

# 315 二軸回転研削加工によるセラミックスの仕上加工（第3報） - 斜面における研削特性 -

北大工 ○高田誠一 三好隆志 斎藤勝政

## 1. 緒言

難削材として知られているセラミックスの自由曲面を仕上加工することはきわめて重要である。今まで開発を進めてきた二軸回転研削工具は作業面が球形の砥石であり、本工具は主軸とそれと直交する砥石軸を同時に回転させ、あらゆる傾斜角の加工面を研削することが可能である。本研究では、アルミナ( $Al_2O_3$ )試料に傾斜角をつけて研削実験を行ない、加工面の粗さを測定し本工具の特徴を知ると共に、自由曲面を研削する場合の有効性を確かめた。

## 2. 実験装置

図1に二軸回転研削工具の構造を示す。本工具は主軸1回転につき砥石軸が7回転する機構をしており、高速反転研削が可能である。また騒音・振動防止のためにプラスチック歯車を使用している。図2に球体ダイヤモンド砥石の構造を示す。(a)は今回使用した砥石、(b)は前回まで使用していた砥石である。改良点を以下に述べる。第1に治具に球心調整用キーを取り付け、セッティング時間を短縮すると共に砥石を主軸に取り付ける際に、誤差を小さくすることができた。第2に前回よりもベアリングの径を大きくし、さらに耐久性を高めた。基本動定格荷重にして前回のものが136~164kgfであったのに対し、今回のベアリングは228kgfになっている。また、前回のシールド型ベアリングから接触シール型ベアリングに替え、研削液による故障を最小限にとどめている。第3に前回までU字型止め輪で砥石を固定していたが、今回はネジで止め、砥石のズレやガタを抑えることができる。

## 3. 実験方法

二軸回転研削工具をNC立フライス盤(牧野フライス, KSNCC-70 NC装置: NEDAC-M)の主軸に取り付け、研削加工実験を行なう。被削材はアルミナ、砥石は改良したダイヤモンド砥石(SD140K100GCU,  $\phi 40 \times$ 巾8mm)を用いた。アルミナ焼結試料を本工具で平面度出ししたものを前加工面とし、 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の5種類の傾斜角でそれぞれ加工実験を行ない、その後試料の断面曲線を測定する。加工条件は $N = 770 \text{ rpm}$ (主軸)、 $n = 5.400 \text{ rpm}$ (砥石軸)、湿式(Emulsion type)、切込み $d_p = 20 \mu\text{m}$ 、送り速度 $f = 10 \sim 110 \text{ mm/min}$ 、ピックフィード $p = 0.3 \text{ mm}$ である。

## 4. 実験結果および考察

図3に加工面傾斜角と仕上げ面粗さの関係を示している。尚、(a)は工具の送り方向の十点平均粗さであり、(b)はピックフィード方向の十点平均粗さを測定した結果で、ここではそれぞれ $R_{zf}, R_{zp}$ とした。このグラフより加工面傾斜角が一定であれば $R_{zf}, R_{zp}$ は工具の送り速度 $10 \sim 110 \text{ mm/min}$ の間ではそれほど大きな影響はみられない。しかし、加工面傾斜角に注目すると傾斜角 $\theta = 0^\circ$ のとき最も粗さがよく $\theta = 0^\circ$ を越えると急に悪くなっている。このグラフより $\theta = 0^\circ$ の表面粗さは $\theta = 90^\circ$ の粗さの約 $1/2$ 程度、 $\theta = 45^\circ$ の物の $1/3$ 程度であることが判る。これは $\theta = 0^\circ$ の場合砥石は常に加

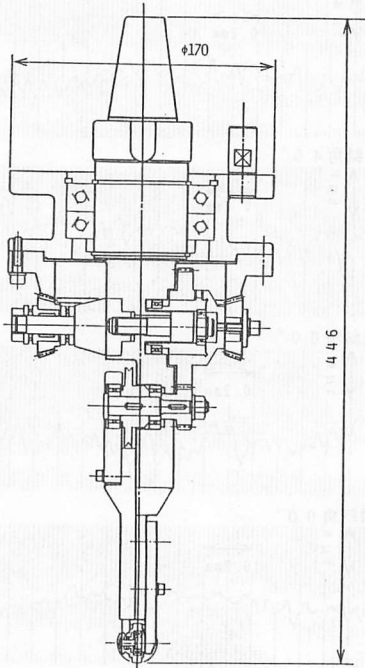


図1 二軸回転工具組立図

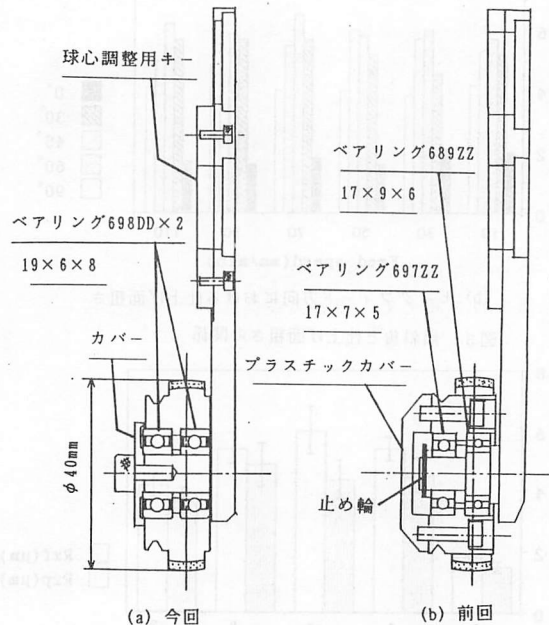


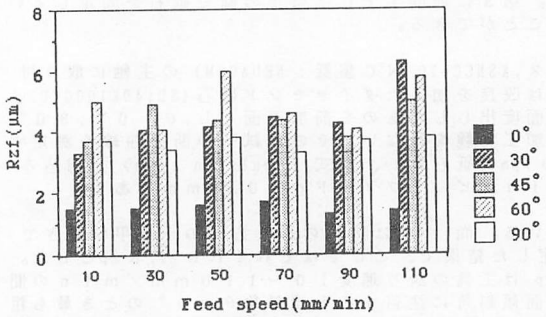
図2 ダイヤモンド砥石組立図

工面に接触しているため研削時にセラミックスの粒子が脱落するのを防ぐということと、また、二軸の特徴の一つである加工面上の交差模様があらゆる角度を持ち、均等に研削されるためであると考えられる。図4は、図3の結果をまとめたもので横軸に加工面傾斜角、縦軸に $R_{zf}$ 、 $R_{zp}$ を取っている。この図より角度と $R_{zf}$ 、 $R_{zp}$ の関係を判断する。 $R_{zf}$ と $R_{zp}$ 比較するとどの傾斜角の場合でも $R_{zf}$ は $R_{zp}$ より10~20%程度良いことが判る。また傾斜角と $R_z$ の関係を見ると $\theta = 0^\circ$ の場合最も粗さがよく、続いて $\theta = 90^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ の順になり、バラツキもほぼこの順である。各傾斜角の $R_{zf}$ と $R_{zp}$ の平均値 $R_z$ と標準偏差 $\sigma$ は $\theta = 0^\circ$ のとき $R_z = 1.7 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.17$ 、 $\theta = 30^\circ$ のとき $R_z = 4.8 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.52$ 、 $\theta = 45^\circ$ のとき $R_z = 5.7 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.75$ 、 $\theta = 60^\circ$ のとき $R_z = 5.1 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.75$ 、 $\theta = 90^\circ$ のとき $R_z = 3.9 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.49$ である。全体的に平均すると $R_z = 4.1 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.5$ となり自由曲面を研削する場合おおよそこの程度に仕上がると予想できる。 $\theta = 0^\circ$ を越える場合の本工具の加工特性として $\theta$ が小さいとき砥石接触時間が長いという長所と交差角が小さく研削方向が偏るという短所を持ち $\theta$ が大きいときこれは逆に砥石接触時間が短いという短所と交差角が大きいという長所を持っている。 $\theta = 45^\circ$ のとき最も粗さが悪いのは両者の短所が影響を及ぼしていると考え $\theta = 90^\circ$ の場合交差角が大きいという長所が $\theta = 0^\circ$ の次に面粗さが良くなっている原因と考えられる。

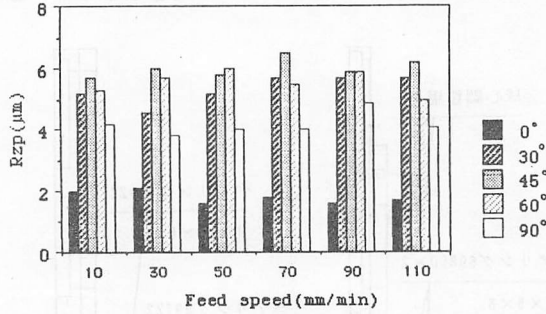
### 5. 結 言

以上より次のようなことが判った。

- (1) 送り方向の表面粗さはピックフィード方向の粗さより10~20%良い。
- (2)  $\theta = 0^\circ$ の場合粗さが最も良く $R_z = 1.7 \mu\text{m}$ 程度であり続いて $\theta = 90^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ の順である。
- (3) 自由曲面を研削する場合、おおよそ $R_z = 4 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 0.5$ 程度に仕上がるであろう。



(a) 送り方向における仕上げ面粗さ



(b) ピックフィード方向における仕上げ面粗さ

図3 傾斜角と仕上げ面粗さの関係

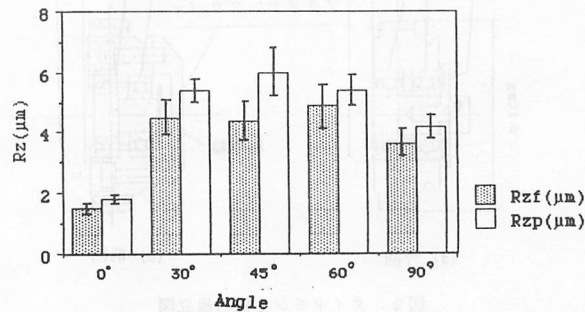
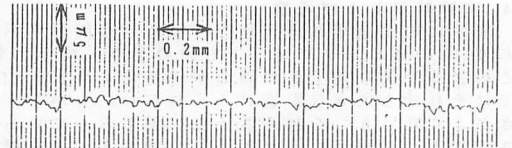


図4 送り方向とピックフィード方向における仕上げ面粗さの比較

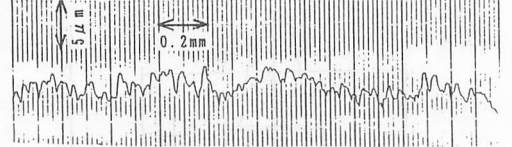
### 《 参考文献 》

- 1) 高田他 昭和63年度精密工学会春季大会学術講演論文集 p1133
- 2) 高田他 昭和63年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集 p101

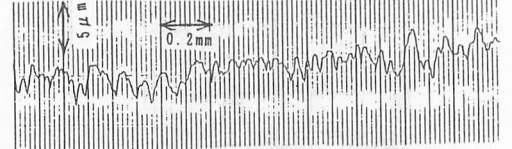
(a) 傾斜角 0°



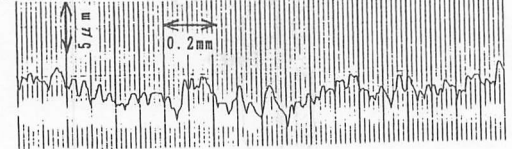
(b) 傾斜角 30°



(c) 傾斜角 45°



(d) 傾斜角 60°



(e) 傾斜角 90°



図5 各傾斜角におけるアルミナ試料の断面曲線