

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Machining

Vol. **26** B1  
October/2013

マシニング事業

■ 新商品・適用事例紹介

リーマレス加工を実現する  
「アクアドリルEXオイルホール3フルート」  
"AQUA Drills EX Oil-Hole 3 Flutes"  
which realizes processing of a reamer-less

〈キーワード〉 リーマレス・高精度加工・高能率加工  
工程短縮・アクアEXコート・耐摩耗性

ラウンドツール製造所／技術部／技術開発  
北森 一範 Kazunori Kitamori

## 要 旨

ユーザーニーズの多様化にともない、商品のライフサイクルは短縮化の傾向にある。そのため、機械加工の分野においても多品種少ロット、低コスト、短納期対応が必要不可欠となっている。切削工具は、材料技術、コーティング技術、形状の工夫により高精度・高能率、長寿命へと進み、ものづくりの分野に大きく貢献してきた。その中で、切削加工プロセスで大きな割合を占める穴あけ加工においては、加工工程の見直しによるコストダウンが必須になっている。

NACHIは、リーマレス加工を実現できる「アクアドリルEXオイルホール3フルート」を開発した。アクアドリルEXオイルホール3フルートは、切削バランスに優れた3枚刃の採用と求心性、切りくず分断性を高めた特殊切れ刃形状で、高精度かつ高能率な加工を実現する。また、油穴の採用により、ステンレス鋼の加工が可能となり、幅広い被削材に対応できる。

## Abstract

A product lifecycle is likely to be shortened due to diversification of needs among users. Thus, the undertakings are essential to realize many types of small-lot products, lower cost and shorter lead time in the machining, as well. In the cutting tools, the technologies in material and coating and innovative ideas in geometries led to high precision, high performance and longevity of tools and have greatly contributed to the field of manufacturing. Among various cutting processes, the drilling takes up the majority and necessitates the reduction of cost with review of processes.

Nachi has developed Aqua Drill EX Oil-Hole 3 Flutes which enables the reamer-less machining. Aqua Drill EX Oil-Hole 3 Flutes achieves the highly-accurate, highly-efficient drilling with three flutes of the excellent cutting balance and centripetal force and with flutes' special geometries that divide cutting chips into pieces. In addition, the drilling of stainless steel is possible because of use of oil holes, making it be widely applicable to the drilling of various materials.

## 1.高精度加工を可能にする工具開発

一般に、ドリル加工でIT公差7～8級程度の高精度穴を加工する場合、穴あけを行なった後、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り、加工能率の低下、工具費の増大の問題が発生する。その工程を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、<sup>※1</sup>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、「アクアドリルEXオイルホール3フルート(図1)」を開発した。アクアドリルEXオイルホール3フルートは、溝・刃先形状の最適化および油穴の採用により、切りくずの分断性・排出性を大幅に向上させ、リーマレスな高精度加工と、高速高送りの高能率加工を実現した。



図1 アクアドリルEXオイルホール3フルートの外観



## 2. アクアドリルEXオイルホール3フルートの紹介

### 1) アクアドリルEXオイルホール3フルートの特長

アクアドリルEXオイルホール3フルートの大きな特長を以下に示す。

- ・切削バランスに優れた3枚刃と、求心性および切りくず排出性を高めた特殊切れ刃形状と溝形状の採用により、リーマ級の高精度な穴あけが可能である。
- ・オイルホールを採用し、効率的な切りくず排出性と冷却効果を与えることができ、穴深さ5Dまでの高速高送りによる高能率加工を実現できる。また、ステンレス鋼を含む、広範な被削材に適用が可能である。

### 2) アクアドリルEXオイルホール3フルートの形状

通常の2枚刃のドリル加工では、チゼル偏心や取り付けの振れなどで食い付き時に滑りが生じ、回転中心が移動するチゼルの歩み現象が発生しやすい。そのまま加工が進むと左右の切れ刃にアンバランスが発生し、ドリルには曲げの力が加わる。これを繰り返すため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、部品の嵌合などに向かない。

アクアドリルEXオイルホール3フルートは3つの切れ刃が等分に配置されており、1つの切れ刃の切削抵抗のアンバランスを他の2つの切れ刃で分散するため、曲げの影響を受けにくく、高精度な穴加工が可能になる。

#### <ネガ切れ刃の採用>

※3  
※4  
切れ刃のコーナー部を、図2に示すように大きくネガ形状にすることで、最外周部に発生する最も大きな切削抵抗を、三方向から中心方向へ作用させるこ

とで求心性をもった加工となり、穴の拡大を抑え、真円度の高い穴加工ができる。穴あけ加工時の切削抵抗-リサージュ波形を図3に示す。アクアドリルEXオイルホール3フルートの分力は、従来品に対してX方向で38.5%、Y方向で39.5%小さくなり、安定した加工が可能である。

#### <切りくず分断性を向上させた切れ刃形状の採用>

3枚刃ドリルは、必然的に1つの溝の容積が少なくなり切りくずが詰まりやすくなる。この問題に対し、アクアドリルEXオイルホール3フルートでは、大きく中凹に変曲した切れ刃形状を採用し、切りくずのカール性を促進させ、細かく分断した切りくずを生成することで排出性を向上している。(図2)



図2 アクアドリルEXオイルホール3フルートの外観

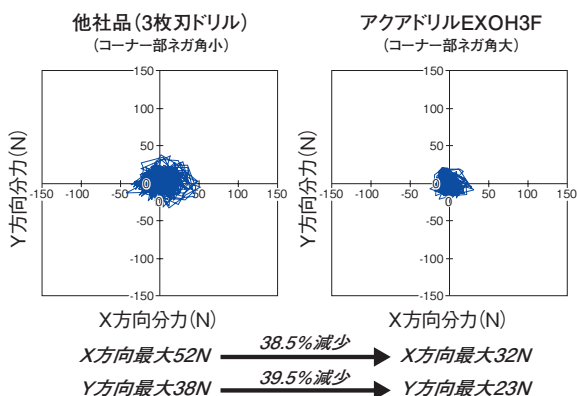


図3 XYリサージュ波形

### 3. アクアEXコート of 採用

アクアドリルEXオイルホール3フルートのコーティングには、複合多層膜であるアクアEXコーティングを採用している。図4にアクアEXコーティングの断面構造を示す。

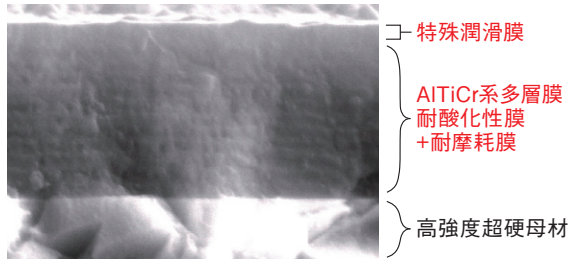


図4 アクアEXコーティングの断面構造

アクアEXコートは、最表層に成膜した特殊潤滑膜と、平滑化処理を併用することで、スムーズな切りくず排出性を実現している。また、膜中に、Al含有量の多い膜を配置することで高い耐酸化性(1,100℃)を確保している。さらに、AlTiCr系膜の多層化により、膜の亀裂伝搬を抑制すると共に、適度な圧縮応力を与えることで膜の高硬度化(3,300HV)を実現し、高い耐摩耗性が得られる。

このように、アクアEXコートは、優れた潤滑性、高い耐熱性・耐摩耗性が得られ、ドリル用コーティング膜に要求される特性を持っている。

# 4. アクアドリルEXオイルホール3フルートの切削性能

## 性能比較1-1

### ～ S50Cの加工における穴精度と寿命～

被削材S50C(180HB)におけるアクアドリルEXオイルホール3フルート5Dと他社同等品の穴精度(穴拡大量、面粗さ、真円度)および寿命比較を行なった結果を図5に示す。ドリル直径φ6.0mm、穴深さ30mm(止まり穴)を切削速度120m/min、送り量0.24mm/rev(4% D)の切削条件で比較した。他社品は10μm以上に穴が拡大し、3,697穴で折損したのに対し、アクアドリルEXオイルホール3フルートは穴拡大量が6.5μm以下で推移し、寿命穴数は5,000穴と1.3倍以上の加工が可能である。

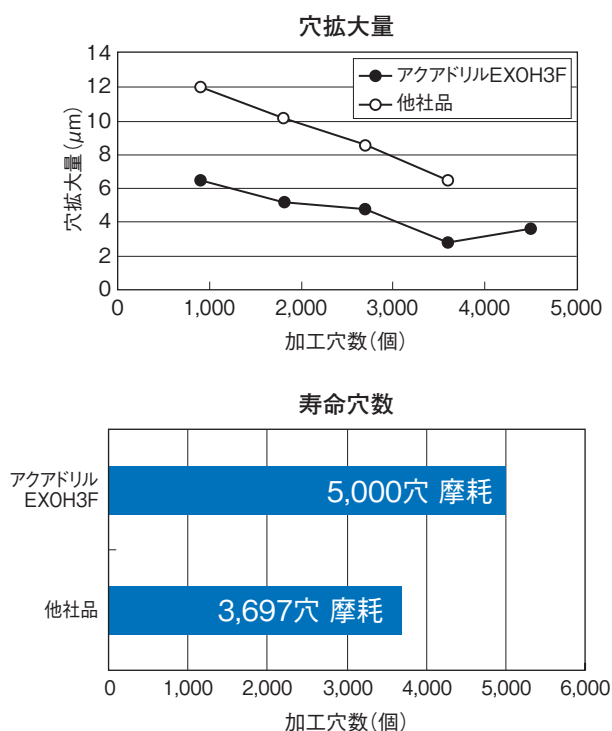
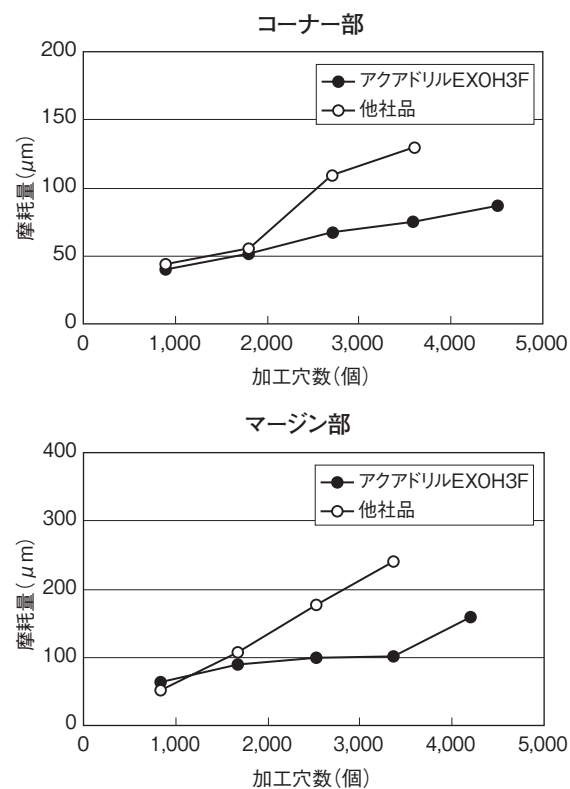


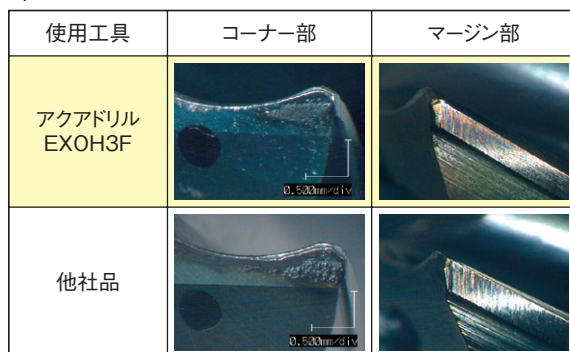
図5 穴精度と寿命比較

さらに、アクアドリルEXオイルホール3フルートの穴精度は、面粗度Ra0.27μm、真円度8.74μmと高品位で長寿命な加工を実現している。

図6には摩耗量を比較した結果を示す。アクアドリルEXオイルホール3フルートは、同一加工穴数(加工穴数3,600穴時点)のコーナー摩耗量で約6割、マージン摩耗量で約4割であり、耐摩耗性に優れている。



### 3,600穴加工後



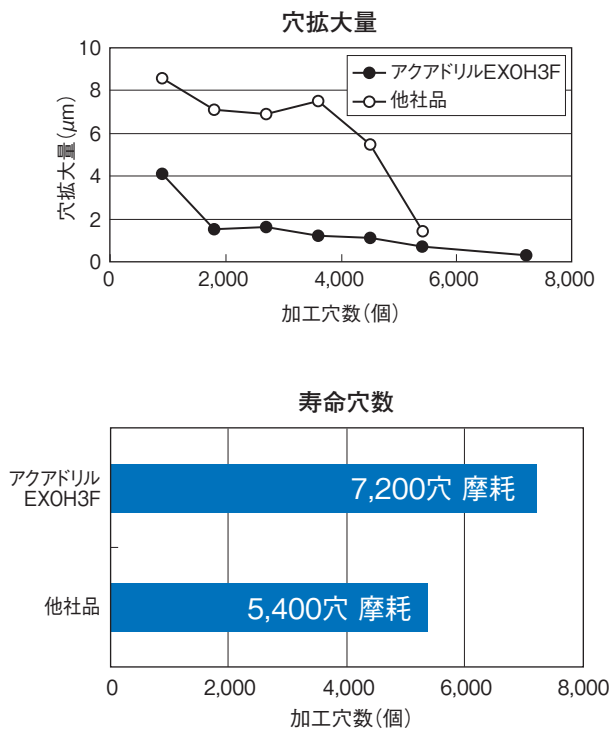
被削材 : S50C (180HB)      送り量 : 0.24mm/rev 4%D送り  
 ドリル : AQDEXOH3F5D      穴深さ : 30mm (止まり穴)  
 ドリル径 : 6.0mm      切削油剤 : 水溶性 (内部給油)  
 切削速度 : 120m/min      使用機械 : 縦型MC (BT40)

図6 摩耗量の比較

性能比較1-2

～SCM440Hの加工における穴精度と寿命～

被削材SCM440H(310HB)におけるアクアドリルEXオイルホール3フルート5Dと他社同等品の穴精度(穴拡大量、面粗さ、真円度)および寿命比較を行なった結果を図7に示す。ドリル直径φ6.0mm、穴深さ30mm(止まり穴)を切削速度75m/min、送り量0.24mm/rev(4% D)の切削条件で比較した。他社品は10μm程度まで穴が拡大し、5,400穴の摩耗寿命に対し、アクアドリルEXオイルホール3フルートは穴拡大量が5μm以下で推移し、寿命穴数は7,200穴と約1.3倍の加工が可能である。



面粗度、真円度

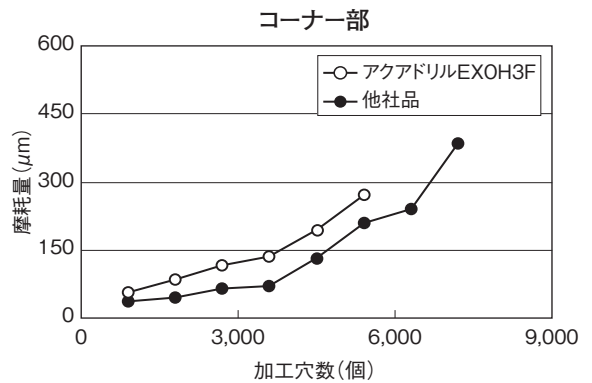
使用工具	面粗さRa(μm)	真円度(μm)
NACHI	0.35	6.03
他社品	0.47	8.21

被削材 : SCM440H (310HB)  
 ドリル : AQDEXOH3F5D  
 ドリル径 : 6.0mm  
 切削速度 : 75m/min  
 送り量 : 0.24mm/rev 4%D送り  
 穴深さ : 30mm(止まり穴)  
 切削油剤 : 水溶性(内部給油)  
 使用機械 : 縦型MC (BT40)

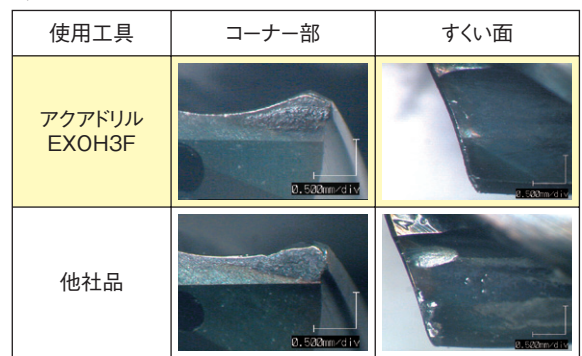
図7 穴精度と寿命比較

工が可能である。さらに、アクアドリルEXオイルホール3フルートの穴精度は、面粗度Ra0.35μm、真円度6.03μmと、被削材SCM440Hにおいても高品位で長寿命な加工を実現している。

図8には、摩耗量を比較した結果を示す。アクアドリルEXオイルホール3フルートは、同一加工穴数(加工穴数5,400穴時点)でのコーナー摩耗量が約7.5割であり、またすくい面摩耗も小さく、耐摩耗性に優れている。



5,400穴加工後



被削材 : SCM440H (310HB)  
 ドリル : AQDEXOH3F5D  
 ドリル径 : 6.0mm  
 切削速度 : 75m/min  
 送り量 : 0.24mm/rev 4%D送り  
 穴深さ : 30mm(止まり穴)  
 切削油剤 : 水溶性(内部給油)  
 使用機械 : 縦型MC (BT40)

図8 摩耗量の比較



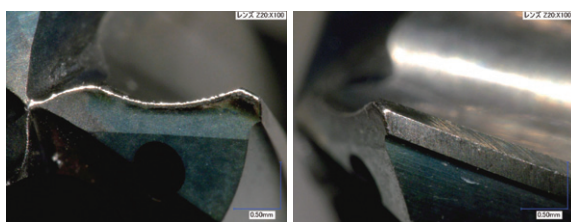
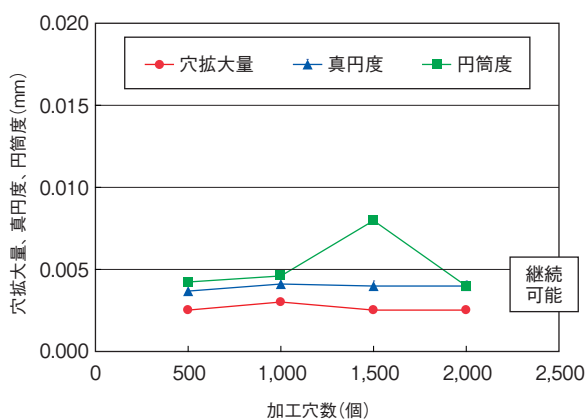
## 性能比較2 ～ステンレス鋼の加工事例～

ステンレス鋼SUS304の穴あけ加工におけるアクアドリルEXオイルホール3フルート3Dを使用した際の工程短縮の事例を紹介する。切削条件は、ドリル直径φ4.4mm、穴深さ7mm(貫通穴)を切削速度40m/min、送り量0.105mm/rev(2.4%D)で2,260穴まで加工した事例である。

従来の加工法は、センタ(面取り)+ドリル+リーマ加工の3工程を行っていたが、センタ加工後にアクアドリルEXオイルホール3フルート3Dで1発加工(センタを合わせて2工程)を行なうことで、リーマ仕上げと同等以上の高精度の穴加工を実

現している。図9には、2,000穴加工までの穴拡大量、真円度、円筒度の推移と、2,260穴加工後の摩耗写真を示す。穴拡大量0.005mm以下、真円度0.005mm以下、円筒度0.010mm以下で高精度な穴となっており、2,260穴加工後の摩耗も小さく、継続使用が可能である。

このようにアクアドリルEXオイルホール3フルートは高精度穴加工が可能であり、ドリルによる下穴加工とリーマ仕上げ加工を集約することも可能である。



被削材 : SUS304  
 ドリル : AQDEXOH3F3D  
 ドリル径 : 4.4mm  
 切削速度 : 40m/min  
 送り量 : 0.105mm/rev 2.4%D送り  
 穴深さ : 7mm (貫通穴)  
 切削油剤 : 水溶性 (内部給油)  
 使用機械 : 縦型MC (BT40)  
 穴加工数 : 2,260穴

2,260穴加工時の摩耗量  
 逃げ面摩耗 0.030mm  
 コーナ摩耗 0.034mm  
 継続使用可能

図9 ステンレス鋼(SUS304)の加工における穴精度

## 5. アクアドリルEXオイルホール3フルートのラインナップ

アクアドリルEXオイルホール3フルートは、穴深さ3D用および5D用として、それぞれ直径 $\phi$ 3.0から $\phi$ 16.0まで0.5mm飛びの寸法とタップ下穴寸法を揃えており、全74寸法をラインナップしている。

## 6. 工程短縮によるコスト削減と使用上の留意点

前述のとおり、アクアドリルEXオイルホール3フルートは、リーマ加工の代替になる加工精度が得られるため、下穴加工とリーマ加工を集約した工程短縮が可能となり、生産性向上、コスト低減に大きく寄与できると考えられる。ただし、これは完全なリーマレス加工を保証するものではなく、被削材

や加工環境によっては穴精度が悪化することもあり得る。しかし、ワーククランプの安定やドリル取り付け精度に十分留意していただき、最適な切削条件を選定することにより、ほとんどの場合でリーマレス加工が達成できるものと思われる。

### 用語解説

- ※1 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。
- ※2 チゼル部分：ドリル先端部の逃げ面で構成される交線。
- ※3 コーナー部：ドリル切れ刃と外周マージンの境界部分
- ※4 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。
- ※5 リサージュ波形：X方向とY方向にかかる切削抵抗をプロットした波形

### 参考文献

- 1) 関口徹：高精度・高能率加工を追求する「ドリル穴あけ加工技術」NACHI-BUSINESS NEWS Vol.3 A1, May (2004)