

『シールの基礎知識』

1. シールとは

シールは英語で『封じる』という意味であり、機械内部の液体や機体が外部に漏れないようにする働きと、外部からの塵埃の侵入を防ぐ働きがある。シールには用途に応じていくつかの種類があり、よく使用されるオイルシールとメカニカルシール、パッキン、Oリングを取り上げる。

2. シールの種類

シールはその用途、形状、材質に応じて[Fig 1]の分類がなされている。市販品としてたくさんの種類があるが、機能的に大別すると運動用シール（回転と往復運動用）と固定用シールに別れている。

通常使用するシールには次のようなものがある。

- ①回転用シールとして一般によく使うのがオイルシールである。使用条件が過酷でオイルシールが使えない場合にはメカニカルシールを用いる。
- ②次に、往復用としてパッキンがあり、なかでも良く使われるのがUパッキンである。
- ③固定用としてはOリングを多用している。

3. 代表的なシールの特性・特徴

《オイルシール》

(特性・特徴)

オイルシールは回転用の密封に用いられる。通常は軸受より外側の位置に取り付けられる。バネで回転軸表面に押し付けられたオイルシールのリップの先端が、機械内部の油などが外側へ流出するのを防ぐ働きをしている。[Fig 2]は一般によく使用されるタイプのオイルシールであるが、この構造と機能を説明する。

補強環は機械本体側にオイルシールを固定する部分である。バネによって主リップの先端は回転軸に押し付けられて、機械内部側に存在する液体を密封する。主リップの面と軸表面との角度はA部が小さく、B部が大きいので、軸の回転中は周囲の液体が角度の大きい方(A→B)へ移動する働きによって、油漏れを防止する。

従って、オイルシールの取り付け方向を間違えると密封効果が全くなくなるので注意しなければならない。

工場内部のように大気中に埃がある場合には、ダストリップ付きオイルシールを選んで、埃の侵入防止を図る。

(取り付け部の設計)

軸の加工方法

オイルシールのリップ先端が接触する軸の表面部分は、送りをかけないグラインダ仕上げを施すのが良い。

送りをかけないグラインダ仕上げは、軸表面の加工痕が不連続であり、表面あらさが0.8S~3.2Sと適度であり、また送りをかけた場合と違って加工痕が軸線に対して斜めに付くことが無い。

旋盤加工は適さない。理由は粗さの谷が一条ネジのように軸の端から端まで連続しているため、密封液体が漏れるからである。

また、エメリーペーパー仕上げでは、ペーパーを軸方向に動かして仕上げる方法は適さないため、この場合はペーパーを軸方向に動かさずに仕上げれば良い。

その他、スーパー仕上げは加工痕が綾(あや)状になり、適さない。

軸の表面粗さ

オイルシールのリップ先端が接触する軸の粗さは0.8S~3.2S(回転シール用の場合)が良い。

滑らかすぎる表面は潤滑をよくするため適度に荒らしてやった方が良い。例えば、クロムメッキをしたまま使用せずに、クロムメッキ後に研磨すると良い。

軸の硬さ

軸の硬さはHRC30~40以上が必要であり、硬い方が望ましい。樹脂製の軸は回転摺動の発熱により軟化するるので適さない。

フッ素樹脂系のオイルシールを使用する時は、軸が摩耗し易いのでHRC50~60の硬度の高い軸を使用する配慮が必要である。

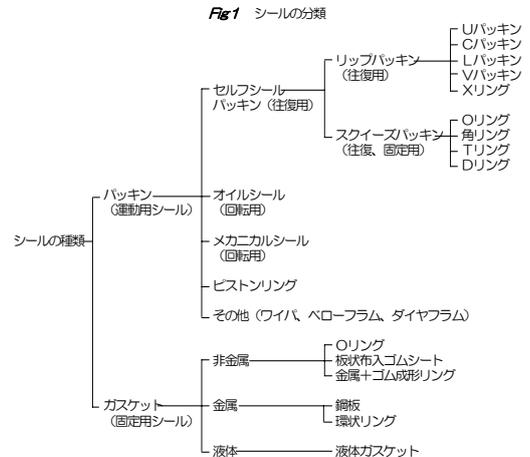


Fig. 2 オイルシールの構造

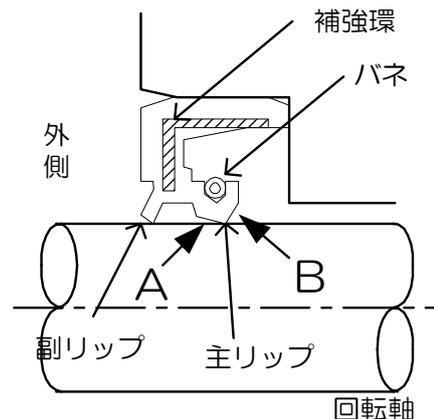


Table.1 シール材料の概要

ゴムの種類	NOK材料記号	硬さ JIS A	耐油性	耐酸性	耐アルカリ	耐水性	耐熱性	耐寒性	耐摩耗性	耐候性	許容温度の目安(°C)
ニトリルゴム(NBR)	A 727	73	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	-30~+120
	A 103	70	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	-25~+120
	A 104	80	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	-20~+120
	A 795	80	◎	◎	○	○	△	◎	◎	◎	-10~+120
	A 282	70	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	-40~+100
A 368	70	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎	-20~+120	
アクリルゴム(ACM)	T 303	80	◎	△	×	△	◎	△	◎	◎	-15~+160
	T 302	70	◎	△	×	△	◎	△	◎	◎	-25~+140
	T 599	80	◎	△	×	△	◎	◎	◎	◎	-25~+140
シリコンゴム(VMO)	S 500	70	◎	△	×	○	◎	◎	◎	◎	-50~+220
	S 708	80	◎	△	×	○	◎	◎	◎	◎	-60~+220
フッ素ゴム(FKM)	F 384	80	◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	-10~+220
	F 975		◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	-10~+220
	F 422	70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-10~+220
4フッ化エチレン樹脂(PTFE)	31 BF	(デュロメータD) 66~70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-65~+260
	40 WF		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-65~+260
	11 YF		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-65~+260
ファブリック	31 FH		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-50~+160	



《材料の選択》

シール材料の概要を[Table 1]に示す。
 シールの材料選択に当たり、標準品として最初に選ぶのが「ニトリルゴム」である。これは総合的に優れたシール材料で大半は満足できる。
 耐熱、耐寒性が必要な時はシリコーンゴムを使用する。フッ素ゴムは耐熱性は良いが耐寒性が劣る。
 耐薬品性が最も優れているものに「テフロン」などの商品名で知られる4フッ化エチレン樹脂がある。これはゴムではないので、シール性はあまり良くなく使用上注意が必要である。
 ファブリックは合成繊維を接着剤で結合して作られたもので、合成ゴムと同様な弾性を有し、摩擦係数も低く摩耗も少ない。従来使用されたフェルトに比べ耐熱性、耐ほつれ性に優れる。密封機能は良くないが、外部の固形物を止める働きは優れている。

《メカニカルシール》

(特性・特徴)

メカニカルシールはオイルシールで対応できないような過酷な条件の回転密封用に使用される。特に次のような時にはメカニカルシールが有効である。

- ①流体圧力が強い時
- ②水、化学薬品などの潤滑性に乏しい流体を密封する時

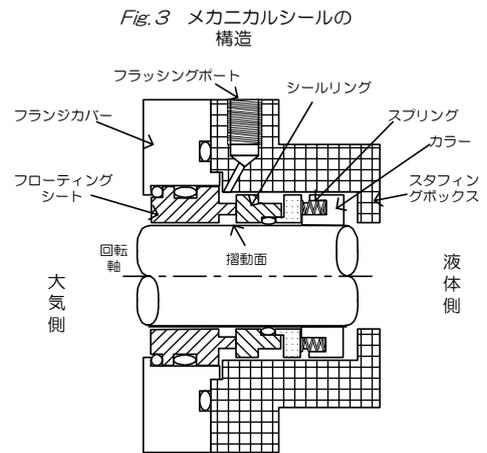
メカニカルシールの取り付け状態を[Fig 3]に示す。フローティングシートは機械本体のフランジカバーに固定し、カラーは回転軸に固定される。シールリングはスプリングに押されてフローティングシートと接触面で回転摺動し、高い密封機能を発揮する。回転摺動部分にはスプリングにより0.1~0.3MPaの面圧をかけて、数μmの膜厚の流体潤滑状態にする。その為にフラッシングポートからこの部分に流体を注入して、回転摺動部の冷却と洗浄を図っている。

メカニカルシールはまず、軽負荷用と従負荷用に分けられる。軽負荷用は量産汎用型で比較的安価であるため多用されている。

耐圧力の概略を比較すると次のようになる。

オイルシール	: 0.03~0.1MPa
メカニカルシール	: 軽負荷用 0.1~0.5MPa
	重負荷用 0.5~8MPa

使用例として、大量生産される自動車の冷却水循環ポンプ、カーエアコンのコンプレッサ、家電用ポンプのほか、装置産業では各種ポンプ、プロア、遠心分離機などに使用されている。特に航空・宇宙、原子力分野においても広い範囲の流体、圧力、周速条件に対応する軸封装置として用途が増大している。



《パッキン》

(特性・特徴)

パッキンは往復運動用のシールで、その代表的なものがUパッキンである。油圧、空圧、水圧機器などに低圧から高圧の広い範囲で使われる。このほかにVパッキン、Aパッキン、ダストシールなどがある。

1) Uパッキン

Uパッキンの取り付け図を[Fig 4]に示す。断面が①の様にした環状の合成ゴムのパッキンである。材質はポリウレタンゴム、ニトリルゴムが標準であり、フッ素ゴムもある。

2) その他のパッキン

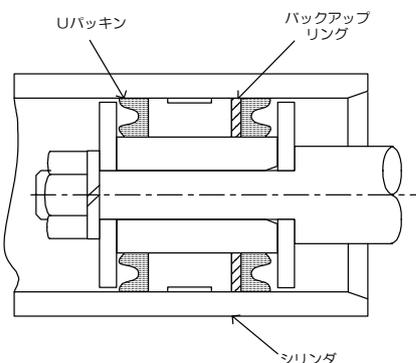
Vパッキンは低圧から高圧まで使用でき、水圧、油圧機器のピストンパッキン、ロッドパッキンに用いる。圧の大きさによって数個重ねて使用する。使用中漏れが生じた場合、増し締めにより漏れを止めることができる利点がある。

Aパッキンは摺動部に4フッ化エチレン樹脂(商品名「テフロン」)を配して摺動抵抗を小さくし、スティックスリップの発生を防止したものである。

3) ダストシール

ダストシールはダストの侵入を防ぐことが目的であるが、ロッドの油膜を掻き出すので、結果的には油漏れと同じような現象が見られる。油の掻き出し作用と耐ダスト性は相反するので、いずれに重点を置くか考えて選定する。

Fig. 4 Uパッキンの取り付け法



《Oリング》

(特性・特徴)

Oリングは固定用シールの代表的なものである。断面が円形をした環状のリングで、長方形の溝にはめて圧縮し、その弾力を利用して密封を行うものである。固定用が主であるが、中には空気圧の往復ストロークの小さいものに運動用として使うことがある。

OリングにはPシリーズ（運動用）とGシリーズ（固定専用）があり、線径はGシリーズよりPシリーズが太い。

Oリングを使用する場合の要点は次の2点である。

- ① 部品間のすきまからOリングのはみだし現象[Fig5]がない適切な設計。
- ② Oリングの材質選定

流体圧力が高いとOリングがすきまにはみ出して損傷し、密封機能が維持できなくなる。はみ出し現象は流体の圧力、Oリングの硬さ、すきまの大きさに関係がある。また、はみ出しの原因と対策について[Table2]に示した。

バックアップリングは、圧力あるいはすきまが限界を超える場合に[Fig6]のようにOリングと併用するものである。

Table.2 Oリングのはみ出し原因と対策

原因	対策	備考
すきまが多い	すきまを小さく適正にする	バックアップリングは両方から圧力がかかる場合にはOリングの両側に、一方のみかかる場合には圧力と反対側に1バックアップリングの形状にはバイアスカット、スライラル、エンドレスの3種類がある。
圧力が大きい	バックアップリングの併用	
高圧によるOリングの軟化	ゴム材質の再検討	
溝コーナーの面取り、偏心など	溝部倒角、面取りの大きさなど、溝部寸法形状の再確認	
Oリングの材質(硬度)	硬度の高いものを選定する	

Fig.5 Oリングのはみ出し

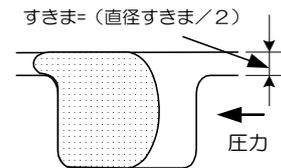
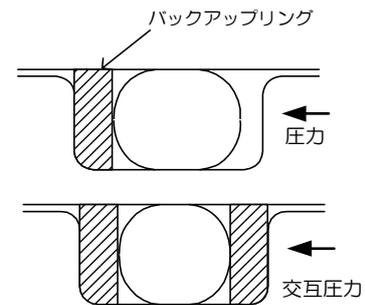


Fig.6 バックアップリングの装着



溝部の表面粗さ

[Table3]にOリングと接触する部分の表面粗さの標準を示す。失敗しやすいのはサージ圧がかかる場合で、この場合は固定仕様であっても運動用Oリングを使用し、表面粗さも固定用ではなく、運動用の数値を使うべきである。

穴部、軸部の面取り

合成ゴムでできているOリングはとりわけバリやカエリに弱いので、図面に「カエリを取り除くこと」と指示すべきである。穴及び軸の面取り角度は工作機械などは15°、一般産業機械では20°が多く使われ、テーパ面の仕上げ精度は6.3S程度を記入すること。

材料の選択

Oリング材料の代表はニトリルゴムである。優れた耐油、耐摩耗性と安定した耐寒性を持ち、総合的に優れている。ニトリルゴムで満足できない場合は、シールメーカーのカタログより適切な材料を選定する。[Table4]

Table.3 Oリングの接触部分の表面粗さ

運動用及び固定用（円筒面）		
機器の部分	運動用 (Rmax)	固定用 (Rmax)
シリンダ内面・ピストンロッド外面	1.6S	6.3S
溝の底面	3.2S	6.3S
溝の側面	バックアップリングを用いない場合	3.2S
	バックアップリングを用いる場合	6.3S
固定用（平面）		
機器の部分	圧力変化の大きい場合 (Rmax)	圧力変化の小さい場合 (Rmax)
フランジ面などの接触面	6.3S	12.5S
溝の底面	6.3S	12.5S
溝の側面	6.3S	12.5S

Table.4 Oリング用材料の種類と特徴

種類	NOK材料記号	ゴムの種類	特徴
標準材料	A305	ニトリルゴム	最も代表的な材料で優れた耐油、耐摩耗性と安定した耐熱性を有する。また、NOK空圧用Oリングの標準材料
	A105	ニトリルゴム	A305とほぼ同等な性質を有し、A305よりも硬度が高く耐圧性に優れた材料
	A122	ニトリルゴム	灯油、軽油の燃料油に優れた耐性を有する一般燃料油用の材料
	R189	スチロールゴム	エチレングリコール、プレーキ油等の動・植物油に最も優れた特性を有する材料
	S503	シリコンゴム	優れた耐熱・耐寒性を有し合成ゴムのなかで最も広い温度範囲に使用できる材料
	F422	フッ素ゴム	合成ゴムのなかで最も優れた耐油、耐薬品、耐熱性を有する適用温度の広い材料
	T302	アクリルゴム	ニトリルゴムより耐熱性が良く、特にエンジン油、ギヤ油、トルコン油に優れた耐油性を有する材料
	A908	ニトリルゴム	耐燃料油に優れており、特にガソリンには最も適した材料
	A980	ニトリルゴム	A305とほぼ同等な性質を有し、特に耐寒性に優れた材料
	S637	シリコンゴム	特に耐熱水・耐水蒸気性に優れた材料でシリンダライナーなどの使用に適する
主な特殊材料	F201	フッ素ゴム	F422と同等な耐油、耐薬品、耐熱性を有し、圧縮永久ひずみが優れた材料。しかし、特殊な添加剤を含む油には劣化することがある
	E617	エチレンプロピルゴム	植物油、熱水に対して優れた耐性を有する材料。しかし、鉱物油に使用してはいけない
	B466	ブチルゴム	耐薬品性、耐水性に優れた材料で気体を透過しにくいのが特徴。しかし、鉱物油に使用してはいけない
	M352	クロロプレンゴム	耐候性、耐フロンガス性には最も優れた耐性を持つ材料
	NOKアイアンラバー	ウレタンゴム	機械的強度に優れ耐摩耗性、耐油性に優れた特性を持つ。しかし、極圧添加剤のような化学的に活性な油には劣化することもある。詳しくは「NOKアイアンラバー」のカタログを参照のこと



シールの基礎知識

版数：00

【参考文献】

- 1) メイテック設計ノウハウデータベース委員会、デザインAtoZ、日経メカニカル（1989年01月23日号）
- 2) メイテック設計ノウハウデータベース委員会、デザインAtoZ、日経メカニカル（1989年02月06日号）
- 3) NOK カタログ

