

ワイヤ放電研削法による小径精密リーマ製作*

和合 健**、中屋 敷利幸***、大石 敦彦***、石川 友永****

精密部品の内径を高精度寸法に加工する小径精密リーマの刃形成をワイヤ放電研削法 (WEDG) により行った。この方法で製作した小径精密リーマを使用し、製品の内径仕上げ加工を行った結果、良好な結果が得られ十分に実用加工として適応できることを確認した。

キーワード: WEDG、小径精密リーマ、内径仕上げ加工、高精度

Manufacturing of Micro Precision Reamer by Wire Electrode Discharge Grinding

WAGO Takeshi, NAKAYASHIKI Toshiyuki, OOISHI Atsuhiko
and ISHIKAWA Tomonaga

Micro precision reamer which could machine inner diameter of precision mechanical part with high precision was manufactured by Wire Electrode Discharge Grinding (WEDG).

Precision mechanical products was machined on manufacturing line a part of finish processing of inner using manufactured micro precision reamer by WEDG. As a result this machining process were obtained good conditions and we found to adapt enough for manufacturing division.

key words: WEDG, micro precision reamer, finish processing of inner, high precision

1 緒 言

精密機械の液体流路は $\phi 1\text{mm}$ 以下の内径寸法において高い寸法精度が要求される。液体流路の内径加工は、小径精密リーマを使用した切削加工により行われる。小径精密リーマは高額な高精度研削加工機を使用し特定作業員の高度熟練技能により刃形成加工が行われている。この刃形成加工では、 $\phi 1\text{mm}$ 以下の径になると切削力による曲げや歪みが生じるため特別な機械や技能が必要とされるためである。小径精密リーマの刃形成を汎用工作機械を使用し、NC プログラムで行うことができれば熟練技能には頼らない工程が実現できる。ここでは、在庫に依存しないジャストインタイムによる目的径の小径精密リーマの調達、ばらつきの小さい生産管理や製造スピードの向上が図られる。研削加工とは異なる精密リーマの刃形成を行う方法として放電加工があげられる¹⁾。放電加工方法は、加工物を放電現象により溶解加工する非接触加工方式のため加工力による刃物の曲げや歪みは生じない。さらに、加工電極を小さくすることが容易であるため微細形状成形に適している。ここで

は、液体流路を高精度に加工する小径精密リーマの刃形成を放電加工により行い良好な結果が得られた内容について報告する。

2 実験内容

2 - 1 実験 1 丸棒からの成形の場合

2 - 1 - 1 実験方法

刃物成形に使用する放電加工機は三菱電機製微細放電加工機 EDSCAN8E を使用した。微細放電加工機の主な仕様を表 1 に示す。微細放電加工機は、微細加工に適した付加装置を有しておりワイヤ放電研削法 (以下、WEDG) 微細加工用電源であるマイクロ SF 電源、微細形状加工パスを生成する創成放電 CAM を備えている。WEDG は図 1、図 2 に示すとおりワイヤ電極で棒状電極を回転させ Y 軸及び Z 軸の移動制御を行うことにより微細径電極が成形される。

$\phi 1\text{mm}$ 丸棒を WEDG で半月形状に成形し、先端角と逃げ面は研削加工によりブランク加工してある。研削成形でも同一形状に成形し両者の成形状況及び刃物工具

* マイクロマシニングによる高機能製品開発 (第 1 報) (特定産業集積中小企業等活性化補助事業)

** 電子機械技術部

*** (株) ミクニ

**** 岩手大学工学部

としての切削性能を求める。

2-1-2 実験結果及び考察

WEDG 成形品と研削成形品を図3に示す。図3に示すとおり研削成形品と同等の半月形状に WEDG により成形することができた。WEDG 成形と研削成形の成形時間を比較すると加工能率は研削成形が5倍以上高い。WEDG 成形の加工時間は $2/3$ が仕上げ工程であり加工面粗さの低減に多くの加工時間を費やしている。WEDG 加工と研削加工の加工面粗さを図4に示す。グラフの倍率は同等である。WEDG 成形は、研削成形に比べてやや大きな振幅を示しているが異常ピークは見られず規則的な波形となっている。それぞれの表面粗さは同等である。

表1 EDSCAN8E の主な仕様	
項目	仕様
XYZストローク	300×250×250(mm)
XYZ軸制御方式	リニアスケールフィードバック
XYZ軸駆動単位	0.1(μm)
特殊機能	WEDG(ワイヤ放電研削法) μSF電源 創成放電CAM
加工面粗さ	0.3μmRy
加工面真直度	1.0μm以下

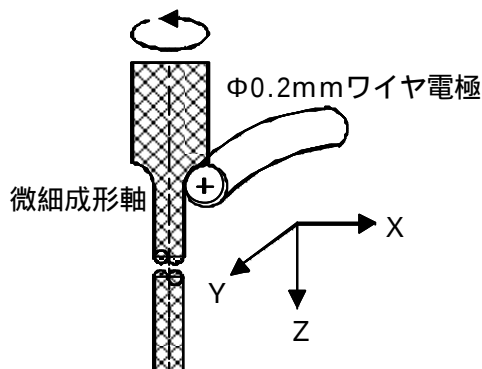


図1 WEDGの原理

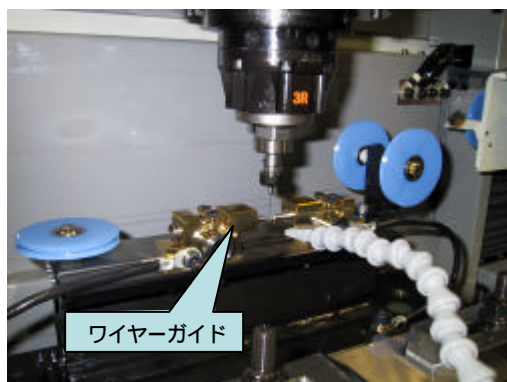


図2 EDSCAN8EのWEDG装置

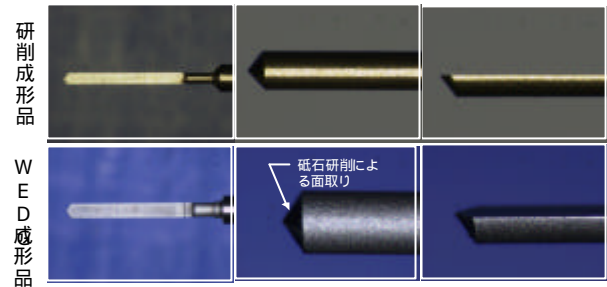


図3 研削成形品とWEDG成形品の比較

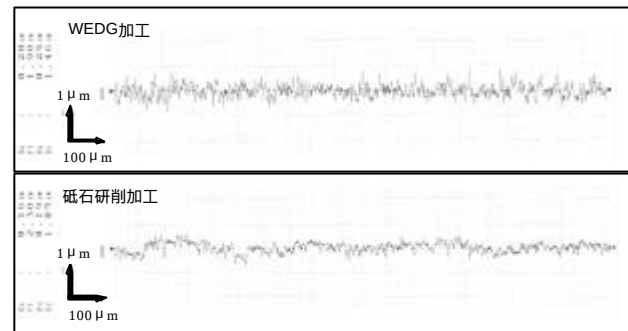


図4 WEDG成形と研削成形の刃物の表面粗さ

2-2 実験2 半月ドリルに対して径調整量が小さい場合

2-2-1 実験方法

WEDG 成形により丸棒から半月形状に成形する場合は除去量が多いため加工時間が長くなる。そこで、既製品である研削加工により成形した半月ドリルを WEDG 加工により径調整を目的に成形する場合の加工時間と表面粗さを求めた。実験装置は完全丸棒の場合と同等装置を使用し、通常の小径成形する場合のプログラムを使用して径調整をした。

2-2-2 実験結果及び考察

WEDG 加工による加工後の形状を図5に示す。図5に示す2つの写真は同じ製品で見る方向が異なる。加工時間は、完全丸棒からの場合と比べると $1/2$ 程度に加工時間が短縮された。しかし、刃物形状で削り残しと見られる加工異常部が確認された。これは小さい径調整量では芯ズレ誤差が径方向の加工範囲より大きいと推測した。

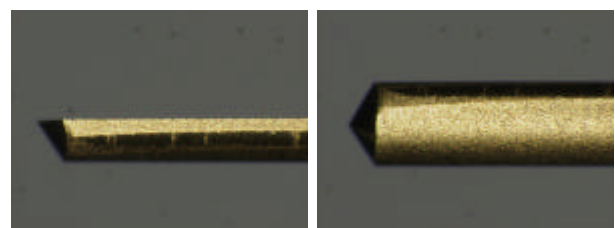


図5 半月ドリルに対して径調整量が小さい場合

2 - 3 実験3 半月ドリルに対して径調整量大きい場合

2 - 3 - 1 実験方法

径調整量が小さい場合は、芯ズレ誤差が大きく影響することが予想されるので径調整量を大きくして径調整加工を行った。プログラムは径調整量が小さい場合と同等の動きのものを使用した。

2 - 3 - 2 実験結果及び考察

WEDG 加工による加工後の形状を図6に示す。加工時間は実験2の場合とほぼ同等となった。形状は実験2の場合よりも改善され削り残しは無いが、真円とは異なる不良加工部が見られる。半月形状の場合は放電ギャップが切り欠け部と円周部では異なる。真円形状の場合放電ギャップは一定であり正常放電となるが、半月形状では放電ギャップが変化する箇所では異常放電となり正常放電が行われないうちに不良加工部が形成されると推測した。

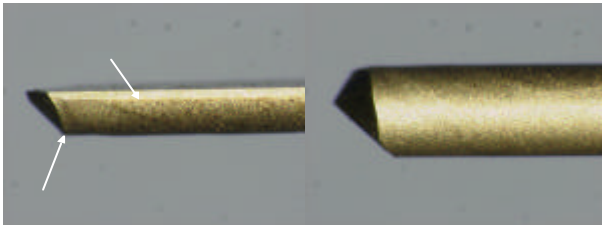


図6 半月ドリルに対して径調整が大きい場合

2 - 4 実験4 実製品に対する加工実験

2 - 4 - 1 実験方法

精密機械の液体流路を WEDG 成形により成形した刃物を使用して加工した。現在生産工程で使用している研削加工により成形した刃物で加工した製品を参照品として WEDG 加工による刃物で加工した製品と比較した。実験装置は生産工程で使用しているインライン加工装置を使用した。

2 - 4 - 2 実験結果及び考察

(1) 加工後の製品表面

図7に加工後の製品の表面状態を示す。加工面粗さは、研削加工と WEDG : (丸から半月) でほぼ同等の数値となっている。WEDG : (半月径落とし) は他の2つの方法と比較して R_a 、 R_y とほぼ2倍の数値となっている。WEDG : (半月径落とし) では WEDG 加工による半月刃形成の時に不良形状加工となっており加工面粗さの原因になったものと推測される。製品の表面状態は、研削刃物では入口から出口まで均一の表面状態となり正常加工されている。一方 WEDG 刃物による表面状態は、入口部は正常な加工面となっているが製品加工数が増加するに従い出口付近で表面状態が悪化する傾向が見られる。これは、WEDG 刃物による刃物表面の表面性状による影響と推測される。

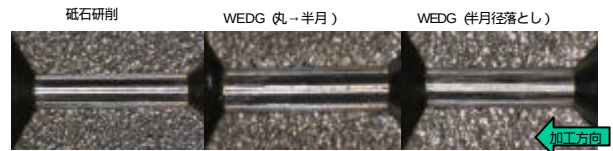


図7 WEDG 刃物による実製品加工

(2) 加工後の WEDG 刃物表面

製品加工後の WEDG 刃物の表面状態と加工面粗さの断面曲線を図8に示す。加工面粗さの断面曲線では、製品材質のアルミニウムが付着している箇所の粗さが大きくなっており、特に大きい箇所ではアルミニウムが付着していない箇所の3倍程度大きくなっている。表面状態からもアルミニウムが点在して付着している様子が分かる。刃物のすくい面へのアルミニウムの付着は少ない。

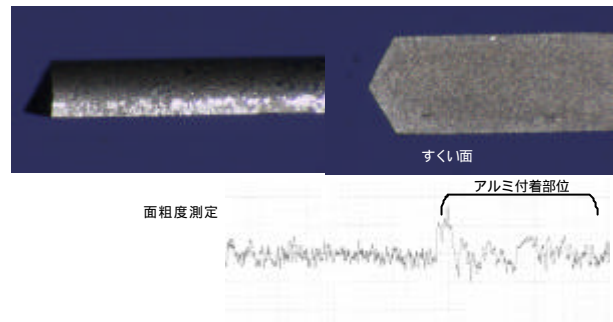


図8 製品加工後の表面状態

(3) SEM による WEDG 刃物表面

図9に研削刃物と WEDG 刃物の製品加工後の SEM による表面状態 ($\times 2000$) を示す。研削刃物の表面は均一で緻密な平坦面になっている。一方 WEDG 刃物は魚の鱗のようなでこぼした表面で放電加工特有の梨地面になっている。切刃部は、研削刃物では稜線部が鋭利な直線を形成して3平面の接点は点となっている。一方 WEDG 刃物の稜線は魚の鱗状に覆われ鋭いエッジを形成していない。3平面の接点は点にはならず鱗表面による曲面となっている。WEDG 刃物ではアルミニウムが点在して付着しているのが確認できる。図10に倍率を1000倍と低くした研削刃物と WEDG 刃物の SEM による表面性状を示す。図から研削刃物では表面は一定方向への研削筋規則的に配列されており刃物に適した面性状となっている。一方 WEDG 刃物は、梨地面となっており細かいへこみが点在している。このへこみにアルミニウムの切りくずが入り込み刃物表面に付着していることが確認できた。

研削砥石

WEDG

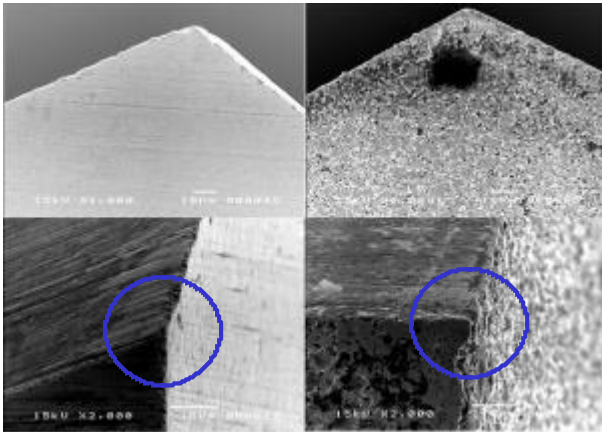


図9 SEMによるWEDG刃物の表面その1

研削砥石

WEDG

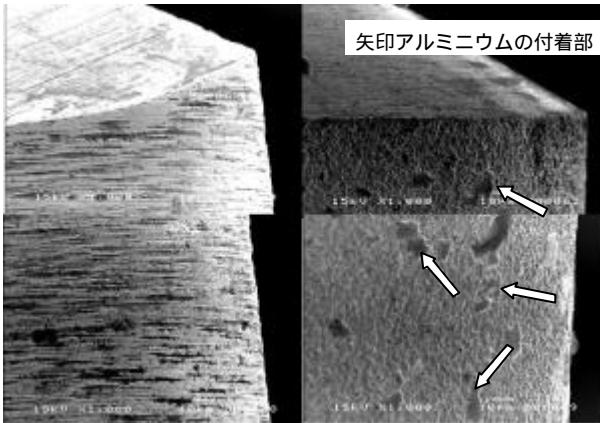


図10 SEMによるWEDG刃物の表面その2

3 結 言

- (1) 半月ドリルを径調整することは、WEDG 成形加工では不向きである。丸形状から半月ドリル形状に成形加工すべきである。
- (2) WEDG では、芯振れを無くすることが要点となる。芯振れの影響から径調整量/径 が小さい削り代では削り残しが発生する。
- (3) WEDG による刃物成形時間は、研削加工の 5 倍以上の時間を要しその 2/3 は仕上げ加工工程である。
- (4) WEDG 刃物では研削刃物に比べて製品加工での工具寿命が短い。これは、放電加工特有の梨地面による表面性状によりアルミニウム付着が著しく生じるためである。
- (5) WEDG 刃物成形では研削成形のような熟練した技能は不必要であり、標準化推進に有利である。

以上のとおり、WEDG 成形刃物は研削刃物に比べて工具寿命は短いが刃物製作において熟練した技能は必要としない。成形能率の問題は ATC や NC プログラム制御により回避され、工具寿命の問題は目的に応じた研削刃物との使い分けによる適材適所への登用により避けられる。WEDG 刃物はその特性に応じた使用方法により実用的な生産工程で活用できる。

文 献

- 1) 増沢隆久：やさしいマイクロ加工技術，日刊工業新聞社