

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Machining

Vol. **29** B1  
June/2015

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EX3フルートシリーズ」  
"AQUA Drills EX 3Flutes"  
Which Realizes Processing of a Reamer-less

〈キーワード〉 リーマレス・アクアドリルEX3フルート  
高精度・3枚刃・高能率

ラウンドツール製造所／技術部  
日高 正輝 Masaki Hidaka

## 要 旨

加工現場における部品の高精度、低コスト化、短納期対応は永遠の課題である。この課題に対し、切削工具は材料、工具形状、表面処理の改良・改善をすすめ、生産性の向上に貢献してきた。穴加工においては、ドリルの母材がハイス材から超硬の適用により高能率加工がすすみ、ドリル内部に油穴を追加することで深穴加工のノンステップ加工も可能となってきた。今後、より高いユーザーニーズに対応するためには、切削工具に多くの機能を付加させることが重要と考える。

NACHIは、リーマレス加工を実現できるドリルとして「アクアドリルEXオイルホール3フルート」を2013年に発売し、シリーズ展開をすすめてきた。2014年にはより深い穴あけに対応した「アクアドリルEXオイルホール3フルート10D」、外部給油に対応した「アクアドリルEX3フルートレギュラ」、50HRC以上の高硬度焼入れ材に対応した「アクアドリルEX3フルートハード」を追加し、幅広い用途にあわせた最適な選定が可能となっている。

## Abstract

Realization of highly accurate parts, low cost and short lead time is the perpetual challenge at a manufacturing floor. For this challenge, a cutting tool has played a role to contribute to the improvement in tool form, surface treatment and productivity.

In drilling, the high-performance drilling has been advanced with use of carbide replaced from HSS for the base material and the non-stop, deep-hole drilling has become possible with addition of an oil hole inside the drill. It would be important to add many functions to cutting tools going forward, in order to respond to the users' needs at a higher-level.

NACHI launched "Aqua Drill EX Oil Hole 3 Flutes" which enables reamer-less drilling in 2013 and thereafter has developed the series. In 2014, "Aqua Drill EX Oil Hole 3 Flutes 10D" for deeper drilling, "Aqua Drill EX 3 Flutes Regular" for the drilling with external cutting fluid application and "Aqua Drill EX 3 Flutes Hard" for the drilling of the quenched material with high hardness of 50 HRC or more were added, making it possible for customers to select the optimum drill for usage.

## 1. 高精度穴加工を実現するために

一般に、穴あけ加工でIT公差7～8級程度の高精度穴加工をする場合、ドリルで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る。そのため、2工程以上の加工が必要となり、加工能率の低下、工具費の増大といった問題が発生する。この2工程を1工程に集約することで加工時間を大きく短縮できるだけでなく、工具費も削減することができる。高精度穴加工は、被削材がアルミや鋳鉄の場合は、<sup>※1</sup>パニッシュドドリルの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EX3フルートシリーズ」を開発した。図1に「アクアドリルEX3フルートシリーズ」の外観を示す。



図1 「アクアドリルEX3フルートシリーズ」の外観



## 2. 「アクアドリルEX3フルートシリーズ」の特長

切削バランスに優れた3枚刃と、求心性および切りくずの分断性・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。また、切削油剤の供給は内部、外部の両方から選択が可能なシリーズであり、幅広い切削条件に対応している。

## 3. 「アクアドリルEX3フルートシリーズ」のラインナップ

### ●アクアドリルEXオイルホール3フルートシリーズ

オイルホールを採用し、炭素鋼、合金鋼からステンレス鋼まで幅広い被削材に対し、穴径 $\phi 3 \sim \phi 16$ 、穴深さ別に3D、5D、10Dの高精度加工に対応する。

### ●アクアドリルEX3フルートレギュラ

切りくず分断性の高い切れ刃形状と排出性の高い溝形状により、外部からの切削油剤供給で穴径 $\phi 3 \sim \phi 16$ 、深さ5Dの高精度加工に対応する。

### ●アクアドリルEX3フルートハード

特殊二段先端角の採用で切れ刃の耐欠損性を高め、大きな心厚、弱ねじれ角の形状を採用し本体剛性を向上した。50HRC以上の高硬度焼入れ材に対し、穴径 $\phi 3 \sim \phi 16$ 、穴深さ3Dの高精度加工に対応する。

## 4. 「アクアドリルEX3フルート」の形状

### ●3枚刃の採用

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すべりが生じ、回転中心が移動するチゼルの歩み現象が発生しやすい。そのまま加工がすす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3角形や5角形などの奇数の多角形になり、真円度は劣り、部品の嵌合などに向かない。

「アクアドリルEX3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

図2に「アクアドリルEX3フルート」の刃先形状を示す。切れ刃のコーナー部を、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<sup>※2</sup>リサージュ波形を図3に示す。「アクアドリルEX3フルート」の分力は、従来品に対してX方向、Y方向で約40%小さくなり、安定した加工を実現している。

### ●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、2枚刃のドリルに対して必然的に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EX3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)

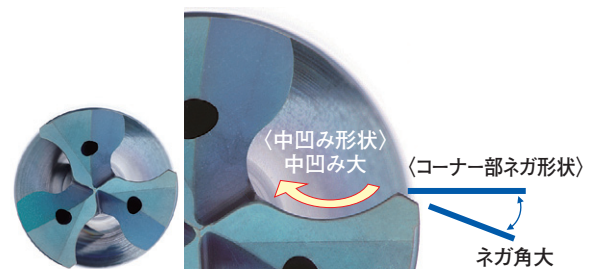


図2 「アクアドリルEX3フルート」の刃先形状

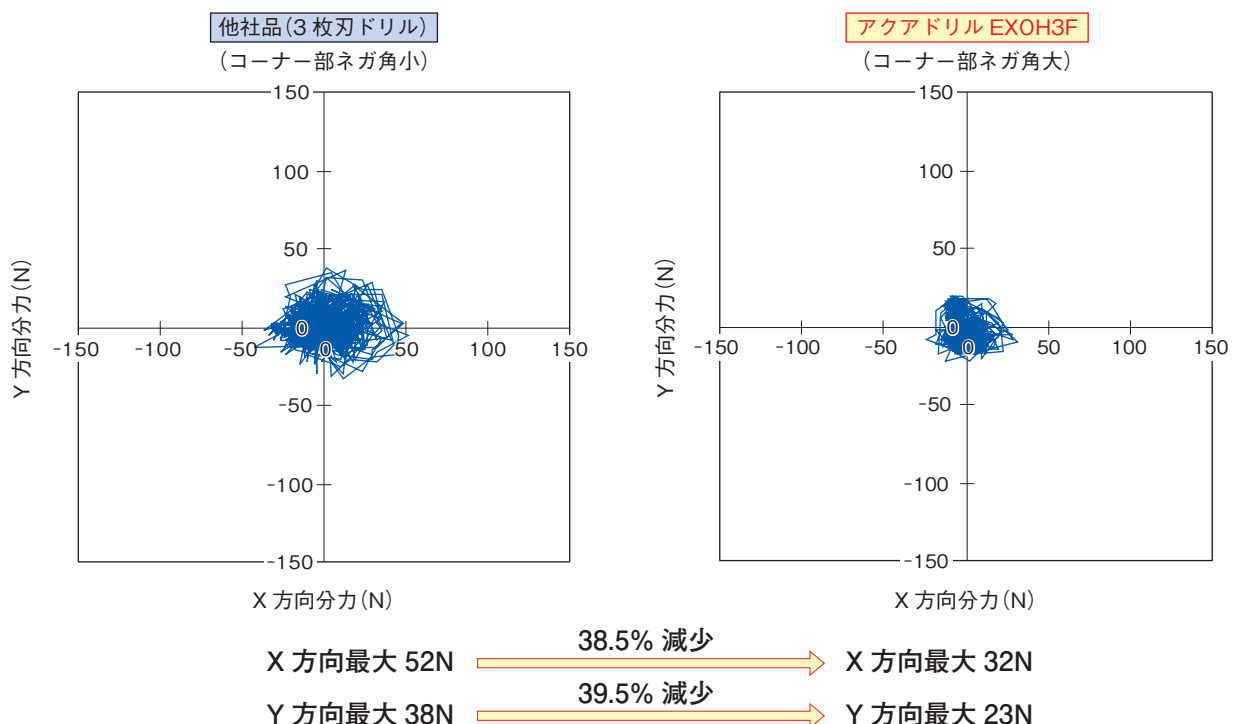


図3 XYリサージュ波形

# 5. 「アクアドリルEXオイルホール3フルート」の加工事例

## 加工事例1

～リーマとの加工能率比較～

「アクアドリルEXオイルホール3フルート3D」と従来の高精度穴加工法との加工能率、加工精度を比較した事例を紹介する。炭素鋼S50C(180HB)に、ドリル直径6.0mm、穴深さ20mm(止まり穴)を高精度に加工する。(図4)

従来の加工法は、ドリル(下穴)+リーマ(仕上げ)

の2工程を行っていたのに対し、改善工程では「アクアドリルEXオイルホール3フルート3D」で1発仕上げ加工を行なうことで、6穴連続加工した際の加工時間を従来工程102秒から12秒と1/8以下の大幅短縮に成功している。穴精度は、穴径6.003mm、真円度4.7 $\mu$ mであり、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5)

工程	I	II	6穴の加工時間
従来工程	下穴 18秒	仕上げ 84秒	102秒
改善工程 (AQDEX OH3F3D)	仕上げ 12秒	仕上げ	12秒

工程		使用工具	工具寸法	切削速度	送り速度	穴深さ
従来工程	I	AQDEXS	$\phi 5.8 \times 27 \times 65 \times \phi 6$	80m/min	660m/min	20mm
	II	他社超硬リーマ	$\phi 6 \times 30 \times 80 \times \phi 6$	15m/min	96mm/min	18mm
改善工程	I	AQDEXOH3F3D	$\phi 6 \times 30 \times 82 \times \phi 6$	100m/min	1,280mm/min	20mm

被削材:S50C(180HB) 切削油剤:水溶性切削油剤

図4 従来工程と改善工程の比較

	従来工程 リーマ仕上げ	改善工程 AQDEXOH3F3D
穴径	6.003mm	6.003mm
真円度	14.7 $\mu$ m	4.7 $\mu$ m

図5 リーマ加工との穴精度比較

加工事例2

～ステンレス鋼の深穴加工～

ステンレス鋼SUS304の深穴加工(L/D=10)における「アクアドリルEXオイルホール3フルート10D」と他社品の穴精度(穴拡大量)比較を行なった事例を図6に示す。ドリル直径5.0mm、穴深さ50mm(止まり穴)を切削速度50m/min、送り量0.175mm/revの切削条件で比較した。他社品は20 $\mu$ m以上穴が縮小したのに対し、「アクアドリルEXオイルホール3フルート」は穴拡大量が10 $\mu$ m以下で推移しており、穴公差H8を満足する高品位な加工を実現している。また、他社品と比較しても同一加工穴数(加工穴数500穴時点)での摩耗進行が少なく、摩耗量は60%以下である。

加工事例3

～外部給油による加工～

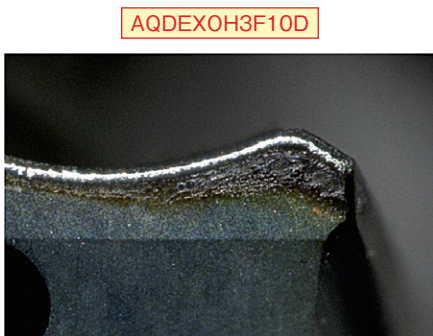
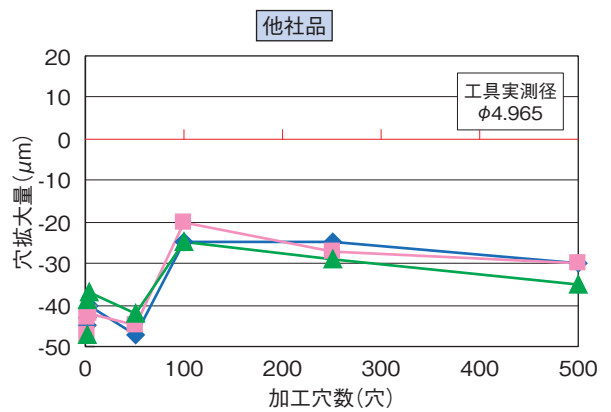
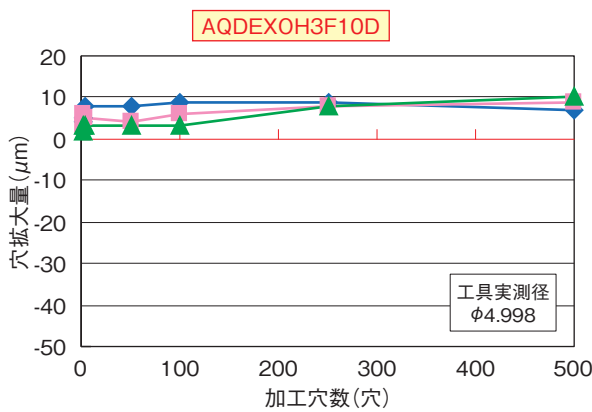
「アクアドリルEX3フルートレギュラ」を用いた外

部給油による加工事例を紹介する。炭素鋼S50C(180HB)にドリル直径6.0mmで、穴深さ30mm(止まり穴)を切削速度70m/min、送り量0.18mm/revの切削条件で外部給油を用いて加工した。図7に穴径、真円度および寿命を比較した結果を示す。他社品は20 $\mu$ m以上穴が拡大したのに対し、「アクアドリルEX3フルートレギュラ」は穴拡大量が安定しており、真円度も優れている。また、1,600穴加工時において他社品はすくい面が大きく欠けているが、「アクアドリルEX3フルートレギュラ」に欠けは見られず、継続加工が可能である。

加工事例4

～高硬度材の加工～

「アクアドリルEX3フルートハード」を用いた高硬度材への加工事例を紹介する。被削材SKD11(60HRC)にドリル直径6.0mmで、穴深さ18mm(通り穴)を切削速度20m/min、送り量0.075mm/



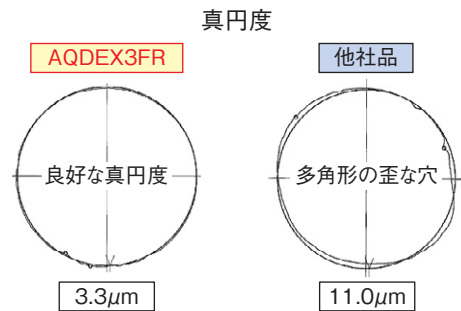
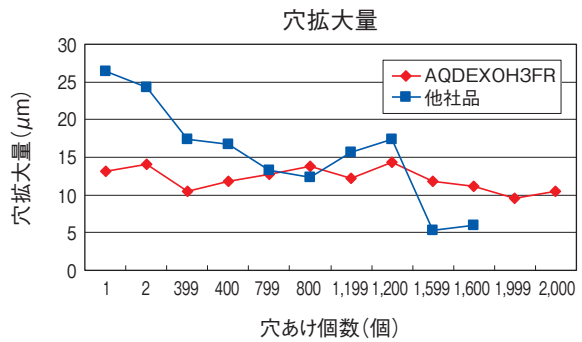
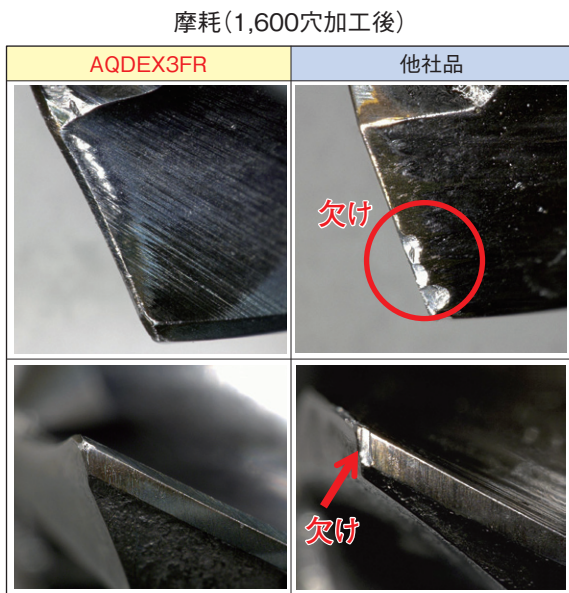
使用工具	工具径	被削材	切削速度	送り量	穴深さ	切削油剤
AQDEXOH3F10D	5.0mm	SUS304	50m/min	0.175mm/rev	50mm (止まり穴)	水溶性 (外部給油)
他社 超硬3枚刃			(3,180min <sup>-1</sup> )	(560mm/min)		

図6 ステンレス鋼(深穴加工)への高精度加工

revの切削条件で加工した。図8に穴径、真円度および寿命を比較した結果を示す。高硬度材を切削した場合には穴径の縮小が発生しやすく、他社品は初期から穴径が縮小しているのに対し、「アクアドリルEX3フルートハード」は穴径推移の変化が小さく安定しており、高硬度材においてもリーマレス加工を行なうことが可能である。また、加工寿命において他社品は348穴で折損しているのに対し、「アクアドリルEX3フルートハード」は600穴以降も継続加工が可能である。切れ刃形状は高硬度材

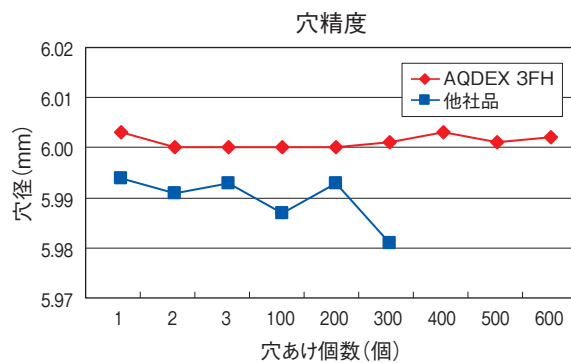
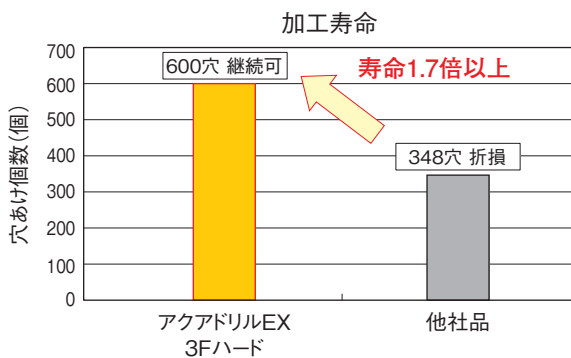
用の専用設計とし、さらに最適な材料を採用することで、切れ刃のチッピングを抑制、本体剛性を高めて長寿命を達成している。

このように「アクアドリルEX3フルートシリーズ」は一般鋼からステンレス鋼、高硬度材などの難削材においても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の2工程を1工程へ集約することも可能であり、大幅な生産性の改善が期待できる。



使用工具	工具径	被削材	切削速度	送り量	ステップ量	穴深さ	切削油剤
AQDEX3FR	6.0mm	S50C (180HB)	70m/min (3,700min <sup>-1</sup> )	0.18mm/rev (670mm/min)	6.0mm	30mm (止まり穴)	水溶性 (外部給油)
他社 超硬3枚刃							

図7 外部給油を用いた高精度加工



使用工具	工具径	被削材	切削速度	送り量	穴深さ	切削油剤
AQDEX3FH	6.0mm	SKD11 (60HRC)	20m/min (1,060min <sup>-1</sup> )	0.075mm/rev (80mm/min)	18mm (通り穴)	水溶性 (外部給油)
他社 超硬3枚刃						

図8 高硬度材への高精度加工

## 6. 使用上の留意点

前述のとおり、「アクアドリルEX3フルート」は、リーマ加工の代替になる加工精度が得られ、下穴加工とリーマ加工を集約した高精度加工が可能となり、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1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 リサーチ波形  
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) 北森一範:高精度加工を実現する  
「アクアドリルEXオイルホール3フルート」  
NACHI-BUSINESS NEWS Vol.26 B1, Oct (2013)
- 2) 杉木隆春:「リーマレス加工を実現するドリル」機械と工具  
2015年3月号