



Keeping the Customer First

GIGA MANUAL

ソリッドドリル使用技術マニュアル

Solid Drill Manual





はじめに

穴あけ加工はいろいろな部品に存在し、みなさんもなじみ深い切削加工と思います。特にハイスドリルを使用してボール盤を使って穴をあける作業をされた経験があるかたも多いでしょう。しかし、そのような加工でありながら加工する部分が見られないことや、折れが発生したりするとなかなか原因を見つけられなかったりすることから、他の加工に比べ「難しい・・・」という印象を受けているという話を聞きます。

今回マニュアルを作成するにあたっては、このイメージを払拭して超硬ソリッドドリルを使用することで得られる様々なメリットをご紹介しますことで、お客様の生産性向上に寄与したいと考えています。内容をごらんになるとわかっていただけたと思いますが、このマニュアルは弊社のドリルのみならず、穴あけ加工全般に使用できるものになっています。もちろん、タンガロイの超硬ソリッドドリルの性能はソリッドドリルの特性を十分に理解した上で開発されたものばかりですから、一度ご使用いただきその性能を実感していただけることを願っております。

本マニュアルの構成

1) 超硬ドリルを使ってみよう

穴あけ工具の大まかな種類、実際に超硬ドリルを使ってみる順序でそのポイントを説明しています

2) 超硬ドリルを使ってみたら

超硬ドリルを使っていくなかで実際に体験する「切りくず形状の見方」や「損傷の見方とトラブルシューティング」を実例や写真を元に説明しています

3) 超硬ドリルを更に使いこなす

超硬ドリルの特性から見た様々な加工毎の「最適な工具仕様や穴あけ方法」や「難しい穴加工の対策例」、「セミドライ加工や深穴加工など特殊な穴加工」様々な切削試験データなどを元に説明しています

4) タンガロイ「鋼用ギガソリッドドリルシリーズ」を使いこなす

社内試験データやお客様での実例集をご紹介します

5) 参考資料

ねじ下穴と工具径の対応表などの便利な資料

第1章 超硬ドリルを使ってみよう

穴あけ加工とは	4
穴あけ工具特有の用語 ●L/D ●IT 等級	5
穴あけ工具の種類 ●構造で大きく分けると	6
穴あけ工具の種類（油穴とコーティング） ●構造で細かく分けると	7
ソリッドドリルの材質 ●超硬合金と高速度工具鋼	8
超硬ドリルのメリット	9
超硬ドリルが使用できる機械	10
機械に取り付けるには ●ホルダ	11
超硬ドリルを選ぶ1 ●被削材と穴深さ、径で選ぶ	12
超硬ドリルを選ぶ2 ●目的や機械の制約により選ぶ	13
切削条件を決める ●切削条件を決める ●穴あけ加工サイクル	14
加工方法の選択（ステップ加工と前加工）	15
加工するワークをクランプする ●被加工物をクランプするポイント	16
超硬ドリルをホルダに取り付ける ●ドリルの取り付け位置は？	17
外部給油ドリルの給油方法 ●ノズルの位置決め	18
取り付け精度の目安 ●ドリルの取り付け精度は？	19
ソリッドドリルの切りくず ●切りくず形状の例	20
トラブルが起きたら ●折損原因の推定方法	21
寿命を判定する方法 ●寿命判定基準	22
超硬工具製品（ドリル）の取り扱い	23
第1章の最後に・・・	24

第2章 超硬ドリルを使ってみたら

ドリル各部の名称 ●各部分の役割	25
先端角・逃げ角・シンニング・ねじれ角・心厚と溝幅比・ホーニング マージンとバックテーパ・コーティング・コーティング膜表面の状態 再研削・ノンコート品の性能	
ドリルの損傷について ●損傷写真と対策	37
逃げ面の摩耗・逃げ面の欠け・マージン部の損傷・すくい面の損傷 その他の損傷	
切りくず生成の仕組み（鋼系材料） ●繊維切断形の切りくず	43
その他の切りくず ●アルミ合金や鋳鉄の切りくず	45
要注意な切りくず形状 1、2	46
ドリル加工のポイント	48
ライフリング、おむすび穴・取り付け精度・穴径の拡大、縮小	

第3章 超硬ドリルを更に使いこなす

ドリルの選択（経済計算など） ●加工長1mあたりの経済性算出方法	52
ドリルの種類による経済性比較 ●加工長1mあたりの経済性比較	53
各種ドリルの特徴と使用するポイント	54
ツーリングのポイント（ドリルの基本）	55
溝長の設定（穴深さに対する必要最小限の長さ）	56
溝長が穴精度に与える影響 ●溝長と送り条件を変えた実験	57
逃げ角が穴精度に与える影響 ●溝長と逃げ角を変えた実験	58
各被削材による加工しやすさの違い ●被削材を変えた実験	59
微小欠損が生じると ●擬似的に欠損（チッピング）を再現した実験	60
干渉部分があるツーリング	61
断続部分のある穴加工（入口部分・出口部分）	62
鋳抜き穴への加工・とび穴の加工	63
交差穴の加工	64
傾斜面への加工（鋳肌面への加工）	65
円弧面への加工	66
前加工の種類とその役割（期待される効果）	67
汎用機における深穴加工方法	68
バリと抜け際の陣笠状切りくず	69
MQL加工について1～3	70

第4章 タンガロイ「鋼用ギガソリッドドリルシリーズ」を使いこなす

ギガパワードリルDSE形	73
ギガミニドリルDSM形	79
ギガジェットドリルDSX形、超ロングタイプ	86
ギガスロットドリルDGS形	95

第5章 参考資料

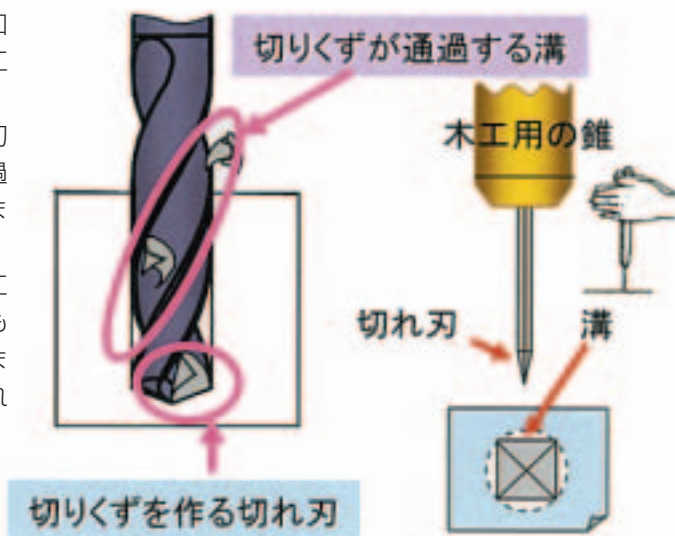
参考資料1) ねじ下穴径の目安	
メートルねじ（並目・細目）、ユニファイねじ（並目・細目）、ミニチュアねじ	104
管用ねじ	
参考資料2) ボルト穴径の目安	109
参考資料3) はめあいについて IT等級、穴の公差、寸法公差表	110
参考資料4) 工具径公差一覧 工具径公差とシャンク径公差	113
参考資料5) 商品名・型番メーカー対照表（一部）	114
参考資料6) ドリル再研削手順	116
参考資料7) ドリルの切削抵抗と動力	118
参考資料8) ソリッドドリルのトラブルシューティング表	119

穴あけ加工とは

穴あけ加工が他の加工と最も異なる部分は切削加工によって生じた切りくずを、ドリル自体と自らが加工した穴のすきまを通して穴の外まで出すところです。

したがって、被削材を切り取って切りくずにする「切れ刃」と切りくずを通過させて被削材の外に運ぶ、通過させるための「溝」があれば穴あけ加工は可能となります。

大きな意味合いではトンネルを掘る作業も穴あけ加工と言えますし、日曜大工でキリを使って穴をあけるのも穴あけ加工と言えます。右の絵に木工用のキリを示します。先端部は四角錐になっていますが、その稜線が切れ刃の役割を行い、穴との隙間が溝の役割をしています。



◎ギガドリルシリーズの名前の由来

金属加工用のシリーズが「ギガドリルシリーズ」です。「ギガ」の意味は「10億」とか「巨大な」という意味を持っていますが、「お客様に多くのメリットを提供する」という願いを込めシリーズ名としました。また、シリーズのコンセプトとして「折れにくいドリル」をかかげて現在も開発を行っています。

Giga Drill

Giga Jet Drill
Giga Power Drill
Giga Mini Drill

タンガロイは総合穴あけ工具メーカーでもあり、プリント基板の小径穴用マイクロドリルやトンネルを掘削するシールドマシンの先端、削る部分（ビット）もタンガロイ製品です。

トンネルを掘削するシールドマシン
 =もっとも大きい穴あけ工具

放射状の
黒い部分
にビット
が付いて
ます



プリント基板に穴をあけるマイクロドリル
 =最も小さい穴あけ工具

ここがマイクロドリルです



穴あけ工具特有の用語

穴あけ加工は他の加工と若干異なることから、通常見慣れない用語があります。本マニュアルではなるべく一般的な表現を使っていますが、以下に良く見られるものを説明します。

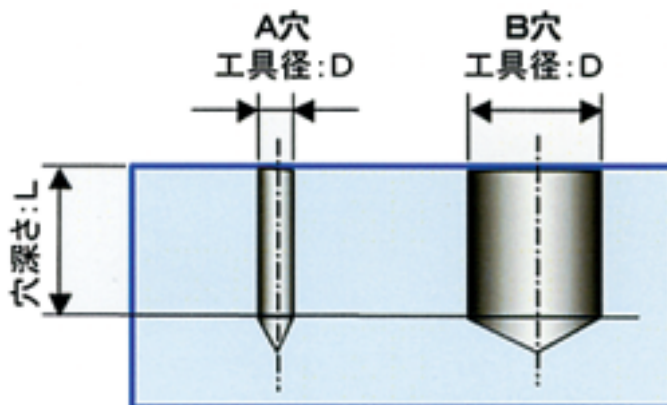
● L / D (エル・バイ・ディー)

穴の深さの比率を示します。穴深さが同じであっても工具径が違えば、加工しやすさが変わってきます。

工具径が異なっても「工具径の何倍の穴深さ」という表現を用いることで浅穴や深穴の表現をしています。

Lは「穴深さ」、Dは「工具径」を示しています。計算方法は以下の通りです。

$$L/D = \text{穴深さ (L)} \div \text{工具径 (D)}$$



右図の穴は穴深さは20mmと同じですが工具径がA穴はφ5mm、B穴はφ15mmになっています。したがって、A穴のL/D=4、B穴のL/D=1.5とA穴のほうが深穴となります。

● IT等級 (IT : International Tolerance)

穴径や外径(軸径)のばらつきの幅(=許容差)を示しています。ITの後に付く数字が小さいほど高精度で、大きいほどラフな公差であることを示します。工具径や穴径によってその数値は変化します。

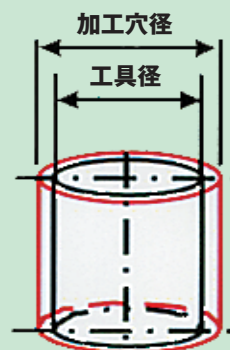
ドリルではこの表現をカタログなどで「どれぐらい穴径がばらつくか」という目安として表現しています。

詳細は巻末の参考資料に一覧表で示します。

参考) φ8.0mmでIT8~10級は
= 0.022 ~ 0.058 mm

この程度穴径が変化するドリルですということを表現しています。ちなみにφ8.0のH8公差は0~+0.022mmであり、公差の幅は0.022mmとIT8の公差幅と同じです。

拡大代のバラツキ
= (加工後の穴径 - 工具径)
のバラツキ



基準寸法 mm		公差等級																	
を 超え	以下	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
-	3	1	1	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	2	3	4	5	8	12	18	30	48	75	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.8
6	10	1	2	3	4	6	9	15	22	36	58	90	0.2	0.2	0.4	0.6	0.9	1.5	2.2
10	18	1	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	2	3	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.3	0.3	0.5	0.8	1.3	2.1	3.3

穴あけ工具の種類

●構造で大きく分けると

穴あけ工具といっても用途や構造、材質によって様々な種類があります。JIS分類では様々に分類されていますが、簡単に構造や用途で大きく分けると以下の4種類に分けることができます。

通常、穴あけ工具としてイメージされるのは以下の「ソリッドドリル」になると思いますが工具径や穴深さ、目的によって使い分けることになります。それぞれの超硬合金製ドリル（以下、超硬ドリル）の適用径や加工が可能な穴深さ、穴径精度の目安を示しています。

チップ交換式ドリル	ソリッド ドリル	ろう付け式ドリル	深穴用ドリル
鋼製シャンクの先端にスローアウェイチップが装着される	全体が超硬合金でできているドリル	鋼製シャンクの先端に超硬の切れ刃がろう付けされている	ガンドリル、BTAなどが代表例
ドリル径 : ϕ 12.5 ~ L/D : 5 以下 IT 等級 : 11 ~	ドリル径 : ϕ 20 以下 L/D : 20 以下 IT 等級 : 8 ~ 10	ドリル径 : ϕ 8 ~ L/D : 3 以下 IT 等級 : 9 ~ 10	ドリル径 : ϕ 0.9 ~ L/D : 最大 200 IT 等級 : 7 ~ 8
代表製品 : TDX	代表製品 : DSE、DSX	代表製品 : TSD	代表製品 : MC ガンドリル
			
穴精度目安 (ϕ 20mm) 0.1 ~ 0.2mm	穴精度目安 (ϕ 8mm) 0.02 ~ 0.06mm	穴精度目安 (ϕ 20mm) 0.05 ~ 0.08mm	穴精度目安 (ϕ 8mm) 0.01 ~ 0.03mm

とにかく
安く加工したい

とにかく能率良く、
精度の良い
穴加工したい

比較的大きな径
を精度良く加工
したい

深穴を加工したい

詳しくは TDX TAC ドリルマニュアルを
(弊社 HP からダウンロードできます)
<http://www.tungaloy.co.jp/ttj/index.html>

このマニュアルで説明いたします
次のページに進んでください

ソリッドドリルの種類（油穴とコーティング）

●構造で細かく分けると

ソリッドドリルのなかにも様々な種類がありますが大きく分けると油穴の有無とコーティングの有無で分けることができます。

油穴付きにする目的は、より高い切削速度で加工したい場合と工具径の3倍を超えるような深い穴を加工したい場合に用います。切削油を切れ刃に近い部分から直接供給することによって刃先を確実に冷却し、切りくずを強制的に排除することで深い穴の加工ができます。

コーティングは主に鋼加工用として用いられています。目的は摩耗や溶着が発生しにくいように刃先を保護する（＝耐摩耗性、耐溶着性）ことと、発生する熱の影響を受けにくくする（＝耐熱性）役割を持っています。コーティングの種類は主にPVDコーティングが用いられます。（目安はいずれも超硬ドリル）

鋼用油穴付き

ねじれた油穴をもち、その部分から切削油やミストを供給するタイプ

ドリル径 : ϕ 3- ϕ 20
L/D : 8 以下
IT 等級 : 8 ~ 11

代表製品 : DSX



PVD コーティング

鋼用油穴なし

全体が超硬合金でできており、外部から切削油を供給するタイプ

ドリル径 : ϕ 0.1- ϕ 20
L/D : 3 以下
IT 等級 : 8 ~ 10

代表製品 : DSE、DMX



PVD コーティング

ノンコート油穴付

油穴を持っている、内部給油のノンコートタイプ

ドリル径 : ϕ 3 ~ ϕ 16
L/D : 20 以下
IT 等級 : 8 ~ 10

代表製品 : DSC-F、FDC



ノンコート油穴無

油穴ない外部給油のノンコートタイプ

ドリル径 : ϕ 0.1 ~ ϕ 20
L/D : 5 以下
IT 等級 : 7-10

代表製品 : DMX-F



鋼用のドリルでアルミ合金は加工できないの？

鋼用ドリルであっても工具径5倍程度ならアルミ合金を加工することができます。例えていうと、「オフロード用の自動車でも一般の舗装された道路を走ることができる」のと同じです。オフロード用の自動車は悪路を走るために専用のタイヤや足回りが設計されています。これが鋼用ドリルで付与されているコーティングやホーニングにあたります。より過酷な道（＝より削りにくい鋼系材料）を安全に走行（＝加工）するために特別装備と言えます。

ただし、優れた性能を期待するなら用途に合わせた選定が最適です。なぜなら、それぞれが用途に合わせて最適な設計を行っているからです。

できるんです！

少しもったいないけど…



ソリッドドリルの材質

●超硬合金と高速度工具鋼

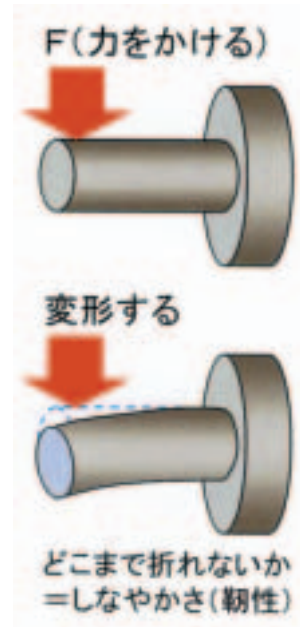
ソリッドドリルの材質には高速度工具鋼（High Speed Steel= ハイス）と超硬合金が使用されます。

高速度工具鋼は基本的には鋼ですから曲げられることに強く、しなやかな（＝靱性）ことが最大のメリットです。この特性を最大限に利用したのが電動ドリルです。手動工具なので回転や送り、ドリルの向きが不安定な状態でも金属の穴加工を行うことができます。

超硬合金のメリットはその硬さで切れ刃が摩耗しにくい（＝耐摩耗性）ことによる長寿命と、高温でも硬さが低下しにくいことから高い切削速度で使用することによる高能率があげられます。デメリットとしては曲げられることに弱いことで、欠けや折れが生じやすい点です。この欠点を克服するために超微粒子超硬合金を用いて欠けや折れに対する強さ（＝抗折力）を向上させるなど改良を行っています。

比べてみると？

	優れているのは	そのメリットは
硬さ (高温硬さ)	超硬合金	・ 摩耗が少なくなる（寿命が長い） ・ 硬いものが加工できる（高硬度材加工） ・ 高切削速度で加工ができる（高能率）
靱性 (しなやかさ)	高速度工具鋼 (ハイス)	・ チッピングしにくい ・ 折れにくい（ラフに使用することが可能） ・ 高送りで加工ができる（高能率）
	低いことのメリット (超硬合金)	・ 穴精度が良い（穴曲がりしにくい） (穴径精度が安定する)
耐溶着性 高温化学安定性	超硬合金	・ 穴精度が良い（溶着しにくい） (粗さが良好)



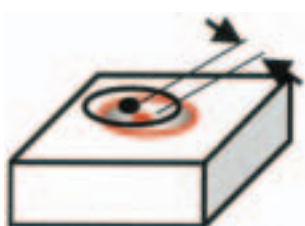
しなやかさ（＝靱性）については相反する利点があり、高速度工具鋼（ハイス）はしなやかさに優れ、折れることは少ないものの「曲がり」は発生しやすくなります。超硬合金は逆にしなやかさに劣る分「曲がり」は生じにくくなります。同じ断面形状をした棒状のものに上図のような力を加えた場合、高速度工具鋼（ハイス）の曲がり量に対し、超硬合金の曲がり量は約3分の1程度になります。

このことから、超硬ドリルは穴精度の良い穴あけ加工を行うことができ、穴の位置精度や穴曲がり、穴径精度が優れています。

穴加工独自の精度ってどんなものがあるの？

同心度「◎」

円中心のずれ量



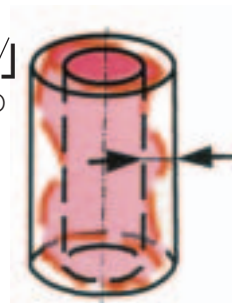
真円度「○」

正しい円からの狂いの大きさ



円筒度「⊙」

正しい円筒からの狂いの大きさ



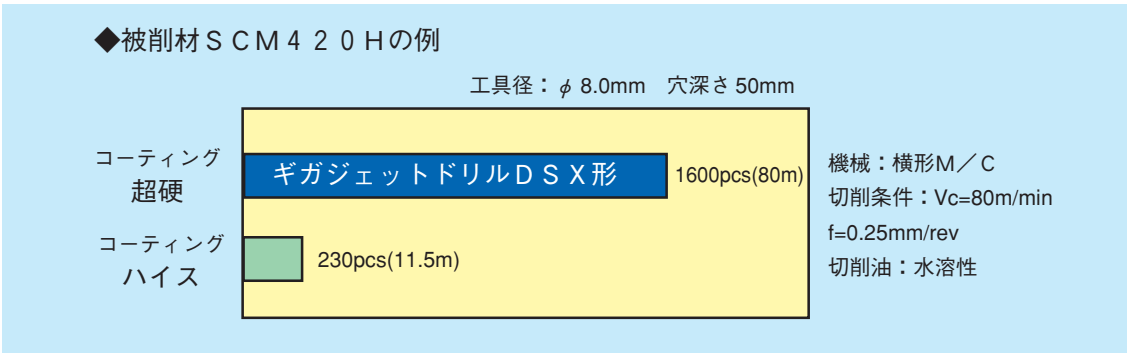
など、よく使われるもののみ紹介しました

超硬ソリッドドリルのメリット

●工具交換頻度が少ない

長寿命！

超硬合金の硬度は約1600 Hvに対して高速度工具鋼（ハイス）の硬度は約700 Hvとおよそ2倍の硬度をもち、耐摩耗性に優れています。以下の例はコーティング油穴付きドリル加工における超硬合金と高速度工具鋼（ハイス）の比較を行ったものです。実際にはコーティングや形状効果も加味されてますが、約7倍の寿命向上が得られた例です。



●工程を短縮することができます

高穴精度！

超硬合金製ドリルの加工穴精度は高速度工具鋼（ハイス）ドリル（以下、ハイスドリル）よりも1ランク上の加工穴精度が可能です。

要求される穴精度が、穴径±0.05mmや穴位置精度φ0.1mm程度の加工穴であればリーマ加工無しで加工することができます。

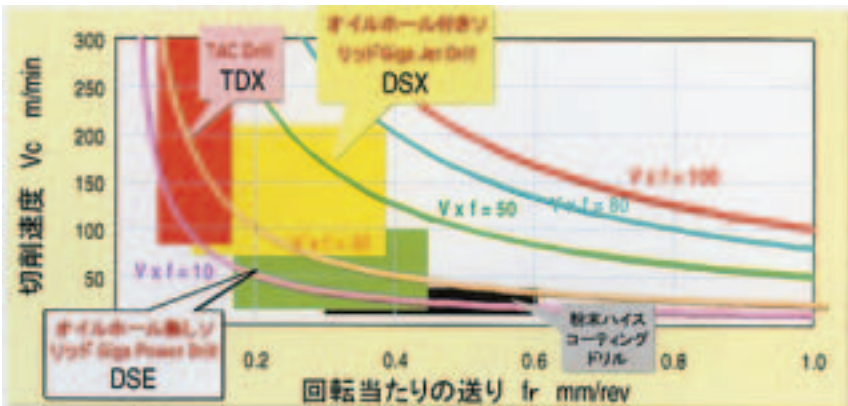
加工精度目安	高速度工具鋼 (ハイス)	超硬合金
穴径精度	IT10～11	IT9～10
穴位置精度	±0.1～0.5mm	±0.05mm 以下
真円度	0.03～0.05mm	0.03mm 以下
円筒度	0.03～0.10/50mm	0.03/50mm 以下
粗さ	25s 以上	12.5s 前後

●同じ時間で多くの加工ができます

高能率！

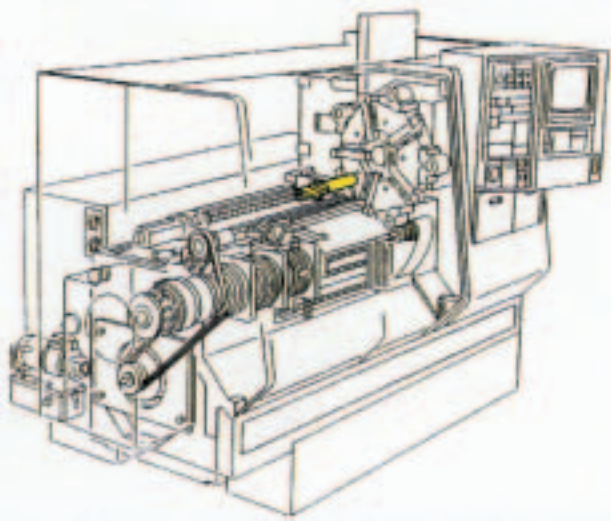
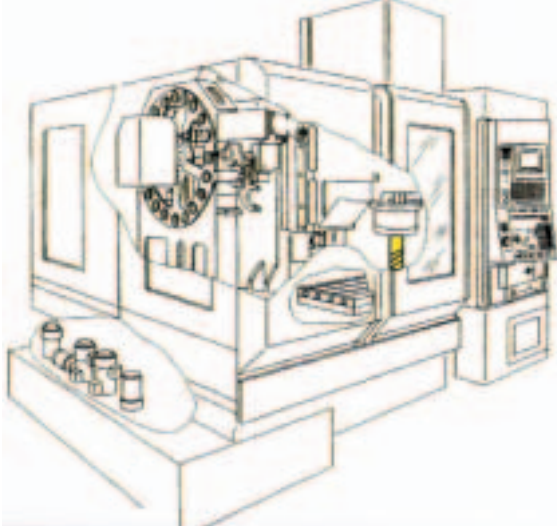
右のグラフは切削速度と回転あたり送り量をそれぞれの軸にとって各ドリルの加工能率を比較したものです。グラフの右上に行くほど高能率なドリルであるといえます。

指標としてV×f（切削速度×送り量）でみた場合、ハイスドリルは20、超硬ドリルは50、油穴付き超硬ドリルは80となります。



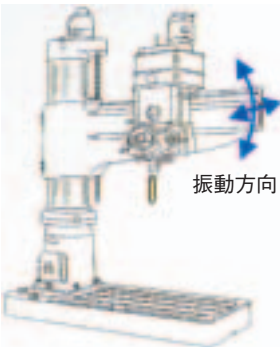
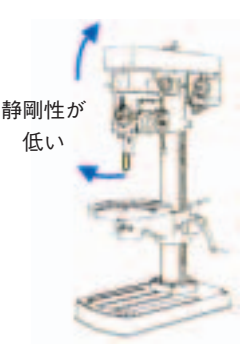
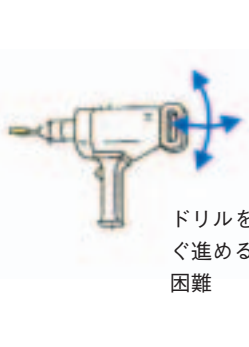
超硬ドリルが使用できる機械

●超硬ドリルの性能が発揮できる機械

NC 旋盤 [ワーク（被削材）回転]	マシニングセンタ [工具回転]
	
超硬ドリル…○	超硬ドリル…○

主軸剛性があり、工具の姿勢や回転時の精度が安定した機械であれば超硬ドリルを十分に使用することができます。被削材回転や工具回転のいずれにおいても加工が可能です。

●超硬ドリルの性能が発揮できない機械

ラジアルボール盤	直立ボール盤	多軸ボール盤	電動ドリル
			
超硬ドリル…×	超硬ドリル…×	超硬ドリル…×	超硬ドリル…×
・振動が発生した場合ドリルが折れる恐れがある ・切屑が飛散する	・ドリルが真っ直ぐ進まない場合ドリルが折れる恐れがある ・切屑が飛散する	・工具回転、馬力の制約により、超硬の適正条件が望めない	・ドリルが真っ直ぐ進まない場合ドリルが折れる恐れがある

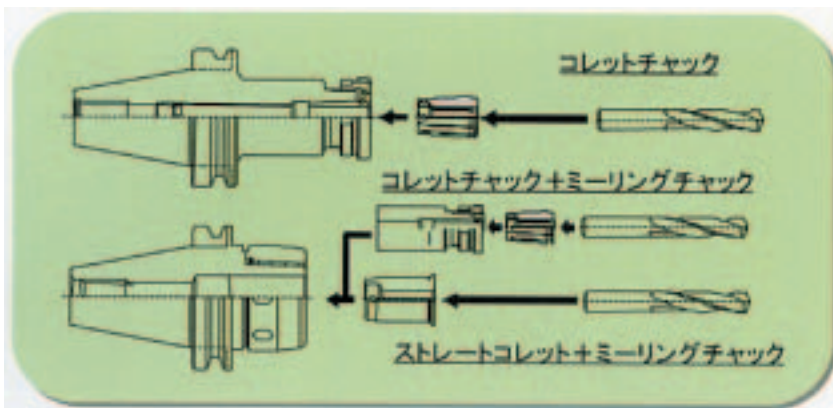
機械に取り付けるには

●ホルダ（工具と機械をつなぐもの）

超硬ドリルをうまく使いこなすには取り付けも精度良く行うことがポイントになります。一般的には「コレットチャック」と呼ばれるスプリングコレットを使用した取り付けが多く用いられています。コレットのメリットは0.5mmや1mmの範囲を同じコレットで使用できることです。特に、刃先の径と取り付け部分の径（＝シャンク径）が同じストレートシャンクドリルではこの取り付けが必要となることが多くなります。

エンドミルなどで使用されているミーリングチャックで超硬ドリルを取り付けるにはストレートシャンクタイプのコレットチャックを用いるか、ストレートコレットを用いて取り付けることができます。

また、これ以外にも焼きばめ（シュリンク）チャックやハイドロ（油圧）チャックも取り付けの精度が良いことから使用することができます。

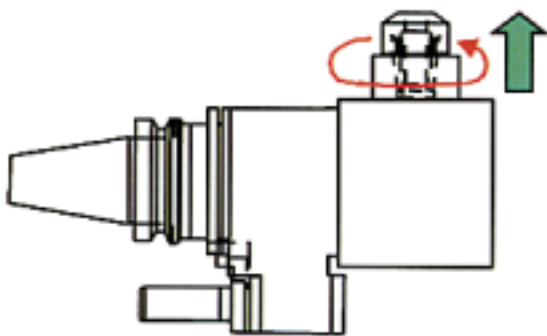


三ツ爪チャックやキーレスチャックは工具をつかむ力（＝把持力）が弱いことからスリップが生じやすいため推奨できません。

それ以外にもホルダってあるの？

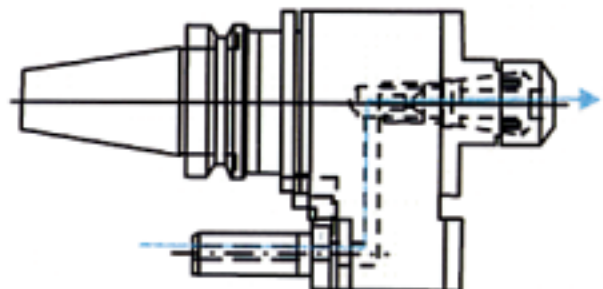
アングルヘッドホルダ

通常の機械で穴を加工する軸（＝Z軸）以外の方向に穴を加工するためのホルダ、通常よりも剛性は低い。



サイドスルーオイルホールホルダ

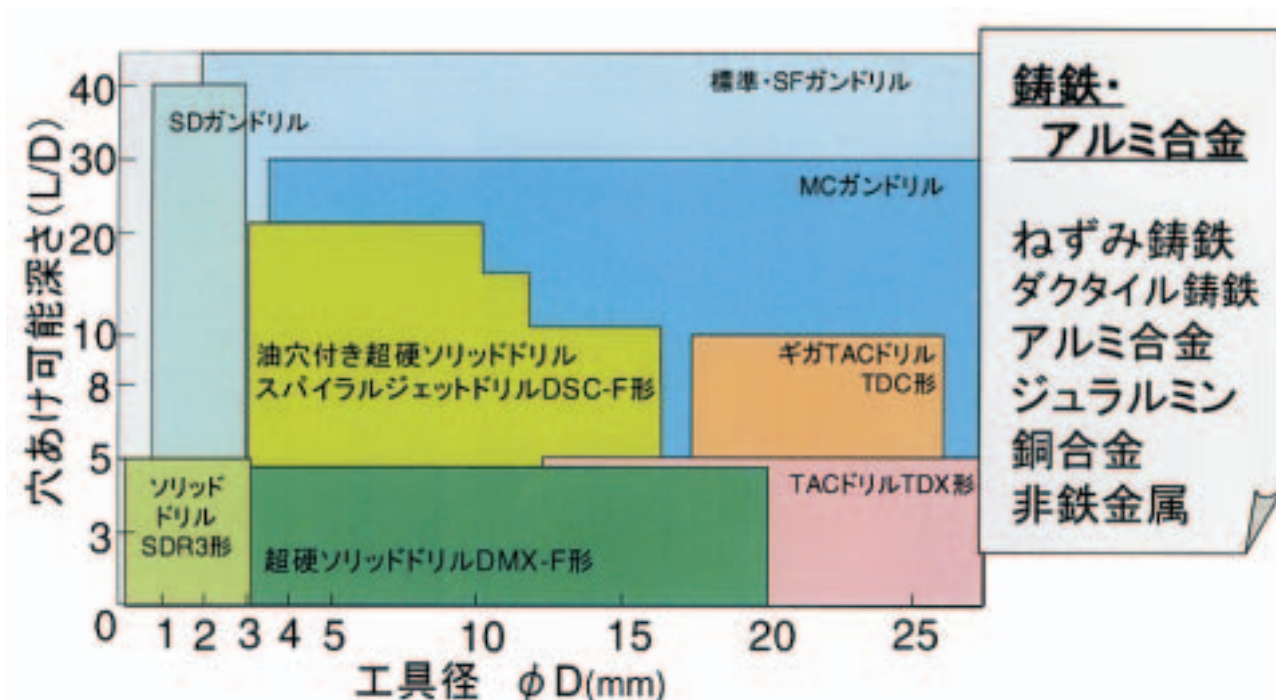
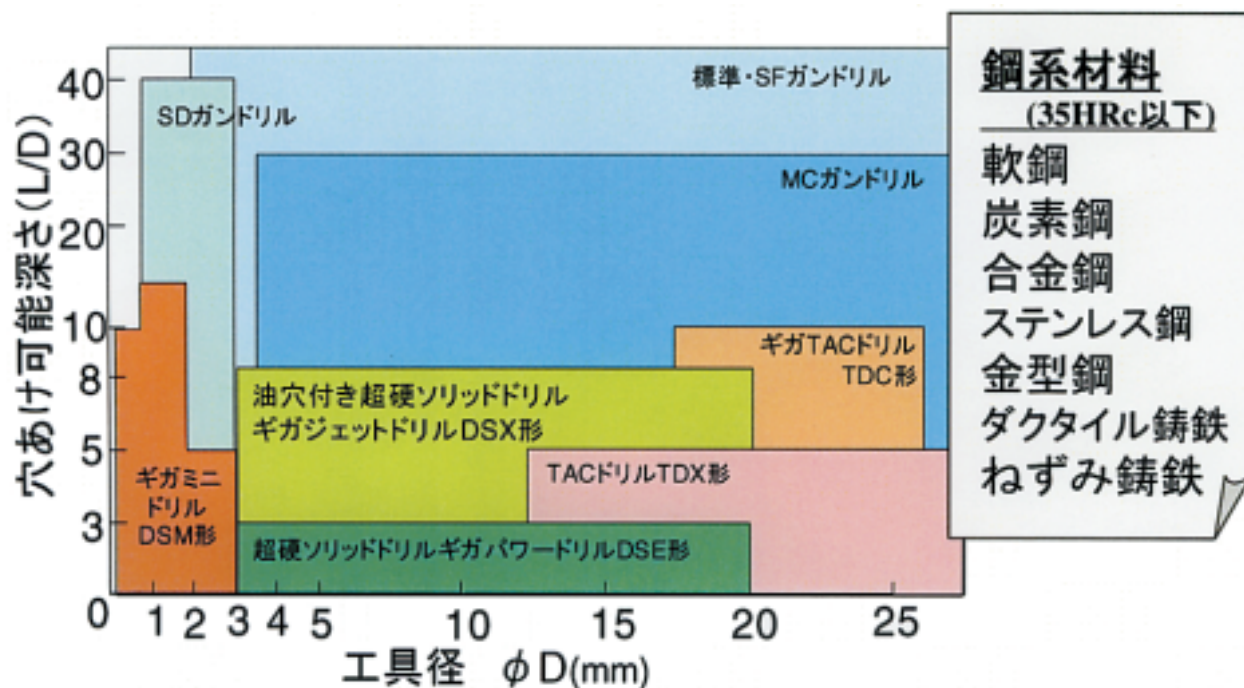
機械の主軸から切削油を供給する仕様ではない機械で主軸端面から油穴付きドリルに切削油を供給するためのホルダ



超硬ドリルを選ぶ1

●被削材と穴深さ、径でドリルを選ぶ

加工したい被削材と穴深さにより超硬ドリルを選択します。おおきくは鋼系の材料とアルミ・鋳鉄などで分類することができます。L/D=10を超える加工（ガンドリルなど）を汎用機で使用する場合にはガイド穴などの前加工が必要（第3章「超硬ドリルを更に使いこなす」参照）となります。



超硬ドリルを選ぶ2

●目的や機械の制約により選ぶ

加工したい加工穴の精度や公差、目的の加工時間（タクト）によって工具を選択します。特に $\phi 12.5$ mmから $\phi 20$ mmは3種類のドリルを使用することができるので目的により工具を選択します。油穴付きのソリッドドリル・刃先交換式ドリルは内部給油装置またはセミドライ装置（内部給油用）が必要となります。

低コストを狙うなら



高能率を狙うなら (内部給油装置あり)



高能率を狙うなら (内部給油装置無し)



注：使いやすさとは…取り扱い、取り付け精度の管理 再研削の要・不要

タンガロイのホームページは使えます！

タンガロイのホームページではお得なキャンペーンの紹介から、製品の紹介、使用技術マニュアルのダウンロードまで様々な機能を盛り込んでいます。

なかでも、切削工具検索システムでは目的に応じた工具の選択を簡単に行うことができます。

ドリルであれば「加工したい穴径」、「穴深さ」、「被削材」など全部または一部の入力で該当する工具型番が表示されます。また、型番をクリックすると切削条件の目安が表示されます。



<http://www.tungaloy.co.jp/ttj/>

切削条件を決める

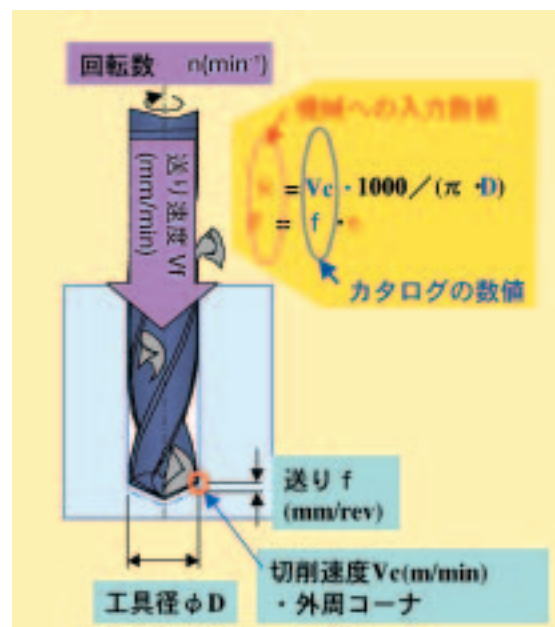
●切削条件を決める

切削条件はドリル毎や被削材ごとにメーカー推奨の切削条件がありますのでそれを参考に選定します。

推奨条件をタンガロイのカタログでは3つの値で表記しており、中間の数値が推奨値となります。この数値を目安に硬度が高い場合など被削性が一般のものより悪いときや工具径の範囲（通常推奨条件は何mm～何mmと表記されています）の小径側にあたる場合などには下限側に調整する必要があります。

特に鋼系材料の切削条件は低すぎても加工が困難になりますので、推奨条件の中心値が少なくとも推奨されている切削速度の下限前後で加工し始め調整することがポイントです。

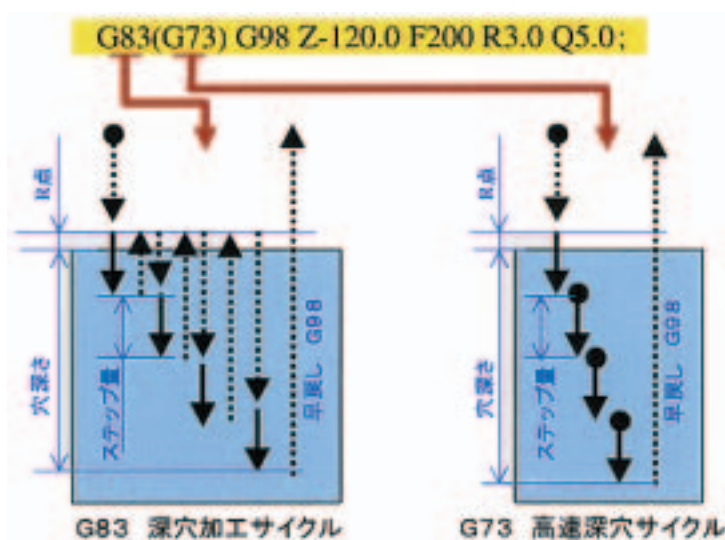
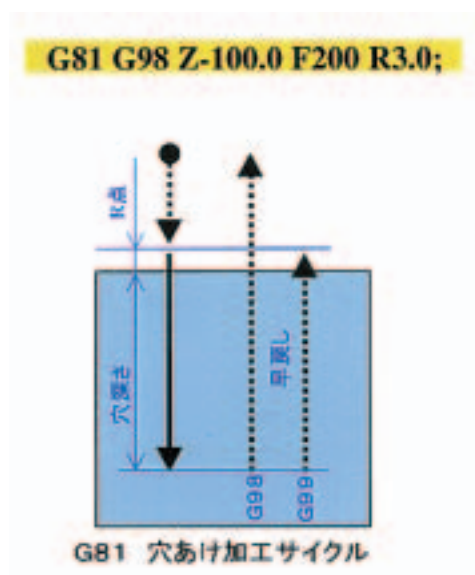
他の切削工具とは異なり、ドリルは「切削速度（回転数）」と「送り（送り速度）」の2条件を決めることとなります。



●マシニングセンタの穴あけ加工サイクル

マシニングセンタでは穴あけ加工を一連の加工サイクルとして行う「固定サイクル」が準備されています。一般穴あけサイクルはG81で指示され一行で以下に示すような動きを行います。（主軸回転や切削油onは事前に入れる必要があります）

深穴加工にはG83「深穴ドリルサイクル」とG73「高速深穴ドリルサイクル」があります。G83はドリルを切りくずの詰まりが生じる様な加工（外部給油で深穴を加工する場合）に完全に穴の外に出しながら加工するサイクルです。G73は切りくずが付きやすい場合に工具を若干後退、停止（ドゥエル）させ分断することを狙った加工サイクルです。このような加工をステップ加工やイン칭ング加工と呼び、一回あたりの加工距離をステップ量と呼びQで数値を入力します。



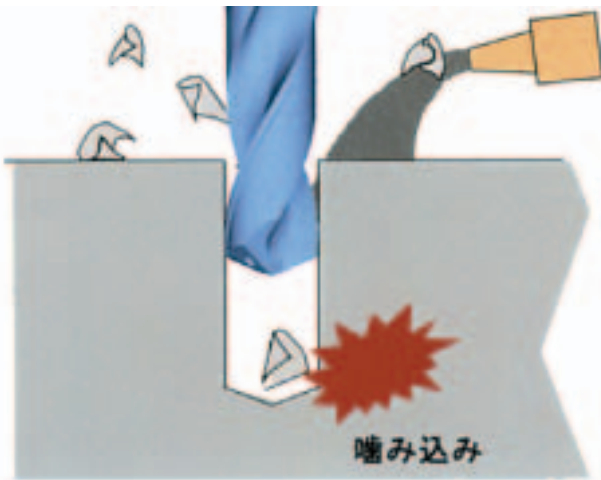
加工方法の選択（ステップ加工と前加工）

●ステップ加工

ステップなしの連続加工で

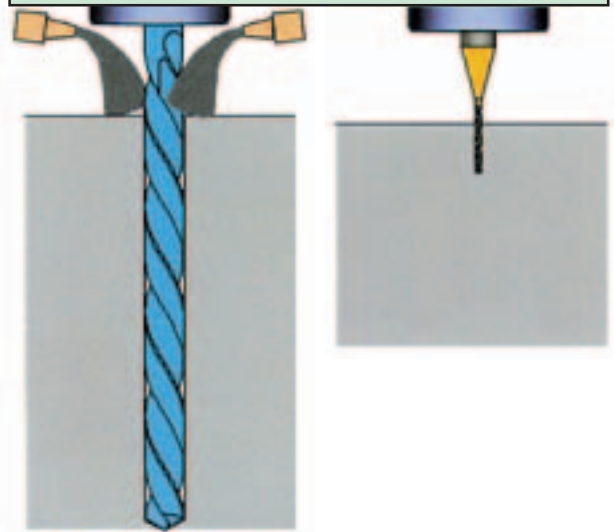
ステップ送りの短所

- 刃先に繰り返し衝撃が加えられるため、**欠損**しやすい場合がある。
- 外部給油で、穴底に残った**切りくず**を完全に除去できなかった場合、**噛み込み**が発生する場合がある。



ステップ加工が有効な例

- 被削材の種類や切削条件の制限により、**切りくずが長く伸びたりドリルに巻き付く場合**
- 外部給油で深さが**5D**を超える加工で、切りくず排出に問題が生じたり、切削油が加工点に届きにくい場合。
- φ2以下**の小径ドリルの場合。



●前加工（センタ穴、ガイド穴、センタリング加工）

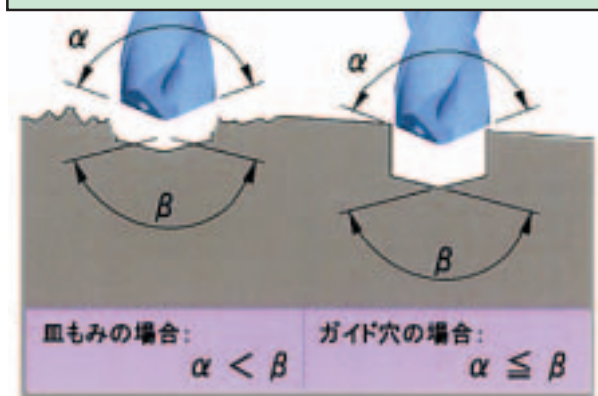
ムクからの加工を推奨します

前加工でセンタ穴が加工されている場合、切れ刃が欠損する場合がありますので、ムクからの加工を推奨します。（切れ刃から加工が始まると、振れや位置ずれの影響が増加する）



前加工が必要な場合

やむを得ずセンタ穴を加工する場合（位置精度、表面形状）は、**センタの開き角をドリルの先端角よりも大きくする**か、短尺ドリルによる皿もみやガイド穴としてください。
ガイド穴の径は、本加工用のドリル径+0.05mm程度に管理して下さい。

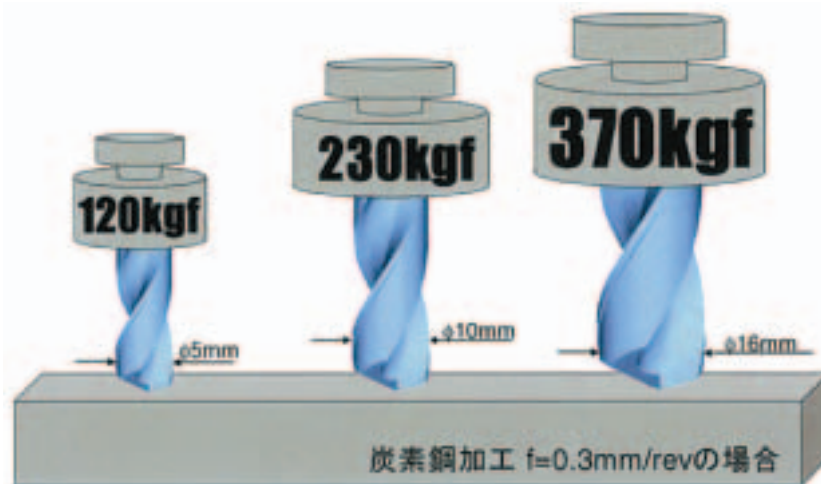


加工するワークをクランプする

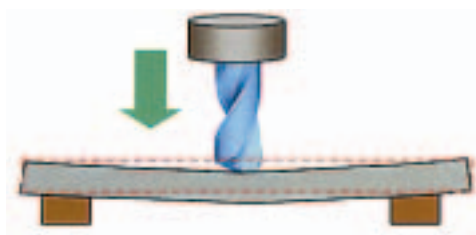
●被加工物をクランプするポイント

高能率に加工する超硬ドリルですが、高い送りで加工するということは被加工物にかかる力もかなり大きいものになります。それにともなって被加工物もそれを受けられるような支えやクランプ力が必要となります。支えやクランプが不足した場合には振動が発生し、欠損や折損の原因となります。

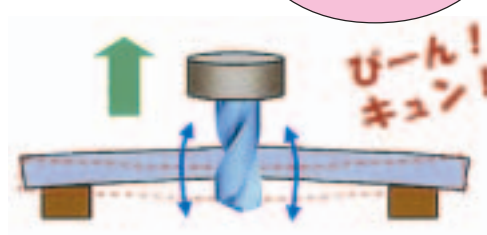
右図は炭素鋼を送り量 $f = 0.3\text{mm/rev}$ 加工した場合に被削材にかかる力です。



①ドリルの抵抗を受けて被加工物が変形



②貫通前後に抵抗はなくなるため振動発生



抜け際や戻り時に異常音が発生する

【対策】
たわみが生じないように受けを設ける



個人的な意見ですが 切削音の種類 異常？ 正常？

ドリル加工は切削している部分が見えないので切りくずの出方や切削時の音で異常や正常を感じることができます。これは実際に裏付けをとったわけではなく、このマニュアルを作っている私の個人的な意見ですので、あくまで参考までに、

いい音（おおむね低い音）

入り口から奥まで同じ音
しゅー しゅー ごー
ぱきぱき（切りくずが分断される音）

不安な音（おおむね高い音）

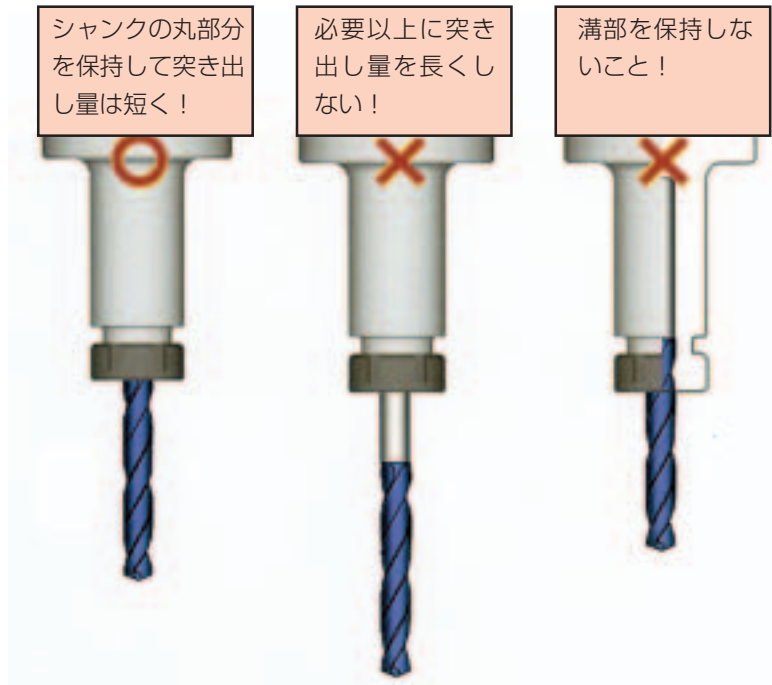
入り口から奥の間に音が変わる
きゅるきゅる きーっん ぎゃー
きゅきゅきゅっ びーん ぎゃん

超硬ドリルをホルダに取り付ける

●ドリルの取り付け位置は？

ドリルをホルダに取り付ける場合、ホルダの端面からドリル先端までの長さ（＝突き出し量）をなるべく小さくします。これは、長く取り付ければ取り付けるほどドリルが曲げられやすくなるため、穴精度の低下や寿命の低下をまねく可能性があるためです。

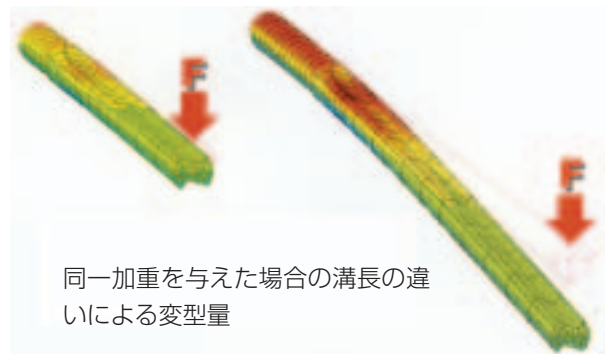
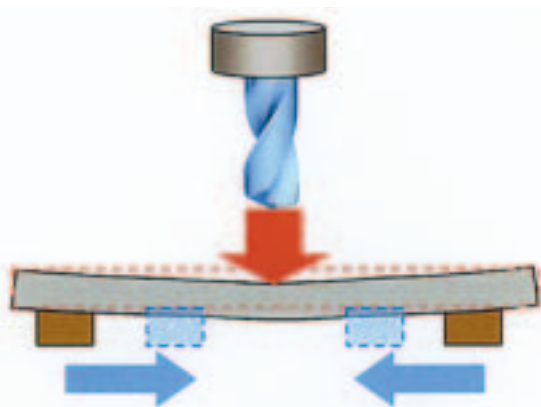
逆に、短くすることは重要ですがドリルの溝部がホルダやコレットの内部に入り込むのは避けてください。これはドリルの溝部でコレットに傷を付けたり、切りくずの進入によりコレットに傷を付けて取り付け精度が悪化することがあるためです。当然、接触面積も減少するためドリルを保持する力も減少し、ドリルがスリップすることもあります。



材料力学について（難しいのでイメージだけ）

通常、切削加工に携わる人間にとって構造力学や材料力学はあまり関係ないと思われがちですが、実際にはあらゆる場面でその影響を受けることになります。上に示している「突き出し量をなるべく小さく」とか前頁での「たわみが生じないように受けを設ける」は片持ちはりや両端支持はりに荷重をかけた場合に「曲げが生じにくい」ように設計するのと同じことです。

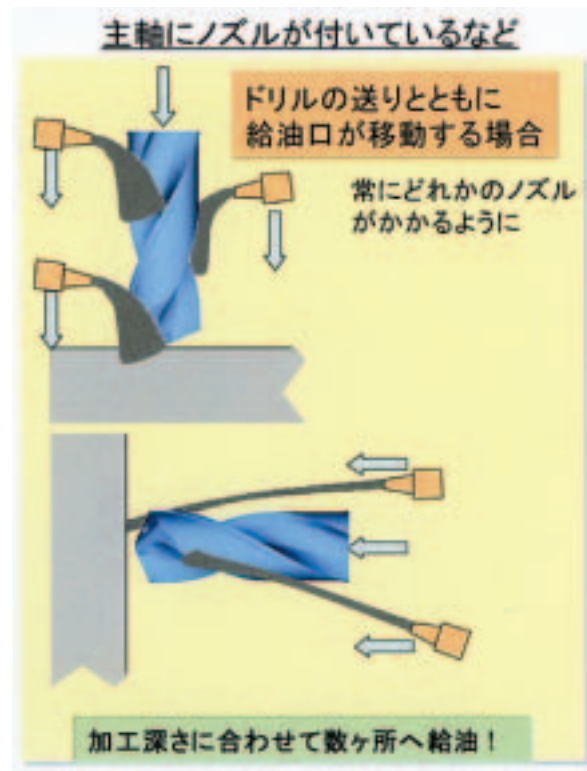
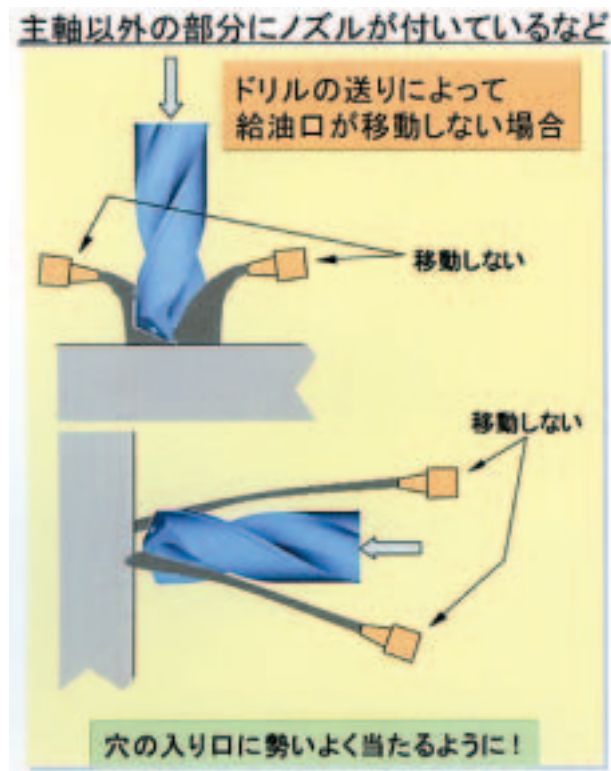
長さの影響は曲げに対して3乗で影響するとか、超硬合金は高速度工具鋼（ハイス）よりもヤング率が3倍大きい（3倍曲がりにくい）とか・・・これらの構造解析を駆使して（計算するのはコンピュータですが）新製品の開発を行なっています。



外部給油ドリルの給油方法

●ノズルの位置決め

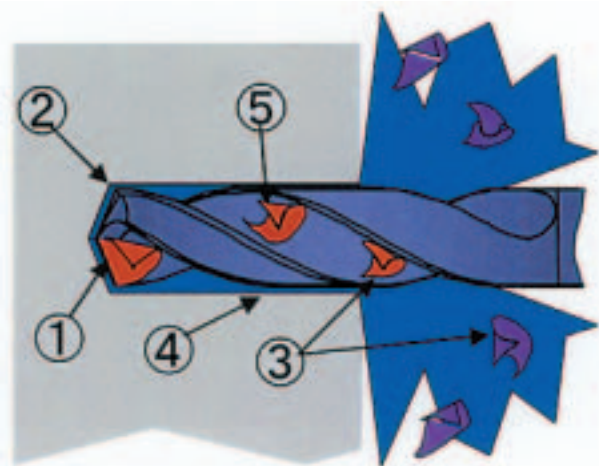
外部給油ドリルで切削油を供給する際には常に加工穴の入り口に切削油がかかっている状態にすることで加工中に切削油切れを起こさないようにする必要があります。



切削油について（ドリルは擦ってます）

ドリル加工における切削油の役割は①切れ刃の冷却や②切削点の潤滑もちろんですが、それ以外にも内部給油ドリルでは③切りくずの運搬④ドリル本体と加工面内壁との潤滑⑤切りくずと加工穴内壁と加工面内壁との潤滑と多くの役割をになっています。

このため、切りくずの除去量も多く、バニッシング（擦る）作用も強いことから切削油は重切削用エマルジョン形が推奨されています。また、濾過（クリーニング）精度も重要で内部給油ドリルでは油穴詰まり、ドリルと加工面に異物が挟まった場合には激しい損傷が生じることがあります。



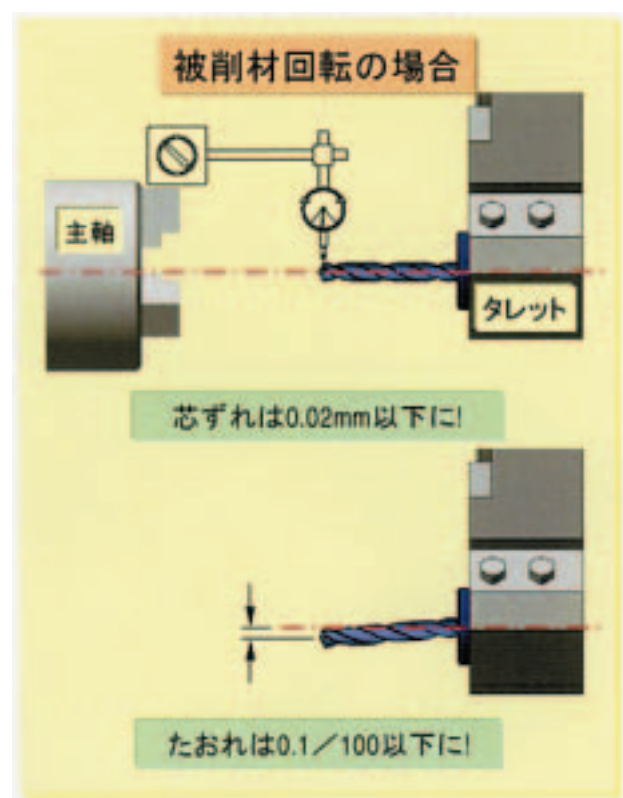
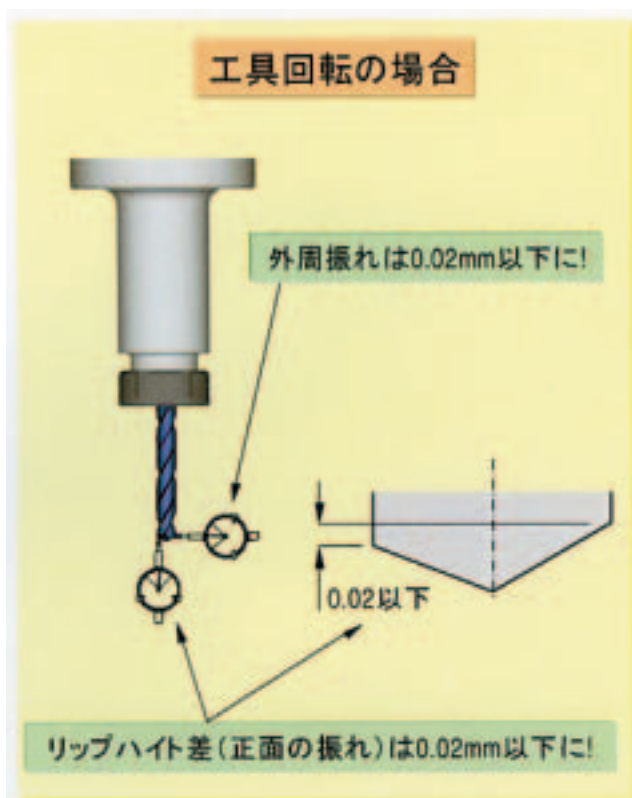
取り付け精度の目安

●ドリルの取り付け精度は？

超硬ソリッドドリルは切れ刃を2枚（＝2枚刃）持っています。その2枚の切れ刃が同じ量の仕事をしているときにドリルは最高の性能を発揮します。超硬ドリルを使うにあたってその点に注意をして使用すれば安定して使用することができます。

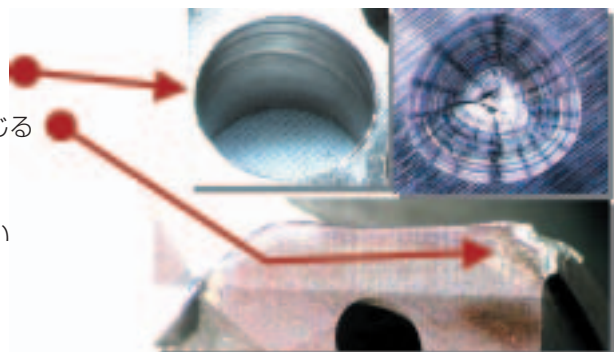
振れの目安は工具外周や切れ刃の振れを0.02mm以下に管理していれば問題ありません。振れが大きい（例えば0.05mm）状態でも加工は可能ですが、寿命が低下したり穴精度が劣化する影響が生じます。

「振れを0.02mm以下」というと非常に厳しい管理のように思われますが、ドリルの交換時にコレットやホルダの清掃・洗浄に心がける、定期的にコレットの傷などをチェックするなど気をつけていれば容易に管理できるレベルです。



こんな現象がでたら取り付け振れをチェックしてください

- ①加工穴の径が不安定（螺旋状の傷が生じる）
- ②切れ刃コーナ部分に欠け（チッピング）が生じる
- ③食いつき時にびびり音が発生する
- ④加工穴奥でキーキー音がし、戻り時にキュという高い音がる（穴曲がりの発生）

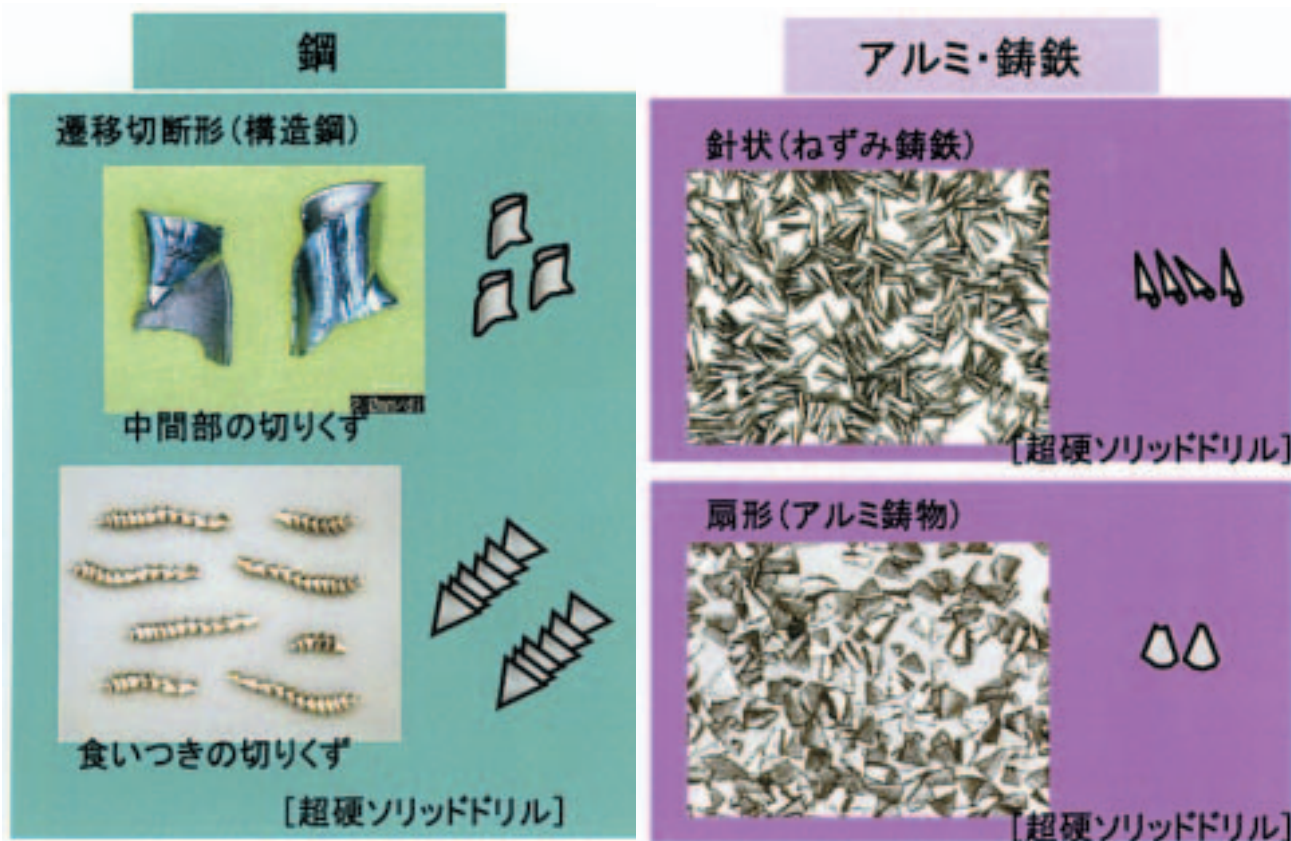


ソリッドドリルの切りくず

切りくずは被削材の材質によって変化します。いずれの被削材についてもいえることは同じ形状の切りくずが安定的に出てることがポイントとなります。糸状や針状の切りくずが混ざったり、長く伸びた切りくずが混ざったりしている場合には欠け（＝欠損、チッピング）の発生や何らかの異常が生じている場合があるので注意が必要です。

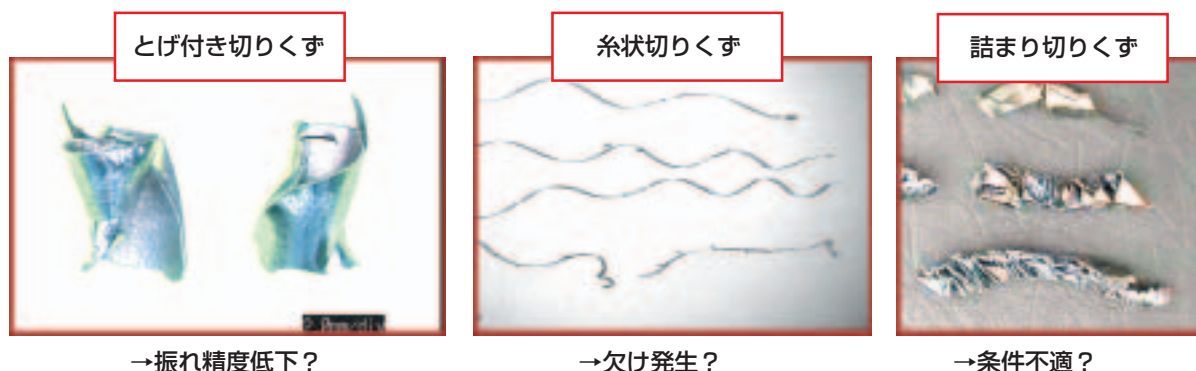
ただし、マシニングセンタなどでは切りくずは他の切りくずと混ざった状態で切りくずバケットに出てきてしまうために確認することが困難な場合も多くありますので次の章で詳しく述べることにします。

●切りくず形状の例



指名手配！（要注意な切りくず）

このような切りくずが混在したり、目立つようになってきたらドリルなどをチェックしてください

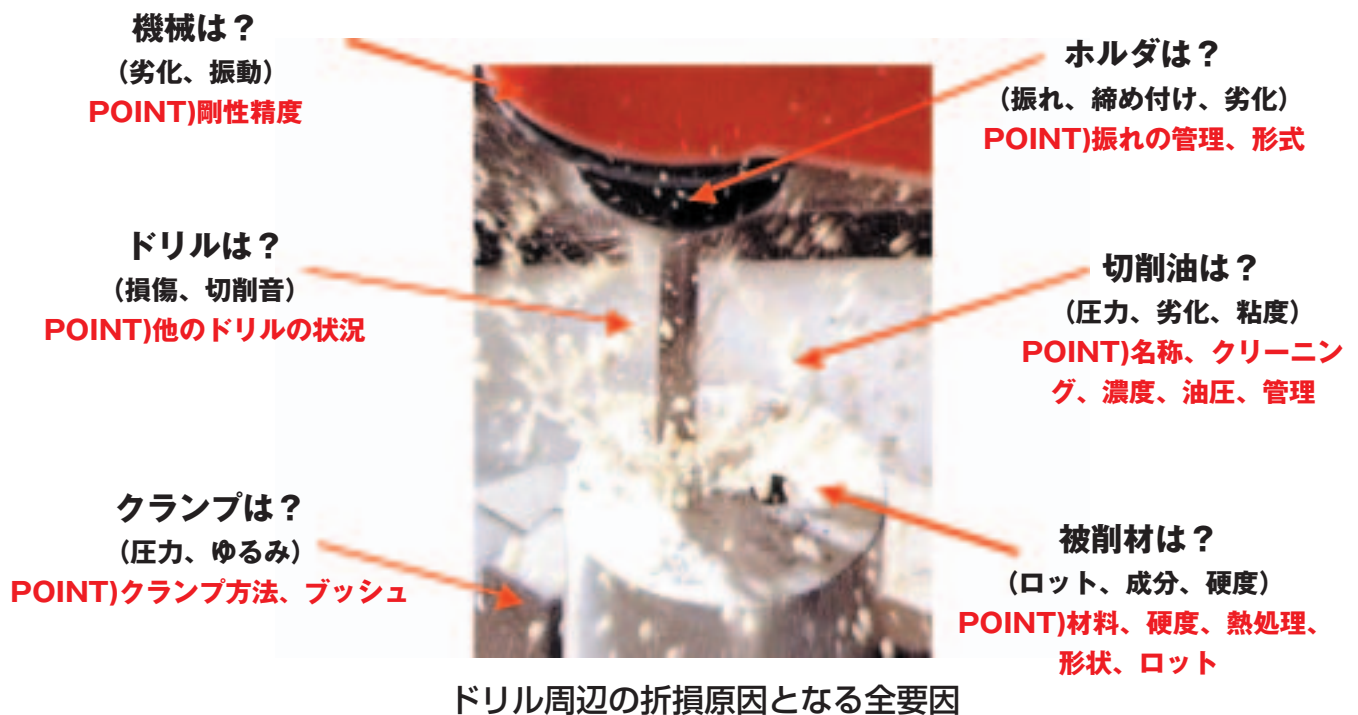


トラブルが起きたら

ここまでの手順にそって使用された場合には、まず異常な事態は発生しません。しかし、何らかの原因でドリルが折れた（＝折損）したら、その原因を取り除いてやる必要があります。初めて加工するような被削材質であれば切削条件や使用しているドリルが適していないことなどが考えられますが、今まで正常に使用してきたものが突発的に折損した場合を想定して以下に確認する項目を説明します。

●折損原因の推定方法

ドリル自体はすでに折損してしまっているので、そこから得られる情報は超硬合金が正常か否か程度です。折損発生に対してはその周りの情報を収集して、状況証拠を集めて原因を推測することとなりますので「折損が起きたタイミング（1穴目、初期、寿命近く）」、「トラブルが発生した時期や頻度（何か変更したものはないかなど）」についても重要になってきます。



発生状態から推定される要因

トラブルの発生は、その傾向からも原因らしきものを推定することができます。以下にその例を示しますが、いずれもトラブルの原因となった場合にどのように現象が現れるか？ということを示しています。徐々に寿命が短くなっていったり、季節によって発生したりする場合にはその点を頭に入れながら考えることで正しい原因を把握することができます。

- 同一工具内で出たりでなかったり： 切りくず、溶着（構成刃先）、食い付き性悪さ
- 経時劣化するもの： 切削油（性能、ポンプ）、ホルダ、コレット、機械、ブッシュ
- ロット間ばらつきがあるもの： 被削材、工具（ドリル、チップ）
- 不安定になりがちなもの： ユーザ再研削形状、取り付け精度、アライメント精度

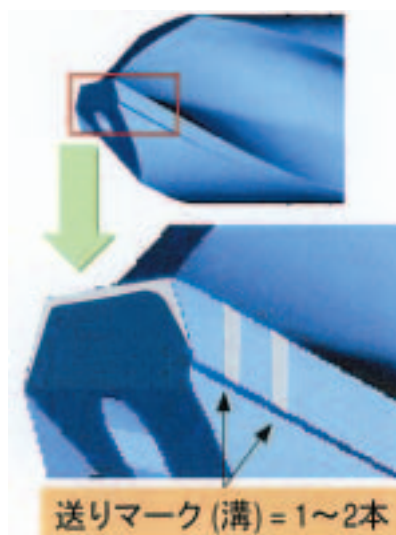
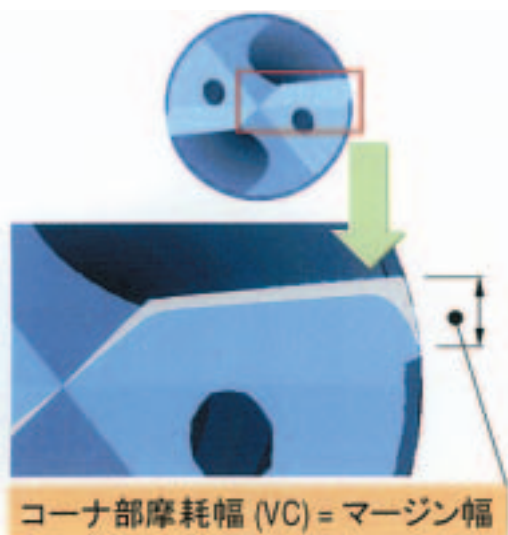
寿命を判定する方法

切削条件同様、各加工において寿命は異なります。しかし、使いすぎて折損するとそこまでの損傷状態や状況を確認することができなくなります。そのため、特に使い始めには使用後の工具の損傷状態や加工状態に気を配り、適正な交換タイミングを設定する必要があります。

その際に、気をつけるポイントと一般的な交換基準を紹介します。

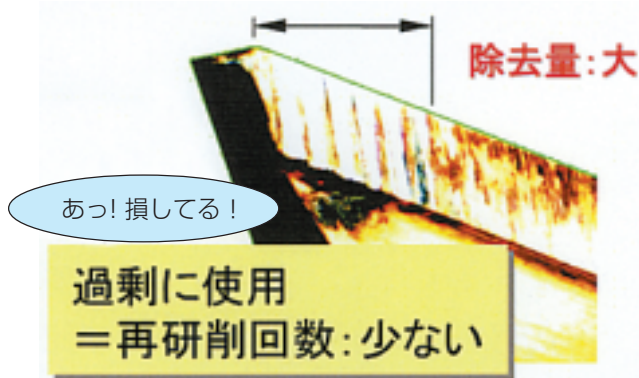
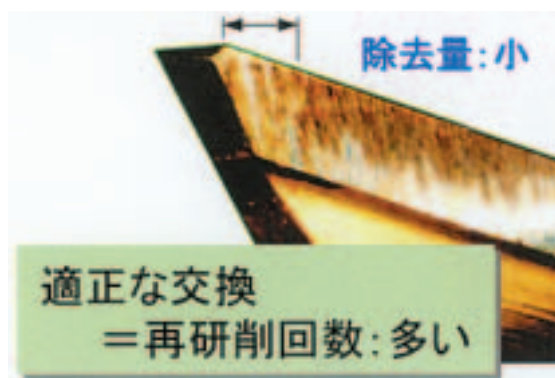
●寿命判定基準

- 折損、欠け、チッピングなどの異常損傷がみられた場合
- コーナ部摩耗幅 VC がマージン全体に達した場合
- マージン部の送りマークが 1～2 本になった場合
- 加工初期に対して切削動力が 30% 程度上昇した場合
- 製品規格はすれ、切りくず処理、仕上がり径、表面あらさ、バリ、切削音などの変化



使いすぎた場合には・・・

ドリルが損傷から判断して寿命になった場合にも、要求される精度を満足しており機械の剛性が十分であつたら加工自体は継続して行うことができます。使い捨てで使用するのであればかまいませんが、再研削を実施してドリルの総寿命を延ばすことを考えた場合には適正な時期に交換する必要があります。



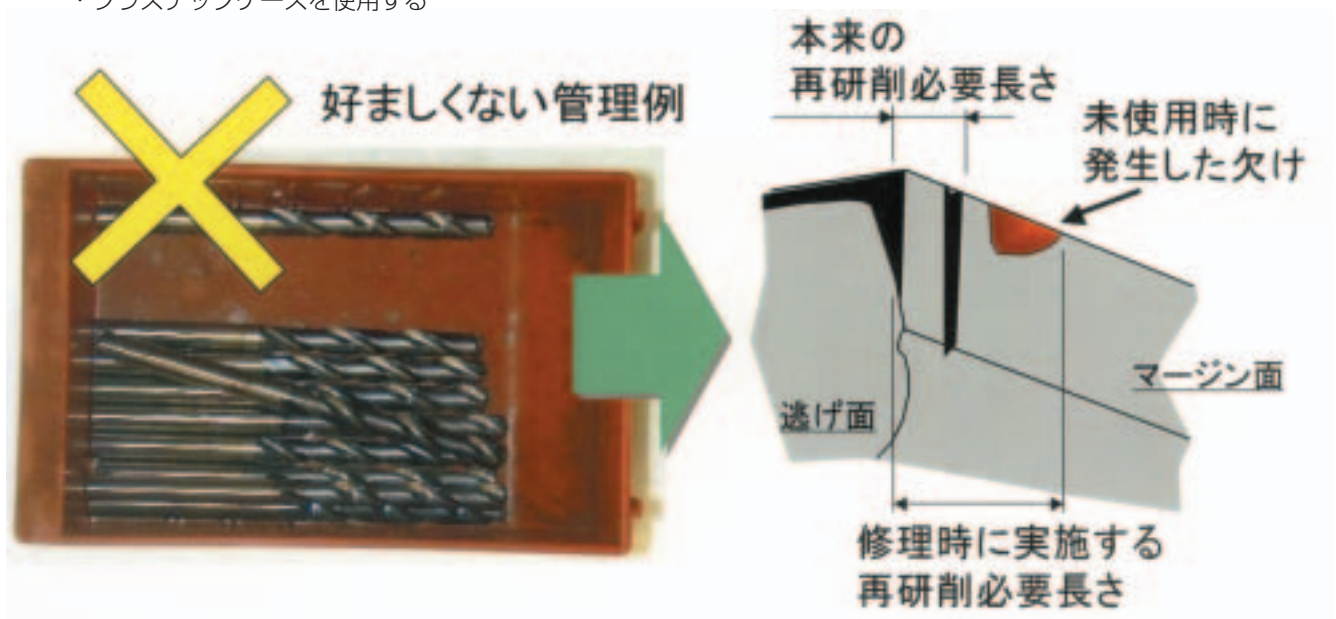
超合金製品（ドリル）の取り扱い

●取り扱いについて

超合金は非常に硬いがゆえに欠けやすいという性質を持っています。このことから、超合金と超合金が接触するとそれが原因となり欠けが発生します。切れ刃に発生した場合には「性能の不安定」を生じますし、切れ刃以外に発生しても右下図のように「再研削回数の減少」が生じることとなり、損をする結果となります。

なるべく、他の金属と超硬ドリルが接触しないようにするには

- ・保管箱に仕切りをつける
- ・超硬ドリルにキャップをつける
(ギガジェットドリルDSX、ギガパワードリルDSEは各ドリルにキャップをつけた包装にしています)
- ・プラスチックケースを使用する



再研削について

再研削に関しては、新品時の形状を再現できればお客様内で再研削を行うことも可能です。本マニュアルにも再研削方法を参考資料に記載しています。

メーカ再研削のメリットは①新品形状を再現することができる②メーカで再コーティング時の性能を確認済みのコーティングが行われる ということです。最近の超硬ソリッドドリルは各社コーティング技術を競い、長寿命で使用できるようになっており、コーティングの性能は重要です。

タンガロイは再研削＋再コーティングを行う体制を整えており、再コーティングのみの依頼も可能です。見積価格、納期などは以下にご相談ください。



タンガロイロジテック株式会社

名古屋営業グループ TEL:052-805-6071 FAX:052-805-6030
川崎営業グループ TEL:044-455-2011 FAX:044-455-2040

第一章の最後に・・・

以上で第一章の説明が終了です。超硬ドリルをもっと深く知りたい場合には更に読み進めてください。

2) 超硬ドリルを使ってみたら

- ・ドリル各部の名称とその役割
- ・ドリルの損傷状態（写真）と異常損傷に対する対策
- ・ドリルの切りくず形状と異常な切りくずが発生した場合の対策
- ・使用上のポイント（ライフリング・取り付け振れ精度、穴径の拡大・縮小）

3) 超硬ドリルを更に使いこなす

- ・ドリルの経済性計算（経済性を考慮した工具選択）
- ・ツーリングのポイント（溝長など工具の設計）
- ・様々な加工に対する使用上のポイント（断続加工や不安定な食い付き面など）
- ・汎用機を使用した深穴の加工方法（ガイド穴加工ツーリング）
- ・MQL加工（ミスト加工、セミドライ加工）について

4) タンガロイ「ギガドリルシリーズ」を使いこなす

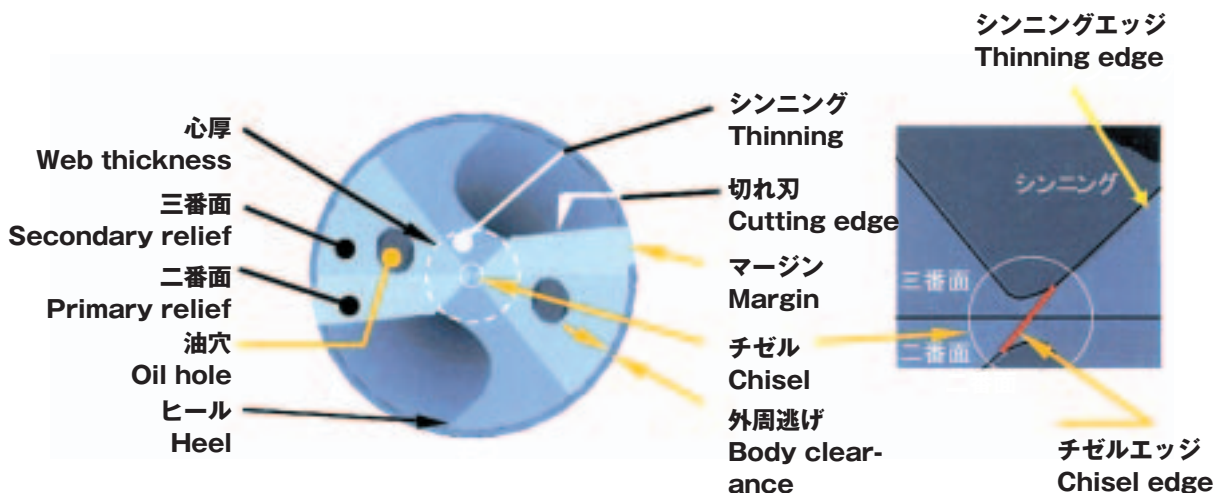
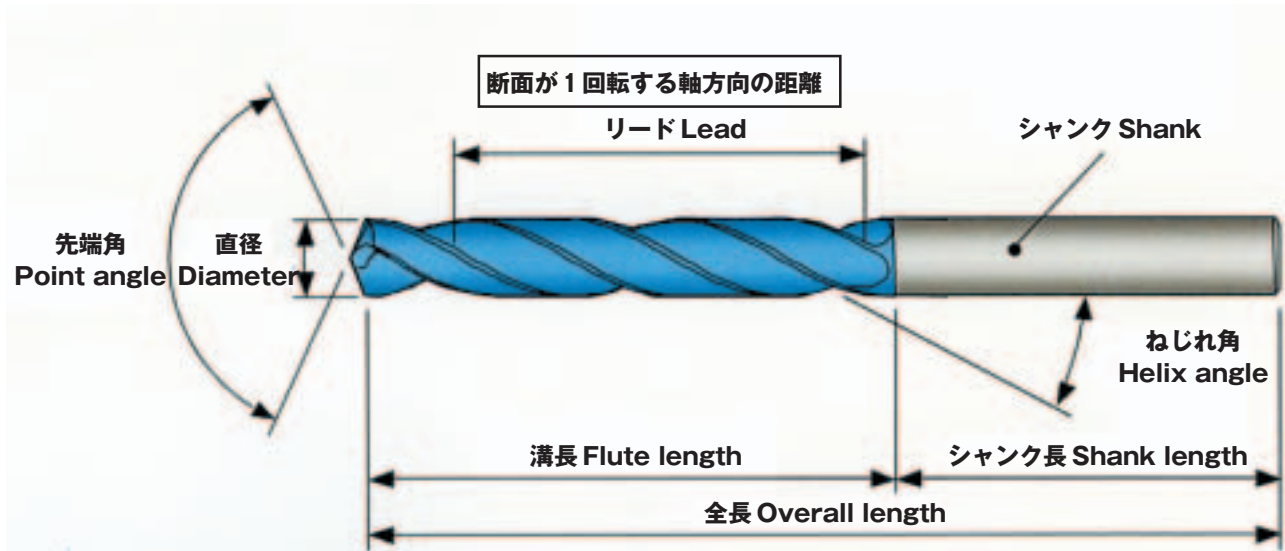
- ・ギガパワードリルDSE形 外部給油 鋼用ソリッドドリル
- ・ギガミニドリルDSM形 外部給油 小径鋼用ソリッドドリル
- ・ギガジェットドリルDSX形 内部給油 鋼用油穴付きソリッドドリル
- ・ギガスポットドリルDGS形 外部給油 センタリングドリル

5) 参考資料

- ・各種ねじ下穴の許容差と推奨ドリル径一覧
- ・I T等級の一覧表
- ・はめあいの説明と許容差一覧
- ・タンガロイ全ドリル径公差一覧
- ・再研削手順書

ドリル各部の名称

ここから、ドリルの各部の役割を説明していきます。まずはそれぞれの名称を図とともに示します。通常、名称を知っていたから何か良いことがあるの？と思われるかもしれませんが、お客様と私たちメーカとの話を正確に行うためには重要です。相談される場合にお互いの思っている部分が同じであればメーカの人は的確にアドバイスを行うことができます。



英語で表記されているものはどんな意味？

シンニング (Thinning) 薄くする、細くする → 心厚を薄くしていることから
 チゼル (Chisel) のみ、たがね、彫刻刀 → 切れ刃が無く鈍角で押しつけている部分のため
 マージン (Margin) へり、ふち、端、余白 → 外周部分（端）を若干余白のように残すことから
 ヒール (Heel) かかと、かかと状のもの → 切れ刃がつま先ならかかとにあたります
 シャンク (Shank) 柄、軸部分 → そのまま、つかむ部分すなわち柄
 リード (Lead) 道案内、導く → 外周を導くようになっているから？ねじにも同じ呼称あり
 エッジ (-edge) 端、きわ、綾線 → 鋭くなっている先端をさしています
 ホーニング (Honing) 砥石で研ぐ → 後加工で追加したりすることから

先端角 (Point angle)

役割) 被削材に食いつきやすくする

キリ（錐）で穴をあけるときには先端が尖っているほうが少ない力で穴を加工していくことができます。先端角はキリの先端の角度と同じで、先端角が小さいほど少ない抵抗で穴を加工することができます。

ハイスドリルが主流の時代は、先端角を小さくして手で送るボール盤などでもドリルが容易に入るように小さい角度を設定していましたが、超硬ドリルでは欠けにくくすることなどから $130 \sim 140^\circ$ の先端角が多く採用されています。



丸くて長いものの宿命・・・負荷をかけるなら軸方向に

鉛筆や割り箸と同じでドリルやエンドミルは円柱状の形をしています。鉛筆の場合には両端を持ってぐいっと横方向に力をかけてやれば簡単に折ることができます。しかし、軸方向から鉛筆を押してつぶすのは至難の技です。これは、超硬ドリルでも同様に軸方向からの抵抗（スラスト）に対しては比較的強いものの曲げなどの横方向の力には弱いという特性を持っています。

このことから、先端角もなるべく軸方向に負荷をかける様な設計としており、安定した加工を行うためにはドリルになるべく曲げ方向の力がかからないようにすることがポイントとなります。



逃げ角 (Relief angle)

役割) 送り方向の逃げ面接触防止

逃げ角は文字通り、「逃げている角度」という意味ですから、送り量に対して必要な量後退していれば良いということになります。その必要最小限の逃げ角は以下の式で計算することができます。

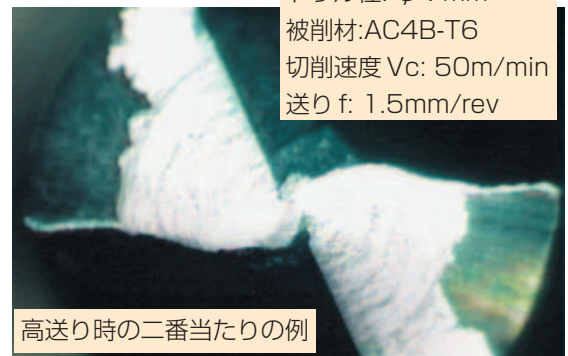
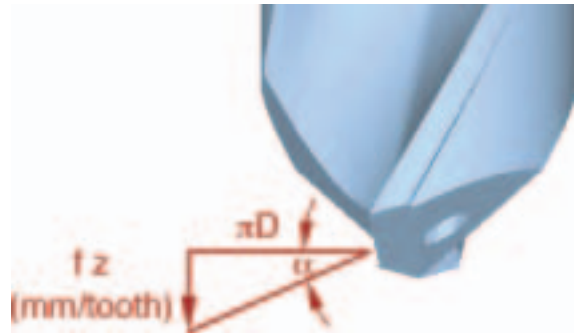
送り $f(\text{mm/rev})$ は、ドリルが1回転（ドリルの直径を D とすれば、周は πD ）する間に軸方向に $f(\text{mm})$ だけ進むということです。したがって、逃げ角は、 α よりも大きくなくてはなりません。もし、逃げ角が α よりも小さい場合は、二番当たり（＝逃げ面が被削材に接触）し、スラストの異常上昇を引き起こします。

$$\text{必要最小逃げ角 } \alpha = \tan^{-1} \frac{f_z}{\pi D}$$

工具径 $\phi 7\text{mm}$ 送り量 $f=1.5\text{mm/rev}$
刃あたり送り量 $f_z=0.75\text{mm/tooth}$

1.95°

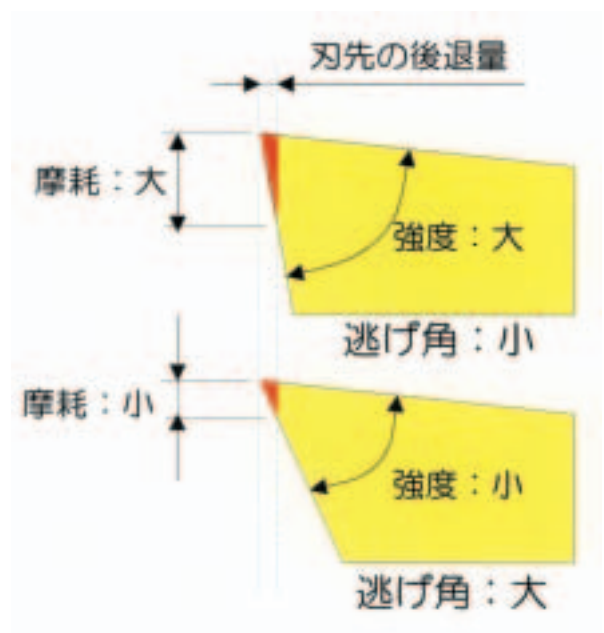
※上記の計算値は最小値なので実際の設定には安全率（2～3倍程度）をかけてやる必要があります。



●刃先強度や摩耗にも影響します

他の工具でも同じですが、逃げ角は切れ刃の強度にも影響を与えます。逃げ角が小さければ切れ刃強度は増し、欠けに対しては強くなります。逃げ角を大きくすると刃先の強度は低下するので注意が必要です。

また、理論上は同一の刃先後退が発生した場合には逃げ角が小さい方が摩耗が多く発生することになります。しかし、実際の加工では刃先強度も摩耗に影響してくることから単純な影響としては現れません。

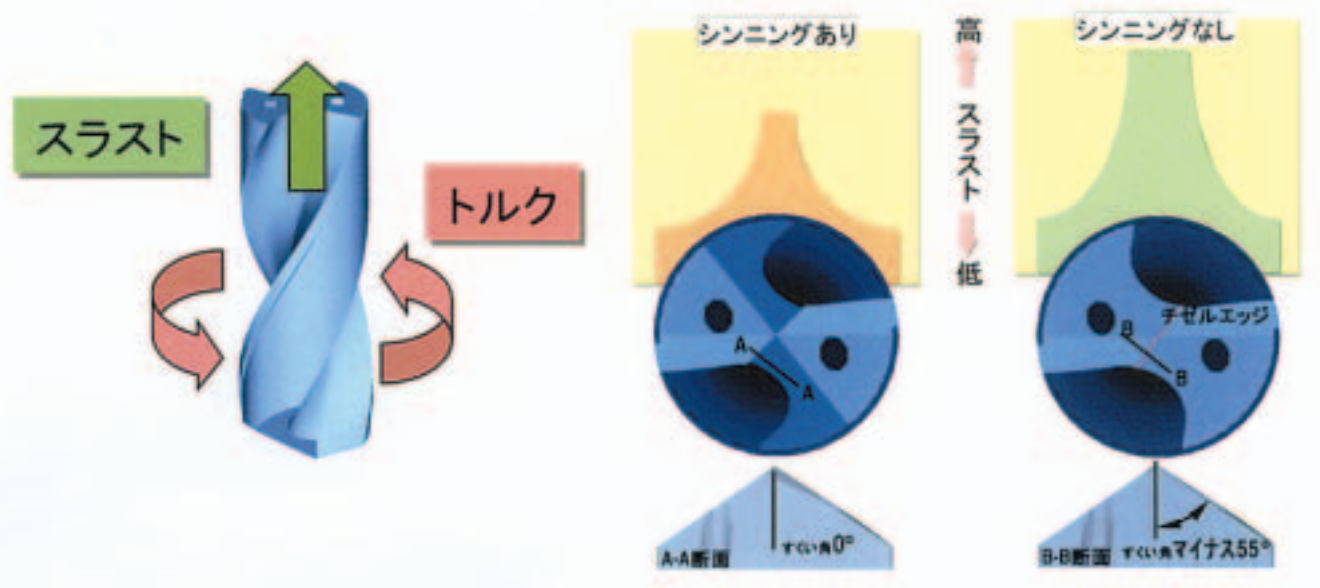


シンニング (Thinning)

役割) チゼルを薄くして切削抵抗（スラスト）を低減

通常のドリルではチゼルという切れ味が鈍く、被削材に押しつけるように切削する部分が存在します。当然、抵抗が高くなって（スラストが高い）ドリルは進入しにくくなります。この部分に切れ刃を設けることで抵抗を軽減することがシンニングの役割です。

また、食い付き時の抵抗も軽減することで穴位置精度も向上する効果もあることから、鋼用ドリルや高能率を狙ったドリルに設定されています。



●シンニングの種類

種類					
	X型	DMX型	S型	N型	なし
食い付き					
切削抵抗					
切りくず処理					
中心部の強度					
用途	一般鋼用	耐熱鋼・高送り	浅穴	浅穴	小径・基板用

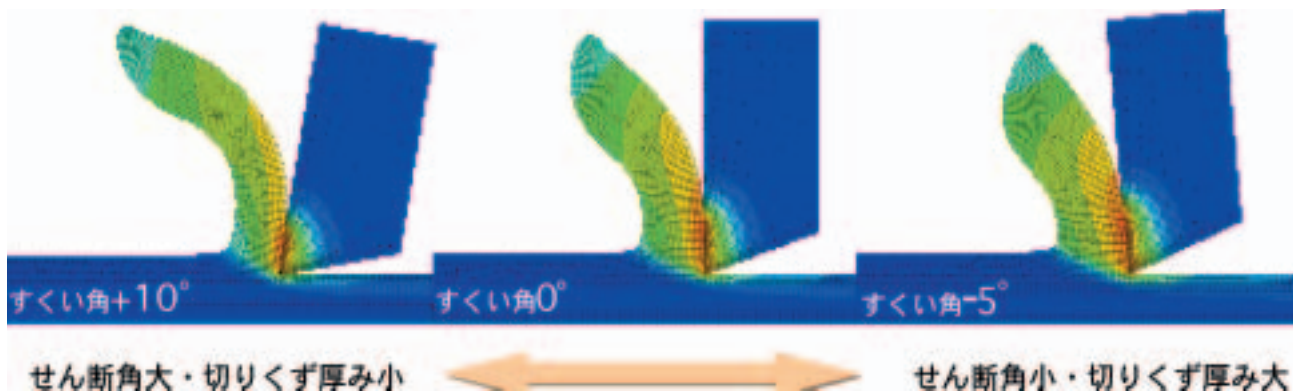

主流

ねじれ角 (Helix angle)

役割) すくい角を増し、切れ味を向上します

溝をねじることによって正のすくい角を付けて切りくずを薄くする＝切れ味を良くし、切削抵抗を小さくすることがねじれ角の役割です。ナイフで鉛筆を削るときにナイフを寝かせる、すなわち「すくい角を大きくする」ほうが少ない力で鉛筆を削ることができることと同じ原理です。

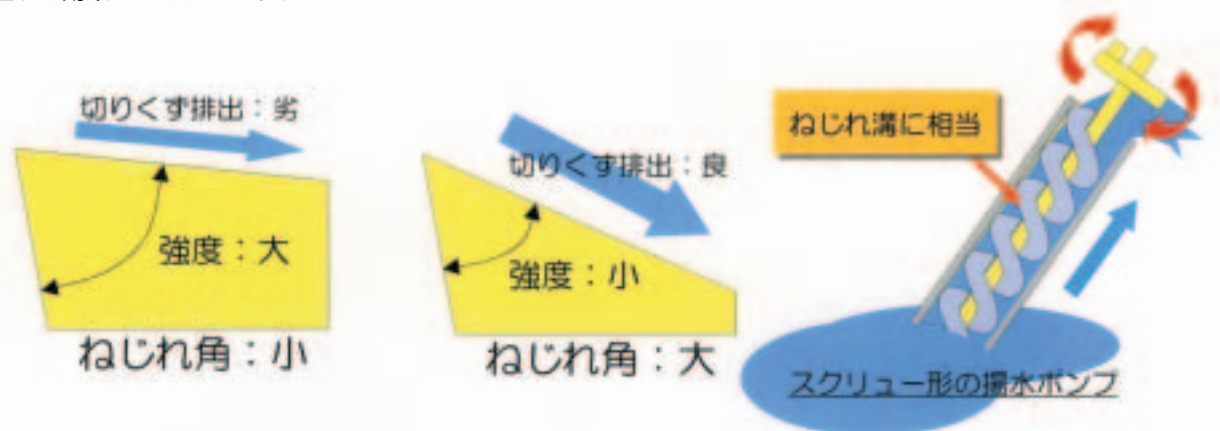
アルミ・鋳鉄ではねじれ角 0° の「直溝ドリル」、高硬度材用には $10 \sim 15^{\circ}$ の弱いねじれ角が用いられ、鋼用ドリルやアルミ・鋳鉄の高能率用にはねじれ角 30° が多く用いられています。



●刃先強度や切りくず処理性にも影響します

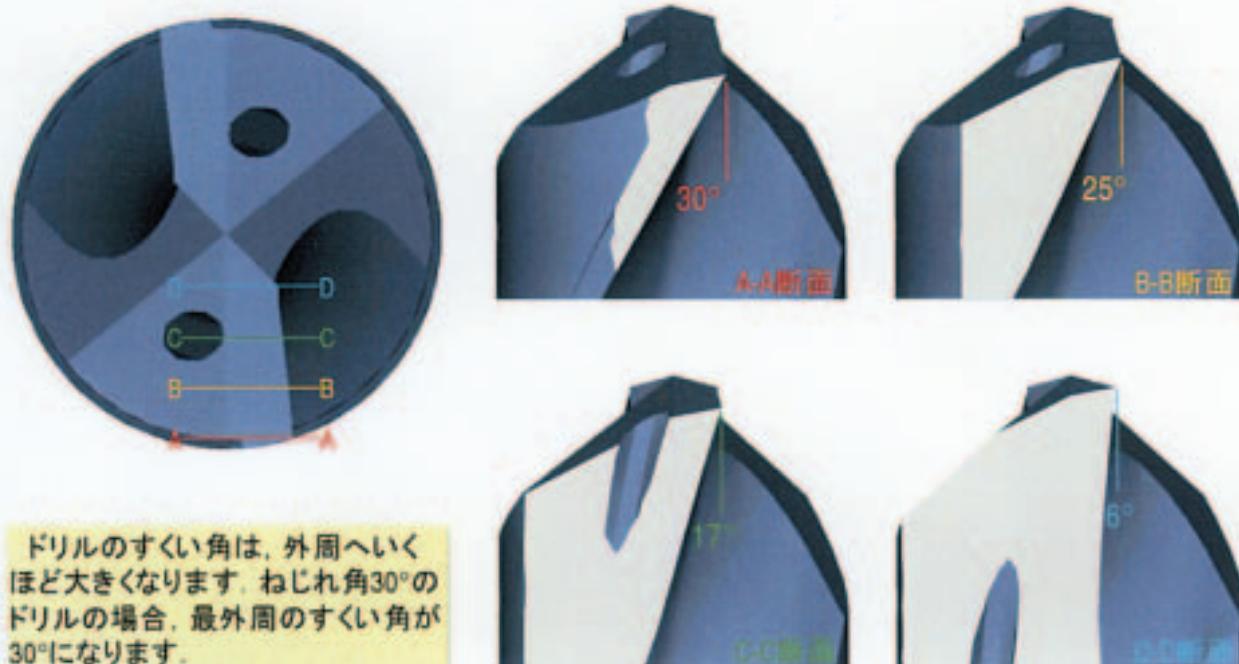
逃げ角と同様、ねじれ角は切れ味以外の刃先強度や切りくず排出にも影響を与えます。ねじれ角(＝すくい角)を大きくすると切れ味が増す反面、刃先は鋭利となるため刃先の強度は低下します。

また、切りくずの排出にはねじれ角が大きい方が優れており、ねじれ角が小さいものは切りくずの排出に劣る傾向があります。ねじれた溝をもったものを回転させることで水をくみ上げるポンプがあるように、らせん状の溝は切りくずを引き上げる効果があるためです。



ねじれ角 (Helix angle) その他の特徴

●ドリルは中心にいくほど すくい角が減少します



一般的に「ねじれ角」という場合には、ドリルの最外周位置でのすくい角を指します。リードからねじれ角を算出するには右の式で計算します。

$$\text{ねじれ角 } \theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{\text{工具径 } \phi D \times \text{円周率 } \pi}{\text{リード } Le} \right\}$$

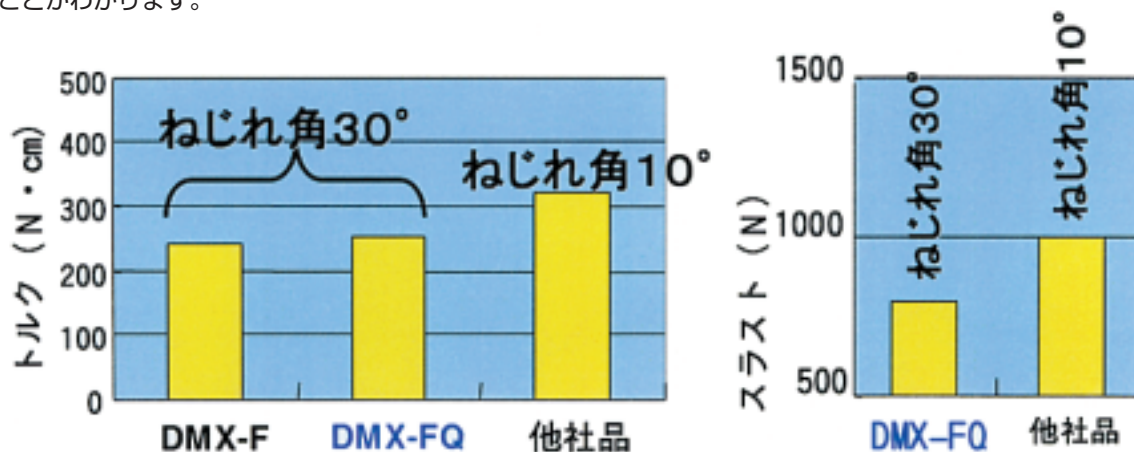
●切削抵抗に与える影響 (ねじれ角が小さいと抵抗が高い)

以下のデータは実際にねじれ角の異なる2種類のドリルをもちいて切削抵抗を測定したものです。

ねじれ角30°のドリルに対してねじれ角10°のドリルは切削抵抗が(トルク・スラストとも)20～30%程度高くなっていることがわかります。このように、ねじれ角は切削抵抗に対して大きな影響を持っていることがわかります。

試験条件

工具：φ8.0mm、DMX-F形、他社品
被削材：AC2B-T6
機械：横型M/C 切削油：水溶性(5%)
切削条件：V=50m/min f=0.3mm/rev
穴深さ=24mm



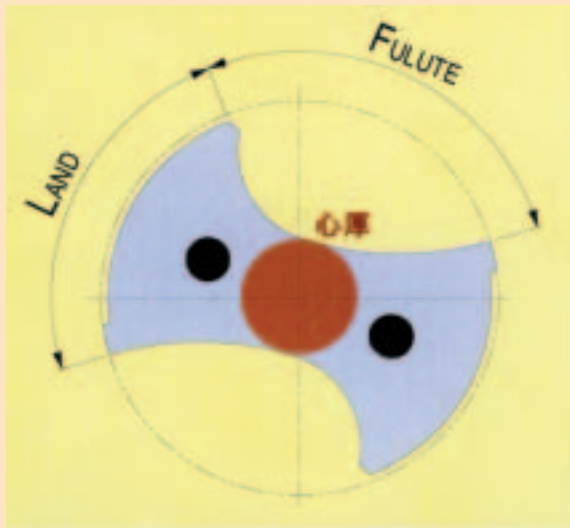
心厚 (Web thickness) と溝幅比 (Flute/

役割) 心厚と溝幅比はドリルの強度を決定します

ドリルの中心部分の溝を除く部分の太さを心厚と呼んでいます。これは、ドリルの強度を左右するもので心棒の様なイメージです。太ければ太いほどドリルは強度が増し、折れにくく、曲がりにくくなるものの反面で溝が狭くなっていくために切りくずの排出性が低下することとなります。同時に中心部分はどうしても切れ味に劣るため切削抵抗も大きくなる傾向があります。

溝幅比は溝幅÷ランド幅によって計算されるドリル外径の円周上で溝のエリアがどの程度かを示すもので、大きければ大きいほど溝の面積が大きいことを示しています。しかし、心厚と同様で溝面積が大きければドリル自体の断面積が低下するため強度としては低下することとなります。

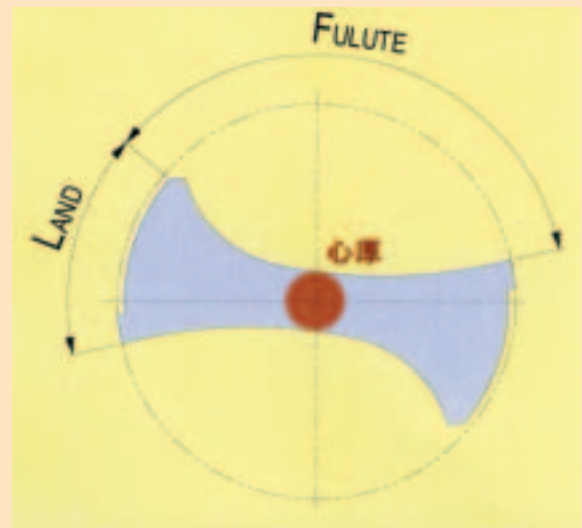
超硬ソリッドドリル



心厚を大きく、溝幅を小さくして折れにくくしている。切りくず処理が良好だからできる技。

- ・心厚 工具径の 25 ~ 30%
- ・溝幅比 $F:L = 1 \sim 1.3 : 1$

ハイスドリル

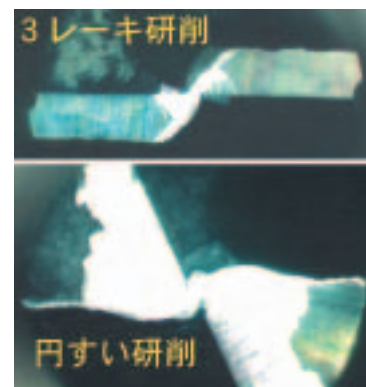


心厚を小さく、溝幅を大きくして切りくず排出性を高め、切りくず処理の悪さをカバーしている。剛性がなくとも折れないからできる技。

- ・心厚 工具径の 15 ~ 20%
- ・溝幅比 $F:L = 1.8 \sim 2 : 1$

円すい研削と3レーキ研削について

逃げ角の加工方法には大きく右の2種類があります。最近では3レーキ研削が主流であり、高送り時の逃げ面の接触が少ないこととお客様での再研削が容易な点がメリットです。右の写真はアルミ合金 AC4B-T6 を $\phi 7.0\text{mm}$ のドリルで送り量 $f=1.5\text{mm/rev}$ という高送りで加工したドリル先端の状態です。円すい研削を行っているドリルは逃げ面の広範囲に溶着が生じているのに対し、3レーキ研削は小さいことがわかります。

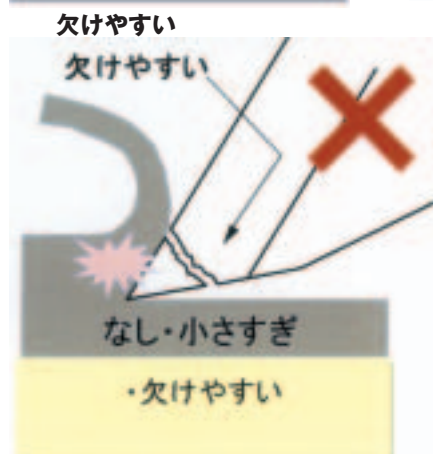
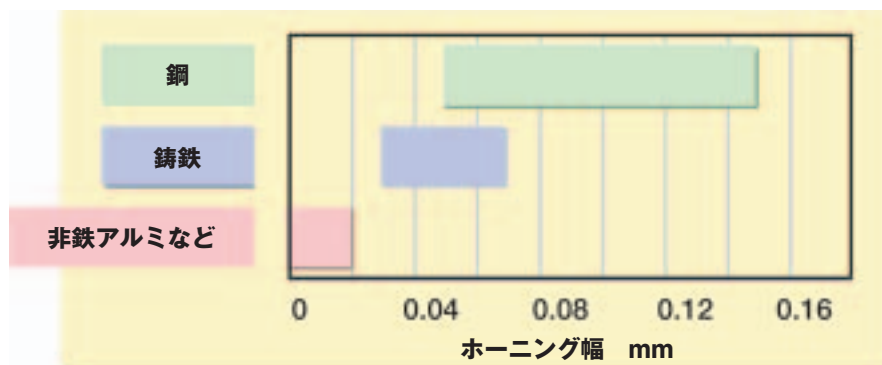


ホーニング (Horning)

役割) 切れ刃が欠けないよう強度を向上させます

ホーニングは「刃殺し」とも呼ばれています。文字通り、切れ味を殺して欠けにくくするために施します。したがって、量としては小さければ小さいほど切れ味は良いと言えることから、できるだけ最小限に設定します。被削材によりおおむね以下の数値になり、鋼などでは送り量の約2分の1程度が目安となります。

送り量が小さかったり、ホーニングが大きすぎる場合にはホーニング部分だけで加工することとなります。ホーニング部はネガティブな（負の）すくい角であることから、食い付き時の振動や抵抗の増大が生じやすくなります。



ねじれ溝のドリルと直溝のドリルの使い分け

おのおのの特徴を右の表に示します。
それ以外にも直溝ドリルは曲げに対して強いというメリットがあることから斜面への食い付きや食い付きで振動しやすい鋳抜き穴への加工などに用いられています。

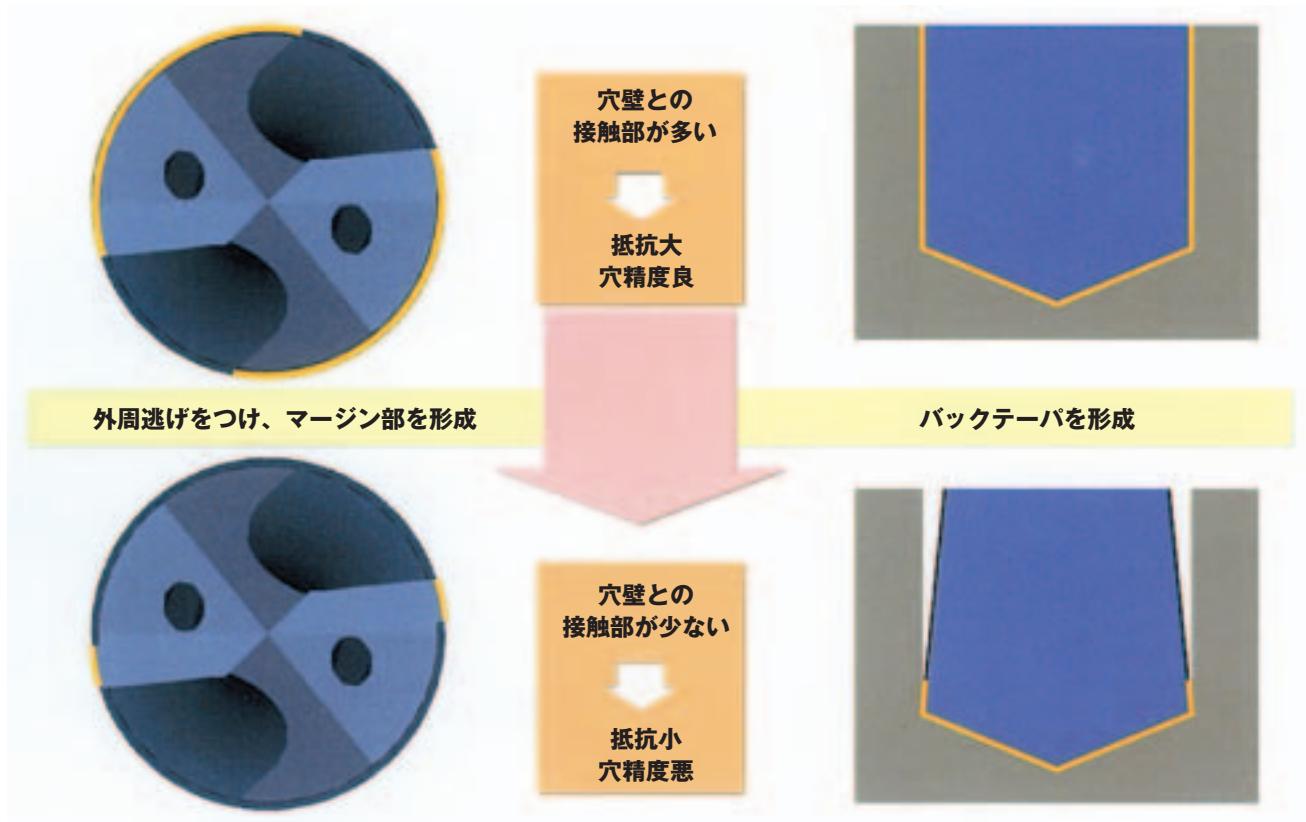
	ねじれ溝	直溝
切削抵抗	○	×
高送り	○	×
純アルミ・純鋼の加工	○	×
価格	×	○
特殊品対応	△	○

マージン(Margin)とバックテーパ(Back taper)

役割) 被削材との接触を必要最小限とします

ドリル加工では円柱状のものが自ら穴をあけながら被削材に進入していくことから、他の加工にはない被削材とドリルの接触があることもドリル加工特有の加工形態です。もちろん、外周部分全域が接触した場合には大きな摩擦トルク (=バニシングトルク)が発生しますので、これを円周方向に残した接触部分がマージンで軸方向に逃がしたのがバックテーパとなります。

また、ドリルのガイド性を高めるためにヒール側に円周部を残して4点支持するものもあり、それは4点パットとかダブルマージンと呼ばれています。

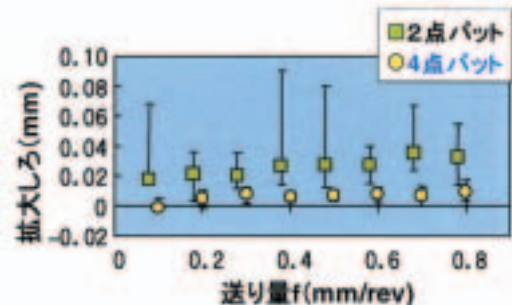


4点パットの効果（ガイド性が精度に与える影響）

このようにガイド性を上げることで加工穴径を安定させることが可能です。ねじれ30°のドリルで通常の2点パットのドリルと4点パットのドリルの穴径（拡大しろ）を比較した一例を示します。

このように穴内壁と強く接触させることでドリルの挙動を拘束し、穴径のばらつきが少なくなっていることがわかります。ただし、トルク上昇や外周部分の摩滅が生じることからアルミ合金やねずみ鋳鉄に用いられ、一般鋼などではあまり使用されません。

タンガロイはねじれ角30°の4点パットドリルとしてDMX-FQ形、DSC-FQ形を設定しています。直溝の4点パットドリルはリーミングドリル、FDドリルを設定しています。



ドリル径：φ 8.0mm 被削材：AC4B-T6
機械：立形 M/C 切削油：水溶性(外部)
切削速度：Vc=50m/min 穴深さ 24mm

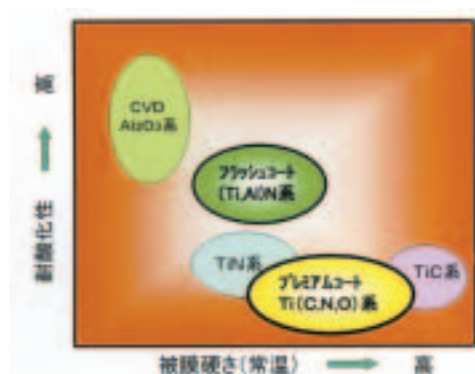
コーティング

ドリルの表面処理として鋼用ドリルなどでは刃先表面に硬質の層を被覆(＝コーティング)しています。ドリル加工においては主にPVDコーティング(＝物理気層蒸着法)が行われており、500℃前後の処理温度で1～数ミクロンの厚みの膜をコーティングしています。PVDコーティングが利用される理由は処理温度が低く、母材変形が生じにくい、鋭角部分への被覆ができることがあげられます。



役割) 耐摩耗性の向上、耐熱性・耐溶着性の向上

PVDコーティングにも様々な種類がありますが、その成分から大きく分類することができます。以下に代表的な種類とそれぞれの膜の特徴を示します。しかし、同種の膜であっても各メーカーはそれぞれ異なる性能を持った膜を開発していますので必ずしも同一の性能ではありません。



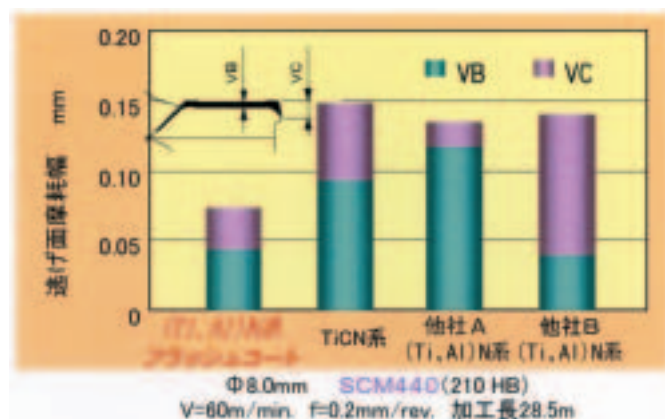
膜種	タンガロイ商品名	特徴
TiN系	Jコート	密着性に優れる
Ti,C,N,O系	プレミアムコート	耐チッピング性に優れる 耐摩耗性に優れる(低温)
(Ti,Al)N系	フラッシュコート	耐摩耗性に優れる(高温) 高速切削が可能

●コーティングの違いによる耐摩耗性比較

鋼の加工は切削温度が高いことから高温状態での耐摩耗性が要求されます。

このデータでは被膜の違いと摩耗量の差を見ていますが、TiCN系被膜よりも(Ti, Al) N系であるフラッシュコートが耐摩耗性に優れていることがわかります。

また、他社の(Ti, Al) N系膜を持った鋼用ドリルと比較を行っていますが、形状が異なるものの、同一の系統である膜であっても摩耗にはかなり差があることがわかります。



コーティング膜表面の状態

ドリル加工においては溝の内部と加工穴内壁を切りくずが通過します。従来、コーティング膜の表面＝溝の表面についてはあまり着目されることはありませんでした。しかし、ドライ加工や外部給油ドリルにおける切削速度 $V_c = 90 \text{ m/min}$ をこえる高速加工では切削油による潤滑が少ないことから切りくず排出は難しくなります。また、内部給油ドリルであっても高速加工やセミドライ加工、 $L/D=5$ を超える深穴加工においては溝表面の粗さが切りくず処理に与える影響が大きかったことがわかりました。

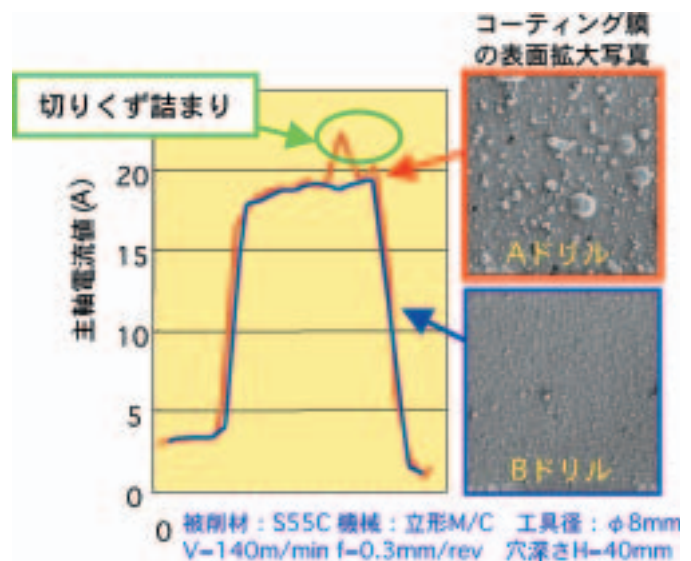
役割) 高速・深穴加工時の切りくず処理性向上

右のグラフは炭素鋼S55Cの内部給油ドリルによる穴加工時の主軸電流値を示したものです。工具径の5倍に相当する穴深さをコーティング表面の粗さが悪いドリル（Aドリル）と粗さの良いドリル（Bドリル）を比較しています。

このように、コーティング表面の悪いドリルは穴深さが工具径の3倍を超えるあたりから切りくず処理が不安定になり始め、主軸の電流値が上昇・変動していることがわかります。

これは、切りくずが溝を通過する際にコーティング表面の凹凸で排出スピードが低下し、他の切りくずが接触して一時的に切りくず詰まりが発生しているためです。

このことから、ギガジェットドリルDSX形やギガパワードリルDSE形は高速・深穴を目的としていることから表面が平滑なコーティングを採用しています。



溝は切りくずの排出性を左右します

溝の仕組みを説明するには道路と車をイメージするとわかりやすく、道路が溝で車は切りくずになります。車は平坦な道ではスピードを上げることができますが、凹凸の激しい砂利道などではスピードを上げられません。道の広さでは狭い道よりも広い道のほうがスピードを上げやすくなります。車（切りくず）は次々来ますので、何かの原因で1台が減速した場合には渋滞になったり、最悪は多重衝突（切りくず詰まり）となります。

この現象を考慮して深穴ドリルでは右のような断面や平滑表面が必要となるわけです。



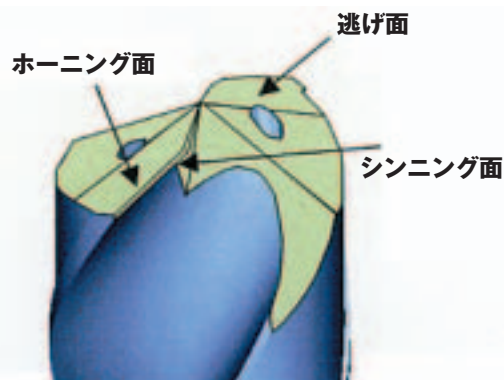
再研削・ノンコート品の性能

従来は再研削後に再コーティングをせずに使用される場合もありました。しかし、最近は各社とも超硬合金母材を折れにくい材料に変化していることから、コーティングを実施しない場合には使用環境により著しく寿命が低下することがあります。その一例を以下に紹介します。

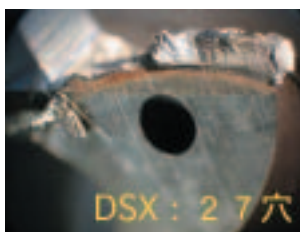
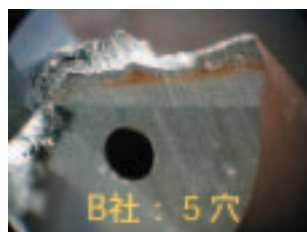
●再研削のみでの加工試験

再研削のみの場合には切削に關与する部分としてホーニング面とシンニングのすくい面が超硬母材が露出することになります。この状態で、炭素鋼を加工した結果、各社とも30穴以下という初期に切れ刃に大きな欠損が生じ、加工不能となりました。

この場合、被削材の凝着による剥離欠損であることから切削油を例えば油性などの潤滑性の高いものにすることで現状よりも延長することは可能ですが、安定して長寿命を行う場合には再コーティングを実施する必要があります。



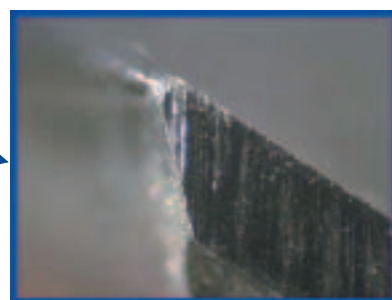
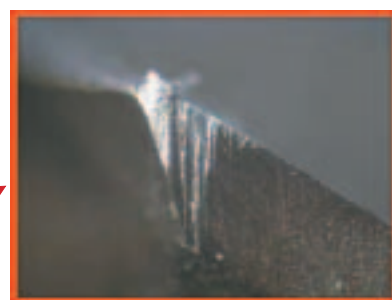
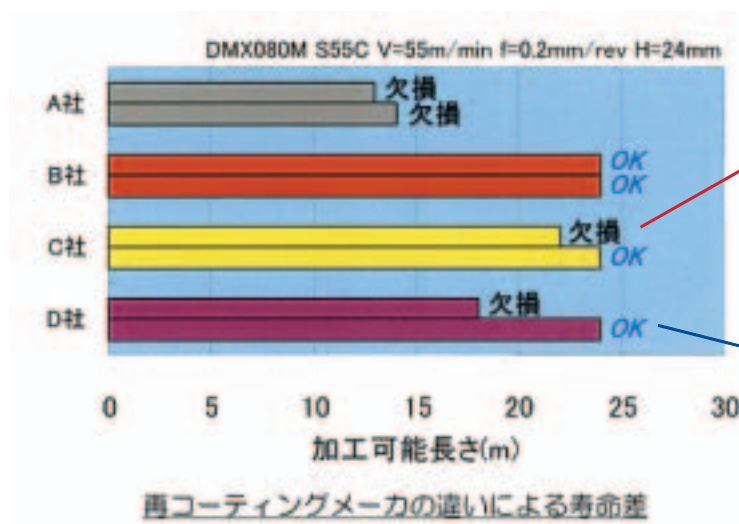
再研削によって母材が露出する面



ドリル径: $\phi 8.0\text{mm}$
 被削材: 炭素鋼 S45C
 機械: 立形 M/C
 切削油: 水溶性 (5%)
 塩素フリー
 切削条件: $V_c=110\text{m/min}$
 $f=0.3\text{mm/rev}$
 穴深さ = 40mm

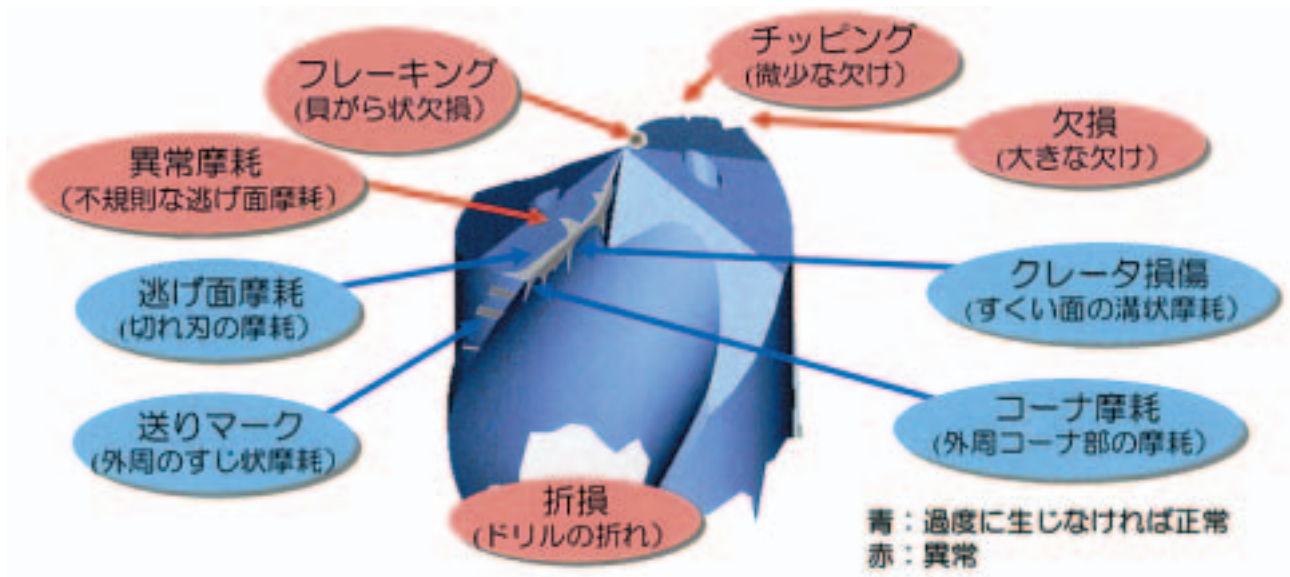
●再コーティングの影響について

コーティングが性能に与える影響は大きいことから、基本的にはメーカーでの再コーティング処理を推奨します。通常は、再コーティングを行うたびにコーティングの膜厚が大きくなることから、寿命は短くなる傾向があります。その数値は加工状態や環境によって大きく変化する傾向があることからお客様毎に管理値を決めて、定期交換する必要があります。



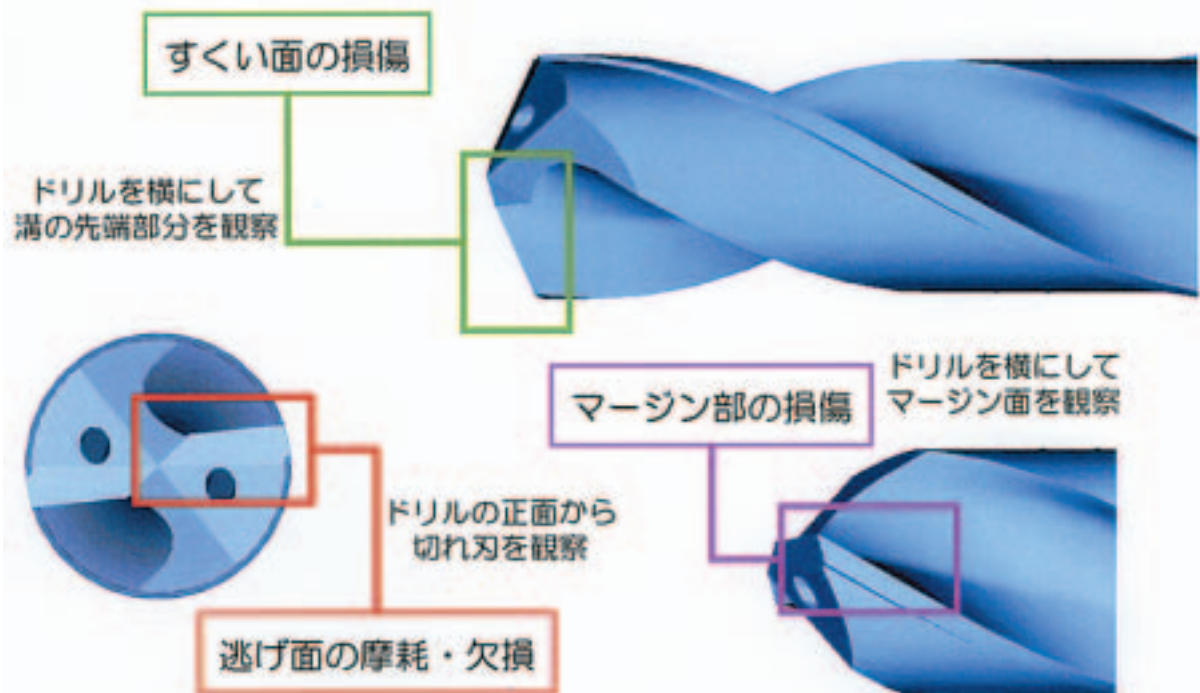
ドリルの損傷について

この項ではドリルの損傷について実際の損傷写真をもとに、損傷形態から推定される原因と損傷が発生した際にチェックする項目を示します。



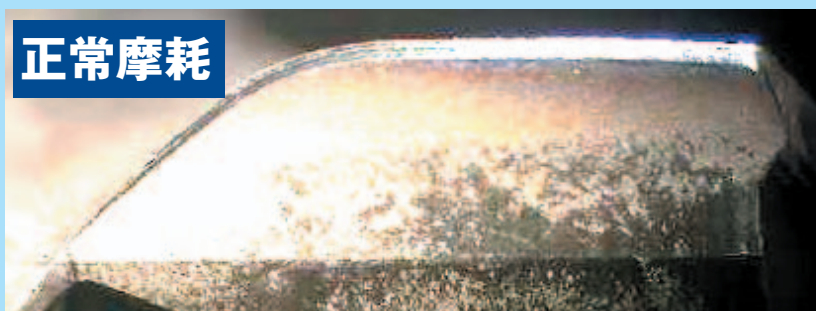
●損傷の見方

損傷の観察にはルーペや実体顕微鏡、工場顕微鏡、ビデオマイクロスコープなどをもちいます。次ページ以降に各位置から見た損傷写真を示しますが、どの様に見ているかを以下の図で説明します。

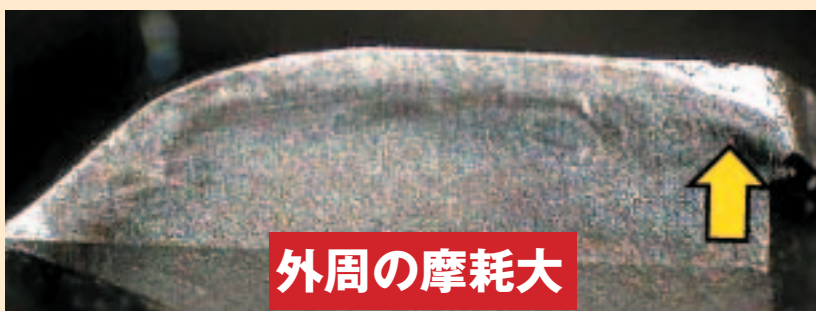


逃げ面の摩耗（ドリルの先端から見た）

正常摩耗



◆一部分のみが極端に大きくなることなく、中心から外周まで平均的に摩耗した状態。ただし、外周に向かうにしたがって切削速度が高くなるので、摩耗もそれにしたがって大きくなる傾向があります。

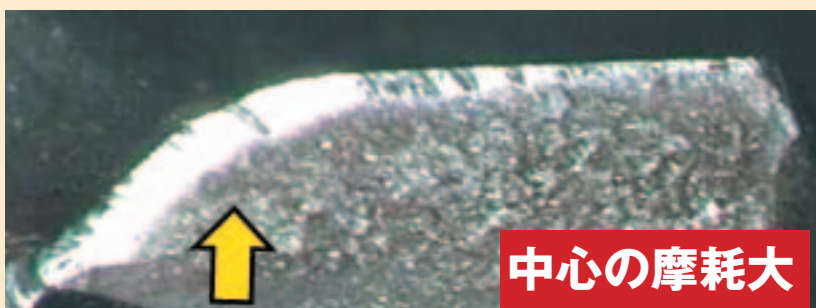


外周の摩耗大

確認する点

1. 切削速度
2. 切削油の供給状態

- ◆ドリルと被削材の種類によって、切削条件が決められますが、このように外周部のみ摩耗が大きくなる現象は、適切な切削条件よりも切削速度が高すぎる場合に多くみられます。
- ◆ノンコートのドリルで鋳鉄を加工した場合や、コーティングドリルの場合でも、再研削後ノンコートの状態で鋼を加工した場合などに、この傾向が強くなります。



中心の摩耗大

確認する点

1. 切削速度
2. 前加工の有無
3. 再研削形状

- ◆上の例とは逆に、切削速度が低すぎる場合によくみられます。切削速度や送りを高くできない高硬度材を加工したときなどにも発生しやすい損傷です。
- ◆中心部の摩耗が大きくなると、食い付きが不安定となり、穴径の異常拡大や、折損する可能性が高くなります。したがって、最外周ではなく中心部の摩耗状況で寿命を判断することが必要です。
- ◆前加工でセンタ穴があいている場合には、中心部の切れ刃の一部に大きな摩耗が出ることもあります。



異常摩耗（部分的に大きい）

欠けが発生している部分が摩耗となったもの

→「逃げ面の欠損」参照

逃げ面の欠け（ドリルの先端から見た）



確認する点

1. 加工部の形状
2. ワークのクランプ状態
3. 加工機械の性能
4. ドリルの取り付け精度

- ◆貫通側が斜面や半月、穴の途中にクロス穴がある場合など、断続加工を含む場合に多くみられます。
- ◆たわみやすいワーク形状、クランプ状態、機械の剛性が低いなど、加工中に振動が発生する場合に生じやすくなります。
- ◆ドリルの取り付け精度不良により振動も発生要因のひとつです。



確認する点

1. 前加工の有無
2. 連続 / ステップ
3. ワークのクランプ状態
4. ドリルの取り付け精度

- ◆常に一部のみが欠損する場合は、センタ穴などの前加工がある場合に発生している形態です。
- ◆刃先に繰り返し衝撃が加わるステップ送りをおこなった場合にもみられます。また、外部給油でステップ送りをおこなうと、排出しきれずに穴底に残った切りくずが噛み込んで欠損する可能性があります。
- ◆加工中の振動やドリルの取り付け精度も発生要因のひとつです。



確認する点

1. 切削送りの方法（連続 / ステップ）
2. 食い付き部の形状
3. 前加工の有無
4. ワークのクランプ状態
5. ドリルの取り付け精度

- ◆硬い材料をステップ送りで加工した場合によくみられます。最も強度が低い中心部からクラックが進展し、剥離状に損傷した場合に発生します。
- ◆ステップ送りの際の切りくずの噛み込みや加工中の振動、ドリルの取り付け精度の影響も考えられます。
- ◆クレータ摩耗の進行によって発生することもあります。＝すくい面の損傷を参照

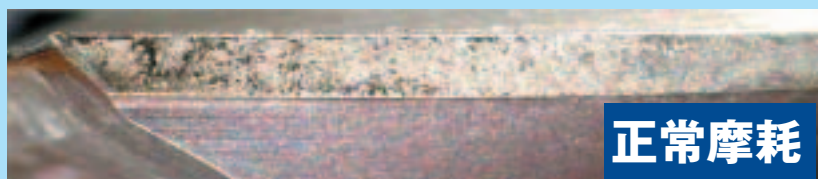


確認する点

1. 加工部の形状
2. ワークのクランプ状態
3. 加工機械の性能
4. ドリルの取り付け精度

- ◆薄物のワークを加工した場合によくみられます。加工中の切削抵抗によってたわんだ加工部が、貫通の際にスプリングバックすることでコーナ部に剥離欠損を起こしている損傷形態となります。
- ◆ステップ送りによって繰り返し衝撃が加えられた場合にも発生しやすくなります。
- ◆クレータ摩耗の進行によって発生することもあります。＝すくい面の損傷を参照

マージン部の損傷（ドリル先端を真横から見て）



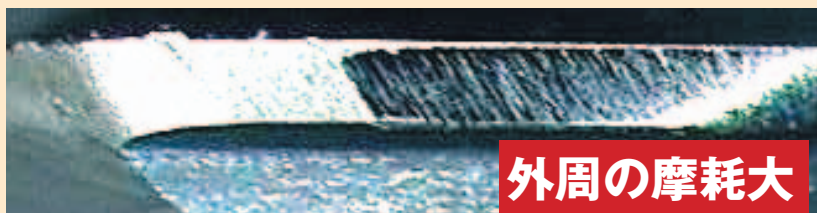
◆チップングや欠損、コーティング剥離、異常擦過がみられない状態。1～2本の送りマークは正常摩耗と判断します。



確認する点

1. 切削油の供給状態
2. ドリルの取り付け精度
3. ドリルの突き出し長さ
4. 寿命設定

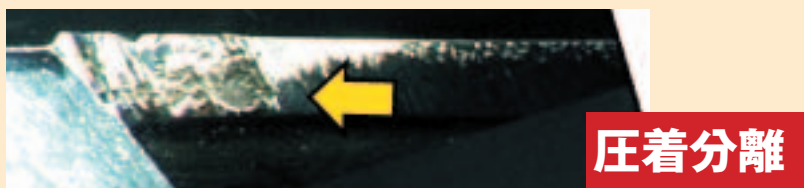
- ◆多数の送りマークが発生する場合は、切削油の潤滑が不足している場合に生じやすくなります。特にMQL（セミドライ）加工はドリルが完全にワークに入るまでの潤滑が不足しがちなので生じやすくなります。
- ◆ドリルの取り付け精度や必要以上に長いドリルを使用した場合など、ドリルのたわみによって起こる場合もあります。



確認する点

1. 寿命設定
2. 加工部の形状
3. 切削油の種類・濃度

- ◆純金属や耐熱合金などによくみられます。これらの被削材は1穴でも大きく摩耗するので、適切な条件設定が必要です。
- ◆上の写真は基本的に「使いすぎ」によるものです。数ミリにわたってバックテーパが消失しており、このようになる前に交換したほうが、再研削を含めたドリル1本あたりのトータルコストは低くなります。
- ◆出口側が断続で不安定になる加工の場合にもみられます。
- ◆外周側は被削材と接触するため切削油の潤滑性が不足している場合にも生じやすくなります。



確認する点

1. 切削油の供給状態
2. 切削油のクリーニング状態
3. 切削油の種類
4. ドリルの材種

- ◆圧着分離の主な原因は、穴壁とドリルマージン部の摩擦に対する潤滑不足です。マージン部に被削材が付着し、超硬素材と一緒に付着物が分離するため外周部分があばた状になります。
- ◆切削油に細かい切りくずが混入している場合も、マージン部の異常摩耗が生じます。
- ◆ノンコートの場合は、コーティングすることで抑制効果が期待できます。（鋳鉄系の材料で生じやすい）



確認する点

1. 加工部の形状
2. ブッシュツールリングの有無
3. 損傷の途中経過
4. 切削油の供給状態

- ◆出口が断続で不安定になる加工の場合に多くみられます。
- ◆ブッシュツールリングをおこなっている場合は、ブッシュとドリルのクリアランスが大きいと食い付きが不安定となり、ブッシュに干渉してたたかれることで発生する場合があります。
- ◆まれにサーマルクラックが起因となる場合もあります。（発熱・冷却を繰り返すことで生じるクラック）

すくい面の損傷（ドリル先端の溝部分）



確認する点

1. 切削速度
2. 再研削形状
3. 切削油の種類

- ◆ 切削速度が低すぎる場合によくみられます。また、難削材よりもむしろ加工が容易な快削鋼などの場合に生じやすくなる傾向があります。
- ◆ ドリルの中心部（シンニングのすくい面）に大きく出の場合は、再研削後のシンニング形状に問題がある可能性があります。
- ◆ 切りくずとすくい面の擦過による摩耗であり、切削油の潤滑性能が不足すると生じやすくなります。
- ◆ すくい面のクレータが大きくなると、強度が低下しフレーキング（逃げ面側に発生する）に発展します。快削鋼の場合は、逃げ面摩耗以外にクレータ損傷に注意して寿命設定することが重要です。



確認する点

1. 加工部の形状
2. ワークのクランプ状態
3. ホーニング
4. 加工機械の性能
5. ドリルの取り付け精度

- ◆ たわみやすいワーク形状、クランプ状態、機械の剛性が低いなど、加工中に振動が発生する場合に生じやすくなります。（上記のような場合は切れ刃コーナからの振動・衝撃によるもの）
- ◆ ホーニングが小さすぎたり、不均一であったりする場合にも、チッピングが起因となってこのような損傷に達する場合があります。



確認する点

1. ドリルの取り付け精度
（主軸の振れ）

- ◆ このようにヒール部に接触痕がみられる場合のほとんどは、旋盤のように被削材回転で加工する場合の取り付け精度が原因です。上の写真の場合はドリルが倒れて取り付けられており、自ら加工した穴に干渉した例です。
- ◆ 倒れの原因については、タレットの調整不足、コレットの損傷やクリーニング不足などが考えられます。



確認する点

1. 切りくず処理
2. 切りくず詰まり
3. 加工穴深さ
4. ブッシュ精度

- ◆ 先端以外のマージン部が欠損する現象は、切りくずの噛み込みが原因の多くを占めます。
- ◆ 糸状やジャバラ状になった切りくずには注意が必要です。また、有効溝長を超えた深さの加工をおこなった場合など、切りくずが行き場を失い、外周側に回り込む場合があります。

その他の損傷

圧着



確認する点

1. 送り
2. 切削油の供給状態
3. 再研削形状
4. ドリルの取り付け精度

- ◆送りが過剰に高すぎる場合に発生しやすくなります。欠損した部分に圧着することも多くみられます。
- ◆特に、鋳鉄やアルミニウム合金の場合に顕著にみられます。
- ◆切削油の供給状態が不十分な場合にも発生しやすくなります。

サーマルクラック



確認する点

1. 切削油の供給状態
2. 切削速度
3. 前加工の有無

- ◆切削熱で高温化したドリルが、何らかの原因で急冷されると発生します。（例えばワーク表面に切削油が残った状態でのドライ加工）この例では、前工程でドリル径の1/2程度の貫通穴があいており、繰り広げに使用していることからドリル内部から吐出した切削油の多くが、前方に排出したことで発生しています。

かたまり状切りくず



確認する点

1. 切削油の供給状態
2. 切削速度

- ◆アルミニウム合金や銅合金など、凝着しやすい被削材を加工した場合によくみられます。
- ◆特に、これらの被削材をドライやMQL（セミドライ）で加工した場合に発生しやすくなります。またウェットの条件でも、外部給油で高速加工をおこなうと、遠心力で切削油の効果がほとんど得られないので、ドライと同じ状態になり発生することがあります。

●もっとも判断がしにくい損傷



確認する点

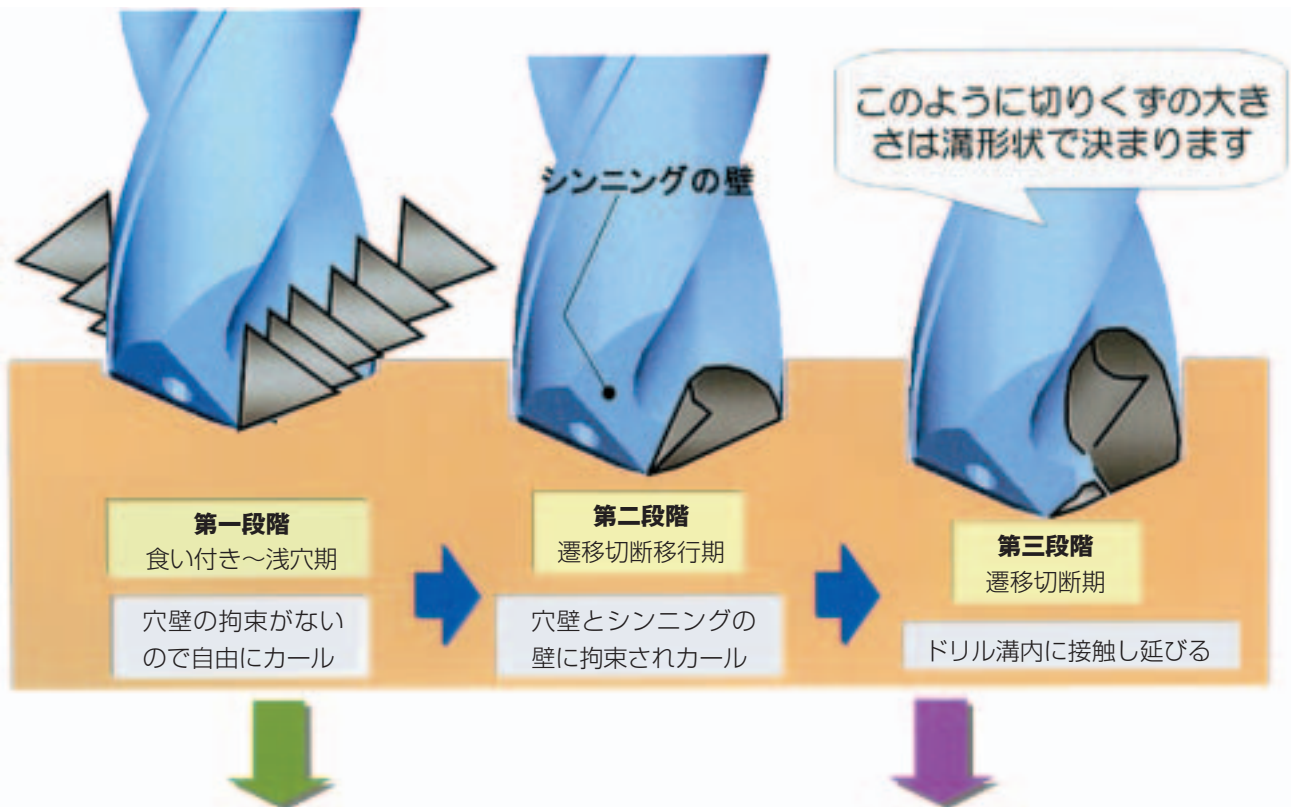
1. それ以外の工具損傷
2. 周辺環境

先端部全損

- ◆こうなった場合にはドリル自体から得られる情報は少なく、その周辺の状況などから判断する必要があります。他の折損していないドリルの損傷を確認したりするのも原因推定の一助になります。

切りくず生成のしくみ（鋼系材料）

炭素鋼や合金鋼、ダクタイル鋳鉄では切りくずが以下のように生成されます。らせん状の切りくずは食い付きはじめの切りくずで少し進入すると、一回転カールした切りくずが生成されます。この切りくずを「遷移切断形（せんいせつだんがた）切りくず」と呼んでいます。アルミ合金や鋳鉄ではらせん状の切りくずが発生せず、脆いために、第2段階のみで針状や扇状に切りくずが分断されます。



円すいらせん形切りくず

食い付きからコーナ部が入るくらいまでは必ずこの円錐らせん形切りくずが生成されます。連続した形状だからといって、切りくず処理が良くないと思わないようにして下さい。溝で拘束が始まる0.5D程度で切断されます。この切りくずの長さは、ドリルの形状や切削条件によって変化します。送りを上げると切りくず厚みが増す分、短くなる傾向があります。



せんいせつだん

遷移切断形切りくず

定常時の切りくず形状は写真のような遷移切断形となります。切削条件によって尾の長さが変化しますが、つぶれずに自然なカールになっていれば問題ありません。

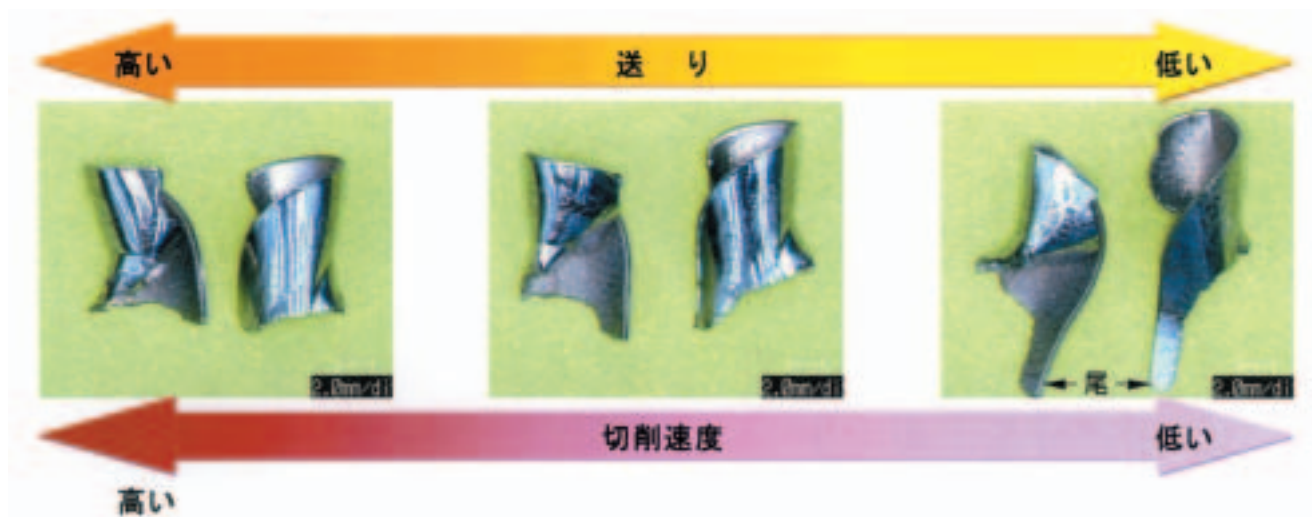
また、同じ形の切りくずが排出されていることも安定してドリルが切りくずを作っているということで安定した加工といえます。

せんいせつだんがた 遷移切断形の切りくず

●切削条件と切りくず形状の変化

以下に送りと切削速度を変化させた場合の形状の変化を示します。この、形状であればいずれも適正条件範囲であり、良好な切りくず処理といえます。

送りや切削速度が低いと切りくずは白っぽく変化し、切りくずの尾がだんだん延びる傾向があります。逆に送りや切削速度を高くすると切りくずは光沢を持ち、尾は短くコンパクトな切りくずになります。これは、切削温度と関係があり、切削温度が高くなることによる切りくず分断の効果です。



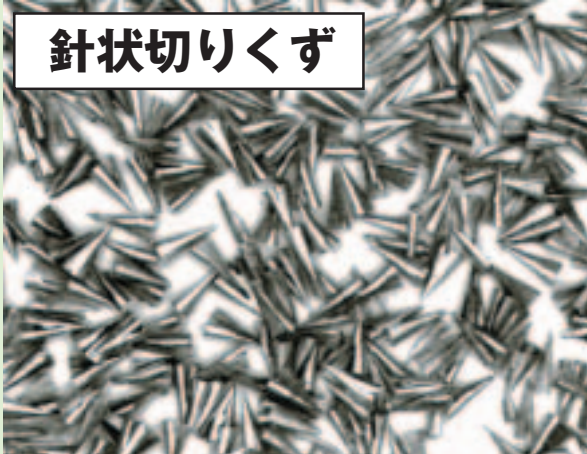
●切削条件と切りくず形状の変化



その他の切りくず

●アルミ合金や鋳鉄の切りくず

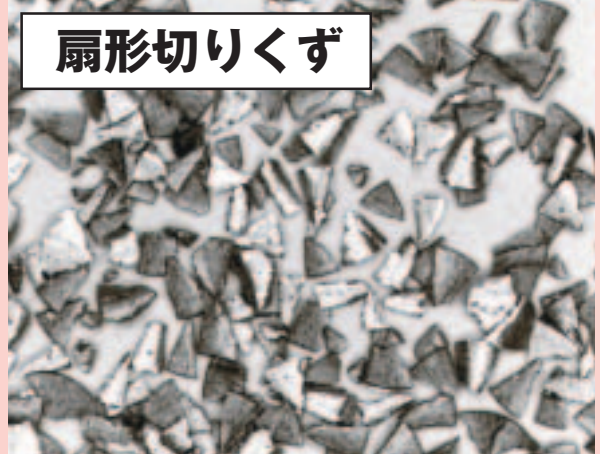
針状切りくず



上向きに小さくカールした切りくずが、穴底面に衝突して切断する場合であり、被削材が脆い場合によくみられます。

ねずみ鋳鉄はほとんどがこの形状です。

扇形切りくず



針状切りくずよりも延性が高い被削材の場合であり、穴壁に当たって切断する形状です。

アルミ鋳物の場合に多い形状です。

切りくずは切削加工の隠れた生産物

切りくずは廃棄物であり、切りくずバケットに溜まり、がさっと切りくず捨て場に捨てられる運命にあります。しかし、ドリルのエンジニアは切りくずから情報を得ており、切削条件や加工状態の善し悪しを判断したりします。

見方を変えると、ドリルをはじめとする切削加工では切りくずを生産しているともいえます。したがって、その生産したものの形が不安定であったり、もとめていたものと違うものを生産したら不良になるのと同様に安定して同じ形の切りくずを出すことが安定加工をしているといえます。

もし、あなたの周りで切りくずバケットをあさっていたり、しげしげと切りくずを見ている人がいれば、それは切削のプロ(エンジニア)かもしれません。

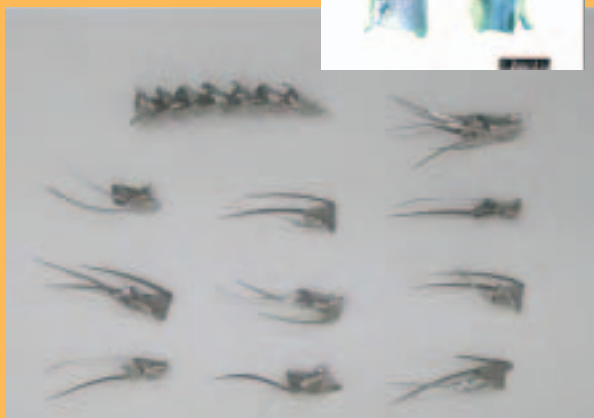
切りくずの生産にこだわる ギガシリーズの切りくず



要注意な切りくず形状 1

以下に示すような切りくずが発生した場合には何らかのトラブルが発生していたり、加工条件が不適当な場合がありますので切削条件や加工方法を変更する、工具交換するなどの対策を行う必要があります。

トゲトゲ形



ドリルの取り付け精度がよくない時や、ドリルのL/Dが大きいときなど、食い付きが不安定となりライフリングが起きる場合があります。ライフリングが原因で、切れ刃でないマージン部で切削する現象いわゆる「過切削」が起こります。切りくずのトゲトゲは過切削した部分です。この切りくずが出ているときは、不安定な加工となっていることを意味し、折損の可能性が高くなっていると言えます。

対 策

- ・ 取り付け振れ精度の改善
- ・ 送り量をアップする

長ピッチ形 (切りくず厚い)



低炭素鋼や低合金鋼、高張力鋼など延性が高い被削材を、比較的高い送りで加工した場合にみられます。この形状の切りくずは、場合によってドリルに巻き付いたり、コレットの隙間部分に入り込んで傷を付けたりする場合があるため注意が必要です。

対 策

- ・ 送り量を下げる
- ・ 切削油の供給状況を確認

ジャバラ形 (切りくず詰まり)



切りくずが詰まったときに発生します。特に深穴加工をおこなった場合、先行した切りくずがなかなか外に排出されないと、穴奥の切りくずは行き場を失いつぶれてしまいます。



対 策

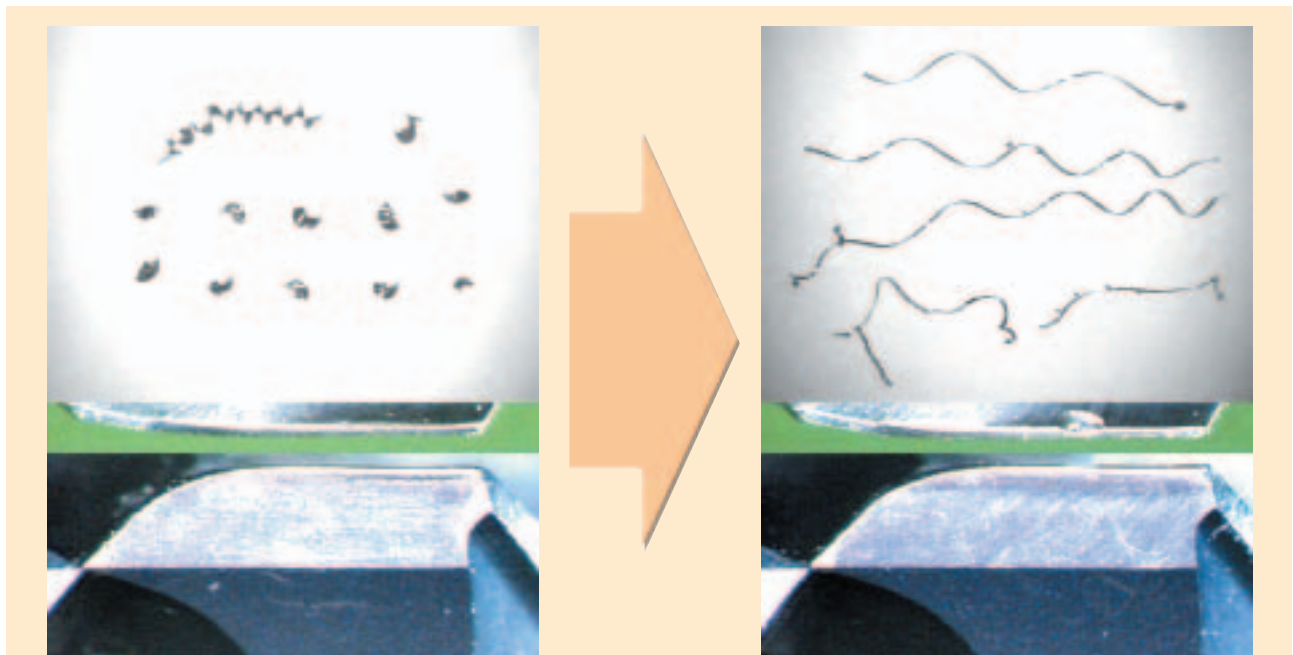
- ・ 送り量を下げる
- ・ 切削油の供給状況を確認

要注意な切りくず形状 2

●糸状の切りくず（＝チッピング？）

加工中に糸状の切りくずが混ざりだしたばあいには、ドリルに何らかのトラブルが発生していることがあります。原因としては切れ刃のいずれかの部分に欠け（チッピング）が発生していることが考えられます。これはチッピング発生部分の切れ刃が後退し、そこだけ切りくずが薄くなるために分かれてしまうためです。

同様に、切れ刃のコーナ摩耗が進展した場合にもコーナ部分が円弧状の切れ刃になるため切りくずが薄くなることによります。



対 策

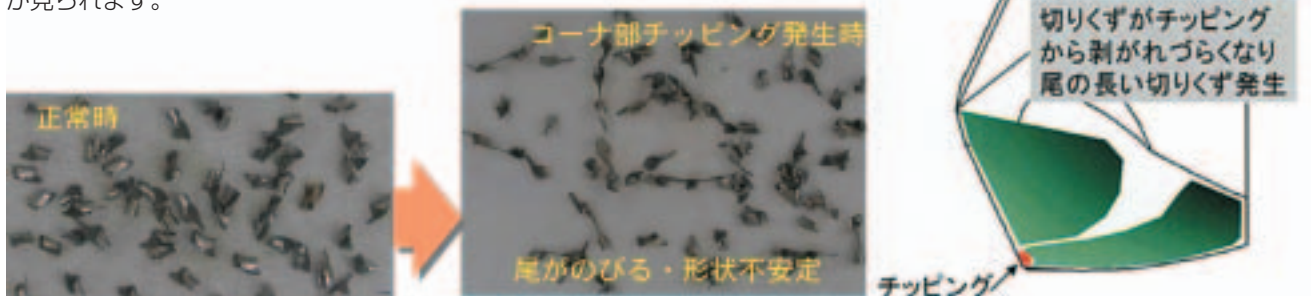
切れ刃の状態を確認する

チッピング発生→逃げ面の欠損参照

コーナ摩耗過大→工具を交換する

切れ刃のコーナに発生した場合

コーナ部分に欠損が生じた場合には溶着が生じるため、切りくずが離れにくくなります。このため様々な切りくず形状になって、切りくずの尾が長くなる傾向が見られます。



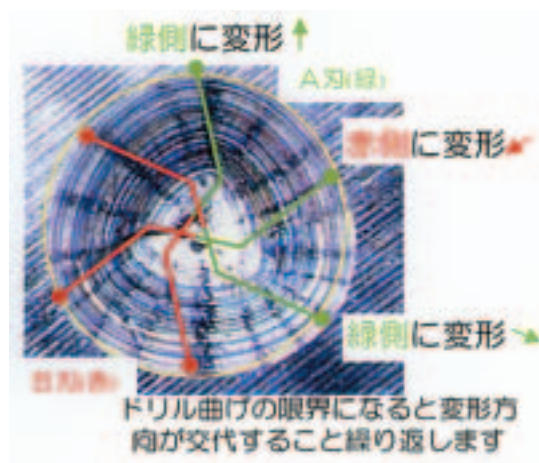
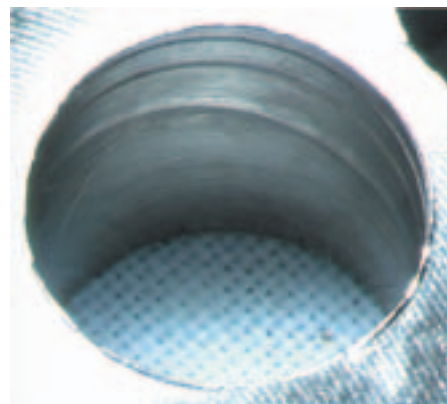
ドリル加工のポイント（ライフリング・おむすび穴）

●ライフリング現象（加工穴入り口付近のらせん状傷）

ドリル加工を行っているとき右の写真のように穴の入り口部分にらせん状の傷が入ることがあります。この現象をライフリングと呼んでいます。（おむすび穴とも呼ばれます）

ドリルは2枚の切れ刃がバランスをとって加工し、工具の中心が穴の中心である状態がもっとも安定しているといえます。しかし、切れ刃の振れなどで左右の切れ刃のバランスがくずれるとドリルの中心は不安定に変化し、それぞれの切れ刃の方向に交互に曲げられながら加工が行われることでライフリングが発生します。

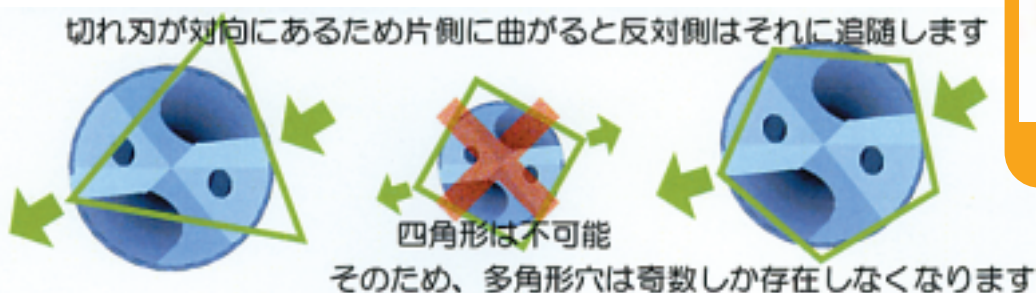
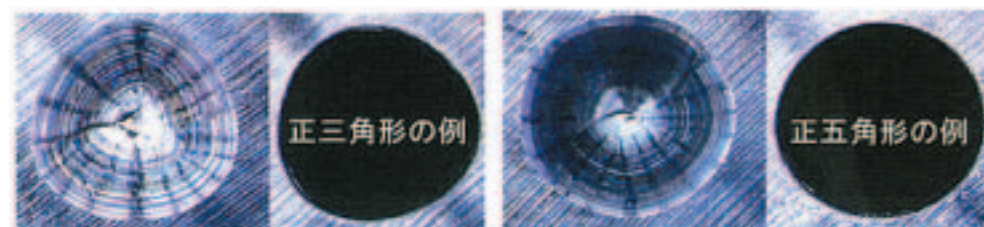
曲げられながらという点では曲げの生じやすいハイスドリルや溝長の長いドリルで発生しやすい現象で、トゲトゲ状の切りくず発生や真円度の低下（多角形穴）、穴径の拡大（特に入り口）などの発生をとまいます。



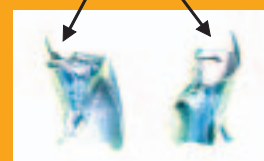
対 策

- ・ 取り付け振れ精度の改善
- ・ 送り量をアップする
- ・ 溝長を短くする、超硬ドリルにする

●ライフリング現象（加工穴入り口付近のらせん状傷）



ライフリングによる変形によりドリルの外周で加工した部分



トゲトゲ切りくず

ドリル加工のポイント（取り付け精度）

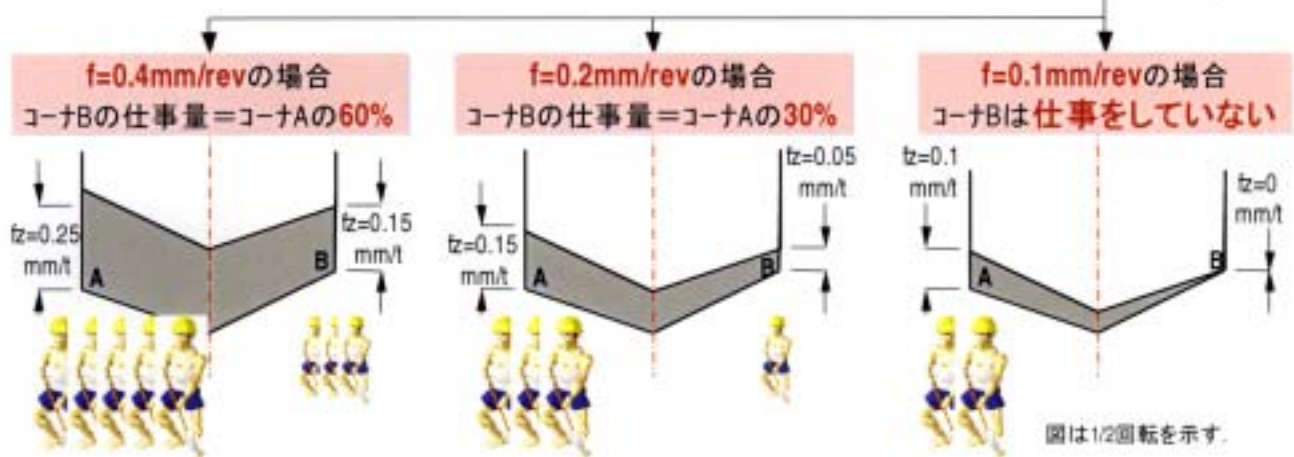
ドリル加工は左右の切れ刃のバランスをとることが非常に重要になります。取り付け振れ精度の管理も安定して穴加工を行うポイントとなります。悪い場合の影響は以下のようになります。

リップハイト差（正面の振れ）が大きいと

各切れ刃のコーナ部に仕事量の差が生じる。

（リップハイト差が回転当たりの送り量の1/2以上になると、実質一枚刃切削となってしまいます。）

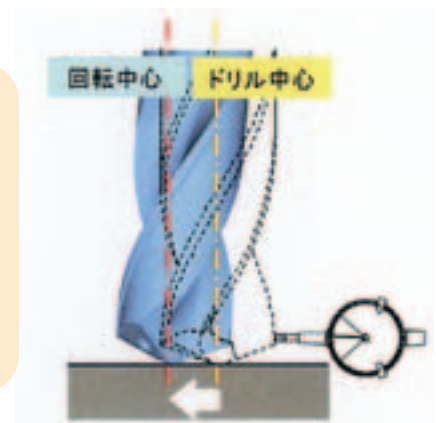
- コーナ部の損傷量の差が大きくなる。
- 穴径が不安定になる。
- 穴曲がりが大きくなる。



外周の振れが大きいと

ドリルは回転中心に行こうとする力が作用する。
（片側切れ刃の仕事量が大きいため押される）

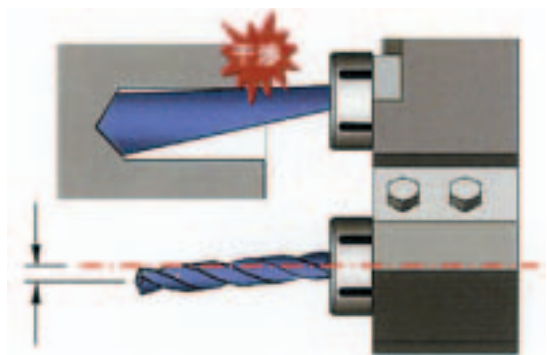
- 食い付く時にドリルがたわむため、折れる。
- 穴曲がりが大きくなる。



たおれが大きいと

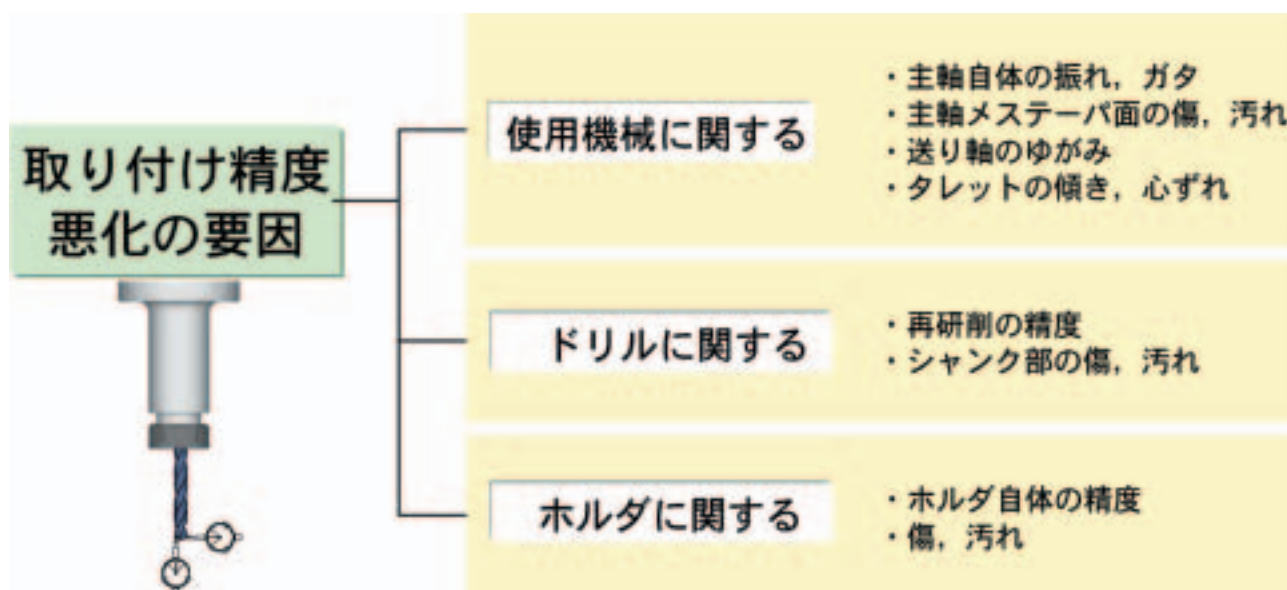
バックテーパ（片側0.15～0.2/100）
の効果が無くなる。

- ドリルの外周が異常擦過する。
- 食い付くときにドリルがたわむため、折れる。

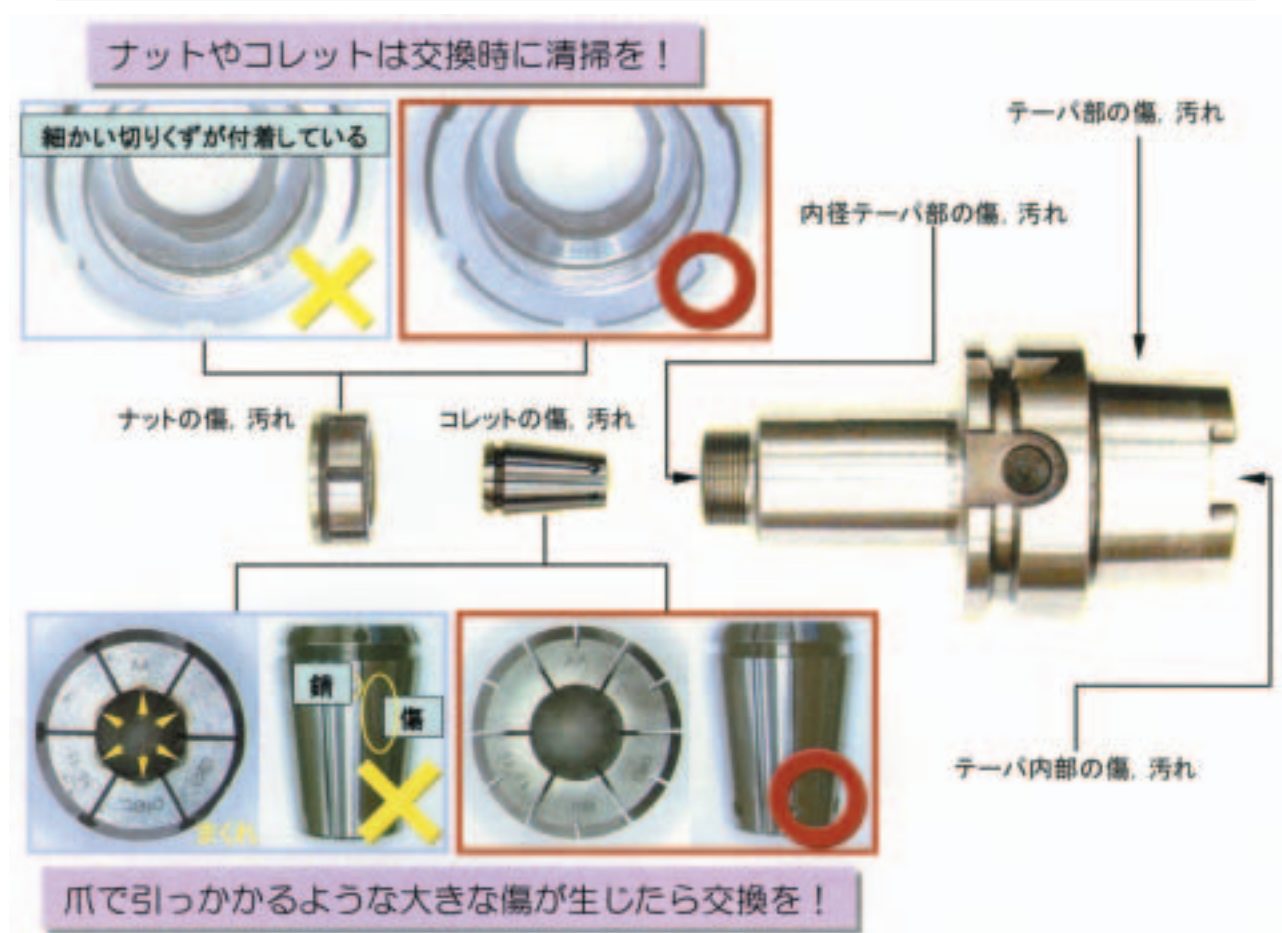


ドリル加工のポイント（取り付け精度）

取り付け振れ精度はドリルと機械の主軸全体が影響します。そのなかでも、ホルダ部分の影響は大きいことから、コレット式ホルダの取り扱いや精度を維持する使い方を示します。



●ホルダに関する取り付け振れの維持方法



使用上のポイント（穴径の拡大・縮小）

これまでの頁で切りくずやドリルの損傷などに加えそれぞれの対策などを説明してきましたが、加工穴精度などそれ以外のポイントについて補足して説明を加えます。

●穴径の縮小（加工自体は安定している）

対策）送り：UP、先端角：大

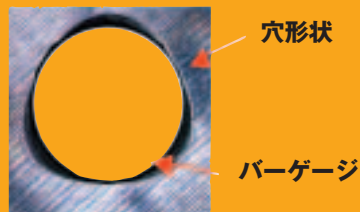
切れ刃が通過しているのに穴径が縮小するということは、切れ刃が通過する際には被削材が変形して、戻り時に回復していることによるもので弾性変形（だんせいへんけい）が影響しています。

アルミ合金で発生しやすいことや摩耗などで切れ味が低下し変形量が増すため穴径が徐々に縮小していくことから説明でき、変形しやすい薄肉や偏肉部分への加工も同様の現象によるものです。

したがって、薄肉や偏肉ワークなどでなく弾性変形が生じにくい被削材である鋼系材料では穴径が縮小することはあまり無く、他の原因であることがしばしば見られます。

**注意： 鋼系材料での穴径縮小
（穴曲がりや多角形穴の場合あり）**

鋼系の材料で径小になるのは上記以外に穴曲がりか多角形穴が多いので確認が必要（バーゲージが入らないため径小と判断される）

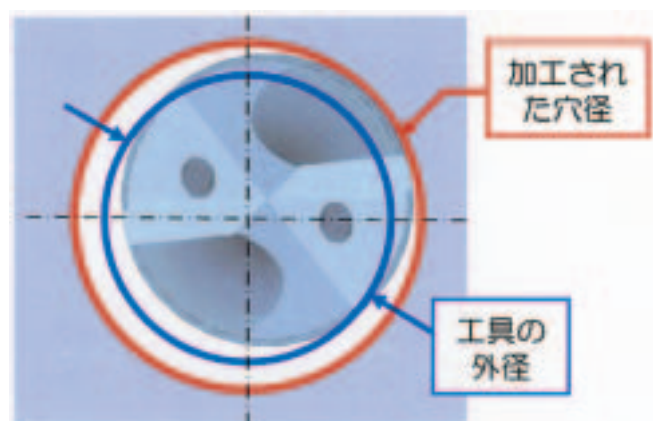


●穴径の拡大（加工が不安定になっている）

**対策）送り：小
切削速度：低ワーククランプ、振れ精度**

穴径が異常に大きくなる現象については穴径の縮小とは異なり、加工が不安定になっているといえます。

通常よりも大きな軌跡で切削が行われることで発生することからドリル自体が偏心して穴加工がされている場合と、ドリルが曲げられることで発生する場合があります。ライフレング同様、曲げの生じやすいハイスドリルや溝長の長いドリルで発生しやすく、主軸振れ・ドリルの中心と回転中心との心ずれや取り付け振れの劣化によっても発生します。



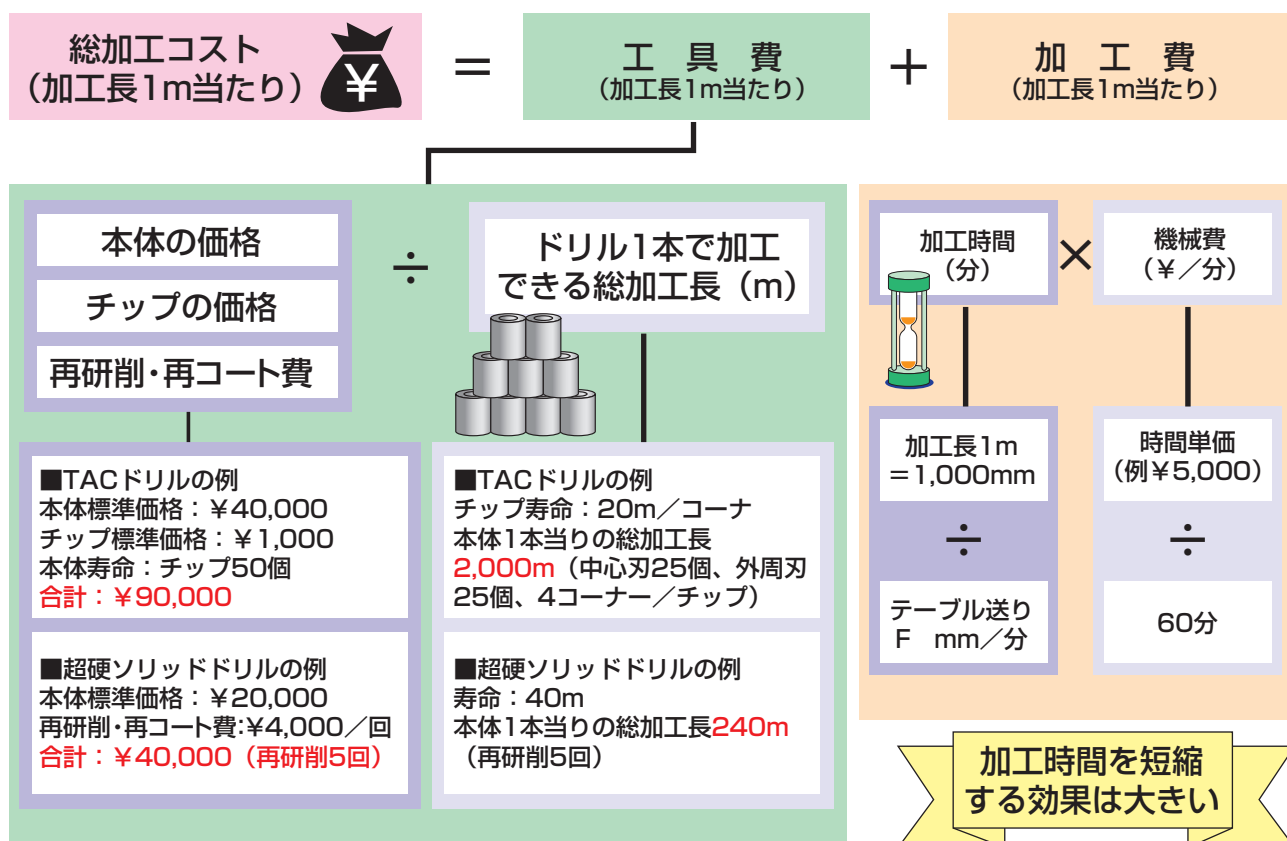
ドリルの選択（経済計算など）

●加工長 1 mあたりの経済性算出方法

工具を選定するうえで経済性やコストは重要であり、過去からも「工具費」という形で注目されてきました。「工具費」はいわば「1穴あたりいくら？」という観点で、過去から工具選定の目安となっています。

しかし、加工自体の進化や取り巻く環境の厳しさから「加工費」が注目されています。これは「時間あたり何穴？」という生産効率性に注目した数値です。単に工具費が安くても加工能率が低ければ、1日あたりの生産個数は伸びず、そのため結果的にはコスト上昇してしまいます。

このことから総加工コストは工具費＋加工費として比較することが重要になってきます。



●実際に計算してみよう

Aメーカーのドリル
工具本体の価格 ¥1,000- 再研削なし
工具1本あたりの加工長 5m
送り速度 Vf= 100mm/min

工具費の計算： ¥1000 ÷ 5m= **¥200/m**

加工費の計算： ※ 1minあたりの機械費は ¥80/min
 1000mm ÷ 100mm/min=¥10/min
 ¥10/min × ¥80/min= **¥800/m**

したがって、このメーカーの総加工費は **¥1,000/m**

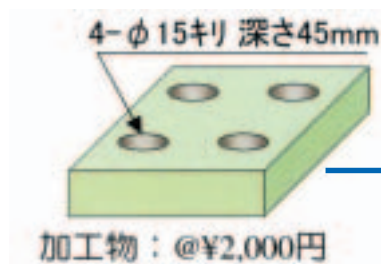
ドリルの種類による経済性比較

●加工長 1 mあたりの経済性比較

以下に、炭素鋼を加工した場合を想定して、各工具種別における工具費と加工費、総加工費をカタログ推奨値ベースで計算して比較を行った例を示します。工具単価の高い工具であっても寿命や加工能率を加味すると結果が異なることがわかり、超硬ドリルが優位であることがわかります。

	TACドリル TDX150L045W20	油穴付き超硬ドリル DSX1500F03(TiAlN)	超硬ソリッドドリル DSE1500F03(TiAlN)	ハイスドリル(TiN) φ15mm
切削速度Vc(m/min)	140	120	80	24
送りf(mm/rev)	0.12	0.30	0.30	0.35
回転数n(min ⁻¹)	2,972	2,548	1,699	500
送りVf(mm/min)	357	764	510	175
Vcxf値	17	36	24	8
寿命 (m)	20m/コーナ	60m/reg	60m/reg	10m/reg
使用回数	50ヶ	5 (4回再研)	5 (4回再研)	8 (7回再研)
総加工長 (m)	2000	300	300	80
本体標準価格	¥36,600-	¥28,200-	¥18,900-	¥7,000-
チップ標準価格	¥800			
再研削費用		¥28,000-	¥28,000-	¥3,500-
ボディ寿命までの総工具費	¥76,600-	¥56,200	¥46,900-	¥10,500-
加工長1m当たりの工具費	¥38-	¥187-	¥156-	¥131-
加工長1m当たりの加工費	¥187-	¥87-	¥130-	¥380-
加工長1m当たりの総加工費	¥225-	¥274-	¥286-	¥511-

●上記データを元に計算した例



発注

※穴加工以外の加工時間 = 2 min あり
※1ヶ月を9600minと推定

A社 (HSS ドリルを使用)

工具交換 51 回 !

1個あたりの穴加工時間 = 0.77min
1個あたりの総加工時間 = 0.77 + 2 = 2.77min
月当たりの生産個数 = 9600 ÷ 2.77 = **3465 個 / 月**
月当たりの売上高 = 3465 個 × @¥2,000- = 693 万円
ドリルの総加工費 = ¥511/m × 624m / 月 = **32 万円**

B社 (超硬油穴付きドリルを使用)

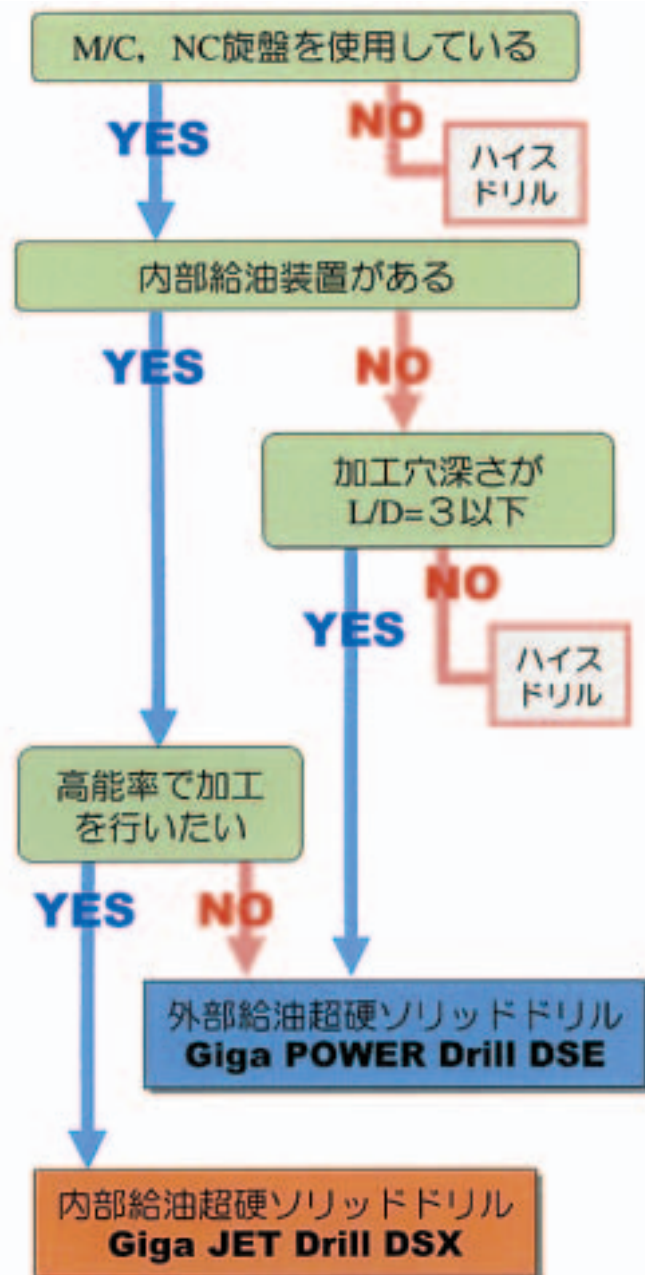
工具交換 12 回 !

1個あたりの穴加工時間 = 0.28min
1個あたりの総加工時間 = 0.28 + 2 = 2.28min
月当たりの生産個数 = 9600 ÷ 2.28 = **4210 個 / 月**
月当たりの売上高 = 4210 個 × @¥2,000- = 842 万円
ドリルの総加工費 = ¥278/m × 758m / 月 = **21 万円**

各種ドリルの特徴と使用するポイント

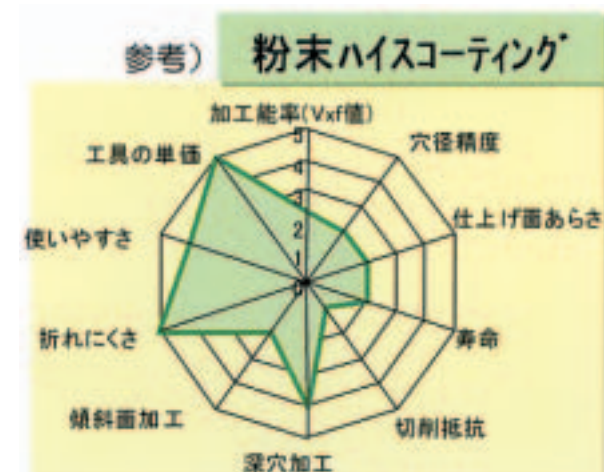
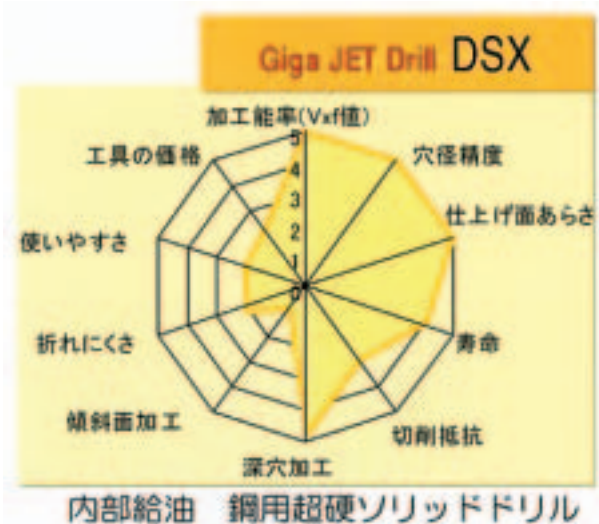
各種ドリルの特徴とドリルを選択する際のフローチャートを以下に紹介します

使用ドリル選択フローチャート



評価項目

- ・加工能率 : V (m/min)、 f (mm/rev)
- ・穴径精度 : 拡大しろ、径ばらつき
- ・寿命 : 再研削回当たりの加工長
- ・切削抵抗 : トルク、スラスト
- ・深穴加工 : $L/D=3$ を超える加工
- ・傾斜面加工 : 加工面が平らでない場合
- ・折れにくさ : 耐折損性、断面剛性
- ・使いやすさ : 取り扱い、取付け精度のラフさ
- ・工具の価格 : 工具単価



ツーリングのポイント（ドリルの基本）

① 2枚刃を均等に加工させる

ドリルは2枚の切れ刃がそれぞれ同じ仕事を行うことによって加工能率（送り量）を2倍にしています。

したがって、その二人の切れ刃が同じ目的（中心）を軸に同じ量の仕事をさせることが重要となります。

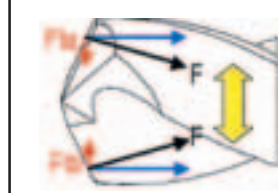
仕事を切削抵抗とした場合には左右切れ刃の抵抗（特に、横方向にかかる力）が均等になるようにする必要があります。



ツイストドリル（多刃）の場合

A君とB君は同じ作業を実施

→能率が高いが、息があわないと精度が極端に低下



2枚刃（多刃）は中心側に向かう力 F_{ta} と F_{tb} があり、理想的には相殺される（…ただし、奇跡に近い）

→小さくする努力が安定加工への道

② 横方向にかかる力をなるべくかけない

ドリルは構造上横方向からの力（曲げなど）には弱い特性を持っています。

逆に軸方向の力（スラスト）に対しては強い傾向があるので、横方向にかかる力を軸方向にかかるとする（例：先端角を大きくするなど）対策などが有効になることもあります。

丸くて長いもの（鉛筆など）を軸方向から押しても変形しないが、軸直角から力を加えると簡単に折れる（曲がる）



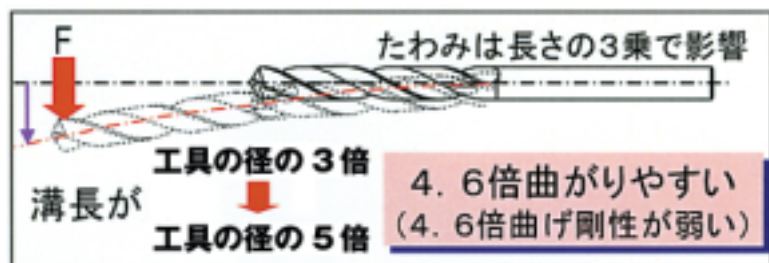
ドリルも構造上スラストには強いが横方向の力に弱い

→穴曲がりや振動の発生により横方向の力発生

③ 溝長や突き出しをなるべく短くする

溝長や突き出し長さが長いほどドリルは曲げに対して弱くなり、同一の力がかった際にも大きく曲がりが発生するようになります。

その現象は長さの3乗で影響するため工具径の3倍の溝長であるドリルAに対し工具径の5倍の溝長を持つドリルBは長さは1.7倍であるのに対し、曲がりやすさは4.6倍になります。



POINT

バランスをとって、曲げさせないこと



溝長の設定（穴深さに対する必要最小限の長さ）

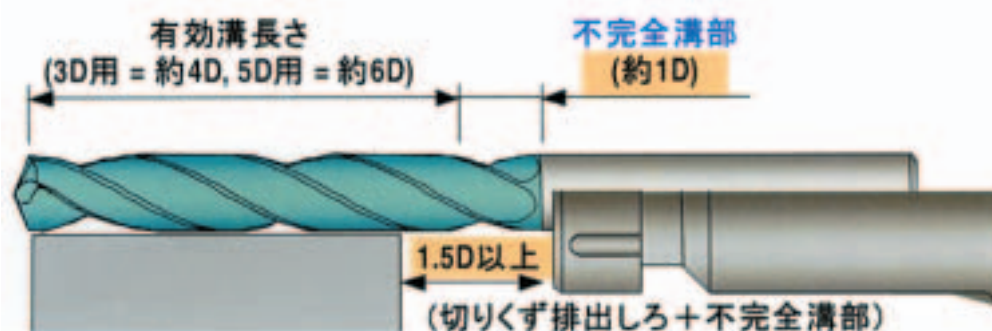
●必要最小限の溝長とは

加工穴深さに対して必要な溝長は以下の式で表されます（D＝工具径）

$$\text{溝長} = (\text{加工穴深さ}) + (\text{切りくず排出しろ } 0.5 \times D + \text{不完全溝部 } 1 \times D) + (\text{再研削長さ})$$

溝長は切れ刃コーナから溝の終点までをさしますが、実際には溝の終点近くは徐々に溝深さが浅くなる「不完全溝部」が存在します。この部分と切りくずが排出されるための出口部分と加工穴深さを足したものが「必要最小限の溝長」となります。実際にはこの部分に再研削を実施したい長さ（再研削長さ）を足したものを溝長として設定します。

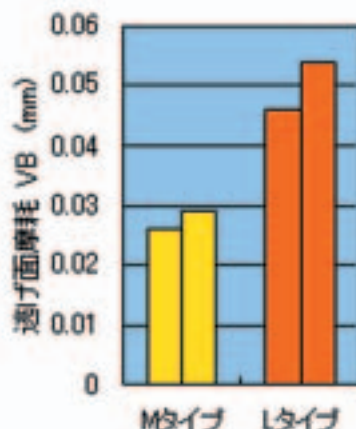
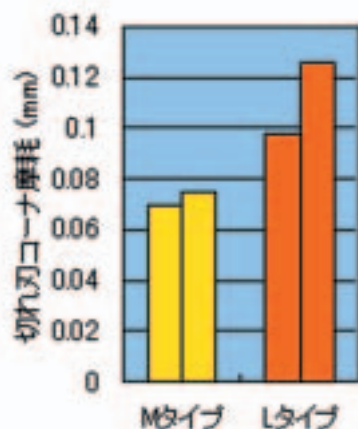
通常、標準設定されているドリルは再研削長さを（0.5～1×工具径）相当見込んで設定されています。



●溝長を長くすることの問題点

溝長を長くすることは再研削できる長さを増すということで一見、経済的に見えますがドリル自体は曲げに対して弱くなりますので、びびりや穴精度低下、寿命の低下が生じる場合があります。

以下の例はアルミ合金の高速加工において溝長が摩耗量に与える影響を確認したものです。同一加工長でありながら溝長が1×D長いドリルは摩耗が1.5～2倍大きくなっていることがわかります。このように溝長の与える影響はドリル加工ではかなり大きいといえます。



使用条件

工具：DSC070FM、FL(φ 7.0)

Mタイプ 溝長 56mm

Lタイプ 溝長 77mm

機械：横形マシニングセンタ

切削油：水溶性

切削油圧：3MPa 内部給油

切削条件：Vc=250m/min

f=0.3mm/rev

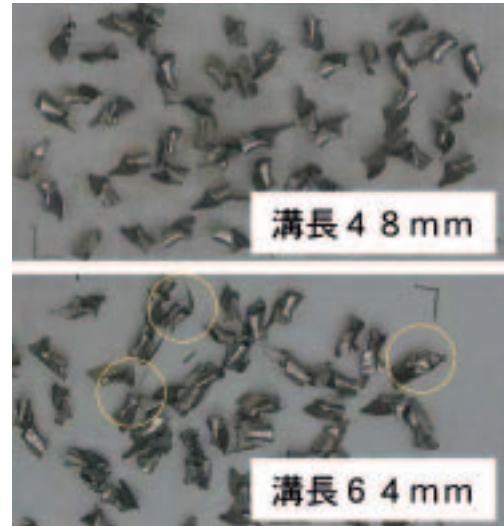
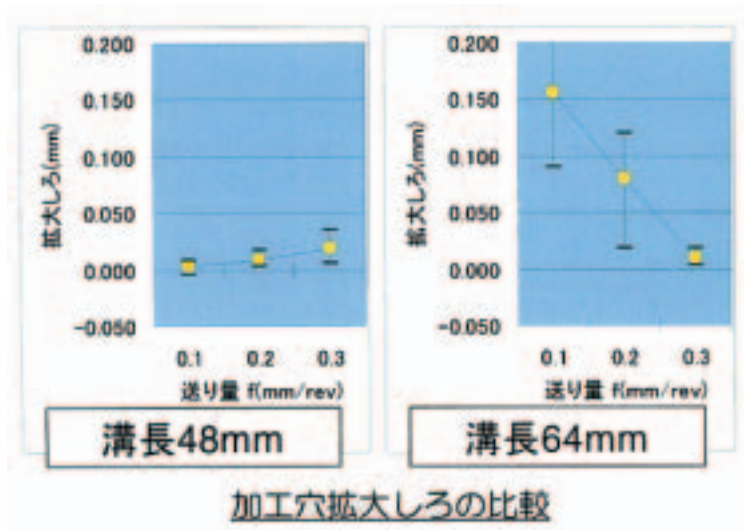
穴深さ 21mm

溝長が穴精度に与える影響

●溝長と送り条件を変えた実験

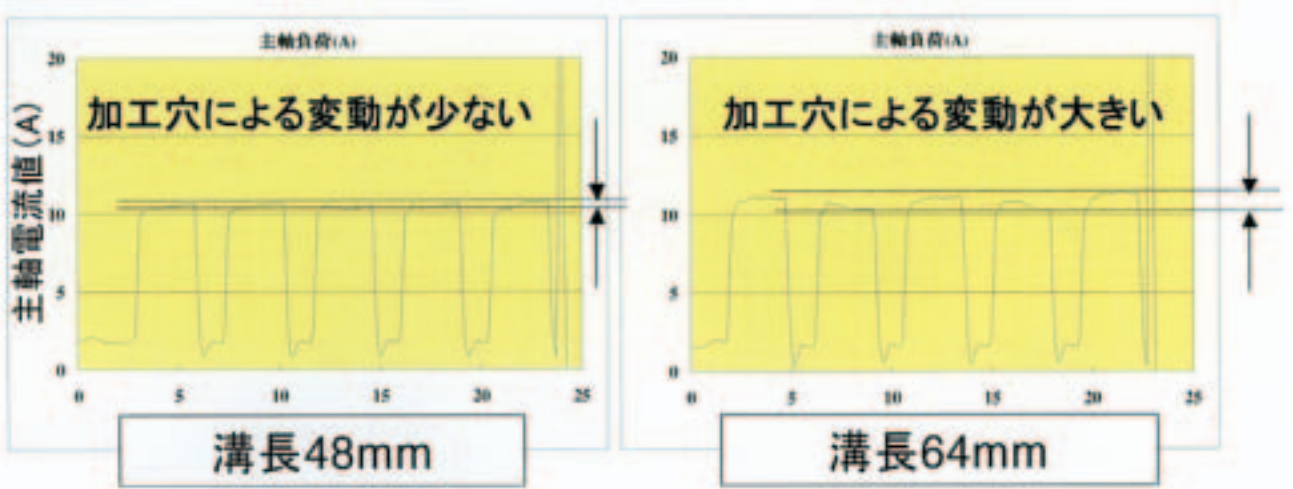
標準とそれよりも長い溝長としたドリルにて炭素鋼 S55C の加工を行って、その影響を調べた結果を示します。加工穴精度は拡大傾向を示しており、加工穴の入り口にはライフリングが生じることがわかりました。ライフリングの発生にともなって、切りくずはトゲトゲ状の切りくずが混在しています。

工具径：φ 8mm 機械：立形 M/C
被削材：S55C 切削油：水溶性
切削条件：Vc=60m/min 穴深さ＝24mm



ここで注目すべきは、溝長が長いドリルにおいても送りを高くすることで加工穴径は安定し、ライフリングも減少することです。これは、溝長が長いことによって曲げの力が発生することを、送りを上げることによりスラストを増やすことで無理矢理に挙動を押さえ込んでいることによる効果です。

また、ライフリングが発生しているか否かの判断として主軸電流値をモニタしたデータを以下に示しますが、ライフリング発生により電流値が加工穴によって不安定に変動していることがわかります。実際の加工においても主軸電流値の変動を確認することで発生の有無を推測することができます。



主軸電流値の比較

ただし、この場合はライフリングの発生原因が工具の曲げ剛性の低下によるものであり、送りをアップするという対策は原因が主軸の振れや工具の取り付け振れ、機械剛性不足などによる場合には効果を示さないことがあります。

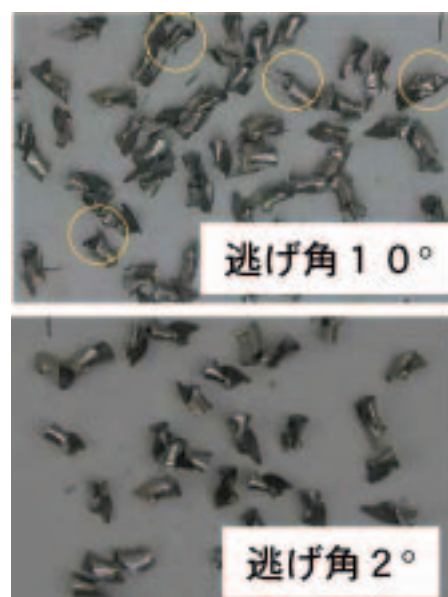
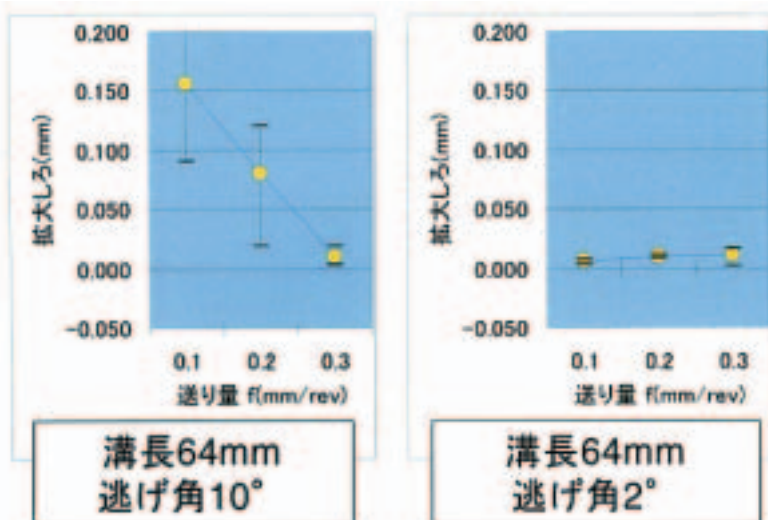
逃げ角が穴精度に与える影響

●溝長と逃げ角を変えた実験

通常よりも溝長の長いドリルにて逃げ角を 10° にしたドリルと逃げ角を 2° にしたドリルを使用して炭素鋼S55Cを加工し、逃げ角の影響を調べた結果を以下に示します。

逃げ角を小さくすることで食い付き性が向上し、加工穴精度は安定することがわかります。これは、逃げ角よりも逃げ角を変更することで先端部分の形状が変化することの効果です。これは、ドリルが食い付き始める部分の先端角(チゼル部先端角)が逃げ角 10° よりも逃げ角 2° のほうが小さくなるためです。

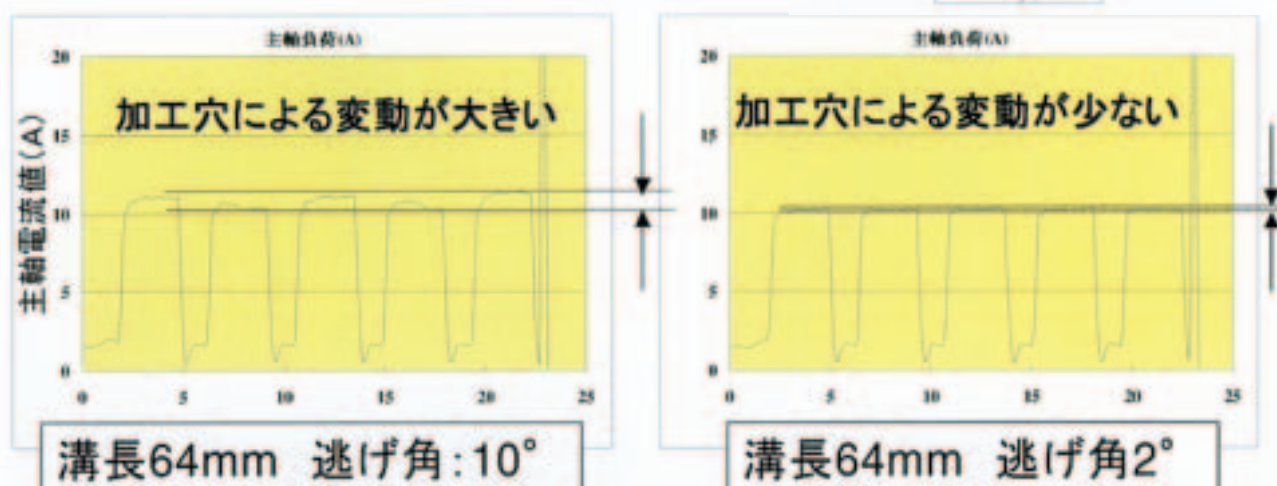
工具径 : $\phi 8\text{mm}$ 溝長 : 64mm
機械 : 立形 M/C
被削材 : S55C 切削油 : 水溶性
切削条件 : $V_c=60\text{m/min}$ 穴深さ = 24mm



チゼル部分の先端角



タンガロイでは従来より、この構造に着目して「鋳鉄・アルミ用スパイラルジェットドリルDSC-F形」は逃げ角 2° を採用し、「ギガジェットドリルDSX形」「ギガパワードリルDSE形」は逃げ角 7° を採用して食い付き性に優れた仕様としています。



各被削材による加工しやすさの違い

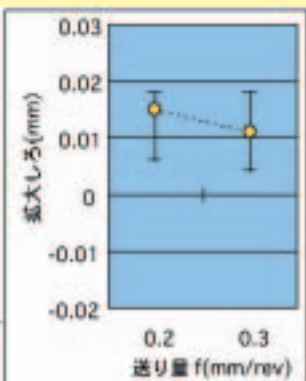
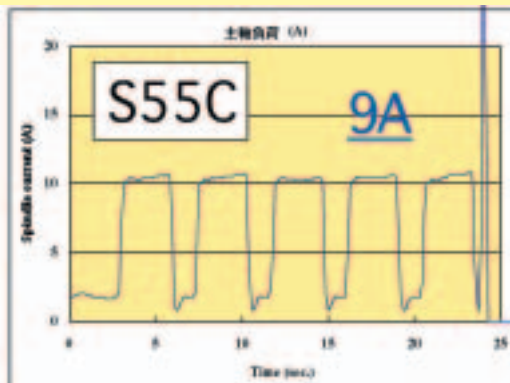
●被削材を変えた実験

炭素鋼とダクタイル鋳鉄、アルミ合金を同一工具・同一条件で加工した際の穴径（拡大しろ）と主軸電流値、切りくず形状を比較しています。

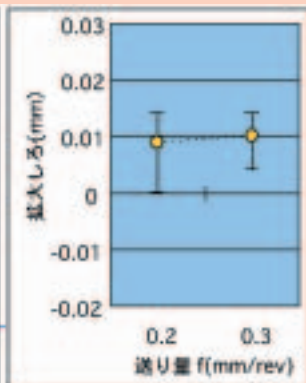
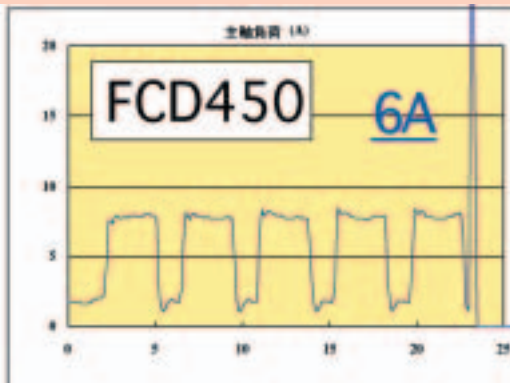
炭素鋼と比較するとダクタイル鋳鉄 FCD450 は加工が容易で、炭素鋼の66%の主軸電流値となります。アルミ合金は更に加工しやすく、炭素鋼の44%の主軸電流値で加工することができ、穴径は他の被削材と異なり、縮小傾向が見られます。

工具径 : ϕ 8mm 溝長 : 48mm
 機械 : 立形 M/C 被削材 : S55C
 切削油 : 水溶性
 切削条件 : $V_c=60\text{m/min}$ $f=0.2\text{mm/rev}$
 穴深さ = 24mm

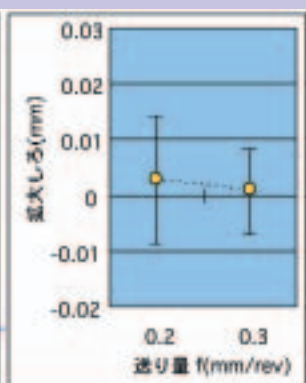
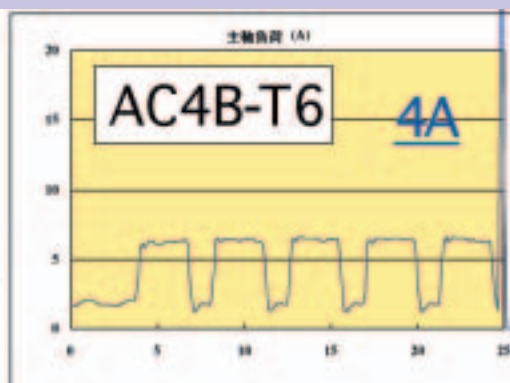
炭素鋼 S55C



ダクタイル鋳鉄
FCD450



アルミ合金
AC4B-T6



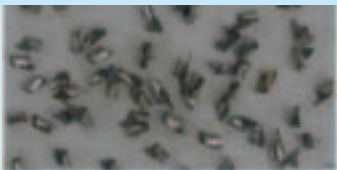
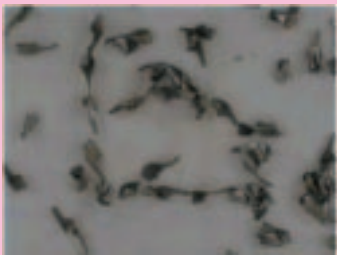
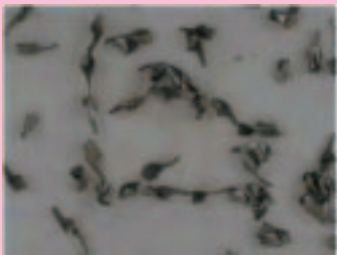
微小欠損が生じると

● 擬似的に欠損(チッピング)を再現

実際に切れ刃コーナ部分に欠損(チッピング)が生じた場合にどのような現象が生じるかを、擬似的に欠損(チッピング)を生じさせたドリルを用いて切削性能を確認しました。

切りくずに関しては第2章にも紹介したように、切れ刃コーナ部に発生した場合は同一条件でも切りくずの尾が延びる傾向が見られます。主軸電流値は若干上昇傾向を示し、穴径はばらつきが大きくなる傾向が見られるのが特徴です。

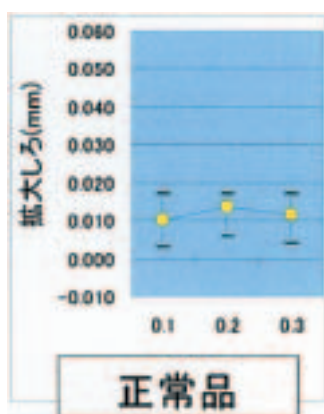
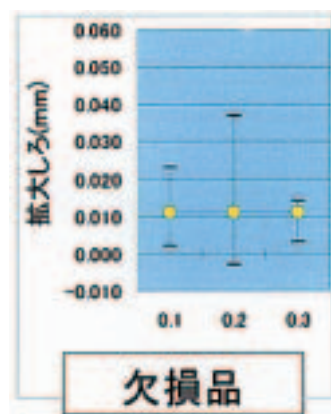
工具径 : $\phi 8\text{mm}$ 溝長 : 48mm
 機械 : 立形 M/C 被削材 : S55C
 切削油 : 水溶性
 切削条件 : $V_c=60\text{m/min}$ $f=0.2\text{mm/rev}$
 穴深さ = 24mm

欠損なし		
		
欠損あり		
	f=0.2mm/rev	f=0.3mm/rev

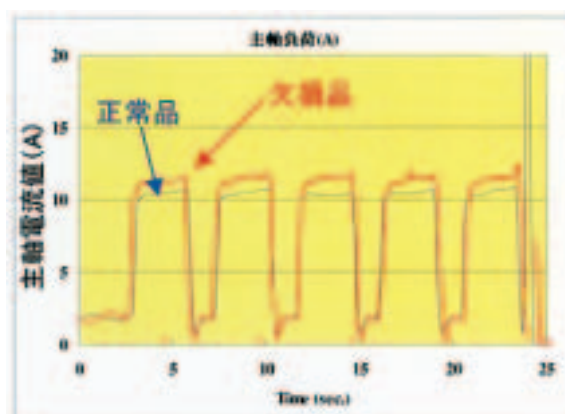


このことから、加工初期の切りくずに対して切りくずが変化した場合や穴径のばらつきが大きくなった場合には欠損(微小欠損、チッピング)の発生が考えられます。ある程度であれば主軸の電流値のモニタでも検出することはできます。

ばらつきが増加



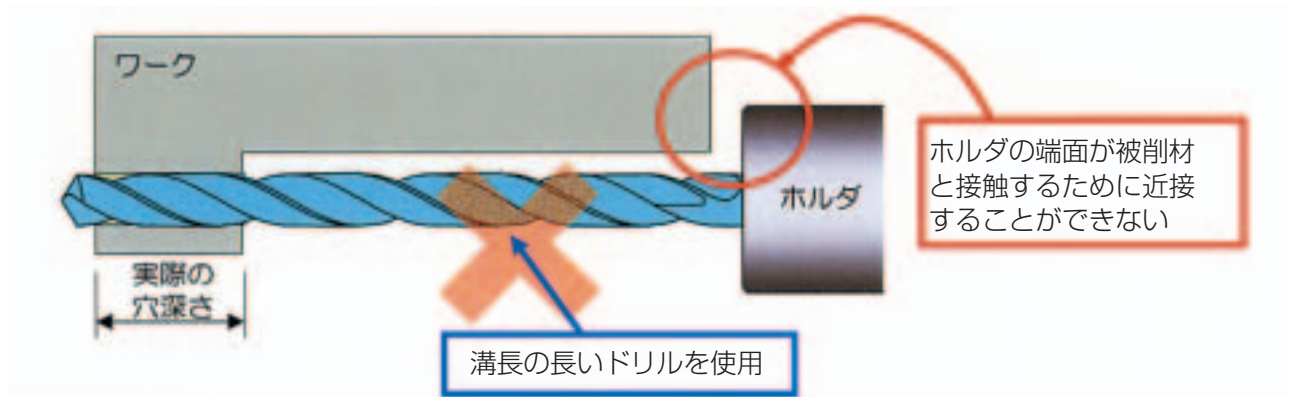
正味電流値 約 20%上昇



干渉部分があるツーリング

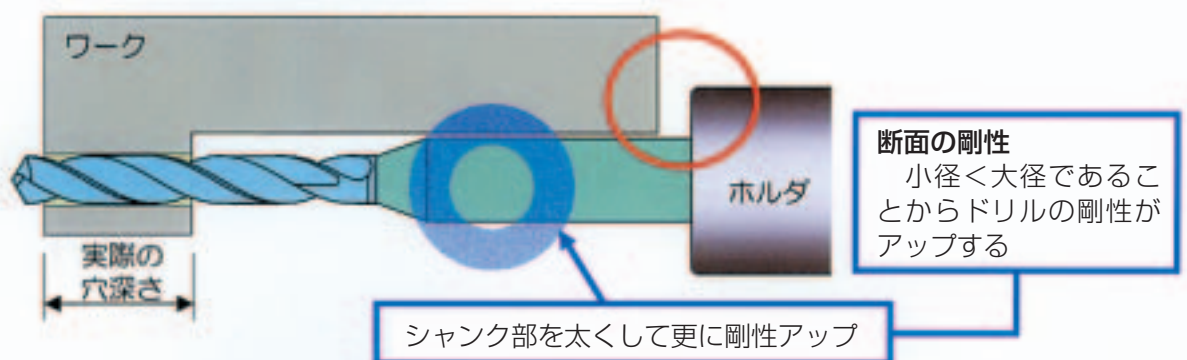
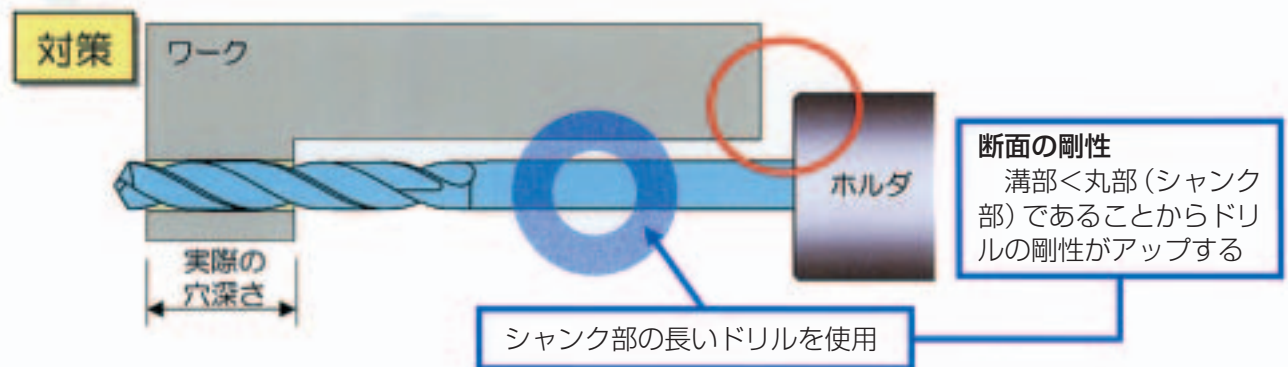
● POINT! なるべく曲げ剛性の高い方法を

実際にツーリングする場合において、以下の図のように加工したい穴深さは短いのに被削材形状や治具の関係でホルダを近接することができず、やむなくドリルを長くして対応することがあります。



このような場合、ドリルの溝長が長いドリルを使用するとドリルの剛性が低下して問題が生じやすい使用環境となります。具体的には切れ刃コーナの欠損、穴曲がり、穴径拡大などが発生することが考えられます。

トラブル対策としては溝長は最小限として工具の丸部分（シャンク部分）を長くすることで改善することができます。ドリルの溝部分は丸棒よりも溝が加工されているため、更に弱くなっていますのでその部分の強度を上げることで曲げ剛性を高めています。それでも問題が解消できない場合にはドリル径よりも太い丸部分を延長することや接近性の良い焼きばめホルダを使用する対策が考えられます。

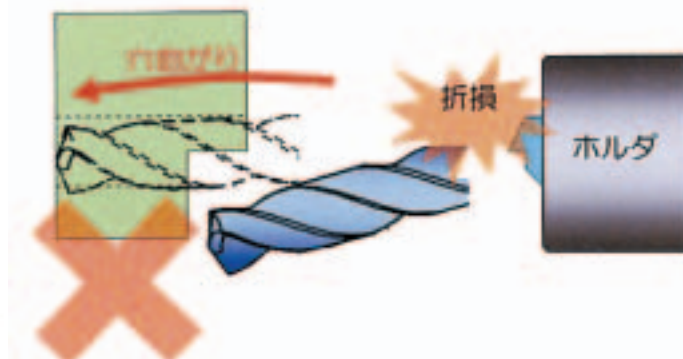


断続部分のある穴加工（入口部分）

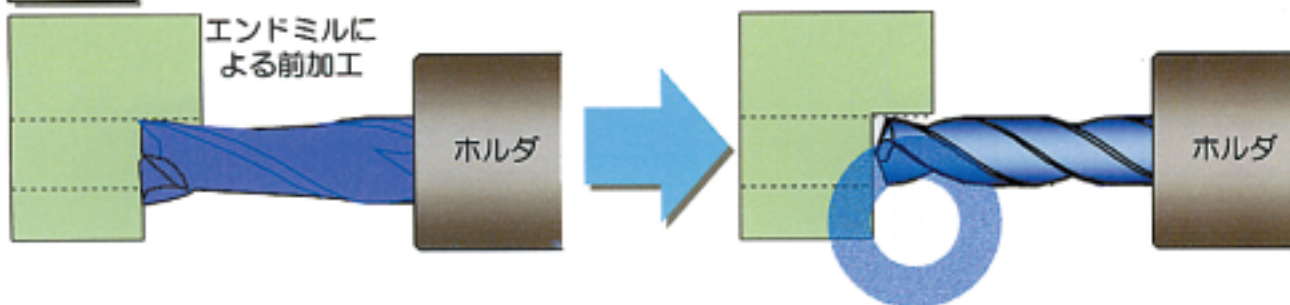
POINT! 前加工を実施して断続無くす

食い付き部分に断続加工がある場合はドリルがどこにも拘束されていない状態で加工するため曲げの力が大きくかかることから加工できても穴曲がりが大きく発生し、最悪の場合には折損が発生します。

このことから、基本的に食い付き部分の断続加工には推奨できません。エンドミルなどによる前加工が必要となります。



対策

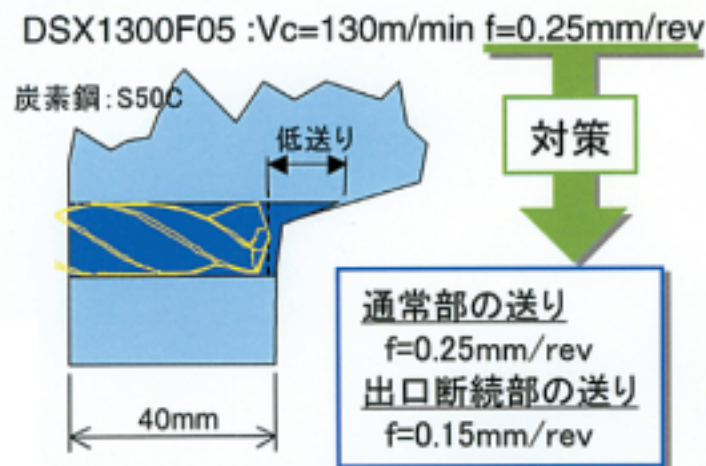


断続部分のある穴加工（出口部分）

POINT! 断続部分の加工時の送りを半減

出口部分が傾斜面や他の穴に交差するような断続加工がある場合には切れ刃コーナ部の欠損や穴曲がりが生じやすくなります。

対策としては断続部分の加工負荷を緩和するために「断続部分の送り量を通常加工部分の1/2程度に低減する」ことが効果的です。以下に実際の加工実例を示します。



寿命：400穴（16m）



寿命：1070穴（43m）

鋳抜き穴への加工

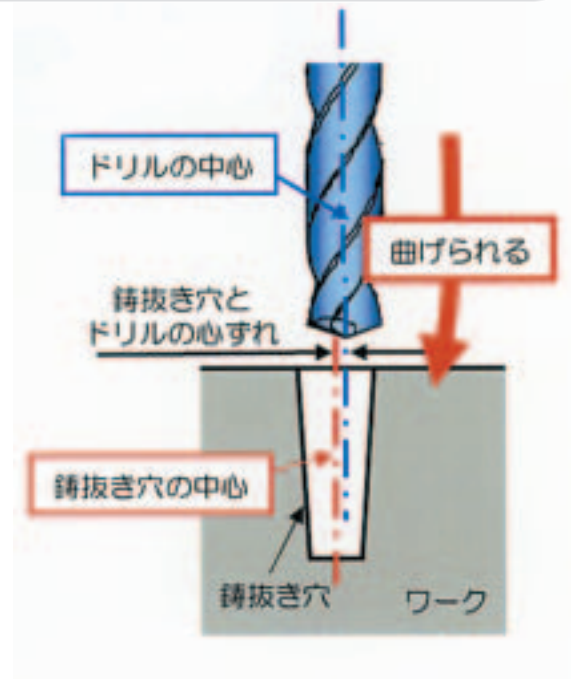
POINT! ドリルの剛性をアップ、先端角を大きく

鋳抜き穴はアルミ合金では一般的に存在しますが、ドリル加工においてはあまり有益なものではありません。切削する部分が減少するので加工が容易になるように見えますが、必ずしもドリルの中心と鋳抜き穴の中心が完全に一致していることが無いことから、ドリル加工において不利な横方向（曲げ）の力が発生するためです。

このため、鋳抜き穴へのドリル加工は穴径拡大やびびりが発生しやすく、加工が不安定になりやすい傾向があります。

対策

- ・ 先端角を 160° に変更する
- ・ 曲げに強い、直溝ドリルとする
- ・ 心厚をあげるなど剛性をアップする（エンドミルによる加工も効果的）
- ・ 深穴の場合にはガイド穴を前加工する

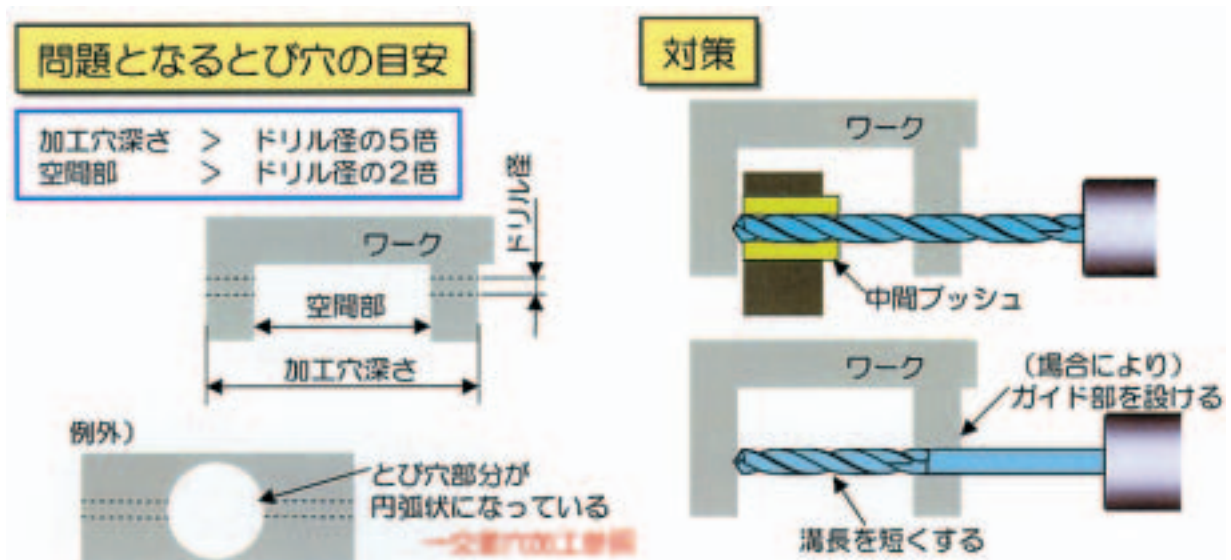


とび穴の加工

POINT! 中間ブッシュを設ける、溝長を短く

とび穴とは加工部の中間に空間が存在するワーク形状をさします。加工穴深さが空間部分を含んでドリル径の5倍を超えるもので、空間部がドリル径の2倍を超えるものは、工具の全長が長くなることに加えて空間部の影響を受けやすいので注意が必要です。

対策としては以下に示すような中間ブッシュの設置や、溝長を短くすることが効果的です。



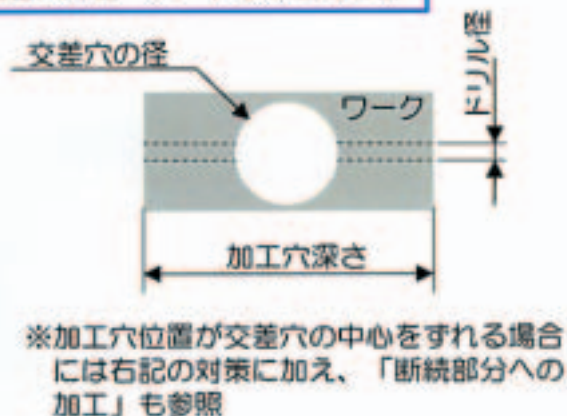
交差穴の加工

POINT! ドリルの剛性をアップ、先端角を大きく

交差穴は加工する部分に他の穴がすでに加工されているワーク形状をさします。基本的には「とび穴」と状況や対策は同じですが、交差穴の場合には再度食いつく部分が円弧面となるため加工自体は「とび穴」よりも厳しくなります。また、先端部分から生じた切りくずが交差部分にかみ込みやすいため注意が必要です。また、交差穴の中心とドリルの中心がずれる場合や直交以外の交差は下記に加え、「断続部分への加工」も参照してください。

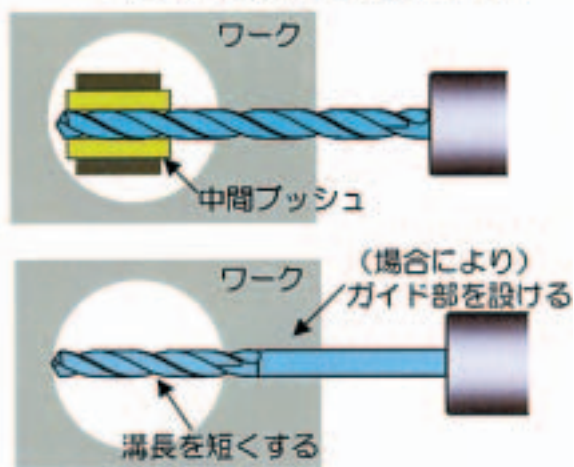
問題となる交差穴の目安

加工穴深さ > ドリル径の5倍
交差穴の径 > ドリル径の2倍



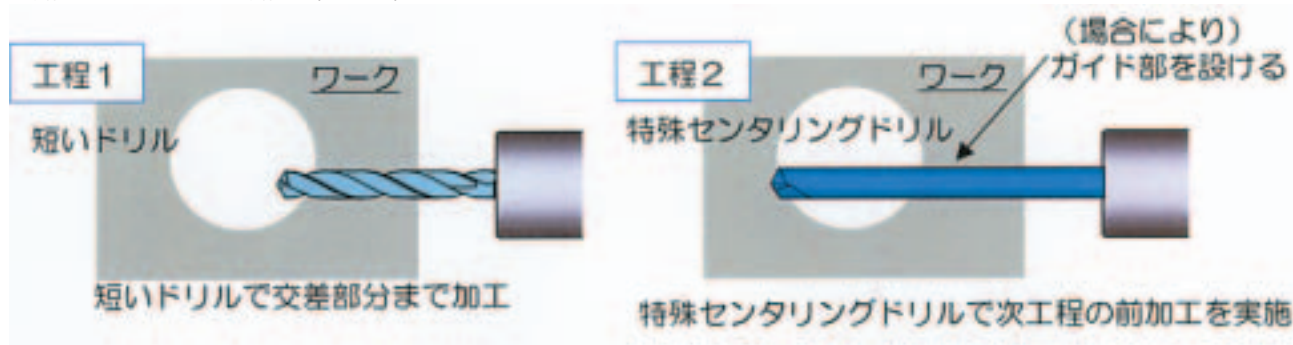
対策

※食いつき部の送りは1/2に



参考：交差穴やとび穴の特殊な場合のツーリング

交差穴の中心とドリルの中心がずれる場合や直交以外の交差、とび穴の加工にて再度食いつく面が錆肌であったり傾斜面であった場合には、再度加工を開始するドリルの食いつき時の部分を前加工することで、安定化させる方法があります。前加工はセンタリング加工（皿もみ）またはガイド穴となります。



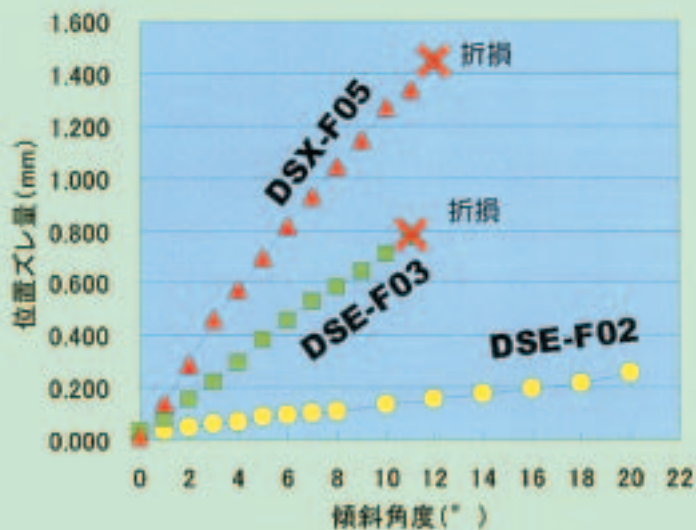
傾斜面への加工（鑄肌面への加工）

POINT! 前加工（センタリング加工）を実施、溝長を短く

傾斜面の加工はドリルに横方向(曲げ)の力が発生することから安定加工を行うためには前加工にセンタリング加工(皿もみ、スポット加工)を行うことが効果的です。



以下の試験はギガパワードリルDSE形（心厚：工具径の25%）のL/D=2用とL/D=3用、ギガジェットドリルDSX形（心厚：工具径の30%）のL/D=5用を用いて傾斜角度を大きくしていった場合の加工可否と機械座標での中心値に対する実際に加工した穴入口の位置のずれを評価したものです。



傾斜面加工テスト

工具)

DSE0800F02(油穴なし) 溝長 40mm

DSE0800F03(油穴なし) 溝長 48mm

DSX0800F05(油穴あり) 溝長 64mm

被削材) 炭素鋼 S55C

機械) 横型 M/C

切削油) 水溶性 (5%)

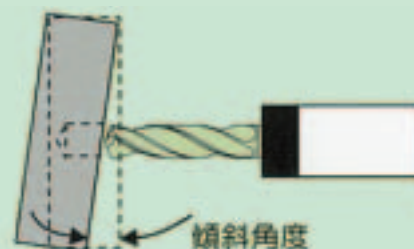
外部給油

切削条件) $V_c=70\text{m/min}$

$f=0.2\text{mm/rev}$

穴深さ = 16mm

加工穴数) 各条件 5 穴



結果としては溝長の最も短いギガパワードリルDSE形のL/D=2用（溝長40mm）がもっとも優れており、片側の切れ刃（先端角140°）から加工する傾斜角度20°でも加工を行うことができました。他のドリルはそれぞれ11°前後で折損する結果となり、ドリルの折損は実際にドリルが1°前後傾斜した際に発生することがわかりました。

しかし、安全面を考慮した場合にはバックテーパが効果を失う、ドリルが0.1°の傾斜した時点を傾斜加工の限界と考えた場合、ギガパワードリルDSE形のL/D=2用（溝長40mm）は傾斜角度は4°、他のドリルは1°が傾斜の上限と考えられます。加工面が鑄肌であったり不安定な場合には溝長の短いドリルを使用することが効果的となります。

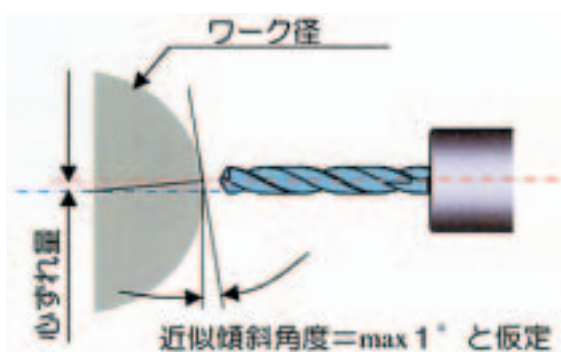
円弧面への加工

POINT! 前加工（センタリング加工）を実施、溝長を短く

円弧面はほぼ「傾斜面の加工」と同様の対策が必要となります。加工穴位置がワークの円弧の中心に合致していれば問題は少ないものの、位置がずれた場合には傾斜面と同様にドリルに横方向（曲げ）の力が発生することから安定加工を行うためには前加工にセンタリング加工（皿もみ）を行うことが効果的です。



前ページの「傾斜面加工」のもので他を利用し、被削材中心と工具中心のずれを傾斜角度で近似し、その上限を 1° とした場合の各ワーク径による心ずれ量の最大値を右下図に示す。大径ほど許容値は増すものの工具損傷などの面からは小さくすることが重要です。



計算式)

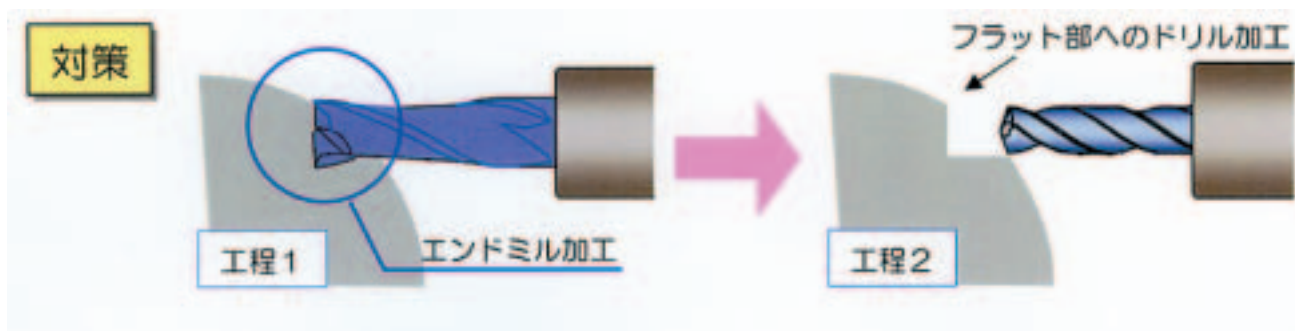
$$\text{心ずれ限界値 } X = \text{ワーク半径} \times \tan 1^\circ$$

計算結果)

ワーク径 ϕ 10mm	$X=0.09\text{mm}$
ワーク径 ϕ 20mm	$X=0.18\text{mm}$
ワーク径 ϕ 40mm	$X=0.35\text{mm}$
ワーク径 ϕ 60mm	$X=0.52\text{mm}$

参考：被削材の中心を大きくずれた位置への加工

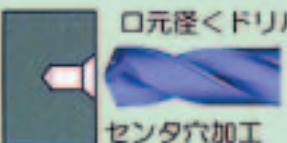
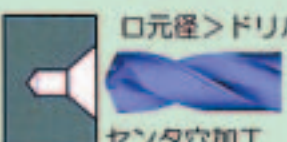
被削材の中心を大きくずれた部分への加工については「断続部分への加工（入口）」に記載したのと同じ方法で前加工（エンドミルによるフラット加工）を行うことが必要となります。



前加工の種類とその役割（期待される効果）

加工面が平坦でない場合や、加工穴位置精度を向上させる場合にはセンタリング加工（スポット加工、皿もみ）やガイド穴加工、センタ穴加工など様々な前加工が用いられます。それぞれの使い分けを以下に示します。

●前加工の種類とその特長

前加工の種類	食い付きの位置	利点(メリット)	欠点(デメリット)
	先端	・工具損傷が少ない ・穴位置精度向上 ・加工時間が短い - 他の利点) ・ドリルでの加工可	
	コーナ	・穴位置精度向上 ・穴曲り軽減 - 他の利点) ・外郭面取りも可能	・コーナ欠損しやすい ・延びる切りくず発生 - 他の欠点) ・スポットドリル自体が先端欠損しやすい
	コーナ	・穴位置精度向上 ・穴曲り軽減 ・加工時間が短い - 他の利点) ・外郭面取りも可能	
	切れ刃の中間	・穴位置精度向上	・切れ刃欠損しやすい ・延びる切りくず発生 - 他の欠点) ・センタドリル自体が小径部欠損しやすい
	コーナ	・穴位置精度向上 ・穴曲り軽減	・切れ刃欠損しやすい ・延びる切りくず発生 - 他の欠点) ・センタドリル自体が小径部欠損しやすい
	先端	・ロングドリルやガイドドリル適用可能 (穴深さ > L/D=10)	・穴内壁に段差が残る

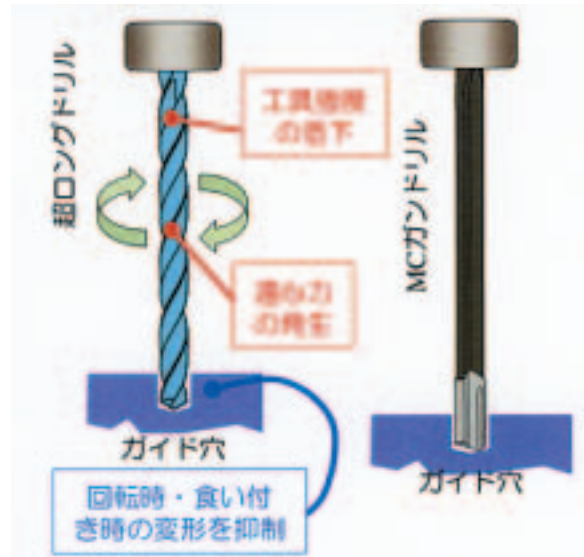
汎用機における深穴加工方法

POINT! 前加工（ガイド穴加工）を精度良く

マシニングセンタなどで工具径の10倍を超える深穴加工を行う方法として、ガイド穴を用いた加工方法があります。この方法はタンガロイのMCガンドリル（汎用機用ガンドリル）によって一般化し、最近では超ロング超硬ソリッドドリルをこの方法で加工する例も増えています。

深穴を加工するためにはドリルの溝長も必然的に長くなるために剛性が低くなってしまい、加工し始める際の切削抵抗に耐えられなくなります。また、超硬ドリルは切削回転による遠心力もかかるためドリルの先端の振動や回転数によっては回転させるだけで折損することもあります。

専用機では主軸と位置精度が良く、工具径よりも数ミクロン大きい内径で管理された「ガイドブッシュ」を用いて食い付きの補助を行っています。



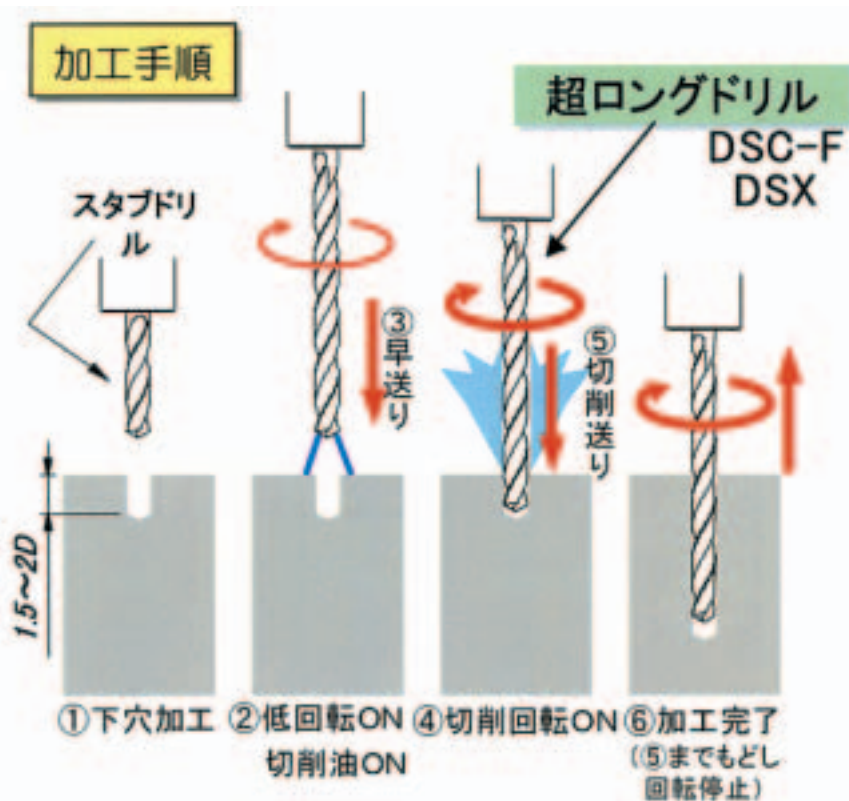
この「ガイドブッシュ」の役割を前加工に他のドリルで加工した「ガイド穴」で代用することによって汎用機でも任意の位置に深穴を加工することができます。ただし、このガイド部分で加工性能や穴精度、食い付き時の振動度合い＝工具損傷や寿命に影響することからガイド穴は精度の良い穴とすることが安定加工のポイントとなります。

ポイント

- ・精度の良いガイド穴を加工
工具→超硬ドリル
穴径→工具径+0.03～+0.05
穴深さ→工具径の2倍程度
- ・ガイド穴の外で切削回転で
回転させない
- ・低回転でガイド穴に挿入

その他)

- ・ガイド穴径は+0.1mm程度でも加工することができますが工具寿命は低下します。
- ・ガイド穴挿入は
回転数： $n=200\text{min}^{-1}$
送り速度： $V_f=300\text{mm/min}$ で行います。また、刃先を保護するために逆回転で挿入する方法もあります。
- ・切削状態は主軸電流値と切削油の出方で見ます。噴水状の切削油が間欠する場合は切りくず処理が不安定になっているので油圧・条件など見直す必要があります



バリと抜け際の陣笠状切りくず

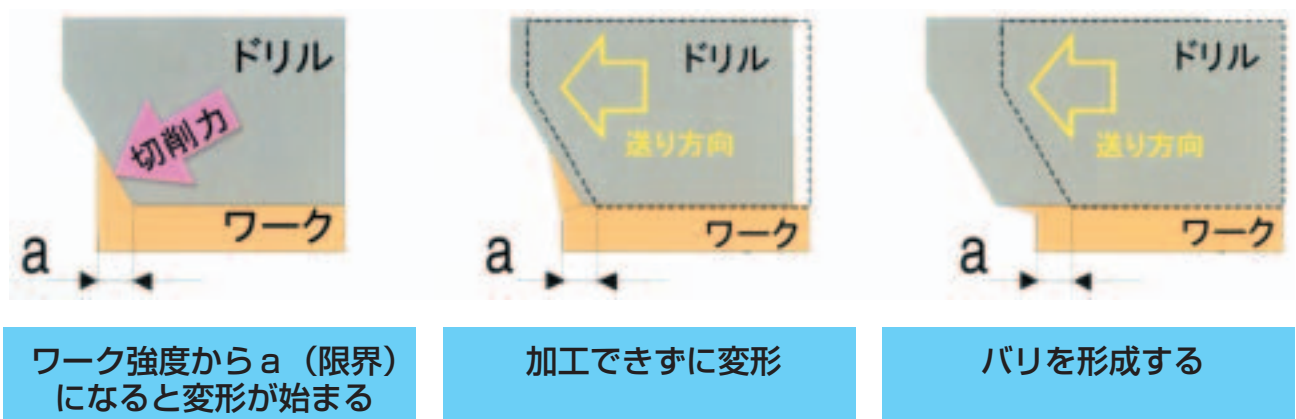
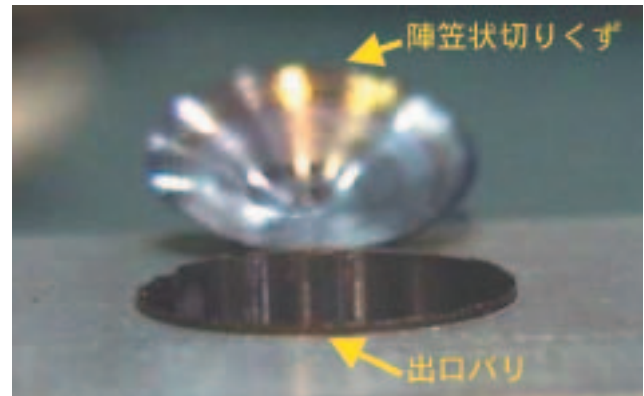
ドリルで貫通穴を加工すると出口側にバリ（加工穴の縁沿って発生する薄い盛り上がり）と陣笠状切りくず（切削できずに変形して押し出した部分）が発生します。

●発生メカニズム

バリは切削抵抗や切れ味によってワークの貫通部分近辺にかかる力に対して、ワーク強度が足りなくなった場合に切削できずに変形が生じることで発生します。

陣笠状切りくずも同様に底面部分が円すい状に変形し、加工せずに押し出したものです。

切削抵抗や切れ味も影響するために摩耗が進展した場合やワーク形状、ワーク材質によっても発生しやすさが異なります。延性の高い材料であるアルミ合金や鉄板材で生じやすい傾向があります。

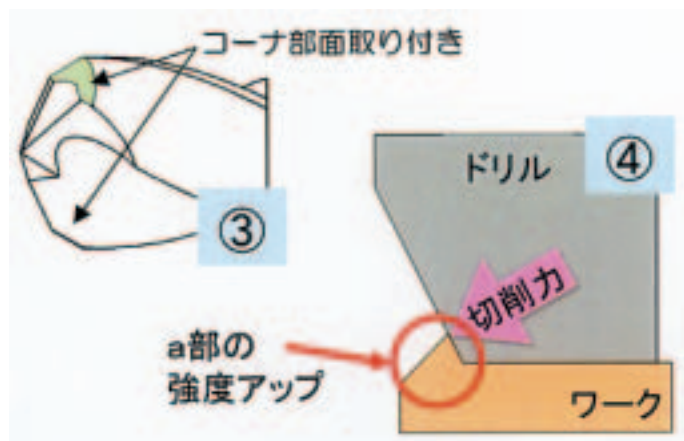


●バリの発生を抑制するには

バリはその発生機構から完全に無くすことは困難であり、後加工でバリを除去することが確実です。バリの大きさを小さくするにはワークにかかる切削力を小さくすることが有効となります。

バリ抑制に効果的な方法

- ①貫通時の送り条件を下げる
- ②ホーニング幅を小さくする
- ③切れ刃コーナ部分に面取りを付ける
- ④あらかじめ貫通側に面取り加工を行う



#

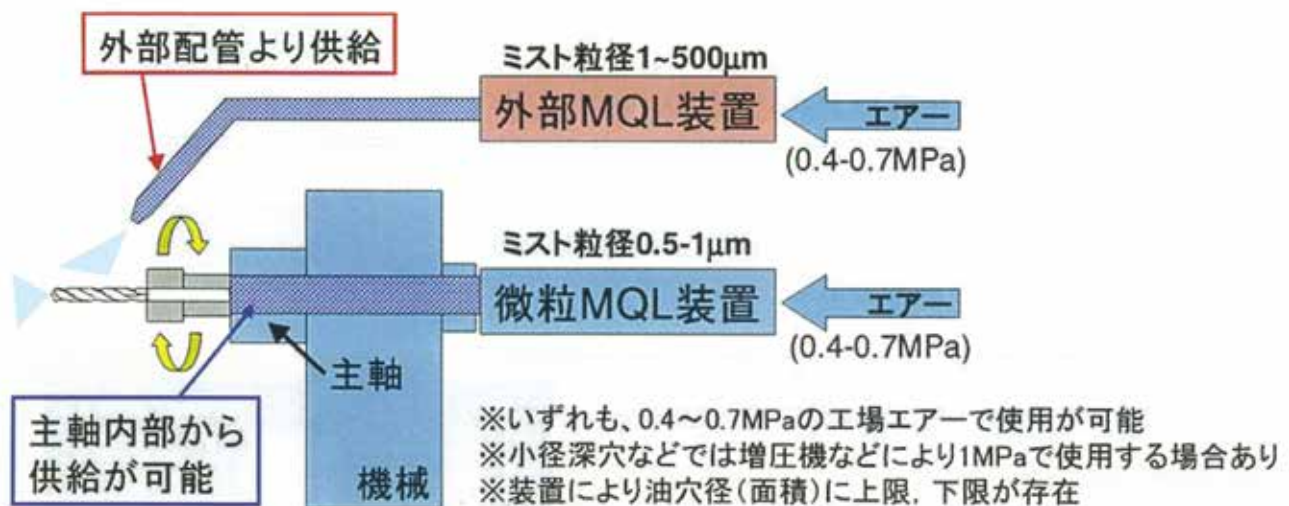
MQL（セミドライ加工）について 2

● MQL 加工装置について

MQL 加工装置は機械と一体型のものや後付け（外付け）の装置があり、その機構は主にミスト粒子径が大きく外部給油や被削材回転の機械などで使用する「外部 MQL 装置」と、生成するミスト粒子を 1 ミクロン以下の微粒にする事で回転する主軸の内部を通過させることが可能になった「微粒 MQL 装置」があります。

「微粒 MQL 装置」はマシニングセンタに取り付けでき、工具交換にも対応できることから用途が拡大しています。油穴付きドリルは「微粒 MQL 装置」と組み合わせることで主軸内部給油でき、飛散しやすいミストを確実に刃先に供給できるベストな組み合わせとなり、クランクシャフトなどの深穴加工などに使用されています。

装置	平均ミスト粒子径	特徴
外部 MQL 装置	1 ～ 500 μm	・ 装置が安価・水を混合するタイプもあり
微粒 MQL 装置	0.5 ～ 1 μm	・ 主軸から供給可能（工具交換できる）



ドリル加工における寿命に与える MQL 加工の効果

被削材や加工形態によって一概にいえるものではありませんが、炭素鋼の加工においていうと MQL 加工は WET 加工に比べて寿命が向上することが多くなっています。これは、ある程度加工熱が高く、刃先に溶着が生じないことから凝着剥離にともなう欠損や摩耗進展が生じにくいことによる効果と考えられます。

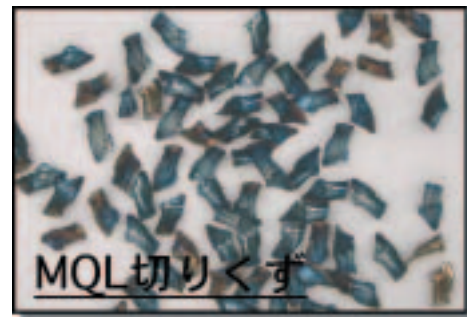
その反面、冷却性はエアと微量のミストであるためにほとんど期待することができないことから熱伝導率の低いステンレス鋼や発熱による溶着が生じやすいアルミ合金の加工は苦手としています。また、切削熱が上がりすぎると切りくず処理が低下する場合があるため切削条件は WET 加工よりも低くなる場合があります。

MQL（セミドライ加工）について 3

● MQL 加工のポイント

切りくずは高温で排出されることからカバーやガードが必要

切りくずは通常よりも変色し、高温な状態で排出されるのでカバーやガードなどは確実に行うなど注意が必要です。冷却性という点ではウェット加工よりも劣り、切りくずを押し流すことができないためテーブルなどに堆積した場合にはワークや機械周りの発熱にも注意する必要があります。



主軸高速回転では刃先に供給されるミスト量が減少します

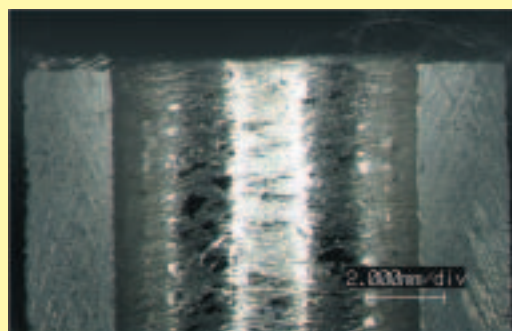
ミスト粒子径を微粒にすることで主軸の内部を通過して刃先に供給しています。主軸を通過する際には遠心力がかかるため主軸を高速回転にすればするほど実際に刃先に供給されるミスト量は減少する傾向があります。主軸回転数が5000 min⁻¹を超える場合には留意しながら条件設定を実施する必要があります。

● MQL 加工時のトラブル例

MQL加工では実際に吐出されているエア量やミスト量が目で見えないことからそれらの状態を実際に加工している際の現象で推測する必要があります。特に加工中にミストが供給されなくなるとバニッシング（擦り）が増加して折損にいたる場合があることから注意が必要です。

加工面粗さの低下・異音の発生

- 原因) ミスト量不足
対策) ・装置・配管の確認
・切削速度低減
・ミスト量の増加（ショット数など）



切りくず詰まり

- 原因) ミスト量不足、切削条件不適
対策) ・装置・配管の確認
・切削速度低減
・ステップ加工の実施
・エア圧の増加





鋼用超硬コーティングソリッドドリル

ギガパワードリル DSE 形

- ・穴深さが工具径の3倍以下で小径（ $\phi 3 \sim \phi 16$ ）の加工
 - ・もっと高能率（高速）で加工したい
 - ・薄肉のワークへの穴あけを安定して行いたい
 - ・炭素鋼や合金鋼を長寿命で加工したい
 - ・低剛性機・低スラストで加工したい



一気貫通

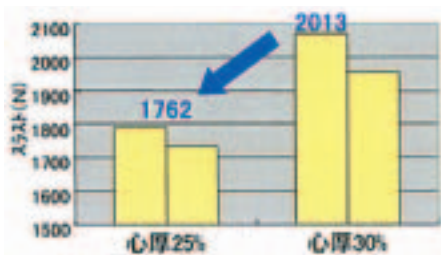
- ・幅広い被削材に対応し、薄肉ワークの安定加工を実現
（軟鋼、一般炭素鋼、ステンレス 鋳鉄、ダクタイル鋳鉄）
- ・長寿命： 他社ドリルの1.5～2倍の加工穴数が可能
- ・高能率加工： 高速($V_c=100\text{m/min}$ を超える加工も可能)
- ・完全ドライ加工やセミドライ加工： 他社専用ドリルよりも長寿命

ギガパワードリル DSE 形の特長

ギガパワードリルDSE形はギガシリーズコンセプトである「折れにくさ」に加え、この種のドリルに多い加工であるハブやフランジに代表されるような薄肉・貫通穴加工に注目して、徹底的なデータ収集や形状開発を行って商品化されました。欠損の生じやすい加工の安定化に最適です。

溝形状

- 心厚25%の低スラスト仕様
- 独自のフルート形状で切りくず処理性UP (DSX PAT.P)



刃先形状

- 再研削が容易で切れ味に優れた直線刃形
- ドライ加工でもコンパクトな切りくず成形

高剛性断面+超微粒超硬

(高信頼性、折れにくい)

抗折力 3.9GPa

従来比 1.4 倍

材種

- 抗折力の高い、高靱性の超微粒子超硬母材
- 新平滑フラッシュコートによりすくい面クレータ摩耗を抑制→突発欠損を防止

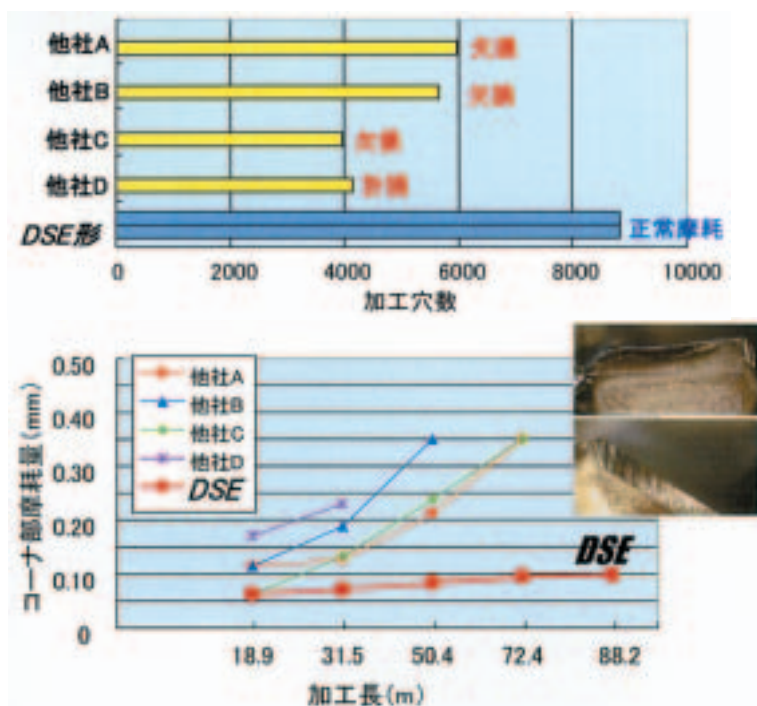
新平滑フラッシュコート

(高速加工、深穴加工)

溝粗さ 0.1Ra

他社 NEW

●立形 M/C(BT30)での薄肉貫通加工例



ギガパワードリル DSE 形を用いて一般的に使用されている切削条件での寿命比較試験を行った社内試験結果です。

試験は立形マシニングセンタBT30を使用して被削材はフランジなどの穴を想定して炭素鋼の厚み 10mm で貫通試験を行っています。

結果は他社が 5000 穴(50m)前後で欠損が発生しているのに対し、DSE 形は 8000 穴(80m)をこえる加工が可能でした。

その理由を次項に

使用機械：立形 M/C(B T 30)
 被削材：炭素鋼 S45C (220HB)
 切削条件：V = 50m/min f = 0.3mm/rev
 ドリル径：φ 8.0mm 穴深さ 10mm 貫通
 切削油：水溶性(濃度5%) 外部給油

貫通穴、薄肉ワークに強い理由

ギガパワードリルDSE形を開発するにあたって、貫通穴における損傷発生メカニズムを徹底的に調査を行いました。その結果、振動の発生によりクレータ損傷が通常よりも大きく進展することがわかりました。この現象を対策することで飛躍的な寿命延長を実現しました。

●薄肉・貫通穴の損傷メカニズム

加工が進むにつれて、
すくい面にクレータ摩耗
が発生

振動が増大

クレータ摩耗を基点に
フレーキング欠損！

典型的な損傷



損傷の起点がチゼル近傍のクレータ損傷にあることから形状や仕様の改良を行い、起点となるクレータ損傷の軽減を計ると同時に、切削抵抗の軽減＝変形量、振動の抑制も狙っています。



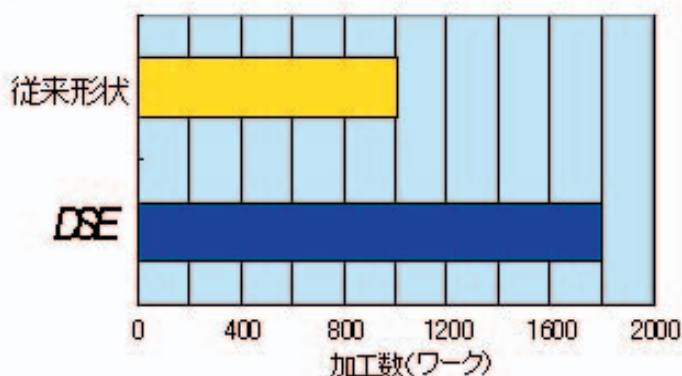
心厚の効果

ドリルの抵抗(スラスト)による被加工物の変形を抑制

POINT

切削抵抗(スラスト)を下げる仕様で変形量を抑制！

市場での評価



切削条件：V = 60m/min f = 0.25mm/rev
(φ 10.8、穴深さ 16mm 貫通)

加工ワーク：炭素鋼 (S 53 C)

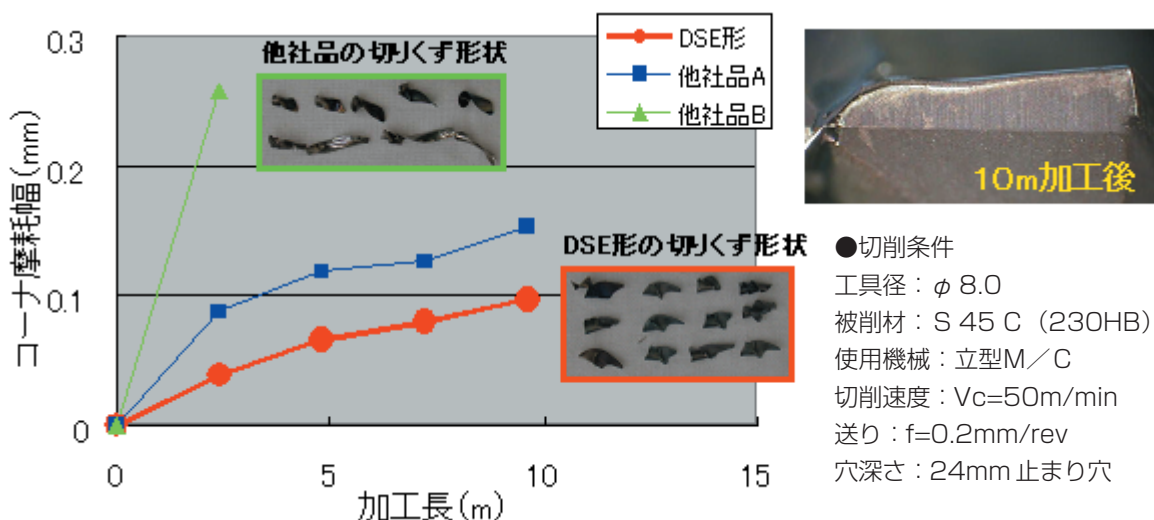
使用機械：横型M/C BT 40

外部給油で高速切削が可能

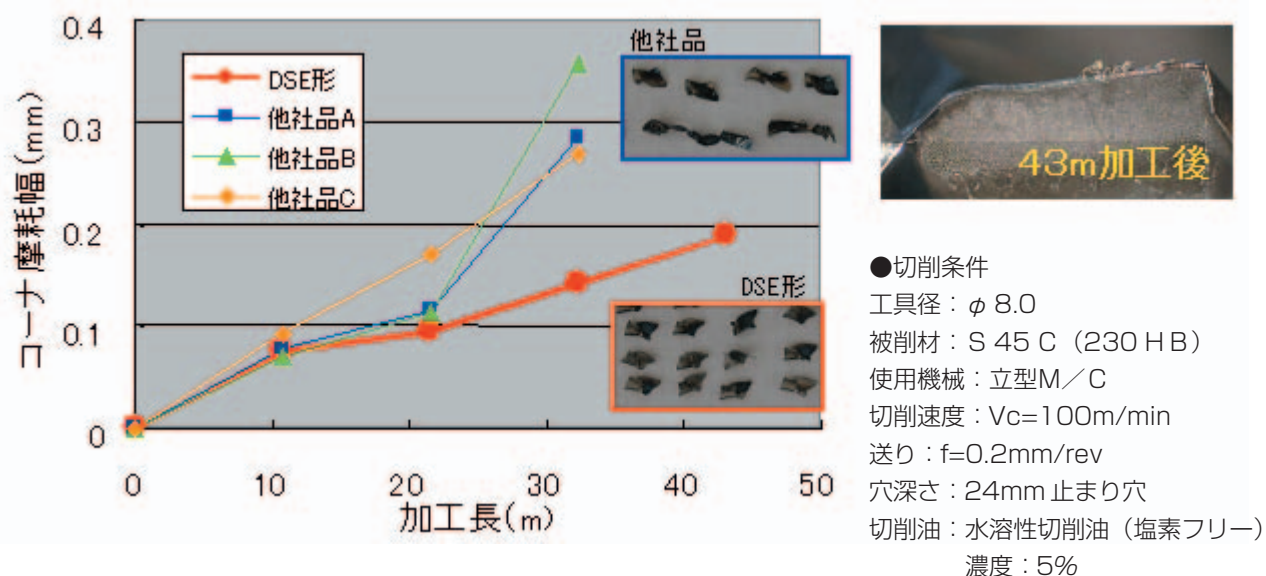
通常、外部給油でのドリル加工は切削速度が $V_c=80\text{m/min}$ を超えると刃先まで切削油が到達できなくなり、切りくず詰まりや損傷の増加など問題が生じやすくなります。ギガパワードリルDSE形は切りくず処理に優れた溝形状と新平滑フラッシュコートでドライ加工でも安定加工ができます。

このことから、外部給油用ドリルでありながら $V_c=80\text{m/min}$ をこえる高速加工が可能となりました。

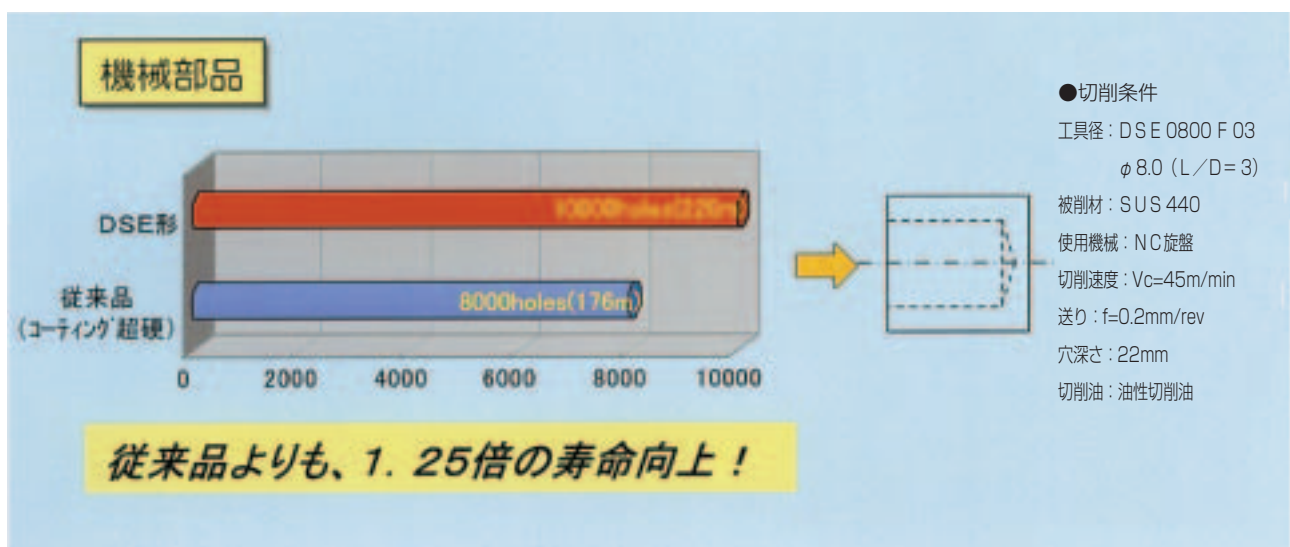
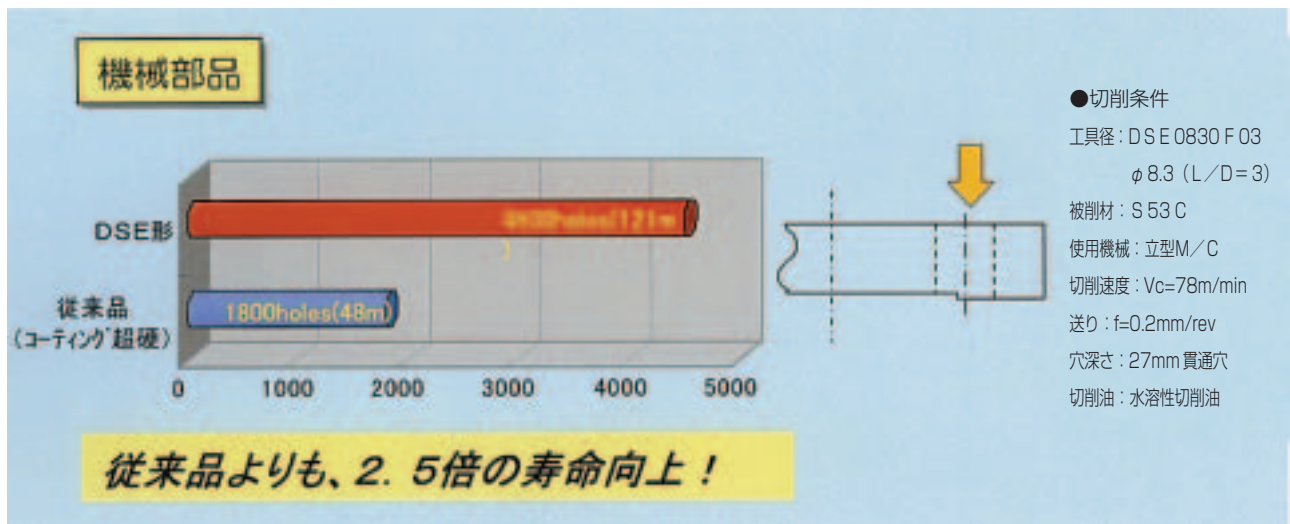
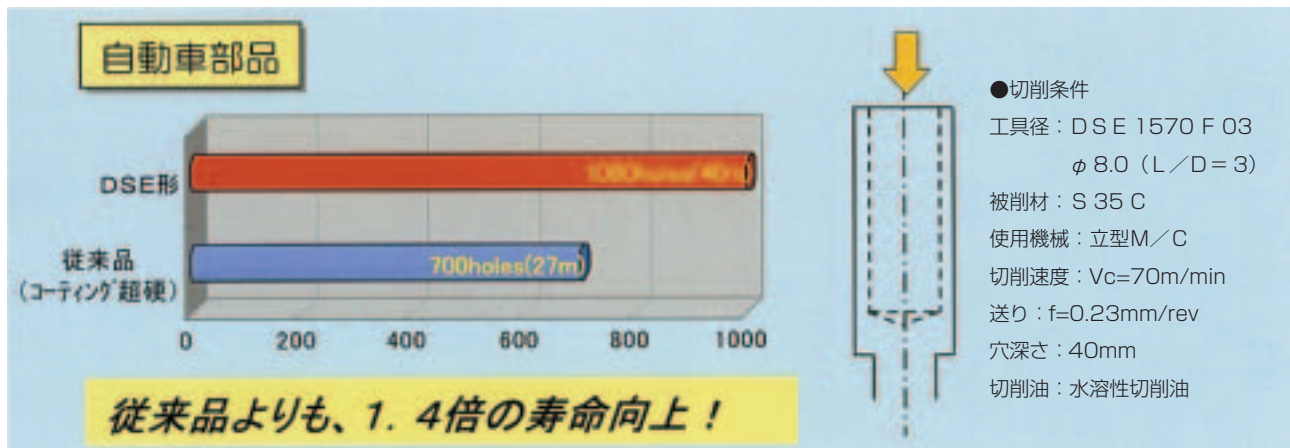
●完全ドライ加工



●高速外部給油加工



加工事例



切削条件など

下記にギガパワードリルDSE形の各被削材に対する推奨条件を示します。

ギガパワードリルDSE形は切りくず処理に優れた溝形状と新平滑フラッシュコートを採用していることから、外部給油用ドリルの中では比較的高速での加工を推奨しています。

被削材	代表的な材質名	切削速度 Vc(m/min)			送り量 f(mm/rev)		
		φ3～φ6	φ6～φ10	φ10～φ16	φ3～φ6	φ6～φ10	φ10～φ16
軟鋼・低炭素鋼	SS400	40 - 80 - 100	60 - 90 - 120	60 - 100 - 130	0.15 - 0.20 - 0.30	0.15 - 0.25 - 0.35	0.20 - 0.35 - 0.50
炭素鋼・合金鋼	S45C	40 - 70 - 90	50 - 80 - 120	60 - 90 - 130	0.15 - 0.20 - 0.30	0.15 - 0.25 - 0.35	0.15 - 0.35 - 0.40
高合金鋼・特殊鋼	SCM440	40 - 65 - 80	50 - 70 - 100	50 - 85 - 100	0.10 - 0.15 - 0.20	0.15 - 0.20 - 0.25	0.15 - 0.30 - 0.35
ステンレス鋼	SUS304	10 - 15 - 20	10 - 15 - 20	10 - 15 - 20	0.05 - 0.10 - 0.15	0.05 - 0.10 - 0.15	0.05 - 0.10 - 0.15
ねずみ鋳鉄	FC300	40 - 70 - 90	50 - 75 - 95	50 - 85 - 100	0.15 - 0.25 - 0.30	0.20 - 0.30 - 0.40	0.20 - 0.30 - 0.40
ダクタイル鋳鉄	FCD700	35 - 65 - 80	40 - 70 - 85	45 - 80 - 90	0.15 - 0.20 - 0.30	0.20 - 0.25 - 0.40	0.20 - 0.25 - 0.40
チタン合金		20 - 30 - 40	20 - 30 - 40	20 - 30 - 40	0.10 - 0.15 - 0.20	0.15 - 0.20 - 0.25	0.15 - 0.20 - 0.40
耐熱合金・インコネル		10 - 20 - 30	10 - 20 - 30	10 - 20 - 30	0.03 - 0.05 - 0.07	0.05 - 0.07 - 0.10	0.07 - 0.09 - 0.12
高硬度鋼	SKD11	20 - 30 - 40	20 - 30 - 40	20 - 30 - 40	0.05 - 0.10 - 0.15	0.05 - 0.10 - 0.15	0.07 - 0.12 - 0.20

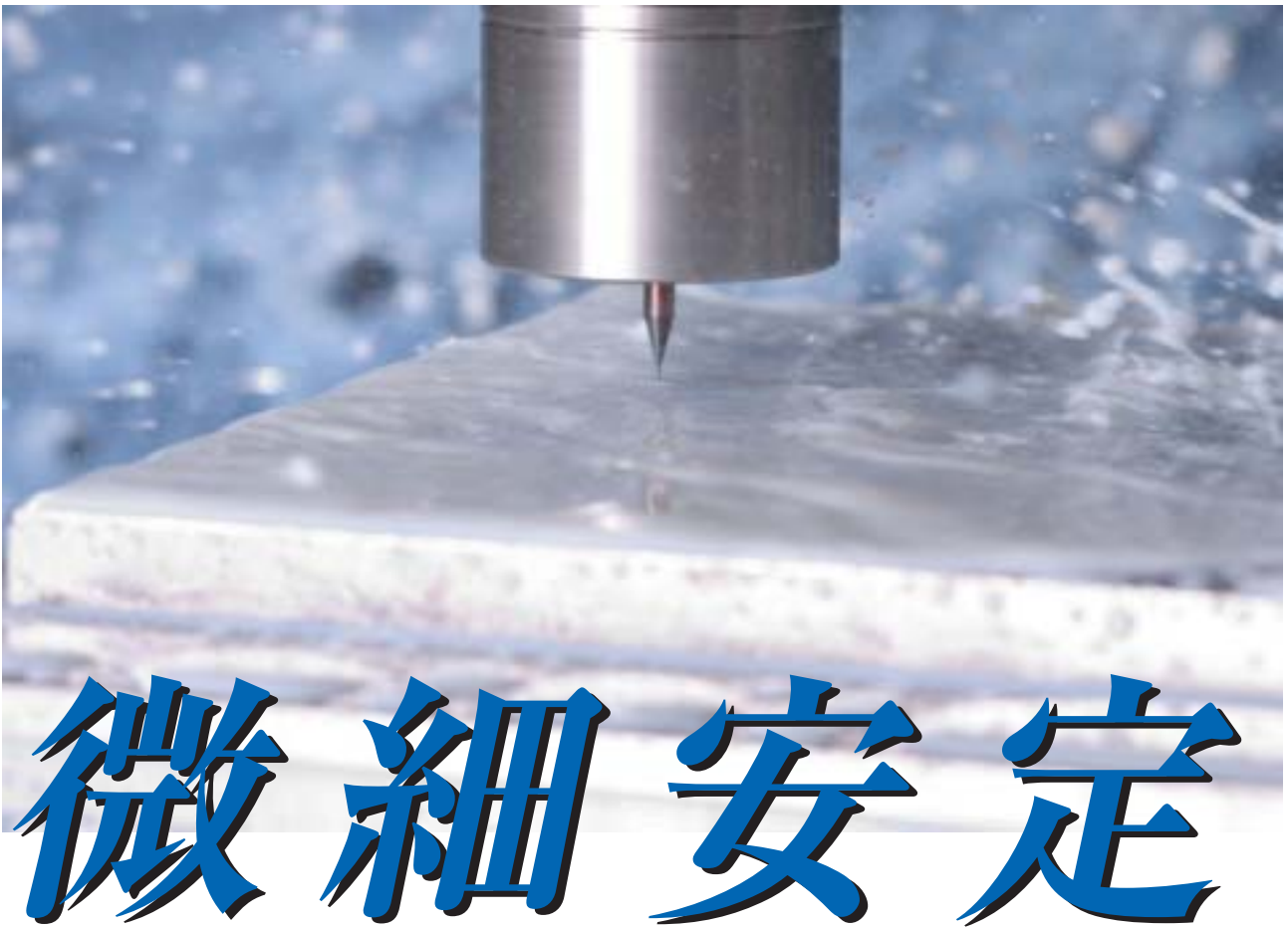
- ・上記切削条件は、一般的な加工条件の目安です。使用機械の馬力や剛性、および被削材によって変更する必要があります。
- ・各々の工具径範囲で、小径側では送り量を低めに設定してください。
- ・難削材加工においては、切削油の供給が大きなポイントとなりますので、特に外部給油で使用される場合には、出来るだけ供給量を多くしてください。
- ・特にオーステナイト系ステンレス鋼（SUS304など）のL/D=2を越える加工の場合には、ステップ加工、もしくはオイルホール付きドリルによる内部給油加工を推奨します。



鋼用超硬コーティング小径ソリッドドリル

ギガミニドリル DSM 形

- ・ 加工穴径が ϕ 0.1 ~ 3.0 mmの微細小径穴加工に
 - ・ ステンレス鋼の穴を安定加工したい
 - ・ 炭素鋼や合金鋼、コバルトも長寿命で加工したい
 - ・ 折損が生じる加工を安定させたい
 - ・ ハイスよりも長寿命で加工したい



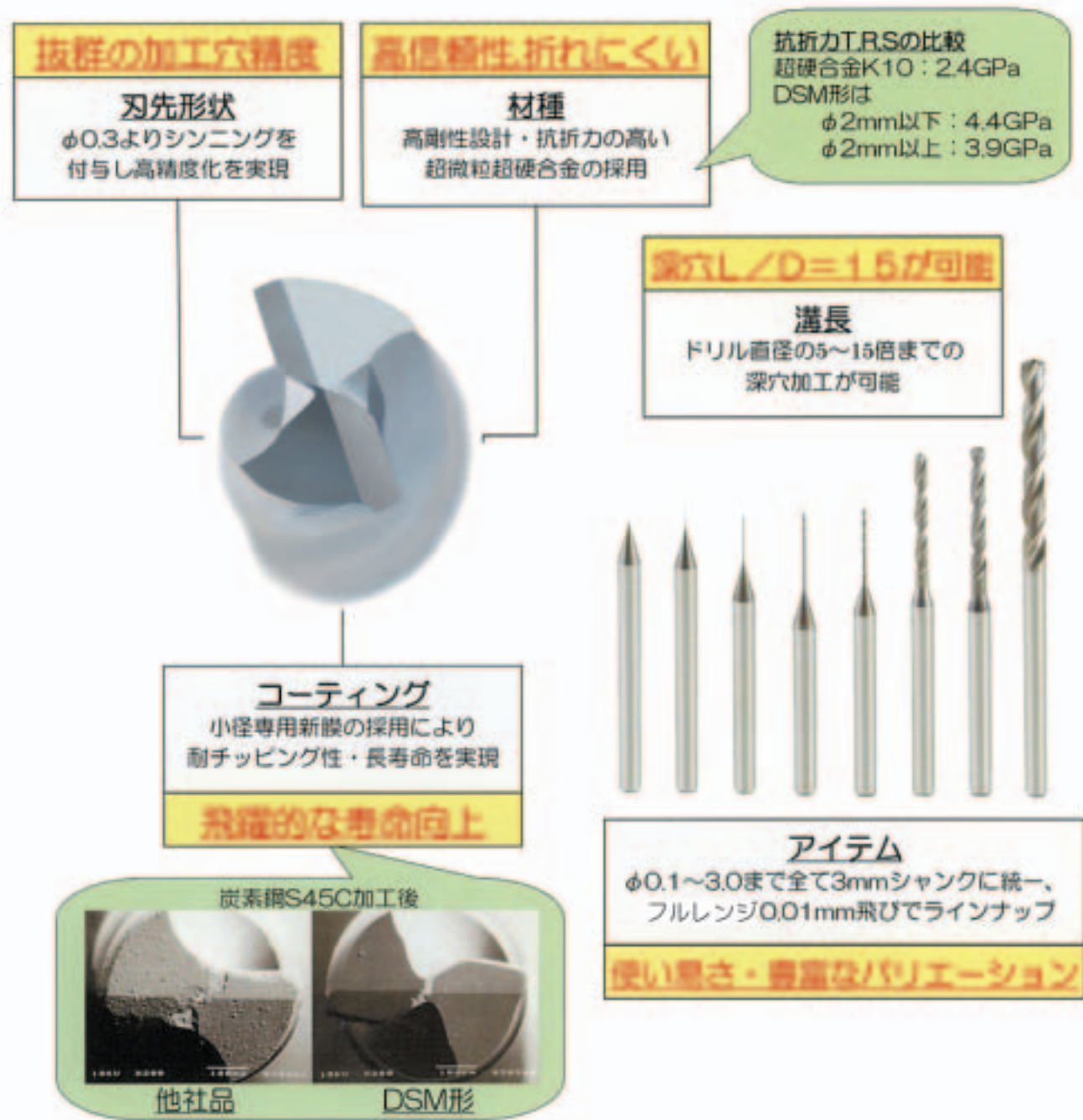
微細安定

- ・ 幅広い被削材に対応し、特にステンレス加工に最適
(軟鋼、一般炭素鋼、ステンレス鋼、鋳鉄、アルミ、真鍮、銅合金)
- ・ 長寿命： 他社ドリルの1.5 ~ 2倍の加工穴数
- ・ 高精度： シンニングの効果により穴位置精度が良好
- ・ 高信頼性： 超微粒子超硬合金の採用により、折れにくさ向上

ギガミニドリル DSM 形の特長

ギガミニドリルDSM形はギガシリーズコンセプトである「折れにくさ」を向上するため、小径側には抗折力に優れた超微粒子超硬合金を採用、小径ドリル加工に多い被削材であるステンレス加工に適した小径ドリル専用の新薄膜プレミアムコートを開発しています。

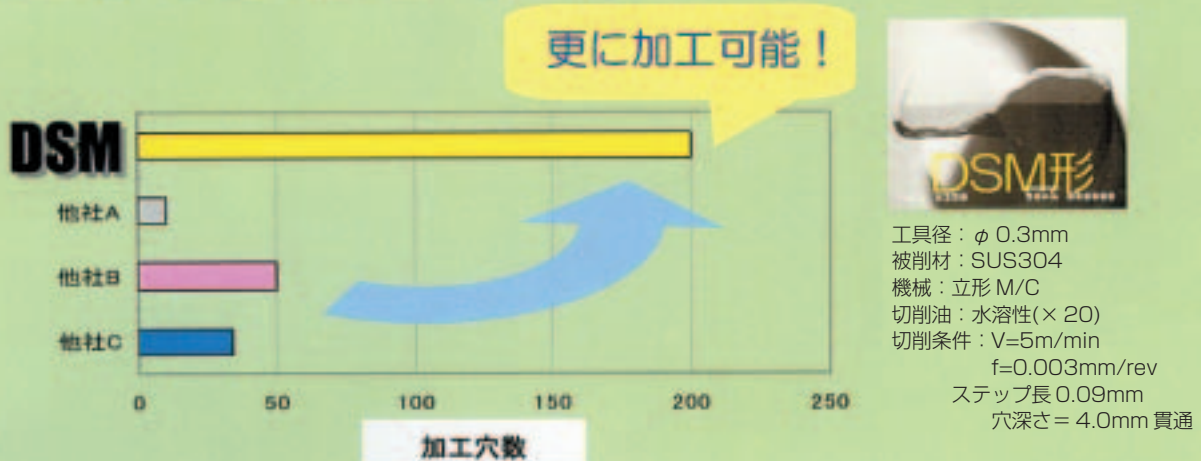
また、高精度なシンニング加工を行うことにより加工穴位置精度は飛躍的に向上しており、トータル性能は他社を上回る優れた性能が得られます。



優れた寿命性能

ギガミドリルDSM形は耐摩耗性が高く、チッピングの生じにくい超微粒超合金+新コーティングの採用と小径でありながら精度の良いシンニングを付与してすることにより、不安定になりがちな小径、更に深穴加工を実現しました。それらの相乗効果で他社品の1.5～2倍以上の工具寿命を実現します。ステンレス鋼から炭素鋼まで幅広く使用することが可能となりました。

●ステンレス鋼SUS304の加工



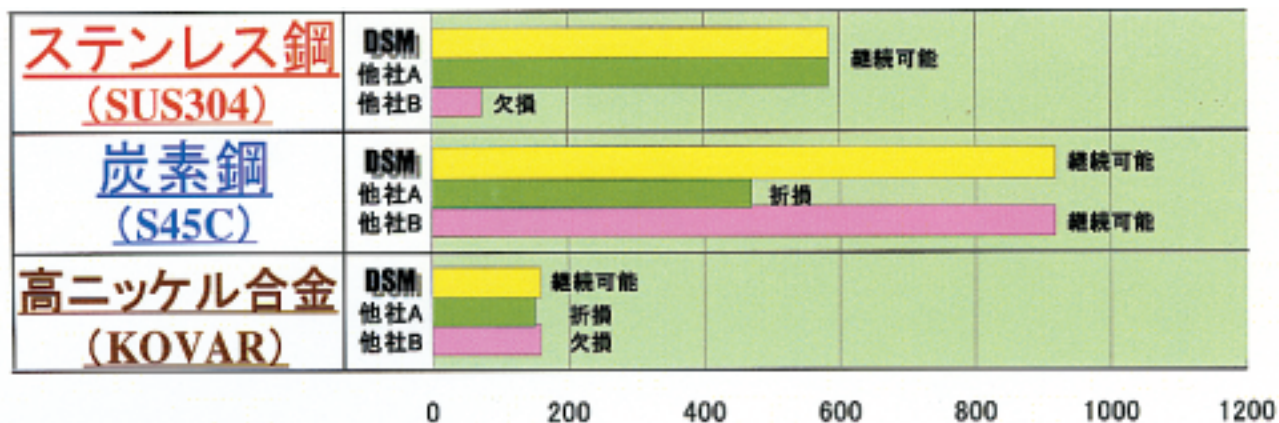
●炭素鋼S45Cの加工



多様な被削材加工と穴位置精度

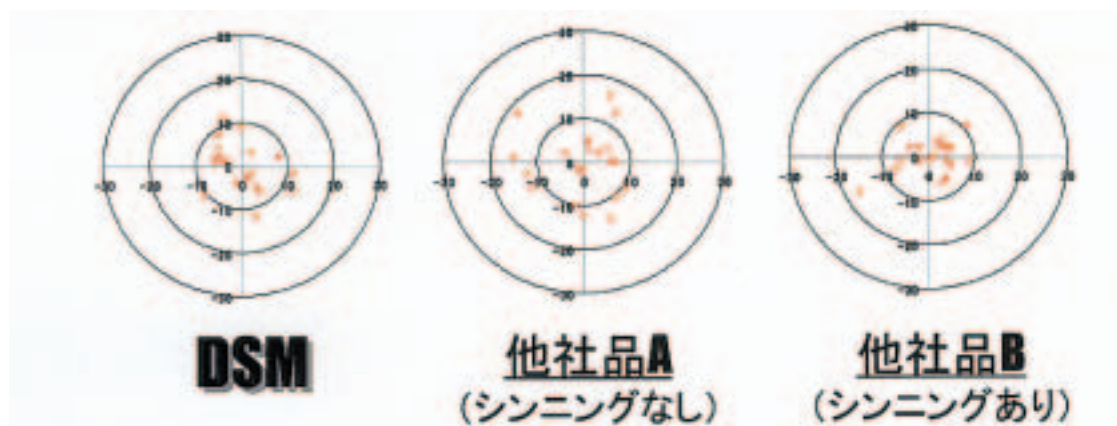
●多様な被削材を加工できます

ギガミニドリルDSM形は小径穴加工において使用されている代表的な被削材である、ステンレス鋼・炭素鋼・コバルなどの難削材での加工を実施し、他社に対して耐摩耗性・耐欠損性に優れており、幅広い切削性能を実証しています。



工具径：φ 0.5mm 機械：立形 M/C 切削油：水溶性(× 20、塩素フリー)
 切削条件：(SUS304) Vc=15m/min、f=0.005mm/rev ステップ長0.05mm、穴深さ= 3mm
 (S45C) Vc=24m/min、f=0.007mm/rev ステップ長0.1mm、穴深さ= 1.5mm
 (Kovar) Vc=20m/min、f=0.007mm/rev ステップ長0.1mm、穴深さ= 2mm

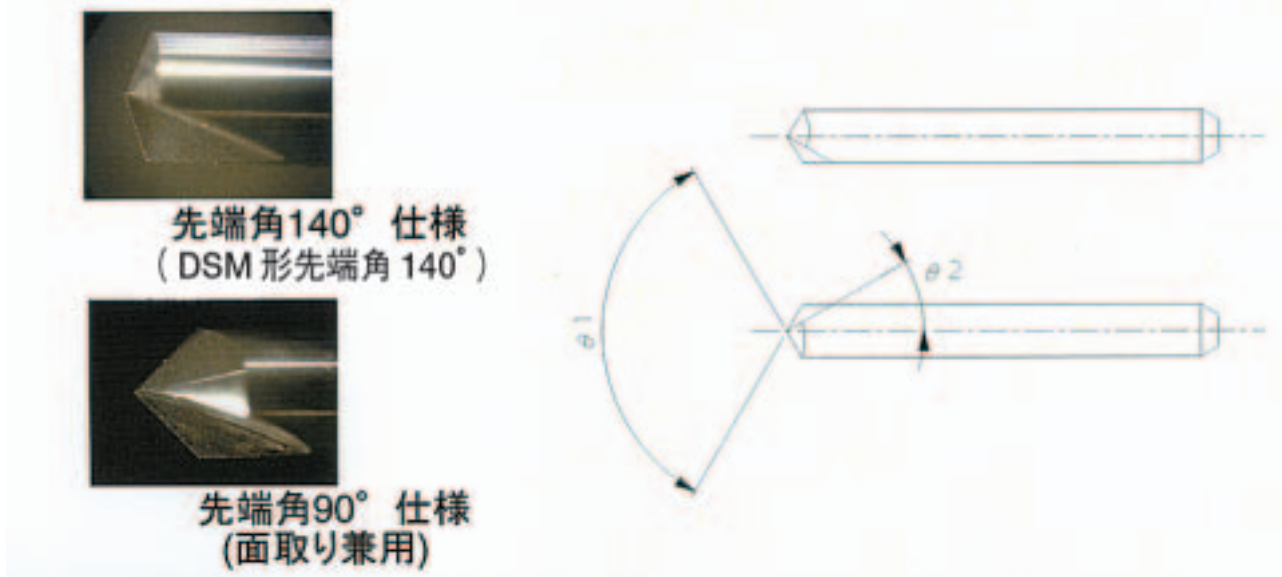
●穴位置精度が優れています



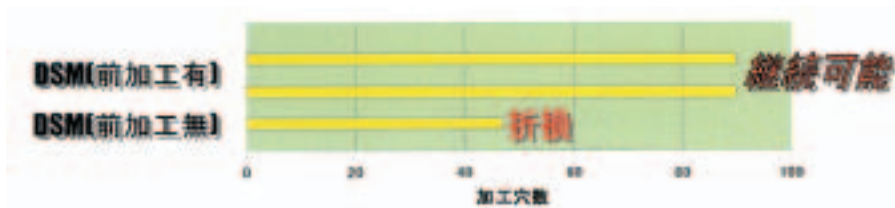
工具径：φ 0.3mm 被削材：SUS304 機械：立形 M/C 切削油：水溶性(× 20、塩素フリー)
 切削条件：V=10m/min f=0.003mm/rev ステップ長0.03mm 穴深さ= 3.5mm 貫通
 穴数：20 穴
 入口側の評価 1Div.:0.01mm

専用センタドリルの使い方

小径($\phi 0.3$ 未満)での加工や、深穴等の不安定な加工ではセンタドリルの使用により穴精度及び寿命延長に効果があります。下記データではシンニングを付与していない $\phi 0.3$ 未満での加工穴出口の穴位置精度のデータを示しており、前加工無しでは穴曲がりが大きく発生しているのに対して、センタドリルによる前加工を実施することで穴曲がりが大きく抑制されます。



●最小径での寿命に与える影響



●最小径での寿命に与える影響

工具径： $\phi 0.1\text{mm}$
 被削材：SUS304
 機械：立形 M/C
 切削油：水溶性($\times 20$)
 切削条件： $V=4\text{m/min}$
 $f=0.001\text{mm/rev}$
 ステップ長 0.01mm
 穴深さ $=1.5\text{mm}$

●穴位置精度に与える影響

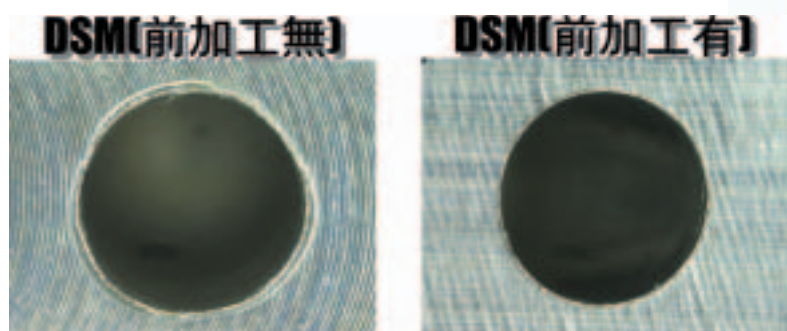
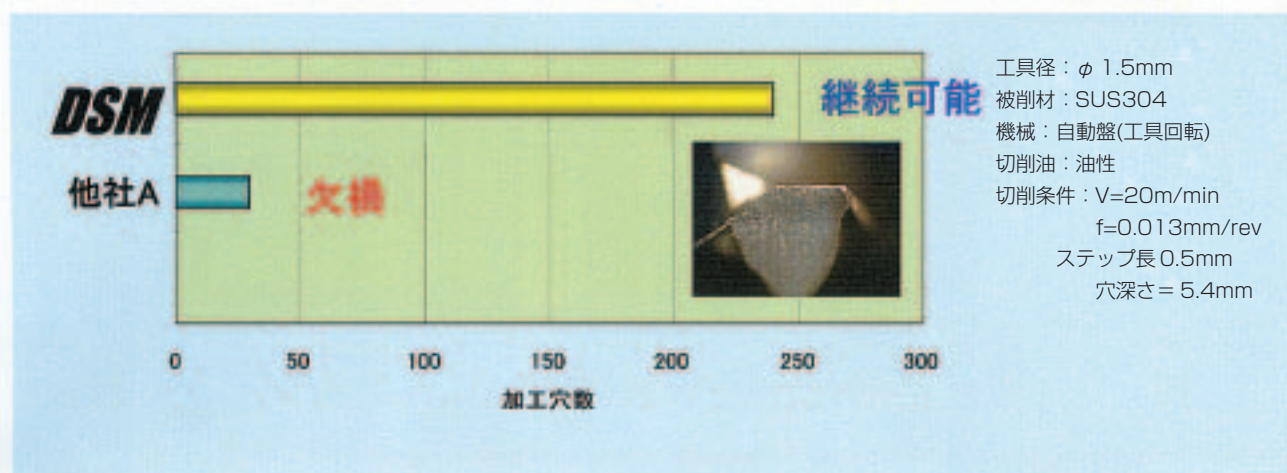
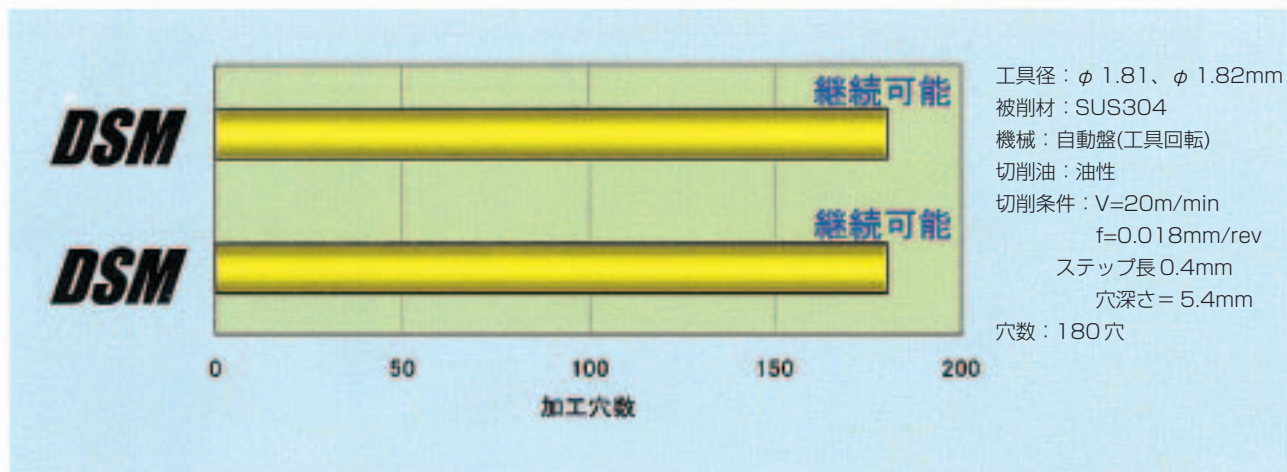


工具径： $\phi 0.29\text{mm}$ (シンニング無し) 被削材：SUS304 機械：立形 M/C 切削油：水溶性($\times 20$ 、塩素フリー)
 切削条件： $V=10\text{m/min}$ $f=0.003\text{mm/rev}$ ステップ長 0.03mm 穴深さ $=3.5\text{mm}$ 貫通
 穴数：20穴 出口側の評価 1Div.: 0.01mm

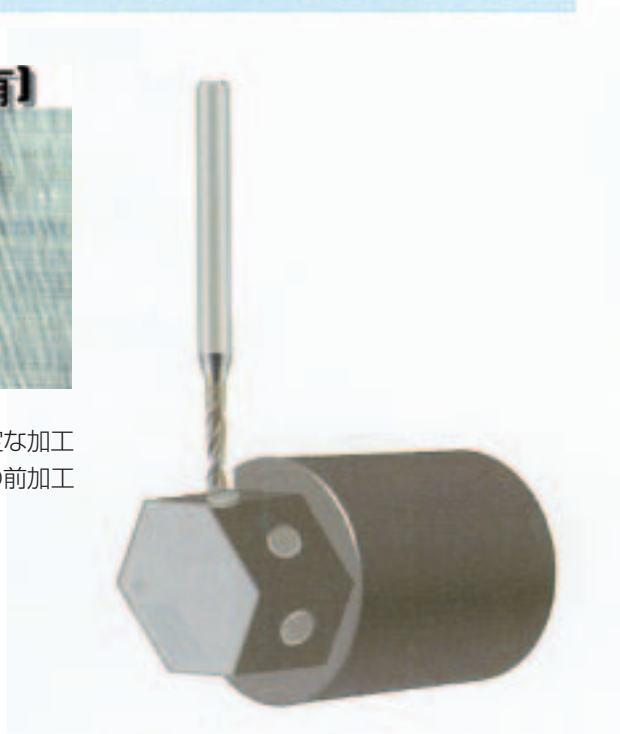
小型自動旋盤での加工事例（ミーリング軸）

小径側においては自動盤などの小物加工や精密加工に用いられることも多いと考えられます。基本的には工具回転、被削材回転で大きく性能が変化することはありませんが、以下のデータでは、ギアで駆動されているサブスピンドルでの加工での性能を評価しました。

油性であり寿命が長いので途中までの結果ですが損傷も小さく、十分に使用可能であることがわかります。



※工具保持精度やスピンドル主軸精度、加工状態（ヘソ残り）で不安定な加工となる場合には工具寿命を安定させるためにセンタリング加工等の前加工が効果的です。



実用例と標準切削条件

●実用例

使用工具	DSM0030G10	DSM0050G15	DSM0150G05
部品名	機械部品	テストピース	自動車部品
被削材	 SUS440	 SUS304	 SCr420
切削条件	Vc=8.5m/min f=0.0017mm/rev H=1.6mm 機械：立型M/C	Vc=12.6m/min f=0.005mm/rev H=3mm貫通 ステップ長0.3mm 機械：立型M/C	Vc=21m/min f=0.11mm/rev H=7mm 機械：NC旋盤
結果	 加工穴数 他社品 0 100 200 300 400 DSM 0 100 200 300 400 他社品より3倍の寿命向上	 加工穴数 従来品 0 100 200 300 400 DSM 0 100 200 300 400 切り屑処理が向上し逃げバリ良好	 加工穴数 他社品 0 100 200 300 400 DSM 0 100 200 300 400 寿命のバラツキなく安定した加工

●標準切削条件

被削材	切削速度 Vc(m/min)			送り量 f(mm/rev)				
	φ0.1~φ0.3	φ0.3~φ0.5	φ0.5~φ3	φ0.1~φ0.3	φ0.3~φ0.5	φ0.5~φ1	φ1~φ2	φ2~φ3
炭素鋼・合金鋼	5-15-20	15-25-30	25-40-60	0.001-0.002-0.004	0.002-0.005-0.01	0.005-0.01-0.05	0.03-0.06-0.09	0.05-0.08-0.1
ステンレス鋼	2-6-12	6-12-18	10-15-20	0.0005-0.002-0.004	0.002-0.005-0.008	0.005-0.01-0.03	0.01-0.02-0.04	0.02-0.03-0.05
ねずみ鋳鉄	5-10-15	10-20-25	20-35-50	0.0005-0.002-0.004	0.002-0.005-0.012	0.005-0.01-0.03	0.01-0.03-0.06	0.03-0.05-0.12
ダクタイル鋳鉄	5-10-15	10-20-25	20-35-50	0.001-0.002-0.003	0.002-0.005-0.01	0.005-0.01-0.02	0.01-0.03-0.05	0.03-0.05-0.10
アルミ合金	10-15-20	10-20-30	20-35-50	0.001-0.005-0.01	0.005-0.01-0.03	0.01-0.03-0.05	0.04-0.05-0.15	0.06-0.10-0.20
銅合金・真鍮	10-15-20	10-20-30	20-35-50	0.001-0.005-0.01	0.005-0.01-0.03	0.01-0.03-0.05	0.04-0.05-0.15	0.06-0.10-0.20
高硬度鋼	4-6-8	6-8-10	6-10-16	0.0005-0.001-0.002	0.001-0.003-0.005	0.005-0.01-0.02	0.01-0.02-0.03	0.02-0.04-0.06
耐熱合金	2-4-6	5-8-10	8-15-20	0.0005-0.001-0.003	0.002-0.003-0.004	0.002-0.003-0.004	0.002-0.003-0.004	-

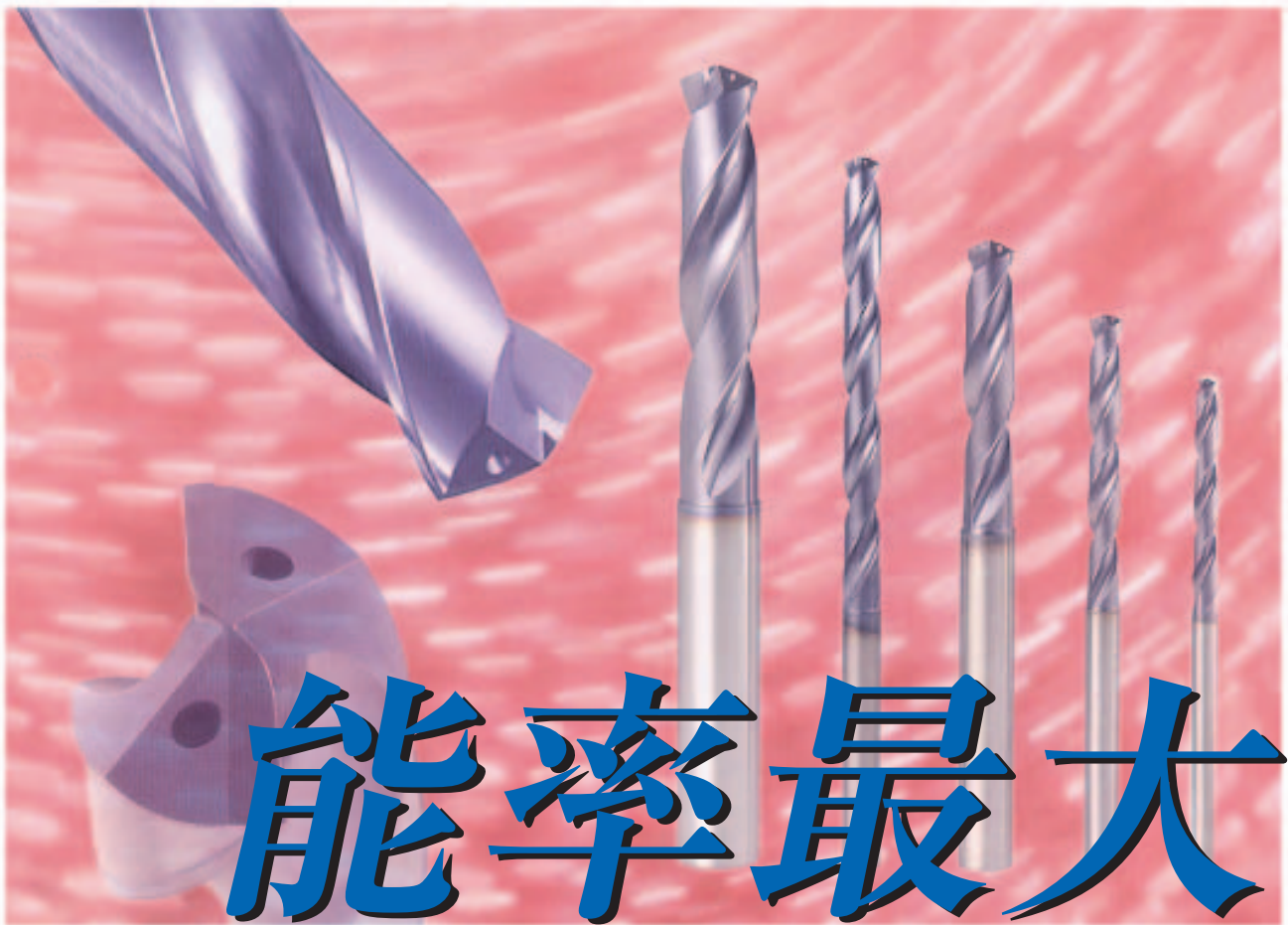
- ・上記切削条件は、一般的な加工条件の目安です。
- ・使用機械の馬力や剛性、および被削材によって変更する必要があります。
- ・穴深さがL/D=5を超える場合には工具径の10%から50%の深さ毎にステップ加工を行ってください。
- ・上記切削条件は水溶性切削油を使用した時の条件です。
- ・φ0.3mm以下はセンタードリルの使用をお奨めします。
- ・取り付け時の振れ精度はテーパ部で0.002mm以下を目安にして下さい。(特にφ0.5mm以下)



鋼用超硬コーティング油穴付きソリッドドリル

ギガジェットドリル DSX 形

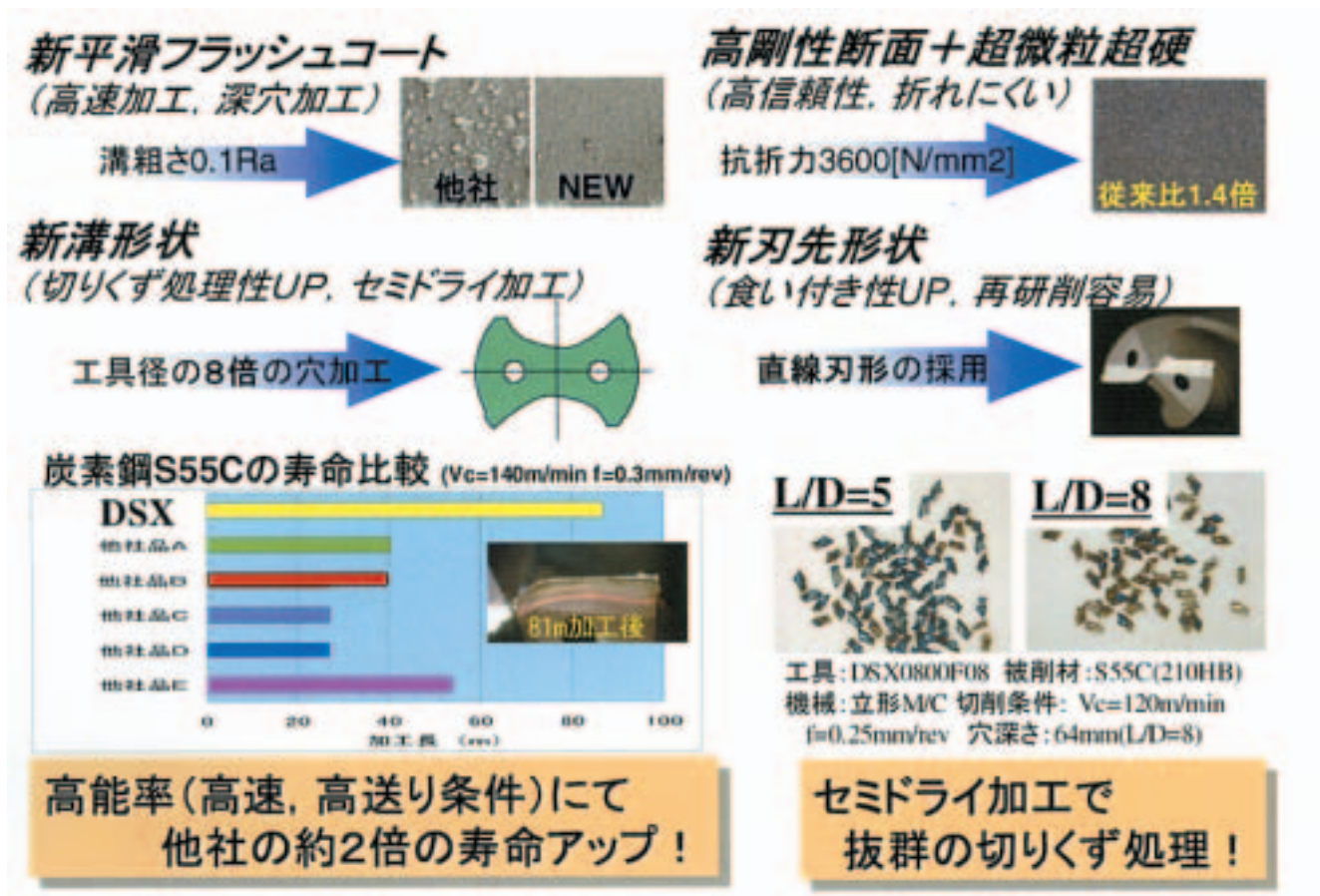
- ・穴深さが工具径の8倍以下で小径の加工
 - ・もっと高能率（高速）で 加工したい
 - ・切削油が届きにくい部分に加工した
 - ・ステンレス鋼を長寿命で加工したい
 - ・セミドライ（MQL）で加工したい



- ・幅広い被削材に対応：
（軟鋼、一般炭素鋼、ステンレス 鋳鉄、ダクタイル鋳鉄）
- ・長寿命： 他社ドリルの1.5～2倍の加工穴数
- ・高能率加工： 高速($V_c=100 \sim 180\text{m/min}$)、高送り加工
- ・深穴加工： 標準で $L/D=8$ まで、特殊で $L/D=20$ まで
- ・セミドライ加工： 他社専用ドリルよりも長寿命

ギガジェットドリル DSX 形の特長

ギガジェットドリルDSX形は内部給油用超硬ソリッドドリルで様々な新しい特徴を持ったソリッドドリルです。その設計は外部給油ドリルの単なる油穴付きではなく、油穴付きドリルの加工に最適な仕様を追求しています。



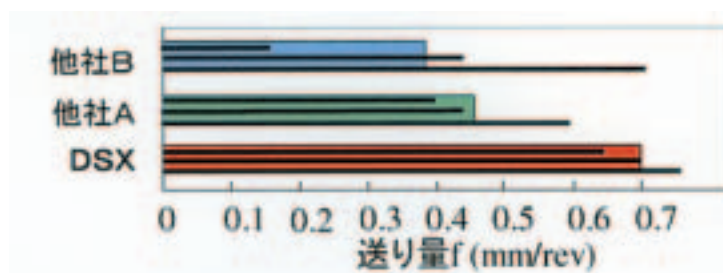
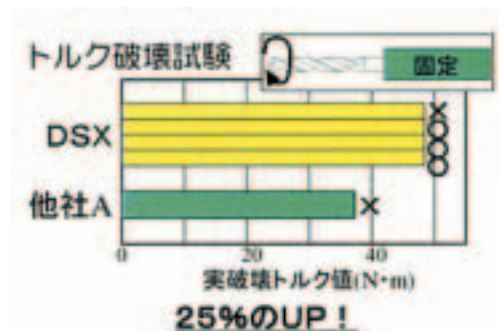
●折れにくさの証明

①破壊試験

ドリルの先端部分にトルク荷重をかけて破壊した数値を比較した結果、他社よりも10 N・m破壊トルクが上回っていることがわかりました。

②送りアップ試験

送りを徐々に上げながら各条件10穴加工を行い、ドリルが破壊する送り量限界値を調べた結果、他社より1.5倍程度限界が高い(安全率が高い)ことがわかりました。



工具径: ϕ 8.0mm L/D=5 用
被削材: S45C(235HB)
機械: 横形 M/C
切削油: 水溶性 (x20)
切削速度: V=88m/min
穴深さ= 40mm

切りくず処理の良い溝断面の採用

ギガジェットドリルDSX形の溝断面は切りくずを小さく成型して排出できるよう設計されています。油穴付きドリルであることから心厚は大きめの30%（心厚比＝心厚÷工具径）を採用しつつ切りくず処理を向上した設計となっています。

新溝断面の採用

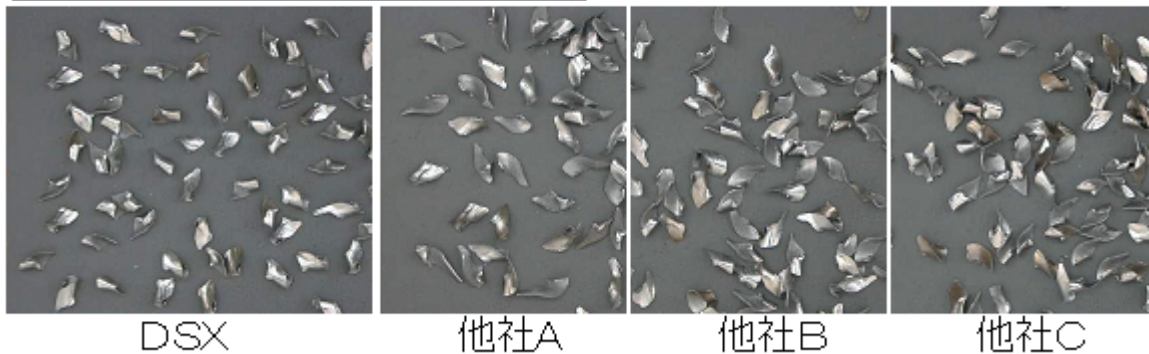
切りくずをコンパクトに成形し
スムーズに排出できるよう
新溝形状を採用（PAT.P）



深穴加工、セミドライ加工に最適！



炭素鋼S55Cの切りくず形状比較



ドリルの切りくず処理は先端形状と溝形状で決まる

ドリルは切れ刃形状で切りくずの大きさが決まる訳ではありません。切りくずは最初に先端部分でカールして円すい形状の部分ができ、その後溝全体を回転してヒール部分と接触することで分断されます。ギガジェットドリルDSX形などはこの部分に着目して設計しています。

切りくず成形の第一段階

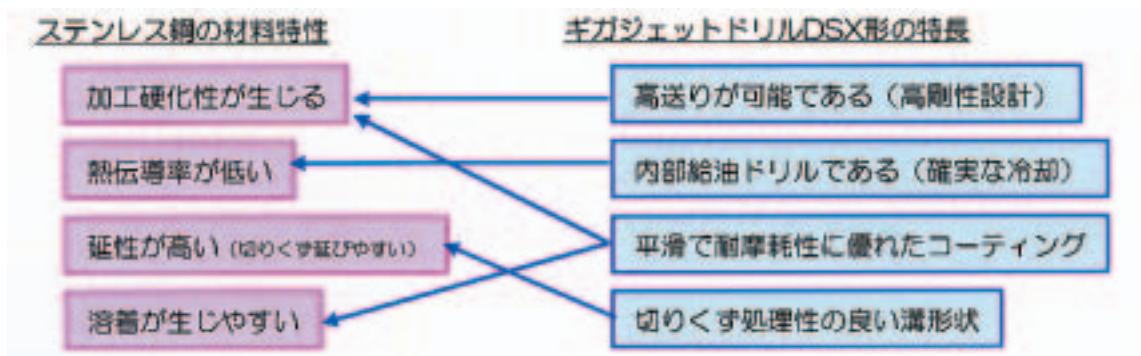


切りくず成形の第二段階



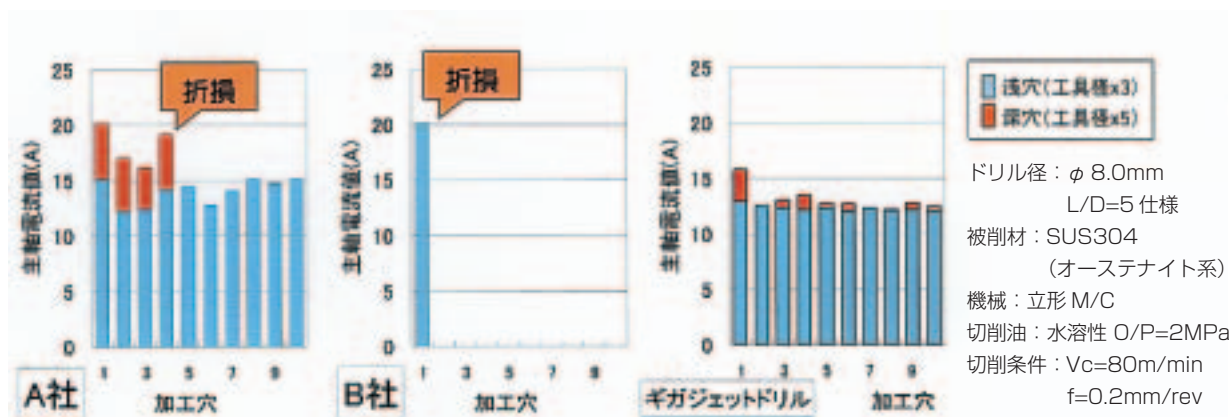
ステンレス鋼の加工に最適

ステンレス鋼は、熱伝導率が低いために工具が発熱しやすいこと、延性が高いため切りくず処理が困難なこと、溶着しやすいことなどから被削性が悪いことから一般的に難削材とされています。ギガジェットドリルDSX形は一般の鋼のみならず、ステンレス鋼の加工を得意としており市場で高い評価を得ています。



以下の試験ではオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を浅穴（工具径の3倍）で10穴、その後同一ドリルで深穴（工具径の5倍）で10穴加工した際の主軸電流値を比較したものです。

B社の油穴付きドリルは1穴目で折損し、A社の油穴付きドリルは浅穴は加工できたものの深穴加工の4穴目で折損が生じる結果であるのに対し、ギガジェットドリルDSX形は全ての条件において加工が可能であり、低く安定した主軸電流値で安定加工が行えていることがわかりました。



加工実例

SUS420(AISI 420) 部品名ロール材

他社超硬油穴付きドリルの **1.5 倍の寿命向上!**

(DSX0800F08(L/D=8) 他社超硬油穴付きドリル)
Vc=80m/min f=0.20mm/rev 穴深さ= 60mm 立形 M/C

SUS304(AISI 304) 部品：継ぎ手

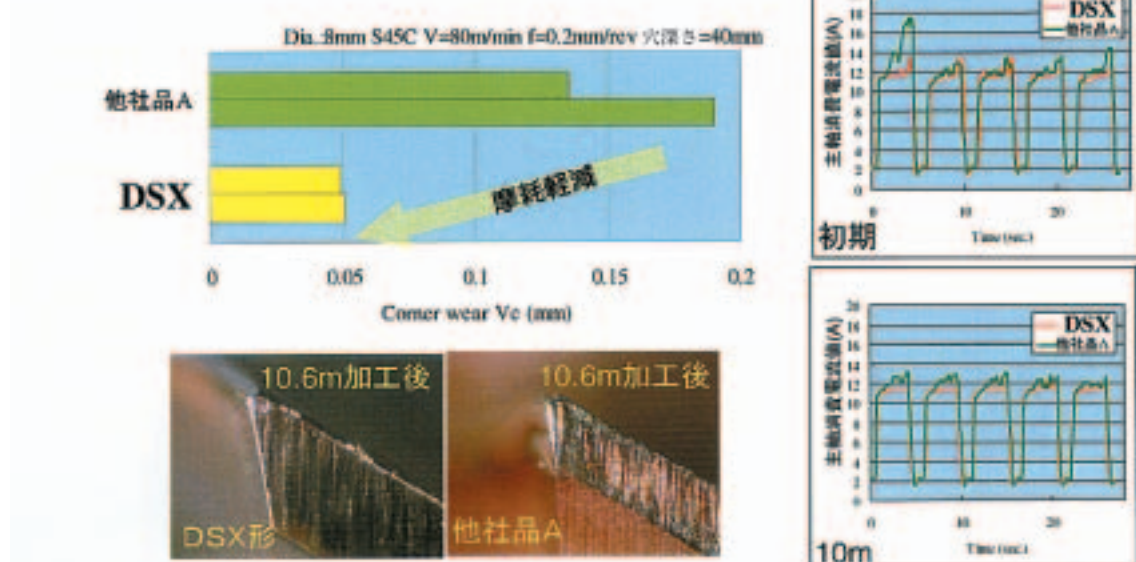
他社ステンレス用ハイスドリルの **27 倍の寿命向上!**

(DSX0700F03(L/D=3) SUS用ハイスドリル)
加工長 35m vs 加工長 1.4m
Vc=23m/min f=0.2mm/rev 穴深さ= 10mm 横型 M/C

MQL（セミドライ）加工に最適

MQL（セミドライ）加工においては切削する先端にミストを供給できることから、内部給油ドリルが適します。ギガジェットドリルDSX形はその切りくず処理性の良さがMQL加工においても発揮され、安定した高能率加工が可能です。

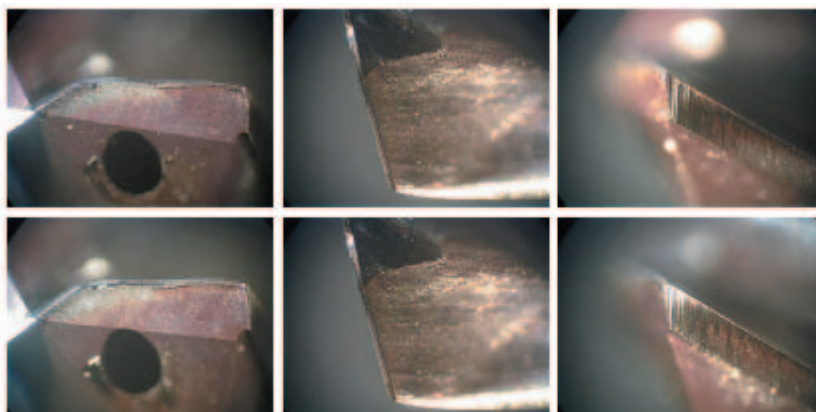
社内試験結果 1



ギガジェットドリルは他社よりも切れ刃摩耗が小さく、主軸電流値も安定

社内試験結果 2

炭素鋼 S55C の連続加工結果



工具: DSX0500F03
 機械: 立形 M/C 被削材: S55C
 ミスト装置: 微粒ミスト装置
 ミスト量: 0.3cc/h
 エアー圧: 0.3Mpa
 ミスト: 植物油
 切削条件: Vc=90m/min
 f=0.2mm/rev
 穴深さ=12mm

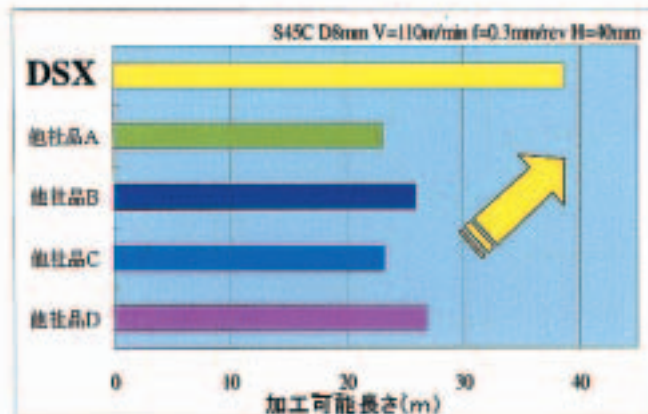
コーナ摩耗幅 0.04mm と初期損傷レベル、更に継続加工が可能

炭素鋼の加工で長寿命

ギガジェットドリルDSX形は炭素鋼の寿命性能に重点をおいて開発されました。炭素鋼加工では切れ刃に凝着して剥離する際にチッピングが生じる損傷形態を示しますが、平滑フラッシュコートの効果や優れた切りくず処理性で他社品よりも1.5～2倍の寿命性能が得られます。

社内試験結果 1

Φ 8.0 mm、L / D = 5 用にて比較 (V f = 1313 mm / min)



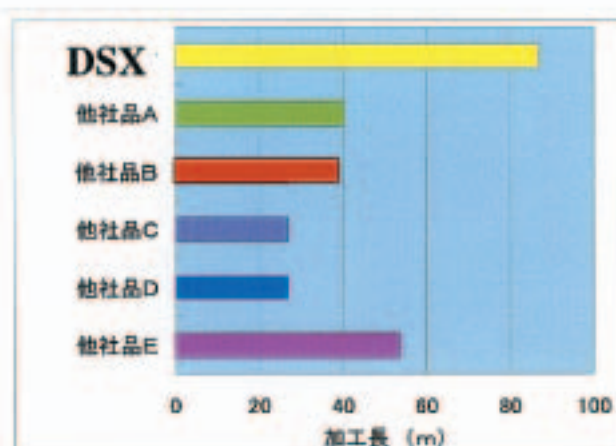
試験仕様

工具径：8.0mm (L/D=5)
被削材：S45C(235HB)
：立形 M/C
切削油：水溶性 (x20) 塩素フリー
切削条件：Vc=110m/min
f=0.30mm/rev
切削油圧：2 Mpa
穴深さ=40mm

高能率（高 f 条件）にて他社の 1.4 – 1.5 倍の寿命アップ！
(DSX形は 4 データの平均値、max 41 m加工可能)

社内試験結果 2

Φ 8.0 mm、L / D = 5 用にて比較 (V f = 1671 mm / min)



試験仕様

工具径：8.0mm (L/D=5用)
被削材：S55C(210HB)
機械：立形 M/C
切削油：水溶性 (x20) 塩素フリー
切削条件：Vc=140m/min
f=0.30mm/rev
切削油圧：2 Mpa
穴深さ=40mm

高能率（高速高送り条件）にて他社の約 2 倍の寿命アップ！
高速条件での適性の良さがDSX形は更に優れています

標準切削条件

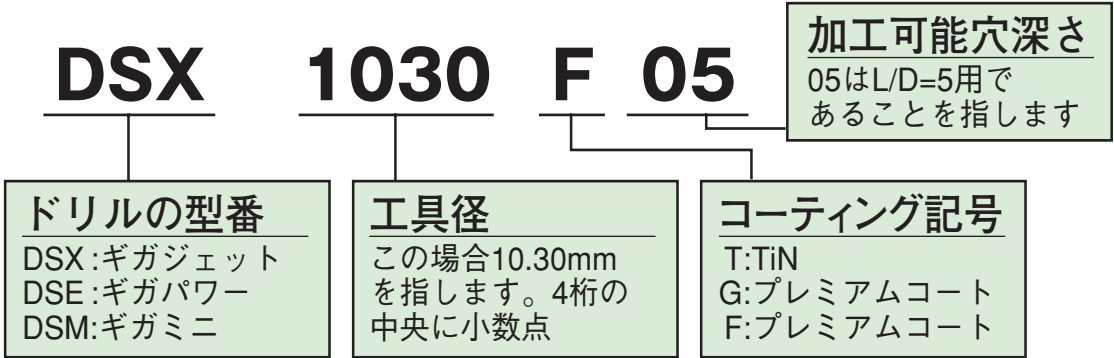
標準切削条件表

被削材	主な被削材		工具径の範囲			
			3.6 - 6.0	6.0 - 10.0	10.0 - 16.0	16.0 - 20.0
軟鋼・低炭素鋼 (〈200HB)	SS400 S25C	Vc	70 - 120 - 140	80 - 130 - 160	90 - 160 - 190	90 - 160 - 190
		f	0.15 - 0.20 - 0.25	0.20 - 0.30 - 0.35	0.25 - 0.30 - 0.35	0.30 - 0.40 - 0.40
炭素鋼・合金鋼 (〈300HB)	S45C SCM440	Vc	50 - 100 - 130	70 - 120 - 160	80 - 140 - 170	80 - 140 - 170
		f	0.15 - 0.20 - 0.25	0.20 - 0.30 - 0.35	0.25 - 0.30 - 0.35	0.25 - 0.35 - 0.40
ステンレス鋼	SUS304 SUS430	Vc	30 - 60 - 70	50 - 80 - 100	50 - 90 - 120	50 - 100 - 120
		f	0.10 - 0.15 - 0.20	0.10 - 0.20 - 0.25	0.15 - 0.25 - 0.35	0.15 - 0.25 - 0.35
ねずみ鋳鉄	FC250	Vc	80 - 110 - 140	100 - 140 - 160	100 - 160 - 180	100 - 160 - 180
		f	0.15 - 0.25 - 0.35	0.20 - 0.35 - 0.40	0.25 - 0.40 - 0.45	0.25 - 0.45 - 0.50
ダクタイル鋳鉄	FCD450 FCD700	Vc	70 - 100 - 140	80 - 120 - 150	80 - 140 - 170	80 - 140 - 170
		f	0.15 - 0.25 - 0.35	0.20 - 0.30 - 0.40	0.25 - 0.35 - 0.45	0.25 - 0.35 - 0.45
アルミ合金	AC4B-T6 A5054	Vc	80 - 130 - 160	100 - 160 - 180	100 - 170 - 190	100 - 180 - 200
		f	0.15 - 0.25 - 0.35	0.20 - 0.30 - 0.45	0.25 - 0.40 - 0.60	0.35 - 0.60 - 0.90
チタン合金	TiAl6V3	Vc	25 - 40 - 60	30 - 60 - 80	30 - 60 - 80	30 - 70 - 90
		f	0.02 - 0.05 - 0.08	0.05 - 0.10 - 0.15	0.10 - 0.15 - 0.20	0.10 - 0.15 - 0.25
耐熱合金	Inconel	Vc	10 - 20 - 30	10 - 30 - 40	10 - 30 - 40	20 - 35 - 50
		f	0.02 - 0.04 - 0.10	0.05 - 0.10 - 0.15	0.10 - 0.15 - 0.20	0.10 - 0.15 - 0.25
高硬度鋼 (〈45HRC)	SKD11 NAK	Vc	20 - 30 - 50	30 - 40 - 60	30 - 40 - 60	30 - 40 - 60
		f	0.08 - 0.09 - 0.10	0.10 - 0.12 - 0.15	0.12 - 0.14 - 0.20	0.12 - 0.16 - 0.20

(注) 上記切削条件は一般的な加工条件の目安です。使用機械の馬力や剛性、および被削材によって変更する必要があります。特に深穴（L/D=5を越える）の場合には低切削速度側が寿命の面で適しています。
切削油圧は0.5MPa～1.0MPa必要です。特に小径側は高めに設定してください。
油穴の詰まりは折損トラブルの原因になります。給油装置のフィルターは必ず設置してください。

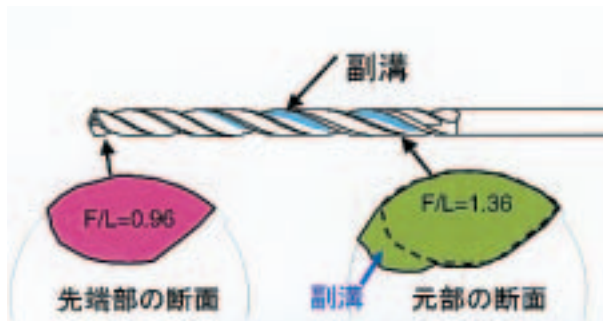
ギガドリルシリーズの型番の見方

ギガシリーズから型番の付け方を新たに見直しています。お客様にとって選択のしやすい型番となるよう過去とは異なる付け方としました。型番の見方は以下の通りです。



ギガジェットドリルDSX形 超ロング仕様

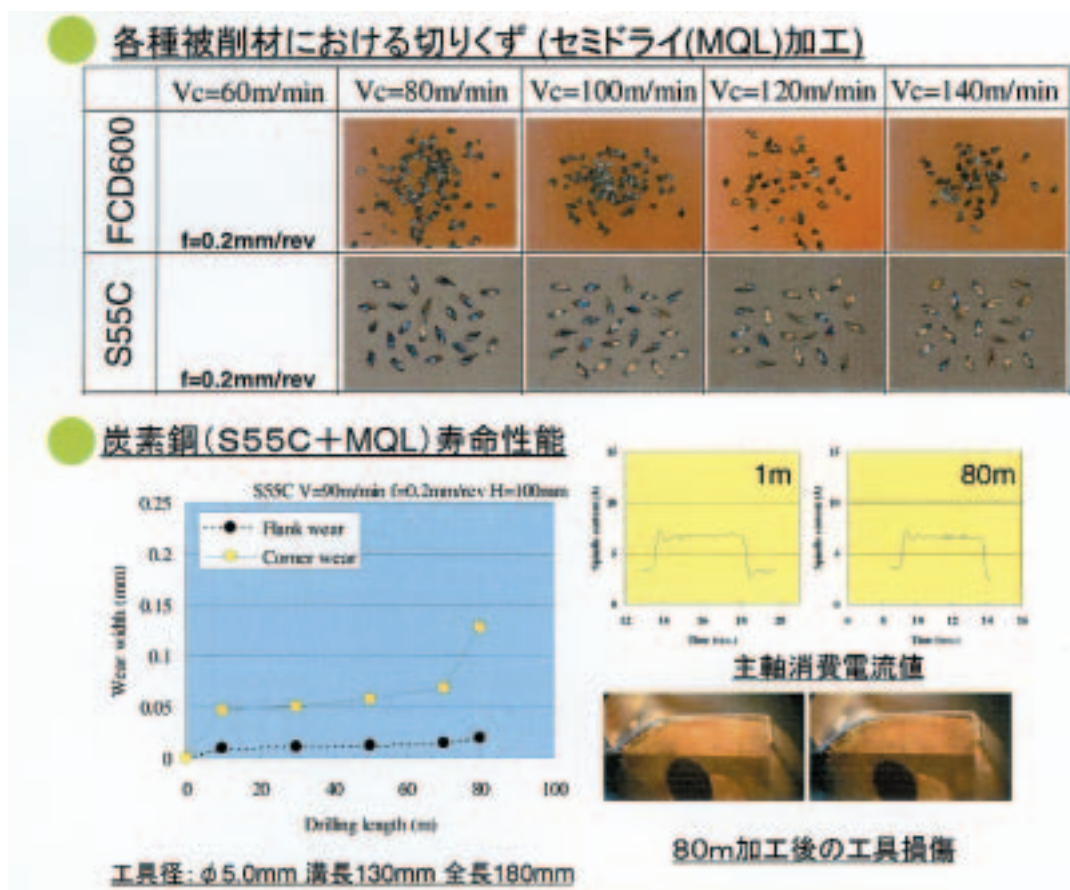
ギガジェットドリルの特長を生かし、更に深い穴加工用として超ロング仕様を設定しています。このドリルは自動車のクランクシャフトの斜め穴など従来はガンドリルやハイスドリルで加工していた穴を高能率・長寿命で加工できることが最大の特徴です。



加工時間比較		炭素鋼φ6.0mm×120mm加工
Giga Jet Drill	6.7秒!!!	
ガンドリル	38.7秒!	
ハイスドリル	87.8秒!	
寿命比較		炭素鋼φ6.0mm×120mm加工
Giga Jet Drill	583個!!!	
ガンドリル	167個!	
ハイスドリル	167個!	

断続的に溝を拡大（PAT）して切りくず処理性を更に向上しています

切りくず処理性と寿命性能



安定加工が可能であり、加工長 80 m が加工可能！

超ロングタイプ使用上のポイント

超ロングタイプの使用時には第3章「汎用機における深穴加工方法」を参照してください。また、それ以外で鋼用の超ロングドリルの切削条件と水溶性切削油使用時の切削油圧が与える影響を追記します。

標準切削条件（目安）

切りくず処理は水溶性よりもミストが良い傾向があります

被削材や加工に適したミスト量で使用を

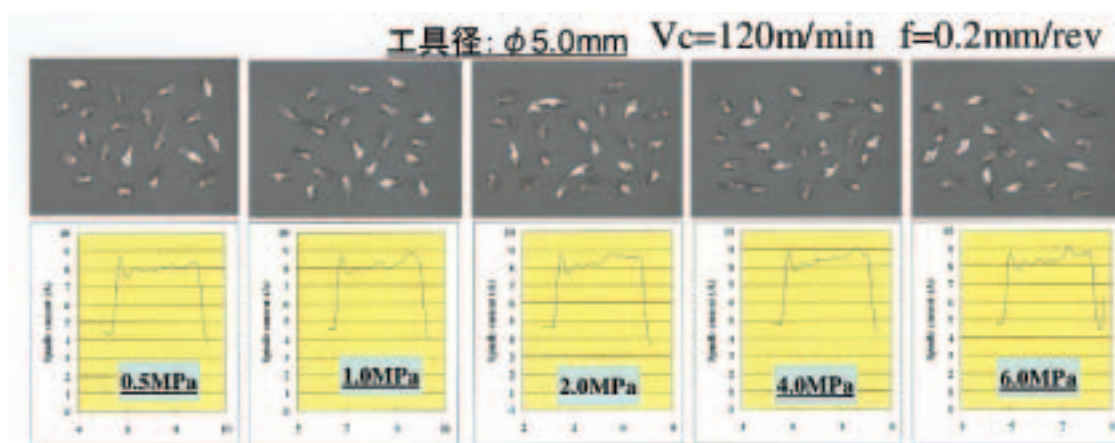
およその切削条件（セミドライ加工 工具径：φ 5.5 ～ 7.0）

被削材	切削速度Vc(m/min)	送り量f(mm/rev)
中炭素鋼	70～80～120	0.08～0.15～0.20
合金鋼	50～60～80	0.05～0.10～0.15
ダクタイル鋳鉄	60～90～120	0.08～0.15～0.25
ねずみ鋳鉄	60～80～120	0.08～0.15～0.25

適正切削条件は切削油供給装置や配管、被削材の成分や硬さにより変化しますので試加工の実施をお勧めします（切りくずに問題がなければ、基本的にステップ加工は不要です）

水溶性切削油使用時の切削油圧が与える影響

炭素鋼（S 5 5 C）に対するウェット加工の切りくずと動力の変化



切削油圧の影響を受けにくく、低い油圧でも加工が可能

（高切削油圧では振動が発生しやすく、切りくず処理性が逆に低下する場合があります）

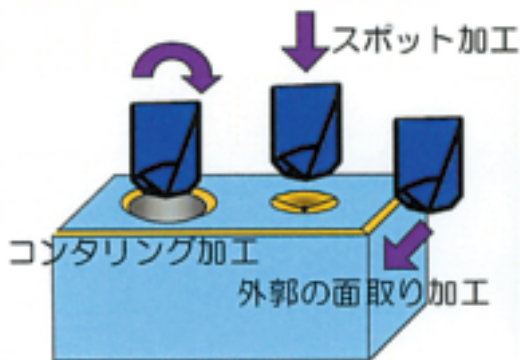


面取り機能付き超硬コーティングセンタリングドリル

ギガスポットドリル DGS 形の用途

ギガスポットドリルDGS形は穴あけ加工をより良くできるように開発された製品です。前工程や外郭面取りなど多様な加工を行います。

- 超硬ドリル専用のセンタリング工具！
- 同一工具で穴口元の面取りも可能！
- 外郭の面取りも同一工具で可能！



メリット

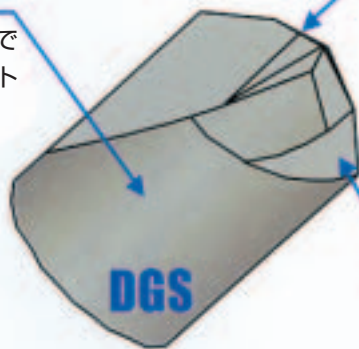
- ★機械の取り付け工具数を減少！
- ★多機能な利用で工具交換の時間を短縮！
- ★従来品より加工時間短縮し、長寿命！
- ★段付きドリルから切り替えコスト低減！
- ★鋳肌表面など過酷な条件でも高穴精度！

ギガスポットドリル DGS 形の特長

従来のスポットドリルの不満を解消し、超硬ドリルの前加工に着目した開発された製品です。

高剛性構造

必要最小限のポケット構造で剛性UP！鋳肌へのスポット加工も安心して行えます！



先端スポット角 145°

エリアの広い145°スポット加工部分で先端の強度は十分！超硬ロングドリルの前加工に最適な角度で穴位置精度を向上します！

面取り 90° 切れ刃

外周など面取り加工はもちろん穴加工前に口元面取りまで加工できます！サイズによりC1.5～C3.0まで可能

PAT.P

ギガスポットドリルの使い方提案 1

使い方 1) 従来工具の先端部欠損を抑制

従来の先端角 90° のスポットドリルは先端部が鋭角になるために欠損が生じやすくなっていました。ギガスポットドリル DGS 形はエリアの広い鈍角部を有し、切れ刃コーナ 90° を持った設計としていることから先端部分の強度は大きく改善されています。

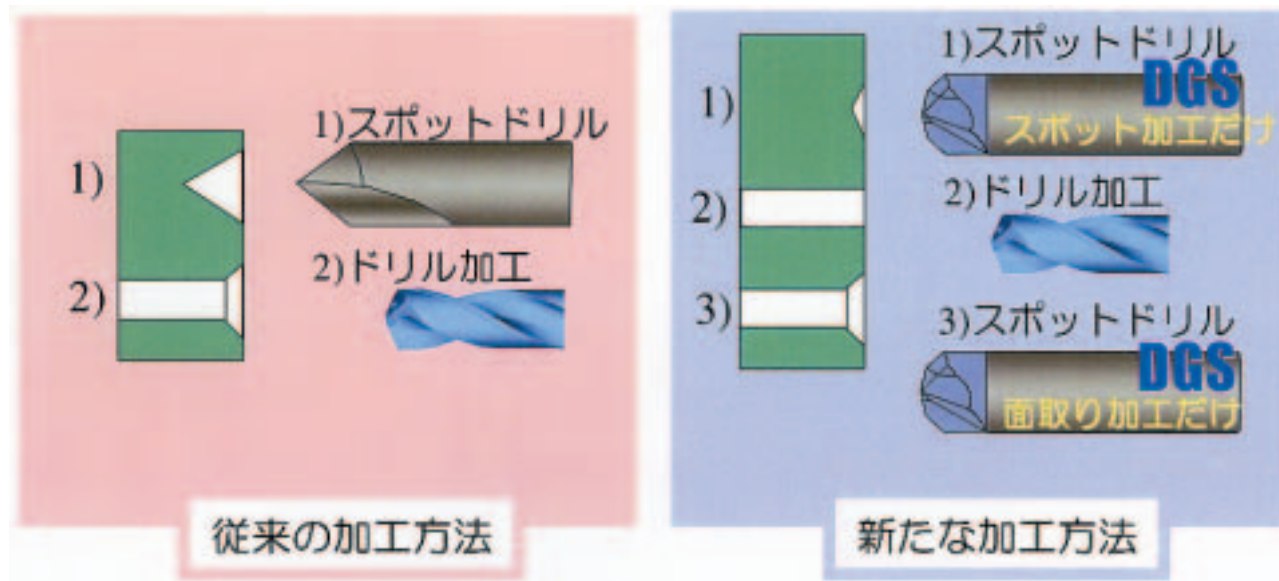


先端角 145° の広いエリアで先端部の強度は十分
→欠けを抑制し、寿命を延長することができます

使い方 2) 工程順を変更し、後工程ドリルの寿命を延長

90° のスポットドリルを使用すると、後工程のドリルは切れ刃コーナから加工し始めることとなります。切れ刃コーナ側から加工し始める場合には取り付け振れなどで加工開始時に切れ刃が挙動しやすく、寿命が短くなることがあります。ギガスポットドリル DGS 形では工程を分割することでドリル中心からのスポット加工を行うことができます。

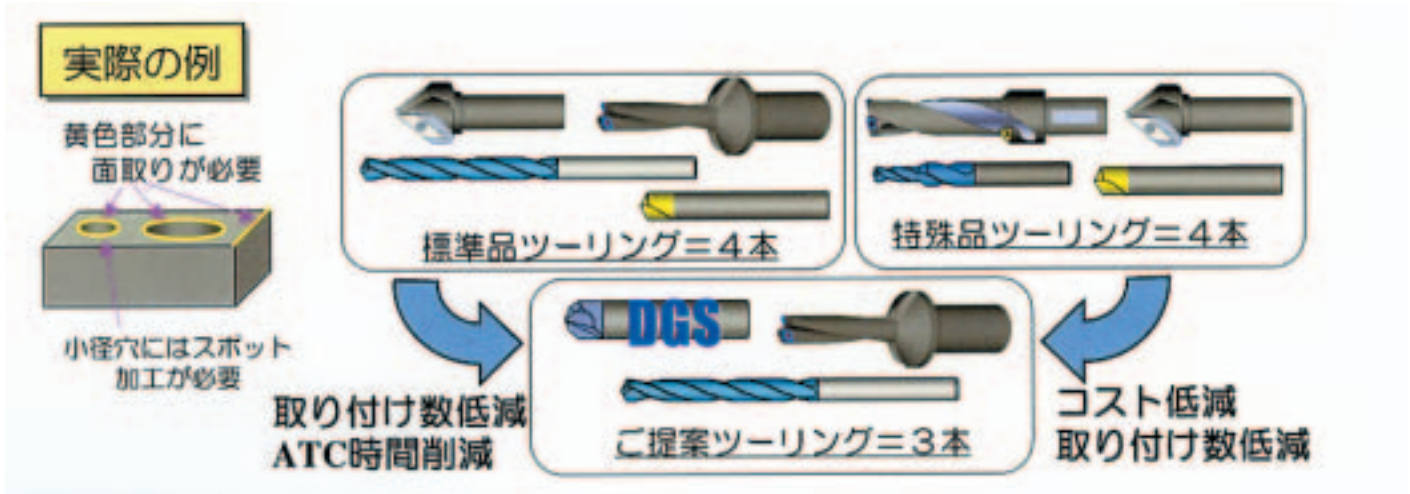
工程分割例



ギガスロットドリルの使い方提案 2

使い方3) 面取りとスポット加工を複合させ工具を集約

ギガスロットドリルDGS形は先端角145°のスポットドリルと45°面取り工具が一体となった仕様になっていることから、加工箇所が多い様な場合や標準ドリルだけでツーリングを行いたい場合に有効です。



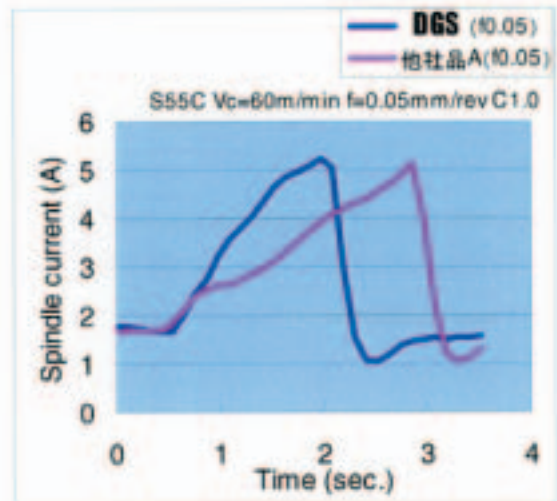
使い方4) 従来の90°スポットドリルよりも加工時間短縮



Φ9.5mmの口元面取り径の場合

他社品：加工長 3.7mm

開発品：加工長 2.2mm(40% 減)



- ・加工時間が短縮できる(上記例：他社 2.3 秒→ DGS 形 1.4 秒)
- ・同一加工数の場合、加工長が他社よりも短い＝長寿命

加工方法と穴位置精度・穴曲がり

★加工方法によって後工程の穴位置精度・穴曲がりを改善

スポット加工によって穴位置精度や穴曲がりを改善することができます。以下に加工方法によって後工程の穴位置精度と穴曲がりの変化を、意図的に溝長を長くしたロングドリルを用いて試験した結果を示します。

後工程の精度を改善するポイント

SPOT: 皿もみのみ



- ☆穴位置精度を改善したいとき
- ☆後工程のドリル寿命を延長するなら

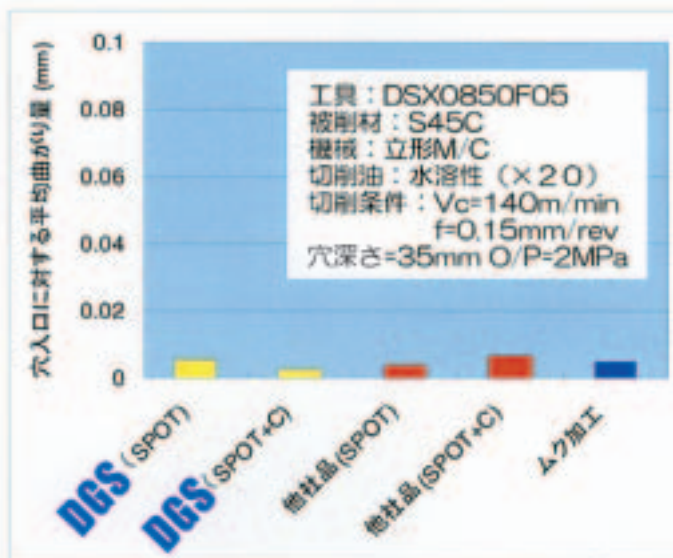
SPOT+C: 面取り



- ☆穴曲がりを改善したいとき
- ☆穴位置精度を改善したいとき
- ☆加工部分が斜面や鑄肌の場合
- ☆加工工程の増加を抑えたいとき

注意点

- ①通常のフラット面の加工において、穴深さ $L/D=5$ 以下の穴加工であればギガシリーズドリルでは穴位置精度公差 $\phi 0.1\text{mm}$ は前加工無しで加工することが可能です。
- ②ロングドリルの前加工としては被削材にもよるものの、穴深さ $L/D=11$ を超える場合には推奨できません。基本的にはガイド穴を加工することが必要です。



加工方法と穴曲がり・穴位置精度データ

ギガスポットドリルで穴位置精度を向上することができます

超硬ソリッドドリルも溝長が長くなることで穴位置精度が低下します。しかし、ギガスポットドリルで前加工を行うことで穴位置精度は改善し±0.05以下となっています。加工面の凹凸が激しい鋳肌加工でも効果は抜群です！



工具：DSX0800F10 特殊

機械：立形 M/C

切削油：水溶性（×20）

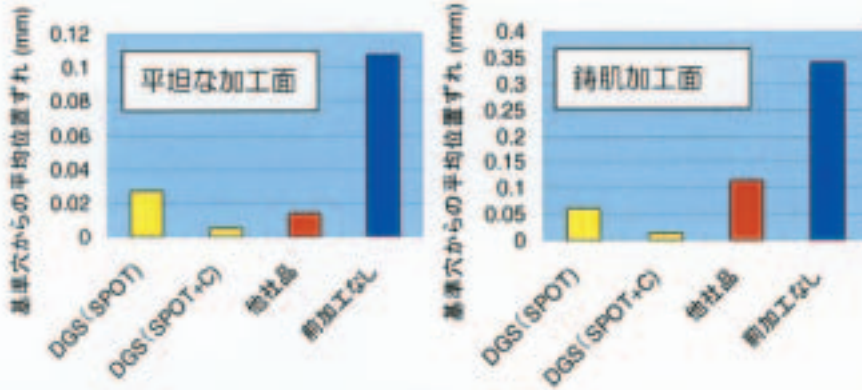
切削条件：Vc=90m/min

f=0.15mm/rev

穴深さ=35mm O/P=2MPa

SPOT: 皿もみのみ

SPOT+C: 面取り



ギガスポットドリルで穴曲がりを抑制することができます

穴曲がり加工面や工具剛性により発生しやすくなります。ギガスポットドリルでの前加工、特に面取りまで先に加工して90°面から加工を行うことで穴曲がりを低減することができます。



工具：DSX0800F10 特殊

機械：立形 M/C

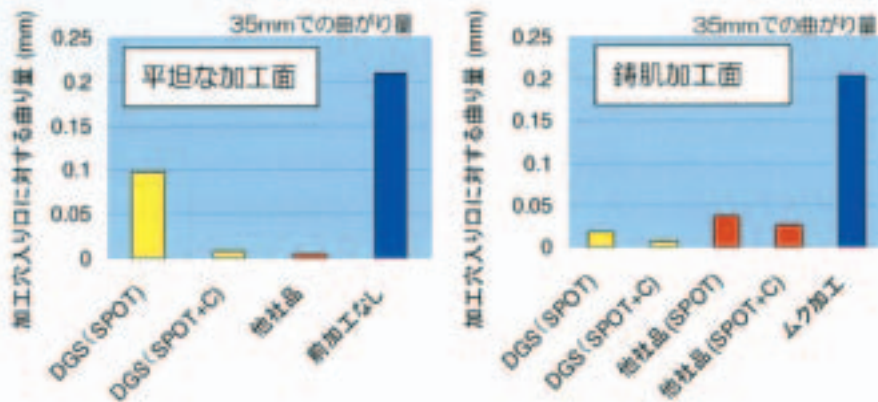
切削油：水溶性（×20）

被削材：FCD700

切削条件：Vc=90m/min

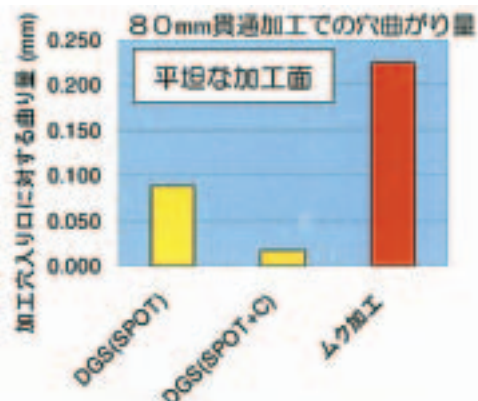
f=0.15mm/rev

穴深さ=35mm O/P=2MPa



L/D=10でも穴曲がり抑制！

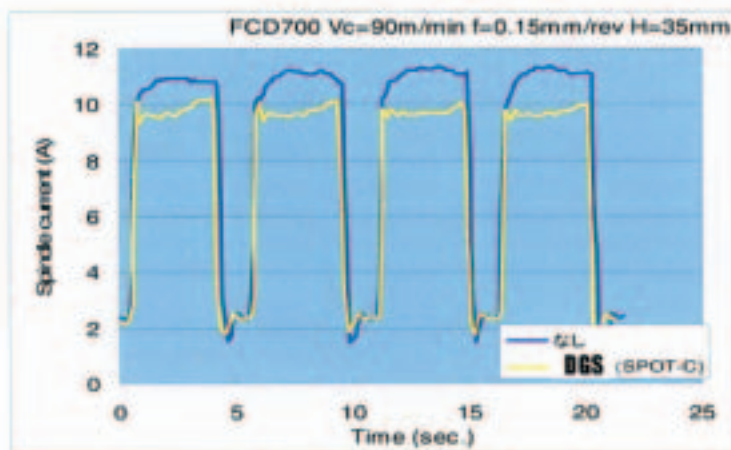
加工穴深さが深くなった場合の穴曲がり
加工穴深さを深くして貫通穴を加工して加工穴の入口と出口の位置ずれを確認したところ、その評価方法においても加工穴曲がりはスポット加工を行い、面取り部分から加工することによって抑制されていることがわかりました。



加工方法による主軸電流値変動の比較

★フラット面

後加工の主軸消費電流値比較



工具：DSX0800F10 特殊
機械：立形 M/C
切削油：水溶性 (×20)
被削材：FCD700
切削条件：Vc=90m/min
f=0.15mm/rev
穴深さ = 35mm O/P=2MPa

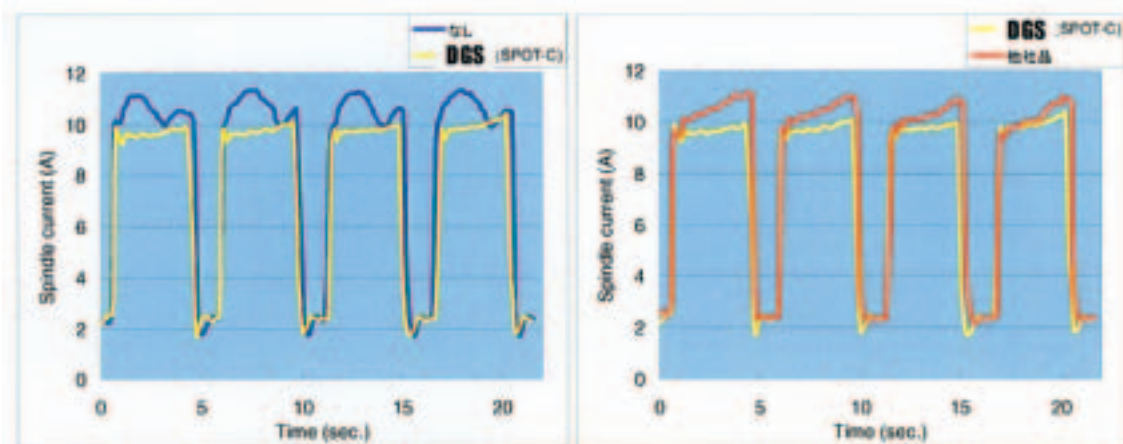


前加工なし→「穴曲がり発生」により電流値上昇
スポット加工実施→「穴曲がり抑制効果」により安定加工

★鑄肌面

後加工の主軸消費電流値比較

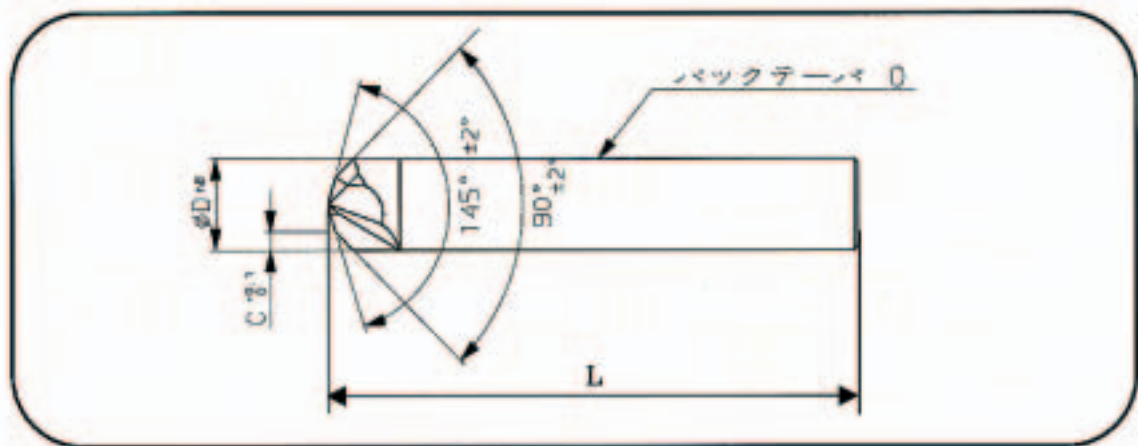
工具：DSX0800F10 特殊
機械：立形 M/C
切削油：水溶性 (×20)
被削材：FCD700
切削条件：Vc=90m/min
f=0.15mm/rev



前加工なし→「食いつき面不安定」により電流値不安定
スポット加工実施→「食いつき面安定」により安定加工
他社品→「スポット自体の倒れ」により穴曲がり発生

標準寸法

標準寸法



型番	工具径 φ D(mm)	面取り 寸法 C(mm)	全長 L (mm)	先端角 145° 範囲	対応するタップ下穴径 ○ 内は面取り幅
DGS0600F-C1	6.0	1.6	60	2.8	M4(C1.0), M5(C0.5)
DGS0800F-C2	8.0	2.1	80	3.8	M5(C1.5), M6(C1.0)
DGS1000F-C2	10.0	2.1	100	5.8	M7, M8(C1.5), M9(C1.0)
DGS1400F-C3	14.0	3.1	140	7.8	M10(C2.5), M11(C2.0), M12(C1.5)
DGS1800F-C3	18.0	3.1	140	11.8	M14(C2.5), M16(C1.5), M18(C1.0)
DGS2000F-C3	20.0	3.1	140	13.8	M16(C2.5), M18(C1.5), M20(C1.0)
DGS2400F-C4	24.0	4.1	140	15.8	M20(C2.5), M22(C2.0)

※穴入り口のみでの加工に使用可能です

※上記以外の寸法も製作可能です。弊社営業担当まで後加工のドリル径や希望する寸法をご連絡ください

※詳細な対応表を次ページに示します。選択の参考にしてください

標準切削条件

	炭素鋼・軟鋼 合金鋼	鋳鉄 ダクタイル鋳 鉄	アルミ合金	高硬度材 (~45HRc)
切 削 速 度 Vc(m/min)	40 - 50 - 80	50 - 80 - 100	60 - 80 - 120	20 - 30 - 40
送り量 f(mm/rev)	0.03 - 0.05 - 0.10	0.03 - 0.08 - 0.15	0.03 - 0.10 - 0.15	0.01 - 0.03 - 0.05

型番と下穴（ねじ）対応表

○：かっこ内の面取りが可能
 S：スポット加工のみ可能
 C：C0.5未満の面取りが可能

加工穴径	ねじ(並目)	DGS0600F-C1	DGS0800F-C2	DGS1000F-C2	DGS1400F-C3	DGS1800F-C3	DGS2000F-C3
		φ 2.8×φ 6.0	φ 3.8×φ 8.0	φ 5.8×φ 10.0	φ 7.8×φ 14.0	φ 11.8×φ 18.0	φ 13.8×φ 20.0
3.0		○(C1.5)	S	×	×	×	×
3.1		○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.2	M4	○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.3	M4	○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.4	M4	○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.5		○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.6		○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.7	M4.5	○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.8	M4.5	○(C1.0)	S	×	×	×	×
3.9		○(C1.0)	S	×	×	×	×
4.0		○(C0.5)	○(C2.0)	S	S	S	S
4.1	M5	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.2	M5	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.3	M5	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.4		○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.5		○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.6		○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.7		○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.8		○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
4.9	M6	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S	S
5.0	M6	C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.1	M6	C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.2		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.3		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.4		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.5		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.6		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.7		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.8		C	○(C1.0)	S	S	S	S
5.9	M7	C	○(C1.0)	S	S	S	S
6.0	M7	×	○(C0.5)	○(C2.0)	S	S	S
6.1	M7	×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.2		×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.3		×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.4		×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.5		×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.6	M8	×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.7	M8	×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.8	M8	×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
6.9		×	○(C0.5)	○(C1.5)	S	S	S
7.0		×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.1		×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.2		×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.3		×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.4		×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.5		×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.6	M9	×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.7	M9	×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.8	M9	×	C	○(C1.0)	S	S	S
7.9		×	C	○(C1.0)	S	S	S

型番と下穴（ねじ）対応表

○：かっこ内の面取りが可能
 S：スポット加工のみ可能
 C：C0.5未満の面取りが可能

加工穴径	ねじ(並目)	DGS0600F-C1	DGS0800F-C2	DGS1000F-C2	DGS1400F-C3	DGS1800F-C3	DGS2000F-C3
		φ 2.8×φ 6.0	φ 3.8×φ 8.0	φ 5.8×φ 10.0	φ 7.8×φ 14.0	φ 11.8×φ 18.0	φ 13.8×φ 20.0
8.0		×	×	○(C0.5)	○(C3.0)	S	S
8.1		×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.2		×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.3		×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.4	M10	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.5	M10	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.6	M10	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.7		×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.8		×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
8.9		×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S	S
9.0		×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.1		×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.2		×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.3		×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.4	M11	×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.5	M11	×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.6	M11	×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.7		×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.8		×	×	C	○(C2.0)	S	S
9.9		×	×	C	○(C2.0)	S	S
10.0		×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.1		×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.2	M12	×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.3	M12	×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.4	M12	×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.5		×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.6		×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.7		×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.8		×	×	×	○(C1.5)	S	S
10.9		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.0		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.1		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.2		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.3		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.4		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.5		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.6		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.7		×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.8	M14	×	×	×	○(C1.0)	S	S
11.9	M14	×	×	×	○(C0.5)	S	S
12.0	M14	×	×	×	○(C0.5)	○(C3.0)	S
12.1	M14	×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.2		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.3		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.4		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.5		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.6		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.7		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.8		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S
12.9		×	×	×	○(C0.5)	○(C2.5)	S

ねじ下穴径の目安（メートル並目）

穴あけ加工のなかで最も多いのがねじの下穴加工です。ねじの下穴にはそれぞれの等級によって穴径の範囲が決まっており、それぞれの穴径によってねじのひっかかり率が変わってきます。一般にはタップの寿命を考慮して公差上限を狙うことが多くなります。

本マニュアルでは作業を行うにあたっての超硬ドリル径の選択の目安を示します。実際には加工や環境によって変わることがあり、ハイスドリルでは本表は使えませんのでご注意願います。

●メートルねじ（並目）

ねじの呼び	ドリル径目安		最小下穴径	最大下穴径	
	1 級	2 級		1 級	2 級
M1.0x0.25	0.75	0.75	0.73 (100%)	0.77 (85%)	0.78 (80%)
M1.1x0.25	0.85	0.85	0.83 (〃)	0.87 (〃)	0.88 (〃)
M1.2x0.25	0.95	0.95	0.93 (〃)	0.97 (〃)	0.98 (〃)
M1.4x0.3	1.1	1.1	1.08 (〃)	1.12 (〃)	1.14 (〃)
M1.6x0.35	1.25	1.3	1.22 (〃)	1.30 (80%)	1.32 (75%)
M1.7x0.35	1.35	1.35	1.32 (〃)	1.40 (75%)	1.40 (〃)
M1.8x0.35	1.45	1.5	1.42 (〃)	1.50 (80%)	1.52 (〃)
M2.0x0.4	1.6	1.6	1.57 (〃)	1.65 (〃)	1.65 (80%)
M2.2x0.45	1.75	1.8	1.71 (〃)	1.81 (〃)	1.83 (75%)
M2.3x0.4	1.9	1.95	1.87 (〃)	1.97 (75%)	1.97 (〃)
M2.5x0.45	2.1	2.1	2.01 (〃)	2.11 (80%)	2.13 (〃)
M2.6x0.45	2.2	2.2	2.11 (〃)	2.23 (75%)	2.23 (〃)
M3.0x0.6	2.4	2.4	2.35 (〃)	2.42 (90%)	2.42 (90%)
M3.0x0.5	2.5	2.5	2.46 (〃)	2.57 (80%)	2.59 (75%)
M3.5x0.6	2.9	3	2.85 (〃)	2.95 (85%)	3.01 (〃)
M4.0x0.75	3.2	3.3	3.19 (〃)	3.23 (95%)	3.31 (85%)
M4.0x0.7	3.3	3.4	3.24 (〃)	3.36 (85%)	3.39 (80%)
M4.5x0.75	3.7	3.8	3.69 (〃)	3.81 (〃)	3.85 (〃)
M5.0x0.9	4	4.1	4.03 (〃)	4.07 (95%)	4.17 (85%)
M5.0x0.8	4.2	4.3	4.13 (〃)	4.26 (85%)	4.31 (80%)
M5.5x0.9	4.5	4.6	4.53 (〃)	4.57 (95%)	4.67 (85%)
M6.0x1.0	5	5.1	4.92 (〃)	5.08 (85%)	5.13 (80%)
M7.0x1.0	6	6.1	5.92 (〃)	6.08 (〃)	6.13 (〃)
M8.0x1.25	6.8	6.8	6.65 (〃)	6.85 (〃)	6.85 (85%)
M9.0x1.25	7.8	7.8	7.65 (〃)	7.85 (〃)	7.85 (〃)
M10.0x1.5	8.5	8.6	8.38 (〃)	8.54 (90%)	8.62 (〃)
M11.0x1.5	9.5	9.6	9.38 (〃)	9.54 (〃)	9.62 (〃)
M12.0x1.75	10.2	10.3	10.10 (〃)	10.30 (〃)	10.40 (〃)
M14.0x2.0	12	12.1	11.80 (〃)	12.10 (〃)	12.20 (〃)
M16.0x2.0	14	14.1	13.80 (〃)	14.10 (〃)	14.20 (〃)
M18.0x2.5	15.5	15.6	15.30 (〃)	15.60 (〃)	15.70 (〃)
M20.0x2.5	17.5	17.5	17.30 (〃)	17.60 (〃)	17.70 (〃)
M22.0x2.5	19.5	19.5	19.30 (〃)	19.60 (〃)	19.70 (〃)
M24.0x3.0	21	21	20.80 (〃)	21.10 (〃)	21.20 (〃)
M27.0x3.0	24	24	23.80 (〃)	24.10 (〃)	24.20 (〃)
M30.0x3.5	26.5	26.5	26.20 (〃)	26.60 (〃)	26.60 (90%)
M33.0x3.5	29.5	29.5	29.20 (〃)	29.60 (〃)	29.60 (〃)
M36.0x4.0	32	32	31.70 (〃)	32.10 (〃)	32.10 (〃)
M39.0x4.0	35	35	34.70 (〃)	35.10 (〃)	35.10 (〃)
M42.0x4.5	37.5	37.5	37.10 (〃)	37.60 (〃)	37.60 (〃)
M45.0x4.5	40.5	40.5	40.10 (〃)	40.60 (〃)	40.60 (〃)
M48.0x5.0	43	43	42.60 (〃)	43.10 (〃)	43.10 (〃)

※()内は引っかかり率を示しています

ねじ下穴径の目安（メートル細目）

●メートルねじ（細目）

ねじの呼び	ドリル径目安		最小下穴径	最大下穴径	
	1 級	2 級		1 級	2 級
M2.5x0.35	2.18	2.2	2.12 (100%)	2.20 (80%)	2.22 (75%)
M3.0x0.35	2.68	2.7	2.62 (/)	2.70 (/)	2.72 (/)
M3.5x0.35	3.2	3.2	3.12 (/)	3.20 (/)	3.22(/)
M4.0x0.5	3.5	3.5	3.46 (/)	3.57 (/)	3.59(/)
M5.0x0.5	4.5	4.5	4.46 (/)	4.57 (/)	4.59(/)
M5.5x0.5	5	5	4.96 (/)	5.07 (/)	5.09(/)
M6.0x0.75	5.2	5.3	5.19 (/)	5.31 (85%)	5.35 (80%)
M7.0x0.75	6.2	6.3	6.19 (/)	6.31 (/)	6.35 (/)
M8.0x1.0	7	7.1	6.92 (/)	7.08 (/)	7.13 (/)
M8.0x0.75	7.2	7.3	7.19 (/)	7.31 (/)	7.35 (/)
M9.0x1.0	8	8.1	7.92 (/)	8.08 (/)	8.13 (/)
M9.0x0.75	8.2	8.3	8.19 (/)	8.31 (/)	8.35 (/)
M10.0x1.25	8.8	8.8	8.65 (/)	8.85 (/)	8.85 (85%)
M10.0x1.0	9	9.1	8.92 (/)	9.08 (/)	9.13 (80%)
M10.0x0.75	9.2	9.3	9.19 (/)	9.31(/)	9.35 (/)
M11.0x1.0	10	10.1	9.92 (/)	10.08 (/)	10.13 (/)
M11.0x0.75	10.2	10.3	10.19 (/)	10.31 (/)	10.35 (/)
M12.0x1.5	10.5	10.6	10.38 (/)	10.54 (90%)	10.62 (85%)
M12.0x1.25	10.8	10.8	10.65 (/)	10.85 (85%)	10.85 (/)
M12.0x1.0	11	11.1	10.92 (/)	11.08 (/)	11.13 (80%)
M14.0x1.5	12.5	12.6	12.38 (/)	12.54 (90%)	12.62 (85%)
M14.0x1.0	13	13.1	12.92 (/)	13.08 (85%)	13.13 (80%)
M15.0x1.5	13.5	13.6	13.38 (/)	13.54 (90%)	13.62 (85%)
M15.0x1.0	14	14.1	13.92 (/)	14.08 (85%)	14.13 (80%)
M16.0x1.5	14.5	14.6	14.38 (/)	14.54 (90%)	14.62 (85%)
M16.0x1.0	15	15.1	14.92 (/)	15.08 (85%)	15.13 (80%)
M17.0x1.5	15.5	15.6	15.38 (/)	15.54 (90%)	15.62 (85%)
M17.0x1.0	16	16	15.92 (/)	16.08 (85%)	16.13 (80%)
M18.0x2.0	16	16	15.80 (/)	16.10 (90%)	16.20 (85%)
M18.0x1.5	16.5	16.5	16.38 (/)	16.54 (/)	16.62 (/)
M18.0x1.0	17	17	16.92 (/)	17.08 (85%)	17.13 (80%)
M20.0x2.0	18	18	17.80 (/)	18.10 (90%)	18.20 (85%)
M20.0x1.5	18.5	18.5	18.38 (/)	18.54 (/)	18.62 (/)
M20.0x1.0	19	19	18.92 (/)	19.08 (85%)	19.13 (80%)
M22.0x2.0	20	20	19.80 (/)	20.10 (90%)	20.20 (85%)
M22.0x1.5	20.5	20.5	20.38 (/)	20.54 (/)	20.62 (/)
M22.0x1.0	21	21	20.92 (/)	21.08 (85%)	21.13 (80%)
M24.0x2.0	22	22	21.80 (/)	22.10 (90%)	22.20 (85%)
M24.0x1.5	22.5	22.5	22.38 (/)	22.54 (/)	22.62 (/)
M24.0x1.0	23	23	22.92 (/)	23.08 (85%)	23.13 (80%)
M25.0x2.0	23	23	22.80 (/)	23.10 (90%)	23.20 (85%)
M25.0x1.5	23.5	23.5	23.38 (/)	23.54 (/)	23.62 (/)
M25.0x1.0	24	24	23.92 (/)	24.08 (85%)	24.13 (80%)
M26.0x1.5	24.5	24.5	24.38 (/)	24.54 (90%)	24.62 (85%)
M27.0x2.0	25	25	24.80 (/)	25.10 (/)	25.20 (/)
M27.0x1.5	25.5	25.5	25.38 (/)	25.54 (90%)	25.62 (85%)

※ () 内は引っかけり率を示しています

ねじ下穴径の目安（ユニファイ並目）



●ユニファイねじ（並目）

ねじの呼び	ドリル径目安		最小下穴径	最大下穴径	
	3B	2B 1B		3 B	2 B 1 B
No. 1-64 UNC	1.53	1.55	1.42 (100%)	1.57 (65%)	1.57 (65%)
2-56 UNC	1.82	1.84	1.69 (〃)	1.86 (〃)	1.86 (〃)
3-48 UNC	2.1	2.12	1.94 (〃)	2.14 (〃)	2.14 (〃)
4-40 UNC	2.32	2.34	2.16 (〃)	2.36 (70%)	2.36 (70%)
5-40 UNC	2.65	2.67	2.49 (〃)	2.69 (〃)	2.69 (〃)
6-32 UNC	2.82	2.84	2.65 (〃)	2.86 (70%)	2.86 (75%)
8-32 UNC	3.4	3.5	3.31 (〃)	3.52 (〃)	3.52 (〃)
10-24 UNC	3.7	3.8	3.68 (〃)	3.91 (80%)	3.91 (80%)
12-24 UNC	4.4	4.5	4.34 (〃)	4.51 (85%)	4.57 (〃)
1/4-20 UNC	5.2	5.2	4.98 (〃)	5.25 (80%)	5.25 (〃)
5/16-18 UNC	6.6	6.7	6.41 (〃)	6.64 (85%)	6.72 (〃)
3/8-16 UNC	8	8.1	7.81 (〃)	8.06 (〃)	8.15 (〃)
7/16-14 UNC	9.3	9.4	9.15 (〃)	9.40 (〃)	9.50 (〃)
1/2-13 UNC	10.7	10.9	10.60 (〃)	10.80 (90%)	11.00 (〃)
9/16-12 UNC	12.2	12.2	12.00 (〃)	12.30 (85%)	12.30 (85%)
5/8-11 UNC	13.5	13.7	13.40 (〃)	13.60 (90%)	13.80 (〃)
3/4-10 UNC	16.5	16.5	16.30 (〃)	16.60 (〃)	16.80 (80%)
7/8- 9 UNC	19.4*	19.5	19.20 (〃)	19.50 (〃)	19.60 (85%)
1 - 8 UNC	22.2*	22	22.00 (〃)	22.30 (〃)	22.50 (〃)
1 1/8- 7 UNC	24.9*	25	24.60 (〃)	25.00 (〃)	25.20 (〃)
1 1/4- 7 UNC	28	28	27.80 (〃)	28.20 (〃)	28.40 (〃)
1 3/8 - 6 UNC	30.5	30.5	30.30 (〃)	30.80 (〃)	31.00 (〃)
1 1/2- 6 UNC	33.9*	34	33.50 (〃)	34.00 (〃)	34.20 (〃)
1 3/4- 5 UNC	39.4*	39.5	39.00 (〃)	39.50 (〃)	39.80 (〃)
2 - 4 1/2	45	45	44.70 (〃)	45.30 (〃)	45.30 (90%)

※()内は引っかかり率を示しています

*印は0.5mm以外のとびになります

ねじ下穴目安 (ユニファイ細目)

●ユニファイねじ (細目)

ねじの呼び	ドリル径目安		最小下穴径	最大下穴径	
	3B	2B 1B		3 B	2 B 1 B
No. 0-80 UNF	1.26	1.28	1.18 (100%)	1.30 (65%)	1.30 (65%)
1-72 UNF	1.57	1.59	1.47 (〃)	1.61 (〃)	1.61 (〃)
2-64 UNF	1.86	1.88	1.75 (〃)	1.90 (〃)	1.90 (〃)
3-56 UNF	2.13	2.15	2.02 (〃)	2.17 (70%)	2.17 (70%)
4-48 UNF	2.4	2.42	2.27 (〃)	2.44 (〃)	2.44 (〃)
5-44 UNF	2.7	2.72	2.55 (〃)	2.74 (〃)	2.74 (〃)
6-40 UNF	2.95	3	2.82 (〃)	2.99 (75%)	3.02 (〃)
8-36 UNF	3.5	3.5	3.40 (〃)	3.59 (〃)	3.59 (75%)
10-32 UNF	4.1	4.1	3.97 (〃)	4.14 (80%)	4.14 (80%)
12-28 UNF	4.6	4.6	4.50 (〃)	4.70 (〃)	4.70 (〃)
1/4-28 UNF	5.5	5.5	5.37 (〃)	5.56 (〃)	5.56 (〃)
5/16-24 UNF	6.9	7	6.79 (〃)	6.96 (85%)	7.02 (〃)
3/8-24 UNF	8.5	8.6	8.38 (〃)	8.55 (〃)	8.61 (〃)
7/16-20 UNF	9.9	10	9.74 (〃)	9.94 (〃)	10.01 (〃)
1/2-20 UNF	11.4	11.5	11.33 (〃)	11.46 (90%)	11.60 (〃)
9/16-18 UNF	12.8	13	12.76 (〃)	12.91 (〃)	13.07 (〃)
5/8-18 UNF	14.4	14.6	14.35 (〃)	14.50 (〃)	14.65 (〃)
3/4-16 UNF	17.4*	17.5	17.33 (〃)	17.50 (〃)	17.59 (85%)
7/8-14 UNF	20.3*	20.5	20.30 (〃)	20.40 (95%)	20.60 (〃)
1 -12 UNF	23.3*	23.4*	23.10 (〃)	23.30 (90%)	23.50 (〃)
1 1/8-12 UNF	26.4*	26.5	26.30 (〃)	26.50 (〃)	26.70 (80%)
1 1/4-12 UNF	29.6*	29.8*	29.50 (〃)	29.70 (〃)	29.90 (〃)
1 3/8-12 UNF	32.6*	32.9*	32.60 (〃)	32.70 (95%)	33.00 (85%)
1 1/2-12 UNF	35.9*	36	35.80 (〃)	36.00 (90%)	36.20 (〃)

※ () 内は引っかかり率を示しています

*印は0.5mm以外のとびになります

ねじ下穴径の目安（その他のねじ）



●ミニチュアねじ

ねじの呼び	ドリル径目安		最小下穴径	最大下穴径	
	3G5 / 4H5	3G6 / 4H6		3G5 / 4H5	3G6 / 4H6
S0.3x0.08	0.23		0.223	0.24	
S0.35x0.09	0.28		0.264	0.286	
S0.4x0.1	0.31	0.32	0.304	0.33	0.342
S0.45x0.1	0.37	0.37	0.354	0.38	0.392
S0.5x0.125	0.4	0.42	0.38	0.415	0.435
S0.55x0.125	0.45	0.47	0.43	0.465	0.485
S0.6x0.15	0.49	0.51	0.456	0.502	0.522
S0.7x0.175	0.57	0.59	0.532	0.585	0.605
S0.8x0.2	0.65	0.67	0.608	0.665	0.685
S0.9x0.225	0.73	0.75	0.684	0.745	0.765
S1x0.25	0.81	0.83	0.76	0.825	0.845
S1.1x0.25	0.91	0.93	0.86	0.925	0.945
S1.2x0.25	1.01	1.03	0.96	1.025	1.045
S1.4x0.3	1.17	1.19	1.112	1.185	1.205

●管用ねじ

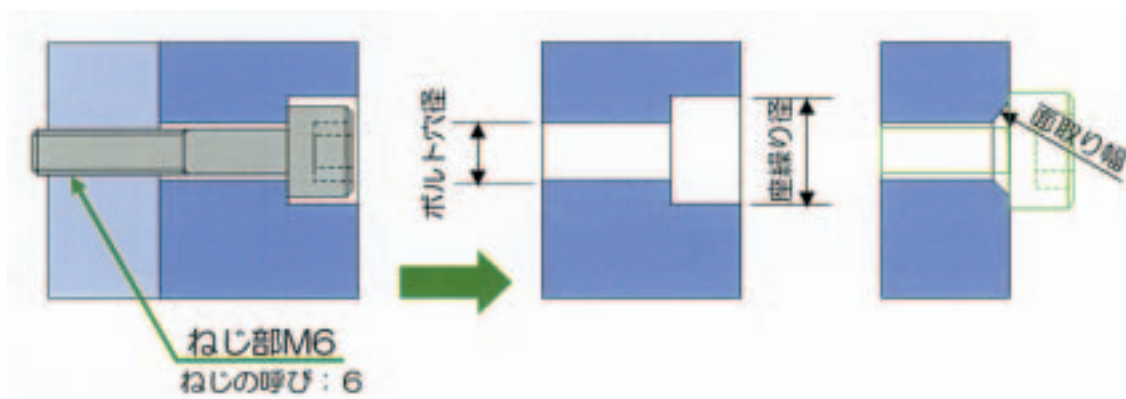
ねじの呼び	ドリル径目安	管用平行ねじ(A・B級)PF		管用テーパねじ	
		下穴径最小	下穴径最大	P T	P S
1/8-28	8.7	8.57 (100%)	8.80 (80%)	8.2	8.5
1/4-19	11.8	11.44 (〃)	11.87 (75%)	10.9	11.4
3/8-19	15.3	14.95 (〃)	15.38 (〃)	14.4	14.9
1/2-14	19	18.60 (〃)	19.10 (80%)	18	18.5
5/8-14	20.9*	20.60 (〃)	21.00 (〃)	-	-
3/4-14	24.5	24.10 (〃)	24.60 (〃)	23	24
7/8-14	28	27.90 (〃)	28.30 (〃)	-	-
1-11	30.5	30.30 (〃)	30.90 (〃)	29	30
1 1/8-11	35	34.90 (〃)	35.50 (〃)	-	-
1 1/4-11	39.3*	39.00 (〃)	39.40 (85%)	38	39
1 3/8-11	41.9*	41.40 (〃)	42.00 (80%)	-	-
1 1/2-11	45	44.80 (〃)	45.40 (〃)	44	45
1 5/8-11	49.5*	49.00 (〃)	49.60 (〃)	-	-
1 3/4-11	51	50.80 (〃)	51.40 (〃)	-	-
2-11	57	56.60 (〃)	57.20 (〃)	55	56
2 1/2-11	72.5	72.20 (〃)	72.80 (〃)	71	72
3-11	85	84.90 (〃)	85.50 (〃)	83	85
4-11	110.5	110.10 (〃)	110.70 (〃)	-	-

※ () 内は引っかけり率を示しています

*印は0.5mm以外のとびになります

ボルト穴径の目安

ボルト穴径はボルトのねじ部分ではなくボルトを通す部分となります。このことから規格としてはラフであり、ドリル加工が一般的です。面取り径と座繰り径を合わせて紹介します。



●ボルト穴径

ねじの呼び	ボルト穴径（ドリル径）			面取り	座繰り径
	1 級	2 級	3 級		
1	1.1	1.2	1.3	0.2	3
1.2	1.3	1.4	1.5	0.2	4
1.4	1.5	1.6	1.8	0.2	4
1.6	1.7	1.8	2	0.2	5
1.7	1.8	2	2.1	0.2	5
1.8	2	2.1	2.2	0.2	5
2	2.2	2.4	2.6	0.3	7
2.2	2.4	2.6	2.8	0.3	8
2.3	2.5	2.7	2.9	0.3	8
2.5	2.7	2.9	3.1	0.3	8
2.6	2.8	3	3.2	0.3	8
3	3.2	3.4	3.6	0.3	9
3.5	3.7	3.9	4.2	0.3	10
4	4.3	4.5	4.8	0.4	11
4.5	4.8	5	5.3	0.4	13
5	5.3	5.5	5.8	0.4	13
6	6.4	6.6	7	0.4	15
7	7.4	7.6	8	0.4	18
8	8.4	9	10	0.6	20
10	10.5	11	12	0.6	24
12	13	13.5	14.5	1.1	28
14	15	15.5	16.5	1.1	32
16	17	17.5	18.5	1.1	35
18	19	20	21	1.1	39
20	21	22	24	1.2	43
22	23	24	26	1.2	46
24	25	26	28	1.2	50
27	28	30	32	1.2	55

はめあいについて IT 等級

穴径や外径の許容差（＝ばらつきの幅）を示しています。IT の後に付く数字が小さいほど高精度で、大きいほどラフな公差であることを示します。工具径や穴径によってその数値は変化します。

ドリルではこの表現をカタログなどで「どれぐらい穴径がばらつくか」という目安として表現しています。

この程度穴径が変化するドリルですということを表現しています。ちなみにφ 8.0 の H 8 公差は 0 ～ +0.022 mm であり、公差の幅は 0.022 mm と IT 8 の公差幅と同じです。

それぞれの公差幅領域の加工を以下の表では色分けして示しています。ソリッドドリルは主に IT9 ～ 12 を行うことができます。IT8 以下はリーマ加工などが必要となり、IT5 以下となるとホーニングなど高精度を行うための仕上げ加工が必要となります。ただし、これは鋼加工をベースにした一般的な数値であることから実際には被削材の成分や硬度によって大きく異なります。

● IT 等級 (IT : International Tolerance)

基準寸法 mm		公差等級																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
を超え	以下							μm						mm					
-	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	73	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

リーマなど仕上げ
工程が必要な領域

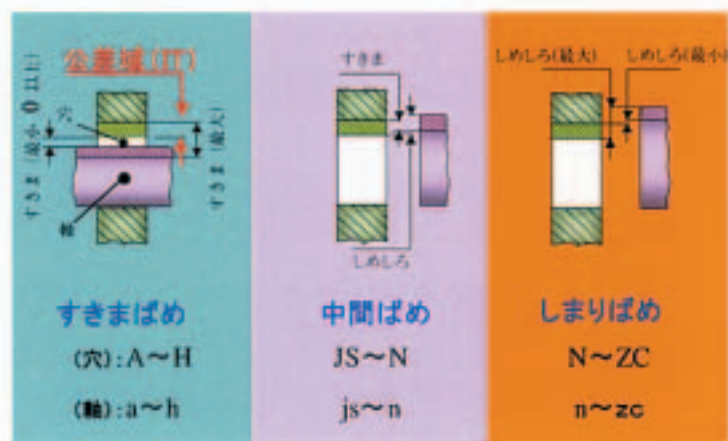
ソリッドドリル
の加工可能領域

刃先交換式ドリル
の加工可能領域
(調整しない場合)

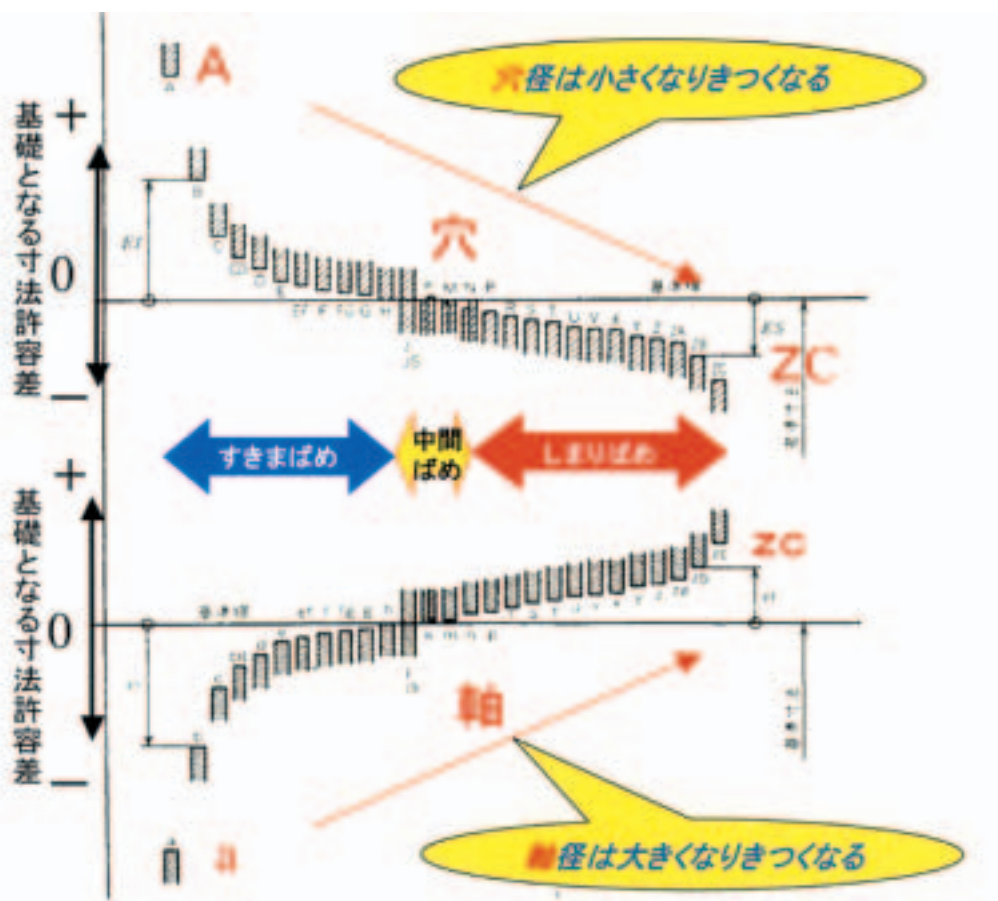
はめあいについて 穴の公差

通常、加工穴の公差にはHがつく公差が多く用いられていますが、その目的によって様々な穴の公差とその組み合わせが存在します。大きく分類すると「すきまばめ」、「中間ばめ」、「しまりばめ」にわかれます。詳しくはJISに記載されていますが、その一部を以下に紹介します。

末尾の数字はIT公差に示す公差幅を示し、記号は大文字が穴の、小文字が軸の公差を示します。



(はめあい公差記号と基礎となる寸法許容差)



それぞれのアルファベットには基準となる寸法があり、その部分からプラス側またはマイナス側にIT公差の数字に相当する許容差が存在します。H、hが多く用いられるのはその基準寸法が0であることから使用しやすい寸法であることによるためです。

はめあいについて 寸法公差表

寸法の区分		E		F			G		H					
をこえ	以下	E6	E7	F6	F7	F8	G6	G7	H5	H6	H7	H8	H9	H10
	3	+20 +14	+24 +14	+12 +8	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0
3	6	+28 +20	+32 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+18 +4	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0
6	10	+34 +25	+5 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0
10	14	+43 +32	+50 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0
14	18													
18	24	+53 +40	+61 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0
24	30													
30	40	+66 +50	+75 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0
40	50													
50	65	+79 +60	+90 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0
65	80													
80	100	+94 +72	+107 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0
100	120													
120	140	+110 +85	+125 +85	+68 +43	+83 +43	+103 +43	+39 +14	+54 +14	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0
140	160													
160	180													
180	200	+129 +100	+146 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +25	+61 +15	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0
200	225													
225	250													

寸法の区分		Js		K		M		N	
寸法の区分		Js		K		M		N	
をこえ	以下	Js6	Js7	K6	K7	M6	M7	N6	N7
	3	+3 -3	+5 -5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14
3	6	+4 -4	+6 -6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16
6	10	+4.5 -4.5	+7.5 -7.5	+2 -7	+5 -10	-3 -12	+0 -15	-7 -16	-4 -19
10	14	+5.5 -5.5	+9 -9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	+0 -18	-9 -20	-5 -23
14	18								
18	24	+6.5 -6.5	+10.5 -10.5	+2 -11	+6 -15	-4 -17	+0 -21	-11 -24	-7 -28
24	30								
30	40	+8 -8	+12.5 -12.5	+3 -13	+7 -18	-4 -20	+0 -25	-12 -28	-8 -33
40	50								
50	65	+9.5 -9.5	+15 -15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	+0 -30	-14 -33	-9 -39
65	80								
80	100	+11 -11	+17.5 -17.5	+4 -18	+10 -25	+6 -28	+0 -40	-16 -38	-10 -45
100	120								
120	140	+12.5 -12.5	+20 -20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	+0 -40	-20 -45	-12 -52
140	160								
160	180								
180	200	+14.5 -14.5	+23 -23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	+0 -46	-22 -51	-14 -60
200	225								
225	250								

工具径公差一覧 工具径公差とシャンク径公差

名称	型番	基準	工具径公差				
				φ 3 を超え	φ 6 を超え	φ 10 を超え	φ 18 を超え
			φ 3 以下	φ 6 以下	φ 10 以下	φ 18 以下	φ 30 以下
ギガジェットドリル	DSX	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
ギガパワードリル	DSE	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
ギガミニドリル	DSM	h 8	0 / -0.008				
スパイラルジェットドリル	DSC	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
穴王	DMX	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
	DSS	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
	TSD	h 7				0 / -0.018	0 / -0.021
	DMD-S	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015	0 / -0.018	0 / -0.021
スパイラルジェットドリル	DSC-F	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
穴王	DSC-FQ	H8狙い	+0.002 / +0.007	+0.004 / +0.009	+0.005 / +0.010	+0.007 / +0.012	
穴王	DMX-F	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
穴王	DMX-FQ	H8狙い	+0.002 / +0.007	+0.004 / +0.009	+0.005 / +0.010	+0.007 / +0.012	
T-DIAドリル	DSP	H7狙い		+0.007 / +0.011	+0.009 / +0.014	+0.017 / +0.012	
T-DIAドリル	DOP	H7狙い		+0.007 / +0.011	+0.009 / +0.013	+0.011 / +0.015	
リーミングドリル	DRS.DRT	H7狙い	+0.003 / +0.008	+0.004 / +0.009	+0.006 / +0.011	+0.008 / +0.013	+0.011 / +0.016
FDドリル	FDS	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
FDジェットドリル	FDC			+0.010 / +0.020	+0.015 / +0.025		
	CDS	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015		
	CDL		0 / -0.010	0 / -0.010	0 / -0.010	0 / -0.010	
	SDR3	h 7	0 / -0.010				
	SDR3-DIA	h 7	0 / -0.010				
	DTT	h 8			0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
	DUA	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015	0 / -0.018	0 / -0.021
	DUB	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015	0 / -0.018	0 / -0.021
ギガTACドリル	TDC	h 8				0 / -0.027	0 / -0.033
SDガンドリル			0 / -0.010				
MCガンドリル(専門店在庫)				-0.010 / -0.015	-0.010 / -0.015	-0.010 / -0.015	-0.010 / -0.015
標準ガンドリル(SFも同様)			0 / -0.005	0 / -0.005	0 / -0.005	0 / -0.005	0 / -0.005

名称	型番	基準	工具径公差				
				φ 3 を超え	φ 6 を超え	φ 10 を超え	φ 18 を超え
			φ 3 以下	φ 6 以下	φ 10 以下	φ 18 以下	φ 30 以下
ギガジェットドリル	DSX	h 6	0 / -0.006	0 / -0.008	0 / -0.009	0 / -0.011	0 / -0.013
ギガパワードリル	DSE	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
ギガミニドリル	DSM	h 6	0 / -0.006				
スパイラルジェットドリル	DSC	h 6	0 / -0.006	0 / -0.008	0 / -0.009	0 / -0.011	0 / -0.013
穴王	DMX	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
	DSS	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
	TSD	h 6				0 / -0.011	0 / -0.013
	DMD-S	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015	0 / -0.018	0 / -0.021
スパイラルジェットドリル	DSC-F	h 6	0 / -0.006	0 / -0.008	0 / -0.009	0 / -0.011	0 / -0.013
穴王	DSC-FQ	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	
穴王	DMX-F	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
穴王	DMX-FQ	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	
T-DIAドリル	DSP	h 8		0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	
T-DIAドリル	DOP	h 8		0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	
リーミングドリル	DRS.DRT	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015	0 / -0.018	0 / -0.021
FDドリル	FDS	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
FDジェットドリル	FDC	h 7		0 / -0.012	0 / -0.015		
	CDS	h 7	0 / -0.010	0 / -0.012	0 / -0.015		
	CDL		0 / -0.010	0 / -0.010	0 / -0.010	0 / -0.010	
	SDR3	h 6	0 / -0.006				
	SDR3-DIA	h 7	0 / -0.010				
	DTT						
	DUA	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
	DUB	h 8	0 / -0.014	0 / -0.018	0 / -0.022	0 / -0.027	0 / -0.033
ギガTACドリル	TDC	h 6				0 / -0.011	0 / -0.013
SDガンドリル		h 6			0 / -0.009	0 / -0.011	
MCガンドリル(専門店在庫)		h 6				0 / -0.011	0 / -0.013
標準ガンドリル(SFも同様)		h 6			0 / -0.009	0 / -0.011	0 / -0.013

商品名メーカ対照表（一部）



各社のソリッドドリルを構造別に一部のドリルを一覧表化して以下に示します。一概に同種のドリルではありませんが、選択の参考になると考えます。

メーカ	鋼 用			非鉄・鋳鉄用	
	外部給油（油穴無し）	内部給油（油穴付き）	小径シリーズ	外部給油（油穴無し）	内部給油（油穴付き）
タンガロイ	ギガパワードリル DSE形 穴王 DMX形	ギガジェットドリル DSX形 スパイラルジェットドリル DSC形	ギガミニドリル DSM形 SDR3ドリル	穴王DMX-F形	スパイラルジェットドリル DSC-F形
住友電工ハード メタル	スーパーマルチドリル K形,T形	スーパーマルチドリル HK形,HT形	ミニマルチドリル MDSS形	スーパーマルチドリル G形	スーパーマルチドリル HG形 オーロラコートドリル DLH形
三菱マテリアル	ミラクルZet-1ドリル MZE形 W-STARドリル MWE形 ミラクルドリル VC-SS ミラクル40ドリル YC-SS	ミラクルZet-1ドリル MZS形 W-STARドリル MWS形 ミラクル40オイルホールドリル YCLOH	ミラクルMINI STAR ドリルMSE形 ミラクルドリル (3mmシャンク)	スーパーバニッシュド リルMAE形	スーパーバニッシュド リルMAS形
オーエスジー	FXドリル FS形・FT形 S-GDN形	油穴付きFXドリル FTO形,FX-HO形	WXマイクロスモール ドリル WX-MS形	非鉄金属加工用 NF形	
不二越	アクアドリル・スタブ アクアドリル・レギュラー アクアドリル3フルート プラチナドリル	アクアドリルミストホール プラチナオイルホール ドリル	アクアマイクロドリル AQMD形	アクアドリルFC DLCドリル	
日立ツール	エポックワンダードリル	超硬OHノンステップ ボーラー			
ダイジェット	シグマドリル DDS形 ファイナルドリル FDM形 F1ドリル DX-SFD形			シグマドリル・キャスト FC-DD形	
サンドビック	コロドリル デルタ-C R840	コロドリル デルタ-C R840		コロドリル デルタ-C R850	コロドリル デルタ-C R850
ケナメタル	SEドリル B221,B261 SCドリル B966 TFドリル B105	SEドリル B210,B211,B224,B 225,B256 SCドリル B976,977,978 TFドリル B125		SEドリル B284,285 TFドリル B105 TXドリル B495	SEドリル B284,B285 TXドリル B411
ゲーリング	タイプN (2463,2464) GT100 (J741,J742,J743) RT100U (1242,1243,2473, 2474,5514,5515) RT100F(1702,2475,2712)	RT100U(オイルホール) (5510,5511,5512) RT100F(オイルホール) (2478)	超硬マイクロドリル (701,706)	GT100 (J711,J712,J713,J 731,J732,J733,J73 4,J735) GS200G(1025)	RT150GG/GN (770,5513)
京セラ			ファインマイクロドリル FDM形	FT200G(5518)	
ユニオンツール			ユニマックスドリル C-UMD		
菱高精機	ZH300,ZH310,ZH315	ZH305-OH-TiN	マイクロドリル ZH380- ViO,ZH382- ViO,ZH382AC-ViO		
サイトウ製作所	V-ADS		ADR-SUSマイクロドリル		

(注) 本表は各社カタログや公刊資料を基に作成したもので、各社の承認を得たものではありません。

工具型番メーカ対照表（鋼用）

各社ソリッドドリルの型番を構造と加工穴深さ別に一部のドリルを一覧表化して以下に示します。
一概に同種のドリルではありませんが、選択の参考になると考えます。

メーカ	外部給油		内部給油		
	L/D=2	L/D=3～4	L/D=3	L/D=5	L/D=7～8
タンガロイ	DSE****F02 (ギガパワードリル) DMX***S (穴王DMX形)	DSE****F03 (ギガパワードリル) DMX***M (穴王DMX形)	DSX****F03 (ギガジェットドリル) DSC***S (スパイラルジェット)	DSX****F05 (ギガジェットドリル) DSC***L (スパイラルジェット)	DSX****F08 (ギガジェットドリル)
住友電工ハード メタル	MDW***T2 (スーパーマルチT形) MDS***SK (スーパーマルチK形)	MDW***T4 (スーパーマルチT形) MDS***MK (スーパーマルチK形)	MDW****HT3 (スーパーマルチHT形) MDW***MHK (スーパーマルチHK形)	MDW****HT5 (スーパーマルチHT形) MDW***LHK (スーパーマルチHK形)	MDW****HT8 (スーパーマルチHT形) MDW***DHK (スーパーマルチHK形)
三菱マテリアル	MWE****SA (W-STARドリル) MZE****SB (ミラクルZet-1) VCSSSD**** (ミラクルドリル) YCSSSD**** (ミラクル40ドリル)	MWE****MA (W-STARドリル) MZE****MB (ミラクルZet-1) VCSSMD**** (ミラクルドリル) YCSSMD**** (ミラクル40ドリル)	MWS****MB (W-STARドリル) MZS****MB (ミラクルZet-1)	MWS****LB (W-STARドリル) MZS****LB (ミラクルZet-1) YCLOHD**** (ミラクル40オイルホ ール)	
オーエスジー	FS-GDS FT-GDS (FXドリル) S-GDS	FT-GDN FS-GDN (FXドリル) S-GDN	FTO-GDS FX-HO-GDS (油穴付きFXドリル)	FTO-GDN FX-HO-GDR (油穴付きFXドリル)	FX-HO-GDL (油穴付きFXドリル)
不二越	AQDS (アクアドリルスタブ) PLS (プラチナドリル)	AQDR (アクアドリルレギュラー) EXPL (プラチナドリル)	AQMH3D (アクアドリルミストホール) PLOH3D (プラチナドリル)	AQMH5D (アクアドリルミストホール) PLOH5D (プラチナドリル)	AQMH7D (アクアドリルミストホール) PLOH7D (プラチナドリル)
日立ツール	EWSS (エポックワンダー)	EWSR (エポックワンダー)	03WHNSB****-TH (超硬OHノンステッ プボーラー)	05WHNSB****-TH (超硬OHノンステッ プボーラー)	
ダイジェット	DDS-***S (シグマドリル) DX-SFD*** (F1ドリル)	FDM-*** (ファイナルドリル) DDS-***M (シグマドリル) DX-SFDM*** (F1ドリル)	R840-****-30-A1A (コロドリルデルタ-C) B210,B224 (SEドリル) B976	R840-****-50-A1A (コロドリルデルタ-C) B211,B225 (SEドリル) B977	
サンドビック		R840-****-30-A0A (コロドリルデルタ-C)	(SCドリル) 5510(RT100U)	(SCドリル) 5511(RT100U)	
ケナメタル		B221,B261 (SEドリル) B966 (SCドリル)	2478(RT100F)		B256 (SEドリル) B978 (SCドリル)
グーリング	2463(タイプN) 1242,5514 (RT100U) 1702,2475 (RT100F)	2464(タイプN) 1243,2474 (RT100U) 2712(RT100F)			5512(RT100U)

(注) 本表は各社カタログや公刊資料を基に作成したもので、各社の承認を得たものではありません。

ドリル再研削手順

再研削の前に

切れ刃摩耗および損傷状態を確認してください。大きな欠損がある場合にはその部分までGC砥石などにより研削除去してください。ギガシリーズ以外の再研削手順は総合カタログを参照してください。

(1)逃げ面の研削

砥石はダイヤモンドカップ砥石 #280～#400（砥石径φ 100～200）をご使用ください。

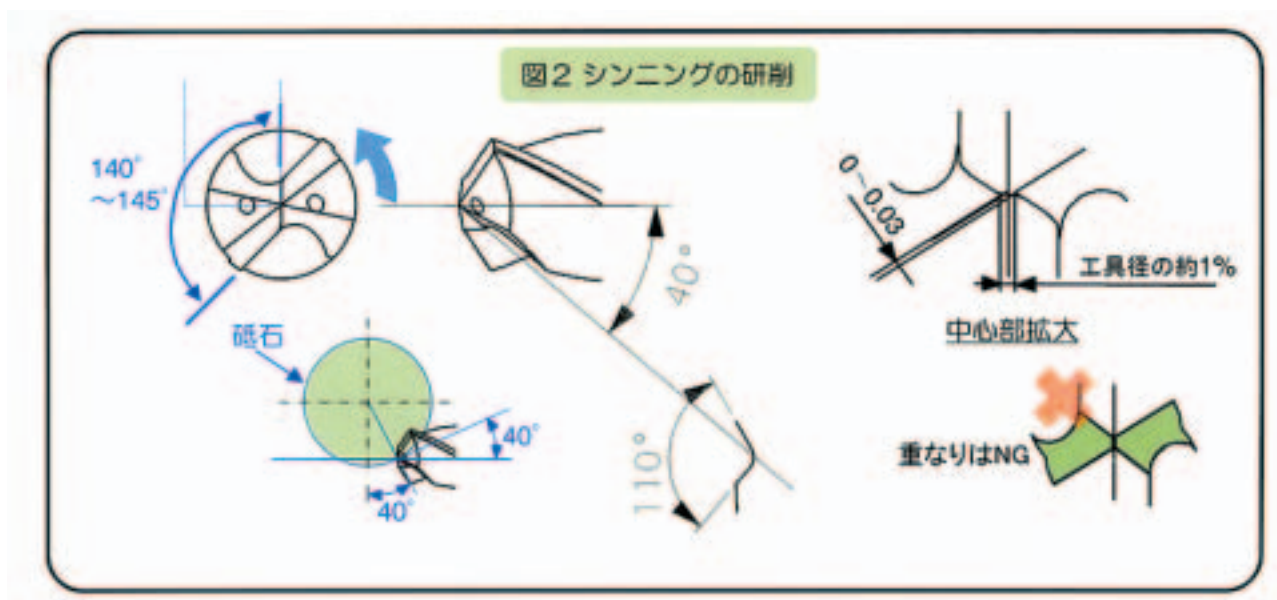
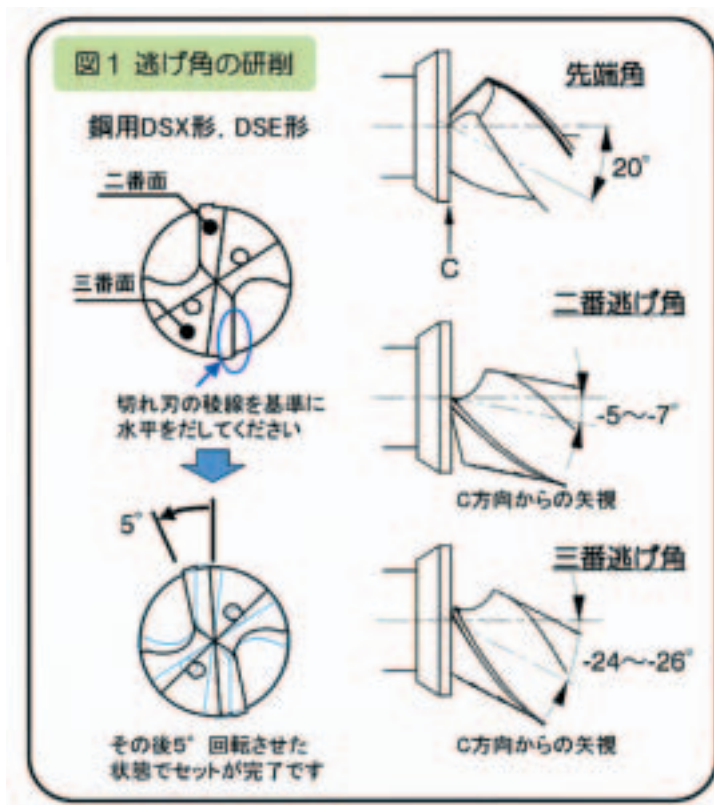
図1のように切れ刃を水平から5°傾けてセットしてドリルを固定し、逃げ面を研削してください。同様に他方の切れ刃も研削した後にスパークアウト（切り込みを入れずに左右切れ刃を研削する）を行い、リップハイト差が0.02mm以下になるようにしてください。

その際に2番角面と3番角面の稜線がドリルの中心で合致するように研削してください。

(2)シンニングの研削

砥石はダイヤモンドカップ砥石 #280～#400（砥石径φ 100～200）をご使用ください。

シンニングはクロスシンニング（X形）の要領で行ってください。（逃げ面を行った基準位置から30°～35°回してセットします）



ドリル再研削手順

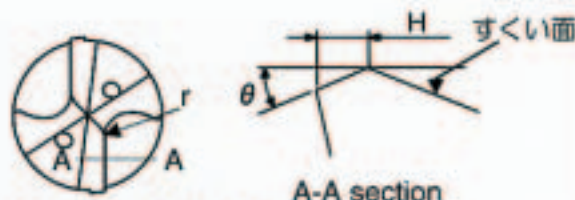
(3) ホーニング処理

ホーニングの要領

- (1) 図中の r 部分を大きく丸めてください。
- (2) 切れ刃稜線を粗ホーニングしてください。
(電着ダイヤモンドヤスリ #170 程度)
- (3) 仕上げホーニングをしてください。
(ダイヤモンドハンドラップ #400 ~ #600)

- ・ シンニング部を含む切れ刃全域にホーニング処理が必要です。処理の少ない部分や大きい部分など幅がばらつかないように処理が必要です。
- ・ おおののドリル径の範囲のなかで小さい径ではホーニング幅を小さく、大きい径ではホーニング幅大きめを狙って処理をしてください。

図3 ホーニング形状



r 寸法は工具径の15%

工具径 ϕD (mm)	ホーニング幅 H (mm)	角度 $\theta (^{\circ})$
$\phi 6$ 以下	0.05 ~ 0.07	-20
$\phi 6$ を越え $\phi 10$ 以下	0.08 ~ 0.10	-20
$\phi 10$ を越え $\phi 16$ 以下	0.10 ~ 0.12	-20
$\phi 16$ を越え $\phi 20$ 以下	0.12 ~ 0.15	-20

以上で再研削は終了です。最後に以下の点について確認してください

- ・ リップハイト差が 0.02mm 以内に抑えられている
- ・ 切れ刃損傷の研削残りが存在しないこと
- ・ 適正なホーニングが施されていること
- ・ 研削バリなどが除去されていること

補足事項)

- ・ 本文にある形状はギガジェットドリル DSX 形とギガパワードリル DSE 形のもので、それ以外のドリルはそれぞれに再研削手順書を準備しておりますので、弊社セールスまでご要求願います。
- ・ 再研削のみで使用した場合には逃げ面にコーティングがないことから寿命低下が生じます。寿命低下を抑制するためには再コーティングの実施をお願いいたします。
- また、弊社・弊社関連会社においても再研削・再コーティング処理をすることが可能です。
- ・ ドリル先端研削盤（型番：DG20FX、適用ドリル径範囲： $\phi 3 \sim \phi 20$ mm も販売しております）

ドリルの切削抵抗と動力

切削抵抗や切削動力は以下の計算式でその目安を出すことができます。安全率や機械のモータ出力などを加味し、機械の選定などの一助にしてください。(NATOCO 計算式)

切削動力

$$P=KD^2n(0.647+17.29f) \times 10^{-6} \text{ (kW)}$$

スラスト

$$T=570KDf^{0.85} \text{ (N)}$$

トルク

$$M=\frac{KD^2(0.63+16.84f)}{100} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

P : 切削動力(kW)

T : スラスト(N)

M : トルク(N・m)

D : ドリル径(mm)

f : 送り量(mm/rev)

n : 回転数(min⁻¹)

K : 材料係数

●材料係数

被削材	引っ張り強さ		ブリネル硬さ (HB)	材料係数 (K)
	MPa(N/mm ²)	{kgf/mm ² }		
鋳鉄	210	21	177	1.00
鋳鉄	280	28	198	1.39
鋳鉄	350	35	224	1.88
アルミニウム	250	25	100	1.01
S20C	550	55	160	2.22
硫黄快削鋼SUM32	620	62	183	1.42
SMn438	630	63	197	1.45
SNC236	690	69	174	2.02
4115鋼 Cr0.5,Mo0.11,Mn0.8	630	63	167	1.62
SCM430	770	77	229	2.10
SCM440	940	94	269	2.41
SNM420	750	75	212	2.12
SNM625	1,400	140	390	3.44
クロムバナジウム鋼				
Cr0.6,Mn0.6,V0.12	580	58	174	2.08
Cr0.8,Mn0.8,V0.1	800	80	255	2.22

ソリッドドリルのトラブルシューティング表

トラブルの現象		原因	対策
異常摩耗	逃げ面	切削速度の不適	・中心部の異常摩耗なら、標準切削条件内で切削速度を10%ずつ上げる ・外周部の異常摩耗なら、標準切削条件内で切削速度を10%ずつ下げる
		切削油剤が不適	・ろ過装置が適当か確認する(フィルタ#150メッシュくらいが適当) ・潤滑性に優れた切削油剤を使用する(希釈倍率を高くする)
	マージン部	切削速度の不適	・切削速度を10%ずつ下げる
		再研削時期・再研削量不足	・再研削時期を早める,また再研削時に損傷を完全に除去する
		機械・被削材の剛性不足	・剛性のあるクランプ方法に変更する
		ドリルの剛性不足	・ドリルの突き出しをできるだけ小さくする
		切削油が不適	・ろ過装置が適当か確認する(フィルタ#150メッシュくらいが適当) ・潤滑性に優れた切削油剤を使用する(希釈倍率を高くする)
欠け	チゼル部 (ドリル切れ刃の中心部)	切削速度の不適	・切削速度を10%ずつ下げる
		再研削時期・再研削量不足	・再研削時期を早める,また再研削時に損傷を完全に除去する
		機械・被削材の剛性不足	・剛性のあるクランプ方法に変更する
		ドリルの剛性不足	・ドリルの突き出しをできるだけ小さくする
		切削油が不適	・ろ過装置が適当か確認する(フィルタ#150メッシュくらいが適当) ・潤滑性に優れた切削油剤を使用する(希釈倍率を高くする)
	外周部切れ刃	切削速度の不適	・切削速度を10%ずつ下げる
		再研削時期・再研削量不足	・再研削時期を早める,また再研削時に損傷を完全に除去する
		機械・被削材の剛性不足	・剛性のあるクランプ方法に変更する
		ドリルの剛性不足	・ドリルの突き出しをできるだけ小さくする
		切削油が不適	・ろ過装置が適当か確認する(フィルタ#150メッシュくらいが適当) ・潤滑性に優れた切削油剤を使用する(希釈倍率を高くする)
	マージン部	切削速度の不適	・切削速度を10%ずつ下げる
		再研削時期・再研削量不足	・再研削時期を早める,また再研削時に損傷を完全に除去する
		機械・被削材の剛性不足	・剛性のあるクランプ方法に変更する
		ドリルの剛性不足	・ドリルの突き出しをできるだけ小さくする
		切削油が不適	・ろ過装置が適当か確認する(フィルタ#150メッシュくらいが適当) ・潤滑性に優れた切削油剤を使用する(希釈倍率を高くする)
折損	欠け・異常摩耗が出やすい状態である		・折損前の損傷状態を確認し、摩耗および欠け対策を検討する
	切りくず詰まりの発生		・切削条件の見直しを行う ・内部給油の場合、切削油の吐出圧力を上げる ・ステップ加工を実施する
	機械の剛性不足		・切削速度を10%ずつ下げる ・馬力のある機械を使用する
穴精度不良	機械・被削材の剛性不足		・剛性のあるクランプ方法に変更する
	ドリル取り付け精度の不適		・ドリルの取り付け振れ精度を確認する(0.02mm以下)
	切りくず詰まりの発生		・切削条件の見直しを行う ・内部給油の場合、切削油の吐出圧力を上げる ・ステップ加工を実施する
	再研削 (刃研精度) の不適		・刃先の形状精度 (リップハイトなど) を確認する
切りくずがのびる	切削条件が不適		・送りを標準条件内で10%ずつ下げる
	再研削 (ホーニング) の不適		・適正なホーニングを施す
	切れ刃に欠けが生じている		・発生部分を確認し、欠け対策を検討する



DATE _____

貴社名	ご担当	
	TEL/FAX	

[illegible]

ドリル	TEST DATA	従来品	1	2	3	4
	商品名					
	メーカー					
	型番					
	材種					

切削条件	工具径 (mm)					
	切削速度 (m/min)					
	主軸回転数 (min ⁻¹)					
	送り量 (mm/rev)					
	送り速度 (mm/min)					
	穴深さ (mm)					

結果	加工穴数 (穴)					
	加工長 (m)					
	寿命基準					
	被加工面					
	びびり・振動					
	穴精度					
	切りくず処理					
	備考					
	評 価					

COMMENTS:



株式会社タンガロイ

■本社	☎212-8503	神奈川県川崎市幸区堀川町580(ソリッドスクエア)	☎044(548)9500	FAX 044(548)9540
●営業本部	☎230-0027	神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7	☎045(503)9051	FAX 045(503)9052
●東部支店				
東京営業所	☎103-0023	東京都中央区日本橋本町3-8-3(日本橋東硝ビル)	☎03(3665)3450	FAX 03(3665)3435
新潟事務所	☎940-0085	新潟県長岡市草生津1-2-28(ドルミーリバーサイド102)	☎0258(37)5822	FAX 0258(37)5825
長野営業所	☎386-0025	長野県上田市天神4-17-8(みすずビル)	☎0268(26)3870	FAX 0268(26)3872
京浜営業所	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2552	FAX 044(587)2582
厚木営業所	☎243-0018	神奈川県厚木市中町3-11-20(本厚木ケイビル5階)	☎046(224)3481	FAX 046(224)1310
富士営業所	☎416-0954	静岡県富士市本市場町816(ウイングビル)	☎0545(60)6311	FAX 0545(60)6313
北関東営業所	☎329-0201	栃木県小山市栗宮1875-4	☎0285(24)0538	FAX 0285(24)0542
高崎事務所	☎370-0849	群馬県高崎市八島町17(イシイビル6階)	☎027(327)5597	FAX 027(327)8719
東北営業所	☎983-0045	宮城県仙台市宮城野区宮城野1-12-15(松栄宮城野ビル)	☎022(297)1911	FAX 022(293)0272
千歳事務所	☎066-0063	北海道千歳市幸町6-1-8(ヴィラセンチュリー605号)	☎0123(23)7802	FAX 0123(23)7804
いわき営業所	☎970-1144	福島県いわき市好間工業団地11-1	☎0246(36)8155	FAX 0246(36)8156
●中部支店				
名古屋営業所	☎465-0092	愛知県名古屋市中東区社台3-230(グランドビル)	☎052(777)2611	FAX 052(777)2614
金沢営業所	☎920-0856	石川県金沢市昭和町16-1(ヴィサージュ)	☎076(222)2727	FAX 076(222)2730
●西部支店				
大阪営業所	☎550-0002	大阪府大阪市西区江戸堀2-1-1(江戸堀センタービル)	☎06(6447)2401	FAX 06(6447)2419
大阪販売課	☎550-0002	大阪府大阪市西区江戸堀2-1-1(江戸堀センタービル)	☎06(6447)2407	FAX 06(6447)2419
京都営業所	☎600-8357	京都府京都市下京区五条通堀川西入柿本町579(五条堀川ビル)	☎075(371)6110	FAX 075(371)6777
神戸営業所	☎673-0892	兵庫県明石市本町2-1-26(ニッセイ明石ビル)	☎078(911)9901	FAX 078(911)9898
岡山営業所	☎700-0971	岡山県岡山市野田3-13-39(野田センタービル)	☎086(245)2915	FAX 086(245)2912
高松事務所	☎761-8071	香川県高松市伏石町100-1(クレストコートK2)	☎087(867)8211	FAX 087(867)8293
広島営業所	☎730-0051	広島県広島市中区大手町2-11-2(グランドビル大手町)	☎082(541)0541	FAX 082(541)0540
福岡営業所	☎812-0006	福岡県福岡市博多区上牟田1-28-16(コスモブレインビル)	☎092(441)5981	FAX 092(451)3382
●自動車営業部				
東部販売課	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2553	FAX 044(587)2582
中部販売課	☎470-0124	愛知県日進市浅田町茶園77-1	☎052(805)6011	FAX 052(805)6083
浜松営業所	☎435-0013	静岡県浜松市天竜区1036(グリーンビル)	☎053(422)6266	FAX 053(422)6264
●海外事業本部	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2562	FAX 044(587)2580
●アジア営業部	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2562	FAX 044(587)2580
●マイクロドリル事業部	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2590	FAX 044(587)2670
●摩擦材料事業部	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2590	FAX 044(587)2670
●耐摩・土木事業部	☎212-0057	神奈川県川崎市幸区北加瀬2-1-50(国際新川崎ビル)	☎044(587)2590	FAX 044(587)2670
●生産本部				
いわき工場	☎970-1144	福島県いわき市好間工業団地11-1	☎0246(36)8111	FAX 0246(36)8145
名古屋工場	☎470-0124	愛知県日進市浅田町茶園77-1	☎052(805)6021	FAX 052(805)6082
葦崎工場	☎407-0036	山梨県葦崎市大草町上条東割字中芝原114	☎0551(23)0820	FAX 0551(23)0846
●技術本部				
技術センター	☎230-0027	神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7	☎045(503)9011	FAX 045(503)9031

安全上の注意点

- ご使用の際には、安全カバーや保護メガネ等の保護具をご使用ください。
 - 切れ刃が鋭利なため素手でさわらないでください。
 - 切れ味を確認して早めに工具交換を行ってください。
 - 切削中に発生する火花や破損による発熱、切りくずで引火する危険があります。引火の危険があるところでは使用しないでください。
- また、不水溶性切削油を使用する場合は防火対策が必要です。

■TACフリーダイヤル 切削技術相談

0120-401-509 受付時間 AM9:00～12:00/PM1:00～5:00
土曜、日曜、祝日、タンガロイ休日は休ませていただきます。

■株式会社タンガロイ ホームページ

<http://www.tungaloy.co.jp/>

製品のお問い合わせは



ISO 9001 認証取得
登録番号 QC00J0056
株式会社タンガロイ
登録日 1996.10.18

ISO 14001 認証取得
登録番号 EC97J1123
株式会社タンガロイ 生産本部
登録日 1997.11.26