

普通高等教育材料科学与工程专业“优培工程”规划教材

超硬材料烧结制品

CHAOYING CAILIAO SHAOJIE ZHIPIN

● 主编 左宏森



 郑州大学出版社

策划编辑
责任编辑
责任校对
封面设计
版式设计
责任监制

崔青峰
崔勇
王红燕
意拓设计
凌青
凌青

王金彪

ISBN 978-7-5645-4418-8



9 787564 544188 >

定价：72.00元

普通高等教育材料科学与工程专业“优培工程”规划教材

超硬材料烧结制品

CHAOYING CAILIAO SHAOJIE ZHIPIN

● 主编 左宏森



郑州大学出版社

郑州

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

内容提要

本书以超硬材料烧结制品制造为目的,以产品生产完整环节为主线,结合超硬材料行业实际情况,内容包含了基本理论和主要制品生产两大部分。具体涉及超硬材料烧结制品原材料性能、粉末压制成形理论与烧结原理、粉末材料性能、超硬材料受烧结磨具、金刚石锯切工具以及金刚石钻进工具等内容,从基本原理、生产原理、工艺过程、产品性能等方面进行了系统介绍。内容翔实,针对性与实用性强。本书主要作为高等学校材料科学与工程(超硬材料方向)专业教材使用,也可作为超硬材料及制品行业的技术指导书和企业技术人员培训用书,同时可供大专院校相关材料专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

超硬材料烧结制品/左宏森主编. —郑州:郑州大学出版社,2017.9

ISBN 978 - 7 - 5645 - 4418 - 8

I. ①超… II. ①左… III. ①超硬材料 - 烧结 - 制造
IV. ①TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 113622 号

郑州太学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

河南文华印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:21.25

字数:516 千字

版次:2017 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

印次:2017 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 4418 - 8

定价:72.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

编写指导委员会

名誉主任 张 元

主 任 邹文俊

委 员 (以姓氏笔画为序)

左宏森 李 颖 陈 艳

陈金身 彭 进 邹文俊

本书作者

主 编 左宏森

副 主 编 许晓旺 韩 平

编 委 (以姓氏笔画为序)

左宏森 毕晓勤 许晓旺

何 方 赵红雨 韩 平

前言

超硬材料烧结制品是超硬材料系列制品中所占比例最大的一部分,约占超硬材料制品总量的百分之七十以上,超硬材料烧结制品生产工艺是粉末冶金技术和超硬材料相结合且适应于磨、切、钻等特殊要求的专门技术。随着超硬材料制品制造工业的不断壮大和技术的进步,现公开出版的用于高等教育使用的教材从系统性和新颖性上已难满足教学和技术进步的要求。一本既满足现代超硬材料烧结制品技术发展方向,又有较强的系统基础理论的教科书的出现,在一定程度上弥补了这一不足。该书编写方式以高等学校使用教材为目的,但也可作为超硬材料和磨料磨具行业技术人员、粉末冶金技术人员等相关科技工作者的重要参考书。

本书在编写安排上,以超硬材料烧结制品原材料到产品走入市场的整个生产过程为主线,形成一个相对完整的制造理论体系。前部分重点为基础理论,后部分为典型产品生产原理与生产工艺。该书力求在基本概念、基本理论及主要产品制造等方面,结合超硬材料烧结制品生产现状,较全面地介绍金属粉末性能、烧结粉末材料性能、金属粉末压制成形理论、金属粉末烧结理论以及超硬材料烧结磨具、金刚石锯切工具和金刚石钻进工具等产品的制造原理与工艺,既有针对性的理论又具有较强的材料工程应用。此外,为了方便学习,特在本书最后附加了有助于理解本书的相关标准、基本数据和常用合金相图,以备查阅。

本书共有八章,参与编写的作者有教授、博士及行业专家学者。左宏森教授编写第1章、第3章、第5章及附录,何方教授编写第2章,毕晓勤教授编写第4章,韩平博士编写第6章,许晓旺高工、赵红雨博士编写第7章和第8章。

在编写过程中,因作者水平有限,内容难免有不少疏漏甚至错误的地方,希望广大读者批评指正,予以斧正。在此也对郑州大学出版社的大力支持表示衷心的感谢。

左宏森

2017年4月

目录

第1章 绪论	1
1.1 超硬材料烧结制品发展过程	1
1.2 超硬材料烧结制品工艺特点与种类	5
1.3 超硬材料烧结制品的应用	7
第2章 金属粉末	12
2.1 粉末的性能与检测	12
2.2 金属粉末的制备	24
2.3 预合金粉末	32
第3章 金属粉末压制成形理论	36
3.1 粉末位移与变形	36
3.2 粉末压坯强度	38
3.3 压制成形中的力	40
3.4 压制压力与密度的关系	43
3.5 压坯密度的分布	46
3.6 影响压制成形过程的主要因素	54
第4章 金属粉末烧结理论	57
4.1 概述	57
4.2 烧结基本原理及机制	63
4.3 烧结的热力学和动力学	66
4.4 固相烧结	87
4.5 液相烧结	92
4.6 强化烧结	99
4.7 影响烧结过程的因素	112
4.8 烧结废品分析	117
第5章 粉末烧结金属材料性能	121
5.1 粉末材料孔隙与材料性能	121
5.2 孔隙对粉末材料的力学性能的影响	125
5.3 晶粒强化	134
5.4 颗粒强化	146

第6章 超硬材料烧结磨具制造	154
6.1 概述	154
6.2 超硬材料磨具的结构、特征及标记	155
6.3 超硬材料烧结磨具的原材料	157
6.4 超硬材料烧结磨具的配方设计	163
6.5 超硬材料烧结磨具原料的处理及配混	181
6.6 超硬材料烧结磨具成形工艺	184
6.7 超硬材料磨具的烧结	193
6.8 超硬材料烧结磨具的后加工与质量检查	203
第7章 金刚石锯切工具制造	207
7.1 概述	207
7.2 金刚石锯切工具的分类	208
7.3 金刚石锯切工具的原材料	215
7.4 金刚石焊接锯片的制造	225
7.5 金刚石绳锯的制造	236
7.6 金刚石排锯的制造	240
第8章 金刚石钻进工具制造	244
8.1 概述	244
8.2 金刚石钻进工具的分类及适用范围	245
8.3 金刚石钻进工具的结构与尺寸	248
8.4 金刚石钻头一般制造工艺	258
8.5 金刚石钻头的使用	276
8.6 金刚石地质钻头的制造	291
8.7 金刚石油(气)井钻头的制造	299
8.8 金刚石工程钻头、石材钻头的制造	308
附录	311
参考文献	326

第1章 绪 论

超硬材料烧结制品是以超硬材料(金刚石或立方氮化硼)为切削刃原料,在金属粉末为主黏结材料参与下,经成形、高温烧结等工序制成的具有一定形状、尺寸、力学性能及切磨性能的工具,在国家标准中规定以 M 表示制品为金属粉末烧结型产品。它是超硬材料制品中种类最多、产量最大的产品,是超硬材料合成技术与品种多样化发展的重要推动力。超硬材料烧结制品的研究与生产是以应用为目的的,如要生产出寿命长、锋利度高的符合加工对象要求的工具,就要对超硬材料在烧结制品中的作用机制、结合剂成分在成形与烧结过程中的合金化与强化及工具在磨、切、钻等过程的磨损机制等进行研究。

1.1 超硬材料烧结制品发展过程

我国超硬材料烧结制品的发展与整个超硬材料制品体系的发展是一致的。不同类型的超硬制品出现的年代是不一样的。以年代来看,可以粗略分为几个阶段:20 世纪 60 年代超硬材料磨具;20 世纪 70 年代金刚石钻探工具;20 世纪 80 年代金刚石锯切工具。

1.1.1 磨具

超硬材料烧结磨具(图 1-1)是超硬材料制品的重要品种,也是精密加工的重要工具。法国人于 1883 年第一次提出了用粉末冶金技术黏结金刚石的设想。20 世纪 30 年代开始,以天然金刚石为磨料,青铜结合剂为主要结合剂成分,生产出的磨具已小批量生产用来磨加工难加工的硬质合金。直到 20 世纪 60 年代人造金刚石出现,真正大批量工业化生产才拉开序幕。加拿大、日本、德国(当时的西德)、美国等国家,相关的产品的专利也逐渐增加,这些专利涉及磨粒的把持力、结合剂性能、工艺方法等。我国超硬材料磨具的形成与发展也是在我国第一颗人造金刚石合成之后逐步完成的。

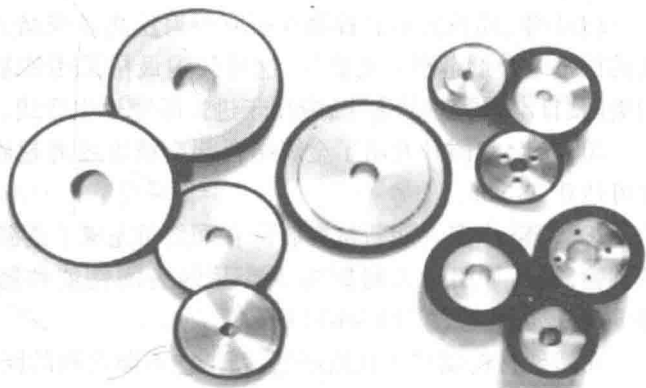


图 1-1 超硬材料烧结磨具

1964 年,我国技术人员成功研制生产青铜结合剂金刚石磨具,其主要应用领域是磨加工硬质合金。1963—1964 年,郑州磨料磨具研究所在“研究与制定青铜结合剂金刚石磨具制造工艺和检验方法”的项目中系统地研究了金刚石、结合剂理化性能的测定及磨具成形、烧结、加工工艺方法,研制出加工硬质合金用的金刚石砂轮并通过了应用测试。

该项目的意义不仅是金刚石砂轮质量的提升,更重要的是系统研究了烧结金属结合剂金刚石磨具制造过程中的基本冶金理论与工艺技术,为我国超硬材料烧结磨具的研究、开发与应用打下了一个良好的基础。

1965年,苏州砂轮厂采用压环镶套、埋炭烧结块制成青铜结合剂金刚石砂轮。

1966年,开展“研制金属结合剂金刚石电解磨砂轮”工作,利用粉末冶金技术加白刚玉磨料的方法,实现了硬质合金量具、刀具的电解磨加工。

1968年,为满足进口磨床配套修整工具国产化的需要,北京粉末冶金研究所以WC-Cu-Co系合金为黏结胎体,采用粉末冶金热压工艺,研制出多种金刚石修整块,满足了用户使用要求。

1969年,贵阳第六砂轮厂开展了青铜结合剂砂轮工业化生产技术的研究,解决了该类产品在制造过程中磨料与结合剂混合不均匀、密度不均匀、结合剂流动性差、磨具后加工难以及易变形、断裂、掉环、氧化、分层等一系列技术难题,为我国金属结合剂超硬磨具的产业化打下了坚实基础。

1973—1975年,郑州磨料磨具磨削研究所、第六砂轮厂、北京照相机厂、沈阳仪表研究所等单位共同承担了“光学玻璃用金刚石精磨片的研制”项目,该项目研制出粒度为W3.5~W28、浓度为25%~100%的以国产金刚石微粉为原料的青铜结合剂金刚石精磨片,成功应用于光学玻璃的高效精密加工,改变了过去“一把砂子一勺水”的落后加工方式,在很大程度上改变了我国光学冷加工的落后面貌。在此期间,第六砂轮厂与贵州大学等成功开发出金属结合剂 $\phi 3 \sim 20$ mm系列金刚石丸片。

1981—1983年,郑州磨料磨具磨削研究所完成了“金属结合剂金刚石砂轮热压成形工艺的研究”。该项目在国内开创了采用中频热压炉制造金属结合剂金刚石砂轮的新工艺。并对“青铜结合剂金刚石砂轮冷压工艺对显微结构的影响”“金属结合剂立方氮化硼磨具的研制”进行了系列研究,是我国金属结合剂CBN磨具最早的研究成果。

1991年,郑州磨料磨具磨削研究所采用热压烧结工艺,成功研制出一种烧结温度较低的铁基结合剂金刚石精磨片,这是我国最早采用铁基结合剂金刚石制品,产品性能达到美国、日本同类产品水平,应用于进口眼镜片生产线。

2000年,我国开发出了金属结合剂高精度超薄超硬材料切割砂轮成套技术,产品厚度可达0.08 mm。

2009年,广东奔朗新材料股份有限公司完成了高温无压烧结、热等静压、连续热压烧结试验,提高了用于石材磨加工产品的磨削性能和磨削速度。磨块磨削速度达12~24 m/min,寿命可达100~140 h。

在超硬材料烧结磨具新产品、新工艺不断出现的同时,磨具质量不断改进提高,磨具品种不断丰富,应用领域不断扩展,适应了我国工业加工快速发展的步伐,逐步取代了国外进口产品,并出口到东南亚、欧美等地区。

1.1.2 金刚石钻进工具

我国地质钻进钻头的发展历史是金刚石钻头代替钢粒钻头的过程,是人造金刚石钻头代替天然金刚石钻头的过程,是由常规金刚石钻头发展深井钻井钻头的过程。从20世纪60年代初,我国就开始研制天然金刚石地质钻头;60年代末,开始探索研制人造金

金刚石钻头,用于7~12级岩石的钻探;80年代,金刚石及其金刚石复合片等多种镶嵌体钻头,逐渐取得突飞猛进的发展,完全取代钢粒钻进。我国地质岩心钻头发展,可划分为五个阶段:1960年至今的天然金刚石钻头;1969年至今的人造金刚石钻头;1970年至今的人造聚晶金刚石钻头,1980年至今的金刚石复合钻头。1973年至今,也在不断尝试和使用部分新型材料制造的钻头,如包裹爆炸金刚石钻头、人造卡邦金刚石钻头、金属丝增强镶嵌体钻头(图1-2)。



图1-2 金刚石钻进工具

在金刚石钻进工具的发展过程中,制造技术的发展经历了如下几个阶段:

1969年,我国第一颗人造金刚石钻头在机加工车间试钻花岗石取得成功,随之进行了第一次现场生产试验钻进,开始了我国金刚石钻头研发与应用的新篇章。

1969—1970年,冷压浸渍法和热压法生产的金刚石钻头,成功用于坑道钻探。冷压法主要用来制作表镶钻头,热压法用来生产孕镶金刚石钻头。

1973年,低温电铸人造金刚石扩孔器研制成功,同年还研制了复合电铸人造金刚石孕镶钻头。

1975年,完成了无压浸渍法聚晶金刚石扩孔器取代天然金刚石扩孔器的成果,在中硬砂岩和灰岩中获得应用。

1978年,研制成功 $\phi 6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 聚晶人造金刚石刮刀石油钻头,创造一个钻头钻穿7套地层和钻头进尺2 412.3 m的最高纪录。

1985年,北京钢铁研究总院研制成功GDS-1型电火花烧结机,并试制出电火花烧结金刚石地质钻头。

1987年,薄壁金刚石工程钻头系列研究获得成功。

1988年,通过石油部引进的美国休斯公司金刚石钻头生产技术,生产符合要求的PDC聚晶复合片钻头、热稳定TSP聚晶金刚石钻头和天然表镶金刚石钻头。

20世纪90年代,研究脉冲电镀金刚石地质钻头,从理论上摆脱了直流电源观念的束缚,开辟了电镀工艺新领域。

2001年,博深工具股份有限公司采用金刚石表面涂覆与金属粉预处理工艺,利用连续压制烧结方法生产工程薄壁钻头通过河北省科技厅省级鉴定,为我国高效生产薄壁金刚石钻头奠定了基础。

金刚石钻进工具的科研技术人员,经多年钻头的研究与生产,技术不断提升,经验日积月累,不断优化工艺、配方、结构,包括钻头设计与计算、胎体配方及耐磨性试验、金刚石品级、粒度与浓度的使用、钻头胎体水口形状及数量的研究、制造工艺参数的优化等。同时,钻头品种也不断增多,满足了各种不同岩石、不同钻进工艺的钻进需求,大大加快

了我国资源开采的速度。

1.1.3 金刚石锯切工具

金刚石锯切工具(见图1-3)主要用于加工石材、钢筋混凝土、耐火材料、玻璃、陶瓷、宝石、半导体等非金属材料,是世界上使用金刚石最多的领域,也是我国消费人造金刚石最大的领域。

金刚石锯切工具最早是以圆锯片的形式开始使用的。世界上第一片装镶金刚石圆锯片是法国人 Jaeguin 于 1885 年制造的,是用粗颗粒(0.8 克拉/粒)金刚石为切割齿,用手工装在带燕尾槽的基体周边上,再用铆钉固定来实现的。1930 年后,随着粉末冶金技术的出现,逐渐由粉末冶金和高频焊接方法取代。国际上在 20 世纪 60 年代中期就开始迅速发展,特别是意大利、苏联、英国等国家。我国锯切工具的发展是从 20

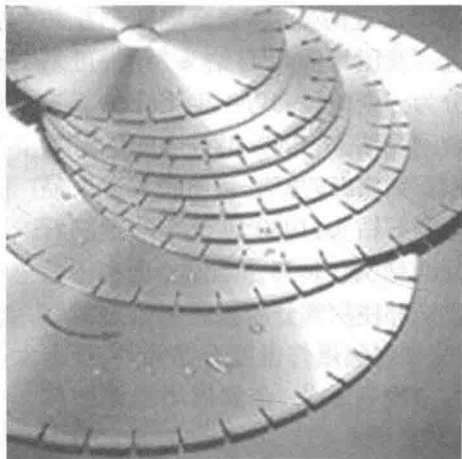


图 1-3 金刚石锯切工具

世纪 70 年代中期开始的,除了自身研发之外,高性能产品也是通过引进、吸收、创新的过程来完成的。具有代表性的金刚石锯切工具发展年段如下:

1975 年,由上海大理石厂、上海拉丝模厂、郑州磨料磨具磨削研究所共同研制的切割大理石人造金刚石锯片成功完成。

1985 年,郑州磨料磨具磨削研究所采用粉末冶金热压工艺,研制了人造金刚石排锯(长 5 m、50 根),用于大理石荒料的切割。

1988 年,郑州磨料磨具磨削研究所的切割花岗石用人造金刚石锯片制造工艺获一机部科技成果奖。

1989 年,北京钢铁研究院采用整体成形自由烧结金刚石圆锯片工艺技术,完成干切 $\phi 105$ 锯片和周边连续式外圆 $\phi 110$ 锯片。

在 20 世纪 80 年代初,随着激光焊接技术的发展,激光焊接金刚石锯片开始进入试验阶段,于 1990 年引进美国金刚石圆锯片激光焊机。

1994 年,郑州磨料磨具磨削研究所采用冷压-烧结-镶齿工艺的镶齿式金刚石锯片研制完成,主要用于大理石荒料切割。同年,铁基结合剂金刚石锯片的新型结合剂开始应用于锯片生产,为我国进一步降低锯片材料成本,提高市场竞争力指出了方向。

1996 年,安泰超硬公司引进德国飞羽激光锯片焊机 LSV900,实现了最大基体厚度约 3 mm、不同规格的金刚石锯片焊接。2001 年,本公司 $\phi 80 \sim 400$ mm 超薄陶瓷切割圆锯片开发成功,获北京市自主创新产品。

2001 年,桂林矿产地质研究院开始研制高性能烧结金刚石绳锯,并于 2005 年成功实现规模化大批量生产(串珠直径 $\phi 11.5$ mm, $\phi 11$ mm, $\phi 10.5$ mm, $\phi 8.5$ mm),以较高的性价比取代进口产品。

目前,在我国有上千家大大小小的生产企业,并在多个地区形成了较大规模的金刚石锯切工具生产基地,如长江三角洲(江苏丹阳、苏州、上海)、珠江三角洲(佛山、广州、东

莞云浮)、石家庄地区、北京地区、福建地区(厦门、泉州、南安)、湖北鄂州、山东莱州等,这些集聚区生产规模大,政府扶持力度大,技术力量雄厚,均形成了具有各自特征的完整生产体系,产品大量出口世界各地,部分产品质量达到国际先进水平。

超硬材料烧结制品制造技术,除在磨具、钻进工具以及锯切工具中大量使用外,也用于金刚石拉丝模、金刚石修整工具、超硬材料功能材料等。在现代加工领域要求精度越高、产品形状越复杂、材料加工越困难、成本要求越低的发展趋势下,超硬材料工具将得到越来越广泛的应用。

1.2 超硬材料烧结制品工艺特点与种类

1.2.1 超硬材料烧结制品工艺特点

超硬材料烧结制品的制造工艺因产品种类不同会有所区别,有整体式产品和分体式组合产品,其中整体式产品主要包括粉末原材料、粉末成形、压坯烧结、产品后加工(车加工和磨加工)、产品质检等制造工序组成,如图1-4所示。对于形状复杂、规格尺寸较大或整体成形困难的产品常采用组合式生产,产品主要体现在部分金刚石锯切工具和金刚石薄壁钻头类型中,工艺主要包括含金刚石磨料的胎体(在锯切工具中常称为节块或刀头)生产、胎体与金属基体的连(焊)接、产品的后加工等三大部分,其中制品胎体部分的生产与图1-4所示工艺相近。

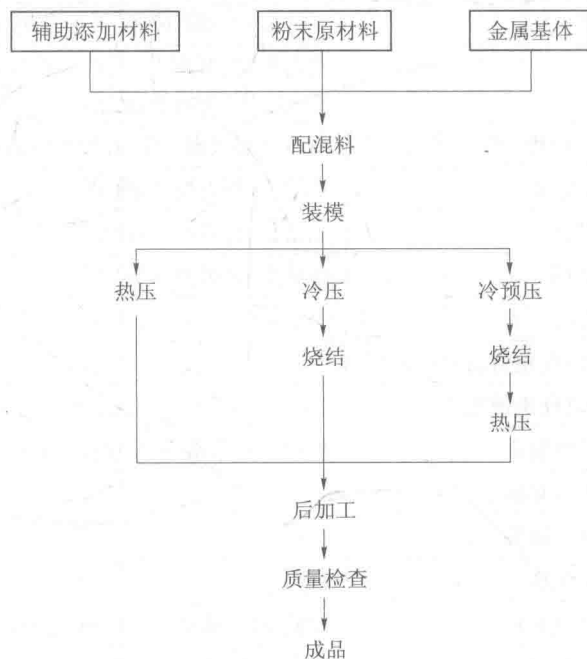


图1-4 整体型超硬材料烧结制品典型生产工艺

超硬材料烧结制品的制造是以粉末冶金技术为理论基础,结合超硬材料工具的应用特点而生产的,所以生产工艺既具有粉末冶金工艺的基本特点,也有超硬材料制品的特

殊性。可以粗略归纳以下几点：

- (1)能利用金属 - 金属、金属 - 非金属、金属 - 化合物为原材料组合生产出各种性能独特的工具；
- (2)可以较容易地调节材料内部的孔隙度,适应于不同使用性能的产品(如一定含孔量的磨具、高致密的锯片)；
- (3)能够在较低的温度下实现金属的合金化,以最大限度保证超硬材料性能的稳定；
- (4)部分产品可实现自动化生产。

超硬材料烧结制品的制造尽管与粉末冶金技术密不可分,但两者因产品的性能要求不同而各有独特的性能。粉末冶金制品注重产品的力学性能,产品的内在质量主要控制合金的相组成,而超硬材料烧结制品不仅要考虑力学性能,更重要的是要满足工具加工效率和使用寿命,不仅是要研究作为结合剂的金属合金,还要研究超硬磨料以及两者之间的关系。

1.2.2 超硬材料烧结制品种类

从超硬材料烧结制品的发展历史中也可以看出,超硬材料烧结制品是以三大类产品为主,包括超硬材料磨具、金刚石锯切工具、金刚石钻进工具。见表 1-1。

表 1-1 超硬材料烧结制品主要产品种类

类别	制品	
超硬材料磨具	通用磨具	平形砂轮、碟形砂轮、杯形砂轮、筒形砂轮
	专用磨具	电解磨轮、金刚石磨盘、油石、磨块、磨头、磨边轮、磨辊、光学玻璃精磨丸片
金刚石锯切工具	金刚石圆锯片	周边连续型圆锯片、焊接型圆锯片
	金刚石框架锯	烧结型、钎焊型、电镀型
	金刚石带锯	烧结型、钎焊型、电镀型
	金刚石绳锯	烧结型、钎焊型、电镀型
	金刚石链锯	
	金刚石线锯(电镀法生产)	
	金刚石丝锯(电镀法生产)	
金刚石钻进工具	金刚石地质钻头	表镶金刚石钻头、孕镶金刚石钻头
	金刚石油气井钻头	
	金刚石薄壁钻头	
	金刚石扩孔器	
超硬材料烧结制品其他工具或器件	金刚石修整工具	修整滚轮、修整块、金刚石修整笔
	金刚石拉丝模	
	散热片	
	金刚石压头	
	耐磨元件	

在制品分类过程中,也可以从不同的出发点进行分类。在每一种工具类型中都可以结合剂类型、加工方式等来更具体地分类,后期各章节中会有详述。

1.3 超硬材料烧结制品的应用

超硬材料烧结制品的应用主要取决于超硬磨料的性质。以金刚石为磨料的制品主要应用于加工非金属硬脆性材料,如玻璃、石材、陶瓷、混凝土、耐火材料、磁性材料、玉石、塑料、石墨等非金属材料,以及有色金属和高碳黑色合金材料的加工;立方氮化硼为磨料的制品适用于加工硬韧性材料,比如加工高钒钢、工具钢、模具钢等钢材时,具有独特的性能。在应用领域上,涉及机械加工、建筑与建材加工、地质石油勘探、光学玻璃加工等工业领域。

1.3.1 机械加工工业

磨具作为机械加工行业的“牙齿”,是保证零部件形状与精度的必不可少的重要工具,而超硬材料磨具又是难加工材料最有效的工具。由于金刚石磨料所具有的特性(硬度高、抗压强度高、耐磨性好),使金刚石磨具在磨削加工中成为磨削非金属硬脆材料及有色金属方面成为理想的加工工具,不但效率高、精度高,而且粗糙度好、磨具消耗少、使用寿命长,同时还可改善劳动条件。汽车领域的发动机凸轮轴、曲轴的加工,需要超高速、高效精密成形砂轮,对强度、锋利性以及形状保持性、动平衡性能提出远高于传统加工方法的要求;空调、冰箱压缩机主要零部件缸套、滑片的加工,应用固结磨具双端面磨削技术替代传统加工工艺,对磨具的平面度、平行度、耐用度提出了比普通磨具高几个数量级的要求。此外,随着钛镍合金、热喷涂陶瓷、金刚石膜等各种新型高温难加工新材料在航天航空以及国防工业领域内的应用,金刚石高效精密砂轮作为不可替代的理想磨削工具,其消耗量也呈快速增长的态势。

在砂轮刃磨硬质合金车刀时,每磨除1 g硬质合金要消耗绿碳化硅磨料4~15 g,而使用金刚石磨具磨削时仅消耗2~4 mg。金刚石对硬质合金的研磨能力比传统磨料碳化硅高数千倍,磨削比要比普通砂轮高上千倍,成本降低10%以上。金刚石砂轮磨削硬质合金刀具,可以避免用碳化硅砂轮加工时容易出现的裂纹、崩口等缺陷,加工出的刀具粗糙度和精度高,刀具寿命可延长50%~100%,而且可以省掉刃磨后的抛光工序,生产效率可提高数倍。用金刚石磨轮电解磨削硬质合金,生产率是一般机械磨削的4~8倍,通常表面粗糙度可达0.4 μm 以上,最高可达到0.025 μm ,呈镜面。在生产率随着加工电流提高时,对工件表面质量影响很小,表面不会引起内应力和热影响区,使硬质合金表面具有很高的表面完整性。

在汽车制造业中也广泛应用超硬材料。用普通的砂轮来磨削曲轴,则需要用金刚石滚轮对普通砂轮进行在线随时修整,而使用金刚石砂轮和立方氮化硼砂轮可直接进行磨削加工。用金刚石珩磨油石珩磨汽车发动机汽缸时,一块金钢石油石相当于300多块碳化硅油石,加工粗糙度由0.4~0.8 μm 降低到0.1~0.2 μm ,汽缸椭圆度和锥度偏差

从 0.03 mm 减少到 0.015 ~ 0.02 mm。

金刚石磨具磨削合金工具钢时,比普通砂轮磨削比提高 10 倍以上,成本降低 10%,还避免了用普通砂轮加工容易引起的烧伤现象。但需要指出,对于磨削合金工具钢而言,立方氮化硼磨具应是首选工具,它比金刚石磨具更为优越。

在铸铁加工方面也取得了较好的应用。用传统硬质合金或普通磨具加工时,加工效率低、加工质量差、工具安全性差,在加工耐磨铁和铸铁件时易出现白口层、孕沙层。使用金刚石锯片可以满足开槽、切断等切割要求,在加工质量、使用寿命、加工效率等方面都成倍提高,表现出高效、低耗、安全的特点。

近几年来,随着高速磨削超精密磨削技术迅速发展,对砂轮提出了更高要求,金属结合剂砂轮因其结合强度高、成形性好、使用寿命长等显著特性而得到了广泛应用(图 1-5)。

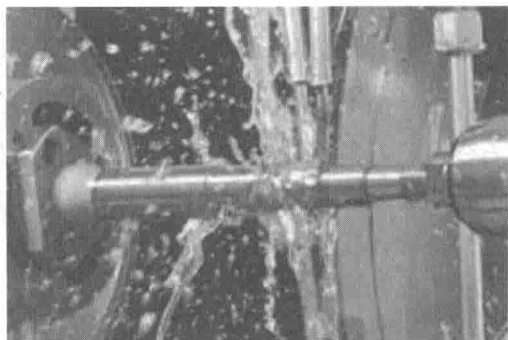


图 1-5 超硬磨具磨削轴件

1.3.2 建材加工与建筑工程

随着科学技术和现代工业的发展,石材的应用领域日益扩展,石材开采量逐年增加。我国石材行业一跃成为在石材产量、消费量、贸易量均位于世界首位的石材工业大国,已成为名副其实的世界石材加工厂,这与金刚石工具是密不可分的。石材作为建筑重要材料,具有高硬度、高脆性特点,金刚石具有高硬度、高锋利性、高耐磨性的特点正是其应用的最合适领域。据不完全统计,金刚石磨料的 70% 以上均消耗于石材加工领域。石材加工金刚石工具涉及石材矿山开采、石材锯割、石材磨削和石材抛光等工序。原始打眼放炮开采的方式已被金刚石绳锯、圆锯、链锯等取代,不仅提高了效率,更重要的是提高了石材荒料利用率。在板材加工中,单圆锯片、框架锯和组合圆锯片适应了不同生产规模的石材加工厂的需求。通过几十年的金刚石锯片的发展,在节块结构、基体材质与形状、结合剂配方优化、节块焊接等方面均做出了卓有成效的进步,形成锯片品种繁多、可加工石材材质齐全、生产企业最多的多个超硬材料特色产业群。

在工程施工用金刚石工具是仅次于石材金刚石工具的第二大类金刚石工具,西方发达国家在工程施工中很早就使用到金刚石工具。到目前为止,工程施工中的使用已经十分普及,在道路、桥梁、机场、港口、建筑等工程中大量使用。通用锯片在工程施工中锯片消耗数量最多,占 70% 以上。现代建筑工程,为了保证建筑的完整性和安全性,新建墙体上预留孔较少,相当部分采用后加工。比如,使用金刚石墙锯、绳锯和薄壁金刚石工程钻头来切割墙体伸缩缝、安装电梯、开窗口等成为常见工程。在桥梁建筑和旧桥梁拆解过程中,大量使用金刚石工程钻头、金刚石锯片和绳锯,来加工管道、线道和切割分离钢筋混凝土。近些年,金刚石链锯在建筑工程手工切割中也越来越多,用于切割煤层、岩石、混凝土、钢筋混凝土、管道、砖石、石头和其他石材、木材的作业,利用链锯狭长的切割臂能深入达 500 mm 或更深的盲孔或通孔的一次成形作业,灵活性