

氏名	坂田興亜 さか た おき つぐ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第960号
学位授与の日付	昭和52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	旋削工具に励起するびびり振動の研究

論文調査委員 (主査) 教授 奥島啓式 教授 岡村健二郎 教授 佐藤 進

論文内容の要旨

本論文は、旋削工具に励起するびびり振動の研究と題し、6章からなっている。

第1章は緒言で、切削工作機械におけるびびり振動研究の重要性と歴史的展望を述べ、この論文の目的が旋削工具に発生する自励びびり振動を研究対象とし、理論的並びに実験的解析によってびびり振動の特性を明らかにし、さらにすすんでびびり振動理論を体系化し、振動に対する安定限界を予知することにあるとして本研究の意義及び解析の対象と方法について述べている。

第2章は旋削工具に励起するびびり振動の一般的特性を知るために行なった実験結果について述べたもので、種々の切削条件下において黄銅管の端面を再生効果のある状態で二次元的に長手送り切削し、そのときの工具変位を測定して振動挙動を調べた。その結果、振動が発生した場合と発生しなかった場合には工具変位の大きさに明確な差があり、工具変位を測定することによって安定、不安定の判別を簡単に行なえること、またこれによって安定限界曲線を容易に求めうることを示している。なお切削剛性に関しては、振動変位の方向が切削背分力の方向にあるとき、切削厚さが増すと切削剛性が小さくなり安定切削領域が増加し振動数が小さくなること、切削幅が増せば切削剛性は大きくなり安定切削領域が減少し振動数が大きくなること、またびびり振動数は常に工具固有振動数より大きいことなどを明らかにしている。

第3章は、切削過程の動特性をステップ応答法を用いて解析した結果について述べたものである。すなわちステップ関数入力を工具系に与えることによって得た工具系動特性から切削過程の動特性を電子計算機を用いて計算する手法を確立し、切込みをステップ関数的に与えて切削する切削実験によって、この手法の有効なことを立証している。またこの手法を適用した実験によって、工具の固有振動数を越えない範囲で切削過程の近似的線形性が検討できること、切削量の変動に対し切削背分力の変動に位相遅れが存在すること、また切くず接触長さがびびり振動数及び振動減衰効果を変化させることなどを確認している。

第4章は工具系、すなわち工具・工具台の動特性がびびり振動に及ぼす影響について解析した結果について述べたものである。まずびびり振動に対する工具シャンク材料の影響度を評価するため、評価係数を

剛性係数及び減衰係数の関数として設定し、この設定の有効性を種々の材料からなる工具を使って実際の切削実験を行ない検証している。その結果、鋳鉄及び超硬合金は大きな評価係数値を持っており、これらを工具シャンク材として用いることはびびり振動抑止対策として有効であること、また一般に工具シャンク材料として使用されている工具鋼は評価係数が小さく、これを用いることは振動上得策でないことを指摘している。次に工具台・工具・加工物からなる全切削系の振動モデルを仮定し、工具台の動特性、すなわち工具台剛性係数及び粘性減衰係数が全切削系の動特性に及ぼす影響を理論的に解析し、その結果全切削系を安定化させるためには、剛性係数と粘性減衰係数の最適の組合せが存在することを明らかにし、絶対安定領域の限界を示す切削剛性とこれら両特性との関係を示している。

第5章では以上の成果をふまえて、三次元長手送り切削において工具に励起するびびり振動の安定判別を計算することの可能な理論式を体系化し、切削実験を行なって実際にびびり振動の発生を予測した結果について述べている。まず2次元切削機構において、直接計算によって求めることのできる工具の動特性モデル及び最大振動変位ベクトルの概念を導入し、さらにペネトレーション効果は瞬間切削方向に伴って切削力の方向が変動することによって生ずるものであるとの考えにより、ステイフネス法を用いびびり振動の安定限界を示す式を体系化した。そしてその式が示す可能な安定限界挙動を解説するとともに、その挙動を規定する工具振動の方向角を計算する方法を確立している。ついでこの式を3次元切削に適用できるよう拡張し、長手送り旋削の安定限界切り込みを与える計算式を導き、主分力方向にたわみやすくした工具シャンクと、送り分力方向にたわみやすくした工具シャンクを用いて、まず上記理論式によってびびり振動に対する安定限界切り込みとびびり振動数を予測し、ついで両工具による旋削試験を行なってその結果と予測結果を比較することにより、導いた理論式の有効性とその適用の限界を示している。なお最後に旋盤ベッド上に固定した加速度計によって振動加速度を計測し、これを実効値電圧計及び新しく開発した振動認識回路を使って処理するびびり振動測定方式について述べている。

第6章は結論として、全体をとりまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

金属切削工作機械において、工具と加工物間に生ずる振動、いわゆるびびり振動は品物の加工精度の劣化や、工具損傷をひき起すなど生産能率の向上を阻害する重大な要因の一つである。特に最近NC工作機械の普及、群制御、適応制御工作機械の実用化が進み、自動化・無人化された工作機械が出現するに至ってこの問題の重要性が強調されている。この論文は著者が一般のびびり振動のうち、最も発生機構の複雑な自励びびり振動に着目し、その発生を予測することを目標として、自励びびり振動の発生機構を理論的・実験的に解析した結果についてまとめたもので、得られた主な成果は次の如くである。

(1) 旋削加工におけるびびり振動の安定限界曲線を容易に求め得る方法を確立した。すなわち工具変位を測定すると、振動が発生しているときと、していないときに大きな差があるので、これにより容易に安定不安定の判別ができる。

(2) 振動変位の方向と切削力方向の相対関係がびびり振動に及ぼす影響を明らかにした。

(3) 切削過程の動特性を得るために、いわゆるステップ応答法を用い、工具系にステップ関数入力を与

えて得られる工具系動特性から切削過程の動特性を電子計算機を用いて計算する手法を開発した。

(4) 上記手法の適用によって、切削量変動と切削力変動の位相おくれの存在、切くず接触長さのびびり振動に及ぼす影響を明らかにした。

(5) 工具及び工具台よりなる工具系の動特性がびびり振動に及ぼす影響を評価するため、新しい評価係数を提案し、種々の工具シャンク材料について検討した結果、鋳鉄及び超硬合金材料が振動抑止に有効であることを示した。

(6) 工具系の動特性が全切削系の動特性に及ぼす影響を理論的に解析し、振動的に安定であるためには工具台の剛性係数と粘性減衰係数の適当な組み合わせが必要であることを示した。

(7) 三次元長手送り切削におけるびびり振動の安定判別を計算することの可能な理論式の体系化を行ない、びびり振動において発生する振動数と安定限界切り込みを予測することが可能となった。

(8) 新しいびびり振動測定方式を開発した。

これを要するに、本論文は切削加工工作機械の生産能率及び精度向上のための重要な課題の一つである工具に励起する自励びびり振動について理論的並びに実験的解析を行ない、その発生を予測し、安全限界を設定することを可能としたもので、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。