F は電磁石の場合、コイルに流れる電流 $I(A)$ とコイルの巻数 n の積に比例する。
- (c) 極間法の場合、起磁力が大きいほど、試験体を強く磁化させることができる。
- (d) 起磁力は磁気回路の長さ l と磁束密度の積に等しい。

磁気回路において、起磁力 $F(A)$ は磁界の強さ $H(A/m)$ と磁気回路の長さ $l(m)$ の積に等しい。また磁気抵抗を R 、磁束を Φ とすると、 $F = \Phi \cdot R$ が成り立つ。極間法の場合、電磁石の起磁力はコイルに流れる電流 $I(A)$ とコイルの巻数 n の積に比例するので、起磁力をアンペアターンと呼ぶ場合がある。また極間法では、磁極と試験体とのギャップや自在ヨークの装着などの影響を考慮に入れる必要はあるが、一般に起磁力が大きいほど全磁束が大きくなるので試験体を強く磁化することができる。したがって正答は(d)であり、(d)以外の文章はすべて正しい記述である。MT-2参考書1.7節をよく読み、電気回路と対称させながら数式化して整理すると理解しやすい。1.7節の記述は数式が示されていないため、よく理解できていない方が多いのかもしれない。またこの問題に関連して、極間式磁化器の性能において、磁化器の起磁力と全磁束とは等しい、あるいは両者は同じことを表していると思われる方が意外に多いことは残念である。

問3 次の文は、疑似模様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) 疑似模様のすべては磁粉探傷試験の再試験により、きず磁粉模様と区別できる。
- (b) 磁気ペン跡は鋭い線状の磁粉模様として現れ、連続法で現れやすい。
- (c) 同種の試験体を同一条件で探傷した場合、どれにも同じような磁粉模様が現れた。これは疑似模様ではない。
- (d) 磁気ペン跡は磁化された試験体に強磁性体が触れたときに現れる。

きずには起因しないが、あたかもきずが存在しているかのように見える磁粉模様を疑似模様という。その発生原因により、再試験においても磁粉模様が再現されるもの、再現されず消滅してしまうものがあり、磁粉探傷試

験の再試験だけでは磁粉模様と区別できない場合がある。また、同種の試験体で、部分的な熱処理箇所や異材接合部分などがある場合には、同じ場所に同じような材質境界指示が現れる可能性がある。また形状や肉厚の急変部では、断面急変指示が同じように現れる可能性がある。(b)(d)に述べられた磁気ペン跡は、鋭い線状の磁粉模様として現れ、残留法で磁化された試験体に強磁性体が触れたときに現れる。したがって正答は(d)である。上記のような例を想定できず、(a)や(c)を正答と思われた方、実際に疑似模様を見たことがない方は写真集を参考に、できれば実務や実技実習を経験して疑似模様を観察し、名称と特徴を記憶しておくとい。

問4 次は、軸通電法で丸棒鋼を連続法で探傷するにあたり、磁化電流値を決定するための考慮すべき条件を記載したものである。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

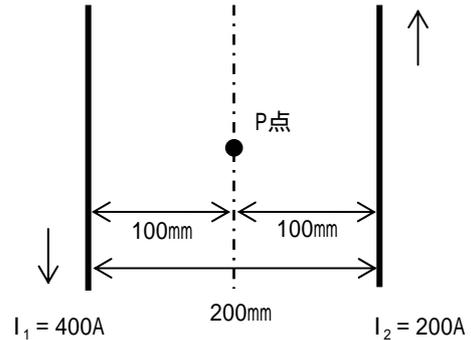
- (a) 試験体直径，試験体の磁化曲線，電流の種類，検査液濃度
- (b) 試験体のL/D ，試験体長さ，試験体表面粗さ，磁粉の磁気特性
- (c) 試験体の磁気特性，試験体の直径，試験体の表面粗さ，対象となるきずの大きさ
- (d) 電流の種類，試験体の磁気特性，試験体の長さ，対象となるきずの大きさ

軸通電法で磁化電流値を決定するにあたり、試験体を適正に磁化させるために考慮すべき条件として、試験体の磁気特性、試験体の表面粗さ、対象となる(予測される)きずの種類・存在位置及び大きさ、連続法と残留法の別があげられる。磁化電流値はこれらの条件から試験体に作用させるべき磁界の強さを決定し、磁化方法及び試験体の大きさ(直径)から設定する。すなわち試験体の磁気特性により、80% B_s から与えるべき磁界の強さが決定される。又はJIS G 0565の付表から作用させるべき磁界の強さを決定してもよい。もちろん、検出すべききずの大きさや存在位置は、与えるべき磁界の強さの決定に大きく関係する。

丸棒の軸通電法では、磁化電流値は $I = 2 r H$ で求められ、半径 r により決定され試験体の長さには磁化電流値は影響されない。また、試験体の表面粗さは、磁界の強さによりバックグラウンドに影響を与える場合がある。また、使用する磁粉の磁気特性や検査液濃度は磁化電流値の決定には関係しない。したがって、正答は(c)

である。条件の一つ一つは理解されているようだが、複数の組合せになると理解不足からの思い違いが見られる。

問5 下図のように極めて長い直線導体2本を、200mmの間隔で平行に置き、逆方向に $I_1 = 400A$ 、 $I_2 = 200A$ を流したとき、直線導体の中間点Pにおける磁界の強さはいくらになるか。最も近い値を一つ選び記号で答えよ。



- (a) 320 A/m (b) 480 A/m
- (c) 640 A/m (d) 960 A/m

この問題は基本的な問題であるが、正しい回答ができる方はあまり多くないようである。

P点には I_1 による磁界の強さ H_1 と、 I_2 による磁界の強さ H_2 が働く。P点ではアンペアの右ねじの法則から H_1 と H_2 は同一方向であるので、P点における磁界の強さを H_p とすると $H_p = |H_1 + H_2|$ となる。

ここで $H_1 = I_1 / 2 r$ であるから、
 $r = 200/2 = 100(\text{mm}) = 0.1(\text{m})$ であるので、

$H_1 = 637(\text{A/m})$ 、 $H_2 = 319(\text{A/m})$ となる。

すなわち $H_p = 956(\text{A/m})$ となり、正答は(d)である。

仮に電流の方向が同一方向なら、 $H_p = |H_1 - H_2|$ となる。この種の問題での理解不足やミスは、P点における磁界は右ねじの法則から求められる合力であるが加算か減算かを間違える場合や計算で $H = I / 2 r$ の式を忘れたり r の単位や数値を間違える場合が多いようである。

以上解説した例題は、磁粉探傷試験の基礎的な問題や試験手順の基本的な問題が中心でレベル2としては決して難しいものではない。これからMT-2を受験しようとする方は、基本事項の理解を深めるよう、以前の解説も含めて学習して頂きたい。

【54 卷 12 月号掲載記事に関する訂正】

2005年12月に掲載した下記の記事に訂正がありました。お詫びして訂正致します。(2006年3月)
なお訂正箇所は本記事の2頁目に記載してあります。3頁目、4頁目は修正済みの記事です。

ET レベル3 二次試験のポイント (C₃)

JIS Z 2305 による ET レベル 3 の二次試験は ET に関連するレベル 3 の知識を問うものである。

C₃問題はC₁、C₂の選択問題とは異なり解答用紙に空欄があり、受験者は空欄に解答を書き込む事となる。この試験は他の試験と同様 70%以上の得点をとれば合格となる。問題の形式は、問題用紙、仕様書、解答用紙3点から構成されていて仕様書を読んで解答用紙の空欄に答えを記入する。以下に問題の解答とポイントを解説する。

ET レベル 3 二次試験手順書問題例

「熱交換器伝熱管渦流探傷検査仕様書」を参考にして検査手順書を作成せよ。ただし、仕様書に記載のない事項で、必要と思われる項目については自分で設定すること。なお、解答に当たっては、添付の「NDT 手順書」の空欄に適切と思われる文章を作成して埋めよ。

熱交換器伝熱管渦流探傷検査仕様書

1. 適用範囲

本仕様書による手順書は「熱交換器伝熱管の渦流探傷検査」に適用する。管種及び寸法形状は以下のとおり。

管種・寸法形状

材質：JIS H 3300 C7150T (復水器用白銅)

外径：31.75mm 肉厚：1.245mm

長さ：16,710mm 数量 (本数)：14,784

2. 検査技術者

検査業務に従事する技術者は、渦流探傷試験レベル 1 又はレベル 2 に認定された技術者とする。

3. 検査場所、検査期間

3.1 検査場所 ○○県 ○○市 ○○化学工業 ××製造所

3.2 検査期間 平成 ○年 ○月 ○日 ~ 平成 ○年 ○月 ○日

4. 使用装置

探傷に使用する装置は点検・整備が行われ、十分に管理されたものを使用すること。

5. 対比試験片

対比試験片に使用する管の材料は、材質・寸法が試験体と同じか、又は同等でなければならない。

6. 評価

きず信号の評価はきず信号の位相角と減肉率の関係より減肉率を算出すること。

7. 減肉率の確認

減肉が確認された箇所 10 箇所について内視鏡を用いて確認し写真撮影を行い記録と対比し報告すること。

8. 報告書

報告書の様式は事前に承認を受け、各 10%毎の減肉率の本数を一覧表にしたものと、その分布状態を表した管渠図を提出すること。

熱交換器伝熱管渦流探傷検査手順書

(枠内は実際の問題では空欄となっている。)

1. 適用範囲

本手順書は、化学工業用熱交換器伝熱管の供用期間中における渦流探傷検査に適用する。

2. 試験体仕様

管種・寸法形状

省略 (仕様書のとおり)

3. 適用文書

JIS H 3300 , JIS H 0502

4. 検査技術者

検査業務に従事する技術者は JIS Z 2305 「非破壊試験—技術者の資格及び認証」に基づいた認証制度の渦流探傷試験レベル 1 又はレベル 2 に認定された技術者とする。

5. 試験装置

探傷に使用する機器は点検、整備が行われ、十分に管理された装置を使用する。

5.1 渦流探傷器

ベクトル表示方式探傷器で二重周波数の使用できる装置。

5.2 試験コイル

下記に示す内挿コイルを使用する。

プローブ：外径—26.0 mm, 充填率—67.3%

コイル—間隔—コイル 2-3-2 (mm)

5.3 記録計

4 チャンネルペンレコーダを使用する。

5.4 その他

コードの巻取りに使用する巻取装置、信号の位相角の計算装置、記録用紙は十分な性能のものを使用する。

6. 対比試験片

6.1 材料

対比試験片に使用する材料は、材質・寸法が、試験体と同じか又は同等と評価されるもの。

6.2 人工きずの形状及び寸法

人工きずの形状は、全周減肉(円周溝)およびドリル穴とする。

青文字の二重取消線の部分を
赤文字に訂正します。

(1) 全周減肉（円周溝）

幅	1.2mm
深さ	10～80% t (外面きず)8種類 10,50% t (内面きず)2種類

(2) ドリル穴

直径 2 mm, 数 2(同一円周上に加工すること)

6.3 信号評価線図

きず信号を評価するために対比試験片を使用して信号評価線図を作成する。

7. 探傷条件

7.1 試験周波数

f_1 として、ガタ雑音が CRT の水平方向に指示される位相において、対比試験片のドリル穴の信号が 135 度になる周波数を選定すること。 f_2 は f_1 のおよそ $\frac{1}{2}$ 倍とすること。

7.2 感度

対比試験片のドリル穴が記録計の記録紙上 20 mm の振れとなるように設定する。

7.3 位相

~~ガタ雑音が CRT の水平方向~~ドリル穴の信号が 135 度に指示されるように設定する。

8. 検査方法

8.1 前処理

スパイラル回転式高圧ジェット洗浄を行う。洗浄後、内視鏡によって抜取りにより洗浄の程度を確認する。

8.2 探傷装置のセットアップ

(1) 対比試験片に試験対象物の支持板と同等な支持板を取り付け、試験周波数 f_2 の支持板信号が試験周波数 f_1 の支持板信号と位相・振幅が同じになるように移相器と感度を調整する。

(2) 探傷器の出力を f_1 - f_2 に設定し、チャートで確認しながら支持板信号が最小となるように、 f_2 の感度を微調整する。

8.3 検査手順

- (1) 試験対象物を確認し、管の番号を図面と照合する。
- (2) 作業はじめ及び段取り替え後は、対比試験片によって設定条件を確認すること。
- (3) 試験コイルを伝熱管の内部に挿入し、反対側の管端信号が得られるまで圧送する。
- (4) 巻取装置を使用してコイルを引戻しながら、探傷を行う。なお、巻取装置は速度調整可能なものが望ましい。

8.4 記録

記録は 4 チャンネルペンレコーダを用い、1・2 チャンネルに信号の X 成分と Y 成分を記録し、3 チャンネルに信号処理結果を記録する。探傷と同時に記録する。

8.5 きず信号の評価

対比試験片によって作成した信号評価曲線を使用し、きず信号の位相角より減肉率を求める。

8.6 再検査

(1) 異常信号と思われる信号を検出した場合は、同一条件で再探傷を行う。この探傷においても判別が困難な場合、その事を記録する。

(2) 減肉箇所が確認された箇所から 10 箇所を選別して内視鏡などを用いて確認し、写真撮影を行う。

9. 報告書

報告書は指定の様式に記録し探傷チャートを添付する。また、10%毎の減肉率の本数を一覧表にしたものと、その分布を表した管巢図を添付する。探傷記録は特に指定がない限り 5 年間保存する。

解答のポイント

以上問題と仕様書を提示したが解答のポイントとなる情報は仕様書の中に多くが含まれているので、仕様書をよく読み仕様書の中から解答を見つけ出す事が大切である。

減肉率計測の基である位相の設定は大切で、貫通ドリル穴とガタノイズの位相関係が、ガタノイズを水平にドリル穴を 135 度とすることが大切である。(渦流探傷試験 II 117 頁参照)、次に管支持板の信号を消去するための f_2 の選定と位相、ゲインの選定である。一般的には f_2 は f_1 の $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{1}{4}$ 倍程度とされている(渦流探傷試験 II 119 頁参照)。 f_2 を選定したら位相、ゲインの設定を行うが f_1 の位相、ゲインの設定とは異なり、管支持板の信号の位相が f_1 で得られる管支持板の信号の位相と同位相となるように位相つまみを設定することである。そして支持板信号の大きさを f_1 での大きさと同じくらいになるようにゲインを調整する。これらの設定が終了したら、探傷モードを f_1 - f_2 として注意深く f_2 のゲインを調整しながら管支持板の信号が最小になるところを求めればよい。

手順に関しては、管巢図を作成するために試験体と管の番号を照合すること、作業前に必ず対比試験片で設定条件を確認すること、試験コイルが必ず管の反対側の端部信号を検出するまで挿入すること、などを記述すべき注意点として留意しておきたい。

ET レベル 3 二次試験のポイント (C₃)

JIS Z 2305 による ET レベル 3 の二次試験は ET に関連するレベル 3 の知識を問うものである。

C₃問題はC₁、C₂の選択問題とは異なり解答用紙に空欄があり、受験者は空欄に解答を書き込む事となる。この試験は他の試験と同様 70%以上の得点をとれば合格となる。問題の形式は、問題用紙、仕様書、解答用紙3点から構成されていて仕様書を読んで解答用紙の空欄に答えを記入する。以下に問題の解答とポイントを解説する。

ET レベル 3 二次試験手順書問題例

「熱交換器伝熱管渦流探傷検査仕様書」を参考にして検査手順書を作成せよ。ただし、仕様書に記載のない事項で、必要と思われる項目については自分で設定すること。なお、解答に当たっては、添付の「NDT 手順書」の空欄に適切と思われる文章を作成して埋めよ。

熱交換器伝熱管渦流探傷検査仕様書

1. 適用範囲

本仕様書による手順書は「熱交換器伝熱管の渦流探傷検査」に適用する。管種及び寸法形状は以下のとおり。

管種・寸法形状

材質：JIS H 3300 C7150T (復水器用白銅)

外径：31.75mm 肉厚：1.245mm

長さ：16,710mm 数量 (本数)：14,784

2. 検査技術者

検査業務に従事する技術者は、渦流探傷試験レベル 1 又はレベル 2 に認定された技術者とする。

3. 検査場所、検査期間

3.1 検査場所 ○○県 ○○市 ○○化学工業 ××製造所

3.2 検査期間 平成 ○年 ○月 ○日 ~ 平成 ○年 ○月 ○日

4. 使用装置

探傷に使用する装置は点検・整備が行われ、十分に管理されたものを使用すること。

5. 対比試験片

対比試験片に使用する管の材料は、材質・寸法が試験体と同じか、又は同等でなければならない。

6. 評価

きず信号の評価はきず信号の位相角と減肉率の関係より減肉率を算出すること。

7. 減肉率の確認

減肉が確認された箇所 10 箇所について内視鏡を用いて確認し写真撮影を行い記録と対比し報告すること。

8. 報告書

報告書の様式は事前に承認を受け、各 10% 毎の減肉率の本数を一覧表にしたものと、その分布状態を表した管巣図を提出すること。

熱交換器伝熱管渦流探傷検査手順書

(枠内は実際の問題では空欄となっている。)

1. 適用範囲

本手順書は、化学工業用熱交換器伝熱管の供用期間中における渦流探傷検査に適用する。

2. 試験体仕様

管種・寸法形状

省略 (仕様書のとおり)

3. 適用文書

JIS H 3300 , JIS H 0502

4. 検査技術者

検査業務に従事する技術者は JIS Z 2305 「非破壊試験 - 技術者の資格及び認証」に基づいた認証制度の渦流探傷試験レベル 1 又はレベル 2 に認定された技術者とする。

5. 試験装置

探傷に使用する機器は点検、整備が行われ、十分に管理された装置を使用する。

5.1 渦流探傷器

ベクトル表示方式探傷器で二重周波数の使用できる装置。

5.2 試験コイル

下記に示す内挿コイルを使用する。

プローブ：外径 - 26.0 mm, 充填率 - 67.3%

コイル-間隔-コイル 2-3-2 (mm)

5.3 記録計

4 チャンネルペンレコーダを使用する。

5.4 その他

コードの巻取りに使用する巻取装置、信号の位相角の計算装置、記録用紙は十分な性能のものを使用する。

6. 対比試験片

6.1 材料

対比試験片に使用する材料は、材質・寸法が、試験体と同じか又は同等と評価されるもの。

6.2 人工きずの形状及び寸法

人工きずの形状は、全周減肉 (円周溝) およびドリル穴とする。

(1) 全周減肉 (円周溝)

幅	1.2mm
深さ	10~80% t (外面きず)8種類 10,50% t (内面きず)2種類

(2) ドリル穴

直径 2 mm, 数 2(同一円周上に加工すること)

6.3 信号評価線図

きず信号を評価するために対比試験片を使用して信号評価線図を作成する。

7. 探傷条件

7.1 試験周波数

f_1 として、ガタ雑音がCRTの水平方向に指示される位相において、対比試験片のドリル穴の信号が135度になる周波数を選定すること。 f_2 は f_1 のおよそ1/2とすること。
--

7.2 感度

対比試験片のドリル穴が記録計の記録紙上20mmの振れとなるように設定する。

7.3 位相

ドリル穴の信号が135度に指示されるように設定する。

8. 検査方法

8.1 前処理

スパイラル回転式高圧ジェット洗浄を行う。洗浄後、内視鏡によって抜取りにより洗浄の程度を確認する。

8.2 探傷装置のセットアップ

- (1) 対比試験片に試験対象物の支持板と同等な支持板を取り付け、試験周波数 f_2 の支持板信号が試験周波数 f_1 の支持板信号と位相・振幅が同じになるように移相器と感度を調整する。
- (2) 探傷器の出力を f_1 - f_2 に設定し、チャートで確認しながら支持板信号が最小となるように、 f_2 の感度を微調整する。

8.3 検査手順

(2) 試験対象物を確認し、管の番号を図面と照合する。
(2) 作業はじめ及び段取り替え後は、対比試験片によって設定条件を確認すること。
(3) 試験コイルを伝熱管の内部に挿入し、反対側の管端信号が得られるまで圧送する。
(4) 巻取装置を使用してコイルを引戻しながら、探傷を行う。なお、巻取装置は速度調整可能なものが望ましい。

8.4 記録

記録は4チャンネルペンレコーダを用い、1・2チャンネルに信号のX成分とY成分を記録し、3チャンネルに信号処理結果を記録する。探傷と同時に記録する。

8.5 きず信号の評価

対比試験片によって作成した信号評価曲線を使用してきず信号の位相角より減肉率を求める。

8.6 再検査

- (1) 異常信号と思われる信号を検出した場合は、同一条件で再探傷を行う。この探傷においても判別が困難な場合、その事を記録する。
- (2) 減肉箇所が確認された箇所から10箇所を選別して内視鏡などを用いて確認し、写真撮影を行う。

9. 報告書

報告書は指定の様式に記録し探傷チャートを添付する。また、10%毎の減肉率の本数を一覧表にしたものと、その分布を表した管巢図を添付する。探傷記録は特に指定がない限り5年間保存する。

解答のポイント

以上問題と仕様書を提示したが解答のポイントとなる情報は仕様書の中に多くが含まれているので、仕様書をよく読み仕様書の中から解答を見つけ出す事が大切である。

減肉率計測の基である位相の設定は大切で、貫通ドリル穴を135度とすることが大切である。(渦流探傷試験 II 117 頁参照)、次に管支持板の信号を消去するための f_2 の選定と位相、ゲインの選定である。一般的には f_2 は f_1 の1/2ないし1/4程度とされている(渦流探傷試験 II 119 頁参照)。 f_2 を選定したら位相、ゲインの設定を行うが f_1 の位相、ゲインの設定とは異なり、管支持板の信号の位相が f_1 で得られる管支持板の信号の位相と同位相となるように位相つまみを設定することである。そして支持板信号の大きさを f_1 での大きさと同じくらいになるようにゲインを調整する。これらの設定が終了したら、探傷モードを f_1 - f_2 として注意深く f_2 のゲインを調整しながら管支持板の信号が最小になるところを求めればよい。

手順に関しては、管巢図を作成するために試験体と管の番号を照合すること、作業前に必ず対比試験片で設定条件を確認すること、試験コイルが必ず管の反対側の端部信号を検出するまで挿入すること、などを記述すべき注意点として留意しておきたい。