219 接触予測制御による研削砥石の位置決め

Positioning of grinding wheel by contact-prediction control

○正 由井明紀(防衛大), 元谷征樹(防衛大)

北嶋孝之(防衛大), 正 奥山繁樹(防衛大)

Akinori Yui, Seiki Mototani, Takayuki Kitajima and Shigeki Okuyama

The National Defense Academy, 1-10-20, Hashirimizu, Yokosuka-city, Kanagawa

Prediction of contact between a grinding wheel and a workpiece is being required from production engineers. A prediction system of grinding-wheel contact was, therefore, developed employing the defused-laser detection from the trailing flow of grinding fluid. In this paper, the prediction system has been applied to grinding-wheel positioning. Trigger signal from the prediction system for stopping the wheel feed is sent to NC system when the diffused-laser intensity exceeds a certain level. Unevenness of the detected laser intensity results in the positioning error, which increases with the wheel-approach speed. Therefore, the trigger level is increased discretely with decrease of the wheel-approach speed. The wheel-positioning accuracy of the proposed system is 10 to 20 μ m.

Key words: Grinding Wheel, Wheel Positioning, Positioning Accuracy, Wheel Contact Prediction, Wheel Approach Speed

1. 結 言

平面研削加工において、研削砥石をミクロンオーダーで加工物に近づけることは、熟練技能者にとっても容易ではない。特に、最近の全閉カバー付き研削盤や大型の平面研削盤においては、さらに困難を伴う。図1に、作業者5名(熟練者と初心者を含む)が平面研削盤による研削砥石の位置決めを手動にて行った際の、研削砥石と加工物の距離 ΔY を示す。回転中の外径 $\phi 350$ の研削砥石を15秒以内にどこまで加工物に近づけられるかを、6回づつ実施して ΔY を測定した。測定結果の平均値は350 μ mと大きい。

研削砥石は10 μ mでも切り込み過ぎると、加工物に損傷を与える。このため、加工物に接触する前に研削砥石の位置情報を知る必要がある。そこで、研削砥石が加工物に接近した際の物理現象の変化を捕らえ、研削砥石の加工物に対する接触予知の研究を行ってきた。例えば、回転中の研削砥石が加工物に接近すると、研削液が白濁する。これは、研削砥石と加工物の間を通過する研削液に、研削砥石と連れ回った大気中の空気が混入して気泡が発生するためである。研削液にレーザを照射すると、透明な場合と白濁した場合とでは反射率が変化するので、 ΔY を予知することができる¹⁾。また、注水ノズルに水中マイクを挿入し、研削液を通じて測定できる特定周波数の音響解析を行うことにより、 ΔY を予知することも可能である²⁾。

本報では、このような予知結果に基づいて、平面研削盤の研削砥石を位置決め制御する方法について検討する。すなわち、高速接近する研削砥石が加工物と接触する直前に停止するよう、自動位置決めを試みる。目標とする位置決め精度は作業者による平均値より1桁小さい35 μ m以下とし、位置決め時間の短縮方法についても検討する。

2. 測定装置および測定方法

研削砥石の接触予知には、キーエンス製半導体レーザLV-H42($\lambda=650$ nm, 出力 3mW)を使用した。研削盤は、上下最大送り速度1000mm/min, 最小指令単位 0.1 μ mの平面研削盤(岡本工作機械製PSG-63EX)を用いた。加工物を研削した後、3回スパークアウトした際の研削盤Y座標の表示値を0mmにリセットし、自動位置決め時における表示値より ΔY を求めた。

図2に示すように、レーザセンサはテーブル上に設置し、砥石と加工物の間隙を通過した直後の研削液にレーザ光を照射して、乱反

Fig.1 Accuracy of manual wheel positioning

Fig.2 Principle of prediction of grinding wheel contact

Fig.3 Change of detected laser intensity, I , with ΔY
(Approach speed: 10mm/min)

射光の強度 I を測定した。基本的な実験条件を表 1 に示す。

3. 接触予知信号の処理方法

研削砥石と加工物の間隙を通過した研削液にレーザ光を照射し、 ΔY を変化させて I を測定した際の生波形を図 3 に示す。研削液の流れは一定でなく、 I の測定値にはばらつきがある。図 4 に、研削砥石接近速度 V_f と位置決め誤差の平均値との関係を示す。 V_f が小さいほど、誤差が減少する。例えば、トリガレベル It 一定の条件下、 V_f が 100mm/min の場合、0.3~0.4mm の位置決め誤差があるが、5mm/min ではその誤差が 0.02mm 程度になる。

研削砥石を高速で加工物に接近させた場合、停止すべき位置を検知してから、実際に研削砥石が停止するまでの電氣的・機械的遅れに起因するタイムラグとこれに伴うオーバーシュートは無視できない。また、 I の時間的なばらつきは V_f と無関係であるが、研削砥石の停止位置のばらつきは V_f に比例して大きくなる。

研削砥石の停止信号を研削盤制御装置に出力するためのトリガレベル It は、自動位置決めを行う前に I と ΔY の関係を求め、決定する必要がある。

4. 測定結果

V_f と It を変化させて自動位置決めを行った際の ΔY の測定結果を図 5 に示す。 V_f が速い場合には、停止信号出力後の時間遅れに起因するオーバーシュート量が大きくなる。このため、研削砥石を加工物に最接近させることができる It は V_f によって異なる。 V_f が速い場合は接近時間を短くできるが、停止位置のばらつきは大きい。逆に、 V_f を遅くすると停止位置は 30 μ m 程度に設定できるが、位置決めに長時間を要する。

そこで、研削砥石の接近に伴い設定した It を超えると自動的に V_f を低速に切り換え、さらに It を段階的に高くして ΔY の値をできるだけ小さくする自動位置決め制御を行うことにする。図 6 に V_f を段階的に変えた際の、 ΔY と It の関係を示す。例えば、研削砥石は 100mm/min で $It=150$ digit に達するまで接近し、 V_f と It を順次切り換えて 5mm/min、 $It=350$ digit に設定することにより 10~30 μ m の範囲で位置決めが可能になる。

なお、本システムでは加工物から約 5mm の位置から初期接近速度 100mm/min にて、研削砥石が自動停止するまでに要する時間は 3.2~3.7 秒であり、熟練技能者よりも短時間で高精度な位置決めが可能となった。

5. 結 言

研削砥石の接触予知信号を平面研削盤の制御装置に取り込むことにより、研削砥石の自動位置決めを行い、以下の結論を得た。

- 1) 研削液に照射したレーザ散乱光の強度 I や注水ノズルに仕込んだ水中マイクからの信号出力を測定することにより、研削砥石と加工物の距離 ΔY に応じた信号出力を得ることができた。
- 2) 研削砥石接近速度 V_f が速い場合は、位置決め誤差が大きくなる。
- 3) V_f に応じて段階的にトリガレベルを高く設定することにより、 ΔY を小さくすることができる。
- 4) 約 5mm 離れた位置より 3~4 秒の短時間で $\Delta Y=10\sim30\mu$ m の高精度な研削砥石の位置決めが可能になった。

謝 辞 本研究にご協力いただいた(株)岡本工作機械製作所に心から感謝致します。

【参考文献】

- 1) 元谷,由井,奥山,北嶋: レーザ散乱光による研削砥石の接触予測

Fig.4 Effects of wheel approach speed on positioning error

Table 1 Experimental conditions

Grinding fluid	TypeW2-1
Grinding fluid flow rate	10 L/min
Laser beam incident angle	30°
Laser beam irradiation position	120mm left from the contact point
Distance of grinding wheel and workpiece	0~5mm
Grinding wheel	WA60H8V $\phi 350 \times 38$
Peripheral speed of grinding wheel	30m/s

Fig.5 Effects of wheel approach speed, V_f , on the distribution of automatically positioned clearance, ΔY

Fig.6 Example of automatic wheel positioning using multi-trigger-level setting

に関する研究,第3回生産加工・工作機械部門講演会講演論文集,(2001),p149.

- 2) 元谷,奥山,由井,北嶋: 音響解析による研削砥石の接触予知,砥粒加工学会学術講演会講演論文集,(2002),p305.