

PT レベル 3 パート D, E 試験のポイント

PT レベル 3 のパート D, E 試験について、正答率の低い最近の問題の類題について解説する。

パート D の類題

問 1 直径が 20 μm の毛管を浸透液の入ったシャーレの上に垂直に立てた場合、浸透液が上昇する液面からの高さとして正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、浸透液の密度は 880 kg/m^3 、表面張力は 30 mN/m 、粘度は 5 mm^2/s 、浸透液の毛管に対する接触角は 5 度、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。

- (a) 約 70 mm
- (b) 約 180 mm
- (c) 約 350 mm
- (d) 約 700 mm

正答 (d)

毛管の内部を上昇する浸透液の高さは、式(1)であらわされる。

$$h = \frac{2\Gamma \cos\theta}{r\rho g} \quad (1)$$

ここで、 Γ は表面張力、 θ は浸透液の毛管に対する接触角、 r は毛管の半径、 ρ は浸透液の密度、 g は重力加速度である。 $\cos 5^\circ \approx 1$ 、半径 $r = \text{直径 } 20 \mu\text{m} / 2$ を考慮の上、与えられた値を代入すると $h = 695.7 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$ となる。よって (d) が正答である。なお、毛管の内部を上昇する浸透液の高さに対し粘度の影響を受けることはない。

問 2 次の文は、試験体のきずの評価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) 指示模様の寸法及び数で評価するのが原則である。
- (b) 指示模様の形状及び方向で評価するのが原則である。
- (c) 指示模様を取り除き、実際のきずの寸法及び数を正確に知る必要がある。
- (d) 指示模様の寸法を実際のきずの寸法として評価するのが原則である。

正答 (c)

現像剤を適用するときずの内部から浸透液を吸い出し、

時間の経過とともに指示模様は拡大してゆく傾向にある。すなわち、指示模様は、より検出しやすくするため、実際に試験体に存在するきずに対して、強調されたサイズや形状となる。きずの影響を的確に評価するためには、正確にその形状やサイズを知る必要があるため、いったん指示模様の現れている現像被膜を除去し、実際のサイズや形状を把握しなければならない。したがって、(c) が正答である。

問 3 次の文は、蛍光浸透液に紫外線を照射した場合の浸透液の劣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) 温度に影響されない。
- (b) 紫外線照射時間が長いほど影響が大きくなる。
- (c) 浸透液の銘柄によって相違はない。
- (d) 浸透液の膜厚が厚いほど、影響が大きくなる。

正答 (b)

蛍光浸透液に含まれる蛍光物質は様々な要因によって、劣化する。主な要因として紫外線の照射があげられる。当然、照射時間が長くなればその影響も大きくなることから蛍光浸透液に対し、長時間紫外線を当て続けることは避けなければならない。したがって正答は (b) である。その際、温度が高い方が劣化はさらに早く進むため、(a) は誤りである。また、浸透液の銘柄が異なれば、配合されている蛍光物質も異なるため、劣化の進み具合も異なる。よって (c) も誤りである。紫外線の影響は比較的表層近くのみであり、膜厚の影響を大きく受けることはなく、(d) も誤りである。

問 4 次の文は、探傷剤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) 浸透液の着色には、顔料が用いられている。
- (b) 速乾式現像剤には、界面活性剤が添加されているものもある。
- (c) 水洗性浸透液には、過洗浄を防ぐため増粘剤が一般的に使用されている。
- (d) 乾式現像剤には、少量の界面活性剤が添加されている。

正答 (b)

浸透液の着色に使用されているのは顔料ではなく染料であり、(a) は誤りである。界面活性剤は、速乾式現像

剤にも添加されていることがあり、(b)は正しい。過洗浄を防ぐために浸透液に増粘剤が添加されることはなく、(c)は誤りである。乾式現像剤は粉体であり、界面活性剤は添加されておらず、(d)も誤りである。

パート E の類題

問 5 次の文は、JIS Z 2343-2:2017 における探傷剤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) 蛍光浸透液の感度レベルは、4 つに分類されている。
- (b) 現像剤は、4 つに分類されている。
- (c) 余剰浸透液の除去方法は、5 つに分類されている。
- (d) 浸透液のタイプは、2 つに分類されている。

正答 (c)

JIS Z 2343-2:2017 において、探傷剤等の分類は以下の通りである。

感度レベル ; 1/2, 1, 2, 3, 4 の 5 通り

浸透液 ; タイプ I, II, III の 3 通り

余剰浸透液除去剤 ; 方法 A, B, C, D, E の 5 通り

現像剤 ; フォーム a, b, c, d, e, f の 6 通り

したがって (c) が正しい。規格を見直して、それぞれの意味を把握しなおしておいてほしい。

問 6 次の文は、浸透探傷試験における指示模様がきずによる指示模様か疑似指示かを判断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) 現像剤を軽くグラインダで取り除き、明るいところで拡大鏡を用いて観察する。
- (b) 同一形状の試験体の検査実績が多数ある場合は、指示模様の発生原因をある程度予測できるため、経験的判断も重要視する。
- (c) タイプ I では、指示模様が現れた箇所を前処理と同じ方法で除去処理した後、現像剤を再適用し、指示模様が再び現れるかどうかを観察する。
- (d) タイプ II 方法 C の場合は、現像剤を取り除いた後、高感度の浸透液によるタイプ I 方法 C を用いた試験を行う。

正答 (b)

現像剤の除去にグラインダを用いることはなく、(a)

は誤りである。試験体が同一形状の場合は、きずの発生しやすい場所などが共通である可能性が高いため、以前の実績を参照することもでき、(b)は正答である。前処理と同じ方法で指示模様を除去するときず内部の浸透液も除去されている可能性が高く、浸透液の再適用が必要となるため、(c)は誤りである。染色浸透液を適用してしまうと、更に蛍光浸透探傷液を適用しても蛍光指示模様が得られない恐れがあるため、(d)も誤りである。

問 7 次の文は、前処理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) 機械研磨は、表面硬化や残留応力を生じさせることがあり、疲労強度に影響を及ぼすことがある。
- (b) 石油系溶剤を使用する場合は、その溶剤が光や湿気の作用により分解し、塩素やその他の腐食性物質を生成することがあり、注意が必要である。
- (c) ショットブラストやグリッドブラストは、引張り応力を発生させるため、疲労割れや応力腐食割れを抑止する効果がある。
- (d) 電解洗浄は、電解液中に試験体を浸漬し、試験体を電極として汚染物を電解除去する方法で、脱脂工程や酸洗工程でとりきれなかつた汚れをとるための、仕上げ洗浄である。

正答 (a)

表面に機械的な影響を及ぼす研磨等の加工を行うと、表面硬化や残留応力を生じさせることがあるため、疲労強度に影響を与えることがある。したがって (a) が正答である。石油系溶剤を使用する場合は、すぐに揮発させてしまうことが多いため、(b)は誤りである。ブラスト類は、引張りではなく圧縮応力を発生させるため、(c)は誤りである。電解洗浄は、酸洗を迅速に行う工程で、仕上げ洗浄ではないため (d) も誤りである。

レベル 3 技術者には広範な知識が求められる。参考書だけでなく、関連する規格類などにも精通しておいてほしい。

E T レベル 3 パート D・E 試験のポイント

JIS Z 2305:2013「非破壊試験技術者の資格及び認証」に基づく ET レベル 3 のパート D, E 試験は、主に参考書である『渦流探傷試験Ⅲ』から出題される。本稿では、最近行われた試験のうち、正答率の低かった問題に類似した例題によりポイントを解説する。

パート D の類題

問 1 次は、JIS Z 2300:2020「非破壊試験用語」に規定されている定義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) 欠陥: 非破壊試験によって検出したきず。
- (b) 判定基準: 非破壊試験によって検出したきずが使用上有害かどうかを決める基準。
- (c) 指示模様: 非破壊試験において、装置上に表示された画像、数値又は試験体上に出現された模様。
- (d) 不連続部: 組織、材質又は形状の連続性が途切れる部分で、意図的な場合のものは含まれない。

正答 (c)

「指示模様」以外の定義を以下に示す。

欠陥: 規格、仕様書などで規定された合格基準を満たさず、不合格となるきず。

判定基準: 非破壊試験によって検出した結果を用いて、要求水準を満足しているかを定める基準。

不連続部: 組織、材質又は形状の連続性が途切れる部分。意図的な場合とそうでない場合との両方が含まれる。

問 2 次のうち、導電率が最も小さな物質はどれか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) チタン (b) 軟銅
- (c) アルミニウム (d) 鉛

正答 (a)

表 1 に導電率を示す。したがって、正答は (a) となる。表 1 には導電率(%IACS)も記している。軟銅の導電率を 100 とした時の導電率(%IACS)を用いると、導電率の大小関係を評価しやすい。

問 3 次は、正規化インピーダンスを利用する利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) 試験コイルの空心時の特性を解析できる。
- (b) 試験コイルの巻線抵抗の影響を解析できる。
- (c) 試験コイルの形状の影響を解析できる。
- (d) 試験体の形状変化の影響を解析できる。

正答 (d)

試験コイルのインピーダンス Z は式(1)で表される。

$$Z = R_0 + \Delta R + j\omega(L_0 + \Delta L) \quad (1)$$

ここで、 R_0 はコイルの巻線抵抗、 ΔR は抵抗の変化分、 ω は角周波数、 L_0 は空芯時のインダクタンス、 ΔL はインダクタンスの変化分を示す。正規化インピーダンス平面とは、 Z から試験体の情報は含まない R_0 を除き、かつ ωL_0 で正規化した式(2)に示す X 及び Y を横軸及び縦軸とする複素平面のことを言う。

$$X = \frac{\Delta R}{\omega L_0}, Y = \frac{\omega(L_0 + \Delta L)}{\omega L_0} \quad (2)$$

これにより、同一形状の試験コイルは、巻線径や巻数が異なっても、正規化インピーダンス平面上では同一の点として表現される。コイルに非磁性体または磁性体の導体を挿入した際の正規化インピーダンスの例を図 1 に示す。図 1(a)から、周波数と導電率が同じ方向に変化し、導体の半径の変化がその方向に対してほぼ直交することがわかる。図 1(b)から透磁率の変化は、周波数が低い方が見分けやすいことがわかる。このように正規化インピーダンスは導体(試験体)の変化の影響を解析することができる。したがって正解は (d) である。

表 1 室温での金属の導電率

種類	導電率 ($\times 10^7$ S/m)	導電率 (%IACS)
銀	6.17	106
銅	5.96	103
軟銅	5.80	100
金	4.17	72
アルミニウム	3.64	62.7
黄銅	1.43~2.00	25~34
炭素鋼	0.51~0.77	8.8~13.3
鉛	0.48	8.3
ステンレス	0.13~0.18	2.2~3.1
チタン	0.17	2.9

パートEの類題

問4 次の文は、電磁誘導現象を利用した材質試験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) 非磁性体の材質判別は、透磁率の差異を利用する。
- (b) 非磁性体の材質判別は、リモートフィールド渦電流試験装置により行われる。
- (c) 強磁性体の材質判別に用いる試験周波数は、数十kHzから数百kHz程度の高い周波数が用いられる。
- (d) 強磁性体の材質判別では、試験体に弱磁界を印加するものと強磁界を印加するものがある。

正答 (d)

強磁性体は透磁率、非磁性体は導電率の差異を利用して材質試験が行われるため、(a)は誤りである。リモートフィールド渦電流試験は強磁性体の減肉を評価するのに用いられるため、(b)は誤りである。強磁性体の場合、図1(b)に示すように周波数が高いほどインピーダンスにおける透磁率の影響の差が小さく(見分けにくく)なるため、(c)は誤りである。図2は、強磁性体の初期磁化曲線と磁気ヒステリシスループを示したものである。強磁性体の材質判別には、小型の上置コイルにより磁界が0に近い(弱磁界)ときの透磁率(初透磁率)の違いを利用する。ただし、この方法は試験体自体に残留磁気が存在すると結果に影響を受けやすい。そこで、試験体に強磁界を印加しヒステリシスループの違いを利用する方法もとられている。したがって、正答は(d)となる。

問5 次の文は、電磁界有限要素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) コイルに生じる誘導起電力はコイルの導線部分の磁気ベクトルポテンシャルから求める。
- (b) 有限要素法は誘導起電力を求められるが、磁束密度や渦電流密度を可視化できない。
- (c) 有限要素法は厳密解を得ることができる。
- (d) 有限要素法では個々の要素のサイズが大きいほど詳細な計算結果が得られる。

正答 (a)

電磁界有限要素法は、コイル、試験体及び空気を、内部を線形で近似した要素の組み合わせで表現し、要素の数だけ方程式を連立させ、それを解くことで磁束密度 B や渦電流密度 J の分布を求める手法である。変数として式(3)で定義される磁気ベクトルポテンシャル A と電位ポテンシャル ϕ を用いた手法が一般的である。

$$B = \nabla \times A, \quad J = \sigma E = -\text{grad } \phi - \sigma \frac{\partial A}{\partial t} \quad (3)$$

ここで、 σ は導電率、 E は電界、 t は時間である。誘導起電力 V はコイルの導線部分 c の A と、 c の微小線分 dl から式(4)のように得られる。したがって、正答は(a)となる。

$$V = -\oint_c \left(\text{grad } \phi + \frac{\partial A}{\partial t} \right) \cdot dl \quad (4)$$

式(3)より磁束密度や渦電流密度を求めることができ可視化できるため、(b)は誤りである。有限要素法は近似解を得る手法なので、(c)は誤りである。磁束密度や渦電流を現実的に即した分布として表現することができる程度に個々の要素のサイズは小さくする必要があるため、(d)は誤りである。

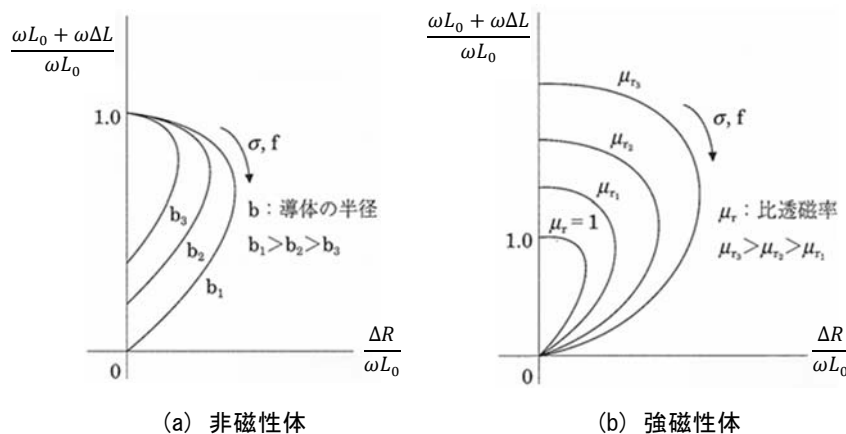


図1 正規化インピーダンス

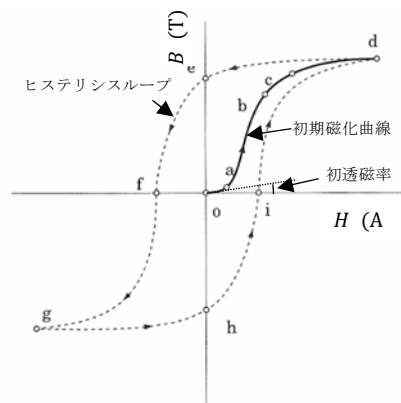


図2 初期磁化曲線と磁気ヒステリシスループ