

池震宇 编著

磨削 加工 与 磨具 选择

兵器工业出版社

磨削加工与磨具选择

池震宇 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书在深入分析磨料种类、特性和工件材料的可磨削加工性的基础上，阐述了磨具的特性及其选择的原理，从而把磨具特性和磨削从理论上有机地联系起来，使读者对磨具的选择产生不但知其然，还知其所以然的效果。全书图文并茂，文字通俗，深入浅出，以讲清道理，打好基础为主线，伴以大量的实际数据和图表，有助于提高读者按照具体情况独立选择磨具的能力，收到举一反三的效果。它适用于从事磨削加工和磨具制造的管理、技术人员和大专院校、职业和技工学校学生作学习和参考材料，对磨工也有实际指导意义。

磨削加工与磨具选择

池震宇 编著

责任编辑 杜青莲

兵器工业出版社

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京市通县向阳印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张7 插页3 字数159千字

1990年12月第一版·1990年12月北京第一次印刷

印数00,001—7700 定价：4.20元

ISBN 7-80038-142-0/TG·16

序

磨料磨具只有在合理选择与正确使用的基础上才能充分发挥其效能，达到预期的加工效率、加工质量和成本，进而产生较高的经济效益。当前，随着人类生存和生活环境的不断改善，向自然的索取也在不断地增加，因此人们对采用的工具的性能要求越来越高。今天的工具是向着高效、高速、重载和高性能方向发展的，所以它的机件必须采用更多的高硬度、高强度、耐热和耐腐蚀的新材料，及更高的加工精度和表面质量。这就使磨料磨具的使用范围和数量迅速增大，从而使其经济效益的影响也迅速提高。其次，人类为长久生存，对本身的生存环境的重要性和生态环境的恶化状态给予越来越大的关注。今天环境污染已成为全世界共同关心的问题，磨料磨具制造过程对环境有一定的影响，这已引起人们普遍的重视。另外，由于世界人口的激增和消费水平的提高，能源这个支持人类生存的巨大支柱，已承担了过重的负担，“能源危机”是摆在全人类面前的巨大挑战，也是高能耗的磨料磨具制造业急待解决的课题。因此，世界上工业先进的国家，均在力图下降磨料磨具的产量和消耗量，有的甚至不惜采用转嫁的手段。磨料磨具的制造问题已成为世界工业关注的焦点之一。我国的磨料磨具产量和消耗水平都大大高于世界先进国家的水平，这已成为磨料磨具行业有识之士普遍关心的问题。为此，除了提高磨料磨具产品的质量和性能，防止其他国家的转嫁手段之外，提高磨料磨具的选择和使用

水平是十分重要的任务。本书作者基于以上目的写成此书，这是值得人们称道的。

本书作者在长期工作中，积累了十分丰富的经验，又有坚实的磨料磨具制造工艺基础，因此对磨料磨具的选择使用不同于磨削工艺角度，而能够将磨料磨具制造工艺与其性能的关系及磨削工艺对磨料磨具性能要求两者结合起来叙述，读后会产生知其然又知其所以然的效果，而异于一般相似主题的作品。本书摆脱了繁文缛节的弊病，采用通俗易懂的文字，而不拘泥于定义原理之中，读起来有轻松自如的感觉。全文以讲清道理，打好基础为主线，伴以大量实际使用数据、图表，既可解决读者遇到的实际具体问题，又可以收到举一反三之效，是一本既有理论叙述又有使用实践的好作品。另外书中大量收集了国内外磨料磨具磨削方面的研究和工作成果，经作者消化整理，总结出适合国内使用的图表，为本书的总目的服务，确实是颇费心血的创造性劳动。本书不仅适合于从事磨削加工的广大工程技术人员和有关专业的大专院校师生参考，而且也为磨料磨具行业的工程技术人员和技术服务人员提供制造与使用的知识，对广大的磨工也有实际的指导意义。相信本书能按作者预期的目的，对提高我国磨料磨具的应用水平起一定的促进作用。

机械电子工业部 郑州磨料磨具磨削研究所 严文浩

1989.9. 于郑州

前 言

随着我国经济的发展和科学技术的进步,机械工业向着高精密(毫微米级)加工和高效率加工的方向前进,新型难磨材料不断问世,新型磨削技术的应用将使磨削加工成为与其他切削加工产生相抗衡的金属切除率的手段。随着磨削理论进入全面揭示磨削本质的新水平,磨削技术将在现代机械加工工业中占有日趋重要的地位。

磨料磨具是推动磨削加工技术发展的关键因素。磨削加工技术的提高同正确选择磨具密切相关。与切削工具相比,磨具品种规格多达万种以上,各种不同特性品种的磨具对不同的工件材料都具有不同的加工适应性。因而全面熟悉掌握磨削加工特点、工件材料的磨削加工性与磨具的特性,才能正确合理地选择磨具,从而更好地发挥磨具的加工潜力,取得理想的磨削效果。

本书由中国机械加工学会磨削专业委员会秘书长、机械电子工业部郑州磨料磨具磨削研究所副所长、副总工程师、高级工程师严文浩审稿,并撰写序言。在编写过程中得到第二砂轮厂焦魁一高级工程师和周祖芳同志的大力支持和帮助。机电部机械中心科技编辑部对本书的编辑出版也给予大力支持。作者在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于水平有限,难免有不妥之处,恳请读者予以批评指正。

作 者

1989.8.

目 次

第一章 概述	(1)
第一节 磨削加工的特点及其应用	(1)
第二节 磨削过程的基本概念	(3)
第三节 磨具的构成与作用	(8)
第四节 磨具特征的标记	(10)
第五节 切削刃的自锐作用与磨具的磨削状态	(11)
第二章 磨料的种类及其特性	(17)
第一节 磨料的种类与应用范围	(18)
第二节 磨料的物理性质	(20)
第三节 磨料的几何特征	(25)
第四节 磨料的破碎特性	(30)
第五节 磨料的磨损特性	(33)
第六节 磨料的塑性变形特性	(37)
第七节 磨料的品种发展及其特点	(40)
第三章 工件材料的可磨削加工性	(43)
第一节 材料的化学成分对可磨削性的影响	(45)
第二节 材料的金相组织对可磨削性的影响	(46)
第三节 材料的机械性能对可磨削性的影响	(48)
第四节 材料的物理性能对可磨削性的影响	(52)
第五节 材料的可磨削性的综合分析	(57)
第四章 磨具的特性及其选择	(67)
第一节 磨具的作用状态	(68)
第二节 磨料的选择	(71)
第三节 粒度的选择	(77)

第四节 磨具结合剂的选择	(80)
第五节 磨具硬度的选择	(84)
第六节 磨具组织的选择	(88)
第七节 磨具的形状、尺寸及其应用范围	(91)
第八节 磨削条件与磨具作用状况及其校正	(97)
第五章 磨削加工与磨具特性的选择	(102)
第一节 外圆磨削及其磨具的选择	(103)
第二节 平面磨削及其磨具的选择	(108)
第三节 内圆磨削及其磨具的选择	(116)
第四节 无心磨削及其磨具的选择	(122)
第五节 螺纹磨削及其磨具的选择	(126)
第六节 齿轮磨削及其磨具的选择	(128)
第七节 工具磨削及其磨具的选择	(133)
第八节 切断磨削及其磨具的选择	(143)
第九节 自由磨削及其磨具的选择	(149)
第十节 珩磨与超精磨及其磨具的选择	(154)
第十一节 非金属材料磨削的磨具选择	(163)
第六章 磨具的使用与保管	(169)
第一节 磨具的强度	(169)
第二节 磨具的平衡度	(177)
第三节 磨具的耐水性与耐热性	(182)
第四节 磨具的安装与保管	(184)
第五节 砂轮的修整	(190)
第六节 磨削液的使用	(193)
附表	(195)
附表1 国内外“标准”代号	(195)
附表2 部分材料硬度参数表	(196)
附表3 常用金属元素符号表	(196)
附表4 磨料代号对照表	(197)

附表5	磨料粒度基本粒群尺寸范围参照表.....	(198)
附表6	国内外微粉粒度对照表.....	(200)
附表7	磨具硬度代号对照表.....	(202)
附表8	磨具结合剂代号对照表.....	(203)
附表9	磨具组织代号对照表.....	(204)
附表10	各国磨料代号对照表.....	(205)
附表11	洛氏硬度计的负荷及钢球直径.....	(205)
附表12	洛氏硬度计测定磨具硬度值.....	(205)
附表13	砂轮速度换算表.....	(206)
附表14	常用硬度对照表.....	(208)
参考文献		(212)

第一章 概 述

第一节 磨削加工的特点及其应用

磨削加工目前尚无统一确切的定义和范围。可以认为：在现代机器制造中，用磨削工具对各种机件进行切削加工以获得预定的形状和尺寸、精度及表面粗糙度的加工表面，这种加工方法称为磨削加工。

磨削加工是一种高精度的加工方法，也是一种作为对高硬度材料的加工手段而发展起来的。同其他加工方法相比，它具有以下特点：

1. 能获得很高的加工精度

现代机器制造中的许多机件，要求有较高的精度和表面

表 1-1 机械加工方法与表面粗糙度

机械加工方法		能达到粗糙度	我 国
刨 削		$\frac{16}{\sqrt{}}$	$\frac{3.2}{\sqrt{}}$
车 削		$\frac{0.8}{\sqrt{}}$	$\frac{0.2}{\sqrt{}} \sim \frac{1.6}{\sqrt{}}$
铣 削		$\frac{0.3}{\sqrt{}}$	$\frac{1.6}{\sqrt{}}$
磨 削	一 般	$\frac{1.6}{\sqrt{}} \sim \frac{0.3}{\sqrt{}}$	$\frac{1.6}{\sqrt{}} \sim \frac{0.4}{\sqrt{}}$
	镜面磨削	$\frac{0.1}{\sqrt{}} \sim \frac{0.05}{\sqrt{}}$	$\frac{0.05}{\sqrt{}}$
	超精磨削		$\frac{0.05}{\sqrt{}} \sim \frac{0.025}{\sqrt{}}$
	精密磨削		$\frac{0.2}{\sqrt{}} \sim \frac{0.1}{\sqrt{}}$

粗糙度，采用一般的切削加工方法难以实现，这就需要磨削加工的方法来解决。磨削加工与其他机械加工所能得到的表面粗糙度见表1-1。

磨削加工通常可以达到1~2级精度，表面粗糙度可达到 $Ra0.8\sim0.05\mu\text{m}$ 。在一定条件下，超精磨削加工可达1级以上精度，镜面磨削可达表面粗糙度 $Ra0.01\mu\text{m}$ 。

2. 能适应各种不同性质材料的加工

磨削加工不但能加工一般的钢、铸铁和有色金属及其合金，并且还能加工其他机械加工方法难以加工的高硬度，高强度，耐热、耐磨的材料，如硬质合金，高钒高速钢，耐热合金，钛合金等。

3. 能获得较高的生产效率

近年来，以提高单位时间金属切除量为目标的高效率磨削方法（如高速磨削、强力磨削、重负荷磨削、宽砂轮磨削等）的相继发展和应用，磨削生产率已达到甚至超过其他机械加工方法。高效率磨削方法，是采用增加单位时间内参与磨削的磨粒数量，增加每颗磨粒的切除量，增大磨削压力等途径来提高生产效率的。强力磨削一次连续切深达6mm以上。最大金属切除率，钢达180kg/h，铸铁270~320kg/h，可直接由精毛坯磨削成型，以磨代车，以磨代铣，生产率不因毛坯表面状态而降低。加工表面质量较高，缩短了加工周期。重负荷磨削进行钢锭修磨作业，磨削压力可达250~1000kg，金属切除率达1000kg/h。

4. 适应性广

磨削不仅加工圆柱面、圆锥面、平面、内圆面等一般几何形状的工作表面，还能加工螺纹、齿轮、花键、钢球、样板等曲面、球面及不规则的复杂型面，不但进行外圆磨削、

平面磨削、内圆磨削等一般的磨削作业，还能进行工具磨削、荒磨、切断、超精加工，珩磨等特殊作业。

随着机械工业向着高精度、高效率发展的趋势，新型材料广泛应用。随着磨床结构的更新，磨具制造技术水平的提高，新型磨削加工技术的开发和应用，磨削加工在各工业领域的应用范围日趋扩大，使磨削加工在机械加工中占有越来越重要的地位。它将在现代化工业各部门中得到更加广泛的应用。

第二节 磨削过程的基本概念

磨削过程，实际上就是磨具表面大量排列参差不齐、分布不规则的棱形多角的磨粒的切削过程，见图1-1。

磨粒的几何形状具有以下特点：



图 1-1 磨粒的形状

① 磨粒的刀尖角为钝角，通常以负前角切削。

② 磨粒的切削刃与前刀面形状极不规则，通常是空间曲线和曲面。

③ 磨粒的刀尖大多是圆弧，其圆弧半径在几微米至数十微米，其大小与磨粒的材质和粒度有关。从表1-2中可以看出碳化硅系比刚玉系磨粒刀尖的圆弧半径小，同时其圆弧半径随粒度的越细而变得越小。

④ 经修整后的磨粒表面出现无数微小的切削刃，称磨粒的微刃性。磨粒微刃分布在磨具表面的不等高性质，又称为微刃不等高性。

表 1-2 磨粒刃尖的圆弧半径

粒 度	平均圆弧半径, μm	
	刚 玉	碳 化 硅
24 [*]	6~81	4~83
46 [*]	6~75	6~95
M28	0.7~7	0.7~7

由于磨粒的几何形状具有以上特点, 在磨削加工时的切削深度小(切屑厚度薄), 一般在 $0.005\sim 0.05\text{mm}$ 左右。所以绝大多数磨粒切削刃是在大负前角下对工件进行切削。由图 1-2 可见与切削过程一样, 工件材料在磨粒切削刃的挤压、磨擦作用下产生变形转为切屑, 形成加工表面。磨粒切削刃的切削过程大致可以分为挤压、滑擦、耕犁、切削四个阶段, 如图 1-3 所示。最初, 磨粒挤入工件, 由于切入深度小于磨粒刃尖圆弧半径 P , 形成很大的负前角, 工件表面仅发生弹性变形。随着切入深度的增大, 磨粒对工件表面的压力逐渐增大, 开始压入工件, 工件表面由弹性变形开始过渡到塑性变形。磨粒继续挤压, 磨擦剧烈, 热应力剧增。在工件表面耕犁出沟痕, 沟痕两侧金属滑移隆起突出。工件材料塑性变形沿滑移线不断增加。当切入深度继续增加时, 被推挤的金属层明显滑移。当挤压力超过工件材料强度后形成切屑从前刃面流出, 切离工件表面。加工材料不同, 磨粒切削过程四个阶段所占的比例也不一样。

磨削过程, 是磨粒切削刃切削金属的过程, 与刀具切削一样, 被磨削的金属也经历了弹性变形、塑性变形、切屑

形成等过程，也同样伴随着大量的磨削力和磨削热的产生。但磨削过程还具有其他许多重要特征。

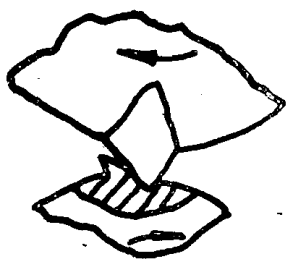


图 1-2 磨粒切削过程

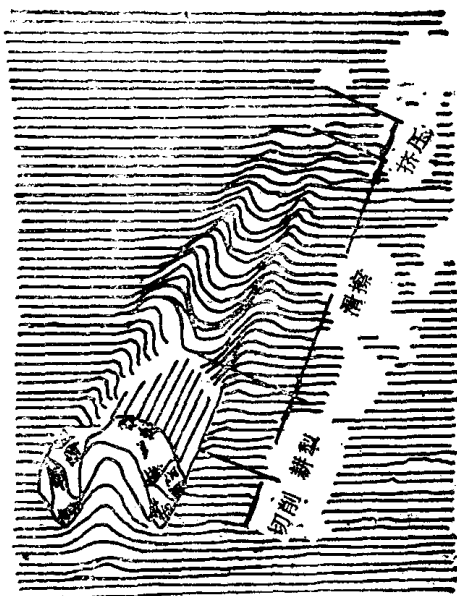


图 1-3 磨粒切削四阶段

1. 磨削过程是个复杂的过程

磨粒几何形状与分布的几何位置不同，在磨具的空间内纵横交错，参差不齐，分布极不规则，使磨具表面单位面积上实际参加磨削的有效粒数小于单位面积上的磨粒总数。因而同一时间内在磨粒对金属的挤压、滑擦、耕犁和切削作用下，切屑的形状不甚一致。而且由于磨具切削刃的自锐作用，使磨具与工件之间掺入破裂，脱落的磨料粉末，产生一定的研磨作用，形成的切屑形状更是多种多样。

2. 磨削过程产生的塑性变形很大

磨粒的负前角的切削过程，切削条件很差，各阶段的刷

原
书
缺
页

它是在离开砂轮与工件接触弧一段距离后出现的。这是由于切屑在氧化过程中产生高温，并以高能辐射释放出来形成火花。碳素钢在磨削中的火花特别显著，是因为钢中的

表 1-3 纯金属的磨削火花特征

金 属	融 点·°F	磨粒切削刃温度, °F	火 花
铝	1215	—	无
铋	1167	—	无
铌	519	—	无
铜	604	—	无
钙	1567	—	有
钴	2715	2300	有
铝	1981	1150	无
铬	2822	2900	有
金	1945	—	无
纯铁	2950	2300	有
铅	621	—	无
镁	1204	—	无
钼	4473	3460	有
镍	2646	2600	无
银	1761	1150	无
锡	449	250	无
钛	3272	—	有
钨	6098	6500	无
锌	787	750	无

原 书 缺 页