

氏名	山本 優
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3888号
学位授与の日付	平成21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	高精度な研削加工のための円筒研削盤の知能化に関する基礎的研究
論文審査委員	教授 塚本 真也 教授 宇野 義幸 准教授 大橋 一仁

学位論文内容の要旨

円筒研削加工において、寸法精度、真円度、円筒度、表面粗さは重要な評価基準であり、部品の高精度化に伴いその要求レベルはますます厳しくなっている。そこで本論文では、高精度・高効率な研削加工を高度化するための円筒研削盤の知能化に必要な基礎的技術として、「円筒研削盤上でのシステム剛性・接触剛性の測定技術」と、「円筒研削加工における熱変形量を考慮した寸法誤差最小化技術」を提案し、これらの技術が円筒研削盤に搭載可能で、知能化のための要求機能を満足していることを実験的に検討した。

まず、砥石支持系と工作物支持系の剛性いわゆるシステム剛性と、砥粒切れ刃の支持剛性と工作物の剛性すなわち接触剛性の円筒研削盤上での測定技術を提案した。砥石磨耗に起因する切残し量と仕上げ面粗さに起因する切残し量以外の切残し量の和は、システム剛性と砥石-工作物系の接触剛性および加工中の研削抵抗測定値から計算により求めることができる。求めた切残し量をパラメータにして研削状況に応じて研削条件を自動決定すれば高精度な研削加工が可能になる。開発した剛性測定技術は、剛性測定サイクルとして研削加工サイクルの中に組み込まれ、システム剛性・接触剛性を自動測定する。剛性測定サイクルでは、プランジ定常研削状態から砥石台を20 μm だけ急速後退し、砥石と工作物を離間してシステム剛性・接触剛性に起因する研削系のかつき量を解放する。そして、砥石台を低速で前進させて砥石を工作物に再接触させる。砥石軸に設置したAEセンサの信号出力値から砥石台急速後退直前の研削背分力を測定し、同じAEセンサで砥石と工作物の再接触の瞬間を検知する。砥石台が急速後退を開始する位置の砥石台送りX軸座標値と、砥石と工作物が再接触した瞬間のX軸座標値を読み取り、これらの座標値の差 Δx を求めて測定時間内の工作物熱収縮量で補正すれば、 Δx の補正值はシステム剛性・接触剛性に起因する研削背分力方向の研削系のかつき量と考えられる。AEセンサで測定した研削背分力を研削背分力方向の研削系のかつき量で除算すれば、システム剛性・接触剛性を求めることができる。実験により、剛性測定サイクルで求めたシステム剛性・接触剛性を、従来の測定方法で求めた剛性と比較した結果、本研究で開発した「円筒研削盤上でのシステム剛性・接触剛性の測定技術」は有効であることがわかった。

次に、「円筒研削加工における熱変形量を考慮した寸法誤差最小化技術」を提案した。円筒研削作業では、寸法精度を維持するために研削中の工作物寸法を直接定寸装置で測定して、ゼロ点信号出力と同時に砥石台を後退させる直接定寸研削が行われている。しかし、研削熱のために研削終了直後の工作物温度はゼロ点設定時の基準工作物温度より高く、研削終了後も工作物温度の低下とともに工作物寸法は小さくなっていく。したがって、直接定寸研削であっても寸法誤差はゼロにならない。寸法精度を向上させるためには工作物の熱変形量を把握することが必要である。そこで、工作物1個目の研削で、経過時間に対する工作物の熱変形量の変化を測定して定式化し、研削主分力をパラメータにして2個目以降の研削の工作物の熱変形量の変化を推定した。また、工作物の熱変形量の定式化にあたり、定式化に必要な定数値が短時間で求められるように外挿推測データを作成した。研削主分力は砥石軸に設置したAEセンサの信号出力値から推定している。工作物の熱変形量の変化が定式化されたことで、スパークアウト以降の経過時間に対する工作物の熱変形量の変化を把握することが可能になり、工作物寸法が熱収縮後に目標寸法となるように制御して、工作物の熱変形による寸法誤差を最小化することができる。研削実験により、熱変形量を考慮した寸法誤差最小化技術の有効性を確認した。

論文審査結果の要旨

円筒研削加工では、部品の高精度化にともなって、その要求精度がますます厳しくなっている。そこで本論文では、高精度・高能率な研削加工をさらに高度化するための円筒研削盤の知能化に関する基礎的技術として、「円筒研削盤上でのシステム剛性・接触剛性の測定技術」と「円筒研削加工における熱変形量を考慮した寸法誤差最小化技術」を提案し、これらの技術が円筒研削盤に搭載可能で、知能化のために必要な要求機能を満足していることを実験的に検証している。

まず、砥石支持系と工作物支持系の剛性いわゆるシステム剛性と、砥粒切れ刃の支持剛性と工作物の剛性すなわち接触剛性を、円筒研削盤上で研削加工サイクル中に短時間で自動測定する技術を提案し、実験により従来 of 測定方法で求めた剛性と比較して、有効な測定技術であることを確認している。測定した剛性と研削抵抗から切残し量を計算し、求めた切残し量をパラメータにして研削状況に応じて研削条件を自動決定すれば高精度で高能率な研削加工が可能になる。

次に、「円筒研削加工における熱変形量を考慮した寸法誤差最小化技術」を提案している。円筒研削作業では、寸法精度を維持するために研削中の工作物寸法を直接定寸装置で測定し、ゼロ点信号出力と同時に砥石台を後退させる直接定寸研削が行われている。しかし、研削熱のために研削終了直後の工作物温度が高くなり、研削終了後も工作物温度の低下とともに工作物寸法は小さくなっていく。寸法精度を向上させるためには工作物の熱変形量を把握することが必要である。そこで、研削主分力をパラメータにして研削終了後の経過時間に対する工作物の熱変形量の変化を定式化し、工作物寸法が熱収縮後に目標寸法となるように制御して、工作物の熱変形による寸法誤差を最小化する技術を提案し、研削実験によりその有効性を確認している。

以上のように本論文は、円筒研削加工のさらなる高精度化を実現するための円筒研削盤の知能化に必要な基礎的技術を提案するとともに、実験によりその有効性を立証したものであり、工学上および工業上、貢献するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位を授与するに値するものと認める。