

滑り摩擦、摩耗、潤滑の概要

近年のTribology (トライボロジ、摩擦、摩耗、潤滑の科学と技術)の文献より

摩擦

摩擦の形態には、大きく分けると、下記の三態があります。

1. 個体面摩擦(乾燥摩擦)

流体潤滑膜がまったく存在しない場合の摩擦

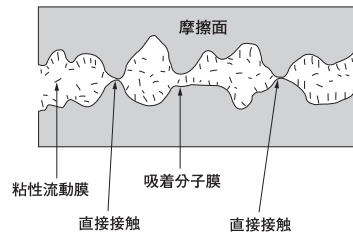
2. 流体摩擦

摩擦面に十分厚い流体膜が存在する場合

3. 境界摩擦

比較的薄い流体膜しか存在しない場合

流体膜として流体の分子が接触している個体面に吸着してできる吸着分子膜のみが残留流体面は非常に薄く、個体面に吸着しているため、その抵抗は、粘性流体膜に比べると大きい。



実際の摩擦面は右図に示すように、流体潤滑膜の厚さは2面の粗さのために接触面で均一ではなく、1つの接触面で流体摩擦、境界摩擦、乾燥摩擦が混在している。

摩擦力は、アモントン・クーロンの法則で知られている様、

- ①摩擦は接触面の面積に依存しない
- ②摩擦は接触面荷重に比例する
- ③摩擦はすべり速度に依存しない
- ④静摩擦力は動摩擦力より大きい

ですが、

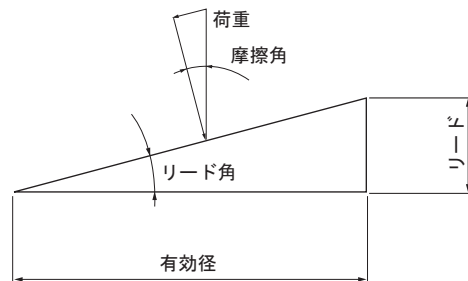
本カタログ記載の摩擦係数は、組合せ材質の状態、潤滑剤、滑り速度、接触面圧により、多少異なる場合があります。

すべりねじのセルフロック機構について

すべりねじの場合、ナットにスラスト荷重がかかった時接触面に摩擦力が働き、荷重大小にかかわらずナットが回転しない機構(セルフロック機構)が働きます。この機構は、リード角と摩擦係数との関係であり、右図に示す様、摩擦角が、リード角より大きい時、セルフロック機構が働きます。

上下移動軸の場合、この機構を利用して停止時駆動源に大きな負担をかけないことが可能です。

振動、衝撃等かかる装置においては、ねじが緩む場合がありますのでご注意ください。



摩耗

一般機械設備において機械的摩耗が主体であり、そのなかでも凝着による摩耗、凸凹面によるアブレシブ摩耗が主体となります。

1. 凝着摩耗

摩擦面において、ある距離以内に位置すると引力が働いて両原子が結合して、弱い所でひきちぎられ、摩耗が生じる。2つの金属原子間の凝着力は、組合せの相手によって異なるので、凝着力の小さい金属の組合せを選定すれば良い軸受材となります。同種の材料を組合せれば「トモ材」と称して悪い組合せであります。鋼材及び銅材の両方に親和力の小さい鉛の介在が優秀な軸受材となります。

2. アブレシブ摩耗

摺動面に研削と同じに、硬い材料で軟らかい材料を削る摩耗がある。この現象は、異物の介在、接触面の凸凹面により、軟らかい材料を削ることがあります。

真実接触面において、あたかもハンダ付けのように凝着し、その凝着面をせん断する力凝着説とすべり面の粗さによる凸凹説があるが、粗さの影響は全体のおよそ10%であるといわれている。

初期摩耗と定常摩耗

摩耗の初期の段階で、摩耗量が多く、以後緩やかな摩耗に変わります。この初期の摩耗を初期摩耗と呼び、以後の定量的な摩耗を定常摩耗と呼びます。

摩耗量は、すべり距離と荷重に比例し、軟らかいほうの材料の硬さに反比例するといわれています。

$$V = k \cdot W \cdot L / H$$

V: 摩耗量(mm²) k: 摩耗係数 W: 荷重(N)
L: すべり距離(mm) H: 材料の硬さ(N/mm²)

すべりねじにおいて、上記の摩耗係数が、すべり速度、接触面圧、使用環境、横送り、縦送り、潤滑剤の種類により大きく変わり、摩耗量の算出は非常に困難であります。摩耗量増大による寿命の算出は、使用される同条件による作動試験をおすすめいたします。

潤滑

機械設備の中で、相対運動をしている要素の間にあって、それらの要素の表面（正確には界面）における摩擦、摩耗を抑え、焼付き、疲労損傷を防止するために用いられる。

主に潤滑剤に要求される機能は、

1. 減摩
2. 冷却
3. 密封
4. 防錆、防食
5. 防塵
6. 応力分散
7. 清浄

があります。

潤滑剤は、大別して下記の種類があります。

種類	組成	主な用途
液体潤滑油		
鉱油系潤滑油	パラフィン系炭化水素、ナフテン系炭化水素、芳香系炭化水素	軸受油、エンジン油、ギヤ油
合成潤滑油	リン酸エステル、二塩基酸エステル、ポリオールエステルなど	難燃性作動油、ジェットエンジン等
脂肪性潤滑油	パーム油 牛脂、ナタネ油	圧延油、熱処理油
混成潤滑油	鉱油＋動物植物油	マリンエンジン油、離型剤
半個体潤滑剤	リチウム石ケン基グリース、カルシウム石ケン基グリース	軸受潤滑油
個体潤滑剤	二硫化モリブデン、黒鉛、二硫化タングステン	特殊雰囲気用潤滑剤

潤滑油

潤滑油は鉱油（ベースオイル）と各種添加剤から成りたっている。

鉱油

 パラフィン系基油又はナフタリン系基油

おもな添加剤

 酸化防止剤 腐食防止剤 摩耗防止剤 極圧添加剤 金属不活性化剤 粘着剤 他

グリース

グリースは基油と増ちょう剤と各種添加剤から成りたっている。

潤滑油が80～90%、増ちょう剤が5～20%、添加剤が数%

基油

 鉱油又は合成潤滑油

増ちょう剤

 石けん

 けん化物（植物油脂、動物油脂、漁脂、加工油脂、単体脂肪酸、合成脂肪酸）

 けん化剤（Ca(OH)₂、NaOH、LiOH）

 非石けん

 充てん剤

 酸化防止剤 腐食防止剤 防錆添加剤 極圧添加剤など

増ちょう剤によるグリースの分類

種類	耐熱性	最高使用温度	耐水性	備考
石けん基系				
カルシウム石けん基	×～△	70～100	○	安定剤として1%前後の水分を含有
ナトリウム石けん基	○	100～120	×～△	
アルミニウム石けん基	×	80	○	粘着性がよい
リチウム石けん基	○	120～130	○	もっとも一般的
非石けん基系（無機形）	◎	150～200	×～△	水の存在で発錆しやすい
非石けん基系（有機形）	◎	150～200	○	油分離が大きい

ちょう度

グリスの硬さを“ちょう度”で表します。

NLGI NO.	ちょう度	状態
000	445～475	半流動状
00	400～430	半流動状
0	355～385	きわめて軟
1	310～340	軟
2	265～295	中間
3	220～250	やや硬
4	175～205	硬
5	130～165	きわめて硬
6	85～115	きわめて硬

潤滑剤の選定において粘度（ちょう度）が大きな要因と上げられます。使用条件の違いによる粘度（ちょう度）の目安は下記の通りです。

適用	目安
回転速度	大きいほど低粘度
荷重	大きいほど高粘度
温度	高いほど高粘度

潤滑剤は、温度の変化により粘性が大きく変わります。高温、及び低温で御使用の時は御注意ください。

又、粘度が高すぎると摩擦係数が上がることがあります。

潤滑油及び潤滑剤のメンテナンス

潤滑油及び潤滑剤は、異物の混入や摩耗による固形粒子の発生により、又、粘度の変化により焼き付き性の低下、摩耗量の増大の原因となり、酸化、熱分解により、腐食、発錆の原因となります。

潤滑油および潤滑剤の劣化については、使用環境、使用条件により大きく異なり、定性的に論じる事は困難であります。

潤滑油および潤滑剤の状態を定期的に管理し、規格値を越えた時点で更油します。