

氏名	森 脇 俊 道 もり わき とし みち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 683 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 3 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	Fundamental Study of Cutting Process Dynamics and Machining Chatter Control (切削過程の動特性とびびり振動制御の基礎的研究)

(主 査)
論文調査委員 教授 奥島啓式 教授 岡村健二郎 教授 会田俊夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、機械製造に際して最も広く用いられる切削用工作機械において発生し、種々の面で加工の障害となっているびびり振動の問題をとりあげ、その発生の主な原因である切削過程の動力学的特性を測定して、びびり発生にかかわる種々の現象を実験ならびに理論の両面から究明するとともに、その発生を防止するための方法を試みた結果について述べたもので、5章および付録からなっている。

第1章は、切削過程の動力学的特性を実験的に測定するための新しい方法として、切削工具に微小な不規則振動を加えながら切削を行なう、いわゆる時系列解析法を適用した結果について述べたものである。すなわち切削工具に切込み方向の不規則振動を行なわせ、その変位信号を測定すると同時に、それにとまって生ずる切削力の不規則変動を測定し、観測された変位と切削力の二つの不規則信号を解析処理することによって、種々の振動数で工具が正弦波振動を行なったときの切削力の変動状況を知ることができるという原理に基づくものである。本章においては、あらかじめ平坦に仕上げられた工作物を工具が振動しながら切削する、いわゆるインナ・モジュレーションのみが作用する場合について実験を行ない、不規則信号の解析処理の方法として、フーリエ解析による周波数領域での演算法、移動平均モデルによる時系列解析法および自己回帰型移動平均モデルによる時系列解析法の三種の異なる方法を試みて、どの演算方法が最も正確な結果を与えるかをしらべているが、その結果切りくず生成過程で顕著な切削力の雑音成分が発生し、それが機械構造系の弾性変形により工具の振動となってフィードバックされることが避けられない切削加工においては、自己回帰型移動平均モデルによる時系列解析法が最も適していることを見出した。

第2章はこの新しい測定実験の方法を、振動をともなった前加工によってすでに表面に起伏が残されている場合、いわゆるアウト・モジュレーションの存在する工作物を工具が振動しながら切削するという、より一般的な場合に適用できるように改良し、自己回帰型移動平均モデルによる解析処理を行なってインナおよびアウト両モジュレーションの動力学的特性を同時に測定する方法を完成した。これら新しい実験方法によって得られた切削過程の動力学的特性の測定結果は、近年他の研究者達によって提唱されてい

るびびり振動の発生理論に合致し、さらにこれまで知られていなかった振動周波数が種々に変化するときの動力学的特性の変化を詳細に示している。

第3章は、特に低い速度で切削するときに現われる切削過程の非線形動力学的特性を実験ならびに理論の両面から解析したものである。振動しながら切削する工具の逃げ面が加工仕上面と干渉すると、その瞬間大きな干渉力が工具と仕上面の間に発生するが、この干渉により生ずる変動力は非線形的性質を備えており、工具逃げ角が小さく、振動の周波数が高く、かつ切削速度が低いときに現われ、その結果びびり振動を生じない安定切削条件域を広げるばかりでなく、不安定切削状態においても、びびり振動の振幅を抑制する効果のあることを明らかにしている。

第4章は、びびり振動を積極的に抑制する一つの方法として、減衰ばねつき工具の効果と、その設計法について述べたものである。びびり振動の理論に立脚して、工具刃先を減衰のあるばねで支持した工具は、びびり振動の抑制に有効であることを示し、試作した2種類の減衰ばねつき工具を用いてその効果を確認するとともに、最適なばねと減衰器の設計手順を設計図表によって示している。

第5章は、びびり振動を積極的に抑制する別の方法として、電気的なフィード・フォワード制御回路を新たに考案し、その効果を切削実験によって確認したものである。この方法は、工具シャンクに作用する切削の変動信号をストレン・ゲージで検出し、切削力変動を打消すような吸引力を電磁石によって工具と工作物間に生ぜしめることによって、切削力発生時の動力学特性を改善し、びびり振動の生じない安定限界を高めようとするものである。切削力検出部、フィルタ、微分回路、移相回路、出力増幅器およびマグネット加振器よりなる装置によって実験を行ない、この方法が実用的に応用し得るものであることを示している。

巻末の付録は、本文中では結果のみが示された理論解析および電子計算機による計算の詳細を述べたもので、付録1は再生型自励びびり振動の発生理論、付録2は自己回帰型移動平均モデルによる時系列解析の計算プログラムを示したものである。

論文審査の結果の要旨

切削加工におけるびびり振動は、発生のしくみが複雑多岐にわたるため、その解決を見ないまま今日に至っているが、機械工業の部品製作現場における生産能率ならびに部品精度向上に対する大きい障碍となっているため、基礎的な研究によってその解決をはかることが強く望まれていた問題である。近年にいたりようやくびびり振動発生機構の基礎理論のいくつかが提案され、研究のいとぐちが開かれるようになったが、この理論を確立し、実用的な解決方法を導くにはなお幾多の研究を必要とする状況である。本論文は、著者がびびり振動理論の確立と、実用的な振動制御方法の開発を目的として行なった実験ならびに理論的研究をまとめたもので、多くの有用な知見を得ているが、その主なものは次のごとくである。

1. びびり振動の発生機構の主要因である切削過程の動力学的特性を求める方法として、自己回帰型移動平均モデルを用いた時系列解析による測定実験が、最も実用的切削状態に近く、簡単容易であり、正確な結果が得られることを示した。またその測定結果は従来発表されているびびり振動理論によく合致し、さらに振動周波数の影響をはじめて明確にしている。

2. 自己回帰型移動平均モデルを用いた時系列解析は、インナ・モジュレーションとアウト・モジュレーションの両者を同時に含む一般的な切削状況にも適用することができ、このことは実際の加工における切削過程の動力学的特性のオンライン測定や実時間制御の可能性を示唆するものである。

3. 工具の逃げ角が小さく、振動の周波数が高く、かつ切削速度が低いときは、工具の逃げ面が加工仕上面と干渉して大きな干渉力が工具と仕上面との間に発生し、切削過程の動力学特性は非線形となるが、このような非線形動力学的特性は、びびり振動を生じない安定切削条件域を拡大する。

4. びびり振動の理論に立脚して、減衰ばねつき工具がびびり振動を抑制するのに効果があることが示され、試作工具によってその効果が確認された。なお同時にこのときのばねと減衰器の最適設計手順が示されている。

5. 電気回路により切削力変動を補償するフィードフォワード制御がびびり振動の抑制に有効であること、すなわち工具に作用する切削力変動を検出し、それを打ち消すような吸引力を電磁石によって工具と工作物間に生ぜしめることによって動力学的特性を改善し、びびり振動の生じない安定限界を高めることができることを示している。

これを要するに、本論文は現在なお多くの未解決の問題をもっている切削加工におけるびびり振動について検討を加え、理論の確立、振動の防止抑制などについて多くの有用な貢献をなし、学術上、工業上裨益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。