

科学研究費補助金研究成果報告書

平成21年 4月 2日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560105

研究課題名（和文） マイクロ・ウォータージェット・ポリッシング法の開発
と次世代光学素子の高精度化研究課題名（英文） Development of a micro water-jet polishing device and accuracy
enhancement of the next-generation optical instrument

研究代表者

人見 宣輝（HITOMI NOBUTERU）

東北大学・大学院工学研究科・産学官連携研究員

研究者番号：30300669

研究成果の概要：

ガラスレンズなど非球面光学素子の超精密金型の研削後の高度な研磨技術に対する工業界の要請は非常に高い。

まず微細な砥粒を高速高圧で噴出させる方式を検討した。その結果、本研究では研究対象としては工業的な観点から水に砥粒を分散させたスラリーに若干量のガスを混入したものを、高圧水を主ジェットとしたアスピレータに吸引させる方法を基本構成とした。この他にも有用性を確認した方式を見出した。

アスピレータ式ウォータージェット部の設計を実施、水流研磨装置の試作組み付けをし、機能評価を行い、スラリーの吸引機能と吐出を実験的に確認した。さらに安定的に混合室に負圧を発生させスラリーを噴出させるための条件を見出した。

スラリー衝突時のワークとのなす角度を変化させて加工評価したところ、60°までの噴射角度範囲では超硬合金では粗さの変化が少なく噴出速度成分エネルギーの効果の高いことを確認した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：機械工作・生産工学、精密研磨、精密部品加工

1. 研究開始当初の背景

ガラスレンズなど非球面光学素子の超精密金型の研削後の高度な研磨技術に対する工業界の要請は非常に高い。特に素子の小型

化になればなるほど現行の研削盤では避けがたい研削段階での微小振幅のうねりや粗さを除去する研究と併せて、研磨で的確にこれらを除去する技術の開発研究が重要とな

る。

2. 研究の目的

ワークにより異なる微小なうねりや粗さなどを局所的に研磨するために微小な径を持つ微細砥粒を高速ジェットにした水流研磨技術確立することを目的とする。

3. 研究の方法

ウオータジェット装置の最適化が本研究の基幹となる技術であるため、本研究では以下のような方法で研究を進めた。

- (1) 研磨の対象はガラス用金型である超硬合金とした。
- (2) ウオータジェット装置は既存の高圧ジェット装置では最適化の方法が見出せないため新規に設計することとした。
- (3) 微細な砥粒を高速高圧で噴出させる方式においては圧力差と膨張率が重要な因子であるために基本的な構成について再検討した。
- (4) 最終的にアスピレータ方式がコスト、安全性の面で当面は妥当な方法との結論を得て、つぎの段階に移った。
- (5) アスピレータ式ジェット構造を最適化するためにジェット部品を差し替えできる構造とした。
- (6) 高圧水は最高圧 20MPa を主水とし、当面の実験は市水を使用することとした。
- (7) 加工点を移動できるように 3 軸架台にジェット装置を装着する構造とし各種のデータを取得可能とした。

4. 研究成果

- (1) 微細な砥粒を高速高圧で噴出させる方式においては圧力差と膨張率が重要な因子であるために基本的な構成について再検討した。
- (2) メタノールに砥粒を分散させたスラリーを高圧メタノールを主ジェットとしたアスピレータで吸引させる方法、またガス圧にて直接リアクター内のスラリーを噴出する構造などが本来の目的機能の観点からは有効であることを確認した。
- (3) しかしながら将来の工業的に重要な因子であるコスト、安全性、連続使用時間などを考慮すると水に砥粒を分散させたスラリーに若干量のガスを混入したものを、高圧水を主ジェットとしたアスピレータに吸引させる方法が、有効性もあまり損なわずかつ現実的な解であるという結論を得た。
- (4) 本研究では研究方法の項で述べたようにアスピレータ式ウオータジェット装置を新規に設計し、図 1 に示すような構造とした。すなわち図中 A 部より主水の高圧水を導入し、B 部のネジ込式のメインジェットノズルを介して C 部の混合室に入り、D 部のネジ込

式の吐出ノズルを経由して噴射する方式とした。混合室には E 部のコネクタ部からスラ

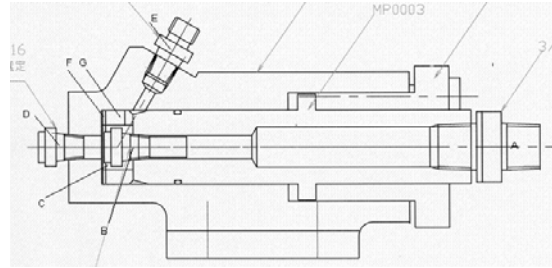


図 1 ジェット装置

リーを吸入する構造となっている。さらに混合室の容積とノズル先端と吐出ノズルの相対位置を調整するためシム E とスペーサ G にて軸方向位置の修正が可能ないようにした。メインジェットノズル径と吐出ノズルの穴径に差をつけられるようにネジ込式としてあり、吐出側はセラミックスノズルチップを内側に接着して砥粒によるノズル内面の摩耗を抑制した。

(5) このジェット装置を図 2 に示すような配管をし、プランジャ式高圧水ポンプから高圧水をメインジェット部に供給した。メイン

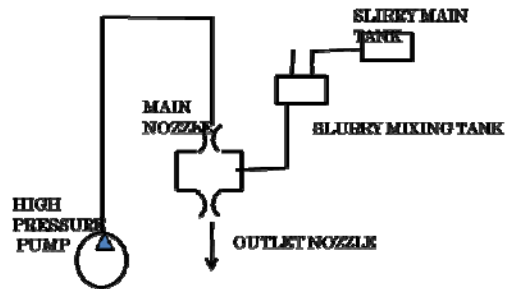


図 2 配管系統図

ノズルへの供給は高圧ホースをワンタッチカップラにて結合した。スラリーは主タンクに入れスターラにて予備分散をはかり、ボール弁を介してスラリー混合タンクに重力供給する構造とした。混合タンクはスラリー供給口、空気取り入れバルブ、負圧計を取り付け、ウオータジェット装置の混合室にフレキシブルパイプにて結合した。

ウオータジェット装置は門型の 3 軸位置制御可能なリニアガイドにマウントして加工物の正確な位置出しを可能とした。

図 3 は実験に供した高圧水ポンプの特性試験結果を示す。

- (6) ウオータジェット装置は直接高圧水を絞るメインジェットノズルと吐出ノズルの中間の混合室において発生する負圧と、それによる吸引機能を実験的に確認した。このジェット装置を最高圧力 20MPa の高圧水ポンプ

に結合して、気液それぞれの弁を持つ混合スラリートンクから供給されるスラリーを混

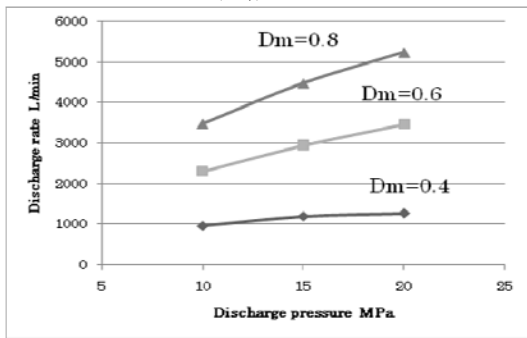


図3 高圧ポンプ特性

合室に吸引して高圧水で低濃度化したスラリーを噴出させることができた。

(7) このときのジェット径の径寸法はメインジェット径に対して吐出ジェット径は図4に示すように面積比で2以上大きいことが安定的にスラリーを吸引して吐出するために必要であることを実験的に確かめた。

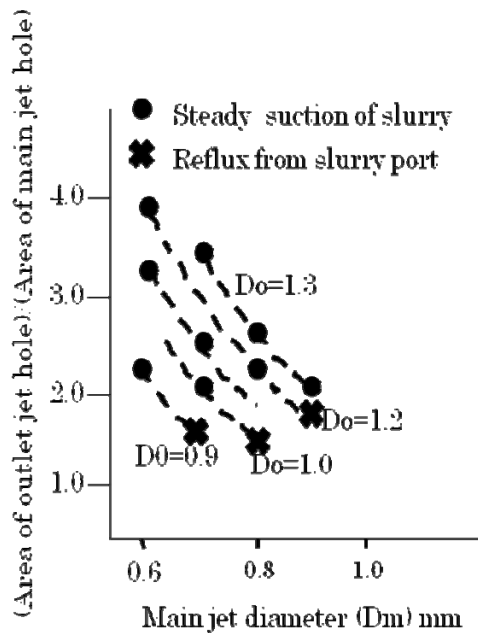


図4 ジェットのサイズ

(8) 本装置の全体状況を図5に示す。図の右上部がスラリー主タンク、混合タンクを経てジェット装置の負圧室に結合されている。両タンク間のボール弁で供給量を制御した。スラリーのジェットは高速、高圧であるためミスト状になっているので、これを図の左にある加工チャンバ内に噴射し、ここからフレキシブルダクトを介してミストコレクタに導き吸引した。



図5 実験装置

(9) 本装置による噴射実験により、スラリー衝突時のワークとのなす角度を垂直から60°まで変化させて加工面の表面状況を評価した。加工痕の粗さの測定結果では若干垂直方向の粗さの方が値が大きい傾向があるが、明確な差異はなかった。この程度の角度範囲では砥粒の持つエネルギーの噴出速度成分の効果の高いことを確認することができた。図6は垂直と45°の角度をもたせて加工したときの加工表面の粗さの測定結果例である。硬度の高い超硬合金では噴射角度による粗さの差異が小さく、そのバラツキも小さいことが示されている。また焼鈍したSUS303の場合には垂直噴射の方が若干粗さが大である傾向が見られる。さらにバラツキもかなり大きい。なおこの時の砥粒サイズは1000番でメインジェット径0.4、圧力は20MPa

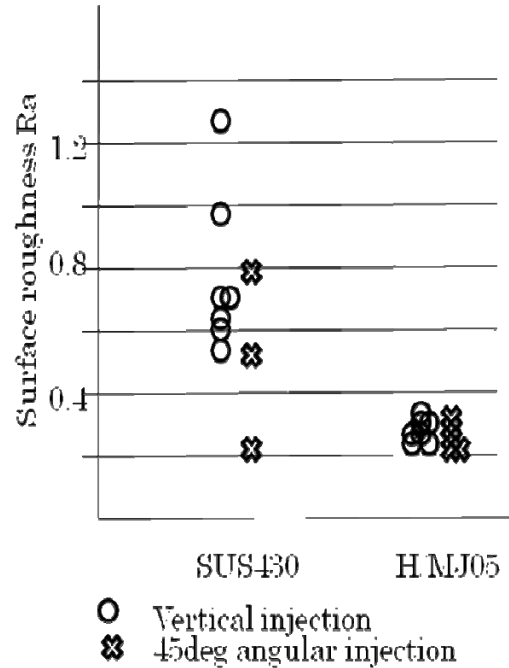


図6 加工表面状況

である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0件)

[学会発表] (計 0件)

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

人見 宣輝 (HITOMI NOBUTERU)

東北大学・大学院工学研究科・産学官連携
研究員

研究者番号：30300669

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

厨川 常元 (KURIYAGAWA TSUNEMOTO)

東北大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：90170092

吉原 信人 (YOSHIHARA NOBUHITO)

東北大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：80374958