

微細形状金型のためのバリ取りの機械化・自動化に関する研究

小熊広之*

Study on Deburring of Complicated Shape Dies

OGUMA Hiroyuki*

抄録

近年、電子部品や機構部品は携帯性や高機能性などの理由により、部品サイズが年々小さくなってきている。狭ピッチコネクタ用の金型の加工には放電加工が用いられることが多いが、金型の微細化に伴い放電電極加工時に発生するバリの除去は、非常に手間のかかるものとなっている。そこでバリ取り工程の機械化・自動化を目指して磁気援用研磨法を適用し、細溝加工時に銅電極に発生したバリの除去と加工面に発生したカッターマークの除去を試みたところ、良好な結果を得ることができた。

キーワード：磁気援用研磨，バリ取り，放電電極，金型

1 はじめに

デジタル家電等の情報通信関連機器は、高密度化が求められ、構成部品は小型で高性能が要求される。狭ピッチコネクタ等の射出成形金型は放電加工により加工される場合が多いが、金型の微細化が進むにつれて放電電極加工時に発生するバリ取りが困難なものとなり自動化が難しいことから、最終的には手作業でバリ取りを行っているのが現状である。そこで、磁気援用研磨法^{1)~4)}を用いることにより、細溝形状加工時に銅電極に発生するバリの除去と加工面に発生するカッターマークの除去を目的として研究を行った。

2 実験方法

2.1 磁気援用研磨工具の作成

磁気援用研磨工具は図1に示すとおり、ネオジム磁石に鉄粉とダイヤモンドペーストを混ぜて吸着させて作成した⁵⁾。使用する鉄粉の径とダイヤモンドペーストの量を変えて銅を研磨し、表面粗さを測定することで、最適な鉄粉の径とダイヤモ

* 生産技術部

ンド砥粒の量を検討した。

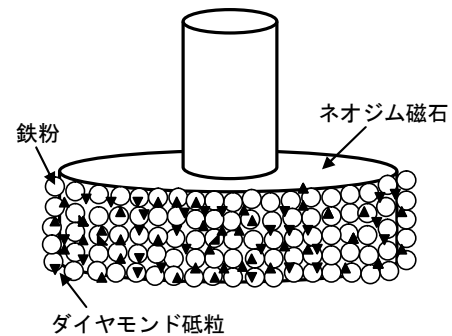


図1 磁気援用研磨工具

2.2 細溝形状に対する研磨実験

幅1.5mm、深さ0.5mmの溝に対し磁気援用研磨を行い、バリの除去状況、角のダレ、底面の表面粗さを測定した。次に幅0.5mm、深さ0.2mmの溝に対しても同様に実験を行った。

3 結果及び考察

3.1 鉄粉の径と表面粗さとの関係

幅1.5mm、深さ0.5mmの溝形状に対しエンドミルで溝加工した後、表面粗さを測定したところ

Rz2.12 μm であった。この面に対し図2の実験概略図に示すとおりクリアランス（ネオジウム磁石の外周と被削材との距離）を0.5mmに設定し、表1の実験条件により鉄粉のみで研磨を行ったところ、鉄粉径と表面粗さとの関係は図3のとおりとなった。このグラフから、鉄粉径が小さくなるにつれて表面粗さが向上するが、径が25 μm 以下になると、粗さが悪化することがわかった。25~53 μm 、25 μm 以下の鉄粉で研磨したときの表面の写真を図4、5に示す。図4の写真と比較して図5ではエンドミル加工時のカッターマークが残っていることがわかる。このことから、25 μm 以下の鉄粉径では研磨力が落ちてしまい、エンドミルのカッターマークが残ってしまったため、表面粗さ

が悪化してしまったと考えられる。

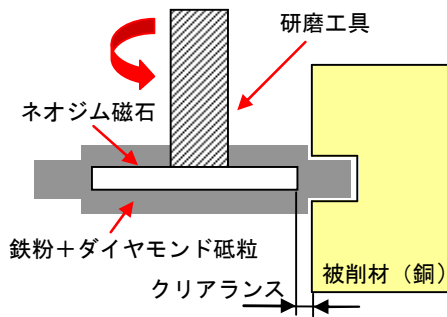


図2 実験概略図

表1 実験条件

使用工具	ネオジウム磁石 (直径25mm、厚さ1mm)
工具回転数	2548 min^{-1} (周速200m/min)
送り速度	100mm/min
切り込み量	0.01mm×20
クリアランス	0.5mm
鉄粉使用量	1g
被削材質	銅

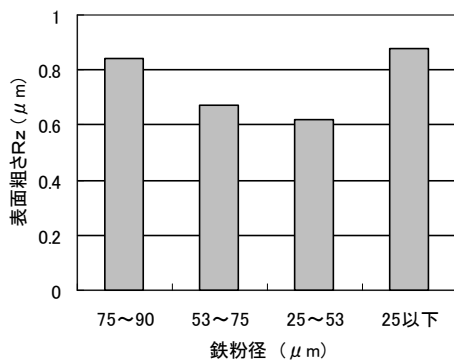


図3 鉄粉径と表面粗さとの関係



図4 研磨面 (鉄粉径25~53 μm)



図5 研磨面 (鉄粉径25 μm 以下)

3.2 ダイヤ砥粒の量と表面粗さとの関係

鉄粉に混ぜるダイヤモンド砥粒 (#8000) の量と表面粗さとの関係を調べた。鉄粉の量は1g、鉄粉の径は3.1の実験結果で最も表面粗さの結果が良かった25~53 μm のものを用いて、幅1.5mm、深さ0.5mmの溝形状を研磨した。結果を図6に示す。この結果から、ダイヤモンド砥粒を混ぜることにより鉄粉のみで研磨するよりも表面粗さを向上させることができるが、砥粒の加える量が多すぎるとかえって表面を悪化させてしまうということがわかった。

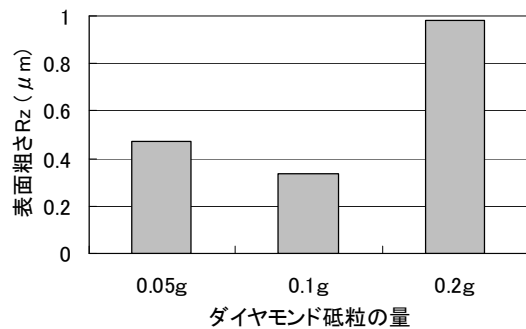


図6 ダイヤモンド砥粒の量と表面粗さ

3.3 細溝に対する磁気援用研磨

3.3.1 細溝(1.5mm)に対する実験結果

表2に示す実験条件で磁気援用研磨を行い、バリの除去状況を確認した。切削面を図7、総切込み量 $10\mu\text{m}$ の研磨面を図8に示す。図8から $10\mu\text{m}$ 切り込んだ段階でカッターマークはまだ残っているが、バリはきれいに除去されていることが確認できた。次に図9に示す測定箇所を測定し、切込み量と表面粗さ、角のRとの関係を図10に示した。このグラフより、総切込み量が増えるにつれて表面粗さは向上するが、角のRも大きくなっていくことがわかる。

表2 実験条件

使用工具	ネオジム磁石 (直径25mm、厚さ1mm)
工具回転数	2548 min^{-1} (周速200m/min)
送り速度	100mm/min
使用砥粒	ダイヤモンド砥粒(#8000) 0.1g
使用鉄粉	粒径 $25\sim 53\mu\text{m}$ 、1g
切り込み量	$2\mu\text{m}$ (1往復あたり)
クリアランス	0.5mm



図7 切削面 (エンドミル切削後)

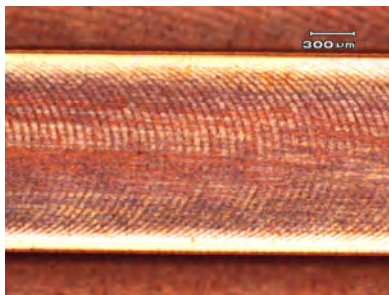


図8 研磨面 (総切込み量 $10\mu\text{m}$)

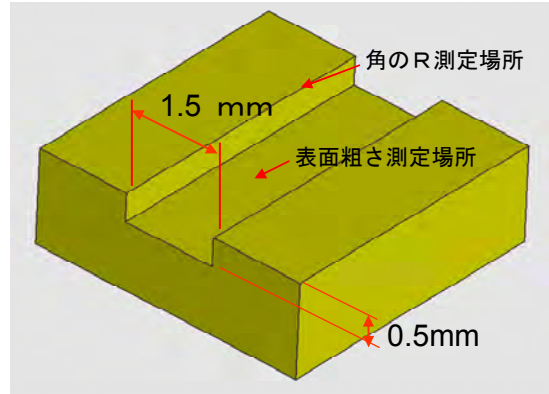


図9 測定箇所

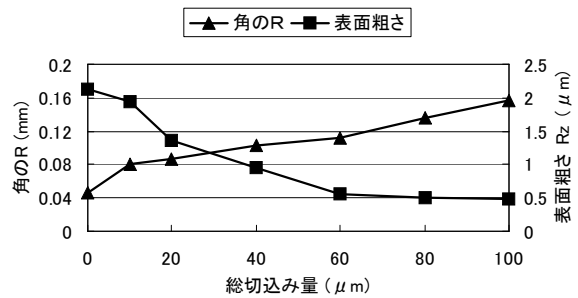


図10 総切込み量、角のR、表面粗さの関係

3.3.2 複数溝(0.5mm)に対する実験結果

表3の実験条件で幅0.5mm、深さ0.2mmの複数溝に対し磁気援用研磨を行い、クリアランスの量を変化させて、バリの除去状況を確認した。また、図11に示す位置で角のR測定、表面粗さの測定を行った。図12に切削面、図13にクリアランス0.5mmで総切込み量 $10\mu\text{m}$ の研磨面を示す。図13より、バリ、カッターマーク共にきれいに除去されていることがわかる。しかしクリアランスを0.75mmに広げると、バリは $40\mu\text{m}$ 切り込んだ段階で除去できたが、カッターマークは切り込み量 $120\mu\text{m}$ まで消えなかった。更にクリアランスを1mmに設定すると、 $80\mu\text{m}$ 切り込むまでバリが除去できなかった。カッターマークは $200\mu\text{m}$ 切り込むまで除去することはできなかった。

次にクリアランスを0.5、0.75、1mmと変化させたときの角のRと総切込み量との関係を図14に、表面粗さと総切込み量との関係を図15に示す。図14のグラフから、クリアランスが小さい程、角のRの値の増加量が大きいことがわかる。

また、図15よりクリアランスが小さい方が少ない切込み量で表面粗さが良くなることがわかる。この結果よりクリアランスが小さい程、工具と被削材との間に発生する研磨圧力が高くなり、除去力が増す。このため少ない切込み量でカッターマークを除去することができ、表面粗さも向上するが、角のダレも大きくなってしまったと考察する。従って磁気援用研磨でバリ取りと磨きを行う際には、求められる表面粗さ、溝形状の許容誤差を考慮しながら最適な条件を設定する必要がある。

表3 実験条件

使用工具	ネオジウム磁石 (直径25mm、厚さ3mm)
工具回転数	2548 min ⁻¹ (周速200m/min)
送り速度	100mm/min
使用砥粒	ダイヤモンド砥粒 (#8000) 0.2g
使用鉄粉	粒径25~53 μm、2g
切込み量	2 μm (1往復あたり)
クリアランス	0.5、0.75、1mm

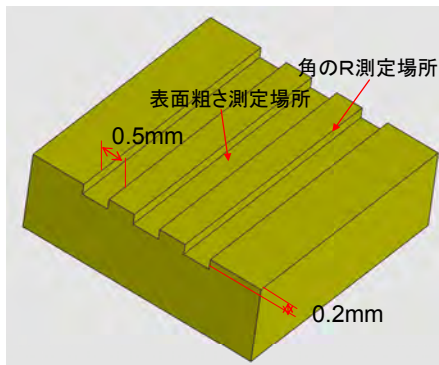


図11 測定箇所



図12 切削面 (エンドミル切削後)



図13 研磨面 (総切込み量10 μm)

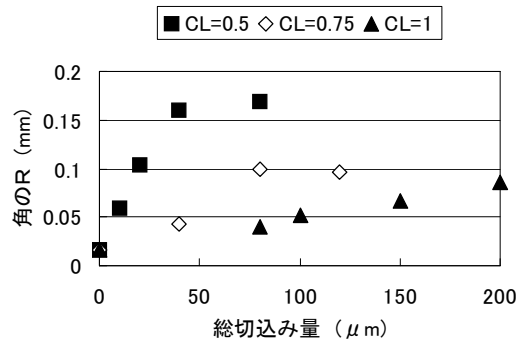


図14 総切込み量と角のRとの関係

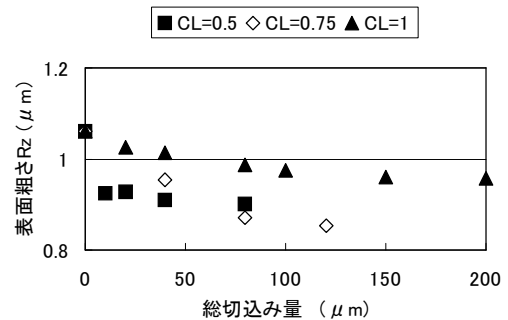


図15 総切込み量と表面粗さとの関係

4 まとめ

(1)磁気援用研磨に使用する鉄粉、ダイヤモンド砥粒と表面粗さとの関係について検討した結果、使用する鉄粉の径は 25~53 μm のものを使用した時、ダイヤモンド砥粒の量は鉄粉 1g に対し 0.1g の時が最も良い表面粗さを得ることができた。
 (2)幅 1.5mm、深さ 0.5mm の溝に対する磁気援用研磨について検討した結果、総切込み量 100 μm まで研磨したところ、表面粗さは Rz2.12 μm から Rz0.488 μm まで向上した。このときの角のRは 0.156mm であった。

(3)幅 0.5mm、深さ 0.2mm の複数溝に対する磁気
援用研磨について検討した結果、クリアランスが
小さい程研磨力が大きくなり、少ない切込み量で
バリとカッターマークの除去が可能であるが、角
のダレも大きくなってしまった。クリアランス
0.5mm で $80\mu\text{m}$ 切込むと表面粗さが $Rz1.06\mu\text{m}$
から $Rz 0.901\mu\text{m}$ に向上するが、角の R の値は
0.169mm になった。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、鉄粉を提供して
いただきました J F E スチール(株)東日本製鉄所様に
感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 進村武雄, 高沢孝哉, 波多野栄十:精密工学会
誌, **52**, 851(1986)
- 2) 精密工学会編: 精密工作便覧 (コロナ
社,1992) p1 及び p441
- 3) 進村武雄: 磁気研磨, 機械技術, **44**, 1(1996)49.
- 4) 進村武雄: 磁気研磨法の現状と課題, 機械と
工具, **40**, 1(1996)16.
- 5) 鈴木清ほか: 1994 年度精密工学会春季大会学
術講演会講演論文集, p853