

612 適応制御における工具補正について

機正 精正 藤井義也
 機准 精正 岩部洋育
 機学 精学 *岩城啓一

(新潟大工)
 (新潟大工)
 (新潟大学大学院)

1. 緒言

旋盤における外丸削りにおいて、直径を設定寸法で仕上げるために、仕上げ寸法を大きくする要因のうち、本研究は工具摩耗による寸法増分を明らかにし、これを補正する方法について検討する。また一方寸法のばらつきが正規分布すると仮定し、摩耗後退による工具補正の最適値を試行錯誤的な繰返し計算、E.V.O.P法によりシミュレーションすることによって、解析的に算出する。これらの結果を、実際の切削加工に適用した場合、実験結果とシミュレーションの数値とがよく一致したので、ここに報告する。

2. 実験装置および工具補正方法

工作機械：大隈鉄工所製 TS型 振り400mm

工具：超硬工具 P30(-5°, -5°, 5°, 5°, 15°, 15°, 0.2)

被削材：炭素鋼 S45C 焼なまし材 化学的成方は

添加物	C	Si	Mn	P	Cu	Ni	Cr	Hb
含有量(%)	0.48	0.28	0.78	0.016	0.02	0.02	0.737	197~201

工具補正装置：東京精密製

アダプティブコントローラ

自動測定装置、工具補正機構部

これらの結合状態をFig.1に示す。自動測定装置による寸法測定値とマイクロメータによる測定値とは一致しない。その一例をFig.2に示す。この測定値の差はあらさに相当している。

アダプティブコントローラに丸棒の寸法変化信号が与えられる。その場合補正に必要な信号が、工具補正機構部のステッピングモータの駆動出力として発せられる。これにより工具補正が行われる。アダプティブコントローラが、補正に必要な信号を発生した場合、工具補正機構部による工具の突出量をFig.3に示す。

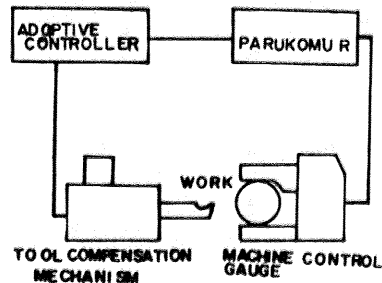


FIG.1

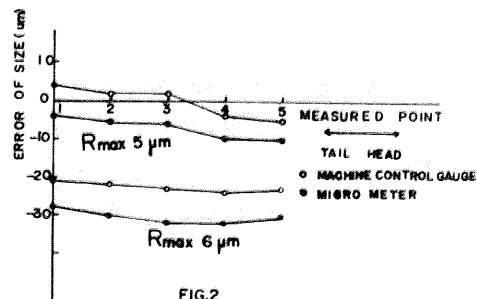


FIG.2

3. 補正の原理

3.1 寸法精度の管理

加工寸法は、切削時間とともに変化する。寸法は公差範囲内にあるように制御されねばならない。寸法変化の要因として考えられるものは、1). 切削機構にもとづくもの 2). 工作機械の機構にもとづくもの および 3). 切削工具の摩耗に関するもの。に大別して考えられこれをもとにして切削加工精度の均一性について検討する。後述する実験をもとにすれば、FIG.4(a)の模型図のように加工寸法は、順次増大する。 G はばらつきの幅を表す。寸法変化量が、正規分布すると仮定し連続切削を続ける場合、工具摩耗量の平均値(\bar{y})は切削時間とともに $\bar{y} = aT + b$ で表示できる。それに切削機構と工作機械の機構による誤差値(δ)の和が、寸法変化量(y)で $y = \bar{y} + \delta$ であるとする。連続切削中の寸法変化量を図にしたのがFIG.4(a)である。仕上げ寸法が、公差範囲外に出ないようにFIG.4(b)で示すように寸法管理を行う。 $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ の6つの電気接点を配置して $k_6 - k_4$ 間をOK範囲、 $k_1 - k_6$ 間を公差Tにセットする。その場合寸法変化量が $k_1 - k_6$ 間にはいる個数(n_6)と $k_4 - k_6$ 間にはいる個数(n_4)との和の個数($n_4 + n_6$)が、ある設定した個数になった場合工具補正を行う。これより旋盤における外丸削りにおいて、丸棒を設定した仕上げ寸法で連続的に切削することができ。

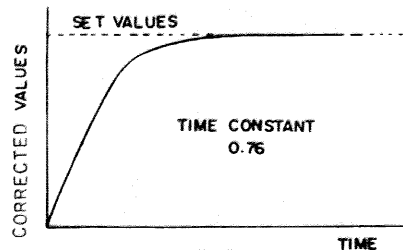


FIG.3

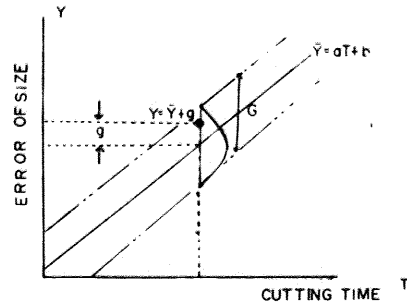


FIG.4(a)

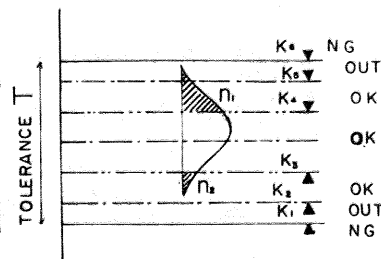


FIG.4(b)

3.2 工具補正のシュミレーション

前述の寸法精度の管理を用いて仕上げ寸法が、公差Hで切削する場合の寸法変化量のシュミレーションを行う。そのフローチャートはFIG.5に示す。問題点としては i). 工具の無限補正 ii). 最適なOK範囲と初期値と補正量の評価である。i). の問題点は、FIG.6に示すように補正量が十分に大きな値の場合、寸法変化量が負方向に進んでしまう。これが工具の無限補正である。工具の無限補正の発生する初期値と補正量の限界がFIG.7に示されている。ii). の問題点で、シュミレーションによる計算結果の寸法変化量が、FIG.8(a), (b), (c), (d)に示される。

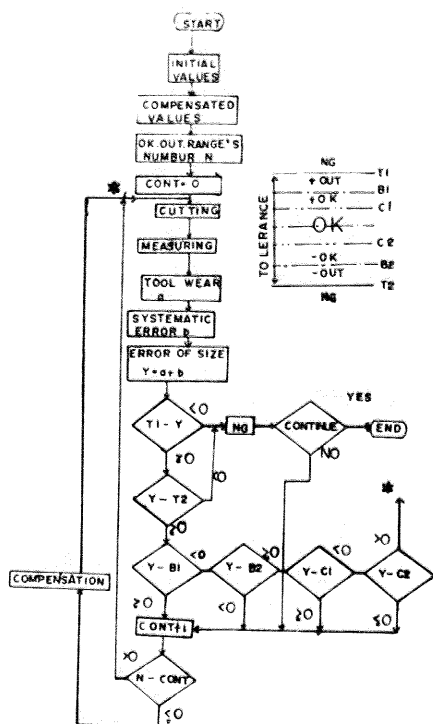


FIG. 5

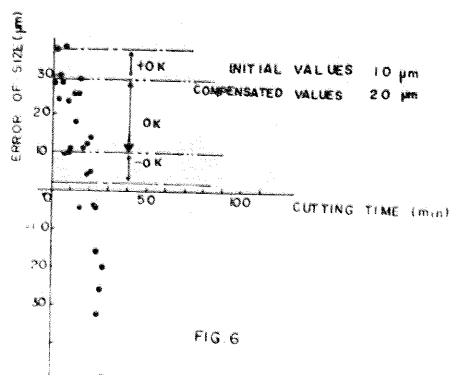


FIG. 6

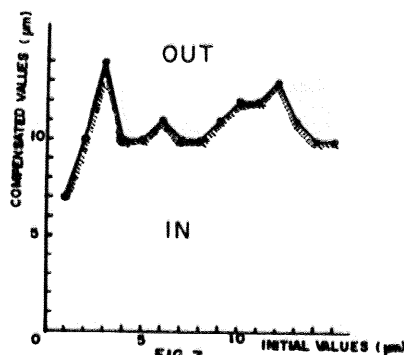


FIG. 7

最適なOK範囲決定の手順として公差範囲内に寸法変化量が存在するように、初期値を決定する。次にFig. 8(b), (c), (d)に示されるように上側のOK範囲が、3種類設定され同じ補正量をとる。この場合OK範囲判定の評価基準としては、寸法変化量が正規分布すると仮定し1)、OK範囲内に存在する寸法変化量の個数2)、 K_1-K_2 間にある寸法変化量の個数の2つをとる。1)はOK範囲内での寸法変化量の個数が多いほどよいことから。2)は K_1-K_2 間内に寸法変化量の個数が多いことは、負の寸法変化量が存在する可能性を意味することより。このことより1)と2)を評価基準とした。こ

れよりFig. 8(b), (c), (d)での最適なOK範囲を解析した。Fig. 8(c)は正方向での公差範囲外に寸法値が存在するから除去する。Fig. 8(b), (d)は評価基準の2)を適用して判定する。これより最適なOK範囲はFig. 8(d)の範囲である。最適なOK範囲で、最

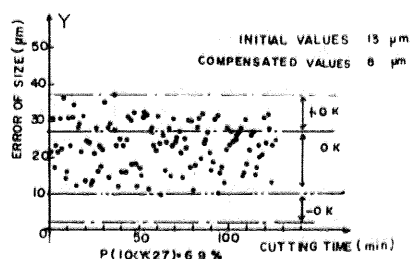


FIG. 8(a)

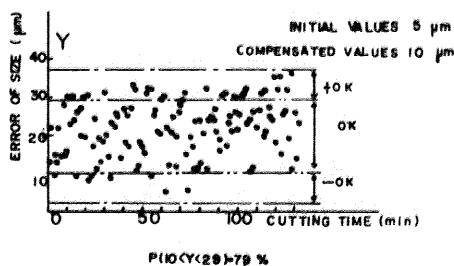


FIG. 8(b)

適な初期値と補正值を試行錯誤的な繰り返し計算を用いて、解析し求めた。計算結果をFig. 9に示す。この手順により最適なOK範囲、初期値、補正值とが決定される。この条件のもとで、シミュレーションした結果がFig. 8(a)である。以上より連続切削での仕上げ寸法の管理が行えることになる。

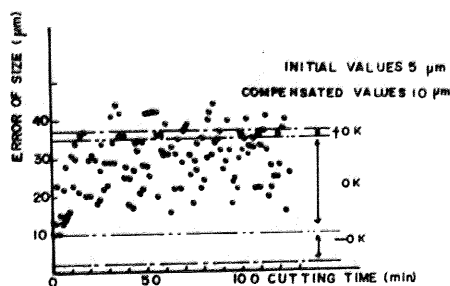


FIG. 8 (c)

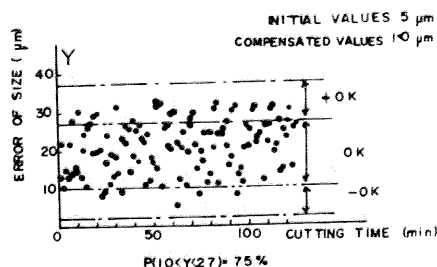


FIG. 8 (d)

4. 実験結果

4.1 寸法変化量の検討

連続切削を行った場合、切削時間による寸法変化値を表わしたのがFig. 10である。分布検定を行うと寸法変化量は正規分布するという仮定が正しいことを示した。

4.2 工具摩耗量の切削時間との関係式

連続切削を行った場合、寸法変化値から前述した誤差値を除いた寸法変化値を工具摩耗量として図にしたのがFig. 11である。工具摩耗量の平均値を最小二乗法で算出してやる。その場合に相関係数(r)を算出してやる、かなり強い相関が見られる。

5. 結言

以上のように旋盤の外丸削りにおいて、寸法精度の均一性をとらした適応制御を行う場合、工具補正の方法について明らかにし、実験結果と良好一致を得ることができた。

参考文献

- (1) 藤井 機誌 75-637(昭46-8) 80
- (2) 奥島, 藤井 機誌 34-268(昭43-12) 2219

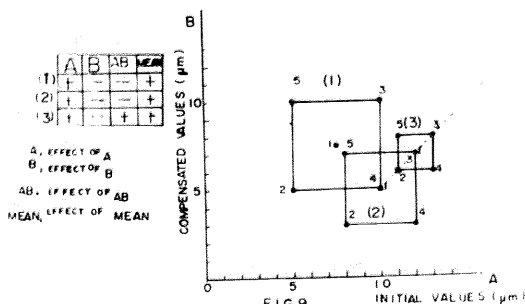


FIG. 9

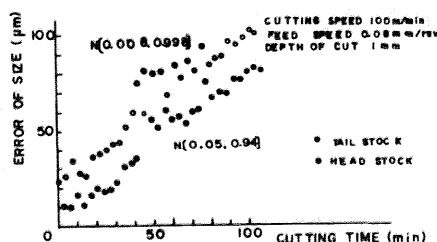


FIG. 10

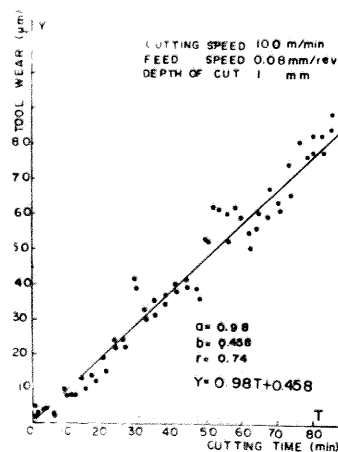


FIG. 11