

氏名	おおつかひろとし 大塚裕俊
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3647号
学位授与の日付	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	焼入れ金型のエンドミル加工における切削抵抗の推定と制御に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 垣野義昭 教授 久保愛三 教授 吉村允孝

論文内容の要旨

本論文は、金型用の焼入れ鋼のエンドミル加工について、加工コスト最小や加工時間最小などの目的に応じて適切な加工条件を与える金型加工用データベースの構築を側面から支援しつつ、主として工具損傷による工具寿命の減少および加工面の形状精度の劣化を防止するため、切削抵抗の推定と制御を行う方法について研究を行ったもので、以下の8章からなっている。

第1章は、緒論であり、焼入れ金型の製造プロセスの変遷を考察した後、現在最も一般的な (Al, Ti) N コーティングされた超硬エンドミル工具による焼入れ鋼 SKD61 (HRC53) の直彫り法における問題点を列挙し、高精度、高能率、長工具寿命な切削加工法の開発が必要であることを考察している。

第2章は、(Al, Ti) N コーティングされた超硬エンドミル工具によって焼入れ鋼を切削する場合の切削機構と工具摩耗について実験的に解析し、切刃と被削材の接触が生じる微小部分のみで微小なチップングが発生し、負のすくい角が増大するという特徴的な工具摩耗が発達し、最後に切刃に大きなチップングが生じて工具寿命にいたるプロセスについて考察している。

第3章は、ストレイトエンドミルによって直線状に加工するという最も基本的な場合について、被削材と切刃との幾何学的な干渉関係について考察し、切削前の最大切りくず厚さと切削円弧長の2つのパラメータを説明変数とする応答曲面法によって切削抵抗を推定する数学モデルを提案し、これが非常に簡便であり、かつ実験結果と良く一致することを確かめている。

第4章は、第3章の結果を拡張して、実際の金型で多用される曲線状にエンドミル工具で切削する場合についても、同じ数学モデルが成立することを実験的に確かめ、これを用いて曲線状に切削する場合に工具経路の変化に応じて、切削抵抗を一定とするために必要な送り速度あるいは半径方向切込みを計算によって求め、切削実験によってその信頼性を確かめている。

第5章は、ストレイトエンドミルで切削する場合に切削抵抗の急変が生じる半径の小さい内側円弧部や送り速度の急変が生じる工具経路の移行部においても、適当な時定数を設定することにより同じ数学モデルを用いて切削抵抗の一定化制御を行うことができることを理論計算と実験によって確かめている。

第6章は、前章までで得られた方法を用いて実際の金型を切削した場合に、加工された金型の形状精度向上に切削力一定化制御がどの程度寄与しているかを実験的に確かめている。その結果、従来の2~3倍程度の高エネルギーで加工しても、加工形状誤差が大幅に減少できることを確認している。また、切削抵抗一定化制御を行うことにより、過大な切削抵抗の発生を防止することができ、工具のチップングが大幅に減少し、工具寿命が延び、そのばらつきが大幅に減少することを実験によって確認している。

第7章は、ボールエンドミルを用いて3次元自由形状を仕上げ加工する場合、第3の説明変数としてボールエンドミルの先端切削関与角を用いて切削抵抗を推定する応答曲面を用いた数学モデルを構築し、前章までと同様にこの数学モデルによ

って正確に切削抵抗が予測できることを実験によって確かめている。

第8章は結論であり、本論文で得られた結果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、金型用の焼入れ鋼のエンドミル加工について、加工コスト最小や加工時間最小などの目的に応じて適切な加工条件を与える金型加工用データベースの構築を側面から支援しつつ、主として工具損傷による工具寿命の減少および仕上げ面の形状精度の劣化を防止するため、切削抵抗の推定と制御を行う方法について研究を行ったもので、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 焼入れ金型用に多用されている SKD61 (HRC53) を (Al, Ti) N コーティングされた超硬エンドミルで切削加工する場合には、通常とは異なる負のすくい角が増大し、切削抵抗の法線方向成分のみが顕著に増加するという摩耗機構を解明した。
2. ストレイトエンドミルを用いて切削する場合に応答曲面法を利用して、変形前の最大切りくず厚さと切削円弧長を2つのパラメータとする切削抵抗の推定のための簡便な数学モデルを構築し、広い範囲で実測結果と非常によく適合することを確かめた。
3. ボールエンドミルを用いて切削する場合は、第3のパラメータとして切削関与角を用いて構築した数学モデルによって推定した切削抵抗力が、広い範囲で実測結果と非常によく適合することを確かめた。
4. これらの数学モデルを用いて、送り速度を加工形状に合わせて変化させるフィードフォワード制御を用いて、加工を行ったところ、切削抵抗が目標値に対して数パーセント以下の誤差しか生じず、切削抵抗一定化加工が行えた。
5. 上記の方法を用いて切削抵抗一定の下で、実際に焼入れ鋼の加工を行ったところ、工具寿命が数倍長くなり、エンドミルの倒れによって生じる加工形状誤差もかなり小さくすることができ、金型加工の合理化を図ることができた。

以上、要するに本論文は、従来は困難であった、焼入れ金型加工において簡単な数学モデルによって切削抵抗を推定する手法を用いて切削抵抗を一定としつつ加工することによって、加工能率と長工具寿命、高精度加工の両立を可能にする手法を提案した。この成果は、幅広い金型加工分野において適用できるものであり、金型工業の将来に有力な手段を提供するものである。

本論文は、学術上、實際上寄与するところが少なくなく、よって博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成14年1月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。