

メタルボンドダイヤモンドホイールの切れ刃トランケーション

北見工業大学 ○中島 圭一郎、田牧 純一、閻 紀旺、久保 明彦、杉野 豪

要 旨

光学ガラスの延性モード研削をメタルボンドダイヤモンドホイールで実現するためのホイールコンディショニング法としてレジンボンドダイヤモンドカップホイールでトランケーションする装置を試作し、その性能を検討した。

1. 緒 言

光学ガラスの延性モード研削は、極微粒レジンボンドホイールを使用せずともメタルボンドダイヤモンドホイールの砥粒切れ刃をホイール作業面に揃えることによって実現可能であることが報告¹⁾されている。切れ刃高さをホイール作業面に揃える作業は切れ刃トランケーション²⁾あるいはマイクロ形直し³⁾と呼ばれているが、その目的は、有効切れ刃数を増加することによって連続切れ刃間隔を小さくし、その結果として、砥粒切込み深さを延性加工領域内に設定することにある。しかしながら、トランケーション(截頭化)という言葉が意味するように、この作業は切れ刃先端の平坦化を伴う。したがって、切れ刃トランケーションを最適化するためには、有効切れ刃数の増加だけでなく、延性モード研削に及ぼす切れ刃形状の影響、切れ刃先端の平坦化による研削抵抗の増大、ホイール寿命を確保するために必要な砥粒突出し量などを考慮した条件の選定が重要となる。本研究では、研削ホイールの形状修正(ツルーイング)および砥粒突出し(ドレッシング)を行った後に切れ刃トランケーションを行う手法を提案している。この手法によれば、ボンド面から高く突出したダイヤモンド砥粒だけがトランケーションの対象となるため、砥粒切れ刃先端を必要以上に平坦化することがなく、トランケーション抵抗および研削抵抗の減少が期待できる。

2. 実験装置および実験条件

研削盤には精密平面研削盤(PSG-52DX)を使用し、研削ホイールとしてSD270N100M(外径 200 mm, 幅 7 mm)を用いた。図1に切れ刃トランケーションの手順を示す。まず始めに接触放電法によってホイールの形状修正と砥粒突出し作業を行う。その結果、ホイール作業面には機械的加工を受けていないダイヤモンド砥粒が露出し、ホイール作業面は、図1(b)の破線で示す切れ刃先端の包絡線で構成される。次に、カップ型レジンボンドダイヤモンドホイールで切れ刃を除去加工することによりその先端をホイール作業面(破線)上に揃える。試作したトランケーション装置を図2に示す。この装置の運動原理は接触放電法と同一であり、トランケーション用ツルアが速度 v で回転しながら横方向に速度 f で移動し、切込み t でダイヤモンド研削ホイールと干渉する。与える運動はプランジ研削運動であり、ツルアスピンドルの回転軸はダイヤモンドホイール幅の中心線に一致している。なお、切れ刃トランケーション装置の高剛性を確保するために、ツルアの回転スピンドルとして空気静圧スピンドルを採用した。

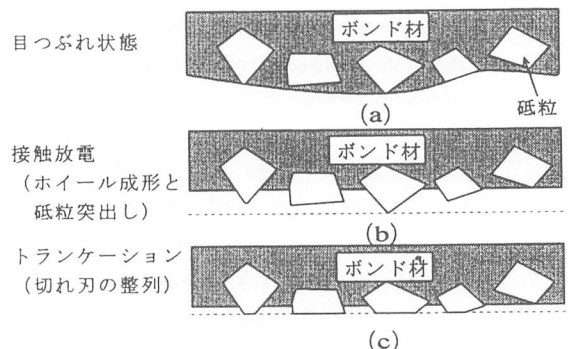


図1 トランケーションの手順

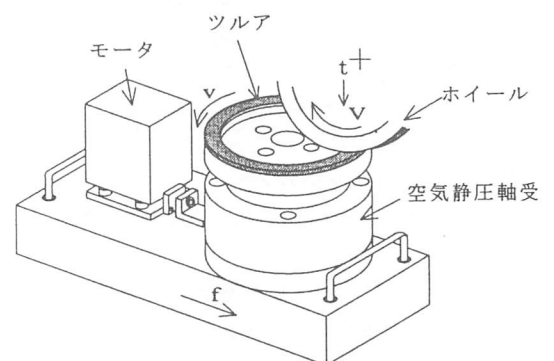


図2 トランケーション装置

表1 実験条件

平面研削盤	PSG-52DX, 出力 1.5 kw
研削ホイール	SD270N100M(外径 200 mm, 幅 7 mm) ホイール回転数 3000 rpm
接触放電	電極 GC240M100M 外径 70 mm, 内径 50 mm 電極回転数 300 rpm 送り速度 f 100 mm/min 切込み量 t 2 μ m, 無付加電圧 20 VDC 研削油剤 WS90
トランケーション	ツルア SDC600N100B 外径 160 mm, 内径 130 mm ツルア回転数 300 rpm 送り速度 f 20 mm/min 切込み量 t 1 μ m 研削油剤 WS90
プランジ研削	工作物 石英ガラス(長さ 48mm, 幅 18mm) 送り速度 f 3 m/min 切込み量 t 1 μ m 研削油剤 WS90

一定のツルア累積切込みを与えた後に石英ガラスの平面プランジ研削を行い、ホイール軸方向断面プロフィールおよび研削方向に直角方向の仕上面粗さを追跡した。また、ダイヤモンドホイールの一部を取り外し、任意に選定したダイヤモンド砥粒切れ刃先端の変化をSEMで追跡した。表1に接触放電条件、トランケーション条件、研削条件を示す。

3. 実験結果

石英ガラスに転写されるホイール軸方向断面プロフィールを接触放電後（トランケーション前）とトランケーション後で比較した結果を図3に示す。トランケーション後のプロフィール高さはホイール幅7mmに対して2.4μmから0.4μmに減少しており、砥粒切れ刃高さの整列効果を確認できる。

図4はトランケーション用ツルアの累積切込み量が0μmと100μmの場合について、砥石作業面をSEMで観察した写真である。大部分の砥粒の先端が平坦化していることを確認できる。また、ボンド保持力の弱いダイヤモンド砥粒がトランケーションによって脱落した痕跡も観察された(図4(c))。

図5は、ツルア累積切込み量の増加に伴うダイヤモンド砥粒切れ刃先端の形状変化をSEMで追跡した結果である。ツルア累積切込み量の増加に対応して切れ刃先端の平坦化が進行している。累積切込み量が100μmまで達すると、砥粒先端の位置がメタルボンド面と一致するまで摩耗した個所も多く観察された(図5(d))。

図6は、ツルア累積切込み量に対して研削仕上面粗さ R_a , R_y をプロットした結果である。トランケーションを施すことによって仕上面粗さは急速に向上し、例えば R_a 値は接触放電直後の値(500nm)から160nm近くまで減少している。しかしながら、仕上面粗さはツルア累積切込み量30μm付近で収束しておりそれ以上の改善は見られない。一方、上述したSEM観察からわかるように、切れ刃先端の平坦化はツルア累積切込み量30μm以降も進行している。

以上の結果を考察すると、研削仕上面の改善効果は、切れ刃先端をホイール作業面に揃えることによって有効切れ刃数が増加するために得られるもので、切れ刃形状の平坦化は粗さの改善にそれほど貢献していないことが推察される。

4. 結言

- 1) 試作した装置を用いてダイヤモンド砥粒切れ刃のトランケーションが可能であることを確認した。
- 2) ホイールトランケーションによってホイール軸方向のプロフィール高さを2.4μmから0.4μmまで改善できた。
- 3) 粒度270のメタルボンドホイールであっても、トランケーションを施すことによって石英ガラスの研削仕上面粗さを R_a 値で160nmにすることができた。

参考文献

- 1) 山倉, 田村, 榊田: メタルボンド砥石を用いたぜい性材料の延性モード研削加工 (第1報), 精密工学会誌, 61, 1, (1995) 151.
- 2) P.A.McKeown: Ultra-precision, High Stiffness CNC Grinding Machinery for Ductile Mode Grinding of Brittle Material 精密工学会誌, 56, 5, (1990) 30.
- 3) 久留須, 川下, 中園, 熊本, 安井: レンズ用ガラス延性モード研削加工に関する研究—刃性状と加工精度について (その2)—2003年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p217.

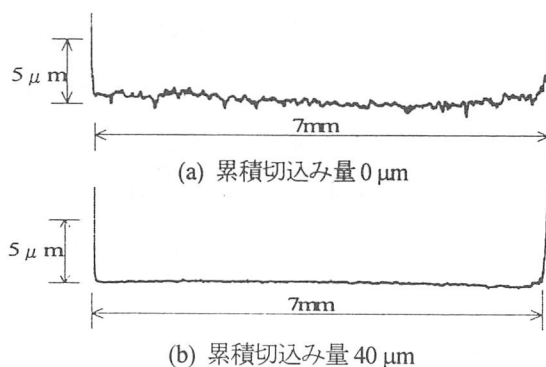
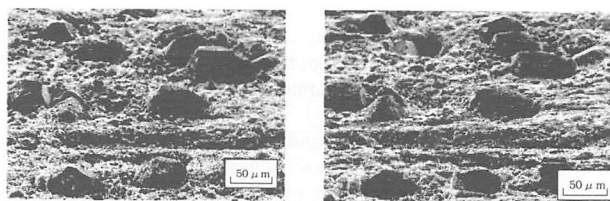
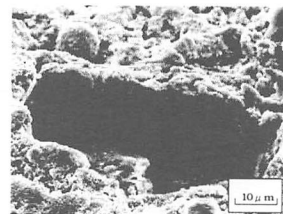


図3 ホイール断面プロフィール

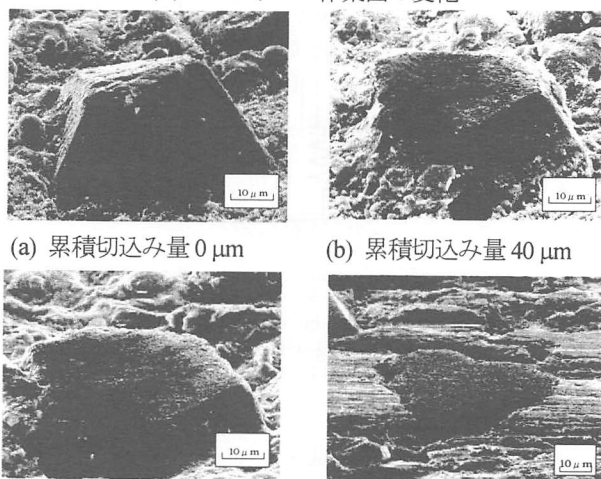


(a) 累積切込み量 0 μm (b) 累積切込み量 100 μm



(c) 累積切込み量 100 μm

図4 ホイール作業面の変化



(a) 累積切込み量 0 μm (b) 累積切込み量 40 μm (c) 累積切込み量 100 μm (d) 累積切込み量 100 μm

図5 砥粒切れ刃平坦化の追跡

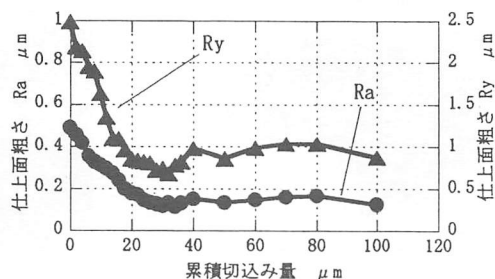


図6 研削仕上面粗さの変化