

CUTTING TOOLS PRODUCTS CATALOGUE

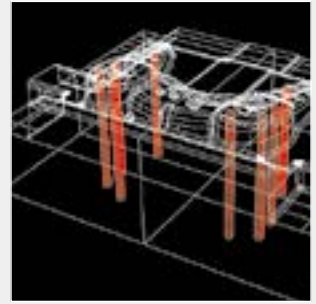
切削工具 商品カタログ

2025~2026

技術資料

技術資料

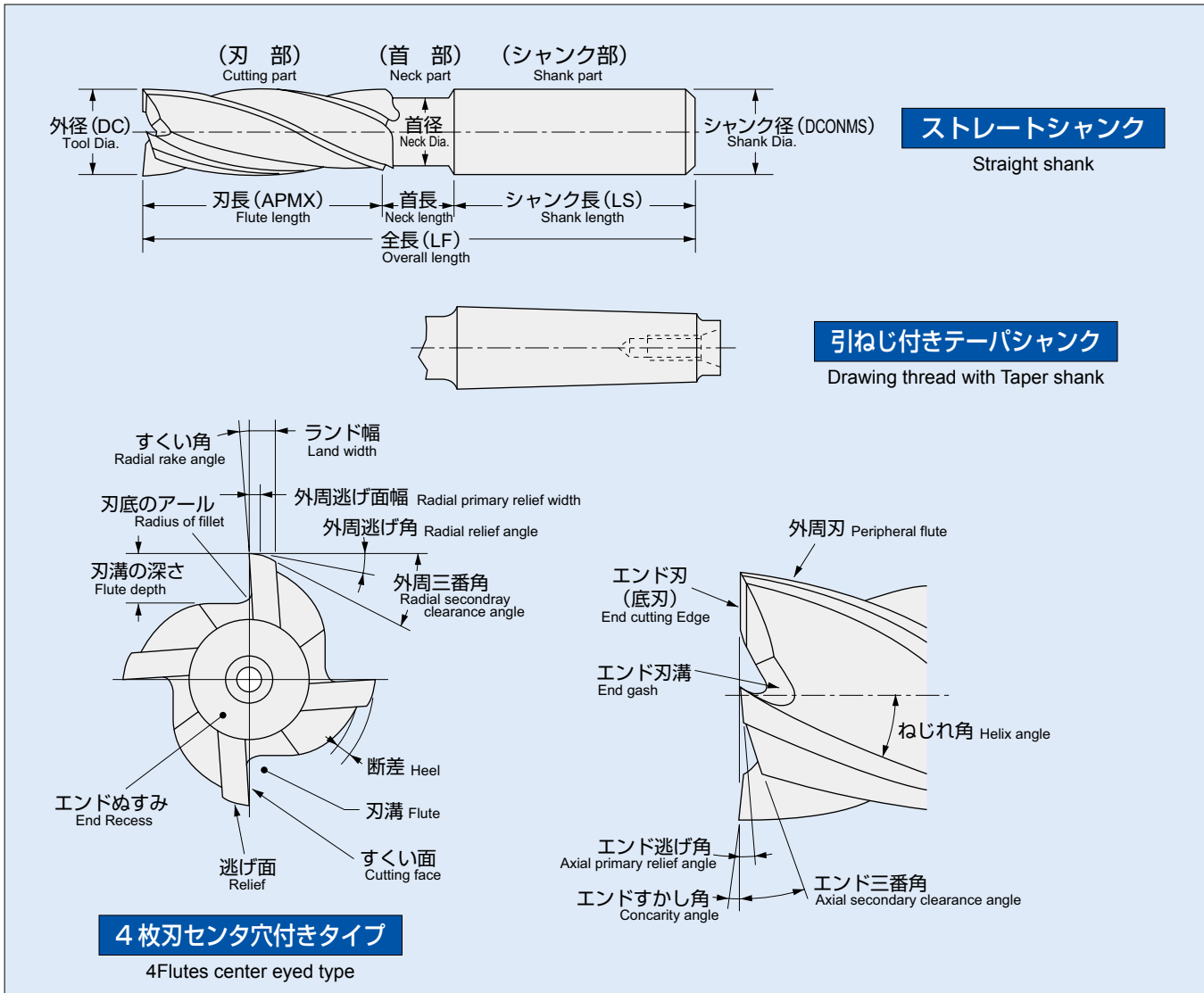
Technical Data



エンドミル End Mills	エンドミル各部の名称とエンド外径について…………… I2 Name of parts for end mills and shapes of end cutting edges
	エンドミルの刃形と切削性…………… I4 Flute shape and cutting ability of end mills
	エンドミルの切削条件の求め方…………… I5 How to determine cutting conditions of end mills
	エンドミル使用上のご注意…………… I6 Precautions in handling an end mill
刃先交換式工具 Indexable Tools	エンドミル加工のトラブルと原因対策…………… I7 Trouble shooting for end milling
	フライス工具の各部の名称と刃先角度の役割…………… I9 Names of parts and roles for milling tools
	フライス用インサート各部の名称と役割…………… I12 Names of parts and roles for milling inserts
	フライス加工切削条件の選び方…………… I14 How to select cutting conditions for milling
	フライス加工におけるトラブルと原因対策…………… I15 Cutting condition formula (milling) and trouble shooting
旋削工具 Turning Tools	フライス用SD,SE,TE形標準インサートの各社形番対照表 …… I16 Comparison of inserts for milling SD,SE,TE type
	フライス加工の各社材種対応表…………… I17 Table of corresponding materials from various companies for milling
	旋削工具各部の名称と刃先角度の役割…………… I19 Nomenclature of turning tools parts and role of nose angle
	旋削用インサート形状と使用用途…………… I20 Shapes of inserts and application of turning
	旋削の切りくず処理…………… I21 Chips removal of turning
	旋削に関する計算式…………… I22 Cutting condition formula for turning
	旋削における工具損傷対策…………… I23 Counter-measures against brackage of tools
旋削における各要因の切削性能への影響…………… I24 Relationship between cutting elements and cutting performance in turning	
ドリル Drills	旋削の各社インサートブレーカ対照表…………… I25 Comparison against competitor's insert breakers of turning
	旋削の各社材種対応表…………… I26 Table of corresponding materials from various companies for turning
	ドリル各部の名称と働き…………… I27 Name and function of each part of a drill
	タップ下穴に相当するドリル径…………… I28 Drill dia. equivalent to a hole size before tapping
参考資料 Reference data	ドリル加工計算式…………… I28 Drilling work equations
	ドリル加工のトラブルと原因対策…………… I29 Trouble shooting of drilling work
	穴の公差等級並びに寸法許容差…………… I31 Standard tolerance grades and limit deviations for holes
	ねじの寸法規格…………… I32 Dimension standard for screw threads
	工具鋼のブランド対照表…………… I37 Table of corresponding Tool Steels brands
	表面粗さ…………… I41 Surface roughness
	被削性指数…………… I42 Machinability indices
硬さ換算表…………… I43 Hardness conversion table	

Name of parts for end mills and shapes of end cutting edges エンドミル各部の名称とエンド外径について

(1) エンドミル各部の名称 Names of parts for end mills

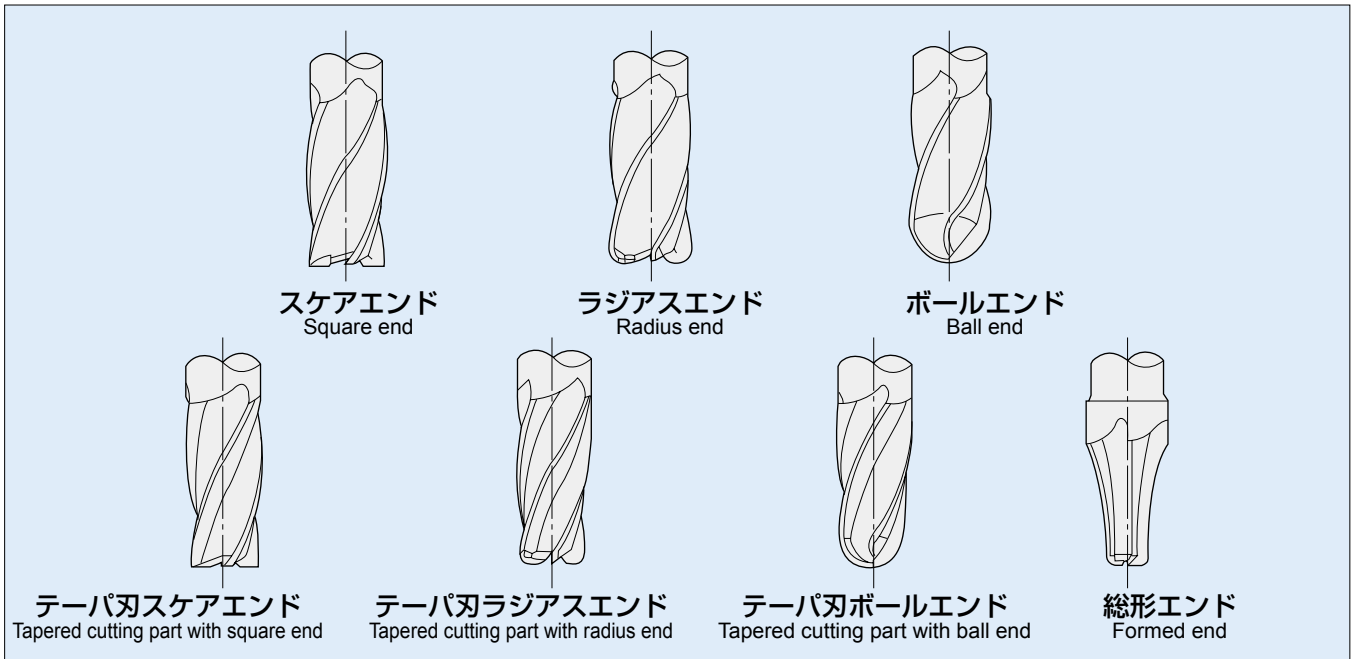


(2) エンド刃形の種類 Kinds of shapes of end cutting edges

	2枚刃 2 Flutes	3枚刃 3 Flutes	4枚刃 4 Flutes	6枚刃 6 Flutes
センターカット Center cut	(親子形) 		(親子形) 	
センター穴付き Center eyed				

技術調査部

○ (3) エンドミル刃部の形状 Shape of end mills flute



○ (4) シャンクの種類 Kind of end mill shank

シャンクの種類	名称・特徴
	ストレートシャンク (プレーンシャンク) Straight shank (Plain shank) ・ 通常φ6～φ42で使用される。 ・ Shanks of φ6 to φ42 are usually used.
	フラット付きストレートシャンク (サイドロックシャンク) (ウエルドンシャンク) Straight shank with flat (side lock shank) (Weldon shank) ・ 米国普及品。 ・ φ20以上はダブルフラット付き ・ Popular in U.S.A. ・ Products of φ20 or larger have double flats.
	傾斜フラット付き ストレートシャンク Straight shank with sloped flat Straight shank ・ 軸方向調整機能付き ・ With axial adjusting function
	ねじ付きストレートシャンク Straight shank with screw ・ 欧州普及品 ・ Popular in Europe

シャンクの種類	名称・特徴
	コンビネーションシャンク (ダイナシャンク) Combination shank (Dyna shank) ・ 大径シャンク用。 ・ 国内ではφ50.8が普及。 ・ For shanks with a large diameter ・ A shank of φ50.8 is popular in Japan.
	引きねじ付きテーパシャンク Taper shank with drawing screw ・ モールステーパB&Sテーパがある ・ Available with Morse taper and B&S taper
	BT シャンク BT shank ・ マシニングセンタ用 ・ ATC 用 ・ For a machining center ・ For ATC
	7/24 テーパーシャンク (ナショナルテーパシャンク) 7/24 taper shank (National taper shank) ・ 機械直付け用 ・ Directly attached to a machine.

・フラット、外ねじの寸法はご指定のない場合は、当社規定によります。引きねじはミリ、インチをご指定ください。

Dimension of flat and outside screw, if not specified, should be in accordance with the stipulations. Please specify dimension of drawing screw in mm or inch.

Flute shape and cutting ability of end mills

エンドミルの刃形と切削性

① 外径 DC と刃長 ℓ

Mill diameter (DC) and flute length (ℓ)

切削工具の切削性は、シャープな切れ刃と刃部の剛性から得られますが、エンドミルではとくに剛性が重要な因子となります。剛性が低いと切削中にエンドミルがたわんで振動が生じます。その結果加工精度を悪くし、エンドミルの摩耗を早めますので、切削条件を最大限に生かせません。

エンドミルの剛性は、外径 DC と刃長 APMX で決まると考えてよく、たわみについては概略

Cutting ability of cutting tools depends on sharpness of cutting edges and stiffness of cutting part. Particularly, stiffness is a significant factor in using an end mill. Low stiffness may cause vibration during cutting work due to a deflected end mill, resulting in poor machining precision and early wear of end mills. Therefore, low stiffness will not allow cutting conditions to be exploited to the full stiffness of an end mill is determined by the mill diameter, DC, and the flute length, ℓ . Deflection is practically given by the following formula :

$$\delta = C \frac{APMX^3}{DC^4}$$

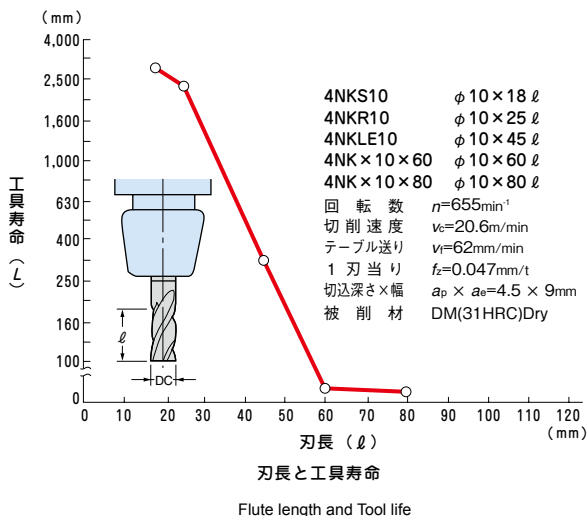
ただし、 δ : たわみ

C : 定数

where T is deflection and C is constant.

の関係があります。つまり計算上は刃長が 25%長くなるとたわみは2倍に大きくなり、外径が20%太くなると半分に減少します。また、工具寿命への影響も下図より明らかで、加工部位の形状によりますが、能率切削のためには、できるだけ剛性の大きい工具が推奨されます。ロングシャンクエンドミルは、ロング刃長のエンドミルよりも刃長をおさえ、剛性の大きいシャンク部を長くしてあり、深彫加工に適します。

In brief, deflection increases twice if the flute length increases by 25%, or it decreases one-half if the mill diameter increases by 20%. The following shows the effect of flute length on cutting life of tools, indicating that it is recommended to use a tool with as high stiffness as possible to obtain high efficiency cutting. The long shank type end mill has short flute length and long shank with high stiffness compared with the long flute length type, and is suited to deep contouring.



② ねじれ角について

Helix angle

通常、エンドミルのねじれ角は、右ねじれ 30° 前後で作られています。ねじれ角は次のような機能があります。

- ① 切削抵抗の断続的な変動を緩和し、振動をやわらげ工具寿命を延ばします。
- ② 被削材へのくい付きがよくなり、切削力が減少します。
- ③ 切りくずを軸方向に排出し、切削面への切りくずのかみ込みをなくします。

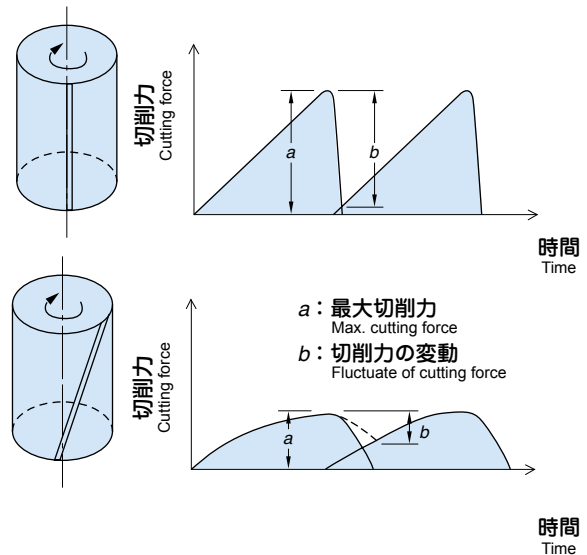
しかし、ねじれ角が大きい場合は、軸方向に切削力がかかるので工具の保持を強固にしなければなりません。また、工具剛性や主軸クリアランスの関係で切削面がわずかに傾くことに注意が必要です。

当社では、工具剛性を大きくできる場合に $45^\circ \sim 60^\circ$ ねじれを製品化しています。また、加工精度の厳しいキー溝用エンドミルは、 12° ねじれを採用しております。

End mills usually adopt right-hand helix angle of approximately 30° . Helix angle has the following effects :

- ① Helix angle relieves intermittent fluctuation of cutting resistance, lightens vibration, and prolongs cutting life of tools.
- ② Helix angle enables smooth bite into work material, and reduces necessary cutting force.
- ③ Helix angle allows chips to be discharged in axial direction, and becomes free from jamming of chips.

In the case of high helix angle, however, a tool must be held securely since cutting force is applied in the axial direction. Besides, care must be taken on the surface to be cut which is slightly inclined due to the relation between tool stiffness and clearance of main spindle. Manufactures end mills with high helix angle of 45° to 60° at which high stiffness of tool is secured. As for key-way end mills for which strict machining precision is required, 12° of helix angle is adopted.



How to determine cutting conditions of end mills

エンドミルの切削条件の求め方

○ (1) 切削速度 (vc) と回転数 (n)

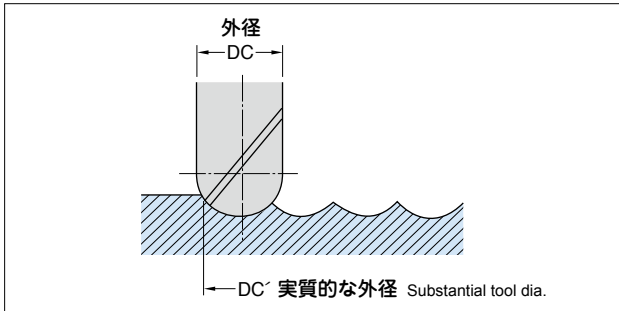
Cutting speed (vc) and revolution number (n)

回転数 (n) は、切削速度と使用する工具の外径から次式により計算します。ただし、ボールエンドミルでボール刃部分のみで切削する場合は、実質的な工具外径は切削部分の最大径となります。計算の際は DC を切削状況に合わせ、小さく設定してください。

The revolution number (n) is calculated by the following formula using cutting speed and flute length of the tool to be used. When cutting work is performed by using only a ball end cutting part of a ball end mill, however, select a tool with the substantial flute length equal to the maximum diameter of the portion to be cut. In calculation, set DC to a smaller value according to the cutting condition.

$$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times DC} \quad (\text{min}^{-1})$$

n : 回転数 min⁻¹
 Revolution, min⁻¹
 DC : 外径 mm
 Tool diameter, mm
 vc : 切削速度 m/min
 Cutting speed, m/min.
 π : 円周率 (3.14)
 Ratio of circumference of a circle to its diameter (3.14)



○ (2) 送り速度 (vf) と1刃当たり送り (fz)

Feed speed (vf) and feed per tooth (fz)

作業能率は、テーブルの送り速度 (vf) で決まりますが、切削条件は1刃当たり送り (fz) をさきに定めます。ほかの条件は工具の大きさ(外径と刃長)、刃数、被削材の被削性、加工精度、機械容量などを考慮して決定します。

Working efficiency is determined by the table speed (vf), but the feed per tooth should be fixed first of all in setting cutting conditions. Other conditions should be determined considering dimension of a tool (mill diameter and flute length), number of flutes, work ability of work material to be used, machining precision, and capacity of a machine to be used.

送り速度は、1刃当たり送りから次式で計算します。

$$v_f = f_z \times z \times n \quad (\text{mm/min})$$

vf : 送り速度 mm/min
 Feed speed, mm/min.
 fz : 1刃当たり送り mm/t
 Feed/tooth, mm/tooth
 z : 刃数
 Number of flutes
 n : 回転数 min⁻¹
 Revolution, min⁻¹

○ (3) 切込み (ap × ae) Depth of cut (ap × ae)

切り込み量は、取り代の大きさに決まります。加工目的に合わせて、推奨条件の切り込み量を参考にしてください。

Depth of cut (ap × ae) is basically determined by the size of machining allowance. Please refer each item recommend cutting condition to match cutting purpose.

○ (4) 切りくず排出量 (Q) Chip removal volume (Q)

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \quad (\text{cm}^3/\text{min})$$

Q : 切りくず排出量 cm³/min
 Chip removal volume
 ap : 切込み深さ mm
 Cutting depth
 ae : 切削幅 mm
 Cutting width
 vf : 1分間当りのテーブル送り速度 mm/min
 Feed rate per minute of table

○ (5) ボールエンドミルのピックフィードと理論カスプハイト表 (μm) Ball end mill pick feed and theoretical cusp height table (μm)

		ピックフィード量 : ae (mm) Pick Feed							
		0.05	0.075	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5
ボール半径 RE Ball Radius (mm)	0.5	0.63	1.41	2.51	5.66	10.10	23.03	41.74	66.99
	1.0	0.31	0.70	1.25	2.82	5.01	11.31	20.20	31.75
	2.0	0.16	0.35	0.63	1.41	2.50	5.63	10.03	15.69
	3.0	0.10	0.23	0.42	0.94	1.67	3.75	6.67	10.43
	4.0	0.08	0.18	0.31	0.70	1.25	2.81	5.00	7.82
	5.0	0.06	0.14	0.25	0.56	1.00	2.25	4.00	6.25
	6.0	0.05	0.12	0.21	0.47	0.83	1.88	3.33	5.21
	8.0	0.04	0.09	0.16	0.35	0.63	1.41	2.50	3.91
	10.0	0.03	0.07	0.13	0.28	0.50	1.13	2.00	3.13

ピックフィードとカスプハイト
 Pick Feed and Cusp Height
 $H = RE - \sqrt{RE^2 - a_e^2/4} \approx a_e^2/8RE$

Technical Data
 End Mills

Precautions in handling an end mill

エンドミル使用上のご注意

○ (1) 機械 Machine

- ・加工物の大きさに見合った機械を選んでください。加工精度と加工能率を得るのに必要な動力と機械剛性を有していることが重要です。
- ・使用するエンドミルに適する回転数や送り速度が選べることを確認してください。
- ・Select a machine consistent with the size of work piece to be used. It is important that the machine has enough power and mechanical stiffness to achieve necessary machining precision and machining efficiency.
- ・Check whether you can set the machine to the revolution number and feed speed suitable for the end mill to be used.

○ (2) ツーリング Tooling

- ・エンドミルホルダは、精度と把握力が十分なものを使用してください。とくに小径エンドミルでは振れが、大径やラフィング刃では把握力が大切です。
- ・加工物の固定を確実にしてください。強ねじれ刃を使用の場合や重切削の場合は、ワークのがたつきや工具の抜け出しにご注意ください。
- ・Use an end mill holder with sufficient precision and grasping force. In using an end mill with a small mill diameter, select an end mill holder mainly considering deflection. When using an end mill with a large mill diameter or a roughing type end mill, it is important for an end mill holder to have sufficient grasping force.
- ・Fix the work piece securely. When using an end mill with high helix angle or when performing heavy duty cutting, be careful about shaking of the work piece and slipping of the tool.

○ (3) エンドミルの選択 Selection of an end mill

- ・作業目的に合ったエンドミルをご使用ください。疑問のある場合は、当社へご相談ください。
- ・切削性本位には大径でショート刃形状とし、工具剛性の大きなものが推奨されますが、テーブルの送り速度は1刃当りの送りとの関係で外径15～25mm付近が最も大きくできます。取り代と併せてご検討ください。
- ・Be sure to use an end mill matching the working purpose. If you have any question, please make contact with us.
- ・It is recommended to use a short flute length type end mill with a large mill diameter and tool stiffness, when you consider cutting ability first. To obtain the maximum feed speed of the table, use an end mill with approximately 15 to 25 mm of mill diameter, because the feed speed is dependent on the feed per tooth. Carry out a detailed study in selecting an end mill in addition to allowance.

○ (4) 作業 Work

- ・切削条件は加工物や作業条件で激しく変化しますが、標準条件表を参考にして、適宜増減してください。
- ・ホルダやエンドミルのオーバハングは可能な限り短かくしてご使用ください。ドゥエリング（静止位置回転）は逃げ面摩耗を早めますのでなるべくお避けください。
- ・できるだけ切削油をご使用ください。切削箇所へ十分な量を供給してください。また、切込みの大きい場合は切りくず排除の目的で高圧で切削油、ミスまたはエアを供給することをお勧めします。
- ・エンドミルの再研削は下表を参考にして、早や目に行ってください。摩耗幅が限度を超えると急速に摩耗が進行し、再生できないことがあります。
- ・超硬エンドミルの場合は、ハイスエンドミルの50%～60%を目安にしてください。一般に未使用品に比べ再研削に時間を要します。過大摩耗はチップングの原因にもなりますのでご注意ください。
- ・Cutting conditions vary with the kind of work piece and change of working conditions. Refer to the table of standard conditions to select proper conditions.
- ・The overhang of the holder or the end mill should be as short as possible.
- ・Avoid dwelling because it may hasten wear of flanks.
- ・It is better to use cutting fluid, if possible.
- ・Apply a sufficient amount of cutting fluid to the place to be cut. In the case of large depth of cut, it is recommended to supply cutting fluid, mist, or air to the place at high pressure during cutting in order to discharge chips.
- ・Perform re-grinding of a worn-out end mill as early as possible after referring to the following table. There may be cases where, if depth of wear exceeds the limit, wear may proceed so rapidly that re-grinding may become impossible for re-utilization.
- ・As for carbide end mills, re-grind them when the depth of wear reaches 50% to 60% of the limit value of high speed steel end mills. Generally, it takes more time to re-grind the worn end mill than an unused one. Be careful of excessive abrasion because it may cause chipping.

表3 逃げ面摩耗幅による再研削時期の判定 Judgment of re-grinding time based on depth of wear on a flank 単位mm

		仕上げ用 Finishing	荒加工用 Roughing	ラフィング刃 Roughing flute
ハイス High speed steel	外径10以下 Tool Dia. under 10	0.1 ~ 0.15	0.15 ~ 0.2	—
	外径10～30 Tool Dia. 10~30	0.15 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5
	外径30以上 Tool Dia. over 30	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7

○ 標準切削条件の選定 Selection of standard cutting conditions

新しい作業の立上げの目安としてご利用ください。最適切削条件は上述のご注意のほか、種々の要因があります。Use them as a guide in starting a new work. To select the optimum cutting conditions, take various factors into consideration in addition to the cautions described above :

- ・被削材が硬目の場合や切込みが大きい場合やロング刃長を使用の場合は、回転数を低めに設定してください。
- ・寸法精度や仕上げ面粗さが重要な場合や機械出力の小さい場合は、送り速度を低くしてください。
- ・精度重視の作業には、一般に多刃エンドミルが適当です。
- ・When using hard work material, in the case of large depth of cut, or when using an end mill with long flute length, set the revolution number to the lower value.
- ・If high dimensional precision or excellent roughness of finished surface is significantly required, or when output of a machine to be used is low, set the feed speed to the lower value.
- ・Multi-flute end mills are generally suitable for cutting works requiring high precision.

エンドミル加工のトラブルと原因対策

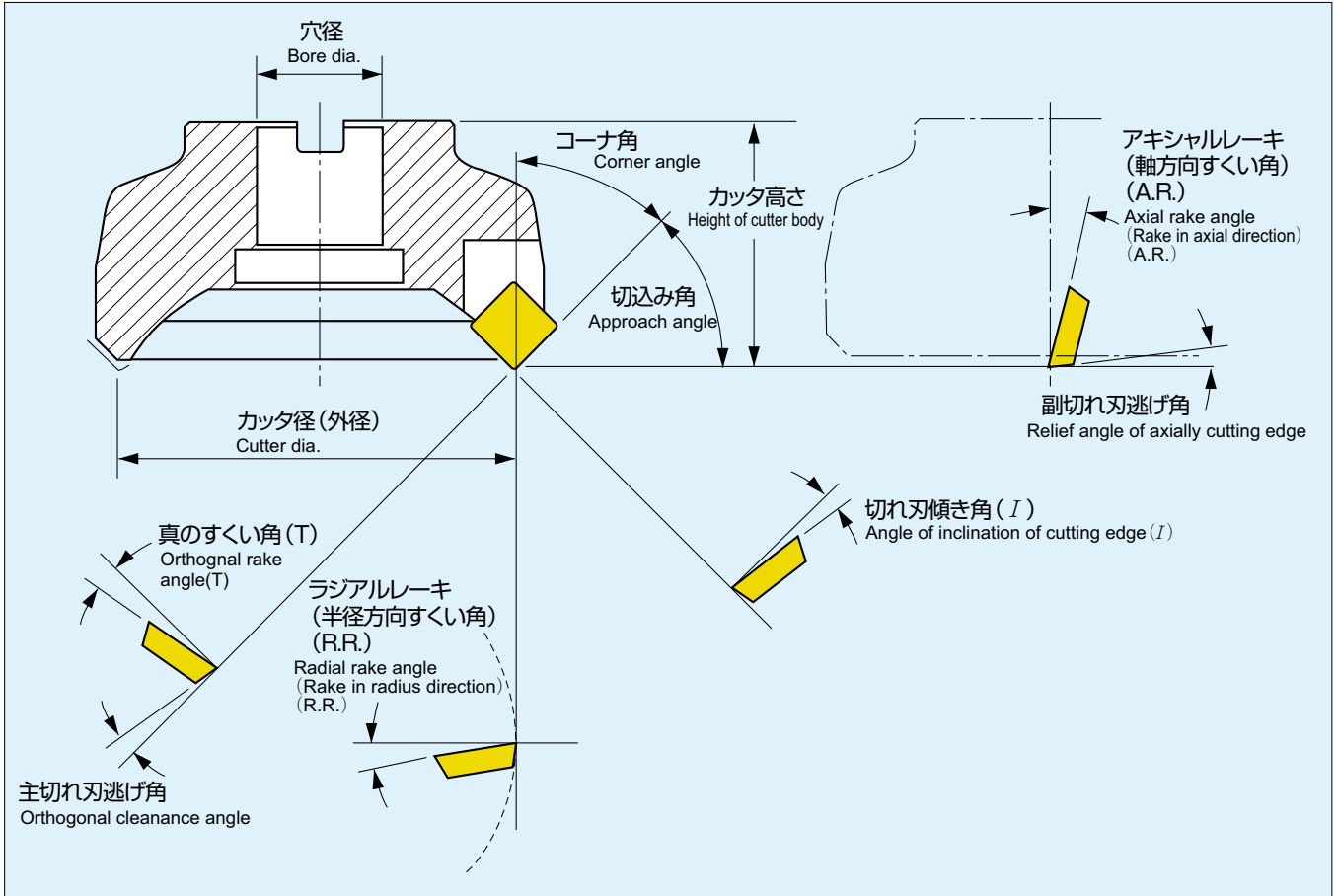
トラブル現象	原因	対策
切削中のびびり	<ul style="list-style-type: none"> ・外周逃げ角、すくい角が大きく、切れ刃角が小さい。 ・ワークの取付けがよくない。 ・機械、チャックの剛性不足。 ・切削速度、送り速度が速い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・逃げ角、すくい角を適正にする。 ・ワークを強固にとりつける。 ・機械、チャックの交換。 ・切削条件を変更する。
切削中の折損	<ul style="list-style-type: none"> ・エンドミルの腰が弱い。 ・送り速度が速い。 ・切込みが大きい。 ・突き出し長が長い。 ・切れ刃が摩耗している。 ・必要以上に刃長が長い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・剛性設計の工具を使用する。 ・送り速度を遅くする。 ・切込みを少なくする。 ・突き出し長さを短くする。 ・早期に再研削する。 ・短い刃長のものにとりかえる。
切削中の刃かけ	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークの固定が弱い。 ・送り速度が速い。 ・刃先角が小さい。 ・チャックの締付け不足。 ・切込みが大きい。 ・機械の剛性不足。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークを強固に固定する。 ・送り速度を下げる。 ・角度を適正に研削する。 ・工具のチャッキングを確実にする。 ・切込みを少なくする。 ・機械を変更にする。
摩耗、焼けが著しい	<ul style="list-style-type: none"> ・切削速度が速い。 ・外周逃げ角が小さい。 ・被削材硬さが高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・切削速度を遅くする。 ・適正逃げ角に修正する。 ・工具に表面処理を行う。
切れ味が悪い	<ul style="list-style-type: none"> ・切れ刃の摩耗が大きい。 ・被削材と工具の不適合。 ・すくい角が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・再研削を行う。 ・専用工具を使用する。 ・適正すくい角に修正する。
切れくずづまり	<ul style="list-style-type: none"> ・切削量が大きすぎる。 ・チップポケットが小さい。 ・切削油が少ない。 ・チップポケットの形状が悪い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・送り速度、切込み量を調整する。 ・刃数の少ないエンドミルを使う。 ・切削油を多量にかける。 ・適正形状に修正する。
仕上面のかえり	<ul style="list-style-type: none"> ・外周逃げ面摩耗が大きい。 ・切削条件の選定ミス。 ・外周逃げ角、すくい角が不適合。 	<ul style="list-style-type: none"> ・早期に再研削する。 ・切削条件を見直す。 ・適正な角度に修正する。
仕上面粗さが悪い	<ul style="list-style-type: none"> ・送り速度が速い。 ・切削速度が遅い。 ・切れ刃の摩耗が大きい。 ・切りくずのかみ込み。 ・エンド刃の中低勾配が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・送り速度を下げる。 ・回転を上げる。 ・再研削する。 ・切込みを小さくする。 ・中低勾配を大きくする。
切削溝のたおれ	<ul style="list-style-type: none"> ・送り速度が速い。 ・ねじれ角が大きい。 ・オーバハングが長い。 ・切込みが大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・送り速度を下げる。 ・ねじれ角の弱いものを使用する。 ・突き出し長さを短くする。 ・切込みを小さくする。
寸法精度が悪い	<ul style="list-style-type: none"> ・機械、チャックの精度不良。 ・刃長が長い。 ・機械、チャックの剛性不足。 	<ul style="list-style-type: none"> ・機械、チャックを修理する。 ・適正刃長のものを使用する。 ・機械、チャック変更する。

エンドミル加工のトラブルと原因対策

Symptoms of troubles	Probable causes	Remedies
Chatter during cutting	<ul style="list-style-type: none"> · Low-angled cutting edge due to too high peripheral flank angle and rake angle · The work piece is not attached securely. · Insufficient stiffness of machine and chuck. · Too high cutting speed and feed speed. 	<ul style="list-style-type: none"> · Mend the flank angle and rake angle properly. · Fix the work piece firmly. · Replace the machine and chuck with proper ones. · Change cutting conditions.
Breakage during cutting	<ul style="list-style-type: none"> · The end mill lacks firmness. · Too high feed speed. · Too large depth of cut. · Excessively long protrusion. · Worn-out cutting edge. · The flute is longer than it need to be. 	<ul style="list-style-type: none"> · Use a tool designed to have high stiffness. · Decrease the feed rate. · Make small depth of cut. · Shorten the protrusion length. · Perform re-grinding in early stage of wear. · Replace the end mill with a new one having shorter flute length.
Broken cutting edge during cutting	<ul style="list-style-type: none"> · The work piece is not fixed firmly. · Too high feed speed. · Low-angled cutting edge. · Lack in tightening of chuck. · Too large depth of cut. · Insufficient stiffness of machine. 	<ul style="list-style-type: none"> · Fix a work piece firmly. · Decrease the feed rate. · Grind the angle properly. · Perform chucking of a tool reliably. · Make small depth of cut. · Replace the machine with a proper one.
Serious wear and burning	<ul style="list-style-type: none"> · Too high cutting speed. · Excessively small peripheral flank angle. · Hardness of the work material is too high. 	<ul style="list-style-type: none"> · Slow down the revolution number. · Modify the flank angle properly. · Apply surface treatment to a tool to be used.
Poor cutting quality	<ul style="list-style-type: none"> · Excessively worn-out cutting edge. · A tool to be used is not suited to the work material. · Too small rake angle. 	<ul style="list-style-type: none"> · Perform re-grinding. · Use a tool specially designed for the work. · Modify the rake angle properly.
Chip clogging	<ul style="list-style-type: none"> · Too large amount of chips are produced. · Small chip pocket. · Insufficient application of cutting fluid. · Improper shape of chip pocket. 	<ul style="list-style-type: none"> · Adjust the feed speed and depth of cut. · Use an end mill having less number of flutes. · Apply a large amount of cutting fluid to work material. · Modify the chip pocket to have a proper shape.
Burr on the finished surface	<ul style="list-style-type: none"> · Seriously worn-out peripheral flank. · Mistake in selection of cutting conditions. · Improper peripheral flank angle and rake angle. 	<ul style="list-style-type: none"> · Perform re-grinding in early stage of wear. · Re-examine cutting conditions. · Modify the angle properly.
Insufficient roughness of finished surface	<ul style="list-style-type: none"> · Too high feed speed. · Too slow cutting speed. · Excessively worn-out cutting edge. · Chips bite the work material. · Too small medium to low gradient of end cutting edges. 	<ul style="list-style-type: none"> · Decrease the feed rate. · Increase the revolution number. · Perform re-grinding. · Make small depth of cut. · Make the medium to low gradient greater.
Inclination of slot	<ul style="list-style-type: none"> · Too high feed speed. · Too large helix angle. · Too long overhang. · Too large depth of cut. 	<ul style="list-style-type: none"> · Decrease the feed rate. · Use an end mill with smaller helix angle. · Shorten the protrusion length. · Make small depth of cut.
Poor dimensional precision	<ul style="list-style-type: none"> · Insufficient precision of machine and chuck. · Too long flute length. · Insufficient stiffness of machine and chuck. 	<ul style="list-style-type: none"> · Repair the machine and chuck. · Use an end mill with proper flute length. · Change the machine and chuck.

フライス工具の各部の名称と刃先角度の役割

○ フライス工具各部の名称 Name of parts of milling tool body



○ 真のすくい角と切削性能 Relation between Orthogonal Rake and Performance

真のすくい角 True rake	切れ味 Sharpness	切削動力 Cutting power	刃先強度 Toughness of cutting edge	発熱 Heating	切りくず排出性 Chips ejectability	耐溶着性 Welding resistance
正 (大) Positive (large)	良い Good	小さい Small	弱い Weark	少ない Low	悪い。カッタ内にまき込む傾向ある Bad. May be caught by cutter.	良い Good
↑ ↓ 負 (小) Negative (small)	悪い Bad	大きい Large	強い Strong	多い High	良い。カッタの外側に出る Good. Ejected outside the cutter.	悪い Bad

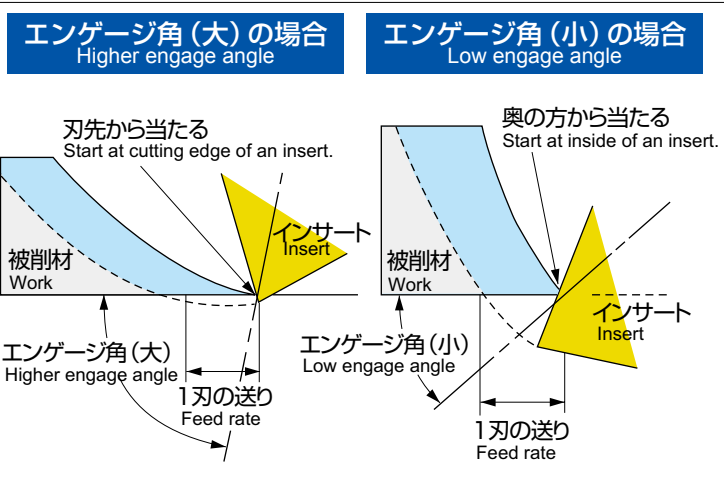
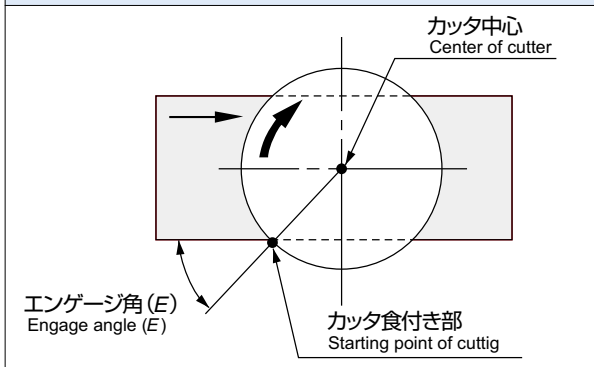
真のすくい角はカッタにセットするインサートの逃げ角によってほぼ決まり、インサートの逃げ角が強い程、真のすくい角も強くなるように設定されています。

Effective rake angle is generally designed according to clearance of inserts used. The larger the clearance of an inserts is, the larger effective rake angle may be designed.

フライス工具の各部の名称と刃先角度の役割

◎ カッタ径とエンゲージ角 Cutter dia. and engage angle

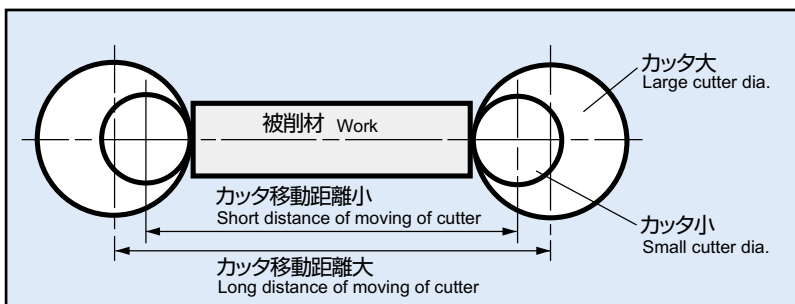
エンゲージ角が大きいと被削材食付時にインサートの刃先より当たるため寿命が短くなります。
Lower engage angle shows short tool life, because engagement starts from cutting edge of inserts in milling operation.



*カッタ径は被削材の幅より 30 ~ 50%位大きめの径を使用した方がよい結果が得られます。

Cutter bodies are recommend with diameter 30-50% bigger than width of work pieces.

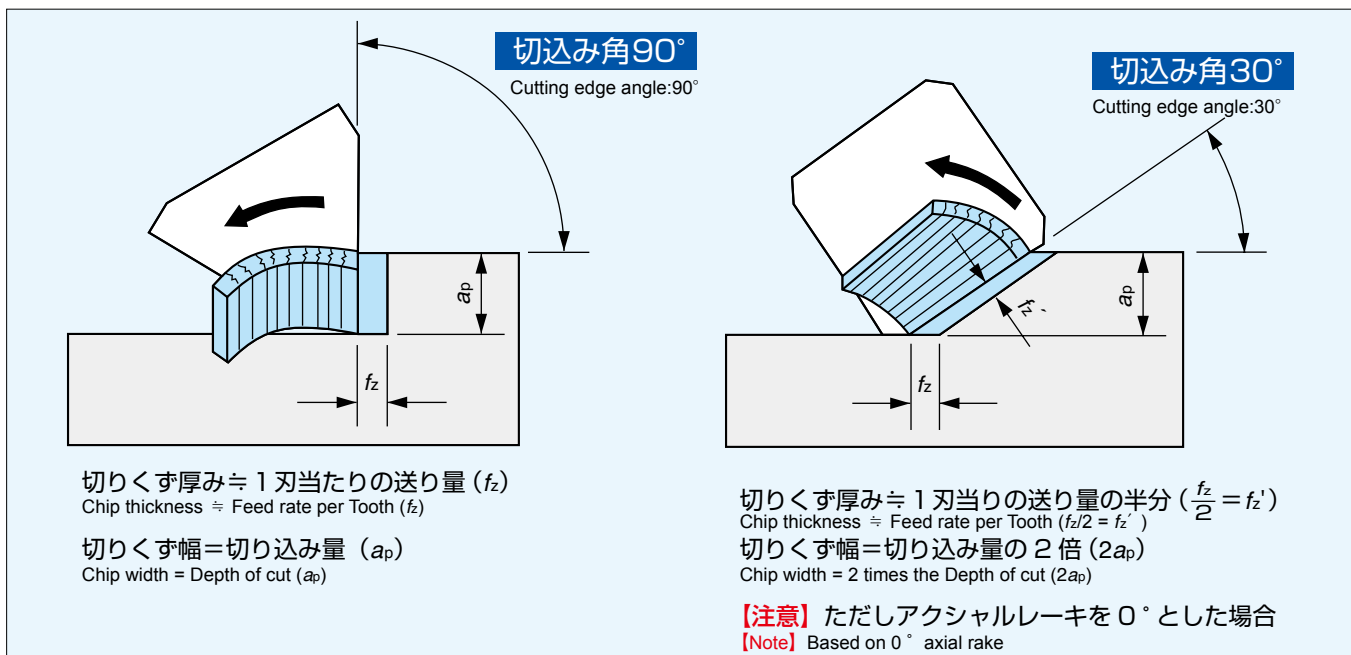
	(小) Small	エンゲージ角 (E) Engage angle (E)	(大)* Large
	良 Long	寿命 Tool life	悪 Short
カッタ径とエンゲージ角 Cutter diameter and engage angle	カッタ径大 Large cutter dia. 		カッタ径小 Small cutter dia.
カッタ位置とエンゲージ角 Cutter position and engage angle			



カッタ径が大きすぎるとカッタが被削材に食付いて抜けるまでの距離が長くなり能率が低下します。

Cutter with too large diameter shows lower machining efficiency, because talking cutter path longer.

○ 切込み角と切削性能 Relation ship between cutting edge angle and Performance.



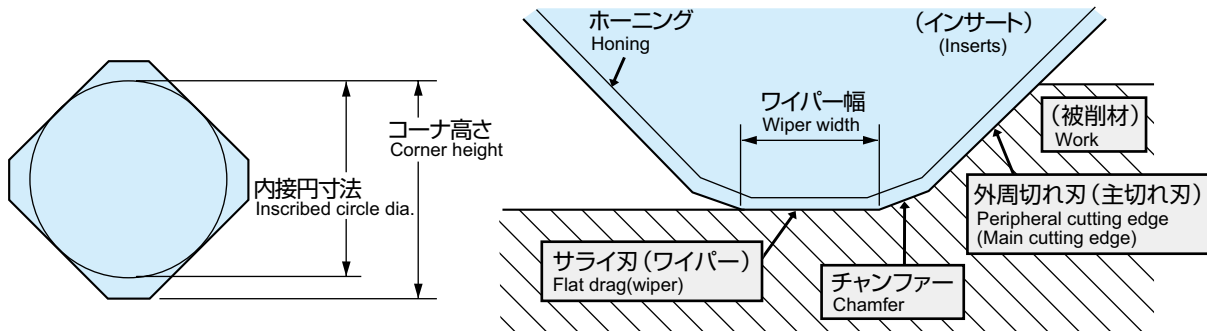
○ 切込み角と切削性能の変化 Relation ship between cutting edge angle and performance.

切削性能要素 Cutting performance factor	切り込み角 Cutting edge angle						
	大 Large	90°	75°	65°	45°	30°	小 Small
切りくず形状 Chips shape	厚くて幅が狭い Thick and narrow		←————→			薄くて幅が広い Thin and broad	
* 切りくず厚み比較 Comparison of chips thickness	1	0.97	0.91	0.71	0.5		
切削動力 Cutting power	少ない Small	(ワークに接触する切れ刃長さによる) Depends on the cutting edge length that contacts.			大きい Large		
インサート摩擦度 Inserts abrasion	多い High	(切れ刃単位長さにかかる切りくず厚さによる) Depends on chips thickness per unit length of cutting edge.			少ない Low		
びびり Vibration	出にくい Not likely	(切れ刃長さによる食い付きの差) Depends on bite per unit length of cutting edge.			出やすい Likely		
有効切り込み深さ Effective depth of cut	大きい Large	(インサートの倒れの差) Inserts falling difference			小さい Small		
振動 Vibration	出やすい Likely	(スピンドルに対して横からかかる負荷の差) Difference in the load that is applied transversely against the spindle.			出にくい Not likely		
ワークを下に押し付ける力 Work pressurizing force	小さい Small	(薄板では切込み角小さいとワークがピピル) For thin plate, small cut-in angle causes work to chatter.			大きい Large		
切りくずの流れ Chips flow	良くない No good	(横に巻込む) Caught horizontally		(上に出る) Ejected upward.		良い good	

* 切込み角90°の時の切りくず厚みを 1 とした場合、同じ送りでの切りくず厚み比較。
* Comparison of chip thickness in various angles at a fixed feed rate (if 90° = 1 thick)

Technical Data
Indexable Tools

フライス用インサート各部の名称と役割



○ サライ刃の役割 Role of flat drag

サライ刃は仕上専用刃です。The flat drag is a dedicated finishing cutter.

	<p>コーナ R のインサートでは、送りマークがノココ状に付きませんが、ワイパー付きインサートでは平らな面が生成できます。 If cut with a corner R insert, cut surface is marked in wave form. But with a insert with a wiper, finish surface is flat.</p>
	<p>サライ刃の幅 (w) はカッタ 1 回転当たりの送り量以上の幅にします。例えば、 刃数6枚、一刃当たりの送りを f_z とすると $w \geq f_z \times 6$ となります。 これはインサートやカッタの精度によりセットされたインサートに多少高さのバラツキが生じて最も突き出したインサートのサライ刃のみで、回転当たりの平面を出せるようにするためです。 通常サライ刃の幅は 1.2 ~ 2.0 mm にします。 Set the width of flat drag (w) to the same or more size of feeding amount per rotation of the cutter. e.g. If a feed per cutter of 6 flutes is f_z, the proper width can be calculated as : $w \geq f_z \times 6$ Even if the height of several inserts, each of which was reset according to the insert or cutter accuracy, differ from each other, a flat drag of the highest insert can produce a flat finish surface. Generally set the width of a flat drag to 1.2 to 2.0 mm.</p>

○ チャンファーの役割 Role of chamfer

チャンファーは、インサートの欠け防止と仕上げ面向上の効果がありません。
Chamfering is made to protect the surface from chipping and also to finish the surface well.

	<p>外周切れ刃とサライ刃の間にチャンファーと呼ばれる副切れ刃を付けます。 ストレートタイプで幅 0.5 ~ 1.0mm 付けます。 Rタイプは R0.8 ~ R1.2 にします。 Set an auxiliary cutting edge called chamfer between peripheral cutting edge and flat drag. Set 0.5 to 1.0mm width for straight type. Set R 0.8 to R 1.2 for R type.</p>
<p>チャンファー無し (ピンカド) Without chamfer (Pin corner)</p> <p>ストレートチャンファー Straight chamfer</p> <p>R チャンファー R Chamfer</p>	<p>弱 ← 刃先強度 (Nose strength) → 強</p> <p>悪 ← 仕上げ面 (Finish surface) → 良</p>

○ ホーニングの役割 Role of honing

ホーニングは刃先の強度をアップさせます。
By honing, strenght of cutting edge is increased.

	<p>刃先ホーニングにはチャンファーホーニングと丸ホーニングがありますが、フライス用インサートではチャンファーホーニングが主流です。 ホーニング角は15~25°、ホーニング幅は1刃送りの約半分です。0.1mm~0.2mmですが、仕上げ刃となるサライ刃は0.03~0.01mmにします。 なお、アルミニウムや鋳鉄等溶着しやすい被削材向けには通常ホーニングは付けません。 Nose honing can be divided into chamfer honing and round honing. For milling insert, chamfer honing is mainly used. A proper honing angle is 15 to 25° honing width is 0.1 to 0.2mm that is almost one half of feed per 1 cutting. In case of flat drag, which is for finish cutting, set its honing angle to 0.03 to 0.1mm. No honing angle is required for cutter that is used for cutting any material that is easily welding, like aluminium or cast iron.</p>
<p>チャンファーホーニング Chamfer honing</p> <p>丸ホーニング Round honing</p>	

○ コーナ高さとしりあげ面 The corner height

内接円よりコーナ高さ (B) はインサートをカッタボディにセットした時の刃先高さとなります。
(B) from the inscribed circle is the height of nose when the insert is set to the cutter body.

	<p>インサートをカッタボディにセットした時の刃先高さの高低差(正面のフレ)は通常0.02mm~0.03mmとなります。 The difference of nose height (front run-out) likely to occur when setting the insert to the cutter body is 0.02 to 0.03mm.</p>
<p>正常な場合のサライ刃の摩耗 Abrasion in flat drag in normal cutting.</p> <p>インサートセット不備の場合のサライ刃異常摩耗 Abnormal abrasion in flat drag when insert setting is not proper.</p>	<p>◎ 被削材仕上面に接しているインサートが、傾いていると仕上面は悪くなります。インサートセット時、エア等でごみ等入らないようにセットする必要があります。 If the insert contacting the finish surface of a work is inclined, the finishing is not done well. Carefully set the insert allowing no dust to enter by the air blow or other.</p>

フライス加工切削条件の選び方

● 切削速度 (vc) Cutting Speed

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ (m/min)}$$

回転数 (n) Revolution

$$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times DC} \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

vc : 切削速度 m/min Cutting speed

DC: 外径 mm Cutter diameter

n : 回転数 min⁻¹ Revolution

π : 円周率 3.14 Circle ratio

● 送り速度 (vf) Feed rate

$$v_f = f_z \times z \times n \text{ (mm/min)}$$

1 刃当りの送り (fz) Feed rate per tooth

$$f_z = \frac{v_f}{z \times n} \text{ (mm/t)}$$

vf : 送り速度 mm/min Feed rate

z : 刃数 Number of flutes

n : 回転数 min⁻¹ Revolution

fz : 1 刃当りの送り mm/t Feed per tooth

● 加工時間 (Tc)

$$T_c = \frac{L}{v_f} \text{ (min)}$$

Tc : 加工時間 min Cutting time

vf : 1 分間当りのテーブル送り速度 mm/min
Feed rate per minute of table

L : テーブル総送り長さ (被削材長さ + フライス直径) mm
Overall table feed length (workpiece length + grinder dia.)

● 切りくず排出量 (Q)

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \text{ (cm}^3\text{/min)}$$

Q : 切りくず排出量 cm³/min
Chip removal volume

ap : 切込み深さ mm
Cutting depth

ae : 切削幅 mm
Cutting width

vf : 1 分間当りのテーブル送り速度 mm/min
Feed rate per minute of table

● 切削動力 (Pc) Cutting power

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \eta} \text{ (kW)}$$

Pc : 切削動力 kW
Cutting power (horsepower)

ap : 切込み深さ mm
Cutting depth

ae : 切削幅 mm
Cutting width

vf : 送り速度 mm/min
Feed rate

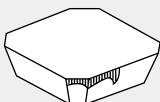
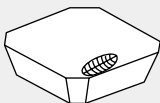
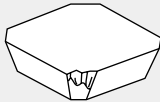
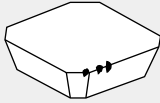
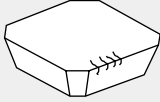
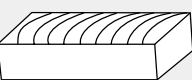
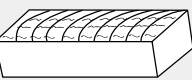
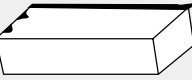
η : 機械効率 (0.6 ~ 0.8)
Mechanical efficiency

kc : 比切削抵抗 N/mm² (下の表参照)
Relative cutting resistance (Refer to the table below)

● kc (比切削抵抗) Specific cutting resistance

被削材材質 Work Materials	引張り強さ (N/mm ²) および硬さ Tensile strength (N/mm ²) or hardness	1 刃当りの送りに対する比切削抵抗 (N/mm ²) kc				
		0.1mm/t	0.2mm/t	0.3mm/t	0.4mm/t	0.6mm/t
軟鋼 Mild Steels	520	2200	1950	1820	1700	1580
中鋼 Medium Steels	620	1980	1800	1730	1600	1570
硬鋼 Hard Steels	720	2520	2200	2040	1850	1740
工具鋼 Tool Steels	670	1980	1800	1730	1700	1600
	770	2030	1800	1750	1700	1580
クロムマンガン鋼 Chrome manganese Steels	770	2300	2000	1880	1750	1660
	630	2750	2300	2060	1800	1780
クロムモリブデン鋼 Chrome molybdenum Steels	730	2540	2250	2140	2000	1800
	600	2180	2000	1860	1800	1670
ニッケルクロムモリブデン鋼 Nickel chrome molybdenum Steels	940	2000	1800	1680	1600	1500
	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
鋳鋼 Cast Steels	520	2800	2500	2320	2200	2040
硬質鋳鉄 Hard Cast Steels	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
ミーハナイト鋳鉄 Meehanite Cast Steels	360	2180	2000	1750	1600	1470
ネズミ鋳鉄 Gray Cast Steels	200HB	1750	1400	1240	1050	970
黄銅 Brass	500	1150	950	800	700	630
軽合金 (Al-Mg) Light Alloy (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
軽合金 (Al-Si) Light Alloy (Al-Si)	200	700	600	490	450	390

フライス加工におけるトラブルと原因対策

(対策) (Countermeasure)	インサート材種 Insert Grade				工具形状 Tool Shape						切削条件 Cutting Condition						
	靱性の高い材種 Use Tough Grade	耐摩耗性の高い材種 Use Abrasion Resistant Grade	サメツトに Use Cermet Material	コーティングにする Use coated Grade	ホーニング量を変える Change The Honing Amount	すくい角を変える Change Rake	逃げ角を変える Change Relief Angle	インサートを厚くする Make Insert Thicker	コーナ角を大きくする Increase Corner R	インサートを精密級にする Use Precision Class Inserts	刃数を変える Use Inserts of Different Flute Number	サライ刃を付ける Attach Flat Drag	切削速度を変える Change Cutting Speed	送り量を変える Change The Feed Rate	切込み量を変える Change Cut-In Amount	切削油をかける Splash Cutting Fluid	エンゲージ角を小さくする Reduce The Engage Angle
○: 効果大 Very Effective ●: 効果あり Effective ▼: 逆効果 Not Effective ↑: 増やす、大きくする Increase, Make it Large ↓: 減らす、小さくする Reduce, Make it Small	トラブル項目 Troubles																
 逃げ面摩耗 (フランク) Abraded Relief Surface (Flank)	○			○	●	●						●					
 すくい面摩耗 (クレータ) Abraded Rake Surface (Crater)	●	●	●	●	●	●						●	●				
 衝撃性 チッピング Shock Chipping	○				○	●	●	●	●				●				●
 溶着性 チッピング Welding Chipping	●	●	○	○	●	●						○				○	
 熱亀裂 Thermal Crack	●											●				▼	
 仕上面 Finish Surface			○		●	●	●			○		○	●	●	●	○	
 びびり Chattering Vibration					●	●	●				●	●	●	●	●		
 コバ欠け・バリ Edge Chipping, Burr					●	●	●	●	●		●		●	●			●

フライス用SD,SE,TE形標準インサートの各社形番対照表

当社標準在庫形番変更にもない各社相当形番の対照を示します。

The table indicates various model numbers of other comparison to the model numbers of standard stock items.

当社形番 (商品コード) Item code	精度 Tolerance class	用途 Application	各社相当形番				
			三菱マテリアル Mitsubishi Material	タンガロイ Tungaloy	住友電工ハードメタル Sumitomo Electric Hard metal	京セラ Kyocera	セコツール Seco Tool
SDE42TN-C9	E	鋼用 Steel	SDEN1203AEN	SDEN42ZTN			
SDE42TN-C9A6				SDEN42ZTN20	SDEX42MT		
SDE42TN-G9Y							
SDE42TN-G9C3				(SDEN42ZTNCR)			
SDK42TN-C9	K	鋼用 Steel	SDKN1203AEN	SDKN42ZTN	SDKN42MT	SDKN1203AUTN	
SDK42TN-C9A2							
SDK42TN-B9							
SDK42FN-C9		鑄鉄 Cast iron		SDKN42ZFN	SDKN42M	SDKN1203AUFN	
SDC53TN-C9	C						
SDC53TN-B9							
SDE53TN-C9	E	鋼用 Steel		SDEN53ZTN	SDEX53MT		
SDK53TN-C9	K	鋼用 Steel	SDKN1504AEN	SDKN53ZTN	SDKN53MT	SDKN1504AUTN	
SDK53TN-B9							
SDK53FN-C9			鑄鉄 Cast iron		SDKN53ZFN	SDKN53M	
SEE42TN-C9	E	鋼用 Steel	SEEN42AFTN1				
SEE42TN-C9Y							
SEE42TN-G9							
SEE42TN-G9Y							
SEE42TN-G9A2				(SEEN42AFTN24)			
SEE42TN-G9C3							
SEE42FN-C9		鑄鉄 Cast iron	SEE42AFEN1				
SEK42TN-C9	K	鋼用 Steel	SEKN42FTN1	SEKN42FTN	SEKN42MT	SEKN1203AFTN	SEKN1203AFTN
SEK42FN-C9		鑄鉄 Cast iron	SEKN42AFEN1	SEKN42AFFN	SEKN42M	SEKN1203AFFN	SEKN1203AFN
SEE53TN-C9	E	鋼用 Steel	SEEN53AFTN1				
SEE53TN-C9Y							
SEE53TN-G9Y							
SEE53FN-C9			鑄鉄 Cast iron	SEEN53AFEN1			
SEK53TN-C9	K	鋼用 Steel	SEKN53AFTN1		SEKN53MT		SEKN1504AFTN
SEK53FN-C9		鑄鉄 Cast iron	SEKN53AFEN1		SEKN53M		SEKN1504AFN
SEE42TR-G3	E	鋼用 Steel	SEEN42EFTR1	SEEN42EFTRCR			
SEE42FR-G3		鑄鉄 Cast iron	SEEN42EFER1				
SEK42TR-G3	K	鋼用 Steel	SEKN42EFTR1	(SEKN42EFTR)		(SEK42EF3R)	
TEE32TR-G0	E	鋼用 Steel	TEEN32PETR1	TEEN32ZTR			
TEK32TR-G0	K	鋼用 Steel				TEK32PT3R	
TEK32FR-G0		鑄鉄 Cast iron					(TEK32PT3R)
TEE43TR-G0E	E	鋼用 Steel	TEEN43PETR1	TEEN43ZTR	TEEN43TR	TEE43PT4R	
TEE43TR-G0EY							
TEE43FR-G0E			鑄鉄 Cast iron	TEEN43PEER1	(TEEN43ZFR)	(TEEN43R)	
TEK43TR-G0E	K	鋼用 Steel	TEKN43PETR1		TEKN43TR	TEK43PT4R	
TEK43FR-G0E		鑄鉄 Cast iron	TEKN43PEER1		(TEKN43R)	(TEK43PT4R)	

・上表中、()で示した形番は同一品ではありませんが、類似形状品のため参考としました。
 ・本表は、各社の承認を得たものではありません。
 ・The numbers in bracket () are not exactly the same model, but similar to the respective model and shown as reference.
 ・This table is not an official comparison table approved by each maker.

フライス加工の各社材種対応表

○ フライス コーティング材種 Coated materials for milling

用途 Application	使用分類 Use classification	グレード Grade	当 社	三菱 マテリアル Mitsubishi Materials	タンガロイ Tungaloy	住友電工 ハードメタル Sumitomo Electric Hard metal	サンドビック Sandvik	京セラ Kyocera	ダイジェット Dijet	ケナメタル Kennametal	セコツール Seco Tools	
フ ラ イ ス Milling	P	P01	ATH80D ATH08M TH308 PN208 JP4105	MP8010 MP6120 VP15TF	AH710 AH725 AH730	ACP100 ACP200 ACP300	GC1010 GC1130 GC1030	PR1525 PR1225 PR1230 PR830	JC8003 JC730U JC8015 JC5015	KC715M KC725M KC792M KC994M	MP1500 MP2500 MP3000 T250M T15M T20M T25M F20M F25M F40M	
		P10	PCA12M PN15M PN215 JP4115	MP6130 UP20M VP20RT	AH3035 AH3135 AH110		GC2030 GC2040 GC3040		JC5118 JC6235 JC5040 JC8050			
		P20	CY150 CY9020 JP4120	VP30RT F7010 FH7020	AH120 AH130 AH140		GC4220 GC4230 GC4240					
		P30	HC844 CY25 CY250 CY250V JS4045	F7030	AH9030 GH130 AH330 GH330							
		P40	PTH30E PTH40H JS4060 GX2140		T3130 T313W							
	M	M01	PN08M PN208	VP15TF	AH120	ACM100	GC1130	PR1525	JC730U	KC730M	MP2500	
		M10	PN15M PN215	MP9130	AH130	ACM200	GC1030	PR1535	JC835S	KC725M	T250M	
		M20	JP4120	MP9030	AH140	ACM300	GC2030	PR1225	JC8015	KC994M	T20M	
		M30	HC844 CY250 JS4045	UP20M VP20RT MP7140	AH725 AH730 GH110	T250A T4500A A30N	GC2040 GC1040 GC4230 GC4240	PR830 CA6535	JC5015 JC5118 JC8050		T25M F30M F40M	
		M40	PTH30E PTH40H JM4160 GX2160 AX2040	F7010 F7030	AH330 GH330 GH340							
	K	K01	ATH80D ATH08M TH308	MP8010 VP15TF	GH110 AH110	ACK200 ACK300	GC1010 GC1020 GC3330	PR1510 PR1210 CA420M	JC8003 JC605W JC600 JC608X	KC915M KC920M KC925M KC992M KC930M	MK1500 MK2000 MK3000 T150M T250M F15M MP1500	
		K10	ATH10E TH315 CY100H	VP20RT MC5020	AH725 AH120 GH130		GC3040 GC3220 GC4220 GC4230 GC4240		JC608X JC6610 JC8015 JC5015 JC6235 JC5080			
		K20	CY9020 CY150 PTH13S JP4120 GX2120		AH330 T1115		K15W K20D K20W					
		K30	CY250 JS4045 GX2040									
	N	N01	PN08M PN208	LC15TF	DS1100 DS1200	DL1000 DA1000	GC1130 GC1030 CD10	PDL025 KPD001 KPD010 KPD230 KPD250	JDA30 JDA735 JDA10 JDA715			
		N10	CY100H PTH13S SD5010 HD7010									
		N20										
		N30										
	S	S01	PN08M PN208	MP9120		ACM100	GC1130	PR1535	JC8003			
		S10	JP4120 JS1025	VP15TF MP9130		ACM200 ACM300	GC1030 GC2030 GC2040	PR1210 CA6535 KPD001 KPD010	JC8015 JC5015 JC5118 JC835S JC8050			
S20		PTH30H	MP9030									
S30		JM4160										
H	H01		MP8010 VP15TF			GC1010 GC1130 GC1030 GC3040 GC4220		DH102 DH103 JC6102 JC8003 JC8008 JC8015 JC5118				
	H10	ATH80D ATH08M PTH08M TH308 JP4105 BH200 BH250										
	H20	TH315 JP4115										
	H30	JP4120										

注) 本表は、各社の承認を得たものではありません。 Note: This table has not been approved by the individual companies.

フライス加工の各社材種対応表

超硬合金材種 Carbide alloy materials

使用分類 Application	グレード Grade	当 社	三菱 マテリアル Mitsubishi Materials	タンガロイ Tungaloy	住友電工 ハードメタル Sumitomo Electric Hard metal	サンドビック Sandvik	京セラ Kyocera	ダイジェット Dijet	ケナメタル Kennametal	セコツール Seco Tools
P	P10	WS10	STi10T	TX10S	ST10P	S1P		SR10 SRT	K5H K45	S10M
	P20	EX35	STi10	TX20 TX25 UX25	ST20E	SMA		SRT SR20 DX30	K29 K45 K2885	S25M
	P30	EX35		TX30 UX30	A30 A30N	SM30	PW30	SR30 DX30 DX25	K420 KM K21	S25M
	P40	EX35		TX40	ST40E	S6		SR30 DX35	K420 KM GX	S60M
M	M10	WA10B		TU10	U10E	H10A		UMN UM10		S10M
	M20	EX35	UTi20T	TU20	U2	H13A		UM20 DX25 DTU	K313 K40 PVA	HX
	M30	EX35	UTi20T	UX30	A30 A30N	H10F	PW30	DTU UMS	K2885 K2S	HX
K	K01	WH01 WH05	HTi05T	TH03	H2 H1	H1P		KG03		
	K10	WH10	HTi10	TH10	EH10 EH510	H10 HM	KW10	KG10 KT9 CR1	K6 K313 K68 KM1	HX
	K20	WH20	HTi20T	G2 KS20	G10E EH20 EH520	H13A		KG20 KT9 CR1	K1 K8735	883
超微粒 超硬合金 Ultra-molecular carbide alloy	Z01	NM08		F	FO AFO F1			FB10		
	Z10	NM15	MF10	M EM10	A1 AF1			FB10 FB15		
	Z20	EF20N	TF15 UF20	EM20 UM				FB15 FB20		
	Z30		UF30	UM				FB20		

サーメット材種 Cermet materials

使用分類 Application	グレード Grade	当 社	三菱 マテリアル Mitsubishi Material	タンガロイ Tungaloy	住友電工 ハードメタル Sumitomo Electric Hard Metal	サンドビック Sandvik	京セラ Kyocera	ダイジェット Dijet	ケナメタル Kennametal	セコツール Seco Tools
旋削用 for Turning	P10	CH350	AP25N NX2525	NS520 AT520 AT530	T110A T2000Z T1200A		TN30 PV30	LN10 CX50 NIT CX75	KT125 HTX	
	P20	CH550	AP25N NX2525 UP35N NX335	NS530 AT530 GT530	T2000Z T1200A T130A T3000Z	CT515 CT520 CT5015 CT525	TN60 TN6020 PV60 PV7020	CX50 NAT CX75	KT315 KT175 HT2	CM
	P30	CH570	VP45N	NS530 NS540	T3000Z	GC1525 CT525	PV90	CX90 CX99		CR
フライス用 for Milling	P10	CH550 MZ1000	NX2525	NS530	T12A		TN60	NIT CX75	KT530M KT195M	CM15
	P20	CH7030	NX2525	NS530	T250A	CT520	TN60 TN100M	NAT CX75 CX90 SUZ	KT530 HT7 KT605	CM15
	P30	CH7035	NX4545	NS540	T250A	CT530		CX90 CX99		CM15

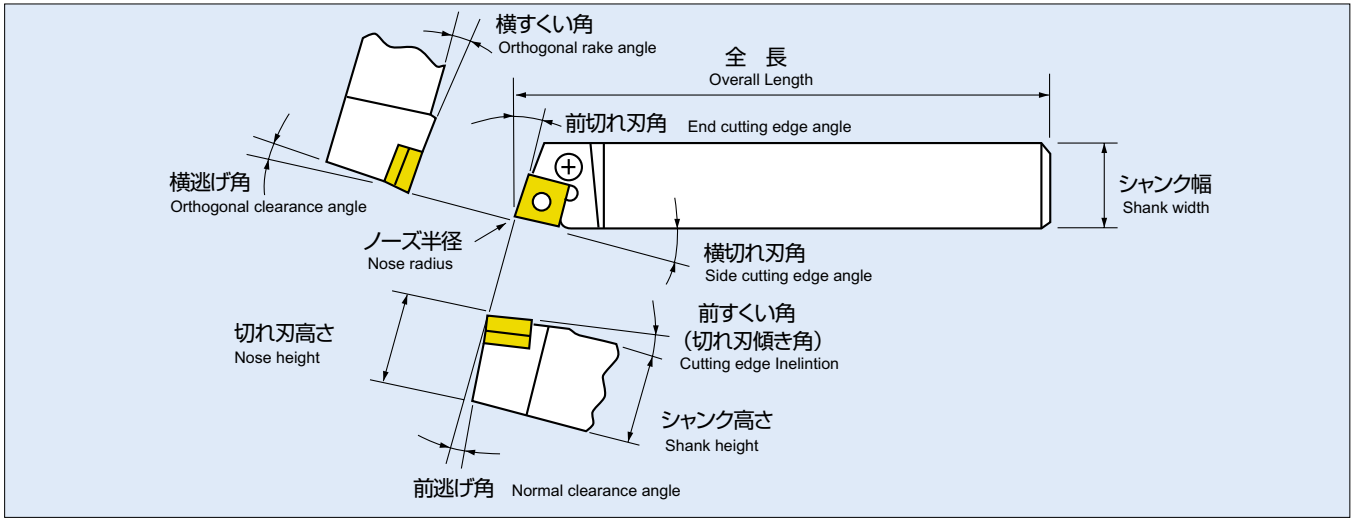
注) 本表は、各社の承認を得たものではありません。 Note: This table has not been approved by the individual companies.

技術資料
刃先交換式工具

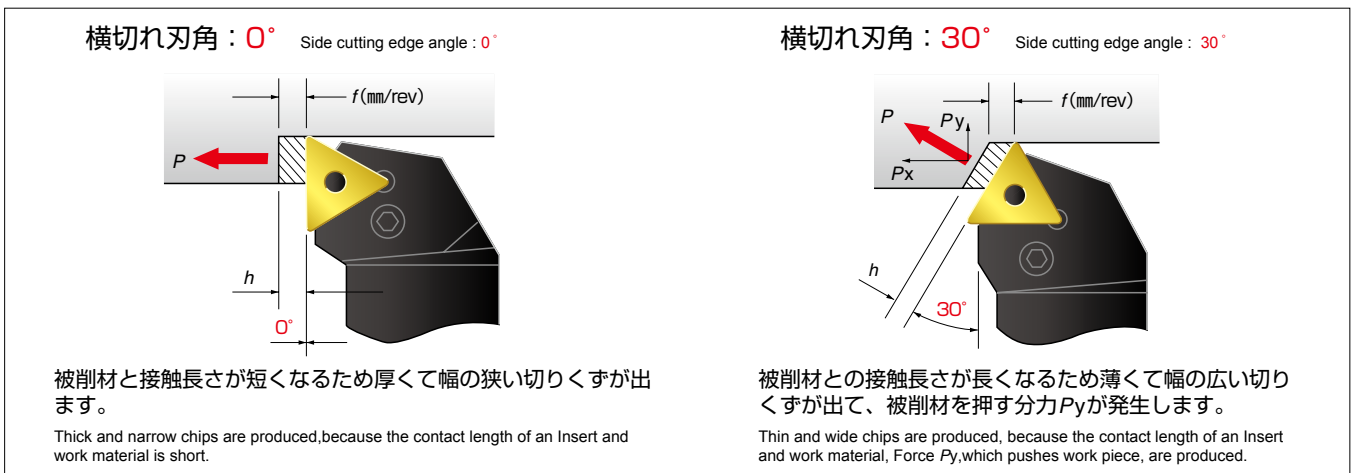
Nomenclature of turning tools parts and role of nose angle

旋削工具各部の名称と刃先角度の役割

各部の名称 Name of parts of Turning Tools



バイトホルダ横切れ刃角の影響 Effect of side Edge cutting Angle



切削性能に及ぼす影響 Effect on cutting performance

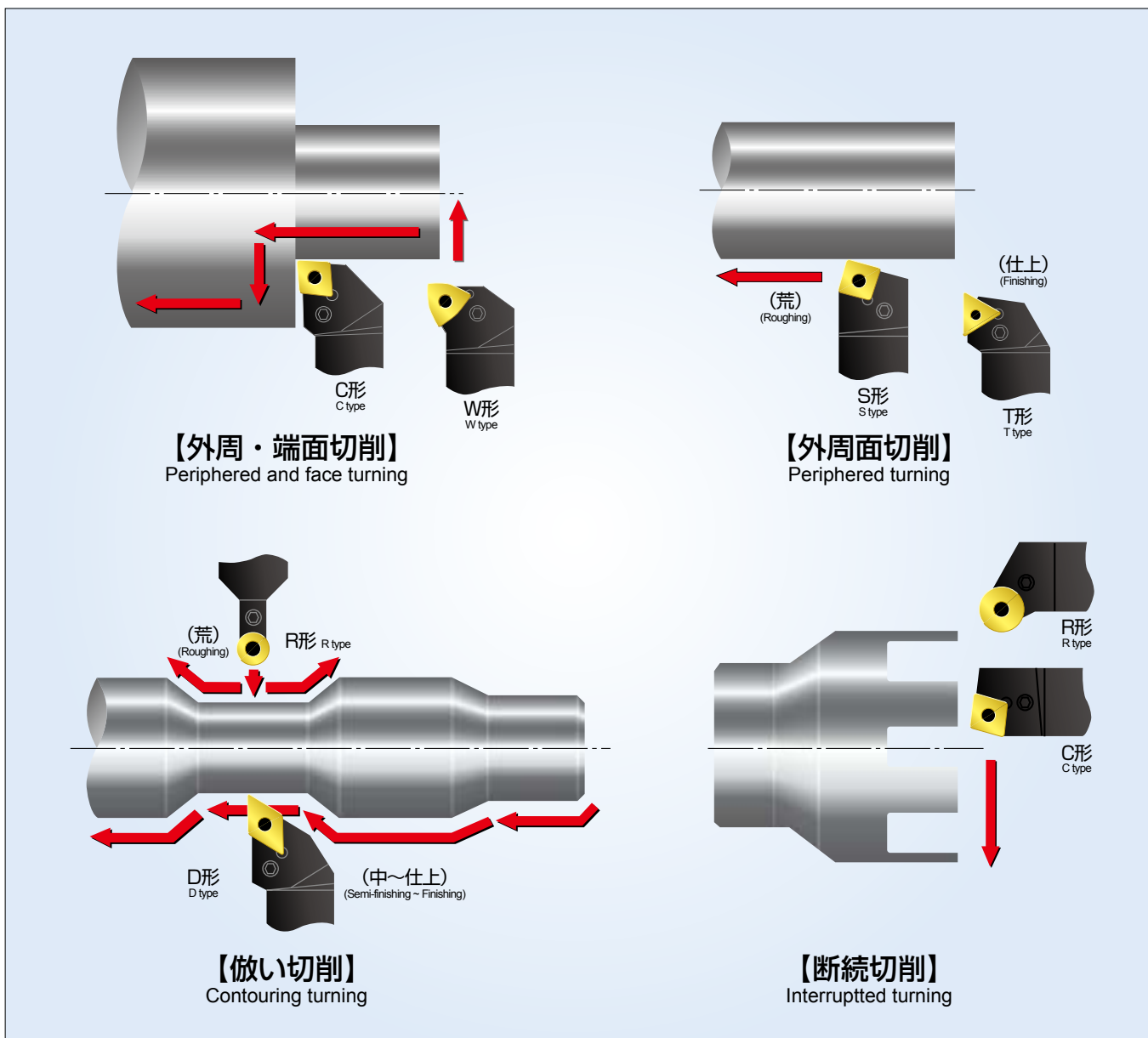
項目 Elements	小 Small	横切れ刃角 Side cutting edge angle	大 Large
刃先の摩耗率 Wear	大 Large	←	小 Small
被削材 Work material	削りやすい材料 Large Easy-to-machine materials	←	削りにくい材料 Difficult-to-machine materials
切削動力 Cutting force	小 Small	←	大 Large
びびり Vibration	出にくい Not likely Difficult to be produced	←	出やすい Likely Easy to be produced
切削方法 Application	仕上 Finishing	←	荒 Roughing
被削材剛性 Rigidity of work piece	細くて長い物 Small/Long	←	太い物 Big
機械剛性 Mechanical rigidity	剛性低い場合 Low rigidity	←	剛性高い場合 High rigidity
切りくず処理性 Chips rejectability	良い Good	←	悪い Bad

Shapes of inserts and application of turning

旋削用インサート形状と使用用途

インサート形状 shape	R形	S形	C形	W形	T形	D形	V形
ノーズ角 Nose angle	360°	90°	80°	80°	60°	55°	35°
刃先強度 Rigidity of cutting edge	強い Strong ←—————→ 弱い Weak						
使用コーナ数 (片面) Number of using corner (one face)	3 ~ 4	4	2	3	3	2	2

加工例 Applications



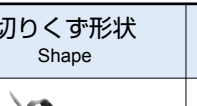



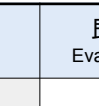
技術資料 旋削用工具

Chips removal of turning 旋削の切りくず処理

使用する工具の切りくず処理性をめきにして、無人化、自動化はありえません。
製品品質の安定、工具寿命および機械稼働率向上のためにも良好な切りくずを出す必要があります。

No unmanned operation or automation is available unless chips disposal matter is settled.
Cutting chips ought to be regularly and smoothly ejected and disposed of in order to stabilize product quality, improve tool's life and machine operating efficiency.

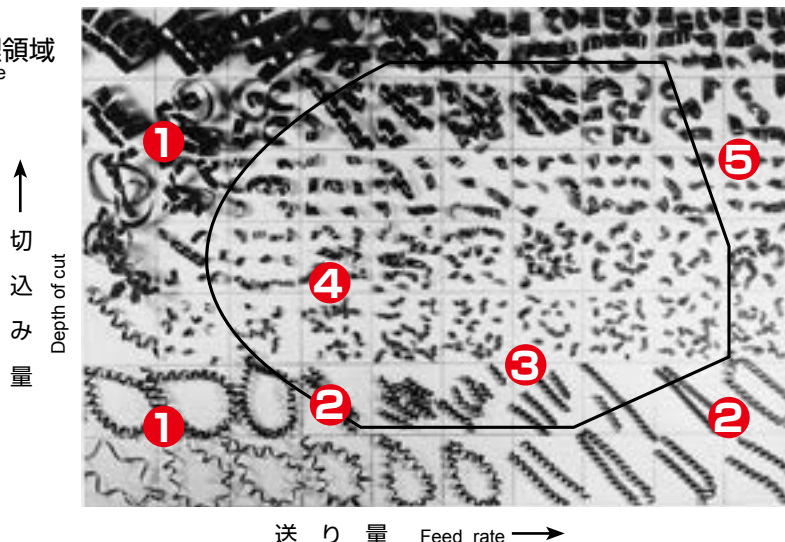
○ (1) 切りくず形状の分類 Classification of chips

区分 Style	切りくず形状 Shape	切りくず長さ Chips Length	良否 Evaluation	備考 Notes
①		不規則な形の連続 Consecutive irregular shape	不良 NG	・ 工具やワークにからみつき危険 ・ Dangerous because it entangles the work or tool.
②		規則的な形の連続 Consecutive regular shape	(不良) (NG) $l \leq 100 \text{ mm}$	・ かさばるので搬送時間問題 ・ 使用外切れ刃のチッピングの原因となることあり ・ 人が付いている場合は、好まれることあり ・ Becomes bulky. Ejecting time is long. ・ Can cause chipping of edges other than cutting edge. ・ This type may be favorable if an operator attends the job.
③		2~10巻程度 ($l \leq 50 \text{ mm}$) About 2-10 rolls ($l \leq 50 \text{ mm}$)	良 ○ 好	・ 刃先にさほど負荷かからず、理想的な切りくず ・ An ideal chips, causing less load to the nose.
④		1巻程度 About a roll		
⑤		1/2巻以下。 波状に連がることもあり。 Smaller than a half roll Sometimes in a long waved link		

○ (2) 当社における切りくず処理有効範囲 Chip-Removal Range

区分③, ④そして区分②では、長さ 100 mm以下の範囲を「適当」と判断し、プレーカの有効領域をきめている。
Chip-removal range is decided according to the standards of effective range, that is area under chip length of 100 mm in area ③, ④ and ②.

切りくず処理領域
Chip-removal range



Cutting condition formula for turning 旋削に関する計算式

● 切削速度： v_c (m/min) Cutting Speed $v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} = \frac{3.14 \times \text{ワーク径} \times \text{回転数}}{1000}$

● 回転数： n (min⁻¹) Revolution $n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times D_m}$

● 送り速度： f (mm/rev) (1回転あたりの送り量) Feed rate $f = \frac{\ell}{n}$

● 切削時間： T_c (min) Cutting Time $T_c = \frac{L}{f \times n}$

● 切りくず排出量： Q (cm³/min) Chip removal volume $Q = \frac{\pi \times a_p \times (D_m - a_p) \times n \times f}{1000}$

● 理論仕上面粗さ： h (μm) Theoretical finished surface roughness $h = \frac{f^2}{8 \times r_\epsilon} \times 1000$

● 切削抵抗： F (N) Cutting force $F = a_p \times f \times k_c \times 9.8$

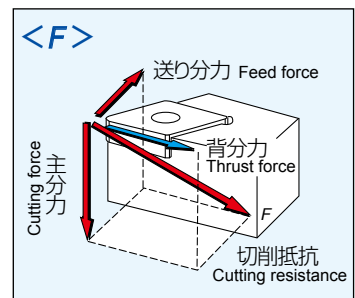
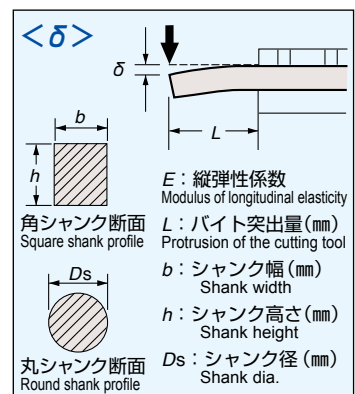
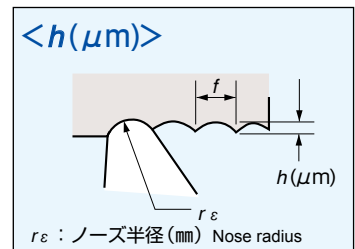
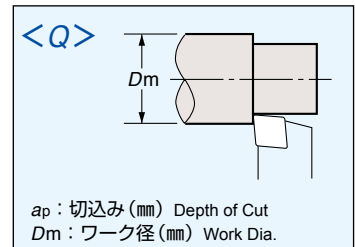
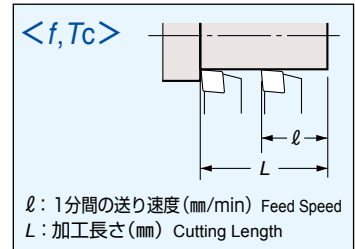
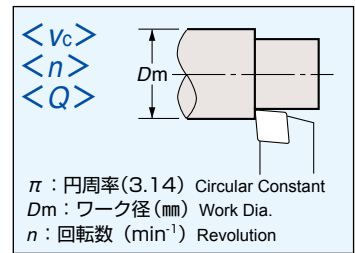
● 切削動力： P_c (kW) Surface roughness $P_c = \frac{v_c \times a_p \times f \times k_c}{60,000 \times \eta}$

● バイトたわみ量： δ 角 (mm) (角シャンク) Deflection (Tool holder in square) $\delta_{\text{角}} = \frac{4 \times f \times a_p \times k_c \times L^3}{E \times b \times h^3}$

● バイトたわみ量： δ 丸 (mm) (丸シャンク) Deflection (Tool holder in round) $\delta_{\text{丸}} = \frac{64 \times f \times a_p \times k_c \times L^3}{3 \times \pi \times E \times D_s^4}$

(参考) Reference

被削材 Work material	比切削抵抗 k_c Feed rate & specific cutting resistant. (N/mm ²) $f = 0.1 \sim 0.4$	機械効率係数 η Coefficient machine tool efficiency 高剛性 ~ 低剛性 (新機械) (古機械) High Rigidity Low Rigidity New Machine Old Machine	縦弾性係数 E Modulus of longitudinal elasticity (N/mm ²)	
			鋼材 Steels	超硬 Carbide
炭素鋼 Carbon Steels	3000 ~ 2500	0.8 ~ 0.7	210000	560000
合金鋼 Alloy Steels	4500 ~ 3000		210000	?
鋳鉄 Cast Iron	2000 ~ 1500		210000	620000



Counter-measures against brakage of tools

旋削における工具損傷対策

損傷の状態 Failure Conditions	原因 Cause	対策 Trouble Shooting		
		工具材種 Grade	工具形状 Tool geometry	切削条件 Cutting Condition
極端な逃げ面摩耗 Seriously worn relief surface 	<ul style="list-style-type: none"> ● 切削速度が速すぎる ● 工具の耐摩耗性不足 ・Cutting Speed too high. ・Abrasion resistance of tool not sufficient.	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐摩耗性の高い材種にする。 Use Material of higher abrasion resistance GM8035,IP3000 ↓ HG8025,IP2000 ↓ HG8010 <ul style="list-style-type: none"> ● 正常摩耗の場合は、サーメットを使用する。 For normal abrasion, use a cermet 	<ul style="list-style-type: none"> ● コーナRを大きくする ● インサートブレーカの見直し (ブレイキング効果の弱いブレーカを使用する) ・Use material of higher crater abrasion	<ul style="list-style-type: none"> ● 切削速度を下げる ● 湿式切削とする ・Reduce cutting speed. ・Adopt wet cutting method.
極端なすくい面摩耗 Seriously worn rake 	<ul style="list-style-type: none"> ● 切削速度が速すぎる ● 送りが高すぎる ・Cutting Speed too high. ・Abrasion resistance of tool not sufficient.	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐クレータ性の高い材種にする Use Material of higher abrasion resistance GM8035,IP3000 ↓ HG8025,IP2000 ↓ HG8010	<ul style="list-style-type: none"> ● インサートブレーカの見直し (ブレイキング効果の弱いブレーカを使用する) ・Review chip breaker quality. (Use a breaker of less breaking effect.)	<ul style="list-style-type: none"> ● 切削速度を下げる ● 送りを下げる ● 湿式切削とする ・Reduce cutting speed. ・Reduce feed rate. ・Adopt wet cutting method.
塑性変形(へたり) Deformation 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高速、高送りによる切れ刃の軟化 ・Cutting edge was softened by high speed cutting at high feed rate.	<ul style="list-style-type: none"> ● より耐熱性の高い材種にする Use material of higher heat resistance GM8035,IP3000 ↓ HG8025,IP2000 ↓ HG8010	<ul style="list-style-type: none"> ● コーナRを大きくする ● インサートブレーカの見直し (ブレイキング効果の弱いブレーカを使用する) ・Change the shape to a larger coner radius. ・Review chip breaker quality. (Use a breaker of less breaking effect.)	<ul style="list-style-type: none"> ● 切削速度を下げる ● 送りを下げる ● 湿式切削とする ・Reduce cutting speed. ・Reduce feed rate. ・Adopt wet cutting method.
サーマルクラック Thermal crack 	<ul style="list-style-type: none"> ● 熱応力、熱疲労 ・Thermal stress, thermal fatigue.	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐熱衝撃性の高い材種にする Use material of higher heat resistance IP3000 GM8035・GX30	<ul style="list-style-type: none"> ● インサートブレーカの見直し (ブレイキング効果の弱いブレーカを使用する) ・Review chip breaker quality. (Use a breaker of less breaking effect.)	<ul style="list-style-type: none"> ● 切削速度を下げる ● 送りを下げる ● 乾式切削とする ・Reduce cutting speed. ・Reduce feed rate. ・Adopt dry cutting method.
チッピング Chipping 	<ul style="list-style-type: none"> ● 振動、衝撃 ・Vibration, shock	<ul style="list-style-type: none"> ● より靱性の高い材種にする Use tougher material HG8010 ↓ HG8025,IP2000 ↓ IP3000	<ul style="list-style-type: none"> ● インサートブレーカの見直し(より切れ刃強度の高いブレーカを使用する) ● ホルダの剛性をUPする ● ホルダの突き出し量をできるだけ小さくする ・Review chip breaker quality. (Use a breaker of higher cutting edge strength) ・Use tougher holder. ・Reduce holder protrusion.	<ul style="list-style-type: none"> ● 送りを下げる ● 切込みを小さくする ・Reduce feed rate. ・Cut at smaller cutting amount.
初期欠損 Initial chipping 	<ul style="list-style-type: none"> ● 工具の機械的強度不足 ● 切削条件の不適性 ・Mechanical strength of tool not sufficient. ・Unsuitable cutting condition	<ul style="list-style-type: none"> ● より靱性の高い材種にする Use tougher material HG8010 ↓ HG8025,IP2000 ↓ IP3000	<ul style="list-style-type: none"> ● インサートブレーカの見直し(より切れ刃強度の高いブレーカを使用する) ● ホルダの剛性をUPする ● ホルダの突き出し量をできるだけ小さくする ・Review chip breaker quality. (Use a breaker of higher cutting edge strength) ・Use tougher holder. ・Reduce holder protrusion.	<ul style="list-style-type: none"> ● 送りを下げる ● 切込みを小さくする ・Reduce feed rate. ・Cut at smaller cutting amount.

旋削における各要因の切削性能への影響

要因 Factor		切削性能の受ける影響 Effect on cutting performance								
		工具寿命 Tool life		品位 Quality				切りくず 処理 Chips-removal	切削抵抗 Cutting resistance	
要素 Element	状況 Condition	耐摩耗性 Wear resistance	強度 Strength	寸法精度 Dimensional tolerance	溶着 Welding	びびり Vibration	仕上面 Finish surface			
工 具 形 状 Tool Shape	横切れ刃角 Side cutting edge angle	大きい Large	↗	↗					↘	↘
		小さい Small	↘	↘	↗		↗	↗	↗	↗
	ノーズ半径 Nose radius	大きい Large	↗	↗	↘		↘	(↗)	↘	↘
		小さい Small	↘	↘	↗		↗	(↘)	↗	↗
	すくい角 Rake angle	大 (正) Large(Plus)	↗	↘	↗	↗	↗	↗		↗
		小 (負) Small(Minus)	↘	↗	↘	↘	↘			↘
	刃先処理量 (ホーニング等) Nose treatment (Honing,etc.)	大きい Large	↘	↗	↘	↘	↘	↘		↘
		小さい Small	↗	↘	↗					↗
	ブレーカ効果 Breaker effect	強い Strong		↘		↗			↗	↘
		弱い Weak		↗					↘	↗
切 削 条 件 Cutting Condition	切削速度 Cutting speed	高い High	↘			↗		↗	↘	↗
		低い Low	↗			↘		↘	↗	↘
	送り速度 Feed rate	高い High	↘	↘	↘		↘	↘	↗	↘
		低い Low	↗	↗	↗		↗	↗	↘	↗
	切込み Depth of cut	大きい Large		↘	↘		↘	↘	↗	↘
		小さい Small		↗	↗		↗	↗	↘	↗
切削油 Cutting oil	有 Yes	↗			↗		↗	↗	↗	
	無 No	↘					↘		↘	

【注意】 () : 条件により逆転する場合あり。

【Note】 () : Maybe reversed by condition.

旋削の各社インサートブレーカ対応表

	P 鋼 Steels						
	FF	F	MF	M 中切削 Medium Cutting		R 荒切削 Roughing	
	精密仕上げ High Precision Finishing	仕上げ Finishing	軽切削 Semi-Finishing	連続 Continuous	断続 Interrupted	両面 Double Sided	片面 One Sided
当社	FE	BH	AB,CT	AH	AY(A,Y,AE)	RE	TE,UE
三菱 マテリアル Mitsubishi Materials	FH FY PK*1	FS FJ*1	SA SH SW*2 SY	MV MA	MH MW*2	GH MAT MT	HZ HX HV
タンガロイ Tungaloy	O1*1 TF	TSF TS ZF 17 NS AFW*2	ZM 27 NM AS ASW*2 CB	TM 37 38	DM 33	TH 51	TU 57 65
住友電工 ハードメタル Sumitomo Electric Hard Metal	FA FL	SU LU LUW*2 SP	SX	GU GUW*2	UX UG	MU MX	HG MP HP
サンドビック Sandvik	QF	PF 23 WF*2 WL*2 LC	MF	PM QM	WM*2 SM	PR WR*2	QR PR HR 71 MR
京セラ Kyocera	DP*1 XP XP-T CF	GP WP*2	HQ CQ XQ WQ*2 CJ	PS HS	PT GS CS XS	GT HT 全周	HX

	M ステンレス鋼 Stainless steels		K 鋳鉄 Cast iron		内径用 Internal inserts		大型インサート Large inserts	円形インサート Round inserts	
	F	M/R	F	M/R	仕上げ Finishing	軽切削 Semi-finishing	重切削 Heavy cutting	全周 Conventional	ブレーカ付 With breaker
	仕上~軽切削 Finishing to Semi-finishing	中~荒切削 Medium cutting to Roughing	仕上~軽切削 Finishing to Semi-finishing	中~荒切削 Medium cutting to Roughing					
当社	MP,AB	PV,DE	VA	VA,V	JQ	JE	H,HX,HE	全周,RG	AN,WE
三菱 マテリアル Mitsubishi Materials	FH FS	MA SH MS	SW*2 MA MW*2	全周 MH GH	FV SV SQ	SW*2 MV 全周 MW*2 MQ	HZ HX HV HBS HCS	全周	PR RBS
タンガロイ Tungaloy	SS 11	SA SM S	全周 CF	CM CH 33	O1 PF PS	PM 23 24	TU 57 65	61 RS	RS
住友電工 ハードメタル Sumitomo Electric Hard Metal	SU UP	EX	UZ	UX	LU FC LUW*2	SU MU SF SC	MP HG HP	RP	RX
サンドビック Sandvik	MF	MM MR	KF	KM KR	PF UF WF*2	PM UM WM*2	HR QR MR PR	SM	無記号
京セラ Kyocera	GU MS MU	SU ST HU	全周	C ZS GC	GP XP DP CF	HQ XQ GK 全周 G	HX	全周 BB	

※1：外周研磨品 Perimeter ground product ※2：ワイパーインサート Wiper insert

注) 本表は、各社の承認を得たものではありません。 Note: This table has not been approved by the individual companies.

旋削の各社材種対応表

○ 旋削 コーティング材種 Coating materials for turning

	P 鋼 Steels				M ステンレス鋼 Stainless Steels		K 鑄鉄 Cast Iron		
	P10	P20		P30					
	F/MF 仕上げ切削 軽切削 Finishing/Semi-finishing	M 中切削 Medium Cutting		R 荒切削 Roughing	F 仕上げ切削 Finishing	M/R 中/荒切削 Medium/Roughing	F 仕上げ切削 Finishing	M 中切削 Medium Cutting	R 荒切削 Roughing
当社	<p>耐欠損性アップ Increased chipping resistance</p> <p>HG8010 HG8025, IP2000 (GM25) IP3000 (GM8035)</p> <p>耐摩耗性アップ Increased wear resistance</p>				<p>耐欠損性アップ Increased chipping resistance</p> <p>IP050S IP100S GX30</p> <p>耐摩耗性アップ Increased wear resistance</p>		<p>耐欠損性アップ Increased chipping resistance</p> <p>HX3505 HX3515 HG8010</p> <p>耐摩耗性アップ Increased wear resistance</p>		
三菱 マテリアル Mitsubishi Materials	UE6105 UE6010 UE6110	UC6010 UC610 UE6110	UE6020 U625 UC6025 MC6025	UE6035 US735	UC6010 US7020 UE6020 VP15TF MC6025 MC7015	UE6020 UE6035 US735 MC6025 MC7025 MC7035	UC5005 UC5105	UC5015 UC5115	UE6005 UC6010 UP20M
タンガロイ Tungaloy	T9105 T9115 T7005 T715X	T9115 T9125 T822 T7020	T9125 T725X	T9135	T715X	T6020 T6030 GH330 AH120 T6120 T6130	T5105	T5010 T5115 AH110	T5020 T5125 AH120 GH110
住友電工 ハード メタル Sumitomo Electric Hard Metal	AC700G AC1000 AC810P	AC2000 AC720 AC820P	AC25 A820P	AC3000 AC304 AC830P	AC610M EH10Z EH510Z AC2000 AC510U	AC630M EH520Z AC304 AC3000 AC520U	EH10Z AC410K AC410K AC300G AC405K	AC410K AC700G AC110G AC415K	AC700G AC2000 EH20Z AC420K
サンド ビック Sandvik	GC4005 GC4015 GC3005 GC5015 GC4115 GC4215	GC4020 GC4125	GC4225 GC4025 LC25 GC425	GC4030 GC4035 GC4040 GC235 GC435 GC4235	GC2015 GC1025 GC215	GC2025 GC2030 GC1020 GC1120 GC2035 GC2040 GC235	GC3005 GC3205 GC3210	GC3015 GC3215	GC1020 GC1120 GC3020 GC3040 GC4015
京セラ Kyocera	CA110 CA5505 CA5515 CA510	CR7015 CA5025 CA515	CA225 CA5525 CR7025 CR9025 CA525	CA5535 CA530	CA6515 CA6015	CA6525 CR7015 CR9025 PR630 PR660 CA6535	CA4010 CA4505	CA4115 CR300 CA4515	CA4120 CR7015 PR610

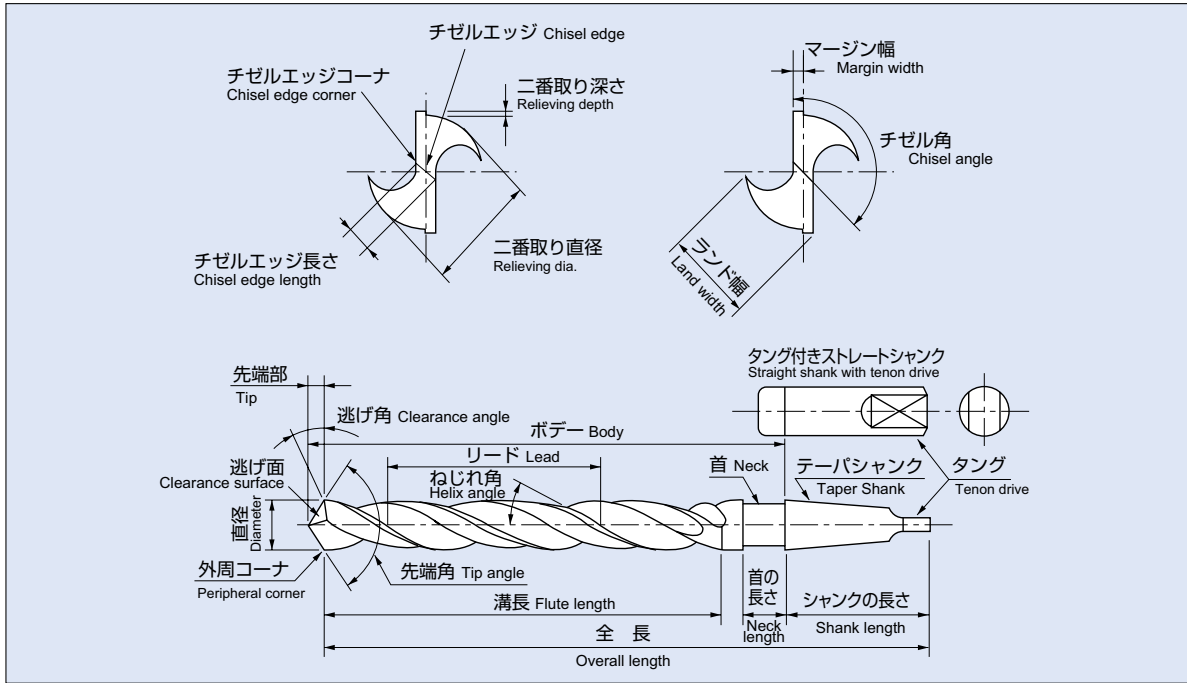
注1) 本表は、各社の承認を得たものではありません。 Note 1: This table has not been approved by the individual companies.

注2) 赤字はPVDコーティングを示します。 Note 2: The red characters show the PVD coating.

Name and function of each part of a drill

ドリル各部の名称と働き

ドリル各部の名称 Name of each part of a drill.



ドリル各部の働き Performance of each part of a drill

① 直径 Diameter

直径を JIS では 0.2mm～100mm まで規定していますがそれ以外は日本工具工業会規格 (TAS) や各社の規格によって製作されています。それぞれの直径の許容差は JIS B 0401 (寸法公差およびはめあい) の h8 によっています。

ただし、1mm 未満は $0_{-0.01}$ mm です。

ドリル許容差は先端部の数値であり現実にはドリルの直径はシャンクに向うに従って、長さ 100mm について 0.04～0.1mm 細くなっています。これをバックテーパと称します。

The diameter of a tool is stipulated in the size range, from 0.2 up to 100mm in the JIS standard. Other than that, most tools are fabricated to meet various standard such as TAS (Tool Association Standard) and others. The tolerance values of diameter in each of these standards are based on h8 of JIS B 0401 (Dimensional tolerance and fitting). The drill tolerance is a figure measured at its tip. Actually, the drill diameter becomes narrower by 0.04 to 0.1mm per 100mm length. This is called back taper.

② ねじれ溝の働き Function of spiral grooves

ねじれ溝は先端部で切削したときに発生する切りくずをスムーズに穴の外に排出する役目を持っており、溝の断面積が大きいほど切りくずの排出はよく、深い穴をあけるときに能率が増加します。

Spiral grooves have the function of smoothly removing chips produced by cutting to the outside. Larger groove cross sections provide better chip removal, increases efficiency during cutting of deep holes.

③ 心厚 Web

心厚とは、ドリルの心部にあたる場所で、この厚さはドリルの強さに大きな影響を与えます。

The spiral grooves enable chips to be discharged smoothly outside the hole when the tip cuts the work. Larger the cross-sectional area of a groove, the more chips are discharged, enhancing the drilling efficiency in case of producing a deep hole.

④ 二番取り面 Relieving surface

ドリルでいう二番取り面とは、ランド部にマージン幅を残して隙間をつけた部分です。マージン幅や二番取り深さは、ドリルの直径によって、あるいは使用目的によって決められます。二番取り面は、ドリルで穴をあけていくとき、被削材の穴面とドリルの外周との摩擦を減らす目的のものです。

The relieving surface means a clearance on a land secured by leaving a required margin width. The margin width or the relieving surface is determined by the drill diameter or the purpose of use. The relieving surface is provided to reduce abrasion between the drill peripheral and the hole surface of a work.

寸法の区分 Size class	1以上 3以下 (1～3)	3をこえ 6以下 (3～6)	6をこえ 10以下 (6～10)	10をこえ 18以下 (10～18)
許容差 Tolerance	0 -0.014	0 -0.018	0 -0.022	0 -0.027
寸法の区分 Size class	18をこえ 30以下 (18～30)	30をこえ 50以下 (30～50)	50をこえ 80以下 (50～80)	80をこえ るもの (80～)
許容差 Tolerance	0 -0.033	0 -0.039	0 -0.046	0 -0.054

タップ下穴に相当するドリル径

メートル並目ねじ Meter coarse thread		直径 (mm) Diameter	ひっかかり率 Thread ratio %
呼び Designation	ピッチ (mm) Pitch		
M1	0.25	0.75	92
M2	0.4	1.6	92
M3	0.5	2.5	92
M4	0.7	3.3	92
M5	0.8	4.2	92
M6	1.0	5.0	92
M8	1.25	6.8	89
M10	1.5	8.5	92
M12	1.75	10.3	90
M14	2	12.0	92
M16	2	14.0	92
M18	2.5	15.5	92
M20	2.5	17.5	92
M30	3.5	26.5	92
M42	4.5	37.5	92
M56	5.5	50.5	92

Drilling work equations

ドリル加工計算式

■ 切削速度 (v_c) Cutting Speed

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ (m/min)}$$

v_c (m/min) : 切削速度 Cutting speed

DC (mm) : ドリル直径 Drill dia.

π (3.14) : 円周率 Circle ratio

n (min⁻¹) : 回転数 Revolution

■ 主軸送り (v_f) Main axis feed

$$v_f = f \times n \text{ (mm/min)}$$

v_f (mm/min) : 主軸(Z軸)送り速度 Main axis (Z axis) feed rate

f (mm/rev) : 1回転当たりの送り量 Feed amount per rotation

n (min⁻¹) : 回転数 Revolution

■ 穴あけ時間 (T_c) Drilling time

$$T_c = \frac{H \times i}{n \times f} \text{ (min)}$$

T_c (min) : 加工時間 Machining time

H (mm) : 穴あけ深さ Drilling depth

i : 穴数 No. of hole

n (min⁻¹) : 回転数 Revolution

f (mm/rev) : 1回転当たりの送り

Feed amount per rotation

■ 切りくず排出量 (Q) Chip removal volume

$$Q = \frac{\pi \times DC^2}{4} \times n \times f \div 1000 \text{ (cm}^3\text{/min)}$$

Q (cm³/min) : 切りくず排出量 Chip removal volume

π (3.14) : 円周率 Circle ratio

DC (mm) : ドリル直径 Drill dia.

n (min⁻¹) : 回転数 Revolution

f (mm/rev) : 1回転当たりの送り

Feed amount per rotation

ドリル加工のトラブルと原因対策

◎ドリルの破損

要 因 (対 策)	対 策
<ul style="list-style-type: none"> ・切削条件の不適合 (a.b.c) ・再研削の不具合 (d.) ・機械剛性の不足 (e.f) ・切りくずづまり (a.b.c) ・ワークの取り付け不具合 (g) ・工具のセット不具合 (h.i.j) 	<ul style="list-style-type: none"> a. 送りを小さくする。 b. 切削速度を小さくする。 c. ステップフィードを行う。 d. シンニングやリップハイトを適正に再研削する。 e. 高剛性のスピンドルを使用する。 f. 機械のガタを調整する。 g. ワークのクランプをしっかりと行う。 h. 機械にドリルをセットしたときの外周の振れを調整する。 i. ドリルの保持具のセットを完全にする。 j. ガイドブッシュを使用する。

◎切れ刃のチッピング、チゼル部の欠け

<ul style="list-style-type: none"> ・切削条件の不適合 (a.b) ・再研削の不具合 (c) ・機械のガタ (d) ・ワークの取付不具合 (e) ・工具のセット不具合 (f.g.h) ・ドリルの使用不適合 (i) 	<ul style="list-style-type: none"> a. 送りを小さくする。 b. 食付き時の送りを小さくする。 c. シンニングの片寄りやリップハイトを適正に再研削する。 d. 主軸の振れや機械のガタを調整する。 e. ワークのクランプをしっかりと行う。 f. 機械にドリルをセットしたときの外周の振れを調整する。 g. ドリルの保持具のセットを完全にする。 h. ガイドブッシュを使用する。 i. ドリルの溝長を短くし剛性を高める。
---	--

◎ドリルの摩耗

<ul style="list-style-type: none"> ・切削条件の不適合 (a.b) ・切削油剤の供給量不足 (c) ・切削油剤の不適合 (d.e) ・切りくずの排出不具合 (a.b.f) ・被削材の硬さ不均一 (g) ・ドリルの不適合 (h) 	<ul style="list-style-type: none"> a. 切削速度を遅くする。 b. ステップフィードを行う。 c. 切削油剤の吐出量を多くする。 d. 極圧添加油を使用する。 e. 給油方向を適正にする。 f. 再研削にて適正なシンニング、逃げ角にする。 g. 被削材の硬さを均一にする。 h. ドリル材質を変える。(さらに耐摩耗性、耐熱性のあるもの)
--	--

◎穴精度 (穴の拡大、曲がり、倒れ等)

<ul style="list-style-type: none"> ・機械のガタおよびスピンドルの振れ (a) ・送りの過大 (b) ・食付き時の不具合 (f.g) ・ドリルの振れ (d.e) ・刃先精度の不具合 (f.g) ・ドリルの剛性不足 (h) 	<ul style="list-style-type: none"> a. 機械の調整、剛性補強をする。 b. 送りを適正にする。 c. 前加工にスターティングドリルを使用する。 d. ガイドブッシュを使用する。 e. ドリル取付けを修正する。 f. リップハイト、チゼル偏心を適正に再研削する。 g. シンニングの適正化。 h. 短く剛性のあるドリルを使用する。
---	--

◎シャンク部の破損

<ul style="list-style-type: none"> ・テーバシャンクのテーバ部の傷 (a) ・スリーブの摩滅、傷 (b) 	<ul style="list-style-type: none"> a. テーバ部の傷を取る。 b. スリーブを再研削または新品と交換する。
---	---

◎加工穴の面粗さが悪い

<ul style="list-style-type: none"> ・送りが過大 (a) ・切削油剤の不足、不良 (b) ・ワークの取付け不具合 (c) 	<ul style="list-style-type: none"> a. 送りを適正にする。 b. 給油方向、方法または切削油剤を変える。 c. ワークのクランプをしっかりとる。
--	---

ドリル加工のトラブルと原因対策

Broken drill

Cause (Remedy)	Remedy
<ul style="list-style-type: none"> • Cutting condition not suitable (a,b,c) • Regrinding failure (d) • Machine rigidity short (e,f) • Chips clogging (a,b,c) • Work setting failure (g) • Tool setting failure (h,i,j) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Reduce feed rate. b. Reduce cutting speed. c. Perform step feed. d. Perform thinning or regrind the lip height properly. e. Use a highly rigid spindle. f. Adjust backlash in the machine. g. Firmly clamp the work. h. Adjust the peripheral run-out of a drill after setting it to the machine. i. Steady the drill retainer. j. Use a guide bush.

Cracked cutting edge or chisel

<ul style="list-style-type: none"> • Cutting condition not suitable (a,b) • Regrinding failure (c) • Backlashing in the machine (d) • Work setting failure (e) • Tool setting failure (f,g,h) • Use of a drill not suitable. (i) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Reduce feed rate. b. Reduce feed at the time of biting. c. Properly regrind biased thinning or lip height. d. Adjust run-out of spindle or backlash in the machine. e. Firmly clamp the work. f. Adjust the peripheral run-out of a drill after setting it to the machine. g. Steady the drill retainer. h. Use a guide bush. i. Reduce a groove length of the drill to increase rigidity.
--	---

Drill abrasion

<ul style="list-style-type: none"> • Cutting condition not suitable (a,b) • Cutting fluid level low (c) • Cutting fluid not suitable (d,e) • Chips discharge failure (a,b,f) • Work material hardness uneven (g) • Drill not suitable (h) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Lower the cutting speed. b. Perform step feed. c. Increase cutting fluid discharge rate. d. Use extreme-pressure additives. e. Correct the oiling direction. f. Regrind and obtain a proper thinning and relieving angle. g. Select work material of even hardness. h. Change the drill material (to the one with higher abrasion resistance and heat resistance.)
---	--

Hole accuracy (hole enlargement, bend or falling)

<ul style="list-style-type: none"> • Backlash in the machine or spindle run-out (a) • Excessive feed (b) • Biting failure (f,g) • Drill run-out (d,e) • Tooth edge accuracy failure (f,g) • Insufficient drill rigidity (h) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Adjust the machine and increase rigidity of the machine. b. Adjust the feed. c. Preprocess with a starting drill. d. Use a guide bush. e. Correct drill setting. f. Regrind to get proper lip height and chisel centering. g. Perform thinning properly. h. Use a short and rigid drill.
---	--

Breakage in the shank

<ul style="list-style-type: none"> • A flaw on the taper of a taper shank (a) • Abrasion or flaw in the sleeve (b) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Eliminate the flaw on the taper. b. Regrind the sleeve or replace it.
--	---

Insufficient surface roughness of drilled hole

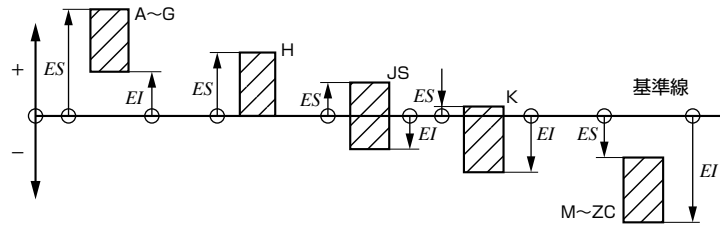
<ul style="list-style-type: none"> • Excessive feed (a) • Cutting fluid level low or improper (b) • Work loading failure (c) 	<ul style="list-style-type: none"> a. Adjust the feed. b. Change oil feeding direction, method or type of cutting fluid. c. Retighten the work clamp.
---	--

穴の公差等級並びに寸法許容差

JIS B 0401-2:1998 による

○ 穴FG及びHに対する寸法許容差 Limit deviations for FG holes and H holes

上の寸法許容差 = ES 下の寸法許容差 = EI



穴 (内側形体)

図1 上及び下の寸法許容差

基準寸法 (mm)		H												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
を 超え	以下	寸法許容差												
		μm											mm	
—	3	+0.8 0	+1.2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+0.1 0	+0.14 0
3	6	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+0.12 0	+0.18 0
6	10	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+0.15 0	+0.22 0
10	18	+1.2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+0.18 0	+0.27 0
18	30	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+0.21 0	+0.33 0
30	50	+1.5 0	+2.5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+0.25 0	+0.39 0
50	80	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+0.3 0	+0.46 0
80	120	+2.5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+0.35 0	+0.54 0

○ 穴JSに対する寸法許容差※1 Limit deviations for JS holes

上の寸法許容差 = ES 下の寸法許容差 = EI

基準寸法 (mm)		JS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
を 超え	まで	寸法許容差												
		μm											mm	
—	3	± 0.4	± 0.6	± 1	± 1.5	± 2	± 3	± 5	± 7	± 12.5	± 20	± 30	± 0.05	± 0.07
3	6	± 0.5	± 0.75	± 1.25	± 2	± 2.5	± 4	± 6	± 9	± 15	± 24	± 37.5	± 0.06	± 0.09
6	10	± 0.5	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3	± 4.5	± 7.5	± 11	± 18	± 29	± 45	± 0.075	± 0.11
10	18	± 0.6	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 5.5	± 9	± 13.5	± 21.5	± 35	± 55	± 0.09	± 0.135
18	30	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3	± 4.5	± 6.5	± 10.5	± 16.5	± 26	± 42	± 65	± 0.105	± 0.165
30	50	± 0.75	± 1.25	± 2	± 3.5	± 5.5	± 8	± 12.5	± 19.5	± 31	± 50	± 80	± 0.125	± 0.195
50	80	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 6.5	± 9.5	± 15	± 23	± 37	± 60	± 95	± 0.15	± 0.23
80	120	± 1.25	± 2	± 3	± 5	± 7.5	± 11	± 17.5	± 27	± 43.5	± 70	± 110	± 0.175	± 0.27

注 ※1 同じ寸法許容差の数値の繰返しを避けるために、表は“ $\pm x$ ”のように数値を記入してある。

これは、 $ES = +x$ 及び $EI = -x$ 、例えば、 $\pm 0.23 \mu\text{m}$ のように解釈する。

ねじの寸法規格

JIS B 0123:1999 による

● ねじの表し方 Designation system for screw threads

● ねじの種類を表す記号及びねじの呼びの表し方の例

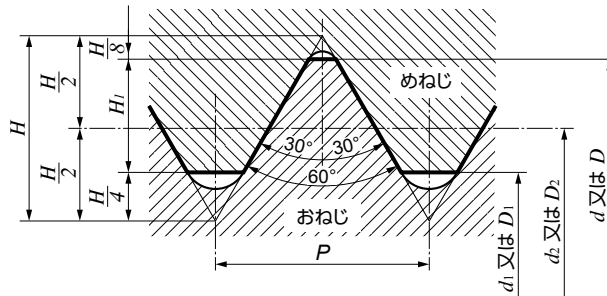
区分	ねじの種類		ねじの種類を表す記号	ねじの呼びの表し方の例
ピッチをmmで 表すねじ	メートル並目ねじ		M	M8
	メートル細目ねじ			M8×1
	ミニチュアねじ		S	S0.5
	メートル台形ねじ		Tr	Tr10×2
ピッチを山数で 表すねじ	管用テーパねじ	テーパおねじ	R	R $\frac{3}{4}$
		テーパめねじ	Rc	Rc $\frac{3}{4}$
		平行めねじ	Rp	Rp $\frac{3}{4}$
	管用平行ねじ		G	G $\frac{1}{2}$
	ユニファイ並目ねじ		UNC	$\frac{3}{8}$ -16UNC
	ユニファイ細目ねじ		UNF	No.8-36UNF

ねじの寸法規格

JIS B 0206:1973 による

ユニファイ並目ねじの基準寸法 Basic dimensions for unified coarse screw threads

ユニファイねじの基準山形



単位：mm

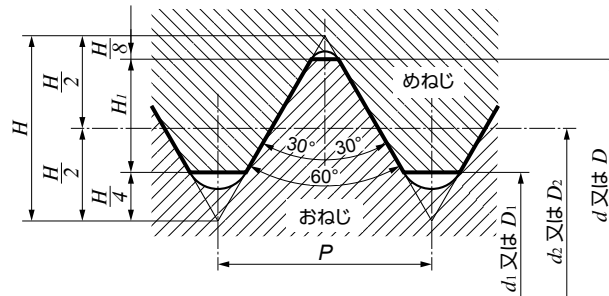
ねじの呼び	ねじ山数 (25.4mm につき) <i>n</i>	ピッチ <i>P</i> (参考)	ひっかかりの 高さ <i>H</i> ₁	めねじ		
				谷の径 <i>D</i>	有効径 <i>D</i> ₂	内径 <i>D</i> ₁
				おねじ		
				外径 <i>d</i>	有効径 <i>d</i> ₂	谷の径 <i>d</i> ₁
No. 1-64 UNC	64	0.3969	0.215	1.854	1.598	1.425
No. 2-56 UNC	56	0.4536	0.246	2.184	1.890	1.694
No. 3-48 UNC	48	0.5292	0.286	2.515	2.172	1.941
No. 4-40 UNC	40	0.6350	0.344	2.845	2.433	2.156
No. 5-40 UNC	40	0.6350	0.344	3.175	2.764	2.487
No. 6-32 UNC	32	0.7938	0.430	3.505	2.990	2.647
No. 8-32 UNC	32	0.7938	0.430	4.166	3.650	3.307
No. 10-24 UNC	24	1.0583	0.573	4.826	4.138	3.680
No. 12-24 UNC	24	1.0583	0.573	5.486	4.798	4.341
¼-20 UNC	20	1.2700	0.687	6.350	5.524	4.976
⅕-18 UNC	18	1.4111	0.764	7.938	7.021	6.411
⅜-16 UNC	16	1.5875	0.859	9.525	8.494	7.805
⅞-14 UNC	14	1.8143	0.982	11.112	9.934	9.149
½-13 UNC	13	1.9538	1.058	12.700	11.430	10.584
⅙-12 UNC	12	2.1167	1.146	14.288	12.913	11.996
⅝-11 UNC	11	2.3091	1.250	15.875	14.376	13.376
¾-10 UNC	10	2.5400	1.375	19.050	17.399	16.229
⅞- 9 UNC	9	2.8222	1.528	22.225	20.391	19.169
1 - 8 UNC	8	3.1750	1.719	25.400	23.338	21.963
1⅛- 7 UNC	7	3.6286	1.964	28.575	26.218	24.648
1¼- 7 UNC	7	3.6286	1.964	31.750	29.393	27.823
1⅝- 6 UNC	6	4.2333	2.291	34.925	32.174	30.343
1½- 6 UNC	6	4.2333	2.291	38.100	35.349	33.518
1¾- 5 UNC	5	5.0800	2.750	44.450	41.151	38.951
2 -4½ UNC	4½	5.6444	3.055	50.800	47.135	44.689
2¼-4½ UNC	4½	5.6444	3.055	57.150	53.485	51.039
2½- 4 UNC	4	6.3500	3.437	63.500	59.375	56.627
2¾- 4 UNC	4	6.3500	3.437	69.850	65.725	62.977
3 - 4 UNC	4	6.3500	3.437	76.200	72.075	69.327
3¼- 4 UNC	4	6.3500	3.437	82.550	78.425	75.677
3½- 4 UNC	4	6.3500	3.437	88.900	84.775	82.027
3¾- 4 UNC	4	6.3500	3.437	95.250	91.125	88.377
4 - 4 UNC	4	6.3500	3.437	101.600	97.475	94.727

ねじの寸法規格

JIS B 0206:1973 による

ユニファイ細目ねじの基準寸法 Basic dimensions for unified fine screw threads

ユニファイねじの基準山形



単位：mm

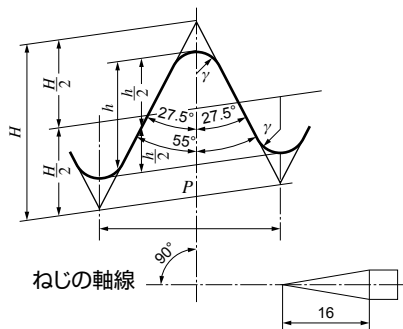
ねじの呼び	ねじ山数 (25.4mm につき) <i>n</i>	ピッチ <i>P</i> (参考)	ひっかかりの 高さ <i>H</i> ₁	めねじ		
				谷の径 <i>D</i>	有効径 <i>D</i> ₂	内径 <i>D</i> ₁
				おねじ		
				外径 <i>d</i>	有効径 <i>d</i> ₂	谷の径 <i>d</i> ₁
No. 0-80 UNF	80	0.3175	0.172	1.524	1.318	1.181
No. 1-72 UNF	72	0.3528	0.191	1.854	1.626	1.473
No. 2-64 UNF	64	0.3969	0.215	2.184	1.928	1.755
No. 3-56 UNF	56	0.4536	0.246	2.515	2.220	2.024
No. 4-48 UNF	48	0.5292	0.286	2.845	2.502	2.271
No. 5-44 UNF	44	0.5773	0.312	3.175	2.799	2.550
No. 6-40 UNF	40	0.6350	0.344	3.505	3.094	2.817
No. 8-36 UNF	36	0.7056	0.382	4.166	3.708	3.401
No. 10-32 UNF	32	0.7938	0.430	4.826	4.310	3.967
No. 12-18 UNF	28	0.9071	0.491	5.486	4.897	4.503
¼-28 UNF	28	0.9071	0.491	6.350	5.761	5.367
⅕-24 UNF	24	1.0583	0.573	7.938	7.249	6.792
⅜-24 UNF	24	1.0583	0.573	9.525	8.837	8.379
⅜-20 UNF	20	1.2700	0.687	11.112	10.287	9.738
½-20 UNF	20	1.2700	0.687	12.700	11.874	11.326
⅝-18 UNF	18	1.4111	0.764	14.288	13.371	12.761
⅝-18 UNF	18	1.4111	0.764	15.875	14.958	14.348
¾-16 UNF	16	1.5875	0.859	19.050	18.019	17.330
⅞-14 UNF	14	1.8143	0.982	22.225	21.046	20.262
1-12 UNF	12	2.1167	1.146	25.400	24.026	23.109
1 ⅛-12 UNF	12	2.1167	1.146	28.575	27.201	26.284
1 ¼-12 UNF	12	2.1167	1.146	31.750	30.376	29.459
1 ⅜-12 UNF	12	2.1167	1.146	34.925	33.551	32.634
1 ½-12 UNF	12	2.1167	1.146	38.100	36.726	35.809

管テーパーねじ Taper Pipe Threads

●基準山形及び基準寸法

テーパおねじ及びテーパめねじに対して適用する基準山形

テーパおねじとテーパめねじとのはめあい



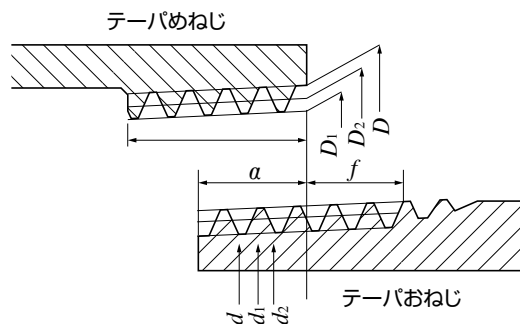
$$P = \frac{25.4}{n}$$

$$H = 0.960237P$$

$$h = 0.640327P$$

$$\gamma = 0.137278P$$

太い実線は基準山形を示す。



単位 Unit : mm

ねじの呼び ^{※1}	ねじ山				基準径			基準径の位置		有効ねじ部の長さ(最小)	
	ねじ山数 (25.4mmにつき) <i>n</i>	ピッチ <i>P</i> (参考)	山の高さ <i>h</i>	丸み γ または γ'	おねじ			おねじ 管端から 基準の長さ <i>a</i>	めねじ 管端部 軸線方向の許容差 $\pm c$	めねじ	
					外径 <i>d</i>	有効径 <i>d₂</i>	谷の径 <i>d₁</i>			不完全 ねじ部がある場合	不完全 ねじ部がない場合
					めねじ			基準径の位置から小径側に向かって	テーパめねじ	テーパめねじ 平行めねじ	
谷の径 <i>D</i>	有効径 <i>D₂</i>	内径 <i>D₁</i>									
R 1/16	28	0.9071	0.581	0.12	7.723	7.142	6.561	3.97	1.13	6.2	4.4
R 1/8	28	0.9071	0.581	0.12	9.728	9.147	8.566	3.97	1.13	6.2	4.4
R 1/4	19	1.3368	0.856	0.18	13.157	12.301	11.445	6.01	1.67	9.4	6.7
R 3/8	19	1.3368	0.856	0.18	16.662	15.806	14.950	6.35	1.67	9.7	7.0
R 1/2	14	1.8143	1.162	0.25	20.955	19.793	18.631	8.16	2.27	12.7	9.1
R 3/4	14	1.8143	1.162	0.25	26.441	25.279	24.117	9.53	2.27	14.1	10.2
R 1	11	2.3091	1.479	0.32	33.249	31.770	30.291	10.39	2.89	16.2	11.6
R 1 1/4	11	2.3091	1.479	0.32	41.910	40.431	38.952	12.70	2.89	18.5	13.4
R 1 1/2	11	2.3091	1.479	0.32	47.803	46.324	44.845	12.70	2.89	18.5	13.4
R 2	11	2.3091	1.479	0.32	59.614	58.135	56.656	15.88	2.89	22.8	16.9
R 2 1/2	11	2.3091	1.479	0.32	75.184	73.705	72.226	17.46	3.46	26.7	18.6
R 3	11	2.3091	1.479	0.32	87.884	86.405	84.926	20.64	3.46	29.8	21.1
R 4	11	2.3091	1.479	0.32	113.030	111.551	110.072	25.40	3.46	35.8	25.9
R 5	11	2.3091	1.479	0.32	138.430	136.951	135.472	28.58	3.46	40.1	29.3
R 6	11	2.3091	1.479	0.32	163.830	162.351	160.872	28.58	3.46	40.1	29.3

注※1 この呼びは、テーパおねじに対するもので、テーパめねじ及び平行めねじの場合は、Rの記号をRc又はRpとする。

備考 1. ねじ山は中心軸線に直角とし、ピッチは中心軸線にそって測る。

2. 有効ねじ部の長さとは、完全なねじ山が切られたねじ部の長さで、最後の数山だけは、その項に管又は管継手に面が残っていてもよい。また、管又は管継手の末端に面取りがしてあっても、この部分を有効ねじ部の長さを含める。

参考値

Technical Data

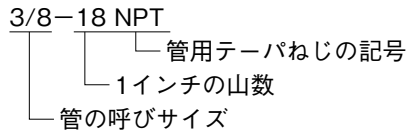
Reference Data

ねじの寸法規格

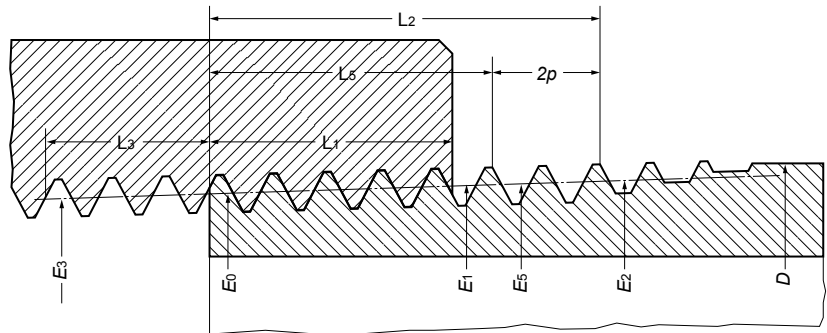
ANSI/ASME B1・20・1-1983による

○ 一般用アメリカ管用ねじ American Pipe Threads, general purpose(Inch)

アメリカ管用ねじの表し方の例



アメリカ管用ねじNPTの基準寸法



- ねじのテーパ=1/16 (1フートにつき0.75インチ)
- ねじ山の角度=60°(軸直角)
- とがり山の高さ $H=0.866025p$
- ねじ山の高さ $h=0.800000p$

単位 Unit : mm

呼びサイズ*1	管の外径 D		山数 (25.4mmにつき)	ねじのピッチ P	手回し締めによるはめ込み長さ			おねじの有効長さ		レンチによる増し締め長さ		管端のおねじの谷径 Ke
					L1		有効径 E1	L2		L3		
					長さ	ねじ山数		長さ	ねじ山数	長さ	ねじ山数	
1	2(インチ)	2	3	4	6	7	8	9	10	14	15	24
1/16	0.3125	7.938	27	0.94082	4.064	4.32	7.142	6.632	7.05	2.822	3	6.137
1/8	0.405	10.287	27	0.94082	4.102	4.36	9.489	6.703	7.12	2.822	3	8.481
1/4	0.540	13.716	18	1.41122	5.786	4.10	12.487	10.206	7.23	4.234	3	10.996
3/8	0.675	17.145	18	1.41122	6.096	4.32	15.926	10.358	7.34	4.234	3	14.417
1/2	0.840	21.336	14	1.81432	8.128	4.48	19.772	13.556	7.47	5.443	3	17.813
3/4	1.050	26.670	14	1.81432	8.611	4.75	25.117	13.861	7.64	5.443	3	23.127
1	1.315	33.401	11.5	2.20878	10.160	4.60	31.461	17.343	7.85	6.627	3	29.060
1 1/4	1.660	42.164	11.5	2.20878	10.668	4.83	40.218	17.953	8.13	6.627	3	37.785
1 1/2	1.900	48.260	11.5	2.20878	10.668	4.83	46.278	18.377	8.32	6.627	3	43.853
2	2.375	60.325	11.5	2.20878	11.074	5.01	58.325	19.215	8.70	6.627	3	55.867
2 1/2	2.875	73.025	8	3.17500	17.323	5.46	70.159	28.893	9.10	6.350	2	66.535
3	3.500	88.900	8	3.17500	19.456	6.13	86.068	30.480	9.60	6.350	2	82.311
3 1/2	4.000	101.600	8	3.17500	20.853	6.57	98.776	31.750	10.00	6.350	2	94.933
4	4.500	114.300	8	3.17500	21.438	6.75	111.433	33.020	10.40	6.350	2	107.554
5	5.563	141.300	8	3.17500	23.800	7.50	138.412	35.720	11.25	6.350	2	134.384
6	6.625	168.275	8	3.17500	24.333	7.66	165.252	38.418	12.10	6.530	2	161.191
8	8.625	219.075	8	3.17500	27.000	8.50	215.901	43.498	13.70	6.530	2	211.673
10	10.750	273.050	8	3.17500	30.734	9.68	269.772	48.895	15.40	6.350	2	265.311
12	12.750	323.850	8	3.17500	34.544	10.88	320.492	53.975	17.00	6.350	2	315.793
14 OD	14.000	355.600	8	3.17500	39.675	12.50	352.365	57.150	18.00	6.350	2	347.345
16 OD	16.000	406.400	8	3.17500	46.025	14.50	403.244	62.230	19.60	6.350	2	397.828
18 OD	18.000	457.200	8	3.17500	50.800	16.00	454.025	67.310	21.20	6.350	2	448.310
20 OD	20.000	508.000	8	3.17500	53.975	17.00	504.706	72.390	22.80	6.350	2	498.793
24 OD	24.000	609.600	8	3.17500	60.325	19.00	606.068	82.550	26.00	6.350	2	599.758

*1 呼び方は次による。

3/8NPTあるいは0.675NPT

— 外径のデシマル寸法

(注)原文からのメートル換算は、ピッチPは小数5位、その他は小数3位以下四捨五入。

原文には欄の番号が1~24あり、上表のほか各部有効径、L2-L1、L4、L5、ねじ山高さh、山あたりの直径増加が示されている。

Table of corresponding Tool Steels brands 工具鋼のブランド対照表

「一般社団法人 特殊鋼倶楽部 WEB サイト 2017年改訂版」より

冷間金型用鋼 Steels for cold molding

分類 Group	JIS相当 Corresponding JIS class	AISI相当 Corresponding AISI class	愛知製鋼(株) Aichi Steel	山陽特殊製鋼(株) Sanyo Special Steel	大同特殊鋼(株) Daido Steel	日本高周波鋼業(株) Nippon Koshuha Steel	日立金属(株) Hitachi Metals	(株)不二越 Nachi Fujikoshi	ウッデホルム(株) Udde Holm	ボーラー Bohler	
炭素工具鋼 Carbon Tool Steels	SK105	W1-10		QK3	YK3					K990	
合金工具鋼 Alloy Tool Steels	SKS93		SK301	QK3M	YK30	K3M	YCS3				
	SKS3		SKS3	QKS3	GOA	KS3	SGT		ARNE	K460	
	SKD1	D3			DC1	KD1	CRD		SVERKER3	K100, K107	
	SKD11	D2	SKD11	QC11	DC11	KD11	SLD SLD-i	CDS11	SVERKER21	K105 K110	
	SKD11(改)					KD11MAX KD11S					
	8% Cr系		AUD15 AUD11	QCM7 QCM8	DC53	KD21	SLD8 SLD10	MDS9	SLEIPNER	K340	
	マトリックス系 ダイス鋼 Matrix type die steel		SXACE		DCMX	NOGA	ARK1		CALDIE UNIMAX	W360	
	SKD12	A2			DC12	KD12			RIGOR	K305	
	プリハードン 40HRC Pre-hardened steel				GO40F	KAP65	HPM-MAGIC		IMPAX HH		
	火炎焼入鋼 Flame-tempered steels		SX105V	QF3	GO5	KRCX	HMD5		FERMO		
	低温空冷鋼 Low-temperature air-cooled steels				GO4	KSM	ACD37				
	耐衝撃鋼 Impact-resistant steels			QF1	GS5	KTV5	YSM				
	その他 Others							SLD-MAGIC	ICS22	CALMAX ELMAX VANCRON40 VANADIS4E VANADIS10	K390 K490 K890
	高速工具鋼 High-speed Tool Steels	SKH51	M2		QH51	MH51	H51	YXM1	SKH9		S600
SKH51系								SKH9D			
SKH55系						HM35	YXM4	HM35 HS53M		S705	
SKH57系						MV10	XVC5	HS93R DURO-SP		S700	
マトリックス系 Matrix type				QHZ	DRM1 DRM2 DRM3 MH85	KMX1 KMX2 KMX3	YXR3 YXR7 YXR33	DURO-FZ DURO-F1 DURO-F3 DURO-F7 DURO-V2 DURO-V5			
粉末高速工具鋼 Sintered High-speed Tool Steels	SKH40			SPM30	DEX40		HAP40	FAX38	VANADIS30	S590	
	マトリックス系 Matrix type				DEX-M1 DEX-M3		HAP5R				
	その他 Others			SPM23 SPM60 SPMR8 SPMV6 SPMX4N	DEX20 DEX60		HAP10 HAP50 HAP72	FAX31 FAX40 FAX55 FAXG2	VANADIS23 VANADIS60	S290 S390 S690 S790	

Technical Data

Reference Data

Table of corresponding Tool Steels brands 工具鋼のブランド対照表

「一般社団法人 特殊鋼倶楽部 WEB サイト 2017年改訂版」より

● 熱間金型用鋼 Steels for hot molding () は鋼種統合

分類 Group	JIS相当 Corresponding JIS class	AISI相当 Corresponding AISI class	愛知製鋼(株) Aichi Steel	山陽特殊製鋼(株) Sanyo Special Steel	大同特殊鋼(株) Daido Steel	日本高周波鋼業(株) Nippon Koshuha Steel	日立金属(株) Hitachi Metals	(株)不二越 Nachi Fujikoshi	三菱製鋼(株) Mitsubishi Steel	ウッデホルム(株) Udde Holm	ボーラー Bohler
合金工具鋼 Alloy Tool Steels	SKD4				DH4	KD4					
	SKD5	H21			DH5	KD5					
	SKD6	H11			DH6	KD6				VIDAR	W300 W400
	SKD61	H13	SKD61	QD61	DHA DHA1	KDA	DAC			ORVAR-2M	W302
	SKD61 (改)		AUD61 AUD60A	QDA61 QDN QDX- HARMOTEX QDN1-R	DHA2 DH21 DHA- WORLD DH31-S DH31-EX	KDA1 KDA1S KDAMAX	DAC-S DAC3 DAC10 DAC55 DAC-MAGIC			ORVAR-S DIEVAR FORMVAR	W303 W403
	SKD61 (快削)				DH2F	KAP90F	FDAC				
	SKD62	H12		QD62	DH62	KDB					
	SKD7	H10			DH72	KDH1					W320
	SKD7 (改)		AUD72	QDH	DH32 DH71 DH73		DAC40 YEM-K	DURO-N1			
	SKD8	H19			DH41	KDF					
	SKD8 (改)				DH42	KDF4	MDC-K				
	SKT4	L6	SKT4A	QT41- HARMOTEX	GFA	KTV	DM			ALVAR14	W500
	SKT4 (改)			QDT	GF78	TD3					
	析出硬化鋼		AUD91 MPH-K		DH76				HD22B		
	その他 Others			QF5	DHA- Thermo					BURE BALDER	
高速度 工具鋼 High-speed Tool Steels	マトリックス 系			QHZ	DRM1 DRM2	KMX1	YXR33	DURO-FZ DURO-F1			W360

プラスチック金型用鋼 Steels for plastic molds () は鋼種統合

分類 Group	硬さ (HRC) Group	JIS相当 Corresponding JIS class	AISI相当 Corresponding AISI class	愛知 製鋼(株) Aichi Steel	JFE スチール JFE Steel	山陽特殊 製鋼(株) Sanyo Special Steel	大同 特殊鋼(株) Daido Steel	日本高周波 鋼業(株) Nippon Koshuha Steel	日立 金属(株) Hitachi Metals	(株)不二越 Nachi Fujikoshi	ウッデ ホルム(株) Udde Holm	ボーラー Bohler	
プリハードン鋼 Pre-hardened Steels	13	SC系	1055		JFE-MD1	PC55		KPM1 KPMAX					
	28	SCM系	4140		JFE-MD3 JFE-MD5		PDS3						
	33	SCM (改)	P20			PCM30	PX5 PXA30	KPM30	HPM7			M200 M201 M238	
		SUS系	S420系				S-STAR D-STAR	GHX	HPM38	PROVA-400 PROVA-450	STAVAX	M303 M310	
		SUS系 (快削)					G-STAR		HPM77		RoyAlloy	M315	
	35	SUS系	S17400			QSH6	NAK101	U630	PSL		CORRAX	N700	
	36	SCM (改)	P20					JHX			IMPAXHH		
	40	SUS系										EDRO400	M303HH
		SKD61 (改)	H13					DH2F	KAP90F	FDAC			
			P21			PCM40S	NAK80	KAP88	HPM-PRO				M461
		P21(快削)			PCM40	NAK55	KAP65	HPM1				M261	
		P21(耐錆)							CENA1 CENA-V				
								HPM-MAGIC		NIMAX			
焼入れ焼戻し鋼 Quench-Tempered Steels	60	SKD11 (改)	D2	AUD11		QCM8 SPMR8 (粉末)	PD613	NOGA	HPM31 ZCD-M		RIGOR SLEIPNER CALDIE CALMAX	K105 K110 K340	
	57	SUS系 440C	S44004			QPD5 SPC5 (粉末)	SUS440C	SUS440C	SUS440C	440C PROVA-500 (粉末)	ELMAX	M340 M390 N685 N690 N695	
	52	SUS系 420	S420系				S-STAR D-STAR G-STAR	GHX	HPM38 HPM38S HPM77	PROVA-400 PROVA-450	STAVAX POLMAX MIRRAX	M310 M333	
時効処理鋼 Age-Hardened Steels	50 以上 or more	マルエー ジング鋼				QM300	MAS1C	KMS	YAG	EXEO-M21		V720 V721	
		その他 Others									CORRAX		
	40	非磁性鋼						NMS1	HPM75				

Table of corresponding Tool Steels brands 工具鋼のブランド対照表

「一般社団法人 特殊鋼倶楽部 WEB サイト 2017年改訂版」より

○ 高速度工具鋼 High-speed Tool Steels

分類	JIS相当 Corresponding JIS class	AISI相当 Corresponding AISI class	山陽特殊 製鋼(株) Sanyo Special Steel	大同 特殊鋼(株) Daido Steel	日本高周波 鋼業(株) Nippon Koshuha Steel	日立 金属(株) Hitachi Metals	(株)不二越 Nachi Fujikoshi	ウッデ ホルム(株) Udde Holm	ボーラー Bohler
タングステン系 Tungsten type	SKH2	T1			H2	YHX2	SKH2		S200
	SKH3	T4			H3		SKH3		S305
	SKH4	T5			H4		SKH4		
	SKH10	T15			HV5				
モリブデン系 Molybdenum type	SKH51	M2	QH51	MH51	H51	YXM1	SKH9		S600 S614 S401
	SKH52	M3-1			H52		HM31		
	SKH53	M3-2			HV1				S607
	SKH54	M4			HV2		HM4		
	SKH55				HM35	YXM4	HM35		S705
	SKH56	M36			HM36		HM36		
	SKH57				HV10	XVC5	HS93R		S700
	SKH58	M7			HM3		HM7NN		S400
	SKH59	M42			HM42	YXM42	HM42		S500
	その他 Others				S70	YXM27 YXM60	HS53M HS97R HM1 HMT12 HM33 SKH9D DURO-SP		
マトリックス系 Matrix type	マトリックス系 Matrix type		QHZ	DRM1 DRM2 DRM3 MH85	KMX1 KMX2 KMX3	YXR3 YXR33 YXR7	DURO-FZ DURO-F1 DURO-F3 DURO-F7 DURO-V2 DURO-V5		W360
粉末系 Powdered type	SKH40		SPM30	DEX40		HAP40	FAX38	VANADIS30	S590
	その他 Others		SPM23 SPM60 SPMR8 SPMV6 SPMX4N	DEX20 DEX60 DEX-M1 DEX-M3		HAP10 HAP50 HAP72 HAP5R	FAX31 FAX40 FAX55 FAXG2	VANADIS23 VANADIS60	S290 S390 S690 S790

Surface roughness 表面粗さ

表面粗さ Surface roughness

種類 Type	記号 Symbol	求め方 Method of determination	求め方の例(図) Example (diagram) of method of determination
算術平均粗さ Calculated average roughness	Ra	粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜き取り部分の平均線の方向にX軸を、縦倍率の方向にY軸を取り、粗さ曲線を $y=f(x)$ で表したときに、次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。 $Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x) dx$	
最大高さ Maximum height	Rz	粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜き取り部分の山頂線と谷底線との間隔を粗さ曲線の縦倍率の方向に測定し、この値をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。 備考: Rzを求める場合には、きずとみなされるような並はずれて高い山および低い谷がない部分から、基準長さだけ抜き取る $Rz = Rp + Rv$	
十点平均粗さ 10-point average roughness	RzJIS	粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜き取り部分の平均線から縦倍率の方向に測定した、最も高い山頂から5番目までの山頂の標高(Yp)の絶対値の平均値と、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高(Yv)の絶対値の平均値との和を求め、この値をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。 $RzJIS = \frac{(Yp1 + Yp2 + Yp3 + Yp4 + Yp5) + (Yv1 + Yv2 + Yv3 + Yv4 + Yv5)}{5}$	<p>$Yp1, Yp2, Yp3, Yp4, Yp5$: 基準長さ ℓ に対する抜き取り部分の、最も高い山頂から5番目までの山頂の標高 The peak points from the highest to the 5th highest in the sampled section of the standard length (ℓ)</p> <p>$Yv1, Yv2, Yv3, Yv4, Yv5$: 基準長さ ℓ に対する抜き取り部分の、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高 The valley points from the lowest to the 5th lowest in the sampled section of the standard length (ℓ)</p>

算術平均粗さ (Ra) と従来の表記の関係 (参考データ)

Relationship between calculated average roughness (Ra) and conventional labels (Reference data)

算術平均粗さ Ra Calculated average roughness		最大高さ Rz Maximum height	十点平均粗さ RzJIS 10-point average roughness	Rz・RzJISの基準長さ Standard length for Rz and RzJIS ℓ (mm)	従来の仕上げ記号 Conventional finish label
標準数値 Examples of standard values	カットオフ値 λc (mm) Cutoff value	標準数値 Examples of standard values			
0.012a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025a	0.25	0.10s	0.10z		
0.050a		0.20s	0.20z		
0.100a	0.8	0.40s	0.40z	0.25	▽▽▽▽
0.200a		0.80s	0.80z		
0.400a		1.60s	1.60z		
0.800a		3.20s	3.20z		
1.600a	2.5	6.30s	6.30z	0.8	▽▽▽▽
3.200a		12.50s	12.50z		
6.300a	8	25.00s	25.00z	2.5	▽▽▽
12.500a		50.00s	50.00z		
25.000a		100.00s	100.00z		
50.000a	-	200.00s	200.00z	8	▽
100.000a		400.00s	400.00z		
				-	-

※3種類の相互関係は、便宜上の関係を表したもので厳密性はありません。Since the correlation between the 3 types are expressed as relations to the symbols, they are not precise.

※Ra: Rz, RzJISの評価長さはカットオフ値、基準長さをそれぞれ5倍した値です。
The evaluation lengths for Ra, Rz, RzJIS are 5 times the cutoff values and the standard lengths for each method.

被削性指数

鋼種 Type of steel	JIS 番号 JIS grade	被削性指数 Machinability indices	鋼種 Type of steel	JIS 番号 JIS grade	被削性指数 Machinability indices
硫黄快削鋼 Free-cutting sulfur Steels	SUM21	100	マルテンサイト系 ステンレス鋼 Martensite Stainless Steels	SUS403	45
	SUM1B	113		SUS410	45
	SUM32	82		SUS416	81
	SUM5	73		SUS420J1	45
ニッケルクロム モリブデン鋼 Nickel-chrome-molybdenum Steels	SNCM431	58		SUS420F	70
	SNCM625	55	SUS431	55	
	SNCM630	50	フェライト系 ステンレス鋼 Ferrite Stainless Steels	SUS405	55
	SNCM439	65		SUS430	48
	SNCM220	67		SUS430F	90
機械構造用炭素鋼 Carbon Steels for machine structures	SNCM815	55	オーステナイト系 ステンレス鋼 Austenite Stainless Steels	SUS302	35
	S10C	73		SUS303	60
	S15C	73		SUS304	45
	S20C	73		SUS316	45
	S30C	70		SUS317	45
	S35C	70		SUS321	45
	S45C	73		SUS347	45
クロム鋼 Chrome Steels	S50C	70	ねずみ鋳鉄 Gray Cast Iron	FC100	55
	SCr1	73		FC150	85
	SCr430	58		FC200	85
機械構造マンガン鋼 Manganese Steels for machine structures	SCr435	73		FC250	65
	SMn433	61		FC300	65
	SMn438	61	FC350	65	
クロムモリブデン鋼 Chrome-molybdenum Steels	SMn443	58	チタン合金 (Ti-6Al-4V) Titanium Alloy		20
	SCM432	73	インコネル X (70Ni-7Fe-15Cr) Inconel		15
	SCM430	70	ステライト 21 Stellite 21 (Co-3Ni-27Cr-5.5Mo)		6
	SCM440	67	ステライト 31 Stellite 31 (Co-10Ni-25Cr-5.5Mo)		6
炭素工具鋼 Carbon Tool Steels	SCM421	49			
	SK1	42			
	SK5	42			
	SK6	49			
合金工具鋼 Alloy Tool Steels	SK7	51			
	SKD11	30			
	SKD61	48			

【注意】 被削性指数は被削性の目安となるもので、種々条件により変化します。

【Note】 The machinability indices are general criteria for machinability, and will vary according to various conditions.

硬さ換算表

ビッカース硬さに対する近似的換算値 Approximate conversion value for Vickers hardness

ビッカース硬さ HV	プリネリ硬さ 10mm球・ 荷重3000kgf		ロックウェル硬さ				シヨア硬さ HS	引張強さ (近似値) MPa (kgf/mm ²)	HV	プリネリ硬さ 10mm球・ 荷重3000kgf		ロックウェル硬さ				シヨア硬さ HS	引張強さ (近似値) MPa (kgf/mm ²)
	標準球	タング ステン カーバ イド球 HB	Aスケール 荷重60kgf ダイヤモンド 圧子 HRA	Bスケール 荷重100kgf 径1.6mm (1/16in)球 HRB	Cスケール 荷重150kgf ダイヤモンド 圧子 HRC	Dスケール 荷重100kgf ダイヤモンド 圧子 HRD				標準球	タング ステン カーバ イド球 HB	Aスケール 荷重60kgf ダイヤモンド 圧子 HRA	Bスケール 荷重100kgf 径1.6mm (1/16in)球 HRB	Cスケール 荷重150kgf ダイヤモンド 圧子 HRC	Dスケール 荷重100kgf ダイヤモンド 圧子 HRD		
1900	-	-	93.1	-	80.5	-	-	-	420	397	397	71.8	-	42.7	57.5	57	1370(140)
1800	-	-	92.6	-	79.2	-	-	-	410	388	388	71.4	-	41.8	56.6	-	1330(136)
1700	-	-	91.9	-	77.9	-	-	-	400	379	379	70.8	-	40.8	56.0	55	1290(131)
1600	-	-	91.3	-	76.6	-	-	-	390	369	369	70.3	-	39.8	55.2	-	1240(127)
1500	-	-	90.5	-	75.3	-	-	-	380	360	360	69.8	(110.0)	38.8	54.4	52	1205(123)
1450	-	-	90.1	-	74.6	-	-	-	370	350	350	69.2	-	37.7	53.6	-	1170(120)
1400	-	-	89.6	-	74.0	-	-	-	360	341	341	68.7	(119.0)	36.6	52.8	50	1130(115)
1350	-	-	89.1	-	73.4	-	-	-	350	331	331	68.1	-	35.5	51.9	-	1095(112)
1300	-	-	88.7	-	72.7	-	-	-	340	322	322	67.6	(108.0)	34.4	51.1	47	1070(109)
1250	-	-	88.3	-	72.1	-	-	-	330	313	313	67.0	-	33.3	50.2	-	1035(105)
1200	-	-	87.9	-	71.5	-	-	-	320	303	303	66.4	(107.0)	32.2	49.4	45	1005(103)
1150	-	-	87.5	-	70.9	-	-	-	310	294	294	65.8	-	31.0	48.4	-	980(100)
1100	-	-	87.1	-	70.3	-	-	-	300	284	284	65.2	(105.5)	29.8	47.5	42	950(97)
1050	-	-	86.6	-	69.6	-	-	-	295	280	280	64.8	-	29.2	47.1	-	935(96)
1000	-	-	86.2	-	68.9	-	-	-	290	275	275	64.5	(104.5)	28.5	46.5	41	915(94)
940	-	-	85.6	-	68.0	76.9	97	-	285	270	270	64.2	-	27.8	46.0	-	905(92)
920	-	-	85.3	-	67.5	76.5	96	-	280	265	265	63.8	(103.5)	27.1	45.3	40	890(91)
900	-	-	85.0	-	67.0	76.1	95	-	275	261	261	63.5	-	26.4	44.9	-	875(89)
880	-	(767)	84.7	-	66.4	75.7	93	-	270	256	256	63.1	(102.0)	25.6	44.3	38	855(87)
860	-	(757)	84.4	-	65.9	75.3	92	-	265	252	252	62.7	-	24.8	43.7	-	840(86)
840	-	(745)	84.1	-	65.3	74.8	91	-	260	247	247	62.4	(101.0)	24.0	43.1	37	825(84)
820	-	(733)	83.8	-	64.7	74.3	90	-	255	243	243	62.0	-	23.1	42.2	-	805(82)
800	-	(722)	83.4	-	64.0	73.8	88	-	250	238	238	61.6	99.5	22.2	41.7	36	795(81)
780	-	(710)	83.0	-	63.3	73.3	87	-	245	233	233	61.2	-	21.3	41.1	-	780(79)
760	-	(698)	82.6	-	62.5	72.6	86	-	240	228	228	60.7	98.1	20.3	40.3	34	765(78)
740	-	(684)	82.2	-	61.8	72.1	84	-	230	219	219	-	96.7	(18.0)	-	33	730(75)
720	-	(670)	81.8	-	61.0	71.5	83	-	220	209	209	-	95.0	(15.7)	-	32	695(71)
700	-	(656)	81.3	-	60.1	70.8	81	-	210	200	200	-	93.4	(13.4)	-	30	670(68)
690	-	(647)	81.1	-	59.7	70.5	-	-	200	190	190	-	91.5	(11.0)	-	29	635(65)
680	-	(638)	80.8	-	59.2	70.1	80	-	190	181	181	-	89.5	(8.5)	-	28	605(62)
670	-	630	80.6	-	58.8	69.8	-	-	180	171	171	-	87.1	(6.0)	-	26	580(59)
660	-	620	80.3	-	58.3	69.4	79	-	170	162	162	-	85.0	(3.0)	-	25	545(56)
650	-	611	80.0	-	57.8	69.0	-	-	160	152	152	-	81.7	(0.0)	-	24	515(53)
640	-	601	79.8	-	57.3	68.7	77	-	150	143	143	-	78.7	-	-	22	490(50)
630	-	591	79.5	-	56.8	68.3	-	-	140	133	133	-	75.0	-	-	21	455(46)
620	-	582	79.2	-	56.3	67.9	75	-	130	124	124	-	71.2	-	-	20	425(44)
610	-	573	78.6	-	55.7	67.5	-	-	120	114	114	-	66.7	-	-	-	390(40)
600	-	564	78.9	-	55.2	67.0	74	-	110	105	105	-	62.3	-	-	-	-
590	-	554	78.4	-	54.7	66.7	-	2055(210)	100	95	95	-	56.2	-	-	-	-
580	-	545	78.0	-	54.1	66.2	72	2020(206)	95	90	90	-	52.0	-	-	-	-
570	-	535	77.8	-	53.6	65.8	-	1985(202)	90	86	86	-	48.0	-	-	-	-
560	-	525	77.4	-	53.0	65.4	71	1950(199)	85	81	81	-	41.0	-	-	-	-
550	(505)	517	77.0	-	52.3	64.8	-	1905(194)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
540	(496)	507	76.7	-	51.7	64.4	69	1860(190)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
530	(488)	497	76.4	-	51.1	63.9	-	1825(186)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
520	(480)	498	76.1	-	50.5	63.5	67	1795(183)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
510	(473)	479	75.7	-	49.8	62.9	-	1750(179)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	(465)	471	75.3	-	49.1	62.2	66	1750(174)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
490	(456)	460	74.9	-	48.4	61.6	-	1660(169)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
480	448	452	74.5	-	47.7	61.3	64	1620(165)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
470	441	442	74.1	-	46.9	60.7	-	1570(160)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
460	433	433	73.6	-	46.1	60.1	62	1530(156)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
450	425	425	73.3	-	45.3	59.4	-	1495(153)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
440	415	415	72.8	-	44.5	58.8	59	1460(149)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
430	405	405	72.3	-	43.6	58.2	-	1410(144)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ここに示す硬さ換算表は、鋼のビッカース硬さに対する近似換算値を示したものである。
The hardness conversion table shown here shows approximate conversion values for the Vickers hardness of steel.