



材質の選択と それぞれの特性

Material Selection and Properties

アプリケーションに対する正しい位置決め用光学部品の選択は、オプトメカニカルハードウェアの材質と製造方法にかかっています。メスグリオは、各々のアプリケーションに対する製品の選択を支援することができます。

材質と特性

堅牢で、精度と安定性の高い光学位置決め装置は、材質の適切な選択から始まります。この場合、コスト、機械加工性、耐久性、耐腐食性、剛性、熱膨張、および重量などの要素を考慮しなければなりません。メスグリオのハードウェアは、そのほとんどがアルミニウム、スチール、および真鍮それぞれの材質の良好な特性を考慮した設計となっています。一方、特別な材質が特殊なアプリケーションに使用されます。一例として、熱的な安定が必要とされるファブリペロー干渉計の場合、インバー、クォーツ、もしくはセラミックのような熱膨張係数の小さな材質を光学素子の保持に使用する必要があります。特殊なアプリケーションに対しこれらの材質を使用する場合、コストの増加と、それに伴う仕様の改善とを比較検討する必要があります。

アルミニウム

アルミニウムは、オプトメカニカルハードウェアの材質として、最も一般的なものです。この材質は、経済的、機械加工が容易、軽量であると共に、高い重量対強度比を持っています。アルミニウムは柔らかい材質ですが、耐摩耗性と耐久性を高めるためのアルマイト処理を施すことにより表面の強度を高めることができ、また黒色にすることにより表面の反射光を抑えることができます。アルミニウムには、長時間にわたる安定性が必要とされる光学部品にとっては望ましくない、温度による伸縮が起こります。アルミニウムの熱膨張係数($24 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)は高い値を示しますが、熱伝導率も高いことにより光学部品内の温度勾配が素早く減少し、熱膨張の差異により起こる歪みを和らげます。この大きさは、相対的な歪み(熱膨張係数 / 熱伝導率)によって示されます。更に、アルミニウムの大きな熱容量が、部分的な熱のばらつきと、それによって起こる寸法の変動を緩和します。

アルミニウムは、レンズホルダ、キネマチックミラーマウント、およびプリズムテーブルなどの光学部品ホルダに使用されます。アルミニウムは、この材質のボディに対してスチール製の調整ネジを使用した場合、比較的大きな摩擦が発生する点に問題があります。大きな摩擦はネジの磨耗を引き起こし、調整

ネジの感触や遊びを低下させます。一方、品質の良い潤滑材により、この摩擦を減らし、製品の寿命を延ばすことができます。OEMアプリケーションのように、頻繁に調整することが無い場合には、特に効果的な方法です。また、過酷な使用条件、もしくは若干のコストアップが許される場合には、アルミ製のボディに真鍮製のブッシュを取り付ける方法があります。真鍮製のインサートにより摩擦が減少し、操作感や遊びを向上するために、ネジを製造する際、より厳しい寸法公差を設定することが可能となります。良い例として、アルミ製ボディに真鍮製のインサートを使用したキネマチックマウントが挙げられます。

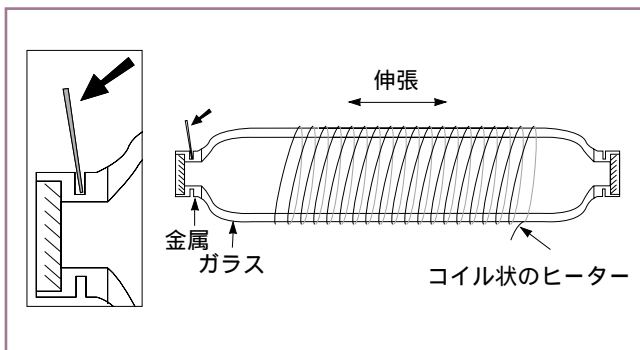
スチール

スチールはアルミニウムに比べ、高い剛性と低い熱膨張係数($11 \sim 17 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)を持っています。一方、重量対強度比は同等でありながら熱伝導率が低いことから、相対的な歪みはアルミニウムよりも大きくなっていますが、負荷荷重の変化に対してもその寸法を維持するため、位置決めステージに多く使用されています。

スチールのユニークなアプリケーションのひとつとして、メスグリオのマイクロポイントフレクシャーマウントが挙げられます。このマウントは、熱膨張と磨耗の問題が最小となるよう、硬質のパネ鋼で一体成形されています。スチールは、その高い剛性からポストおよびピラーの材料として多く用いられています。ニッケルメッキが施されたスチール製チューブと、振動を軽減するための充填材(特許)を組み合わせたメスグリオの除振ステイブルロッドは、独自の設計により材質から起こる問題点を解消している最も良い例といえます。

真鍮(黄銅)

真鍮は、光学機械部品の材料として古くから用いられています。他の材質に比べ優れた加工性を持ち、面精度が必要とされる用途に適しますが、重量に対する剛性の比が低いため、現在ではアルミニウムやスチールに置き換えられてきています。複数の材質を組み合わせた製品の場合には、主としてアルミニウムもしくはスチールで製造されますが、精密なブッシュや調整ネジなどには真鍮が用いられます。メスグリオでは、複合材料の使用が適さない部分に、経済性を考慮しながら引き続き真鍮を採用しています。例えば、メスグリオのフレクシャーマウントには、ステンレススチール製の調整ネジが真鍮製の本体に直接取り付けられています。



ミラーマウントの変形によるレーザーキャビティミラーの角度アライメントと、熱によるキャビティ長のチューニング

熱膨張

温度による膨張の度合いは、材質により様々です。スチールは、良好な熱的特性を持ち、また安価であり、コストを抑えながら熱的な安定を必要とする位置決めアプリケーションにとっては最適な材質といえます。今日の研究開発の分野は、長時間の安定性、優れた精度、および位置決めの際の多軸の自由度など、ますます増える要求に対して挑戦しています。また、シングルモードファイバーのピグテール、および高分解能の顕微鏡におけるサブミクロン単位の機構の進歩に伴い、さまざまなタイプの材質にもアプローチしています。

温度補償技術を考慮した設計は、レーザーキャビティの設計者に良く知られています。メスグリオは、研究室や製造現場の環境における位置決めの問題を解決するため、この技術を採用しています。

長さ10 mmのスチール製のバーは、1 °Cの温度変化につき長さが100 nm変化します。この長さの変化は、原子の直径の数百倍に相当します。スチールを光学部品の位置決めを使用する場合、意図する位置からシフトしてしまう可能性があります。従って、精密な光学素子もしくは装置の設計者は、このシフトを補償する、もしくは熱により発生する歪みを除去する手法を考慮しなければなりません。

表面処理

多くの場合、材料の表面処理は、材質自体の選択と同様に重要な要素です。適切な表面処理は、製品の保護、耐久性、および外観を向上させることができます。ほとんどのハードウェア製品には反射光を抑えるため、黒色アルマイト、もしくはその他の処理を施してあります。

アルミニウムに施すアルマイト処理は表面を硬化させ、保護し、傷や磨耗を防止します。また、滑らかではなく艶消し加工されたアルマイト処理により、光が拡散し、反射光が抑えられます。これは、肉眼へのダメージを与える可能性のある高エネルギーレーザーを使用する場合には、特に必要です。

スチールに対する表面処理は、そのアプリケーションにより異なります。スチール製のパーツには、耐腐食性と耐久性を増すためのニッケルメッキを施します。トランスレーションステージに使用するスチールには、光の反射と腐食を抑える黒色クロムメッキを施します。ステンレススチールは基本的に耐腐食性と耐久性を併せ持つため、通常は光の反射を防ぐ艶消し加工のみを施します。

真鍮は通常、黒色クロムメッキもしくは塗装を施すか、未処理のまま使用します。