

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)に、MT レベル3 の二次試験のポイントを解説した。今号ではパート D, E 試験問題の類題についてポイント並びに注意等を解説する。

《パートD》

問1 円筒状の機械部品(材質 SS400, 内径φ40mm, 外径φ50mm)をφ35mmの貫通棒を用いた電流貫通法で直流磁化し、機械部品中の磁束密度を1.0Tにする場合、次の値はおおよそいくらかになるか。それぞれ最も近いものを一つ選び記号で答えよ。ただし、その場合の透磁率 $\mu = 6.28 \times 10^{-4}$  (H/m)とする。また貫通棒の中心軸は、機械部品の中心軸とほぼ一致しているものとする。

- (1) 磁界の強さ(A/m)  
(a) 160A/m (b) 238A/m (c) 1200A/m (d) 1590A/m
- (2) そのときに必要な磁化電流値  
(a) 150A (b) 200A (c) 250A (d) 500A
- (3) そのときの比透磁率 $\mu_s$   
(a) 50 (b) 500 (c) 2000 (d) 5000

正答 (1) (d) (2) (c) (3) (b)

(1) 磁束密度  $B$  と磁界の強さ  $H$  の関係は、 $B = \mu H$  であるから、 $H = B/\mu = 1.0/6.28 \times 10^{-4} = 1590$  (A/m)  
 (2) 電流貫通法により円筒状試験体を磁化する際の電流  $I$  と磁界の強さ  $H$  の関係は次式で表される。  $I = 2\pi rH$   
 これに、 $H = 1590$  (A/m),  $r = 0.025$  (m) を代入する。

$$I = 2\pi rH = 2\pi \times 0.025 \times 1590 = 250$$
 (A)

(3) 比透磁率  $\mu_s$  は、 $\mu = \mu_0 \mu_s$  であるから、

$$\begin{aligned} \mu_s = \mu / \mu_0 &= 6.28 \times 10^{-4} / 4\pi \times 10^{-7} \\ &= (6.28/4\pi) \times 10^3 = 500 \end{aligned}$$

この例題は、磁粉探傷試験に関する基本的な問題であり、電流貫通法や軸通電法だけでなく、コイル法や無端ソレノイドの場合でも磁化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、鉄鋼材料の磁気特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) フェライト、パーライト、セメンタイト及びオーステナイトの中ではセメンタイトの透磁率が最

も高い。

- (b) パーライトはフェライトより飽和磁束密度が大きい。
- (c) オーステナイト以外は強磁性体である。
- (d) 焼入れ材を焼戻すと、焼入れによって減少した保磁力が増大し残留磁束密度は減少する。

正答 (c)

鉄鋼材料の主な組織としては、フェライト、パーライト、セメンタイト及びオーステナイトがある。オーステナイト以外は強磁性体である。パーライトはフェライトとセメンタイトとの混合組織であり、またこの中ではフェライトが最も透磁率が高い。鉄鋼材料の炭素量が增大すると、飽和磁束密度は直線的に減少する。これは炭素量が增大すると共に組織のパーライトが増大するからである。また焼入れ材を焼戻すと、焼入れによってオーステナイトから変化したマルテンサイトがまた組織変化して、焼入れによって減少した残留磁束密度は増大し保磁力は減少する。従って、(a), (b), (d) の記述は誤っており、(c) の記述が正しい。

問3 次の文は、工程確認方式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) テスラメータを用いて試験体表面の空間の磁束密度を測定し、これから表面の磁界の強さを求め、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、微細なきずのある対比試験片タイプ1を貼り付けて試験する。
- (c) シム試験片を使用して、その人工きずが検出されることで磁化の確認を行う。
- (d) 中央部に大きな自然きずをもつ試験体を、算出した電流値で試験し、磁化の確認を行う。

正答 (a)

磁粉探傷試験において、試験部位が適切に磁化されていることの確認が重要である。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。又は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、シム試験片は試験体表面の磁束密度の評価には十分でないといわれている。対比試験片タイプ1は検出媒体の試験に用いる。従って、正答は（a）である。

**問4 次の文は、鋼の熱処理と磁気特性の関係、及びきずからの漏洩磁束密度の大きさ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小さくなる。
- (b) 焼入れ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。
- (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) 同じ鋼種の焼きなまし材と焼入れ材を、同一の磁束密度(1.4T)になるように磁化すると、同じ大きさのきずからの漏洩磁束密度は両者ともほぼ同じになる。

**正答 (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小さくなる。焼入れ材では、炭素含有量が多いほど飽和磁束密度は小さくなり、残留磁束密度は小さくなる。同じ鋼種の焼きなまし材と焼入れ材を同一の磁束密度（ここではほぼ飽和磁束密度）になるように磁化した場合、同じ大きさのきずからの漏洩磁束密度は、透磁率の低い焼入れ材の方が大きくなる。従って（b）、（c）、（d）は誤っており、正答は（a）である。

### 《パートE》

**問5 次の文は、工程確認方式によるプロッド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) 試験面との接触を考慮し、鉛パッドを装着したプロッドを用いる。
- (b) 各プロッド電極の周辺から20mmの範囲を試験範囲から除外する。
- (c) 合否判定に際し、プロッドによる過度の加熱部位は、割れがなければきずと見なす必要はない。
- (d) 磁化電流値を求めるための計算式は、プロッド間隔が200mm以下の場合に適用できる。

**正答 (d)**

プロッド法においては、接触を考慮して鉛接触パッドや亜鉛メッキをしたプロッドを使用する場合があるが、スパークしたときにこれらが金属蒸気になり安全衛生上、考慮が必要な場合及び、母材に溶け込み、脆化割れ発生の起点となる場合等があるため、JIS規格では鉛はよく換気された状態でのみ使用できる。スパークによる損傷及び過度の加熱部位は、きずとみなす。試験範囲は、両プロッドの中心を結ぶ線を中心線とする $d \times 0.5d$ （ $d$ はプロッド間距離）の長方形の内側であり、各プロッド電極の周辺から25mmの範囲は不感帯を考慮し試験範囲から除外する。磁化電流値を求めるための計算式は、プロッド間隔が200mm以下の場合に適用する。従って、（a）、（b）、（c）は誤っており、正答は（d）である。

**問6 次の文は、交流極間法における磁化器と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) 励磁電圧が一定の場合、エアギャップが増加すると磁気抵抗が増加するため、励磁電流は減少する。
- (b) 試験体の表面に作用している磁界の強さは、表面近くのリフトオフの異なる2点（又は3点）における空間の磁束密度の表面に平行な成分を測定し、それを試験体表面の値に外挿することによって求めることができる。
- (c) 磁気回路として考えると、励磁電流  $I(A)$ 、磁束  $\Phi(Wb)$ 、コイルの巻数  $N(回)$ 及びインダクタンス  $L(H)$ の間には、 $NI=L\Phi$ の関係が成り立つ。
- (d) 磁化器の大きさ（磁極間距離）が変化しても、試験体表面の磁束密度の分布にはほとんど差は生じない。

**正答 (b)**

エアギャップによる磁気抵抗が増加すると励磁電流は増加する。試験体の表面に作用している磁界の強さは、（b）のようにして求める。磁気回路は、 $N\Phi=LI$ の関係がある。磁化器の大きさ（磁極間距離及び/又は磁極断面積）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。従って、正答は（b）である。

本解説を参考に、実体験、講習会などの機会を設けて、極間法以外の経験を積み、より理解を深めて頂きたい。

UT レベル 2 専門試験のポイント

UT レベル 2 の専門試験問題は、過去に数回機関誌で紹介した経緯がある。今回解説する問題と共に、過去の記事も参考にして戴きたい。

問 1 次の文は、超音波探傷の試験片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) 標準試験片に加工されている標準穴は、感度調整などを行うときの標準反射源として用いる。
- (b) 標準試験片に加工されている標準穴は、任意の穴径に加工することができる。
- (c) 標準試験片は表面が平滑であるので、接触媒質に水、油及びグリセリンのどれを用いてもエコー高さはあまり変わらない。
- (d) 対比試験片 RB-E は、二振動子垂直探触子の特性測定に使用される。

正答 (b)

標準試験片は、JIS Z 2345 や各規格で規定されている試験片で、外形寸法や標準穴の寸法が定められており、変更することはできない。標準試験片は、探傷装置の性能測定や、探傷感度の調整に用いられる。標準試験片の表面は、表面粗さが  $Rz12.5\mu\text{m}$  以内に仕上げられており、接触媒質の種類が変わっても感度への変化はあまりない。しかし、一般的には、グリセリンやグリセリンペーストは吸湿性があり、錆の発生を防止するため、標準試験片にはマシン油を用いる。対比試験片 RB-E は、主に二振動子探触子の距離振幅特性を測定するために用いられる、3本で1セットとなった階段状の試験片である。

問 2 次の文は、丸棒鋼の垂直探傷について述べたものである。文中の [1] ~ [4] に適する語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

丸棒鋼を円柱面から垂直探傷する場合には、探触子の [1] が小さくなり、そのため [2] が大きくなって、底面以外で反射した超音波も探触子に戻ってきてエコーとなり、きざと判別しにくいことがある。このような  $B_1$  より遅

れて現れるエコーを [3] と呼んでいるが、その位置は、丸棒鋼の直径を  $D$  とすれば [4] と  $1.67D$  の距離になるので、計算によって確かめることができる。

[解答群]

- [1] (a) 接触面 (b) 周波数  
(c) 側面 (d) くさび内エコー
- [2] (a) 接触面 (b) 指向角  
(c) 減衰 (d) くさび内エコー
- [3] (a) 側面エコー (b) 林状エコー  
(c) きざエコー (d) 円柱面エコー
- [4] (a)  $0.76D$  (b)  $1.12D$   
(c)  $1.30D$  (d)  $1.50D$

正答 [1] (a), [2] (b), [3] (d), [4] (c)

丸棒鋼を円柱面から垂直探傷した場合は、探触子と試験体との接触面は線接触となり、あたかも幅の狭い振動子の探触子から超音波が入射されているような状態となり、指向角は大きくなる。このため丸棒鋼を探傷すると、底面エコーのみならず、丸棒鋼内を超音波ビームが三角形に伝搬する。このとき、すべて縦波で正三角形に伝搬した場合は、丸棒鋼の直径  $D$  に対して  $1.30$  倍のビーム路程となり、また、一部が縦波→横波→縦波にモード変換して二等辺三角形に伝搬した場合は、 $1.67$  倍のビーム路程となる。

問 3 次の文は、9%Ni 鋼溶接部の超音波探傷試験に使用する横波斜角探触子の作製について述べたものである。文中の [1], [2] に適する数値を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

鋼材中に横波だけを伝搬させるためには、斜角探触子の入射角  $\alpha$  が [1] 度以上となるようにくさびを作製すればよい。また、屈折角を  $70$  度にする場合は、入射角  $\alpha$  を [2] 度にすればよい。

ただし、9%Ni 鋼の縦波音速は  $5800\text{m/s}$ 、横波音速は  $3110\text{m/s}$ 、くさびの縦波音速は  $2730\text{m/s}$ 、横波音速は  $1430\text{m/s}$  とする。

[解答群]

[1] (a) 25 (b) 27 (c) 29 (d) 31

[2] (a) 56 (b) 61 (c) 67 (d) 72

正答 [1] (c), [2] (a)

これは、スネルの法則に関する問題である。鋼材中に横波のみを入射させるには、入射角が縦波の臨界角（縦波の屈折角が 90 度）を超える必要がある。また、横波の屈折角が 70 度になるためには、下式のスネルの法則により計算し入射角を求める。

$$\frac{\sin \alpha}{2730} = \frac{\sin 90^\circ}{5800} = \frac{\sin \theta}{3110}$$

$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left( \sin 90^\circ \times \frac{2730}{5800} \right) = 28.1^\circ$$

$$\alpha_2 = \sin^{-1} \left( \sin 70^\circ \times \frac{2730}{3110} \right) = 55.6^\circ$$

縦波が臨界角を超えるのは、入射角を 29 度以上にする必要がある。また、横波の屈折角を 70 度にする場合は、入射角をほぼ 56 度にする必要がある。

問4 板厚 19 mm の鋼突合せ溶接部を JIS Z 3060 によって超音波探傷するため、5Z10×10A70 の斜角探触子を用いて STB-A2 により探傷感度を調整し、検出レベルを M 検出レベルに選定して探傷したところ、ビーム路程が 40.0 mm の位置にエコー高さが 70% のきずエコーが検出された。

このきずの左右走査グラフは図 1、エコー高さ区分線は図 2 のとおりである。この場合、きずの分類に必要なきずの指示長さはいくらになるか。ただし、測定範囲は 125 mm である。最も近い数値を解答群から一つ選び、記号で答えよ。

(a) 15 (b) 30 (c) 37 (d) 55

(単位 mm)

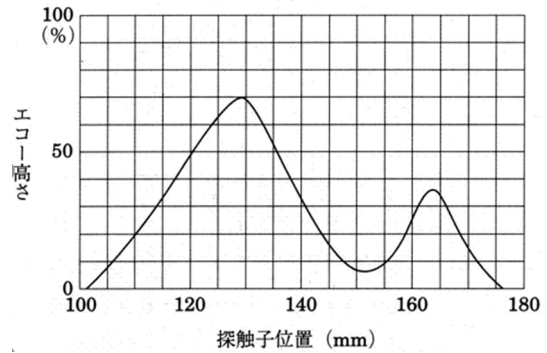


図 1

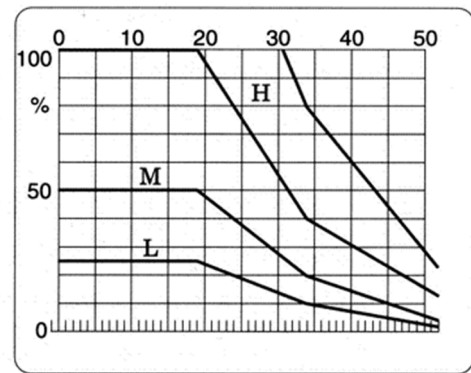


図 2

正答 (b)

きず指示長さを測定する場合、M 検出レベルであればきずエコーの高さが M 線を超えるものが対象となる。測定範囲が 125mm で「ビーム路程が 40.0mm の位置にエコー高さが 70% のきずエコー高さが検出された。」とあるので、表示器上の横軸 16 目盛の位置にエコーが検出されたことになる。この場合、検出レベルは 50% であり、左側の山のみが評価の対象となる。また、この位置でのきず指示長さを測定するエコー高さ区分線 L 線の高さは、25% である。(M 検出レベルであっても、きず指示長さの測定には L 線を用いる。) 図 1 の左右走査グラフから 25% を超える高さの範囲を求めると、左側は 112mm、右側は 142mm となりその差 30mm が指示長さである。また、L 検出レベルの場合は、両方の山が対象となる。きずときずの間隔も長い方より短いため、間隔を含め 55mm(167-112mm) がきず指示長さとなる。