

北大工 〇大丸成一 沢田信之 三好隆志 斎藤勝政
(機)ニコソ 木村景一

1. 結論

高硬度脆性材料であるセラミックスの研削加工において、超音波振動する砥石に回転または反転運動を複合することにより、高精度 高能率加工が実現できる。本研究はその加工特性並びに加工機構の解析を目的としたものである。

これまでの実験では砥粒が多すぎて解析が困難であった。そこで本報ではその前段階としてダイヤモンド単砥粒によるガラス及びアルミナの引っかかり加工実験を行ったので、その加工特性について報告する。

2. 実験装置

超音波複合研削工具はホーンの回転が可能のように軸受けを二個用い、発振器からの電気振動はロタリコネクタを介して供給している。回転運動はステッピングモータで行う。またその制御にはパーソナルコンピュータ (PC-98) を用いている。

砥石(φ25mm 幅8mm)はダイヤモンド単砥粒(頂角120° 先端半径 0.05mm)を埋め込んだものである。

3. 実験方法

実験手順は次の通りである。まずガラスとアルミナの焼結試料 (Glass- $75x^{\circ}25x^{\circ}1mm$, Al_2O_3 - Al_2O_3 , $20x^{\circ}20x^{\circ}3mm$) を熱可塑性接着剤で軟鋼定盤に接着し、次に平面研削を行い、前加工面を生成する。その後図1に示すように、超音波複合研削装置を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、被削材を平面の状態です3次元動力計(KISTLER 9257A)に固定する。研削抵抗はこの3次元動力計で測定する。その試料に超音波振動ホーンを軸として回転している単砥粒砥石を近づけていき、初めてさわったところを0として切込みをかける。それをホーンの軸方向に送り、引っかかり加工を行う。変数として、設定切込み、超音波振動の有無、を用いて加工実験を行う。その後顕微鏡写真を撮影すると共に、除去深さ、断面形状を測定する(東京精密 サーフコム 300B)。

実験条件は表1に示してある通りである。設定切込みは10(μm)~50(μm)、送り速度は300(mm/min)に設定し加工実験を行った。また超音波振動周波数は17.5(kHz)であり、砥石先端の振幅は無負荷時で約15(μm)である。砥石の回転数は1.14π(rad/sec)である。送り方向は超音波振動の方向。研削液には水溶性のもの(ユシローケン CN50)を用いた。

4. 実験結果及び考察

ガラス加工実験での表面の状態であるが、例として50μmの切込み時の写真と断面曲線(引っかかり傷の長手方向)の例を図2に示した。写真からもわかるように超音波複合時には最大溝幅200(μm)程で大きな割れはないが、超音波無付加時には溝幅350(μm)程でコーンクラックによると思われる破壊痕やメディアンクラック、ラテラルクラックが存在していることがわ

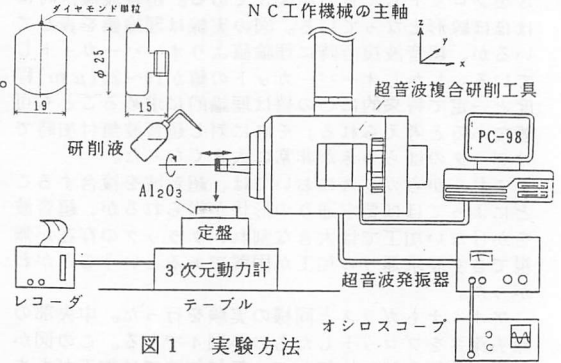


図1 実験方法

項目	条件	単位
装置	超音波複合研削工具	
被削材	Al_2O_3 $20x^{\circ}20x^{\circ}3mm$	
	Glass $75x^{\circ}25x^{\circ}1mm$	
切込み	10 ~ 50 (10μmごと)	μm
送り速度	300	mm/min
超音波振動数	17.5	kHz
超音波振動振幅	15	μm
砥石回転数	34.2	rpm
引っかかり方向	超音波振動に垂直な方向	
研削砥石	ダイヤモンド単砥粒(120°)	
研削液	ユシローケンCN50 水溶性	

表1 実験条件

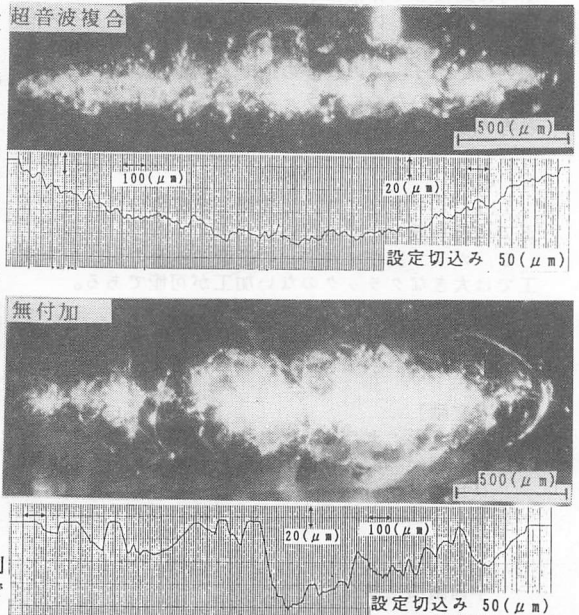


図2 顕微鏡写真、断面曲線 (Glass) の例

かる。断面曲線の図では超音波複合時には引っかき痕はほぼ円弧となっているのに対し、超音波無付加時ではクラックによると思われる大きな破壊痕等が見られ引っかき痕の形状を断定するのは困難であり、粗さの質が異なっていることがわかる。また中央部の除去深さをプロットしたものが図3である。超音波複合時にはほぼ線形となっている。図の実線は理論値を表しているが、超音波複合時に理論値よりオーバーカットしている。しかしオーバーカットの値が10~20(μm)程度と一定で将来的にこの値は理論的に求めることも可能であると考えられる。それに対し超音波無付加時ではデータのばらつきが非常に大きくなった。

これらからガラスにおいては、超音波を複合することによってほぼ要求通りの形状が得られるが、超音波をかけない加工では大きな割れ、クラックの存在が無視できず要求通りの加工が困難であるということがわかった。

アルミナもガラスと同様の実験を行った。中央部の除去深さをプロットしたものが図4である。この図から超音波複合時に比較して、無付加時では加工があまり進行していないことがわかる。これはガラスに比較してアルミナが高硬度であるからである。また設定切込み40(μm)時の断面曲線(引っかき傷の長手方向)の例が図5である。超音波複合時には引っかき痕はほぼ円弧となっているのに対し、超音波無付加時には切り残しが多くみられ引っかき痕の形状を断定するのは困難である。

高硬度な材料であるアルミナにおいても超音波を複合することによってほぼ要求通りの形状が得られた。

脆性材料の加工の多くは、砥粒によって発生させたクラックを除去していく形で進行して行くと考えられている。超音波複合時にはそのクラックが超音波無付加時に比較して非常に小さいので大きな割れなどが存在しない要求形状通りの加工が可能になったと考えられる。これは超音波振動の振動数が20キロヘルツと高いのでクラックの進展の速度より砥粒が逃げる速度の方が大きいためクラックの大きさが小さくなったと考えられる。

5. 結論

1. ガラス及びアルミナの超音波複合の引っかき加工では要求通りの形状が得られる。
2. ガラス及びアルミナの超音波複合の引っかき加工では大きなクラックのない加工が可能である。

最後になりましたが装置作製に協力してくださった㈱ニコンの木村氏に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 杉田忠彰:セラミックスの機械加工, 養賢堂
- 2) B. R. Lawn and , T. R. Wilshaw: J. Mater. Sci., 10(1975)1049
- 3) 水谷勝己, 谷崎盛彦, 田中芳雄, 井戸守: 材料33(1983)36
- 4) 中島利勝, 大橋一仁: 1991年度精密工学会春期大会 学術講演会講演論文集 563

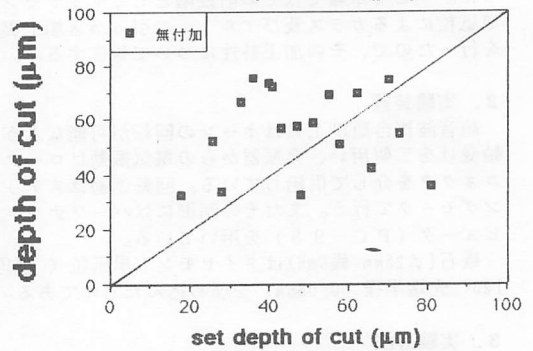
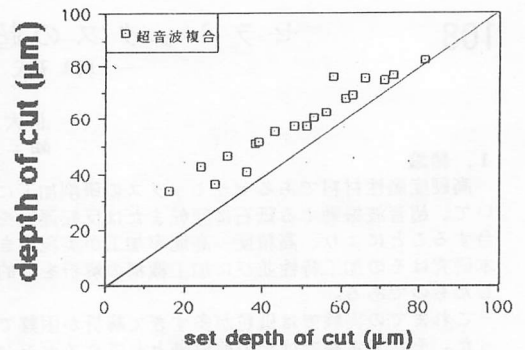


図3 除去深さ (Glass) の例

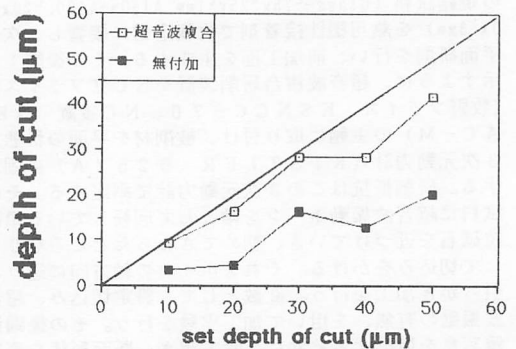


図4 除去深さ (Al₂O₃) の例

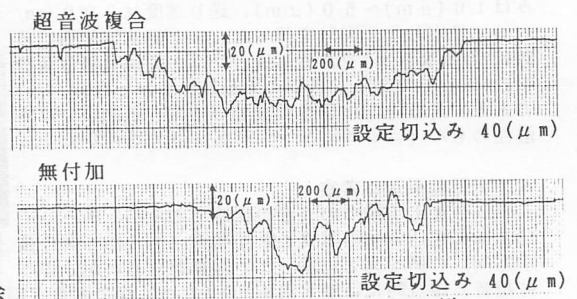


図5 断面曲線 (Al₂O₃) の例