

PT レベル 3 二次 C₂ (適用) 試験のポイント

JIS Z 2305 による資格試験について、今回は、PT レベル 3 の二次試験 C₂ (規格、仕様を含む関連する工業分野における PT の適用) について、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。PT レベル 3 の C₂ 問題については、これまでに、本欄の Vol.53, 10 月号に C₁, C₂ について、また、Vol.57, 11 月号及び Vol.60, 1 月号に C₂ について解説を掲載している。これらと合わせて参考にしてほしい。

問 1 次の探傷操作のうち、きず検出性が最も低下するものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 試験体 (アルミニウム合金製) 表面の酸化スケールを除去するため、サンドブラストを行い、その後 10 μ m 程度のエッチングを行なった。
- (b) 浸透時間の規定が 5 分間であるのに対し、4 分間と短縮した。
- (c) 気温 3℃ の状態で浸透時間を規定時間の 2 倍とした。
- (d) 蛍光浸透探傷において、試験面でのブラックライトの強度を 600 μ W/cm² で実施した。

正答 (a) (浸透探傷試験 III 2.3.2 項 参照)

きず検出性に影響する因子としては、探傷手順、探傷剤の種類と特性、検出対称となるきずの種類、試験体形状 (特に表面粗さ)、探傷環境及び観察条件等が考えられる。これらの因子がどの程度きず検出に対して影響するかを考えることが必要である。(a) のサンドブラスト処理を行ったアルミニウム製試験体に対してのエッチング量は製品の用途、また、検出きずの種類によっても異なってくるが、一般的には数十 μ m とされている。テキストにもアルミ焼き割れ対比試験体について、エッチング量ときず指示模様の検出例が示されているが、10 μ m 程度のエッチング量ではきずはほとんど検出されていない。(b) の浸透時間を 5 分から 4 分に短縮した場合は、微細な密着したきずの検出は困難になることが想定されるが、浸透時間の設定はある程度余裕をもって設定されることが普通であり、検出性はそれほど低下しないと考えられる。(c) の気温が 3℃ の状態での浸透時間については、JIS Z 2343-6「10℃より低い温度での浸透探傷試験」で常温の 2 倍とすることが望ましいとされている。した

がって、この場合のきず検出性の低下はほとんどないと考えられる。(d) のブラックライト強度を 600 μ W/cm² (6W/m²) で観察した場合は、微細きずについては検出性の低下が考えられるが、比較的大きなきずは検出可能である。したがって、これらの検出性を比較すると、(a) の場合が、最も検出性の低下が大きいと考えられる。

問 2 次の文のうち、自然乳化について述べているものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 水洗性浸透液が空気中の湿分を吸収し、乳化すること。
- (b) 油ベース乳化剤に少量の水分が混入した場合に粘度が上昇すること。
- (c) 後乳化性浸透液が変化を生じ、乳化剤を加えなくても部分的に乳化すること。
- (d) 機械的攪拌 (かくはん) を行わなくても界面活性剤の濃度が高い場合に水と油が接触するとその界面で乳化が起こること。

正答 (d) (浸透探傷試験 III 3.1.3 項 参照)

乳化とは油性の浸透液と水のようにお互いに相溶性を持たない液体のうち、一方が細かい粒子となり他方に分散した状態になることをいう。一般に界面活性剤の作用と機械的攪拌を必要とするが、界面活性剤の濃度が高い場合等、攪拌を行わなくても水と油が接触するとその界面で自然に乳化が起こることを自然乳化といっている。したがって、(d) が正答となる。(a) の水洗性浸透液が空気中の湿分を吸収した場合、浸透液は多少の水分は溶解することができ、浸透液の粘度が上昇する。これは可溶化現象という。浸透液が空気中の湿分を吸収することはあるが、乳化するほどの水分を吸収することはない。(b) は可溶化現象のことをいっている。後乳化性浸透液は基本が油性溶剤であり、変化することはない、また、乳化剤を加えなければ乳化することもないので、(c) は誤った表現を述べている。

問 3 航空機エンジンの保守検査におけるタービブレードの浸透探傷試験をしなければならない。次の条件が提示されている場合、最も適した試験方法を次の中から一つ選び記号で答えよ。

- 条件 (1) 検査対象物は形状が複雑である。
- (2) 精密鑄造品で表面がやや粗い。

(3) 疲労割れが考えられる。

- (a) 水洗性染色浸透探傷試験 速乾式現像法
- (b) 水洗性蛍光浸透探傷試験 乾式現像法
- (c) 溶剤除去性蛍光浸透探傷試験 乾式現像法
- (d) 後乳化性蛍光浸透探傷試験 (油ベース乳化剤) 乾式現像法

正答 (b) (浸透探傷試験Ⅱ9.2項 参照)

探傷方法の選定に当たっては、まず第一に検出すべききずの種類を想定する必要がある。問題の条件に疲労割れとあること、また、検査対象が航空機エンジンの保守検査ということから微細きずを対象とした検査方法を選定する必要がある。このことから、探傷方法は後乳化性蛍光浸透探傷試験が考えられるが、題意から試験体は形状が複雑で表面がやや粗いため、油ベース乳化剤の適用は困難と考えられる。そのため次善の方法として水洗性蛍光浸透探傷試験が考えられる。現像方法としては形状が均一なもので適用が可能であれば、速乾式現像法が最も検出感度がよいとされているが、題意から速乾式現像法の適用は困難と考えられる。また、選択肢にもその組み合わせがないため、(b) の水洗性蛍光浸透探傷試験・乾式現像法が最も適した探傷方法と考えられる。ここで、後乳化性蛍光浸透探傷試験(水ベース乳化剤)であれば、複雑形状な試験体にも適用可能であることを覚えておいてほしい。

問4 次の規格のうち、浸透探傷試験に関係しない規格を一つ選び記号で答えよ。

- (a) JIS Z 2323
- (b) JIS Z 2343-1
- (c) JIS Z 3104
- (d) ASTM E-1417

正答 (c) (非破壊検査ガイドブック 参照)

レベル3技術者としては、浸透探傷試験のみならず、他の探傷方法に関する規格名称も覚えておく必要がある。

(a) の JIS Z 2323 は磁粉探傷試験及び浸透探傷試験の観察条件に関する規格である。(b) の JIS Z 2343 は浸透探傷試験に関する規格であり、パート1から6まで制定されている。(c) の JIS Z 3104 は放射線透過試験(鋼溶接継手)に関する規格であり、試験問題にもよく出題されている規格なので、ある程度内容も覚えておく必要が

ある。(d) の ASTM E-1417 は浸透探傷試験の実技に関する規格である。外国規格については ASTM 規格の他に ISO 規格や EN 規格等がある。これらの関連規格についても覚えておく必要がある。

問5 次の文は、疎水性汚染物の除去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) 動・植物油及び鉱物油はアルカリ性洗浄剤で処理すれば鹸化(けんか)が起こり、比較的容易に除去できる。
- (b) 潤滑油が摩擦熱などにより表面に焼き付いている場合は、通常の脱脂方法だけでは、除去が困難な場合が多い。
- (c) 泥、粘土類の汚れは水や温水などにより容易に除去することができる。固着して落ちにくい場合は、水溶性界面活性剤を加えた水溶液とか高温高圧蒸気洗浄を用いるとよい。
- (d) 油性インク、塗料などの汚れは除去が難しい場合が多い。ペイントリムーバや溶剤による脱脂又はアルカリ洗浄などを組み合わせて使用すると効果がある。

正答 (a) (浸透探傷試験Ⅲ2.1.1項 参照)

疎水性汚染物の代表的なものとして、有機物質では鉱物油(石油製品)、動・植物油及び混成油が挙げられる。

(a) の鹸化とは油成分のエステルがアルカリの作用により加水分解されてアルコールと脂肪酸塩のアルカリ塩になる反応をいう。動・植物油は通常アルカリ性洗浄剤で処理すれば鹸化が起こるが、鉱物油はアルカリ性洗浄剤では鹸化が起こらず除去が難しい。したがって、(a) は誤っている。(b) は正しく、潤滑油が焼き付いている場合は特殊な除去剤を用いるか、機械的な方法で除去しなければならぬ。泥、粘土類の汚れは疎水性無機質に分類され、比較的容易に除去できるものであり、(c) は正しい。疎水性無機質にはその他に金属酸化物があり、これは化学的には除去することが難しい。油性インク、塗料などは除去が難しい場合が多く、(d) も正しい。

以上、これまでに出题された問題の類似の問題を参考に解説してきた。紙面の都合上多くの問題は解説できないが、これからレベル3の資格を取得しようとする方は、本解説を参考にして参考書、問題集等の内容をよく学習して欲しい。

E T レベル 3 二次 C₂(適用)試験のポイント

JIS Z 2305:2001 非破壊試験 - 技術者の資格及び認証 - に基づく ET レベル 3 の二次試験 C₂(適用)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る。参考書として、JSNDI 発行の『渦流探傷試験Ⅲ』に記述している第 8~11 章が該当する。本稿では、最近行われた C₂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 鋼管の貫通コイルによる渦電流探傷試験において、内面と外面きずの位相差が最大となる f/f_c はいくつか。但し f は試験周波数、 f_c は特性周波数を示す。次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 5 (b) 15 (c) 50 (d) 150

正答 (d)

特性周波数 f_c は試験体の寸法(外径、肉厚)と材質が決まると定まる値である。問題を解くにあたって先ず考えることは、鋼管の内外面に発生したきずによる信号の位相が変わる要因であり、渦電流の表皮効果による浸透深さと位相の遅れである。このうち、渦電流の位相 θ は次式で示される。

$$\theta = -\sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}} x \quad \dots\dots ①$$

ただし、 $\omega=2\pi f$: 角周波数、 x : 導体表面からの距離である。したがって、試験体の寸法と材質が決まれば、試験周波数 f が高いほど、試験体の内面と外面きずの信号位相差は大きくなり、正答は (d) となる。

問 2 貫通コイルによる渦電流探傷試験において、試験体の材質が同一の場合、内面と外面きずによる信号の位相差が最大となるのはどの組み合わせか。次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 肉厚 大, 試験周波数 高
- (b) 肉厚 大, 試験周波数 低
- (c) 肉厚 小, 試験周波数 高
- (d) 肉厚 小, 試験周波数 低

正答 (a)

問 1 と類似問題であり試験体の材質が同一の場合、①式に示すように導体表面からの距離(肉厚)が大きいほどきず信号の位相差が大きくなる。また、試験周波数が

高いほどきず信号の位相差が大きくなる。したがって、正答は (a) となる。

問 3 次の文は、試験体の表面性状が渦電流試験に与える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) 機械加工による周期的な凹凸は、上置コイルの探傷においてリフトオフが減少する方向にインピーダンスが変化する。
- (b) 機械加工による周期的な凹凸の影響を少なくするために、リフトオフを大きくすると検出感度が向上する。
- (c) 金属の表面処理として、ショットピーニングを行うと表面硬度が増すが、電気抵抗は減少する。
- (d) 探傷試験の前処理として、ショットピーニングを行うとき検出力が向上する。

正答 (d)

試験体の表面に生じた機械加工による周期的な凹凸は、探傷信号としてコイルのインピーダンス平面においてリフトオフ(試験コイルと試験体との相対的な位置)線上で変化するが、リフトオフが減少する方向とは限らず(a)は不正解である。リフトオフを大きくするとき検出感度は減少するため(b)も不正解である。金属の表面処理としてショットブラストを行うと加工硬化により表面硬度が増し、疲労強度と電気抵抗も増加するので、(c)は不正解である。探傷試験の前処理として、ショットピーニングを行うと表面に付着した酸化膜スケールが除去されきず検出力が向上する。正答は (d) となる。

問 4 次の文は、上置コイル法における試験周波数の選定について述べたものである。次の中から正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) インピーダンス曲線上で、ひざ頭(Knee Point)に相当する周波数を選ぶことにより、きずによるインピーダンス変化とリフトオフ信号との分離角が大きくなり適性となる。
- (b) 試験体がアルミニウム合金から銅に変わったとき、同じ渦電流の表皮深さを保つためには周波数を上げて試験する。
- (c) 渦電流の浸透深さは試験周波数 f に反比例するので、下層部のきずに対しては表面きずの場合よりも試験周波数を低くする。

(d) 多層構造の下層部材の探傷では低周波渦電流探傷法を適用するが、プローブの外径は考慮する必要がない。

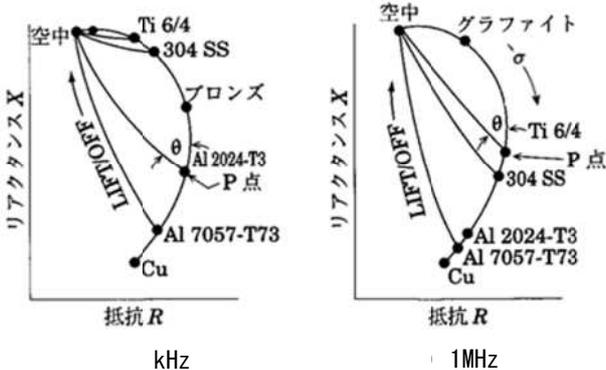
正答 (a)

渦電流の浸透深さ δ は次式で示される。

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}} \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

②式で示すように浸透深さを一定に保つには周波数 f と導電率 σ の積を一定に保つ必要がある。(b) に示すように、例えばアルミニウム合金 (2014) の導電率は 2.6×10^7 (S/m) であり、銅の導電率は 5.8×10^7 (S/m) である。試験体がアルミニウム合金から銅に変わったとき、同じ浸透深さを保つためには周波数を下げる必要がある (b) は不正解である。また、②式で示すように渦電流の浸透深さは周波数の平方根に反比例しており (c) は不正解である。低周波渦電流探傷法において、プローブの外径は渦電流の浸透深さと端末効果を考慮して選定する必要がある。試験周波数が同じでもプローブ径が大きければ、より深い位置にある下層割れを検出でき (d) は不正解である。

上置コイルによる渦電流探傷試験では、リフトオフ信号との識別性ときずに対するインピーダンス変化の大きさを考慮して周波数を設定する必要がある。図 1 に周波数の異なるインピーダンス曲線例を示した。インピーダンス曲線上で抵抗成分の変化が最小で、リアクタンス成分の変化が最大になる部分 (図中 P 点近傍) をひざ頭 (Knee Pint) と呼ばれている。材料の特性がこのひざ頭にあると、導電率変化によるコイルのリアクタンス変化が大きく、リフトオフ信号との分離角 (θ) も大きく探傷試験に適している。材料の特性をこのひざ頭に位置させるような試験周波数を適正試験周波数と言う。正答は (a) となる。



問5 次の文は、貫通コイル法による鋼管の渦電流探傷試験の疑似指示とその確認方法について述べてある。

正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 外来電気ノイズによる疑似指示は再現性がないことから再試験にて確認することができる。
- (b) 試験体送り装置の心合わせ不良に起因する疑似指示は再現性がないことから他の試験方法により確認する。
- (c) 磁気飽和不足に起因する疑似指示は試験体中央で大きく生じる。このとき磁化電流を増大させて再試験を行う。
- (d) 材質的不均質、残留応力による疑似指示は一般に大きな指示が得られるので、目視との対応が容易に得られる。

正答 (a)

疑似指示とはきずによらない指示を示し、得られた指示の確認方法としては再試験あるいは目視、磁粉探傷、浸透探傷等の方法が用いられる。(b) の試験体送り装置の心合わせ不良に起因する疑似指示は、試験体の同じ位置に発生することが多く再現性があり、送り装置を修正し再試験すると消え、(b) は不正解である。(c) の磁気飽和不足に起因する疑似指示は、試験体の全面に大きな雑音指示が現れ、磁気飽和装置の励磁電流を増加し再試験すると消え、(c) は不正解である。(d) の材質的不均質、残留応力による疑似指示は一般に大きな指示が得られるが、目視では判定できず、(d) は不正解である。(a) の外来電気ノイズによる疑似指示は、再試験を行っても再現性がないことから、正答は (a) となる。

最近の ET レベル 3 の C₂ 試験に関する問題は、『渦流探傷試験Ⅲ』の範囲で『渦流探傷試験問題集 2002』の類似問題から出題されている。レベル 3 の資格取得を目指す人は、まず渦電流探傷試験の基本事象を十分に理解し、適用についてはレベル 2 の知識をしっかりと理解する必要がある。また、渦電流探傷試験に関する JIS 規格については一部改正されており、新規格についても確認しておく必要がある。受験者の健闘を祈ります。