

北海道大学工学部 趙継 近藤司 橋原弘之 五十嵐悟 斎藤勝政  
池上金型工業(株) 佐々木哲夫

要 旨

本論文ではアルミ合金曲面自動磨きにおける理論的検討と実験を行った。アルミ合金の固定砥粒磨きの可能性を確認した。弾性接触理論を基にした一般的な定圧磨き加工法と磨きパラメータを提案した。磨きパラメータにより、加工材質、加工条件と磨き特性(除去量と加工面粗さ)を統一的に取り扱うことが可能になった。

1. 緒論

消費者の製品に対する要求が多様化する現在、製造業における生産体制には短納期、多品種少量生産型が求められている。それに答える一つの手段としてアルミ金型による製造方法がある。一般的にアルミ合金は高速加工が可能である特徴をもつが、仕上げ加工、とくに研削加工には問題があり、アルミ金型仕上げ加工の自動化は困難とされている。本研究では、アルミ合金材を加工対象として定圧自動磨き方法について検討を行った。

2. アルミ合金の固定砥粒磨き加工の可能性

研削加工は仕上げ加工法の一つとして使われているが、アルミおよびその合金材に対する加工は困難である。その主な原因は加工熱によるアルミ材の熔着現象の発生から起きる砥石の目づまりである。本研究では次の条件を用いてアルミ合金の磨き加工の可能性を調べた。①低圧力定圧加工方式、②低い磨き速度、③弱い結合度の砥石、④流動性が良い磨きの加工液。予備実験の結果、砥石の目づまり現象は見られず、固定砥粒による磨き加工の可能性を確認した。

3. 定圧自動磨き加工法の提案

本研究では加工点に対して砥石形状、加工曲面の曲率、接触変形などを考慮する定圧磨き加工法を提案する。弾性接触理論から導かれた結果<sup>1)</sup>により、摩擦を考慮した砥石と工作物接触点近傍の法線平均接触圧力  $\bar{P}_n$  は式1)で表される。

$$\left. \begin{aligned} \bar{P}_n &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F_n \pi (1-4\alpha^2)}{2MR(x)W}} \\ R(x) &= \frac{rR(x)}{R(x) \pm r} \\ \alpha &= \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left[ \mu \frac{G_2(K_1-1) - G_1(K_2-1)}{G_2(K_1+1) + G_1(K_2+1)} \right] \\ M &= \frac{K_1+1}{4G_1} + \frac{K_2+1}{4G_2} \\ K_j &= 3 - \gamma_j, \quad G_j = \frac{E_j}{2(1+\nu_j)} \quad (j=1,2) \end{aligned} \right\} 1)$$

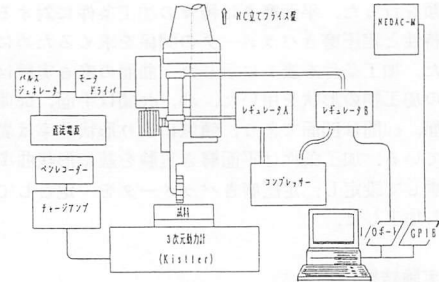


図1 定圧自動磨き装置の構成図

ここで、 $W$ は砥石幅、 $r$ は砥石の半径、 $E$ はヤング率、 $\gamma$ はポアソン比、 $F_n$ は法線押し付け力である。添字1,2は工作物、砥石に関する量を表している。 $R(x)$ は工作物 $x$ 点の曲率半径であり、凹面では $-$ 、凸面では $+$ 、平面では $\infty$ の値をとる。

提案する磨き加工法では $\bar{p}_n$ が一定となる様に $F_n$ を制御する。

4. 定圧磨きパラメータの導入

従来の磨きパラメータ $S$ <sup>2)</sup>は次式で定義される。

$$S = (n \cdot N) / Vf \quad 2)$$

ここで、 $n$ は砥石の回転数、 $N$ は磨き回数、 $Vf$ は送り速度である。 $S$ は加工物の硬さ、圧力は一定とする加工条件に限定していた。本研究では磨きの加工条件を統一的に取り扱うパラメータとして、新しく定圧磨きパラメータ $S$ を次式で定義する。

$$S = (V \pm Vf) \cdot N \cdot \bar{P}_n / Vf \cdot Hv \quad 3)$$

ここで、 $V$ は砥石の周速度、 $\bar{P}_n$ は平均接触圧力、 $Hv$ は加工材質のピッカース硬さである。 $S$ は加工条件を考慮した単位面積に作用する有効砥粒数に相当する。式3)から分かるように、 $S$ は種々の材質と加工条件に適用可能である。

5. 定圧自動磨き加工実験

図1は本研究は用いる金型定圧自動磨き装置<sup>2)</sup>の構成図を示す。磨き装置はNC立てフライス盤の主軸に取り付けられている。実験は平面と曲面の磨き加工の

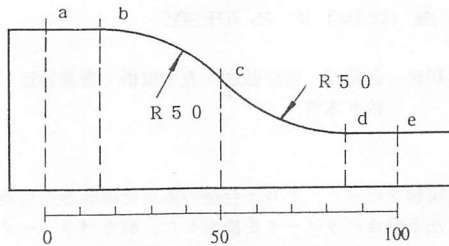


図2 曲面実験に用いた加工形状

2種類を行った。平面磨きは種々の加工条件に対する磨き特性と定圧磨きパラメータの関係を求めるために行った。加工条件を表1に示した。曲面の磨き実験は図2の加工物の形状を用いた。ab, de間は平面, bc間は凸面, cd間は凹面であり、領域により形状曲率は異なっている。加工条件は平面磨き実験を基に形状曲率を考慮して設定し、定圧磨きパラメータを一定として制御し加工した。

### 6. 実験結果と考察

平面磨き実験における磨き特性と定圧磨きパラメータ  $S$  の関係を  $S55C$  材と共に図3に示す。実験の結果から、 $S$  により統一的にアルミ合金と鋼の磨き特性が説明できることが分かる。また、臨界磨きパラメータ  $S_c$  (前加工面を完全に除去する条件) は加工材質と無関係ではば一定であり、2.5程度である。

図4に曲面加工における実験結果を示す。横軸  $x$  が加工物長さ方向の座標を、縦軸は法線方向除去量を表わしている。◇印は法線方向押し付け力  $F_n$  が一定 (26 N)、○印は法線方向圧力  $\bar{P}_n$  が一定の結果である。 $F_n$  一定の場合、曲面の曲率半径  $R(x)$  によって、接触圧力  $\bar{P}_n$  が変化するため、除去量は凸面の領域で大きく、凹面で小さくなるが、 $\bar{P}_n$  一定の場合、曲面の傾斜角、曲率に依存せずば一定である。提案した定圧自動磨き加工法が曲面加工にも有効であることが確認できる。

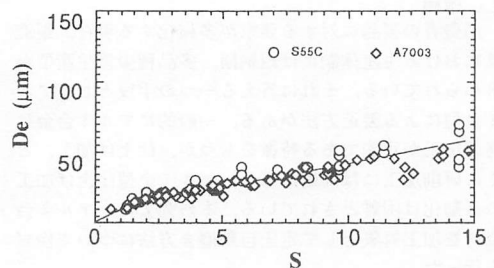
### 7. 結論

以上、アルミ合金曲面の定圧自動磨き加工に関して検討を行い、以下の結論を得た。

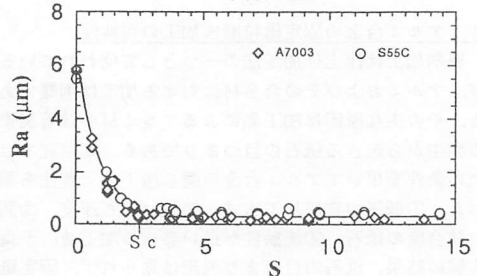
- 1) 砥石の目詰まり対策により固定砥粒によるアルミ合金磨きの可能性を確認した。
- 2) 弾性接触理論を基にした一般的な定圧磨き加工法を提案した。
- 3) 加工材質、加工条件を統一的に取り扱うことが可能な定圧磨きパラメータを定義した。
- 4) 実験により提案した定圧磨き加工法の有効性を確認した。

表1 実験条件

加工材質	A7003 (Al-Zn-Mg系合金)
磨き砥石	EDS#320 (φ34x12mm)
加工液	OSルブリカント
前加工面	ボールエンドミル加工面 (ピックフィード: 1mm)
法線押付力 $F_n$	13-45 (N)
砥石周速度 $V$	4.3-85 (m/min)
送り速度 $V_f$	75-1100 (mm/min)
磨き回数 $N$	0-12



(a)除去量



(b)仕上げ面粗さ

図3 磨き特性と磨きパラメータの関係

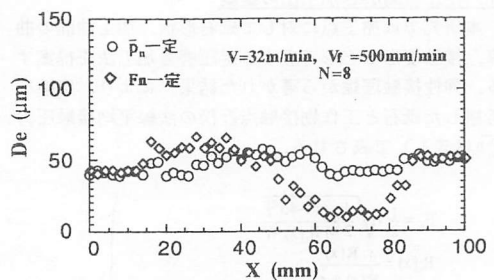


図4 曲面加工における実験結果

### 参考文献

- 1) 川井謙一: 精密機械, Vol. 43, No. 12, (1977), 55-60
- 2) 岡田信一郎他: 1992年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 601-602