

設計にあたって

機械要素として、なくてはならないベアリングを設計するにあたり、どのようなベアリングを選定したらよいかについて、完全な方法は
いまだ確立しておりません。しかし、オイルスベアリングの設計手順にしたがって、設計上の基本項目を検討すると、より信頼性の高い
ベアリングの選定が可能となります。

ここでは、設計の“かなめ”となる Tribology の基礎と設計上の基本事項を述べ、よりよいオイルスベアリングの設計に役立てたいと
考えております。

Tribology の基礎

■ 固体の接触

固体の表面は、どんなにきれいに仕上げても、粗さやうねりが存在します。それらを接触させると平面同士の接触であっても、粗さの突起同士の接触になります。したがって実際に接触している部分は、平面全体の面積からみるとはるかに小さく、荷重が小さい場合でも実際の接触点には非常に高い圧力がかかっていることを意味します。

固体間の摩擦や表面損傷および固体同士の相互作用を受け持っているのは、これらごく限られた微小の接触部分となります。

接触面積は、荷重が増加すると、粗さの突起は塑性変形を起こし、荷重を分担する面積が広がります。また、硬さが大きくなると減少します。

このように実際接触して荷重を支えている部分を**真実接触点**、これら真実接触点の面積の総和を**真実接触面積 (Real Contact Area)**、幾何学的外観によって決まる面積を見かけの**接触面積 (Apparent Contact Area)**といいます。図-1にそのモデルを示します。

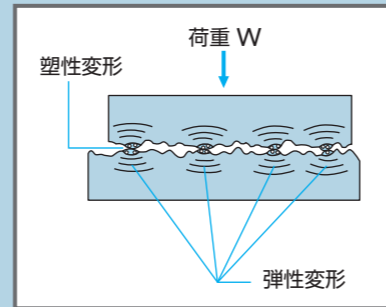


図-1 二面の接触における真実接触点

■ 潤滑機構

相対運動する二面間に潤滑膜が存在しているとき、接触面の摩擦状態は、その潤滑の状態によって概略次の三段階に分けられます。

- ① 流体潤滑領域 (Hydrodynamic Lubrication)
- ② 境界潤滑領域 (Boundary Lubrication)
- ③ 固体潤滑領域 (Solid Lubrication)

流体潤滑領域

二面間に存在する潤滑油膜が十分に厚く、固体の二面間は完全に粘性油膜で分離される状態となります。このとき二面間の摩擦力は潤滑剤の粘性抵抗の大きさに決定され、非常に小さい値 ($\mu=10^{-3} \sim 5 \times 10^{-4}$) をとることができます。

流体潤滑では、軸を回転させると、油の粘性により軸のまわりの油も回ろうとするため軸と軸受の接触部に向かってくさびを打ち込むような力(油圧)が発生します。この現象をくさび効果といいます。

潤滑油膜中に発生する油膜圧力 P は、潤滑油の温度と粘度の変化、表面粗さとクリアランス h、そして軸の回転数 V が負荷能力に影響します。図-2にそのモデルを示します。

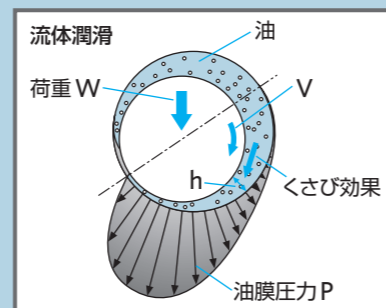


図-2 流体潤滑における圧力分布

境界潤滑領域

二面間に存在する潤滑油膜の厚さが非常に薄く、粘性流動膜は存在せず、図-3に示すように油分子の吸着油膜のみ存在する状態となります。

吸着油膜は、潤滑油の分子が固体面に吸着し、配列した分子膜でそのせん断抵抗は大きくなります。

この領域における摩擦力は、流体摩擦に比べ大きな値 ($\mu=5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-1}$) をとります。

真実接触点のような摩擦接触点では、潤滑膜は時々破断されるので、このような摩擦の状態を生む潤滑状態を境界潤滑といいます。このような境界潤滑下における摩擦の低減には、自己潤滑性に富んだオイルスベアリングを選定すると効果が期待できます。

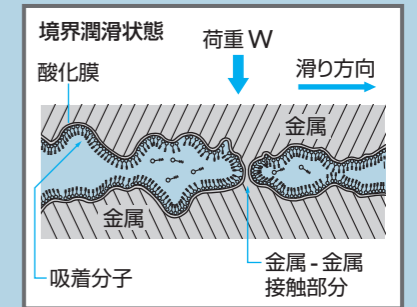


図-3 境界潤滑における油分子の吸着モデル

固体潤滑領域 (乾燥摩擦領域)

流体膜、吸着油膜の潤滑膜が存在せず、固体面同士が直接接触している状態となります。

この固体面の摩擦現象については、フランスのアモントン(1663~1705)およびクーロン(1736~1806)の「アモントン・クーロンの摩擦の法則」といわれる経験的法則があります。

■ アモントン・クーロンの摩擦の法則

- ① 摩擦力は固体の接触面に加わる垂直荷重にのみ比例し、みかけの接触面積に無関係である。
- ② 摩擦係数はすべり速度に無関係である。
- ③ 同一条件のもとで静止摩擦(すべりを起こすに要する力)は運動摩擦(すべりを維持するのに要する力)よりも大きい。

■ 摩擦と摩耗

固体摩擦の機構には、相異なる二つの概念がありました。その一つは固体表面の凹凸によるという考えの凹凸説と、他の一つは固体面の凸部同士の凝着に起因するという考えの凝着説です。最近では、固体二面の凝着が摩擦の主原因として広く認められています。

凝着説によれば、固体二面の凸部の接触は図-4のように微小な真実接触点で構成され、二面は常に凸部の先端同士がつぶれ凝着を起こし、結合部 (Junction) を構成する確率が高くなります。そして相対的運動により結合部がせん断され、凝着やせん断を繰り返すこととなります。この凝着部分をせん断するのに要する力の総和を摩擦力としており、このとき遊離摩耗片として摩耗粉の発生が摩耗となります。

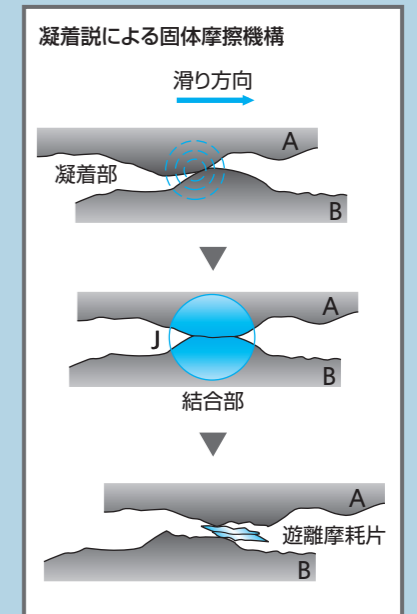


図-4 凝着摩擦による摩耗粉の生成モデル

選定の目安

製品紹介

樹脂系ベアリング

複層系ベアリング

金属系ベアリング

ピローブロック

エアベアリング

スライドラインファター

技術資料

会社案内

選定の目安

製品紹介

樹脂系ベアリング

複層系ベアリング

金属系ベアリング

ピローブロック

エアベアリング

スライドラインファター

技術資料

会社案内

設計にあたって

オイルスベアリングの選定・設計の目安

ベアリングの要求特性・設計要素

概略レイアウトの決定

ベアリングの内径・外径・長さ、相手軸材質、潤滑方法などの目安を決める。

環境条件の確認・設計仕様の確認

一般環境：常温／大気中

特殊環境：高温・低温／水中・薬液中

使用条件の検討

許容P・V・PV値と運動形態・状況、使用頻度、給油の有無などを検討する。
環境条件※、温度条件、異物の侵入、耐食性、耐薬品性などを検討する。
動荷重、静的荷重、衝撃荷重、静的応力、破壊強さなどを検討する。

※特に特殊環境には注意してください。

形状設計・詳細設計・標準品の検討

ハウジングの材質・強度・剛性・精度、相手軸の材質・粗さ・硬度・表面処理・精度、異物対策などの検証と確認。
ベアリングの精度、シメシロ、クリアランス、油溝・給油孔の検証と確認。
ベアリング素材の製造上の制約、標準品の検討。

第一次材質選定

各設計因子がそれぞれの許容値内にあるかどうか検討し、第一次材質を選定する。

YES NO

試験データ・特性確認

試験データにおける初期特性の確認と、推定寿命、耐久性の検証と確認。

推奨オイルスベアリングの決定

※特注品の設計、ご不明な点に関しては、当社にお問い合わせください。

■ P値／V値／PV値

P 値：軸受に負荷される最大荷重(W)を軸受の投影面積(φd×L)で割った値が面圧：Pとなります。

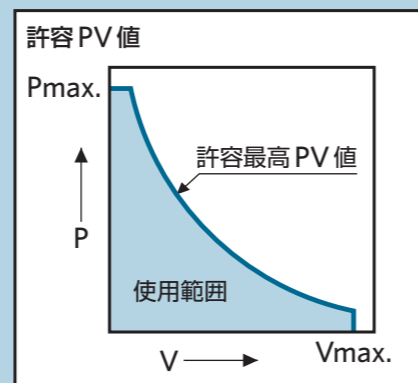
V 値：速度：Vとは相手と軸受との相対速度となります。

PV 値：軸受の選定には面圧：Pと速度：Vとの積であるPV値が重要なポイントとなります。

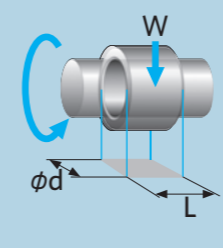
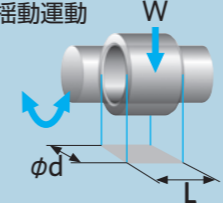
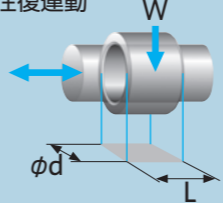
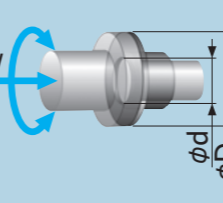
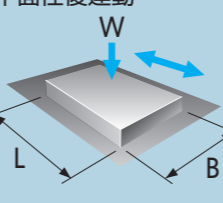
P値、V値、PV値はそれぞれ独立した許容値ではなくお互いに関連をもった設計値です。設計にあたってはこのグラフに示した範囲に収めてください。

許容最高PV値 < 許容最高面圧：Pmax. × 許容最高速度：Vmax.

それぞれの値は、次のページにある式で求めてください。



P値／V値／PV値の求め方

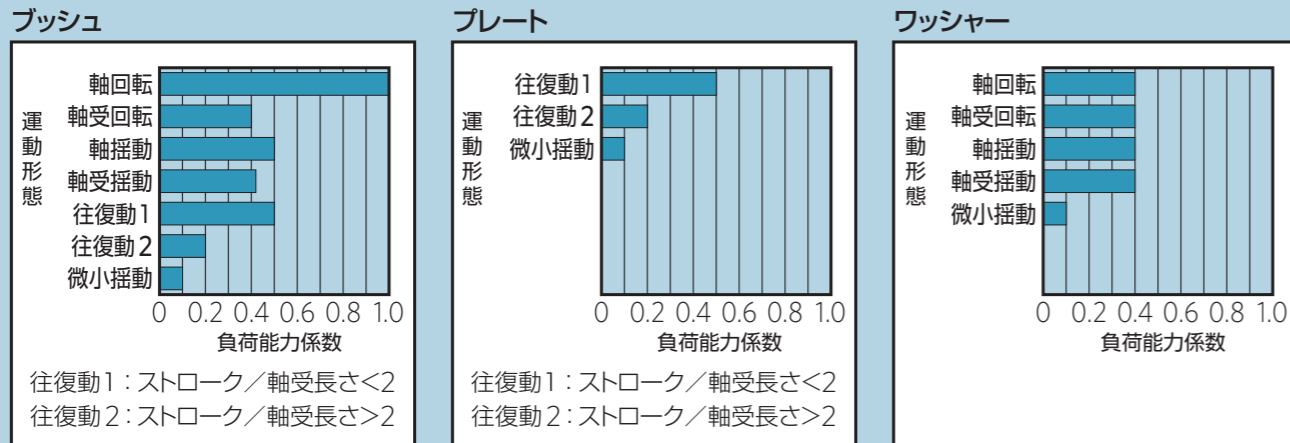
運動形態	P 値 N/mm ² (kgf/cm ²)	V 値 m/s (m/min)	PV 値 N/mm ² ・m/s (kgf/cm ² ・m/min)
プッシュ ラジアルジャーナル 一方向回転運動 	$P = \frac{W}{\phi d \times L}, \left\{ \frac{10^2 W}{\phi d \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 内径 φd : mm 長さ L : mm 計算例 内径20mm、長さ10mmの軸受、 1000Nのジャーナル荷重の場合。 $\frac{1000}{20 \times 10} = 5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ です。	$V = \frac{\pi \phi d n}{10^3}, \left\{ \frac{\pi \phi d n}{10^3} \right\}$ 回転数 n : s ⁻¹ {rpm} 内径 φd : mm 計算例 内径20mmの軸受、回転数25s ⁻¹ の場合。 $\frac{\pi \times 20 \times 25}{10^3} = 0.157 \text{ (m/s)}$ です。	$PV = \frac{\pi \phi d W n}{10^3 \times \phi d \times L}, \left\{ \frac{\pi \phi d W n}{10^3 \times \phi d \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 回転数 n : s ⁻¹ {rpm} 長さ L : mm 内径 φd : mm 計算例 内径20mm、長さ10mmの軸受、回転数 25s ⁻¹ 、1000Nのジャーナル荷重の場合。 $\frac{\pi \times 20 \times 1000 \times 25}{10^3 \times 20 \times 10} = 0.63 \text{ (N/mm}^2\text{・m/s)}$ です。
揺動運動 	$P = \frac{W}{\phi d \times L}, \left\{ \frac{10^2 W}{\phi d \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 内径 φd : mm 長さ L : mm	$V = \frac{\phi d c \theta}{10^3}, \left\{ \frac{\pi \phi d c \theta}{180 \times 10^3} \right\}$ 揺動 c : s ⁻¹ {cpm} サイクル速度 揺動角度 θ : rad {°} 内径 φd : mm	$PV = \frac{W \phi d c \theta}{10^3 \times \phi d \times L}, \left\{ \frac{\pi W \phi d c \theta}{18 \times 10^3 \times \phi d \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} 揺動角度 θ : rad {°} 長さ L : mm 内径 φd : mm
往復運動 	$P = \frac{W}{\phi d \times L}, \left\{ \frac{10^2 W}{\phi d \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 内径 φd : mm 長さ L : mm	$V = \frac{2cS}{10^3}, \left\{ \frac{2cS}{10^3} \right\}$ 往復 サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} ストローク距離 S : mm	$PV = \frac{2WcS}{10^3 \times \phi d \times L}, \left\{ \frac{WcS}{5 \times \phi d \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} ストローク距離 S : mm 内径 φd : mm 長さ L : mm
ワッシャー スラスト運動 	回転 $P = \frac{4W}{\pi \times (\phi D^2 - \phi d^2)}, \left\{ \frac{400W}{\pi \times (\phi D^2 - \phi d^2)} \right\}$ 揺動 $P = \frac{4W}{\pi \times (\phi D^2 - \phi d^2)}, \left\{ \frac{400W}{\pi \times (\phi D^2 - \phi d^2)} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 内径 φd : mm 外径 φD : mm	回転 $V = \frac{\pi \phi D n}{10^3}, \left\{ \frac{\pi \phi D n}{10^3} \right\}$ 揺動 $V = \frac{\phi D c \theta}{10^3}, \left\{ \frac{\pi \phi D c \theta}{180 \times 10^3} \right\}$ 回転数 n : s ⁻¹ {rpm} サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} 揺動角度 θ : rad {°} 外径 D : mm	回転 $PV = \frac{4W \phi D n}{10^3 \times (\phi D^2 - \phi d^2)}, \left\{ \frac{400 W \phi D n}{10^3 \times (\phi D^2 - \phi d^2)} \right\}$ 揺動 $PV = \frac{4W \phi D c \theta}{10^3 \times \pi (\phi D^2 - \phi d^2)}, \left\{ \frac{400 W \phi D c \theta}{180 \times 10^3 \times (\phi D^2 - \phi d^2)} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 回転数 n : s ⁻¹ {rpm} サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} 揺動角度 θ : rad {°} 内径 φd : mm 外径 φD : mm
プレート 平面往復運動 	$P = \frac{W}{B \times L}, \left\{ \frac{10^2 W}{B \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} 長さ L : mm 幅 B : mm	$V = \frac{2cS}{10^3}, \left\{ \frac{2cS}{10^3} \right\}$ サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} ストローク距離 S : mm	$PV = \frac{2WcS}{10^3 \times B \times L}, \left\{ \frac{WcS}{5 \times B \times L} \right\}$ 荷重 W : N {kgf} サイクル速度 c : s ⁻¹ {cpm} ストローク距離 S : mm 長さ L : mm 幅 B : mm

設計にあたって

オイルスペアリングの選定・設計の目安

■ 運動形態とPV値

カタログに記載されているPV値は、ラジアルジャーナル方向回転運動における許容PV値です。使用する運動形態によっては、下記を目安としてベアリングの許容PV値に余裕をもって設計する必要があります。



※表の値はブッシュにおける軸回転運動のときの許容PV値を1とした場合の目安です。

■ 環境温度とPV値

カタログに記載されている使用温度範囲は、ベアリングの材質や構造などから求めた耐熱性を表わしています。使用する環境温度によっては、下記を目安として設計する必要があります。

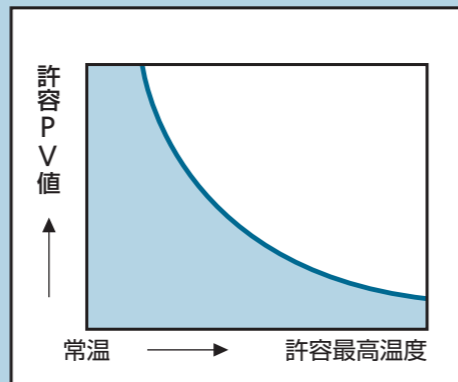
高温条件

- 摩擦熱の放散がされ難く、摩擦特性の低下が考えられるため、PV値を低く設定する。
- 軸受材料の高温時の強度低下を考慮する。
- 熱膨張によって生じる、軸受や相手軸の寸法変化によるクリアランスの減少を検討する。
- 高温時の軸受の応力緩和による圧入シメシロの減少を考慮し、軸受の脱落、外径摺動を防止するため、抜け止め、回り止めを施す。

低温条件

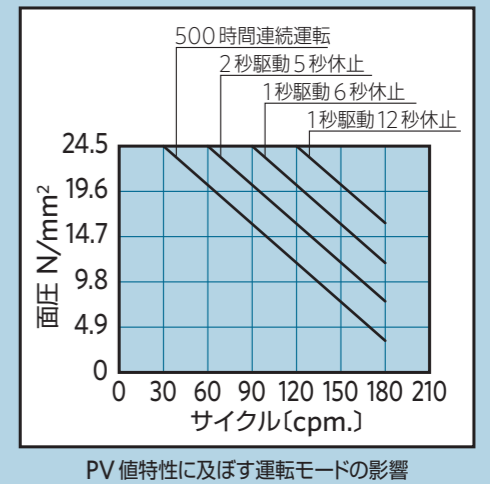
- 軸受材料の低温時の衝撃強さ、低温脆性を検討する。
- 熱収縮によって生じる、軸受内径の寸法変化によるクリアランスの減少を検討する。
- 同様に、ハウジングとのシメシロの減少による固定力の低下を検討する。

樹脂軸受(特に熱可塑性樹脂材料)は、金属系軸受に比べて低融点であり、熱的影響を受けやすくなります。熱膨張係数も大きい為、温度変化によるクリアランスの減少、応力緩和など、ハメアイ設計において特に注意が必要です。



■ 運転間隔とPV値

軸受の運転には、連続運転と間けつ運転などの運転モードがあります。一般的に、連続運転と比較してある程度インターバルを有する間けつ運転は、停止時間があるため摩擦面の温度が下がり、軸受にとっては良好な結果が得られやすい条件となります。しかし、頻繁な起動・停止は潤滑不良による摩耗を増大させ、始動時に軸をかじったり、焼付現象を生じさせたりします。自己潤滑性に富んだオイルスペアリングは、摩擦面に潤滑油を自給し、潤滑油の保持能力機構を有する材質や高い耐荷重性能を有する固体潤滑剤の被膜形成能力を持つ材質など、潤滑不良による性能低下を防止することができます。図はオイル#500SPのラジアルジャーナル回転運動と揺動運動におけるPV特性に及ぼす連続運転モードと間けつ運転モードの影響を示した試験データです。自己潤滑性軸受は、停止間隔が長くなると限界PV性能が高い値を示すことがわかります。



■ 相手材の選定

軸受性能は相手軸の材質、硬さ、表面粗さ、表面処理の有無、発錆、異物などの影響を受けるため、下記の推奨相手材を目安にご検討ください。

軸受	面圧 N/mm ² {kgf/cm ² }	材質	硬さ	表面粗さ Ra(Ry)
金属系	~24.5{250}	機械構造用炭素鋼、合金鋼(例:S45C、SNC415、SCM435) ステンレス鋼	150HBW以上	1.6a(6.3s)以下
	24.5{250}~49.0{500}	機械構造用炭素鋼・合金鋼等に高周波焼入れ、浸炭焼入れなどの表面硬化処理	250HBW以上	
	49.0{500}~98.0{1,000}	上記の表面硬化処理に窒化処理、硬質クロムメッキなどの表面処理	50HRC以上	
樹脂系 複層系	~49.0{500}	機械構造用炭素鋼、合金鋼(例:S45C、SNC415、SCM435) ステンレス鋼	120HBW以上	0.8a(3.2s)以下
	49.0{500}~98.0{1,000}	機械構造用炭素鋼・合金鋼等に高周波焼入れ、浸炭焼入れ、窒化処理、硬質クロムメッキなどの表面処理	45HRC以上	

※樹脂系軸受オイル#480は、45HRC以上の相手材を選定してください。

■ 耐異物性

ころがり軸受に比べ異物混入の影響は少なくすみませんが、軸受性能の低下の原因にもなるため、次の対策をお勧めします。

- 相手軸に高周波焼入れや浸炭焼入れなどの表面硬化処理を施してください。
- ダストシールを取付け、グリースを封入してください。
- 給脂などにより、異物の混入防止と排除をしてください。

設計にあたって

オイルスペアリングの選定・設計の目安

■ 軸受形状

軸受長さ

一般には、軸受長さ / 軸受内径の比で求めます。

●一般：0.5~2.0 ●高荷重、高速摺動、片当たり：0.8~1.0

軸受長さの影響	長さ／内径の比 小	長さ／内径の比 大
油膜形成能力	小さい	大きい
放熱効果	大きい	小さい
偏荷重に対する安全性	高い	低い
振動減衰効果	小さい	大きい
省スペース性	大きい	小さい
摩耗粉の排出効果	大きい	小さい

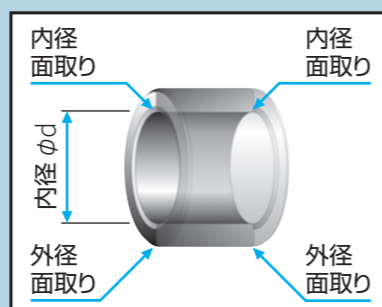
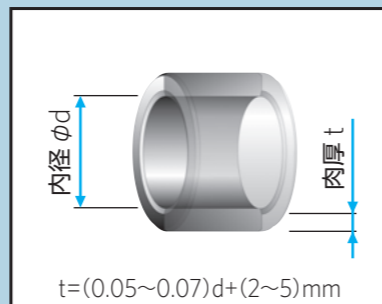
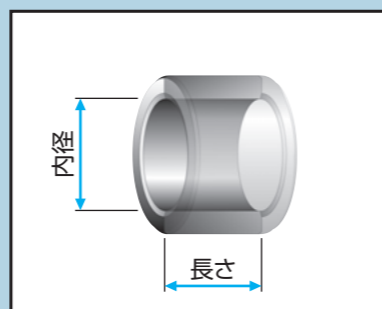
※軸受長さの影響は目安です。

軸受の肉厚

オイルスペアリングは肉厚をより小さくでき、設計のコンパクト化が図れます。

軸受内径と肉厚	φ10	φ20	φ50	φ100	φ300
金属系軸受(含油)	2~3	2~4	5~7.5	7.5~12.5	20~25
金属系軸受(固体潤滑剤)	3~4	3~5	7.5~10	10~15	20~30
樹脂系軸受(加工品)	2~3	2~4	5~7.5	7.5~12.5	20~25
樹脂系軸受(成形品)	1~2	1~3	3~5	5~10	(20~30)
複層系軸受	0.5~1	1.5	2~2.5	2.5	-
複合軸受(ハイプラスト)	0.5 ※ハイプラストは軸径に関わらず軸受厚みは0.5mmです。				

(単位 mm)



軸受の面取り

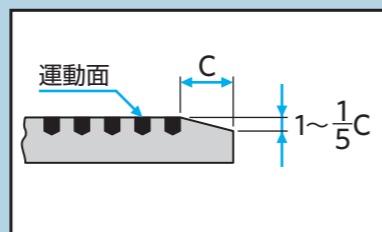
オイルスペアリングの内径面取りは、軸受両端部の応力集中を逃がすようにします。一般的に面取り形状には、C面取りとR面取りがあります。R面取りは往復運動や、往復・回転の複合運動形態に適用されます。また、オイルス#500のように固体潤滑剤の配列設計上、軸受の両端部まで潤滑剤の配列が行われず、部分的な金属接触が生じる領域が発生します。これを防止するため、埋め込まれた固体潤滑剤の位置まで深く面取りを行います。ただし、軸方向の往復運動をする軸受は潤滑被膜の形成からこの処置を必要としない場合もあります。

軸受内径φd	内径・外径の面取り
φ80以下	C0.5
φ80~φ200	C1.0
φ200~φ300	C1.5
φ300以上	C2.0

(単位 mm)

オイルス#500の面取り形状

オイルス#500の面取りは、両端部まで固体潤滑剤の配置が行われず、部分的な金属接触による焼付きを防止するため、埋め込まれた固体潤滑剤の位置まで面取りを行います。



■ 給油の効果

含油軸受などのオイルスペアリングに給油を行うと、次のような効果があります。

- 摩擦係数・摩耗量の低減
- 摩耗粉の排出・耐異物性の向上
- 許容PV値の増加
- 軸の防錆効果
- 信頼性・安全性の確保
- 冷却効果

潤滑油：工業用潤滑油 ISO VG22~46 [動粘度 22~46cSt/40℃]

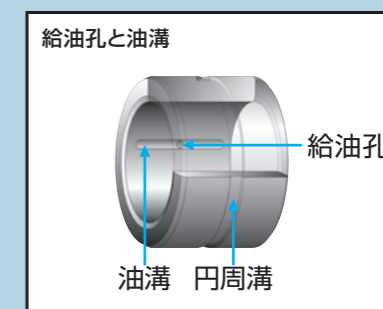
グリース：リチウム系の万能グリース(ちょう度 NLGI 2~0)

※使用温度が150℃を超える場合は、非石けん基増ちょう剤のポリウレア系やベントナイト系のグリースを使用することもあります。

■ 軸受の給油孔と油溝

オイルスペアリングの給油孔と油溝は、次のような形状にしてください。

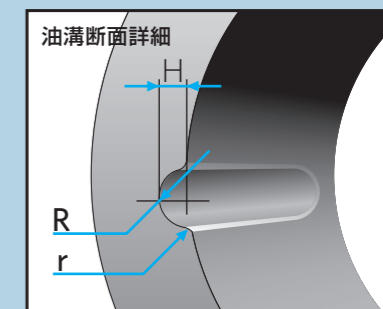
- 給油孔と軸方向の油溝は一体にし、最大荷重点を避けた位置にしてください。
- 軸方向の油溝は軸受長さの70~80%程度にし、エッジが発生しないよう面取りをしてください。
- ハウジングから給油する場合、軸受外径に円周溝を設けて給油孔のずれによる潤滑不良を防止してください。



オイルスペアリングの標準的な油溝寸法の例

(単位 mm)

軸受内径区分	R	r	H	溝の数
30以下	1.5	1.5	1.2	1~2等配
30~50	2.0	2.0	1.8	3等配
50~80	3.0	3.0	2.5	3等配
80~120	3.5	3.5	3.5	4等配
120~180	4.0	4.0	5.0	4等配
180~250	5.0	5.0	6.0	5等配
250~315	6.0	6.0	7.0	6等配
315~400	7.0	7.0	8.0	8等配
400~500	8.0	8.0	8.0	8等配



設計にあたって

オイルスベアリングの冷しバメ要領

■ 冷しバメ

オイルスベアリングをハウジングにセットする方法には、マンドレル、プレスなどを用いて圧入する方法の他に液体窒素やドライアイスを用いる冷しバメがあります。
冷しバメは、圧入と比べて作業性がよく、精度よくハウジングに取付けることができます。
なお、オイルスベアリングでは、軸受機能をそこなう恐れのある「焼きバメ」によってセットする方法は避けてください。

■ 冷しバメの方法

(1) 必要な材料

- 冷媒：液体窒素、ドライアイス
- 容器：保温チャンバー（断熱材で四方を囲んだもので、ブッシュが十分入る大きさのもの）

(2) 冷却による軸受外径の収縮量 ΔD の算出

軸受外径：D、軸受の熱膨張係数： α
雰囲気温度：T0、冷却温度：T1
 $\Delta D = D \times \alpha \times (T0 - T1)$
#500SPの熱膨張係数： $\alpha = 2.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
#500Bの熱膨張係数： $\alpha = 1.8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
#500Fの熱膨張係数： $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
※他の材質については、各製品の機械的性質を参照してください。

例) 軸受寸法が、 $\phi 100 \times \phi 130 \times l 100$ の#500Bの場合。冷却により、常温 20°C から -70°C になるとする。

$$\Delta D = 130 \times 1.8 \times 10^{-5} \times (20 - (-70)) = 0.211\text{mm}$$

※軸受外径が $\phi 500$ を超える大きな寸法の場合は、当社にお問い合わせください。

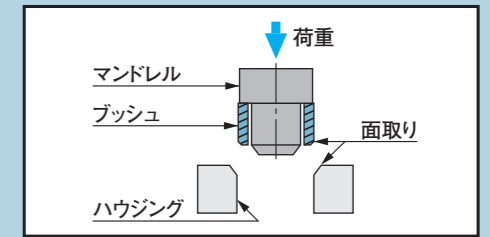
(3) 作業手順

- ① 冷媒は液体窒素またはドライアイスとし標準的な冷却温度は $-40 \sim -70^{\circ}\text{C}$ とします。
- ② 保持時間は、適用するハメアイ公差によりシメシロが大きい場合、長くする必要があります。また、保持時間を短くする場合にはプレス圧入を併用すると有効です。
- ③ ブッシュ外径寸法およびハウジング内径寸法を再度測定し確認します。
組込みの途中で不具合に気がついた場合は非常に重大なトラブルとなります。
- ④ ハウジングにブッシュを挿入する時はすばやく回しながら行ってください。
途中で止めてしまうと、寸法がもとに戻り、抜いて入れなおすことは非常に困難です。
- ⑤ 最後に潤滑剤を摺動面に塗布してください。

注) 冬季など温度差が十分とれない場合は、ハウジングを $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 程度に温めてください。

オイルスベアリングの圧入方法

オイルスベアリングは、一般のすべり軸受と同様にハウジングに圧入して使用することが多く、軸受を圧入する場合、マンドレルを用いるか、あるいはプレスを使ってハウジングに圧入します。
圧入シロの大きい金属軸受の場合、軸受の外径とハウジングの内径に面取りを行ないマンドレルを用いたほうが容易に圧入できます。



■ シメシロを与えたブッシュの圧入力の計算方法

ブッシュにシメシロを与えてハウジングに圧入を行った場合、その内径はセット前より小さくなります。この内径変化量はハウジング、ブッシュの寸法（肉厚、形状）、材質などによって異なり、厳密には、寸法、材質ごとに試験を行い確認することが必要です。しかし、現実にこれら組合せをすべて試験することは困難であるため、ある程度実用的な基本算出方法で求めます。

計算式

ブッシュとハウジングの関係については、“肉厚円筒組み合わせ円筒の式”より導入したものである。

● ブッシュ圧入力

$$F = \pi \cdot P \cdot D \cdot L \cdot \mu$$

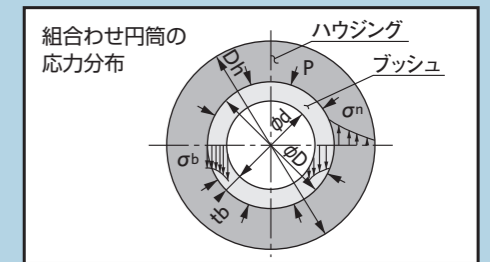
● ブッシュ内径変化量

$$\Delta d = \frac{P \cdot D^2}{2E_b \cdot t_b} = \frac{S \cdot D}{2E_b \cdot t_b \cdot (K_b + K_h)}$$

$$K_b = \frac{(1 - V_b) + (1 + V_b) \cdot (1 - 2t_b/D)^2}{\{(E_b \cdot 4t_b)/D\} \cdot (1 - t_b/D)}$$

$$K_h = \frac{(1 - V_h) + (1 + V_h) \cdot (D_h/D)^2}{E_h \cdot \{(D_h/D)^2 - 1\}}$$

$$P = \frac{S}{D} \cdot \frac{1}{K_b + K_h}$$



- Vb: ブッシュのポアソン比(表-1参照)
- tb: ブッシュの肉厚(mm)
- Eb: ブッシュのヤング率(kgf/mm²)(表-1参照)
- D: ブッシュの外径=ハウジングの内径(mm)
- Vh: ハウジングのポアソン比(表-1参照)
- Eh: ハウジングのヤング率(kgf/mm²)(表-1参照)
- Dh: ハウジングの外径(mm)
- P: シメシロによる半径方向圧力(kgf/mm²)(ブッシュとハウジングとの境界線)
- Kb: 組み合わせ円筒係数(mm²/kgf)(ブッシュ)
- Kh: 組み合わせ円筒係数(mm²/kgf)(ハウジング)
- F: ブッシュの圧入力(kgf)
- L: ブッシュの長さ(mm)
- μ : ブッシュとハウジングの間の摩擦係数(表-2参照)
- S: ブッシュのハウジングに対するシメシロ(mm)
- Δd : ブッシュの内径変化量(mm)(小さくなる量)

表-1 各材質のポアソン比とヤング率

材質	ポアソン比	ヤング率(kgf/mm ²)	材質	ポアソン比	ヤング率(kgf/mm ²)
SS400	0.30	21,000	CAC703(A&BC 3)	0.32	12,000
FCD 450~500	0.30	16,500~18,000	CAC304(HBsC 4)	0.35	11,000
サーメット M	0.12	5,000	#500B	0.25	6,600
サーメット G	0.05	2,400	#500SP	0.35	7,700
FC 250	0.30	11,000~13,000	#500AB	0.32	8,400
SCM 440	0.30	21,000	#2000	0.30	21,000
SUS 304	0.28	19,700	#300	0.25	6,000
SUS 420J2	0.31	20,400	#250-07	0.17	700
CAC403(BC3)	0.25	10,500	ファイバーフロン	0.20	1,800~3,000
CAC406(BC6)	0.25	9,450	#80	0.35	288

表-2 ブッシュ、ハウジング間の摩擦係数

ブッシュとハウジングが金属同士の時	0.20
ブッシュとハウジングが金属と樹脂の時	0.15
ブッシュとハウジングが樹脂同士の時	0.15

選定の目安

製品紹介

樹脂系ベアリング

複層系ベアリング

金属系ベアリング

ピローブロック

エアベアリング

スライドシフター

技術資料

会社案内

選定の目安

製品紹介

樹脂系ベアリング

複層系ベアリング

金属系ベアリング

ピローブロック

エアベアリング

スライドシフター

技術資料

会社案内

設計にあたって

オイルスベアリングの寿命・クリアランス

■ オイルスベアリングの寿命

オイルスベアリングの寿命は、使用雰囲気や諸条件により変わります。下記の計算式は荷重とすべり距離の関係より求めたもので、設計の目安と考えてください。詳しくは、当社にお問い合わせください。

$$\text{推定摩耗量 (mm)} : W = K \times P \times V \times T$$

比摩耗量 K : mm/(N/mm²・m/s・Hr) {mm/(kgf/cm²・m/min・Hr)}
 設計面圧 P : N/mm² {kgf/cm²}
 すべり速度 V : m/s {m/min}
 摩擦時間 T : Hr

潤滑条件による比摩耗量の目安

潤滑条件	mm/(N/mm ² ・m/s・Hr)	mm/(kgf/cm ² ・m/min・Hr)
無潤滑	6×10 ⁻⁴ ~3×10 ⁻³	1~5×10 ⁻⁶
定期潤滑	6×10 ⁻⁵ ~3×10 ⁻⁴	1~5×10 ⁻⁷
油潤滑	6×10 ⁻⁶ ~3×10 ⁻⁵	1~5×10 ⁻⁸

⚠ 注意

この摩耗式も摩耗が荷重、すべり距離に比例するとした観点から導入されたものであり、速度や荷重が与える影響や、運動形態の違い、潤滑油の種類、クリアランス、相手材の表面粗さ、異物の混入などによる影響を含めた式ではありませんので適用にあたっては、設計上の目安と考えてください。

■ クリアランス設計

オイルスベアリングのクリアランス設計は、流体潤滑条件で使用される一般のすべり軸受の場合よりいくぶん大きく設計する必要があります。これは固体潤滑条件における摩擦熱の発生、固体潤滑膜が、油膜の厚さにくらべ大きいなどの理由からです。特に、高温雰囲気あるいは、水中、薬液中での膨潤現象が生じる軸受は次のようなクリアランス補正をする必要があります。

高温条件におけるハメアイ設計

●100℃以上の高温で金属系ベアリングを使用する場合は、次の熱膨張量を標準ハメアイ規格表の常温内径寸法公差に加算して設計してください。

$$\text{熱膨張量} = \text{軸の熱膨張係数} \times \text{軸径} \times (\text{雰囲気温度} - \text{室温})$$

●高温条件下での影響を受け常温に戻ったときに、シメシロが消失(応力緩和)し、ベアリングの脱落や軸受外径での摺動が起こることがあるので、回り止めを施してください。

※樹脂系ベアリングについては、当社にお問い合わせください。

膨潤補正值

●オイルス#425、#470を水中で使用する場合は、吸水により膨潤しますので、詳しくはP.377、P.378を参照してください。

軸の熱膨張係数

軸の材質	熱膨張係数
軟鋼	1.12×10 ⁻⁵ /℃(20~300℃)
Ni-Cr鋼	1.29×10 ⁻⁵ /℃(20~300℃)
SUS304	1.78×10 ⁻⁵ /℃(20~300℃)
SUS431	1.21×10 ⁻⁵ /℃(20~300℃)
SUS316	1.62×10 ⁻⁵ /℃(20~300℃)

オイルスハメアイ規格表

オイルス#80・ルーテックE・#480(機械加工品)

軸受寸法の区分		寸法公差						クリアランス		寸法公差				シメシロ	
		基準軸(h7)		圧入前内径		圧入後内径(参考値)				基準穴(H7)		外径			
内径	外径	上(+)	下(-)	上(+)	下(+)	上(+)	下(+)	最大	最小	上(+)	下(-)	上(+)	下(+)	最大	最小
10以下	10以下	0	0.015	0.195	0.112	0.128	0.045	0.143	0.045	0.015	0	0.103	0.045	0.103	0.030
	10を超え18以下	0	0.015	0.212	0.129	0.128	0.045	0.143	0.045	0.018	0	0.128	0.058	0.128	0.040
10を超え18以下	10を超え18以下	0	0.018	0.245	0.144	0.161	0.060	0.179	0.060	0.018	0	0.128	0.058	0.128	0.040
	18を超え24以下	0	0.018	0.264	0.163	0.161	0.060	0.179	0.060	0.021	0	0.155	0.071	0.155	0.050
18を超え24以下	18を超え24以下	0	0.021	0.299	0.178	0.196	0.075	0.216	0.075	0.021	0	0.155	0.071	0.155	0.050
	24を超え30以下	0	0.021	0.309	0.188	0.196	0.075	0.216	0.075	0.021	0	0.165	0.081	0.165	0.060
24を超え30以下	24を超え30以下	0	0.021	0.324	0.203	0.211	0.090	0.231	0.090	0.021	0	0.165	0.081	0.165	0.060
	30を超え40以下	0	0.021	0.344	0.223	0.211	0.090	0.231	0.090	0.025	0	0.195	0.095	0.195	0.070
30を超え40以下	30を超え40以下	0	0.025	0.392	0.248	0.259	0.115	0.284	0.115	0.025	0	0.195	0.095	0.195	0.070
	40を超え50以下	0	0.025	0.412	0.268	0.259	0.115	0.284	0.115	0.025	0	0.215	0.115	0.215	0.090
40を超え50以下	40を超え50以下	0	0.025	0.432	0.288	0.279	0.135	0.304	0.135	0.025	0	0.215	0.115	0.215	0.090
	50を超え65以下	0	0.025	0.454	0.310	0.279	0.135	0.304	0.135	0.030	0	0.250	0.130	0.250	0.100
50を超え65以下	50を超え65以下	0	0.030	0.512	0.340	0.337	0.165	0.367	0.165	0.030	0	0.250	0.130	0.250	0.100
	65を超え80以下	0	0.030	0.527	0.355	0.337	0.165	0.367	0.165	0.030	0	0.280	0.130	0.280	0.100
65を超え80以下	65を超え80以下	0	0.030	0.604	0.390	0.414	0.200	0.444	0.200	0.030	0	0.280	0.130	0.280	0.100

※オイルス#80を低温(-0℃以下)の条件で使用される場合、このハメアイ表よりさらにシメシロを大きくする必要がありますので、当社にご相談ください。(単位 mm)

オイルスグライドラフ

軸受寸法の区分		寸法公差						クリアランス		寸法公差				シメシロ	
		基準軸(h7)		圧入前内径		圧入後内径(参考値)				基準穴(H7)		外径			
内径	外径	上(+)	下(-)	上(+)	下(+)	上(+)	下(+)	最大	最小	上(+)	下(-)	上(+)	下(+)	最大	最小
10以下	10以下	0	0.015	0.208	0.150	0.157	0.099	0.172	0.099	0.015	0	0.076	0.040	0.076	0.025
	10を超え18以下	0	0.015	0.220	0.162	0.157	0.099	0.172	0.099	0.018	0	0.093	0.050	0.093	0.032
10を超え18以下	10を超え18以下	0	0.018	0.220	0.150	0.157	0.087	0.172	0.087	0.018	0	0.093	0.050	0.093	0.032
	18を超え30以下	0	0.018	0.238	0.168	0.157	0.087	0.172	0.087	0.021	0	0.117	0.065	0.117	0.044
18を超え30以下	18を超え30以下	0	0.021	0.244	0.160	0.163	0.079	0.184	0.079	0.021	0	0.117	0.065	0.117	0.044
	30を超え50以下	0	0.021	0.262	0.178	0.163	0.079	0.184	0.079	0.025	0	0.142	0.080	0.142	0.055
30を超え50以下	30を超え50以下	0	0.025	0.280	0.180	0.181	0.081	0.206	0.081	0.025	0	0.142	0.080	0.142	0.055
	50を超え80以下	0	0.025	0.303	0.203	0.181	0.081	0.206	0.081	0.030	0	0.174	0.100	0.174	0.070
50を超え80以下	50を超え80以下	0	0.030	0.320	0.200	0.198	0.078	0.228	0.078	0.030	0	0.174	0.100	0.174	0.070
	80を超え120以下	0	0.030	0.344	0.224	0.198	0.078	0.228	0.078	0.035	0	0.207	0.120	0.207	0.085
80を超え120以下	80を超え120以下	0	0.035	0.380	0.240	0.234	0.094	0.269	0.094	0.035	0	0.207	0.120	0.207	0.085
	120を超え180以下	0	0.035	0.409	0.269	0.234	0.094	0.269	0.094	0.040	0	0.245	0.145	0.245	0.105
120を超え180以下	120を超え180以下	0	0.040	0.470	0.310	0.295	0.135	0.335	0.135	0.040	0	0.245	0.145	0.245	0.105

※油潤滑でご使用の場合は、クリアランスを1/1000・d程度小さくとることができます。(単位 mm)

設計にあたって

オイルス#250

Table with columns: 軸受寸法の区分 (内径, 外径), 寸法公差 (基準軸(h7), 圧入前内径, 圧入後内径(参考値)), クリアランス (最大, 最小), 寸法公差 (基準穴(H7), 外径), シメシロ (最大, 最小). Rows list various size ranges from 10mm to 400mm.

(単位 mm)

膨潤特性

オイルス#425をご使用の場合は、オイルス#250のハメアイ規格表の内径寸法公差に膨潤補正値を加えてご使用ください。また、オイルス#425、#470水中用軸受のハメアイ設計をする時には、膨潤による寸法変化を考慮してください。

● 膨潤補正値 t: プッシュ片肉厚(mm)

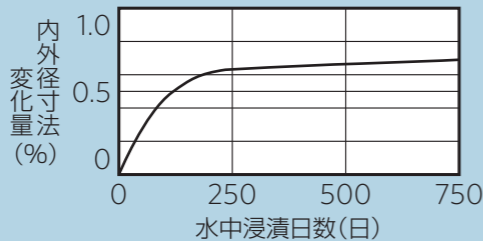
Table with columns: 材質, #425-03、06、07, #425-17. Rows: 常温, 50℃以上.

例:φ100×φ120×ℓ100の#470-02 プッシュで水温30℃の場合、内径公差に膨潤補正値を加算して設定する必要があります。

上記膨潤補正値より 2×10(t: プッシュ片肉厚)×0.008=0.160 φ100^{+0.260}/_{+0.188} +補正値:0.160 ⇒ φ100^{+0.420}/_{+0.348}

● 吸水膨潤による寸法変化

膨潤試験条件 試験片形状 φ98×φ118×ℓ100 φ135×φ155×ℓ100 φ155×φ185×ℓ100 雰囲気: 常温清水中



オイルス#470-02

Table with columns: 軸受寸法の区分 (内径, 外径), 寸法公差 (基準軸(h7), 圧入前内径, 圧入後内径(参考値)), クリアランス (最大, 最小), 寸法公差 (基準穴(H7), 外径), シメシロ (最大, 最小). Rows list various size ranges from 10mm to 400mm.

(単位 mm)

※ 複層タイプ(#470-02W)をご使用の場合は、オイルス#250のハメアイ規格表をご使用ください。

● 膨潤補正値

t: プッシュ片肉厚(mm)

Table with columns: 材質, #470-02, #470-02W. Rows: 常温, 50℃以上.

設計にあたって

オイルス#500 ゲート用

Table with columns: 軸受寸法の区分 (内径, 外径), 寸法公差 (基準軸(h7), 圧入前内径, 圧入後内径(参考値)), クリアランス (最大, 最小), 寸法公差 (基準穴(H7), 外径), シメシロ (最大, 最小). Rows include diameter ranges from 10 to 400 mm.

※このハメアイ表は、ダム・堰施設技術基準に基づくものです。(単位 mm)

オイルス#500 大口径プッシュ(常温/面圧 P=9.8N/mm² {100kgf/cm²} 未満)

Table with columns: 軸受寸法の区分 (内径, 外径), 寸法公差 (基準軸(h7), 圧入前内径, 圧入後内径(参考値)), クリアランス (最大, 最小), 寸法公差 (基準穴(H7), 外径), シメシロ (最大, 最小). Rows include diameter ranges from 500 to 2500 mm.

(単位 mm)

オイルス#500 大口径プッシュ(常温~200℃まで、または面圧 P=9.8N/mm² {100kgf/cm²} 以上)

Table with columns: 軸受寸法の区分 (内径, 外径), 寸法公差 (基準軸(h7), 圧入前内径, 圧入後内径(参考値)), クリアランス (最大, 最小), 寸法公差 (基準穴(H7), 外径), シメシロ (最大, 最小). Rows include diameter ranges from 500 to 2500 mm.

(単位 mm)

オイルス#300/#600

Table with columns: 軸受寸法の区分 (内径, 外径), 寸法公差 (基準軸(h7), 圧入前内径, 圧入後内径(参考値)), クリアランス (最大, 最小), 寸法公差 (基準穴(H7), 外径), シメシロ (最大, 最小). Rows include diameter ranges from 10 to 400 mm.

※油潤滑でご使用の場合は、クリアランスを1/1000・d程度小さくとることができます。(単位 mm)

選定の目安

製品紹介

樹脂系ヘアリング

複層系ヘアリング

金属系ヘアリング

ピローブロック

エアヘアリング

スライドラインファター

技術資料

会社案内

選定の目安

製品紹介

樹脂系ヘアリング

複層系ヘアリング

金属系ヘアリング

ピローブロック

エアヘアリング

スライドラインファター

技術資料

会社案内

設計にあたって

オイルスベアリングのベースレジンおよびベースメタルの耐食性

耐食性									
区分	樹脂系・複層系								
ベース	ポリアセタール	ポリオレフィン	ポリアミド	PTFE	PPS	フェノール樹脂	エポキシ樹脂	ポリエステル	
製品名	#80 ルーテック #480 ドライメットST [®]	#81	#83	グライترونF ドライメットLF [®] テクメット [®] ハイプラスト	グライترونS,SE	#250 #425 #470 ファイバーフロンTR ファイバーフロンOH	ファイバーフロンFW	ファイバーフロンGH	
酸	10%硫酸	△	◎	△	◎	◎	◎	△	◎
	30%硫酸	△	◎	△	◎	◎	◎	×	◎
	濃硫酸	×	△	×	◎	○	△	×	×
	塩酸	×	◎	△	◎	◎	○	△	○
	10%硝酸	△	○	×	◎	○	△	△	×
	40%硝酸	×	△	×	◎	△	×	×	×
	ぎ酸	×	◎	×	◎	◎	◎	—	—
	75%リン酸	△	◎	×	◎	◎	◎	—	◎
	10%クロム酸	×	△	×	◎	◎	○	△	△
	乳酸	—	◎	○	◎	◎	◎	△	○
	過酸化水素	○	○	△	◎	○	△	×	○
	液体塩素	×	○	○	◎	○	△	×	△
	アルカリ	アンモニア(液体)	△	◎	△	◎	○	△	×
塩化鉄		◎	◎	◎	◎	◎	△	—	—
塩化カルシウム		◎	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎
硫黄		◎	◎	◎	◎	◎	△	—	—
水酸化カルシウム		◎	◎	◎	◎	◎	△	○	◎
溶剤	メチルアルコール	△	○	△	◎	◎	△	△	◎
	アセトン	△	△	△	◎	◎	◎	△	△
	ベンゼン	△	△	○	◎	◎	◎	×	—
	四塩化炭素	×	×	△	◎	○	◎	—	—
	エチレングリコール	○	◎	◎	◎	◎	◎	—	◎
油類・その他	石油	○	△	◎	◎	○	◎	◎	—
	ディーゼルエンジン油	○	—	◎	◎	◎	—	◎	—
	潤滑油	○	△	○	◎	◎	◎	◎	◎
	動物油	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	—
	植物油	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	—
	オレイン酸	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	—
	ガソリン	○	○	◎	◎	○	◎	◎	—
	灯油(ケロシン)	◎	×	◎	◎	◎	◎	○	—
	ナフサ	△	△	◎	◎	◎	◎	○	—
	ラッカー	△	△	○	◎	△	◎	△	—
水	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
海水	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

◎：優 ○：良 △：可 ×：不可 —：データなし
 ※摺動面のベースレジンに対する耐食性であり、バックメタルは対象としていません。

●本表は、各ベース材料の特性であり、配合されている充填剤などにより特性が異なる場合がありますので、実際の選定にあたっては、お問い合わせください。

耐食性						
区分	金属系					
ベース	高力黄銅鋳物	青銅鋳物	アルミ青銅	鋳鉄		
製品名	#500SP #500HP #500球面軸受 [*] #500ガイドユニット [*] (BK, BTタイプ)	#500B	#500AB	#500F		
酸	40%~80%硫酸	×	○	○	×	
	80%~95%硫酸	×	△	△	×	
	塩酸	×	△	△	×	
	硝酸	×	×	×	×	
	リン酸	×	○	○	×	
	クロム酸	×	×	×	×	
	乳酸	×	○	○	×	
	過酸化水素	△	○	○	×	
	塩素(湿)	×	△	△	—	
	塩素(乾)	◎	◎	◎	—	
	アルカリ	アンモニア(湿)	×	×	×	○
		アンモニア(乾)	◎	◎	◎	○
		塩化第一鉄	×	○	○	×
塩化カルシウム		×	○	○	△	
硫黄(湿)		×	×	×	△	
硫黄(乾)		◎	○	○	△	
水酸化カルシウム		○	◎	◎	○	
溶剤	メチルアルコール	◎	◎	◎	○	
	アセトン	◎	◎	◎	○	
	トルエン	◎	◎	◎	○	
	四塩化炭素(湿)	×	○	○	×	
	四塩化炭素(乾)	◎	◎	◎	×	
	エチレングリコール	○	◎	◎	△	
油類・その他	原油	△	○	○	○	
	重油	○	◎	◎	○	
	潤滑油	◎	◎	◎	◎	
	動物油	◎	◎	◎	—	
	植物油	◎	◎	◎	△	
	ガソリン	◎	◎	◎	○	
	灯油(ケロシン)	◎	◎	◎	○	
	ラッカー	◎	◎	◎	△	
水	○	◎	◎	△		
海水	△	○	○	×		

◎：優 ○：良 △：可 ×：不可 —：データなし
 ※#500球面軸受及び#500ガイドユニット(BK, BTタイプ)に組み込まれている#500のみ。

選定の目安

製品紹介

樹脂系ベアリング

複層系ベアリング

金属系ベアリング

ピローブロック

エアベアリング

スライドシフター

技術資料

会社案内

選定の目安

製品紹介

樹脂系ベアリング

複層系ベアリング

金属系ベアリング

ピローブロック

エアベアリング

スライドシフター

技術資料

会社案内