

E T レベル 3 二次パート 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 の試験は渦電流探傷試験の適用と実際に関する問題が出題され、参考書として JSNDI 発行の『渦流探傷試験Ⅲ』がある。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。

問 1 試験コイルに非磁性導体の試験体を近づけると試験コイルのインダクタンスとリアクタンスはどのように変化するか。次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) インダクタンス, リアクタンスとも減少
- (b) インダクタンスは減少, リアクタンスは増加
- (c) インダクタンス, リアクタンスとも増加
- (d) インダクタンスは増加, リアクタンスは減少

正答 (a)

コイルの特性を表すインダクタンス $L(H)$ と電磁誘導に関連する誘導性リアクタンスとの関係は ωL で示され単位は Ω である。 ω は角周波数といわれ、周波数 f とは、 $\omega = 2\pi f$ の関係がある。したがって、インダクタンスとリアクタンスは比例関係がある。(b) と (d) は不正解である。

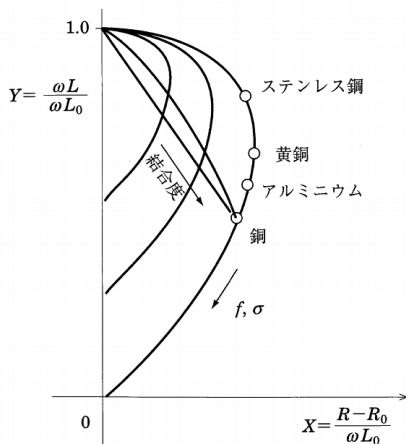


図 1 貫通コイルの正規化インピーダンス平面図

図 1 は、貫通コイルに非磁性導体を挿入したときの正規化インピーダンス平面図を示したものである。コイルに非磁性導体を近づけると、図中の縦軸に相当するリアクタンス成分は減少する。したがって、正答は (a) となる。

問 2 次の文は、試験コイルのインピーダンスと試験周波数の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) 試験周波数に反比例する。
- (b) 試験周波数に比例する。
- (c) 試験周波数に依存しない。
- (d) 試験周波数の 2 乗に比例する。

正答 (b)

コイルの巻線抵抗 R とインダクタンス L からなる試験コイルのインピーダンス Z は次式で示される。

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

ω は角周波数であり、コイルのインピーダンス Z はほぼ試験周波数に比例する。したがって、正答は (b) となる。

問 1 及び問 2 は渦電流探傷試験の基礎的問題であり、用語の定義について出題され、レベル 1 又は 2 に相当する。受験者は『渦流探傷試験Ⅲ』に限らず、『渦電流探傷試験Ⅰ』、『渦流探傷試験Ⅱ』も精読することを奨める。

問 3 次の文は、銅に不純物が混入した場合の影響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) ケイ素は非導電性の非金属であり、伝導電子に電気的な影響を与えないため抵抗率に影響を与えない。
- (b) ニッケルは導電性の非鉄金属であるが、混入量とともに抵抗率は増加する。
- (c) 鉄 (Fe) は導電性があり、混入しても抵抗率には影響がない。
- (d) ニッケルは非導電性の非鉄金属であり、混入した場合抵抗率に大きく影響する。

正答 (b)

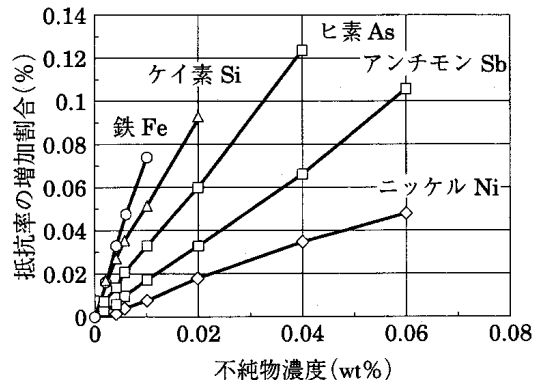


図 2 銅における各種不純物による抵抗率の変化

この問題を解くにあたって、『渦流探傷試験Ⅲ』P-91「不純物による抵抗率の変化」を参照すればよい。図2は、銅に固溶する不純物の割合と抵抗率の関係を示したものである。抵抗率は固溶する元素の量に比例し、種類によりその増加割合が異なることが示される。(a)と(c)は不正解である。ニッケルは導電性の非鉄金属であり、(d)は不正解である。正答は(b)となる。

問4 次の文は、航空機に使われている新しい探傷試験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) パルス渦電流法は交流連続波に代えて矩形波を用いる方法であり、高周波数成分のみであることから表面のみの探傷が可能である。
- (b) パルス渦電流法では検出されるパルス状信号の前半部に下層割れの情報が含まれ、後半部に上層割れの情報が含まれる。
- (c) マグネット・オプティカル・イメージング法は、試験体に直接、電流や磁力線を流す必要はない。
- (d) マグネット・オプティカル・イメージング法は、漏洩磁束を受感して偏光特性が変化する結晶膜が用いられている。

正答 (d)

この問題を解くにあたって、『渦流探傷試験Ⅲ』P-237「新しい渦電流探傷試験方法」を参照すればよい。パルス渦電流試験体に印加される矩形波には低周波数成分から高周波数成分まで含まれているので、試験体の表面から下層までの探傷が同時に可能であり、(a)は不正解である。パルス渦電流法では、表面に近い割れは、信号波形の高い周波数成分を含む時間的に早い段階の立ち上がり部分に、下層割れは、信号波形の低い周波数成分を含む時間的に遅い後半の部分変化を与える。したがって、(b)は不正解である。

マグネット・オプティカル・イメージング法は、センサとして磁束を受感して偏光特性が変化する特殊な結晶膜を用いている。センサの下面に配置された平面状導電体(誘導フォイル)に交流電流を流し、接触させる試験体に方向のそろった直線状渦電流を交互の向きに発生させる。試験体に渦電流の流れを阻害する割れや腐食等のきずがあると、その境界部位に試験面に対し垂直な漏洩磁束が発生する。センサの結晶膜に偏光を入射させて漏洩磁束を可視化することができる。したがって、(c)は不正解であり、正答は(d)である。

問5 次の文は、JIS G 0583 : 2012「鋼管の自動渦電流探傷検査方法」における対比試験片の人工きず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) ドリル穴の数は、一つのみである。
- (b) やすり溝は、平形やすりにより円周方向に加工する。
- (c) 角溝は、底部及び底部の角は、丸みがあってはならない。
- (d) 角溝は、管軸方向に平行に加工する。

正答 (d)

JIS G 0583 : 2012では、貫通コイル法を用いる場合、対比試験片には、厚さ方向に貫通した三つ又は四つのドリル穴を加工しなければならない。ドリル穴は、それぞれの場合で、円周方向に120°又は90°の位置とする。代替法として、厚さ方向に貫通したただ一つのドリル穴を加工した対比試験片を用いて、ドリル穴を0°、90°、180°及び270°の位置に変えて装置を通過させ、感度調整及び感度の確認をしなければならないので、(a)は不正解である。

やすり溝は、三角やすりによって、鋼管外面円周方向に加工されなければならない。溝底の角度はほぼ60°とすると記されており、(b)は不正解である。

角溝は、鋼管外面に管軸方向に平行に加工しなければならない。角溝の側面はほぼ平行で、底部は、側面に対してほぼ直角でなければならない。また、底部及び底部の角は、丸みがあってもよいと記されており、(c)は不正解であり、正答は(d)である。

近年、渦電流探傷試験に関するJIS規格が大幅に改定されている。JIS Z 2314 : 1991「渦流探傷器の性能測定方法」は廃止され、新たにJIS Z 2316:2014「非破壊試験 - 渦電流試験 - 第1~4部」が制定された。また、JIS G 0568 : 1993「鋼の貫通コイル法による渦流探傷試験方法」は廃止され、同時に、今回例題に示したJIS G 0583 : 2012「鋼管の自動渦電流探傷検査方法」が、大幅に内容変更し制定された。レベル3の試験には、規格に関する問題が必ず出題されるが、正答率は非常に低い。受験者は最新の規格を必ず精読しておく必要がある。受験者の健闘を祈ります。

STレベル3 試験のポイント

非破壊試験技術者の資格及び認証に関する日本工業規格 JIS Z 2305 が改正され、ひずみ測定試験 (SM) がひずみゲージ試験 (ST) になった。一次試験に関してはとくに変更がないと思われるが、二次試験に関しては従来の C₁、C₂、C₃ がパート D (一般)、パート E (適用)、パート F (手順書作成) に変更された。また、これまでに NDT フラッシュ欄で従来の SM レベル3の二次試験について例題による解説をしてきたが、ここでは、まず ST レベル3 試験全般について紹介し、とくに今回変更された点について解説をする。

一次試験

これまでの NDT フラッシュ欄で ST レベル3の一次試験については紹介されてないので、まずこの試験について述べる。一次試験はレベル3 全部門の受験者に対する必須問題と特定部門に対する選択問題で構成されている。必須問題に関しては別途紹介する必要がとと思われるが、ここでは ST 部門の問題について紹介する。この試験は四者択一形式でレベル2相当の問題が15問以上出題される。したがって、内容はレベル2と同一であるので、これまでに解説されている本欄の「レベル2 一般問題のポイント」並びに「レベル2 専門問題のポイント」を参考にしよう。また、これらの問題は参考書『ひずみ測定 I』、『ひずみ測定 II』に整合して作成されているので、これらの参考書も学んでおく必要がある。

二次試験

一次試験合格者を対象にした二次試験は上述のようにパート D、パート E、パート F で構成されている。パート D の一般試験はひずみゲージ試験に関する必要な基礎知識、すなわち材料や構造の力学及び電気工学の基礎知識に関する問題である。また、パート E はひずみゲージを使用した試験の適用に関する問題である。なお、パート D、パート E の具体的な例題についてここでは省略するが、これらの例題はすでに C₁、C₂ の問題として本欄で解説されているので参考にしてもらいたい。

パート F 手順書作成試験

JIS Z 2305 の改正にともない、手順書作成試験の問題はこの規格の附属書に整合させるため、従来のものとはかなり形式を変更する必要があった。このため、とくに

ここではこの手順書作成の問題について解説をする。

本規格によると手順書とは「規格、コード又は仕様書に従って製品の NDT を実施する際に適用すべき全ての必須の要素及び注意事項について記載した文書」とされている。このため、手順書の作成は、規格の附属書 D 及び与えられたひずみゲージ試験の課題に関する仕様書に従って、以下の表 1 に示した項目からなる文書を作成することになる。

表 1 手順書に含まれる項目

項目 1 : 一般
a) 適用範囲 (適用分野, 製品)
b) 文書管理 (用語)
c) 引用規格
項目 2 : 非破壊試験技術者
項目 3 : 測定機器及び試験装置
a) 測定機器 (ひずみゲージ, ひずみ測定器など)
b) 試験装置 (負荷装置, 高低温槽など)
項目 4 : 試験体
a) 試験体形状寸法
b) 試験体の材質
項目 5 : 試験の実施
a) 試験準備
b) 試験機器の調整, 試験体の取り付け
c) 試験方法
d) 測定値の補正
項目 6 : 試験の記録及び試験結果
a) 試験の記録
b) 試験結果
項目 7 : 試験後の手順
項目 8 : 試験報告書の作成
項目 9 : 全般的な表現

しかし、このパート F の試験は 1 時間であり、この時間内で上の表 1 の各項目について完全な文書を作成するのは不可能である。このため、ST 部門では要求されたひずみゲージ試験の仕様書を参考にして、各項目の間に対し必要な用語あるいは関連する事項を含む簡単な記述で解答してもらう形式の問題になる。以下に実際の例題により解答に当たったのポイントを解説する。

例題：耐熱チタニウム合金の引張試験

高速で飛行する航空機は空力加熱、すなわち機体外板と空気との摩擦で加熱され、300~400℃の高温に曝され

る箇所が発生する。このような箇所では、従来の航空機用アルミニウム合金では剛性が低下して使えなくなり、重量に対して強度及び剛性の高い耐熱性のチタニウム合金（アルミニウム及びバナジウムを含有したチタニウム合金）が用いられている。したがって、この材料の 400℃までの高温環境における強度特性を知る必要がある。この強度特性は引張試験のひずみをひずみゲージ試験で測定して求められている。

手順書作成試験では、上で述べたことを記載した仕様書（ここでは省略）が与えられ、これに関する表 1 の各項目に関する問が出題される。したがって、この問に対して必要な用語あるいは関連する事項を考慮した記述で解答をしてもらう。以下にこの耐熱チタニウム合金の例題についての解答例を示す。

項目 1：一般

- a) 適用範囲についての問では、「高温下におけるひずみゲージ試験の適用」が正答になる。
- b) 文書管理（用語）についての問には、「規格で規定された用語を使用する」と言うことが正答になる。
- c) 引用規格の問には、この例題で引用している「NDIS4001 規格」、「JIS Z 2305 規格」と試験体の形状寸法に関する「JIS Z 2201 規格」の記載が正答になる。

項目 2：非破壊試験技術者

この項目では試験の実施に当たって JIS Z 2305 で規定されている各レベルの職務についての問になる。このため、上述の規格あるいは参考書などで各レベルの職務について学んでおいてもらいたい。例えばレベル 1 の場合は「試験の実施」、レベル 2 の場合は「試験結果の検討及び評価」が職務になり、この記述が正答になる。

項目 3：測定機器及び試験装置

- a) 測定機器についての問では、高温環境での適用になるので「高温（溶接型）ひずみゲージと溶接機」、「静ひずみ測定器（データロガー）」、「高温用リード線」の使用についての記述が正答になる。
- b) 試験装置についての問では、「引張試験機（万能試験機）」、並びに高温環境での試験なので、この試験機に取付ける「高温槽と試験体取付け治具」を記載した記述であれば正答になる。

項目 4：試験体

- a) 試験体形状寸法についての問では、「JIS Z 2201 で規定された試験片」が仕様書に示されているので、この図を参考にして解答してもらう。
- b) 試験体の材質についての問では、この例題の「耐熱

チタニウム合金」と「軽量で強度及び剛性の高い材料」に関する記述があれば正答になる。

項目 5：試験の実施

- a) 試験準備についての問では、高温下の引張試験で真ひずみを測定する必要があるため、「試験体両面のひずみゲージの取付け」、このゲージによる「対辺 2 アクティブゲージ結線法の特長」に関する記述が正答になる。
- b) 試験機器の調整、試験体の取付けについての問では、「静ひずみ測定器の初期調整」と「高温槽内の試験体取付け方法」に関する記述が正答になる。
- c) 試験方法についての問では、「高温槽内部の治具を介して行う引張試験」、「この試験のひずみ測定」の記述が正答になる。
- d) 測定値の補正についての問では、「高温におけるゲージ率の修正」と「リード線抵抗の補正」が正答になる。

項目 6：試験の記録及び試験結果

- a) 試験の記録についての問では、「ひずみの測定値」、「最大荷重値」、「破断荷重値」の記録が正答になる。
- b) 試験結果についての問では、上述 a) の結果を基にした高温環境下での「応力・ひずみ関係の表示」、「引張強度及び破断強度の確認」が正答になる。

項目 7：試験後の手順

この項目についての問では、「試験終了後の試験片の処理あるいは保管」などの記述が正答になる。

項目 8：試験報告書の作成

試験結果の報告書に記載すべき事項を表 2 に示す。この項目についての問では、この表が正答になる。

表 2 試験結果の報告に記載する事項

1	試験年月日
2	試験場所
3	試験実施者の氏名と資格
4	試験装置及び測定機器
5	試験方法
6	試験結果の記録
7	試験結果による評価

ここでは、例題の表 1 の各項目に関する具体的な問は省略したが、試験時間が 1 時間であるので、解答例で示したように主要な用語などが含まれている記述であれば正答になるような問である。