534 窒化アルミニウムの超精密平面ホーニングに関する研究

Ultra-precision plane honing of AlN

○学 鈴木 眞哉 (東北大) 正 厨川 常元 (東北大) 正 吉原 信人 (東北大)

Shinya SUZUKI, Tsunemoto KURIYAGAWA and Nobuhito YOSHIHARA
Tohoku University, Aramaki Aoba 6-6-01, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

In this paper, grinding of sintered aluminum nitride (AlN) is investigated. The AlN has many advantages (e.g. high thermal conductivity, low thermal expansion). Therefore, there are great demands for AlN as a material of parts. The AlN consist of many crystal grains. And the crystal grains are easy to peel off in grinding process, so that the roughness of ground surface becomes worse. Therefore, experiments are carried out under various conditions. As a result, it is found that the surface roughness becomes better under the condition of high rotation speed and high machining force with vitrified bond wheel.

Key words : Plane Honing, AlN, Resinoid bond wheel, Vitrified bond wheel

1. 緒言

窒化アルミニウム (AlN) は高熱伝導性, 低熱膨張率, 良好な誘電特性, 無毒性, 量産が容易であることなど多くの利点を持ち, 優れた機能性セラミックス材料として知られている. AlN 薄板は直径 5~15 μ m 程度の粉末体を焼結させることにより製造される. 研削を行うと, この AlN を構成する粒子が粒界破壊により脱落し, 鏡面仕上げの妨げとなる. また, 研磨加工では脱粒の少ない面が得られるが, 加工能率が著しく劣る問題がある.

通常の平面研削では砥粒 1 個あたりの加工力が大きく, 粒界に大きな力が作用するため, 粒界破壊および脱粒が生じる. したがって砥粒 1 個あたりの加工力が小さい超精密平面ホーニング加工法が AlN の鏡面仕上げに適していると考えた. 本報では, レジンボンドとビトリファイドボンドの 2 種類のダイヤモンド超砥粒砥石を用いて AlN の超精密平面ホーニング加工の実験を行い, 各加工パラメータが表面粗さや加工能率に及ぼす影響を調べた.

2. 超精密平面ホーニング加工装置

図 1 に, 加工に用いた超精密平面ホーニング加工の概略図と装置写真を示す. 同図に示すように, 工作物加工面と砥石面を面接触させて研削を行う. 本機では, 高剛性と高回転精度の実現のため, 工作物軸及び砥石軸には油静圧軸受を用いている. また加工屑の排出と研削液の加工点への供給を円滑に行うために, 砥石面には放射状に溝を複数設けてある¹⁾.

3. レジンボンド砥石による加工実験

はじめに, セラミックス等の硬脆材料の超精密研削に一般に用いられるレジンボンド砥石で研削を行った. 実験条件を表 1 に示す. 砥石は放射状のものを用い, 工作物と同じ回転数で回転させた.

まず SD400B で平面出しの工程として荒加工を行ったが, 多数の結晶粒の脱粒を含む面となった (746nmRa, 5.59 μ mRy). #400 の砥粒は粒径が約 30~60 μ m と大きく, 加工時の砥粒切込み深さと砥粒に働く力が大きくなる. そのため粒界破壊が進行したと考えられる. 続けて SD3000B で仕上げ加工を行ったが, 鏡面は得られるものの, 脱粒の跡が残っていた. このときの加工時間に対する表面粗さの変化を図 2 に示す. 10 分経過すると 300 nmRa, 4 μ mRy 付近で表面粗さの改善が遅くなることがわかる. 加工を長時間続けることで脱粒の跡を除去し, 23nmRa, 1.11 μ mRy の表面粗さを得ることはできたが, それには 10 時間以上を要した.

(a) Schematic of plane honing (b) Plane honing machine
Fig.1 Ultra-precision plane honing machine

Table 1 Test condition (Resinoid bond wheel)

Workpiece	AlN, (1 in square, 4 pieces)
Wheel	Workpiece holder: ϕ 160 mm SD400B, SD3000B (Radial)
Rotation speed	400 rpm
Machining force	Max 120 N
Machining fluid	Soluble type: 3.1 L/min

Fig.2 Change of Surface roughness (SD3000B)

Fig.3 Cross sectional profile of grinding wheel (SD3000B)

20 分間加工後の砥石の断面をカーボンに転写して摩耗を測定した結果を図 3 に示す。同図より工作物との接触部で 2 ～3 μm 程凹んでいるが大きな変化はないことがわかる。また砥石面を SEM で観察した結果を図 4 に示す。同図より砥石表面の砥粒数が加工前後で大きく減少していることがわかる。したがって加工能率の低下はボンド材の弾塑性変形に起因する有効砥粒切れ刃数の減少が原因であると考えられる。

4. ビトリファイドボンド砥石による加工実験

ビトリファイドボンド砥石はガラス質の結合剤でできており、気孔が多い、砥粒の保持力が高い、破砕性に富むという特徴がある。これを用いることにより、レジンボンド砥石において問題となった有効砥粒切れ刃数の減少による加工能率の低下の問題が解決されると考えた。

実験条件を表 2 に示す。実験では SD400B による荒加工が施された工作物 6 枚を用いた。

4.1 SD3000V による加工

SD3000V による実験結果を図 5 に示す。同図に示すように SD3000V の砥石を用いた場合は、加工時間や回転数に関係なく粒界破壊が進行し、鏡面を得ることはできなかった。この時の砥石断面プロファイルの測定結果を図 6 に示す。砥石送り量に等しい摩耗が見られた。#3000 の砥粒は直径 3 ～8 μm であり、AIN を構成する粒子の直径 5 ～15 μm と大きく変わらない。したがって摩耗の際、大量に脱落した#3000 の砥粒が大きな加工力を発生させ、粒界破壊を引き起こしたと考えられる。したがって AIN を構成する粒子の直径に対して十分に小さい砥粒を用いれば粒界破壊は発生しないと考えられる。

4.2 SD8000V による加工

そこで SD8000V の砥石を用いて実験を行った。#8000 の砥粒の粒径は 1 ～3 μm であり、十分に小さい。実験結果を図 7 に示す。砥石・工作物の回転数を高くするほど、表面粗さが良くなることがわかる。例えば 750rpm、送り速度 1 $\mu\text{m}/\text{min}$ の条件では 10 分間で表面粗さがおよそ 100nmRa, 3 μmRy まで向上している。これは研磨加工や前節のレジンボンド砥石による研削と比較すると、加工時間を 1/5 ～1/10 に短縮していることになる。また図 8 に、加工力と表面粗さの関係を示す。同図より表面粗さを良くするためには加工力を大きく設定する必要があることがわかる。

最終的には、さらに高加工力条件 (Max 200N, 工作物枚数 1 枚) にすることで、脱粒は完全には除去されないものの、20 分で 46.9nmRa, 1.81 μmRy の鏡面を得ることに成功した。

5. 結言

超精密平面ホーニング加工を用いて AIN の高能率鏡面加工を試みた。結果を以下に示す。

- 1) レジンボンド砥石 SD3000B による研削では、長時間加工することにより脱粒の少ない鏡面を得ることはできるが、有効砥粒切れ刃数の減少により加工能率は劣る。
- 2) ビトリファイドボンド砥石による研削では、砥石が工作物の送り量と等しい量だけ摩耗する。SD3000V では鏡面は得られないが、SD8000V による研削では、高回転数高加工力条件下で比較的高能率に鏡面を得ることが可能である。

参考文献

- 1) Tsunemoto Kuriyagawa, Kazunari Nishihara, Shinya Suzuki, Yinbiao Guo and Katsuo Suyoji : Improvement of Machined Surface Quality in Ultra-Precision Plane Honing, Key Engineering Materials, Vols. 238-239(2003), pp.237-242

(a) Before grinding (b) After grinding (20min)
Fig.4 Surface of Resin bond wheel SD3000B (SEM photograph)

Table2 Test condition (Vitrified bond wheel)

Workpiece	AIN, (1 in square, 6 pieces)
Wheel	SD400B, SD3000V, SD8000V (Radial)
Rotation speed	400rpm, 600rpm (SD3000V) 250 rpm, 500 rpm, 750 rpm (SD8000V)
Feed rate	1 $\mu\text{m}/\text{min}$
Machining force	Max 120 N
Machining fluid	Soluble type: 3.1 L/min

Fig.5 Change of surface roughness (SD3000V)

Fig.6 Cross sectional profile of grinding wheel (SD3000V)

Fig.7 Change of surface roughness (SD8000V)

Fig.8 Relationship between Ra and machining force (SD8000V)