

オンマシン磨き加工用 CAM システムの開発 ～磨き表面性状のブラシ径の違いについて～

沼津工業高等専門学校 ○大塩晃平， 櫻庭拓海， ◎藤尾三紀夫

要 旨

切削加工後の金型表面の磨き加工は熟練と時間を要するためロボットを用いた自動化が進められている。しかしティーチングが必要となり、磨きの自動化に充分に対応できていない。そこで本研究では汎用のファイバーブラシを 5 軸制御し、工作機械上で磨きを行うことができる CAM システムの開発を目的とする。本報では、凹凸の円弧面および球面の磨き加工に対するブラシ径の違いについて実験した結果を報告する。

1. 緒論

現在、磨き加工は熟練した職人による手作業が中心であり、加工精度にバラつきがあること、加工時間が長いこと、高齢化による人材不足という問題がある。そのため、オンマシンでの磨き加工の自動化が切望されている^[1]。先行研究では、5 軸加工機にファイバーブラシを取り付け、NC コードによりオンマシンで磨き加工を行う手法を開発した。これにより、オンマシンでブラシを用いて磨き加工が可能であることを確認した^[2]。

これまでの研究では、R120[mm]の凹凸円弧曲面、球面を対象に切込量、磨き回数、送り速度、主軸回転数を変化させ、その影響を検証してきたが、ブラシ径はφ15[mm]固定としていた。そこで、本研究では、未検証であるブラシの径に注目し、磨き加工表面性状への影響について調べることを目的とした。

2. 磨き加工法

2.1 凹凸面の磨き加工法

提案する手法では凹凸面に対し、図 1(a)に示すファイバーブラシ(ブラシ)を主軸に取り付け図 1(b)のように加工面の法線ベクトルに合わせて傾ける方法で磨き加工を行う。この磨きには 5 軸加工機が必要となる。先行研究において、3 軸加工では曲面を磨けないことを確認している^[2]。



図 1 凹凸面の磨き加工の手法

2.2 ファイバーブラシ

実験で用いるブラシは、セラミックファイバー線材を使用した工作機械上で扱えるバリ取りツールである。本研究では、先行研究で使用していたφ15[mm]のブラシに、φ6、φ25[mm]のブラシを加えた計 3 種類のブラシで加工を行う。図 2 に今回使用するファイバーブラシを示す。



図 2 ファイバーブラシ(上からφ25, φ15, φ6[mm])

3. 凹凸円弧曲面の磨き加工におけるブラシ径の影響

ブラシ径の影響を確認するため、図 3(a)に示すアルミブロックを対象に、図 3(b)に示すようにボールエンドミルで Y 軸方向に切削加工を行い、カスプ高さ 5[μm]の半径 120[mm]凸円弧の基準面を作成した。そして基準面に対しφ6、φ15、φ25[mm]のブラシを用いて、図 3(c)に示す走査線パスで X 軸方向に磨き加工を行った。また凹面に対しても同様に加工実験を行った。

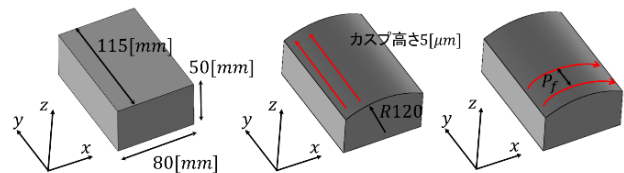
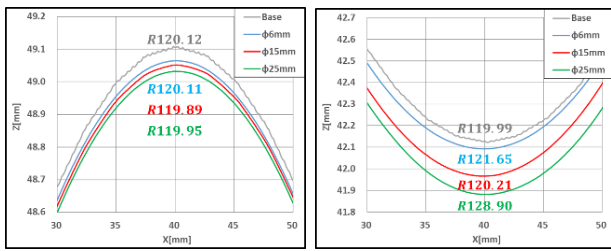


図 3 凸円弧曲面における加工パス

加工条件は、主軸回転速度 $S=4800$ [rpm]、主軸送り速度 $F=1200$ [mm/min]、磨き回数 $N=30$ 回、切込量 $C=0.2$ [mm]とし、ピックフィード Pf (Y 方向送り幅)はブラシ線材 1 束の半径とし、φ15[mm]は $Pf=1.5$ [mm]、φ6、φ25[mm]は $Pf=3.0$ [mm]とした。磨き加工後に 3 次元測定機を用いて加工表面の幾何形状を計測した結果を図 4 に示す。同図(a)から、凸円弧曲面の磨き面では、基準面のカスプ高さが除去できていること、平均半径が R120[mm]に近いことから、幾何形状を保ったまま磨き加工ができていることがわかる。一方、同図(b)から、凹円弧曲面の磨き面では、基準面のカスプ高さは除去できているが、平均半径が R120[mm]より大きいため、磨き加工はできているが、磨き過ぎによる幾何形状の劣化が生じていることがわかる。

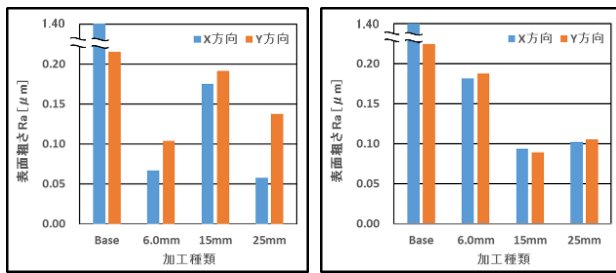
表面粗さ計を用いて加工表面の算術平均粗さ Ra を計測し、表面粗さを比較した結果を図 5 に示す。同図から、凹凸円弧曲面では、φ6、φ15、φ25[mm]のブラシ磨き面の表面粗さが基準面より小さいため、φ6、φ15、φ25[mm]のブラシで円弧曲面の磨き加工が可能であることが確認できた。同図(a)から凸円弧曲面では、φ6、φ25[mm]のブラシ磨き面はφ15[mm]のブラシ磨き面と比較して表面粗さが小さいことが確認できた。さらに、X 軸方向に磨き加工をしているため、X 方向は Y 方向よりも表面粗さが小さいことが確認できた。この結果、凸円弧曲面では、ピックフィードが大きい方が精度よく磨けること、磨いた方向は精度よく磨けることがわかった。同図(b)から、凹円弧曲面では、φ6[mm]のブラシ磨き面はφ15、φ25[mm]のブラシ磨き面に比べて表面粗さが大きい

ことが確認できたが、ピックフィードによる違い、磨いた方向への表面粗さの関係性は認められなかった。



(a) 凸円弧曲面 (b) 凹円弧曲面

図4 凹凸円弧曲面における幾何形状の違い

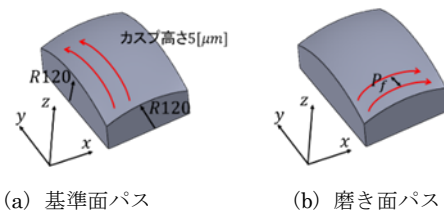


(a) 凸円弧曲面 (b) 凹円弧曲面

図5 凹凸円弧曲面における表面粗さの違い

4. 凹凸球面の磨き加工におけるブラシ径の影響

凹凸円弧曲面と同様にアルミブロックに対し、図6(a)に示すようにY軸方向に基準面加工を行った後、図6(b)に示すように走査線パスでX軸方向に磨き加工を行った。また凹面に対しても同様に加工実験を行った。



(a) 基準面パス (b) 磨き面パス

図6 凸球面における加工パス

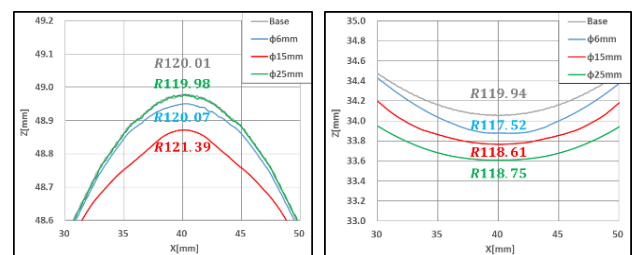
加工条件は、主軸回転速度 $S=2400$ [rpm]、主軸送り速度 $F=1200$ [mm/min]、磨き回数 $N=30$ 回、切込量 $C=0.2$ [mm]とし、ピックフィード Pf (Y方向送り幅)はブラシ線材1束の半径とし、 $\phi 15$ [mm]は $Pf=1.5$ [mm]、 $\phi 6$ 、 $\phi 25$ [mm]は $Pf=3.0$ [mm]とした。

磨き加工後に3次元測定機を用いて加工表面の幾何形状を計測した結果を図7に示す。同図(a)から、凸球面の $\phi 6$ [mm]のブラシ磨き面では、基準面のカスプ高さが除去できていること、平均半径が $R120$ [mm]に近いことから、幾何形状を保ったまま磨き加工ができていくことがわかる。 $\phi 15$ [mm]については基準面のカスプ高さは除去できているが、幾何形状が劣化している。さらに、 $\phi 25$ [mm]のブラシ磨き面は基準面と同じ表面となっているため、磨き加工ができていないことがわかる。これは遠心力によってブラシ長が短くなり、加工表面にブラシが接触しなかったことが原因と考えられる。

一方、同図(b)から、凹円弧曲面の磨き面では、基準面のカスプ高さは除去できているが、平均半径が $R120$ [mm]より小さいため、磨き加工はできているが幾何形状の劣化が生じていることが

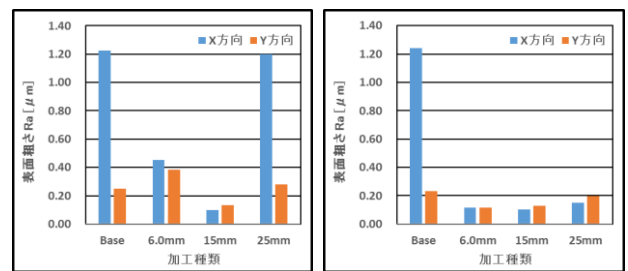
わかる。

表面粗さ計を用いて加工表面の算術平均粗さ Ra を計測し、表面粗さを比較した結果を図8に示す。同図から、凹凸球面では、 $\phi 6$ 、 $\phi 15$ [mm]のブラシ磨き面が基準面よりも表面粗さが小さいため、 $\phi 6$ 、 $\phi 15$ [mm]のブラシで円弧曲面の磨き加工が可能であることが確認できた。同図(a)から凸球面では、 $\phi 15$ [mm]のブラシ磨き面は $\phi 6$ [mm]のブラシ磨き面と比較して表面粗さが小さいことが確認できた。さらに、 $\phi 6$ [mm]のブラシではX軸方向に磨き加工をしているため、X方向は基準面から表面粗さの改善がみられるが、Y方向は表面粗さが悪化している。この結果、凸球面では、ピックフィードが小さい方が精度よく磨けること、磨いた方向は精度よく磨けることがわかった。同図(b)から、凹球面では、 $\phi 6$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 25$ [mm]のブラシ磨き面は表面粗さが変わらないため、ピックフィードによる違い、磨いた方向への表面粗さの関係性は認められなかった。



(a) 凸球面 (b) 凹球面

図7 凹凸円弧曲面における幾何形状の違い



(a) 凸球面 (b) 凹球面

図8 凹凸球面における表面粗さの違い

5. 結論

本研究では、ブラシ径による表面性状への影響を調べるため、凹凸円弧曲面形状、凹凸球面形状を対象に加工実験を行った。その結果、凸面の磨き加工は円弧形状、球面形状に対しても可能であるが、凹面の磨き加工は磨き過ぎにより基準面の幾何形状を劣化させる場合があることがわかった。さらに、ブラシ長が長いと、ブラシ回転時の遠心力で先端が広がり、磨き加工ができないことが判明した。

今後は、凹面の磨き過ぎへの対策、ブラシ長が長いときの遠心力によるブラシ広がりへの対策、さらに、他の加工条件を変更しての再実験などを行う必要がある。

参考文献

- [1] 大寄越彦, 現場で役立つ射出成型金型磨き加工の勘どころ, 日刊工業新聞社, 2011, pp82
- [2] 櫻庭拓海, 藤尾三紀夫, ファイバーブラシの5軸制御に基づく磨き加工用CAMシステムの開発～基礎実験の結果について～, IMEC2017, 2A1-1, 2017