

北大工 ○岡田信一郎 阪大工 三好隆志 池上金型工業(株) 佐々木哲夫
北大工 斎藤勝政、五十嵐悟

要旨

本研究は、金型磨きの熟練工の持つ専門的な知識や技術の科学的な分析に基づいて開発された金型磨き工具を用いて、法線押付力を一定とする金型磨きの自動化を行うことを目的としている。本報では曲面を傾斜面の連続したものと仮定して工具経路とレギュレータ値を設定し、法線押付力をほぼ一定に制御しながら実験を行い、磨き回数に対する仕上げ面粗さと除去深さの変化について検討した。

1. はじめに 金型生産工程の30～50%を占める金型磨き加工工程の自動化が望まれているが、熟練工の知識や経験に勝るものがない。本報では開発した磨き工具を使い、金型曲面の一定圧磨き加工に適用できるように圧力制御が可能な電空変換レギュレータを用いて2次曲面に対して定圧研磨実験を行い、その基本特性を求めたので、その結果を報告する。

2. 実験装置 図1は本研究室で開発した金型自動磨き工具の構成図である。本工具は熟練工が実際に磨く際のデータをもとに開発されており、特徴として次の事があげられる。①フローティング機構を取り入れることにより、定圧で、かつ柔軟な押付力を得ることができる。②エアシリンダを用いて得られる押付力で砥石取り付け具の自重(約1kg)以上の定圧実験が可能である。③磨き職人の磨き速度を実現するために、工具に送り速度を与え、ステッピングモータで砥石を回転させて、一定トルクで可変速かつ高回転な磨き速度を得る。④砥石には磨き加工に最も適しているといわれるスティック状砥石を円形状に成形したセグメント砥石を用いた。図2に実験装置の概略図を示す。磨き工具はNC立てフライス盤の主軸に取り付ける。試料は3次元動力計(Kistler社製)の上に固定し、x, y, z方向にかかる負荷を測定することができる。レギュレータBには電空変換レギュレータ(黒田精工製)を用いてパーソナルコンピュータで押付力が制御できるようになっている。以前のレギュレータでは、面の傾きのみを考慮して圧力を設定していたので、up cutとdown cutで法線圧力が変わってしまったが、電空変換レギュレータを用いることにより、別々に設定することが可能となった。NCテーブルの送りをパーソナルコンピュータを用いて制御し、NCデータと電空変換レギュレータの出力空気圧を同期させることを可能にした。そのため、設定圧力が次々と変化する曲面でも押付力を一定に制御できる仕組みにした。

3. 実験方法 実験は回転数300rpmで砥石を回転し、法線押付力をほぼ20N一定に保ちながら工具の往復運動により磨き加工を行った。試料(S55C)の表面は、平面と半径50mmの2次曲面で構成されており、曲面の傾きは最大で45度となっている。前加工面はビックフィード1mmのボールエンドミル加工面とした(図3)。砥石はEDS#320砥石(アルミナ系砥粒、ビトリファイドボンド)を用い、磨きピッチp=2mm、

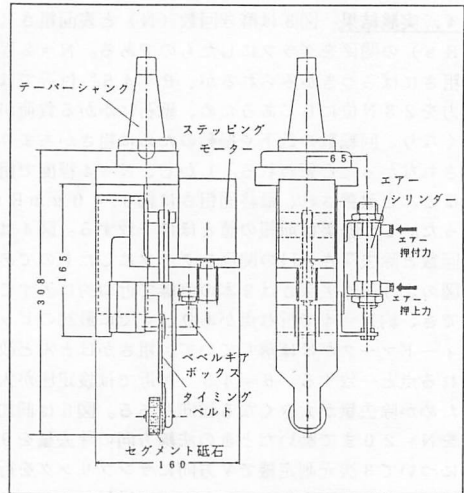


図1 金型磨き工具の構成図

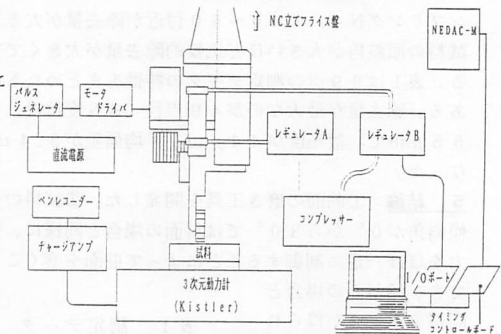


図2 実験装置の概略図

テーブル送り速度 $f = 500$ (mm/min)とし、研削液には O S 磨剤を用いて、面粗さ (Ra)、除去深さと磨き回数の関係と、加工後の形状変化を調べた。法線押付力 F_n は三次元動力計より F_z と F_y を測定することができるので、 F_z 、 F_y 、傾斜角 θ を用いて次式より法線押付力 F_n を求めることができる。

$$F_n = F_z \times \cos \theta + F_y \times \sin \theta$$

今回の実験では曲面を傾斜面の連続とみなし、 0° 、 15° 、 30° 、 45° の押付力設定値を用いたが、傾斜角が 45° の設定圧を 20 N に合わせると押付力と押し上げ力が釣り合ってしまう、試料に柔軟な押付力を与えることができないので 45° の設定圧を約 28 N にした。

4. 実験結果 図3は磨き回数 (N) と表面粗さ ($\mu\text{m Ra}$) の関係をグラフにしたものである。N = 2 程度で粗さにばらつきがみられるが、 $\theta = 45^\circ$ 付近では押付力を 28 N 位にしてあるため、砥石にかかる負荷が大きくなり、回転数の低下や振動のために粗さがあまり改善されなかったと思われる。しかし、N = 4 程度で粗さはほとんど改善され、最終面粗さは約 $0.40 \mu\text{m Ra}$ となった。この結果は前報の値とほぼ一致する。図4は磨き回数と除去深さ (H) の関係をグラフにしたものである。図のように除去深さは2本の直線で近似的に表すことができ、約 N = 4 で折れ点があり、すでに最初のピッチマークがほぼ落ちていて、粗さがほとんど改善される点と一致する。 $\theta = 45^\circ$ 付近では設定圧が大きいためか除去量が大きくなる傾向がある。図5は前加工面を N = 20 まで磨いたときの法線方向の除去量を 99 点について3次元測定機で Y 方向にサンプリングを行い (ピッチ 1 mm) 表したものである。横軸がサンプリング No. を、縦軸が除去量を表している。これを見てもサンプリング No. の $40 \sim 60$ 付近が除去量が大きく、試料の傾斜角が大きいかほど比較的除去量が大きくでている。表1は99点の測定データの特徴をまとめたものである。除去量が最大なのが49点目 (45° 付近) での $55 \mu\text{m}$ で、散布度が $44 \mu\text{m}$ 、平均偏差が $9.4 \mu\text{m}$ となった。

5. 結論 ①曲面の磨き工具を開発した。②試料の接線傾斜角が 0° から 30° では斜面の場合と同様に、押付力をほぼ一定に制御することによって曲面を磨くことができ、傾斜面の場合と同様のデータが得られた。③接線傾斜角が約 45° での磨き方に課題が残った。

参考文献 岡田、三好、佐々木、斎藤：1992年度精密工学会学術講演会春季大会論文集

表1 測定データ

| 測定点 | 99点 |
|------|--------------------|
| 最大値 | $55.0 \mu\text{m}$ |
| 最小値 | $11.0 \mu\text{m}$ |
| 平均値 | $30.8 \mu\text{m}$ |
| 散布度 | $44.0 \mu\text{m}$ |
| 平均偏差 | $9.4 \mu\text{m}$ |

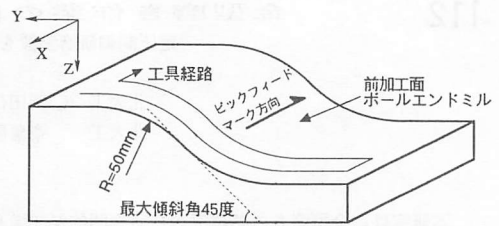


図3 試料

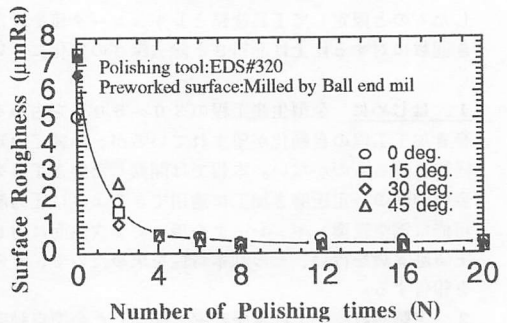


図4 磨き特性曲線 1

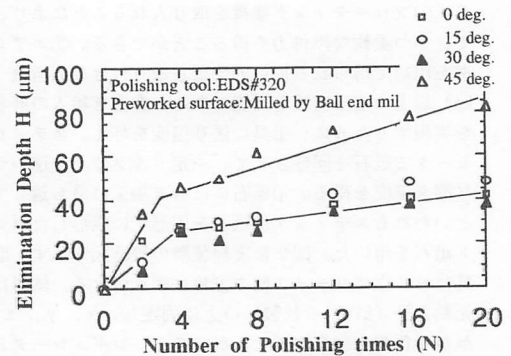


図5 磨き特性曲線 2

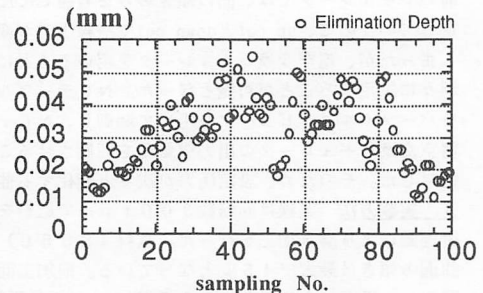


図6 除去量分布