

B1 Machining

ものづくりを変える、貫通穴加工の出口バリ極小化

「アクアREVOドリルバリレス」

"AquaREVO Drills Burrless" Transform the Manufacturing by Minimizing Exit Burrs in Drilling of a Through Hole

キーワード | バリレス・ラジラス(R) エッジ・センタ(C) ポイント・出口バリ
陣笠バリ・クロス穴加工・二次加工レス・コストダウン

工具事業部／工具技術部

山田 雄大 Yudai Yamada

要 旨

ドリルの貫通穴加工において発生する出口バリや陣笠残りは、製品の不具合に繋がる場合があり、後工程でバリ取りを行なっている。バリ取り工程は人的工数や工具費の増大となるうえ、生産性を低下させるため大きな課題となっている。

「アクアREVOドリルバリレス」はバリ発生メカニズムを徹底的に追求し、汎用ドリルと同等の切削条件領域において貫通穴の出口バ리를極限まで低減、陣笠バリ残りゼロを達成した。

Abstract

Burrs at the exit of holes and conical chips discharged from the drilling of a through hole might create quality issue of the product. Therefore, they are removed in the secondary process. A deburring process requires much labor time and increase of deburring tool cost, which reduces productivity and poses a major challenge.

“AquaREVO Drill Burrless” is developed after thorough and persistent examination of the mechanism of generation and discharge of burrs. Under the same drilling requirements as those of multipurpose drills, “AquaREVO Drill Burrless” has minimized exit burrs discharged from a through hole and has achieved the drilling with zero conical chips.

1. バリレスドリル開発の背景

穴加工時におけるバリ残りは、後工程での加工不良や組み付け工程での精度不良、脱落によって製品の動作不良を引き起こすため、多くの場合、バリ取りが行なわれている。バリ取り工程には手作業、機械加工など様々な手法があるが、いずれも作業工数や工具費用の増加に繋がる。「バリが出るのは当たり前」、「バリ取り作業は不可欠」といった半ば常態化した困りごとを解決するためバリの極小化に挑み「アクアREVOドリルバリレス」を、開発した。

今回、「アクアREVOドリルバリレス」(図1)の特長と加工事例を紹介する。



図1 「アクアREVOドリルバリレス」

2. 「アクアREVOドリルバリレス」の特長

ドリルによる穴加工では、貫通方向に力が加わるため、素材の変形を伴い、出口バリ、陣笠バリ残りが発生する。切削条件の送りを下げるなどの対策で、これらを抑制することはできるが、バリレスには至らない。また加工能率を下げってしまうデメリットが生じる。よって、バリレスの実現には根本的にバリをなくす形状とする必要がある。開発に際しては、汎用ドリルと同等の切削条件領域でバリレスを達成できることを目標とした。

1) ラジラス (R) エッジ

ドリル貫通時のバリを抑制するため、バリ発生のメカニズムを徹底的に解析し、図2に示すコーナー R とシャープエッジを組み合わせたラジラス (R) エッジを開発した。図3に示すように、ラジラスエッジの作用範囲ではドリル先端角が徐々に小さく変化する。切込み量が小さくなることで貫通時のスラスト方向 (バリを押し出す方向) の力を低減、塑性流動域も同様に小さくなる。また、切れ味の良いシャープエッジでバリを切り取ることでバリの原因となる素材変形を抑制した。

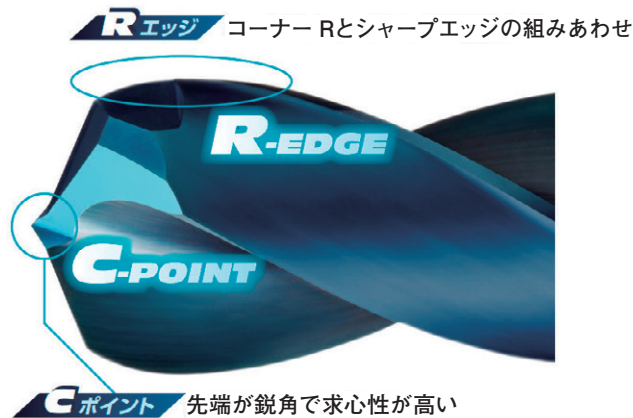


図2 「アクアREVOドリルバリレス」の特長

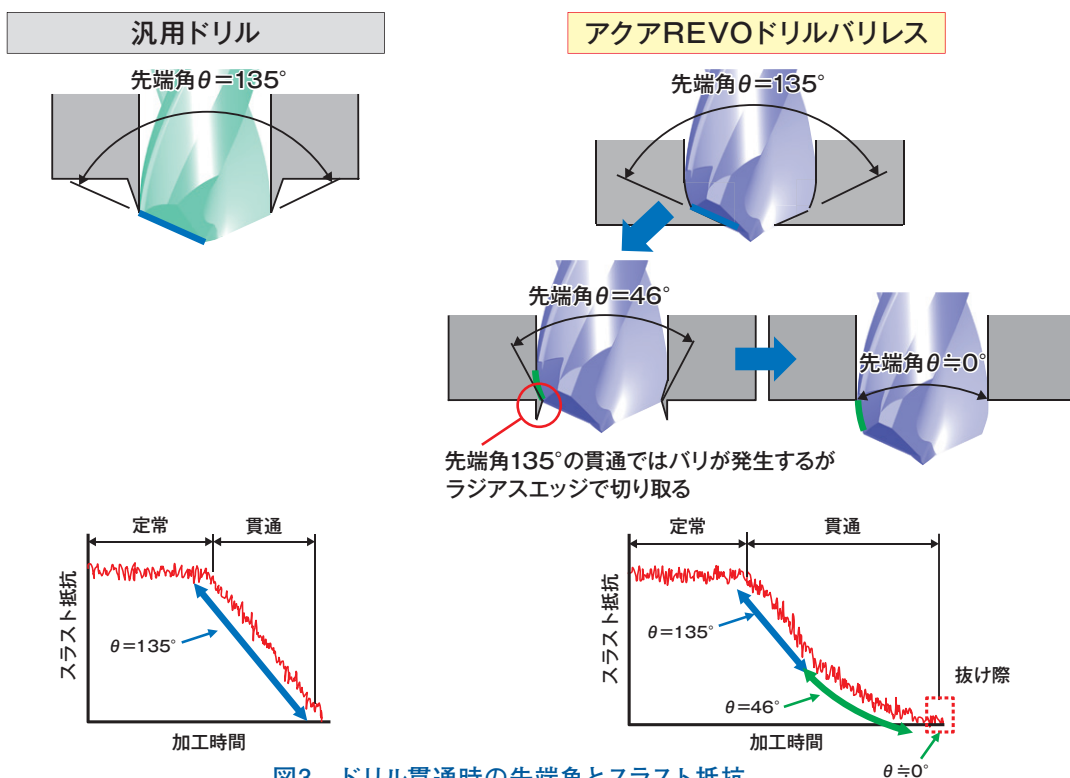


図3 ドリル貫通時の先端角とスラスト抵抗

その結果、図4に示すドリル貫通際の材料組織の比較では、汎用ドリルが被削材に大きな塑性流動を発生しているのに対し、「アクアREVOドリルバリレス」は塑性流動が小さいことが分かる。このラジラスエッジを含む切れ刃形状は、切りくず分断性に優れ、汎用ドリルと同等の切削条件領域で、バリの最小化、安定したバリ抑制、長寿命を実現している。

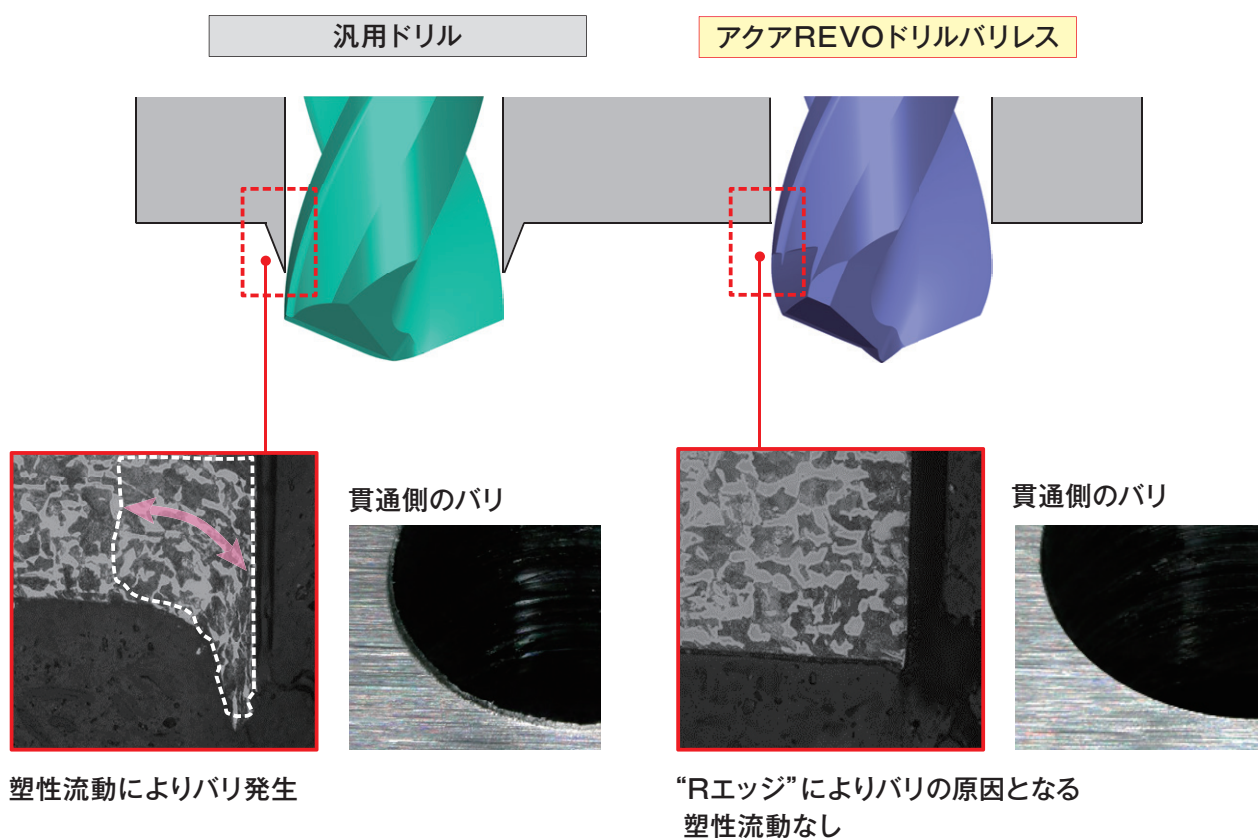


図4 ドリル貫通際での塑性流動

2) センタ (C) ポイント

バリの発生は穴あけ精度にも起因する。さらなるバリ低減には、加工時の振れ回りや穴曲がりを抑える高い求心性が求められる。そこで、食いつき性に優れたロウソク形状のセンタ(C)ポイントを採用。図5に示した振れ回り荷重の比較では、汎用ドリルに対し、「アクアREVOドリルバリレス」はXY方向への荷重の分散が小さく、求心性が高いことが分かる。これにより、ラジラスエッジのバリ低減機能をより発揮できる仕様となっている。

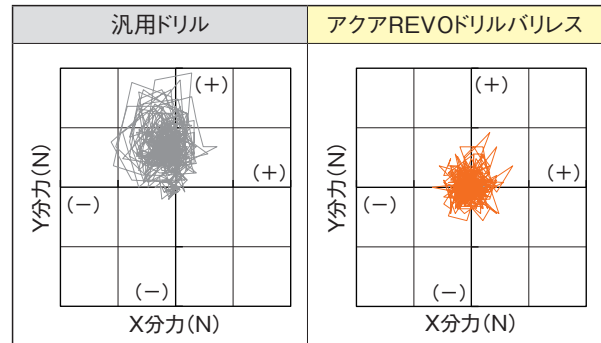
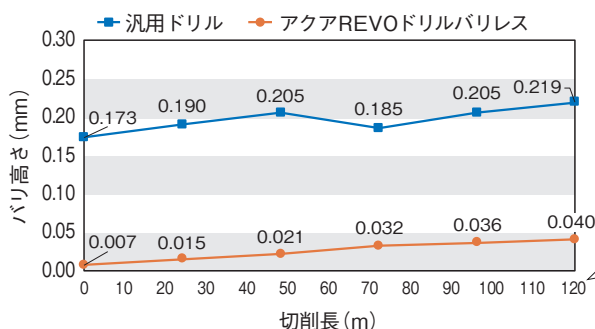


図5 振れ回り荷重の比較

3. 「アクアREVOドリルバリレス」による加工事例

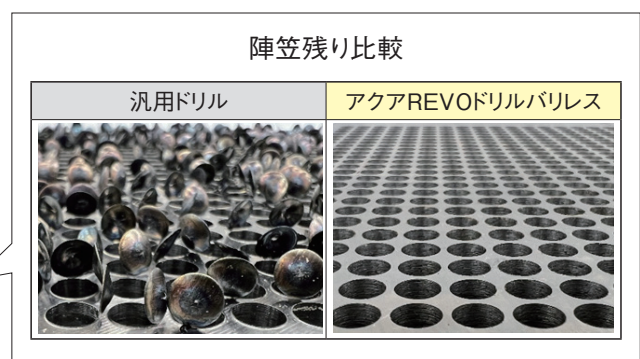
1) 平板貫通加工 (S50C)

図6に厚さ24mmの炭素鋼S50C平板を用い、ドリル径6mm、切削速度88m/min、送り量0.24mm/revで加工した汎用ドリルと「アクアREVOドリルバリレス」のバリ高さ推移を示す。バリ高さ測定には3D形状測定機を用いた。汎用ドリルの初期のバリ高さが0.17mmに対し、「アクアREVOドリルバリレス」は0.01mm以下にバリを抑制している。切削長120m(5,000穴)でも汎用ドリルに対し、低く安定したバリ抑制効果を示した。



また次工程に残ることで大きな課題となっている陣笠バリについても、汎用ドリルが発生率50%以上に対し、「アクアREVOドリルバリレス」は5,000穴加工しても陣笠残り発生率ゼロを実現した。

図7には、SS400、SCM440(32HRC)、プリハードン鋼(40HRC)のバリ高さを示す。いずれも汎用ドリルに対し、圧倒的なバリ抑制効果を有する。



直径	: φ6.0	送り量	: 0.24mm/rev(4% DC)
被削材	: S50C(180HB)	加工深さ	: 24mm 貫通(4DC)
切削速度	: 88m/min	切削油剤	: 水溶性(外部給油)
回転数	: 4,642min ⁻¹	使用機械	: 立形M/C

図6 バリ高さ推移

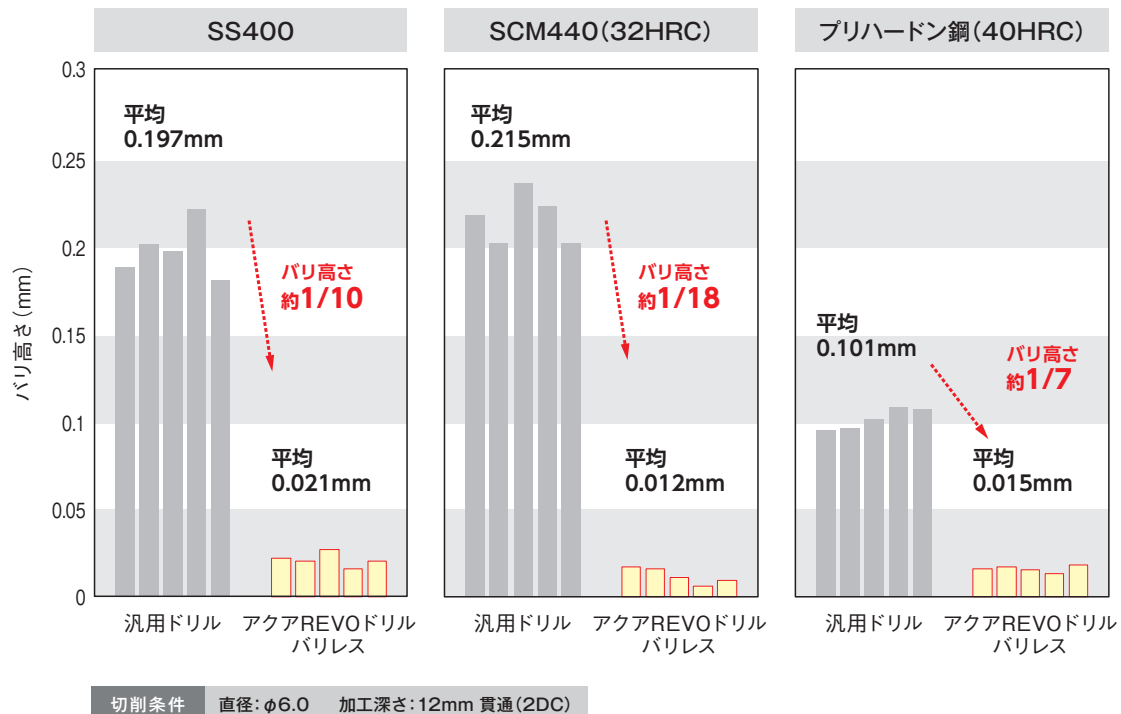


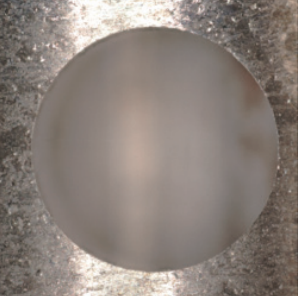
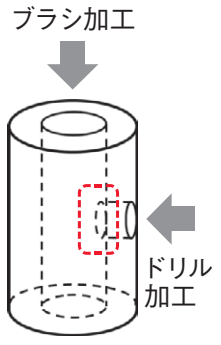
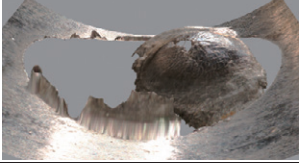
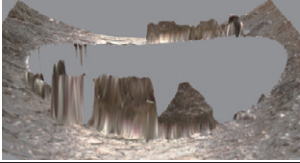



図7 被削材別のバリ高さ

2) クロス穴加工 (S45C)

クロス穴加工における陣笠バリの生成は平板と異なる。曲率半径の小さい内径クロス穴加工では、陣笠は生成途中でドリル先端部で分裂し、クロス穴軸直側へ立ち上がるため、平板よりも高いバリとなる。よって、クロス穴のバリ除去は空間が狭いうえ、より困難となる。ここでは汎用ドリル、汎用ドリル+ステンレス製ブラシによるバリ取り加工と、「アクアREVOドリルバリレス」による一発加工を比較した加工事例を紹介する。図8に外径φ22、内径φ12のS45C円筒工作物を用い、それぞれのφ6クロス穴加工したバリ写真を示す。汎用ドリルでは陣笠起因の大きなバリが発生しており、バリ取りが必要な状態である。ステンレス製ブラシでのバリ取り加工後についても、部分的にバリが残存している。「アクアREVOドリルバリレス」は二次加工なしでも、高いバリ抑制性能を発揮している。

	汎用ドリル	汎用ドリル+ブラシ加工	アクアREVOドリルバリレス	
バリ写真 (上から)				ブラシ加工 
バリ写真 (斜めから)				
バリ高さ	1mm以上 (陣笠残りあり)	0.556mm	0.032mm	

〈切削条件 (共通)〉

直径 : $\phi 6.0$
 被削材 : S45C
 加工深さ : 5mm 貫通(0.8DC)
 使用機械 : 5軸立形M/C

〈切削条件 (ドリル)〉

切削速度 : 88m/min
 回転数 : 4,642min⁻¹
 送り量 : 0.24mm/rev (4% DC)
 切削油剤 : 水溶性(外部給油)

〈切削条件 (ブラシ)〉

回転数 : 1,000min⁻¹
 送り量 : 0.5mm/rev
 ※穴奥で3秒ドウェル
 戻りも同条件にて加工

図8 円筒工作物クロス穴加工

4. コストダウン効果

立形マシニングセンタを用いて、外径 $\phi 50$ 内径、 $\phi 38$ の円筒工作物に $\phi 6$ で3穴連続加工をする場合のコスト比較を表1に算出した。汎用ドリルで加工後、バリ取りツールにてバリを除去すると加工完了までの時間は22秒となり、加工コストは15.6円となる。それに

対し、「アクアREVOドリルバリレス」でバリ取りなしとした場合は、加工時間は9秒、加工コストは6.7円まで縮減が可能となる。バリ取りが省けない場合には、二次加工の加工時間縮減やツール寿命延長が期待できる。

表1 加工コスト比較(例)

穴あけ加工 (3穴連続加工)				二次加工 (バリ取り3穴連続加工)				合計	
工程1	加工時間	工具費 ^(※1) ／3穴 [A]	加工費 ^(※2) ／3穴 [B]	工程2	加工時間 ^(※3)	工具費／3穴 [C]	加工費／3穴 [D]	加工時間	加工コスト [A+B+C+D]
汎用ドリル	9秒	2.8円	3.8円	バリ取り ツール	13秒	3.6円	5.4円	22秒	15.6円
アクアREVO ドリルバリレス	9秒	2.9円	3.8円	—	—	—	—	9秒	6.7円

(※1,2) 工具費、加工費は参考値 (※3) 二次加工の加工時間には工具交換を含む

5. バリレスドリルの反響と今後の展望

「アクアREVOドリルバリレス」はドリルの出口バ리를 極限まで抑制、陣笠バリ残りゼロを実現、二次加工レスまたはその軽減によるコストダウンが期待できる。その効果として、生産性向上や自動化・省人化、さらにはカーボンニュートラルにも貢献できる商品となっている。

「バリは出て当たり前」という固定概念を覆し、ものづくりを変えるバリレスドリルは始動したばかりであり、さらなる進化を続けていく。