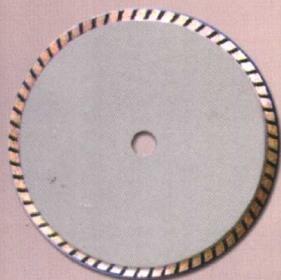
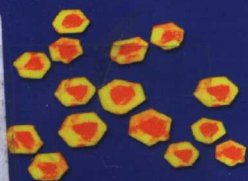


金刚石与金刚石工具

张绍和 主编



中南大学出版社

中南大学博士后基金资助出版

金刚石与金刚石工具

主 编：张绍和

副主编：熊湘君 王开志

王殿江 刘井鹏

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金刚石与金刚石工具/张绍和主编,一长沙:中南大学出版社,
2005.7

ISBN 7-81105-163-X

I. 金... II. 张... III. ①金刚石②金刚石—工具
IV. ①P578.1②TG7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 072982 号

金刚石与金刚石工具

主编 张绍和

责任编辑 陈应征

责任印制 文桂武

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

印 装 中南大学印刷厂

开 本 850×1168 1/32 印张 14.5 字数 356 千字

版 次 2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-81105-163-X/TD·002

定 价 30.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换

前 言

天然金刚石是人类在一百多年前发现的,经过探索和研究,在20世纪50年代制造出了人造金刚石,因此今天能看到的金刚石有天然金刚石和人造金刚石两大类。

截至目前为止,金刚石是世界上发现并在工业上能够大量使用的最硬的材料,除了超硬特性外,它还具有优良的光学性质、声学性质、热学性质和电学性质。金刚石和金刚石工具是一门新兴的跨学科行业,它涉及岩石学、粉末冶金学、金属学、凝聚态物理、高压物理、材料科学、机械、化学、超高压技术等知识。其应用普及到国家建设的各个部门和行业,如地质、煤炭、石油、矿山、建材、建筑、化工、水利、水电、电力、铁道、交通、国防、航空航天等,因而金刚石和金刚石工具一直是人们研究的热门课题之一。

本书是在袁公昱主编的《人造金刚石合成与金刚石工具制造》基础上进行改编而成的。《人造金刚石合成与金刚石工具制造》是20世纪90年代初出版的,在当时的情况下,它反映了国内外金刚石和金刚石工具方面的科研成果和动态。随着时间的推移和研究的深入,近年来金刚石和金刚石工具的技术水平又有了长足的发展和进步,因而本书在保持原书部分内容的基础上,加入和补充了很多新内容,在一定程度上体现了当前金刚石和金刚石工具的技术水平。

全书共包括10章,第1章综述了金刚石和金刚石工具的基本概念,介绍了金刚石的应用范围、金刚石工具的分类、金刚石和金刚石工具的发展历程。

第2章介绍了天然金刚石中工业金刚石的品种,在分析和介

绍金刚石的晶体形态和结构的基础上,给出了金刚石在硬度、强度、研磨性、热性能和化学性等方面的特性。

第3章讲述了人造金刚石的六面顶压机合成原理、方法、工艺。在发现天然金刚石的基础上,人们研究了其成分和结构,进而发明了人造金刚石的合成方法。人造金刚石的合成涉及到凝聚态物理、高压物理、材料科学、机械、化学、冶金学、超高压技术等,具有边缘交叉科学与工程性质的特点。

第4章简单介绍了粉末冶金原理方面的基础知识。大部分金刚石工具都是采用粉末冶金的方法来生产的,因此所用的粉末性能和选用的工艺方法对金刚石工具的性能会产生较大的影响。本章结合粉末冶金原理重点讲述了粉末的物理性能、化学成分和热压烧结原理和工艺,并介绍了活化烧结的原理和应用情况。

第5章分析了岩石可钻性分级的发展过程和分级方法。多数金刚石工具(如金刚石钻头)是以岩石为主要工作对象的,只有对工作对象的性能有详细了解之后,才能合理设计和选用与之性能相适应的金刚石工具。岩石可钻性是指岩石被钻头钻进时所表现出来的难易程度,是选择、设计、制造钻头的最重要理论依据之一。

第6章介绍了金刚石钻头参数选择和制造方法。热压孕镶金刚石钻头的参数主要包括胎体和金刚石,衡量胎体性能的主要指标有抗弯强度、冲击韧性、支撑金刚石能力、耐磨性等,通过粉末成分的选用可得到所需要的性能。金刚石参数中的金刚石品级、粒度、浓度等在设计 and 选择方法上,本章做了详细阐述。

第7章列举了几种典型钻头的设计与制造方法,包括高效率孕镶金刚石钻头、大口径热压工程钻头、弱包镶防打滑钻头、主辅磨料双切削作用金刚石钻头、预合金粉末胎体钻头、自形成同心径向环齿钻头等。

第8章介绍了金刚石锯片的设计、制造与使用方面的知识。从锯片的用途、配方、片基、制造、使用等方面进行了详细讲述。

第9章介绍了金刚石磨具的特征和制造工艺,即金属结合剂金刚石磨具、树脂结合剂金刚石磨具、陶瓷结合剂金刚石磨具各自的特征和制造工艺,并介绍了金刚石磨具的质量检查方法。

第10章介绍了电镀的基本理论、电镀金刚石钻头、电镀金刚石扩孔器、电镀外圆切割锯片、电镀内圆切割锯片、电镀砂轮和什锦锉的制造工艺及电镀方法。

本书由张绍和担任主编,编写分工如下:第3章,熊湘君、张绍和;第8章,张绍和、刘井鹏;第9章,王殿江;第10章,王开志;其余各章由张绍和编写。全书由张绍和统一定稿。

由于编者水平有限,书中不妥之处难免,殷切希望专家和读者批评指正。

编者

2005年5月于中南大学

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 金刚石与金刚石工具	(1)
1.2 金刚石工具的应用范围与分类	(3)
1.3 金刚石及金刚石工具的发展历程	(4)
第 2 章 天然金刚石	(15)
2.1 概述	(15)
2.2 金刚石的晶体形态	(19)
2.3 金刚石的特性	(23)
第 3 章 人造金刚石	(29)
3.1 石墨转化金刚石的机理	(29)
3.2 人造金刚石单晶合成理论	(32)
3.3 人造金刚石合成方法	(38)
3.4 人造金刚石聚晶	(61)
3.5 金刚石复合片	(67)
第 4 章 粉末冶金基本原理	(70)
4.1 粉末的物理性能	(71)
4.2 粉末的化学成分	(76)
4.3 热压烧结原理与工艺	(77)
4.4 活化烧结	(96)

第5章 岩石可钻性分级	(108)
5.1 岩石可钻性的发展历程	(108)
5.2 现行岩石可钻性分级法种类	(110)
5.3 岩石 <i>A, B</i> 值与可钻性分级	(120)
第6章 金刚石钻头	(130)
6.1 概述	(130)
6.2 孕镶金刚石钻头结构参数选择原则	(131)
6.3 热压孕镶金刚石钻头制造工艺	(140)
6.4 胎体性能及其测定方法	(150)
6.5 表镶金刚石钻头	(156)
6.6 不取心全面金刚石钻头	(170)
6.7 金刚石钻头的使用	(175)
第7章 几类典型钻头的设计与制造	(184)
7.1 高效率孕镶金刚石钻头	(184)
7.2 大口径热压工程钻头	(191)
7.3 弱包镶防打滑钻头	(200)
7.4 预合金粉末胎体钻头	(209)
7.5 主辅磨料双切削作用金刚石钻头	(218)
7.6 自形成同心径向环齿钻头	(227)
第8章 金刚石锯切工具	(237)
8.1 概述	(237)
8.2 金刚石锯切工具的种类与结构	(240)
8.3 金刚石锯切工具用原材料	(246)
8.4 金刚石锯切工具的制造	(267)

8.5 锯切工具的磨弧、焊接、开刃、整形	(312)
8.6 金刚石锯切工具的使用	(336)
第9章 金刚石磨具	(343)
9.1 概述	(343)
9.2 金刚石磨具特性与结构	(347)
9.3 金属结合剂金刚石磨具制造	(355)
9.4 树脂结合剂金刚石磨具制造	(374)
9.5 陶瓷结合剂金刚石磨具制造	(383)
9.6 金刚石磨具的质量检查	(393)
第10章 电镀金刚石工具	(396)
10.1 金属电镀基本理论	(396)
10.2 影响镀层质量的因素	(400)
10.3 镀件的镀前处理	(403)
10.4 电镀金刚石钻头和扩孔器	(405)
10.5 电镀外圆切割锯片	(412)
10.6 电镀内圆切割锯片	(419)
10.7 电镀金刚石什锦锉和砂轮	(424)
10.8 电镀金刚石工艺	(427)
附录	(431)
附录1 冶金系列普通双管钻头规格尺寸	(431)
附录2 冶金系列普通单管钻头规格尺寸	(432)
附录3 冶金系列绳索取心钻头规格尺寸	(433)
附录4 冶金系列扩孔器规格尺寸	(433)
附录5 地质系列双管钻头规格尺寸	(434)
附录6 地质系列单管钻头规格尺寸	(435)

附录 7	地质系列绳索取心钻头规格尺寸	(436)
附录 8	地质系列大直径工程钻头规格尺寸	(436)
附录 9	地质系列双管扩孔器规格尺寸	(437)
附录 10	地质系列单管扩孔器规格尺寸	(438)
附录 11	地质系列绳索取心扩孔器规格尺寸	(438)
附录 12	地质系列大直径扩孔器规格尺寸	(439)
附录 13	水电系列单管钻头规格尺寸	(439)
附录 14	水电系列双管钻头规格尺寸	(440)
附录 15	水电系列大直径钻头规格尺寸	(440)
附录 16	水电系列绳索取心钻头规格尺寸	(440)
附录 17	宽水槽圆锯片基本尺寸	(444)
附录 18	窄水槽圆锯片基本尺寸	(446)
参考文献	(448)

第1章 概述

1.1 金刚石与金刚石工具

1.1.1 金刚石

金刚石是目前世界上发现的并在工业上能够大量使用的最硬的材料。它除了具有超硬特性外,还具有优良的光学性质、声学性质、热学性质和电学性质。

自人们在一百多年前认识到金刚石是石墨的同素异构体后,一直就在探索、研究金刚石的制造技术。到20世纪50年代,金刚石终于被人们制造出来了。因此今天人们看到的金刚石有天然金刚石和人造金刚石两大类。

1.1.2 金刚石制品

金刚石制品是指以金刚石为切磨材料,借助于结合剂或其他辅助材料制成的具有一定形状、性能和用途的制成品。

金刚石制品包括工具类(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。

按照结合剂的不同,金刚石工具可分为以下几类:金属结合剂金刚石工具、电镀结合剂金刚石工具、树脂结合剂金刚石工具、陶瓷结合剂金刚石工具等。

1. 金属结合剂金刚石工具

金属结合剂金刚石工具是以金刚石为切磨材料,以金属粉末

为结合剂，利用粉末冶金的方法，经过压制成型、烧结以及必要的加工而成的一类制品。金属结合剂金刚石工具是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。

2. 电镀金属结合剂金刚石工具

电镀金属结合剂金刚石工具是通过电镀的方法，经过金属电沉积过程，将一层至数层金刚石牢固地镶在金属基体上的一种制品。该类制品具有效率高、寿命长、磨削精度高的特点，主要产品有电镀金刚石什锦锉、电镀锯片、电镀薄壁钻头、电镀牙科钻头等。

3. 树脂结合剂金刚石工具

树脂结合剂金刚石工具是以树脂粉为粘结材料，并加入填充材料，经过热压、硬化及机加工等工艺制成的、具有一定形状的金金刚石磨削加工工具。树脂结合剂金刚石磨具具有弹性好、耐冲击、自锐性好、磨削效率高等特点，这类金刚石工具在机械加工行业得到了广泛应用。

4. 陶瓷结合剂金刚石工具

陶瓷结合剂金刚石工具是利用磨料(金刚石、碳化硅等)、玻料(硼酸、氧化锌、石英、云母等)、非玻料(粘土、 Al_2O_3 等)、着色剂(红色加 Fe_2O_3 、绿色加 Cr_2O_3 等)、临时粘结剂(糊精、水玻璃、液体树脂等)混合物，经过成型、烧结、修整、修锐等制造工艺形成的一种金刚石磨削加工工具。其特点是化学稳定性好，弹性变形小，脆性大，硬度允许变化范围宽。

1.2 金刚石工具的应用范围与分类

1.2.1 金刚石工具的应用范围

金刚石与金刚石工具的制造业在我国是一个蓬勃发展的行业。由于金刚石与金刚石工具在社会经济建设中的使用愈来愈广泛，其消耗量日益增长。其应用范围主要有以下几个方面：

1. 地质勘探和工程勘察

我国地质、煤炭、石油、矿山、建材、建筑、化工、水利、水电、电力、铁道、交通、国防等部门的地质勘探及工程勘察中广泛采用金刚石钻进，各种不同类型的金刚石钻头和扩孔器是金刚石钻进的主要消耗材料。

2. 石材加工业

石材加工业是我国近二十年来发展迅速的行业，在该行业中从石材毛坯开采、板材锯切和精加工，人们广泛使用金刚石锯片、金刚石磨头等。

3. 机加工行业

据有关资料统计，工业金刚石用于机械加工方面的占工业金刚石总量的比例非常高。如金刚石车刀、金刚石修磨砂轮等。

4. 其他工业部门

其他工业部门包括陶瓷加工业、玻璃加工业、玉器加工业、电气和电子工业广泛采用金刚石切割片、什锦锉、磨辊、磨头和拉丝模等。此外，在民用建筑业也采用金刚石薄壁钻头在砖石、混凝土、预制板上钻供水、气、电等用的管道孔。

1.2.2 金刚石工具的分类

1. 根据加工对象不同, 金刚石工具可分为:

(1) 金刚石碎岩加工工具。如各种类型的金刚石钻头和扩孔器; 各种类型的金刚石锯片和金刚石磨头等。

(2) 金刚石机加工工具。金刚石车刀一方面能够加工硬质合金和陶瓷等超硬材料, 另一方面又可以在不锈钢或非金属和合金工件上车出镜面光洁度。

(3) 加工某些特殊材料的金刚石工具。如在光学玻璃加工中使用的锯、切、磨等工具; 在电子工业中使用的金刚石拉丝模; 切割贵重、脆硬的半导体材料的金刚石锯片; 加工玉器的各种金刚石工具, 等等。

2. 根据采用的金刚石类型不同, 可分为:

(1) 天然金刚石工具。如表镶金刚石绳索取心钻头, 玻璃刀、压模头等。

(2) 人造金刚石工具。如人造金刚石钻头、复合片钻头、扩孔器、人造金刚石锯片、磨头等。

1.3 金刚石及金刚石工具的发展历程

1.3.1 金刚石发展简史

1. 天然金刚石

据专家推测, 大约公元前 8 世纪至前 6 世纪在印度发现了金刚石, 之后, 巴西、澳大利亚、南非等国家相继发现了金刚石, 见表 1-1。

表 1-1 世界上主要国家金刚石发现年代表

洲别	国家	发现年代
亚洲	印度	公元前 8 ~ 前 6 世纪
大洋洲	澳大利亚	1851
南美洲	巴西	1695
	圭亚那	1887
	委内瑞拉	1912
非洲	南非	1867
	纳米比亚	1908
	安哥拉	1907
	扎伊尔	1913
	坦桑尼亚	1913
	加纳	1919
	中非、刚果	1931
	塞拉利昂	1932
	乍得、尼日尔	1934

由于天然金刚石光彩夺目，因此，长期以来主要用作装饰品。随着人工琢磨加工金刚石的出现，经雕琢晶形完美的大颗粒金刚石，由于它们在自然界异常稀罕以及琢磨加工的难度和费时，因而成了宝石之王。表 1-2 中列出了目前世界上收藏下来的最著名的几颗最大的钻石。

表 1-2 世界上著名的几颗最大的钻石 单位：克拉

名称	毛重	成形重量	产地	发现时间	备注
库利南	3106		南非	1905	非洲之星
瓦加斯	726		巴西	1938	
“纪念”	650.8		南非	1895	
奥洛夫	近 400	194.8	印度	17 世纪	
皮特	422	136.6	印度	1701	“摄政王”
“南方之星”		125.5	巴西	1853	
科依努尔	186.1	106.1	印度	约 1304	
常林钻石	158.8		中国	1977	

约在 1763 年，俄国学者罗蒙索夫测定了金刚石的晶体角，并提出假说：“金刚石坚硬的原因是因为它是由联结紧密的小颗粒构成的。”金刚石的化学成分开始认为是连生透明水晶体（二氧化硅）。法国著名化学家拉瓦锡等人发现金刚石是可燃物质，燃烧后变为气体。1797 年，英国化学家腾南特通过实验方法研究证明金刚石是纯碳。

人们对金刚石性质的认识不断丰富和发展，金刚石乃是自然界最硬的矿物，它具有许多优异的力学性能，因此，金刚石从最初作为装饰品的领域跨入了工业技术的应用领域中，用它切磨宝石、划玻璃等。

2. 人造金刚石

由于学者们在 18 世纪末确定了天然金刚石是碳元素的一种结晶体，它主要产于金伯利岩中（这种岩石于 1870 年首先发现于南非的金伯利而得名）。当位于地下深处的金伯利岩中的含碳元素达到一定浓度时，在高温、高压的条件下，碳元素就会结晶为金刚石而形成天然金刚石矿床。从而启发了人们利用碳元素（石墨）作为原料，人为地给石墨造成高温高压的条件以获得人造金刚石的设想。

最早报道制出人造金刚石的是 J. B. 汉奈。他于 1880 年公布了他的试验并提供了实物。尽管近代验证了他提供的是金刚石，然而却从未有人用他的方法再生产出过金刚石。因此，这种方法是否可行成为数十年来人们争论不清的悬案。

1954 年，美国通用电气公司制成了人造金刚石，但直到 1955 年 2 月 15 日才宣布这项了不起的成就。金刚石合成是由 F. P. 邦迪、H. T. 霍尔，H. M. 斯特朗和 R·温托夫等人组成的研究小组经过四年多时间研究完成的。这种可重复生成金刚石的方法，采用了很高的压力和温度以及大大加快反应速度的熔融金属触媒。

1960 年，瑞典通用电气公司的利安德和隆得布发表了描述他

们在很高的压力和温度下，由金属化合物和石墨混合物成功合成金刚石的论文。他们声称，他们首次合成金刚石是在1953年，略早于美国通用电气公司，不过当时没有公开发表。

1970年，美国通用电气公司的温托夫和斯特朗，描述了一种能制造宝石级金刚石单晶的改进合成方法。该方法需要非常恒定的压力和温度条件，对溶液金属要有清洁的化学环境，而且还要妥善控制金刚石的二次成核。这种方法虽然成本很高，尚不能与天然宝石竞争，但却提供了一种研究金刚石生长机理和外来原子影响的重要手段，因而具有重要的科学价值。

我国从1961年开始设计制造超高压高温装置，1963年12月6日合成出第一颗人造金刚石，1965年投入工业生产，现已在我国形成了具有相当规模的人造金刚石行业。

目前，世界上能生产人造金刚石的国家主要有：瑞典、美国、英国、前苏联、中国、日本、德国、芬兰、比利时、意大利、罗马尼亚、捷克、波兰、朝鲜、韩国等。全世界人造金刚石的产量1976年约7500万克拉，2002年我国的人造金刚石产量估计为20亿克拉，并以较高的速度持续增长。人造金刚石的品种从20世纪60~70年代以来发展很快，用于金刚石工具的人造金刚石的主要产品见表1-3。由于人造金刚石的品种和质量不断发展和提高，这为制造各种类型的金刚石工具打下良好的物质基础。近年来，世界工业人造金刚石的消耗量平均每年增长约5%~6%。