

B2 Machining

ものづくりの世界に革命を起こす

「アクアREVOドリルマイクロ」

"AquaREVO Drills Micro" Revolutionary Drill to the World of Manufacturing

キーワード | アクアREVOドリルシリーズ・小径穴あけ加工
マイクロドリル・マイクロドリル専用材・REVO-Dコーティング

工具事業部／工具技術部

堀川 翔平 Shohei Horikawa

要 旨

近年、電機電子をはじめ様々な分野において、工業製品の小型化、高機能化がすすみ、小径の穴あけ加工が増えている。しかし、マイクロドリルは、その細さゆえの突発的な折損が課題となっており、“安定加工できるマイクロドリル”のニーズは非常に高い。

本稿では、超硬マイクロドリル専用材を開発し、ドリル形状、コーティングに至るまで徹底して折れにくさを追求した「アクアREVOドリルマイクロ」の特長ならびに加工事例を紹介する。本ドリルは従来のマイクロドリルに対して寿命、加工能率が飛躍的に向上し、幅広い被削材で、安定した小径穴加工を提供できるドリルである。

Abstract

In recent years, industrial products such as electric/electronic products and the products of various sectors have become compact with higher performance, which has led to the increase in drilling of a small diameter. However, there is a challenge in that a micro drill can suddenly break due to its slim shape. Thus there is an extremely high demand for a micro drill with stable drilling function.

In this article, introduced are the features and drilling examples of “AquaRevo Drills Micro” for which NACHI has developed an exclusive material for a carbide micro drill and has thoroughly investigated drill geometry to coating to achieve non-breakage. AquaRevo Drills Micro is greatly improved in its life and drilling efficiency in comparison with the conventional micro drills, making it possible to provide stable drilling of a small diameter for wide-ranging materials.

1. 開発の背景

工業製品の小型化、高機能化に伴い、電機電子をはじめ、金型、自動車分野などにおいて、小径穴あけ加工の需要が増加している。しかし、マイクロドリルは、その細さゆえの突発的な折損が大きな課題となっている。例えば、切りくず詰まりによる切削抵抗の増大や、穴位置精度が悪いことによる曲げモーメントの発生で、容易に折損してしまう。よって、多くの生産現場では突発折損を防止するため、能率を下げた切削条件で加工が行なわれているのが現状であり、安定した長寿命、高能率加工が望まれている。

これらの課題を解決するために開発した「アクアREVOドリルマイクロ」(図1)は、“折れにくく長寿命”と“寿命ばらつきの少ない安定加工”をコンセプトとし、さらに、高能率加工による生産性向上を実現できるドリルとなっている。

次に「アクアREVOドリルマイクロ」の特長と加工事例を紹介する。



図1 「アクアREVOドリルマイクロ」

2. 「アクアREVOドリルマイクロ」の特長

本開発では、マイクロドリルに求められる特性を追求し、材料、形状、コーティングの要素技術ごとに性能を高め、それらを融合することで従来品を圧倒する性能を実現した。

1) ドリルの材料

今回新しくマイクロドリル専用超硬材を開発するにあたり、工具の耐摩耗性に重要な硬さを保ったまま、折れにくさに重要な強度(抗折力)を向上させることに注力した。具体的には粒径をコントロールした超々微粒子系のWC粉末に、独自の成分設計で添加した原料を混合し焼結した。その結果、新しく開発したマイクロドリル専用材は、従来材に対して抗折力を20%向上させることに成功した。(図2)

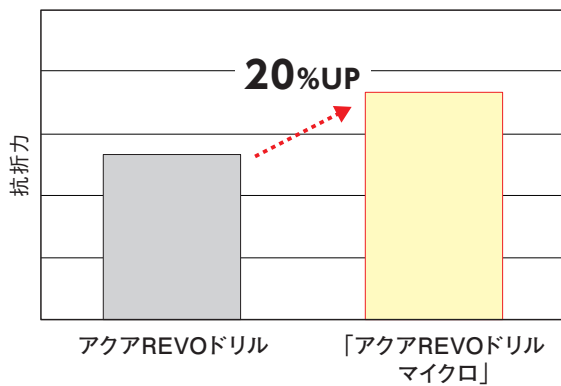


図2 既存製品母材との抗折力比較

2) ドリルの形状

(1) 心厚

ドリルの剛性に寄与する要素は材料だけではなく、形状も大きく関わっており、とくに心厚の大きさが重要となる。図3に切削抵抗と折損トルクの関係を示す。ドリルは切削トルクと折損トルクの差が小さいと折れやすくなる。とくに小径サイズの方が、その差は小さくなり、加工は不安定になる。そのため、「アクアREVOドリルマイクロ」では、小径サイズの心厚を大きくし、工具剛性を確保した。その結果、 $\phi 0.5\text{mm}$ では、ねじり剛性が従来品に比べて1.2倍となり、高い耐折損性を実現した。

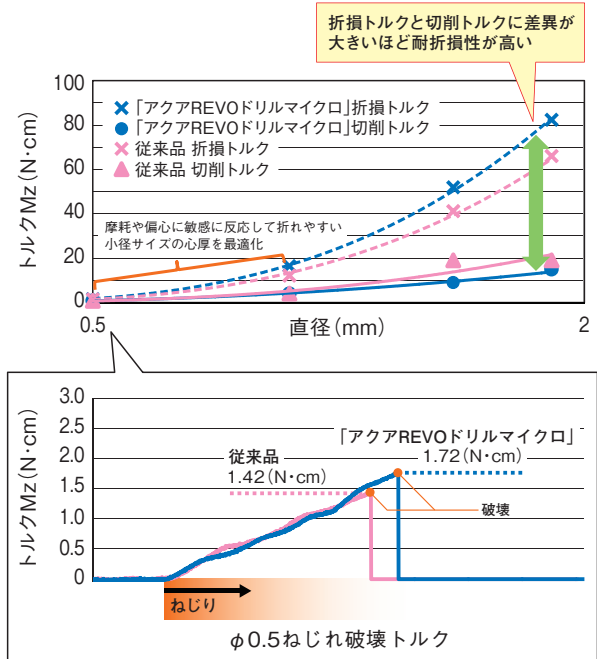


図3 切削抵抗と折損トルクの関係

(2) 刃先形状

折れにくいマイクロドリルにするためには、求心性(高い穴位置精度)と、低切削抵抗も重要である。そこで、シンニング効果の小さい $\phi 1.1\text{mm}$ 未満のドリルでは先端角を 120° と小さくし、食付き性を向上させた。一方で、シンニング効果の大きい $\phi 1.1\text{mm}$ 以上では、X形シンニングを採用した。その結果、図4に示す $\phi 1.9\text{mm}$ のドリルを用いた切削抵抗の評価では、従来品に対し、トルク25%低減、スラスト抵抗は35%低減した。また、その切りくず比較(図5)では、「アクアREVOドリルマイクロ」の切りくずは細かく分断しており、切りくず分断性、排出性に優れていることが分かる。

これらの刃先形状によって、求心性が向上した「アクアREVOドリルマイクロ」は、穴位置精度が25%向上した。(図6)

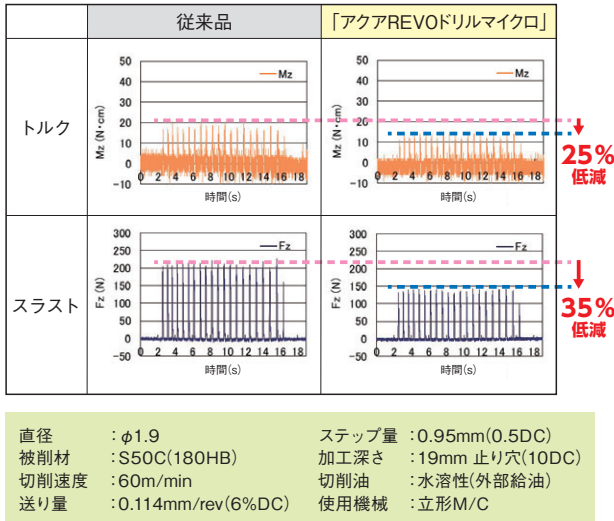


図4 切削抵抗比較

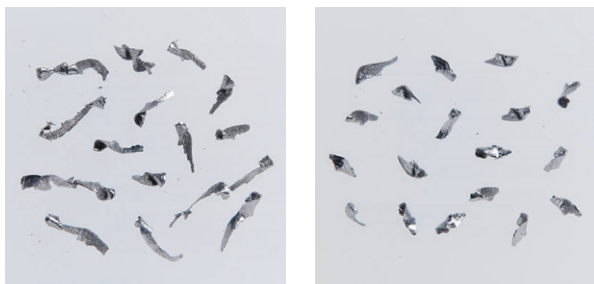


図5 切りくず比較

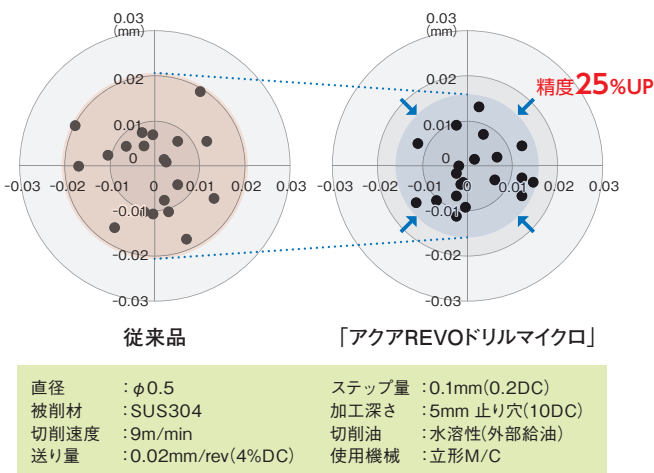


図6 穴位置測定結果

3) コーティング

工具表面に施すコーティングには、REVO-Dコーティングを採用した(図7)。耐摩耗性の高いAlTi系と耐酸化性の高いAlCr系の被膜をナノレベルで積層することで、コーティングの効果を複数もたせるとともに、膜に生じた微小な亀裂が伝播するのを防ぎ、破壊を抑制できる。しかしながら、マイクロドリルでは高い膜応力によりエッジ部が自己破壊してしまう課題がある。そこで、高精度に膜構造および、膜厚をコントロールすることで、切れ刃エッジ部の密着性を高め、工具寿命を向上させた。さらに、コーティング表面には、超平滑化処理を施し、摩擦抵抗を低減することで切りくず排出性を向上させた。(図8)

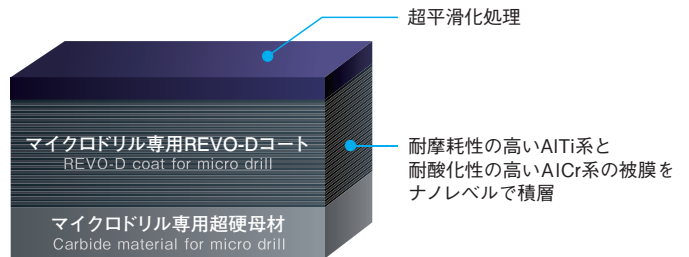


図7 マイクロドリル専用REVO-Dコーティング

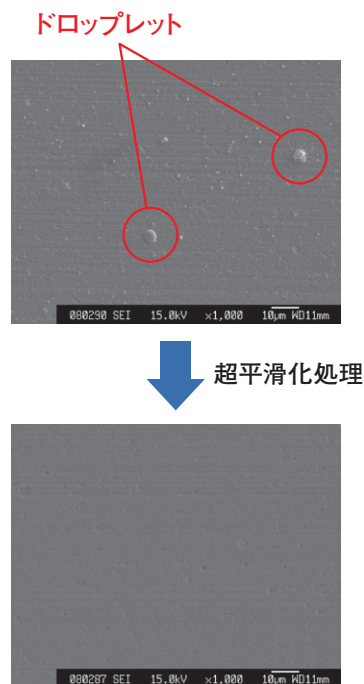


図8 コーティング表面の超平滑化処理

3. 優れた切削性能

「アクアREVOドリルマイクロ」は、前述した材料、形状、コーティング技術の融合により、ドリル剛性、低切削抵抗、優れた切りくず排出性を実現し、長寿命、高能率を可能にしている。また、炭素鋼をはじめ、調質鋼や

高硬度鋼など幅広い被削材に対応している(表1)。ここでは炭素鋼と、ステンレス鋼を加工した事例と、実際にお客様の加工現場での困りごとを解決した事例を紹介する。

表1 被削材対応表

◎:最速 ○:適用

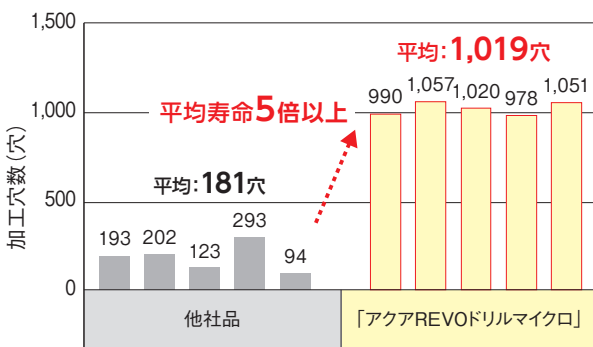
被削材	一般構造用鋼	炭素鋼	合金鋼調質鋼	ダイス鋼 プリハードン鋼	高硬度鋼		鋳鉄	ステンレス鋼			アルミニウム合金
	SS400	S45C S50C	SCM SCr	30 ~ 40 HRC	40 ~ 50 HRC	50 ~ 55 HRC	FC FCD	SUS304 SUS316	SUS420	SUS630	AC ADC
「アクアREVOドリルマイクロ」	○	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	○

1) 長寿命で安定加工

図9に炭素鋼S50Cの加工事例を示す。φ0.5mmのドリルを用いて、深さ5mmの止り穴を切削速度40m/min、送り量は0.03mm/rev、ステップ量を0.1mmとし、水溶性切削油剤にて加工を実施した。他社製ドリルでは、折損寿命のばらつきが大きく、かつ平均で181穴と短寿命であるのに対し、「アクアREVOドリルマイクロ」は、平均寿命で1,019穴とマイクロドリルに求められる“折れにくく長寿命”と“ばらつきのない安定加工”を実現していることが分かる。

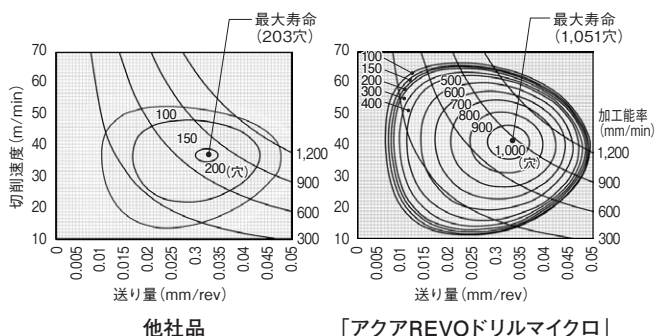
2) 高能率加工

図10にはφ0.5mmのドリルによるS50Cを用いた等寿命線図を示す。この線図は、切削速度と送り量をパラメータに評価した寿命データを、多変量解析により実験式を求め、等しい寿命の条件を地図の等高線のように示したものである。他社製ドリルは、切削速度38m/min、送り量0.033mm/rev、加工能率は798mm/minで最大寿命203穴である。一方、「アクアREVOドリルマイクロ」は、切削速度42m/min、送り量が0.033mm/rev、加工能率は882mm/minで最大寿命1,051穴となり、より高能率でかつ長寿命となっている。



直径	: φ0.5	ステップ量	: 0.1mm(0.2DC)
被削材	: S50C(180HB)	加工深さ	: 5mm 止り穴(10DC)
切削速度	: 40m/min	切削油	: 水溶性(外部給油)
送り量	: 0.03mm/rev(6%DC)	使用機械	: 立形M/C

図9 炭素鋼S50Cの切削寿命評価



最大寿命条件

	他社品	「アクアREVOドリルマイクロ」
切削速度	38m/min	42m/min
送り量	0.033mm/rev(6%DC)	

直径	: φ0.5	加工深さ	: 5mm 止り穴(10DC)
被削材	: S50C(180HB)	切削油	: 水溶性(外部給油)
ステップ量	: 0.1mm(0.2DC)	使用機械	: 立形M/C

図10 等寿命線図

3) 多用途

図11に、ステンレス鋼SUS304の加工事例を示す。ステンレス鋼は熱伝導性が悪いため、加工温度が上昇しやすい。また、加工硬化や溶着といった難削材特有の性質を有する。加工は、φ0.5mmのドリルを用い、深さ5mmの止り穴を、切削速度9m/min、送り量は0.02mm/rev、ステップ量を0.1mmとし、水溶性切削油剤にて実施した。他社製ドリルは平均寿命1,315穴に対し、「アクアREVOドリルマイクロ」は平均寿命3,090穴と2倍以上の長寿命である。また、1,200穴加工後の損傷状態の写真では、他社製ドリルはコーナーに欠けが発生し、早期に折損しているのに対して、「アクアREVOドリルマイクロ」では、摩耗量が小さく正常摩耗であることが分かる。(図12)

次に、NC旋盤を使用した高強度オーステナイト系ステンレス鋼のφ1.55mm穴あけ加工を紹介する。旋盤では、ドリル固定で工作物が回転するため、ドリル回転によるポンプ効果が得られず、切りくず詰まりによる突発折損が起りやすい問題がある。従来品では、工具損傷が激しく(図13) 突発折損が発生したため、加工定数を1,500穴と短く設定していたが、「アクアREVOドリルマイクロ」に切り替えることで、従来の6倍を超える10,000穴でも安定した加工が可能となり、大幅な工具費削減に成功した。

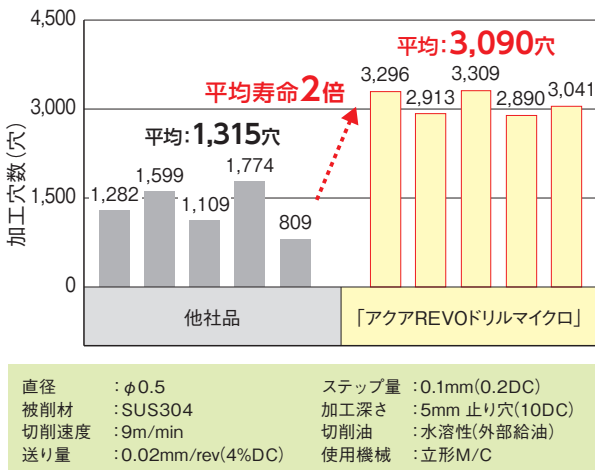


図11 ステンレス鋼SUS304の切削寿命評価



図12 SUS304 1,200穴加工後の摩耗状態

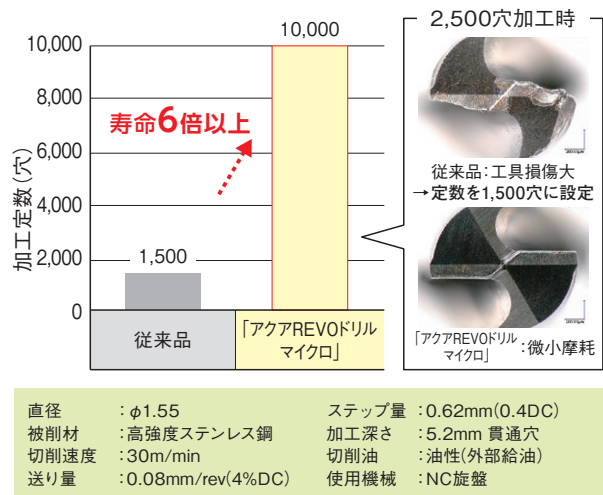


図13 高強度ステンレス鋼の加工事例

4. まとめ

「アクアREVOドリルマイクロ」は、材料から折れにくさを追求し、形状、コーティングを最適化することで、長寿命、高能率といった優れた性能を実現した。

とくに材料については、マイクロドリルの加工状態の解析から必要な材料特性を見極め、NACHIマテリアル部門でマイクロドリル専用材をあらたに開発した。

材料については、NACHI TECHNICAL REPORT Vol.40の「アクアREVOドリルマイクロ専用超硬合金の開発」で解説しているので、そちらもあわせてご確認いただきたい。

今後もアクアREVOドリルシリーズのラインナップを拡充して、幅広いユーザーのニーズに応じていく。