快削性セラミックスの切削性能に関する研究 (第7報) —精密切削加工—

千徳 英一^{☆1}, 柏本 浩伸^{☆2}, 藤村 善雄^{☆3}^{☆1} 金沢工業高等専門学校機械工学科, 〒921 金沢市久安2-270.^{☆2} 金沢工業大学大学院, 〒921 金沢市南郊野々市町扇が丘7-1.^{☆3} 金沢工業大学機械工学科, 〒921 金沢市南郊野々市町扇が丘7-1.

Machining Performance for Machinable Ceramics (part 7)—Finish Cutting—

Eiichi Sentoku^{☆1}, Hironobu Kashimoto^{☆2} and Yoshio Fujimura^{☆3}^{☆1} Kanazawa Technical College, 2270 Hisayasu, Kanazawa 921.^{☆2} Graduate School, Kanazawa Institute of Technology, 7-1 Ohgi-ga-oka Nono-ichi, Kanazawa 921.^{☆3} Kanazawa Institute of Technology, 7-1 Ohgi-ga-oka Nono-ichi, Kanazawa 921.

Received February 13, 1992

In recent years, many machinable ceramics with various kinds of properties have appeared in the market. These ceramics are used for a few mechanical and electronic parts. Machinable ceramics consisting of fluor-phlogopite can be machined with tight tolerance using conventional metal cutting equipment and tools.

The purpose of this paper is to study the shape of cutting edge for machining of ceramics with smooth finish. The lapping of the cutting edge is carried out on a newly developed lapping device. The roughness of machined surface and the tool are both improved by lapping the edge of the tool. The main results obtained are as follows : (1) The cutting edge of the insert tool is sharpened and smoothed by lapping with diamond compound. (2) The tool having the lapped edge performs the long tool life and the smooth finish of the work. (3) The flank surface in the lapped cutting edge provides a much smaller amplitude in the cutting force.

1 緒言

快削性セラミックスは、機械加工が容易で耐熱性、耐食性、電気絶縁性などのセラミックスの優れた特性を有することから、精密機械や電子部品などの寸法精度の高い製品に広く応用されている。このセラミックスは、フッ素金雲母—ホウケイ酸ガラス系の結晶化ガラスから成り、微細な雲母粒子がガラスマトリックス中に均一に

分散されているために、脆性破壊が防がれるとともに、雲母のへき開性にため高い快削性が得られる。前報¹⁻³⁾においては、この快削性セラミックスの切削方法、切削機構及び微視的破壊機構に至るまで検討を行ってきた。本研究は、上述のセラミックスを対象とし、一般的に用いられる工作機械で精密旋削加工を試みる。この場合、工具刃先陵が、直接加工仕上げ面に影響を与えることが充分予測できることより、工具刃先の逃げ面を

ラップする装置も独自に開発した。

2 実験方法

実験に使用した被削材は、先に報告したものと同様の快削性セラミックスを用いる。その物理的性質をTable 1 に示す。熱膨張係数 (10.7×10^{-6}) は鋼と同じ程度で、硬度はHS95である。なお、熱伝導率はセラミックス特有の低い値を示す。

Fig. 1 は、試作した刃先のラップ装置の概要を示す。超硬合金工具をラップすることから剛性の高い機構とし、切削に寄与する工具のノーズ半径部を正確にラッピングできるように考慮した。ラップ板及びラップ剤は、鋳鉄板上に布敷したものに、粒径 $1 \mu\text{m}$ のダイヤモンドペーストをラッピングオイルで溶かしたものをを用いた。ラッピング速度は 3 m/min で、荷重は、数十グラムとした。

実験に使用した工具は、超硬のK10 (SNGN120408) でノーズ半径 0.8 mm である。

Table 1 Physical properties of ceramics.

	Machinable ceramics
Vickers hardness HV	110
Specific gravity	2.59
Poisson's ratio	0.27
Coefficient of thermal expansion 10^{-6}K^{-1}	10.5
Thermal conductivity $\text{W/m}\cdot\text{K}$	1.67
Tensile strength MPa	98
Bending strength MPa	147
Compressive strength MPa	490
Young's modulus GPa	65.7

Fig. 1 Tool lapping device.

切削実験は、Table 2 に示すような条件で、旋盤は、昌運カズメーブ精密旋盤 (22 kW) を使用する。工具摩耗及び加工表面粗さの評価は、オリンパス製の工具顕微鏡と、東京精密製の粗さ計サフコム304Bで行う。工具のラッピング状態は、走査型電子顕微鏡で観察する。また、切削力の測定は、圧電素子型の工具動力計にウェブメモリーを介して行う。

Table 2 Cutting condition.

Tool	K10
Cutting speed m/min	50
Feed mm/rev	0.025
Depth of cut mm	0.2
Tool type	SNGN 120408
Tool shape	-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8
Clearance angle	5, 10, 15, 20

3 実験結果及び考察

Fig. 2 は、試作された刃先ラッピング装置で工具の逃げ面をラッピングしたときの時間とラップされた工具表面粗さの関係を示す。15分程度のラッピング時間で Ra は、 $0.042 \mu\text{m}$ を示し、これ以上の時間でほぼ一定値となった。

Photo. 1 は、この場合の工具の逃げ面の SEM 像を示す。比較のために市販の工具刃先も付記した。ラッピング処理を施した工具逃げ面は、市販に存在するような大きな研磨痕が消滅し、高い精度の平面になり、刃先稜も鋭敏になっていることが分かる。Fig. 3 は、ラッピングされた工具逃げ面の粗さプロフィールを示す。市販工具に比べて、ラッピングされた工具表面は、鋭敏な凹凸が消滅し平面的になっていることが分かる。

Fig. 4 は、付記の条件で快削性セラミックスを切削した時の切削距離と加工表面粗さの関係を示す。刃先ラッピング処理を施した工具は、切削初期から長い切削距

Fig. 2 Relation between lapping time and surface roughness.

Photo.1 Cutting edge condition before and after lapping.

Fig. 3 Profile of surface roughness of tool.

Fig. 4 Relation between cutting length and surface roughness.
V=50m/min, f=0.025mm/rev
t=0.2mm, K10 vs Machinable ceramics.

離において加工面粗さが10 %程度良好であることが分かる。特に、切削初期においてこの傾向が強い。これらの結果は、工具刃先のラッピング処理によって逃げ面の表面粗さが小さい、被削材と工具刃先が機械的に安定した形で接触したり、刃先鋭が鋭敏なため小規模な範囲

Fig. 5 Relation between cutting length and width of flank wear land.
V=50m/min, f=0.025mm/rev
t=0.2mm, K10 vs Machinable ceramics.

で切削される部分の破壊が進行したものと推測される。

Fig. 5は、上記の切削における切削距離と逃げ面摩耗幅の関係を示す。刃先ラッピング処理を行ったものは、市販のものに比べて初期摩耗については顕著な変化はないが、比例摩耗部において大きく寿命が伸びている。特に、切削距離 1500m付近でVBは2倍程度差がある。

Photo. 2は、両工具の逃げ面摩耗幅VBが 0.1mmのときの工具刃先 SEM像を示す。ラッピング処理の施された逃げ面は、アブレシブ摩耗が行われたような摩耗痕が明確に観察される。特に、加工仕上げ面に直接影響をもたらす、前逃げ面境界摩耗部が平面的に形成されていることが分かる。また、市販工具では、逃げ面全体に被削材の一部が付着し凹凸のある面を呈する。これは、ラッピング処理した工具は、市販の工具に比べて逃げ面の凹凸小さいため付着物が付きにくいものと考えられる。結果として、ラッピング処理した工具は、アブレシブ摩

Photo. 2 SEM image of Cutting edge of K10 at VB=0.1mm.
V=50m/min, f=0.025mm/rev
t=0.2mm, Dry cutting.

耗が支配的で、市販工具は、凝着摩耗が支配的になるものと考えられる。

Fig. 6は、この場合の工具逃げ面摩耗幅と切削抵抗の関係について示す。初期の切削においてラップ処理工具は、刃先鋭が鋭敏なため切削3分力が全体的に低く、結果として加工面粗さが小さい。また、切削の進行に伴い被削材—工具逃げ面の接触幅が増加し、背分力が顕著に増大する傾向にある。Fig. 7は、逃げ面摩耗幅VBが0.1 mmにおける切削力の振幅を測定した時のチャートを示す。ラッピング処理を施した工具は、市販の工具に比べて切削力の振幅が小さく、波長が大きいことが分かる。ここでの切削力とは、この波形の平均値を示す。

Fig. 8は、工具逃げ面の摩耗幅と上記で求めた工具摩耗に最も影響の大きい背分力の振幅との関係を示す。逃げ面摩耗幅の初期から終盤までラッピングを施した工具は、振幅が顕著に小さい。セラミックスの切削は、刃先による衝撃力を伴う粉砕作業⁴⁾であるので、背分力の振幅が小さく、波長が長い方式の切削は当然加工仕上げ面粗さを小さくする。また、工具側から見ても、切

Fig. 6 Relation between width of flank wear land and cutting force, $V=50\text{m/min}$, $f=0.025\text{mm/rev}$, $t=0.2\text{mm}$, K10 vs Machineable ceramics.

Fig. 7 Amplitude of thrust force.

削力の振幅の最も大きいところで刃先がマイクロチップングを行い摩耗するはずであるから、ラッピングを施した工具は市販のものに比べて長寿命になったものと考えられる。結果として、工具逃げ面のラッピング処理は、精密加工を可能にすることが分かる。

Fig. 8 Relation between width of flank wear land and amplitude of thrust force, $V=50\text{m/min}$, $f=0.025\text{mm/rev}$, $t=0.2\text{mm}$, K10 vs Machineable ceramics.

4 まとめ

独自の機構を有する刃先ラップ装置を考案し、快削性セラミックスの精密加工を試み以下の結論を得た。

- 1) ダイヤモンドペーストで刃先をラップ処理した工具は、市販工具に比べて加工表面粗さ及び、工具寿命の点で改良ができる。この場合、加工面粗さで約2倍工具寿命で4倍の改良が可能である。
- 2) 加工面粗さの向上は、ラッピングによって逃げ面の凹凸が平滑化され、被削材の溶着が減少し平面的な前逃げ面が形成されたことと切削背分力の振幅が小さくなり被削材—工具系が安定した形で接触したことにある。
- 3) 工具寿命の向上は、ラッピングによって被削材—工具系の保持力の振幅が小さくなり、刃先のマイクロチップングを抑制したためと考えられる。

文 献

- 1) 千徳, 藤村, 佐藤: 粉体および粉末冶金, 1 (1989), 49.
- 2) 千徳, 熊谷, 藤村: 粉体および粉末冶金, 8 (1990), 1187.
- 3) 千徳, 岩松, 柏本: 粉体および粉末冶金, 5 (1991), 685.
- 4) 鳴瀧則彦: 難削材の切削加工, 日刊工業, (1989), 49.