

氏 名	竹 村 正 たけむらただし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1031 号
学位授与の日付	昭 和 53 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	旋削加工におけるびびり振動除去に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 岡村健二郎 教授 大矢根守哉 教授 佐藤 進

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、旋削加工におけるびびり振動除去に関する研究と題し、緒論、本論6章および結論からなっている。

緒論では、切削加工におけるびびり振動の研究の歴史的経過とその重要性について述べ、本論文の目的が、旋削加工で生ずる種々の形式のびびり振動の発生機構およびその挙動を、理論的並びに実験的に解明しそれらに基づいて、加工能率の点から重要な問題である再生型自励びびりを防止する方法を確立することにあるとして、本研究の意義および解析の対象と方法について述べている。

第1章は、再生型自励びびり振動の発生機構と安定限界について解析した結果について述べたものである。再生効果およびペネトレーション効果を考慮して、切削過程の動特性を示す理論モデルを設定し、ステイフネス法により振動変位と切削力変動との間の伝達特性を求め、このモデルの有効性を確認している。また、動的、静的比切削抵抗とびびり振動マークの波長との関係を明らかにしている。これらの結果より、工作機械構造および切削過程の動特性から、再生型自励びびり振動に対する安定限界を解析する手法を確立し、ペネトレーション作用および構成刃先の発生により、低速側安定効果が生ずることを明らかにしている。

第2章では、工具摩耗のびびり振動におよぼす影響について吟味している。まず、逃げ面摩耗を考慮した切込方向振動の解析を行ない、フランク摩耗面と仕上面との干渉により、減衰力が発生することを明らかにし、逃げ面摩耗には再生型自励びびり振動を抑制する作用があることを確認している。さらに工具の逃げ面摩耗が切削方向振動におよぼす影響を解析し、逃げ面にフランク摩耗面が生じている場合には振動周波数が1000Hz 以上になると、負の減衰力が発生し、摩擦型自励びびり振動が起ることを見いだしている。

第3章は、断続切削ならびに切くず生成の周期性に起因する力外乱型びびり振動についての解析である。まず、力外乱型強制びびり振動の理論モデルを確立し、溝付き棒の旋削実験により、断続切削状態

における振動問題を検討し、断続切削の周波周波数、あるいはその高調波周波数が機械構造の固有振動数に接近すれば、顕著な強制びり振動が発生する、その際再生効果による振幅の増減はほとんどないことを明らかにしている。ついで、不連続切くずを周期的に生成しやすい鉛入り快削黄銅、および18—8オーステナイト系ステンレス鋼を被削材に選んで旋削実験を行ない、切くず生成周波数が機械構造の固有振動数以上になるかなり広い切削速度範囲において、再生型自励びり振動とは異なる形態のびり振動が発生することを見出している。さらに、このびり振動は切削方向の振動変位が切くず生成の周期性に影響しながら発生する自励振動であることを明らかにしている。

第4章では、再生型自励びり振動を防止するための切削過程の制御方式について検討した結果を述べている。まず、振動変位を検出し、それに見合った補償力を加えるフィードバック制御方式を開発し、この方式においてはフィードバック補償系の位相特性に最適値があることを明らかにしている。また、主軸回転速度を変動させて、再生効果に攪乱を与えるびり振動抑制方式を提案し、この方式における振動抑制効果と主軸回転速度変動率、変動幅などの影響を実験的に検討し、この方式の有効性を確認している。

第5章は、前章で提案した主軸回転速度変動による振動抑制方式における諸因子の影響の理論的解析手法を述べたものである。切削中の振動変位を表わす微分方程式に、主軸回転速度変動を表わす遅延関数を導入し、これから振動振幅を数値積分法により算出する方法を確立し、諸因子の影響について検討している。その結果、平均主軸回転速度が低い程、振動の抑制は容易である、振動振幅は機械構造の等価ばね定数に反比例し、白色ノイズで近似した切削力の不規則な変動成分のパワーの平方根に比例することなどを明らかにしている。

第6章では、主軸回転速度変動方式による再生型自励びり振動に対する安定限界の向上について検討している。前節の論解析手法から、安定限界の計算方法を確立し、その精度を実験的に確認している。また、有効な主軸回転速度変動波形の理論的探索法を確立し、三角波が最も大きく安定限界を拡げることが明らかにしている。

最後の結論は、全体をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

旋削加工におけるびり振動の発生は加工精度、工具損傷、生産能率などの点から大きな問題になっている。しかしながら、発生機構の複雑性、影響因子の多様性から、その発生の予知および防止技術はいまだ不充分であり、工作機械の自動化、無人化の進展に取って大きな阻害要因となっているのが現状である。

この論文はこの点に着目して、種々の形態のびり振動の発生機構とその挙動を詳細に解明した上で加工能率の点から特に重要な再生型自励びり振動の防止方法について新しい提案を行い、その効果を実証したもので、得られた主な成果は次の如くである。

(1) 振動変位と切削力変動との間の伝達特性を、再生効果、ベネトレーション効果を考慮して解明し、再生型自励びり振動の発生機構と安定限界を明らかにした。

(2) 旋削中における工具の逃げ面摩耗の進行とびびり振動との関係を詳細に検討し、フランク摩耗面と仕上面との干渉による減衰力の発生機構を明らかにし、逃げ面摩耗には再生型自励びびり振動を抑制する作用のあることを示した。

(3) 断続切削実験により、力外乱型強制びびり振動と機械構造の動特性との関係を解明し、この種の振動の発生している場合には、再生効果はほとんどないことを示した。また、不連続切くずの周期的生成によるびびり振動についても検討し、この振動は切削方向の振動変位が、切くず生成の周期性に影響しながら発生するもので、全く新しい形態の自励振動であることを発見した。

(4) 再生型自励びびり振動を防止する方法として、振動変位を検出し、それに見合った補償力を加えるフィードバック方式について検討し、振動と補償力の間の最適位相を求めた。

(5) 主軸回転速度変動により、再生効果に攪乱を与え、びびり振動を抑制する方式を提案し、この方式における諸因子の影響を理論的に解析する方法を確立し、各因子の振動特性に対する影響の仕方を定量的に明示した。

(6) 有効な主軸回転速度変動波形の理論的探索法を確立し、この方式の再生型自励びびり振動に対する安定限界の改善程度を明示し、三角波形の回転速度変動が最も大きく安定限界を拡げることが明らかにした。

これを要するに、本論文は切削加工において加工精度、加工能率、加工工数に重要な影響を持つ種々の形態のびびり振動、とりわけ再生型びびり振動の発生機構およびその挙動を切削工学的立場から詳細に解明し、さらにその防止法を確立したもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。