

氏名	梅津 恭輔
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4960号
学位授与の日付	平成26年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	CNC 工作機械における最適な熱変形抑制方法に関する研究
論文審査委員	教授 塚本眞也 教授 藤井正浩 教授 岡田 晃 准教授 大橋一仁

学位論文内容の要旨

工作機械における加工精度劣化の主要因は、機械の熱変形によるものであり、従来から様々な研究が実施され多くの成果が達成されてきている。その中で、機械の高速化の進歩および近年の省エネ志向によって、低コストかつ効果的な熱変形対策の必要性が大きくクローズアップされている。

機械熱変形の発生原因は、機械稼働時の摩擦やモータ等による発熱（内部熱源）による影響、周辺環境温度変化（外部熱源）による影響、工具－工作物間の切削熱および切りくずや切削液等の加工による発熱の影響の3つに大別できる。この中で、繰返し位置決め精度に最も大きく関与している熱的要因は、機械稼働時に発生する送り駆動系（サーボモータ・ボールねじ・軸受など）の発熱であると考えてよい。そこで、本論文では、工作機械の送り駆動系の稼働による発熱に着目し、稼働状態によって複雑に現れてくる様々な熱変形現象についての研究を実施し、その成果をまとめている。

本論文は、第I編「CNC 工作機械の送り駆動系における稼働発熱に対する繰返し位置決め精度安定化に関する研究」と第II編「CNC 工作機械における稼働発熱に起因する姿勢精度誤差の抑制方法に関する研究」から構成されており、以下に、各研究の内容を述べる。

第I編においては、工作機械の送り駆動系に最も一般的に採用されているボールねじについて着目し、その摩擦発熱現象によるねじ軸の熱膨張量によって引き起こされる加工精度劣化への対応について述べる。具体的には、送り軸駆動摩擦発熱によるねじ軸部の温度上昇を正確に予測し、CNC 装置内において予測温度上昇値から位置ずれ量を算出し、位置決め指令においてずれ量をキャンセルすることによって加工精度の低下をソフト的に補償する手法の効果について示している。高い補償精度を維持するためには、温度上昇量を正確に把握することが最重要課題となる。そのために、ボールねじの摩擦発熱現象を様々な稼働条件下において発生させながら、温度変化・熱膨張量変化・サーボモータの負荷電流値変化などの測定を進め、最終的に摩擦発熱トルクの推定やねじ軸表面の平均熱伝達率などを明らかにすることによって、ボールねじナット部における複雑な発熱メカニズムの解明を試みている。その結果、早送り速度や加減速時定数などの機械仕様や、加工プログラムなどの稼働条件に対応して、高精度にねじ軸の温度上昇を予測可能な演算式を確立することができた。このことは、機械設計段階における機械熱変形対策の検討に対して非常に有益なことである。

第II編においては、送り駆動部の摩擦発熱が緩やかに機械主要構造物へと熱伝導することにより発生する、直角度や真直度などの機械姿勢精度悪化に対する対応策についての検討内容を報告する。本編では、機械稼働による内部熱源による影響に加えて、外部熱源である周辺環境温度変化による機械熱変形に対しても言及していく。結果として、機械主要構成要素の中において機械姿勢変形と密接に関連しながら温度変化する箇所を特定することができた。それにより、低コストかつ効果的な機械熱変形抑制対策を検討することが可能となる。

論文審査結果の要旨

本論文では、第Ⅰ編において、工作機械の送り駆動系に最も一般的に採用されているボールねじについて着目し、その摩擦発熱現象によるねじ軸の熱膨張量によって引き起こされる加工精度劣化への対応について検討している。ボールねじの摩擦発熱現象を様々な稼働条件下において発生させながら、温度変化・熱膨張量変化・サーボモータの負荷電流値変化などの測定を進め、最終的に摩擦発熱トルクの推定やねじ軸表面の平均熱伝達率などを明らかにすることによって、ボールねじナット部における複雑な発熱メカニズムの解明を試みている。その結果、早送り速度や加減速時定数などの機械仕様や、加工プログラムなどの稼働条件に対応して、高精度にねじ軸の温度上昇を予測可能な基本演算式を示している。

さらに、第Ⅱ編において、送り駆動部で発生した摩擦発熱が緩やかに機械主要構造物へと熱伝導することにより発生する、直角度や真直度などの機械姿勢精度悪化に対する対応策について検討している。また、機械稼働による内部熱源による影響に加えて、外部熱源である周辺環境温度変化による機械熱変形に対しても言及している。結果として、機械主要構成要素の中において機械姿勢変形と密接に関連しながら温度変化する箇所の特定が達成されている。

本研究で得られた結果は、査読付の英語論文に1編の他、国内の講演会においても3編報告しており、学術的価値が高いと考えられる。また、得られた成果の工学的価値も高く、すでに実用化も進められている。

以上より、本論文は工学分野の学位に値すると判断した。