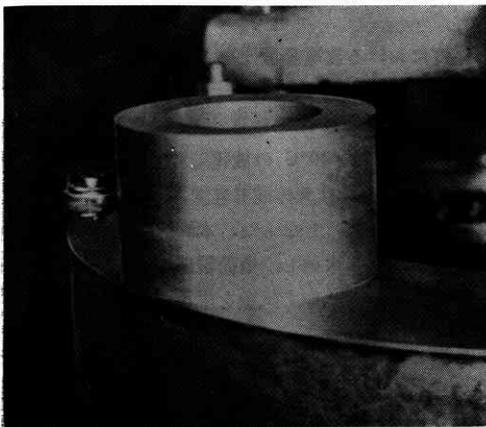


平面ラップ盤におけるラップ修正輪の作用

松 永 正 久

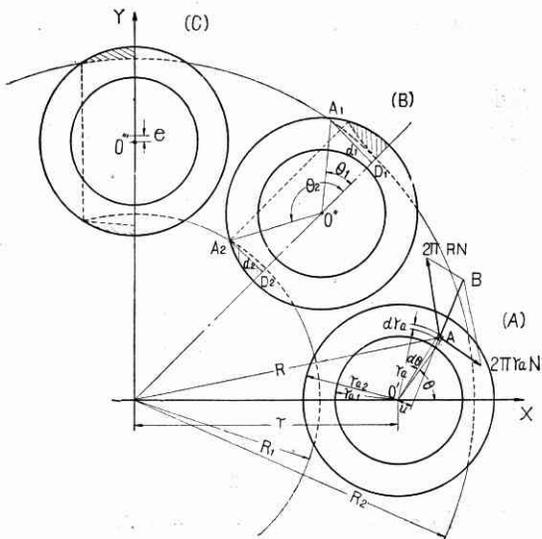
修正輪の安定回転数

平面ラップ盤には第1図に示すように、ラップ上にラップの幅と同一またそれより大きな外径のリングを接触させて、工作物の工作によって生ずるラップのうねりを常に修正するように工夫したものがある(たとえばCrane Packing社製Lapmaster)。いまこの修正輪の運動を解析してみる。この場合次のような仮定をおく。



第1図 修正輪の一例

- 1) 修正輪とラップとの接触は均一であって、接触部における圧力の分布は一定であるとする。
- 2) 摩擦係数は接触部の位置または相対速度に無関係



第2図 速度線図

に一定であるとする。前者の圧力を p 、修正輪にかかる全圧力を P 、後者の摩擦係数を μ とする。符号は第2図(A)のように定める。図の dr_a 、 $d\theta$ で区切られた微小面積 $r_a \cdot d\theta \cdot dr_a$ を考えれば、この部分に加わる摩擦力は $\mu \cdot p \cdot r_a \cdot d\theta \cdot dr_a$ であり、その方向は修正輪に対するラップの相対速度の方向に等しい。いまこのベクトルを $\vec{A} \cdot \vec{B}$ とする。この摩擦力によって修正輪に加わるモーメントはモーメントの臂を u とすれば $\mu \cdot u \cdot p \cdot r_a \cdot d\theta \cdot dr_a$ であり、合成モーメントはこれを積分したものである。

$$\iint_A \mu \cdot u \cdot p \cdot r_a \cdot d\theta \cdot dr_a = M \dots \dots \dots (1)$$

ただし A は修正輪とラップとの接触面についての積分を表わす。まず u を計算すれば

$$u = \{r r_a N \cos \theta + r_a^2 (N - N')\} / B$$

ただし

$$B = \{r_a^2 (N - N')^2 + 2r r_a N \cos \theta (N - N') + r^2 N^2\}^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

修正輪の安定回転数を求めるには(1)式において $M = 0$ とおいた場合の N' の値を求めればよいが、この積分の一般解は容易ではない。しかし $N = N'$ とおけば

$$u = r_a \cos \theta \dots \dots \dots (3)$$

であるから、修正輪の全面がラップと接触しているときには N が修正輪の安定回転数を与えることを示し、実験もこれにあっている。もちろんこれはラップと修正輪との接触が均一であり、接触面の状態が同一であるという条件のもとにおいてであり、逆に修正輪の安定回転数を求めることによってこの条件が満足されているかどうかをたしかめることができる。

しかも修正輪の中に工作物を配置すれば、筆者がさきに求めた $N = N'$ を満足し、工作物上のラッピング速度が場所に関係なく同一であるというラップ盤としての最適条件の一つを満足している。ただし工作物の配置は円周方向に密に配置する必要がある。また純粋に $N = N'$ ではなく、支持部の摩擦または接触部において起るある程度の不均一性は N と N' を必ずしも等しくさせないが、これは条痕を分散させる上にかえて有利であり、両者はほとんど等しいと考えられ、前に提案した α の値 $2)$ は小さくすることができ、このラップ盤の構造は良いものといえる。

以上は修正輪が全部ラップ内にある場合であるが、このような構造であると後にのべるようにラップの摩耗に対して悪い影響を与える。それ故に実際の構造において

は第2図に示すように修正輪の外径をラップの幅よりも広くする方がよい。この場合の安定回転数を N に等しくする条件を計算によって求めることは困難であるが、次のように考えれば概略値は出てくる。 $N=N'$ するとき修正輪に加わるモーメントは (1) および (3) より

$$M = \mu \cdot p \cdot \int_{r_{a1}}^{r_{a2}} \left\{ \int_{\theta_1}^{\theta_2} r_a^2 \cos \theta d\theta \right\} dr_a \dots\dots\dots (4)$$

で表わされる。書き直して

$$\begin{aligned} M &= \mu \cdot p \cdot \int_{r_{a1}}^{r_{a2}} r_a^2 (\sin \theta_2 - \sin \theta_1) dr_a \\ &= \mu \cdot p \cdot \int_{r_{a1}}^{r_{a2}} r_a (d_2 - d_1) dr_a \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

すなわち r_a 一定なる微小幅の部分によるモーメントはその円がラップの内外周と交わる点より、 X 軸上に降ろした垂線の長さに $\mu \cdot p \cdot r_a \cdot dr_a$ を乗じたものに等しい。この際 r_a の半径をもつ円がラップ外周と交わる点より降ろした垂線の長さを負にとる。それ故にこれを式で表わせば

$$\begin{aligned} M &= \frac{\mu p}{r} \int_{r_{a1}}^{r_{a2}} r_a \left\{ - (R_1^2 - r^2)^2 + 2r_a^2 (R_1^2 + r^2) - r_a^4 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ &\quad - \left\{ - (R_2^2 - r^2)^2 + 2r_a^2 (R_2^2 + r^2) - r_a^4 \right\}^{\frac{1}{2}} \right\} dr_a \dots (6) \end{aligned}$$

である、この積分は容易であるが、 $M=0$ とおいたときの r の値を求めることがむずかしい。

たとえば O' がラップの幅の中央にあるときには、第2図(B)の斜線をほどこした部分が正負の同一のモーメントを与え、この部分によるモーメントは打ち消しあうので、結局ラップ外にある斜線をほどこさない部分の影響によって修正輪の回転数は N より小さいことになる。

また $d_1=d_2$ なるときは第2図(C)に示すように斜線の部分に対応するので、修正輪の回転数は N より大きいことが明らかである。このときの中心 O''' の位置は、

$$r = \sqrt{\frac{R_1^2 + R_2^2}{2} - r_a^2} \dots\dots\dots (7)$$

であり、この場合のラップ幅の中心と修正輪の中心の間の距離 e の値は、通常用いられるラップ盤に対してはそれほど大きな値ではない。以上のように $N=N'$ ならしめるラップ修正輪の中心の両極限を求めることができる。

摩擦係数

次に摩擦係数を求める算式を計算しよう、前にのべた微小面積にかかる摩擦力は図の AB 方向に働くのであるから、これを X 方向および Y 方向に分け、それぞれを f_x, f_y とすれば

$$\left. \begin{aligned} f_x &= -\mu \cdot p \cdot r_a^2 \cdot \sin \theta \cdot (N - N') \cdot d\theta \cdot dr_a / B \\ f_y &= \mu \cdot p \cdot r_a \{ rN - r_a \cos \theta (N - N') \} d\theta \cdot dr_a / B \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

となり、とくに $N=N'$ のときは、 $f_x=0, f_y=\mu \cdot p \cdot r_a \cdot dr_a \cdot d\theta$ であり、全摩擦力 F_x, F_y は

$$F_x=0, F_y=\mu \cdot P \dots\dots\dots (9)$$

で表わされる。すなわち $N=N'$ のときの Y 軸方向に加

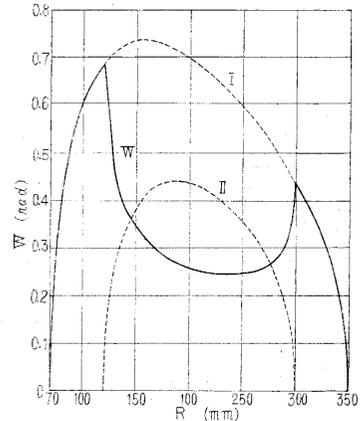
わる力を求めれば、摩擦係数 μ を求めることができる。この μ の値は全接触面積にわたって一定であることが、 $N=N'$ の条件によってたしかめることができるので割合精密な値ということができ、 $\mu \cdot p$ の大きさも大きいので測定も割合容易であると思われる。

ラップの摩擦に対する考察

$N=N'$ なるときは、前に求めた式よりラップ上の条痕はラップに固定した座標等について

$$(X - r_a \cos \theta)^2 + (Y - r_a \sin \theta)^2 = r^2 \dots\dots\dots (10)$$

なる円である。ラップ上の任意の円周上に修正輪が通過



第3図 ラップの摩擦線図

する長さ L' は

$$L' = 2R \cos^{-1} \frac{R^2 + r^2 - r_a^2}{2rR} \dots\dots\dots (11)$$

である。ラップ全周に対してはこの値に比例した摩擦効果をおよぼすとすれば、ラップ上の任意の円周上における摩擦量は

$$W = \cos^{-1} \frac{R^2 + r^2 - r_a^2}{2rR} \dots\dots\dots (12)$$

に比例することになる。この値は

$$R = (l^2 - r^2)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (13)$$

において極大値をとることはいうまでもない。

$r=210, r_a=140$ (内径 90) のときの W を追跡すると第3図のようになる。Iはリングの外径による W の値、IIはリングの内径によるものでこの部分は中空であるので摩擦に関与しない。 W はIよりIIを減ずることによりえられる。この曲線よりみるとリングの内部は著しく摩擦が小さいことがわかる。しかしこれには工作物が入るので、この部分の摩擦特性は工作物によって変化する。この図より傾向的にはラップ内縁の方が摩擦しやすいくことおよび摩擦特性の変化の大きい輪の左右端はラップより外に出す方がよいことが理解できるであろう。

文 献

- 1) 筆者：精密機械 21 (昭 30) 390
- 2) 筆者：生産研究 8 (昭 31) 22