

RTレベル2 実技試験のポイント

2003年の8月号及び2007年の2月号にRTレベル2の実技試験のポイントについて掲載したが、今年度から試験体の撮影やきずの像の分類に関係するJIS Z 3105の規格について、従来適用していた1993年版から2003年版に切替えることになったために、これに伴う変更を解説して、これから受験する方の参考に供したい。

RTレベル2の二次試験の概要

RTレベル2の二次試験ではNDT指示書の作成と実技試験（管試験体の撮影ときずの像の分類）が課せられている。試験項目及び時間は表1のとおりであり、80点以上で合格となる。

表1 試験項目及び時間

試験項目	時間	
(1)レベル1へのNDT指示書の作成	30分	
(2)実技試験	①管試験体の撮影 ②写真処理	60分
	③試験結果の記録 ④きずの像の分類 JIS Z 3105 1枚 JIS Z 3104 2枚 JIS G 0581 2枚	40分

1. NDT指示書の作成

試験体として、例えば、鋼溶接継手で母材の厚さが20.0mm、余盛の高さ2.0mmが与えられ、それをJIS Z 3104:1995を適用してX線透過試験を行う場合について、レベル1技術者に与える指示書を作成する問題である。問題と共にJIS Z 3104の規格票が配布される。

装置及び機材、撮影配置、露出条件、写真処理、透過写真の必要条件の各項目について全部で15箇所の記入箇所が設けられており、規格票と問題に添付されている露出線図及びX線フィルムの特性曲線を用いて、適切な文字、記号、数値を記載する問題である。規格の内容及び露出条件の求め方が分かれば問題ないと思われるが、必要な数値が規格のどの表を見ればよいかを、しっかりと把握しておくことが重要である。

2. 実技試験

2.1 アルミニウム管試験体の撮影

撮影する試験体は、管の肉厚（母材の厚さ）が6.0mm、外径100mmのアルミニウム管に余盛部に相当する厚さ2.0mmで幅15mmの帯板を中央部に巻き、管と帯板の間に厚さ0.5mmの板にドリル穴による人工きずを設けたものを、挟み込んでネジで固定した管試験体である（図1参照）。

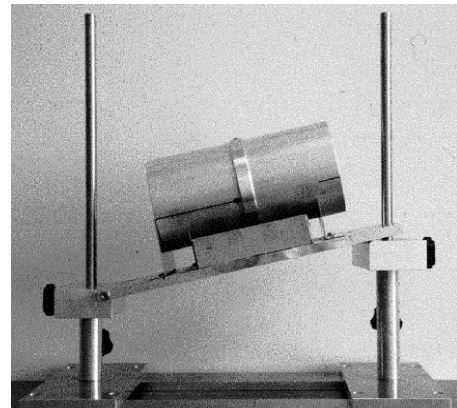


図1 管試験体と撮影用器具

この試験体の撮影は、これまではJIS Z 3108:1986が適用されていたが、今年度からJIS Z 3105:2003を適用するため、同規格の「付属書2（規定）アルミニウム管の円周溶接継手の撮影方法及び透過写真の必要条件」に従って行うことになる。

従来は円周を5分割での撮影であったが、横割れの検出を重視する撮影を行うこととして、「試験部の有効長さは円周長さの1/6以下」の規定から6分割の撮影に変わる。したがって、試験部の有効長さは63mmから52mmと短くなる。また、透過写真の像質もP0級を要求することとした。使用する機材は帯状透過度計AB016形から帯形透過度計A016形に、階調計はE0形から15形に変わる。

透過写真の必要条件は像質の変更に伴って、濃度範囲は1.0～3.5から1.3～4.0に変わり、階調計の値は0.16以上から0.13以上になる。

円周を6分割した指定された試験部を撮影するが、受験者には「アルミニウム管試験体撮影NDT指示書」及び「アルミニウム管試験体の撮影について」が配布され、撮影についての注意事項が説明される。二重壁片面撮影方法によって撮影を行う。試験体は図1のように撮影器具によって12度傾斜させているので、X線の照射は垂直である。フィルムはフジIX-80であるが、包装されているパックフィルムを使用する。受験者には「T11」などのようにフィルム記号が記入されたフィルムが配布され、

その記号を撮影の際に試験体番号と共にに入れて、受験番号に代えている（図2参照）。従来は試験体番号とフィルム記号を透明な取り付け板に貼って、それをゴムベルトで試験体に取り付ける方法を取っていたが、試験体番号とフィルム記号を直接試験体に貼るように変更した。帯形透過度計及び階調計は管の外側すなわちフィルム側に取り付けるので、フィルム側に取り付けたことを示すFのマークを図2のように付ける。

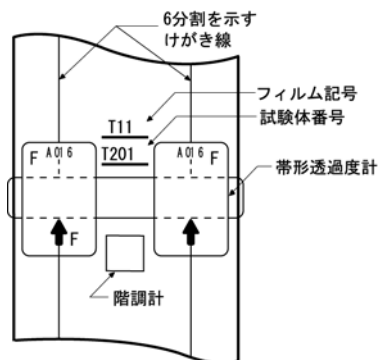


図2 透過度計，階調計，フィルムマークの取り付け方

X線照射ボックス内に設置された撮影治具の所定の位置にフィルムを置き、指定された試験部がフィルムに接するように試験体を置く（図3参照）。三角定規を用いて試験体に付けられたセンターマークが真上にあることを確認する。

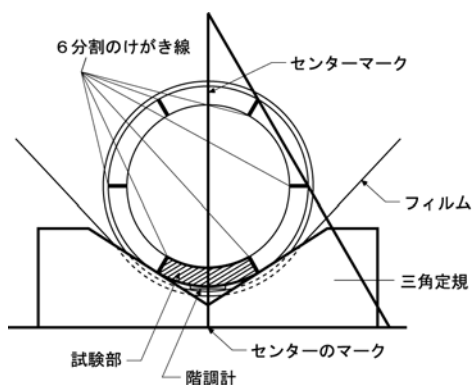


図3 管試験体の置き方

照射ボックスの扉を閉じる前に、次の3点をチェックすることが重要である。

- ①バックフィルムのグリーンの帯が奥の方にあること。
 - ②試験体の赤く塗られた試験部が手前の下側の所定の位置にあること。
 - ③試験体が奥のストップまできちんと収まっていること。
- 撮影条件は、管電圧及び管電流が指定されており、露

出時間は与えられた露出線図及びフィルムの特性曲線を使用して、各自が計算して決める。線源・フィルム間距離が600mmから450mmに、濃度を2.0から2.8に変更する計算が必要である。なお、2.8は母材部における目標濃度である。

露出が終了したら暗室で所定の写真処理を行う。

東京、大阪の試験場では、2台のX線装置を使用する。2名ずつ撮影が終了したら4名が一緒に暗室に入って、写真処理を行う。写真処理については自動現像機の普及で、恒温現像タンクによる手現像は、不慣れた受験者が多いが、協会では試験で使用するものと同じ機材を使用して行う実技講習会を開催しているので、参加して経験しておくことを勧める。

2.2 試験結果の記録

撮影した透過写真について、濃度計と観察器を用いて、JIS Z 3105:2003に規定する透過写真の必要条件の確認を行う。「アルミニウム管試験体の撮影記録及び観察記録票」に試験結果を記入するが、前半の撮影記録は配布されている指示書を見て撮影前に記入する。この際、観察記録の余白部に必要条件の規格値を記入しておくことよい。なお、観察記録の記入は、次の「きずの像の分類」の作業中に、乾燥が終了した透過写真が各自に渡されるので、きずの像の分類の開始後になるが、40分の中で行わなければならない。濃度計の取扱い、零点調節、濃度を測定する箇所に注意することがポイントである。

2.3 きずの像の分類

きずの像の分類は、自分が撮影した管試験体の透過写真については、その結果を「JIS Z 3105:2003によるきずの像の分類記録票」に記入する。記録票に指示している通りに、識別されたきずを全て指定された所に記入し、適用した試験視野の枠、それぞれの点数も全てのきずについて記入する。母材の厚さの2/3を超える大きさのきず、この試験体では4.0mmを超えるきずがあると、4類となることに留意すること。

JIS Z 3105の2003年版と1993年版では、きずの像の分類で、「未満」が「以下」に、「以上」が「超え」と変わっているので、区切りの数値の所で注意が必要である。

鋼溶接継手については、あらかじめ撮影した透過写真2枚について行い、鋳鋼品についても、あらかじめ撮影した透過写真2枚についてきずの像の分類を行う。なお、きずの像の分類に必要な規格票の表は配布されている。それぞれについての注意事項は、2007年の2月号を参照されたい。

MT レベル 3 二次 C₁ (基礎) 試験のポイント

JIS Z 2305 による資格試験について、今月号では MT レベル 3 の C₁ 試験のポイントについて解説する。

MT レベル 3 の二次試験は、3 つの筆記試験(C₁: MT に関するレベル 3 の知識, C₂: 規格, 仕様を含む関連する工業分野における MT の適用, C₃: 手順書の作成)で行われ, C₁, C₂ は四者択一形式, C₃ は記述式である。以下に C₁ 問題について、最近の正答率の低い問題に類似した問題例のポイントを解説する。

問 1 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。誤っているものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) フェライト, パーライト, セメンタイトの中ではフェライトの透磁率が一番高い。
- (b) パーライトはフェライトよりも飽和磁束密度が小さい。
- (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 (d)

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増大すると、飽和磁束密度は直線的に減少する。これは炭素量が増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、焼入れによって減少した残留磁束密度が増大し保磁力は減少する。したがって、(a)、(b)、(c) の記述は正しく (d) の記述が誤っている。

問 2 次は、真空中で強さ $1 \times 10^{-3} \text{Wb}$ と $-1 \times 10^{-3} \text{Wb}$ の磁極が 25cm 離れているとき、磁極間に働く力 F を求めたものである。最も近いものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 1(N) (b) 0.13(N) (c) -0.13(N) (d) -1(N)

正答 (d)

この問題は、クーロンの法則を記憶していれば容易に解くことができる。2 つの磁極 $m_1 \text{ (Wb)}$, $m_2 \text{ (Wb)}$ があるとき、磁極間に働く力 F(N) は次のように表される。

$$F = m_1 m_2 / 4\pi \mu_0 r^2$$

題意に従い各々の値をこの式に代入する。

$$F = (1 \times 10^{-3}) \times (-1 \times 10^{-3}) / 4\pi \times (4\pi \times 10^{-7}) \times (0.25)^2$$

$$= -1 \times 10^{-6} / \pi^2 \times 10^{-7} = -10 / \pi^2 = -1.01$$

したがって、最も近いものは (d) である。

誤った解答のほとんどは、この式及び真空の透磁率を記憶していないことに起因する。また磁極や磁極間に働く力には土があることも忘れないで欲しい。なお、真空の透磁率: μ_0 の値は磁粉探傷試験の基本であり、少なくともレベル 3 を目指す人は記憶しておいて欲しい。

問 3 円筒状の機械部品(材質 SS400, 内径 $\phi 30 \text{mm}$, 外径 $\phi 40 \text{mm}$) を $\phi 20 \text{mm}$ の貫通棒を用いた電流貫通法で磁化した(直流 300A) 場合、外表面における次の値はおおよそいくらになるか。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 $\mu = 6.28 \times 10^{-4} \text{ (H/m)}$ 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) 120 (b) 238 (c) 1200 (d) 2380
- (2) そのときの磁束密度 (T)
(a) 0.15 (b) 0.75 (c) 1.5 (d) 2.6
- (3) そのときの比透磁率 μ_s
(a) 50 (b) 500 (c) 2000 (d) 5000

正答 (1) (d) (2) (c) (3) (b)

(1) 電流貫通法による円筒状試験体の磁界の強さは次式で表される。

$$H = I / 2\pi r$$

これに、 $I = 300 \text{ (A)}$, $r = 0.02 \text{ (m)}$ を代入する。

$$H = 300 / (2\pi \times 0.02) = 300 / 0.126 = 2380 \text{ (A)}$$

(2) 磁束密度は、 $B = \mu H$ であるから、

$$B = 6.28 \times 10^{-4} \times 2380 = 14950 \times 10^{-4} = 1.5 \text{ (T)}$$

(3) 比透磁率は、 $\mu = \mu_0 \mu_s$ であるので、

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

この問題は、磁粉探傷試験の基本問題であるので、以上のことは確実に理解しておいて欲しい。

問 4 次の文は、きずからの漏洩磁束密度の大きさを比較したものである。誤っているものを一つ選び記号で答えよ。

(a) きずの寸法, 位置, 及び磁界の強さが等しい場合, 試験体の材質が S25C (A) の方が, S25C (Q) よりきずからの漏洩磁束密度が大きい。

(b) 試験体の鋼種が同じでも, 熱処理が異なるとききずからの漏洩磁束密度は変化する。きずの寸法, 位置, 及び磁

界の強さが等しい場合、焼入れしたものの方が、焼きなまししたものよりきずからの漏洩磁束密度が大きい。

(c)同一磁束密度(1.0T)で磁化した場合、焼きなましした炭素鋼の炭素含有量が変化しても、同一位置・同一形状のきずからの漏洩磁束密度はおおよそ同じになる。

(d)磁化電流を増加した場合、試験体内部の磁束密度は増加し、きずからの漏洩磁束密度も増加する。

正答 (b)

きずからの漏洩磁束密度は、試験体の磁気特性、きずの大きさ・存在位置、及び与える磁界の強さ、磁化電流の種類等に影響を受ける。記号で(Q)は焼入れを(A)は焼きなましを表している。試験体の磁気特性は、焼きなまししたものの方が透磁率が高く、磁界の強さが等しい場合、きずからの漏洩磁束密度も高くなる。試験体中の磁束密度が同じであれば、焼きなまし材では、炭素鋼の炭素含有量が変化してもきず漏洩磁束密度はそれほど変わらない。炭素含有量が変化すると、同一磁束密度を得るまたは飽和に要する磁界の強さが変化する。磁化電流の増加は磁界の強さを増加させることであるので、磁束密度は増加する。したがって、(b)が誤りである。

問5 次の文は、鋳鋼のように比較的粗い探傷面の試験体の表皮下にある比較的大きなきずを検出するための試験条件の選定について述べたものである。最も適した試験条件を一つ選び記号で答えよ。

(a)磁化電流は直流とし、磁粉の適用は乾式法とし適用時期は残留法とする。

(b)磁化電流は直流とし、磁粉の適用は湿式法とし適用時期は連続法とする。

(c)磁化電流は直流とし、磁粉の適用は乾式法とし適用時期は連続法とする。

(d)磁化電流は交流とし、磁粉の適用は乾式法とし適用時期は連続法とする。

正答 (c)

磁粉探傷試験の探傷条件を設定する、基本的な問題である。検出の対象は表皮下のきずであるので、表皮効果の影響が少なく試験体内部への磁束の投入が可能な直流を選定する(他に試験体の材厚や磁化電流の整流波形にも考慮が必要)。また、表皮下のきずの場合、表面きずよりもきずからの漏洩磁束密度が小さいと考えられるので、より漏洩磁束密度が大きくなる連続法を選択する。試験体の表面粗さが粗く、対象が内部きずであるので磁気特性がよく、またバックグラウンドが汚れにくい、粒子の

比較的大きな乾式磁粉を適用する。したがって、正答は(c)である。また例にはないが磁化方法を選択する場合は、試験体に直接に電流を流す方法の方がより検出が容易である。

問6 次の文は、探傷に必要な有効磁界の適正值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)連続法において、大きいきずを対象とする場合は、飽和磁束密度の60~70%程度の磁界でも探傷可能である。

(b)連続法において、表面粗さが粗い場合は、飽和磁束密度の60~70%程度の磁界で探傷すると粗さの影響をあまり受けずに探傷が可能である。

(c)連続法において、試験体に材質境界指示が現れる場合には、飽和磁束密度60~70%程度の磁界が必要である。

(d)残留法の場合は、試験体を飽和磁束密度が得られるまで磁化するので、試験体に残留する磁束密度の強さは連続法で与えられる磁束密度の強さより大きい。

正答 (d)

探傷に必要な有効磁界の大きさの適正值は、連続法においては飽和磁束密度の70~90%程度が得られるような磁界の強さが原則である。しかし試験条件の設定にあたり、考慮事項として試験体の表面粗さ、試験体の形状変化、対象とするきずの大きさ・存在位置等がある。また残留法では、試験体に最大の残留磁束密度が得られるように、飽和磁界が得られるように磁化する。連続法で、漏洩磁束密度の大きな、比較的大きなきずを対象とする場合には、与える磁界の強さは微小なきずを検出する磁界の強さほど大きくなくてもよい。また、表面粗さが粗い場合には、表面からの漏洩磁束によってバックグラウンドへ磁粉が過剰に付着し、S/N比が低下することが原因となる検出能の低下を避けるため、若干磁界の強さを弱める。金属組織のムラがあり材質境界指示の出現が予想される場合にも、若干磁界の強さを弱める。残留法では、飽和磁束密度が得られるまで磁化するが、残留磁束密度は一般に飽和磁束密度の60~80%程度の大きさである。したがって、(d)が誤りである。

これからレベル3の資格を取得しようとする人は、本解説を参考にして教科書等の内容を十分に学習して頂きたい。なお、ここで解説したものはあくまで類似問題であり、このまま出題されることはないものと考えて頂きたい。