

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Machining

Vol. **12**B2
Feb/2007

マシニング事業

コーティング

■ 新商品・適用事例紹介

Symbio リーマを越えた高精度超硬ドリル
「アクアドリル底刃付き3フルート」

High-precision Carbide Drill
"AQUA Drill 3 Flutes with Cutting Teeth"

〈キーワード〉 高精度穴仕上げ・位置矯正・鋳抜き穴・底刃・
新アクアコート

機械工具事業部/ラウンドツール技術部

吉田 悦也

Etsuya Yoshida

ブランド“Symbio/シンビオ”
人、環境と“共生”し、工作機械とコラボレーション。

要 旨

NACHIは、好評を得ている「アクアドリルシリーズ」のラインアップを拡充し、鋳造で成形された鋳抜き穴やその他下穴に対し、高い穴位置矯正力と高品位穴仕上げ加工を可能にした、高精度超硬ドリル「アクアドリル底刃付き3フルート」^{※1}を商品化した。

鋳抜き穴の加工は、従来、位置ズレの矯正のためにエンドミルで位置決めした後、リーマを使って仕上げ加工していた。同ドリルを採用すれば仕上げまで一発加工できるため、加工工程の大幅な短縮につながる。

Abstract

NACHI has expanded its product line of well-received AQUA Drill Series with the introduction of high-precision carbide drill, "AQUA Drill 3 Flutes with Cutting Teeth," which made it possible to correctly position and drill casting holes and other prepared holes, giving an excellent drilling finish.

Up until now, end mill has been used to position the casting holes and a reamer has been used to finish it. However, the process will be continuous from the beginning to the end with AQUA Drill 3 Flutes with Cutting Teeth, resulting in the reduction of substantial machining process time.

1. 位置矯正・仕上げを一発加工

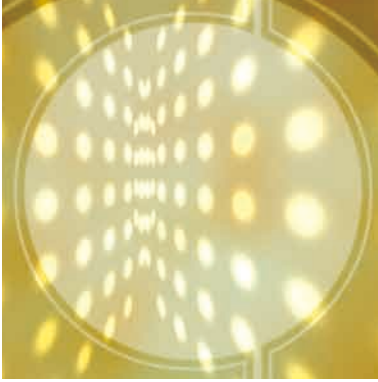
現代の産業を支える基盤技術の一つに、高精度な鋳造技術がある。^{※2}ダイキャスト鋳造は、自動車部品のシリンダーブロックやデフケースなど、複雑な形状を持つ製品の素形材成形技術であるが、機械仕上げ加工は必須となっている。

鋳造で成形された製品の穴部には、^{※3}中子ピンなどであらかじめ下穴（鋳抜き穴）があげられている。しかし、鋳抜き穴の位置精度は、ダイキャスト鋳造とはいえさほど高くはなく、最大1mm前後の位置ズレが発生してしまう。そのため、ドリルやコアドリル、リーマなどの先端角や喰い付き角を持った工具で仕上げ加工しようとする、位置精度の悪い鋳抜き穴になって加工してしまい、位置精度不良や、加工中の振動の発生による工具異常摩耗などが問題となる。従って、切削条件を下げる、あるいは、エンドミルを用いた穴位置矯正工程の追加が必要となり、加工能率を犠牲にせざるを得なかった。

これらの問題を解決するために、図1に示すアクアドリル底刃付き3フルートを開発した。



図1 アクアドリル底刃付き3フルートの外観



2. アクアドリル底刃付き3フルートの加工の原理

アクアドリル底刃付き3フルートは、独自の底刃形状と最適材料、新アクアコーティングの採用で、鑄抜き穴の一発仕上げ加工を可能にした。従来の加工

工程とアクアドリル底刃付き3フルートの加工工程比較の模式図を、図2に示す。

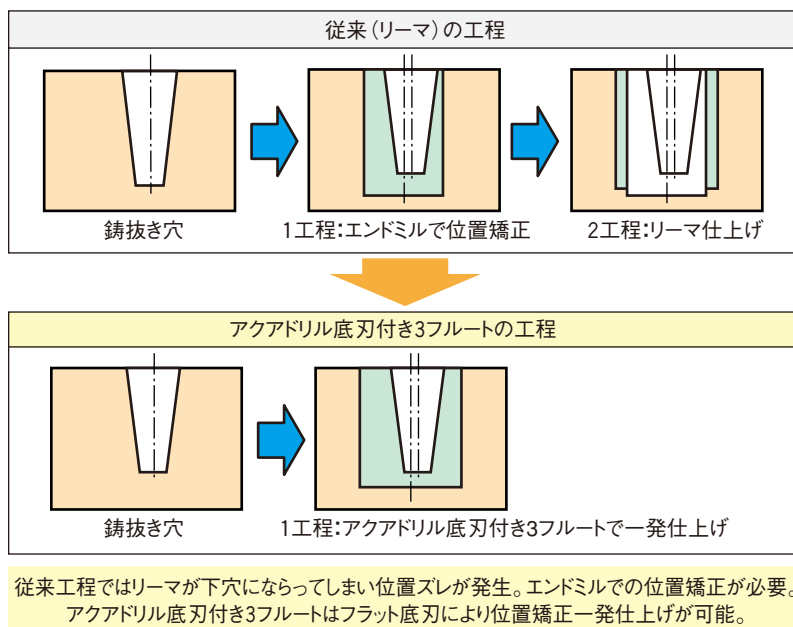


図2 アクアドリル底刃付き3フルートによる鑄抜き穴加工の工程集約

3. アクアドリル底刃付き3フルートの特長

1) エンドミル同等の下穴矯正能力

ドリルが位置精度の悪い下穴(鑄抜き穴など)にならなってしまう位置ズレ・曲がりを生じるのはつぎの2点による。

- ①下穴の位置がずれている場合、ドリルが片あたりする。
- ②ドリルには先端角がついているので、片あたりした切削力は、ドリル軸方向と軸直角方向の2分力に分けられる。この軸直角方向分力がドリルを曲げる力であり、当然ドリル先端角が小さい方がその力は大きくなる。

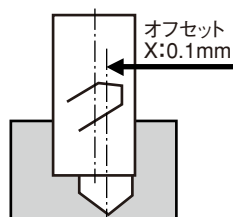
アクアドリル底刃付き3フルートの刃先は、180°フラットにしたことで、鑄抜き穴のような中心が定まらない加工物に対しても、高い位置決め能力がある。従来、鑄抜き穴に対しては、位置ズレ矯正のためエンドミルで位置決め加工後リーマ仕上げ加工を行っていたが、本ドリル1種類での工程短縮が可能になる。

2) リーマ以上の仕上げ精度を 10倍の加工能率で

アクアドリル底刃付き3フルートは、高精度穴加工用ドリルとして好評を博しているアクアドリル3フルートの設計、製造技術を踏襲することに加え、ドリル先端角をエンドミルと同様に180°のフラットにしたことで、片あたりの際の軸直角方向の分力を0とし、下穴にならない高い穴位置精度およびリーマ以上の高品位な真円度、面粗度、穴径精度を実現した。また、リーマ加工では構成刃先の成長や、切削熱で加工精度を劣化させるため、加工能率を上げることは困難である。

それに対し、アクアドリル底刃付き3フルートは、リーマの約10倍の加工能率で加工してもリーマ以上の加工精度が得られる。アクアドリル底刃付き3フルートの加工精度データを、図3に示す。被削材S35Cに下穴φ6をあけたところに、φ7のアクアドリル底刃付き3フルートで加工中心を0.1mmオフセットして加工したときの穴径、真円度、面粗度、穴位置精度を測定したものである。穴径、真円度、面粗度はリーマ以上の高精度で加工されており、穴位置精度もオフセットした分、狙った位置に正しく加工できている。

〈加工ワークS35Cでの加工精度〉
中心ずらし加工 (0.1mmオフセット)



切削条件

ドリル径：φ7mm
 切削速度：Vc = 40m/min
 (n = 1,800min⁻¹)
 送り速度：Vf = 360mm/min
 (f = 0.2mm/rev)
 穴深さ：7mm
 切削油：水溶性
 下穴径：φ6mm
 加工穴数：2,000穴
 機械：縦型M/C (BT40)

| 穴拡大量 | 位置精度MAX | | |
|------------------|------------|------------|---|
| | X | Y | Z |
| 0.003~0.007 (mm) | 0.110 (mm) | 0.014 (mm) | |

穴拡大量：3~7μm
 位置ズレ量：14μm

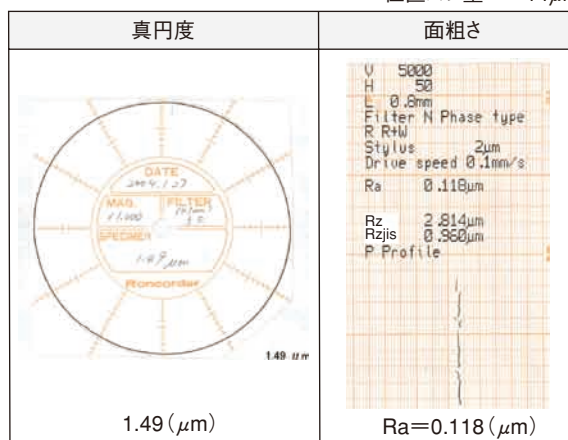


図3 アクアドリル底刃付き3フルートの加工精度

3) リーマの10倍以上の耐久性

超微粒子超硬合金と新アクアコーティングにより、連続加工を行っても穴径の変化は少なく、安定した加工が可能である。リーマは、外周バックテーパが小さくねじれ角も弱いため、切削負荷が大きく、数百穴で寿命となるが、本ドリルは数千穴と一桁上の寿命を達成した。

(耐摩耗性と耐欠損性を高めた超微粒子超硬合金)

アクアドリル底刃付き3フルートの材料には、耐欠損性と耐摩耗性をバランスよく高めた超微粒子超硬合金を採用した。位置ズレのある鑄抜き穴などの仕上げ加工を行なう際、ドリルにかかる曲げの力や偏切削による振動などにより欠損を起こす危険がある。アクアドリル底刃付き3フルートは耐欠損性の指

標である抗折力と、耐摩耗性の指標である硬さを高い次元で両立させた超微粒子超硬合金により、突発的な欠損を防止するとともに摩耗の進行を抑制し、長時間にわたる高品位な加工を実現した。

(新アクアコーティングによる高速高能率長寿命化)

アクアドリル底刃付き3フルートのコーティングには、耐熱・耐酸化性を大幅に向上した第七世代の新アクアコーティングを採用した。新アクアコーティングの耐摩耗性評価のSEM写真を、図4に示す。従来膜では、擦過により膜が減耗し超硬母材が露出してしまっているのに対し、新アクアコーティングでは、膜減耗は発生していない。連続加工を行っても膜減耗を極小に抑え、穴径・真円度の変化がほとんどなく安定した加工が可能となった。

耐摩耗性評価 (SEM写真:外周マージン部)

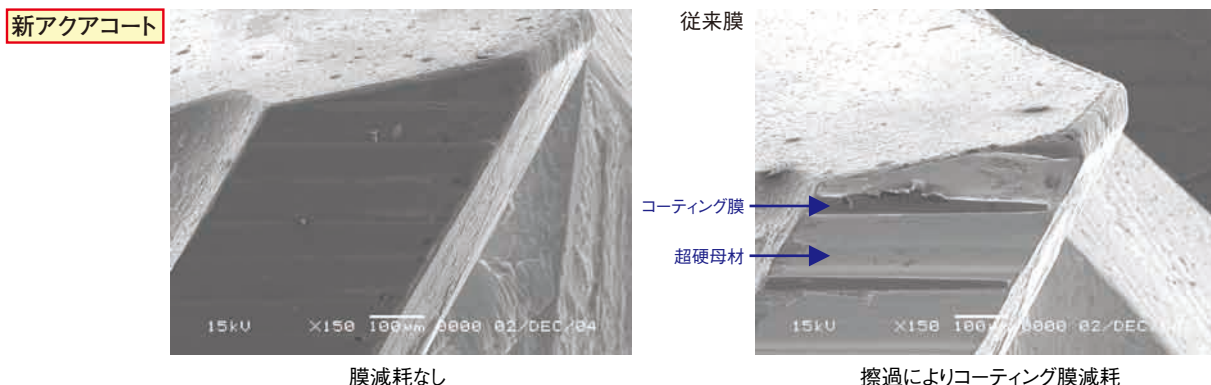


図4 新アクアコートの耐摩耗性評価

(用途と寸法範囲)

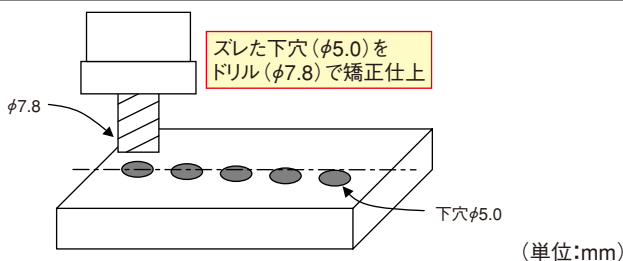
用途：機械部品(軟鋼・低炭素鋼～中・高硬度55HRC)・金型材・プレハードン鋼などの下穴位置矯正・仕上げ、鋳鉄部品の鋳抜き穴位置矯正・仕上げ

寸法範囲：φ3.0～φ12.0まで9サイズ
(他中間サイズは受注生産)

4. アクアドリル底刃付き3フルートの切削特性

切削条件

| ドリル径 | 被削材 | 切削速度 | 送り速度 | 穴あけ深さ | 切削油剤 | 下穴径 |
|--------|-------|-------------------------------------|----------------------------|--------|-------------|------|
| φ7.8mm | FC250 | 80m/min (3265min ⁻¹) | 765mm/min (0.234mm/rev) | 15.8mm | 水溶性 切削油剤 | φ5mm |



| 下穴の位置ズレ量 | 0 | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 1.2 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| アクアドリル底刃付き3フルート | 0.001 | 0.003 | 0.012 | 0.011 | 0.009 |
| アクアドリル3フルート | 0.009 | 0.022 | 0.030 | 0.061 | 0.073 |

(単位:mm)

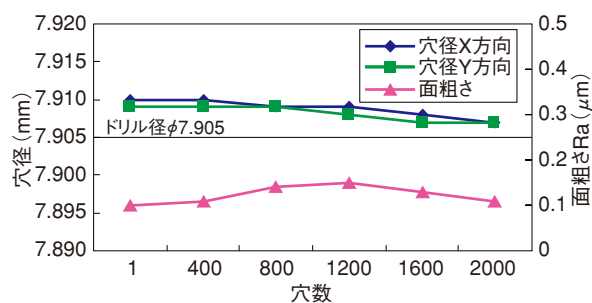
図5 アクアドリル底刃付き3フルートによる位置ズレ矯正仕上げ加工

アクアドリル底刃付き3フルートによる位置ズレ矯正仕上げ加工のデータを、図5に示す。

被削材FC250に鋳抜き穴を想定して、φ5の下穴を0～1.2mmずらした位置にあけておき、アクアドリル底刃付き3フルートと、従来の150°の先端角をもつアクアドリル3フルートで仕上げ加工を行なった結果である。先端角を持ったアクアドリル3フルートは、下穴のズレ量が大きくなるに従い、ドリル喰い付き時の片あたりや切削負荷のアンバランスにより、仕上げ位置のズレ量が大きくなる。下穴が1.2mmずれている場合には、0.073mmの位置ズレが発生した。これに対し、アクアドリル底刃付き3フルートは、下穴のズレ量に関係なく最大でも0.012mmと良好な穴位置精度が得られており、非常に高い位置ズレ矯正力を発揮した。

アクアドリル底刃付き3フルートによる連続加工時の穴径および面粗度の推移を、図6に示す。加工1穴目から2000穴加工後まで穴径変化量0.003mm以内、面粗度でRa0.1～0.16μmで推移している。

耐欠損性と耐摩耗性をバランスよく高めた超微粒子超硬合金と、耐熱・耐摩耗性を大幅に向上した新アクアコーティングの組み合わせにより、長寿命を達成し、大量生産ラインにおいても終始安定で信頼性の高い加工を可能としている。



2,000穴加工で穴径変化
0.003mm以下

ドリル径：φ7.905
切削速度：60m/min
(2,416min⁻¹)
送り量：0.23mm/rev
(555mm/min)
切削油剤：水溶性 外部給油
下穴径 φ6.5mm(下穴ずらし量:0)
被削材：S50C

図6 穴径誤差、面粗さの推移(2,000穴)

5. アルミ鋳物用 DLCドリル底刃付き3フルート

鋳造製品には、アルミニウム合金を使用したアルミ鋳物製品も数多くある。アルミ鋳物製品の鋳抜き穴に対しては、耐摩耗性、耐溶着性にすぐれたDLCコーティングを施したDLCドリル底刃付き3フルートをお奨めする(受注生産品)。DLCドリル底刃付き3フルートによるADC12の加工事例を、図7に示す。

被削材ADC12に、鋳抜き穴を想定して下穴 $\phi 9$ の穴を0.4mmずらした位置にあけておき、 $\phi 10$ のDLCドリル底刃付き3フルートで仕上げ加工した事例である。DLCコーティングにより溶着を抑制し、穴拡大量 $4\mu\text{m}$ 、真円度 $7\mu\text{m}$ 、面粗度 $\text{Ra}0.233\mu\text{m}$ 、位置ズレ量 $11\mu\text{m}$ と高品位な加工を実現している。

ADC12での加工精度 切削条件

| 被削材 | 切削速度 | 送り速度 | 穴あけ深さ | 切削油剤 | 下穴径 | 下穴ずらし量 | 仕上げ径 |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------|--------|-------------|-------------------|--------|----------------------|
| ADC12 | 100m/min (3183min ⁻¹) | 1280mm/min (0.402mm/rev) | 20.0mm | 水溶性 切削油剤 | $\phi 9\text{mm}$ | 0.4mm | $\phi 10.0\text{mm}$ |

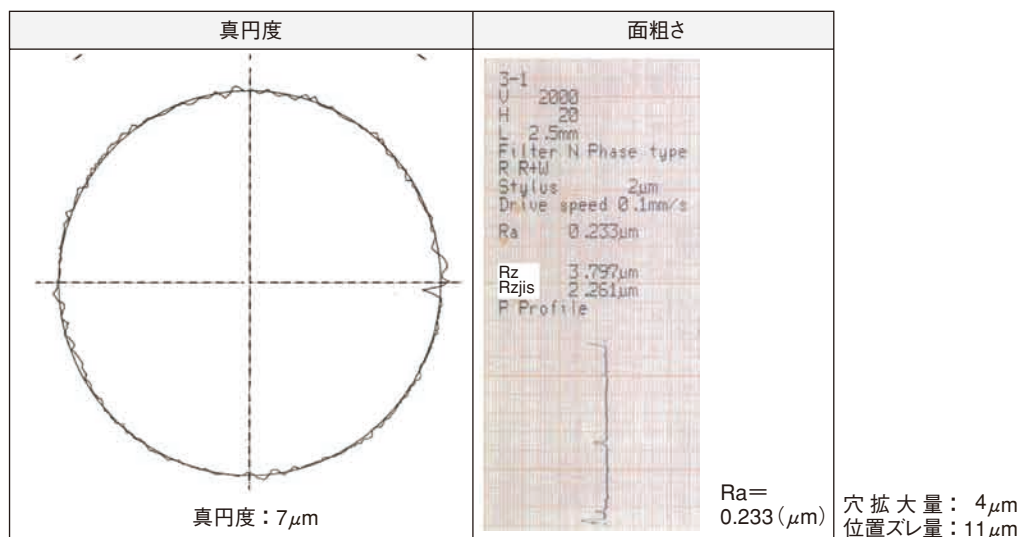


図7 DLCドリル底刃付き3フルートの加工精度

(用 途)

アルミ部品の下穴位置矯正・仕上げ、アルミ鋳物の
鋳抜き穴の位置矯正・仕上げ

6. 工程集約で生産性向上

アクアドリル底刃付き3フルートは、高精度穴加工用ドリル「アクアドリル3フルート」で培った設計、製造技術と、NACHIの得意とするコーティング技術により新開発された「新アクアコーティング」、および独自の発想から生まれた底刃付き形状の融合により、「穴位置矯正」と「仕上げ加工」の2工程を集約し、かつ高能率長寿命加工を実現することで、飛躍的に生産性向上、コスト低減を実現できる工具であり、工具の選定ひとつで工程集約を実現できる。

用語解説

- ※1 フルード
縦溝・丸溝ひだ・らせん状溝。
- ※2 ダイキャスト鋳造
溶かした金属を、圧力をかけて金属製の鋳型に注入する鋳造法。良質・精密な製品ができ、大量生産に適する。
- ※3 中子ピン
鋳抜き穴をつくるために用いるピン。
- ※4 SEM
電子顕微鏡。

関連記事

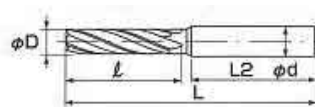
- 1) 関口 徹：高精度・高能率加工を追求する「ドリル穴あけ加工技術」
NACHI-BUSINESS news Vol.3 A1、May/2004

表1 アクアドリル底刃付き3フルート寸法表

(単位:mm)

| 直径(D) | 溝長(ℓ) | 全長(L) | シャンク径(d) |
|-------|-------|-------|----------|
| 3.0 | 16 | 48 | 3 |
| 4.0 | 22 | 54 | 4 |
| 5.0 | 26 | 70 | 6 |
| 6.0 | 28 | 72 | 6 |
| 7.0 | 34 | 78 | 8 |
| 8.0 | 37 | 81 | 8 |
| 9.0 | 40 | 93 | 10 |
| 10.0 | 43 | 93 | 10 |
| 12.0 | 51 | 108 | 12 |

| 直径(mm) | | 許容差(mm) |
|--------|----|---------|
| を越え | 以下 | |
| — | 3 | ±0.003 |
| 3 | 10 | ±0.004 |
| 10 | — | ±0.005 |



切削工具のブランドSymbioシリーズ

NACHI独自の材料・コーティング・機械加工技術を活かした、高機能ラウンドツール群を“Symbio (シンビオ:共生)”と位置づけ、人と環境との“共生”をめざしている。そして、多様化するニーズと、進化する加工技術とのコラボレーションを実現する。

Symbioシリーズは、「アクアドリル」、「X'sミルジオ」、「GS MILL」、「DLCドリル・エンドミル」、「モールドマイスターボール」、「AGミル」という優位性の高い6つの商品群で構成する。

幅広い分野で最適な工具を提供して、高精度、高能率、高いコストパフォーマンスを実現する。