

NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. 3A1
May/2004

マシニング事業

コーティング

■ 論文・報文・解説

高精度・高能率加工を追求する

「ドリル穴あけ加工技術」

Drilling Technology for High Precision
and High Efficiency

〈キーワード〉 高速・高能率・高精度穴・超硬工具・
MQL加工・微細穴

機械工具事業部／ラウンドツール技術部

関口 徹

要 旨

製造コストの低減はメーカーにとって変わることのない課題である。そのため、加工能率を高めて生産性を向上することが必須になっている。

切削加工プロセスの中で、穴あけ加工は大きな割合を占めている。また、従来は困難とされていた高精度穴、深穴、微細穴などの加工についても、高速・高送りによる高能率化が進展すると、生産性の向上に大きな効果を発揮する。

あわせて、近年の加工技術では欠くことのできない環境負荷低減へも対応できる。

Abstract

A reduction of manufacturing costs is a never-ending challenge for manufacturers. Thus, it is essential to raise productivity by improving the process efficiency.

The drilling process accounts for the majority of machining. Traditionally, the high-precision, deep hole and fine hole drillings are considered difficult processes. However, these drillings have become highly efficient, making a substantial impact on productivity as the high-speed and high-feed drillings have become more efficient.

In addition, the measures to alleviate a negative impact on the environment are under development as they have become imperative in the course of developing the machining technology in recent years.

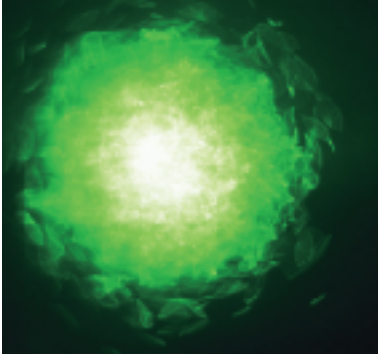
1. 高速・高送りによる高能率化

高速加工では、切削時に発生する切削熱に対する耐久性が工具材料に求められる。図1に示すように、高速度工具鋼は高温硬さが低く、切削熱が700℃を超えると軟化が始まり、摩耗が急激に進むので、高速加工には超硬合金が適している。

超硬工具の耐久性を左右するのは、耐摩耗性の指標である硬さと、耐欠損性の指標である抗折力で、この2点は相反するものである。これらの指標は、おおむねコバルト含有率と炭化タンゲステン(WC)粒径により決定される。微粒子系超硬合金では、WC粒径が1 μ m以下と微細化されており、コバルト含有率を多くして、硬さと抗折力を高くすることが可能である。鋼用超硬ドリルでも従来^{*1}のP種系超硬が使用されることは少なくなり、微粒子系超硬合金が主流になっている。

切削工具におけるコーティングは、硬質の膜を工具表面に被覆することで、工具の耐久性を向上する目的で実施されており、NACHIでは1980年代始めに他社に先駆け切削工具に採用している。コーティングの性能は、耐摩耗性や耐熱性、靱性を高次元でバランスさせることがポイントになる。現在、主流である窒化チタン・アルミニウム(TiAlN)系の複合多層膜は、硬さが2500~3000HVと高硬度で、耐熱性に優れ、850~900℃まで硬度を維持できる。最近では、TiAlNをベースに、CrやSiなどの耐熱元素を付加したコーティングを実用化し、高温特性と耐摩耗性をさらに向上させている。

NACHIは、創業以来の工具材料の設計・製造技術と工具や金型、機能部品に適用して培われたコーティング技術を有している。コーティングを施すことにより、切削工具の基本機能である耐摩耗性、耐熱性、耐チップング性を向上させるとともに、工具としての設計・製造ノウハウの蓄積により、高能率・高精度と環境負荷の低減などの新たなニーズにも対応できる。



2. 高精度の穴加工

一般に、ドリル加工でIT7級程度^{※2}の高精度穴を加工する場合、穴あけを行なったあと、リーマ加工やボーリング加工によって仕上げられ、2工程以上の加工が必要となる。1工程で加工できれば加工時間を大きく短縮できる。

高精度穴加工は、被削材がアルミや鋳鉄の場合は、^{※3}バニッシュドリル1工程で加工が可能であるが、鋼では、切りくず排出性と工具剛性の問題から、従来は1工程での加工は不可能とされていた。

この加工を可能にするドリルとして、NACHIは、3枚刃超硬コーティングドリルを開発した。超硬3枚刃ドリルの外観と刃先形状を図2に示す。

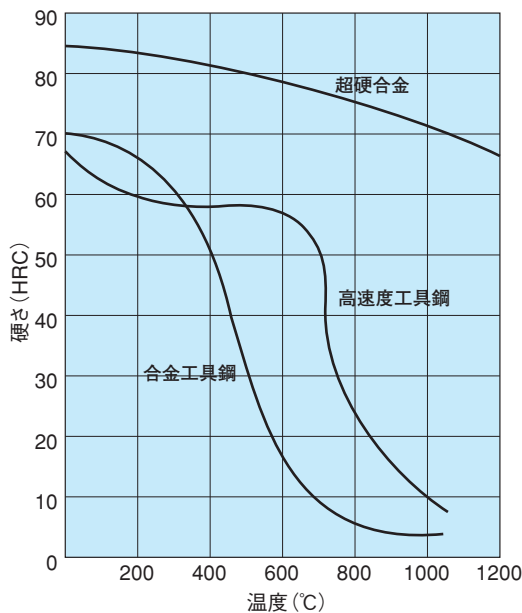


図1.工具材料の高温硬さ

(超硬3枚刃ドリルで工程を短縮)

通常の2枚刃のドリル加工では、ドリル自体の振れや、取り付けの振れなどにより、左右の切れ刃にアンバランスが生じる。そのため、食い付き時にドリルの先端のチゼル部分^{※4}に滑りが生じ、回転中心が移動するという、チゼルの歩み現象が発生する。

また、二つの切れ刃は180度の位置にあり、切削力のアンバランスにより、一つの切れ刃に大きく負荷がかかり、ドリルに曲げの力がかかる。

加工した穴は三角形や五角形などの奇数の多角形になり、穴の拡大量はIT公差9~11級程度で、真円度も劣り、部品のかん合などに向かない。



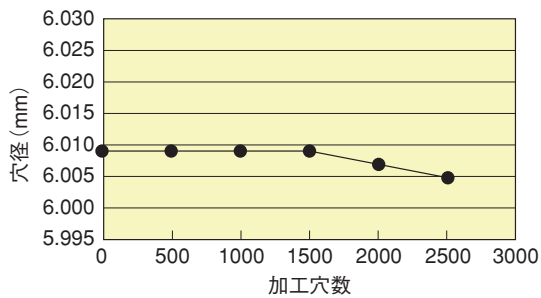
図2.超硬3枚刃ドリルの外観と刃先形状
(アクアドリル3フルート)

(切削抵抗を分散)

3枚刃超硬コーティングドリルでは、三つの切れ刃を等分に配置して、一つの切れ刃による切削抵抗のアンバランスを、他の二つの切れ刃で分散した。

切れ刃の各位置での切削抵抗は、切れ刃に対して垂直な方向に作用する。各切れ刃のコーナー部^{※5}をネガ形状にすることで、最外周の最も大きな切削抵抗を中心に向かわせた。三方向からの求心性をもたせて穴の拡大を抑え、真円度の高い穴加工を可能にした。

このドリルで加工した穴の拡大量の推移を図3に示す。



ドリル:超硬3枚刃ドリルφ6
 被削材:S50C(180HB) 18mm(3D)通り穴
 切削速度:100m/min 送り速度:1,100mm/min
 水溶性 W1種2号

図3.超硬3枚刃ドリルによる高精度穴加工

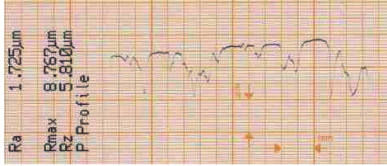
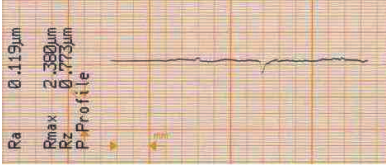
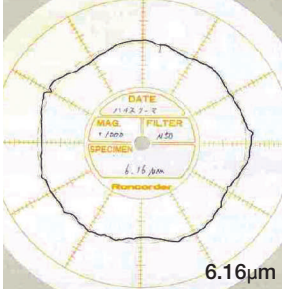
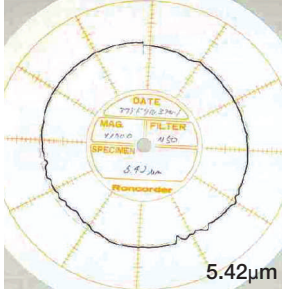
(リーマ工程が不要に)

3枚刃超硬ドリルにより、リーマ工程が集約される事例を紹介する。従来の加工では、φ9.8mmの超硬ドリルで下穴加工を行なったあと、φ10.0mmの高速度鋼製リーマで仕上げ、H8精度に加工を行っていた。

3枚刃超硬ドリルとの加工精度の比較を図4に示す。

穴径、穴位置、面粗さ、真円度は、従来の加工法である、ドリルとリーマによる2工程加工と同等以上の精度が得られた。6穴加工に要した加工時間は、従来の207秒から、超硬3枚刃ドリルでは31秒になり、加工能率は6倍以上に向上した。

加工工程は、1工程になり、また、3枚刃のドリルにより、穴あけ自体の加工能率が向上している。

項目		ドリル + リーマ	超硬3枚刃ドリル
穴径		φ10.004~10.014 (mm)	φ10.009~10.015 (mm)
位置精度 MAX.	X	0.035 (mm)	0.013 (mm)
	Y	0.003 (mm)	0.006 (mm)
面粗さ		 <p>Ra 1.725μm Rmax 8.767μm Rz 5.810μm P-Profile</p> <p>Ry=8.767μm</p>	 <p>Ra 0.119μm Rmax 2.380μm Rz 0.779μm P-Profile</p> <p>Ry=2.380μm</p>
真円度		 <p>6.16μm</p>	 <p>5.42μm</p>

↑

リーマ仕上げと同等以上の高精度穴が加工可能

加工工具		ドリル + リーマ	超硬3枚刃ドリル
加工条件	下穴	超硬コーティングドリル φ9.8 (mm) V78m/min (S2530min ⁻¹) F625mm/min (f0.25mm/rev)	超硬3枚刃ドリル φ10.0 (mm) V78m/min (2500min ⁻¹) F875mm/min (f0.35mm/rev)
	仕上げ	ハイスチャッキングリーマ φ10.0 (mm) V10m/min (S320min ⁻¹) F96mm/min (f0.3mm/rev)	
使用工具 加工時間		下穴ドリル 34秒/6穴 ツールチェンジ 15秒 仕上げリーマ 158秒/6穴	アクアドリル3フルート
	合計	207秒/6穴	31秒/6穴

↑

加工能率は6倍以上

被削材:炭素鋼S50C (180HB)
穴あけ深さ:30mm
切削油剤:水溶性切削油剤

図4.ドリル + リーマ加工と超硬3枚刃ドリルによる精度比較

3. 深穴の高効率加工

(1)ドリル径の20倍までノンステップ加工

(高速度工具鋼製ロングドリル)

深穴加工では、切削長に比例して加工時間が長くなる。また、高速度工具鋼製ロングドリルでは、切りくず詰まりや巻き付きによるドリルの折損、刃先の振動によるチッピングや異常摩耗など、深穴加工特有の問題がある。そのため、切削速度と送り量を下げたり、ステップ加工を行なうなどの必要があり、加工時間が長くなってしまふ。

最近の高速度工具鋼製ロングドリルでは、工具の剛性と切りくず排出性という相反する性能を両立させ、ドリル径の20倍までステップ送りを必要としない、ノンステップ加工による高効率化をはかっている。

(相反する「剛性」と「切りくず排出性」を両立)

工具の剛性を向上するには、心厚を大きくすることが最も効果的であるが、心厚を大きくするだけではチップポケットが小さくなって、切りくず詰まりが発生しやすい。このため、ドリル断面をパラボリック形状にし、剛性と切りくず排出性の両立をはかった。

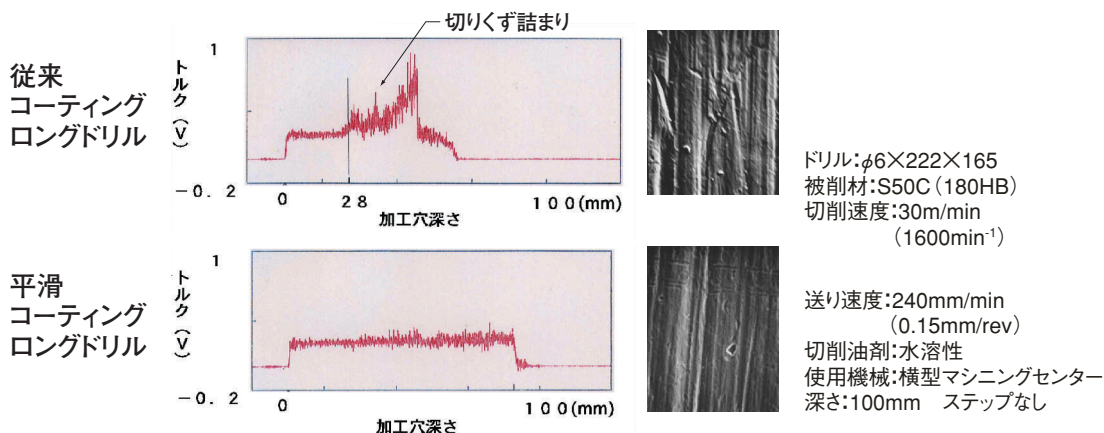
切りくずの排出経路となるドリル溝面を平滑化し、切りくず排出性を高めた。また、硬質膜を被覆したコーティングドリルを使用することで、加工効率と工具寿命の向上をはかっている。

通常のコーティングでは、表面に不純物の付着であるドロップレットなどにより、数 μm の突起が点在している。この突起を極力少なくしたコーティングにより、溝面の平滑性をさらに向上し、切りくずの排出抵抗を減少した。

深穴加工時の主軸電力とコーティングの表面性状を図5に示す。通常のコーティングロングドリルのノンステップ加工では、穴深さ28mmから切りくず詰まりが発生し、約60mmで切りくず詰まりによって加工不可となった。

一方、平滑コーティングを施したロングドリルは、100mmまで切削抵抗に変化がなく、ノンステップでの加工を可能している。

通常のコーティングロングドリルでは、ステップ加工による深穴加工が可能だが、加工時間はノンステップ加工の28秒に対し、44秒かかる。ノンステップ加工の能率は約2倍である。



(2) 新しく「MQL」加工法を適用

(エステル油微粒噴霧で摩擦を軽減)

新しい深穴加工法としてMQL (Minimum Quantity Lubrication) 加工が注目されている。極少量の植物油あるいはエステル油を数 μm の微細な油粒にして、エアと一緒に噴霧しながら加工する。深穴加工では、超硬油穴付きドリルを使用し、主軸の軸心給油により、ドリル先端から噴霧する。

MQL加工では、単に微細な油粒が、切削点における被削材と刃物を潤滑するだけではない。切削が進行している刃先と、せん断面に生じる、活性化された表面エネルギーの高い亀裂面・溶着面に、油分子が作用してエネルギーレベルを下げ、ひいては切削の摩擦係数を低下させるレピンダー効果もあると推察され、高能率化が期待できる。他の加工法との能率比較を図6に示す。

MQL加工では、高速度工具鋼製ロングドリルや超硬ガンドリルに比べて、5倍以上の加工能率である。また、従来の加工法では、大量の切削油剤を使用していたが、MQL加工では、油剤の消費量は1時間に5cc以下であり、環境負荷の低減にも貢献している。

(加工ラインの短縮も可能に)

MQL加工は、自動車エンジンのクランクシャフト加工ラインに最も普及している。そこでは直径5mmで深さ100mmの深穴加工を行なっている。従来の加工では、高速度工具鋼製ロングドリルを切削速度12m/min、送り速度

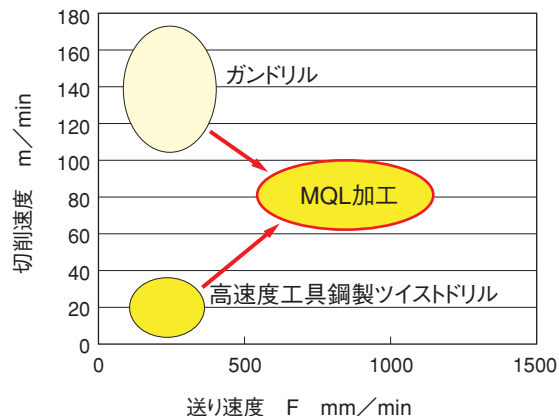


図6.深穴加工の加工能率比較

1100mm/minで使用し、寿命は100穴程度であった。MQL加工では切削速度80m/min、送り速度800mm/minとなり、7倍の加工能率を達成するとともに、工具寿命を900穴まで可能にした。

また、高能率化により生産性が向上するだけでなく、加工ラインも短縮が可能になり、設備費を低減できる。例えば、従来は8台を要したが、MQL加工では4台で同様の生産を行なっている事例が報告されている。

この加工に使用する超硬油穴付きドリルは、高速度工具鋼製ロングドリルと同様に、工具剛性と切りくず排出性、さらに高速切削に耐える材料とコーティングが必要である。

工具形状の面からみると、剛性と切りくず排出性は相反する性能といえる。ドリルの断面積が大きいほど、曲げ剛性、ねじり剛性ともに向上するが、チップポケットが小さくなり、切りくず排出性が低下する。

これを解消し、切りくず排出性を向上する方法として、溝の途中から溝幅を大きくしたものや、あるいは、心厚にマイナステーパを付けて段形状にするなどの工夫がなされている。

4. 微細穴の高効率加工

(精密部品、自動車などに適用)

微細穴加工は、エレクトロニクス関連機器や時計、精密測定装置、光学機器、医療機器、精密金型などの小型精密部品、自動車用噴射ノズル、化学繊維用ノズルなどのノズル類、ダイス類など、多岐にわたっている。

微細穴の形状、精度、被削材などに合わせて、加工法を試行しながら適用しており、加工法とその概要を表1に示す。

表1. 微細穴加工法の種類

加工法	加工可能最小径	穴精度	適用
ドリル加工	30 μ m	上	一般金属、プラスチックなど全般
超音波加工	0.1mm	中	ガラスなどのぜい性材料の穴あけに適す。
放電加工	15 μ m	上	高硬度金属にも歪なく穴あけができる。深穴加工にも適用されている。
電解加工	(0.2mm)	上	
レーザー加工	12 μ m	浅穴は良 深穴は粗	非金属、金属など広範囲の穴あけが可能。穴あけ深さの浅穴には加工速度が高い。
電子ビーム加工	30 μ m	同上	一般には先細りのテーパ形状になる。
ケミカルブラッキング	50 μ m (穴深さの影響大)	テーパ穴	多数穴の同時加工に適する。板厚が大きくなるとテーパ穴となる。

(広く普及しているドリル穴あけ加工)

なかでも、ドリル加工による微細穴加工は、鋼から樹脂材料まで加工対象が広く、他の加工法に比べ設備費が安価であり、加工穴の精度が良いことから最も広く採用されている。

微細穴加工と一般穴加工では、ドリル寸法にもとづいて、送り量すなわち切りくずの大きさが変わる。

例えば、 ϕ 10mmのドリルでは、一般的には0.1~0.3mm/rev程度の送り量で加工できるが、 ϕ 1mm以下のドリルではドリルの強度と、剛性不足により大きな負荷をかけられないので、送り量は数 μ m~数10 μ mになる。また、切りくずのボリュームが大きくなると排出が困難になり、極めて小さな送り量になる。

(切りくずの大きさにより異なる切削メカニズム)

被削材の結晶粒の大きさを数 μ m程度と考えると、微細穴加工では、結晶粒径より小さい送り量で結晶粒内を切削することになり、結晶粒を一つひとつ別な不連続体として切削していくことになる。

一方、 ϕ 10mmのドリル加工のように、大きな送り量の切削では、結晶粒の大きさを無視して連続体として取り扱うことができる。したがって、両者の切削はミクロのレベルではまったく別な機構になる。

切り込み量に対する比切削抵抗の実験値を表2に示す。切り込みが12 μ m程度では、比切削抵抗は極端に大きいが、それが50 μ m程度の切り込みの切削になると急激に下がる。切り込みが0.1mm以上では比切削抵抗は小さく、以後、切り込みを大きくしてもその値はほとんど変わらない。ちなみに、切り込みが1 μ m以下になると、比切削抵抗はさらに大きくなり、理論せん断強度に近づくと考えられる。

微細切削加工では、その特異性を十分に考慮し、普通加工と区別して対応する必要がある。

表2.比切削抵抗の実験値

(N/mm²)

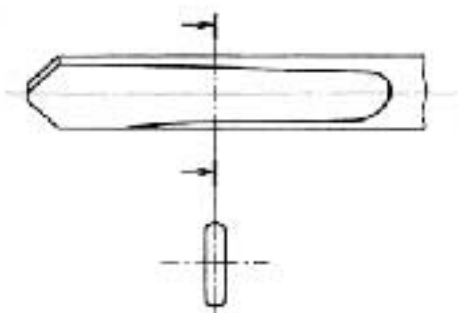
材料	切込み量 (μm)			
	12.5	25.0	50.0	100
S50C	4900	3190	2450	2250
SCM420	5150	3700	3250	2940
SUS304	7840	5390	3430	3040
FC250	4410	2650	1960	1770

(フラットドリルとツイストドリル)

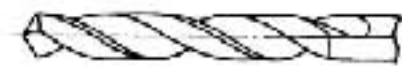
微細穴加工用ドリルは、フラットドリルとツイストドリルに大別され、その形状を図7に示す。フラットドリルは丸棒の先端が平たくとがっており、“平ぎり”とも呼ばれ、0.012~0.3mmで使用される。単純な形状で精度が出しやすく、高い精度や仕上げ面が求められる場合に使用される。しかし、平板形状ですくい角がつかないので、切れ味や切りくず排出性が悪く、加工能率は低い。

ツイストドリルは、ねじれ溝を持つため極小径の製造は難しく、0.05mm以上で実用化されている。正のすくい角を持つので、切れ味や切りくず排出性にすぐれ、加工能率も高いことから、φ0.1~φ1mmの銅加工ではツイストドリルが使用されることが多い。

微細穴加工用ドリルは、シャンク形状により、ストレートドリルとルーマ形ドリルに区分される。ルーマ形ドリルは、シャンク径がドリル径より太くて一定寸法になっており、剛性面や精度面、取り扱いの面ですぐれている。^{※11}



(a) フラットドリル



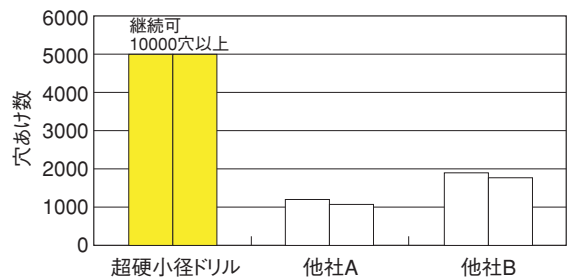
(b) ツイストドリル

図7.フラットドリルとツイストドリル

(寿命延長が課題の小径ドリル)

小径ドリルでは、径に対する穴深さの割合が、一般のドリル加工に比べて大きくなる。そのため、一般のロングドリルと同様に心厚を大きくすることで、折損強度と剛性を高め、穴の曲がりや穴位置精度を向上させている。

従来、小径ドリルには工具材料として、韌性が高く折れにくい高速工具鋼が多用されてきた。しかし、高速工具鋼は耐摩耗性が劣るので、寿命延長策として、超微粒子系超硬合金を採用する例が増えてきている。



切削条件

ドリル : 0.5mm	穴深さ : 3mm止まり穴
切削速度 : 15m/min (9,600min ⁻¹)	被削材 : SUS304
送り : 0.005mm/rev (48mm/min)	切削油剤 : 水溶性
0.05mmステップ加工	

図8.ステンレス鋼の微細穴加工

穴径φ0.5mm、穴深さ3mmを切削速度15m/min、送り量0.005mm/rev、0.05mmステップで加工したところ、NACHIの超硬小径ドリルは10000穴を加工し、さらに継続が可能であった。

(超微粒子系超硬合金の採用増加)

小径ドリルの寿命延長策として一般ドリルと同様、コーティングの適用が増えている。小径ドリルにおけるコーティングは、耐摩耗性ととも平滑性が重要なポイントになる。平滑性を向上することで摩擦抵抗が減少し、切削抵抗の過大による折損を防止する。

オーステナイト系ステンレスSUS304の、微細穴の加工事例を図8に示す。オーステナイト系ステンレスは、被削材として熱伝導率が一般鋼の約1/3であり、切削による発熱が加工物や切りくずに伝わりにくい。
加工硬化が発生しやすいことや、展延性が高く切りくずが伸びやすいなどの特性があり、微細穴加工では難削材の一種である。

5. ものづくりを支える切削加工

穴あけ加工の技術動向について、高能率化を達成するための切削工具と周辺技術について解説してきた。

穴あけ加工は、機械加工の基本の一つであり、これを高能率化することは、生産性向上に大きな効果をもたらす。

とくに、従来は、能率が低くネックになっていた工程の高能率化事例を紹介した。日本の生産技術の

場で新しい加工技術を適用して、高能率を実現させていくことが、製造業の空洞化に歯止めをかけることにもなる。

切削工具は、日本のモノづくりを支える重要な技術である。今後、ワークの多様化に対応し幅広く、とくに材料面での特性をふまえて研究をすすめていく必要がある。

用語解説

※1 P種系超硬

超硬はその組成によりP、K、M及びZ種に大別される。P種は、主として鋼や鋳鉄などの連続した切りくずが出る被削材向けに使用される。

※2 IT7級

ISO規格に規定されている、はめあいの基本公差。

※3 バニッシュドリル

ねじれないダブルマージン（マージンが一溝につき2つ）ドリルで、被削物の直径のばらつき、真円度と面粗さを向上させるドリル。主にアルミ合金の加工に多用される。

※4 チゼル部分

ドリル先端部の逃げ面で形成される交線。Chiselとは「たがね」を意味し、ドリル先端の切削作用がたがねによく似ていることからこう呼ばれる。

※5 ネガ形状

刃物の角度には、正の角度（ポジ）と負の角度（ネガ）がある。負角は切れ刃強度が上がるが、切れ味は鈍る。アクアドリルなどでは外周のラジアル方向すくい角は負角。

※6 チップポケット

切削中の切りくずの生成、収容及び排出を容易にするために工具に設けたくぼみ。

※7 パラボリック形状

深穴加工用ドリルの断面形状。放射線を組み合わせたとような形状で剛性と切りくず排出性に優れる。

※8 ドロップレット

PVD（物理蒸着）コーティングで発生する、金属がイオン化されずに工具表面にそのまま付く現象。これが多いと膜表面粗さが悪くなる。

※9 エステル油

合成油の1つで、原油から取れるもの（PAO）と、一部、油脂からとれる成分を化学合成させて作る。粘度が低くても油膜切れしにくい。

※10 レビンダー効果

潤滑油を金属表面に塗布することによって、自由エネルギーが減少し、表面応力が減少する。レビンダーが発見した効果。

※11 ストレートドリルとルーマ形ドリル

前者は刃先直径と柄径が同径の一般的なドリルで、後者は刃先直径と柄径が異なるドリル。エンドミルシャンクを持つドリルは、ルーマ形ドリルに入る。

※12 心厚

ドリル先端部における、溝底によって形成された厚み。

※13 加工硬化

「ひずみ硬化」ともいう。金属に応力を与えると結晶のすべりが生じ、そのすべり面に対しての抵抗がだんだん増してくる。抵抗がある程度大きくなると他の面に順次移っていく（塑性変形）。冷間加工あるいは切削加工により変形が進むほど抵抗が大きくなり、金属は硬さを増していくことを加工硬化という。

※14 展延性

金属の塑性（力を加えると元に戻らない性質）のことで、展（＝ひろげる）延（＝のばす）加工により薄板、箔、深絞りや線の製造に利用できる性質のこと。

〈注記〉

本稿は、日刊工業新聞2004年2月16日（月）

特集「高精度・高能率加工を追及する“ドリル穴開け加工技術”」として掲載されました。

本 社	本社・富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	Tel.076-423-5111	Fax.076-493-5211
	東京本社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5111	Fax.03-5568-5206
http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/					
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具 マシナリー ロボット ベアリング	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221 Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242 Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5251 Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231
	東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル 油圧機器	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313 Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978
	滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン カーハイドロリクス クリーンサーモ コーティング 精密成形	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2630 Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324 Tel.076-471-2981 Fax.076-471-2987 Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989 Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992
	水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081
	営業拠点	東日本支社 北関東支店 北海道営業所 東北営業所	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F 群馬県太田市下浜田町1087-7 札幌市東区本町1条10-4-10 福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F	〒105-0021 〒373-0821 〒065-0041 〒963-8025	Tel.03-5568-5280 Tel.0276-46-7511 Tel.011-782-0006 Tel.024-991-4511
	中日本支社 東海支店 北陸支店	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル 浜松市砂山町353-3 大協土地ビル7F 富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒465-0095 〒430-0926 〒930-0966	Tel.052-769-6811 Tel.053-454-4160 Tel.076-425-8013	Fax.052-769-6830 Fax.053-454-4845 Fax.076-493-5215
	西日本支社 中国四国支店 広島営業部 九州支店	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル 岡山市西古松2-2-30 広島市安佐南区西原8-25-10 福岡市博多区山王1-10-30	〒578-8522 〒700-0927 〒731-0113 〒812-0015	Tel.06-6748-2510 Tel.086-244-0002 Tel.082-832-5111 Tel.092-441-2505	Fax.06-6748-1955 Fax.086-243-4346 Fax.082-832-5114 Fax.092-471-6600
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A. BRASIL			
	EUROPE	SPAIN CZECH			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE THAILAND TAIWAN KOREA CHINA			
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A. CANADA MEXICO			
	EUROPE	GERMANY SPAIN U.K. ITALY			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE VIETNAM MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES CHINA TAIWAN THAILAND KOREA AUSTRALIA			