

学校编码: 10384
学号: 19920141152873

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

可转位刀片周边精密磨削误差源研究

Research on Error Source for Indexable Insert Periphery
Precision Grinding

王舒阳

指导教师姓名: 姚 斌 教 授

专 业 名 称: 机械制造及其自动化

论文提交日期: 2017 年 05 月

论文答辩时间: 2017 年 05 月

学位授予日期: 2017 年 05 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2017 年 05 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

()2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

随着现代切削技术的发展,对于高效、高精度的可转位刀片的需求越来越迫切。可转位刀片常采用高硬、超硬材料,对其关键部位刃口的精密磨制是由可转位刀片周边磨床的五个运动轴联动完成,机床误差对机床加工精度影响显著。为了提高可转位刀片制造技术,项目组联合合作单位自主研发了五轴可转位刀片周边数控磨床 2MZK7150,本论文围绕“可转位刀片周边精密磨削误差源研究”课题,从以下几个方面展开研究:

1. 基于多体系统理论,建立机床低序体拓扑阵列,通过坐标变换矩阵描述机床运动轨迹的理想值和实际值之间的偏差,得出可转位刀片周边磨床的机床几何误差模型。然后,进行机床几何误差的辨识与测量以确定误差模型中的未知量,提出减小机床几何误差的方案。

2. 分析主轴系统各模块工作原理,判定热源位置并研究其产热特性,分析模块间及模块与环境的热传递方式。基于热应力与热弹性理论,阐述主轴系统发生热变形的机理。

3. 简化主轴三维模型,对其不同部件实施不同密度的映射网格划分。进行主轴箱系统热稳态仿真研究,通过对比采样点温度的仿真值与实测值来修正仿真边界条件,得到温度场分布,然后将温度场作为热载荷施加于有限元结构分析中,得到热变形场,以此提出减小主轴热误差影响的方案。

4. 使用经验模态分解对采样温度数据与主轴热误差数据进行预处理,分析温度采集点与主轴热误差的相关性,利用相关性最高的四个温度采集点对主轴热误差进行预测。分别建立基于支持向量机(SVM)的主轴热误差的回归预测模型和时间序列模型,通过计算两个模型权重系数,建立主轴热误差综合预测模型。通过实验验证,该预测模型的均方误差为 2.05×10^{-5} 。

关键词: 五轴可转位刀片周边数控磨床; 机床几何误差; 主轴热误差

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Since the implementation of modern cutting technology, high efficiency and high precision indexable inserts is in demand increasingly. Enhanced by superhard material, indexable inserts usually engaged periphery Grinder for the machining of its key parts. Indexable edge grinding machine reduces the machining error by the synthetic movement of three rotating shafts and two translational axes. The geometric error and thermal error of spindle are the main components of machine error.

In order to improve indexable blade manufacturing technology and, the project group developed a five axis NC grinding machine for indexable inserts around 2MZX7150 independently. Focus on five axis geometric error and indexable blade grinding machine spindle thermal error analysis research, the mainly work and findings of the paper is presented as follow:

1. Based on the theory of multi-body system, machine tool low order body topology array is established; through coordinate transformation to describe the deviation between ideal and actual machining trajectory; the geometric error modeling of the indexable blade grinding machine is also listed. Then, the geometric errors of machine tools are identified and measured to determine the unknown quantities in the error model; the errors error compensation method is also presented

2. This paper analyzes the working principle of each module of the spindle system to determines the position of the heat source and studies the thermal characteristics of the system. Analyze the heat transfer modes between the modules and the environment. Based on the theory of thermal stress and thermoelasticity, the principle of thermal deformation of the spindle system is described

3. Simplify the three-dimensional model of the spindle box, implement the different parts of the different density mapping grid. Investigates the thermal steady state simulation; simulation boundary conditions and temperature field distribution are revised by comparison of simulation values and actual experimental values of the sampling points. Restricted the acquired temperature field distribution to the finite element structures, the thermal deformation of the model can be achieved. The spindle box thermal deformation compensation method is also proposed.

4. Empirical Mode Decomposition (EMD) are employed to preprocess the sampled data of temperature and thermal error of the spindle data in the actual experiment; correlation analysis of temperature acquisition and spindle thermal error is presented to find the most influenced parts; four highest temperature acquisition point is used to predict the thermal error of the spindle. Based on the Support Vector Machine (SVM), the regression prediction model and the time series model of the spindle thermal error are established respectively. By calculating the weight coefficients of the two models, the prediction model of the thermal error of the spindle is established. The experimental results show that the mean square error of the prediction model is 2.05×10^{-5} .

Keywords: Indexble Insert Periphery Grinding Machine; geometric error; spindle thermal error

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
目 录.....	V
CONTENTS.....	IX
图表索引	XIII
第一章 绪 论	1
1.1 论文背景与意义	1
1.2 五轴数控机床几何与主轴热误差研究的发展现状	3
1.2.1 五轴数控机床几何误差研究的发展现状.....	3
1.2.2 主轴热误差的研究的发展现状.....	4
1.3 本文主要研究内容	6
第二章 可转位刀片周边数控磨床几何误差分析.....	9
2.1 可转位刀片周边数控磨床结构	9
2.2 多体系统拓扑结构低序体阵列	11
2.3 多体系统坐标变换	13
2.3.1 理想坐标变换.....	14
2.3.2 实际坐标变换.....	15
2.3.3 体间理想特征矩阵和误差特征矩阵.....	18
2.4 机床几何误差模型	21
2.5 几何误差辨识与测量	23
2.6 减小机床几何误差方案	29
2.7 本章小结	32
第三章 主轴系统结构及热特性机理研究.....	33
3.1 主轴系统结构	33
3.2 主轴系统热源确定	34
3.2.1 轴承热载荷计算.....	35

3.3 主轴系统热量的传递方式	37
3.3.1 热传导分析.....	37
3.3.2 热对流分析.....	38
3.3.3 热辐射分析.....	39
3.4 热变形理论基础	40
3.4 本章小结	42
第四章 主轴箱系统热特性有限元分析	43
4.1 有限元理论分析	43
4.2 有限元模型建立	45
4.2.1 网格划分.....	46
4.2.2 边界条件.....	47
4.3 热温升结果分析	49
4.4 热变形结果分析	51
4.5 减小热误差影响的研究	53
4.6 本章小节	54
第五章 主轴热误差综合预测模型	55
5.1 主轴系统热误差实验	56
5.1.1 测点的选择.....	56
5.1.2 传感器布置.....	56
5.2 预测模型理论基础	57
5.2.1 数据预处理.....	57
5.2.2 测点温度与热误差相关关系分析.....	64
5.3.2 支持向量机理论.....	66
5.3.3 综合理论模型.....	67
5.4 实验验证	68
5.5 本章小结	70
第六章 总结与展望	71
6.1 总结	71
6.2 展望	71

参考文献	73
致 谢.....	77
硕士期间科研成果	81

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库