

設計トラブルと対策事例シリーズ 真空用ICFフランジの取付け誤差による ベアリングの破損

本稿で紹介するトラブルは、真空技術と機械要素技術が影響を及ぼし合う複合的な問題で、真空シールの定位置での締付けが、真空内で使用する歯車の芯間距離に影響を及ぼし、その機能を悪化させる方向で作用した問題として、具現化した内容である。このトラブルが、真空環境で使用するベアリングの破損という形で現れた。

真空は、半導体製造におけるプロセスを実現する環境、電子・イオンなどのビームを用いた計測における環境の創生に不可欠である。ここでは、このトラブルの内容を紹介するにあたり、真空内に運動を導入する機械要素を説明しておいたので、真空内機構技術の一端を合わせて理解いただきたい。

ここで説明した真空内機構技術を難しくしているのは、厳しい条件の真空環境で使用できる有効な潤滑剤がないことによる。真空内機構を担当する技術者は、運動によって生ずる金属同士の接触部の面圧を下げる点に注力して、設計作業を行っている。

執 筆 者

米屋技術士事務所 金友 正文*

*かねとも まさふみ：代表，技術士（機械部門・情報工学部門） URL：www.kbtcomeya.com

はじめに

真空内の機構技術を難しくしているのは、その潤滑である。圧力が大気圧に近い「高い」場合は、真空用のグリースでその潤滑ができるが、「低い」場合は、このグリースを使用できず、固体潤滑剤を用いることになる。この固体潤滑剤を使用する場合、真空内機構の信頼性を上げるべく、構造を考えるわけであるが、かじり現象の発生を考慮すると、金属同士の接触部の面圧を上げることができず、設計者にとって、その構造が悩みの種となる。

今回のトラブルは、この潤滑が直接の原因ではないが、その根元にこの問題が存在している。真空環境に悪影響を与えることなく、大気中における機械要素の性能の諸元値を真空中で実現する潤滑剤は、真空内機構技術にとって一大技術であるが、このような潤滑剤は残念ながら存在しない。

この事例を構造とそれによって得られる機能の関係で捉えて、1構造2機能としたときに問題となる事例を5例ほど合わせて示しておいた。1構造2機能の装置の採用はお勧めできないが、機械材料の分野においては、2種類の有用な特性を有する材料が存在する。窒化アルミ材は、熱伝導率が高く、なおかつ絶縁性を有する特性をもっており、半導体内のスイッチ部の温度問題をこの材料で解決する構造をよく見かける。半導体のチップのベース材にこれを用い、発生する熱を冷却ブロックに導くので、要求される絶縁性ととも顧客の要求を満足する材料となっている。

1構造2機能の有効な事例を窒化アルミ材で紹介したように、この考え方を筆者は否定しているわけではないが、機械構造を検討する際、要求仕様に対し、浮かんだ1構造2機能のアイデアに飛びつかないで、その副作用をよく考えて、この副作用が問題なく克服できるなら、このアイデア構造を採用しても何ら問題はない。要は、その構造の性質の欠点と利点を理解して使うことが重要である。

真空内回転運動導入機構

10^{-8} Torrの真空環境に、大気中から回転運動を導入する機構の断面構造を図1に示す。同図は、真空内で試料を搬送する搬送機構の駆動部で、真空内で直線移動するトロッコに載せられたサンプル(図示せず)をチェーンで駆動する。同図で示すのは、チェーンを移動するためのsprocketの回転を真空外部から真空中に導入する機構である。真空パイプ中に機構系が収納されており、このパイプに枝管が溶接構造で取り付けられている。その溶接部の逆端に真空シール機能を有するICFフランジが接合される構造となっている。

回転運動は、真空外部に配置したモータによって大気中から真空中に運動を導入する回転導入器を用いた構造となっている。回転導入器の真空環境の軸に歯車に取り付いており、この歯車が真空内部に配置された歯車にかみ合う構造で回転力を伝える。回転導入器も同様にICFフランジを用いた構造でギヤボックスに取り付く構造となっている。

モータの回転数は数十rpmで、真空内の歯車によって減速されている。このsprocket回転軸と同軸に、その外部に円筒軸が配置されており、この軸端部には揺動部品が取り付けられている。図1に記されていないが、この揺動部品を駆動する円筒軸もベアリングで支持されており、別の回転導入機構で真空外部から駆動できる構造となっている。真空内の回転軸は円筒軸と同軸で、円筒軸の内径に取り付けられたベアリング1と円筒軸の外径に取り付いたベアリング2によって支持されている。回転軸と歯車はそれぞれスプリングピンで固定されている。分割部の真空シールはICFフランジによって達成されており、当該フランジは外周部に配置したねじによって接合されている。円筒軸を支えるベアリング1、ベアリング2を内部に収納したICFフランジの外径は $\phi 253$ mmで、回転導入器は $\phi 70$ mmのICFフランジに取り付いている。

この構造における組立手順は、次のとおり3部分に分けられた工程で進める。