

学 位 論 文 題 名

工具・工作物調和動作に基づく形状創成法の
開発に関する研究

学位論文内容の要旨

機械部品あるいは製品の製造工程において、除去加工は広く用いられている。その中でも切削および研削による機械加工は製造業界における加工法の多くの部分を占めている。除去加工の過程において工作物に与えられる形状は主に二つの要因によって決定される。それらは工具形状の工作物への転写および工具の移動軌跡の工作物への転写である。形状の創成においてこれら二者のどちらが主体となるかは加工の機構、使用される工作機械の構造によって異なっている。またこれらを同時に考慮する加工方法は限られた用途にのみ用いられている。現在の製造部門においては多品種少量生産の必要性和頻繁なモデルチェンジの要求から、柔軟かつ多彩な加工をこなすことのできる工作機械への要求が強く、これらの要求に答えるため、機能の複合化された工作機械も開発されつつある。このような工作機械において工具形状の工作物への転写および工具の移動軌跡の工作物への転写をさらに高度に利用することができれば形状創成に対する自由度が高まり、非常に有効であると考えられる。

そこで本論文では工作物への工具形状の転写および工具軌跡の転写の二つの要素を、工具と工作物の調和動作によってさらに高度に利用することによる形状創成法の開発を試みた。ここでは回転運動を主体とする現有の工作機械を基に、具体的な例を取り上げながら本加工方法の実現に向けた実践的な取り組みが行われ、いくつかの加工例に対して有効な成果が得られた。

本論文は全 8 章で構成されている。

第 1 章では一般的な機械加工における工具形状の転写および工具軌跡の転写の二つの要素から見た形態の違いに触れ、本研究におけるそれら二つの要素および工具・工作物調和動作の応用の指針や考え方、研究の意義などについて述べた。

第 2 章では工具を回転する工作物に対して同期制御することにより普通 NC 旋盤を用いて任意の断面形状を創成する方法に関する取り組みについて述べた。ここではまず旋削用 NC 言語を利用した刃物台位置制御方法が試みられ、さらに旋盤駆動系の能力をさらに引き出す方法として開発したダイレクトコント

ロール方式による制御法についての取り組みが行われた。結果として NC 言語による制御法においては言語処理における能力的制約と時間的不確定要素を含むことから任意形状創成への適応は困難であり、これに対してダイレクトコントロール方式では目的の幾何形状を再現性よく得ることが出来ることが示された。

第 3 章では形状測定機構とダイレクトコントロール方式による刃物台位置制御機構の融合により工作物表面形状に追従した加工を行う形状適応切削システムの開発を行った。ここではシステムの構造と制御プログラムの開発について述べ、実際の加工例を示してシステムの有効性を示した。

第 4 章では三次元的に配置された工具の輪郭形状の工作物への転写による形状創成方法に対する取り組みを行った。例として非球面形状の研削加工を取り上げ、コンピュータシミュレーションにより目的形状に対する加工精度を考察した。結果としてある程度の近似精度は得ることが出来たが、精度向上のためには工具形状に対してさらに考察を加える必要がある事が分かった。

第 5 章ではボールねじを例に三次元的に配置された工具の輪郭形状と工具と工作物の相対運動を同時に考慮した形状創成法に取り組んだ。ボールねじ溝は一般に円弧を二つ組み合わせ合わせたゴシックアーチと呼ばれる形状をしており、この加工には通常は総形研削が用いられるが、砥石のドレッシングに手間を要する。ここでは普通形状砥石の使用を前提に、本形状創成法の理論に基づく研削シミュレーションによって最適な砥石設定角度が求められ、本加工法が可能であることが示された。さらに誤差判定法の改善によって形状精度が大きく向上した。またシミュレーション結果に基づく加工実験と創成されたボールねじの形状測定結果から、加工工程がやや複雑にはなるものの本加工法が有効であることが示された。

第 6 章では第 5 章に述べたボールねじ創成法により加工を行う場合の加工工程をより簡略化する目的で砥石設定角の自由度を減らし、ねじ溝両面を同じ設定ないし 1 パスで加工する方法に取り組んだ。コンピュータシミュレーションと実際の加工実験の結果、形状精度を維持しつつ、加工工程が大幅に簡略化され得ることが示され、本加工法の実現性がより高まった。

第 7 章では既存の形状解析システムにかわる新しいボールねじ測定および評価システムの開発を行った。ここではまずボールねじと鋼球の接触に関する幾何学的考察が行われ、接触点における特徴的性質が明らかにされた。さらに鋼球の中心円径測定法として新たに開発した六球法についてその測定理論と実際の測定結果を示した。幾何学的性質と六球法による測定結果および溝断面の形状データから、ねじの立体形状を求め形状の解析を行うシステムが開発され、ボールねじ溝に対するより詳細な解析と評価が可能となった。

第 8 章では本研究において得られた成果について総括を行った。

以上

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 鍵和田 忠 男
副 査 教 授 岸 田 路 也
副 査 教 授 山 田 元

学 位 論 文 題 名

工具・工作物調和動作に基づく形状創成法の 開発に関する研究

切削・研削に代表される除去加工において工作物に形状が与えられる過程は主として、工具形状の工作物への転写、および工具の移動軌跡の工作物への転写、の二つに分けることができる。これらを同時に考慮する加工方法は限られた用途にのみ用いられている。今後、多品種小量生産と頻繁なモデルチェンジへの要求から、柔軟かつ多彩な加工をこなすことのできる工作機械への要求が強く、これらの要求に答えるため、工具形状の工作物への転写および工具の移動軌跡の工作物への転写、さらにこれらの複合した加工法を高度に発展させることは極めて有用である。

本論文はこれらの背景のもとに、工作物への工具形状の転写および工具軌跡の転写、さらにこれらを複合した要素を、工具と工作物の調和動作によってさらに高度に利用することによる新たな形状創成法の開発を試みたものである。ここでは回転運動を主体とする現有の工作機械を基に、具体的な例を取り上げながら本加工方法の実現に向けた実践的な取り組みが行われた。結果として得られたいくつかの加工例に対する主な成果は以下のように要約される。

- ① 工作物への工具軌跡の転写による形状創成法を発展させたものとして、普通NC旋盤を用いて任意の断面形状を創成する方法に関して、旋盤駆動系の能力をさらに引き出す方法として開発したダイレクトコントロール方式により目的の幾何形状を再現性よく得ることが出来ることが示された。
- ② 上記のダイレクトコントロール方式と形状測定機構の融合により、与えられた工作物の表面形状に追従した加工を行うための形状適応切削システムの開発がなされ、その有効性が確認された。
- ③ 工作物への工具形状の転写による形状創成法を発展させたものとして、三次元的に配置された工具の輪郭形状の工作物への転写による形状創成方法の開発がなされ、例として行われた非球面形状の研削加工において一定の近似精度が得られ、さらなる精度向上のための工具形状への指針が得られた。
- ④ 工作物への工具形状の転写および工具軌跡の転写の双方を複合した形状創成法を

展させたものとして、三次元的に配置された工具の輪郭形状と工具・工作物の相対運動を同時に考慮した形状創成法をボールねじの創成に適用した。その結果、通常は総形研削が用いられるボールねじ溝の創成が、普通形状砥石の使用でも可能となり、総形ドレッシングが不要となって加工工程が改善された。

⑤ 新たにボールねじと鋼球の接触に関する幾何学的考察がなされ、接触点の位置および運動に関する新知見が得られた。

⑦ 既存の方法に代わる新しいボールねじ測定法（六球法）および解析法が開発され、測定手順の改善および解析・評価の詳細化がなされた。

以上を要するに、著者は、除去加工において工具・工作物調和動作に基づく新たな形状創成法と測定法の開発に新知見を得たものであり、機械加工学、形成工学の発展に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。