

学校编码：10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号：19920101152730

UDC\_\_\_\_\_

廈門大學

硕士学位论文

硬质合金可转位刀片切削仿真及实验研究

Cutting Simulation and Experimental Research on

Indexable Hard Alloy Blade

李飞

指导教师姓名：江铁强 副教授

姚斌 教授

专业名称：机械工程

论文提交日期：2013 年 06 月

论文答辩时间：2013 年 月

学位授予日期：2013 年 月

答辩委员会主席：\_\_\_\_\_

评阅人：\_\_\_\_\_

2013 年 06 月

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

随着金属切削技术的快速发展与进步，对切削加工的要求也越来越高。硬质合金刀具作为现代切削加工中的一种先进刀具，在金属切削加工中扮演着重要的角色。而刀片作为刀具的重要组成部分，其结构对切削性能有决定性影响。早期对切削的研究通常是从理论、经验和试验入手，后期有限元思想和计算机技术的发展应用，使得有限元分析成为研究切削加工强有力的手段。

本论文运用有限元方法系统分析了硬质合金可转位刀片的切削机理及工艺。深入研究了硬质合金可转位刀片切削过程中的切削力、切削热、切屑形态、刀片磨损和表面粗糙度等问题。为安全高效切削 45 钢时，确定合理的切削参数提供了科学的依据。

论文的主要研究内容如下：

1、以金属切削理论和有限元理论为基础，重点分析了材料本构方程对切削过程的影响，在此基础上对 DEFORM 和 AdvantEdge FEM 软件的应用进行了介绍。

2、基于经典切削力模型运用 DEFORM 软件分析了二维切削模型下钝圆刀、倒棱刀等不同刃口形状对切削力、切削温度、磨损量的影响，并将有限元结果与理论值进行了比较。

3、运用 AdvantEdge FEM 软件建立了三维切削模型，分析了不同切削参数对切削力的影响。建立初级数据库，并将有限元分析结果放入数据表中以便查验。通过切削试验得到不同切削参数下的切削力，和有限元模拟值进行对比。对加工过程中产生的切屑进行收集，分析影响锯齿形切屑形成的因素。

4、通过刀片的磨损试验，研究硬质合金可转位刀片切削过程中磨损形态以及主要失效形式，分析磨损对切削性能的影响，通过有限元仿真得出不同裂纹状态对应力强度因子大小的影响并进一步得出裂纹扩展轨迹规律。通过建立了粗糙度分析软件对已加工表面粗糙度进行评价，揭示影响表面粗糙度的主要因素。

**关键词：**硬质合金可转位刀片；金属切削；有限元仿真；粗糙度；磨损

厦门大学博硕士论文摘要库

## Abstract

With the rapid development of metal cutting technology and progress, there is a high demanding for machining. Indexable hard alloy cutting tools play an important role in the metal cutting processing. Indexable hard alloy cutting tools with high hardness, wear resistance and a series of excellent properties, are widely used in machining. Early researches on cutting are usually studied with theory and experiment methods and the comprehensive study of machining has been researched which due to the use of finite element method and computer technology.

This paper systematically analyzes the cutting mechanism of indexable hard alloy cutting tools and process, in-depth studies the cutting process of indexable hard alloy tool cutting force, cutting heat, chip morphology, blade wear, the surface roughness. For cutting 45 steel safely, the suitable cutting parameters are provided as the scientific basis.

The main content of the paper are shown as follows:

1. Based on the metal cutting and finite element theory, analysis the material constitutive equation on the influence of the cutting process and introduces the secondary development application of DEFORM and AdvantEdge software.
2. Based on the classic cutting force in 2D model, analyzes the influences of blunt blade edge and chamfering blade edge on the cutting force, cutting temperature, the amount of wear and tear, and the finite element results are compared with the theoretical value.
3. Cutting 3D model was established by using AdvantEdge FEM software, the influence of different cutting parameters on cutting force are analyzed, and the finite element analysis results can be checked in the data table. The cutting force with different cutting parameters was obtained, to compare with the finite element simulation value. Collect the chip after cutting experiment, and analyze the chip morphology from the macro and micro aspects.
4. Based on tool wear test, study the tool wear of indexable hard alloy cutting

and the main failure form, analyze the effect of wear and tear on cutting performance, and through the calculation of the influence of different crack state of stress intensity factor, then the law of crack propagation path are obtained. By establishing the roughness analysis software for the processing to evaluate the surface roughness, reveal the main factors which affecting the surface roughness.

**Keywords:** Indexable hard alloy cutting tools; Metal cutting; Finite element simulation; Roughness; Wear and tear

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 论文研究的背景和意义 .....	1
1.2 金属切削有限元仿真国内外现状 .....	3
1.3 本论文主要研究内容 .....	4
1.3.1 主要工作内容 .....	4
<b>第二章 金属切削有限元方法论和有限元仿真平台</b> .....	<b>6</b>
2.1 金属切削基本理论 .....	6
2.1.1 金属切削变形理论 .....	6
2.1.2 刀片磨损理论 .....	7
2.2 有限元方法在金属切削中的应用 .....	7
2.2.1 弹塑性大变形有限元方程 .....	8
2.2.2 材料模型 .....	8
2.2.3 切屑形成准则 .....	11
2.2.4 刀片和工件之间的摩擦模型 .....	13
2.3 金属切削有限元仿真平台 .....	13
2.4 本章小结 .....	19
<b>第三章 硬质合金可转位刀片二维切削仿真研究</b> .....	<b>20</b>
3.1 硬质合金可转位刀片不同刃口二维切削力模型 .....	20
3.1.1 锐刃二维直角切削力模型 .....	20
3.1.2 钝圆刃二维直角切削力模型 .....	21
3.1.3 倒棱刃二维直角切削力模型 .....	22
3.2 硬质合金可转位刀片不同刃口切削力仿真分析 .....	22
3.2.1 不同刃口形状刀片切削有限元模型 .....	22
3.2.2 不同刃口形状刀片切削力分析 .....	23
3.3 硬质合金可转位刀片不同刃口切削热仿真分析 .....	26

3.3.1 切削热传导模型.....	26
3.3.2 不同刃口形状刀片切削温度分析.....	28
3.4 硬质合金可转位刀片不同刃口磨损分析 .....	29
3.5 本章小结 .....	30
<b>第四章 硬质合金可转位刀片三维切削仿真与实验研究.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 不同切削参数条件下三维切削仿真 .....</b>	<b>32</b>
4.1.1 改变切削速度 $v$ 的切削仿真.....	32
4.1.2 改变进给量 $f$ 的切削仿真 .....	35
4.1.3 改变切削深度 $a_p$ 的切削仿真.....	36
<b>4.2 切削数据导入数据库中 .....</b>	<b>38</b>
4.2.1 数据表的建立及实现.....	39
<b>4.3 切削实验方案设计 .....</b>	<b>40</b>
4.3.1 实验方案设计.....	41
4.3.2 单因素实验.....	43
4.3.3 正交实验.....	46
<b>4.4 切屑成形研究 .....</b>	<b>49</b>
4.4.1 切屑形成机理.....	49
4.4.2 锯齿形切屑研究.....	50
<b>4.5 本章小结 .....</b>	<b>53</b>
<b>第五章 硬质合金刀片表面质量研究及粗糙度分析软件编写.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1 刀片磨损对切削性能的影响 .....</b>	<b>54</b>
5.1.1 磨损试验研究.....	54
5.1.2 磨损有限元分析.....	58
<b>5.2 刀片裂纹应力强度因子计算 .....</b>	<b>59</b>
5.2.1 刀片裂纹形成机理.....	59
5.2.2 裂纹长度对应力强度因子的影响.....	60
5.2.3 载荷作用下的裂纹扩展.....	62

<b>5.3 粗糙度分析软件编写 .....</b>	<b>64</b>
5.3.1 分形理论在粗糙度中的应用.....	65
5.3.2 分形维数评定表面粗糙度步骤.....	67
5.3.3 粗糙度分析软件的编写.....	69
<b>5.4 本章小结 .....</b>	<b>75</b>
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>76</b>
<b>6.1 总结.....</b>	<b>76</b>
<b>6.2 展望.....</b>	<b>76</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>78</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>81</b>
<b>硕士期间发表的论文 .....</b>	<b>82</b>

## CONTENTS

<b>Chaptet 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background and significance of the paper .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 The research actuality of finite element simulation .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Main contents and organization of the paper.....</b>	<b>4</b>
1.3.1 Main research contents .....	4
<b>Chapter 2 Finite element methodology and simulation platform .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Basic principle of metal cutting .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Metal cutting dreformation theory .....	6
2.1.2 The tool wear theory .....	7
<b>2.2 The finite element method in metal cutting.....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Elastic-plastic deformation finite element equation .....	8
2.2.2 material model .....	8
2.2.3 Rule of chip formation .....	11
2.2.4 Friction between tool and workpiece.....	13
<b>2.3 Finite element simulation platform of metal cutting .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Summary of the chapter .....</b>	<b>19</b>
<b>Chapter 3 2D cutting simulation of indexable hard alloy tool .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Different cutter blade cutting force in 2D.....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Sharp blade 2D orthogonal cutting force model .....	20
3.1.2 Blunt blade 2D orthogonal cutting force model .....	21
3.1.3 Chamfer blade 2D orthogonal cutting force model .....	22
<b>3.2 Different cutter blade cutting force simulation analysis .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 Different blade shape cutting finite element model .....	22
3.2.2 Different blade shape cutting force analysis.....	23
<b>3.3 Different cutter blade cutting heat simulation analysis .....</b>	<b>26</b>
3.3.1 Cutting heat conduction model .....	26



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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库