

局所的な円弧の加工精度と測定値との関係

キーワード： 局部R形状、R測定、加工精度、計測精度

概要

ニーズの多様化するなか、多品種少量生産方式による高機能で、複雑な形状の製品が要求されています。さらに、これらの製品は、情報関連市場の急速な拡大を背景に、製品のパーソナルユース化、モバイル化等により、小型化の一途をたどっています。この結果、製品に用いられる部品は、局所的な円弧（円の一部）の連続で構成され、かつ非常に高い精度を要求されるという傾向が一部に見られます。

加工精度の検証を目的に局所的な円弧の半径Rを実測しますと、計測対象が円の一部であることから測定値がばらつくことがしばしば生じ、大きな問題となっています。もう一つの問題としては、得られた測定値がどの程度信頼出来るのかといった指針が、全く示されていないことです。

ここでは、局所的な円弧の円形部分の広がりや加工精度によってどの程度の測定誤差が生じるのかについて解説します。

解説

最も簡易なRの測定法は、高校数学で登場する円の方程式(式1)を利用する方法です。

$$(x-a)^2+(y-b)^2=R^2 \quad (1)$$

ここに、(a,b): 中心座標、R: 円の半径

円弧上の3点の(x,y)座標を計測し式(1)へ代入後、a,b,Rを未知数とする三元一次方程式を解けば半径Rと中心座標(a,b)が求められます。

いま、設計値 R_0 で開き角 2θ の円弧が、図1に示すように、加工精度が $2E \cdot R_0$ (E:設計値 R_0 に対する加工精度の割合)以内で実線(Case1)または破線(Case2)のように加工され、 P_1, P_2, P_3 (または Q_1, Q_2, Q_3)を3点の座標計測点とします。 P_1, P_3, Q_2 は許容寸法精度の上限値、 P_2, Q_1, Q_3 は下限値に位置しています。

図2は、開き角 2θ を変化させたときに P_1, P_2, P_3 (または Q_1, Q_2, Q_3)から算出される半径値

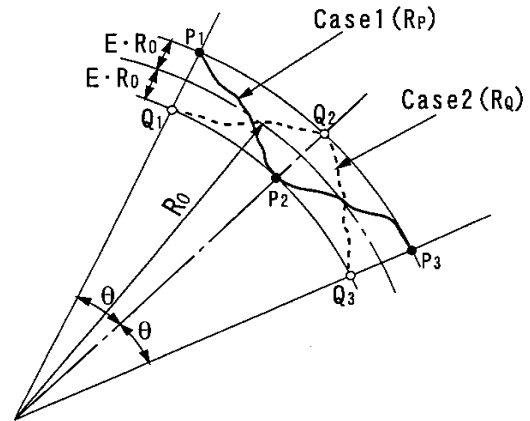


図1 R測定法のモデル

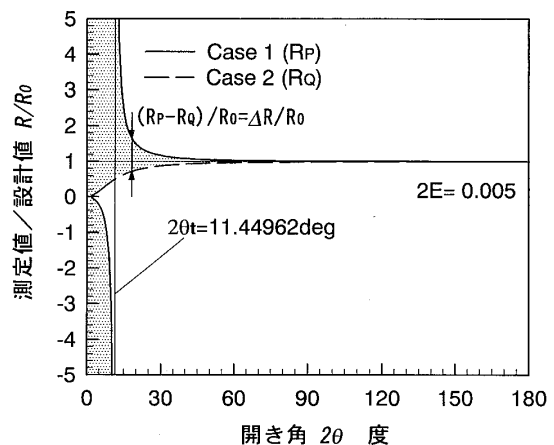


図2 無次元化測定値と開き角との関係

R_p (または R_q)を設計値 R_0 との比(図中での実線と破線)で示したものです。ただし、正は凸面、負は凹面(設計円と逆向きの円)を意味します。

実線で示される R_p/R_0 は、 2θ が小さな領域($0 \sim 2\theta_t$)では凹面で、 $2\theta_t$ に近づけば近づくほど大きな値となります。ただし、この $2\theta_t$ は P_1, P_2, P_3 が一直線上に並ぶときの開き角(以後、“発散開き角”と呼びます)で、Eの大きさに依存して変化します。 $2\theta_t$ を越えると凸面を示し急速に設計値に収束していきます。一方、破線で示す R_q/R_0 は、 $0 \sim 180$ 度の間で $0 \sim 1$ の範囲で変化しています。

表1 測定値Rの取り得る範囲

$0 < 2\theta < 2\theta_t$		$2\theta = 2\theta_t$		$2\theta > 2\theta_t$	
凸面	$R_Q \leq R < \infty$	凸面	$R_Q \leq R < \infty$	凸面	$R_Q \leq R \leq R_P$
凹面	$-\infty > R \geq R_P$	凹面	—	凹面	—

R_p または R_Q という特別な場合を考えましたが、図1より、一般的には加工精度が $2E \cdot R_0$ 以内であれば、計測点 P_1 は P_1 と Q_1 の間のどの値をも取り得ることになります。また、これと同様に点 P_2 は P_2 と Q_2 の間の、点 P_3 は P_3 と Q_3 の間の値を取り得ることになります。この可能性と先述の発散開き角 $2\theta_t$ とを考慮して測定値Rの取り得る範囲を整理したものが表1です。表1より、測定値Rは、 $0 < 2\theta < 2\theta_t$ の場合には $R_Q \leq R < \infty$ の範囲で、 $2\theta = 2\theta_t$ の場合には $R_Q \leq R < \infty$ の範囲で変化する可能性があります。つまり、図2のハッチング部分が測定値Rの取り得る範囲となり、 $2\theta < 2\theta_t$ の範囲、 $2\theta > 2\theta_t$ の場合でも 2θ が $2\theta_t$ に非常に近い範囲では、全く測定誤差の生じない測定器で計測を行ったとしても、測定値Rは非常に大きく狂うこととなります。

実用的な範囲を考えれば $2\theta < 2\theta_t$ の場合が重要です。このため、図2に示す $R (=R_p - R_0)$ の大きさが設計値 R_0 からの狂いを示す一つの指針となります。図3は $2E$ を変化させたときの R が加工精度 ($2E \cdot R_0$) の何倍になっているかを見たもので、縦軸に $R / (2E \cdot R_0)$ を、横軸に 2θ を採っています。 $R / (2E \cdot R_0)$ の各曲線は 2θ の増加にともない急速に減少していますが、 $2E$ の大きさにより発散開き角 $2\theta_t$ が変化しますので、急激に減少する位置は $2E$ の大きさによって多少

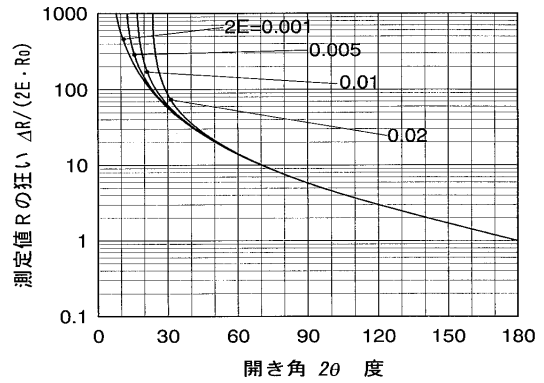


図3 測定値の狂いと開き角との関係

異なります。しかし、 2θ が60度を越えた辺りからは、各曲線は重なっています。たとえば、 2θ が70度の円弧の測定値Rには、加工精度の如何に拘わらず、最大で加工精度の約10倍程度のバラツキが含まれます。

まとめ

円の公式を用いて局所的な円弧の半径Rを測定する際に生じる測定値のバラツキを推定しましたが、円弧の開き角 2θ が発散開き角 $2\theta_t$ より小さな場合には、測定値は設計値 R_0 に対し非常に大きく狂う可能性があります。実用的な範囲 $2\theta < 2\theta_t$ の場合、図3を用いれば、開き角 2θ と加工(形状)精度 $2E \cdot R_0$ が解れば、測定値Rにどの程度のバラツキが含まれるかを予想できます。