

経常研究

固定砥粒加工における目づまり抑制技術の開発

小池 宏侑* 近藤 弘康* 山下 健介*

Development of Technology to Prevent Loading
in Fixed Abrasive Machining Process
KOIKE Hiroyuki, KONDO Hiroyasu and YAMASHITA Kensuke

近年、ファインバブル（以下、FB）を用いた研削加工が注目されており、ステンレスの研削加工においてFBが目づまり抑制に寄与することが報告されている。そこで本研究では、光学レンズ加工における目づまり抑制を目的とし、FBを含有させた研削液を用いて平面研磨加工を行い、FBが目づまりに及ぼす影響の検討を行った。その結果、吸気量3L/minのFB研削液には目づまりを抑制する効果がある可能性があることがわかった。

Key words: 光学レンズ加工, ファインバブル, 目づまり, 平面研磨加工, 吸気量

1 はじめに

光学ガラスレンズの加工は、粗加工・粗研磨・精研磨・仕上げ研磨といった工程を経て、段階的に高い形状精度と表面粗さを達成していく¹⁾²⁾。このうち、最終の仕上げ研磨では、遊離砥粒として酸化セリウムを使用する研磨加工が施される。酸化セリウムによる研磨加工は、機械的除去だけでなく化学的スムージング効果も相乗的に作用することにより、極めて高品位かつ平坦な面が得られる。しかし、加工レートが低く、また非常に多段なプロセスを要することからタクトタイムの短縮化が課題となっている。酸化セリウム工程の短縮には、粗研磨・仕上げ研磨工程でより高番手（微細砥粒）の“砥石”と呼ばれる固定砥粒工具を用いる必要があるが、高番手の砥石を用いた場合には、切りくずが工具に凝着・堆積する「目づまり」が生じやすく、切れ味の復活のためには加工を中断して「目立て」を行う必要があり、連続的な加工ができず自動化の妨げとなっている。

レーザやウォータージェットを用いることで、目づまりをインプロセスで除去する研究も進められているが、コスト及び利便性の観点から実用化が困難と考えられる。一方で、これまでにガラスレンズ加工に電極レスELID研削を援用することで、砥石の目づまりが抑制され、除去効率が向上することが明らかにされている³⁾。電極レスELID研削では、電気分解した研削液を加工点に供給することで電気化学的な作用により砥石のドレッシングを行うものであるが、電気分解により発生した微細な気泡（FB: Fine bubble）も効果的に作用している

と考えられる。加えて、ステンレスの研削加工においては、FBが砥石の目づまり抑制に寄与することも報告されている⁴⁾。ノズルタイプのFB発生装置であれば比較的安価に手に入り、加工機への設置も容易なことから、中小企業への普及しやすいものと考えられる。

そこで本研究では、固定砥粒を用いたガラスレンズ加工における目づまり抑制技術の開発に向けて、FBが目づまりに及ぼす影響の検討を行ったので報告する。

2 研究の方法

2.1 FB生成方法

図1に示す装置を用い研削液にFBを発生させてFBを含有した研削液（以下、FB研削液）を作製した。研削液は水道水にて50倍希釈した弱導電性研削液（東洋工学株, CG-7）（以下、通常研削液）を用いた。本研究で用いたFB発生器（大生工業株, TH-03）は、吸気量の調整

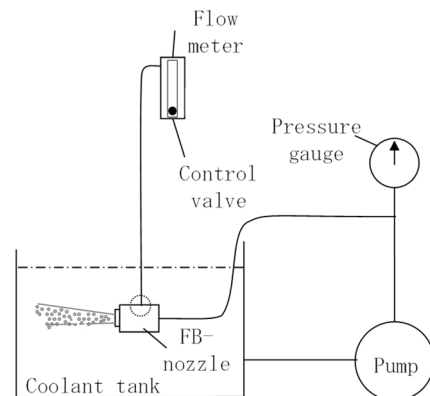


図1 FB循環装置の構成

* 栃木県産業技術センター 機械電子技術部

が可能であり、図1中の吸気部の先端にフローメータを設置し、その間に吸気量を調整するための絞りを設けることで、大気吸気量の調整を行った。

2.2 平面研磨試験

供試材として、光学ガラスレンズに広く利用されているBK-7(φ38.1mm)を用いた。これを図2に示す平面研磨機(Buehler Ltd., ECOMET3)の専用ホルダーに3個取り付け、研磨盤に研削液を供給しながら平面研磨を行った。この研磨機は、ワークホルダおよび研磨盤がそれぞれ回転し、一定荷重で被加工物を研磨盤に押し付けて加工を行うものである。ペレットはメタルレジンボンドダイヤモンドペレット#1200を用いた。研磨条件を表1のとおりとし、加工後のペレットの目づまり状況をデジタル顕微鏡(株ハイロックス, KH-8700)により評価を行った。

なお、研削液は、意図的に目づまりを発生させるため、予備実験で使用し、目づまりが発生する程度に切りくずが滞留していると思われる研削液を用いて、通常研削液、吸気量1L/minのFB研削液、吸気量3L/minのFB研削液の順で同研削液を用いて加工実験を行った(N=3)。また、FB研削液については、120分間タンク内でFBを生成して作製し、加工中もFBを生成しながら加工を行った。

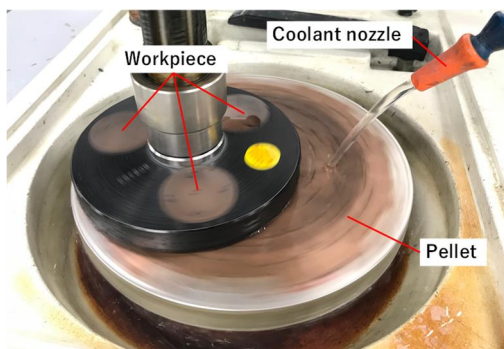


図2 平面研磨中の様子

表1 平面研磨条件

使用ペレット	メタルレジンボンドダイヤモンド ペレット#1200
研磨盤回転数	170 rpm
荷重	201 N
加工時間	60 min

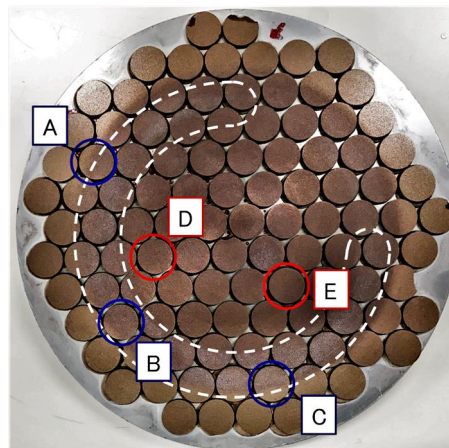
3 結果及び考察

3.1 FBが目づまりに及ぼす影響

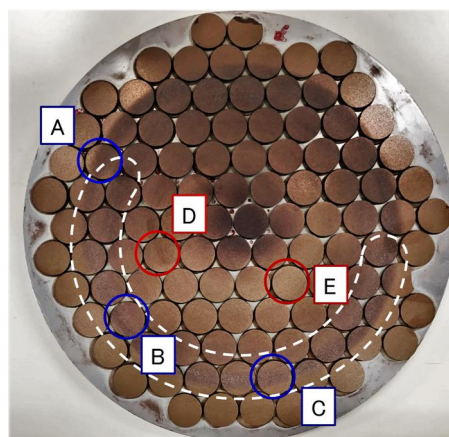
図3に通常研削液及び吸気量3L/minのFB研削液を用

いた加工後の研磨盤作業面を示す。研磨盤作業面の白い点線で囲まれた領域に、切りくず(白い付着物)が残留しており、目づまりが発生していた。

加工実験後の研磨盤のペレット(A~E, 図3参照)の中央部観察画像を図4に示す。



a) 通常研削液



b) 吸気量3L/minのFB研削液

図3 加工実験後の研磨盤作業面

外側のペレット(A~C)において、吸気量1L/minのFB研削液は通常研削液に比べてペレットの目づまりの状況に変化はないが、吸気量3L/minのFB研削液は通常研削液に比べて目づまりがわずかに減少しているように見える。また、内側のペレット(D及びE)においては、吸気量3L/minのFB研削液は通常研削液及び吸気量1L/minのFB研削液に比べて目づまりがほぼ見られなくなった。

そこで、内側のペレットに比べて目づまりが多く見られる外側のペレットにおける目づまりを定量的に評価するため、外側のペレットの画像に対し、フリーウェアの画像処理ソフトウェアImageJ⁵⁾を用いて、加工実験3回の目づまりの平均面積率を算出した。

なお、目づまりの平均面積率の算出にあたっては、図5に示すように2値化を行ったのち、元画像においてレ

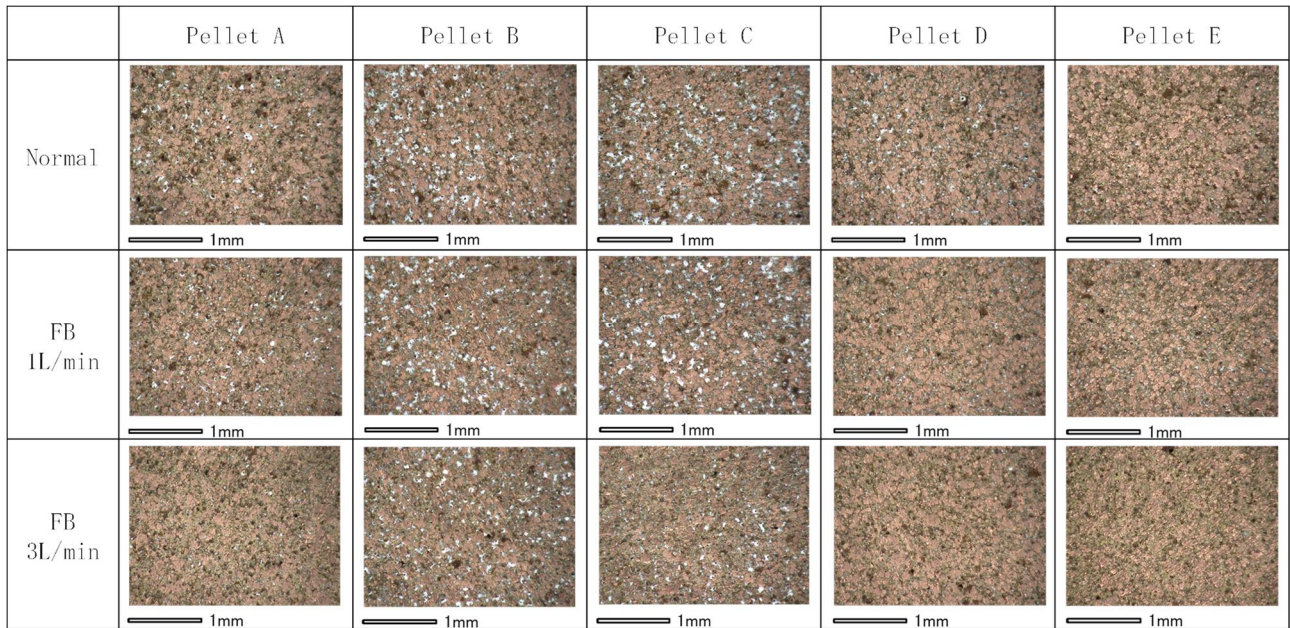


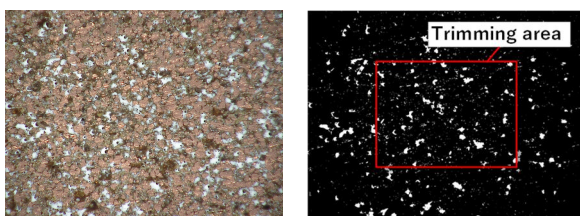
図4 加工実験後のペレットの中央部観察画像

レンズ収差と思われる歪みが画像の外周に見られたことから、画像(1600×1200pixels)の上下400pixels、左右300pixelsずつトリミングを行った画像を用いた。

目づまりの平均面積率を図6に示す。通常研削液に比べて、吸気量3L/minのFB研削液の方が目づまりの面積率は減少したが、標準誤差を含めると有意差は見られなかった。

目づまりは研削液中に含まれる切りくずによって発生することから、加工実験を繰り返すことで、研削液中

に含まれる切りくずが増加し、目づまりが多く発生すると考えられる。通常研削液、吸気量1L/minのFB研削液、吸気量3L/minのFB研削液の順に加工実験を行ったにもかかわらず、吸気量3L/minのFB研削液において、外側のペレットでは目づまりが通常研削液、吸気量1L/minのFB研削液に比べて横ばいであり、内側のペレットでは減少したことから、吸気量3L/minのFB研削液には目づまりを抑制する効果がある可能性があると考えられる。



a) 元画像 b) 2値化画像

図5 目づまり面積率の算出

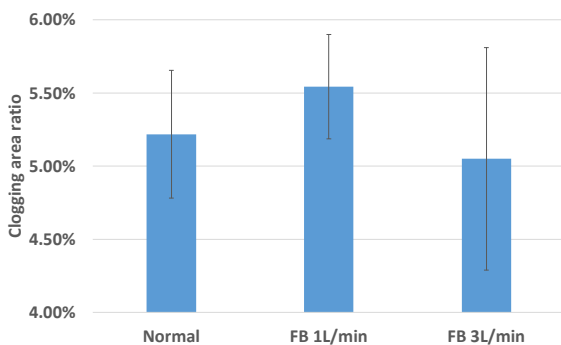


図6 外側のペレット(A~C)における目づまり面積率

4 おわりに

本研究では、光学ガラスレンズに対し、FBを含有した研削液を用いた平面研磨試験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 外側のペレットにおいて、通常研削液と吸気量1L/minのFB研削液を比べると、目づまり状況に差がなかったが、吸気量3L/minのFB研削液では目づまりがわずかに減少していた。
- (2) 内側のペレットにおいて、通常研削液と吸気量1L/minのFB研削液に比べて、吸気量3L/minのFBを含んだ研削液では目づまりがほぼ見られなくなった。
- (3) 目づまりが多く見られる外側のペレットについて、画像解析で目づまり面積率を算出した所、有意差は見られなかったものの、加工実験を繰り返すことで、目づまりが多く発生すると推察されることから、3L/minのFB研削液には目づまりを抑制する効果を有する可能性がある。

参考文献

- 1) M.Saeki, et al.: J. Jpn. Soc. Abra. Tech., 41(3), 90, (1997)
- 2) H.Takino :J. Jpn. Soc. Precis. Eng. 70(5), 619, (2004)
- 3) 江面篤志ら：“栃木県産業技術センター研究報告”, 13, 1-4, (2016)
- 4) 稲澤勝史ら：“栃木県産業技術センター研究報告”, 15, 21-24, (2018)
- 5) C.A. Schneider, et al.: NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis, Nature Methods, 9, (2012) 671