

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760082
 研究課題名（和文） 精密分級・均一分散極微粒ダイヤモンド砥石の開発と
 ナノ精度非球面研削への応用
 研究課題名（英文） Development of fine grid diamond grinding wheel designed for
 nano-precision aspherical grinding
 研究代表者
 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

研究成果の概要：

超精密非球面研削への応用を目的として極微粒ダイヤモンド砥石開発にかかわる解析および基礎実験を行った。その結果、粉体の混合に用いる粒子噴射装置設計の最適化がなされた。また実際に粒子噴射装置を試作し、噴射実験を行った。さらに噴射する粒子の分級に関して基礎実験を行った。これらの実験により、カスケードインパクターで大きな粒径の砥粒が排除されることが示された。またカスケードインパクターの内部構造を変化させることにより、分級性能が変化することが明らかとなった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	0	2,100,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	360,000	3,660,000

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：超精密加工

1. 研究開始当初の背景

近年、光学機器の高解像度化が進んでいる。この現状に対応するために、光学部品の形状精度、表面粗さの向上が求められてきた。その結果、研削工程で形状精度が50nm、最大高さ粗さが10nmまで光学部品の加工を行うことが可能となった。しかし表面粗さが向上するほど、加工面に存在する“むら”が顕著に現れる現象が発生するようになった。申請者らはこの“むら”が発生する原因の一つが工作機械の振動であることが明らかにし、研削

条件を精密に制御することが可能な超安定・超精密加工システムを開発し“むら”の抑制に成功した。また均一な材料の開発により、研削面の“むら”は改善された。しかし完全な抑制には至っておらず、実際の研削面には未だ“むら”が残存している。工作機械の振動および工作物材質以外に研削面に“むら”を生じさせる要因として砥石作業面状態の“むら”が挙げられる。砥石作業面の“むら”は砥粒径のばらつきと砥粒分布のばらつきに分けられる。より均一性の高い研削面を

得るためには、精密に分級された砥粒が均一に分散した砥石を用いる必要がある。

2. 研究の目的

本研究は精密に分級された砥粒を均一に分散させた超精密研削用砥石を製作することを目的とする。砥石内部の砥粒の分布および粒径のばらつきを小さくすることにより、研削面の“むら”が抑制されることが期待される。

3. 研究の方法

砥石の開発にあたり必要となる、以下の点について研究・開発を行った。

(1) 粒子噴射装置の開発

レジン粉末、砥粒を混合するために、それらの粒子を噴射する装置が必要となる。安定した噴射を可能とするために、流体解析ソフトを用いて設計の最適化を図る。そして実際に装置を試作し、噴射実験を行う。噴射された粒子の速度をPIVにより測定することにより、設計最適化の効果を検証する。

(2) 粒子の分級に関する研究

カスケードインパクトの方式を用いて粒子の分級を試みる。分級前後の粒度分布を測定することにより、分級がなされているか確認する。また分級装置を改造し、分級性能が変化するか確認する。

4. 研究成果

(1) 粒子噴射装置の開発

図1に今回開発する噴射装置の模式図を示す。供給管内に段差を設けることにより、粒子供給口周辺に負圧が生じる。この負圧により粒子タンクから粒子を供給管に取り込む。供給管内に取り込まれた粒子は供給ガスにより排出される。さらに加速ガスを加えることにより、排出された粒子は加速されノズルから噴射される。

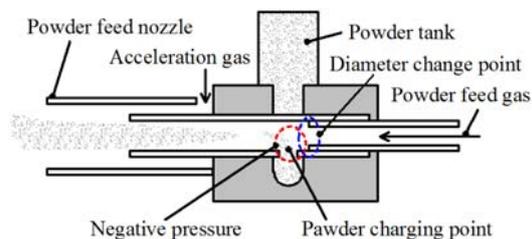


図1 噴射装置概略図

同装置の設計を最適化し、噴射ノズル先端から噴射される粒子の速度を向上させる。粒子挙動の解析に用いたモデルを図2に示す。このモデルに基に、粒子が噴射される速度を算出する。このとき下記の設計パラメータを変更し、それらの影響を調べる。

L1：供給ノズル長さ

L2：ガス流路長さ

L3：加速ノズル長さ

D：ノズル径

解析条件を表1に、解析結果例を図3に示す。また表1と同様の条件で実際に噴射実験を行い、PIVにより粒子を測定した結果例を図4に示す。

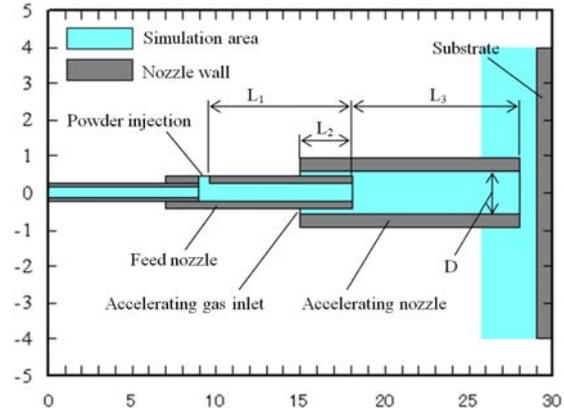


図2 解析モデル

表1 解析条件

Injection powder	2 μm (Al_2O_3)
Pressure of acceleration gas	0.5 MPa
Pressure of feed gas	0 MPa
Distance between nozzle tip and substrate	1 mm
Feed angle	90 degree
Carrier gas	N_2
D	1 ~ 1.5 mm
L1	5.5 ~ 11.5 mm
L2	1 ~ 5 mm
L3	7 ~ 15 mm

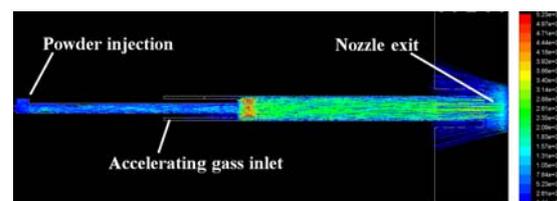


図3 解析結果例



図4 PIV測定例

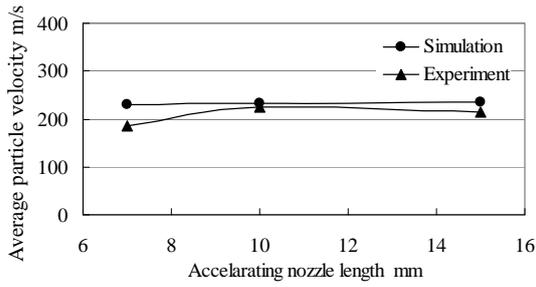


図5 L3の影響

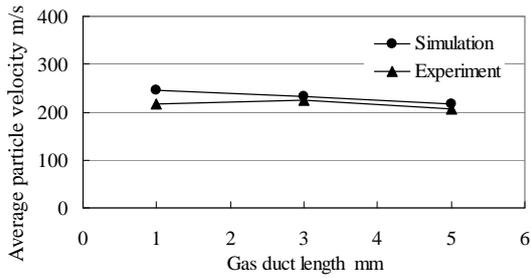


図6 L2の影響

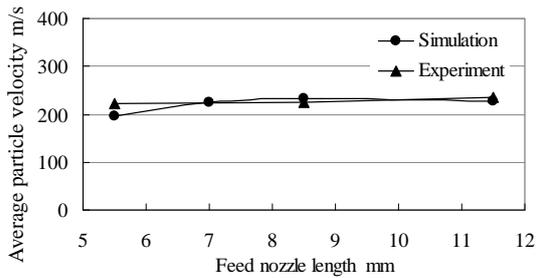


図7 L1の影響

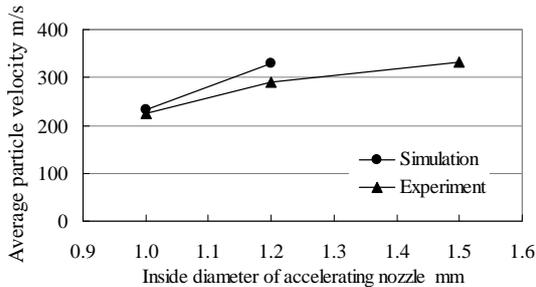


図8 Dの影響

解析結果と実験結果の比較を図5～図8に示す。加速ノズル長さ、ガス流路長さ、および供給ノズル長さと比較して、加速ノズルの内径がノズル平均粒子速度に与える影響が大きいことが明らかとなった。また平均粒子速度は最大で330m/sまで達し、搬送ガスの音速近くまで達することが明らかとなった。

(2) 粒子の分級に関する研究

試作したカスケードインパクトの模式図を図9に示す。

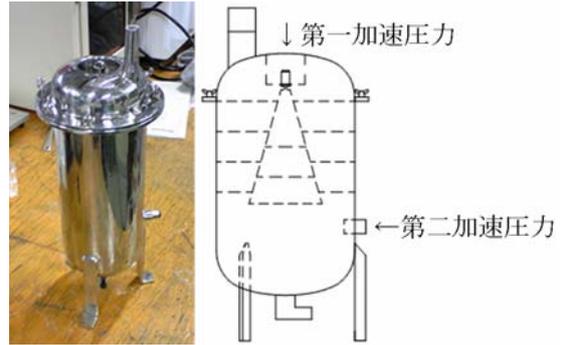
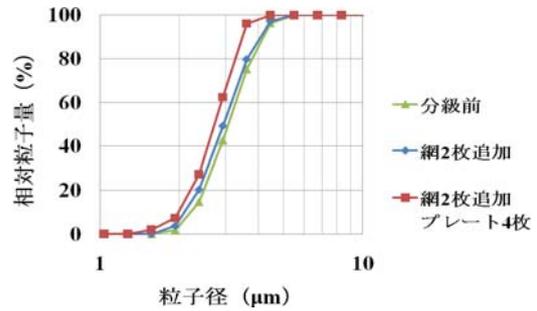
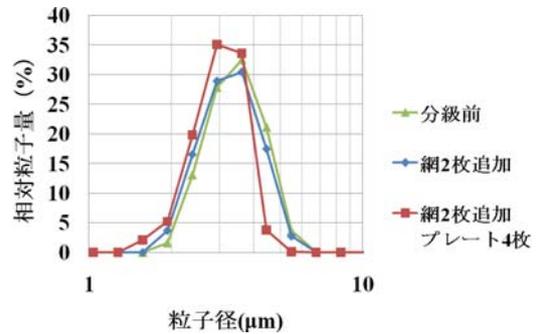


図9 分級機外観



(a) 積算分布



(b) 頻度分布

図10 分級前後の粒度分布測定結果

同装置において2系統の加速圧力と、プレートの枚数を変えることが可能である。今回は第一加速圧力と第二加速圧力を共に0.4MPaに設定し、プレートの枚数を変化させた。分級前後の粒度分布測定結果を図10に示す。同図より分級を行うことにより、粒径の大きな粒子が除去されていることがわかる。またプレート枚数を増やすことにより、その効果が高くなっていることがわかる。

カスケードインパクトにより、粒径の大きな粒子をカットして、分級することが可能であることが示された。今後、加速圧力、プレートの設計、装置への粉体投入方法など、分級条件の最適化を行う必要がある。

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1件)

① Toshihiko Shibuya, Mohammad Saeed Sepasy, Koichi Mizutani, Nobuhito Yoshihara, Jiwang Yan and Tsunemoto Kuriyagawa, Design of Double Nozzle Type Powder Jet Device Optimized for PJD, Key engineering materials, 389-390, pp398-403, 2009, 査読有.

[学会発表] (計2件)

① 吉原信人, 歯科用パウダージェットデポジション装置の開発, 2009年度精密工学会春季大会, 2009年3月13日, 中央大学.

② 吉原信人, パウダージェットデポジション用二重ノズルの最適化, 日本機械学会 第7回生産加工・工作機械部門講演会, 2008年11月22日, 長良川国際会議場.

[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]

特になし.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者