

高等学校磨料磨具磨削教材

金刚石烧结制品

王秦生 主编

中国标准出版社

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、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。内容盖所有磨料磨具和制造及应用技术。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艺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

超硬材料及制品产业是高新技术领域中正在迅速发展的朝阳工业。在超硬材料制品中,金属结合剂金刚石烧结制品是品种最多、用量最大、用途最广的一类,广泛应用于机械、电子、建筑、地质、航空航天、核能、国防及尖端科技领域。这类制品的制造技术越来越受到广泛重视。本书总结国内外科研成果和生产经验,系统阐述制造原理和工艺方法,介绍了相关的工艺装备和检测仪器。

本书吸收了超硬材料及制品行业新的科研成果,介绍了新产品、新技术、新工艺,反映了行业的发展趋势。在内容的安排上,既注意理论上的相对系统性和完整性,又注重实用性和针对性。因此,读书既可作为大专院校相关专业教材使用,又可作为技术参考书使用。

全书共分五部分。第一部分(1~4章)主要内容是金属粉末的压制成型和烧结理论;第二部分(5~12章)介绍金刚石磨具,其中包括机械加工磨具(各种砂轮、油石、磨头等)和石材磨具(磨块、磨辊等)以及磨玻璃用精磨丸片的制造技术;第三部分(13~18章)介绍金刚石锯切工具,其中包括大、中、小规格的各种圆锯片以及排锯和绳锯的制造技术;第四部分(19~22章)介绍金刚石钻探工具,包括地质钻头、石油钻头、工程钻头等的制造技术;第五部分(23~25章)介绍其它几类金刚石烧结制品,包括金刚石刀具、拉丝模具、修整工具等的制造技术。

参加本书编写工作的行业专家和学校教师有:王秦生(第1章、5~8章)、左宏森(第2~4章、9~11章、23~25章、第12章第一节)、徐湘涛(第13~17章、第18章第三节)、冯祖宾(第12章第二、第三节,第18章第一、第二节)。第18~22章由徐湘涛、左宏森合作编写。还特邀冶金部第一地勘局孙毓超教授将稀土元素对结合剂性能影响的研究成果写进了第14章第三节。

在本书出版之际,要感谢第六砂轮厂徐湘涛高工、郑州磨

料磨具与磨削研究所潘飞高工和邹泽宏高工,还要感谢全国磨料磨具标准化技术委员会的领导张长伍高工、中国机床工具工业协会超硬材料分会秘书长夏鼎文教授、常务副秘书长李志宏高工、《金刚石与磨料磨具工程》杂志社社长王琴高工,正是由于他们的热情关心、鼓励、支持,积极组织和推动,才使本书编写和出版得以顺利完成。夏鼎文教授还担任主审,仔细审阅了全部书稿。在此谨对他们表示谢忱。

由于作者水平和经验有限,谬误和不当之处在所难免,恳请专家学者和读者指正。

编 者

2000 年 5 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 金刚石烧结制品的特征及概念	1
一、金刚石烧结制品的特征及概念	1
二、金刚石烧结制品的基本类型	1
第二节 金刚石烧结制品的发展	2
一、金刚石磨具发展史	2
二、金刚石锯切工具发展史	2
三、金刚石钻探工具发展史	3
四、其他金刚石工具的发展	3
第三节 金刚石烧结制品在工业应用领域中的地位与作用	3
一、机械加工工业	3
二、建筑工程与建材工业	4
三、地质钻探与开采工业	4
四、光学玻璃工业	5
五、电子电器工业	5
第二章 金属粉末性能及检测	6
第一节 粉末性能	6
一、化学成分	6
二、颗粒形状	6
三、粉末颗粒的密度	7
四、粒度及粒度组成	7
五、比表面	9
六、工艺性能	9
第二节 粉末的性能检测	11
一、粉末化学成分分析	11
二、粉末粒度及粒度组成的测定	12
第三章 压制成型理论	16
第一节 压制现象	16
一、粉末的位移和变形	16
二、粉末压坯强度的形成	17

三、影响压坯强度的因素	18
四、压坯强度的测定	19
第二节 压制成型中力的分析	19
一、侧压力	20
二、外摩擦力	20
三、脱模压力	21
第三节 压制压力与密度的关系	22
一、压坯密度与压制压力之间的变化规律	22
二、压坯密度与压制压力关系的数学解析	23
第四节 压坯密度的分布	25
一、单向压制时压坯密度的分布	25
二、双向压制时密度的分布	25
三、等静压制时密度的分布	26
第五节 影响压制成型过程的主要因素	27
一、原材料的影响	27
二、压制成型条件	28
第四章 烧结理论	30
第一节 烧结的概念与分类	30
第二节 烧结的热力学基础	31
一、单元烧结的动力	31
二、多元烧结动力	33
第三节 烧结动力学	34
一、粘合作用	34
二、流动传质	35
三、扩散传质	36
四、再结晶与晶粒长大	38
五、综合烧结理论	40
第四节 固相烧结	41
一、单元系烧结	41
二、多元系固相烧结	41
第五节 液相烧结	43
一、液相烧结过程	43
二、熔浸	44
第六节 热压	45
第七节 影响烧结过程的主要因素	46
一、烧结温度的影响	46
二、烧结时间的影响	47
三、烧结气氛的影响	48

四、粉末性能的影响	48
五、添加物的影响	49
六、压力的影响	50
第五章 金刚石磨具的结构、特征及标记	51
第一节 金刚石磨具的结构	51
第二节 金刚石磨具的特征及标记	51
第六章 金刚石磨具的原材料	65
第一节 基体	65
一、基体的材质	65
二、基体的结构	65
三、基体的机械加工	67
第二节 金刚石磨料	68
一、品种	68
二、质量标准	69
三、性能特点	69
第三节 金属粉末的品种和技术条件	70
一、金属粉末品种	70
二、金属粉末的技术条件	71
三、金属粉末的化学成分	72
第四节 金属粉末的理化性能	73
一、金属粉末的化学性质	73
二、金属粉末的物理性质	74
三、金属粉末的工艺性能	77
第五节 金属粉末使用前的预处理	77
一、粒度处理	78
二、还原处理	78
三、退火处理	80
第六节 其它原材料	80
一、非金属粉末添加剂	80
二、润湿剂、临时粘结剂、润滑剂	81
第七章 金刚石磨具的结合剂	83
第一节 结合剂的类型及其组成	83
一、金属结合剂的分类	83
二、青铜结合剂的类型及其组成	83
第二节 结合剂的性能	84
一、工艺性能	85

二、使用性能	87
第三节 结合剂的配制	89
一、配料计算	89
二、混料机械	89
三、配混料操作工艺	90
四、结合剂的检查和贮存	91
第八章 金刚石磨具的配方设计	92
第一节 磨具配方设计概述	92
一、配方设计的原则	92
二、配方设计的任务	92
三、配方试验项目及试验程序	94
第二节 结合剂成分及配比的选择	95
一、铜锡合金的性能及配比的选择	95
二、锌的作用及用量选择	98
三、银的作用及用量选择	99
四、镍的作用及用量选择	100
五、铅的作用及用量选择	100
六、铝的作用及用量选择	101
七、铍的作用及用量选择	102
八、钛、铬、钼等金属元素的作用及用量选择	102
九、非金属添加剂的作用及用量选择	103
第三节 磨具配方的设计计算	103
一、磨具配方及配方计算简介	103
二、磨具成型体积的计算	105
三、成型密度的计算	108
四、磨具成型料的计算	109
第四节 磨具配方试验设计方法	110
一、黄金分割	110
二、正交设计	111
三、线性回归	116
四、其它试验设计方法	118
第九章 金刚石磨具压制成型工艺	122
第一节 金刚石磨具成型工艺概述	122
一、冷压法与热压法生产工艺流程	122
二、冷压法与热压法工艺评价	123
第二节 压制成型模具的设计	124
一、模具结构	124

二、模具的材料选择与技术要求	125
三、模具各部分尺寸设计	125
第三节 成型料的配混	128
一、成型料的组成	128
二、成型料配混工艺	129
三、成型料配混用工具和衡器	129
第四节 磨具的压制成型	130
一、压机的种类与选择	130
二、成型压力的确定	131
三、成型压力的计算	131
四、压制成型操作	132
第五节 压坯质量检查	134
第十章 金刚石磨具烧结工艺	136
第一节 烧结设备	136
一、管式炉	136
二、钟罩炉	137
三、中频感应炉	137
四、内热电阻炉	139
第二节 烧结气氛	139
一、氨分解气	139
二、煤气	140
三、木炭	141
第三节 烧结工艺	141
一、烧结曲线	141
二、操作	144
第四节 烧结废品分析	146
第十一章 金刚石磨具的后加工与质量检查	149
第一节 金刚石磨具的后加工	149
一、车加工	149
二、磨加工	152
第二节 金刚石磨具的质量检查	154
一、外观检查	154
二、几何尺寸检查	154
三、砂轮的动平衡检查	155
第十二章 特殊类型的金刚石磨具制造	157
第一节 光学玻璃加工用金刚石精磨片的制造	157

一、概述	157
二、精磨片的制造	158
第二节 水磨石加工用金刚石磨块的制造	159
一、磨块的种类	160
二、磨块的规格	160
三、磨块的制造工艺	160
第三节 玻化砖加工用金刚石磨辊的制造	162
一、磨辊的主要规格	162
二、磨辊的制造工艺	163
第十三章 金刚石锯切工具概述	165
第一节 金刚石锯切工具的发展历程	165
第二节 金刚石锯切工具的种类与结构	167
一、按形状分类	167
二、按制造方法分类	168
三、按用途分类	169
第三节 金刚石锯切工具制造方法概述	170
一、冷压烧结法	170
二、电镀法制造锯切工具	173
三、滚压法和挤压法制造锯切工具	173
四、热压-焊接法	174
第十四章 金刚石锯切工具用原材料	175
第一节 金刚石	175
一、圆锯片锯割石材时金刚石的磨损特性	175
二、锯切工具用金刚石的技术要求	176
三、锯切工具用金刚石	178
四、锯切工具用金刚石的新进展	182
第二节 基体	184
一、基体的作用	184
二、基体的材质及技术要求	184
三、基体的形状特征	187
四、特殊形式的基体	188
五、国内外基体生产企业概况	189
六、排锯基体简介	190
第三节 结合剂	191
一、结合剂的作用	191
二、结合剂需要具备的特性	191
三、影响结合剂(胎体)性能的因素研究	198

四、稀土元素铈(Ce)对胎体性能影响的研究	199
五、金刚石锯切工具结合剂基本类型介绍	201
第十五章 金刚石节块的制造	204
第一节 配混料工艺及设备	204
一、结合剂的配混料工艺	204
二、金刚石层成型料的配混	205
三、过渡层的混配	205
四、混配料设备	205
五、金刚石与结合剂的制粒技术	207
第二节 模具的材质与结构	207
一、预压-煅烧-热压工艺方法所用模具材质及结构	208
二、预压-热压烧结工艺所用模具材质和结构	209
三、模具石墨的性质	210
第三节 热压设备	211
一、预压-煅烧-热压法所用热压设备	211
二、预压-热压烧结工艺所用热压设备	211
第四节 金刚石节块制造工艺	214
一、金刚石圆锯片节块形状结构及其加工方法	214
二、节块制造的工艺流程图	216
三、成型料的计算	216
四、冷压成型	217
五、热压烧结成型	218
第五节 磨弧	220
一、磨弧设备	220
二、磨弧用砂轮	222
三、磨弧操作规程	222
第十六章 焊接工艺及装备	223
第一节 焊接的基本原理	223
一、高频焊接原理	223
二、激光焊接原理	224
第二节 焊接设备	226
一、高频焊接设备	226
二、其它焊接设备简介	232
第三节 焊接工艺	232
一、焊接工艺流程	232
二、焊接前的准备作业	233
三、焊接工艺操作规程	233

四、焊接质量的检测	234
五、激光焊接方法介绍	235
第十七章 锯切工具的修整、开刃与整形	238
第一节 金刚石锯切工具的修整	238
一、修整操作规程	238
二、小型锯片在外圆磨床上的修整开刃	240
三、国产金刚石锯片开刃机介绍	240
第二节 锯切工具的开刃	240
第三节 锯切工具的整形	241
一、锯片基体产生内应力的原因	241
二、应力校正的方法	241
三、锯片的激光预应力调整试验	242
四、基体变形的校正	243
五、张力测试及校验设备	244
第十八章 几种专用金刚石锯切工具的制造	246
第一节 金刚石手动切割锯片的制造	246
一、中频炉烧结法	246
二、连续炉烧结法	248
三、钟罩炉烧结法	249
四、井式炉烧结法	250
五、激光焊接法	251
第二节 金刚石排锯的制造	252
一、金刚石排锯条的规格	252
二、金刚石排锯条的制造工艺	253
第三节 金刚石绳锯的制造	255
一、金刚石绳锯的基本构造	255
二、金刚石串珠制造方法概述	256
三、金刚石绳锯的组装	257
四、金刚石绳锯的使用	258
五、国内金刚石绳锯生产和使用情况综述	260
第十九章 金刚石钻进工具的种类与结构	261
第一节 概述	261
第二节 金刚石钻进工具的种类	262
一、按用途分类	262
二、按切磨材料分类	263
三、按切磨材料的镶嵌方式分类	263

四、按制造方法分类	263
第三节 金刚石钻进工具的结构特征	263
一、金刚石地质钻头的结构	263
二、油井钻头的结构	265
第二十章 金刚石地质钻头的制造	267
第一节 原材料	267
一、金刚石	267
二、钻头胎体及物理机械性能	268
三、钻头钢体	269
四、烧结时采用的保护介质	270
第二节 冷压浸渍法制造钻头	270
一、冷压浸渍法制造工艺流程	270
二、成型料的配制	270
三、成型	271
四、烧结	272
五、粘结金属加入量的计算	272
六、烧结规范的选择与确定	273
七、加工与检查	273
第三节 热压法制造钻头	274
一、热压工艺流程	274
二、成型料的配制	274
三、热压成型	275
第二十一章 金刚石油井钻头的制造	276
第一节 油井钻头参数的选择	276
一、金刚石在表镶钻头上的排布	276
二、金刚石粒度和出刃	276
三、钻头水力学计算	277
四、钻头的规格尺寸与螺纹以及钻头的偏差	278
第二节 油(气)井钻头的制造工艺	278
一、冷压-热压法	278
二、镶焊法	282
第二十二章 金刚石工程钻头的制造	284
第一节 金刚石工程钻头的分类	284
一、按用途分类	284
二、按其制造方法分类	285
三、按所用金刚石分类	285

第二节 原材料的选择	286
一、金刚石选用	286
二、钢体(基体)	286
三、胎体材料	287
第三节 工程钻头的制造工艺	288
一、模具	288
二、金属模压制工艺流程	289
三、墨模压制工艺流程	289
第二十三章 金刚石刀具	291
第一节 金刚石刀具的特点及加工范围	291
第二节 天然金刚石单晶刀具	292
一、单晶金刚石的选择	292
二、金刚石车刀切削部分几何参数的确定	292
三、金刚石单晶的研磨	293
四、金刚石的固定	294
第三节 人造金刚石聚晶刀具	294
一、人造金刚石聚晶刀具的特点及加工范围	294
二、人造金刚石聚晶刀具的制造	296
三、刀具的刃磨	297
第二十四章 金刚石拉丝模	298
第一节 金刚石拉丝模的特点	298
第二节 天然金刚石拉丝模	299
一、金刚石的选择	299
二、拉丝模孔的加工	299
三、金刚石的镶套	299
四、天然金刚石拉丝模拉丝过程中的几种常见不良现象	300
第三节 金刚石聚晶拉丝模	300
一、金刚石聚晶拉丝模的特点	300
二、金刚石聚晶拉丝模的制造	301
第二十五章 金刚石修整工具	303
第一节 概述	303
第二节 金刚石修整笔	305
一、制造工艺流程	305
二、原材料	306
三、成型料的混合	307
四、装料	307

五、热压	307
六、磨加工	308
七、笔杆装配	308
八、检查	308
第三节 金刚石修整滚轮	308
一、金刚石修整滚轮的结构及特征标志	308
二、金刚石磨料的选择	309
三、金刚石的排列和分布密度	310
四、金刚石滚轮的成型	310
五、整形	310
六、检查	310
主要参考文献	312

第一章 概 论

第一节 金刚石烧结制品的特征及类型

一、金刚石烧结制品的特征及概念

1. 金刚石制品

金刚石制品是指以金刚石为切磨材料,借助于结合剂或其它辅助材料制成的具有一定形状、性能和用途的制成品。它包括工具类(磨具、锯切工具、钻探工具、刀具、拉丝模等)和器件类(特殊用途的仪器元件和机器构件)两大类。目前工业应用的主要是工具类。

按照结合剂的不同,金刚石制品可分为以下几类:烧结金属结合剂金刚石制品,电镀金属结合剂金刚石制品,树脂结合剂金刚石磨具,陶瓷结合剂金刚石磨具等。

2. 金刚石烧结制品

金刚石烧结制品,广义地讲,除了烧结金属结合剂金刚石制品之外,还应当包括也是采用烧结法制造的金刚石陶瓷磨具在内。但行业里通常所称的金刚石烧结制品(或简称烧结制品),是专指烧结金属结合剂金刚石制品而言,并不包括金刚石陶瓷磨具在内。这是因为陶瓷磨具本身已经是一个有明确含义的专用名称了。因此,为了遵从行业习惯,也为了简便,本书将烧结金属结合剂制品简称为金刚石烧结制品。

定义:金刚石烧结制品即烧结金属结合剂金刚石制品,是以金刚石为切磨材料,以金属粉末为结合剂,经过压制成型、烧结以及必要的加工而成的一大类制品。

金刚石烧结制品是所有各类金刚石制品中出现最早的一类,也是目前品种最多、用量最大、用途最广的一类。这类制品就是本书讨论的对象。本书主要内容就是介绍这类制品的制造原理、制造工艺、原材料及产品的性能及检测方法,还附带介绍有关的设备和仪器。

此外,利用金刚石聚晶经过加工、烧结或焊接而成的工具,如刀具、拉丝模等,也与金刚石烧结制品一起,在本书中予以介绍。

二、金刚石烧结制品的基本类型

按照用途,金刚石烧结制品可划分为表 1-1 所示的几类。

表 1-1 金刚石烧结制品的分类

类 型	品 种	
磨 具	通用磨具	砂轮:平形砂轮,杯形砂轮,碟形砂轮,筒形砂轮等 油石:正方油石,圆弧油石,三角油石,珩磨油石 磨头:圆柱磨头,异形磨头
	专用磨具	石材磨具:磨块,磨盘,磨辊,磨边轮等 玻璃磨具:光学精磨丸片,光学磨边砂轮
	其它磨具	电解磨轮,无心磨轮,双端面磨盘等各种磨盘