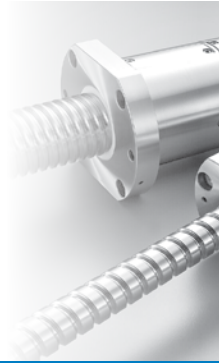


精密 安定 耐久 高剛性

高精度と高効率を満たします





ボールスプライン Ball Spline



ボールスプライン

構造と特徴

スプラインシャフトは円周上に負荷を受ける溝が3つあり、この3つの溝は、ゴシックアーチ設計であり、時計方向、または反時計方向の両方向トルクを受けることができ、剛性をアップさせます。

ボールは、スプラインナットに組み込まれた特殊な樹脂保持器に保持されているので、滑らかに転がり、循環します。この設計により、ナットをスプラインシャフトから抜いても、ボールは脱落しません。

特徴

大負荷容量

PMI 製スプラインシャフト溝は、接触角 30° で精密研磨されており、ラジアル方向、及びトルク方向に大きな負荷容量を有しています。

バックラッシュゼロ

30° の接触角で予圧を与えるアンギュラコンタクト構造により、回転方向のバックラッシュが無くなり、剛性がアップします。

高い剛性

30° の接触角と適切な予圧を与えることにより、トルク及びモーメントに適した高い剛性が得られます。

ボール保持

スプラインシャフトをナットから引き抜いても、ボールが脱落しない循環回路構造を有しています。

使用用途

ロボット、輸送機器、巻線機、自動工具交換機…等。

型式と特徴

スプラインナット型式

円筒形ボールスプラインSLT形

ストレートな円筒形のスプラインナットで最もコンパクトなタイプです。トルク伝達はキーでハウジングに固定して行います。

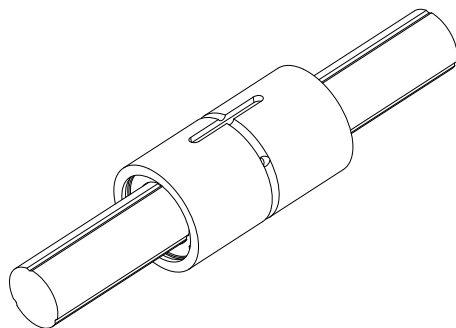


図1. 円筒形ボールスプラインSLT形

フランジ形ボールスプラインSLF形

スプラインナットはフランジをハウジングに固定するので、組立が容易です。キー溝加工による変形を考慮しないので、ハウジング幅が狭い場合に適しています。

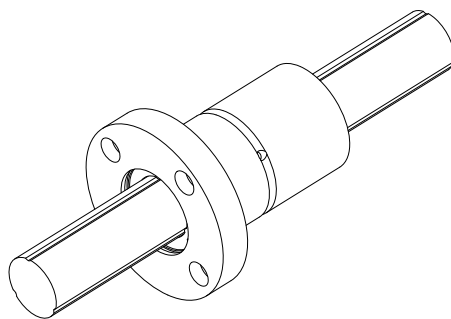


図2. フランジ形ボールスプラインSLF形

スプラインシャフト型式

精密中実スプラインシャフト（標準形）

スプラインシャフトの溝は精密研磨で加工され、スプラインナットと組み合わせて使用します。

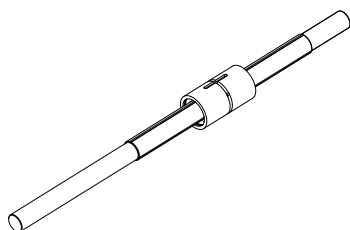


図3. 精密中実スプラインシャフト

特殊スプラインシャフト

ご要求によりスプラインシャフト 端部或いは中間部の径を大きくする場合は、特殊工程で製作します。

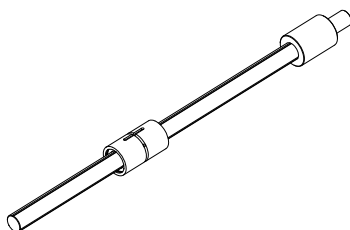


図4. 特殊スプラインシャフト

中空スプラインシャフト

配管、配線、空気抜き及び軽量化等のご要求に対しては、引き抜き中空シャフトが可能です。

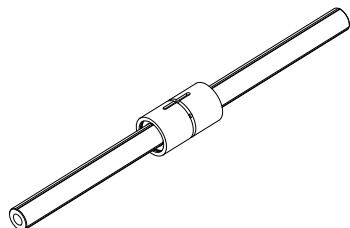


図5. 中空スプラインシャフト

ハウジング内径許容差

スプラインナットとハウジングの嵌め合いは、一般的には中間ばめです。ボールスプラインの精度がそれ程必要でない場合は、すきまばめで使用します。

表1.ハウジング内径許容差

ハウジング内径許容差	精度がそれ程必要でない場合	H7
	一般的な条件やすきまを小さくしたい場合	J6

スプラインシャフトの断面形状

表2[B2-5]にスプラインシャフトの断面形状を示します。スプラインシャフト端部を円筒形状にする場合は、小径寸法(ϕd)を超えないで下さい。

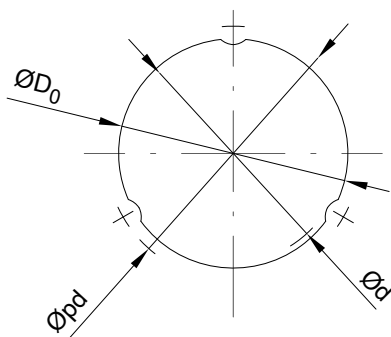


図6. スプラインシャフトの断面形状

表2. スプラインシャフトの断面形状

単位:mm

呼びシャフト径	16	20	25
小径 ϕd	15	19	23.9
大径 ϕD_0	16	20	25
ボール中心径 ϕpd	17.8	22.2	27.9
質量(kg/m)	1.56	2.44	3.82

標準中空スプラインシャフトの穴寸法

表3[B2-6]に標準中空スプラインシャフトの穴寸法を示します。配管、配線、空気抜き及び軽量化等の検討時に、本表を使用下さい。

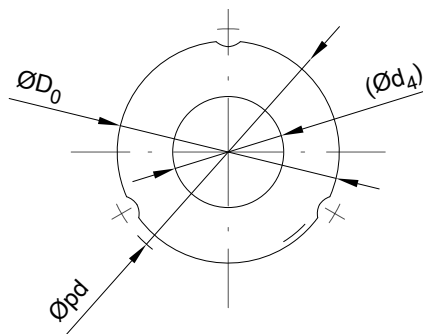


図7. 標準中空スプラインシャフトの穴寸法

表3. 標準中空スプラインシャフトの穴寸法

単位: mm

呼びシャフト径	16	20	25
大径 $\text{Ø}D_0$	16	20	25
ボール中心径 $\text{Ø}pd$	17.8	22.2	27.9
穴径 $(\text{Ø}d_4)$	11	14	18
質量 (kg/m)	1.17	1.83	2.44

特殊スプラインシャフトの不完全スプライン部長さ

スプラインシャフト端部或いは中間部の径が小径 ($\varnothing d$) より大きい場合、研磨逃げのため不完全スプライン部が必要です。表4[B2-7]に不完全スプライン部長さ (S) と軸径 ($\varnothing df$) の関係を示します。

注: 本表は軸全長が1,500mm以上の場合は適用できませんので、PMI にお問い合わせ下さい。

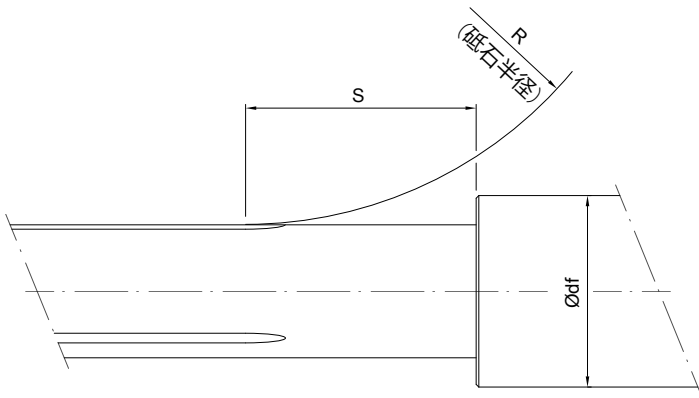


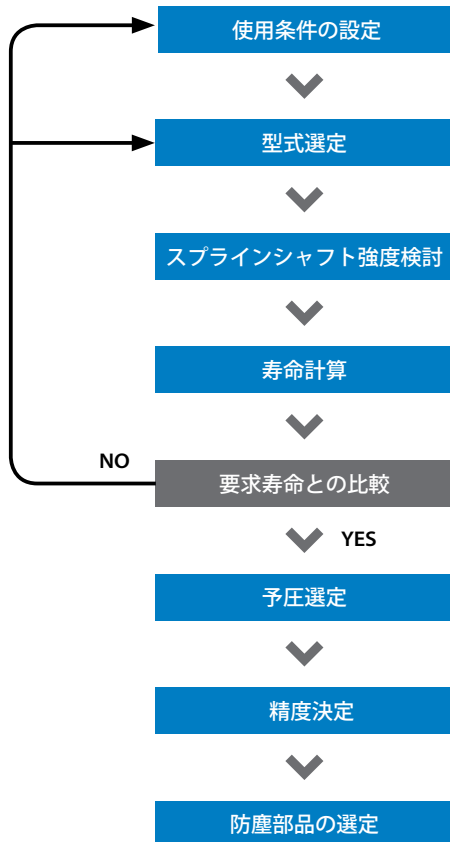
図8. 特殊スプラインシャフトの不完全スプライン部長さ

表4. 特殊スプラインシャフトの不完全スプライン部長さ

単位:mm

呼びシャフト径 / $\varnothing df$	16	20	25	30	40	50
16	41	50	59	67	-	-
20	-	41	52	61	75	-
25	-	-	41	52	68	81

ボールスプラインの選定フローチャート



スプラインシャフト強度検討

ボールスプラインシャフトは、ラジアル荷重とトルクを負荷できる複合軸です。但し、荷重とトルクが大きい場合、シャフト強度検討が必要です。

スプラインシャフトが曲げ荷重を受ける場合

スプラインシャフトに曲げ荷重が作用する場合、スプラインシャフトに作用する最大曲げモーメントを計算します。スプラインシャフト径は式1[B2-9]より求めます。

$$M = \sigma \cdot Z \text{ と } Z = \frac{M}{\sigma} \dots\dots\dots(1)$$

M スプラインシャフトに作用する最大曲げモーメント ($N \cdot mm$)

σ スプラインシャフトの許容曲げ応力 ($98N / mm^2$)

Z スプラインシャフトの断面係数 (mm^3)

(表6 [B2-15]参照)

$$\text{注: } Z = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

Z 断面係数 (mm^3)

d スプラインシャフト径 (mm)

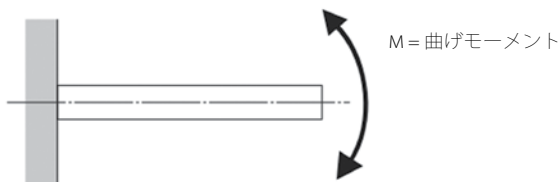


図9

スプラインシャフトがねじり荷重を受ける場合

スプラインシャフトにねじり荷重が作用する場合、スプラインシャフトに作用する最大ねじり荷重を計算します。スプラインシャフト径は式2 [B2-10]より求めます。

$$T = \tau_a \cdot Z_p \text{ と } Z_p = \frac{T}{\tau_a} \dots\dots\dots(2)$$

T 最大ねじりモーメント ($N\cdot mm$)

τ_a スプラインシャフトの許容ねじり応力 ($49N/mm^2$)

Z_p スプラインシャフトの極断面係数 (mm^3)

(表6 [B2-15]参照)

注: $Z_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$

Z_p 極断面係数 (mm^3)

d スプラインシャフト径 (mm)

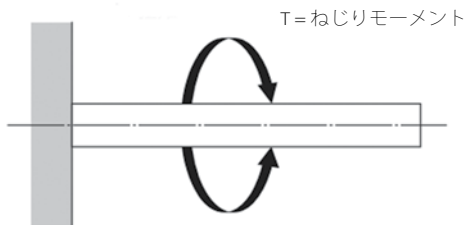


図10

スプラインシャフトが曲げ荷重とねじり荷重を同時に受ける場合

スプラインシャフトに曲げ荷重とねじり荷重が同時に作用する場合、等価曲げモーメント (M_e) と等価ねじりモーメント (T_e) を求める式3[B2-11]と式4[B2-11]よりスプラインシャフト径を計算し、大きい方の値がスプラインシャフト径になります。

等価曲げモーメント

$$M_e = \frac{M + \sqrt{M^2 + T^2}}{2} = \frac{M}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{T}{M}\right)^2} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

$$M_e = \sigma \cdot Z$$

等価ねじりモーメント

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = M \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{T}{M}\right)^2} \dots\dots\dots(4)$$

$$T_e = \tau_a \cdot Z_p$$

スプラインシャフト剛性

スプラインシャフト剛性はシャフト長さ1mに対するねじれ角で表し、その値は $\frac{1}{4}^\circ$ 以内に制約されます。

$$\theta = 57.3 \times \frac{T \cdot L}{G \cdot I_p} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{スプラインシャフト剛性} = \frac{\text{ねじれ角}}{\text{単位長さ}} = \frac{\theta \cdot l}{L} < \frac{1}{4}^\circ$$

- θ ねじれ角 ($^\circ$)
- L スプラインシャフト全長 (mm)
- G 横弾性係数 ($7.9 \times 10^4 N / mm^2$)
- l 単位長さ (1000mm)
- I_p 極断面2次モーメント (mm^4)
(表6 [B2-15]参照)

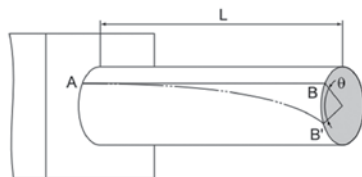
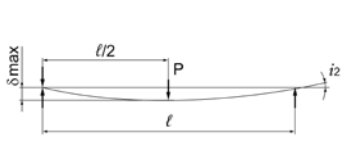
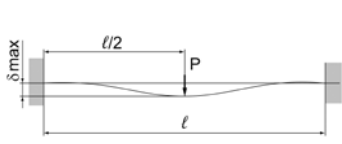
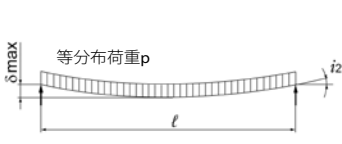
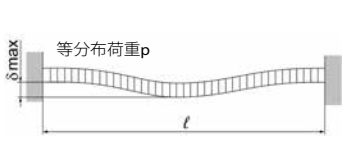


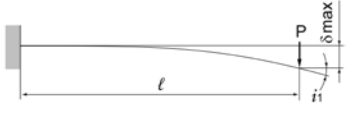
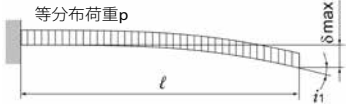
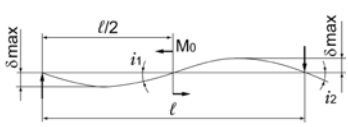
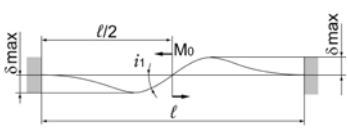
図11

スプラインシャフトのたわみとたわみ角

各使用条件でのスプラインシャフトのたわみとたわみ角の計算式を、表5[B2-12]に示します。表6[B2-15]はスプラインシャフトの断面係数 (Z) と断面2次モーメント (I) を示します。表中の Z 、 I 値を用いれば、各種ボールスプライン型式の強度と変位量が求まります。

表5. たわみとたわみ角の計算式

支持方法	使用条件	たわみ計算式	たわみ角計算式
両端自由		$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = \frac{Pl^2}{16EI}$
両端固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{192EI}$	$i_1 = 0$ $i_2 = 0$
両端自由		$\delta_{max} = \frac{5Pl^4}{384EI}$	$i_2 = \frac{Pl^3}{24EI}$
両端固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^4}{384EI}$	$i_2 = 0$

支持方法	使用条件	たわみ計算式	たわみ角計算式
片側固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{3EI}$	$i_1 = \frac{Pl^2}{2EI}$ $i_2 = 0$
片側固定		$\delta_{max} = \frac{Pl^4}{8EI}$	$i_1 = \frac{Pl^3}{6EI}$ $i_2 = 0$
両端自由		$\delta_{max} = \frac{\sqrt{3}M_0l^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0l}{12EI}$ $i_2 = \frac{M_0l}{24EI}$
両端固定		$\delta_{max} = \frac{M_0l^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0l}{16EI}$ $i_2 = 0$

δ_{max} 最大たわみ (mm)

M_0 モーメント (N-mm)

l スパン (mm)

I 断面2次モーメント (mm^4)

i_1 荷重作用点でのたわみ角

i_2 支持点でのたわみ角

P 集中荷重 (N)

p 等分布荷重 (N/mm)

E 縦弾性係数 ($2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$)

スプラインシャフトの危険速度

スプラインシャフトを回転させ動力伝達として用いる場合、回転数がスプラインシャフトの危険速度に接近すると共振の原因になります。従って、スプラインシャフト最高回転数は共振の原因にならないよう、危険速度以下にしてください。スプラインシャフトの危険速度は式6[B2-14]で求めます。(安全係数として0.8を乗じています。)

危険速度

$$N_c = \frac{60\lambda^2}{2\pi \cdot l_b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \times 10^3 \cdot I}{\gamma \cdot A}} \times 0.8 \dots\dots\dots(6)$$

- N_c 危険速度 (min^{-1})
- l_b 取付間距離 (mm)
- E ヤング率 ($2.06 \times 10^5 \text{N} / \text{mm}^2$)
- I シャフトの最小断面2次モーメント (mm^4)
- γ 密度 (比重) ($7.85 \times 10^{-6} \text{kg} / \text{mm}^3$)
- A シャフト断面面積 (mm^2)
- λ 取付方法により定まる係数

図12 固定-自由 $\lambda=1.875$

図13 支持-支持 $\lambda=3.142$

図14 固定-支持 $\lambda=3.927$

図15 固定-固定 $\lambda=4.73$

注 $I = \frac{\pi}{64} d^4$ d 小径 (mm)

(表2[B2-5]、表3[B2-6]参照)

注 $A = \frac{\pi}{4} d^2$ d 小径 (mm)

(表2[B2-5]、表3[B2-6]参照)

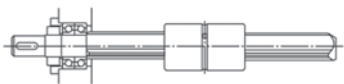


図12. 固定-自由

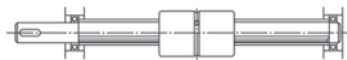


図13. 支持-支持

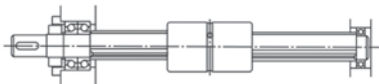


図14. 固定-支持

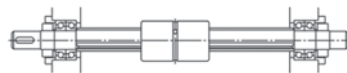


図15. 固定-固定

スプラインシャフトの断面特性

スプラインシャフトの断面特性

表6. スプラインシャフトの断面特性

呼びシャフト径		I : 断面2次モーメント (mm^4)	Z : 断面係数 (mm^3)	I_P : 極断面2次モーメント (mm^4)	Z_P : 極断面係数 (mm^3)
16	中実シャフト	3.15×10^3	4.02×10^2	6.3×10^3	8.04×10^2
	中空シャフト	2.5×10^3	3.12×10^2	5.0×10^2	6.24×10^2
20	中実シャフト	7.74×10^3	7.85×10^2	1.55×10^4	1.57×10^3
	中空シャフト	5.97×10^3	5.96×10^3	1.19×10^4	1.19×10^3
25	中実シャフト	1.19×10^4	1.53×10^3	3.80×10^4	3.06×10^3
	中空シャフト	1.4×10^4	1.12×10^3	2.8×10^4	2.24×10^3

寿命

定格寿命

同じ仕様のボールスプラインを同一条件で個々に運転したときに、一群の90%のボールスプラインがフレーキングを起こさずに運転できる総走行距離を定格寿命といいます。

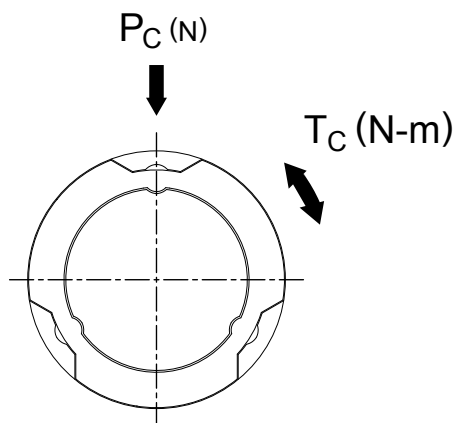


図16. ボールスプラインに作用する荷重

寿命計算

ボールスプラインの寿命は、運転中に作用する荷重（トルク、ラジアル荷重、モーメント荷重）によって、式7[B2-17]～式10[B2-18]を用いて計算されます。（各荷重方向での基本定格荷重は、各型式の寸法表に表示されています。）

トルクが作用する場合

$$L = \left(\frac{f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C_T}{T_C} \right)^3 \times 50 \dots\dots\dots(7)$$

ラジアル荷重が作用する場合

$$L = \left(\frac{f_r \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C_a}{P_C} \right)^3 \times 50 \dots\dots\dots(8)$$

- L 定格寿命 (km)
- C_T 基本動定格トルク ($N\cdot m$)
- T_C トルク ($N\cdot m$)
- C_a 基本動定格荷重 (N)
- P_C ラジアル荷重 (N)
- f_r 温度係数 (図17[B2-19]参照)
- f_C 接触係数 (表7[B2-20]参照)
- f_W 荷重係数 (表8[B2-20]参照)

トルクとラジアル荷重が同時に作用する場合

トルクとラジアル荷重が同時に作用する場合、式9[B2-17]より等価ラジアル荷重を求めて寿命を計算します。

$$P_E = P_C + \frac{4 \cdot T_C \times 10^3}{i \cdot p_d \cdot \cos \alpha} \dots\dots\dots(9)$$

- P_E 等価ラジアル荷重 (N)
- $\cos \alpha$ 接触角
- i 荷重を受けるボールの溝数
- p_d ボール中心径 (mm)
(表2[B2-5]、表3[B2-6]参照)

ナットを1個或いは2個接触させて使用する時にモーメント荷重が作用する場合式10[B2-18]より等価ラジアル荷重を求めます。

$$P_u = K \cdot M \cdots \cdots (10)$$

- P_u モーメントによる等価ラジアル荷重 (N)
- K 等価係数 (表9[B2-23]参照)
- M 作用モーメント (N-mm)

注: モーメント M は静的許容モーメント以内

モーメントとラジアル荷重が同時に作用する場合

定格寿命はラジアル荷重と等価ラジアル荷重の総和で計算します。

寿命時間

前述の式より定格寿命を求め、ストローク長さと毎分の往復回数が一定の場合、寿命時間は式11[B2-18]で求めます。

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_l \times 60} \cdots \cdots (11)$$

- L_h 寿命時間 (hr)
- l_s ストローク長さ (m)
- n_l 毎分往復回数 (min^{-1})

f_T : 温度係数

運転温度が100℃以上になると寿命に影響を及ぼすため、**図17[B2-19]**の温度係数(f_T)を用います。

注: 使用環境温度が80℃を超える場合は、シールとリテナーは高温仕様が必要ですのでPMIにお問い合わせ下さい。

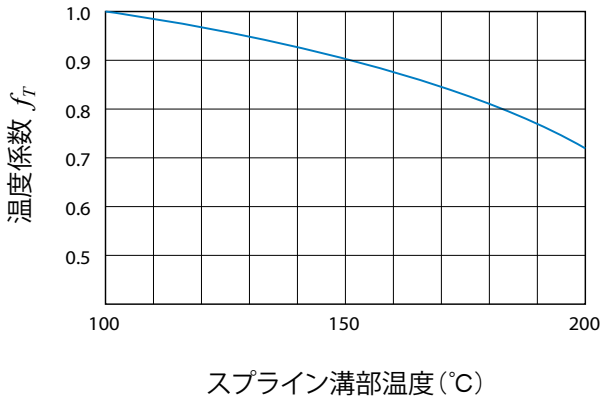


図17. 温度係数 f_T

f_C : 接触係数

複数のナットを接触させて使用する場合、モーメントや取付精度の影響により荷重分布が均一にならないので、表7[B2-20]の接触係数(f_C)を用います。

注: 大型機械で不均一な荷重になる場合、表7の接触係数(f_C)を用いて下さい。

表7. 接触係数 f_C

接触するナット数	接触係数 f_C
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
通常使用	1

f_W : 荷重係数

機械での作用荷重は計算で求められるが、実際に作用する荷重の方が計算値より大きいことが多い。往復運動での振動・衝撃、特に高速運転時の振動や繰り返しの起動停止による衝撃を推定することは難しい。このため、速度と振動を考慮し、表8[B2-20]の荷重係数を用います。

表8. 荷重係数 f_W

使用条件	運転速度	f_W
衝撃・振動なし	$V \leq 15\text{m/min}$	1~1.2
僅かな衝撃・振動	$15 < V \leq 60\text{m/min}$	1.2~1.5
中程度の衝撃・振動	$60 < V \leq 120\text{m/min}$	1.5~2
強い衝撃・振動	$V > 120\text{m/min}$	2~3.5

平均荷重

平均荷重 (P_m) はスプラインナットが様々な条件によって変動荷重を受けるとき、変動荷重での寿命と等寿命になるような一定荷重のことをいいます。

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} \cdot \sum_{n=1}^n (P_n^3 \cdot L_n)} \cdots \cdots (12)$$

P_m 平均荷重 (N)

P_n 変動荷重 (N)

L 総走行距離 (mm)

L_n 変動荷重 P_n 下の走行距離 (mm)

段階的变化曲線 (図18[B2-21]) 平均荷重は式12[B2-21]で求めます。

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 + \cdots + P_n^3 \cdot L_n)} \cdots \cdots (12)$$

P_m 平均荷重 (N)

P_n 変動荷重 (N)

L 総走行距離 (mm)

L_n 変動荷重 P_n 下の走行距離 (mm)

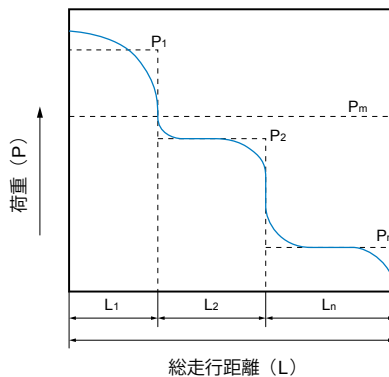


図18. 段階的变化曲線の荷重線図

疑似直線 (図19[B2-22]) 平均荷重は式13[B2-22]で求めます。

$$P_m \doteq \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max}) \dots\dots\dots(13)$$

P_{min} 最小荷重 (N)

P_{max} 最大荷重 (N)

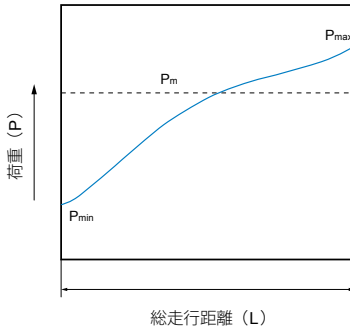


図19. 疑似直線の荷重線図

正弦曲線は二つのケースあり。

- 図20[B2-22]に示す正弦曲線に似た場合、平均荷重は式14[B2-22]で求めます。

$$P_m \doteq 0.65 (P_{max}) \dots\dots\dots(14)$$

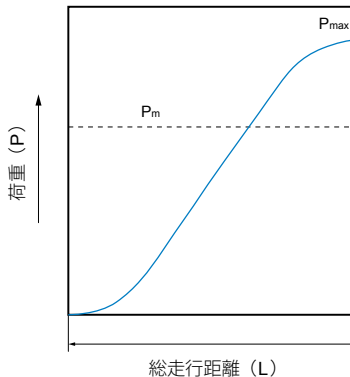


図20. 正弦曲線に似た荷重線図 (1)

- ・ 図21[B2-23]に示す正弦曲線に似た場合、平均荷重は式15[B2-23]で求める。

$$P_m \doteq 0.55 (P_{max}) \cdots \cdots (15)$$

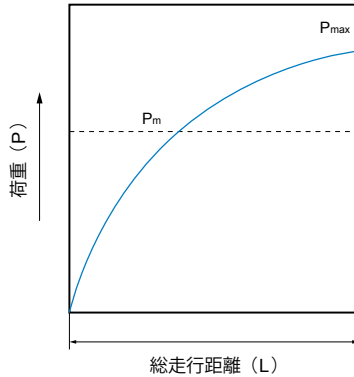


図21. 正弦曲線に似た荷重線図 (2)

等価係数

モーメント荷重下での等価ラジアル荷重係数を表9[B2-23]に示します。

表9. ボールスプライン等価係数表

呼び径φ径	等価係数 (K)	
	単一ナット	2個のナットが接触する場合
16	0.21	0.035
20	0.17	0.028
25	0.15	0.023

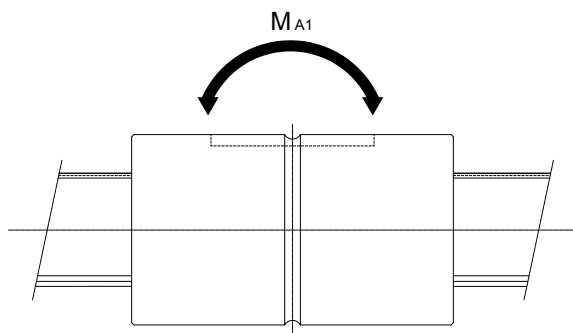


図22. 単一スプラインナット

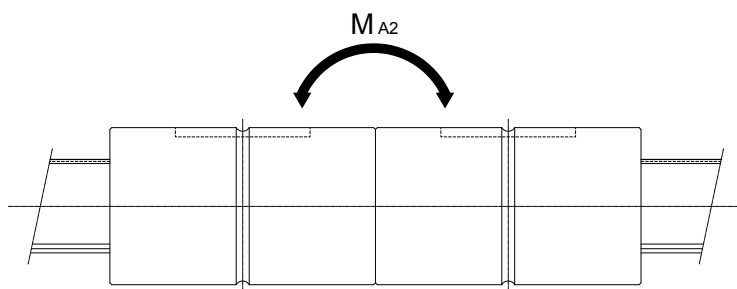


図23. 2個のスプラインナットが接触する場合

予圧の選定

ボールスプラインの予圧は、精度、耐荷重、剛性に影響するため、用途に合わせ最適すきまを選定します。すきまの値は、各型式毎に規格化されているので、使用条件に応じてすきまを選定します。

回転方向すきま

ボールスプラインの場合、円周方向すきまの総和を回転方向すきまとして規格しています。

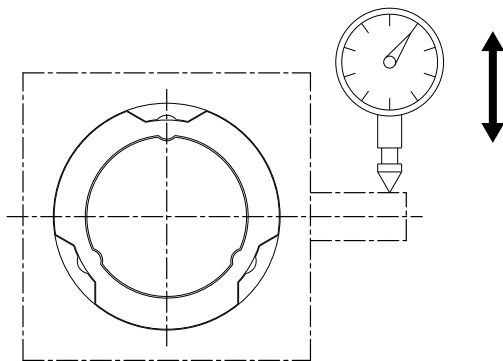


図24. 回転方向すきま測定法

予圧と剛性

予圧の目的は、ボールに予め荷重を負荷し、バックラッシュ（回転方向すきま）を無くし、剛性を増加させるためです。予圧を与えると、ボールスプラインはバックラッシュがなくなり剛性が増加します。図25[B2-26]に回転トルクが作用した時の回転方向の変位量を示します。

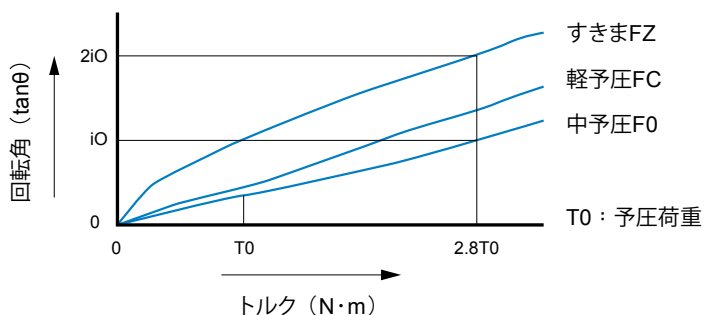


図25. 予圧と回転角線図

予圧の選定

表10[B2-27]にボールスプラインの使用条件での回転方向すきま（予圧）の選定指針を示します。ボールスプラインの回転方向すきまはスプラインナットの精度と剛性に影響するため、使用用途により適切なすきまを選定することが重要です。通常ボールスプラインは予圧で使用され、繰り返し円周運動或いは往復直線運動で使用される場合、大きな振動衝撃を受けるので、予圧を与えた方が寿命と精度が向上します。

表10. ボールスプラインの回転方向すきま（予圧）の選定指針

回転方向すきま	使用条件	使用用途例
すきま (FZ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軽い力で滑らかに運動したい ・ トルクは常に同一方向に作用する 	計測器、自動製図機、形状測定器、動力計、巻線機、自動溶接機、ホーニング盤の主軸、自動包装機
軽予圧 (FC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ オーバーハング荷重やモーメント荷重が作用する ・ 高い繰返し精度が要求される ・ 交番荷重が作用する 	産業用ロボットアーム、オートローダ、自動塗装機のガイド軸、放電加工機の主軸、プレスダイセットのガイド軸、ドリル盤の主軸
中予圧 (F0)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高い剛性が要求され、振動と衝撃が作用する ・ ナット1個でモーメント荷重を受ける 	建設車両のステアリング軸、スポット溶接機の軸、自動旋盤刃物台のインデックス軸

表11. ボールスプラインの回転方向すきま（予圧）

呼び軸径	予圧		
	すきま (FZ)	軽予圧 (FC)	中予圧 (F0)
16	0~1 μ m	0~0.02C	0.03~0.05C
20	0~1 μ m	0~0.02C	0.03~0.05C
25	0~2 μ m	0~0.02C	0.03~0.05C

精度等級

ボールスプラインの精度は、スプラインシャフトの支持部に対するスプラインナット外径の振れによって、並級(N)、上級(H)、精密級(P)の3つに分類されます。

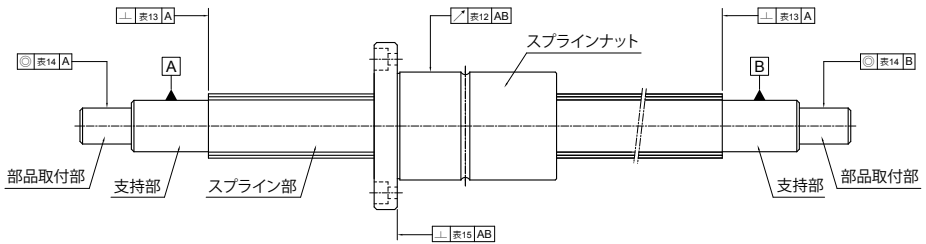


図26. ボールスプライン精度測定項目

精度等級

表12[B2-28]～表15[B2-29]にボールスプラインの精度測定項目を示す。

表12. スプラインシャフト支持部に対するスプラインナット外径振れ

単位: μm

精度		振れ (最大)					
呼びシャフト径		16、20			25		
スプラインシャフト長さを 超え		並級(N)	上級(H)	精密級(P)	並級(N)	上級(H)	精密級(P)
以下							
-	200	56	34	18	53	32	18
200	315	71	45	25	58	39	21
315	400	83	53	31	70	44	25
400	500	95	62	38	78	50	29
500	630	112	-	-	88	57	34
630	800	-	-	-	103	68	42

表13. ス[°]ラインシャフト支持部に対するス[°]ラインシャフト端部の直角度単位: μm

精度	直角度 (最大)		
呼びシャフト径	並級(N)	上級(H)	精密級(P)
16	27	11	8
20			
25	33	13	9

表14. ス[°]ラインシャフト支持部に対する部品取付部の同軸度単位: μm

精度	同軸度 (最大)		
呼びシャフト径	並級(N)	上級(H)	精密級(P)
16	46	19	12
20			
25	53	22	13

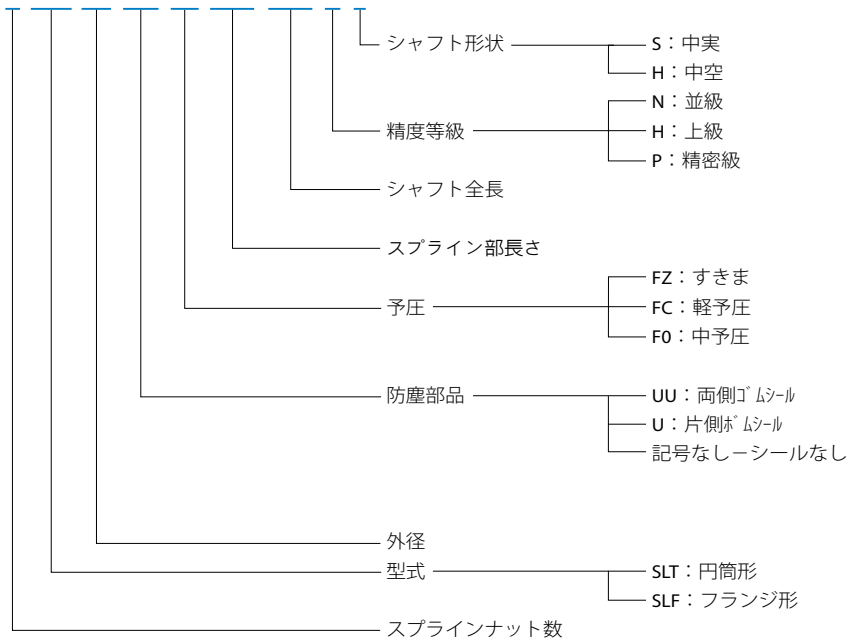
表15. ス[°]ラインシャフト支持部に対するス[°]ラインカットフランジ[®]取付面の直角度単位: μm

精度	直角度 (最大)		
呼びシャフト径	並級(N)	上級(H)	精密級(P)
16	39	16	11
20			
25			

ボールスプラインの呼び番号

型式表示

2-SLT-25-UU-F0-400-500-N-S



キー

表16[B2-31]に円筒形ボールスプラインSLTの標準キー寸法を示します。

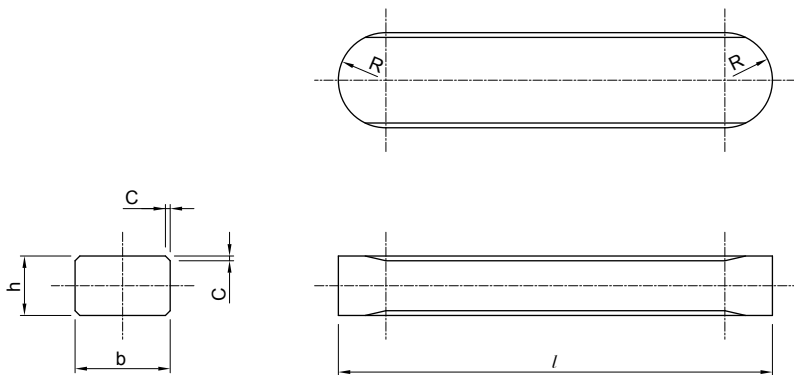
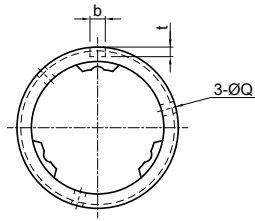


図27. スプラインナットキー

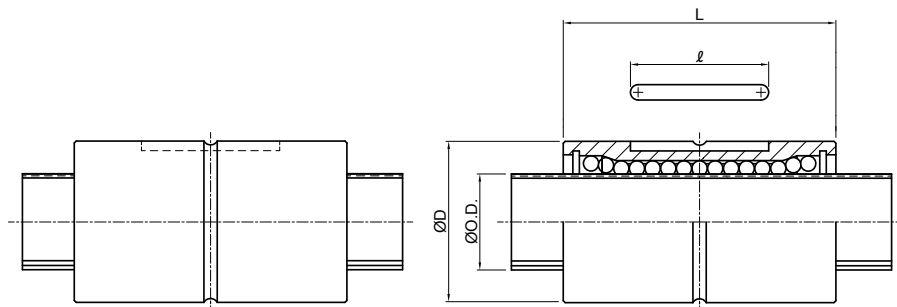
表16. SLT形標準キー寸法

単位:mm

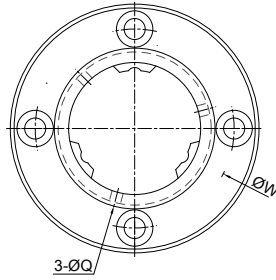
呼びシャフト径	幅		高さ		長さ		R	C
	b	許容差(p7)	h	許容差(h9)	l	許容差(h12)		
16	3.5	+0.024 +0.012	3.5	0 -0.030	17.5	0 -0.180	1.75	0.5
20	4		4		29	0 -0.210	2	
25	4		4		36	0 -0.250	2	



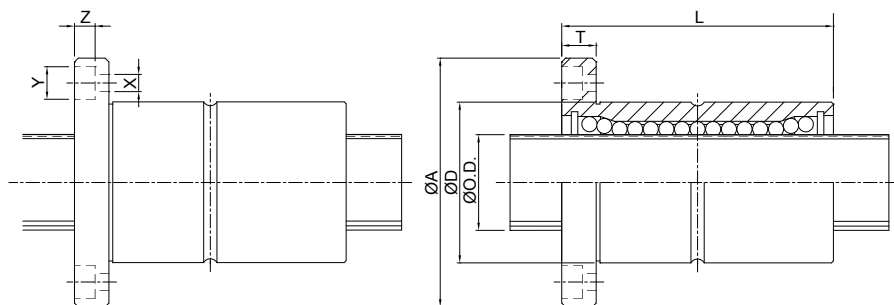
品番	寸法									
	直径		長さ		キー寸法			潤滑剤注 入穴	シャフト 直径	列数
	D	公差	L	公差	b(H8)	t _{+0.10}	l	Q	O.D.	
16	31	0 -0.013	50	0 -0.2	3.5	2	17.5	3	16	3
20	35	0	63	0	4	2.5	29	3	20	3
25	42	-0.016	71	-0.3	4	2.5	36	3	25	3



	基本定格トルク		基本定格荷重		静的許容モーメント		質量	
	C_T (N·m)	C_{OT} (N·m)	C_a (kN)	C_o (kN)	M_{A1} (N·m)	M_{A2} (N·m)	ナット (g)	シャフト (kg/m)
	31.4	34.3	6.9	12.4	60	360	145	1.56
	56.8	55.8	10.1	17.8	120	720	200	2.44
	105	103	15.2	25.3	180	1140	276	3.82



品番	寸法													シャフト直径
	直径		長さ		フランジ直径			取付け穴				潤滑剤注入穴		
	D	公差	L	公差	T	A	公差	W	X	Y	Z	Q	O.D.	
16	31	0 -0.013	50	0	7	51	0 -0.2	40	4.5	8	4.5	3	16	
20	35	0 -0.016	63	-0.2	9	58		45	5.5	9.5	5.4	3	20	
25	42	0 -0.016	71	0 -0.3	9	65		52	5.5	9.5	5.4	3	25	



列数	基本定格トルク		基本定格荷重		静的許容モーメント		質量	
	C_T (N·m)	C_{OT} (N·m)	C_a (kN)	C_o (kN)	M_{A1} (N·m)	M_{A2} (N·m)	ナット (g)	シャフト (kg/m)
3	31.4	34.3	6.9	12.4	60	360	207	1.56
3	56.8	55.8	10.1	17.8	120	720	303	2.44
3	105	103	15.2	25.3	180	1140	397	3.82

SLT形シャフト端部推奨形状

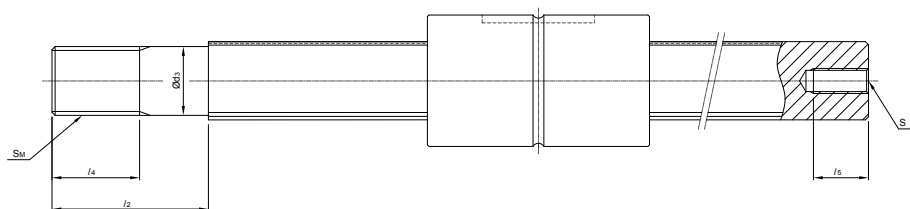


図28. シャフト端部形状

表17. SLT形シャフト端部推奨形状

単位:mm

サイズ	d_3	許容差	l_2	S_M	l_4	$S \times l_5$
SLT 16	14	0 -0.018	30	M14×1.5	18	M6×10
SLT 20	16		38	M16×1.5	22	M8×15
SLT 25	22	0 -0.021	50	M22×1.5	28	M10×18

ロータリーボールスプライン

設計コンセプト

ボールスプラインはシャフト外径上に負荷を受ける溝が3つあり、この3つの溝はゴシックアーク設計であり、時計方向、または反時計方向の両方向トルクを受けることができ、剛性をアップさせます。

スプラインナットはナット外径に直接サポート軸受を配置した特殊な設計になっています。スプラインナットの回転、停止によって、一軸で2つの運動(回転、直線)が可能です。

ボール列はスプラインナット内の合成樹脂リテナーで保持されており、滑らかな動きで循環します。このボール保持構造は、組付け時にスプラインナットからのボール脱落を防止します。

特徴

高い位置決め精度

ボールスプライン溝はゴシックアーク設計で、予圧調整によって回転方向のバックラッシュをなくし、より高い位置決め精度が確保できます。

コンパクト設計

スプラインナットとサポート軸受が一体構造なので、構造体としてはコンパクトで軽量の設計ができます。

簡単な組付け性

スプラインナットとサポート軸受が一体構造なので、ボルトでハウジングに固定するだけで簡単に組付けることができます。

サポート軸受

ボールスプラインのサポート軸受は、 45° の接触角を採用し、モーメント剛性に有利です。

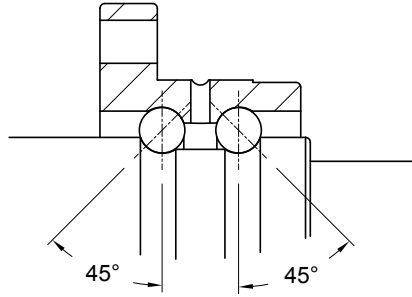


図1. STRA形接触角

型式と特徴

スプラインナット型式

ボールスプラインSTRA形

スプラインナットはサポート軸受と一体構造

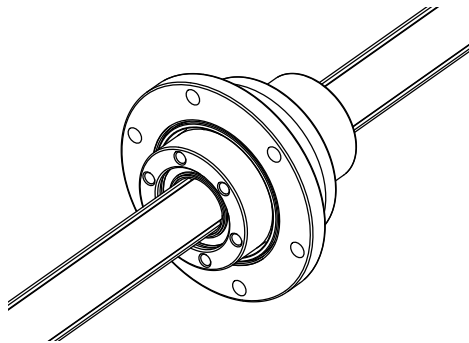


図2. ボールスプラインSTRA形

スプラインシャフト型式

精密中実スプラインシャフト

スプラインシャフトの溝は精密研磨で加工され、スプラインナットと組合せて使われます。

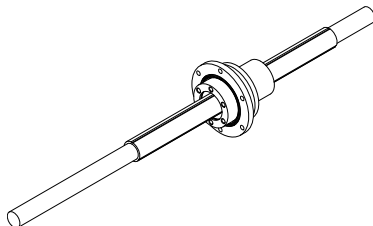


図3. 精密中実スプラインシャフト

特殊スプラインシャフト

ご要求によりスプラインシャフト端部或いは中間部の径を大きくする場合は、特殊工程で製作します。

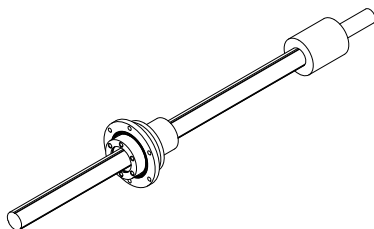


図4. 特殊スプラインシャフト

中空スプラインシャフト

配管、配線、空気抜き及び軽量化等のご要求に対しては、引き抜き中空シャフトが可能です。

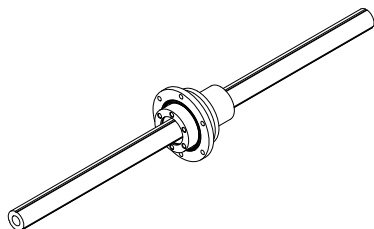
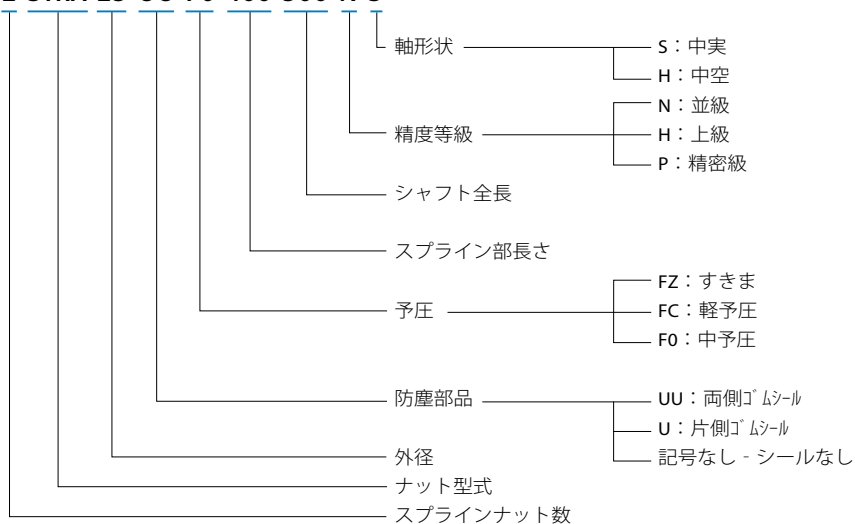


図5. 中空スプラインシャフト

ロータリーボールスプラインの呼び番号

型式表示

2-STR A-25-UU-F0-400-500-N-S



精度規格

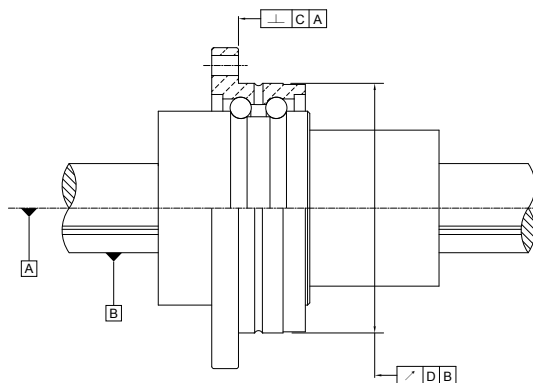


図.6 精度規格

表1. 精度規格

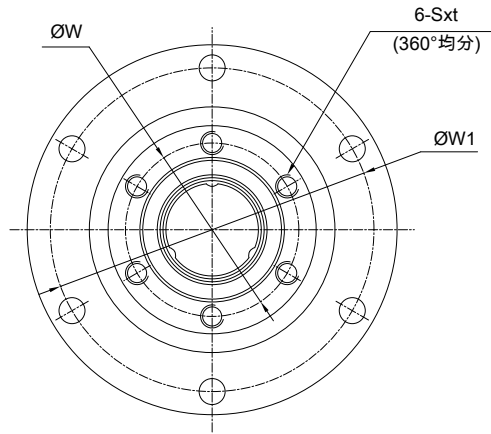
単位:mm

精度等級	並級(N)		上級(H)		精密級(P)	
	C	D	C	D	C	D
サイズ						
STRA-1616	0.023	0.035	0.016	0.020	0.013	0.017
STRA-2020	0.023	0.035	0.016	0.020	0.013	0.017
STRA-2525	0.023	0.035	0.018	0.024	0.015	0.020

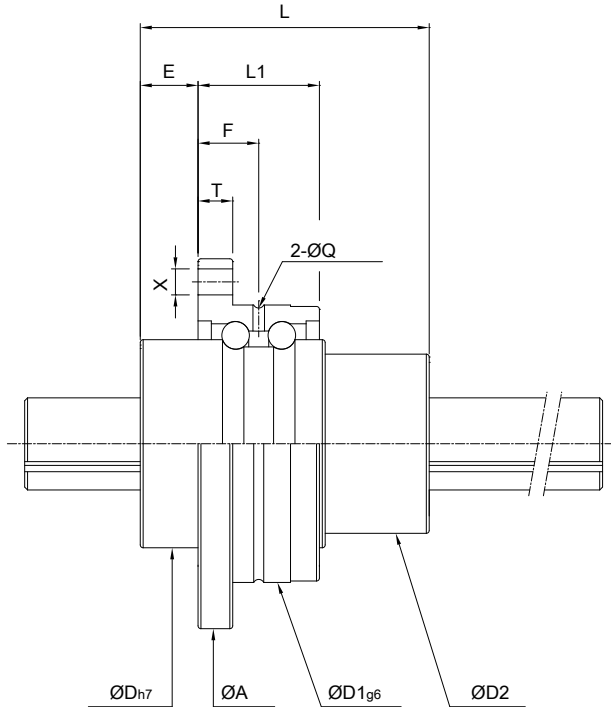
ロータリーボールスプラインの許容回転数

表2. STRA形 許容回転数

サイズ	許容回転数		
	ボールスプライン シャフト長さよって対 応数値	サポート軸受	
		グリース潤滑	油潤滑
STRA 16	スプラインシャフトの危険速度参照	4000	5400
STRA 20		3600	4900
STRA 25		3200	4300



品番	寸法															
	直径	O.D.			長さ	フランジ直径			取り付け部	油穴	穴径	E	L1	シャフト直径		
	D1 _{g6}	D _{h7}	W	Sxt	D2	L	A	T	W ₁	X	F					Q
16	48	36	30	M4×0.7P×6	31	50	64	6	56	4.5	10.5	2	10	21	16	
20	56	43.5	36	M5×0.8P×8	35	63	72	6	64	4.5	10.5	2	12	21	20	
25	66	52	44	M5×0.8P×8	42	71	86	7	75	5.5	12.5	2	13	25	25	



列数	基本定格トルク		基本定格荷重		静的許容 モーメント M_A (N·m)	サポートベアリング 基本定格荷重		質量	
	C_T (N·m)	C_{OT} (N·m)	C_a (kN)	C_o (kN)		C_a (kN)	C_o (kN)	ナット (kg)	シャフト (kg/m)
3	31.4	34.3	6.9	12.4	60	6.74	6.36	0.33	1.56
3	56.8	55.8	10.1	17.8	120	7.49	8.16	0.48	2.44
3	105	103	15.2	25.3	180	9.45	10.65	0.75	3.82

精度別最大製作長さ

表3[B2-44]にスプラインシャフトの精度別最大製作長さを示します。

表3. 精度別最大製作長さ

単位:mm

呼びシャフト径	精度		
	並級(N)	上級(H)	精密級(P)
16	630	500	500
20	630	500	500
25	800	800	800

注: 表中の長さはシャフト全長を示します。

注: 標準中空シャフトの場合、表中の精密級の値が製作可能な最大長さになります。