

資格試験と例題による解説(8)

資格認定委員会試験委員会 (監修) 委員長 中山勝矢

第8回からは、実際の真空システムについて、例題により解説を進めたい。真空システムといっても、扱う圧力は低真空から超高真空まで幅が広く、また利用も多岐にわたる。すでに述べた排気系と計測器以外のことを取り上げることにする。

6. 真空材料・部品・組立

6.1 材料

容器や内部部品も含め真空装置の製作にはあらゆる材料を使いたくなるが、相応しくないものもある。真空特性に直接影響を及ぼす気体放出特性だけでなく、目的に応じて機械的、熱的、化学的、電磁気的な特性なども幅広く検討して選ぶ必要がある。次の例題は、真空技術でおなじみの材料について、常識的な知識を訊ねたものである。

例題33 (1級)

(1)~(4)は真空部品の材料として使われる金属名、ア~カは各種金属の特徴について説明した文章である。金属名と説明とが正しく対応している組み合わせを選びなさい。

- (1) モリブデン (2) インジウム (3) チタン
(4) 白金
- ア. 加工しやすく、酸化雰囲気でも安定であるために、高温用ルツボ、フィラメントなどに用いられる。
イ. 融点が200°C未満と低く延性があり、室温での蒸気圧が低いので、ガスケットやバルブシールに用いられる。
ウ. 加工しやすく、融点が比較的高く、しかも蒸気圧が低いので、強磁性体ではあるが電子管の陰極やグリッドなどの基材として広く使われる。
エ. 活性な金属であり、ガスと反応しやすい性質を利用して、蒸発させてゲッターに用いられる。
オ. 熱伝導性・電気伝導性に優れており、ガスケット、冷却配管、電子管の陽極などに多用される。
カ. 高融点だが柔軟で加工しやすく、熱遮蔽板やグリッドなどに使われる。600°C以上で酸化され易いので注意が必要である。

- (a) (1) ア, (2) イ, (3) オ, (4) ウ
(b) (1) イ, (2) オ, (3) エ, (4) ア
(c) (1) イ, (2) イ, (3) エ, (4) ア
(d) (1) ウ, (2) イ, (3) ア, (4) イ
(e) (1) オ, (2) ウ, (3) イ, (4) エ

正解は(c)である。真空装置で使われる材料については、単に気体放出特性だけでなく、その材料の物性や選択される理由も知っておく必要がある。出題者の意図はそれらを確認することにある。なお、解答肢にはないが、ウはニッケルであり、オは銅である。

2級では「アルミニウム合金が超高真空用材料として用いられる理由」、「高真空装置にステンレス鋼を使う理由」、あるいは「ベーキング(加熱脱ガス)を行う真空装置の内部で用いてよいもの」といった出題例がある。

日ごろ使っている真空用の材料について、それらが選ばれている理由を今一度掘り下げて考えておくことが望ましい。

1級では、紫外光、赤外光、X線などの光導入用の窓材について出題されたことがある。これはかなりレベルが高い。

6.2 部品

真空部品については、バルブ、トラップ、バッフル、窓、フランジ、ガスケット、回転・直導入部品、電流導入端子など、さまざまなものがある。自分が使っているものだけでなく、世の中で広く使われているもの、あるいは過去に使われていたものも含めて、名称、構造、長所短所などを幅広く理解しておく必要がある。

たとえば「次の部品の中で加熱脱ガスを行う真空装置にふさわしくないものはどれか。(a) コパールシール、(b) ウィルソンシール、(c) ハーメチックシール、(d) ベローズシール、(e) 金属ガスケットフランジ」という出題の正答率は45%であった。正解は(b)であるが、おそらくウィルソンシールやハーメチックシールなどは、言葉からは部品のイメージが浮ばなかったのではないだろうか。この他に類似の言葉として、セラミックスシールもあるが、コパールシールはその中の一つといえる。この分野で使われている言葉には、広く関心を持っている必要がある。

当然のことながら問題には、非常に特殊なものは避けてある。原則として、講習会でのテキストや参考書に記載のあるものが対象になる。したがって、真空の分野で働く人にとっての平均的な知識を問うていると理解していただきたい。

例題34 (1級)

真空シールに用いるガスケット用エラストマーについて述べた(1)~(4)の文章のうち誤っているものはどれか、すべて選びなさい。

- (1) 気体放出速度の小さい方が適している。
(2) ショア硬度は高ければ高いほど適している。
(3) 圧縮永久ひずみ率は高い方が適している。
(4) ヘリウムの透過速度は小さい方が適している。
(a) (2)
(b) (3)
(c) (2)と(3)
(d) (2)と(4)
(e) (1)と(3)と(4)

明らかに誤っているのは(2)と(3)であるから、(c)を選べば正

解である。最近では、ガスケット用のエラストマーのことまでは注意を払っていない場合も見受けられるが、そこに技術の死角が生まれる。とくに材料名と耐熱温度の関係については、基礎的な知識として覚えておく必要がある。

このように部品の出題は、材料との関係を含めた形になりやすいが、基本的な事柄を訊ねているに過ぎない。

また加熱脱ガスを行う装置に関して金属ガスケット、あるいは金属ガスケットを用いたフランジ接合が出題されることが少なくない。その構造とメカニズムを理解しておけば、不具合が生じたときの対応に苦労しない。

1級で、回転導入器に用いられるベローズカップリングについて、5つの断面図を示してベアリングの位置の正しいものを選ばせるという形の出題があった。もちろんその中の4つの図面は間違っている。1つはベアリングを通して大気が漏れてきてしまう。他の3つは回転操作ができず、役に立たない。示された図面が正しいか否かを読み取ることは、日常的に親しんでいるはずだが、残念ながら正答率は50%に達しなかった。

6.3 洗浄・組立

ここでは部品を組み立てて真空装置にする場合を考える。いかなる真空装置でも、まず所要の目的が達成できるように計画し、設計し、図面を作り、加工し、洗浄し、組み立てて試験をする。しかし必要とする真空の程度によって、内容はかなり違ってくる。

しかしながら、低真空装置であろうと高真空装置や超高真空装置であろうと、常に念頭に置かなければならない点は同じである。第一は気体の放出量を減らすこと、第二は排気速度を大きくすること、第三は外部から流入する気体（漏れなど）を極力少なくすることである。

排気に関しては6月号(5)と7月号(6)ですでに述べた。漏れに関しては別に10月号(9)で述べる。ここでは気体の放出量を減らすための洗浄について説明する。

真空装置にとって材料の洗浄は必要不可欠な工程である。これは低真空装置であっても同じである。納入された棒材や線材は、多くの場合、加工の際に使用された油が付着している。またそれらを切断、プレス、溶接などによって形を整えていく過程で、どうしても加工油が付着する。それらは除去する必要がある。部品の段階で酸洗い、溶剤洗浄、そして高真空装置用であればさらに溶剤中での超音波洗浄、特別の脱脂剤を使った洗浄、さらに純水洗浄などを実施する。さらに超高真空装置用となると表面の電解研磨、化学研磨といった材料表面の加工変質層の除去を目的としたものも工程上必要となる。こうした清浄処理は、多くの場合、クリーンルームで行われ、処理を済ませたものは入念な検査の後に厳重に包装され出荷される。これらの詳細は公開されていないことが多いが、真空の専門技術者としてはその概要を承知している必要がある。

次の例題は、そのような点を訊ねたものである。日常身の回りで聞くような具体的な発言を例示して、その内容の適否について判断する力を問うという形になっている。

例題35（2級）

真空用材料の表面洗浄に関する以下の発言のなかで正しいものはどれか。

- (a) 汚染が肉眼で認められた場合にだけ洗浄を行い、それ以外はかえて汚すので、洗浄を行ってはならない。
- (b) アセトンを用いた超音波洗浄を行えば、有機物系の汚れはすべて除去できる。
- (c) 湿式の洗浄の最終すすぎには、純水と市水のどちらを用いても大差はない。
- (d) 洗浄に用いる溶媒は一般的に少量しか使わないので、とくに洗浄力の大きな溶媒を選ばない限り洗浄は意味がない。
- (e) 洗浄により表面が清浄になれば、気体放出が減少し、排気時間が短縮するメリットがある。

この例題の正解は(e)であるが、それは何故なのか、考えてみていただきたい。同様の例題をもう一つ掲げておく。

例題36（2級）

真空容器を超高真空まで排気したいとき、排気システムの排気速度を大きくし、また真空容器内壁からの気体放出速度を極力小さくすることが必要である。後者のテーマに関して5人の真空技術者が、気体放出源と気体放出低減法について意見を出し合った。(a)~(e)のうち不適当な考えはどれか。

- (a) 主な気体放出源が器壁上の吸着水分子である場合、吸着水分子にエネルギーを与えて器壁から追い出す励起脱離が有効で、よく用いられるベーキングは熱励起を用いているわけである。
- (b) 吸着水分子はスパッタ現象や化学反応によって追い出すことも可能で、イオンを用いる放電洗浄はこの一例である。
- (c) 放電洗浄は器壁上の吸着水分子の除去には有効だが、表面にある有機性不純物の低減には効果がない。
- (d) 内部不純物として溶存水素がある場合には、あらかじめ高温でベーキングをして水素分子の拡散放出を促進し、溶存量を減少させておくことは気体放出の低減に有効である。
- (e) 電界研磨は器壁表面の平滑化だけでなく、表面変質層を取り除き、気体放出の低減に有効である。

不適当な考えは(c)であるから、これを選べば正解である。正答率は70%であった。

真空装置にもさまざまなものがあり、またその設置場所も多様である。食品の真空包装や凍結乾燥、さらに金属の真空処理といったものの作業環境は厳しくなっているが、とはいえ必ずしもクリーンルームで行われるわけではない。所要の真空も中真空や低真空のこともある。しかしそのときでも、汚れを真空装置内に持ち込まないような配慮は要る。こういった点も常識の範囲で出題されることがある。

今回は「漏れ試験」を取り上げる予定である。(続く)