## 現場で使える 研磨加工の建論と計算手法

闷面敏雄((株)闷面研磨核断特别研究室), 字

字根篋暢(防衛大学校)

前回までの各種パラメータの説明に続いて実際の研磨機について運動解析と圧力解析を進める。

## 1. ポリシングにおける平面形状変化

図 5.1 の(a)図に示すリング状パッドを貼った工具と円板状工作物の関係において、研磨の初期条件として(b)図のように両者とも理想的な平面とする。この状態から研磨時間  $t=n\cdot\Delta t$  を経過すると(c)図のように両者の平面は劣化し、しかも工作物に傾き  $\beta$ n も発生することをこれまでに経験してきている。そこで加工量や工具摩耗量から求めることができる精度劣化について考えてみたい。

(b)図の状態で荷重  $P_{\rm W}$  を付加して研磨を始めたならば、工具面に生じる圧力分布  $p_0$  は、(d)図に示すように工作物に対して均一の  $P_{\rm W}/\pi R_{\rm W}^2$  となる。これが微小時間  $\Delta t$  後において、仮に (e)図のように加工量と工具摩耗量が均一であったとすれば、その後もいつまでも(d)図の関係が続く。しかし微小時間  $\Delta t$  後に(f)図のような工具半径上に不均一な工具摩耗が生じると圧力分布  $p_1$  は(g)図のようになり、 $t=n\cdot\Delta t$  と研磨が進むと(c)図のようになっていく。以上の研磨における形状変化の概念をもとに、工作物や工具が回転動作を行っていることを考慮し、これらを直径上あるいは半径上の加工量、工具摩耗量を数式で表すことにする。

## 2. リング状工具と円板状工作物の幾何学的関係

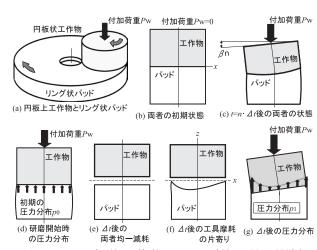


図 5.1 円板状工作物とリング状工具の関係

工作物と工具が十分に回転しているものと考える。加工量については、研磨時間は $\Delta t$ 、半円 $\pi rw$ 上の平均速度(rw)、平均圧力(pw)を用い、一方工具摩耗量については、工具が一回転する間に工作物と作用する比率が $\{\alpha(rt)/\pi\}$ であるので、研磨時間は $\{\alpha(rt)/\pi\}\Delta t$ 、円弧 $\alpha(rt)$ ・r 上の平均速度(rt)、平均圧力(pt)を用いる。なお $\alpha$ は、点 A を通る工具の円弧 $\pi rv$ と工作物の半円 $\pi Rw$ の交点と点 O を結ぶ線とx 軸のなす角であり、

$$\alpha(rt) = \cos^{-1} \{ (rt^2 - Rw^2 + C^2)/2C \cdot rt \}$$
 (5.1)  
 $\alpha(rw) =$  (省略)

で与えられる。なお研磨速度 v については、実際のポリシングで工作物と工具を同一回転条件にすることが多い。両者の回転数  $N_{W}=N_{t}=N$  の条件にすると、全ての点 A で一定値  $v=2\pi NC$  になる。ここではこの条件を採用し、詳細な運動解析は省略する。

最初の $0\sim \Delta t$  における点 A あるいはrw 上、rt における加工量(hw)1 と工具摩耗量(ht)1 は、

$$(h_{\mathbf{W}})_1 = (\Delta h_{\mathbf{W}})_1 = \eta_{\mathbf{W}} \cdot \mathbf{v} \cdot p_0 \cdot \Delta t \tag{5.2}$$

$$(ht)_1 = (\Delta ht)_1 = \eta t \cdot v \cdot p_0 \cdot \{ \alpha(rt)/\pi \} \Delta t \qquad (5.3)$$

で表すことができる。工作物は均一に加工されて も工具は半径上で作用比率が異なり摩耗に偏差が 生じる。

一般式として、 $(n-1)\Delta t \sim n \Delta t$  の  $r_W$  上および  $r_W$  上の加工量と工具摩耗量については、

$$(h_{w})_{n} = \eta_{w} \cdot v \cdot \{p_{0} + (p_{w})_{1} + (p_{w})_{2} + \cdots + (p_{w})_{n-1}\} \cdot \Delta t \quad (5.4)$$

$$(h_{t})_{n} = \eta_{t} \cdot v \cdot \{p_{0} + (p_{t})_{1} + (p_{t})_{2} + \cdots + (p_{t})_{n-1}\} \cdot \{\alpha(r_{t})/\pi\} \Delta t \quad (5.5)$$

で表すことができる。ただし、 $\Delta t$  以降の圧力分布  $(pw)_{n-1}$  および $(pt)_{n-1}$  は、点 A における圧力分布 pn-1 の円弧  $\pi rw$  上および円弧  $\alpha rt$  上の平均圧力が必要になる。

(e)図のように長時間の $(n-1)\Delta t$  にわたって両者の減耗が一定で、かつ当初の分布圧力  $p_0$  が持続する条件下では、両者の和 $(n-1)\Delta H$  は、

(n-1) 
$$\Delta H = (n-1) \cdot v \cdot p0 \cdot \Delta t$$
  
  $\cdot \{ \eta_{\text{w}} + \eta_{\text{t}} (R_{\text{w}}^2 / (R_{\text{a}}^2 - R_{\text{b}}^2) \}$  (5.6)

である。この値より大きい(加工量)+(工具摩耗量)の部分では、圧力が小さいことになる。そこで点 A における圧力分布 pn -1 は、点 A を通る式(5.4)と式(5.5)で与えられる加工量(hw)n-1 と工具摩耗量(ht)n-1 の和から式(5.6)を差し引いた値を $\zeta$ で除し、それをp0 と加算・減算して表すようにした。

$$p_{\text{n-1}}=p_0-(1/\zeta)\{(h_{\text{w}})_{\text{n-1}}+(h_{\text{t}})_{\text{n-1}} - (n-1)\Delta H\}$$
 (5.7)

平均圧力(pw)n-1、(pt)n-1 は、円弧 $\pi rw$  および円弧  $\alpha rt$  を i 等分および j 等分し、式(5.7)で示す各点Aのpn-1 を加算し、分割数で割って求めることによってを可能になる。

$$(p_{\rm W})_{\rm n-1} = (1/i)^{\frac{1}{\Sigma}} p_{\rm n-1}$$
 (5.8)

$$(pt)_{n-1} = (1/j)^{\sum_{j=1}^{j}} p_{n-1}$$
 (5.9)

以上によって式(5.4)および式(5.5)の加工量(hw)n および工具摩耗量(hn)n の算出が可能になり、平面 度変化を得ることができる。なお、本式は、工作物の z '軸と工具の z 軸が平行に保たれる研磨機に適用できるものであり、(c)図のような自由荷重

を付加したときの工作物の傾き  $\beta$ n は、工具摩耗の片寄りに原因する。工作物の傾きの原因になるモーメント Mn は、x 軸上で工作物の直径を g 等分し、Rw/g=u とおくと、

$$M_{n}=(2/\zeta)\sum^{s}(h_{t})_{n-1}\cdot\alpha(r_{w})\cdot u\cdot(R_{b}+g\cdot u)\cdot$$

$$\{[(R_{b}+g\cdot u)\cdot\sin\alpha(r_{w})/\alpha(r_{w})]-C\} \quad (5.10)$$

である。円板工作物のモーメントと傾き角 $\beta$ nの関係は、

$$\beta n = \tan \beta n = 4 \zeta \cdot Mn / \pi Rw^4$$
 (5.11)

であり、式(5.7)に代わって補正項をもつ $(p_{n-1})\beta$ の式(5.7a)を用いる必要がある。

$$(p_{n-1})_{\beta} = p_{n-1} \cdot \{1 - \beta_n \cdot (r \cos \theta t - C)\} \quad (5.7a)$$

図 5.3 は、 $\phi$  60mm のガラス円板に対する  $\phi$  165 ×  $\phi$  45mm のリング状ピッチポリシャによるポリシングの計算結果と実験結果を示すものであり、両者ともよく一致している。

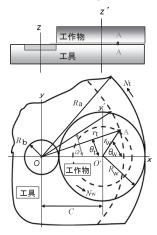


図 5.2 工作物と工具の幾何学的関係

