

| | |
|----------|--------------------------------------|
| 氏名 | なか がわ ひで お 中 川 秀 夫 |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学) |
| 学位記番号 | 論 工 博 第 3205 号 |
| 学位授与の日付 | 平 成 9 年 3 月 24 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 | トータルチューニングによる NC 工作機械の性能向上に関する 研究 |

(主 査)
論文調査委員 教授 垣野義昭 教授 矢部 寛 教授 松久 寛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、NC 工作機械の送り駆動系の性能向上をめざして、サーボ制御系及び送り駆動機構の両側面から研究し、互いの関連性を探索し、それぞれに含まれるパラメータをいかに設定すれば与えられた仕様範囲内で最高の性能を発揮する送り駆動系とすることができるかについて検討したもので、緒論、結論を含めて8章からなっている。

第1章は緒論で、工作機械送り系の性能向上の必要性と性能解析に関する研究の現状を述べて、本研究の目的とその概要を述べている。

第2章では、トータルチューニングという新しい概念について定義し、その基本的な考え方を理論的な考察を踏まえて示し、NC サーボ部や送り駆動機構のモデル化、運動誤差の分類と低減方法の検討などチューニングに必要な基礎的項目を整理し、これをベースとしてサーボパラメータチューニング、メカニカルパラメータチューニングへと展開し、多軸チューニング法についての基本的な考え方を導いている。

第3章では、1軸におけるサーボ制御系のチューニングについて詳細に検討するために、まずハンチング現象や制御系内パラメータ間の関連性などサーボ系の安定限界条件について考察し、第2章で検討した運動誤差の低減方法をベースとしてサーボパラメータのチューニングアルゴリズムを構築し、何種類かの確認実験を行うことにより、本サーボパラメータチューニング法の有効性を検証している。

第4章では、1軸における送り駆動系のメカニカルパラメータチューニングに関する詳細な検討を行うために、まず機構部特性値を実機から同定し、それぞれの機構部特性値を増減したときのサーボ制御性能の上限に影響する度合いをシミュレーションにより確認し、機構部特性値の調整によってサーボ特性をより高める可能性を探求している。

第5章では、同時多軸制御におけるチューニングについて検討するために、平面あるいは空間での運動性能の評価関数として輪郭精度をとりあげ、その拘束条件から多軸チューニングアルゴリズムを導き、このアルゴリズムに従ってチューニングしたパラメータを用いて輪郭誤差を導出し、その結果をチューニングしていないものと比較してその有効性を明らかにしている。

第6章では、送り駆動機構の組み立て段階でのチューニングである欠陥発見法について詳しく検討するために、設計時に計画した静的あるいは動的な性能が、目標仕様どおりにできているかどうかを検討する診断法を開発し、もし目標性能に達しない場合には、どこに欠陥があるかについて調べる診断方法を開発している。

第7章では、トータルチューニングのケーススタディとして、固有振動数の異なる3タイプの工作機械についてトータルチューニングを実施し、輪郭誤差のシミュレーションによりチューニングを行わない場合と比較してその有効性を比較している。

第8章は以上を要約した本論文の結論である。

論文審査の結果の要旨

本論文は、工作機械送り駆動機構とサーボ系のパラメータを相互に対して適切な値にチューニングするトータルチューニング手法について研究し、この手法によるNC工作機械の送り駆動系の性能向上法について研究したもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. サーボパラメータのチューニングはサーボ剛性 H を評価関数とし、位置ループおよび速度ループ内のパラメータ (K_p , V_g , V_i) について H が最大となるように設定するのがよく、さらに加減速時定数 T_s およびフィードフォワードゲイン K_f も設定し、追従誤差の低減と振動除去を行うのがよい。
2. フィードバックループの安定性に影響を与える送り駆動機構のメカニカルパラメータは被駆動部質量 M 、摺動面の粘性減衰係数 C 、回転体のイナーシャ J 、ボールねじの軸方向剛性 K であり、これらのチューニングをグラフィカルに行うチューニングマップ法を開発した。
3. 同時多軸制御時における輪郭誤差を最小にするには、各軸の伝達関数を等しくすることが重要であり、そのためにはまずメカニカルチューニングによって固有振動数を各軸でそろえ、つづいてサーボパラメータチューニングを施すのが有効である。
4. JK マップ上に固有振動数が一定の曲線を重ねて描き、チューニング剛性と固有振動数の目標値を同時に満足する修正ベクトルを選択する同時多軸チューニング手法を開発した。
5. FTL 用テーブル固定型NC機、中型汎用マシニングセンタおよびハイリード高速加工機の3台に対してトータルチューニングを行い、直線補間での輪郭誤差をシミュレーションした結果、定常状態および過渡応答時のいずれにおいても輪郭誤差が大きく減少し、本方法が有効であることが分かった。

以上、要するに、本論文は工作機械送り駆動系の運動特性を研究するとともに、それを向上させる方法を提案しており、基礎のみならず応用の面からも多くの知見を提供しており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の論文として価値あるものと認める。

また、平成8年12月27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。