



光学ガラスの超精密研削

難波 義治

中部大学工学部機械工学科 〒487 春日井市松本町 1200

1. はじめに

ガラスは、ガラス転移点以上に加熱して可塑性を与え、任意の形に成形される。モールド技術の進歩により、小形のレンズはサブミクロンの精度でモールドされ、ガラスモールドレンズとして研磨の工程を踏まないでコンパクトディスク用ピックアップレンズとして多量に使用されるようになった。しかし、大部分の光学ガラスは研削後、ラッピングおよびポリシングの工程を経て光学部品に仕上げられているのが現状である。情報産業の発展とともに、光通信用ファイバや液晶ディスプレイ用のガラスの需要の伸びがきわめて大きく、ガラスを磁気ディスクや光ディスクの基板として使用しようとする研究が活発であり、近い将来ガラスの光学面の需要が膨大となることが予想される。このような社会的背景を考えると、旧態依然とした現在の光学ガラスの加工法を検討することが必要となる。

米国では大型光学部品を対象として、日本では非球面レンズを対象に研削後の研磨工程を最小にするための、ガラスの超精密研削の研究が続けられている¹⁾。

そこで、ここでは新しい研削盤を開発して、光学ガラスの研削・ラッピング・ポリシングという従来の加工工程のうち、研磨の工程を省いて、研削のみで光学面を得ようとする試みについて述べる。

2. 超精密平面研削盤

近年、高精度な静圧軸受を有する超精密ダイヤモンド旋盤と鋭いダイヤモンド工具によりアルミニウム合金や無酸素銅等の軟質金属を切削のみで光学面に仕上げるようになった。しかも、従来の研磨法によるものより加工精度および機能が高い製品が高効率で得られる。このような加工のブレイクスルーをガラスの光学面加工に適用するには、硬脆材料であるガラスを延性研削する条件を設定できる研削盤が必要となる。一盤に、ガラスを研削すると、具鋭状の破面の集積で表面が生成され、表面は梨地状の無光沢面となる。しかし、硬脆材料であっても

切込みを小さくして研削すれば、延性研削ができることが経験的に知られている。またポリシング砥石のように超微粒の砥粒を使用した場合にも光学面が得られる。そこで、砥粒の微小切込みを保証する機能を有する研削盤を開発した^{2,3)}。

砥石軸には日本電気硝子(株)の熱膨張係数 $3 \times 10^{-8} \text{ K}^{-1}$ のガラス・セラミックスを使用して熱剛性を高め、主軸径を砥石径と同じく 125 mm とすることにより、力に対する剛性を高めた。ガラス研削の特徴は、研削力の接線分力に比べ背分力が1桁程度大きいことにあり、サブミクロンの加工精度と鏡面を得るためには、砥石、砥石軸および軸受の剛性が高くかつ高い回転精度を有することが要求される。したがって、砥石軸系の剛性、吸振性および回転精度を上げるため、軸受としては静圧油軸受を用いた。

本研削盤では、砥石軸頭の送り用ボールネジの端に超精密なロータリー・エンコーダーを設置し、セミクロズド・ループで切込みを $0.1 \mu\text{m}$ 単位で数値制御するようにした。

3. 超精密研削面

大阪ダイヤモンド工業(株)の SD 1500-75-B カップ型ダイヤモンド砥石を使用し、切込み $a=1 \mu\text{m}$ 、研削速度 $V_s=600 \text{ m/min}$ 、工作物送り速度 $V_w=0.01 \text{ m/min}$ でレーザーガラス LHG-8 をワンパス研削した。その研削面の表面粗さを WYKO 社の TOPO-3D システムで光学的に測定した一例を図1に示す。表面は規則正しい条痕の集積で形成されており、条痕のピッチは砥石1回転当りの工作物の送りと一致する。表面粗さは、研削速度に依存せず、砥石1回転当りの工作物の送りで整理できる。また、送りが数 $\mu\text{m/rev}$ と小さい場合は、表面粗さは切込みに依存せず一定となる。形状精度は寸法 $18 \times 18 \times 8 \text{ mm}$ の試料で、平面度 $0.2 \mu\text{m}$ が得られた。

図2は、HOYA(株)の各種光学ガラスを SD 1500-85-B ダイヤモンド砥石を使用し、ワンパス研削して得られた表面粗さをガラスの硬度で整理したものである。

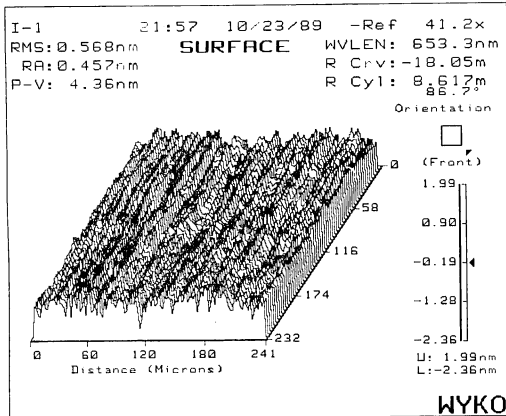


図 1 超精密研削面の TOPO-3D による表面粗さ表示

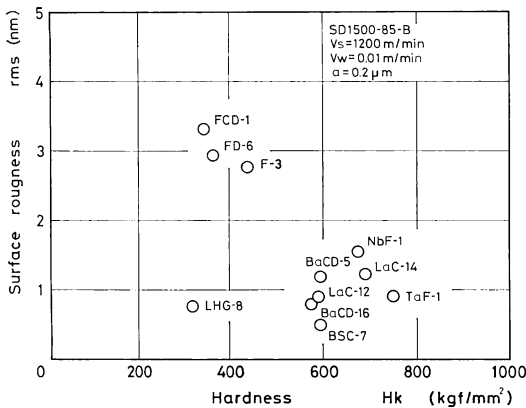


図 2 研削面の表面粗さと光学ガラスの硬度との関係

これより一般に硬い光学ガラスのほうが表面粗さが小さく、硬いガラスでは光学研磨面と同等もしくはそれ以上に滑らかな面が得られることがわかる。レーザーガラス LHG-8 は硬度が低いが、表面粗さの小さい研削面が得られ、レーザー損傷のしきい値も光学研磨面に比べ高い値を示す⁴⁾。レーザー核融合用光学素子は、レーザー損傷の原因となる前加工による傷を除くため、きわめて長時間の研磨を施している。したがって、レーザーガラスを超精密研削することにより、従来よりも高能率でしかも高性能な光学素子が提供でき、レーザー核融合研究に大いに貢献すると期待される。

図 3 は、大阪ダイヤモンド工業(株)のカップ型ダイヤモンド砥石 SD 3000-100-B を使用し、砥石速度 $V_s=1374$ m/min, 送り速度 $V_w=0.005$ m/min, 切込み $a=0.2$ μ m で $18 \times 18 \times 8$ mm の BSC 7 (BK-7) 試料をワンパス研削した面の表面粗さを示している。これは、Bennett が

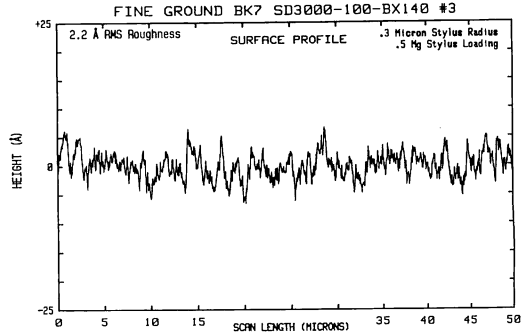


図 3 J. M. Bennett が触針法で求めた BK-7 光学ガラスの超精密研削面の表面粗さ

TALYSTEP を使い、先端半径 0.3 μ m のダイヤモンド触針、測定荷重 0.5 mgf で表面粗さを測定した結果であり、測定システムのノイズレベル 0.5 \AA_{rms} に対し、表面粗さ 2.2 \AA_{rms} が得られた⁵⁾。最大粗さも 1 nm 程度で、この値は一般の光学部品の表面粗さより数段勝れており、世界で最も滑らかな研削面である。

4. おわりに

高精度・高剛性の超精密平面研削盤を使用することにより、各種光学ガラスをワンパスで光学面に仕上げることが可能となった。また、その表面は光学研磨面よりも高いレーザー耐性を示し、機能的にも光学研磨面と遜色ない。したがって、超精密研削は将来の光学部品の加工法として広範囲な応用が期待される。

文 献

- 1) 持田省郎, 久保圭司, 長野寛之, 久保田三郎, 松村憲一, 上田修治: “多品種対応非球面ガラスレンズ加工システム”, National Technical Report, 36, 2 (1990) 172-180.
- 2) 難波義治, 打越純一, 和田龍児, 坪井 暉: “零熱膨張係数ガラスセラミックス主軸を有する超精密平面研削盤の開発”, 昭和 61 年度精機学会秋季大会学術講演会講演論文集 (1986) pp. 206-207.
- 3) Y. Namba, R. Wada, K. Unno and A. Tsuboi: “Ultra-precision surface grinder having a glass-ceramic spindle of zero-thermal expansion,” Ann. CIRP, 38/1 (1989) 331-334.
- 4) 難波義治, 阿部守年, 山田良彦, 吉田国雄, 吉田英次, 野田智晴, 中井貞雄: “LHG-8 レーザガラス超精密研削面のレーザー耐力”, 1990 年春季第 37 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 (1990) p. 862.
- 5) Y. Namba: “Ultra-precision grinding of optical materials to produce smooth optical components,” OSA 1990 Tech. Dig. Ser., 9, (1990) pp. 38-41.

(1990 年 11 月 20 日受理)