

設計について

ドライベアリングの設計

1.ドライベアリングとは

ドライベアリングとは、潤滑剤が全くない乾燥状態で使用される軸受で、機器構造の簡略化およびメンテナンスフリーの要望により発達した軸受応用の分野です。

最近の設計技術の高度化ならびに機器に対する信頼性向上の要請から、多種多様のドライベアリングが開発されています。

2.すべり軸受の分類

潤滑機構による分類

すべり軸受を潤滑機構により流体、境界、涸渇、無潤滑の4つに分類します。この無潤滑がドライベアリングの領域となります。

1.流体潤滑 (Hydrodynamic lubrication)

軸は流体潤滑油膜に支持されており、摩耗の発生はなく、寿命は半永久的です。動荷重においては疲労現象により寿命が決定します。

一般にPV値やV値は制限されず、 P_{max} (油膜中の最高圧力)、 T_{max} (油膜中の最高温度)、 H_{min} (最小油膜厚さ)に注目する必要があります。

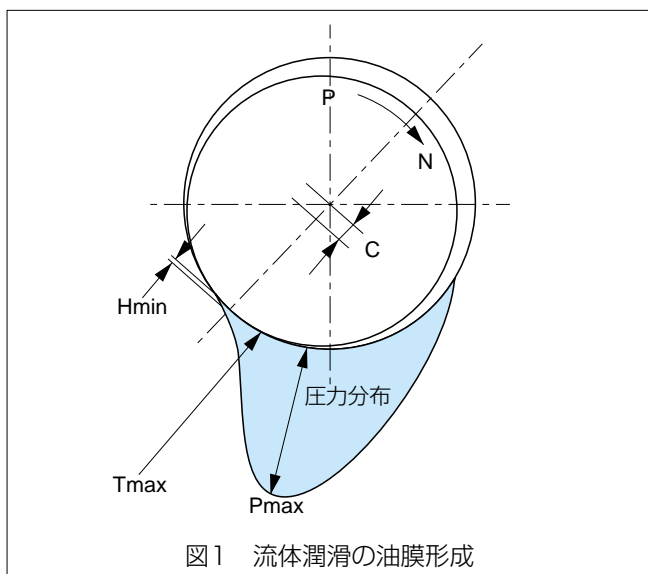


図1 流体潤滑の油膜形成

2.境界潤滑 (Boundary lubrication)

まだ流体力学的取扱ができる分野と考えられます。しかしすべり面の突起部で固体接触も見られ、PV値は制限されます。

摩耗が生じ、焼付きに注意する必要があります。

3.涸渇潤滑 (セミドライ) (Starved lubrication)

油切れにより固体接触が発生し、すべり面の凹部に油が残る程度です。PV値、特にV値が制限されます。

摩耗が寿命を決定するようになります。

4.無潤滑 (ドライ) (Non lubrication)

固体潤滑以外の潤滑剤がまったくない乾燥摩擦、すなわちドライベアリングの領域です。

PV値、V値は特に小さく押えられ、摩耗が寿命を支配します。

すべり軸受ところがり軸受との比較

前述の潤滑下におけるすべり軸受ところがり軸受と比較します。

1.流体潤滑

(例)すべり軸受:金属系すべり軸受

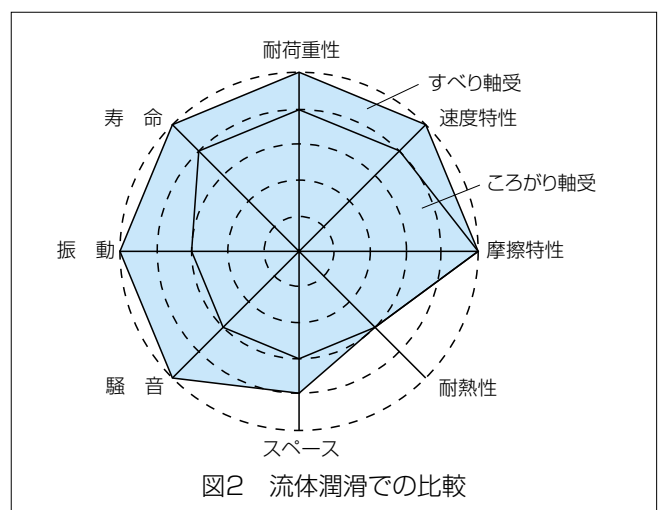


図2 流体潤滑での比較

2.境界潤滑

(例)すべり軸受:ダイダイ (DDD01)

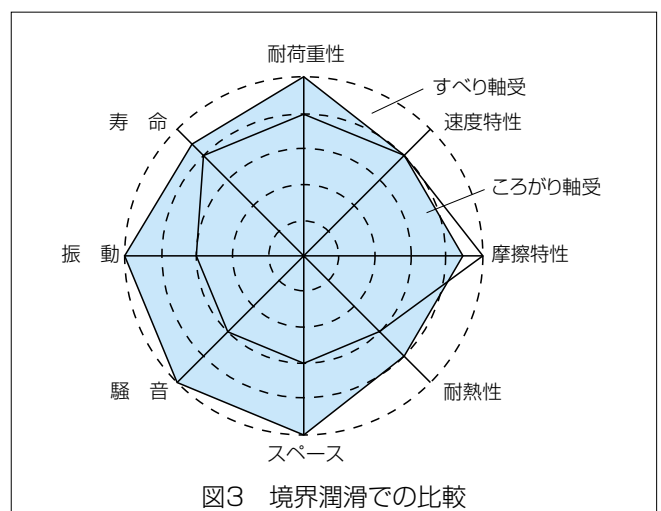
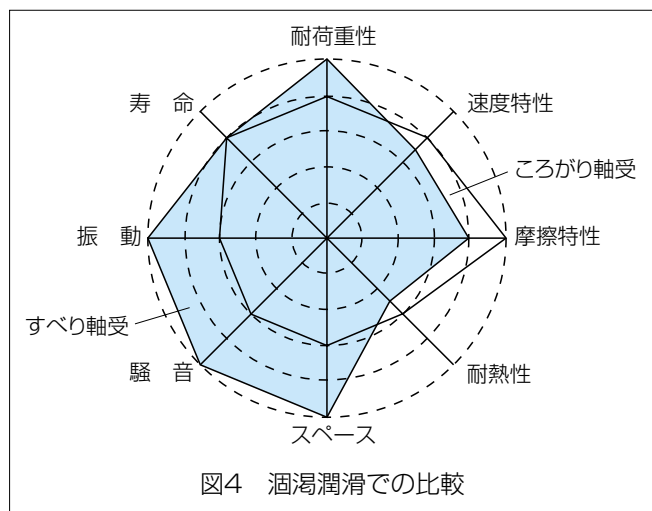


図3 境界潤滑での比較

3.潤滑潤滑

(例)すべり軸受:DBX01(グリス潤滑)



4.無潤滑

(例)すべり軸受:DDU01

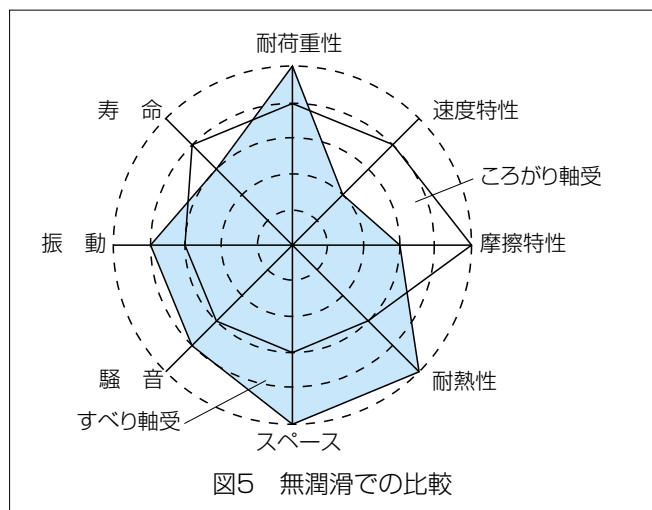


表1 すべり軸受ところがり軸受の比較

特 性	す べ り 軸 受	ころがり軸受
耐 衝 撃 性	有利	不利
耐 蝕 性	種類によるが一般に有利	不利
耐 水 性	種類によるが一般に有利	不利
揺 動 運 動	非常に有利	不利
往 復 運 動	有利	リニア、ストロークボールベアリング以外不可
断 続 運 動	有利	有利
異 物 許 容 性	有利 材料選択および溝加工による	不利
重 量	軽い	重い
入 手 性	一部標準品あり	標準品あり
形 状	自由度高い	自由度かなり低い
価 格	標準品は一般にころがり軸受より安価	—————

(注) 以上述べてきました比較は一般的な目安です。

すべり軸受の設計法および材質選択により必要特性を向上させることは十分可能です。

巻末の「軸受仕様書」に必要事項を、ご記入の上、弊社までお問い合わせ願います。

3.すべり軸受の設計

設計手順と検討項目

使用目的にかなったすべり軸受の設計を行う場合に必要手順と項目について、整理すると下記のようにになります。



P,V,PV値、許容最高PV値

1.面圧:P

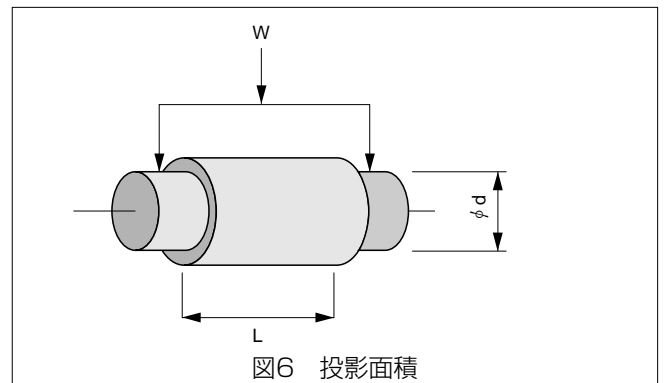
“面圧”とは摺動面に作用する単位面積当たりの荷重を示します。

$$P(\text{MPa}) = \frac{W}{d \cdot L} \quad \dots\dots(\text{式 1})$$

W:軸受にかかる荷重(N)

d:軸径(mm)L:軸受幅(mm)

この分母(d×L)は投影面積と呼ばれ真実接触面積よりも大きくなりますが、実用上、投影面積を使用します。



〈例題〉

DUB2015(標準品)に6kNの荷重がかかる場合の面圧を求める。

〈解答〉

軸径:20(mm) 軸受長さ:15(mm)

$$P = \frac{6000}{20 \times 15} = 20(\text{MPa})$$

2.すべり速度:V

“すべり速度”とは相手面と軸受との相対速度を示します。

$$V(\text{m/min}) = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{1000} = \dots\dots(\text{式 2})$$

d:軸径(mm)

N:回転数(rpm)

〈例題〉

軸径20mmの軸を60rpmで回転させた場合のすべり速度を求める。

〈解答〉

$$V = \frac{\pi \times 20 \times 60}{1000} \approx 3.8 \quad \dots\dots(\text{m/min})$$

3.PV値，許容最高PV値

個々にPとVを満足しただけでは適正なすべり軸受を選択したとは言えません。PとVの積：PV値もすべり軸受を選択する重要な項目と言えます。

区 分	PV値のオーダー MPa・m/sec	Pのオーダー MPa	Vのオーダー m/sec
流体潤滑	100	大側	10
境界潤滑	10	↑ 10	1
涸渇潤滑	1	↓	0.1
無潤滑	0.1	小側	0.01

表2 潤滑区分によるPV値とPとVのオーダー

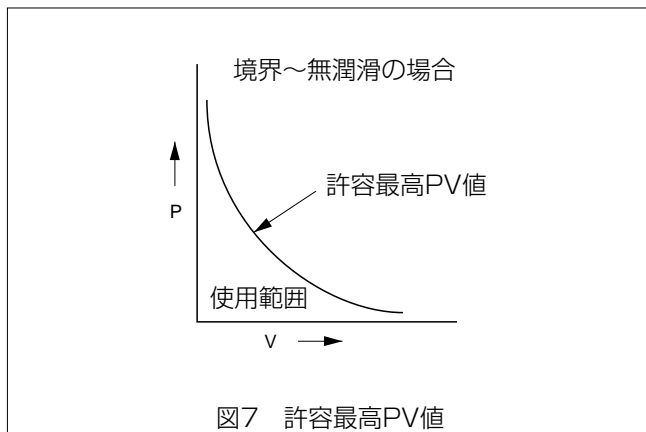


図7 許容最高PV値

4.スライドプレートの面圧:P、すべり速度:V

$$P(\text{MPa}) = \frac{W}{B \cdot L} \quad \dots\dots (\text{式 } 3)$$

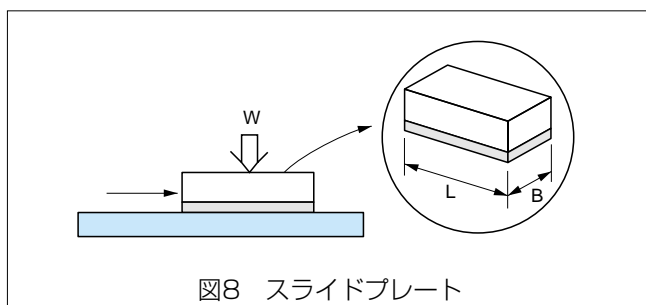


図8 スライドプレート

$$V(\text{m/min}) = \frac{S}{T} \cdot \frac{60}{1000} \quad \text{または} \quad V = \frac{2SC}{1000} \quad \dots\dots (\text{式 } 4)$$

- W:スライドプレートにかかる荷重(N)
- B:スライドプレート幅
- L:スライドプレート長さ
- S:ストローク長さ(mm)
- T:ストローク長さ当たりの所要時間(sec)
- C:1分間当たりの往復回数(回/min)

〈例題〉

長さ50mm、幅30mmのスライドプレートに5kNの荷重がかかる場合の面圧を求める。

〈解答〉

$$P = \frac{5000}{50 \times 30} \approx 3.3 (\text{MPa})$$

〈例題〉

ストローク長さ20mm、1分間当り50回で摺動相手がスライドプレートの上を往復摺動する場合のすべり速度を求める。

〈解答〉

$$V = \frac{2 \times 50 \times 20}{1000} = 2 (\text{m/min})$$

5.スラストワッシャーの面圧:P、すべり速度:V

$$P(\text{MPa}) = \frac{W}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} \quad \dots\dots (\text{式 } 5)$$

$$V(\text{m/min}) = \frac{\pi \cdot \frac{D+d}{2} \cdot N}{1000} \quad \dots\dots (\text{式 } 6)$$

(注)スラストワッシャーのすべり速度は、内・外径に対する中心径で計算します。

W:スラストワッシャーにかかる荷重(N)

D:スラストワッシャーの外径(mm)

d:スラストワッシャーの内径(mm)

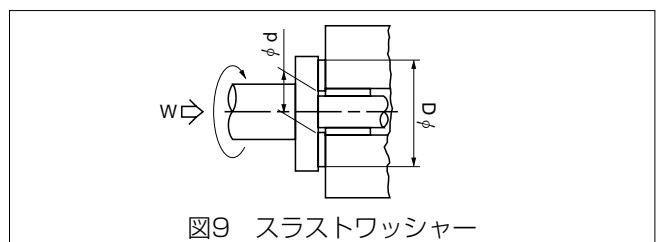


図9 スラストワッシャー

〈例題〉

DUT20(標準品)にスラスト荷重10kNがかかり20rpmで回転する場合の面圧とすべり速度を求める。

〈解答〉

DUT20の内径:22(mm) DUT20の外径:38(mm)

$$P = \frac{10000}{\frac{\pi}{4} (38^2 - 22^2)} \approx 13.3 (\text{MPa})$$

$$V = \frac{\pi \times \frac{(38+22)}{2} \times 20}{1000} \approx 1.9 (\text{m/min})$$

ハウジング

- (1) 当社の軸受は全て、H7公差のハウジングに圧入できるように設定しております。
- (2) 圧入時のカジリ防止のため、圧入側の面取を下図のように行ってください。

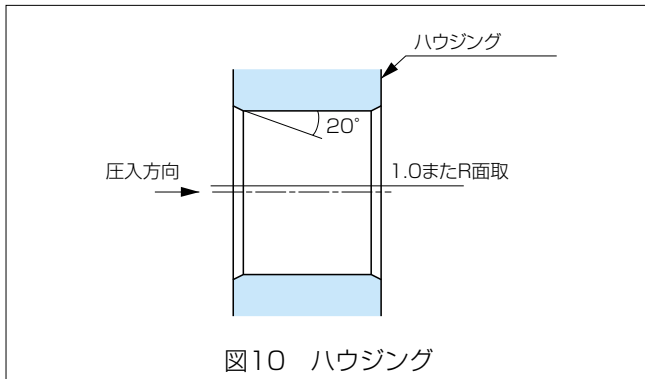


図10 ハウジング

- (3) ハウジングの表面粗さは通常6.3sを推奨します。最悪でも12.5sとしてください。
- (4) 剛性を確保するためにハウジング外径は、鋼の場合は軸受外径の1.5倍以上、アルミニウムなどの軽合金の場合は2倍以上をめやすとしてください。

軸 (摺動相手)

- (1) 軸の面粗度は0.8s~1.6sを推奨します。最悪でも3.2sとしてください。
DDU01ドライベアリングにおける相手面粗度と摩耗量の関係の代表的なデータを図11に示す。

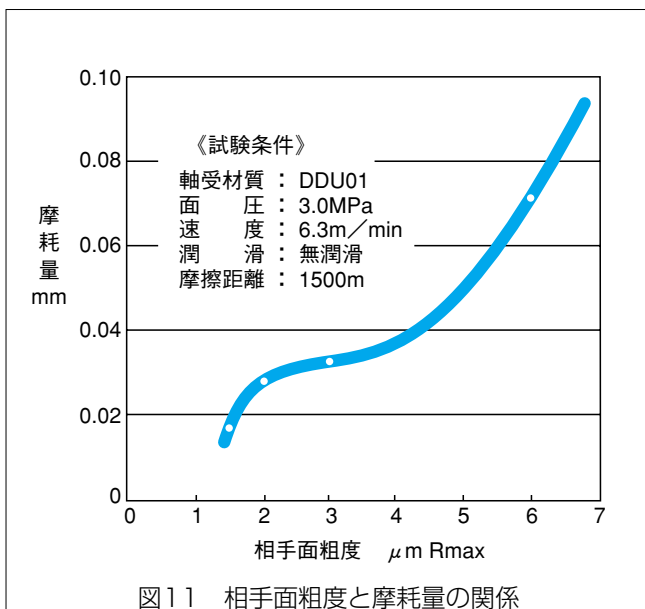


図11 相手面粗度と摩耗量の関係

- (2) 下記のような軸はご使用しないでください。

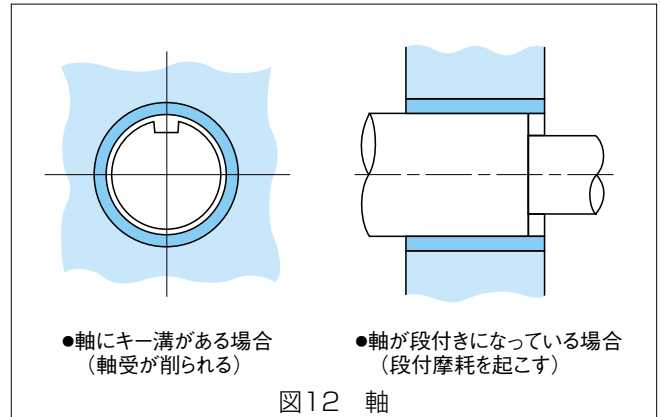


図12 軸

肉厚

標準品の肉厚は当社にて設定しておりますので、関係のページをご参照ください。

一般に軸受の種類により下記に区分されます。

表3 肉厚と外径の比

形 式	肉厚/外径 (T/D)
薄 肉	0.03~0.06
厚 肉 金 属 ソリッド	0.08~0.12
肉厚樹脂系ソリッド	0.1 ~0.15

締代

圧入前のブシュ外径とハウジング内径の関係は
ブシュ外径 > ハウジング内径

となっています。

この差を締代と呼び、圧入した時に発生する応力でブシュの抜け、回転を防止します。

締代min=ブシュ外径min-ハウジング内径max ... (式7)
締代max=ブシュ外径max-ハウジング内径min

〈例題〉

DDU01ブシュDUB2015(標準品)をハウジング内径 $\phi 23H7^{+0.021}_0$ に圧入した場合の締代を求める。

〈解答〉

ブシュ外径 max= $\phi 23.081$
 ブシュ外径 min= $\phi 23.046$
 ハウジング内径 max= $\phi 23.021$
 ハウジング内径 min= $\phi 23.000$
 締代min= $\phi 23.046 - \phi 23.021 = 0.025$
 締代max= $\phi 23.081 - \phi 23.000 = 0.081$

組付後の内径

組付後の内径を知ることは軸とブシュ内径との適正なクリアランスを得るために必要です。

1. 外径と肉厚で寸法表示するブシュの場合

ハウジングに剛性が十分あり圧入の際ハウジングが拡大しないとすると

$$\begin{aligned} \text{組付内径min} &= \text{ハウジング内径min} - 2 \times \text{肉厚max} \\ \text{組付内径max} &= \text{ハウジング内径max} - 2 \times \text{肉厚min} \end{aligned} \quad \dots \text{(式8)}$$

〈例題〉

DDU01ブシュDUB2015(標準品)をハウジング内径 $\phi 23H7^{+0.021}_0$ に圧入した場合の組付内径を求める。

〈解答〉

$$\begin{aligned} \text{ハウジング内径} \quad \text{max} &= \phi 23.021 \\ &\text{min} = \phi 23.000 \\ \text{DDU01ブシュ肉厚} \quad \text{max} &= 1.500 \\ &\text{min} = 1.470^{+0.081}_0 \\ \text{組付内径min} &= \phi 23.000 - 2 \times 1.500 = \phi 20.000 \\ \text{組付内径max} &= \phi 23.021 - 2 \times 1.470 = \phi 20.081 \\ \therefore \text{組付内径} &= \phi 20^{+0.081}_0 \end{aligned}$$

2. 外径と内径で寸法表示する軸受の場合

ハウジングに剛性が十分あり圧入の際ハウジングが拡大しないとすると

$$\begin{aligned} \text{組付内径min} &= \text{軸受内径min} - \text{締代max} \\ \text{組付内径max} &= \text{軸受内径max} - \text{締代min} \end{aligned} \quad \dots \text{(式9)}$$

〈例題〉

サーマロイドDタイプブシュDM202815(標準品)をハウジング $\phi 28H7^{+0.021}_0$ に圧入した場合の組付内径を求める。

〈解答〉

$$\begin{aligned} \text{Dタイプブシュ外径max} &= \phi 28.041 \\ &\text{min} = \phi 28.028 \\ \text{Dタイプブシュ内径max} &= \phi 20.131 \\ &\text{min} = \phi 20.110 \\ \text{式7より} \\ \text{締代} \quad \text{min} &= \phi 28.028 - \phi 28.021 = 0.007 \\ \text{締代} \quad \text{max} &= \phi 28.041 - \phi 28.000 = 0.041 \\ \text{組付内径min} &= \phi 20.110 - 0.041 = \phi 20.069 \\ \text{組付内径max} &= \phi 20.131 - 0.007 = \phi 20.124 \\ \therefore \text{組付内径} &= \phi 20^{+0.124}_{+0.069} \end{aligned}$$

クリアランス

(1) クリアランスの計算

$$\begin{aligned} \text{クリアランスmin} &= \text{組付内径min} - \text{シャフト径max} \\ \text{クリアランスmax} &= \text{組付内径max} - \text{シャフト径min} \end{aligned} \quad \dots \text{(式10)}$$

〈例題〉

DDU01ブシュDUB2015(標準品)をハウジング内径 $\phi 23H7^{+0.021}_0$ に圧入し、軸径 $\phi 20^{-0.025}_{-0.046}$ を使用した場合のクリアランスを求める。

〈解答〉

$$\begin{aligned} \text{式8より組付内径は} \quad \phi 20^{+0.081}_0 \\ \text{クリアランスmin} &= \phi 20.000 - 19.975 = 0.025 \\ \text{クリアランスmax} &= \phi 20.081 - 19.954 = 0.127 \\ \therefore \text{クリアランス} \quad &0.025 \sim 0.127 \end{aligned}$$

寿命

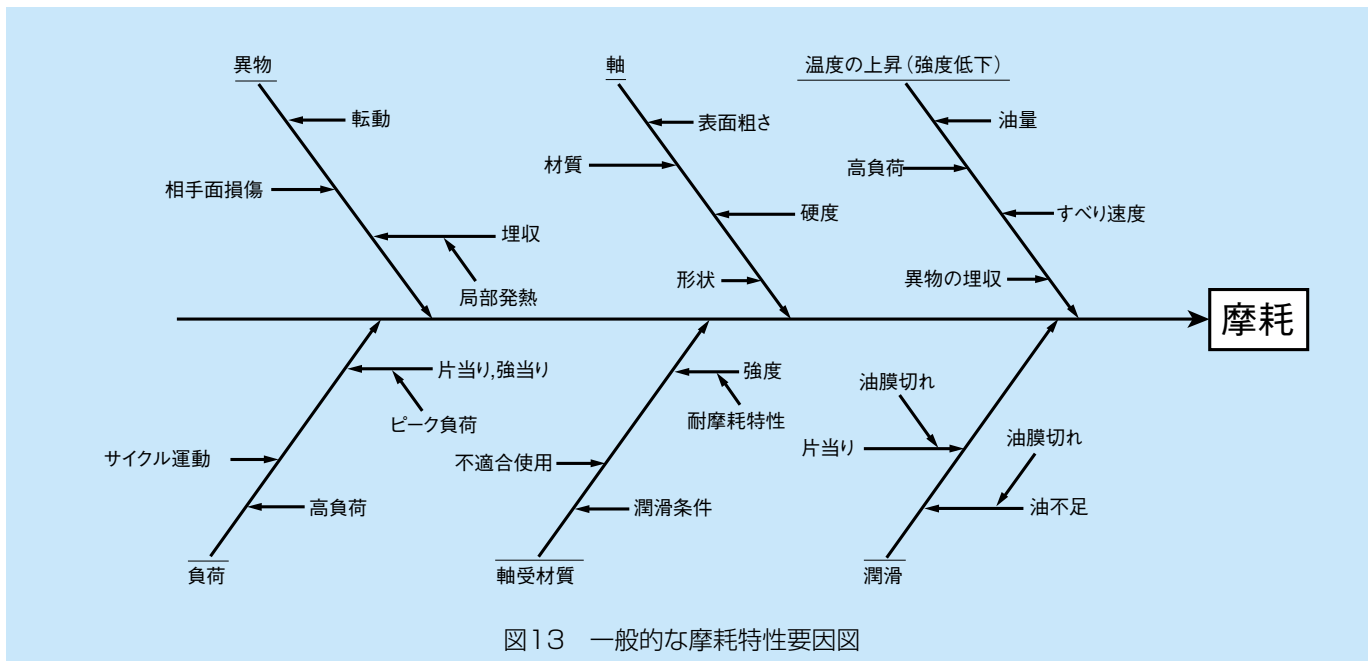
ドライベアリングの寿命は一般に軸受の摩耗量で決定されます。面圧、すべり速度、潤滑条件、相手材の表面粗さ、運転状態、雰囲気などによっても大きく異なり、摩耗量を計算で求めるには非常に困難であります。

一般に使われている摩耗量の目安は下記の式が使われます。

$$W = k \cdot P \cdot V \cdot T \dots \dots \dots \text{(式 11)}$$

- W: 摩耗量 (μm)
- P: 面圧 (MPa)
- k: 摩耗係数 ($\mu\text{m} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{min} / \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{H}$)
- V: すべり速度 (m/min)
- T: 時間 (H)

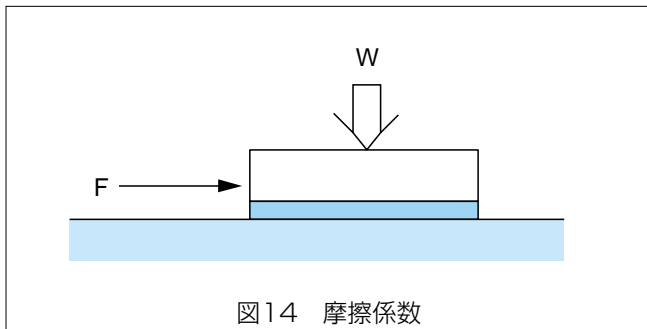
一般的に摩耗の要因を図13に示しますので、すべり軸受の設計の際は十分に考慮して下さい。



摩擦係数

下図のように摺動面にかかる荷重(W)と動かさうる力(F)との割合で表します。

$$\text{摩擦係数} : \mu = \frac{F}{W} \quad \dots\dots (\text{式 } 12)$$



当然、流体潤滑軸受の摩擦係数は小さく(0.002~0.01)境界潤滑は(0.01~0.08)、無潤滑では(0.08~0.3)と大きくなります。

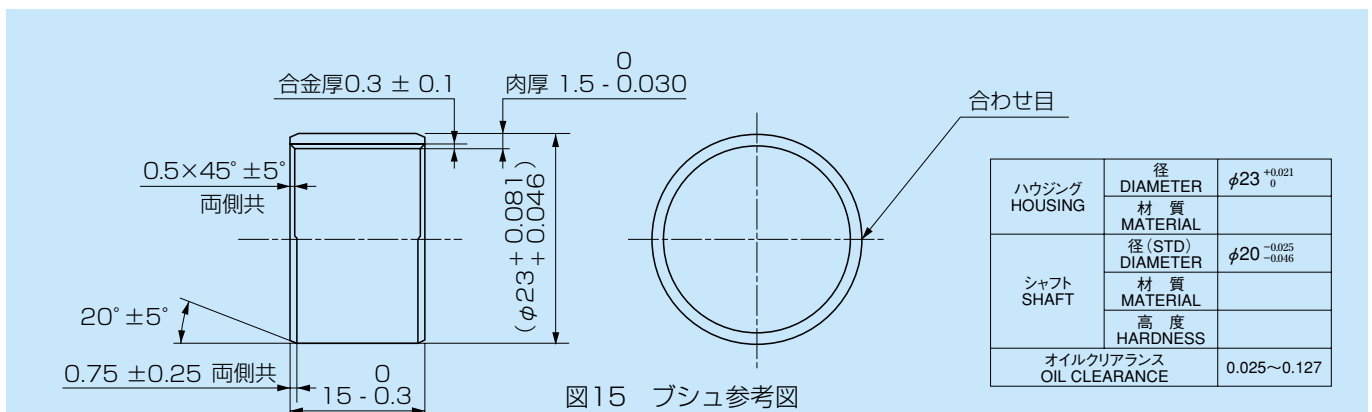
発熱

原理的には摩擦部分は常に発熱していますがその値が小さかったり放熱が大きい場合には無視できます。発熱の大きさは軸受部分の摩擦ロスで表され、
 $\text{発熱量} = \text{摩擦係数} \times \text{PV値} \times k \dots\dots (\text{式 } 13)$

の関係になります。流体潤滑軸受では潤滑油が発熱量のほとんどを奪い去りますが、境界潤滑や無潤滑では発熱を押し、放熱を良くする工夫が必要となります。また、軸受性能は作動中の温度が高くなると、低下する傾向にあることも考慮しなければなりません。

すべり軸受の基本製品図

以上によって各項目が決定されたすべり軸受の代表的な製品図を図15に示します。



ブシュの取付け方法

1. ブシュの圧入方法

ブシュはハウジングに合わせて作られたアーバーにて、バイスまたはプレスを用いて静かに圧入してください。ブシュがハウジングに垂直に圧入されることが非常に重要なことであります。ブシュの圧入を容易にするためにハウジング内径の端部に面取を設け、油を少し用います。またブシュの圧入の際、下図のような段付きのアーバーを使用し、軟かい軸受面を傷つけないようにして圧入してください。

ブシュの端面をハンマーでたたくのは絶対に避けて下さい。推奨するアーバーと面取寸法は図16に示す通りです。

2. 圧入力 (F) の計算方法

$$F(N) = 0.9 \cdot t \cdot L \cdot \Phi \cdot \frac{\delta}{D} \dots \dots \text{(式 14)}$$

t: 裏金厚さ (mm)

L: ブシュ幅 (mm)

Φ : 応力係数 = 1.9×10^5 (MPa)

δ : 締代 (mm)

D: ブシュ外径 (mm)

(注) この時、ブシュ背面とハウジングの摩擦係数を0.15とする。

〈例題〉

DUB2015 (標準品) をハウジング径 $\phi 23^{+0.021}_0$ のに圧入した場合の圧入力を求める。

〈解答〉

肉厚 = 1.5

合金厚 = 0.3 ∴ 裏金厚さ 1.5 - 0.3 = 1.2

ブシュ長さ = 15

締代 min = 0.025 (式 7より)

max = 0.081

ブシュ外径 $\phi 23$

$$\therefore F_{\min} = 0.9 \times 1.2 \times 15 \times 1.9 \times 10^5 \times \frac{0.025}{23} \approx 3,350 \text{ (N)}$$

$$\therefore F_{\max} = 0.9 \times 1.2 \times 15 \times 1.9 \times 10^5 \times \frac{0.081}{23} \approx 10,840 \text{ (N)}$$

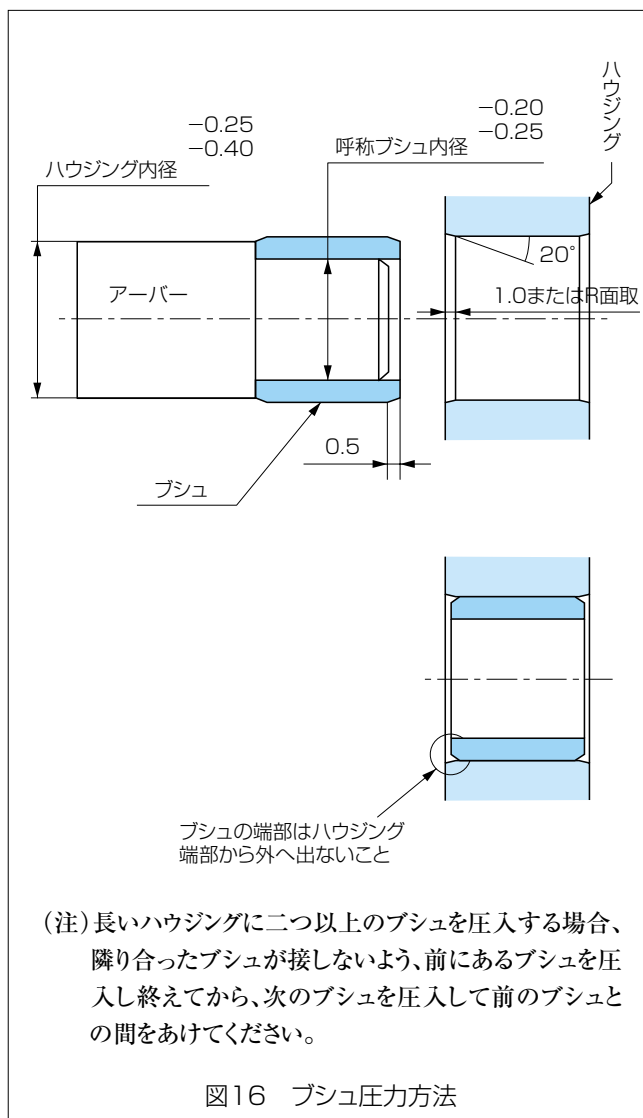


図16 ブシュ圧力方法

樹脂系ソリッド軸受の取付け方法

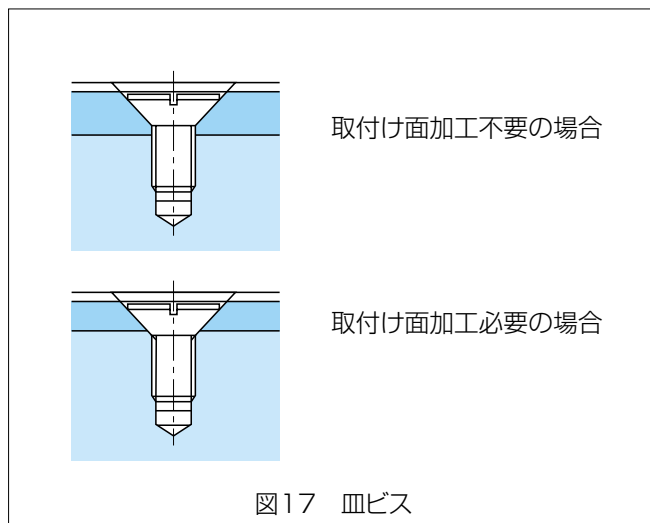
温度変化の大きい環境下で樹脂系ソリッド軸受を使用する場合、熱膨張および熱収縮により軸受がハウジングから抜けやすい状態になることがあります。このような場合には下記のようにしてご使用ください。

- (1) 鍔付きブシュに変更して鍔部を固定する。
- (2) 回り止めの外径形状とする
- (3) 接着剤で固定する

スライドプレートの取付け方法

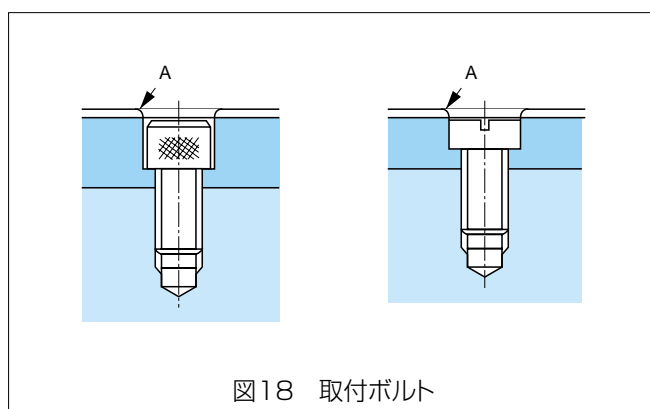
1.皿ビスの場合

皿ビスの頭部は軸受合金以下に沈めます。



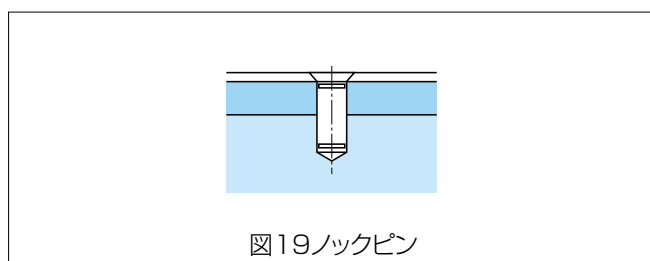
2.六角穴付ボルト、平小ネジの場合

A部はRまたは10~30°の面取を推奨します。



3.ノックピンの場合

穴を皿モミ加工し、ピン頭部をカシメをすればより確実になります。



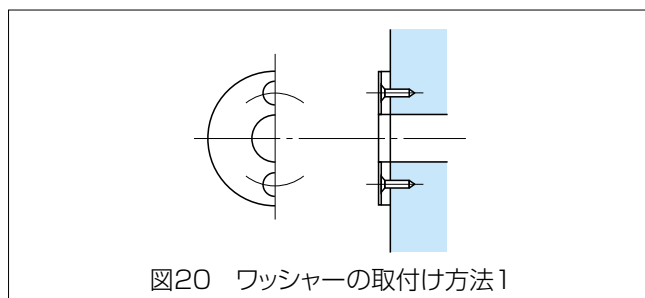
4.接着剤の場合

特に指定はありませんが、エポキシ系接着剤を推奨します。また、使用条件(雰囲気)に適したものを選択してください。

スラストワッシャーの取付け方法

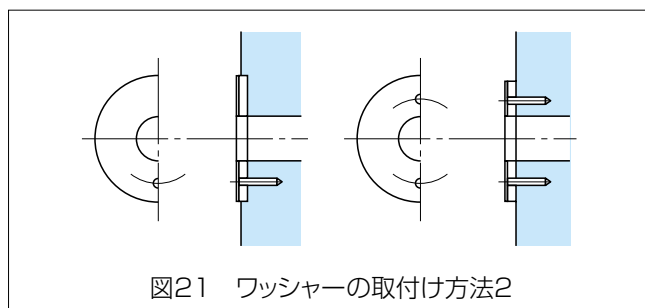
1.皿ビスの場合

スライドプレートと同様に皿ビス頭部を軸受合金以下に沈めます。



2.ノックピンの場合

スライドプレートと同様に穴を皿モミ加工しピン頭部をカシメればより確実になります。



3.接着剤の場合

特に指定はありませんが、エポキシ系接着剤を推奨します。また、使用条件(雰囲気)に適したものを選択してください。

なじみ運転

なじみ運転には下記のような効果がありますので、実施されることを推奨します。

- (1) すべり軸受表面と相手面を平滑にします。
- (2) ミスアライメントによる局部当りの緩和ができます。

すべり軸受の保管方法

保管の際、下記のような場合は避けください。

- (1) 直射日光のあたる場所
- (2) 高温高湿の場所
- (3) 水・アルカリ・酸などのかかる場所
- (4) ホコリのかかる場所

4.SI単位(国際単位系)の取扱について

産業界におきましては“SI単位”の導入が進められており、本カタログではSI単位で表示して、一部では従来単位との併記をしております。

(関係分のみ表記)

区 分	従 来 単 位	S I 単 位 ※
重量・荷重	1.0kgf	9.8N
面 圧	1.0kgf/cm ²	9.8×10 ⁻² MPa
	1.0kgf/cm ²	9.8×10 ⁻² N/mm ²
P V 値	1.0kgf/cm ² ・m/min	9.8×10 ⁻² MPa・m/min
応 力	1.0kgf/mm ²	9.8MPa
	1.0kgf/mm ²	9.8N/mm ²

※小数点2位以下四捨五入しました。

その他のSI単位

A.1 力

kgf →Nの換算 [1kgf =9.80665N]
 N →kgfの換算 [1N =0.101972kgf]
 参考 dyn→kNの換算 [1dyn =1×10⁻²kN]

A.2 圧力

mmH₂O→Paの換算 [1mmH₂O=9.80665Pa]
 Pa →mmH₂Oの換算 [1kPa =0.101972mmH₂O]
 kgf/cm²→MPaの換算 [1kgf/cm²=0.0980665MPa]
 MPa →kgf/cm²の換算 [1MPa =10.1972kgf/cm²]
 mH₂O →kPaの換算 [1mH₂O =9.80665kPa]
 kPa →mH₂Oの換算 [1kPa =0.101972mH₂O]
 atm →MPaの換算 [1atm =0.101325MPa]
 MPa →atmの換算 [1MPa =9.86923atm]
 mmHg →kPaの換算 [1mmHg =0.133322kPa]
 kPa →mmHgの換算 [1kPa =7.50062mmHg]

参考 bar →Paの換算 [1bar =1×10⁵Pa]

A.3 応力

kgf/cm²→MPaの換算 [1kgf/cm²=0.0980665MPa]
 MPa →kgf/cm²の換算 [1MPa =10.1972kgf/cm²]
 kgf/mm²→MPaの換算 [1kgf/mm²=9.80665MPa]
 MPa →kgf/mm²の換算 [1MPa=0.101972kgf/mm²]

参考 N/mm²→MPaの換算 [1N/mm²=1MPa]

A.4 仕事・エネルギー

kgf・m→Jの換算 [1kgf・m=9.80665J]
 J →kgf・mの換算 [1J=0.101972kgf・m/s]

A.5 工率・動力

kgf・m/s→Wの換算 [1kgf・m/s=9.80665W]
 W →kgf・m/sの換算 [1W =0.101972kgf・m/s]

B.1 仕事・エネルギー

kW・h→MJの換算 [1kW・h=3.6MJ]
 MJ→kW・hの換算 [1MJ=0.277778kW・h]

B.2 工率・動力

PS→kWの換算 [1PS=0.7355kW]
 kW→PSの換算 [1kW=1.35962PS]

B.3 熱量

kcal→kJの換算 [1kcal=4.18605kJ]
 kJ→kcalの換算 [1kJ=0.238889kcal]

B.4 熱流

kcal/h→Wの換算 [1kcal/h=1.16279W]
 W→kcal/hの換算 [1W=0.860kcal/h]

B.5 熱伝導率

kcal/h(h・m・°C)→W/(m・K)の換算
 [1kcal/(h・m・°C)=1.16279W/(m・K)]
 W/(m・K)→kcal/(h・m・°C)の換算
 [1W/(m・K)=0.860kcal/(h・m・°C)]

B.6 熱伝達係数

kcal/(h・m・°C)→W/(m・K)の換算
 [1kcal/(h・m・°C)=1.16279W/(m・K)]
 W/(m・K)→kcal/(h・m・°C)の換算
 [1W/(m・K)=0.860kcal/(h・m・°C)]

B.7 比熱

kcal/(kg・°C)→kJ/(kg・K)の換算
 [1kcal/(kg・°C)=4.18605kJ/(kg・K)]
 kJ/(kg・K)→kcal/(kg・°C)の換算
 [1kJ/(kg・K)=0.238889kcal/(kg・°C)]

参考

- 粘 度 1cP=1×10⁻³Pa・s (1Pa・s=1×10³cP)
 1P=1×10⁻¹Pa・s (1Pa・s=1×10P)
- 動粘度 1cSt=1×10⁻⁶m²/s (1m²/s=1×10⁶cSt)
 1St=1×10⁻⁴m²/s (1m²/s=1×10⁴St)

5.鋼のビッカース硬さに対する近似的換算値〈A〉

ビッカース 硬さ	ブリネル硬さ 10mm球・荷重3000kgf		ロックウェル硬さ			ロックウェルスーパーフィシャル硬さ ダイヤモンド円錐圧子			シヨア硬さ
	標準球	タングステン カーバイド球	Aスケール 荷重60kgf ダイヤモンド 円錐圧子	Bスケール 荷重100kgf 径1.6mm (1/16in)球	Cスケール 荷重150kgf ダイヤモンド 円錐圧子	15-N スケール 荷重15kgf	30-N スケール 荷重30kgf	45-N スケール 荷重45kgf	
940	—	—	85.6	—	68.0	93.2	84.4	75.4	97
920	—	—	85.3	—	67.5	93.0	84.0	74.8	96
900	—	—	85.0	—	67.0	92.9	83.6	74.2	95
880	—	(767)	84.7	—	66.4	92.7	83.1	73.6	93
860	—	(757)	84.4	—	65.9	92.5	82.7	73.1	92
840	—	(745)	84.1	—	65.3	92.3	82.2	72.2	91
820	—	(733)	83.8	—	64.7	92.1	81.7	71.8	90
800	—	(722)	83.4	—	64.0	91.8	81.1	71.0	88
780	—	(710)	83.0	—	63.3	91.5	80.4	70.2	87
760	—	(698)	82.6	—	62.5	91.2	79.7	69.4	86
740	—	(684)	82.2	—	61.8	91.0	79.1	68.6	84
720	—	(670)	81.8	—	61.0	90.7	78.4	67.7	83
700	—	(656)	81.3	—	60.1	90.3	77.6	66.7	81
690	—	(647)	81.1	—	59.7	90.1	77.2	66.2	—
680	—	(638)	80.8	—	59.2	89.8	76.8	65.7	80
670	—	630	80.6	—	58.8	89.7	76.4	65.3	—
660	—	620	80.3	—	58.3	89.5	75.9	64.7	79
650	—	611	80.0	—	57.8	89.2	75.5	64.1	—
640	—	601	79.8	—	57.3	89.0	75.1	63.5	77
630	—	591	79.5	—	56.8	88.8	74.6	63.0	—
620	—	582	79.2	—	56.3	88.5	74.2	62.4	75
610	—	573	78.9	—	55.7	88.2	73.6	61.7	—
600	—	564	78.6	—	55.2	88.0	73.2	61.2	74
590	—	554	78.4	—	54.7	87.8	72.7	60.5	—
580	—	545	78.0	—	54.1	87.5	72.1	59.9	72
570	—	535	77.8	—	53.6	87.2	71.7	59.3	—
560	—	525	77.4	—	53.0	86.9	71.2	58.6	71
550	(505)	517	77.0	—	52.3	86.6	70.5	57.8	—
540	(496)	507	76.7	—	51.7	86.3	70.0	57.0	69
530	(488)	497	76.4	—	51.1	86.0	69.5	56.2	—
520	(480)	488	76.1	—	50.5	85.7	69.0	55.6	67
510	(473)	479	75.7	—	49.8	85.4	68.3	54.7	—
500	(465)	471	75.3	—	49.1	85.0	67.7	53.9	66
490	(456)	460	74.9	—	48.4	84.7	67.1	53.1	—
480	448	452	74.5	—	47.7	84.3	66.4	52.2	64
470	441	442	74.1	—	46.9	83.9	65.7	51.3	—
460	433	433	73.6	—	46.1	83.6	64.9	50.4	62
450	425	425	73.3	—	45.3	83.2	64.3	49.4	—
440	415	415	72.8	—	44.5	82.8	63.5	48.4	59
430	405	405	72.3	—	43.6	82.3	62.7	47.4	—
420	397	397	71.8	—	42.7	81.8	61.9	46.4	57

5.鋼のビッカース硬さに対する近似的換算値〈B〉

JISB0401(1986)より抜粋

ビッカース硬さ	ブリネル硬さ 10mm球・荷重3000kgf		ロックウェル硬さ			ロックウェルスーパーフィシャル硬さ ダイヤモンド円錐圧子			シヨア硬さ
	標準球	タングステン カーバイド球	Aスケール 荷重60kgf ダイヤモンド 円錐圧子	Bスケール 荷重100kgf 径1.6mm (1/16in)球	Cスケール 荷重150kgf ダイヤモンド 円錐圧子	15-N スケール 荷重15kgf	30-N スケール 荷重30kgf	45-N スケール 荷重45kgf	
410	388	388	71.4	—	41.8	81.4	61.1	45.3	—
400	379	379	70.8	—	40.8	81.0	60.2	44.1	55
390	369	369	70.3	—	39.8	80.3	59.3	42.9	—
380	360	360	69.8	(110.0)	38.8	79.8	58.4	41.7	52
370	350	350	69.2	—	37.7	79.2	57.4	40.4	—
360	341	341	68.7	(109.0)	36.6	78.6	56.4	39.1	50
350	331	331	68.1	—	35.5	78.0	55.4	37.8	—
340	322	322	67.6	(108.0)	34.4	77.4	54.4	36.5	47
330	313	313	67.0	—	33.3	76.8	53.6	35.2	—
320	303	303	66.4	(107.0)	32.2	76.2	52.3	33.9	45
310	294	294	65.8	—	31.0	75.6	51.3	32.5	—
300	284	284	65.2	(105.5)	29.8	74.9	50.2	31.1	42
295	280	280	64.8	—	29.2	74.6	49.7	30.4	—
290	275	275	64.5	(104.5)	28.5	74.2	49.0	29.5	41
285	270	270	64.2	—	27.8	73.8	48.4	28.7	—
280	265	265	63.8	(103.5)	27.1	73.4	47.8	27.9	40
275	261	261	63.5	—	26.4	73.0	47.2	27.1	—
270	256	256	63.1	(102.0)	25.6	72.6	46.4	26.2	38
265	252	252	62.7	—	24.8	72.1	45.7	25.2	—
260	247	247	62.4	(101.0)	24.0	71.6	45.0	24.3	37
255	243	243	62.0	—	23.1	71.1	44.2	23.2	—
250	238	238	61.6	99.5	22.2	70.6	43.4	22.2	36
245	233	233	61.2	—	21.3	70.1	42.5	21.1	—
240	228	228	60.7	98.1	20.3	69.6	41.7	19.9	34
230	219	219	—	96.7	(18.0)	—	—	—	33
220	209	209	—	95.0	(15.7)	—	—	—	32
210	200	200	—	93.4	(13.4)	—	—	—	30
200	190	190	—	91.5	(11.0)	—	—	—	29
190	181	181	—	89.5	(8.5)	—	—	—	28
180	171	171	—	87.1	(6.0)	—	—	—	26
170	162	162	—	85.0	(3.0)	—	—	—	25
160	152	152	—	81.7	(0.0)	—	—	—	24
150	143	143	—	78.7	—	—	—	—	22
140	133	133	—	75.0	—	—	—	—	21
130	124	124	—	71.2	—	—	—	—	20
120	114	114	—	66.7	—	—	—	—	—
110	105	105	—	62.3	—	—	—	—	—
100	95	95	—	56.2	—	—	—	—	—
95	90	90	—	52.0	—	—	—	—	—
90	86	86	—	48.0	—	—	—	—	—
85	81	81	—	41.0	—	—	—	—	—

6.常用するはめあいで用いる穴の寸法許容差

JISB0401(1986)より抜粋

基準寸法の区分(mm)		穴の公差域クラス																	
を超え	以下	B10	C7	C8	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7
—	3	+180 +140	+70 +60	+74 +60	+85 +60	+100 +60	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+6 0	+10 0
3	6	+188 +140	+82 +70	+88 +70	+100 +70	+118 +70	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4	+8 0	+12 0
6	10	+208 +150	+95 +80	+102 +80	+116 +80	+138 +80	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+9 0	+15 0
10	14	+220 +150	+113 +95	+122 +95	+138 +95	+165 +95	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0
14	18																		
18	24	+244 +160	+131 +110	+143 +110	+162 +110	+194 +110	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0
24	30																		
30	40	+270 +170	+145 +120	+159 +120	+182 +120	+220 +120	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0
40	50	+280 +180	+155 +130	+169 +130	+192 +130	+230 +130													
50	65	+310 +190	+170 +140	+186 +140	+214 +140	+260 +140	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0
65	80	+320 +200	+180 +150	+196 +150	+224 +150	+270 +150													
80	100	+360 +220	+205 +170	+224 +170	+257 +170	+310 +170	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0
100	120	+380 +240	+215 +180	+234 +180	+267 +180	+320 +180													
120	140	+420 +260	+240 +200	+263 +200	+300 +200	+360 +200													
140	160	+440 +280	+250 +210	+273 +210	+310 +210	+370 +210	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0
160	180	+470 +310	+270 +230	+293 +230	+330 +230	+390 +230													
180	200	+525 +340	+286 +240	+312 +240	+355 +240	+425 +240													
200	225	+565 +380	+306 +260	+332 +260	+375 +260	+445 +260	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0
225	250	+605 +420	+326 +280	+352 +280	+395 +280	+465 +280													
250	280	+690 +480	+352 +300	+381 +300	+430 +300	+510 +300	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+83 +56	+108 +56	+137 +56	+49 +17	+69 +17	+32 0	+52 0
280	315	+750 +540	+382 +330	+411 +330	+460 +330	+540 +330													

基準寸法の区分(mm)		穴の公差域クラス																	
を 超え	以下	H8	H9	H10	JS6	JS7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	R7	S7	T7	U7	X7
—	3	+14 0	+25 0	+40 0	±3	±5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -28	-20 -30
3	6	+18 0	+30 0	+48 0	±4	±6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-19 -31	-24 -36
6	10	+22 0	+36 0	+58 0	±4.5	±7	+2 -7	+5 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-22 -37	-28 -43
10	14	+27 0	+43 0	+70 0	±5.5	±9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—	-26 -44	-33 -51
14	18																		-38 -56
18	24	+33 0	+52 0	+84 0	±6.5	±10	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—	-33 -54	-46 -67
24	30																		-56 -77
30	40	+39 0	+62 0	+100 0	±8	±12	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	—	-39 -64	-51 -76
40	50																		-61 -86
50	65	+46 0	+74 0	+120 0	±9.5	±15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85	-76 -106	—
65	80														-91 -121				
80	100	+54 0	+87 0	+140 0	±11	±17	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113	-111 -146	—
100	120														-131 -166				
120	140	+63 0	+100 0	+160 0	±12.5	±20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147	—	—
140	160														-119 -159				
160	180														-131 -171				
180	200	+72 0	+115 0	+185 0	±14.5	±23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-60 -106	-105 -151	—	—	—
200	225														-113 -159				
225	250														-123 -169				
250	280	+81 0	+130 0	+210 0	±16	±26	+5 -27	+16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-74 -126	—	—	—	—
280	315														-78 -130				

備考:表中の各段で、上側の数値は上の寸法許容差、下側の数値は下の寸法許容差を示す。

7.常用するはめあいで用いる軸の寸法許容差

JIS B0401 (1986)より抜粋

単位: μm

基準寸法の区分(mm)		軸の公差域クラス																	
を 超え	以下	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	
-	3	-140 -165	-60 -85	-20 -34	-20 -45	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-2 -6	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	
3	6	-140 -170	-70 -100	-30 -48	-30 -60	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	
6	10	-150 -186	-80 -116	-40 -62	-40 -76	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	
10	14	-150 -193	-95 -138	-50 -77	-50 -93	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	
14	18	-160 -212	-110 -162	-65 -98	-65 -117	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	
18	24	-170 -232	-120 -182	-80 -119	-80 -142	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	
24	30	-180 -242	-130 -192	-90 -146	-90 -174	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	
30	40	-190 -264	-140 -214	-100 -146	-100 -174	-70 -90	-70 -106	-70 -134	-36 -49	-36 -60	-36 -76	-12 -23	-12 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	
40	50	-200 -274	-150 -224	-110 -146	-110 -174	-80 -90	-80 -106	-80 -134	-43 -49	-43 -60	-43 -76	-14 -23	-14 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	
50	65	-220 -307	-170 -257	-120 -174	-120 -207	-107 -126	-107 -159	-107 -185	-58 -71	-58 -90	-58 -106	-17 -27	-17 -34	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	
65	80	-240 -327	-180 -267	-145 -208	-145 -245	-125 -148	-125 -185	-125 -215	-68 -83	-68 -106	-68 -134	-23 -32	-23 -39	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	
80	100	-260 -360	-200 -300	-170 -242	-170 -285	-146 -172	-146 -215	-146 -245	-79 -96	-79 -122	-79 -150	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	
100	120	-280 -380	-210 -310	-190 -271	-190 -320	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
120	140	-300 -400	-230 -330	-208 -285	-208 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
140	160	-320 -420	-250 -350	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
160	180	-340 -455	-270 -375	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
180	200	-360 -485	-290 -405	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
200	225	-380 -505	-310 -435	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
225	250	-400 -535	-330 -465	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
250	280	-420 -565	-350 -495	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	
280	315	-440 -595	-370 -525	-210 -285	-210 -320	-125 -172	-125 -215	-125 -245	-83 -106	-83 -134	-83 -162	-23 -40	-23 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	

基準寸法の区分(mm)		軸の公差域クラス															
を 超え	以下	js5	js6	js7	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6		
-	3	± 2	± 3	± 5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-	+24 +18	+26 +20		
3	6	± 2.5	± 4	± 6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-	+31 +23	+36 +28		
6	10	± 3	± 4.5	± 7	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-	+37 +28	+43 +34		
10	14	± 4	± 5.5	± 9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+44 +33	+51 +40		
14	18	± 4.5	± 6.5	± 10	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-	+54 +41	+67 +54		
18	24	± 5	± 7.5	± 11	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	-	+64 +48	+76 +60		
24	30	± 5.5	± 8.5	± 12	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	-	+85 +66	+106 +87		
30	40	± 6	± 9	± 13	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	-	+113 +91	+146 +124		
40	50	± 6.5	± 10	± 14	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63	+117 +92	-	+147 +122	+194 +164		
50	65	± 7	± 11	± 15	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77	+151 +122	-	+199 +164	+266 +226		
65	80	± 7.5	± 11.5	± 16	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+179 +146	-	+247 +206	+334 +294		
80	100	± 8	± 12	± 17	+30 +4	+40 +4	+46 +20	+56 +20	+72 +34	+96 +56	+136 +98	+199 +146	-	+299 +256	+406 +364		
100	120	± 8.5	± 12.5	± 18	+33 +4	+44 +4	+50 +20	+60 +20	+78 +34	+104 +56	+144 +98	+209 +146	-	+349 +306	+476 +434		
120	140	± 9	± 13	± 19	+36 +4	+48 +4	+55 +20	+66 +20	+84 +34	+110 +56	+150 +98	+219 +146	-	+399 +356	+536 +494		
140	160	± 9.5	± 13.5	± 20	+39 +4	+50 +4	+57 +20	+68 +20	+88 +34	+116 +56	+156 +98	+229 +146	-	+449 +406	+596 +554		
160	180	± 10	± 14	± 21	+42 +4	+54 +4	+61 +20	+72 +20	+92 +34	+120 +56	+160 +98	+239 +146	-	+509 +466	+656 +614		
180	200	± 10.5	± 14.5	± 22	+45 +4	+57 +4	+64 +20	+76 +20	+96 +34	+124 +56	+164 +98	+249 +146	-	+559 +516	+716 +674		
200	225	± 11	± 15	± 23	+48 +4	+60 +4	+67 +20	+78 +20	+100 +34	+130 +56	+170 +98	+259 +146	-	+609 +566	+776 +734		
225	250	± 11.5	± 15.5	± 24	+51 +4	+63 +4	+70 +20	+82 +20	+104 +34	+134 +56	+174 +98	+269 +146	-	+659 +616	+836 +794		
250	280	± 12	± 16	± 25	+54 +4	+66 +4	+73 +20	+86 +20	+108 +34	+138 +56	+178 +98	+279 +146	-	+709 +666	+896 +854		
280	315	± 12.5	± 16.5	± 26	+57 +4	+69 +4	+76 +20	+89 +20	+112 +34	+142 +56	+182 +98	+289 +146	-	+759 +716	+956 +914		

8.表面粗さの定義と表示

JISB0601 抜粋

中心線平均粗さ Ra	最大高さ Rmax	十点平均粗さ Rz
<p>粗さ曲線からその中心線の方に測定した長さ (ℓ) の部分を抜き取り、この抜き取り部分の中心線を X 軸、縦倍率の方向を Y 軸とし、粗さ曲線を $y=f(x)$ で表したとき、下記の式によって求められる値をマイクロメートル (μm) で表したものをいう。</p> $Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x) dx$	<p>断面曲線から基準長さだけ抜き取った部分(以下、抜き取り部分という)の平均線に並行な2直線で抜き取り部分を挟んだとき、この2つの間隔を断面曲線の縦倍率の方向に測定して、この値をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。</p>	<p>断面曲線から基準長さだけ抜き取った部分において、平均線に平行、かつ、断面曲線を横切らない直線から縦倍率の方向に測定した最高から5番目までの山頂の標高の平均値と最深から5番目までの谷底の標高の平均値との差をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。</p>
<p>$Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x) dx$ (bm)</p> <p>粗さ曲線 $y=f(x)$</p> <p>X中心線</p> <p>測定長さ ℓ</p> <p>Ra</p>	<p>縦倍率の方向</p> <p>断面曲線</p> <p>平均線</p> <p>最大高さ Rmax</p> <p>基準長さ L</p>	<p>縦倍率の方向</p> <p>断面曲線</p> <p>平均線</p> <p>基準長さ L</p> <p>$Rz = \frac{1}{5} (\sum_{n=1}^5 A_n - \sum_{n=1}^5 B_n)$</p>

9.表面粗さの標準数列と基準長さ

中心線平均粗さ Ra		最大高さ Rmax		十点平均粗さ Rz	
標準数列	カットオフ値 (mm)	標準数列	基準長さ: ℓ (mm)	標準数列	基準長さ: ℓ (mm)
0.013a 0.025a 0.05a 0.1a 0.2a	0.8	0.05s 0.1s 0.2s 0.4s 0.8s	0.25	0.05z 0.1z 0.2z 0.4z 0.8z	0.25
0.4a 0.8a 1.6a		1.6s 3.2s 6.3s	0.8	1.6z 3.2z 6.3z	0.8
3.2a 6.3a		12.5s 25s	2.5	12.5z 25z	2.5
12.5a 25a	2.5	50s 100s	8	50z 100z	8
50a 100a		200s 400s	25	200z 400z	25
測定長さ: ℓ は、カットオフ値の3倍以上とする。					