

ジルコニアセラミックスの穴あけ加工についての基礎的研究

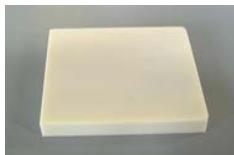
精密工学研究室

学生A(B4)

背景

- ファインセラミックスは耐熱性、耐摩耗性、耐食性などの優れた特性を持っている。
- しかし、その特性が加工時にはそのまま難削性となり、切削・研削加工を困難にする。
- また脆性も持っているため、クラックが進展しやすく、良好な加工面を得ることも困難である。
- さらに開発されたばかりの新材料の場合、加工条件、加工法がまったく分からない、という問題がある。

使用するワークと研究の目的



■ジルコニアセラミックスをベースに開発された金型用の新材料である。従来のものより靱性、耐衝撃性、耐薬品性に優れている。

- このワークに研削加工による穴あけ加工を行い、加工時に発生する研削抵抗を計測する。そしてそのデータから、高能率・高精度に加工できる加工条件・加工法を見出すことを目的としている。

研削抵抗

- 研削抵抗は研削特性のうちの一つでその大小によって、研削面の状態や工具への負荷に影響する。
- 研削抵抗20N以下を目標として実験を進めていく。加工抵抗20Nはドリルによる穴あけ加工とほぼ同じ値である。
- 研削抵抗は3成分動力計を用いて計測する。



日本キスラー製
3成分動力計
加工時にワークに掛かる力を内部の圧電素子により、XYZ方向に分解、電圧として出力する。

使用機械

■ 大阪機工株式会社製
マシニングセンタ「VM5 III」
■ 条件1～3で使用する工作機械である。



■ 名菱テクニカ株式会社製
自己発電式増速スピンドル
「MS40-10-00」
■ 条件4で使用。工作機械の主軸回転数を内部のモーターで10倍にして出力することができる。



加工条件

- 実験は4種類の加工条件について行う。
- 条件1, 工具送り速度F変化
- 条件2, 半径方向切込量 δr 変化
- 条件3, 軸方向切込量 δd 変化
- 条件4, 主軸回転数S比較

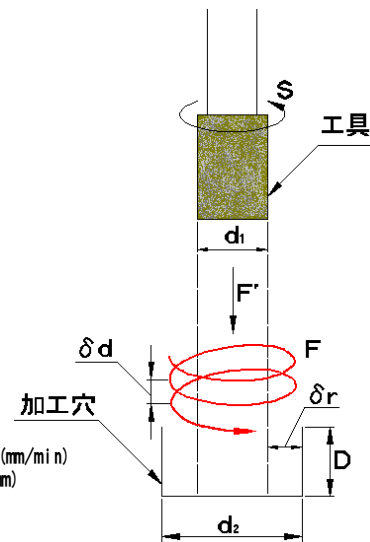
・穴あけ加工を行った理由

穴あけ加工は金型に行う加工の中でも最も基本的なものであるが、金型部品のほとんどに穴あけ加工があるといっても過言ではないほど一般的な加工である。

加工方法

- 加工方法はすべてヘリカル加工による穴あけ加工で行う。
- 利点
 - 一本の工具で複数の穴径を加工できる。
 - 加工穴にクーラントが入りやすい。
- 欠点
 - 加工経路が長くなるため加工時間が延びる。

S : 主軸回転数 (rpm)
F : 工具送り速度 (mm/min) F' : 軸方向送り速度 (mm/min)
 δr : 半径方向切込量 (mm) δd : 軸方向切込量 (mm)
D : 加工穴深さ (mm)
d1 : 砥石直径 (mm) d2 : 加工穴直径 (mm)



4条件の中から、特に条件2, 4の実験結果について以下に示す。この2条件は他の2条件よりも予想外、または予想以上の結果となったものである。

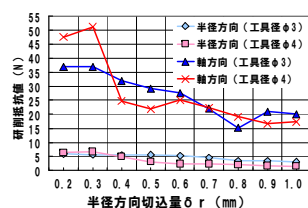
条件2:半径方向切込量変化

- 主軸回転数14000rpmでさまざまな半径方向切込量について穴あけ加工を行い、加工時に発生する研削抵抗を計測する。
- 比較のため、工具径φ3.0とφ4.0の場合について加工を行う。

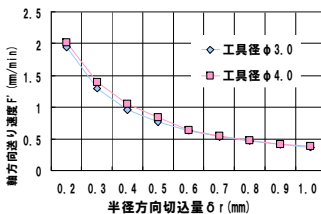
使用機械	マシニングセンタ「VM5Ⅲ」
半径方向切込量δr[mm]	0.2~1.0(0.1ずつ増加)
工具径d ₁ [mm]	φ3.0 φ4.0
工具切削速度V[m/min]	131.95 175.93
主軸回転数δr[rpm]	14000
工具送り速度F[mm/min]	60
軸方向切込量δd[mm]	0.04

結果

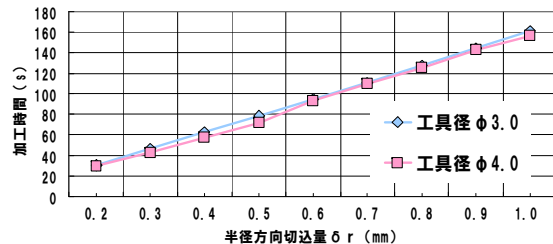
- 条件2では工具送り速度や軸方向切込量が一定でも、半径方向切込量が大きくなることで研削抵抗が小さくなる。



- これは半径方向切込量が大きくなることにより、軸方向送り速度が小さくなったためだと考えられる。



- ただし、半径方向切込量が大きくなると加工時間も大きく伸びてしまう。
- そのため効率的な加工は困難になる。



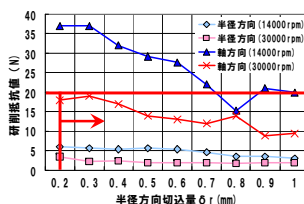
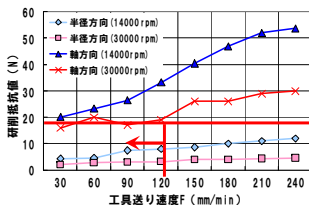
条件4:主軸回転数比較

- 主軸回転数が30000rpmの場合について穴あけ加工を行い、加工時に発生する研削抵抗を計測する。
- 条件1, 2のデータとの比較のため、さまざまな工具送り速度、半径方向切込量について加工を行う。

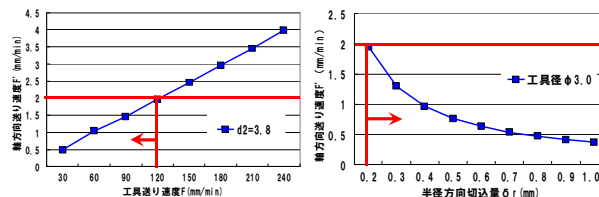
使用機械	グライディングセンタ「PCV40-II」 増速スピンドル「MS40-10-00」
主軸回転数S[rpm]	30000
工具切削速度V[m/min]	282.74
工具送り速度F[mm/min]	30~240 (30ずつ増加)
半径方向切込量δr[mm]	0.4 0.2~1.0 (0.1ずつ増加)
工具径d ₁ [mm]	φ3.0
軸方向切込量δd[mm]	0.04

結果

- 主軸回転数14000rpmと比較すると30000rpmでは軸方向研削抵抗が半分近くまで小さくなっている。
- 目標の軸方向研削抵抗を20Nとした場合、主軸回転数は30000rpm以上で左図より工具送り速度は120mm/min以下、右図では半径方向切込量は0.2mm以上であれば20N以下で加工できるようである。



- 左図で工具送り速度は120mm/min以下、半径方向切込量は0.2mm以上なら軸方向研削抵抗は20N以下になるとしたが、両図からその場合の軸方向送り速度が2.0mm/min以下となっている。



主軸回転数が大きくなることで研削抵抗が小さくなっているのは、主軸回転数が大きくなることで、工具切削速度（工具周速度）が大きくなっているためである。

・実験結果

目標の研削抵抗20N以下の加工をするためには、主軸回転数を30000rpm以上にし、軸方向送り速度が2.0mm/min以下になるように加工条件を作ることである。

ただし、半径方向切込量は大きくすると軸方向送り速度が小さくなるため、研削抵抗は小さくなるが、加工時間がかかりすぎるため、効率の良い加工は難しくなる。

・今後の課題

各加工条件と軸方向送り速度にどの程度の関係があるかは細かくは分からなかった。また工具の目詰まりについても調査も必要である。