

北見工大 ○田牧純一, 北川武揚  
東北大・工 庄司克雄, 東北大・院 藤原定夫

1. はじめに 部分安定化ジルコニアは, 超硬工具にかわる切削, 塑性加工用工具としてその需要が高まっている。本研究は, 微粒ダイヤモンド砥石によるセラミックスの円筒鏡面研削および刃付け研削のメカニズムを明らかにすることを目的として行なわれたものであり, 前報では<sup>1)</sup>, その基礎的段階として, 円筒研削用ツーリング装置を開発しその効果を確認した。本報は, 仕上面粗さ, チッピング幅に及ぼす研削条件の影響を検討するために, 最大砥粒切込み深さという基本的パラメータによって実験結果を考察したものである。

2. 確率論による最大砥粒切込み深さの計算

砥石表面トポグラフィとして, 以下に示すモデルを仮定する。

(1) ダイヤモンド砥粒は一定直径  $d_g$  の球であり, マトリクス空間内に一様に分布している。ただしそのすべてが切れ刃として存在するわけではなく, 一部はツーリング・ドレッシング過程で脱落する。

この砥粒切れ刃分布モデルを図1に示す。このような仮定に基づく, 砥粒切れ刃体積密度  $D_z$  は, 式(1)で与えられる。

$$D_z = 0.015 K_d C / \pi d_g^3 \quad (1)$$

ここで,  $K_d$  は砥粒切れ刃残存率 ( $0 \leq K_d \leq 1$ ),  $C$  は砥石集中度である。また, 砥石最外周面からマトリクス面までの深さを一定値  $Z_m$  とすると, マトリクス単位面積内に存在する砥粒切れ刃数すなわち砥粒切れ刃面積密度  $E$  は, 式(2)で与えられる。

$$E = 0.015 K_d C Z_m / \pi d_g^3 \quad (2)$$

実際の計算においては, SEM観察により得られる  $E, Z_m$  の実測値から  $K_d$  を決定し,  $D_z$  を求める。

(2) 上述の仮定との統一性を考えるならば, 砥粒切れ刃形状は球として取り扱うべきであるが, 理論的複雑性を回避するために, その先端形状を図2に示すように先端半頂角  $\alpha$  の円錐形で近似し, その範囲は砥石切込み量  $\Delta$  によって決定されるものとする。

後述する実験条件に示すような  $\Delta = 2.5 \mu\text{m}$  の場合, 円錐形近似による砥粒体積減少率は #1500 砥粒で6%にとどまり, 切れ刃密度  $D_z$  の値に大きな影響を及ぼすことはない。

図3は, 以上の仮定に基づき, 確率論的手法により計算した最大砥粒切込み深さの確率密度関数の例である。計算条件は, 表1において工作物回転数が15rpmの場合であり,  $K_d$  値として0.5を採用した。図より, 微粒砥石においては, サブミクロンのオーダーで砥粒切込みのなされていることがわかる。

3. 実験方法 実験に使用した円筒研削盤は油圧静圧軸受型であり, レジンボンドダイヤモンド砥石のツーリング・ドレッシングにはGCカップツールを用いた<sup>1)</sup>。研削条件を表1に示す。研削条件の設定にあたっては, 工作物回転数を変数とし, 工作物の

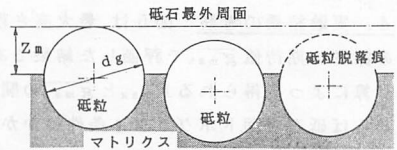


図1

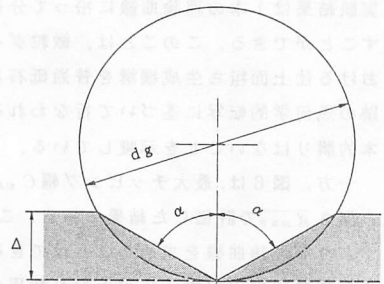


図2

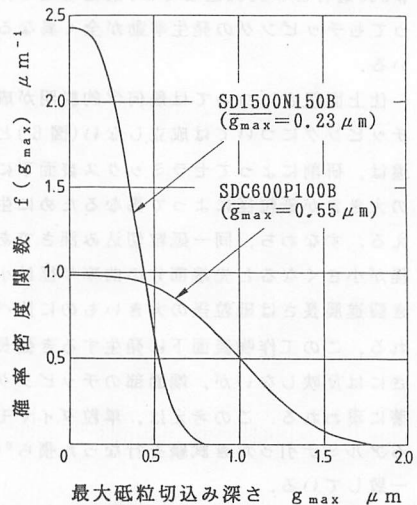


図3

表1. 研削条件

ダイヤモンド砥石	仕様 SDC600P100B, SD1500N150B 形状 外径350mm, 幅15mm 回転数 2360rpm(43m/sec)
ツーリング	GCカップツール (GC800J7V, GC3000J7V)
工作物	部分安定化ZrO <sub>2</sub> (2mol% Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 寸法 外径95mm, 幅10mm
研削条件	工作物回転数 1.1, 1.8, 3.0, 5.5, 9.0, 15.0, 24.5 rpm トラバース方式(同一点研削回数2回) 切込み量 2.5μm/pass
研削油剤	クレカット(希釈率70倍)

同一点研削回数が一定値(2回)を保つようトラバース速度を調整した。

図4は、工作物保持状態の説明図である。工作物形状は外径約95mm、幅10mmの円筒形であり、両端面はラッピングにより鏡面状態に仕上げられている。また、一定研削後における円筒面の仕上面粗さおよび端面部に発生するチップングの幅(工作物の外周面から中心方向に測定した幅)の測定が可能のように、その一部が取り外しできるようになっている。

**4. 実験結果の考察** 図5は、最大高さ粗さ $R_{max}$ の測定値を最大砥粒切込み深さの期待値 $\bar{g}_{max}$ で評価した結果である。なお図中に示す実線は、理論計算によって得られる $R_{max}$ と $\bar{g}_{max}$ の関係であり、研削条件が一定であるならば砥石表面トポグラフィ条件にかかわらず常に成立する関係である。

同図より、#600砥石(●印)、#1500砥石(○印)とも実験結果は1本の理論曲線に沿って分布しているとみなすことができる。このことは、微粒ダイヤモンド砥石における仕上面粗さ生成機構を普通砥石と同様、「砥粒軌跡の幾何学的転写に基づいて行なわれる」と考えても基本的誤りはないことを示唆している。

一方、図6は、最大チップング幅 $C_{max}$ を最大砥粒切込み深さ $\bar{g}_{max}$ で評価した結果である。この場合、図5に示すような理論曲線を求めることはできないが、実験結果を連続曲線で近似するにはかなり無理がある。すなわち、#600砥石と#1500砥石では、砥粒切込み深さが同一であってもチップングの発生挙動が全く異なることを示している。

仕上面粗さについては幾何学的説明が成立し(図5)、チップングについては成立しない(図6)という結果の相違は、研削によってセラミックス表面下に発生するき裂の大きさが砥粒径によって異なるために生ずるものと考えられる。すなわち、同一砥粒切込み深さであっても、砥粒径が小さくなると先端部分の曲率半径は小さくなるため、き裂進展長さは砥粒径の大きいものに比べて低く抑えられる。この工作物表面下に発生するき裂長さの相違は粗さには反映しないが、端面部のチップングサイズには顕著に現われる。この考えは、単粒ダイヤモンド工具によるアルミナ引っかけ試験を行なった張ら<sup>2)</sup>の実験結果と一致している。

図7は、チップング幅を無次元化して評価するために、最大砥粒切込み深さに対する比(チップングサイズ係数 $K$ ,  $C_{max} = K \bar{g}_{max}$ )で整理した結果である。図より、チップングの大きさは、#600砥石で最大砥粒切込み深さの20~40倍、#1500砥石で10~30倍に達していることがわかる。

**結言 省略**

最後に、本実験は東洋刃物(株)のご協力により行なわれたことを記して謝意を表する。

**文献** 1)田牧, 庄司: 1989年度春季大会講演論文集, 601.

2)張, 戸倉, 吉川: 精密工学会誌, 53, 5(1987)826.

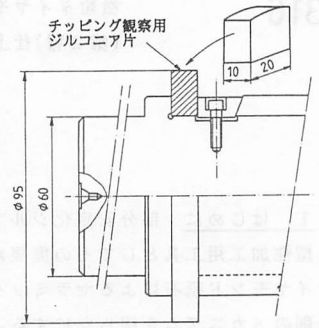


図4

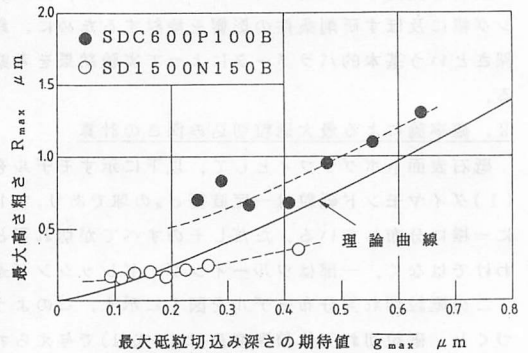


図5

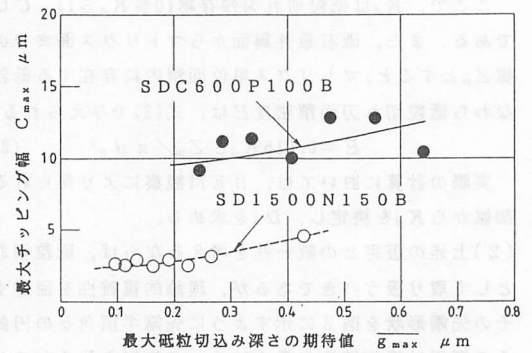


図6

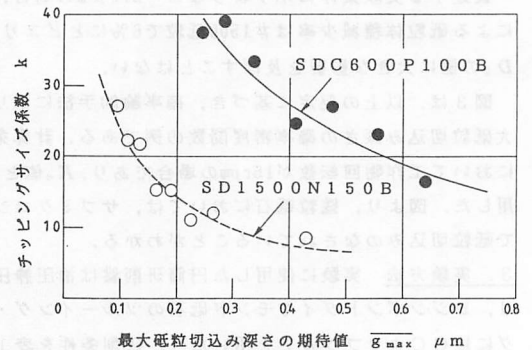


図7