

《高速/超高速磨削工艺》

书籍信息

版次：1

页数：

字数：

印刷时间：2015年10月01日

开本：16开

纸张：胶版纸

包装：平装

是否套装：否

国际标准书号ISBN：9787030459374

丛书名：21世纪先进制造技术丛书

编辑推荐

《高速/超高速磨削工艺》可作为高等院校相关专业研究生与科技人员、科研院所科研人员，以及机械制造行业技术人员的技术参考书。

内容简介

《高速/超高速磨削工艺》深入开展高速/超高速磨削工艺试验研究，旨在为建立高速/超高速磨削技术体系、推进该技术的工程应用提供技术支撑。《高速/超高速磨削工艺》阐述了高速/超高速磨削的技术内涵、性能特点与重要意义，分析了高速/超高速磨削技术的国内外研究现状与发展趋势，提出了实现高速/超高速磨削工程化需要解决的关键技术问题，介绍了高速/超高速磨削加工性能评价体系与性能参数检测方法；同时，系统研究了各种不同材料的高速/超高速磨削工艺，揭示了不同材料在高速/超高速磨削条件下工艺参数对磨削力、磨削温度、表面粗糙度、比磨削能、表面硬度、残余应力与亚表面裂纹的影响规律，论述了高速/超高速磨削方法、试验过程、参数优化、研究结果与质量评价体系，探讨了常用材料、硬脆性材料、强韧性材料与喷涂涂层材料在高速/超高速磨削条件下的性能与特点，提出了针对材料与零件高效低损伤加工的高速/超高速磨削工艺参数。

《高速/超高速磨削工艺》可作为高等院校相关专业研究生与科技人员、科研院所科研人员，以及机械制造行业技术人员的技术参考书。

作者简介

目录

《21世纪先进制造技术丛书》序

前言

主要符号表

第1章绪论1

1.1内涵与特点1

1.1.1内涵1

1.1.2技术特点2

1.2高速/超高速磨削的科学依据11

1.2.1	高效率与高表面质量的科学依据	11
1.2.2	工艺方法	12
1.2.3	实效举例	15
1.3	目的与意义	17
1.4	行业需求	18
1.4.1	汽车工业	18
《21世纪先进制造技术丛书》序前言主要符号表第1章绪论1		
1.1	内涵与特点	11
1.1.1	内涵	11
1.1.2	技术特点	21
2.2	高速/超高速磨削的科学依据	11
1.2.1	高效率与高表面质量的科学依据	11
1.2.2	工艺方法	12
1.2.3	实效举例	15
1.3	目的与意义	17
1.4	行业需求	18
1.4.1	汽车工业	18
1.4.2	国防工业	19
1.4.3	航空航天工业	19
1.4.4	船舶制造业	19
1.4.5	光学/模具/工具制造业	20
2.0	研究现状与发展趋势	20
2.0.1	高速/超高速磨削理论的创立与发展	20
2.0.2	高速/超高速磨削技术的现状与发展趋势	21
2.1	磨削工艺对加工效率与质量的影响	27
2.1.1	影响工件表面质量的工艺因素	27
2.1.2	影响工件加工效率的工艺因素	27
2.1.3	影响工件加工精度的工艺因素	28
2.2	关键技术问题	29
2.2.1	预期解决的技术问题	29
2.2.2	实现高效磨削的主要技术途径	31
2.2.3	研究范围	32
2.2.4	参考文献	36
2.2.5	第2章加工性能评价与性能参数检测	37
2.2.5.1	磨削加工性能评价	37
2.2.5.1.1	磨削力	37
2.2.5.1.2	磨削温度	38
2.2.5.1.3	表面粗糙度	39
2.2.5.1.4	比磨削能	39
2.2.5.1.5	表面质量	40
2.2.5.2	磨削性能参数检测	42
2.2.5.2.1	磨削力的测试方法	42
2.2.5.2.2	磨削温度的测试方法	48
2.2.5.2.3	表面粗糙度的测试方法	55
2.2.5.2.4	残余应力的测试方法	57
2.2.5.2.5	表面硬度的测试方法	58
2.2.5.2.6	表面形貌分析方法	60
2.2.5.2.7	亚表面损伤的测试方法	62
2.2.5.2.8	参考文献	64
2.3	第3章常用材料高速/超高速磨削工艺	65
2.3.1	HT300与QT600-3铸铁高效磨削工艺	65
2.3.1.1	材料的力学性能	65
2.3.1.2	材料去除机理	66
2.3.1.3	工艺试验条件	67
2.3.1.4	工艺参数对材料磨除率的影响	70
2.3.1.5	工艺参数对磨削力的影响	71
2.3.1.6	工艺参数对表面质量的影响	77
2.3.1.7	结论分析	87
2.3.2	73.29SiCr合金钢高效磨削工艺	88
2.3.2.1	材料的力学性能	88
2.3.2.2	研究方案	89
2.3.2.3	工艺试验条件	90
2.3.2.4	磨削力与磨削机理	92
2.3.2.5	工艺参数对磨削力的影响	94
2.3.2.6	工艺参数对表面质量的影响	98
2.3.2.7	工艺参数对磨削温度的影响	102
2.3.2.8	工艺参数对比磨削能的影响	106
2.3.2.9	结论分析	107
2.3.3	40Cr与45#钢高效磨削工艺	109
2.3.3.1	材料的力学性能	109
2.3.3.2	工艺参数与磨削条件	109
2.3.3.3	试验数据采集	110
2.3.3.4	工艺参数分析	112
2.3.3.5	结论分析	121
2.3.4	GCr15轴承钢高效磨削工艺	122
2.3.4.1	材料的力学性能	122
2.3.4.2	研究方案	122
2.3.4.3	工艺试验条件	124
2.3.4.4	高效深磨机理分析	126
2.3.4.5	磨削力与磨削温度结果输出	130
2.3.4.6	磨削参数对表面形貌的影响	136
2.3.4.7	磨削参数对表面粗糙度的影响	140
2.3.4.8	磨削参数对表面/亚表面损伤的影响	141
2.3.4.9	磨削参数对亚表面显微硬度的影响	146
2.3.5	参考文献	149
2.4	第4章难加工材料高速/超高速磨削工艺	151
2.4.1	硬质合金材料高速/超高速磨削工艺	151
2.4.1.1	研究背景	151
2.4.1.2	硬质合金材料特性与加工特性	152
2.4.1.3	解决的主要技术问题与研究方案	153
2.4.1.4	轧辊材料工艺试验与机理分析	153
2.4.1.5	PA30轧辊零件工艺试验与参数优化	180
2.4.1.6	磨削工艺参数的对比与选择	186
2.4.1.7	结论	188
2.4.2	金属陶瓷材料高速/超高速磨削工艺	188
2.4.2.1	研究背景	188
2.4.2.2	研究目标与技术路线	189
2.4.2.3	研究内容	190
2.4.2.4	结论	218
2.4.3	淬硬钢材料高速/超高速磨削工艺	219
2.4.3.1	研究背景	219
2.4.3.2	解决的主要技术问题与研究方案	220
2.4.3.3	检测方法	220
2.4.3.4	淬硬45#钢材料工艺试验与机理分析	224
2.4.3.5	凸轮轴零件工艺试验与参数优化	226
2.4.3.6	技术对比	235
2.4.3.7	结论	236
2.4.4	工程陶瓷材料高速/超高速磨削工艺	237
2.4.4.1	研究背景	237

4.4.2	研究方案	238
4.4.3	试验结果	242
4.4.4	讨论	249
4.4.5	结论	251
4.5	不锈钢材料高速/超高速磨削工艺	252
4.5.1	研究背景	252
4.5.2	材料特性与加工特性	252
4.5.3	解决的主要技术问题与研究方案	253
4.5.4	不锈钢材料工艺试验与机理分析	253
4.5.5	不锈钢轴工艺试验与参数优化	260
4.5.6	磨削工艺参数的对比与选择	264
4.5.7	结论	265
参考文献		265
第5章	超声速火焰喷涂材料高速/超高速磨削工艺	268
5.1.1	研究背景	268
5.1.2	材料特性、加工特点与研究现状	269
5.1.3	工艺方法与技术看案	271
5.2	工艺试验条件	272
5.2.1	试验对象	272
5.2.2	砂轮	275
5.2.3	磨削液	281
5.2.4	试验方案	281
5.3	磨削力	283
5.3.1	砂轮线速度对磨削力的影响	283
5.3.2	磨削深度对磨削力的影响	284
5.3.3	工作台速度对磨削力的影响	286
5.4	表面粗糙度	288
5.4.1	砂轮线速度对表面粗糙度的影响	288
5.4.2	磨削深度对表面粗糙度的影响	290
5.4.3	工作台速度对表面粗糙度的影响	292
5.5	磨削温度与残余应力	294
5.5.1	磨削温度的采集	294
5.5.2	磨削温度的测量	294
5.5.3	磨削温度的检测	296
5.5.4	磨削温度的有限元分析	304
5.5.5	磨削条件对磨削温度的影响	310
5.5.6	磨削温度与残余应力的影响	311
5.6	表面和亚表面特征分析	316
5.6.1	涂层表面三维形貌分析	316
5.6.2	涂层表面/亚表面损伤	320
5.7	模拟件工艺优化	326
5.7.1	工艺优化与方案设计	326
5.7.2	试验结果	328
参考文献		341

[显示全部信息](#)

在线试读部分章节

第1章绪论

本章阐述高速/超高速磨削的定义与技术内涵，分析高速/超高速磨削的优越性与特点，论述实现高速/超高速磨削对国民经济、社会发展与学科发展的重要意义，展望高速/超高速磨削技术的国内外研究现状与发展趋势，提出实现高速/超高速磨削工程化需要解决的关键技术问题。

1.1 内涵与特点

1.1.1 内涵

1. 定义

通常将砂轮线速度 $v_s=30\sim 45\text{m/s}$ 的磨削称为传统磨削，将砂轮线速度 $v_s=45\sim 150\text{m/s}$ 的磨削称为高速磨削，而将砂轮线速度 $v_s>150\text{m/s}$ 的磨削称为超高速磨削 [1]。传统磨削是一种低效率的精密加工方法，往往作为机械加工的*后一道工序，其主要作用在于保证零件所要求的尺寸和形状精度。但传统磨削效率低，在效率上与普通车削、铣削相去甚远，砂轮线速度 $v_s=30\sim 40\text{m/s}$ 时，材料比磨除率不足 $10\text{mm}^3/(\text{mm}^2\cdot\text{s})$ 。同时，传统磨削在磨削过程中经常出现磨削灼伤、烧伤、硬化、微裂纹、残余应力等加工缺陷。高速/超高速磨削是通过增加工件进给速度和进给量，使磨除率较普通磨削有较大提高，达到和车削、铣削等同甚至更高的金属切除率，以**限度地提高加工效率、加工精度与加工表面质量为目的的先进制造技术。它不仅是一种精密加工方法，而且可以实现材料高效去除加工与高表面质量磨削。

2. 内涵

高速/超高速磨削除引起了切屑几何参数的变化外，还导致了磨削机制的重大变化，如磨粒与工件的接触变形、摩擦机制和磨削区的传热机制等都发生了很大变化。采用高速/超高速磨削加工，材料变形区域明显变小，消耗的能量更集中于磨屑的形成，磨削力和比磨削能减小，工件变形小；单颗磨粒受力减小，磨损减少，砂轮寿命延长；磨削热量集中在磨屑和工件表面，受力受热变质层薄，加工质量高；变形区材料应变率高，材料更易于磨除，实现对硬脆材料延性域磨削；增加了黏性材料在弹性小变形阶段被去除的比率。

1.1.2技术特点

1. 高速/超高速磨削的力学效应

1) 磨削区域磨削力呈现大幅度降低趋势 第1章绪论 本章阐述高速/超高速磨削的定义与技术内涵，分析高速/超高速磨削的优越性与特点，论述实现高速/超高速磨削对国民经济、社会发展与学科发展的重要意义，展望高速/超高速磨削技术的国内外研究现状与发展趋势，提出实现高速/超高速磨削工程化需要解决的关键技术问题。 1.1内涵与特点

1.1.1内涵 1. 定义 通常将砂轮线速度 $v_s=30\sim 45\text{m/s}$ 的磨削称为传统磨削，将砂轮线速度 $v_s>45\text{m/s}$ 的磨削称为高速磨削，而将砂轮线速度 $v_s>150\text{m/s}$ 的磨削称为超高速磨削 [1]。传统磨削是一种低效率的精密加工方法，往往作为机械加工的*后一道工序，其主要作用在于保证零件所要求的尺寸和形状精度。但传统磨削效率低，在效率上与普通车削、铣削相去甚远，砂轮线速度 $v_s=30\sim 40\text{m/s}$ 时，材料比磨除率不足 $10\text{mm}^3/(\text{mm}^2\cdot\text{s})$ 。同时，传统磨削在磨削过程中经常出现磨削灼伤、烧伤、硬化、微裂纹、残余应力等加工缺陷。高速/超高速磨削是通过增加工件进给速度和进给量，使磨除率较普通磨削有较大提高，达到和车削、铣削等同甚至更高的金属切除率，以**限度地提高加工效率、加工精度与加工表面质量目标的先进制造技术。它不仅是一种精密加工方法，而且可以实现材料高效去除加工与高表面质量磨削。 2. 内涵 高速/超高速磨削除引起了切屑几何参数的变化外，还导致了磨削机制的重大变化，如磨粒与工件的接触变形、摩擦机制和磨削区的传热机制等都发生了很大变化。采用高速/超高速磨削加工，材料变形区域明显变小，消耗的能量更集中于磨屑的形成，磨削力和比磨削能减小，工件变形小；单颗磨粒受力减小，磨损减少，砂轮寿命延长；磨削热量集中在磨屑和工件表面，受力受热变质层薄，加工质量高；变形区材料应变率高，材料更易于磨除，实现对硬脆材料延性域磨削；增加了黏性材料在弹性小变形阶段被去除的比率。 1.1.2技术特点 1.

高速/超高速磨削的力学效应 1) 磨削区域磨削力呈现大幅度降低趋势 高速/超高速磨削中的许多现象可通过引入**未变形切屑厚度 h_{max} 这一参数来解释。在保持其他参数不变的条件下，随着 v_s 的大幅度提高，单位时间内参与切削的磨粒数增加，每个磨粒切下的 h_{max} 变小，切屑变得非常细薄。试验表明，其截面积仅为普通磨削条件下的几十分之一，这导致每个磨粒承受的磨削力大大变小，总磨削力降低。若通过调整参数使磨屑厚度保持不变，由于单位时间内参与切削的磨粒数增加，磨除的磨屑增多，磨削效率会大大提高。图1.1和图1.2是磨削碳化钨涂层材料时，磨削力随砂轮线速度的变化关系。由图可以看出，磨削力基本上随砂轮线速度的增加而降低；另外，随着砂轮线速度的提高，不同砂轮、不同磨削液对磨削力的影响越来越小。 2) 磨削区域温度呈现回落趋势 在磨削温度试验中，采用平面磨削方式且不采用冷却液（即干磨方式），被磨工件材料为45#钢、40Cr合金钢，工件磨削长度为32mm。工作台速度分别为4m/s、2m/s；磨削深度分别为0.03mm、0.05mm；砂轮线速度分别为90m/s、120m/s、150m/s、1800m/s、210m/s。在其他磨削参数不变的条件下，砂轮线速度 v_s 对表面磨削温度的影响规律如图1.3所示。图1.345

#钢砂轮线速度对磨削温度的影响 对于45#钢，砂轮线速度变化对工件表面磨削温度的影响规律较为明显，基本上呈现先上升后下降的趋势，磨削温度的转折点在120m/s和150m/s之间，与超高速切削中的萨洛蒙曲线类似（图1.4）。德国切削物理学家萨洛蒙（Carl Salomon）提出，与普通切削速度范围内切削温度随切削速度的增大而升高不同，当切削速度增大至与工件材料的种类有关的某一临界速度后，随着切削速度的增大，切削温度与切削力反而降低。从试验中发现，在低速区段，磨削温度随着砂轮线速度的升高而升高，在一个特定的砂轮线速度时达到**值；之后，磨削温度随着砂轮线速度的升高而降低。并且在一定速度区段内，磨削温度很高，导致工件烧伤，称之为烧伤区。当砂轮线速度超过这个区段之后，磨削温度就会降低到不致使工件产生烧伤的数值，而在砂轮线速度超过烧伤区域的区段进行磨削，比磨除率大大提高，从而可以大大提高磨削效率。产生这个结果的主要原因有以下几个方面：(1) 当砂轮线速度提高后，在工作台速度 v_w 不变的条件下，砂轮单个磨粒的**切削厚度下降，砂轮的磨削力显著下降，导致磨削能和比磨削能基本保持不变或略有升高，但去除磨屑所需的时间减少。在这段时间内，热量来不及传入工件内部，或者说是磨屑被去除的速度远远大于热渗透的速度，使得传入工件内部的热量减少，磨削温度降低。(2) 砂轮线速度 v_s 提高，磨削热功率增大，温度本应该增高，但在磨削温度达到其相变温度时，将产生相变，需消耗一部分热能，因此在较高的速度区段，温度随速度的增长幅度低于不发生相变的区段。(3) 若改变砂轮的磨削速度，则砂轮的磨削力和热量分配比例也会发生相应的变化，使得热流密度发生变化，当砂轮线速度增大后，散热条件变好，有利于降低工件表面的温度。(4) 在较高的砂轮线速度下，热量和剪切应变率会急剧增加，这将导致温升变成绝热方式，进一步使金属材料发生因摩擦接触面间极高速的局部剪切和局部温升引起的软化等物理变化，*终突破可能存在的产生热量的自然极限，使得局部的摩擦降低，温度下降。另外，磨削深度增加时，会大大增大磨削热，导致工件表面温度升高。所以，在超高速精密磨削时，要减少磨削深度，应特别注意的是，磨削时切勿突然增加磨削深度。综合三个磨削参数对磨削温度的影响规律可以发现，当工作台速度提高、磨削深度降低时，磨削温度降低；这表明在提高工作台速度的同时，适当减少磨削深度可以降低磨削区的温度。砂轮线速度与工作台速度对磨削热的影响程度比磨削深度要弱，特别是在超高速磨削时，呈现为“做贡献”，这是因为砂轮线速度及工作台速度越高，磨削时与砂轮接触时间越短，此时磨削区域内产生的热量大部分将被切屑和磨削液带走，而来不及传到工件内部，从而使磨削温度下降。3) 对硬脆材料实现延性域磨削 在超高速磨削条件下，可以对硬脆材料实现延性域磨削。超高速磨削陶瓷、玻璃、硬质合金等硬脆难加工材料时，由于磨粒切深极小，可以使这些材料以塑性变形的形式产生磨屑，避免磨削裂纹的产生，实现硬脆材料的延性域磨削。对于硬脆难加工材料，砂轮线速度提高，磨削力和磨削力比下降，比磨削能增大，表面质量有所改善，材料塑性去除的趋势增加；工作台速度提高或者磨削深度增加，磨削力和磨削力比增大，比磨削能减小，表面质量恶化，材料脆性去除的趋势增加，但是磨削参数对表面粗糙度的影响并不太大。图1.5给出硬质合金材料以不同砂轮线速度磨削时的工件表面微观形貌。由图可知，砂轮线速度为120m/s时，工件表面有一些较大的崩碎凹坑，与砂轮线速度为160m/s时的情况相比较，表现出了更显著的脆性断裂去除的趋势。这表明砂轮线速度的提高使**未变形切屑厚度减小，进而使脆性材料的去除由“以脆性为主”向“以塑性为主”转换。图1.5硬质合金材料砂轮线速度对工件表面微观形貌的影响 4) 对强韧性材料以塑性方式去除 由于强韧性材料韧性大、导热系数小、弹性模量小，砂轮磨粒的磨削刃具有较大的负前角。普通磨削时，由于金属活性

高、热导率低等因素的影响，使镍基耐热合金、钛合金、铝及铝合金等材料的磨削加工性很差，在普通磨削下难以进行磨削加工。强韧性材料在磨削过程中磨屑不易被切离，切削阻力大，磨粒的挤压、摩擦剧烈；单位面积磨削力很大，磨削温度可达1000~1500℃。同时，在高温高压的环境下，磨屑易黏附在砂轮上，填满磨粒间的空隙，使磨粒失去切削作用。因此，在磨削加工中常存在如下问题：(1) 砂轮易黏附堵塞；(2) 加工表面易烧伤；(3) 加工硬化现象严重；(4) 工件易变形。通过开展TC4钛合金材料特性分析和钛合金超高速磨削工艺试验，得出砂轮线速度对磨削性能的影响。图1.6与图1.7是单位面积法向磨削力 F_{pn} 和单位面积切向磨削力 F_{pt} 随砂轮线速度 v_s 的变化情况。由图可知，TC4钛合金单位面积法向磨削力 F_{pn} 和单位面积切向磨削力 F_{pt} 随砂轮线速度的增大，都呈现出比较明显的下降趋势。在磨削深度 a_p 及工作台速度 v_w 一定的情况下，TC4钛合金的单位面积法向磨削力 F_{pn} 对砂轮线速度 v_s 的变化显得比较敏感，其下降幅度比较大。磨削力源于工件与砂轮接触后引起的弹塑性变形、切屑形成以及磨粒和结合剂与工件表面之间的摩擦作用，由于磨屑形成时间极短，材料的应变率已经接近塑性变形应力波的传播速度，相当于材料的塑性减小，材料以塑性方式去除。单位面积法向、切向磨削力与**未变形切屑厚度 h_{max} 有良好的对应关系， h_{max} 是表征磨削条件对单位面积磨削力影响的基本参数。

图1.8和图1.9显示了**未变形切屑厚度 h_{max} 对单位面积法向磨削力 F_{pn} 、

[显示全部信息](#)

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

[更多资源请访问www.tushupdf.com](http://www.tushupdf.com)