

高等学校磨料磨具磨削教材

# 陶瓷磨具制造

李志宏 主编

中国标准出版社

TG74  
L-979

学校磨料磨具磨削教材

# 陶瓷磨具制造

李志宏 主编

中国标准出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

陶瓷磨具制造/李志宏主编. -北京:中国标准出版社,  
2000.9

ISBN 7-5066-2260-2

I. 陶… II. 李… III. 陶瓷-磨具-制造  
IV. TG706

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 42983 号

中国标准出版社出版  
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

\*

开本 787×1092 1/16 印张 21 $\frac{1}{4}$  字数 498 千字

2000 年 9 月第一版 2000 年 9 月第一次印刷

\*

印数 1—2 500 定价 40.00 元

## 本套书编者的话

---

以磨料磨具为工具的磨削加工,是机械加工方法中非常重要的一类方法,而且是精密加工和超精加工最基本的和首选的加工方法,在工业上得到广泛的应用。因而磨料磨具作为工业生产中必不可少的工具,具有“工业的牙齿”之誉,与现代工业发展有着密不可分的关系。磨料磨具及其应用技术的发展促进了现代工业的快速发展,而现代工业进一步的发展需求又反过来促进了磨料磨具技术进步和产品品种及应用范围的扩大。磨料磨具的应用已渗透到机床、工具、汽车、船舶、兵器、航空、航天、电子、能源、交通、建筑、地质、冶金、石油、煤炭、化工、轻工、纺织、仪器仪表、医疗器械、工程陶瓷、耐火材料、家具制造、食品加工等各个领域。磨料磨具及磨加工技术不仅影响着机械、汽车、建材、冶金等传统工业的发展,而且影响着新材料、航天航空、信息技术等高新技术及产业的发展。如磨具性能及加工技术影响着工程陶瓷材料的加工效率、加工质量、加工成本及其应用推广速度;导弹端头罩的磨加工精度影响着导弹的制导精度和端头罩的应用;半导体硅片等材料的磨加工技术及质量影响着计算机的进一步发展及信息技术产业的发展。因此,磨料磨具及其磨削应用技术在科技进步和整个国民经济发展中具有极其重要的作用。

当今世界科学技术飞速发展,经济全球化速度明显加快,国际竞争日趋激烈。这种形势对磨料磨具及磨削技术进步和行业从业人员素质提高提出了更高的要求。加强具有创新能力的高素质专业人才的培养,提高磨料磨具行业从业人员的素质,加强高性能新型磨料磨具产品的研究开发,提高磨料磨具制造技术及应用技术水平,为传统工业及高新技术产业发展提供有力的支持,是我们当前面临的迫切任务。

为适应高校磨料磨具和超硬材料及制品等有关专业的教学需要以及有关企业生产及应用发展需要,应广大师生和行业的普遍要求,我们组织了行业有关专家学者、高校教师和企业工程技术人员编写了这套教材。这套教材包括《普通磨料制造》、《超硬材料制造》、《陶瓷磨具制造》、《有机磨具制造》、《涂附磨具制造》、《金刚石烧结制品》、《超硬材料

电镀制品》和《砂轮特性与磨削加工》，共计 8 册。内容涵盖所有磨料磨具的制造及应用技术。这套书可分为三类。第一是磨料类，包括《普通磨料制造》和《超硬材料制造》两部教材，分别介绍了普通磨料刚玉、碳化硅和超硬材料金刚石、立方氮化硼的制造原理、生产工艺及产品检测技术。第二是磨具和其它制品类，包括 5 部教材，其中《陶瓷磨具制造》和《有机磨具制造》分别介绍了以陶瓷和树脂为结合剂的刚玉、碳化硅、金刚石、立方氮化硼磨具的制造原理、生产工艺及产品检测技术；《金刚石烧结制品》和《超硬材料电镀制品》分别介绍了烧结金属结合剂和电镀金属结合剂的超硬材料磨具、锯片、钻头等各种工具的制造原理、生产工艺及产品检测技术；《涂附磨具制造》则专门介绍砂布、砂纸、砂带和砂盘等涂附磨具的制造技术。第三是应用类，即《砂轮特性与磨削加工》一书，该书主要介绍磨具的磨削工业原理及磨具的科学选择与正确使用方法。在编写过程中，我们注意吸收了国内外磨料磨具及相关行业的新工艺、新技术成果和国内磨料磨具专业教学改革及示范性专业建设成果，力求做到书中概念科学、准确，内容系统、实用，能够反映行业新产品、新技术、新工艺及其发展趋势，使其既能面向教学，满足高校专业教学需要，又能面向行业，成为磨料磨具和超硬材料制品制造及选择应用方面具有重要实用价值的技术参考资料。本套书的出版，将结束我国磨料磨具人才培养 40 多年来尚无公开出版成套系列教材的历史，对我国磨料磨具磨削方面的高等教育和行业发展都具有重要意义。

本套书的编写工作得到了郑州工业高等专科学校、国家磨料磨具质量监督与检验中心、郑州磨料磨具磨削研究所、郑州白鸽集团股份有限公司、国家机械工业局第六设计院、中国磨料磨具工业公司、中国第六砂轮厂、第七砂轮厂、国家冶金工业局地勘一局、北京人工晶体研究所、长沙矿冶研究院等单位领导和同志们的重视、关心和大力支持。在编写过程中，国家磨料磨具质量监督与检验中心常务副主任张长伍高级工程师、郑州工业高等专科学校磨料磨具工程系副主任李志宏副教授作了大量的组织协调工作。在此，向所有关心支持本书出版，并为本书出版作出贡献的单位、领导和有关人士表示衷心的感谢！

编 者

2000 年 5 月

# 前 言

---

陶瓷磨具具有磨削能力强、形状保持性好、磨削精度高、不易堵塞和烧伤工件、修整简便、耐酸、耐碱、耐水、耐油等一系列优良性能,能够适应各种冷却液条件下的磨削和各种加工精度要求的磨削,因而应用最广,是磨具中最重要的一点,其在总的磨具构成比例中位居首位,在磨具制造及磨削加工应用中具有非常重要的地位。因此,《陶瓷磨具制造》被作为磨料磨具专业和超硬材料及制品专业的主要专业课程之一。本书也就成为本套系列教材的重要组成部分。

本书系统地介绍了磨具的基本概念、主要特性及特征标记方法、陶瓷磨具的制造技术。重点介绍了陶瓷磨具制造所用原材料的性能及作用,磨具配方制定原则,磨具制造工艺原理、方法及过程,磨具产品质量检查内容与方法等。并对新型陶瓷刚玉磨具和超硬材料(立方氮化硼和金刚石)陶瓷磨具作了较多介绍。本书吸收了磨料磨具及相关领域的新技术新成果,反映了陶瓷磨具的发展趋势。

本书可作为高等院校磨料磨具专业、超硬材料及制品专业学生的陶瓷磨具课程教材或相关专业师生的参考书,对磨料磨具及磨加工等相关行业从事磨具研究、生产与应用的科技人员和管理人员等,也具有较大的参考价值。

本书由郑州工业高等专科学校李志宏任主编,该校磨料磨具工程系朱玉梅、王春华、侯永改、王改民,国家机械工业局第六设计研究院赵新力,白鸽集团公司王海、贾全利、吴月仁、李道祥等八位同志参加了编写。全书共分十一章,具体分工为:第一章由李志宏编写;第二章由朱玉梅编写;第三章由李志宏、朱玉梅编写;第四章由王春华编写;第五章由侯永改编写;第六章由王海、贾全利编写;第七章由赵新力编写;第八章由吴月仁、王海编写;第九章由王改民、李志宏编写;第十章由王春华、侯永改、李志宏、朱玉梅编写;第十一章由李志宏、李道祥编写。全书最后由李志宏统稿并修改。

本书由李印江教授主审,蒋蒙宁、张长伍两位高级工程师参加了审稿,他们对本书提出了许多宝贵意见。白鸽集团公司蒋蒙宁总工程师和技术处王文学处长在编写人员安排方面给予了很大支持。郑州磨料磨

具磨削研究所高级工程师陈开发为本书部分插图绘图提供了帮助。本书编写工作还得到了郑州工业高等专科学校领导和教材建设委员会领导、国家磨料磨具质检中心领导、中国标准出版社的领导、机械工业局第六设计研究院的领导、河南省硅酸盐学会的领导及其它有关单位领导的大力支持,在此向他们谨表衷心的感谢!本书也参考或引用了书后所列著作或文献的内容,在此也对这些著作及文献的作者或单位表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错误或不足之处在所难免,敬请同行专家和广大读者指正。

编 者

2000年5月

## 主编简介

李志宏，男，1963年10月生，河南省遂平县人。天津大学无机非金属材料专业硕士研究生毕业。毕业后分配到郑州工业高等专科学校从事磨料磨具教学与科研工作，现任磨料磨具工程系副主任，副教授，兼任新材料研究所所长、河南省硅酸盐学会理事、全国磨料磨具标准化技术委员会普通磨具分委员会委员，是河南省高等学校优秀中青年骨干教师和机械工业部跨世纪学术骨干。

十多年来，主讲了《陶瓷磨具制造》、《超硬材料陶瓷磨具》等课程，主编参编教材四部，发表科研论文十六篇、译文数篇。主持承担省部级科研项目十多项（其中省重点、重大攻关项目2项），在普通陶瓷磨具和超硬材料陶瓷磨具用低温陶瓷结合剂、陶瓷磨具快速烧成工艺、陶瓷结合剂立方氮化硼磨具的开发及应用、新型陶瓷刚玉磨料制备及应用等方面进行了较深入的研究，并已取得五项具有国际先进水平的成果。成果和论文获省、部科技奖励多项。



## 内 容 提 要

本书系统地介绍了磨具的概念、主要特性及特征标记方法、陶瓷磨具的制造技术。重点阐述了陶瓷磨具的主要特性,磨具制造所用原材料的性能及作用,磨具配方制定原则,磨具制造工艺原理、方法及过程,产品质量检查内容与方法等。并对新型陶瓷刚玉磨具和超硬材料陶瓷磨具(立方氮化硼和金刚石)等新型高效磨具作了较多介绍。本书吸收了磨料磨具及相关领域的新技术、新成果,反映了陶瓷磨具的发展趋势。

本书可作为高等院校磨料磨具专业、超硬材料及制品专业学生的陶瓷磨具课程教材或相关专业师生的参考书。对磨料磨具及磨加工等相关行业从事磨具研究、生产与应用的科技和管理人员,也具有较大的参考价值。

# 目 录

<b>第一章 磨具概论</b> .....	1
<b>第一节 磨具的概念及其发展概况</b> .....	1
一、磨具的概念及分类 .....	1
二、磨具的发展概况 .....	2
<b>第二节 磨具的结构</b> .....	5
<b>第三节 磨具的主要特性</b> .....	6
一、磨具的硬度 .....	6
二、磨具的组织 .....	8
三、磨具的强度 .....	10
四、砂轮的平衡度 .....	14
<b>第四节 磨具的特征标记</b> .....	16
<b>第二章 陶瓷结合剂磨具的原材料</b> .....	26
<b>第一节 磨料</b> .....	26
一、磨料应具备的性质 .....	26
二、磨料的主要理化性能 .....	27
三、磨料种类及其主要应用范围 .....	30
<b>第二节 陶瓷结合剂的原材料</b> .....	31
一、可塑性原料 .....	31
二、瘠性原料 .....	39
三、催熔原料 .....	41
四、陶瓷结合剂原材料的加工及结合剂配制 .....	45
<b>第三节 辅助材料</b> .....	47
一、粘结湿润剂 .....	47
二、着色剂 .....	51
三、成孔剂 .....	52
四、浸渍剂 .....	53
<b>第三章 陶瓷结合剂的主要性能及结合剂的选择</b> .....	55
<b>第一节 陶瓷结合剂的主要性能</b> .....	55
一、耐火度 .....	55
二、收缩率 .....	57

三、热膨胀系数 .....	59
四、反应能力 .....	62
五、烧结范围 .....	64
六、可塑性 .....	65
七、机械强度 .....	67
八、弹性模量 .....	70
九、流动性 .....	73
十、高温润湿性 .....	75
十一、悬浮性 .....	76
<b>第二节 陶瓷结合剂的分类与表示方法</b> .....	77
一、陶瓷结合剂的分类 .....	77
二、结合剂的表示方法 .....	79
<b>第三节 结合剂的选择原则</b> .....	80
一、根据磨料种类选择结合剂 .....	80
二、根据磨料粒度选择结合剂 .....	81
三、根据磨削要求选择结合剂 .....	81
四、根据磨具生产工艺要求选择结合剂 .....	82
<b>第四节 常用结合剂简介</b> .....	83
一、粘土-长石类 .....	83
二、粘土-长石-硼玻璃类 .....	83
三、粘土-长石-石英类 .....	85
四、粘土-长石-滑石类 .....	86
五、粘土-长石-硼玻璃-滑石类 .....	87
六、粘土-长石-石英-滑石类 .....	88
七、粘土-长石-石英-硼玻璃类 .....	89
八、冰晶石-硼硅玻璃-锂辉石类 .....	89
九、其它结合剂类型 .....	91
<b>第四章 磨具配方的制定</b> .....	92
<b>第一节 磨具配方概论</b> .....	92
一、配方的作用 .....	92
二、配方的分类与表示形式 .....	92
<b>第二节 磨具配方的主要内容及其确定原则</b> .....	95
<b>第三节 磨具配方的设计及其计算方法</b> .....	110
<b>第四节 磨具配方调整</b> .....	113
一、为改善磨具磨削性能而进行配方调整 .....	113
二、为改善磨具质量而进行配方调整 .....	115

<b>第五章 磨具的成型</b> .....	117
<b>第一节 磨具成型方法概述</b> .....	117
一、压制成型 .....	117
二、浇注成型 .....	117
<b>第二节 磨具的机压成型</b> .....	118
一、成型料的制备 .....	118
二、机压成型原理 .....	126
三、机压成型设备 .....	133
四、机压成型用的工模具 .....	138
五、机压成型工艺 .....	145
六、机压成型坯体的质量检查及废品 .....	148
<b>第三节 磨具的水浇注成型</b> .....	150
一、原材料及技术条件 .....	150
二、水浇注成型设备与工模具 .....	152
三、水浇注成型工艺 .....	154
四、水浇注成型常见废品及预防 .....	157
<b>第四节 磨具的热蜡注成型</b> .....	158
一、原材料及技术条件 .....	158
二、热蜡注成型的设备与模具 .....	159
三、热蜡注成型工艺 .....	160
四、水浇注成型常见废品及预防 .....	162
<b>第五节 等静压成型</b> .....	163
一、等静压成型的特点 .....	163
二、等静压成型工艺 .....	163
三、等静压成型方法 .....	164
<b>第六章 磨具的干燥与窑前加工</b> .....	165
<b>第一节 磨具的干燥</b> .....	165
一、干燥原理 .....	165
二、干燥工艺的确定 .....	168
三、干燥方法及设备 .....	169
四、干燥废品及其防止措施 .....	171
<b>第二节 磨具的窑前加工</b> .....	173
一、窑前加工的目的及范围 .....	173
二、加工方法及工艺 .....	175
三、加工设备 .....	180

<b>第七章 磨具的烧成</b> .....	181
<b>第一节 磨具在焙烧过程中的物理化学变化</b> .....	181
一、磨具在焙烧过程中的物理化学变化 .....	181
二、磨具的宏观性能在烧成中的变化 .....	187
<b>第二节 磨具烧成制度的制定</b> .....	191
一、磨具烧成制度的制定原则 .....	191
二、烧成曲线举例 .....	197
<b>第三节 窑炉设备及烧成操作</b> .....	200
一、窑炉设备简介 .....	200
二、装窑材料 .....	208
三、装窑操作 .....	211
四、烧成操作 .....	213
五、热工测量与自动控制 .....	215
<b>第四节 烧成缺陷分析及防止措施</b> .....	220
<b>第五节 烧成工艺的新发展</b> .....	222
<b>第八章 磨具制品的加工</b> .....	224
<b>第一节 磨具制品加工概述</b> .....	224
一、加工目的 .....	224
二、加工范围 .....	225
三、加工工艺的确定 .....	225
<b>第二节 车削加工</b> .....	227
一、工具及设备 .....	227
二、加工工艺 .....	229
<b>第三节 磨削加工</b> .....	232
一、砂轮磨削加工 .....	232
二、钢砂磨削加工 .....	235
三、钻削 .....	236
<b>第四节 磨石加工</b> .....	238
一、用磨粒自由磨削加工 .....	238
二、金刚石加工 .....	239
<b>第五节 砂轮的灌孔、镶把及磨具的浸渍处理</b> .....	240
一、砂轮的灌孔与镶孔 .....	240
二、磨具的粘结与镶把 .....	243
三、磨具的浸渍处理 .....	244
<b>第九章 磨具产品的质量标准与质量检查</b> .....	246
<b>第一节 磨具产品的质量标准及检查项目</b> .....	246

一、磨具产品的质量标准的	246
二、磨具成品的质量检查项目的	246
<b>第二节 磨具尺寸与形位公差</b>	247
一、磨具基本尺寸的极限偏差及其测量方法的	247
二、磨具的尺寸和形位公差、测量方法及其对磨具使用的影响的	250
<b>第三节 磨具外观缺陷</b>	254
<b>第四节 磨具硬度的</b>	257
一、喷砂硬度计法测定硬度的	257
二、洛氏硬度计测定硬度的	260
三、其它硬度测定方法的	262
四、有关磨具硬度抽查方法与质量判定的	265
<b>第五节 砂轮静不平衡</b>	265
一、允许最大静不平衡数值的确定的	266
二、静不平衡的测定方法的	266
三、对不平衡砂轮的处理办法的	268
<b>第六节 砂轮回转强度</b>	269
一、检查范围及检查要求的	269
二、检查设备及技术要求的	270
三、检查操作的	270
<b>第七节 磨具的验收与保管</b>	270
<b>第十章 特种陶瓷磨具简介</b>	272
<b>第一节 高速砂轮</b>	272
一、概述的	272
二、高速磨削的特点的	272
三、高速砂轮的性能特征的	273
四、高速砂轮制造工艺的	275
<b>第二节 多孔磨具</b>	275
一、多孔磨具的特点和用途的	276
二、多孔磨具的制造方法的	276
<b>第三节 磨钢球砂轮</b>	278
一、磨钢球砂轮的使用及质量要求的	278
二、磨钢球砂轮的制造方法的	279
<b>第四节 菱苦土结合剂磨具</b>	283
一、菱苦土磨具的特点及用途的	283
二、菱苦土磨具的制造工艺的	283
<b>第五节 代金刚石修整磨具</b>	287
一、代金刚石修整磨具的用途及特点的	287
二、代金刚石修整磨具的种类及规格的	288

三、代金刚石修整磨具的参数选择 .....	288
四、代金刚石修整磨具的制造工艺 .....	289
<b>第六节 烧结刚玉磨具</b> .....	290
一、烧结刚玉磨具的特点和用途 .....	290
二、烧结刚玉磨具的制造原理 .....	291
三、烧结刚玉磨具的制造工艺 .....	291
<b>第七节 陶瓷导电砂轮</b> .....	294
一、陶瓷导电砂轮的用途及特性要求 .....	294
二、陶瓷导电砂轮的工作原理 .....	294
三、陶瓷导电砂轮的制造方法及工艺 .....	295
<b>第八节 新型陶瓷刚玉磨具</b> .....	296
一、新型陶瓷刚玉磨具的特点 .....	296
二、新型陶瓷刚玉磨具的制造工艺 .....	298
<b>第十一章 超硬材料陶瓷磨具</b> .....	299
<b>第一节 概述</b> .....	299
一、超硬材料陶瓷磨具的概念 .....	299
二、超硬材料陶瓷磨具的主要性能特征及其标记 .....	299
三、超硬材料陶瓷磨具的特点及其发展趋势 .....	301
<b>第二节 超硬材料陶瓷磨具对结合剂性能的要求</b> .....	303
<b>第三节 超硬材料陶瓷磨具的原材料</b> .....	304
一、磨料 .....	305
二、结合剂原材料 .....	307
三、其它原料 .....	309
<b>第四节 超硬材料陶瓷磨具配方内容及其制定原则</b> .....	310
一、配方内容 .....	310
二、配方制定原则 .....	311
<b>第五节 超硬材料陶瓷磨具的制造工艺</b> .....	313
一、成型料的计算 .....	314
二、成型料的配制 .....	315
三、成型 .....	316
四、干燥 .....	319
五、烧成 .....	319
六、加工 .....	322
七、检查 .....	323
<b>参考文献</b> .....	324

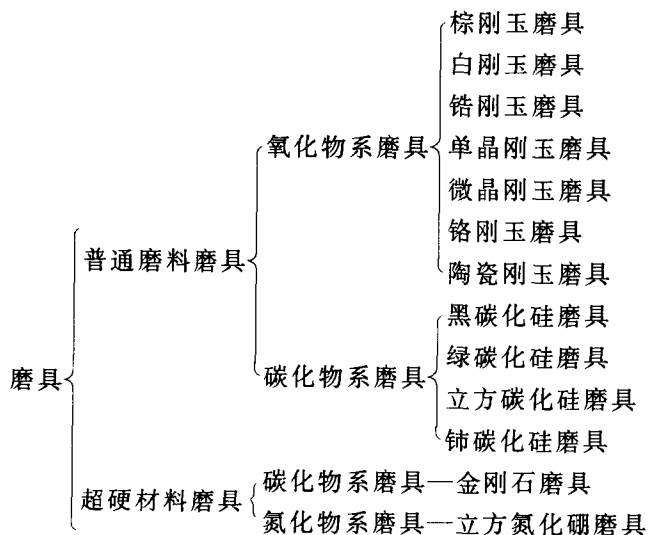
# 第一章 磨具概论

## 第一节 磨具的概念及其发展概况

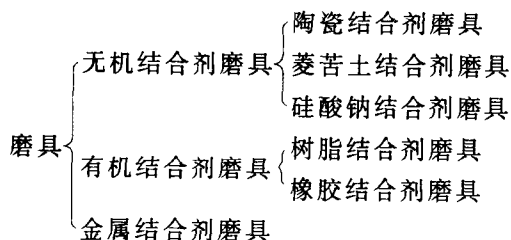
### 一、磨具的概念及分类

磨具属于工具范畴。广义地讲,凡是在加工工序中起磨削、研磨、抛光工作的工具,都称为磨具(英文称之为 grinding tools 或 abrasive tools)。磨具与其表面硬度不一致的被加工材料之间通过在一一定的压力下发生相对运动而产生磨削、研磨、抛光等作用。磨具是应用十分广泛的加工工具,其品种很多。关于磨具种类的划分,一般有如下几种方法:

#### 1. 按磨料种类分类



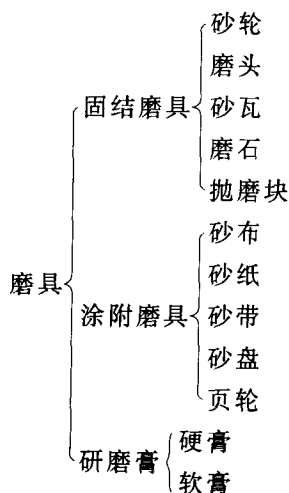
#### 2. 按结合剂分类



在此需要指出的是,现在广义陶瓷结合剂与无机结合剂是同义语。本书所讨论的陶瓷磨具就是按结合剂分类而得名的一类磨具。其内容涵盖所有无机结合剂磨具,是以陶瓷材料为结合剂的一类磨具,英文称为 Ceramic Bond Grinding Tools 或 Vitrified Bond Grinding Tools。



### 3. 按磨料与结合剂的结合形式和磨具基本形状及使用方法分类



除了上述分类方法之外,还可以按磨具的其它特性或特征进行分类,如把磨具划分为粗粒度磨具、细粒度磨具、高硬度磨具、高速砂轮、大气孔磨具、烧结刚玉磨具等。也可以根据磨具的专门用途分类,如把磨具分为磨米砂轮、磨钢球砂轮、磨曲轴砂轮、牙科砂轮、磨螺纹砂轮、磨轴承砂轮、磨齿轮砂轮等。分类方法不同,同一个产品其称谓就不同。

## 二、磨具的发展概况

磨具的出现和应用已经有相当长的历史了。我国早在新石器时代就有了石针、石斧,在秦汉时代就出现了铜镜,石针磨细、石斧磨锋、铜镜磨亮,都是用磨料磨具进行加工的。但那时所用的只是天然的磨料磨具,真正人工制造磨料磨具的历史并不太长,有记载的只是近二百多年的事情,见表 1-1。

从表 1-1 可以看出,在 1877 年之前,仍然是以天然磨料作为制造磨具的主要材料。直到碳化硅、刚玉这些人造磨料的出现,才使磨料磨具的发展进入新的历史纪元。

进入 20 世纪以后,随着磨床的发展和應用日趋广泛,对磨具需求量越来越大,对磨具质量的要求越来越高,这促使磨料磨具制造技术迅速发展,使其技术水平不断提高、产品品种不断增加、产品质量不断改进。磨料磨具的发展又促使一系列磨削加工的迅猛发展和在各个工业领域中广泛应用。20 世纪 50 年代是世界上工业发达国家磨料磨具发展最快并达到比较完整的年代。到 1956 年,工业发达国家磨床产量占整个切削机床的 20% 左右,当时美国的磨具产量为 206 000 吨,原联邦德国为 34 500 吨,英国为 25 000 吨,日本为 16 799 吨。到 1987 年,世界普通磨料总产量达 150~160 万吨左右,其中用作固结磨具的约 70 万吨,用作涂附磨具的约为 13.5 万吨。