

3点固定砥粒加工による真円度の向上

—シミュレーションによる検討—

大阪電気通信大学大学院 ○南部 光平 大阪電気通信大学 宇田 豊, 島田 尚一

要旨

工作機械に用いられる主軸には非常に高い真円度が要求されている。本研究では真円度計測法の3点法と研削加工を組み合わせ、工作機械の運動精度に依存せず真円度と表面粗さを向上させるため、3点固定砥粒加工法を提案する。本報では、計算機シミュレーションにより提案する加工法が有効であることを確認した。

1. 緒言

工作機械の主軸に使用される軸には、非常に高い真円度が要求されている。現在、一般的には母性原理により工作機械の主軸の回転精度以上の真円度を創成するには困難である。本研究では真円度計測に用いられる3点法と、表面仕上げ用砥石による研削加工を組み合わせにより、工作機械の運動精度に依存せず真円度を向上させるため、3点固定砥粒加工法を提案する。本報では、提案した加工方法の有効を確認するため、計算機シミュレーションを行う。またシミュレーションによって被削材の真円度を効率よく向上するための要因についても検討を行う。

2. 加工原理

工作機械の運動精度に依存せず真円度を向上させるため、被削材の形状の凹凸によって力を与えることができる圧力転写加工に着目し、表面粗さを向上させることのできる研削加工を用いる。そのため砥石は自動的に、被削材の凸部では砥石にかかる力が大きくなるため除去量が多く、凹部では砥石にかかる力が小さくなるため除去量は少なくなる機構が必要となる。

図1に示すように、研削装置の構成はリング状のフレームに砥石が取り付けられた板ばねで構成されている。被削材の形状に沿って板ばねが変形し、砥石にかかる研削力が変化するようにになっている。それぞれの砥石から被削材にかかる力の合力が零になるように、径方向に対して自動的にフレームが動く機構となっている。この状態は、どのような円形状であってもそれぞれの砥石と被削材の中心座標までの距離が同じである。砥石の取り付け角度は図1に示した角度に設定しており、この3点の角度は最大公約数が 5° であり、サンプリング定理で72点の半分である36山成分まで修正ができるようになっている。一般的に、円の山成分は7山までは円形状であり、15山以上の成分はうねりや表面粗さと見なされている。本実験では、円形状を向上させることをターゲットとしているため、この設置角度で十分であると考えられる。軸方向の加工は図2で示したように、既に述べた径方向に対してフレームが自由に動く機能を損なわずに、Z方向にも動かせる機能を付加することで、軸方向の加工も可能にしている。

3. 真円度の向上シミュレーション

シミュレーションのフローを図3示す。加工現状は圧力転写であることから、除去量はプレストンの経験則により求める。まず任意の円形状を設定し、次の繰り返し計算まで、円形状が変わら

ないと仮定する。砥石が接触する3点により決定される円の中心座標と、半径を被削材に加わる合力が零となるよう求める。半径の変化量と板ばねのばね定数の積に、初期に与えた研削圧力を加えることによって、各砥石の研削圧力を求める。図4に示すように、X軸に加工物の角度を、Y軸に研削力として個々の砥石の研削力と、これらの和を示す。研削圧力と除去量は比例することにより、3つの砥石の法線方向研削圧力の和に比例した除去量分布となる。初期の形状から除去量分布を引くことで、形状および真円度を求める。上記処理を繰り返すことにより、本加工法による真円度向上がどのように進展するかシミュレーションする。

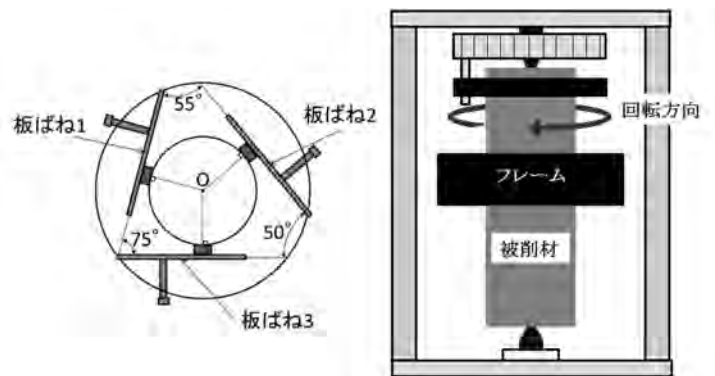


図1 研削装置

図2 加工装置概略図

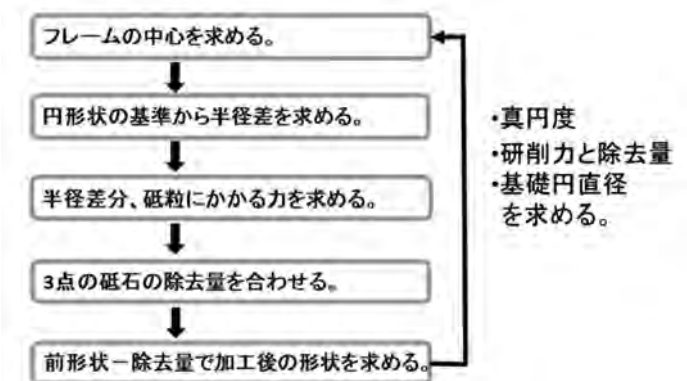


図3 シミュレーションのフロー

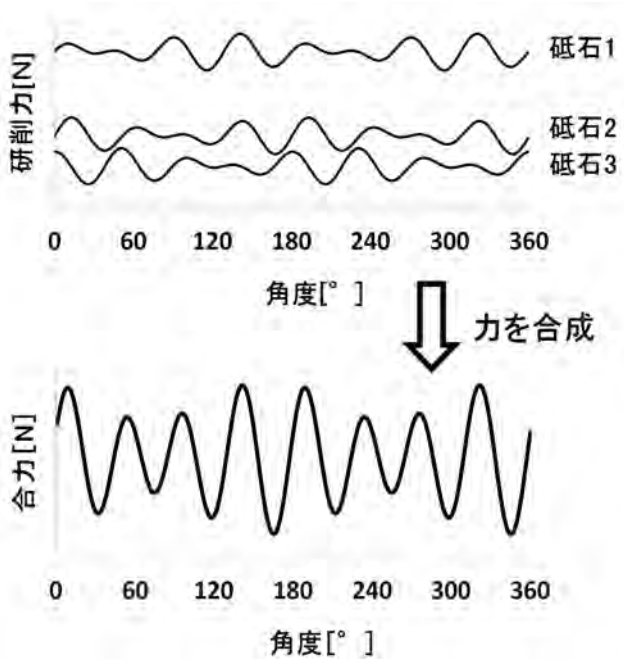


図4 研削力の合成の概念図

4. シミュレーション結果

シミュレーションするための条件を以下に示す. 初期の円形状は3山成分, 真円度 $4\mu\text{m}$, 直径を 50mm とし, 初期形状の半径が $1\mu\text{m}$ 除去されるまでの時間をシミュレーション1回とし, 2回目以降はその時間を基準に繰り返し計算を行った. 以上の条件で, ばね定数 k の値を $1\sim 100\text{N/mm}$ 変化させる.

ばね定数を 25N/mm を与えた時の形状と真円度の変化を図5に示す. 3山成分のピークとバレーの位置が変化せず, 振幅だけが小さくなり, 真円度が向上した結果が得られた. ばね定数を $1\sim 100\text{N/mm}$ まで変更した場合の研削力と除去量の変化の結果を図6に示す. ばね定数の値が大きいほうは研削力及び除去量が減少している.

同様にばね定数別に, 基礎円直径の変化を図7に, 真円度の変化を図8に示す. シミュレーション回数を重ねるにつれ, 真円度が収束しているのが確認できた. また, ばね定数の値は大きい方が, 半径の減少量が少なく真円度が向上しやすいことが確認できた. これは, ばね定数を大きくすることによって, 形状の凹凸によって研削圧力が大きく変化しているためであると考えられる.

5. 結言

3点固定砥粒加工を提案し, 加工方法の有効性を確認するためシミュレーションを行った結果, 真円度の向上できる加工法であることを確認した. また, ばね定数の大きい硬質な板ばねを用いることで, 形状修正能力が高く, 少ない除去量で真円度が向上することが明らかになった. しかし, 硬質な板ばねを用いると加工現象が圧力転写ではなく運動転写となる可能性があるため, 今後ばね定数の最適化が必要である.

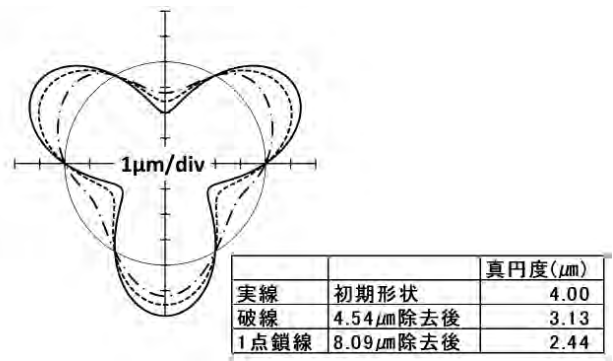


図5 形状と真円度の変化 (ばね定数 25N/mm の場合)

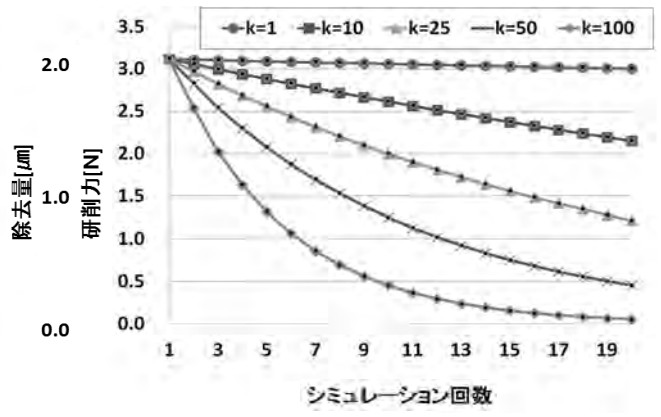


図6 研削力と除去量の変化

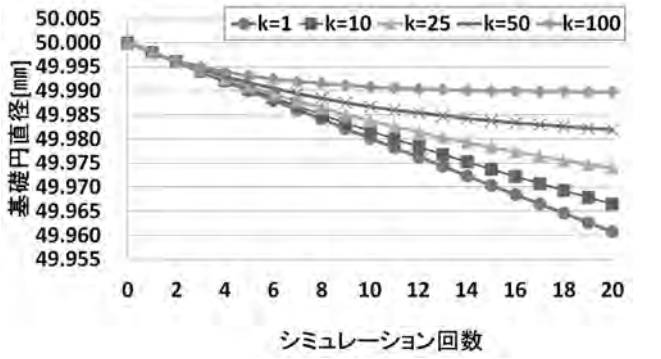


図7 基礎円直径の変化

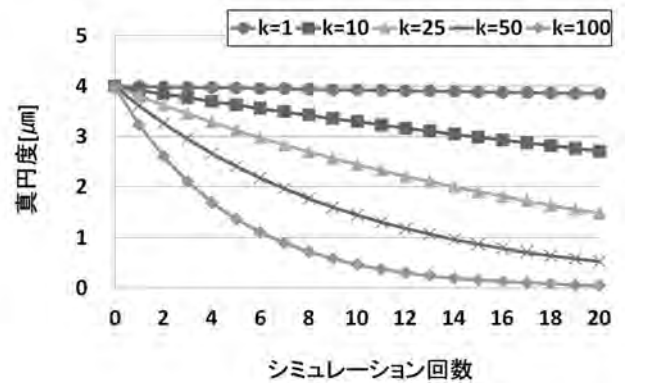


図8 真円度の変化