

アクアドリルシリーズの紹介

(アクアドリル3フルート, アクアドリルハード, アクアマイクロドリル)

Introduction of AQUA Drill series

キーワード

アクアコート, (アクアドリル3フルート), リーマレス加工,
(アクアドリルハード), 高硬度材加工, (アクアマイクロドリル),
微小径穴加工

機械工具事業部 工具技術部

五島 康

1. はじめに

1998年からエコ&ECOのコンセプトのもとに経済性と環境対策の両立を追求した加工技術開発を進めてきた。その中で鋼のドライ穴加工用ドリルとしてアクアドリルを発売し、市場から高い評価を頂いている。今回はアクアドリルシリーズの一貫として高精度穴あけ用のアクアドリル3フルート, 高硬度鋼用のアクアドリルハード, 微小径穴あけ用のアクアマイクロドリルの紹介を行う。

2. アクアドリル3フルートの紹介

高精度穴加工の最も代表的なものにリーマ加工がある。しかし、リーマ加工ではドリルによる下穴加工が必要であり、2工程の加工となるため加工能率が低下する。

アクアドリル3フルートは、切削バランスに優れた3枚刃の採用と、特殊な切れ刃形状および新しいシンニング形状の開発により、リーマ級の高精度穴を高能率で加工できるドリルである。(図1)

2.1 アクアドリル3フルートの特長

- ① 切削バランスに優れた3枚刃と切削抵抗の変動を抑えた特殊切れ刃形状の採用により、リーマ級の高精度な穴あけが可能である。
- ② 耐熱性に優れ、被削材との潤滑性に富んだアクアコートの採用により、ドライ加工および高速ウェット加工で抜群の性能を発揮し、加工能率の向上が可能である。

- ③ 潤滑性に優れたアクアコートと特殊な溝形状の採用により、切りくず排出性に優れ安定した穴あけが可能である。

2.2 アクアドリル3フルートの形状

アクアドリル3フルートはその名の通り3フルート=3溝ドリルである。

通常のドリル加工では、ドリルの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する。その



図1 アクアドリル3フルートの外観

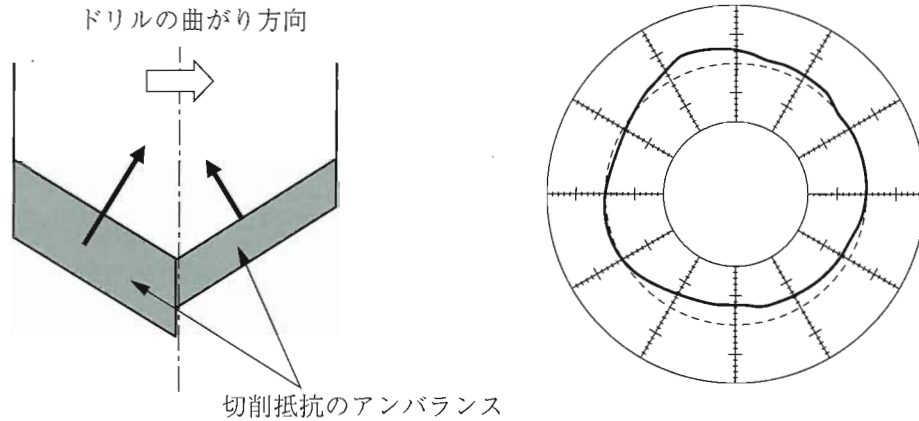


図2 ドリルの切削抵抗のアンバランスと穴の拡大

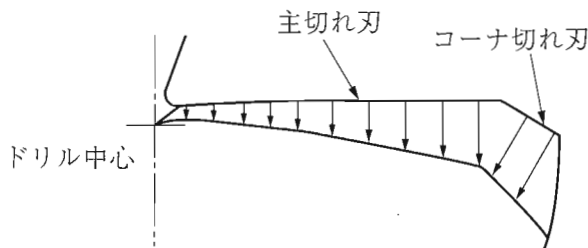


図3 切れ刃にかかる切削抵抗の方向と大きさ

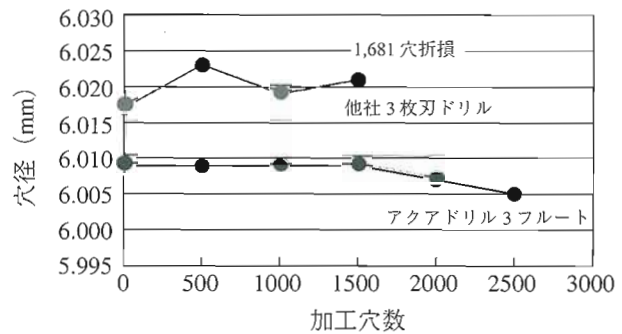
まま加工が進むと左右の切れ刃にアンバランスが発生し、一つの切れ刃に大きく負荷がかかった場合、ドリルには曲げの力がかかる。これを繰り返すため加工した穴は3角形や5角形などの奇数の拡大した穴になる。(図2)

アクアドリル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。

さらに切れ刃のコーナ部をネガ形状にすることで、最外周の最も大きな切削抵抗の方向が内側を向くことにより三方向から求心性をもった加工となり(図3)、穴の拡大を抑制する。このようにアクアドリル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。

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3フルートでは切りくずの分断性を向上することで対応している。前述のコーナ部ネガ形状は、切れ刃に変曲点を与えることで切りくずを分断しやすくし、切りくず排出性の向上にも寄与している。

3枚刃ドリルでもう一つ問題になるのが、スラスト抵抗の上昇である。アクアドリル3フルートは新



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4 炭素鋼の加工での穴径推移

しいシンニング形状の開発により、チゼル部分を最小化しスラスト抵抗の低減、チゼルの歩み現象の抑制を図っている。

2.3 アクアドリル3フルートの切削性能

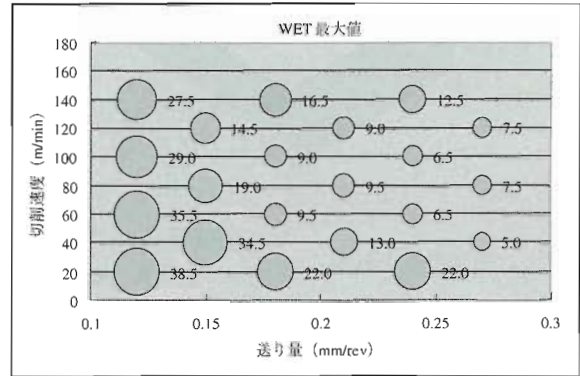
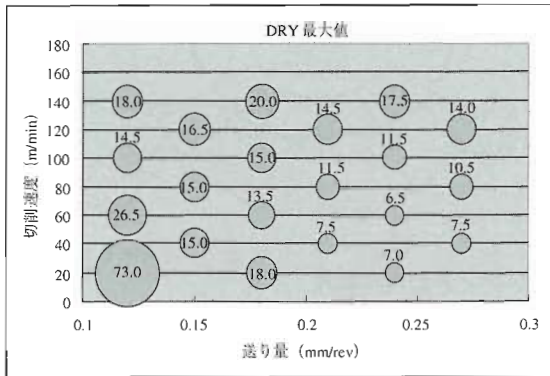
図4に、炭素鋼 S50C のウェット加工による穴径の推移を示す。直径6mmのドリル径で深さ18mmの止まり穴を切削速度100m/min、送り速度1,100mm/minの高能率加工を行い、穴径の推移を調査した。他社品は6.02mm以上に穴が拡大し、1,681穴で折損したのに対し、アクアドリル3フルートは、穴径が6.009mmで安定しており、摩耗の進行により若干拡大が減少するものの2,500穴まで安定した穴径を示している。

2.4 アクアドリル3フルートの使用上の留意点

アクアドリル3フルートでは、最適切削条件を選定することにより十分にリーマ加工の代替になる加

工精度が得られる。しかし、切削速度、送り速度が過小の場合は、加工穴精度が低下してしまうことが切削試験から分かっている。(図5~図7) 炭素鋼

S50Cの最適条件はドライ加工の場合、切削速度80~100m/min, 送り量0.21~0.24mm/revであり、ウェット加工の場合は切削速度60~120m/min, 送り



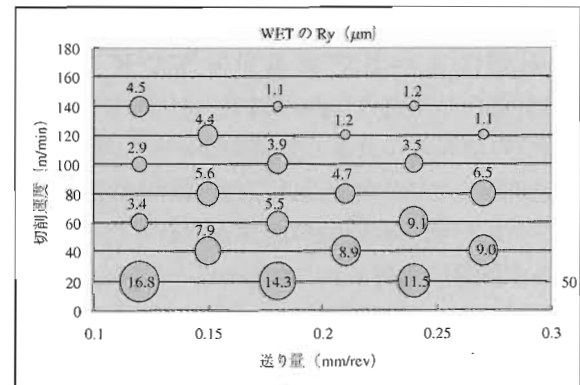
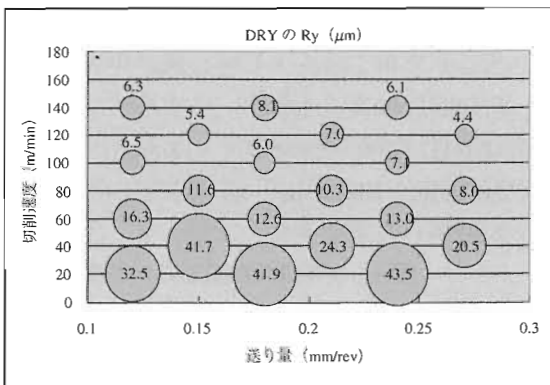
ドライ加工

ウェット加工

ドリル：φ6

被削材：S50C (180HB) 18mm (3D) 通り穴

図5 切削条件と穴拡大量



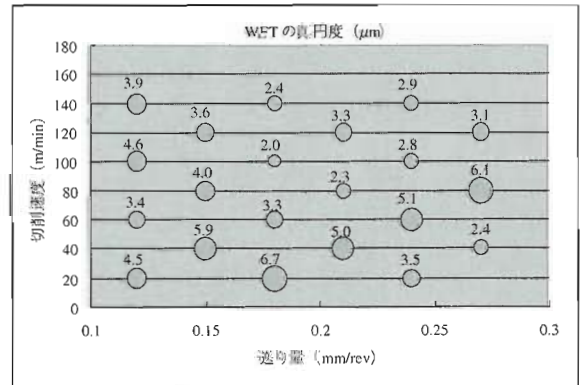
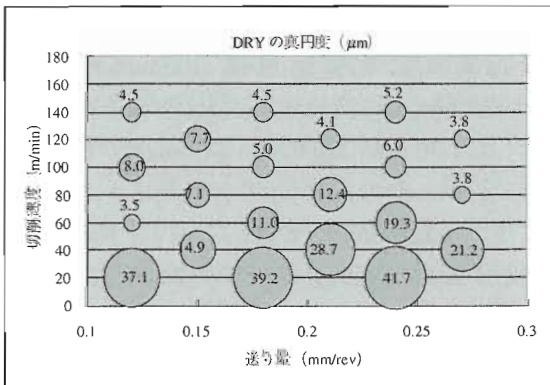
ドライ加工

ウェット加工

ドリル：φ6

被削材：S50C (180HB) 18mm (3D) 通り穴

図6 切削条件と面粗さ



ドライ加工

ウェット加工

ドリル：φ6

被削材：S50C (180HB) 18mm (3D) 通り穴

図7 切削条件と真円度

量 0.18～0.24mm/rev である。最適条件は被削材により異なるため、採用にあたってはいくつかの条件でトライアルを行い、切削条件を決定することをおすすめする。

アクアドリル3フルートは、今回紹介したようにリーマ加工と下穴加工を集約した高精度加工が可能である。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、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、最適条件の選定、剛性のある機械の使用、ワーククランプの安定、取り付け精度の向上によりほとんどの場合リーマレス加工が達成できるものと思われる。

3. アクアドリルハードの紹介

近年、高硬度材に直に穴あけ加工をするケースが増えている。金型加工業界ではコスト低減、短納期対応から従来の生材→荒加工→熱処理→仕上げ加工であった工程を、焼き入れ材→荒・仕上げ加工とすることで大幅に短縮しようとするものである。また、一般部品加工でも、熱処理による穴変形の問題で仕上げ加工が必要になる場合がある。この仕上げ加工を省略することを目的に、熱処理後の穴加工を望む声が高まっている。

アクアドリルハードは、これまで放電加工に頼っていた高硬度焼き入れ鋼の高効率加工が可能なドリルである。(図8)

3.1 アクアドリルハードの特長

- ① 50～70HRC の高硬度鋼の高効率加工が可能である。
- ② 大きな心厚と弱ねじれの採用により、剛性が高く振動に対しても良好で、マイクロチップングか

らくる破損を防止する。

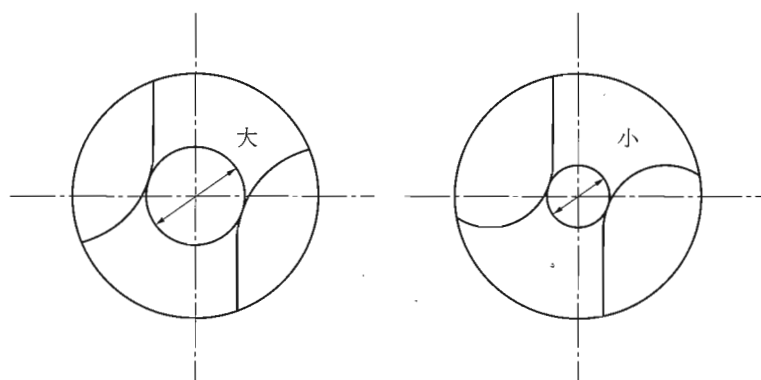
- ③ 高硬度鋼の加工に最も適した超合金と耐摩耗性に優れたアクアコートの採用で耐摩耗性、耐チップング性が大幅に向上し、長寿命・安定加工が可能である。

3.2 アクアドリルハードの形状

切削抵抗が大きい焼き入れ材を加工するには、本体と切れ刃に高い剛性が要求される。そのため、アクアドリルハードは一般鋼用の超硬ソリッドドリルの心厚より1.5倍以上も大きな心厚を採用し(図9)、曲げ剛性を大幅に向上させている。これによって、高硬度材切削の際に受ける切削抵抗を支え、ビビリ



図8 アクアドリルハードの外観



アクアドリルハード

一般鋼用超硬ソリッドドリル

図9 アクアドリルハードの断面形状

振動に対して良好な性能を発揮する。また、マイクロチップングからくる破損を防止する。

さらに、弱ねじれ角の採用により切れ刃の刃物角を大きくし、切れ刃剛性を高めている。

シャンクには主にマシニングセンタで使用されることを考慮して、エンドミルシャンクを採用している。これにより、精度、剛性が高いミーリングチャックで保持できるため、ツーリングを含めた全体の精度と剛性が向上し、加工穴精度、工具寿命を安定させることが可能となる。

3.3 アクアドリルハードの切削性能

図10にSKD11(60HRC)を直径6mm、穴深さ20mmの通り穴加工を行ったときのアクアドリルハードと他社高硬度鋼用ドリルの等寿命線図を示す。等寿命線図とは数種類の切削速度と送り量の組み合わせで寿命テストを行い、その結果を解析して、一定の寿命になる切削条件の範囲を地図の等高線のように表示したものである。

最大寿命で比較すると、他社高硬度鋼用ドリルは224穴であるのに対し、アクアドリルハードは954穴と4.3倍の長寿命であった。

さらに、最大寿命での加工能率を比較すると、他社高硬度鋼用ドリルは29mm/minなのに対して、アクアドリルハードは50mm/minであり、1.7倍の加工能率となっている。また、アクアドリルハードの最大寿命と同じ加工能率(50mm/min)における他

社高硬度鋼用ドリルの寿命は39穴であり、アクアドリルハードは24倍の長寿命である。

3.4 アクアドリルハードの使用上の留意点

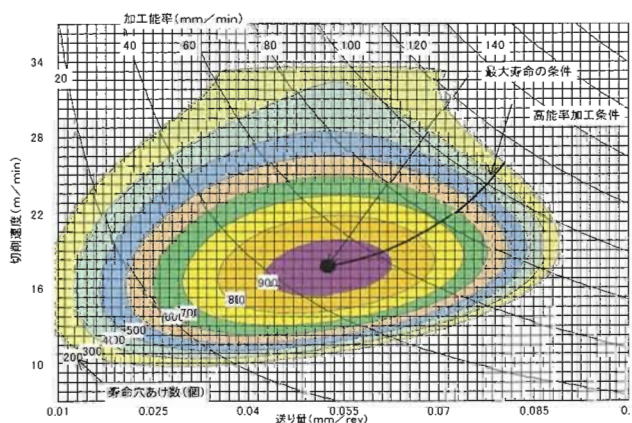
アクアドリルハードは焼き入れ材を切削するために高剛性設計を採用しているが、使用時に最も注意していただきたいのは、加工機械、ツーリング、被削材の固定方法などの剛性である。十分に剛性のある状態でないと性能を発揮することができず、欠けや折損の原因になってしまうことがある。

また、アクアドリルハードは50HRC以上の焼き入れ材専用のドリルとして設計されていることから、硬さの低い被削材に使用した場合、形状の特性上切りくず詰まりが発生し折損してしまう。その場合、通常のアクアドリルの使用をお奨めする。

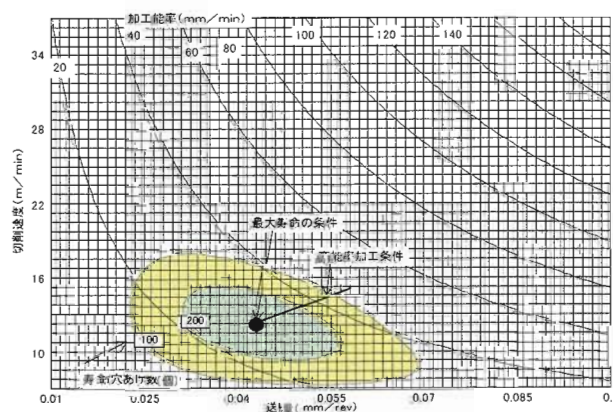
4. アクアマイクロドリルの紹介

微小径穴加工では切りくず詰まりの問題や、工具剛性の低さによる折損が問題となっている。これに対して、市販の加工機では加工中にトルクを検知し、ステップバックをさせながら穴加工を行うものがあり、折損予知に関する研究も進められている。

アクアマイクロドリルは、最適超硬母材と表面処理の組み合わせと、剛性の高い工具形状で微小径穴の安定加工を実現したドリルである。(図11)



アクアドリルハード



他社高硬度鋼用ドリル

ドリル	寿命穴あけ数 個	切削速度 m/min	送り量 mm/rev	加工能率 mm/min
アクアドリルハード	954	17.5	0.054	50
他社高硬度鋼用ドリル	224	12.5	0.043	29

図10 アクアハードドリルによる等寿命線図

4.1 アクアマイクロドリルの特長

- ① 小径穴あけ加工に適した高硬度・高靱性の超微粒子超硬合金と剛性の高い形状により、折損しにくく安定した加工が可能である。
- ② 耐熱性に優れ、被削材との潤滑性に富んだアクアコートを採用により、高速ウェット加工で抜群の性能を発揮する。



図 11 アクアマイクロドリルの外観

- ③ 3 ミリシャンクを採用し高精度チャッキングにより安定した加工が可能である。

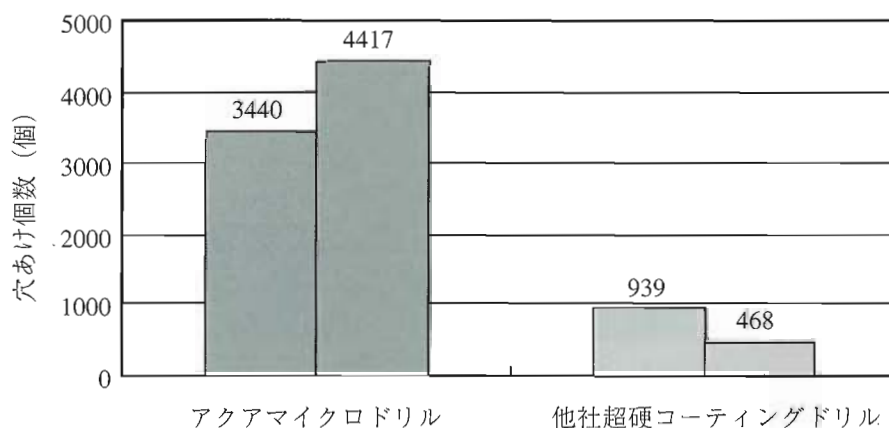
4.2 アクアマイクロドリルの形状

小径穴あけ加工において注意すべき点は、切りくずの排出が困難である点や、ドリル自体の剛性の低さなどに起因する折損の問題である。

これらの問題点に対しアクアマイクロドリルでは、切りくず排出のための溝広さと工具剛性という相反する要因をバランスよく高めた形状を採用している。また、これまで微小径ドリルでは製作が困難であることから外周アンクリア（外周二番取りなし）、刃先平面研ぎが一般的であった。しかし、外周アンクリア形状では加工穴内壁との擦りが多く切削トルクの増大につながり、刃先平面研ぎでは食い付き時の滑り現象、切削スラストの増大で折損の原因となる。アクアマイクロドリルは最小径φ0.2mmから外周二番取りおよびX型シンニングを施し、食い付き性の安定と切削抵抗の低減を図り安定した穴あけを可能にした。

4.3 アクアマイクロドリルの切削性能

図 12 に炭素鋼 S50C の加工事例を示す。直径 0.5mm のドリル径で深さ 1.5mm の止まり穴を切削速度 50m/min、送り量 0.015mm/rev の条件で他社超硬小径ドリルとの折損までの穴あけ個数比較を行った事例である。他社品は平均 704 穴で折損したのに



ドリル	寸法	被削材	穴深さ	ステップ量	切削速度	送り量	切削油剤
アクアマイクロドリル	φ0.5X6 X38Xφ3	炭素鋼 S50C 185HB	1.5mm 止まり穴	0.05mm	50m/min 3200min ⁻¹	0.015mm/rev 480mm/min	水溶性 切削油剤
他社超硬コーティングドリル	φ0.5X4 X38Xφ3						

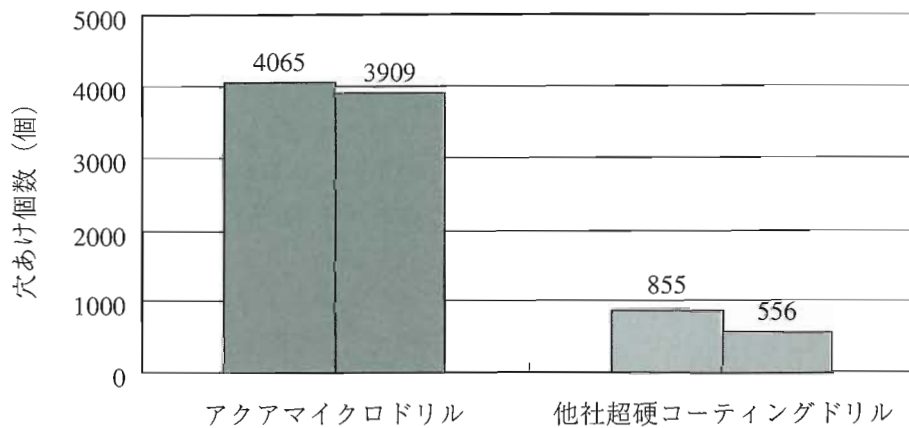
図 12 アクアマイクロドリルによる炭素鋼の切削性能

対し、アクアマイクロドリルは、3,929 穴と 5 倍以上の長寿命であった。

また、図 13~15 に各被削材におけるアクアマイクロドリルと他社超硬小径ドリルとの折損寿命を比較した事例を示す。どの被削材においてもアクアマイクロドリルは抜群の性能を示し、高硬度材やステンレス鋼にも安定した性能を発揮する。

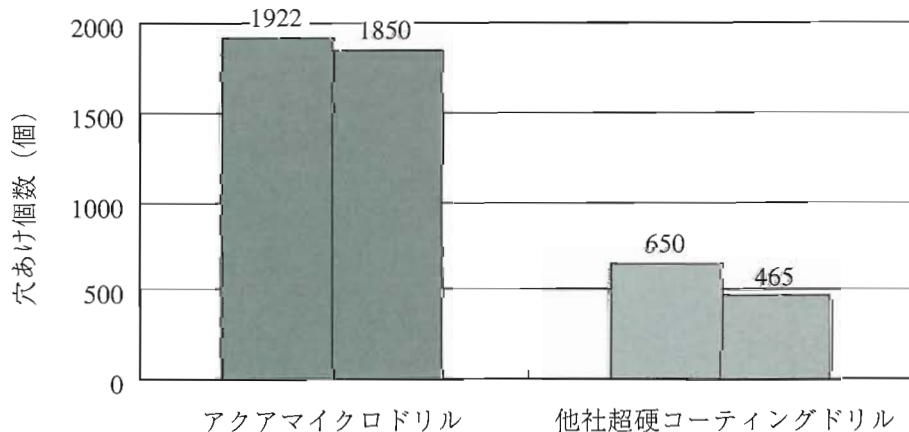
4.4 アクアマイクロドリルの使用上の留意点

小径ドリルの加工においては、ホルダへの取り付け振れに十分注意をはらいたい。ホルダは清浄を保ち、取り付け時の振れ精度を確認したい。直径 0.5mm 未満のドリルでは刃先で振れを確認するのは困難であり、シャンク部、もしくは首段部で振れを確認することをおすすめする。取り付けたときの振れ精度は 0.005mm 以内に抑えることが望ましい。



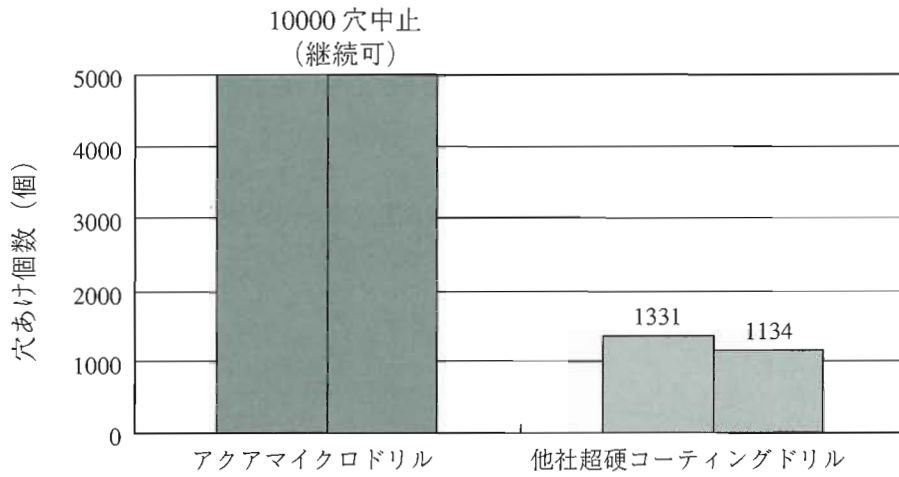
ドリル	寸法	被削材	穴深さ	ステップ量	切削速度	送り量	切削油剤
アクアマイクロドリル	φ0.5X6 X38Xφ3	合金鋼 SCM440 310HB	1.5mm 止まり穴	0.05mm	20m/min 13000min ⁻¹	0.005mm/rev 65mm/min	水溶性 切削油剤
他社超硬コーティングドリル	φ0.5X7 X38Xφ3						

図 13 アクアマイクロドリルによる合金鋼の切削性能



ドリル	寸法	被削材	穴深さ	ステップ量	切削速度	送り量	切削油剤
アクアマイクロドリル	φ0.5X6 X38Xφ3	ダイス鋼 SKD61 53HRC	1.5mm 止まり穴	0.05mm	15m/min 9600min ⁻¹	0.005mm/rev 48mm/min	水溶性 切削油剤
他社超硬コーティングドリル	φ0.5X4 X38Xφ3						

図 14 アクアマイクロドリルによるダイス鋼の切削性能



ドリル	寸法	被削材	穴深さ	ステップ量	切削速度	送り量	切削油剤
アクアマикроドリル	φ0.5X6 X38Xφ3	ステンレス鋼 SUS304	3mm 止まり穴	0.05mm	15m/min 9600min ⁻¹	0.005mm/rev 48mm/min	水溶性 切削油剤
他社超硬コーティングドリル	φ0.5X4 X38Xφ3						

図 15 アクアマикроドリルによるステンレス鋼の切削性能

5. おわりに

鋼の高速ウェット加工およびドライ加工用のアクアドリルスタブ・レギュラ、深穴セミドライ加工用のアクアドリルミストホール、大径高能率加工用スローアウェイタイプのアクアドリルウェイビーに加え、今回紹介したアクアドリル3フルートによるリーマレス加工、アクアドリルハードによる高硬度焼き入れ材の高能率穴あけ加工、およびアクアマикроドリルによる安定した微小径穴加工が可能となり、環境保全、工程短縮、工具費低減に大いに寄与できるものと考えている。