

ジルコニアセラミックスのラッピング加工に関する研究

— 加工表面性状 —

田戸 保*・米澤 俊昭*・榎下 裕美**

Study on the Lapping of Zirconium Ceramics — Machined Surface Quality —

Tamotsu TADO, Toshiaki YONEZAWA, Hiromi ENOSHITA

Abstract

In this paper, machined surface quality was investigated by lapping with the diamond abrasive grain on the zirconium ceramics. It was found that the lapped surface are affected by the lapping speed and pressure.

(1) The value of surface roughness on the machined surface decreases according to the increase of the lapping speed. Also the finer roughness is excellent for low pressure.

(2) The large groove on the machined surface occurs by the lapping at the high pressure.

構等について検討を行った。

1. まえがき

ラッピング加工は、精密仕上げの代表的な研磨法として古くから採用されている方法であり、各種加工の最終仕上げの研磨加工として用いられている。特に近年は工学、エレクトロニクス分野の発展にともない各部品の高精密・高精度が要求され、より高度な仕上げ面の作製方法の確立が必要となっている。今後ますます産業界の発展により高度な精密仕上げ加工法の一つとしてラッピング加工法は幅広く採用されるものと考えている。しかしながら研磨法は従来からの経験による類推により作業条件が設定されていることが多く、砥粒形状、種類、被削材等の違いによる基本的な解析が必要となっている。

そこで本研究では、セラミックス材におけるラッピングによる研磨機構を調べる目的で部分安定化ジルコニアセラミックス (ZrO_2) を被削材として用い、ダイヤモンド砥粒によるラッピング加工実験を行い、加工表面性状すなわち加工表面形状、加工表面粗さ、加工面の生成機

2. 実験方法、実験装置及び使用機器

2.1 実験条件

ラッピング加工法には、種々の方法¹⁻⁴⁾が開発されているが、本実験では図1に示すように回転円板(直径200mm)に上部から垂直に一定荷重で押し付ける方法で行った。実験装置はラップ板の回転速度、振り幅、加圧の変化が可能である。

被削材としては、部分安定化ジルコニア (ZrO_2 (Y-PSZ)) を35.0mm (L)×20.0mm (W)×0.5mm (T)の形状に成形し、ラッピング加工面は初期条件を一定とするためにダイヤモンド砥粒(粒径9 μ m)で、10分間ラッピング仕上げ加工を行った材料(表面粗さ430~470nm)を実験に使用した。特に、ラッピング加工条件を一定とするために被削材の平行度には十分な注意を払った。表1はラッピング加工条件を示したものであるが、平均速度は35m/min, 108m/min, 157m/minの3種類で、加工圧力が15KPa, 17KPa, 24KPaの3種類で行った。ダイヤモンド砥粒は、2種類を使用し、前処理仕上げでは粒径9 μ m, ラッピング加工実験には粒径3 μ mを使用

*宇部工業高等専門学校制御情報工学科

**宇部工業高等専門学校制御情報工学科学生

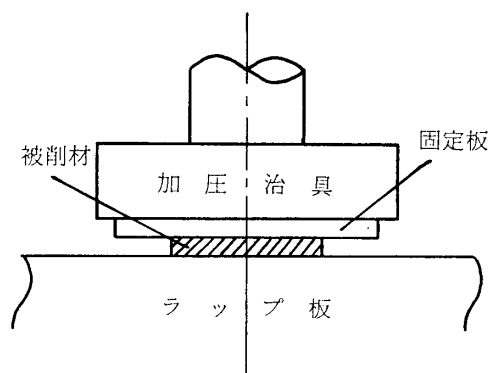


図1 実験装置概要

表1 実験条件及び加工条件

被削材	ZrO ₂ (Y-PSZ) 形状: 35(L)・20(W)・0.5(T)mm	
ラップ板	銅板 (φ200mm)	
砥粒径	ダイヤモンド粒径 3.9μm	
加工条件	ラッピング速度	35, 108, 157 m/min
	ラッピング圧力	15, 17, 24 KPa
	供給方法	滴下方式

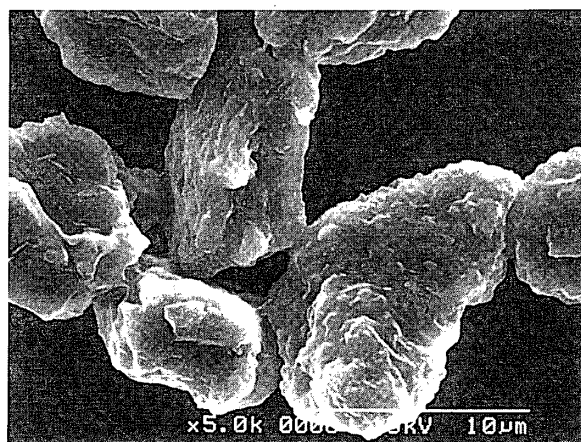
した。ラッピング液(ダイヤモンドスラリー, 粒径3 μm)は、一定間隔での滴下方式により行った。図2は本実験に使用したダイヤモンド砥粒の走査型電子顕微鏡写真である。

使用機器については、一部改良したラッピング盤(ケントマーク3型, ㈱日本エンジニア)を使用し、加工表面及びダイヤモンド砥粒等の観察には、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡(S-2300, ㈱日立製作所)を用いた。加工表面の形状については触針式表面粗さ計(サーフコム740A, ㈱東京精密)により測定を行った。

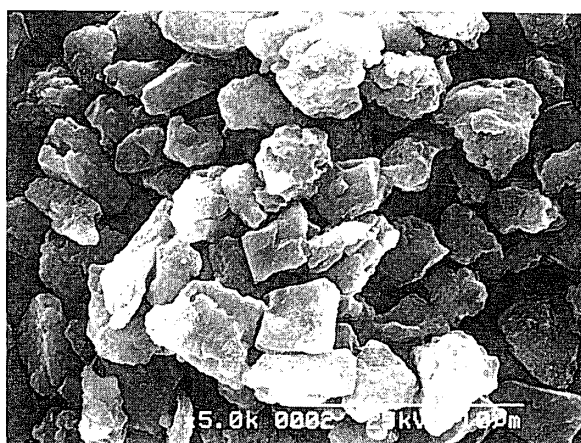
3. 実験結果

3.1 被削材(ZiO₂)の破断面形状

図3に実験に使用した被削材ZiO₂の破断面を示す。図3より粒子形状は鱗状で大きさは約1 μmである。また、

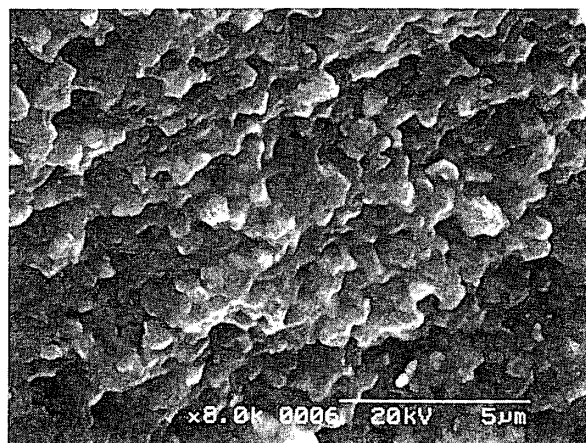


(a) 9 μm 砥粒



(b) 3 μm 砥粒

図2 ダイヤモンド砥粒形状

図3 ZiO₂の破断面

普通の Al_2O_3 や Si_3N_4 と比較すると粒子径は小さく、非常に緻密な組織であることがわかる。

3.2 ラッピング剤のダイヤモンド砥粒の形状

本実験に使用したラッピング剤のダイヤモンド砥粒は図2に示すように、 $3\mu m$ 、 $9\mu m$ とも砥粒の形状は一定したものではなく、角が鋭くとがった形状や半円形、クサビ状と各種の形状の砥粒が観察される。また1個1個の砥粒表面には凹凸、破碎、気孔と複雑な形状を示していることがわかる。ラッピング加工においては、これらの砥粒がランダムに被削材表面と接触し、ラッピング加工面に複雑に作用して砥粒通過による痕跡を残すものと考えられる。このため加工条件の変化によりラッピング加工表面は大きな影響を受けることが推察される。

3.3 ラッピング速度の変化による影響

図4は、ラッピング速度を変化させた場合の摩擦長さと粗さの関係を示したものである。ラッピング速度が35m/minの場合には352mの摩擦距離で一定値(約110nm)の粗さ値に落ちつき、その後ほとんど変化せず微小な減少傾向を示している。ラッピング速度が108m/minの場合は、1086mの長さではほぼ一定値(約120nm)に近づいている。同じように157m/minの速度では、1570mの距離で一定値(約50nm)に落ちついている。このように速度の違いにより、加工面粗さが一定値に落ちつく摩擦距離に差異がみられるが、摩擦時間に対してみると、各ラッピング速度とも数分(1~2)間で落ちついていることを確認している。図4に見られるように高速(157m/min)でラッピング加工を行った場合粗さ値が約50nm(Rz)と低値を示しているが、35m/minと108m/minの速度では、ほとんど変わらず約110nm(Rz)程度となっている。ラッピング速度の違いによって粗さ値で比較すると約2倍程度の差がみられ、速度効果のあることがわかる。

3.4 ラッピング圧力の変化による影響

図5は、ラッピング圧力を変化させた場合の摩擦長さと粗さの関係を示したものである。圧力が15KPaでは約1500mの距離で一定値(50nm)に落ちついている。同じように圧力17KPaの時も約1500mでほぼ一定(100nm)となっている。圧力が24KPaの場合は約785mぐらいいち100nm程度に落ちついていることがわかる。各圧力ともラッピング加工距離が1500m前後で一

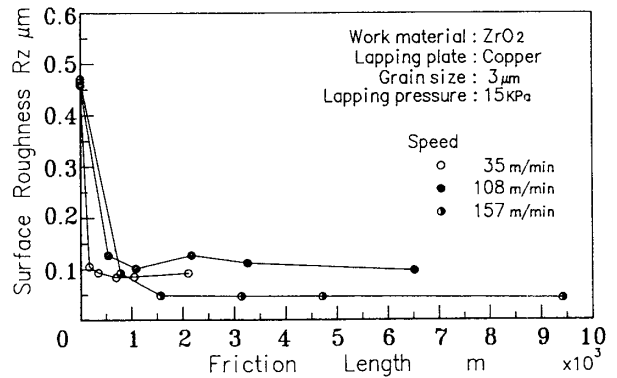


図4 ラッピング速度を変化させた場合のラッピング長さと加工表面粗さとの関係

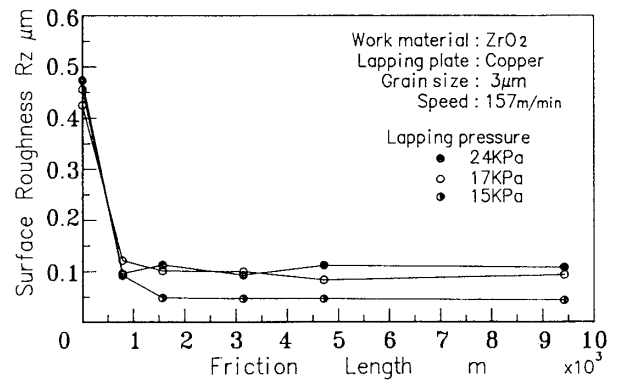
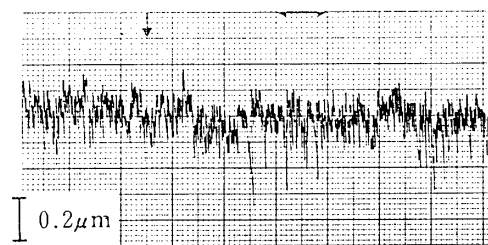
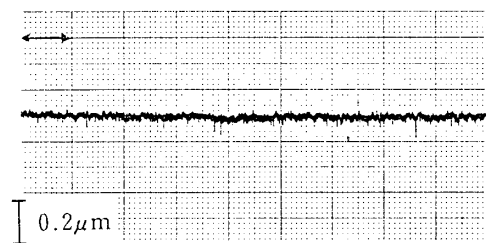


図5 ラッピング圧力を変化させた場合のラッピング長さと加工表面粗さとの関係



(a) 加工前の表面粗さ



(b) 加工後の表面粗さ

図6 加工表面粗さ波形(代表例)

定値に落ち着き、その後はほとんど変動がなく一定している。最終的な表面粗さ値を比較するとラッピング圧力が小さい程低い値を示している。また1500m 前後で表面粗さ値が落ちついていることは、長い距離(長時間)ラッピング加工を行っても面粗さに対しての効果は少ないことがわかる。

3.5 粗さの波形形状について

ラッピング加工を行う前の加工表面とラッピング加工を行った後の加工表面の粗さ波形の代表例を図6に示す。測定長さは1.0mm で縦倍率50000倍である。粒径 $3\mu\text{m}$ のダイヤモンド砥粒でラッピング加工することにより表面粗さ値は低くなり、うねりも小さくなっていることがわかる。このラッピング加工表面粗さは、図4、5に示したようにラッピング加工開始後の短時間(1~2分)で形成される。

図6に示す粗さ曲線より微小な粗さ波形の中に大きく変化した波形の存在が観察される。粗さ表示(Rz)では、これらの大きく変化した値も含んでいることからラッピングでの加工条件の変化による影響を比較検討することは非常に困難である。そこで本実験では、大きな波形の存在に注目して、加工条件とその波形との関係について比較した。図7は、加工圧力と30nm以上の波形の数を比較したものであるが、加工圧力の増大にともない大きな凹凸波形の数が増加していることがわかる。加工圧力が15KPa、17KPaでは、ほとんど差はみられないが、加工圧力が約1.5倍に増加すると大きな粗さ波形の数は、約3倍に増大していることがわかる。このようにラッピング加工面では全体的に凹凸の小さい波形が主となっているが、加工圧力の変化によりラップ剤に含まれている砥粒による引っかき痕の生じる割合が異なっていることが推察される。これらの引っかき痕は面粗さだけでなく、表層部への影響も大きいと考える。今後の詳細な検討が必要であるが、セラミックスなどの脆性材では引っかき作用により亀裂や欠けの発生が考えられ強度、品位などに問題が生じるものとする。

4. 結論

ダイヤモンド砥粒によるジルコニアセラミックスのラッピング加工を行い、速度と圧力を変化させた場合におい

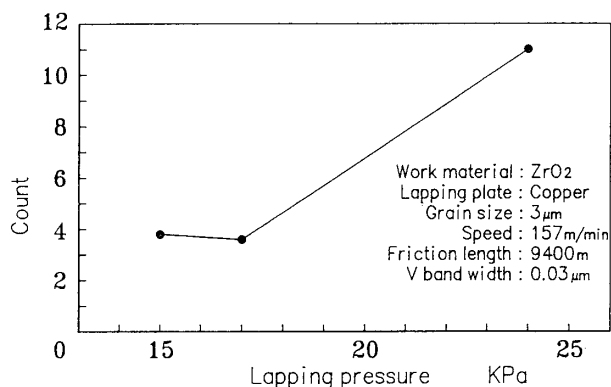


図7 加工圧力とピーク波形の数との関係

て得られたおもな実験結果は以下のとおりである。

- (1) ラッピング速度の変化に対して、加工表面は低速の時よりも高速の時の方が良好である。
- (2) ラッピング圧力の変化に対して、加工表面は高圧の場合よりも低圧の方が良好である。また、ラッピング圧力が低いときよりも高いときの方が深い傷が少ない。
- (3) ラッピング加工面において、ラッピング圧力の変化によって表面粗さは部分的にみると大きな変化はないが、全体的にみるとラッピング圧力が高いとき深い傷が多く発生する。

参考文献

- 1) 河西・(ラッピング・ポリシングの基礎と応用-1) 機械と工具・36・(4)・P133・(1992-4)
- 2) 井田・新井・鈴木・(半導体結晶のポリシング加工に関する研究(第4報))・精密機械・29・(7)・P23・(1963-7)
- 3) 松永・(ラッピングに関する研究(第1報))・精密機械・19・(12)・P26・(1953-12)
- 4) 佐藤・(ラップ剤の切削作用について(第1報))・精密機械・14・(14)・P10・(1949-9)
- 5) 砥粒加工研究会編・(砥粒加工技術便覧)・日刊工業新聞社・初版・P900

(平成4年9月10日受理)