

PT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PTレベル3のC₁問題のポイントについて解説する。

これまで、本欄において2004年10月 (Vol.53, No.10) にC₁, C₂について、2008年5月 (Vol.57, No.5) にC₁について、それぞれ数問ずつ解説をした。今回は最近の正答率の低い問題に類似した問題及び基本的に理解してほしい問題のポイントを解説する。

問1 次の、付着力について説明したものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 同種の分子間に働く引力をいう。
- (b) 異種の分子間に働く引力をいう。
- (c) 同種の分子の界面に働く、界面張力をいう。
- (d) 異種の分子の界面に働く、界面張力をいう。

正答 (b) (浸透探傷試験Ⅲ1.2項参照)

この問題は言葉の意味を理解していればすぐ解けるものである。付着力や界面張力(表面張力)は浸透液のぬれ性に関連する重要な用語である。これに関連する用語で凝集力があるが、これを含めて覚えておいてほしい。

物質を構成する分子間にはそれぞれ引力が働き、固体や液体を形成している。異なった物質が接触した時に、その分子間に働く引力を付着力という。また、同種の分子間に働く引力を凝集力という。

界面張力も分子間に働く引力であるが、これは界面(表面)を最小にしようとする力である。

また、前回の解説でも説明したが、凝集力、付着力及び重力の働きの合力によって、浸透液のぬれ性が決まってくる。再度解説を読み返して勉強してほしい。

問2 ある液体Aに毛細管を立てたところ、毛細管内の液面高さは20mmまで上昇した。この液体の接触角は15°であった。液体Aと比べ、接触角と表面張力が2倍である液体Bに同じ毛細管を立てると、液体Bの液面高さは液体Aの液面高さの何倍になるか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、液体Aと液体Bにおいて他の性質は同じであるとする。

- (a) 0.9倍 (b) 1.0倍 (c) 1.8倍 (d) 2.0倍

正答 (c) (浸透探傷試験Ⅲ1.5項参照)

液体が毛細管を上昇する高さの問題はよく出題されて

いるが、これは見方を変えた問題であり、式だけを覚えていても解けない問題である。式の内容を理解してほしい。

液体Aが毛細管を上昇する高さ h は

$$h=2\Gamma\cos\theta/(r\rho g) \quad \text{である。}$$

今、接触角と表面張力が2倍の液体Bが上昇する高さを h' とすると

$$h'=2\Gamma'\cos\theta'/(r\rho g) \quad \text{となる。}$$

h' と h の比をとると、

$$h'/h=\Gamma'\cos\theta'/\Gamma\cos\theta$$

ここで、 $\cos\theta=\cos 15^\circ=0.966$ 、 $\cos\theta'=\cos 30^\circ=0.866$

$$\Gamma'=2\Gamma$$

を上式に代入すると、

$$h'/h=2\times 0.866/0.966=1.79$$

したがって、液体Bの高さは液体Aの高さの約1.8倍となる。

問3 次の文は、蛍光浸透探傷試験において、現像剤を用いると蛍光輝度が増加する理由を述べたものである。誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) きず内の浸透液を表面に吸い出し、拡げる効果を有する。
- (b) 現像剤内部で紫外線が乱反射を起こす。
- (c) 浸透液の相対的厚さを厚くする。
- (d) 紫外線の散乱経路が短くなる。

正答 (d) (浸透探傷試験Ⅲ3.3項参照)

蛍光浸透探傷試験における現像剤の主な役割は、きず内の浸透液を表面に吸い出し、拡大することである。このとき、浸透液が現像剤表面をぬらし、相対的に浸透液の厚さが厚くなる。したがって、(a),(c)は正しい。

蛍光浸透探傷試験用の現像剤は、染色浸透探傷試験用の現像剤より、光の透過性が高い材質で作られている。そのため、照射された紫外線は現像剤内部で透過及び乱反射を起こし、浸透液の励起を高める働きがある。(b)は正しい。紫外線が乱反射を起こすということは、散乱経路が長くなることであり、(d)が正答となる。

問4 次の「ア」、「イ」に入る適当な語句の組合せを一つ選び、記号で答えよ。

光の吸収において、入射光の強度： I_0 と透過光の強度： I 、物質の厚さ： d には「ア」と呼ばれる法則があり、 α を吸収係数とするとその法則は「イ」の式で表される。

- (a) ア：ランバートの法則 イ： $I_0/I=e^{-ad}$
 (b) ア：ランバートの法則 イ： $\log I_0/I=ad$
 (c) ア：ベールの法則 イ： $I_0/I=e^{-ad}$
 (d) ア：ベールの法則 イ： $\log I_0/I=ad$

正答 (b) (浸透探傷試験Ⅲ3.3.1 項参照)

光の吸収に関する法則としては、ベールの法則、ランバートの法則、ランバート・ベールの法則等がある。

ベールの法則とは、「気体又は液体による光の吸収は、その中の分子の数によって決定され、希釈度によって変化しない。」というものである。つまり、溶液の濃度が半分に薄くなっても、溶液の厚さが倍になれば、光の吸収は同じとなる。

ランバートの法則とは、光の吸収において入射光の強度 I_0 と透過光の強度 I との比の対数が物質の厚さに比例するというものである。式で表すと(b)の式が正答となる。

ランバート・ベールの法則とは、ランバートとベールの法則をあわせたもので、溶液の濃度を c 、入射光の強度を I_0 、透過光の強度を I 、物質の厚さを d 、モル吸光係数を e とすれば、

$$\log I_0/I=ecd \quad \text{と表せる。}$$

これら、3つの法則を関連して覚えておくと良い。

問5 次の「ア」に入る適当な語句を一つ選び、記号で答えよ。

蛍光浸透液の蛍光の強さ(輝度)は蛍光物質の種類と紫外線の強度に大きく影響を受ける。その他の因子としてさらに影響を及ぼすものは「ア」、蛍光物質の有効厚さがある。

- (a) 蛍光染料のモル吸光係数
 (b) 励起光の強さ
 (c) 蛍光染料濃度
 (d) 蛍光の光量子数

正答 (c) (浸透探傷試験Ⅲ3.3.1 項参照)

蛍光浸透液が紫外線により励起されたときの蛍光の強さ(輝度) I_f は、次式で表される。

$$I_f=KQI_0(1-10^{-ecI})$$

ここで、 K は目の応答に関する定数、 Q は浸透液より放射される蛍光の光量子数、 I_0 は紫外線の強度、 e は蛍光染料のモル吸光係数、 c は蛍光染料の濃度、 I は蛍光物質の有効厚さである。(a)は蛍光物質の種類によって、(b)は紫外線の強度によって、(d)は蛍光物質の種類と紫外線

の強度によって決まる係数である。(c)は蛍光物質の種類や紫外線の強度に関係なく決まるものである。したがって(c)が正しい。それぞれの選択肢の内容を良く理解してほしい。

問6 次の文は、めっき割れ試験片の特徴を述べたものである。誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 黄銅板の表面にめっき層を作り、めっき面を外側に湾曲させることにより、めっき層に細かな割れを発生させたものである。
 (b) この試験片を利用することにより、浸透探傷試験の欠陥検出能力を調べることができる。
 (c) 割れの深さがめっき層の厚さにほぼ等しいので、めっき層の厚みを調整することにより、深さ一定の割れを作ることができる。
 (d) アルミ焼き割れ試験片に比較して、より微細な割れを作ることができるが、表面が極めて滑らかで、実際の試験体表面とはかけ離れている。

正答 (b) (浸透探傷試験Ⅲ6.1 項参照)

対比試験片については、JIS Z 2343-3 にタイプ 1~3 の 3 種類の対比試験片が規定されている。また、参考書でも、タイプ 1 (めっき割れ対比試験片)、タイプ 2 (洗浄能力及び星状きず対比試験片)、タイプ 3 (アルミ焼き割れ対比試験片) について、詳しく説明されているのでよく勉強してほしい。めっき割れ対比試験片については、(a),(c),(d)は正しい。

対比試験片の利用として、浸透液の感度レベルの決定や検出性の比較評価は可能であるが、これらは、欠陥検出能力とは違うことを良く理解してほしい。つまり、対比試験片と実際の製品に発生するきずとでは、きずの性状(材質、形状、大きさ、表面状態等)がまったく異なっていることである。そのため、対比試験片で検出されたきずと同じ大きさのきずが検出できるとは限らないし、あるいは、対比試験片で検出されないより微細なきずも実製品では検出される場合がある。したがって、(b)が正答となる。

以上、関連する例題について、できるだけ広く解説を行ったつもりである。受験に当たっては参考書と、問題集をよく勉強されることを望むものである。

E T レベル 3 二次 C₁ (基礎) 試験のポイント

非破壊試験技術者レベル3二次のC₁試験は渦電流探傷試験に関連した基礎知識を問うための問題が出題される。基礎知識であるため、レベル3受験者の正答率は比較的高いが、一部の問題で若干誤答が多いものが見受けられる。ここでは最近の試験問題に類似した例題によりポイントを解説する。

問 1 次の文は、変分透磁率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) 磁化曲線上の最小の透磁率
- (b) 磁化曲線上の2点間の透磁率の差
- (c) 磁化曲線上の1点で磁界を小さく増減させたときに生じる磁化曲線の傾きによる透磁率
- (d) 磁化曲線上の最大の透磁率

正答 (c)

透磁率は図1に示すように磁化曲線上の位置やB、Hの取り方によって種々の定義があるので、正確に覚えておきたい。

初透磁率は、磁化曲線の立上りにおける透磁率であり、微分透磁率は曲線上における傾きに相当する。最大透磁率は磁化曲線上における最大の透磁率である。ここで出題内容である変分透磁率は増分透磁率とも呼ばれるが、磁化曲線上で微小な磁界を変化させたときのマイナーループ（閉曲線）の勾配を示しており、正答は(c)である。

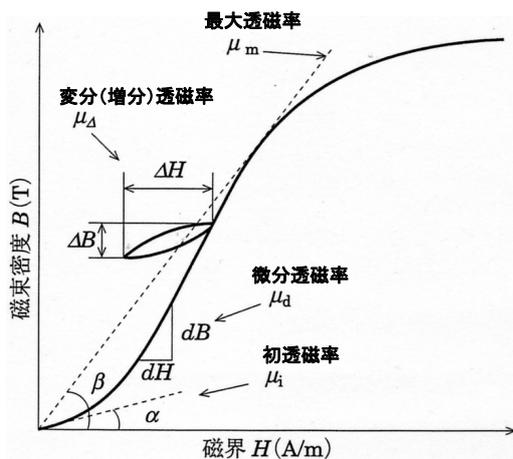


図 1. 各種透磁率の定義

なお、渦電流探傷時に関係のある透磁率は、全く磁化をされていない材料であれば初透磁率がこれに相当するが、一般の強磁性材料の多くは製造過程で磁気を帯びることから、残留磁束密度を保持するため変分透磁率が相当する。そして、残留磁束密度が一様でないと、変分透磁率が局所的に異なるため磁気ノイズの原因となる。

問 2 次の文は、保磁力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) 飽和磁束密度から磁界を小さくしてゼロにしたときの材料中の磁界をいう。
- (b) 磁束を材料中に保持するのに必要な磁界をいう。
- (c) 残留磁束密度がゼロになるような反対向きの磁界をいう。
- (d) 飽和磁化させるのに必要な磁界をいう。

正答 (c)

これについても問1と同様に、磁化特性に関する用語の定義に関するものであり、図2に示すとおりであり正確に覚えて欲しい。すなわち材料を強く磁化して磁気飽和まで至ったときの磁束密度が飽和磁束密度であり、そこから磁界を小さくして磁界がゼロになったときの磁束が残留磁束密度である。さらに、磁界の方向を反転させて、材料内の磁束密度がゼロになるときの磁界を保磁力と呼ぶ。したがって正答は(c)である。

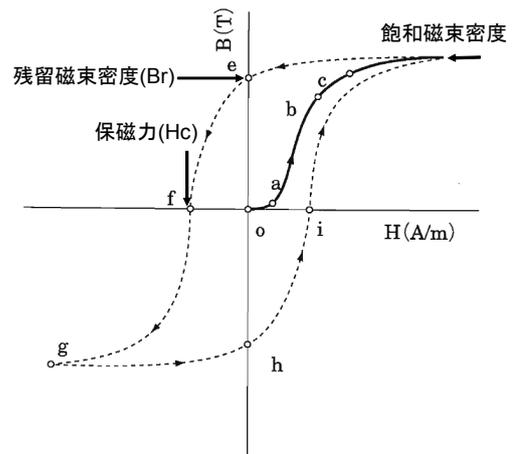


図 2. 磁化曲線における用語の定義

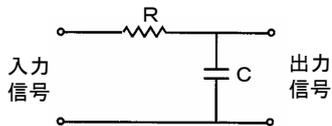
問 3 次の文は、材料の加工と磁氣的性質の関係について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 冷間加工により材料の初透磁率は増加する。
- (b) 冷間加工後に焼鈍すると、材料の透磁率は加工前の値に回復する。
- (c) 熱間加工は、冷間加工に比べ材料の磁氣的性質を大きく変化させる。
- (d) 冷間加工により材料の保磁力は小さくなる。

正答 (b)

本問題の解答には加工条件に応じた磁気特性の変化に対する知識が必要だが、基本となる現象を覚えておけば応用が利く。それは材料の磁化は材料内に形成される磁区の移動によるものであり、材料のひずみ（転位の生成）や不純物は磁区の移動を妨げる要因であるという事象である。そのため冷間加工をすると、磁気特性が劣化するが、焼鈍により組織を改善すれば磁気特性が回復することも理解しやすいだろう。また熱間加工は冷間加工に比べて材料内の残留応力が小さく、磁気特性への影響も小さいことは容易に類推できると思う。したがって正答は(b)である。

問 4 図Aのような回路で構成されるフィルタは何と呼ばれるか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



図A フィルタ回路

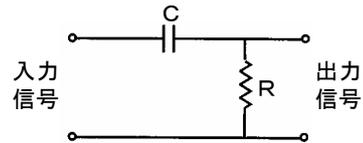
- (a) 高域フィルタ (HPF)
- (b) 低域フィルタ (LPF)
- (c) 帯域フィルタ (BPF)
- (d) 帯域阻止フィルタ (BEF)

正答 (b)

渦電流探傷装置の操作においてフィルタの設定は必須である。その役割は知っていても受験者においては具体的な回路を理解する必要は感じてないかもしれない。しかし、フィルタの基本回路は基礎的知識として知っておいてほしい。

フィルタの種類ごとに回路を覚えるのは大変であるが、回路に用いられる素子（主に抵抗器とコンデンサ）の役割を理解しておけば類推もしやすいものである。基本は交流信号に対するインピーダンスは抵抗器では変わらず、

コンデンサでは周波数が高くなるほどインピーダンスが下がるという点を覚えておけばよい。そうすれば、図Aの回路ではコンデンサが出力に並列に接続されているから、周波数が高くなるほど、出力電圧が小さくなることが理解できるであろう。反対に図Bのように図Aに対してRとCを反対のような回路にすると、周波数が高くなるほど入力信号がより直接的に出力信号として現れることになるから高域フィルタとなる。



図B 高域フィルタの回路

問 5 自己比較方式の試験コイルの間隔を狭くしたとき、特性の変化で正しいのはどれか。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 長いきずの検出能が向上する。
- (b) 充填率が向上する。
- (c) きず信号の周波数成分が高くなる。
- (d) きずの検出感度が向上する。

正答 (c)

(b)の充填率は定義された値であり、試験コイルの間隔は関係ない。また、きずの検出能とコイルの間隔については、その組合せによるから必ずしも、良くなるあるいは悪くなるとはいえないが、一般的にコイルの幅が大きくなると大きなきずに対する検出能が高くなり、コイルの幅が狭くなると短いきずに対する検出能が高くなる。またコイルの間隔が大きくなると、きずが2つのコイル間を通過する時間が長くなることから周波数成分が低くなる。したがって正答は(c)である。

今回は最近の C₁ 試験で実施されている試験問題に類似した例題によりポイントの解説をした。基礎知識の問題においては、用語の定義を正確に認識しておく必要があるものが多く、これについては確実に覚えておいて欲しい。また1つの事象を覚えておけば、そこから類推可能なことも多いので、単に参考書に書かれていることを覚えるだけでなく、そこに書かれている基本事象が何かを良く理解して欲しい。そうすれば、余裕をもって試験に臨めるものである。