上下動微駆動テーブルを用いる補正研削

Compensative grinding with actuating table

○ 正 井上 誠 (新潟工科大)

時 猷江 (ハルビン理工大)

角山 正博 (新潟工科大)

Makoto INOUE, Niigata Institute of Technology

Shi XIANJIANG, Harbin University of Science and Technology

Masahiro TSUNOYAMA, Niigata Institute of Technology

1. はじめに

平面研削加工により加工される工作物表面形状は、平面研削盤の運動形状と砥石と工作物間距離の変動（弾性変形、研削温度による変形、内外部の振動やチャックの吸着力による変形等）の複合された結果による。一般に、精密機械の部類に入る平面研削盤のテーブル運動形状の再現性はサブ μm かつ更に小さいものと考えられる。また、研削条件をあまり変えない場合、加工物は常に同じ形状に加工され得る、言い換えれば、再現性良く加工され得ると考えられる。したがって、研削加工過程の途中で表面形状をいったん測定し、真平面からの誤差分を求めてから補正研削を行えば、真平面により近い形状に加工出来ると考えられる。NC研削盤で補正研削する方法もあるが、ここでは通常の平面研削盤により、上下方向にサブ μm で微駆動できるテーブルを使用して補正研削する可能性について検討する。

2. 補正研削加工の方法と手順

補正研削加工ができるためには、テーブル運動形状の再現性と、ほぼ同じ研削条件におけるときの加工面形状の比較的良好な再現性が必須であり、まず、これらの測定による確認を行った。一般砥石を用いて乾式による平面研削加工を行った。砥石最下点に取り付けた非接触変位センサで、テーブルを左右方向に自動低速送りおよび手動送りで駆動するときのテーブルの位置と上下方向変位の関係を測定したところ、テーブル運動形状は $0.1\mu\text{m}$ 程度、加工面の形状はある程度の確率で $0.2\mu\text{m}$ 程度の再現性が得られることを確認した。

研削盤の使用状況によってはより粗い再現性しか得られないこともあり、それなりの精度の補正研削加工が可能と考えられる。

テーブルの運動形状の極めて良好な再現性に着目し、また、補正研削加工の実用性を勘案して、加工途中の加工表面の測定については、砥石最下点に取り付けた非接触変位センサで ON マシンで行うことにする。したがって、補正量はテーブル運動形状の誤差と、そのテーブルに取り付けたままで ON マシンで測定する加工面形状の誤差との複合を考慮する事が必要になる。このとき、砥石の最下点で計測し、計測時と加工時の位置、方向や速度を同じにして処理すると、パソコンで取り込んだ形状誤差をそのまま出力しながら加工することによって、補正研削が出来る。なお、前述のようにこのとき予め求めている運動形状を加味して出力することが必要である。

加工システムを次のように構成した。上下方向に微駆動するテーブルは図示のように、4 個の PZT 圧電アクチュエータを永磁チャックと台でサンドウィッチ構造にしてばね力で挟み、中央にフィードバック用の変位センサを装着している。PZT 素子は電圧に対してヒステリシスを持つので、下部の図のように、センサによるフィードバック回路を作って電圧と直線的に変位させる。これによって、パソコンからの出力通りにテーブルを上下方向に微駆動できる。

研削加工の途中に計測するソフトと、これと運動形状を加味して出力し、研削するためのソフトが必要であり、製作した。(Fig.1)

Fig.1 Offset grinding improvement

実際には、次の加工手順に沿って行う事にした。

実験手順 (実際の補正研削手順)

- 1) テーブルチャック面に工作物 [(w) 100 * (l) 130 * (t) 16 mm] を中心にセットしてマグネットON
PZTパイアス50Vで荒研削、仕上研削 (1 μm * 3 μm)
工作物をはずし、ダイヤモンドドレッサを取り付けて再ドレッシング (仕上げ往復) する。
 - 2) テーブル面に再度工作物をセットし、マグネットチャック、**OFF** のまま表面を測定する。
テーブル速度 100 mm/s
 - 3) 補正
研削 (1 μm * 3回から5回)
 - 4) 再測定、相違大であれば <再ドレッシング要?>
 - 5) 再仕上げ研削
- 最終測定：テーブル動きと同じであれば、真平面!!

正確な形状が分かっている直定規を用いて、テーブル運動形状の誤差を測定したところ、図示 (Fig.2) のように、テーブル長手方向 x、前後方向 y として、近似的に放物線とみなす事ができた。平面的に近似数式で表現できる。パソコンからの出力通りに研削加工出来ることを検討してみた。

図 (Fig.3) は、工作物長さに沿って 1 μm の放物線形状に対応する出力電圧を、テーブル前後方向には同じに与えて研削した仕上げ面の形状を示す。研削後、チャックに吸着したまま砥石下にセンサを取り付けて測定している。パソコン出力と仕上がり面形状は良く対応する事が確認される。これらの結果から、提案する補正研削の可能性が示唆され、さらに、実験を続けたい。

3. まとめ

通常の平面研削加工過程の途中で表面形状をいったん測定し、真平面からの誤差分を求めてから補正研削を行う補正研削法について検討した。補正研削加工の実用性を勘案して、加工途中の加工表面の測定については、砥石最下点に取り付けた非接触変位センサで ON マシンで行う。テーブル運動形状の誤差と加工面形状の誤差との複合をパソコンで出力しながら研削する。上下方向にサブ μm で微駆動できるテーブルを試作し、研削加工の途中に計測するソフトと、これと運動形状を加味して出力し、研削するためのソフトを製作した。予備的な実験結果から、提案する補正研削の可能性を確認した。

$$\text{Total offset } V_{xy} = \frac{0.15x^2 - 0.14y^2}{6725}$$

Fig.2 Table motion's shape error

Fig.3 Result