

小径レンズ金型の超精密 ELID マイクロ研削加工

森田 晋也^{*1}, 鈴木 亨^{*1}, 劉 慶^{*1}, 林 偉民^{*1}, 渡邊 裕^{*1}, 上原 嘉宏^{*1}, 大森 整^{*1}

Ultraprecision ELID Micro Grinding for Micro Lens Mold

Shin-ya MORITA, Toru SUZUKI, Qing LIU, Weimin LIN,
Yutaka WATANABE, Yoshihiro UEHARA and Hitoshi OHMORI

超精密非球面加工機に取り付けた斜軸砥石回転軸に対して、超精密研削法の1つである ELID 研削法を複合させ、小径非球面レンズ金型加工を検討した。高剛性の小径工具を安定して用いることのできる ELID マイクロ研削法と、砥石摩耗が形状誤差に及ぼす影響を低減できる3軸同時制御による斜軸砥石加工に焦点を当てた。その結果、形状精度および面精度ともに良好な超精密 ELID マイクロ研削加工を行うことができた。

Key words: ELID grinding, ultraprecision machining, aspherical micro lens mold, slanted-tool-axis

1. 緒言

光通信用のマイクロ非球面レンズ、携帯電話やデジタルカメラなどに使用される非球面レンズ、その他複雑形状を有したマイクロデバイス部品などは、近年の情報社会の発展とともにそのニーズが増大・多様化している。レンズや導光板など部品の製造には高精度化と高能率化が要求されている。このような部品の製造に使用される金型においても、更なる高精度化、高能率化、微細化加工の要求が求められている。このような状況の中、非球面レンズ形状の超精密研削加工手法として、現在、砥石回転軸を傾斜させた斜軸研削法や工作物の送り方向と研削条痕を一致させたパラレル研削法が技術開発され、双方とも高精度な加工法として普及しつつある^{1), 2)}。

本研究では、超精密非球面加工機に取り付けた斜軸砥石回転軸に対して、超精密研削法の1つであるELID研削法³⁾を複合させ、小径非球面レンズ金型加工を検討した。特に、高剛性の小径工具を安定して用いることのできるELIDマイクロ研削法と砥石摩耗が形状誤差に及ぼす影響を低減できる3軸同時制御による斜軸砥石加工に焦点を当て加工実験を行った。

2. ELIDマイクロ研削法

本研究における小径非球面レンズ金型加工のための超精密ELIDマイクロ研削法は、油静圧案内および油静圧駆動ねじと空気静圧工具軸を有し、0.7nmの位置制御分解能の超精密自由曲面加工機を用いて行った。

図1に示すとおり、放電ツルーイングにより球形状に成形した小径砥石を用い、加工を行う。金型加工時にはELID電極と被加工物の干渉のためインプロセス法による電解ドレッシングが困難となる。そのため形状加工と電解ドレッシングを交互に行うインターバルELID研削加工方式を採用した。砥石には、φ2mmの鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石を用いた。砥石の外径と

端面をプラズマ放電ツルーイング(図2)により振れを除去したのちに、銅パイプ電極を用いたプラズマ放電ツルーイング手法により砥石先端を球面に成型した(図3)。加工装置の外観写真を図4に示す。加工完了後に砥石回転軸の脇に設置した機上測定機を用いて加工形状の評価を行った。

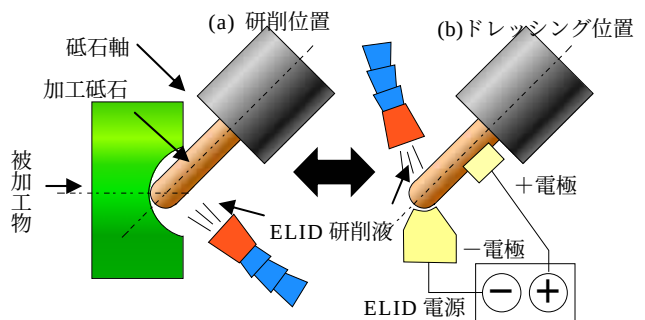


図1 ELIDマイクロ研削法の概略

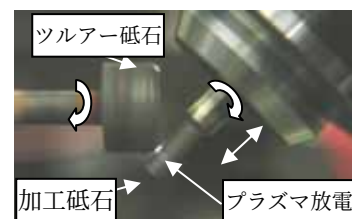


図2 外径・端面ツルーイング

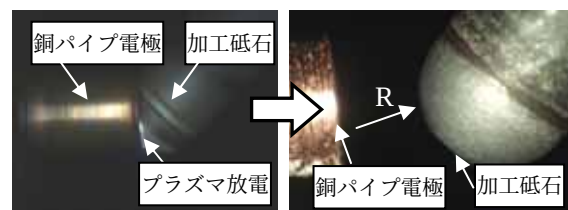


図3 球面ツルーイング

^{*1} 独立行政法人理化学研究所: 〒351-0198 和光市広沢2-1
(学会受付日: 2004年 月 日)

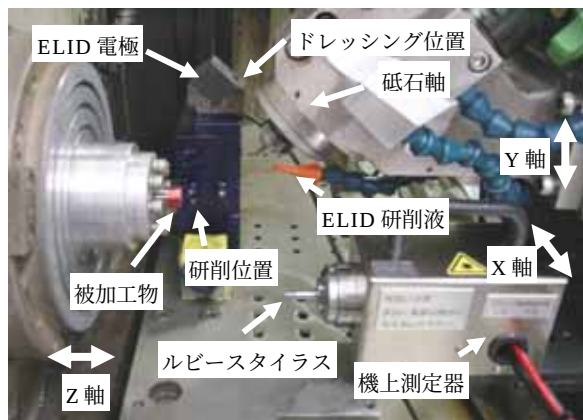


図4 加工装置の外観写真

ここで、本研究で採用した3軸同時制御研削加工法の模式図を図5に示す。今回の加工では、砥石側面図において点線で指示した砥石回転軸上から45°の位置が被加工物と常に接触するように、加工機のXYZ軸の3軸を制御し、砥石位置を補正しながら被加工物の形状加工を行った。被加工物の外周部から中心部へ砥石を移動させて加工を行うが、砥石正面図で示したような接触移動角度内の範囲で加工が行われる。

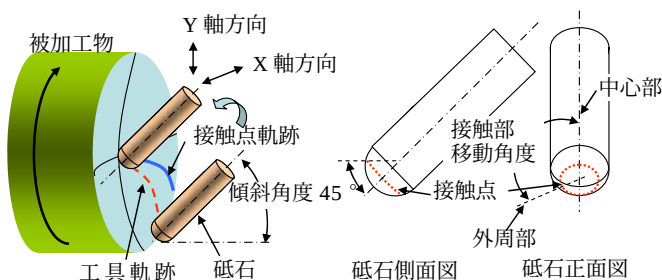


図5 3軸同時制御研削加工法

表1 実験条件

被加工物	材質: バインダレス超硬, 回転数: 100 min ⁻¹ 形状: R=1.5mm/k=-1 (有効径 1.9mm, 凹面)
砥石	鋳鉄ボンダイヤモンド砥石 (新世代加工システム(株)), 粒度: #325/#1200, 砥石径: φ2mm, 回転数: 30000min ⁻¹
切込み量	0.5~2.0 μm
送り量	0.5~2.0 mm/min
ELID 電源	NX-ED921 (新世代加工システム(株))
研削液	NX-CL-CG7 (新世代加工システム(株))

3. 加工結果

本加工に用いた被加工物形状および実験条件を表1に示す。被加工物の材質はバインダレス超硬を用い、レンズ形状は中心曲率半径1.5mm, 有効径 1.9mm(凹面深さ 0.34mm)の凹面とした。加工被加工物の最外周の加工点傾き角度は39.2°である。砥石先端を球面にツルーイングし、初期 ELID 電解を行った後、カーボン電極に砥石形状を転写させた。砥石先端の中心位置調整は、カーボン電極に対して X 軸方向に3点, Y 軸方向に2点の転写を行い、設定 NC 座標と転写さ

れた球面形状の中心値を算出し、そのずれ量により砥石中心と被加工物回転中心位置を調整した。さらに、転写後の断面形状より砥石の近似曲率を求め、加工プログラムに反映させた。今回の加工では、形状誤差による工具軌跡の補正を行わず、被加工物の測定曲率は近似曲率フィッティングによって評価した。

図6に加工終了後の机上測定結果を示す。今回の加工では、工具軌跡の補正をすることなく、形状誤差は有効範囲内でPV0.137μmを達することができている。ノマルスキー顕微鏡による加工面の写真(図7)に見られるように、非常に良好な加工面を呈している。さらに、白色光干渉形状測定器 (ZYGO社 New View) により加工面性状の観察を行い(図8)、#325ではRz62nm, Ra9nm, #1200ではRz32nm, Ra6nmの良好な加工面が得られることがわかった。図9に被加工物の外観を示す。

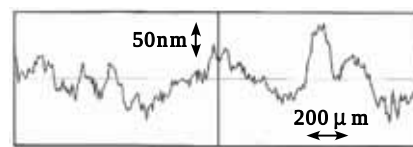


図6 机上測定による形状誤差 (#1200研削後)

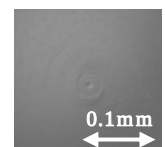


図7 ノマルスキー顕微鏡による観察

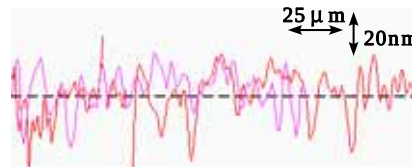


図8 #1200加工後の面精度 (ZYGO社 NewView)



図9 被加工物外観

4. 結言

小径非球面レンズ金型加工の技術開発を目的として、3軸同時制御による斜軸砥石加工と ELID マイクロ研削法の複合を試みた。その結果、形状精度および面精度ともに良好な超精密 ELID マイクロ研削加工を行うことができた。今後は鋳鉄ボンダイヤモンド砥石の高い剛性と低摩耗の特性を生かした超精密加工機による3軸同時加工を行い、更なる小径レンズの超精密加工を行う予定である。

5. 参考文献

- 鈴木浩文, マイクロガラスレンズ成型の超精密切削加工, 光技術コンタクト, 40, 10 (2002) 625.
- 佐伯優, 厨川常元, 庄司克雄, パラレル研削法による非球面金型加工に関する研究, 精密工学会誌, 68, 8 (2002) 1067.
- Suzuki, T., Ohmori, H., Dai, Y., Lin, W., Katahira, K., Makinouchi, A., Tashiro, H., Yokota, H., Suzuki, M., Abe, T., and Shimasaki, T., Ultraprecision Fabrication of Glass Ceramic Aspherical Mirrors by ELID-grinding with a Nano-level Positioning Hydrostatic Drive System, Proceedings of the 3rd International euspen Conference, 2 (2002) 795.