

## 硬脆材料の研削性能に及ぼす切れ刃トランケーションの影響 —ホイール粒度の影響—

北見工業大学 ○康 喜軍, 佐藤 元, 田牧純一, 久保明彦

### 要 旨

切れ刃トランケーションを施したメタルボンドダイヤモンドホイールを用いて石英ガラスの平面ブランチ研削を行い、研削仕上面粗さに及ぼすホイール粒度の影響を検討した。また、モンテカルロ法による研削シミュレーションを行い、最大砥粒切込み深さおよび研削仕上面粗さに及ぼす粒度の影響について理論的検討を行った。その結果、実測値と理論値は定性的によく一致することがわかった。

### 1. はじめに

筆者らはメタルボンドダイヤモンドホイールに切れ刃トランケーションを施すことによって硬脆材料の研削仕上面粗さが著しく向上することをすでに報告している<sup>1)</sup>。しかしながら、ホイール粒度によって硬脆材料の除去加工特性は異なることが予想される。本報告では、石英ガラスの平面ブランチ研削を行い研削性能に及ぼす研削ホイール粒度の影響を実験的に検討した。また、研削加工のシミュレーションを行い、最大砥粒切込み深さおよび研削仕上面粗さに及ぼすホイール粒度の影響について理論的検討を行った。

### 2. 実験装置と実験条件

研削盤にはアンギュラ玉軸受型の精密平面研削盤(岡本工作機械 PSG52DX)を使用し、研削ホイールとして SD270 と SD600 の 2 種類を用いた。

表1 実験条件

平面研削盤	玉軸受スピンドル, PSG-52DX, 1.5kw
研削ホイール	SD270N100M (φD200 mm, B8 mm) SD600N100M (φD200 mm, B10 mm) ホイール回転数 3000 rpm
ツルージング/ ドレッシング	SD270 ホイール 電極 GC240M100M φD 70 mm, φd 50 mm 電極回転数 300 rpm 送り速度 100 mm/min 切込み量 2 μm, 無負荷電圧 20 VDC 液中放電  SD600 ホイール 電極 GC240M200B φD 70 mm, φd 50 mm 電極傾斜角 10° 電極のトラバース送り 0.5 mm 電極回転数 300 rpm 送り速度 100 mm/min 切込み 1 μm, 無負荷電圧 15 VDC 気中放電
トランケーション	トランケーション工具 SDC600N100B φD160 mm, φd130 mm 工具回転数 300 rpm 送り速度 20 mm/min 切込み 1 μm 研削油剤 WS90
研削実験	送り速度 3 m/min 切込み 1 μm 工作物 石英ガラス 研削油剤 WS90

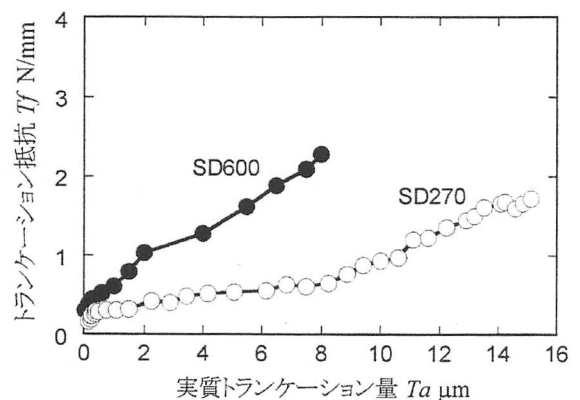


図1 トランケーション抵抗

研削ホイールのツルージング/ドレッシングには GC240M100M または GC240M200B を電極とする接触放電法を採用した。ツルージング/ドレッシング後、切れ刃トランケーションを行った。切れ刃トランケーションの運動原理は接触放電法と同一である。すなわち、トランケーション工具であるカップ型ホイール (SDC600N100B) を回転させながら工作物テーブルの横方向に移動させ、研削ホイールと干渉させる。この際、トランケーション工具の回転軸を研削ホイール幅の中心線に一致させる。なお、トランケーション装置の高剛性を確保するために、回転スピンドルとして空気静圧スピンドルを採用した。一定の砥石深さまでトランケーションを行った後に石英ガラスの平面ブランチ研削を行い、研削方向に直角方向の仕上面粗さを非接触三次元測定装置(三鷹光器 NH3SP)で測定した。表1に実験条件を示す。

### 3. 実験結果

図1は、垂直方向トランケーション抵抗  $T_f$  を実質トランケーション量  $T_a$  に対してプロットした結果である。実質トランケーション量の増加によってトランケーション抵抗は大きくなっている。SD270 ホイールの場合に注目すると、トランケーション量  $T_a = 8 \mu\text{m}$  まで緩やかに増加し、その後増加率がやや大きくなっている。SD600 ホイールの場合にはほぼ直線的に増加している。SD600 ホイールのトランケーション抵抗が SD270 ホイールより大きいのは、SD600 ホイールの切れ刃密度が SD270 ホイールより大きく接触面積が増加するためである。

図2は、研削仕上面粗さ  $R_a$  を実質トランケーション量  $T_a$

に対してプロットした結果である。  $Ta$  の増加によって研削仕上面粗さは急激に減少している。SD270 ホイールに注目すると、研削仕上面粗さは  $Ta = 2 \mu\text{m}$  までは急速に減少するが、その後緩やかに減少し、 $Ta = 6 \mu\text{m}$  以降は変化がほとんど見られなくなる。SD600 ホイールの場合、 $Ta = 1.5 \mu\text{m}$  まで急速的に減少し、それ以降ほぼ一定値に収束している。粒径の違いに注目すると、微粒である SD600 ホイールのほうが少ない実質トランケーション量で良好な仕上面粗さを達成している。また、最終的に得られる粗さに注目すると、SD270 ホイールの場合、 $Ta = 6 \mu\text{m}$  の時点で  $Ra = 100 \text{ nm}$  に収束し、SD600 ホイールの場合、 $Ta = 1.5 \mu\text{m}$  の時点で  $Ra = 60 \text{ nm}$  に収束している。

図3は、研削仕上面を SEM で観察した結果である。いずれのホイールの場合にも、仕上面表面には延性加工モードの痕跡である塑性流動が認められるが、脆性破壊した痕跡も数  $\mu\text{m}$  サイズのピットとして存在している。ただし、ピットサイズは SD600 ホイールのほうが小さいように観察される。このホイール粒度によるピットサイズの違いが図2に示す研削仕上面粗さの相違をもたらしたと思われる。

#### 4. 理論的考察

研削加工のシミュレーションを行う際、ホイール作業面上には円錐形切れ刃(頂角  $\alpha$ 一定)が一様分布しており、ダイヤモンド砥粒 1 個に 1 個の切れ刃が存在すると仮定した。研削条件は石英ガラスの平面研削条件と同一にした。

図4は、研削仕上面粗さ  $Ra$  をトランケーション量  $Tr$  に対してプロットした結果である。いずれのホイールの場合にも、研削仕上面粗さはトランケーション量の増加とともに急速に減少し、SD270 ホイールの場合には  $Tr = 5 \mu\text{m}$  の時点で、SD600 ホイールの場合には  $Tr = 2 \mu\text{m}$  の時点で  $Ra = 1 \text{ nm}$  以下に収束している。この結果を図2に示した実験結果と比較すると、粗さが収束する時点のトランケーション量はほぼ一致しており、実験値と理論値の定性的傾向の一致を確認できる。このことは、研削仕上面粗さが収束する時点のトランケーション量を理論的に推定できることを意味している。

図5は、最大砥粒切込み深さ  $g_m$  の計算結果をトランケーション量  $Tr$  に対してプロットした結果である。最大砥粒切込み深さ  $g_m$  は、トランケーションを施さない場合には、ホイール切込み量  $1 \mu\text{m}$  に近い値を示すが、トランケーション量の増加によって急速に減少している。ただし、SD270 ホイールのほうが高い値を推移している。図2に示したように研削仕上面粗さの実測値にホイール粒度の違いが現れた理由として、両者のホイールにおける最大砥粒切込み深さの違いが考えられる。また、ナノメートルオーダーの粗さが得られなかった理由として、使用した研削スピンドルの低い回転精度が起因していると考えられる。

#### 5. まとめ

- 1) 切れ刃トランケーション量の増加にともない石英ガラスの研削仕上面は急速に減少し、やがて一定値に収束する。
- 2) 研削仕上面が一定値に収束するトランケーション量は粒度によって異なるが、その値は理論的に推定できる。
- 3) 研削仕上面粗さの実験値は粗粒のほうが大きい値を示した。

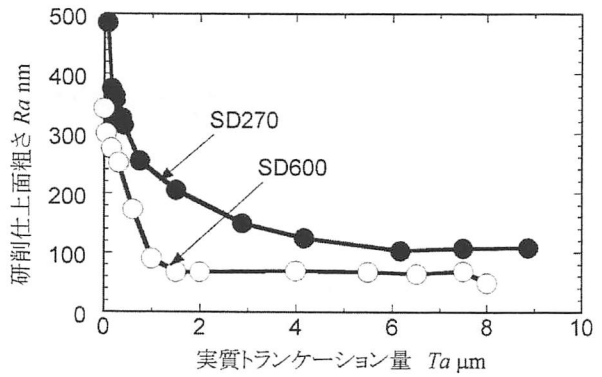
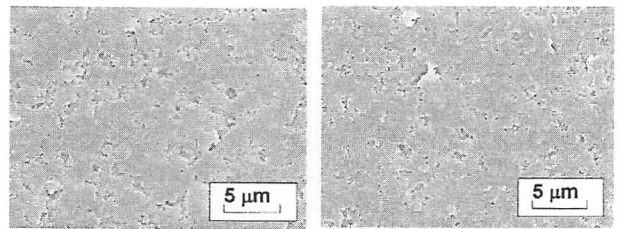


図2 研削仕上面粗さの実測値



(a) SD270 (b) SD600

図3 研削仕上面の SEM 写真

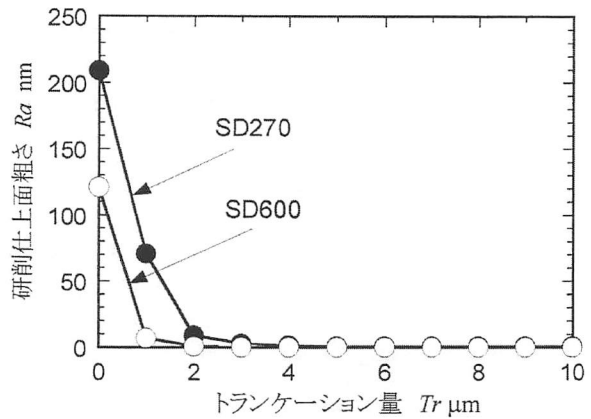


図4 研削仕上面粗さの理論値

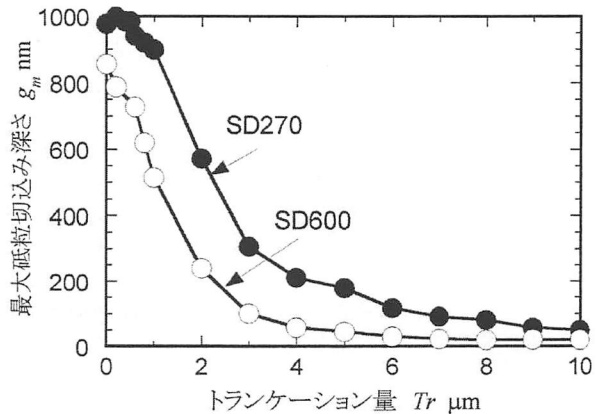


図5 最大砥粒切込み深さの理論値

#### 参考文献

- 1) 中嶋圭一郎 田牧純一, 久保秋彦, 閻紀旺: 光学ガラスの研削性能の研削性能に及ぼす切れ刃トランケーションの効果, 2003 度精密工学会秋季大会学術講演会論文集, 215.