

超硬材料工具 设计与制造

吕 智 郑 超 莫时雄 章兼植 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

超硬材料工具设计与制造

吕 智 郑 超 莫时雄 章兼植 著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2010

内 容 简 介

本书主要介绍超硬材料工具的设计与制造,金刚石工具设计原理,刀头烧结高频焊接圆锯片,激光焊接金刚石圆锯片,整体冷压烧结金刚石圆锯片,焊接金刚石薄壁工程钻头,孕镶金刚石地质取芯钻头,金刚石串珠绳锯,超硬材料涂附磨具,超硬材料固结磨具,高温钎焊超硬材料工具,晶体加工用金刚石工具等。

本书可供超硬材料专业的科研和生产工作人员使用,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

超硬材料工具设计与制造/吕智等著. —北京:冶金工业出版社,2010. 1

ISBN 978-7-5024-5048-9

I. 超… II. 吕… III. ①超硬材料—工具—设计
②超硬材料—工具—制造 IV. TG70

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 186561 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 钱文涛 美术编辑 张媛媛

版式设计 张 青 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5048-9

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 1 月第 1 版,2010 年 1 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16; 18.5 印张; 447 千字; 285 页; 1-2000 册

59.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

超硬材料广泛用于地质钻探、建材加工、建筑工程、机械制造等领域。金刚石、立方氮化硼等超硬材料人工合成技术自 20 世纪 60 年代在我国问世以来,经过 40 多年的发展,已取得许多令人瞩目的成果。特别是 20 世纪 90 年代以来,随着石材加工业的发展,我国超硬材料迅速发展成为世界生产大国,其金刚石产量已占全球总产量的三分之二。然而,我国超硬材料“大而不强”的现象仍然比较突出。因此,积极开展高性能超硬材料及工具的研究与开发对促进我国走向超硬材料生产强国具有重要的战略意义。

吕智等四位专家在长期从事超硬材料及其制品研究与开发的基础上,撰成《超硬材料工具设计与制造》一书。该书系统地总结了超硬材料及其制品理论研究和生产实践的主要成果,阐述了各种超硬材料工具的设计制造原理和工艺、原材料和产品的品种规格、性能要求、技术标准和检测方法,并对超硬材料工具发展新趋势进行了展望,是一部关于超硬材料及其制品研究与开发的专著。

我相信,该书的出版将有利于推动我国加快形成特色品牌的高性能超硬材料工具产品体系,提高我国超硬材料制品在国际上的地位,并给我国从事超硬材料工具研究与开发的同行提供有重要价值的借鉴与参考。

中国工程院 院士 黄伯云
2009 年 4 月 28 日

前 言

超硬材料工具顾名思义系指用超硬材料(包括金刚石和立方氮化硼 CBN 等)制造的工具。它在现代工业中的应用极为广泛,在石材矿山开采、石材加工、地质钻探、玻璃加工、陶瓷加工、木材加工、宝玉石加工、机械制造、汽车工业、电子信息产业和道路桥梁等混凝土工程等,甚至在日常用品,金刚石砂纸、砂布、指甲刀和小锉刀等各个方面都在使用着这具有独特功能坚硬耐磨的工具。桂林地质矿产研究院自 1969 年开始立项开展人造金刚石钻探技术研究,春去秋来,坎坷曲折,历经几代科研人员孜孜以求地艰苦努力,接力赛式地不断探索创新,在我国经济建设发展的各个时期和超硬材料工具行业高速发展的各个阶段,创造出了丰硕成果,培养出大批专业人才。

目前,国内外超硬材料及其工具发展迅猛,我国的超硬材料及其工具已经成为一个独立的新型工业,正处于飞速发展阶段,可以说已经成为国民经济的基础工业之一。我国正在成为世界超硬材料工具的制造中心和出口基地。这更加给这个朝阳工业带来前所未有的发展机遇和巨大的市场潜力。但是与工业发达国家相比,在技术水平上还有相当大的差距。许多高端的工具、磨具还要大量进口,行业中的高级技术人才十分匮乏,许多企业只知道一味地仿造,缺乏对工具的设计和创新,产品竞争能力低,利润低,严重影响企业的进一步发展。本书就是为了普及和推广超硬材料工具的设计和制造技术而编写的。

本书共分 12 章,内容详尽,去粗存精,屏弃过时的技术,贴近现代的新技术发展,其中大部分是作者亲身参与实践的经验总结和对今后发展的思考。因此,本书以下述特点展现给读者:

(1) 对每种超硬材料的工具用途和具体结构设计进行了详述,并对典型结构举例说明;

(2) 具体介绍各种工具不同结构形式冷压模具的设计和优缺点对比分析,读者从中可以直接获得该工具冷压模具的设计方法和参考资料;

(3) 重点介绍了各种超硬材料工具的配方设计、冷压模具设计和石墨模具设计,以期对技术力量相对薄弱的企业提供更加具体和实惠的帮助;

(4) 对每种超硬材料工具的生产工艺流程进行全面的介绍和分析,特别介绍了一些我国自主创新的工艺方法,如串珠冷压工艺方法、金刚石串珠绳锯注塑和注橡胶工艺方法以及粉末制粒工艺、烧结工艺等;

(5) 结合工艺方法介绍国内外最新的超硬材料工具制造设备性能和特点评述;

(6) 对各种超硬材料工具存在的问题和今后的发展提出自己的独立见解,供同行参考交流。

特别是本书第2章金刚石工具设计原理是桂林地质矿产研究院的国家级专家章兼植教授级高级工程师的遗作,因此本书的出版,也是对生者的鼓励和对逝者的告慰。

本书在编写过程中参阅了大量的文献和资料,部分图表、照片等来自国内外的一些网站,对其相关作者表示感谢!还要感谢中国工程院黄伯云院士在百忙之中为本书作序。

书中不当之处,敬请批评指正。

作 者
2009年3月

目 录

1 绪论	1
1.1 我国超硬材料工具的研究与发展	1
1.2 超硬材料工具的分类	4
1.3 本书的宗旨与内容取舍	6
2 金刚石工具设计原理	8
2.1 吃入深度	8
2.2 工作出刃值	13
2.3 金刚石的失效机理	17
2.4 有关胎体的设计	19
2.5 金刚石工具钎焊技术	21
2.6 胎体的耐磨性	23
2.7 功耗和寿命的数学计算式探讨	23
2.8 容屑比的确定原则	31
3 刀头烧结高频焊接圆锯片	34
3.1 锯片结构设计	34
3.2 刀头配方设计	37
3.3 刀头冷压模具设计	39
3.4 石墨模具设计	42
3.5 锯片生产工艺	44
3.6 高频焊接陶瓷切割锯片	53
4 激光焊接金刚石圆锯片	55
4.1 概述	55
4.2 激光焊接锯片结构设计	57
4.3 冷压模具设计	59
4.4 容积式自动冷压机	60
4.5 激光锯片基体	62
4.6 激光刀头过渡层配方设计	63
4.7 激光锯片生产工艺过程	65

4.8	激光焊接设备的选择	74
4.9	激光焊接工艺	78
4.10	激光锯片的产品检测	79
5	整体冷压烧结金刚石圆锯片	82
5.1	概述	82
5.2	锯片结构类型	83
5.3	冷压模具设计	85
5.4	石墨模具设计	89
5.5	生产工艺流程	89
5.6	烧结炉设备及特点	90
5.7	整体冷压烧结锯片的胎体配方与烧结工艺	93
5.8	锯片开刃抛光工艺及设备	96
5.9	冷压片的质量检测	96
6	焊接金刚石薄壁工程钻头	98
6.1	概况	98
6.2	高频焊接薄壁工程钻头	102
6.3	激光焊接薄壁工程钻头	111
6.4	钻齿过渡层设计	119
6.5	薄壁工程钻头激光焊接设备简介	121
6.6	薄壁钻头激光焊接工艺	124
7	孕镶金刚石地质取芯钻头	126
7.1	概况	126
7.2	钻头结构设计	127
7.3	地质钻头胎体配方设计	132
7.4	钻头钢体	136
7.5	钻头石墨模具设计	136
7.6	地质钻头生产工艺	139
7.7	进一步提高地质钻头性能的途径	142
8	金刚石串珠绳锯	147
8.1	概况	147
8.2	金刚石串珠绳锯的受力分析	152
8.3	金刚石串珠绳锯结构类型及应用范围	160
8.4	金刚石串珠设计	163

8.5	串珠冷压模具设计	172
8.6	串珠烧结石墨模具设计	174
8.7	金刚石串珠绳锯生产工艺	175
8.8	制粒工艺	176
8.9	烧结工艺及烧结机	180
8.10	绳锯注塑和注胶工艺	181
8.11	国外绳锯生产辅助设备	188
8.12	开采绳锯机及辅助机具	190
8.13	混凝土金刚石绳锯切割工程	198
8.14	石材开采与加工用链臂锯机	201
9	超硬材料涂附磨具	204
9.1	涂附磨具的发展概况	204
9.2	我国涂附磨具发展现状	207
9.3	砂带磨削机理与特点	211
9.4	超硬材料涂附磨具类型和规格	212
9.5	超硬材料涂附磨具生产工艺流程	216
9.6	超硬材料涂附磨具生产设备	216
9.7	当前超硬材料涂附磨具的研制重点	218
10	超硬材料固结磨具	223
10.1	概述	223
10.2	国内外超硬材料固结磨具发展态势及市场前景	224
10.3	金属结合剂超硬材料固结磨具	227
10.4	树脂结合剂超硬材料固结磨具	239
10.5	陶瓷结合剂 CBN 固结磨具	243
11	高温钎焊超硬材料工具	250
11.1	概述	250
11.2	国内外研究进展情况	251
11.3	高温钎焊超硬材料工具结构设计与分类	253
11.4	钎料活性元素对金刚石的浸润机理	257
11.5	目前常用的钎料种类与特点	263
11.6	国内有关高温钎焊超硬材料工具研制生产情况	265
11.7	高温钎焊工具生产工艺	266
11.8	超硬材料磨粒的有序排列问题	268
11.9	高温钎焊超硬材料工具的进一步发展	272

12 晶体加工用金刚石工具简介	274
12.1 概述.....	274
12.2 金刚石内圆切片.....	275
12.3 金刚石线锯.....	276
12.4 CMP 金刚石修整器	279
12.5 划片用切割片.....	280
参考文献	282
后 记	285

1 绪 论

超硬材料至今没有严格的界定,通常指的是人造金刚石和立方氮化硼(CBN)。超硬材料工具即是将超硬材料通过各种方法制成的工具。金刚石是目前世界上最硬的物质,立方氮化硼次之。金刚石工具用于加工非铁硬质材料,立方氮化硼工具用于加工钢材。由于天然金刚石矿藏稀少,我国的天然金刚石矿更是稀缺,价格昂贵,不能满足日益增长的工业需要,只能转向采用人造金刚石或者立方氮化硼取代,由此超硬材料和超硬材料工具,相辅相成,在我国获得飞跃发展,在短短的几十年期间,成为世界上人造金刚石的第一生产大国、最大的超硬材料工具消耗国和出口国,为我国的经济建设和发展做出了卓越的贡献。

1.1 我国超硬材料工具的研究与发展

1.1.1 我国人造金刚石的研究发展为世界做出卓越贡献

超硬材料工具的发展依赖超硬材料的发展,首先应该了解几十年来我国人造金刚石发展的光辉历程。1963年我国使用二面顶压机合成出第一颗人造金刚石,随后由郑州磨料磨具磨削研究所和济南铸造锻压机械研究所于1964年开始设计六面顶压机,1965年制造完成我国第一台6×6MN DS—023A型六面顶压机,1966年7月金刚石投入批量生产,到当年年底生产出10000克拉金刚石,从此掀开了六面顶压机生产金刚石的发展局面。1974年,桂林矿产地质研究院人造金刚石钻探技术研究试验获得成功,并在全国地质勘探系统迅速推广,从而大大促进了人造金刚石的发展,许多地质部门纷纷建立金刚石生产厂,大量购进国产六面顶压机并开展金刚石生产工艺的研究和改进完善工作,使金刚石品质和粒度达到地质钻头的要求。因该类压机适合中国国情,研制者众多,到20世纪70年代,六面顶压机得到大量推广,人造金刚石行业完全形成。装机约400多台。期间主要针对合成工艺、提高产量进行了大量研究,单产逐步提高。80年代后期,中国石材行业蓬勃兴起,金刚石锯片的大量使用促进了金刚石工业的大发展。从1985年到1998年的10多年间,6×8MN压机成为行业生产的主流机型,装机总量约2500台。1998年以后,专业压机生产厂、大型金刚石生产厂掀起了不断扩大压机吨位的竞争,6×14MN、6×15MN直到6×40MN压机陆续在不同生产厂问世并在行业装机,六面顶压机的统一化、规范化格局不断被打破,六面顶压机的油缸缸径从 $\phi 230\text{ mm}$ 扩大至 $\phi 280\text{ mm}$ 、 $\phi 320\text{ mm}$ 、 $\phi 360\text{ mm}$ 直到 $\phi 650\text{ mm}$,目前最大的为 $\phi 1000\text{ mm}$ 。六面顶压机的设计制造水平得到了迅速提高,行业装机容量和金刚石产量得到了飞速发展。据不完全统计,2003年金刚石压机拥有量达到了5200余台。

2006年人造金刚石年总产量接近40亿克拉。2003年以后,许多小厂停产或转产。许多小压机停用,大量、更大压机安装投产。从1995至2005年,人造金刚石年产量平均增长

率约为 125%，速度惊人。我国成为世界人造金刚石产量第一大国，并有大量产品出口到世界各地，使以人造金刚石为主要原料的超硬材料工具为世界石材、建材、玻璃、机械、电子等多个工业领域的发展做出了巨大贡献。特别是 1998 年以后，压机生产成本大幅下降，质量水平大幅提高，可与工业发达国家的高品级产品水平相媲美。物美价廉的六面顶压机是中国生产金刚石的独特设备，用此设备生产的金刚石已被世界各地广大用户所认可，为世界人造金刚石的普及应用和行业的发展壮大做出卓越贡献！

立方氮化硼(CBN)于 1966 年研制成功，它是在高压高温条件下，由六方氮化硼转变而成的，所以也是用六面顶压机人工合成的 CBN 晶体。由于它硬度仅次于金刚石，而热稳定性和化学惰性却远远优于金刚石，而且对铁族元素呈惰性，所以适合加工磨削各种钢材，包括：碳素工具钢、合金工具钢、轴承钢、模具钢、淬火钢和各种铸铁。因此，人们将 CBN 压制成复合片(PCBN)，再制成各种切削刀具。CBN 单晶或微粉也用于制造固结磨具和涂附磨具。CBN 年产量逐年增长，至 2007 年已经突破 2 亿克拉。

1.1.2 人造金刚石岩芯钻头的应用推广

桂林矿产地质研究院于 1969 年开始人造金刚石岩芯钻探的研究工作，与当时北京粉末研究所、科学院物理所协作，用粉末冶金方法烧结金刚石钻头，并进行台架试验和野外生产试验。经过五年的艰苦努力，于 1974 年在湖南锡矿山试验成功，如图 1-1 所示。当时，由冶金部主持，四部一局参加的鉴定会，正式宣布该项目的试验取得初步成果。此后迅速推广到各个地质钻探系统，在我国地质钻探行业完成了一次新的技术革命，彻底改变过去大口径钢粒钻进的落后面貌，而使用小口径金刚石钻进，大大提高钻进效率，加快地质勘探进度，节省大量钢材，减少国家地质事业费投资。至 20 世纪 80 年代末，金刚石钻头成为超硬材料工具的主导产品，钻头年产量超过 10 万个，钻探进尺数百万米。从钻头设计到粉末冶金制造工艺，逐步形成一门独立的学科，并为以后石材加工用超硬材料工具的研究开发奠定了基础。

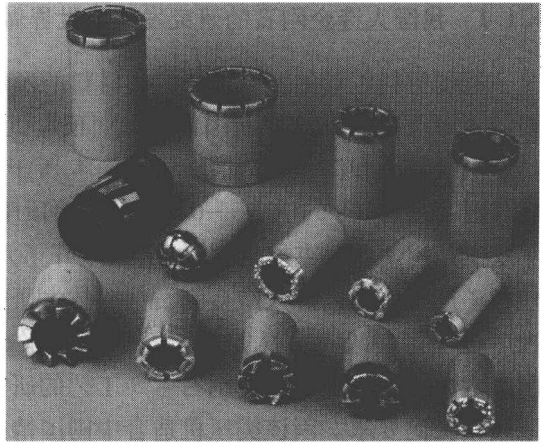


图 1-1 20 世纪 80 年代桂林矿产地质研究院试验厂生产的金刚石地质岩芯钻头

1.1.3 金刚石圆锯片发展成为超硬材料工具主导产品

20 世纪 90 年代，我国石材加工业迅速崛起，需要消耗大量的各种规格金刚石圆锯片，同时高速公路、机场跑道和混凝土建筑工程等也均消耗金刚石锯片，而且从 90 年代初开始向欧美、印度和东南亚大量出口 DIY 锯片，逐渐发展至占领整个国际 DIY 锯片市场。因此，金刚石锯片逐渐发展成为超硬材料工具的主导产品，年产量份额超过 50%，2005 年达到 69.47%，年产大小锯片接近 4000 万片，金刚石耗用量约 7 亿克拉。21 世纪初，我国引进多

套先进的激光焊接设备,而且济南铸锻所等单位自行研制锯片激光焊接设备,很快建成我国的金刚石激光锯片和薄壁钻头生产基地,制造的产品几乎全部出口,充分利用我国的金刚石原料和劳动力优势,以其较高的性价比,冲击国际市场,从2003年开始,向美国的出口额为1000万美元,此后每年向美国出口激光焊接金刚石圆锯片的金额达2600万美元,到2005年达到6000万美元。由此引起美国向中国商务部提出“反倾销”的起诉。其结果是我国胜诉,可以继续向美国大量出口激光焊接金刚石圆锯片和焊接金刚石薄壁钻头。2006~2007年经过短暂的调整升级,我国的超硬材料工具行业又开始进入高速发展期,许多产品已经达到或接近工业发达国家的先进水平,大量的中高档产品冲击国际市场,高性能激光圆锯片、金刚石串珠绳锯和陶瓷切割片等中高档产品大量向欧美市场出口,尤其是结束了陶瓷切割片进口的日子,并且还向意大利、西班牙等锯片生产强国出口。据不完全统计,到2007年上半年金刚石圆锯片产量达到1800万片,比同期增长23.4%。

1.1.4 20世纪90年代至21世纪初,超硬材料固结磨具发展迅速

以金刚石、立方氮化硼为磨料制造的树脂磨具、青铜磨具、陶瓷磨具、电镀磨具以及新兴的柔性磨具、单层钎焊磨具等超硬材料磨具,具有磨削力小、磨削温度低、磨削比高和加工精度高、效率高等特点;钢基体、铝合金、树脂结合剂磨具是金刚石磨具中目前用量最大的一类,约占世界上金刚石磨具总量的60%左右。这类磨具广泛应用于加工硬质合金工件和刀具。青铜结合剂磨具在金刚石磨具中曾经占据统治地位,后来逐渐让位于金刚石树脂磨具,退居第二位,目前主要用于玻璃、陶瓷、半导体等非金属硬脆材料的加工,也用于硬质合金的粗磨、半精磨、成型磨。尽管超硬固结磨具所占比重下降至第二位,但其耗用量仍占约30%,并有不断增加的趋势。2005年超硬固结磨具的产值比例,从2001年的7.2%提高到17%。随着我国机械制造业和汽车工业的高速发展,高档超硬固结磨具将获得更大的发展。汽车发动机气缸的磨削,汽车曲轴、凸轮轴的磨削抛光,使用超硬材料磨具可提高效率几十倍,而且加工精度高。不过,目前国内许多合资汽车生产企业使用的高档超硬材料磨具全部都是进口的,说明国产高档固结磨具与世界先进水平还有相当差距,需要业界人士加倍努力追赶。同时表明,这里潜藏着巨大的市场商机。值得欣慰的是根据国家振兴装备制造业的发展战略,在实行“国家高技术发展计划”(863计划)中的重点课题是汽车零部件加工成套自动化生产线的研制,要求全面提升国内汽车行业的高效精密加工技术和装备水平,逐步替代进口产品。这给超硬材料磨具的发展提供了良好的契机。

1.1.5 21世纪以来,超硬材料工具高端产品出现勃勃生机

除了激光锯片之外,诸如金刚石绳锯、超硬材料刀具、金刚石木工刀具、金刚石真空钎焊工具、超硬材料有序排列工具、加工单晶硅和YAG晶棒的超薄金刚石内圆切片、加工显像管和磁性材料的精密金刚石砂轮和金刚石薄膜(CVD)精密刀具等这些技术含量高,附加值也高的高端产品,将是我们研究开发的重点,也是我业界今后努力追求的目标。金刚石绳锯技术就是近期发展成为业内备受重视,前景最为看好的一项新技术。金刚石绳锯的初期产品,只能用于异形石材的加工,质量差,寿命短,仍然有一系列的技术难题未解决,经过技术人员的艰苦努力,很快就以崭新的面貌进入21世纪,以其较高的性价比逐渐取代了进口产品,用

于异形板材的加工,并开始应用于大理石的矿山开采。2005年顺应国家对矿山开采提出节约资源,节省能源和保护环境的要求,国产金刚石绳锯和绳锯机成功地开始应用于花岗岩矿山开采,给我国落后的石材矿山开采带来飞跃式的技术革命。它标志了我国将摆脱石材矿山开采长期落后的面貌,而进入全新的现代化开采阶段。随着金刚石绳锯使用量的增加和应用面的不断扩大,金刚石串珠和绳锯的生产技术也在不断进步,有的厂家引进制粒机、串珠冷压机和烧结机,有的自主创新研制从串珠冷压、烧结、开刃、清洗、注塑(注胶)等整套生产线,不但生产规模扩大,日产串珠万粒以上,而且产品质量,包括绳锯的生产效率和工作寿命都有长足的提高,越来越接近国外产品的先进水平。不少厂家除了批量供应国内需要之外,还批量出口,甚至向绳锯王国意大利出口。

1.2 超硬材料工具的分类

按照用途,超硬材料工具分为锯切工具、钻探工具、磨具及其他工具四大类。

1.2.1 锯切工具

(1) 金刚石圆锯片。金刚石刀头(也称节块)分布于锯片基体的内或外圆周上,形成锯片,带动其旋转,用于切割各类材料。外圆锯片用于切割石材、混凝土材料等;内圆切片用于切割单晶硅和YAG晶棒(用于制造固体激光发生器)等贵重材料。按照不同制造方法和不同用途,金刚石圆锯片的种类最为繁多,用量也最大。按制造方法分类有:电镀锯片、整体冷压烧结锯片、高频焊接锯片、激光焊接锯片、挤压锯片等等。本书仅介绍整体冷压烧结锯片、高频焊接锯片和激光焊接锯片三种锯片的设计和制造工艺。

(2) 排锯。排锯又称框架锯或条锯,它是在一条钢板(长约3m)的一侧,按一定间距焊接长方形刀头,两头用铆钉铆紧连接板,一组排锯(数十条),按一定间隔安装在锯机上,排锯往复运动,并向下施压对荒料进行成组的板材加工。

(3) 金刚石绳锯。金刚石绳锯是一种特殊的柔性切割工具,由若干金刚石串珠、弹簧、垫圈和钢丝绳组成。它的载体是一根钢丝绳,串珠按一定间距用注塑或注胶的方法固定在钢丝绳上。可用于异形板的切割、荒料整形、石材矿山开采以及桥梁、混凝土建筑构件的切割施工。

(4) 金刚石链锯。金刚石链锯即在链条的链板上用激光焊接金刚石孕镶块(刀头)对岩石或混凝土构件进行切割加工的工具。大型的轨道式链锯机可用于大理石或中硬花岗岩的矿山开采。另一种手提式液压链锯,用于混凝土构件的部分切割、拐角和插入切割,操作灵活,经常用于抢险,快速切割各种构件以达到救人的目的。

1.2.2 钻探工具

(1) 金刚石地质岩芯钻头。用于地质钻探的岩芯取样,有孕镶单管钻头、双管钻头、绳索取芯钻头和全面钻头。其制造方法有热压法、冷压浸渍法、无压浸渍法和低温电镀法。

(2) 水文工程和地基勘察钻头。主要用热压烧结和电镀法制造,钻头直径较大,用于水坝、水电站、路基和楼房建筑的地基勘察。

(3) 油(气)井钻头。大直径石油钻头大部分由金刚石聚晶和金刚石复合片(PCD)镶

嵌而成,也有取芯钻头,用金刚石单晶孕镶烧结而成。金刚石用量大,一个 $\phi 200$ mm 的钻头耗用金刚石 300 克拉。

(4) 金刚石扩孔器。连接在地质取芯钻头和岩芯管之间的扩孔器,是为了钻进过程保持孔径的一致性。因为钻头的磨损,其外径逐渐缩小,若无扩孔器的扩孔作用,下一个新的钻头将无法送到孔底。因此扩孔器与钻头配套使用,耗用量十分大,主要采用电镀法制造,如图 1-2 所示。

(5) 金刚石工程薄壁钻头。主要用于建筑工程施工,减少预埋管孔、导线孔、空调孔等,采用薄壁钻头钻进钢筋混凝土构件,钻进效率高,定位准确,已成为建筑施工不可缺少的工具。钻齿用热压烧结法生产,采用高频焊接或激光焊接方法,将钻齿与钢体焊在一起。

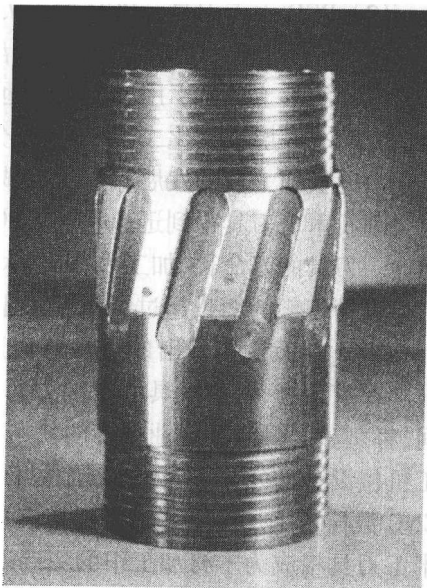


图 1-2 电镀金刚石扩孔器

1.2.3 超硬材料磨具

超硬材料磨具分为超硬材料固结磨具和超硬材料涂附磨具两大类。

(1) 超硬材料固结磨具。将金刚石或立方氮化硼(CBN)磨料用金属结合剂、陶瓷或树脂黏附于金属基体上(或者用电镀法),制成各种形状的砂轮即为超硬材料固结磨具。因其优良的磨削性能,已广泛用于磨削领域的各个方面。金刚石砂轮是磨削硬质合金、玻璃、陶瓷、宝石等高硬脆材料的特效工具。CBN 砂轮用于各种数控磨床,可高效率、高精度地磨削各种钢件。

超硬材料固结磨具又分为:通用磨具、专用磨具和其他磨具。

通用磨具包括:普通砂轮、磨石(金刚石珩磨条)、磨头。

专用磨具包括:石材磨边轮、磨盘、磨辊、磨块。

其他磨具包括:无心磨轮、双端面磨盘、精密超硬材料刀具磨床用砂轮等。

其产品规格比普通磨料磨具小,砂轮直径在 $\phi 50 \sim 300$ mm 之间。

(2) 超硬材料涂附磨具。是金刚石或立方氮化硼(CBN)磨料用电镀或树脂粘胶法涂附在纸、布、聚酯薄膜柔性材料上的一种磨削抛光工具。可制成卷的砂带、柔性研磨盘、抛光盘和砂带装在塑料轮外圈的柔性磨轮。其应用日益广泛,从日常的民用砂纸、砂布、柔性锉刀到尖端科技的超精密磨削加工,汽车工业和各种数控砂带磨床的应用,其潜在市场之大,难以估量。可惜,该产品在我国仍是个空白,未得到业内高层人士重视。

1.2.4 其他工具

上述未涉及的超硬材料工具均列入其他工具。

(1) 切削刀具。包括 PCD 刀具、PCBN 刀具和 CVD 刀具。超硬材料刀具的高耐磨性能最适合于 CNC 数控机床和加工中心用于批量生产零件。PCD 刀具用于加工非铁金属,PCBN 刀具用于加工钢件、铸铁件。

随着现代机械加工朝着高精度、高速切削、硬冷态加工、以车代研磨、干式加工保护环境和降低成本等方向发展,对刀具性能提出了更高的要求。开发各种耐磨性优良,能长时间进行稳定加工的超硬材料刀具是必然的发展趋势。我国的超硬材料刀具主要用于汽车工业和重型机械,约占 60%,其次是木材加工,占 30%,刀具年消耗量的增长速度达到 10%~15%。

(2) PCD 木工刀具。PCD 木工刀具是用金刚石复合片(PCD)经过激光切割或电火花线切割成不同形状,焊接到刀杆或刀盘上,再用专用刀具磨床和电火花加工机床加工成各种异形刀口的木工刀具。用于加工木地板、强化木地板和家具。尤其适于加工强化木地板,因为它表面有一层三氧化二铝涂层,十分坚硬,必须用 PCD 刀具加工。人造板加工业,尤其是强化木地板加工业的发展和木工机械的数控化趋势,传统的木工刀具已越来越不适应,这促使金刚石木工刀具得到迅速发展。PCD 木工刀具具有高硬度、高耐磨性和高导热性等独特优点。刀具的寿命长,加工效率高,大大降低了综合成本。近年来,在国际市场上,金刚石木工刀具销售额的增长超过了汽车工业金刚石刀具的增长,每年以 20% 的速度递增。

2005 年我国家具出口贸易总额达到 140 亿美元,已经成为世界最大的家具出口贸易国。专家预测,国内家具消费能力每年可望达到 5000 亿人民币。这么巨大的市场需求空间,将刺激家具制造企业更多的使用 PCD 木工刀具。金刚石木工刀具的发展势必依赖于木工机械设备的发展。随着我国木工机械设计水平和制造工艺技术水平的不断提高以及 CNC 数控木工加工中心的广泛推广应用,在业内同行的努力下,预计在 3~5 年内,金刚石木工刀具将成为木材加工中的主导刀具。

(3) 超硬材料电镀工具。凡是用电镀法将超硬材料固定在金属基体上的工具,统称电镀工具,它可以制成各种砂轮、磨盘、磨头、什锦锉刀、掏料刀、牙科工具、修整滚轮、铰刀、绳锯串珠、钻头和扩孔器等等,名目繁多。应用于珠宝加工、玻璃加工、机械加工、地质钻探和电子器材加工等各个领域。年消耗量十分大,由于投资少,适于小型手工作坊,国内厂家,星罗棋布,无法统计其产值产量。图 1-3 所示为桂林特邦公司生产的金刚石电镀制品。

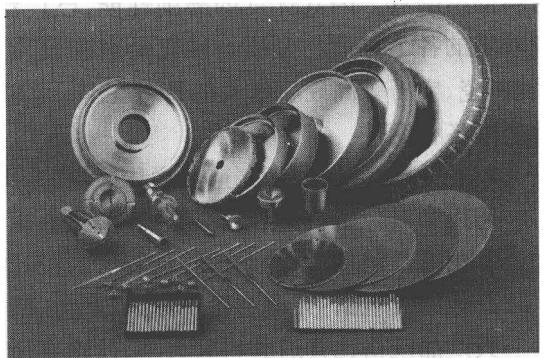


图 1-3 桂林特邦公司的金刚石电镀制品

1.3 本书的宗旨与内容取舍

(1) 桂林矿产地质研究院自 1969 年开始从事超硬材料工具的研究开发,历经近 40 年的艰苦努力,从未间断对该事业的孜孜追求,科研人员在各个不同的研究项目中,不断探索,攻破难关,力求创新,创造出一项又一项的业绩,积累了十分丰富的宝贵经验,本书将是这些经验的总结和提升。

(2) 超硬材料工具的设计与制造方法,有的在同行业之间原是一个保密的事,牵涉到知识产权的保护问题,因此,本书在阐述中涉及到有关胎体配方、专利和窍门时,作适当的保留。但是,它仍尽其所能,最为详尽和具体地阐述了各种超硬材料工具设计与制造的全

过程。

(3) 超硬材料工具种类繁多,撰写时为求精炼,应有所取舍,对新近发展较快的新技术、新工具,在书刊杂志发表较少的,尽可能介绍得详细和具体。如金刚石绳锯一章,从绳锯结构、模具设计到制造工艺和石材矿山开采均作详细介绍,反映了我国该项技术的最新水平。电镀工具在有关专业书刊中,有大量介绍,不再赘述。

(4) 在书中介绍各类超硬材料工具的研制和生产过程中,笔者亲身经历和参与部分设计研制工作,所以对许多技术问题有自己的独立见解,对项目的发展前景有新的看法。将这些新观点、新看法公示于众,有利于同行共同探讨,共同提高。

(5) 由于在长期的超硬材料工具研制过程中,对作用机理等有关理论研究不够,因此,书中有关理论分析和数学计算不尽完善,可能有误,仅供参考。但是,对许多模具设计,均经生产实践考验,为精简起见,未作过多繁琐的计算。