

十二回連載 ウンポイントレッスン 第6回

現場で使える 研磨加工の理論と計算手法

寄稿篠暢(防衛大学校), 河西敏雄((株)河西研磨技術特別研究室)



前回までは研磨の基礎理論について述べたが、第7回以降は、応用・実用編について話を進める。最初に、定盤形状を修正しつつ研磨できる研究用にもよく用いられている修正輪形研磨機の研磨理論について取り扱う。

1. 修正輪形研磨機による円板工作物の平面ポリシング

図7.1に示すように上向きで回転する円環状工具の偏心位置に工作物を置き、その上部から重錘により負荷をかける場合について考えてみる。

通常、修正輪形研磨機では修正輪内に工作物を入れて研磨する場合が多く、修正輪と工作物は同一速度で回転する。修正輪は工具からはみ出して回転し、工具の偏摩耗を修正するように働くので、長時間にわたり工具に平面を維持でき、安定した平面研磨が可能になる。

2. 修正輪形研磨機の運動解析と相対速度

工作物と修正輪の中心が、図7.2に示すように円環状工具の内外径の中心線上に一致するように配置される場合について考える。これらの工作物、修正輪の回転は同一方向に、しかも強制回転駆動装置により同一速度で回転させことが多い。この時、工作物、あるいは修正輪上の任意の極座標点 $P_w(R_w, \theta_w)$, $P_c(R_c, \theta_c)$ における工作物、あるいは修正輪と工具間の相対速度 V_w, V_c は式(7.1)、(7.2)で表すことができる。

$$V_w^2 = v_w^2 + v_{tw}^2 - 2v_w \cdot v_{tw} \cdot \cos\alpha_w \quad (7.1)$$

$$V_c^2 = v_c^2 + v_{tc}^2 - 2v_c \cdot v_{tc} \cdot \cos\alpha_c \quad (7.2)$$

ここで、 v_w, v_c は点 P_w, P_c における工作物、修正輪の速度、 v_{tw}, v_{tc} は工具の速度、 α_w, α_c は工作物、あるいは修正輪の速度ベクトルと工具の速度ベクトルのなす角であり、工具と工作物の中心間距離を d とすると、これらの間に、式(7.3)～(7.5)で示す関係が成立する。

$$v_w = R_w \cdot \omega_w \quad v_c = R_c \cdot \omega_c \quad (7.3)$$

$$v_{tw} = v_{tc} = R_T \cdot \omega_T \quad (7.4)$$

$$\cos\alpha_w = \frac{R_T^2 + R_w^2 - d^2}{2R_T \cdot R_w} \quad \cos\alpha_c = \frac{R_T^2 + R_c^2 - d^2}{2R_T \cdot R_c} \quad (7.5)$$

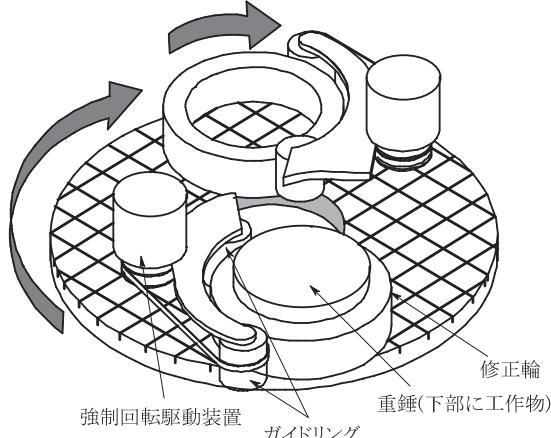


図7.1 強制回転駆動装置をもつ修正輪形研磨機

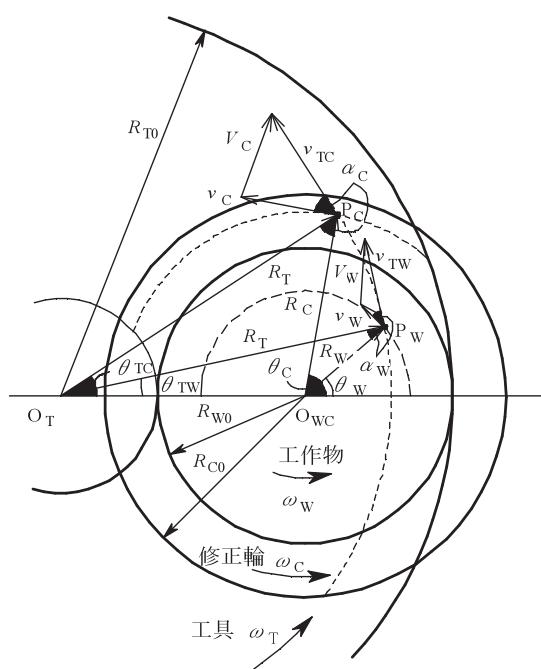


図7.2 工作物・修正輪と工具間の位置関係と相対速度

式(7.5)の R_T は $\Delta O_T O_W C_P_W$ に対する余弦定理により R_W と θ_W で表せるので、工作物と工具間の相対速度 V_W が求められる。

$$V_W(R_W, \theta_W) = (\text{省略})$$

他の相対速度 V_C 、 V_{TW} 、 V_{TC} も同様にして求めることができる。工作物半径上の平均相対速度は、工作物半径 R_W の破線で示す半円上における相対速度を積分し、単位角度当たりの平均相対速度として式(7.6)で表すことができる。この平均相対速度に、1 回転当たりの工具と工作物間の接触率をかけ算すると平均走行距離が得られ、工作物と修正輪についてそれぞれ式(7.7)、(7.8)で表せる。

$$\bar{V}_W(R_W) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_W(R_W, \theta_W) d\theta_W \quad (7.6)$$

$$\bar{U}_W(R_W) = \bar{V}_W(R_W) \quad (7.7)$$

$$\bar{U}_C(R_C) = \bar{V}_C(R_C) \cdot \frac{\theta_{C2} - \theta_{C1}}{\pi} \quad (7.8)$$

3. 計算例

図 7.3 は平均相対速度の計算例である。平均相対速度比は工具に対する工作物・修正輪の平均相対速度の比を示す。工具と工作物の回転速度が等しい場合、工具半径上で一定値 1 をとり、速度比が 4 より大きい場合、工具外周側で極小値を取る。しかし、一般には相対速度比は 0.5~2 が使用されるので、工具半径に対し単調減少、あるいは単調増加曲線となる。工作物と修正輪の相対速度は外周ほど大きくなる。

図 7.4 は平均走行距離の計算例である。平均走行距離比は、回転速度比が 0.5 の場合、工具環状中央部付近で最大となる。一方、速度比が 0.5 より大きい場合、極大値は工具の内周側に移る傾向を示す。速度比が 0.5 より小さい場合、外周側で極大となる。したがって、圧力が一定であれば、この計算結果から形状を予測することが可能になる。平均走行距離比は工具の内外半径位置で零となるので、図 7.5 に示す工具の内外半径で平均走行距離の大きい修正輪を用いれば、工具の偏摩耗を減少させ、工作物の平面度劣化の抑止に役立つ。

次回は、圧力を算出する理論式について述べ、加工量と工具摩耗量の計算例を取り扱う。

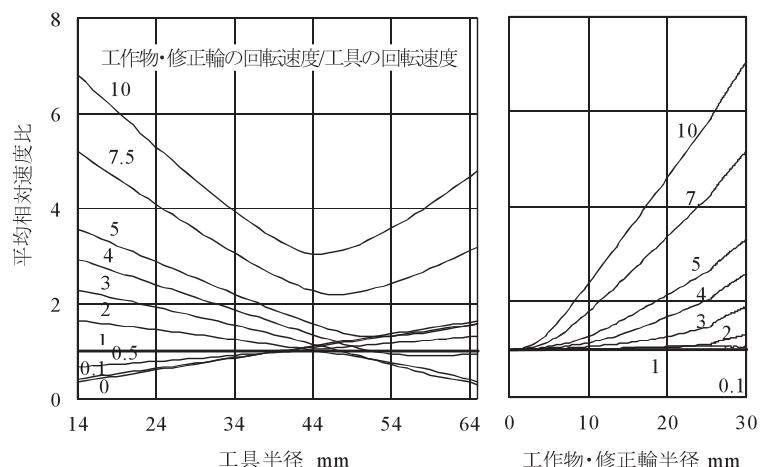


図 7.3 工具半径と工作物・修正輪半径に対する平均相対速度比

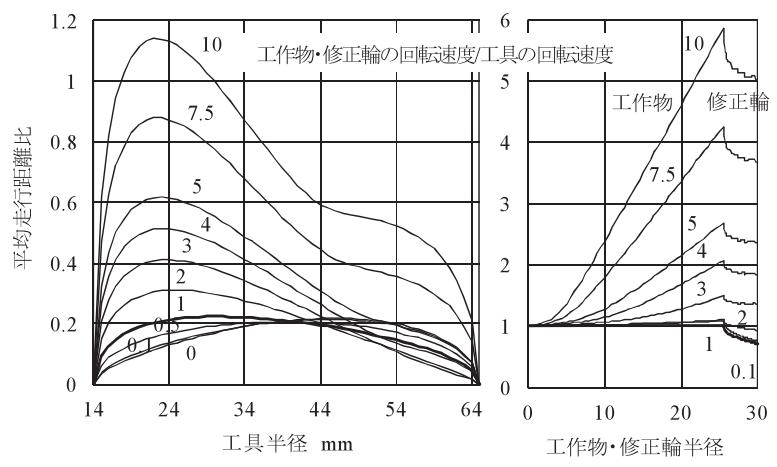


図 7.4 工具半径と工作物・修正輪半径に対する平均走行距離比

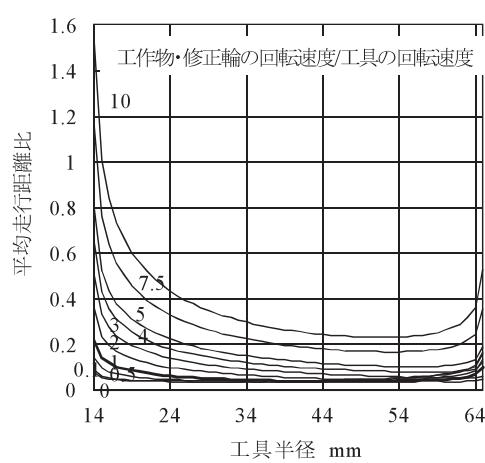


図 7.5 修正輪の工具半径に対する平均走行距離比