

アタッチメント式 小型超音波加工ユニット

有限会社 アリュース

代表取締役 堀川 直圭

(有)アリュース 堀川 直圭

(有)アリュース ターヴァイネン さゆり

はじめに

近年の素形材産業分野では、ファインセラミックス、高機能ガラス、CFRP等の複合材料、サファイア等の単結晶素材が利用されるケースが急激に増加している。また、金型業界では超硬素材(WC)等の高硬度材を切削(研削)によって直に加工しようとする動きが主流になりつつある。これまでは大型の高額な専用加工機を導入する事で市場ニーズに対応してきたが、従来型のマシニングセンタ(工具自動交換式CNCフライス盤)が使用出来なかった為、高額な設備導入が必要であり、加工工程も分けて行う必要性があった。市場規模の拡大とコストダウン化の要求が増し、一般加工では現在主流となってきた小型高速加工機がそのまま利用でき、尚且つ高機能の超音波加工が実現できるシンプルなアタッチメント式超音波加工ユニットの開発が望まれていた。

開発のねらい

弊社は、10年前の設立当初から超音波加工法を利用した各種ファインセラミックス、光学ガラス、単結晶材料等の硬脆性材料への高品位加工に取り組み事業化を行ってきた。また、超音波専用加工機を開発し国内市場への普及を図っ

てきた(図1)。また、従来の高速加工機は主軸が細く、大きくて重量のある従来のユニットでは取り付けることが不可能であった。超音波ユニットを小型化するにあたり、内部で使用する超音波振動子の専用設計と、組込み部品の小型軽量化が開発の課題であった。また、多彩な工具に対応するために広帯域で使用出来る超音波発振器の開発が必要であった。

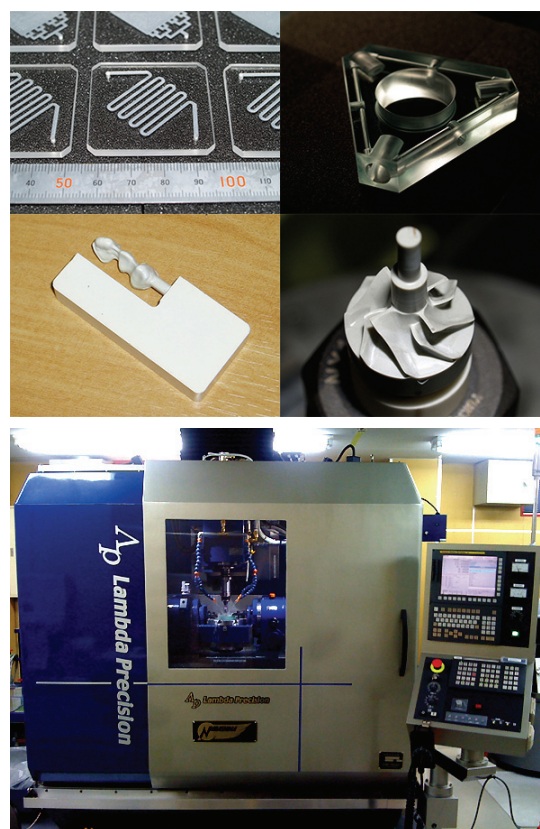


図1 超音波加工品と専用加工機

装置の概要

開発したアタッチメント式小型超音波加工ユニットは、①ユニット本体②発振器③手元コントローラーで構成される（図2）。仕様を表1に示す。



図2 超音波ユニット構成

表1 超音波ユニット仕様

| | |
|--------|--------------------------|
| 超音波周波数 | 20～50 KHz |
| 出力 | 20W 10段階切替 |
| 最高回転数 | 10,000 min ⁻¹ |
| 振幅 | 2～7 μm |
| 電源 | AC 100 V |
| 先端形状 | ER-11(or16) |

市場で稼働しているマシニングセンタの主軸形状は様々なタイプがあり、各主軸形状に合ったアタッチメントを製作する必要がある。現時点で、6種類の主軸形状に対応させており、汎用小型マシニングセンタのほぼ7割に対応可能となった。（表2、図3）

従来、工具先端から給水（センタースルー）させるためにはユニット本体の他にクーラント水を導入する専用部品（ウォーターハウジング等）が必要であったが、内部に使用する超音波振動子を特殊構造化する事で専用部品を無くした。また、給電部に使用する部品の小型一体化を図り、より小型でシンプルな構造体を開発した。従来、利用出来る工具形状や大きさは限定

されていたが、使用する工具の大きさ、形状によって使用出来る超音波振動数は変化するため、中心周波数40 KHzの振動子を20～50 KHzで可変出来、尚且つ出力を10段階で可変出来る広帯域超音波発振器を開発した。

表2 対応テーパ形状

| 型式 | 対応主軸テーパ |
|---------|---------|
| AUS-H3E | HSK-E32 |
| AUS-H4A | HSK-A40 |
| AUS-H6A | HSK-A63 |
| AUS-H6F | HSK-F63 |
| AUS-B4 | BT-40 |
| AUS-BB4 | BBT-40 |

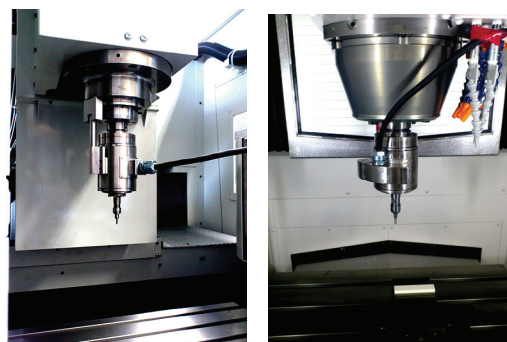


図3 各種軸形状に対応したユニット

技術上の特徴

①スリップリングの開発

内部振動子への給電方法はスリップリングを使用するが、既製スリップリングでは制約が多い。本開発ではユニット内部パーツとの一体構造化を図り、省スペースと部品点数の削減が出来、小型軽量化に成功した。

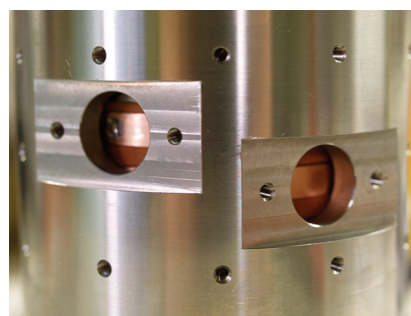


図4 開発した一体型スリップリング

②スルー構造超音波振動子の開発

小型で有りながらも脆性材加工時に不可欠なセンタースルーを実現する為には、内部で使用する超音波振動子そのものの構造を変える必要があった。そこで振動子中央に貫通穴構造を設け、共振特性を再チューニングし最適化を行った。センタースルー給水構造は、加工時にスラッジの排出に効果を上げるだけでなく、ユニット使用時に発生する熱を効果的に除去することが可能となった。



図5 特殊構造超音波振動子

③周波数可変超音波発振器

超音波発振周波数は、20 KHz～50 KHzまでの可変領域を持ち、様々な大きさや形状の工具に最適な超音波振動が付加できる。工具サイズやアプリケーションに合わせ、発振パワーを10段階で切り替えられる機能を付加し、繊細な加工条件が選択できるようにした。



図6 周波数可変発振器

④様々な分野での新たなアプリケーション

これまで超音波加工が利用されてきた分野の他に新素材、複合素材への超音波加工適用が有効であることを実証した。

④-1 超硬素材直彫り加工例

これまで研削や放電加工が一般的であった超硬のマシニングセンタを使った直彫り加工に超音波加工を適用し、高効率化を実現した。

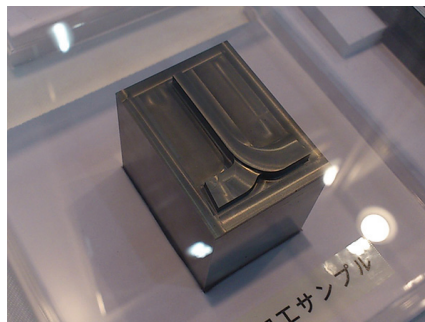


図7 超硬直彫り加工

④-2 化学強化ガラスの加工例

スマートフォン、タブレットに代表される化学強化ガラス（通常は強化後の後加工が困難な難削材）への加工を可能にした。（※弊社取得特許技術）

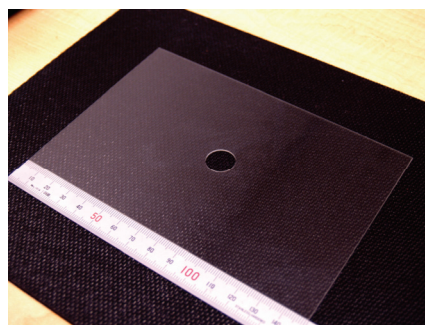


図8 強化ガラス加工

④-3 CFRPへの高精度高品位加工例

一般的に、工具摩耗等による加工品位低下（デラミネーションの発生など）が発生するCFRPは、特殊電鍍砥石と超音波加工の組み合わせで、工具摩耗もなく安定した加工が加工である。

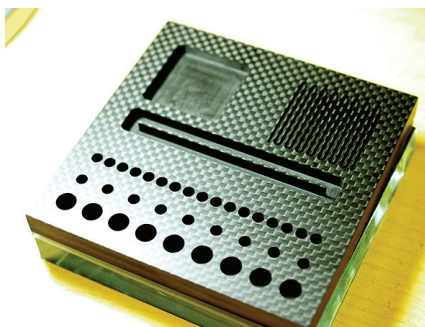


図9 CFRP加工

④-4 超音波援用金属鏡面加工

切削加工後の金属加工表面に残る細かな凹凸を、超音波振動を付加した特殊専用工具で鏡面加工することが可能となった。

※MGH (Micro Gloss Hammering) 加工

※弊社取得特許技術



図10 SUSへのMGH加工例

実用上の効果

これまでの超音波専用加工機は¥30,000,000～¥70,000,000-の価格帯で供給される高額設備であった。従って、主業務と比較して割合の少ない分野への新規設備と参入には高いハードルがあり、大きな市場形成は期待出来なかった。一方ガラス、ファインセラミックス、サファイアガラス等の結晶材料、CFRP複合材の使用分野及び市場は拡大しており中小企業等の小規模企業でも加工の検討が広く行われる様に変化してきている。今回開発したアタッチメント式小型超音波ユニットの導入価格は大型専用機の1/10以下であり、設備投資負担は格段に軽くなる。また、工作機械メーカー各社からは、従来のマシニングセンタ等に超音波加工機能を持たせ、新しい分野へ製品を生かす観点からも開発要望が強く、特に各社とも金型用超硬(WC)素材の切削を用いた直彫り加工の分野への期待が高い。昨年末の提供開始からの納入実績としては一般加工ユーザーと工作機械メーカーで約半々である。最近、某大学との共同研究ではCFRP複合材の高品位、高速加工が弊社超音波加工ユニットで実現したことで、自動車産業、航空機産

業、他の構造物製造市場での新しいCFRP加工法として普及させていく事が可能である。また、弊社が開発を行い一昨年取得した超音波加工を利用した金属鏡面加工法「MGH加工」は切削屑や粉塵を発生させないクリーンな鏡面化技術として注目されはじめ、腕時計等の意匠性の高い外装品や、手作業による鏡面化が必要であった金型業界からの要望が増加している。超音波加工が、これまで主流であった硬脆性材料加工分野以外での応用実績が増え、今後広く普及すると期待されている。

知的財産権の状況

開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

- ① 日本国特許 第5049402号
 名称：鏡面加工方法、鏡面加工機、鏡面加工具
 概要：金属切削加工後の表面に対して超音波振動を付加した専用工具で微細な塑性変形を加え鏡面化を得る加工方法
- ② 日本国特許 第5628449号
 名称：強化ガラスの加工方法および強化ガラス加工装置
 概要：外側と内側で大きな応力差をつけた化学強化ガラスに対する、穴空け・切断加工を行う方法

むすび

装置開発が完了し販売をスタートさせているが、展示会などでの出品後、問い合わせや引き合いは急速に増えており国内潜在需要の大きさに驚いている。また、弊社が輸入を行っているドイツ製ダイヤモンド工具のメーカーを通じ、ヨーロッパ市場で大きな反響を頂いている。国内、海外それぞれで専属の代理店販売網が構築できたので、今後の生産体制強化が急務である。