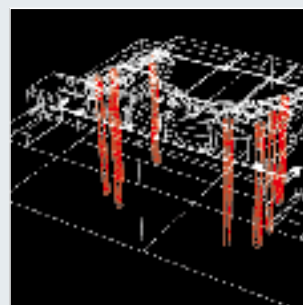




エンドミル

エンドミル各部の名称とエンド外径について	J2
エンドミルの刃形と切削性	J4
エンドミルの再研削	J5
エンドミルの切削条件の求め方	J6
エンドミル使用上のご注意	J7
エンドミル加工のトラブルと原因対策	J8

刃先交換式工具

フライス工具の各部の名称と刃先角度の役割	J10
フライス用インサート各部の名称と役割	J13
フライス加工切削条件の選び方	J15
フライス加工におけるトラブルと原因対策	J16
フライス用SD,SE,TE形標準インサートの各社形番対照表	J17
フライス加工の各社材種対応表	J18

旋削工具

旋削工具各部の名称と刃先角度の役割	J20
旋削用インサート形状と使用用途	J21
旋削の切りくず処理	J22
旋削に関する計算式	J23
旋削における工具損傷対策	J24
旋削における各要因の切削性能への影響	J25
旋削の各社インサートブレーカ対応表	J26
旋削の各社材種対応表	J27

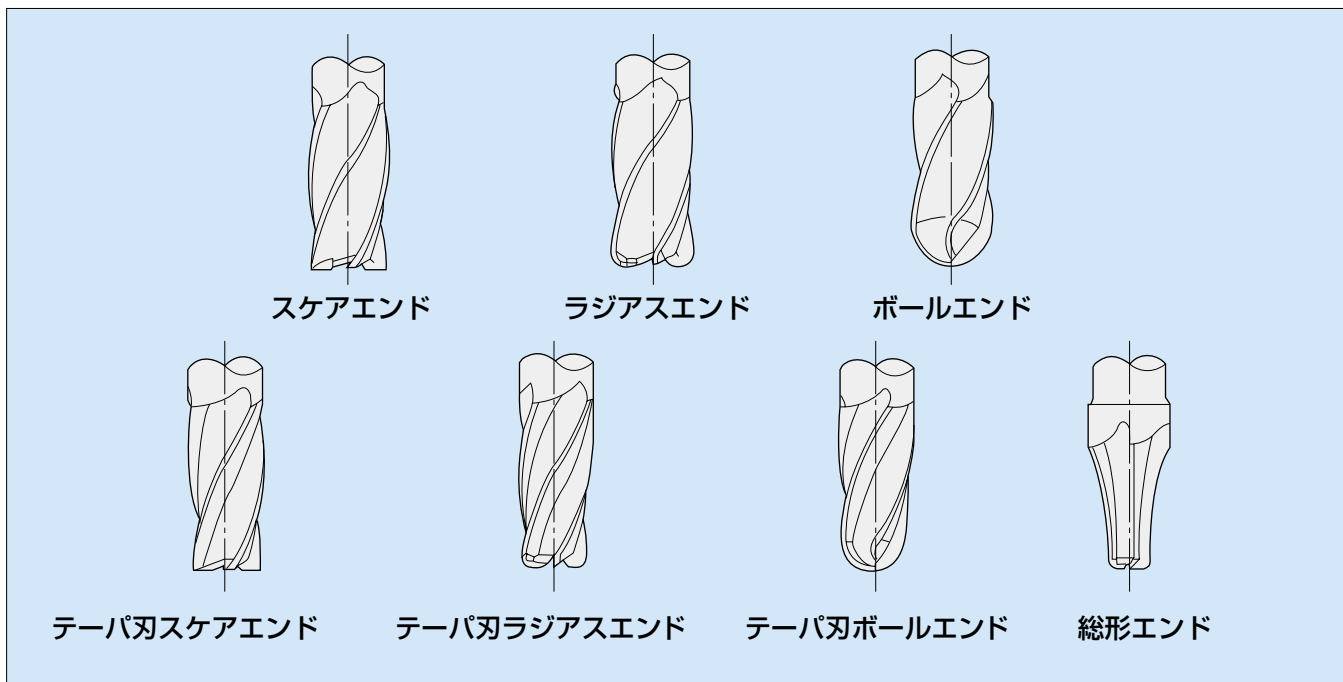
ドリル

ドリル各部の名称と働き	J28
タップ下穴に相当するドリル径	J29
ドリル加工計算式	J29
ドリル加工のトラブルと原因対策	J30

参考資料

工具鋼のブランド対照表	J32
金属材料規格対照表(抜粋)	J36
表面粗さ	J40
被削性指数	J41
硬さ換算表	J42

(3) エンドミル刃部の形状



(4) シャンクの種類

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) ・通常φ6～φ42で使用する。
	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) ・米国普及品。 ・φ20以上はダブルフラット付き
	傾斜フラット付き ストレートシャンク ・軸方向調整機能付き
	ねじ付きストレートシャンク ・欧州普及品

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) ・大径シャンク用。 ・国内ではφ50.8が普及。
	引きねじ付きテーパーシャンク ・モールステーパB&Sテーパーがある
	BT シャンク ・マシニングセンタ用 ・ATC 用
	7/24 テーパーシャンク (ナショナルテーパーシャンク) ・機械直付け用

・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。

エンドミルの刃形と切削性

(1) 外径 D_c と刃長 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 D_c と刃長 ℓ で決まると考えてよく、たわみについては概略

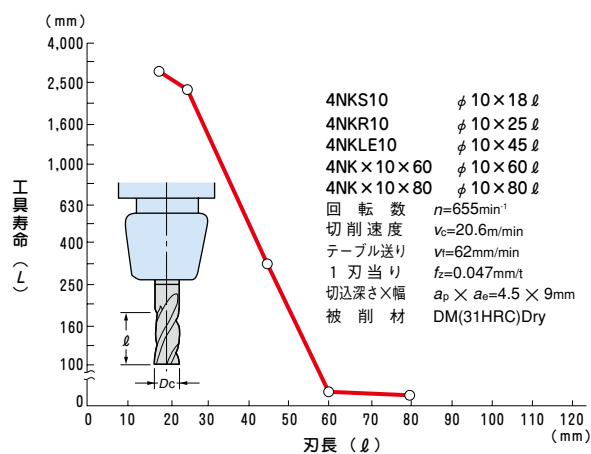
$$\delta = C \frac{\ell^3}{D_c^4}$$

ただし、 δ ：たわみ

C ：定数

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。



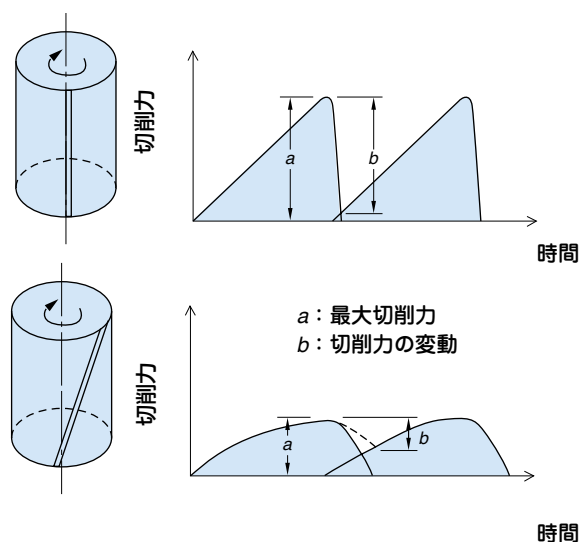
(2) ねじれ角について

通常、エンドミルのねじれ角は、右ねじれ 30° 前後で製作されています。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一溝用エンドミルは、 12° ねじれを採用しております。



エンドミルの再研削

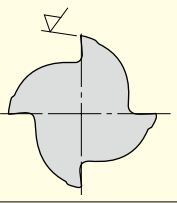
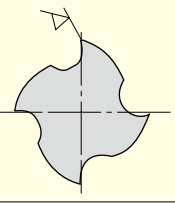
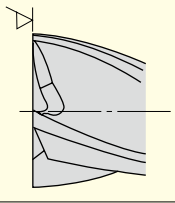
(1) 再研削について

エンドミルが摩耗すると再研削が必要です。過大な摩耗を生じたり、欠損や破損がありますと再研削による再生ができなくなることがありますので、できるだけ早い時期に再研削を行います。エンドミルの再研削には、主として万能工具研削盤を用いますが、すくい面の片持ち研削やボール刃の研削には専用のアタッチメントが必要です。

逃げ角

エンドミル径	外周逃げ角(°)	外周3番角(°)
2	14～18	23～29
3	12～16	17～23
6	11～15	17～23
10	8～12	15～21
20	6～10	13～19
30	6～10	13～19

(2) 再研削の要点

再研削部位	逃げ面研削	すくい面研削	底刃研削
			
対 象	一般エンドミル	ラフィングエンドミル	エンドミル全般
説 明	最も普通の再研削法。わずかな研削代で再生ができ精度維持も容易です。	2番取り形状の刃形に適用。切れ刃輪郭の変化がありません。コーティング工具では、逃げ角がコーティング面に残るので効果を減少させることがありません。	最も摩耗の進みやすいコーナー部を再生するためほとんどの場合必要です。キー溝用など、直接変化を嫌う場合は、刃部切断と併用して底刃のみで再研削を行います。
手 順	①両センチまたは片持ちで、逃げ面摩耗がなくなるまで外周を円筒研削。 ②すくい面側に摩耗がある場合は研削して取除く。 ③逃げ角をつけて逃げ面を研削。(エキセントリック刃付け法を推奨します。)	①すくい角をつけて、すくい面を再研削。1パスずつ刃を移し、回転させながら円筒研削面がなくなるまで研削します。	①片持ちで、適当な逃げ角と中低の勾配をつけて研削します。刃の出入りをつけないよう、1パスずつ刃を移し、回転させながら仕上げます。

(3) 使用砥石

研削箇所	ハイス用		超硬・Max1 用
逃げ面(平形)	WA60 I～K	CBN120～270	ダイヤモンド150～320
すくい面(さら形)	WA60～80K	CBN120～270	ダイヤモンド150～320
底刃(カップ形)	WA60～80K	CBN120～270	ダイヤモンド150～320
荒 用			ダイヤモンド100

(4) 注意事項

- ・ すくい角や逃げ角など角度はできるだけ再研削前の大きさにしてください。
- ・ 焼けやかえりの生じないよう、ゆるやかに丁寧に研削してください。
- ・ 完了品は、摩耗箇所が残っていないことを確認してください。
- ・ 再使用前に必ず寸法・振れ・研削表面をチェックしてください。

エンドミルの切削条件の求め方

(1) 切削速度 (v_c) と回転数 (n)

切削速度(v_c)は、おおむね工具材種と被削材の種類で決まります。工具材種別には通常表 1 の範囲で選びます。

表 1 材種別切削速度 (v_c)

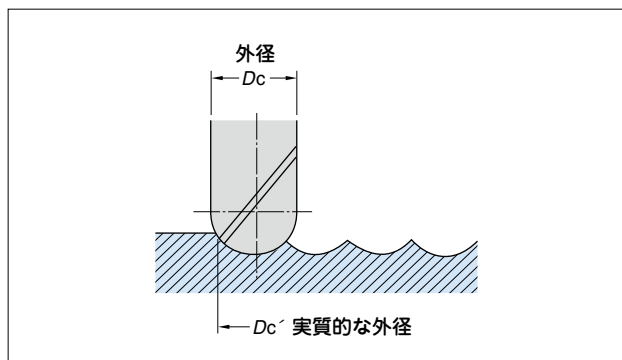
コバルトハイス	$v_c=15\sim30\text{m/min}$
コーティングハイス	20 ~ 45
ESM	20 ~ 60
超硬	30 ~ 60
コーティング超硬	40 ~ 80
サーメット	50 ~ 100

被削材の被削性が良い場合、切込みの少ない場合、切削油を十分使用できる場合は切削速度を高めを選びます。被削性が不明のときは、下限に近い付近からスタートするのが安全です。

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 D_c を切削状況に合わせ、小さく設定してください。

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

n : 回転数 min^{-1} D_c : 外 径 mm
 v_c : 切削速度 m/min π : 円周率 (3.14)



(2) 送り速度 (v_f) と 1 刃当たり送り (f_z)

作業能率は、テーブルの送り速度 (v_f) で決まりますが、切削条件は 1 刃当たり送り (f_z) 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。ショート刃のエンドミルの場合、表 2 が目安になります。レギュラー刃の場合はショート刃の 80% 程度に、またロング刃ではそれ以上に小さくしてください。ラフィング刃の場合は外径により多少異なりますが、20 ~ 50% 大きくできます。

表 2 ショート刃の 1 刃当たり送り 単位 mm

外径	2 枚刃	4 枚刃
6	0.02 ~ 0.04	0.01 ~ 0.03
12	0.04 ~ 0.08	0.03 ~ 0.06
20	0.08 ~ 0.12	0.06 ~ 0.10

送り速度は、1 刃当たり送りから次式で計算します。

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

v_f : 送り速度 mm/min z : 刃 数
 f_z : 1 刃当たり送り mm/t n : 回転数 min^{-1}

(3) 切込み ($a_p \times a_e$)

切込み ($a_p \times a_e$) は基本的には取り代の大きさで決まります。通常一般エンドミルでは、重切削の場合でも切削面積が $D_c \times D_c$ 付近を上限として使用します。従って取り代の大きい場合は、外径の大きいエンドミルが推奨されます。なおエポック 21 シリーズやロング刃シリーズのように仕上げ用、小切込み用に設計された製品では、過剰な切込みをかけないよう注意が必要です。

(4) 切りくず排出量 (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 cm^3/min
 a_p : 切込み深さ mm
 a_e : 切削幅 mm
 v_f : 1 分間当りのテーブル送り速度 mm/min

エンドミル使用上のご注意

(1) 機械

- ・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。

(2) ツーリング

- ・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。

(3) エンドミルの選択

- ・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。

(4) 作業

- ・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、ミスト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。過大摩耗はチッピングの原因にもなりますのでご注意ください。

表3 逃げ面摩耗幅による再研削時期の判定

単位mm

		仕上げ用	荒加工用	ラフィング刃
ハイス	外径10以下	0.1～0.15	0.15～0.2	—
	外径10～30	0.15～0.2	0.2～0.3	0.3～0.5
	外径30以上	0.2～0.3	0.3～0.5	0.5～0.7

標準切削条件の選定

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。

- ・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。

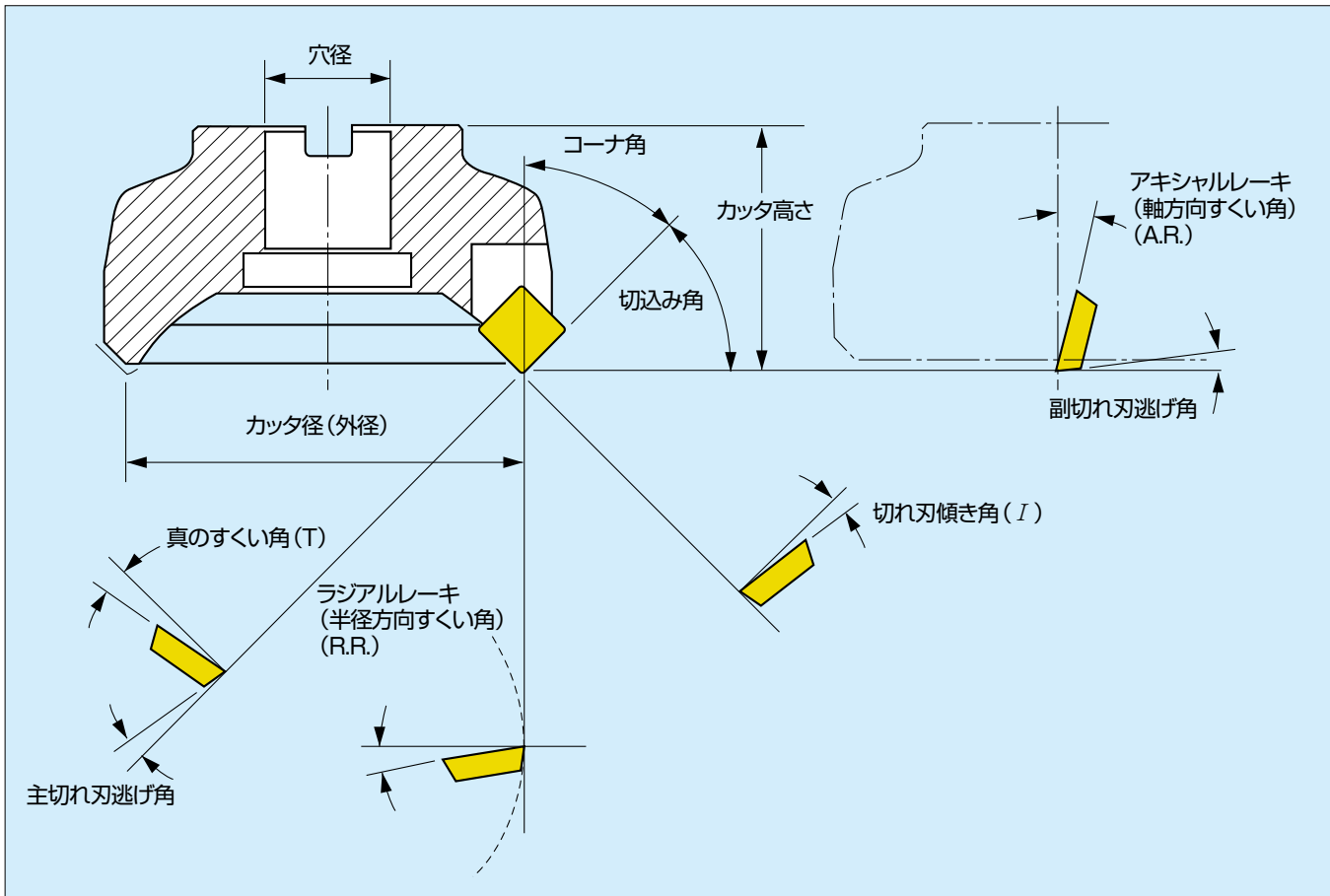
エンドミル加工のトラブルと原因対策

トラブル現象	原因	対策
切削中のびびり	・ 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。	・ 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	・ エンドミルの腰が弱い。 ・ 送り速度が速い。 ・ 切込みが大きい。 ・ 突き出し量が高い。 ・ 切れ刃が摩耗している。 ・ 必要以上に刃長が長い。	・ 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	・ 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。	・ 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	・ 切削速度が速い。 ・ 外周逃げ角が小さい。 ・ 被削材硬さが高い。	・ 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	・ 切れ刃の摩耗が大きい。 ・ 被削材と工具の不適性。 ・ すくい角が小さい。	・ 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	・ 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。	・ 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	・ 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、すくい角が不適性。	・ 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。

トラブル現象	原因	対策
仕上面粗さが悪い	・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。	・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	・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。	・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	・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。	・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。

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

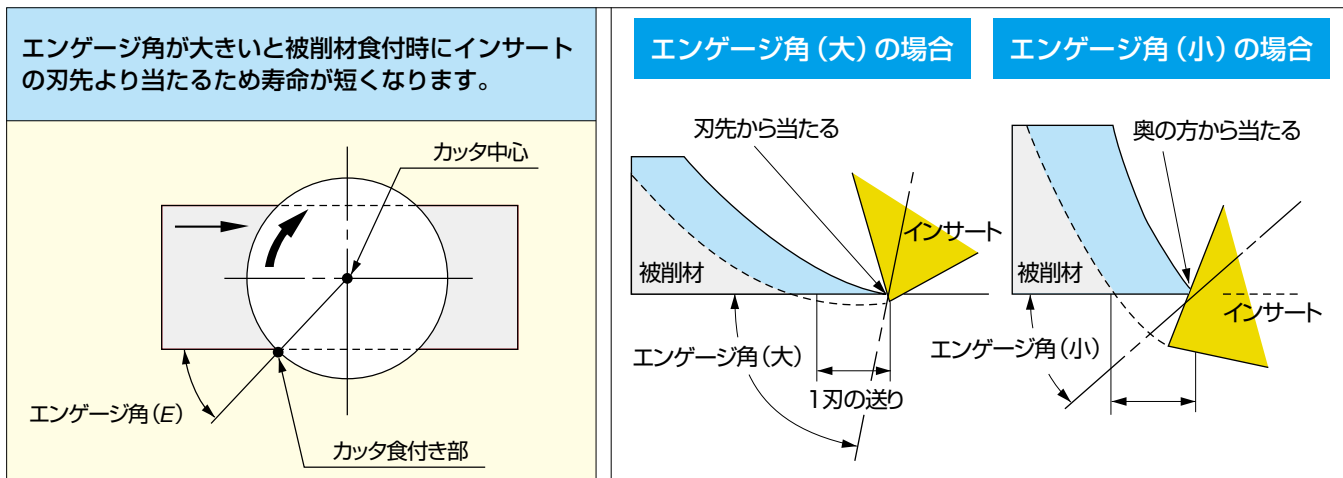


■ 真のすくい角と切削性能

真のすくい角	切れ味	切削動力	刃先強度	発熱	切りくず排出性	耐溶着性
正 (大)	良い	小さい	弱い	少ない	悪い。カッタ内にまき込む傾向ある	良い
↕						
負 (小)	悪い	大きい	強い	多い	良い。カッタの外側に出る	悪い

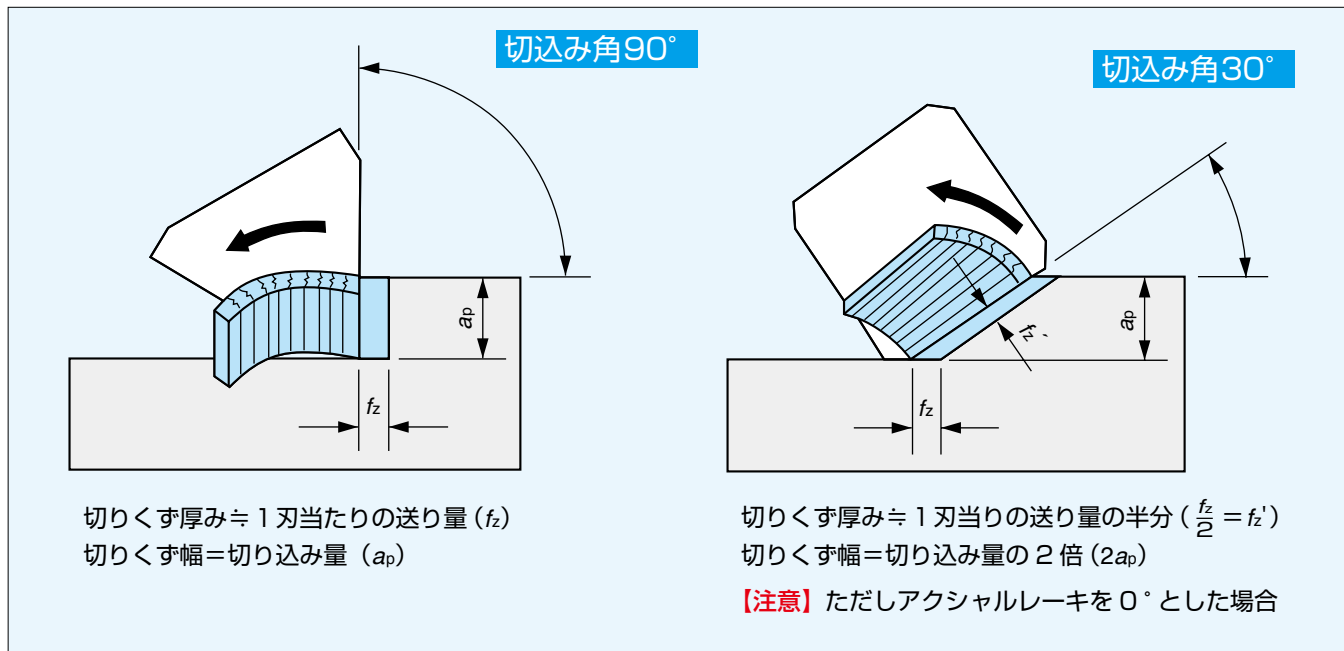
真のすくい角はカッタにセットするインサートの逃げ角によってほぼ決まり、インサートの逃げ角が強い程、真のすくい角も強くなるように設定されています。

■ カッタ径とエンゲージ角



フライス工具の各部の名称と刃先角度の役割

■ 切込み角と切削性能

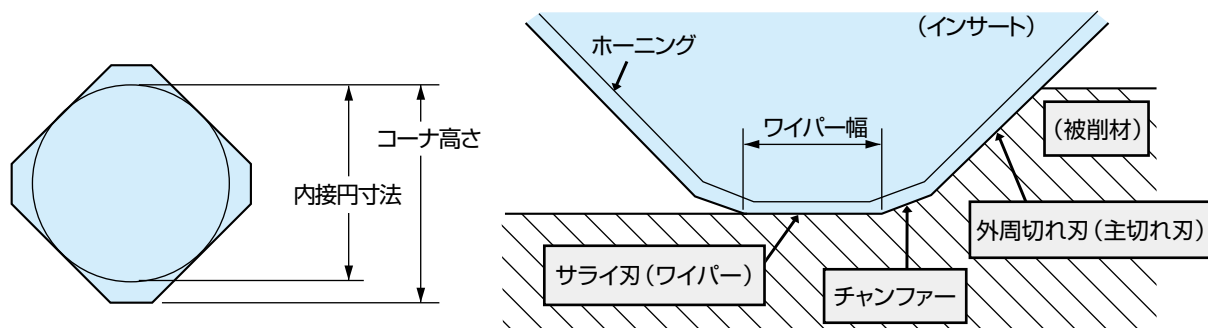


■ 切込み角と切削性能の変化

切削性能要素	大 ← 切り込み角 → 小				
	90°	75°	65°	45°	30°
切りくず形状	厚くて幅が狭い ← → 薄くて幅が広い				
* 切りくず厚み比較	1	0.97	0.91	0.71	0.5
切 削 動 力	少ない ← (ワークに接触する切れ刃長さによる) → 大きい				
インサート摩擦度	多い ← (切れ刃単位長さにかかる切りくず厚さによる) → 少ない				
び び り	出にくい ← (切れ刃長さによる食い付きの差) → 出やすい				
有効切り込み深さ	大きい ← (インサートの倒れの差) → 小さい				
振 動	出やすい ← (スピンドルに対して横からかかる負荷の差) → 出にくい				
ワークを下に押し付ける力	小さい ← (薄板では切込み角小さいとワークがビビル) → 大きい				
切りくずの流れ	良くない ← (横に巻込む) → (上に出る) → 良い				

* 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。

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

サライ刃は仕上専用刃です。

	コーナRのインサートでは、送りマークがノコ刃状に付きますが、ワイパー付きインサートでは平らな面が生成できます。
	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も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。

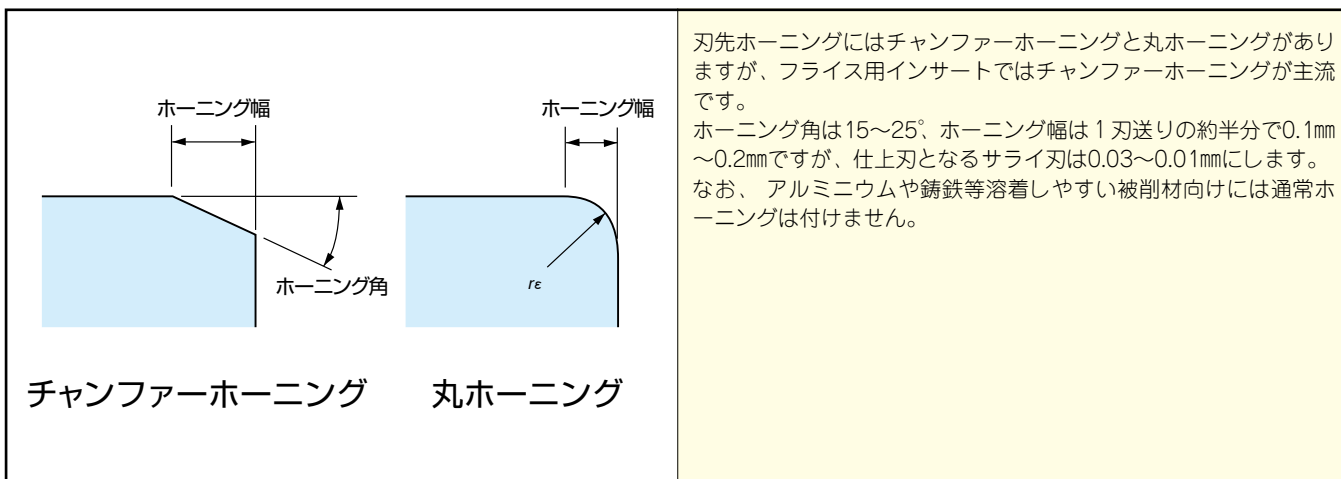
■ チャンファアの役割

チャンファアは、インサートの欠け防止と仕上げ面向上の効果があります。

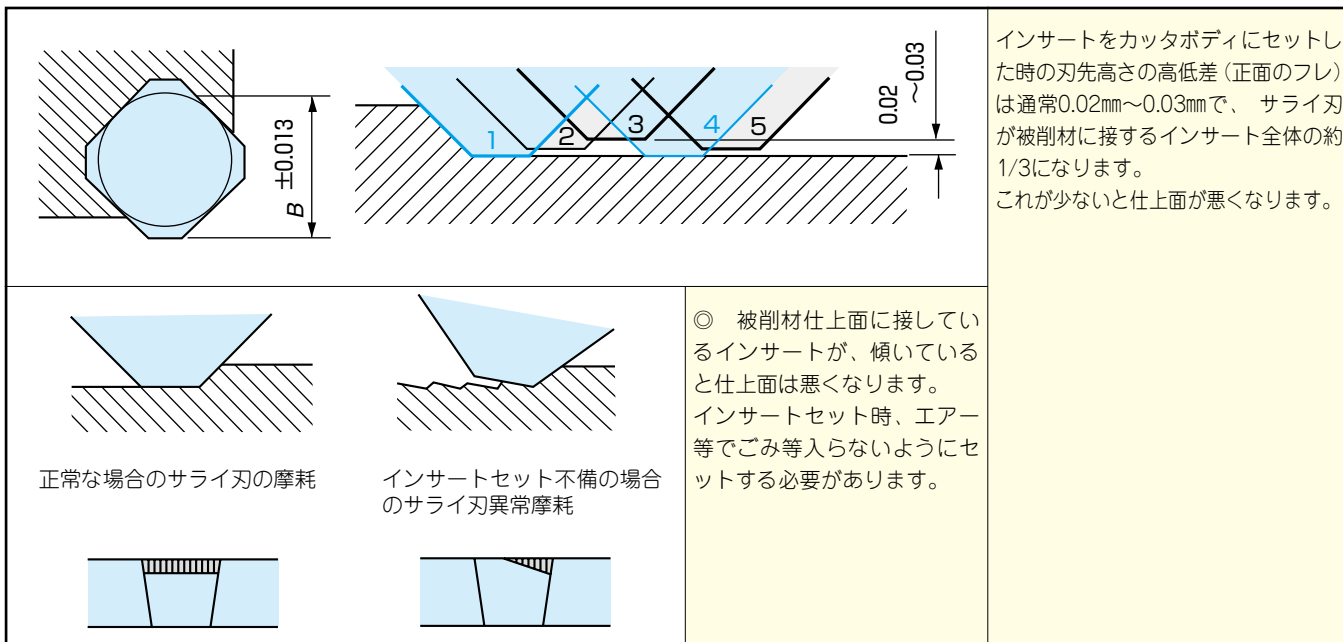
	外周切れ刃とサライ刃の中間にチャンファアと呼ばれる副切れ刃を付けます。 ストレートタイプで幅 0.5 ～ 1.0 mm 付けます。 R タイプは R0.8 ～ R1.2 にします。
弱 ← 刃先強度 → 強 悪 ← 仕上げ面 → 良	

フライス用インサート各部の名称と役割

■ ホーニングの役割 ホーニングは刃先の強度をアップさせます。



■ コーナ高さと仕上げ面 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。



フライス加工切削条件の選び方

● 切削速度 (v_c)

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

回転数 (n)

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

v_c : 切削速度 m/min

D_c : 外径 mm

n : 回転数 min^{-1}

π : 円周率 3.14

● 送り速度 (v_f)

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

1 刃当りの送り (f_z)

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

v_f : 送り速度 mm/min

z : 刃数

n : 回転数 min^{-1}

f_z : 1 刃当りの送り mm/t

● 加工時間 (T_c)

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

T_c : 加工時間 min

v_f : 1 分間当りのテーブル送り速度 mm/min

L : テーブル総送り長さ (被削材長さ + フライス直径) mm

● 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 $\text{cm}^3\text{/min}$

a_p : 切込み深さ mm

a_e : 切削幅 mm

v_f : 1 分間当りのテーブル送り速度 mm/min

● 切削動力 (P_c)

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

P_c : 切削動力 kW

a_p : 切込み深さ mm

a_e : 切削幅 mm

v_f : 送り速度 mm/min

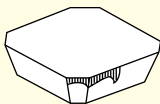
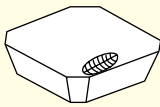
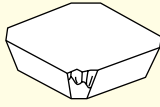
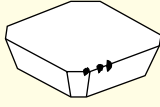
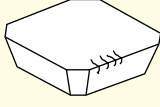
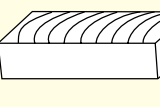
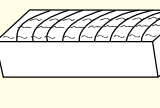
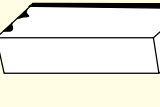
η : 機械効率 (0.6 ~ 0.8)

k_c : 比切削抵抗 N/mm^2 (下の表参照)

■ k_c (比切削抵抗)

被削材材質	引張り強さ (N/mm^2) および硬さ	1 刃当りの送りに対する比切削抵抗 (N/mm^2) k_c				
		0.1mm/t	0.2mm/t	0.3mm/t	0.4mm/t	0.6mm/t
軟鋼	520	2200	1950	1820	1700	1580
中鋼	620	1980	1800	1730	1600	1570
硬鋼	720	2520	2200	2040	1850	1740
工具鋼	670	1980	1800	1730	1700	1600
	770	2030	1800	1750	1700	1580
クロムマンガン鋼	770	2300	2000	1880	1750	1660
	630	2750	2300	2060	1800	1780
クロムモリブデン鋼	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	940	2000	1800	1680	1600	1500
	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
鋳鋼	520	2800	2500	2320	2200	2040
硬質鋳鉄	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
ミーハナイト鋳鉄	360	2180	2000	1750	1600	1470
ネズミ鋳鉄	200HB	1750	1400	1240	1050	970
黄銅	500	1150	950	800	700	630
軽合金 (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
軽合金 (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〉 ○：効果大 ●：効果あり ▼：逆効果 ↑：増やす、大きくする ↓：減らす、小さくする	インサート材種				工 具 形 状							切 削 条 件					
	靱性の高い材種にする	耐摩耗性の高い材種にする	サーメットにする	コーティングにする	ホーニング量を変える	すくい角を変える	逃げ角を変える	インサートを厚くする	コーナ角を大きくする	インサートを精密級にする	刃数を変える	サライ刃を付ける	切削速度を変える	送り量を変える	切込み量を変える	切削油をかける	エンゲージ角を小さくする
トラブル項目																	
 逃げ面摩耗 (フラック)		○		○	● ↓		↑ ●		●				● ↓				
 すくい面摩耗 (クレータ)		●	●	●		↑ ●							● ↓	● ↓		●	
 衝 撃 性 チッピング	○				↑ ○ ↓	● ↓	● ↓	●	●					● ↓			●
 溶 着 性 チッピング	●		●	○	● ↓	↑ ●							↑ ○			○	
 熱 亀 裂	●							●					● ↓			▼	
 仕 上 面			○		● ↓	↑ ●	↑ ●			○		○	↑ ●	● ↓	● ↓	○	
 び び り					● ↓	↑ ●	↑ ●				● ↓		● ↓	● ↓	● ↓		
 コバ欠け・バリ					● ↓	↑ ●	↑ ●		●		↑ ●			● ↓	● ↓		●

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ともない各社相当形番の対照を示します。

当社形番 (商品コード)	精度	用途	各 社 相 当 形 番				
			三菱マテリアル	タンガロイ	住友電工ハードメタル	京 セ ラ	セコツール
SDE42TN-C9	E	鋼	SDEN1203AEN	SDEN42ZTN			
SDE42TN-C9A6				SDEN42ZTN20	SDEX42MT		
SDE42TN-G9Y							
SDE42TN-G9C3				(SDEN42ZTNCR)			
SDK42TN-C9	K	用	SDKN1203AEN	SDKN42ZTN	SDKN42MT	SDKN1203AUTN	
SDK42TN-C9A2							
SDK42TN-B9							
SDK42FN-C9		鋳鉄		SDKN42ZFN	SDKN42M	SDKN1203AUFN	
SDC53TN-C9	C	鋼					
SDC53TN-B9							
SDE53TN-C9	E			SDEN53ZTN	SDEX53MT		
SDK53TN-C9	K	用	SDKN1504AEN	SDKN53ZTN	SDKN53MT	SDKN1504AUTN	
SDK53TN-B9							
SDK53FN-C9		鋳鉄		SDKN53ZFN	SDKN53M		
SEE42TN-C9	E	鋼	SEEN42AFTN1				
SEE42TN-C9Y							
SEE42TN-G9							
SEE42TN-G9Y							
SEE42TN-G9A2				(SEEN42AFTN24)			
SEE42TN-G9C3							
SEE42FN-C9		鋳鉄	SEE42AFEN1				
SEK42TN-C9	K	鋼用	SEKN42FTN1	SEKN42FTN	SEKN42MT	SEKN1203AFTN	SEKN1203AFTN
SEK42FN-C9		鋳鉄	SEKN42AFEN1	SEKN42AFFN	SEKN42M	SEKN1203AFFN	SEKN1203AFN
SEE53TN-C9	E	鋼	SEEN53AFTN1				
SEE53TN-C9Y							
SEE53TN-G9Y							
SEE53FN-C9		鋳鉄	SEEN53AFEN1				
SEK53TN-C9	K	鋼用	SEKN53AFTN1		SEKN53MT		SEKN1504AFTN
SEK53FN-C9		鋳鉄	SEKN53AFEN1		SEKN53M		SEKN1504AFN
SEE42TR-G3	E	鋼用	SEEN42EFTR1	SEEN42EFTRCR			
SEE42FR-G3		鋳鉄	SEEN42EFER1				
SEK42TR-G3	K	鋼用	SEKN42EFTR1	(SEKN42EFTR)		(SEK42EF3R)	
TEE32TR-G0	E	鋼用	TEEN32PETR1	TEEN32ZTR			
TEK32TR-G0	K	鋼用				TEK32PT3R	
TEK32FR-G0		鋳鉄				(TEK32PT3R)	
TEE43TR-G0E	E	鋼	TEEN43PETR1	TEEN43ZTR	TEEN43TR	TEE43PT4R	
TEE43TR-G0EY							
TEE43FR-G0E		鋳鉄	TEEN43PEER1	(TEEN43ZFR)	(TEEN43R)		
TEK43TR-G0E	K	鋼用	TEKN43PETR1		TEKN43TR	TEK43PT4R	
TEK43FR-G0E		鋳鉄	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。

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

用途	使用分類	グレード	当 社	三菱 マテリアル	タンガロイ	住友電工 ハードメタル	サンドビック	京セラ	ダイジェット	ケナメタル	セコツール
フ ラ イ ス	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 JC5118 JC6235 JC5040 JC8050	KC715M KC725M KC792M KC994M	MP1500 MP2500 MP3000 T250M T15M T20M T25M F20M F25M F40M
		P10	PCA12M PN15M PN215 JP4115	MP6130 UP20M VP20RT VP30RT	AH3035 AH3135 AH110 AH120		GC2030 GC2040 GC3040 GC4220				
		P20	CY150 CY9020 JP4120	F7010 FH7020 F7030	AH130 AH140 AH9030		GC4230 GC4240				
		P30	HC844 CY25 CY250 CY250V JS4045		GH130 AH330 GH330 T3130						
		P40	PTH30E PTH40H JS4060 GX2140		T313W						
	M	M01	PN08M PN208	VP15TF	AH120	ACM100	GC1130	PR1525	JC730U	KC730M	MP2500
		M10	PN15M PN215	MP9130 MP9030	AH130 AH140	ACM200 ACM300	GC1030 GC2030	PR1535 PR1225	JC835S JC8015	KC725M KC994M	T250M T20M
		M20	JP4120	UP20M VP20RT	AH725 AH730	T250A T4500A A30N	GC2040 GC1040 GC4230 GC4240	PR830 CA6535	JC5015 JC5118 JC8050		T25M F30M F40M
		M30	HC844 CY250 JS4045	MP7140 VP30RT F7010 F7030	GH110 GH130 AH330 GH330						
		M40	PTH30E PTH40H JM4160 GX2160 AX2040		GH340 AH3135 T3130						
	K	K01	ATH80D ATH08M TH308	MP8010 VP15TF	GH110 AH110	ACK200 ACK300	GC1010 GC1020	PR1510 PR1210 CA420M	JC8003 JC605W JC600	KC915M KC920M KC925M KC992M KC930M	MK1500 MK2000 MK3000 T150M T250M F15M MP1500
		K10	ATH10E TH315 CY100H	VP20RT MC5020	AH725 AH120 GH130 AH330 T1115		GC3330 GC3040 GC3220 GC4220 GC4230 GC4240 K15W K20D K20W		JC608X JC6610 JC8015 JC5015 JC6235 JC5080		
		K20	CY9020 CY150 PTH13S JP4120 GX2120								
		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 VP15TF		ACM100 ACM200 ACM300	GC1130 GC1030	PR1535 PR1210 CA6535 KPD001 KPD010	JC8003 JC8015 JC5015 JC5118 JC835S JC8050		
		S10	JP4120 JS1025	MP9130			GC2030 GC2040				
		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。

■ 超硬合金材種

使用分類	グレード	当 社	三菱 マテリアル	タンガロイ	住友電工 ハードメタル	サンドビック	京セラ	ダイジェット	ケナメタル	セコツール
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	EX40		TX30 UX30	A30 A30N	SM30	PW30	SR30 DX30 DX25	K420 KM K21	S25M
	P40	EX45		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	EX45	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	Z01	NM08		F	F0 AFO F1			FB10		
	Z10	NM10 NM12 NM15	MF10	M EM10	A1 AF1			FB10 FB15		
	Z20	BRM20 EF20N	TF15 UF20	EM20 UM				FB15 FB20		
	Z30	NM25 NM40	UF30	UM				FB20		

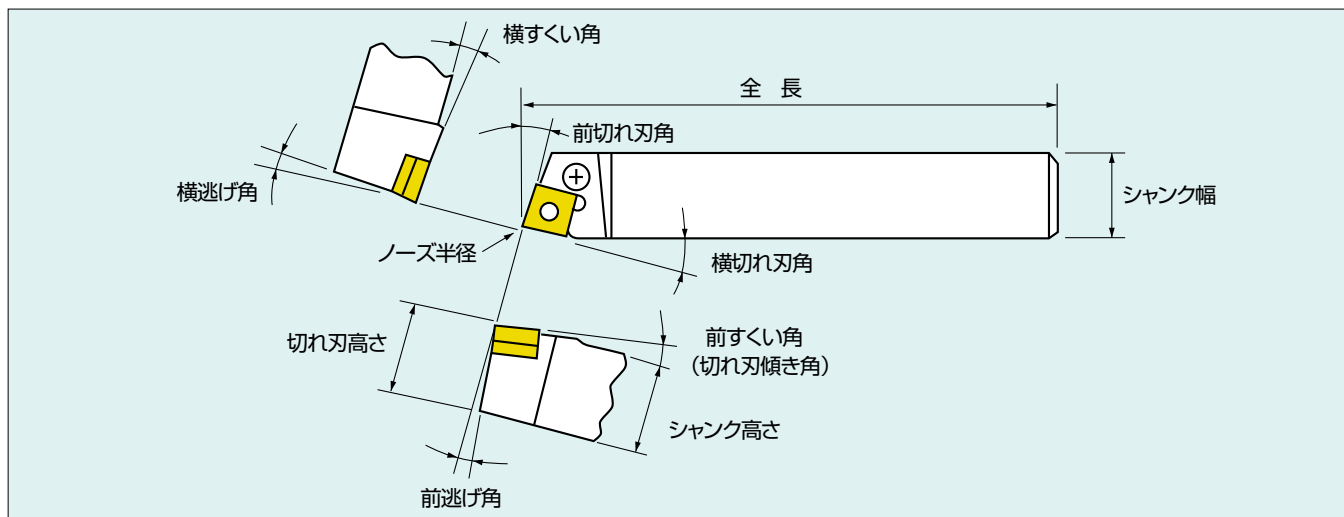
■ サーメット材種

使用分類	グレード	当 社	三菱 マテリアル	タンガロイ	住友電工 ハードメタル	サンドビック	京セラ	ダイジェット	ケナメタル	セコツール
旋削用	P10	CH350	AP25N NX2525	NS520 AT520 AT530	T110A T2000Z T1200A		TN30 PV30	LN10 CX50 NIT CX75	KT125 HTX	
	P20	CH550 CZ1025	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	P10	CH550	NX2525	NS530	T12A		TN60	NIT CX75	KT530M KT195M	CM15
	P20	CH7030 MZ1000	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。

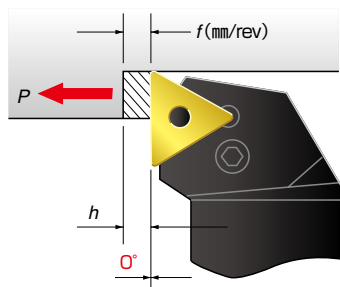
旋削工具各部の名称と刃先角度の役割

各部の名称



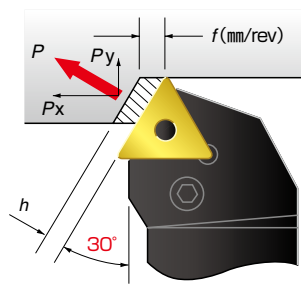
バイトホルダ横切れ刃角の影響

横切れ刃角： 0°



被削材と接触長さが短くなるため厚くて幅の狭い切りくずが出ます。

横切れ刃角： 30°



被削材との接触長さが長くなるため薄くて幅の広い切りくずが出て、被削材を押す分力 P_y が発生します。

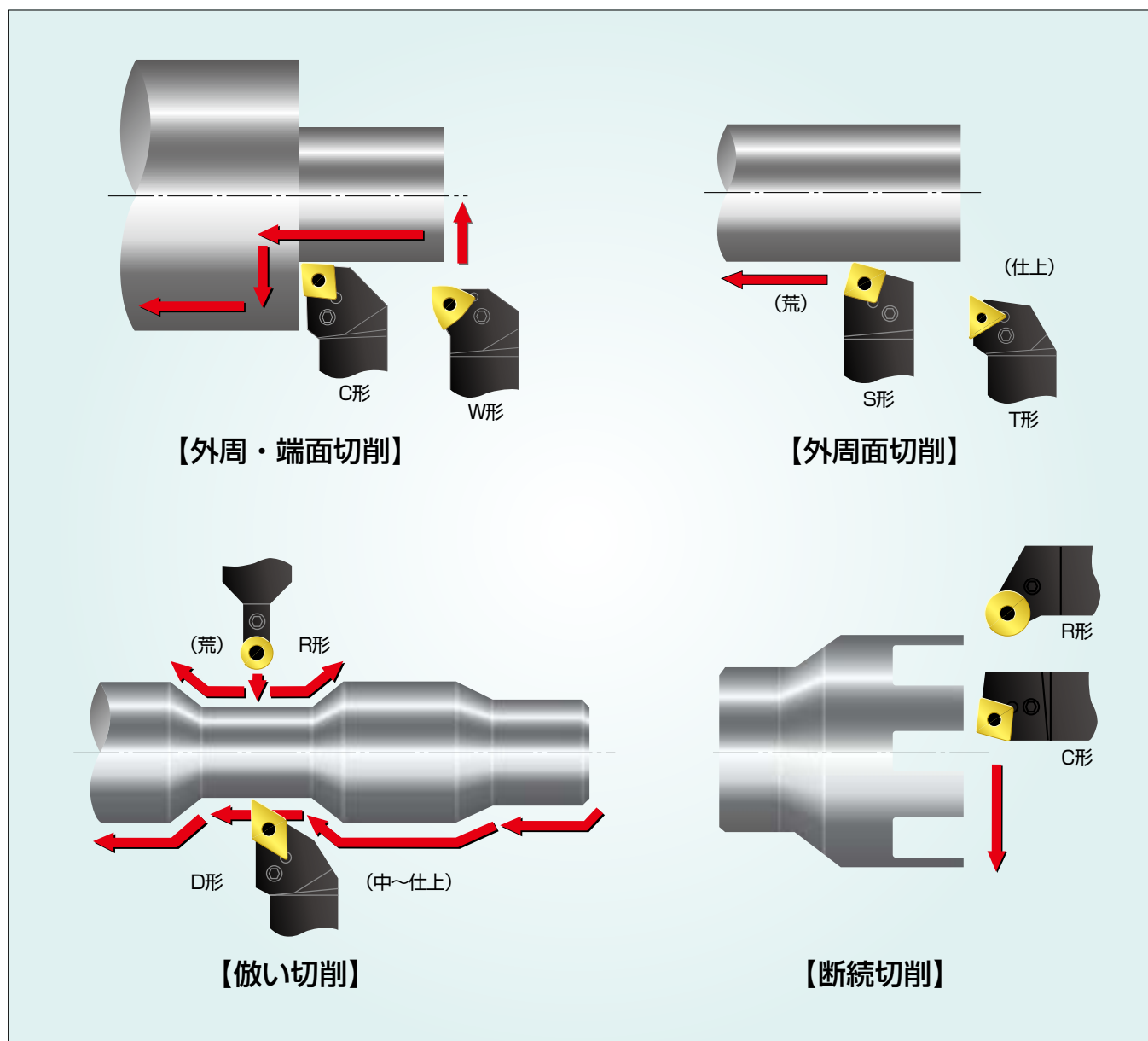
● 切削性能に及ぼす影響

項目	小	横切れ刃角	大
刃先の摩耗率	大	←→	小
被削材	削りやすい材料	←→	削りにくい材料
切削動力	小	←→	大
びびり	出にくい	←→	出やすい
切削方法	仕上	←→	荒
被削材剛性	細くて長い物	←→	太い物
機械剛性	剛性低い場合	←→	剛性高い場合
切りくず処理性	良い	←→	悪い

旋削用インサート形状と使用用途

インサート形状	R 形	S 形	C 形	W 形	T 形	D 形	V 形
ノーズ角	360°	90°	80°	80°	60°	55°	35°
刃先強度	強い						弱い
使用コーナ数 (片面)	3～4	4	2	3	3	2	2

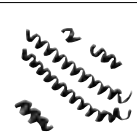
加工例



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。

(1) 切りくず形状の分類

区分	切りくず形状	切りくず長さ		良否	備 考
①		連 続	不規則な形の連続	不良	・ 工具やワークにからみつき危険
②			規則的な形の連続	(不良) $\ell \leq 100 \text{ mm}$	・ 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があり ・ 人が付いている場合は、好まれることあり
③		分 断	2～10 巻程度 ($\ell \leq 50 \text{ mm}$)	良 好	・ 刃先にさほど負荷かからず、理想的な切りくず ・ 特に波状につながった切りくずばかりが出る場合は「ききすぎ」の状態 ①びびり、仕上面不良の原因 ②抵抗や発熱の増加より工具寿命低下の原因
④			1 巻程度		
⑤			1/2 巻以下。 波状に連がることもあり。	(不良)	

(2) 当社における切りくず処理有効範囲

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、ブレーカの有効領域をきめている。

切りくず処理領域



旋削に関する計算式

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

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

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

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

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

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

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

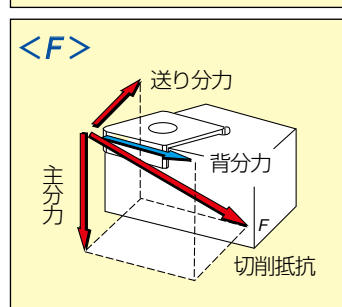
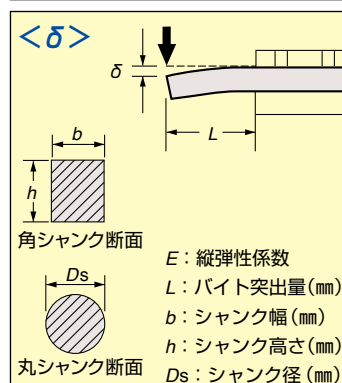
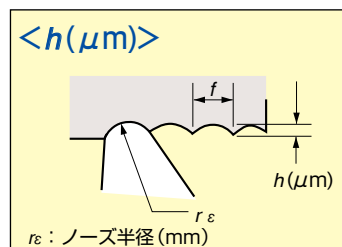
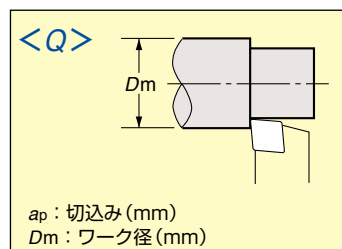
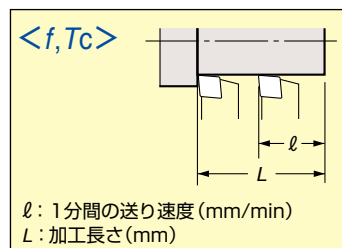
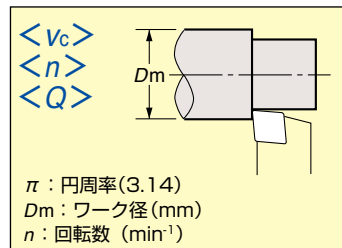
● 切削動力： P_c (kW) $P_c = \frac{v_c \times a_p \times f \times k_c}{60,000 \times \eta}$

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

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

(参考)

被削材	比切削抵抗 k_c (N/mm ²) $f = 0.1 \sim 0.4$	機械効率係数 η 高剛性 (新機械) ~ 低剛性 (古機械)	縦弾性係数 E (N/mm ²)	
			鋼材	超硬
炭素鋼	3000 ~ 2500	0.8 ~ 0.7	210000	560000
合金鋼	4500 ~ 3000			}
鋳鉄	2000 ~ 1500			620000



旋削における工具損傷対策

損傷の状態	原因	対策		
		工具材種	工具形状	切削条件
極端な逃げ面摩耗 	● 切削速度が速すぎる ● 工具の耐摩耗性不足	● 耐摩耗性の高い材種にする。 GM8035, IP3000 HG8025, IP2000 HG8010 ● 正常摩耗の場合は、サーメットを使用する。	● コーナRを大きくする ● インサートブレードの見直し (ブレイキング効果の弱いブレードを使用する)	● 切削速度を下げる ● 湿式切削とする
極端なすくい面摩耗 	● 切削速度が速すぎる ● 送りが高すぎる	● 耐クレータ性の高い材種にする GM8035, IP3000 HG8025, IP2000 HG8010	● インサートブレードの見直し (ブレイキング効果の弱いブレードを使用する)	● 切削速度を下げる ● 送りを下げる ● 湿式切削とする
塑性変形(へたり) 	● 高速、高送りによる切れ刃の軟化	● より耐熱性の高い材種にする GM8035, IP3000 HG8025, IP2000 HG8010	● コーナRを大きくする ● インサートブレードの見直し (ブレイキング効果の弱いブレードを使用する)	● 切削速度を下げる ● 送りを下げる ● 湿式切削とする
サーマルクラック 	● 熱応力、熱疲労	● 耐熱衝撃性の高い材種にする IP3000 GM8035・GX30	● インサートブレードの見直し (ブレイキング効果の弱いブレードを使用する)	● 切削速度を下げる ● 送りを下げる ● 乾式切削とする
チッピング 	● 振動、衝撃	● より靱性の高い材種にする HG8010 HG8025, IP2000 IP3000	● インサートブレードの見直し(より切れ刃強度の高いブレードを使用する) ● 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	● 送りを下げる ● 切込みを小さくする
初期欠損 	● 工具の機械的強度不足 ● 切削条件の不適性	● より靱性の高い材種にする HG8010 HG8025, IP2000 IP3000	● インサートブレードの見直し(より切れ刃強度の高いブレードを使用する) ● 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	● 送りを下げる ● 切込みを小さくする

旋削における各要因の切削性能への影響

要 因			切削性能の受ける影響 ↗ : 良くなる ↘ : 悪くなる							
	要 素	状 況	工具寿命		品 位				切りくず 処 理	切削抵抗
			耐摩耗性	強度	寸法精度	溶着	びびり	仕上面		
工 具 形 状	横切れ刃角	大きい	↗	↗			↘		↘	↘
		小さい	↘	↘	↗		↗	↗	↗	↗
	ノーズ半径	大きい	↗	↗	↘		↘	(↗)	↘	↘
		小さい	↘	↘	↗		↗	(↘)	↗	↗
	すくい角	大 (正)	↗	↘	↗	↗	↗	↗		↗
		小 (負)	↘	↗	↘	↘	↘			↘
	刃先処理量 (ホーニング等)	大きい	↘	↗	↘	↘	↘	↘		↘
		小さい	↗	↘	↗					↗
	ブレーカ効果	強い		↘		↗			↗	↘
		弱い		↗					↘	↗
切 削 条 件	切削速度	高い	↘			↗		↗	↘	↗
		低い	↗			↘		↘	↗	↘
	送り速度	高い	↘	↘	↘		↘	↘	↗	↘
		低い	↗	↗	↗		↗	↗	↘	↗
	切込み	大きい		↘	↘		↘	↘	↗	↘
		小さい		↗	↗		↗	↗	↘	↗
	切削油	有	↗			↗		↗	↗	↗
		無	↘					↘		↘

【注意】 () : 条件により逆転する場合あり。

旋削の各社インサートブレード対応表

	P 鋼						
	FF	F	MF	M 中切削		R 荒切削	
	精密仕上げ	仕上げ	軽切削	連続	断続	両面	片面
当社	FE	BH	AB,CT	AH	AY (AY,AE)	RE	TE,UE
三菱 マテリアル	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	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	FA FL	SU LU LUW※2 SP	SX	GU GUW※2	UX UG	MU MX	HG MP HP
サンドビック	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	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		K 鋳鉄		内径用		大型インサート	円形インサート	
	F	M/R	F	M/R	仕上げ	軽切削	重切削	全周	ブレード付
	仕上~軽切削	中~荒切削	仕上~軽切削	中~荒切削					
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	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	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	SU UP	EX	UZ	UX	LU FC LUW※2	SU MU SF SC	MP HG HP	RP	RX
サンドビック	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	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：外周研摩品 ※2：ワイパーインサート

注) 本表は、各社の承認を得たものではありません。

旋削の各社材種対応表

■ 旋削 コーティング材種

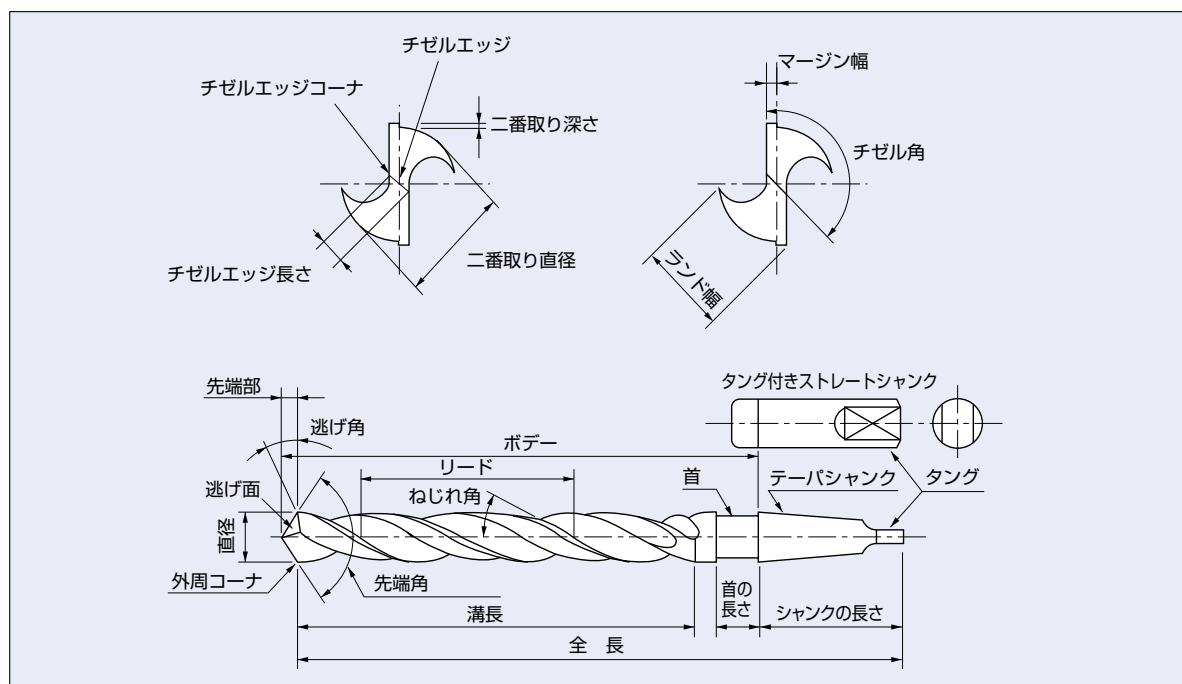
	P 鋼				M ステンレス鋼		K 鋳鉄		
	P10	P20	P30		F	M/R	F	M	R
	F/MF 仕上げ切削 軽切削	M 中切削	R 荒切削		F 仕上げ切削	M/R 中/荒切削	F 仕上げ切削	M 中切削	R 荒切削
当社	HG8010	耐欠損性アップ HG8025, IP2000 (GM25)	IP3000 (GM8035)		耐欠損性アップ IP050S IP100S GX30		耐欠損性アップ	HX3505 HX3515	HG8010
		耐摩耗性アップ			耐摩耗性アップ		耐摩耗性アップ		
三菱 マテリアル	UE6105 UE6010 UE6110	UC6010 UC610 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	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	AC700G AC1000 AC810P	AC2000 AC720 AC820P	AC25 A820P	AC3000 AC304 AC830P	AC610M EH10Z EH510Z AC2000 AC510U	AC630M EH520Z AC304 AC3000 AC520U	EH10Z AC410K AC300G AC405K	AC410K AC700G AC110G AC415K	AC700G AC2000 EH20Z AC420K
サンド ビック	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	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。

注2) 赤字はPVDコートを示します。

ドリル各部の名称と働き

■ ドリル各部の名称



■ ドリル各部の働き

① 直 径

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 -0.01mm 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ーと称します。

寸法の区分	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	0 -0.014	0 -0.018	0 -0.022	0 -0.027
寸法の区分	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	0 -0.033	0 -0.039	0 -0.046	0 -0.054

② ねじれみぞの働き

ねじれみぞ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、みぞ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。

③ ウエブ

ウエブとは、ドリルの心部にあたるところで、この厚さはドリルの強さに大きな影響を与えます。

④ 二番取り面

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。

タップ下穴に相当するドリル径

メートル並目ねじ		直径 (mm)	ひっかかり率 %
呼 び	ピッチ (mm)		
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

ドリル加工計算式

■ 切削速度 (v_c)

$v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000} \text{ (m/min)}$	v_c (m/min) : 切削速度 π (3.14) : 円周率	D_c (mm) : ドリル直径 n (min^{-1}) : 回転数
--	--	---

■ 主軸送り (v_f)

$v_f = f \times n \text{ (mm/min)}$	v_f (mm/min) : 主軸 (Z軸) 送り速度 f (mm/rev) : 1回転当たりの送り量 n (min^{-1}) : 回転数
-------------------------------------	---

■ 穴あけ時間 (T_c)

$T_c = \frac{H \times i}{n \times f} \text{ (min)}$	T_c (min) : 加工時間 H (mm) : 穴あけ深さ i : 穴数	n (min^{-1}) : 回転数 f (/rev) : 1回転当たりの送り
---	--	---

■ 切りくず排出量 (Q)

$Q = \frac{\pi \times D_c^2}{4} \times n \times f \div 1000 \text{ (cm}^3/\text{min)}$	Q (cm^3/min) : 切りくず排出量 π (3.14) : 円周率 D_c (mm) : ドリル直径	n (min^{-1}) : 回転数 f (/rev) : 1回転当たりの送り
--	--	---

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
・ 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)	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、チゼル部のカケ

・ 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)	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. ドリルのみぞ長を短くし剛性を高める。
---	---

◎ドリルの摩耗

・ 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)	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）

・ 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)	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

要 因 (対 策)	対 策
・ テーパシャンクのテーパ部のキズ (a) ・ スリーブの摩滅、キズ (b)	a. テーパ部のキズを取る。 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

・ 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)	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。
---	---

工具鋼のブランド対照表

■ プラスチック金型用鋼 ()は鋼種統合

分類	硬さ (HRC)	JIS相当	AISI相当	日 立 金属(株)	大 同 特殊鋼(株)	日本高周波 鋼業(株)	ウ ッ デ ホルム(株)	(株)不二越	山陽特殊 製鋼(株)	愛 知 製鋼(株)	(株)神戸 製鋼所	住友金属 工業(株)	新日本 製鉄(株)	JFE スチール	三 菱 製鋼(株)	日 本 製鋼所	ポーラー	アルセロー ルミタル
プリ ハ ー ド ン 鋼	13	SC 系	1055		PXZ	KPM1 KPMAX			PC55	AUK1	KTSM21 KTSM2A KTSM22	SD17 SD18T	N-PUK30	JFE-MD1		NPD2 NPM2X		
	28	SCM 系 (AISI20系)	4140		PDS3					AUK11	KTSM31	SD61	N-PUK40	JFE-MD3 JFE-MD5				
	33	SCM系 (改)	P20	(HPM2) HPM7	PX5 PX7	KPM30	PLAMAX				KTSM3M	SD70 SD100				NPD10 NPM5X NPM5XA HPX3000	M200 M201 M238	SP300
		SUS 系	420	HPM38	S-STAR		STAVAX										M303 M310	
		SUS系 (快削)		HPM77	G-STAR	420M	RAMAX 2 (RAMAX S) Royalloy										M315	
	35	SUS系	S17400	PSL	NAK101	U630	CORRAX		QSH6								N700	
	40	SKD61 (改)	H13	FDAC	DH2F	KAP90F	ORVAR-S		QD6F								W302	
		その他	P21改良 (快削)	HPM1	NAK55	KAP65			PCM40								M261	
			P21改良	(HPM50) HPM-PRO	NAK80	KAP88			PCM40S								M461	
			P21改良 (耐錆)	CENA1														
焼 入 れ 焼 戻 し 鋼	60	SKD11 (改)	D2	HPM31	PD613	KD21	SLEIPNER RIGOR CALDIE CALMAX		QCM8	AUD11							K105 K110 K340	
	57	SUS系 440C	440C	SUS440C	SUS440C	KSP2		440C	QPD5								M340 N685 N690 N695	
			粉末	(ZDP282)	DEX-P1		ELMAX		SPC5								M390	
	52	SUS420系		HPM38	S-STAR	KSP1	STAVAX										M310	
				HPM38S	D-STAR		POLMAX MIRMAX	PROVA-400									M333	
				HPM77	G-STAR													
時 効 処 理 鋼	50 以上	マルエー ジング鋼		YAG	MAS1C	KMS18-20		NAG21	QM300						DMG300		V720 V721	
		その他		ASL407			CORRAX											
	40	非磁性鋼		HPM75		NMS1												

■ 熱間金型用鋼 ()は鋼種統合

分類	JIS相当	AISI相当	日立金属(株)	大同特殊鋼(株)	日本高周波鋼業(株)	ウツデホルム(株)	(株)不二越	山陽特殊製鋼(株)	愛知製鋼(株)	住友金属工業(株)	三菱製鋼(株)	ポーラー
合金工具鋼	SKD4		(YDC)	DH4	KD4				SKD4			W105
	SKD5	H21	(HDC)	DH5	KD5				SKD5			W100
	SKD6	H11		DH6	KD6	VIDAR			SKD6			W300,W400
	SKD61	H13	DAC	DHA1	KDA	ORVAR-2M		QD61	SKD61		HD21AX	W302
	特殊溶解		DAC-S	DHA1-ES		ORVAR-S						
	V≤0.8%			DHA				QDA61				
	SKD61(改)		DAC3	DHA2	KDA1			QDN		SDH52		
			DAC10	DH21								
			DAC55	DH31	KDA1S	DIEVAR			AUD61	DK65		W303
			DAC-MAGIC	DH31-S	KDAMAX					SDH43		W403
				DH31-EX								
				DHA-WORLD								
	SKD61快削		FDAC	DH2F	KAP90F							
	SKD62	H12	(DBC)	DH62	KDB			QD62	SKD62			
	SKD7	H10	(YEM)	DH72	KDH1				AUD7			W320
	SKD7(改)		YEM-K						AUD72			
		(3Co系)		DH73								W321
				DH71		QR090	HDN1		AUD71			
				DH32			DURO-N1					
	SKD8		(4Cr系)	DAC40				QDH				
		H19	(MDC)	DH41	KDF				SKD8			
	SKD8(改)		MDC-K	DH42	KDF4							
			DAC45									
	SKT4	6F2	DM	GFA	KTV	ALVAR14		QT41	SKT4A		HD13T	W500
	SKT4(改)		YHD28	GF78				QDT	AUD60	SDH21 SDH23	HD14M HD20B	
	析出硬化鋼		(YHD3)	DH76					AUD91 MPH-K		HD22B	
	その他			DHA-Thermo		HOTVAR		QF5		SDH3 SDH4 SDH122		W705
高速度工具鋼	マトリックスハイス		YXR33	DRM1	KMX1		MDS1	QHZ				W360
			YXR3	DRM2			DURO-F1	QHS				

工具鋼のブランド対照表

冷間金型用鋼 ()は鋼種統合

分類	JIS相当	AISI相当	日立金属(株)	大同特殊鋼(株)	日本高周波鋼業(株)	山陽特殊製鋼(株)	(株)不二越	愛知製鋼(株)	理研製鋼(株)	ウッデホルム(株)	ボーラー
炭素工具鋼	SK105	W1-10	(YC3)	YK3		QK3		SK3			K990
合金工具鋼	SKS93		YCS3	YK30	K3M	QK3M		SK301			
	SKS3		SGT	GOA	KS3	QKS3		SKS3		ARNE	K460
	SKD1	D3	CRD	DC1	KD1	QC1		SKD1		SVERKER3	K100,K107
	SKD11	D2	SLD	DC11	KD11	QC11	CDS11	SKD11	RD11	SVERKER21	K105,K110
	8%Cr系		SLD8	DC53	KD21	QCM8	MDS9	AUD15		SLEIPNER	K340
	快削系		ARK1	DCMX DCLT	NOGA	QCM7		SXACE			
			SLD-MAGIC		KD11S						
	SKD12	A2	(SCD)	DC12	KD12			SKD12		RIGOR	K305
	フリハードン 40HRC		(HPM2T)	GO40F	KAP65					IMPAX HH	
	フリハードン 50HRC以上				RC55						
	火炎焼入鋼		(HMD1) HMD5	GO5	FH5 KRCX	QF3		SX105V SX4		FERMO	
	低温空冷鋼		ACD37	GO4	KSM			AKS3			
	耐衝撃鋼		YSM	GS5	KTV5	QF1		AKS4			K630
	高硬度冷間ダイス鋼		SLD10			QCM10					
	コールドホッピング鋼		ACD56				ICS22				
	スプレー フォーミング鋼									WEARTEC ROTEC SVERKER SF	
	粉末									VANADIS4 VANADIS4E VANADIS6 VANADIS10 VANCRON40	K390
	その他		YCK2 ACD8				MCR1	AUD11 AUD11X SX44 SX5		CALMAX CALDIE UNIMAX	K190 K890
高速度工具鋼	SKH51系	M2	YXM1	MH51	H51	QH51	SKH9		RHM1		S600
	SKH55系		YXM4	MH55	HM35		HM35 HS53M				S705
	SKH57系		XVC5	MH8	MV10		HS93R HS98M FM38V				S700
	マトリックス系		YXR33	DRM1	KXM1	QHZ	MDS1 DURO-F1				W360
			YXR3	DRM2	KMX2	QHS	MDS3 DURO-F3				
			YXR7	DRM3	KMX3		MDS7 DURO-F7 MATRIX2 ATM3				
粉末高速度工具鋼	SKH40		HAP40	DEX40		SPM30	FAX38			ASP30	S590
	マトリックス系		HAP5R	DEX-M1							
	その他		HAP10	DEX20		SPM23	FAX31			ASP23	
			HAP50	DEX60			FAXG2				
			HAP72	DEX80		SPM60	FAXG1			ASP60	S290
				DEX-M3		SPMR8	FAX55				S390 S690 S790

■ 高速度工具鋼

分類	JIS相当	AISI相当	日立金属(株)	大同特殊鋼(株)	日本高周波鋼業(株)	ウツデホルム(株)	(株)不二越	山陽特殊製鋼(株)	(株)神戸製鋼所	理研製鋼(株)	ボーラー
タングステン系	SKH2	T1	YHX2	WH2	H2		SKH2				S200
	SKH3	T4		WH3	H3		SKH3				S305
	SKH4	T5		WH4	H4		SKH4				
	SKH10	T15		VH10	HV5						
モリブデン系	SKH51	M2	YXM1	MH51	H51		SKH9 SKH51	QH51		RHM1	S600 S614 S401
	SKH52	M3:1		MH52	H52						
	SKH53	M3:2		MH53	HV1						S607
	SKH54	M4		MH54	HV2		HM4				
	SKH55		YXM4	MH55	HM35		HM35				S705
	SKH56	M36		MH56	HM36		HM36			RHM6	
	SKH57		XVC5	MH57 MH8	HV10		HS93R				S700
	SKH58	M7		MH7	HM3		HM7				S400
	SKH59	M42	YXM42	MH59	HM42		HM42				S500
マトリックス系	マトリックス系		YXR33	DRM1	KMX1		MDS1 DURO-F1	QHZ			
			YXR3	DRM2	KMX2		MDS3 DURO-F3	QHS			
			YXR7	DRM3	KMX3		MDS7 DURO-F7 MATRIX2				
粉末系	SKH40		HAP40	DEX40		ASP30	FAX38	SPM30			S590
	マトリックス系		HAP5R	DEX-M1							
	その他		HAP10	DEX20		ASP23	FAX31	SPM23	KHA32		
			HAP50	DEX60			FAXG2				
			HAP72	DEX80		ASP60	FAXG1	SPM60	KHA60		S290
				DEX61 DEX-M3			FAX55	SPMR8	KHA77 KHA3VN KHA30N KHA33N KHA3NH KHA5NH		S390 S690 S790
備考				DRM以外 撤退予定					撤退予定		

金属材料規格対照表（抜粋）

機械構造用炭素鋼

JIS	ISO	アメリカ AISI	イギリス BS	ドイツ DIN
S10C	C10	1010	C10 C10E C10R	C10E C15R
S12C	—	1012	—	—
S15C	C15E4 C15M2	1015	C15 C15E C15R	C15E C15R
S17C	—	1017	—	—
S20C	—	1020	C22 C22E C22R	C22 C22E C22R
S22C	—	1023	—	—
S25C	C25 C25E4 C25M2	1025	C25 C25E C25R	C25 C25E C25R
S28C	—	1029	—	—
S30C	C30 C30E4 C30M2	1030	C30 C30E C30R	C30 C30E C30R
S35C	C35 C35E4 C35M2	1035	C35 C35E C35R	C35 C35E C35R
S38C	—	1038	—	—
S40C	C40 C40E4 C40M2	1039 1040	C40 C40E C40R	C40 C40E C40R
S43C	—	1042 1043	—	—
S45C	C45 C45E4 C45M2	1045 1046	C45 C45E C45R	C45 C45E C45R
S50C	C50 C50E4 C50M2	1049	C50 C50E C50R	C50 C50E C50R
S53C	—	1050 1053	—	—
S55C	C55 C55E4 C55M2	1055	C55 C55E C55R	C55 C55E C55R
S58C	C60 C60E4 C60M2	1059 1060	C60 C60E C60R	C60 C60E C60R

機械構造用合金鋼

JIS	ISO	アメリカ AISI	イギリス BS	ドイツ DIN
SNC236	—	—	—	—
SNC415	—	—	—	—
SNC631	—	—	—	—
SNC815	15NiCr13	—	15NiCr13	15NiCr13
SNC836	—	—	—	—
SNCM220	20NiCrMo2 20NiCrMoS2	8615 8617 8620 8622	20NiCrMo2-2 20NiCrMoS2-2	20NiCrMo2-2 20NiCrMoS2-2
SNCM240	41CrNiMo2 41CrNiMoS2	8637 8640	—	—
SNCM415	—	—	—	—
SNCM420	—	4020	—	—
SNCM431	—	—	—	—
SNCM439	—	4340	—	—
SNCM447	—	—	—	—
SNCM616	—	—	—	—
SNCM625	—	—	—	—
SNCM630	—	—	—	—
SNCM815	—	—	—	—
SCr415	—	—	17Cr3 17CrS3	17Cr3 17CrS3
SCr420	20Cr4 20CrS4	5120	—	—
SCr430	34Cr4 34CrS4	5130 5132	34Cr4 34CrS4	34Cr4 34CrS4
SCr435	34Cr4 34CrS4 37Cr4 37CrS4	5132	37Cr4 37CrS4	37Cr4 37CrS4
SCM415	—	—	—	—
SCM418	18CrMo4 18CrMoS4	—	18CrMo4 18CrMoS4	18CrMo4 18CrMoS4
SCM420	—	—	—	—
SCM430	—	4130	—	—
SCM432	—	—	—	—
SCM435	34CrMo4 34CrMoS4	4137	34CrMo4 34CrMoS4	34CrMo4 34CrMoS4
SCM440	42CrMo4 42CrMoS4	4140 4142	42CrMo4 42CrMoS4	42CrMo4 42CrMoS4
SCM445	—	4145 4147	—	—
SMn420	22Mn6	1522	—	—
SMn433	—	1534	—	—
SMn438	36Mn6	1541	—	—
SMn443	42Mn6	1541	—	—
SMnC420	—	—	—	—
SMnC443	—	—	—	—

■ ステンレス鋼

分類	JIS	ISO	アメリカ AISI	イギリス BS	ドイツ DIN
オーステナイト系	SUS201	X12CrMnNiN17-7-5	201	—	—
	SUS202	X12CrMnNiN18-9-5	202	—	—
	SUS301	X10CrNi18-8	301	301S21	X12CrNi17-7
	SUS301L	X2CrNi18-7	—	—	X2CrNi18-7
	SUS301J1	—	—	—	X12CrNi17-7
	SUS302	—	302	302S25	—
	SUS302B	X12CrNiSi18-9-3	302B	—	—
	SUS303	X10CrNiS18-9	303	303S21	X10CrNiS18-9
	SUS303Se	—	303Se	303S41	—
	SUS304	X10CrNi18-9	304	304S31	X10CrNi18-9
	SUS304L	X2CrNi18-9	304L	304S11	X2CrNi19-11
	SUS304N1	X5CrNi18-8	304N	—	—
	SUS304LN	X2CrNi18-9	304LN	—	X2CrNi18-10
	SUS304J3	—	S30431	—	—
	SUS305	X6CrNi18-12	305	305S19	X5CrNi18-12
	SUS309S	—	309S	—	—
	SUS310S	X6CrNi25-21	310S	310S31	—
	SUS316	X5CrNiMo17-12-2	316	316S31	X5CrNiMo17-12-2
	SUS316L	X2CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-12-3 X2CrNiMo18-14-3	316L	316S11	X2CrNiMo17-13-2 X2CrNiMo17-14-3
	SUS316N	—	316N	—	—
	SUS316LN	X2CrNiMo17-11-2 X2CrNiMo17-12-3	—	—	X2CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-13-3
	SUS316Ti	X6CrNiMoTi17-12-2	S31635	—	X6CrNiMoTi17-12-2
	SUS317	—	317	317S16	—
	SUS317L	X2CrNiMo19-14-4	317L	317S12	X2CrNiMo18-16-4
	SUS317LN	X2CrNiMo18-12-4	—	—	—
	SUS890L	X1CrNiMoCu25-20-5	N08904	—	—
	SUS321	X6CrNiTi18-10	321	321S31	X6CrNiTi18-10
	SUS347	X6CrNiNb18-10	347	347S31	X6CrNiNb18-10
	SUS384	X3Cr18-16	384	—	—
	SUSXM7	X3CrNiCu18-9-4	304Cu	394S17	—
オーステナイト・ フェライト系	SUS329J1	—	329	—	—
	SUS329J3L	X2CrNiMoN22-5-3	31803	—	—
	SUS329J4L	X2CrNiMoCuN25-6-3	32250	—	—
フェライト系	SUS405	X6CrAl13	405	405S17	X6CrAl13
	SUS429	—	429	—	—
	SUS430	X6Cr17	430	430S17	X6Cr17
	SUS430F	X7CrS17	430F	—	X7CrS18
	SUS430LX	X3CrTi17	—	—	X6CrTi17
	SUS430J1L	X2CrTi17	—	—	X6CrNb17
	SUS434	X6CrMo17-1	434	434S17	X6CrMo17-1
	SUS436L	X1CrMoTi16-1	436	—	—
マルテンサイト系	SUS444	X2CrMoTi18-2	444	—	—
	SUS403	—	403	—	—
	SUS410	X12Cr13	410	410S21	X10Cr13
	SUS410S	X6Cr13	410S	403S17	X6Cr13
	SUS416	X12CrS13	416	416S21	—
	SUS420J1	X20Cr13	420	420S29	X20Cr13
	SUS420J2	X30Cr13	420	420S37	X30Cr13
	SUS420F	X29CrS13	420F	—	—
	SUS431	X19CrNi16-2	431	431S29	X20CrNi17-2
	SUS440A	X70CrMo15	440A	—	—
	SUS440B	—	440B	—	—
	SUS440C	X105CrMo17	440C	—	—
析出硬化系	SUS440F	—	S44020	—	—
	SUS630	X5CrNiCuNb16-4	S17400	—	—
	SUS631	X7CrNiAl17-7	S17700	—	X7CrNiAl17-7

金属材料規格対照表（抜粋）

■ 耐熱鋼

分 類	JIS	ISO	アメリカ AISI	イギリス BS	ドイツ DIN
オーステナイト系 Austenitic	SUH31	—	—	331S42	—
	SUH35	—	—	349S42	—
	SUH36	—	—	349S54	X53CrMnNi21-9
	SUH37	—	—	381S34	—
	SUH309	—	309	309S24	—
	SUH310	—	310	310S24	CrNi2520
	SUH330	—	N08330	—	—
フェライト系 Ferrite	SUH21	—	—	—	CrAl1205
	SUH409	X6CrTi12	409	409S19	X6CrTi12
	SUH409L	X2CrTi12	—	—	—
	SUH446	—	446	—	—
マルテンサイト系 Martensite	SUH1	—	—	401S45	X45CrSi9-3
	SUH4	—	—	443S65	—

■ 工具鋼

分 類	JIS	ISO	アメリカ AISI
炭素 工具鋼	SK120	C120U	W1-11 1/2
	SK105	C105U	W1-10
	SK95	—	W1-9
	SK90	C90U	—
	SK85	—	W1-8
	SK80	C80U	—
	SK70	C70U	—
高速度 工具鋼	SKH2	HS18-0-1	T1
	SKH3	—	T4
	SKH4	—	T5
	SKH10	—	T15
	SKH40	HS6-5-3-8	—
	SKH50	HS1-8-1	—
	SKH51	HS6-5-2	M2
	SKH52	HS6-6-2	M3-1
	SKH53	HS6-5-3	M3-2
	SKH54	HS6-5-4	M4
	SKH55	HS6-5-2-5	—
	SKH56	—	M36
	SKH57	HS10-4-3-10	—
	SKH58	HS2-9-2	M7
	SKH59	HS2-9-1-8	M42
合金 工具鋼	SKS11	—	F2
	SKS51	—	L6
	SKS43	105V	W2-9 1/2
	SKS44	—	W2-8 1/2
	SKD1	X210Cr12	D3
	SKD2	X210CrW12	—
	SKD10	X153CrMoV12	—
	SKD11	—	D2
	SKD12	X100CrMoV5	A2
	SKD5	X30WCrV9-3	H21
	SKD6	X37CrMoV5-1	H11
	SKD61	X40CrMoV5-1	H13
	SKD62	X35CrWMoV5	H12
	SKD7	32CrMoV12-28	H10
	SKD8	38CrCoWV18-17-17	H19
	SKT4	55NiCrMoV7	—
	SKT6	45NiCrMo16	—

■ 特殊用途鋼

分 類	JIS	ISO	アメリカ AISI
ばね鋼	SUP6	60Si8	—
	SUP7	60Si8	9260
	SUP9	55Cr3	5155
	SUP9A	—	5160
	SUP10	51CrV4	6150
	SUP11A	60Cr3	51B60
	SUP12	55SiCr63	—
	SUP13	60CrMo3-3	4161
硫黄及び 硫黄複合快削鋼	SUM11	—	1110
	SUM12	—	1109
	SUM21	9S20	1212
	SUM22	11SMn28	1213
	SUM22L	11SMnMnPb28	—
	SUM23	—	1215
	SUM24L	11SMnPb28	12L14
	SUM25	12SMn35	—
	SUM31	—	1117
	SUM41	—	1137
	SUM42	—	1141
	SUM43	44SMn28	1144
高炭素クロム	SUJ2	B1	52100
	SUJ3	B2	ASTM A485 Grade 1

■ 鋳鉄

分 類	JIS	アメリカ AISI	イギリス BS	ドイツ DIN
ねずみ鋳鉄	FC100	No.20B	—	GG10
	FC150	No.25B	Grade150	GG15
	FC200	No.30B	Grade220	GG20
	FC250	No.35B	Grade260	GG25
	FC300	No.45B	Grade300	GG30
	FC350	No.50B	Grade350	GG35
球状黒鉛鋳鉄	FCD400	60-40-18	SNG420/12	GGG40
	FCD450	—	SNG370/17	GGG40.3
	FCD500	80-55-06	SNG500/7	GGG50
	FCD600	—	SNG600/3	GGG60
	FCD700	100-70-03	SNG700/2	GGG70
可鍛鋳鉄	FCMW330	32510	B340/12	GTS-35
	FCMW370	40010	P440/7	GTS-45
	FCMP490	50005	P510/4	GTS-55
	FCMP540	70003	P570/3	GTS-65
	FCMP590	A220-70003	P570/3	GTS-65-02
	FCMP690	A220-80002	P690/2	GTS-70-02

■ 非鉄金属

分 類	JIS	ISO	アメリカ AISI	イギリス BS	ドイツ DIN
アルミニウム合金	A5052	AlMg2.5	5052	EN AW-5052	
	A5454	—	5454	EN AW-5454	
	A5083	AlMg4.5Mn0.7	5083	EN AW-5083	
	A6061	—	6061	EN AW-6061	
	A7075	AlZn5.5MgCu	7075	EN AW-7075	
アルミニウム 合金鋳物	AC1B	Al-Cu4MgTi	204.0	EN AC-21000	
	AC2B	—	319.0	—	
	AC3A	—	—	EN AC-44100	
	AC4B	—	333.0	EN AC-46200	
	AC4C	Al-Si7Mg(Fe)	356.0	EN AC-42000	
	AC4CH	Al-Si7Mg	A356.0	EN AC-42100	
	AC4D	Al-Si5Cu1Mg	355.0	EN AC-45300	
	AC5A	Al-Cu4Ni2Mg2	242.0	—	
	AC8A	—	—	EN AC-48000	
アルミニウム 合金ダイカスト	ADC1	—	A413.0	—	GD-AlSi12(Cu)
	ADC2	Al-Si12Fe	—	LM6	GD-AlSi12
	ADC3	—	A360.0	—	GD-AlSi10Mg
	ADC5	—	518.0	—	GD-AlMg9
	ADC7	Al-Si5Fe	C443.0	—	—
	ADC8	Al-Si6Cu4Fe	—	LM21	—
	ADC10	Al-Si8Cu3Fe	A380.0	—	GD-AlSi9Cu3
	ADC10Z	—	A380.0	LM24	—
	ADC12	—	383.0	LM2	—
マグネシウム 合金鋳物	MC8	MgRE3Zn2Zr	EZ33A	EN-MC65120	
	MC9	MgAg2RE2Zr	QE22A	EN-MC65210	
	MC10	MgZn4RE1Zr	ZE41A	EN-MC35110	
	MC11	MgZn6Cu3Mn	ZC63A	EN-MC32110	
	MC12	MgY4RE3Zr	WE43A	EN-MC95320	
	MC13	MgY5RE4Zr	WE54A	EN-MC95310	
マグネシウム 合金ダイカスト	MDC1B	—	AZ91B	EN-MC21120	
	MDC1D	MgAl9Zn1(A)	AZ91D	EN-MC21120	
	MDC2B	MgAl6Mn	AM60B	EN-MC21230	
	MDC3B	MgAl4Si	AS41B	EN-MC21320	
	MDC4	MgAl5Mn	AM50A	EN-MC21220	

表面粗さ

表面粗さ

種類	記号	求め方	求め方の例(図)
算術平均粗さ	Ra	粗さ曲線からその平均線の方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にX軸を、縦倍率の方に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	Rz	粗さ曲線からその平均線の方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	RzJIS	粗さ曲線からその平均線の方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。 $Rz_{JIS} = \frac{(Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}) + (Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5})}{5}$	 $Y_{p1}, Y_{p2}, Y_{p3}, Y_{p4}, Y_{p5}$: 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 $Y_{v1}, Y_{v2}, Y_{v3}, Y_{v4}, Y_{v5}$: 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

算術平均粗さ(Ra)と従来の表記の関係 (参考データ)

算術平均粗さ Ra		最大高さ Rz	十点平均粗さ RzJIS	Rz・RzJISの基準長さ ℓ (mm)	従来の仕上げ記号
標準数列	カットオフ値 λc(mm)	標準数列			
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		0.40s	0.40z		
0.200a	0.8	0.80s	0.80z	0.8	▽▽▽
0.400a		1.60s	1.60z		
0.800a		3.20s	3.20z		
1.600a		6.30s	6.30z		
3.200a	2.5	12.50s	12.50z	2.5	▽▽
6.300a		25.00s	25.00z		
12.500a	8	50.00s	50.00z	8	▽
25.000a		100.00s	100.00z		
50.000a		200.00s	200.00z		
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。
※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。

被削性指数

鋼 種	JIS 番号	被削性指数	鋼 種	JIS 番号	被削性指数
硫黄快削鋼	SUM21	100	マルテンサイト系 ステンレス鋼	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	SNCM431	58		SUS420F	70
	SNCM625	55		SUS431	55
	SNCM630	50	フェライト系 ステンレス鋼	SUS405	55
	SNCM439	65		SUS430	48
	SNCM220	67		SUS430F	90
	SNCM815	55	オーステナイト系 ステンレス鋼	SUS302	35
機械構造用炭素鋼	S10C	73		SUS303	60
	S15C	73		SUS304	45
	S20C	73		SUS316	45
	S30C	70		SUS317	45
	S35C	70		SUS321	45
	S45C	73		SUS347	45
	S50C	70	ねずみ鑄鉄	FC100	55
クロム鋼	SCr1	73		FC150	85
	SCr430	58		FC200	85
	SCr435	73		FC250	65
機械構造マンガン鋼	SMn433	61		FC300	65
	SMn438	61		FC350	65
	SMn443	58	チタン合金 (Ti-6Al-4V)		20
クロムモリブデン鋼	SCM432	73	インコネル X (70Ni-7Fe-15Cr)		15
	SCM430	70	ステライト 21 (Co-3Ni-27Cr-5.5Mo)		6
	SCM440	67	ステライト 31 (Co-10Ni-25Cr-5.5Mo)		6
	SCM421	49			
炭素工具鋼	SK1	42			
	SK5	42			
	SK6	49			
	SK7	51			
合金工具鋼	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。

硬さ換算表

ビッカース硬さに対する近似的換算値

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)
	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	-	-	-
1800	-	-	92.6	-	79.2	-	-	-
1700	-	-	91.9	-	77.9	-	-	-
1600	-	-	91.3	-	76.6	-	-	-
1500	-	-	90.5	-	75.3	-	-	-
1450	-	-	90.1	-	74.6	-	-	-
1400	-	-	89.6	-	74.0	-	-	-
1350	-	-	89.1	-	73.4	-	-	-
1300	-	-	88.7	-	72.7	-	-	-
1250	-	-	88.3	-	72.1	-	-	-
1200	-	-	87.9	-	71.5	-	-	-
1150	-	-	87.5	-	70.9	-	-	-
1100	-	-	87.1	-	70.3	-	-	-
1050	-	-	86.6	-	69.6	-	-	-
1000	-	-	86.2	-	68.9	-	-	-
940	-	-	85.6	-	68.0	76.9	97	-
920	-	-	85.3	-	67.5	76.5	96	-
900	-	-	85.0	-	67.0	76.1	95	-
880	-	(767)	84.7	-	66.4	75.7	93	-
860	-	(757)	84.4	-	65.9	75.3	92	-
840	-	(745)	84.1	-	65.3	74.8	91	-
820	-	(733)	83.8	-	64.7	74.3	90	-
800	-	(722)	83.4	-	64.0	73.8	88	-
780	-	(710)	83.0	-	63.3	73.3	87	-
760	-	(698)	82.6	-	62.5	72.6	86	-
740	-	(684)	82.2	-	61.8	72.1	84	-
720	-	(670)	81.8	-	61.0	71.5	83	-
700	-	(656)	81.3	-	60.1	70.8	81	-
690	-	(647)	81.1	-	59.7	70.5	-	-
680	-	(638)	80.8	-	59.2	70.1	80	-
670	-	630	80.6	-	58.8	69.8	-	-
660	-	620	80.3	-	58.3	69.4	79	-
650	-	611	80.0	-	57.8	69.0	-	-
640	-	601	79.8	-	57.3	68.7	77	-
630	-	591	79.5	-	56.8	68.3	-	-
620	-	582	79.2	-	56.3	67.9	75	-
610	-	573	78.6	-	55.7	67.5	-	-
600	-	564	78.9	-	55.2	67.0	74	-
590	-	554	78.4	-	54.7	66.7	-	2055 (210)
580	-	545	78.0	-	54.1	66.2	72	2020 (206)
570	-	535	77.8	-	53.6	65.8	-	1985 (202)
560	-	525	77.4	-	53.0	65.4	71	1950 (199)
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)

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)
	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		
420	397	397	71.8	-	42.7	57.5	57	1370 (140)
410	388	388	71.4	-	41.8	56.6	-	1330 (136)
400	379	379	70.8	-	40.8	56.0	55	1290 (131)
390	369	369	70.3	-	39.8	55.2	-	1240 (127)
380	360	360	69.8	(110.0)	38.8	54.4	52	1205 (123)
370	350	350	69.2	-	37.7	53.6	-	1170 (120)
360	341	341	68.7	(119.0)	36.6	52.8	50	1130 (115)
350	331	331	68.1	-	35.5	51.9	-	1095 (112)
340	322	322	67.6	(108.0)	34.4	51.1	47	1070 (109)
330	313	313	67.0	-	33.3	50.2	-	1035 (105)
320	303	303	66.4	(107.0)	32.2	49.4	45	1005 (103)
310	294	294	65.8	-	31.0	48.4	-	980 (100)
300	284	284	65.2	(105.5)	29.8	47.5	42	950 (97)
295	280	280	64.8	-	29.2	47.1	-	935 (96)
290	275	275	64.5	(104.5)	28.5	46.5	41	915 (94)
285	270	270	64.2	-	27.8	46.0	-	905 (92)
280	265	265	63.8	(103.5)	27.1	45.3	40	890 (91)
275	261	261	63.5	-	26.4	44.9	-	875 (89)
270	256	256	63.1	(102.0)	25.6	44.3	38	855 (87)
265	252	252	62.7	-	24.8	43.7	-	840 (86)
260	247	247	62.4	(101.0)	24.0	43.1	37	825 (84)
255	243	243	62.0	-	23.1	42.2	-	805 (82)
250	238	238	61.6	99.5	22.2	41.7	36	795 (81)
245	233	233	61.2	-	21.3	41.1	-	780 (79)
240	228	228	60.7	98.1	20.3	40.3	34	765 (78)
230	219	219	-	96.7	(18.0)	-	33	730 (75)
220	209	209	-	95.0	(15.7)	-	32	695 (71)
210	200	200	-	93.4	(13.4)	-	30	670 (68)
200	190	190	-	91.5	(11.0)	-	29	635 (65)
190	181	181	-	89.5	(8.5)	-	28	605 (62)
180	171	171	-	87.1	(6.0)	-	26	580 (59)
170	162	162	-	85.0	(3.0)	-	25	545 (56)
160	152	152	-	81.7	(0.0)	-	24	515 (53)
150	143	143	-	78.7	-	-	22	490 (50)
140	133	133	-	75.0	-	-	21	455 (46)
130	124	124	-	71.2	-	-	20	425 (44)
120	114	114	-	66.7	-	-	-	390 (40)
110	105	105	-	62.3	-	-	-	-
100	95	95	-	56.2	-	-	-	-
95	90	90	-	52.0	-	-	-	-
90	86	86	-	48.0	-	-	-	-
85	81	81	-	41.0	-	-	-	-

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値換算値を示したものである。