

ターニングセンタによるセラミックスの研削加工

Grinding of ceramics by NC turning center

鈴木 清*・木村 正夫*・中川 威雄*

Kiyoshi SUZUKI, Masao KIMURA and Takeo NAKAGAWA

1. 緒 言

セラミックス部品、特に機構部品の製造には、ダイヤモンド砥石による研削加工は不可欠であるが、硬度の高すぎるものが災いして能率的な研削加工を行うことは極めて難しかった。セラミックス研削の高効率化は砥石と研削機械の両面より検討されてきた。筆者らは鑄鉄ファイバーボンドダイヤモンド (CIB-F) 砥石とマシニングセンタ (MC) を組み合わせることにより、難加工セラミックスの代表とも言える窒化珪素を従来の数十倍の加工効率で研削加工することに成功したり¹⁾、現在ではMCによる研削加工の利点が広く理解され、これと呼応して研削加工を可能とするMC機が各社より市販されるに至っている。

しかし、セラミックス部品の形状も矩形状や円筒状など多岐にわたっており、後者についてはMCによる加工が必ずしも最適とは言えない。特に回転体の軸受け部材としての使用などを考えると、ワークを固定して加工するMCよりもワークを回転させて加工する円筒研削盤のような加工機が望ましいことは言うまでもない。本研究では、円筒形状のワークを高効率・高精度に研削加工しうる機械としてターニングセンタに着目し、これを改造することにより種々の要求に対応できる複合加工機を開発することを試みた。

2. 期待される効果

金属部品の研削には種々の研削加工機が用いられている。しかし、これらはほとんどが単能機的使用しかできないため、加工部位に応じた複数の機械が必要となる。このことは、ワーク着脱に伴うアイドルタイムや加工誤差を招く点で好ましいとは言えない。できれば1チャッキングですべての加工を行いたいところであり、このような要望に呼応して出現した切削機械がATCを有するターニングセンタである。今回ベースとしたター

*東京大学生産技術研究所 第2部

ニングセンタはエンドミル用の回転工具軸を持っており、ここに砥石を装着することができれば金属の旋削加工と同様にセラミックスの研削加工が可能となると思われる。以下にターニングセンタをセラミックスを初めとする各種硬脆材料の研削加工機として利用した場合の利点を挙げた。

a) 回転工具軸による円筒、内面研削

主軸 (ワーク回転軸) 以外に工具回転軸 (ミル軸) を持っているため、ここに砥石を装着することで円筒、内面研削を初めとする種々の研削加工が可能となる。

b) ATCによる種々砥石の選択

内蔵のツールマガジンおよびATC機能を用いて、ワークの材質や形状、表面性状等に適した砥石の選択が可能となる。

c) 加工形状の自由度向上

NC機能を活用することにより円筒の外周、内周研削の自動化はもちろん、多角形やカム形状、テーパ、三次元曲面等のさまざまな形状を創成することが可能となる。

d) 難削材の高効率研削加工

通常の円筒研削盤にないNC機能や高モータ出力・剛性などを活用すれば難削材の高効率研削が可能となる。

e) 複合加工機化への対応

ツールマガジンに装着した種々のアタッチメントをATC機能により選択すれば、通常研削、通常旋削、フライス切削はもちろん、放電ツルーイング/ドレッシング (以下放電T/D)²⁾、放電研削³⁾、超音波研削⁴⁾等の特殊加工をも可能とする多機能グラインディングセンタが実現される (図1)。回転軸に装着可能な超音波研削アタッチメントについてはすでに開発され、セラミックスの穴あけ加工で威力を発揮することが確認されている。

3. 機械の改造

本研究では筆者らの考えを具現化するため、表1に示

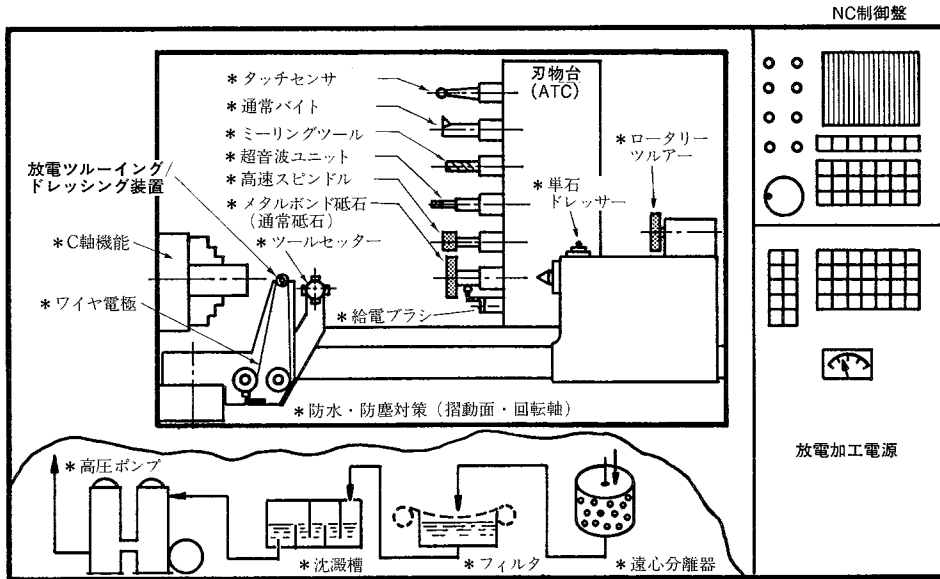


図1 ターニングセンタをベースにした複合加工機“グラインディングセンタ”の構想図

表1 ターニングセンタの仕様

機種	QT-10N ATCミルセンタ：(ヤマザキマザック製)
主軸	出力：10kW， 回転数：10～2,600rpm
工具軸	出力：2.2kW， 回転数：40～3,000rpm
NC	同時3軸制御(X, Z, C) プログラム方法：EIA/ISOコードor 対話形マザトロール
その他	ATC工具収納本数：16本 最大工具径：φ250mm 最大ワーク寸法：φ250×500mm 最大切削送り速度：X軸: 5m/min Z軸: 5m/min クーラント圧：230kPa

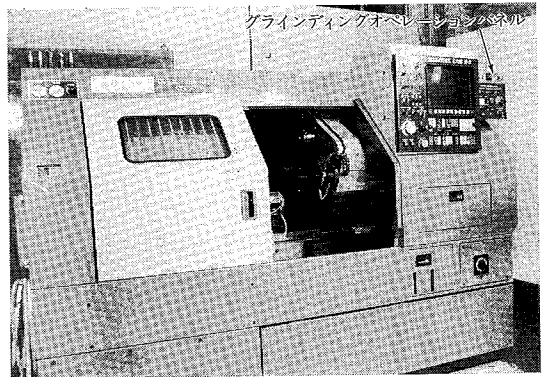


図2 ターニングセンタの外観

した仕様のターニングセンタ(図2)を改造し、所期の目的に対応することとした。以下に主たる改造点を示す。

a) グラインディングオペレーションパネルの設置

ベースとした旋削機械では、回転工具を選択すると主軸の回転数がごく低回転に制限されていた。これに対しては、グラインディングオペレーションパネルを設け、切削、研削、放電T/Dのモードの切り替えを可能とした。これにより、円筒・内面研削などの研削モードでは主軸回転数と無関係に工具軸の回転数設定が可能となった。また放電T/Dの際には通常とは異なる砥石駆動系を設け、低回転域での回転数の微調整を可能とした。

b) 砥石用ツールホルダの開発

エンドミル用のツールホルダを改造し、剛性を高めると同時にストレート砥石、カップ砥石の装着を可能とした。

c) 放電T/Dユニットの装着

ワイヤ電極駆動装置をツールセッタ(刃先位置測定装置)の裏面に取り付け、ワイヤ電極による機上放電T/Dを可能とした(図3)⁶⁷⁾。またワイヤ放電T/DをNC機能により自動化するためツールセッタ腕作動時にも自動運転および給水を可能とした。なお放電電源としてはワイヤ放電加工機(DWC-110G:三菱電機株製)用電源を使用した。

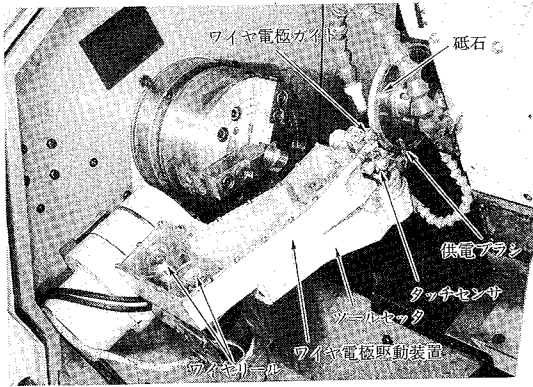
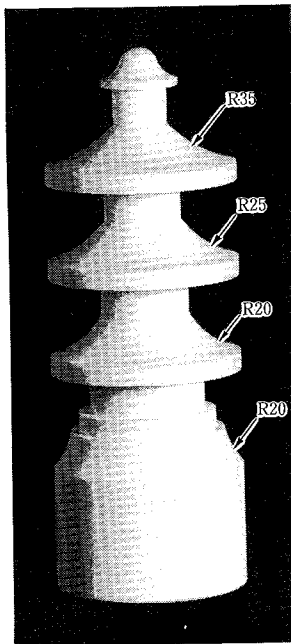


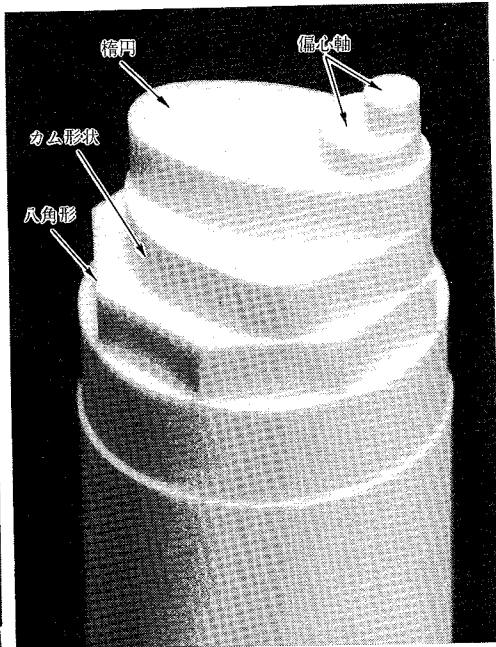
図3 ツールセッタ裏面に装着された放電ツレーイング/ドレッシング用ワイヤ電極駆動装置



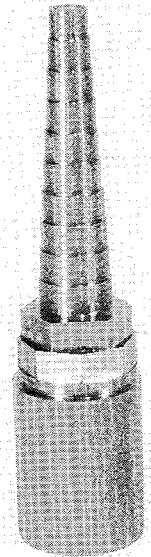
図4 鑄鉄ファイバボンドダイヤモンド砥石によるアルミナセラミックスの研削状況



(a) アルミナ製三重の塔 (φ50mm)



(b) 各種形状が創成されたアルミナサンプル (φ50mm)



(c) 円筒と多角形よりなる超硬サンプル

図5 ターニングセンタによる研削加工サンプル

4. 研 削 実 験

改造したターニングセンタの工具軸に直径150mmの鑄鉄ファイバボンド (CIB-F) ダイヤモンド砥石を装着し、セラミックス (Al₂O₃, Si₃N₄) および超硬合金の研削加工を行い、複雑形状創成の確認と真円度、円筒度の測定を行った。図4にアルミナセラミックスの研削状

況を示す。なお、上記研削砥石は機上で放電ツレーイングした後、WAスティック砥石による目立てを行った。

4-1 形状創成の試み

図5にターニングセンタにより加工したアルミナセラミックス(a), (b)と超硬合金(c)のサンプルを、表2に加工条件を示す。

(a)の多段形状のサンプル(三重の塔)はφ51mmの

研究速報

表2 アルミナセラミックスの加工条件

加工条件	(a)	(b)
使用砥石	鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石：ストレート砥石 (φ150×10mm, #100/120, Conc100, 新東工業製)	
砥石周速	1,410 m/min	1,200 m/min
ワーク周速	25 m/min	Max65 mm/min
切込深さ	0.04 mm/rev	2 mm/rev
研削幅	Max10 mm	5 or 9 mm
加工時間	17.5 min	60 min
研削能率	Max10,000 mm ³ /min 平均7,070 mm ³ /min	Max1,170 mm ³ /min 平均730 mm ³ /min
研削液	水溶性研削液 (ジョンソンJC-707 50倍)	

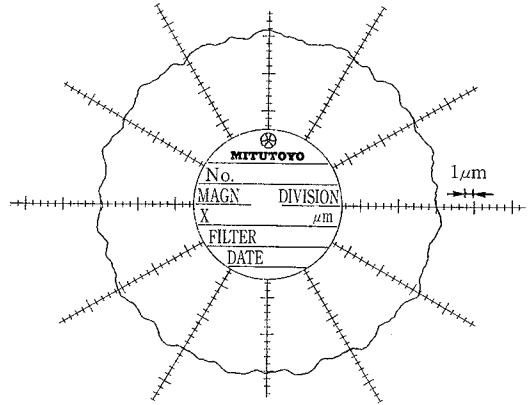


図6 円筒研削された窒化珪素セラミックスの真円度

ルミナ円柱から直接NCプランジ研削により削り出したものであるが、外周仕上げを除いて約18分で完成した。(b)のサンプルも同一径のアルミナブロックに対し、幅9mm(先端偏心軸のみ5mm)の各種形状を階段状に付与したものである。このサンプルは複雑形状の創成に主眼を置いたため、加工には約1時間費やした。しかし、研削条件およびNCプログラムの最適化、クーラントの増量、増圧、工具軸モータのパワーアップなどにより加工時間の大幅な短縮が可能と思われる。

加工サンプルは偏心軸、楕円、多角形、カム形状、凹曲面等、かなり複雑な形状からなりたっているが、これらは幅10mmのストレート砥石一本で研削仕上げされたものである。

4-2 形状精度

直径50mmの窒化珪素セラミックスの円筒研削を行い、加工精度の検討を行った。図6に真円度の測定結果を示す。片持ち支持条件下にもかかわらず、真円度は約1.5μm以内、長さ60mm当たりの円筒度は2.0μmに収まっている。これらの精度はワーク支持方法および砥石のツルーイングを最適化することで、より向上できるものと思われる。

5. 結 言

円形断面を持つセラミックス材料の能率的な研削加工を行うため、ターニングセンタに着目し、グライインディングセンタ化を図った。この装置を用いてセラミックスの研削加工を試みた結果、加工能率や創成形状などの点で予期した以上の効果が得られた。また、精度的にも比較的良好的な結果が得られたと考えている。しかし、より一層の効率化、高精度化を達成するためには、ツルーイ

ング装置や研削液供給装置などの周辺機器の充実、研削に適したプログラム/プログラミングシステムの確立など、検討すべき課題も残されている。

謝 辞

本研究に当たって貴重な御意見を頂いた富山県立技術短期大学の植松哲太郎教授、ならびに実験機を提供して下さったヤマザキマザック(株)、三菱電機(株)、砥石や研削液を提供して下さった新東工業(株)、ジョンソン工業(株)、マルトー(株)、ワークの測定に協力頂いた(株)ミツトヨの各社に、厚くお礼を申し上げます。

(1987年3月16日受理)

参 考 文 献

- 1) 鈴木, 植松, 中川: 昭60年精機学会春季講論集, P. 809
- 2) 植松, 大屋, 下田, 鈴木, 中川: 昭60年精機学会秋季講論集, P. 261
- 3) 植松, 鈴木, 中川: 昭60年精機学会秋季講論集, P. 265
- 4) 植松, 下田, 大屋, 鈴木, 中川: 昭61年精密工学会春季講論集, P. 349
- 5) 植松, 柳瀬, 木村, 鈴木, 中川: 昭61年精密工学会秋季講論集, P. 653
- 6) 鈴木, 植松, 柳瀬, 大平, 中川: 放電ツルーイング-1, 昭61年精密工学会秋季講論集, P. 657
- 7) 鈴木, 植松, 柳瀬, 中川: 放電ツルーイング-2, 昭62年精密工学会春季講論集, P. 585
- 8) 鈴木, 大森, 植松, 中川: 放電研削, 昭62年精密工学会春季講論集, P. 45
- 9) 鈴木, 植松, 石渡, 中川: 超音波アタッチメント, 昭62年精密工学会春季講論集, P. 587