

精密加工技術に関する研究*

平山 国浩*¹・川越 新吾*¹・布施 泰史*¹・長友 良行*²・知念 武志*²

Study on the Technology of Precision Grinding

Kunihiro HIRAYAMA, Shingo KAWAGOE, Yasufumi FUSE,
Yoshiyuki NAGATOMO and Takeshi CHINEN

これまで専用機で行われてきた切削加工と研削加工を、定圧研削工具を使うことにより、マシニングセンターなどの切削加工機械1台で行うことが可能となった。しかし、当該工具は市場に出回り始めたばかりであるため、その研削特性については不明な点が多い。そこで、本研究ではマシニングセンターに当該工具を取り付け、ダイヤモンドカップ砥石#140および同#400による研削加工実験を行った。その結果、#140で0.7 μ mRz程度、#400で0.3 μ mRz程度の加工面粗さが得られた。

キーワード：研削，ラッピングツール，表面粗さ，仕上げ

1 はじめに

近年、精密さが要求される機械加工業界では、切削加工後の仕上げに、研削加工を用いることが多い。この際、切削加工と研削加工を個別の専用機で対応しているため、被削材の取り外し、取り付け、平行出しなどの工程が増え、加工の段取りに時間を要している。そこで、既存の切削加工機械を利用した高効率研削加工技術が確立されれば、省力化及び既存設備の有効活用が図れ、延岡・日向・門川地域の企業がこれまでにない高精度・高精密を要する加工品製造分野へ進出することを支援できる。

本研究では、マシニングセンターに定圧研削工具を取り付け、SUS304に対するダイヤモンドカップ砥石#140および同#400の研削特性を把握した。

2 実験方法

2-1 加工力把握実験

2-1-1 目的

今回実験に用いた定圧研削工具は、内蔵するバ

ネの力を利用し、一定の加工力で研削する機能を有する。しかし、実際の研削加工においては、切り込み量が微小であるため、その力の大きさは明らかではない。そこで、数 μ m程度の微小変位に対する加工力を正確に把握することを目的とした。

2-1-2 実験方法

オートグラフ（株島津製作所製 AG-10TD）に最大測定荷重500kgfのロードセルを取り付け、定圧研削工具に接触させた状態から軸方向に1 μ mずつ押し込み変位を与えた時の、同工具の反力を測定した。調整ネジの締込み1、2および3周について実施した（図1）。



図1 加工力把握実験装置

* 特定中小企業集積活性化支援強化事業

*1 機械電子・デザイン部

*2 宮崎県機械技術センター

2-2 研削加工実験

2-2-1 実験装置および被削材

表1に実験装置および被削材を、図2に研削加工実験状況を示す。

表1 実験装置および被削材

設備	牧野フライス機製 マシニングセンター V55型
工具	アイセル機製 ラッピングツール HSK-A100
砥石	アイセル機製 ダイヤモンドカップ砥石 #140(BDS100-140), #400(BDS100-400)
被削材	SUS304(120×30×厚さ16mm)



図2 研削加工実験状況

2-2-2 実験方法

加工条件のうちスパークアウト回数、砥石の回転数、送り速度および初期押し込み量（砥石#140のみ）を変えて研削加工し、被削材の表面粗さRz値（最大高さ）の測定結果から、砥石の研削性を評価した。表面粗さの測定には、表面粗さ測定機（株ミットヨ製 SV-C634）を用いた（図3）。



図3 表面粗さ測定機

また、正確な工具高さ位置決めには、ダイヤルゲージ式高さ位置決め装置および音響センサを用いた。まず、同装置により概略の高さ位置決めを行い、次に、音響センサで工具と被削材の接触音をキャッチすることにより、精密に高さ位置を決定した（図4および図5）。

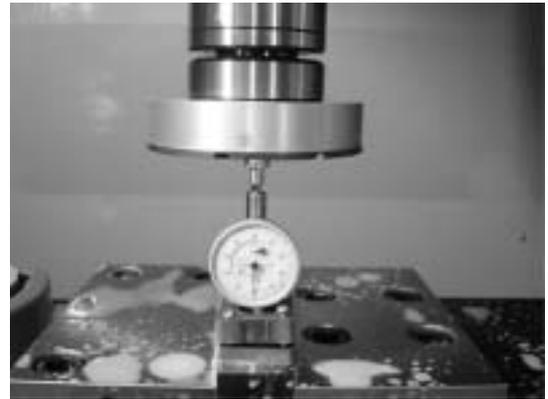


図4 ダイヤルゲージ式高さ位置決め装置



図5 音響センサによる高さ位置決め

2-2-3 ツルーイングおよびドレッシング条件

砥石のツルーイングおよびドレッシング条件は、メーカー提示のものを用いた（表2および表3）。

なお、ツルーイングには、立形ロータリードレッサーを用いた。

表2 砥石のツルーイング条件

項目	#140	#400	備考
ドレス砥石	粒度 GC#80	GC#320	GC砥石
回転数	rpm 1,800	1,800	
送り速度	mm/min 700	700	
切込み箇所	両側	両側	完全にホイールが抜けるまで
切込み量	mm 0.005	0.003	片側に付
往復回数	回 50	25	
総切込み量	mm 0.5	0.15	
研磨圧調整ネジ	回転 1	1	

表3 砥石のドレッシング条件

項目	#140	#400	備考
ドレス砥石	粒度 WA#220	WA#500	ホワイトストーン
回転数	rpm 600	600	
送り速度	mm/min 840	960	
切込み箇所	両側	両側	完全にホイールが抜けるまで
切込み量	mm 0.001	0.001	片側に付
往復回数	回 40	10	
総切込み量	mm 0.08	0.02	
研磨圧調整ネジ	回転 1	1	

3 結果および考察

3-1 加工力把握実験

押し込み量と定圧研削工具の反力の関係を図6に示す。

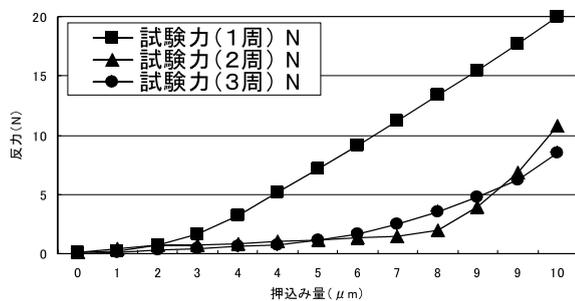


図6 押し込み量と反力の関係

0 ~ 3 μm程度の微小押し込み量に対し、定圧研削工具の反力は概ね一定値を示した。一般的に、加工時の押し込み量はこの近辺に設定されるため、研削加工の際、被削材には0.75N程度の荷重がかかることが考えられる。

3-2 砥石#140による研削加工実験

3-2-1 スパークアウト回数の検討

実験に用いた研削加工条件を表4に、またスパークアウト回数と表面粗さの関係を図7に示す。

表4 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		フライス加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	20
総切込み量	μm	20
回転数	rpm	1,000
送り速度	mm/min	600
初期押し込み量	μm	0
スパークアウト回数	回	0, 20, 40, 60

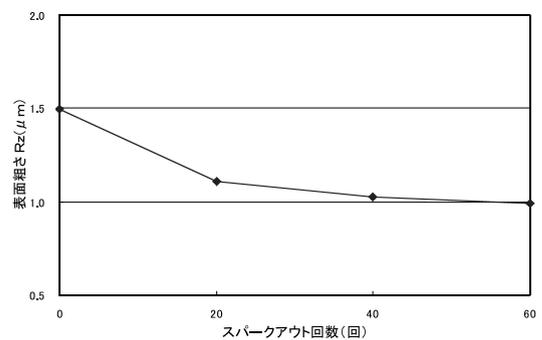


図7 スパークアウト回数と表面粗さの関係

この結果より、スパークアウト回数20回を超えると、表面粗さの変化が緩やかとなり、60回程度で表面粗さがほぼ一定となることが分かった。

3-2-2 回転数の検討

実験に用いた研削加工条件を表5に、また回転数と表面粗さの関係を図8に示す。

表5 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		フライス加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	20
総切込み量	μm	20
送り速度	mm/min	600
初期押し込み量	μm	0
スパークアウト回数	回	20
回転数	rpm	800, 1,000, 1,300, 1,800, 2,400

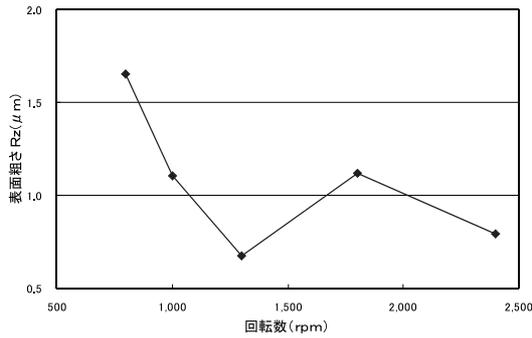


図8 回転数と表面粗さの関係

この結果より、回転数1,300rpm以上では、表面粗さに大きな変化がないことが分かった。

なお、図8において、回転数1,800rpmでの表面粗さが比較的粗い結果となっているが、後日、回転数1,300rpmの場合との比較実験を行った結果、両者は概ね同じ値となることが確認された。

3-2-3 送り速度の検討

実験に用いた研削加工条件を表6に、また、送り速度と表面粗さの関係を図9に示す。

表6 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		フライス加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	20
総切込み量	μm	20
回転数	rpm	1,300
初期押し込み量	μm	0
スパークアウト回数	回	20
送り速度	mm/min	400, 600, 800

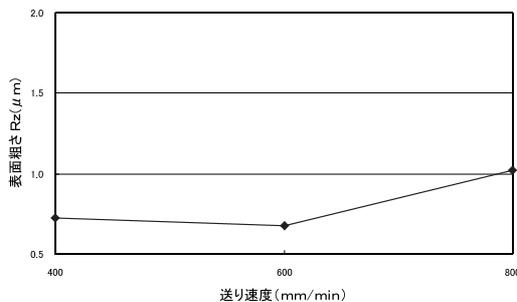


図9 送り速度と表面粗さの関係

この結果より、送り速度600mm/min以下では、表面粗さに大きな変化がないことが分かった。

3-2-4 初期押し込み量の検討

前出のとおり、定圧研削工具はバネを内蔵しており、一定の加工力で研削する機能を有する。この機能を利用すると、砥石が被削材に接触した高さ位置から工具を軸方向下方に数μm押し込むことにより、若干の加工力を付加した状態から研削加工を開始することができる。「初期押し込み量」とは、被削材との接触高さ位置から工具を押し込む量をいう。

実験に用いた研削加工条件を表7にまた、初期押し込み量と表面粗さの関係を図10に示す。

表7 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		フライス加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	20
総切込み量	μm	20
回転数	rpm	1,000
送り速度	mm/min	600
スパークアウト回数	回	20
初期押し込み量	μm	0, 5, 10

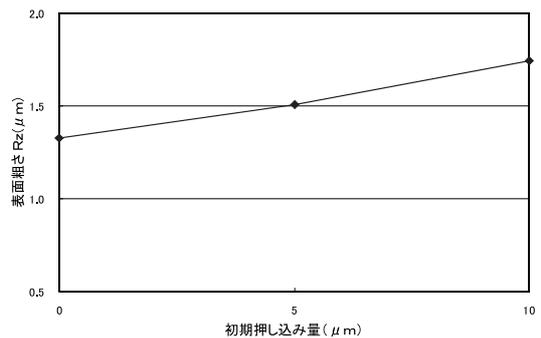


図10 初期押し込み量と表面粗さの関係

これより、研削開始前に加工力を付加しない方が、良好な研削面が得られることが分かった。

3-3 砥石#400による研削加工実験

3-3-1 スパークアウト回数の検討

実験に用いた研削加工条件を表8に、またスパークアウト回数と表面粗さの関係を図11に示す。

表8 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		#140加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	10
総切込み量	μm	10
初期押込み量	μm	0
回転数	rpm	1,300
送り速度	mm/min	600
スパークアウト回数	回	0, 20, 40, 60, 80

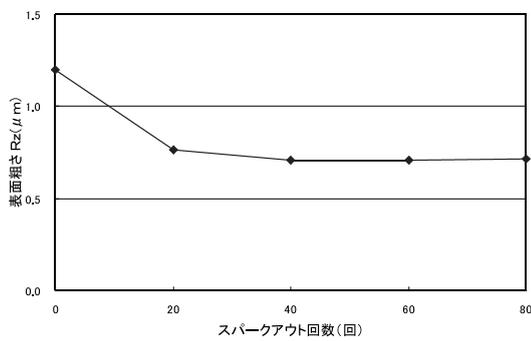


図11 スパークアウト回数と表面粗さの関係

この結果より、スパークアウト回数が20回を超えると、表面粗さの変化が緩やかとなり、40回付近から、表面粗さがほぼ一定となることが分かった。

3-3-2 回転数の検討

実験に用いた研削加工条件を表9に、また回転数と表面粗さの関係を図12に示す。

表9 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		#140加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	10
総切込み量	μm	10
初期押込み量	μm	0
スパークアウト回数	回	20
送り速度	mm/min	600
回転数	rpm	800, 1,000, 1,300, 2,000

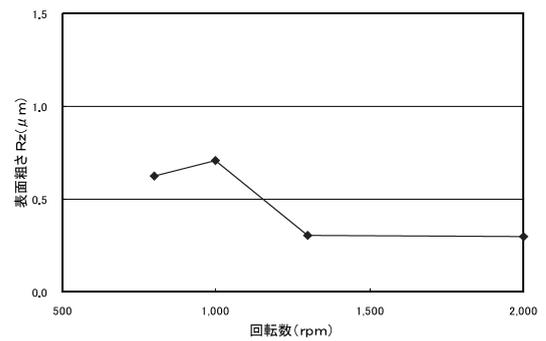


図12 回転数と表面粗さの関係

この結果より、回転数1,300rpm以上の領域では、表面粗さに大きな変化が生じないことが分かった。

3-3-3 送り速度の検討

実験に用いた研削加工条件を表10に、また送り速度と表面粗さの関係を図13に示す。

表10 研削加工条件

調整ネジ回転数	回転	1
加工開始面		#140加工面
切込み量	μm	1
切込み回数	回	20
総切込み量	μm	20
回転数	rpm	1,300
初期押込み量	μm	0
スパークアウト回数	回	20
送り速度	mm/min	400, 600, 800

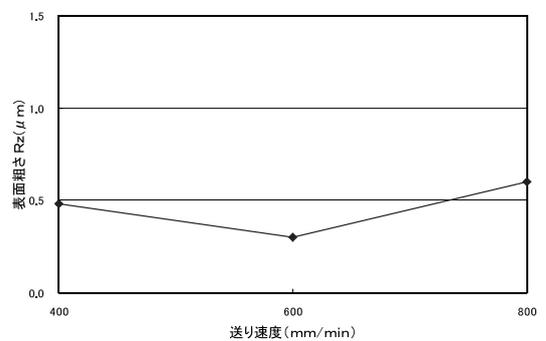


図13 送り速度と表面粗さの関係

この結果より、送り速度600mm/min以下の領域では、表面粗さに大きな変化が生じないことが分かった。

4 まとめ

マシニングセンターに定圧研削工具を取り付け、研削加工特性を把握する研究を行なった結果、次の知見が得られた。

- 1) 被削材には常時0.75N程度の荷重がかかることが分かった。
- 2) ダイヤモンドカップ砥石#140を用いた研削加工において、 $0.7\ \mu\text{mRz}$ 程度の表面粗さが得られることが確認できた。
- 3) 同#400を用いた研削加工において、 $0.3\ \mu\text{mRz}$ 程度の表面粗さが得られることが確認できた。