

《磨料磨具制造》

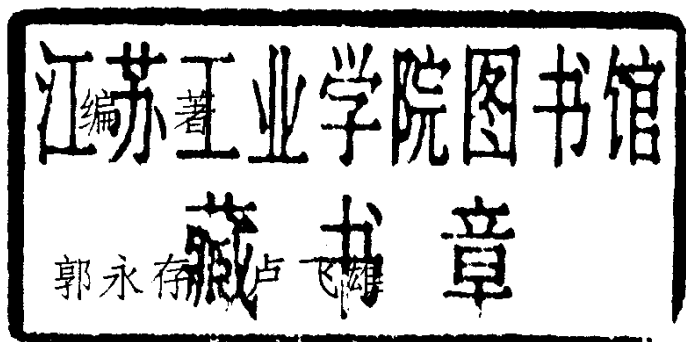
丛书之二

金刚石制造



机械工业部机床工具工业局

金 刚 石 制 造



李植华

郭永存

藏书章

卢飞

前 言

根据国家劳动总局和机械工业部组织编写技工学校教材和职工技术培训专业教材的要求，为适应全员培训的需要，我们组织磨料磨具磨削研究所、第一砂轮厂、第二砂轮厂、第四砂轮厂、第六砂轮厂和第七砂轮厂等科研生产单位中有较丰富实践经验和相当理论水平的专业技术人员，在1978年实行干部业务考核和生产工人考工的基础上，编写了这套《磨料磨具制造》丛书。全书共八卷，包括：《刚玉制造》、《碳化硅制造》、《陶瓷磨具制造》、《橡胶磨具制造》、《金刚石制造》、《金刚石磨具制造》、《树脂磨具制造》和《涂附磨具制造》。

这套丛书着力于全面反映我国建国以来磨料磨具生产的总貌，总结这方面的经验和科技成果，展示我国磨料磨具工业的发展趋势。编者试图以生产工艺为中心，对工艺理论和工艺装备进行较为详尽的阐述。这套丛书既是一个统一的整体，又是自成系统的专著。这套中级技术理论教育的综合教材可用于技工学校，中等专业学校和职工业余学校的专业教学，也可作为生产工艺人员的必备工具书和具有初、高中文化程度职工的进修读物，同时对石油、采矿、化工、冶金、耐火材料，地质勘探、电瓷、陶瓷、玻璃材料等工业部门也有一定参考价值。

在本书编写过程中，承蒙各有关单位积极配合，中国磨料磨具工业公司的支持，在此谨表谢意。鉴于时间仓促，经验不足，书中的缺点错误一定在所难免，我们诚恳希望读者不吝批评指正，以期再版时予以修改补充。

机械工业部机床工具工业局

一九八三年三月

编著者的话

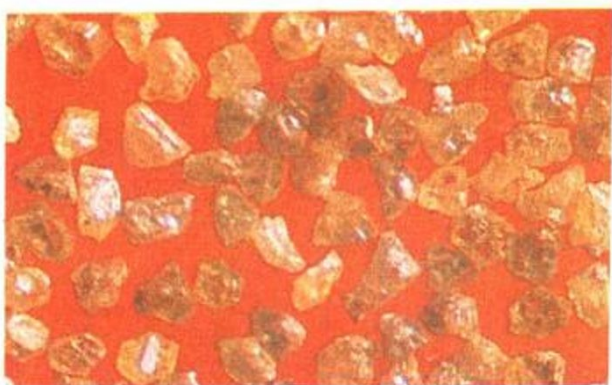
二十年来，我国人造金刚石这种超硬磨料，从无到有，发展非常迅速，产量不断增加，质量不断提高，品种不断增多，应用不断扩大，实践经验不断丰富，理论研究不断深入。在阅读了一定资料的基础上，根据工作体会，我们编著了这本书。

本书共分十七章。第一章系统地简明地叙述了金刚石发展史；第二章至第六章为基础知识，主要介绍了金刚石的性质、超高压高温的产生与测量、石墨—金刚石转变过程中热动力学条件的分析；第七章到第十四章涉及的是金刚石人工合成的有关问题和工艺过程；第十五章阐述了金刚石的主要用途。为了系统起见，第十六章和十七章还介绍了天然金刚石和超硬材料立方氮化硼。

本书第一章至第十六章由李植华、郭永存同志编写，第十七章由卢飞雄同志编写。

笔者由于学识浅薄，又没有教学经验，加之匆匆草成，缺点和错误在所难免，本文仅宜内部发行，作征求意见稿，以祈批评指正，再版时予以修订。

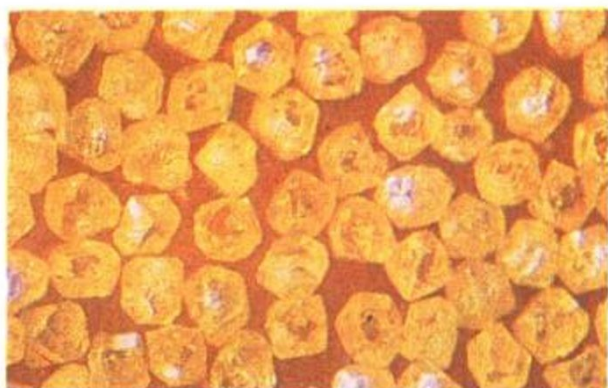
在书稿审议会上，与会代表对初稿提出了许多宝贵意见和具体建议，编著者对他们热诚帮助深表谢意！



JR—1人造金钢石



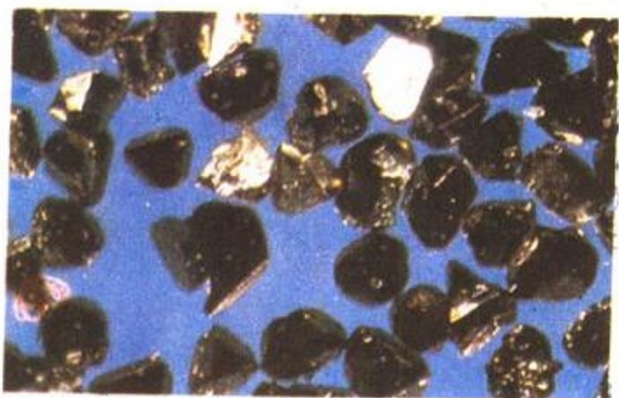
JR—2人造金钢石



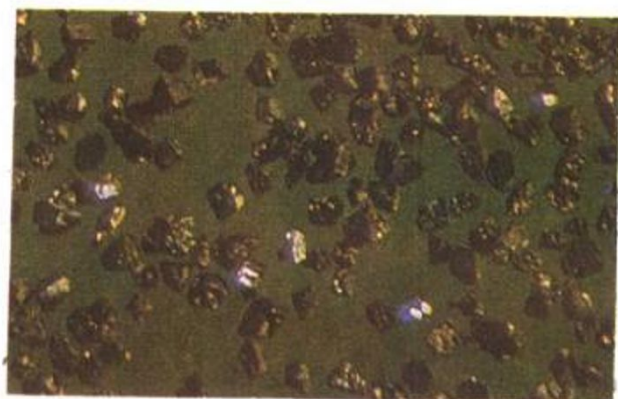
JR—3人造金钢石



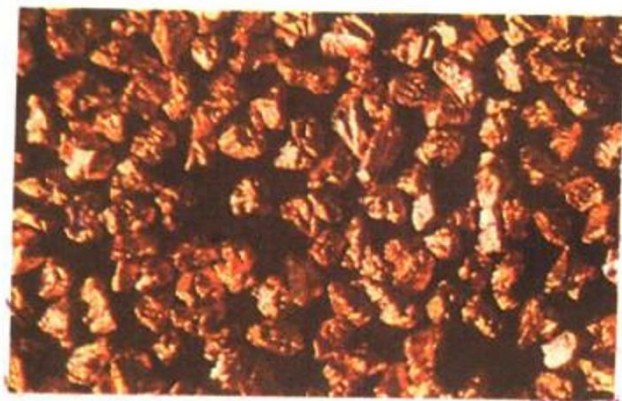
JR—4人造金钢石



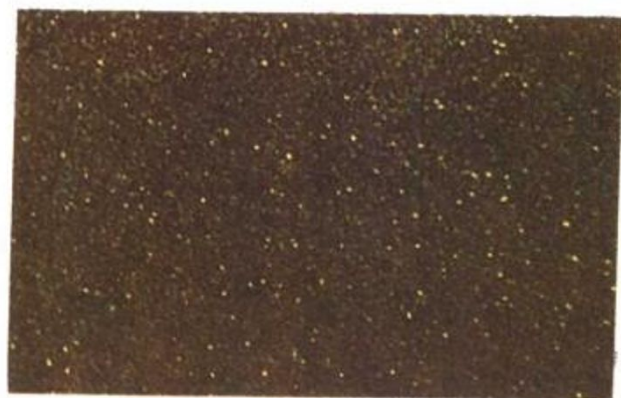
含硼人造金钢石



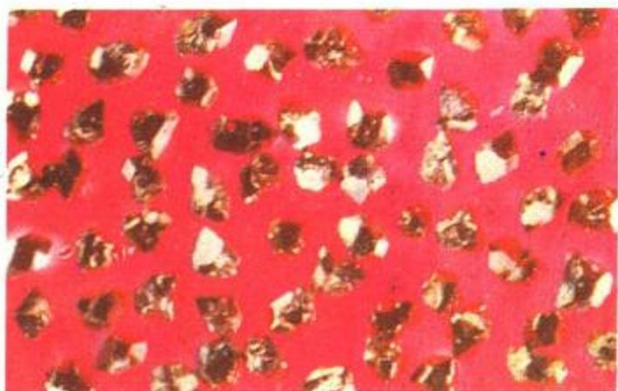
镀镍人造金钢石



镀铜人造金钢石



人造金钢石微粉



立方氮化硼



人造金钢石烧结体



人造金钢石烧结体
拉丝模



人造金钢石研磨膏



人造金刚石部分制品

目 录

第一章	金刚石应用发展简史.....	(1)
第二章	金刚石的原子结构和能带结构.....	(24)
	2—1. 晶体结构和晶体的分类.....	(24)
	2—2. 金刚石的原子结构.....	(35)
	2—3. 金刚石的能带结构.....	(39)
第三章	金刚石的主要性质.....	(52)
	3—1. 金刚石的晶体形态.....	(52)
	3—2. 金刚石的化学组成.....	(53)
	3—3. 金刚石的化学性质.....	(63)
	3—4. 金刚石的光学性质.....	(66)
	3—5. 金刚石的电磁性能.....	(77)
	3—6. 金刚石的热性能.....	(80)
	3—7. 金刚石的机械性质、解理与硬度.....	(84)
第四章	静态超高压高温的产生与测量.....	(101)
	4—1. 超高压技术发展概况.....	(101)
	4—2. 静态超高压装置设计的一般原理.....	(103)
	4—3. 高温的产生.....	(125)
	4—4. 静态超高压高温的测量.....	(129)
第五章	动态超高压高温的产生与测量.....	(138)
	5—1. 动态超高压高温产生的原理.....	(138)
	5—2. 产生动态超高压的装置.....	(142)
	5—3. 动态超高压的测量.....	(145)
	5—4. 动态超高压介质温度的估算.....	(150)

第六章	石墨—向金刚石转变过程的热力学、 动力学条件分析.....(154)
6—1.	石墨—金刚石转变过程中热力学条件分析及其平衡曲线.....(154)
6—2.	石墨—金刚石转变过程中动力学条件的分析.....(158)
6—3.	碳的相图与金刚石合成的最低条件.....(161)
第七章	静态超高压法合成金刚石用的原材料和辅助材料.....(170)
7—1.	叶蜡石.....(170)
7—2.	碳—石墨材料.....(186)
7—3.	触媒材料.....(203)
第八章	静态超高压法合成金刚石的工艺.....(222)
8—1.	静态超高压法合成金刚石的装置.....(222)
8—2.	金刚石合成工艺.....(266)
第九章	合成金刚石的其它方法.....(286)
9—1.	动态法.....(286)
9—2.	在金刚石亚稳定区域内生长金刚石.....(293)
第十章	人造金刚石的提选处理.....(300)
10—1.	除金属或合金.....(300)
10—2.	除石墨.....(303)
10—3.	金刚石与叶蜡石的分离.....(312)
10—4.	金刚石提选处理对环境的污染和防治.....(312)
第十一章	金刚石微粉制造.....(319)
11—1.	金刚石微粉分选的一般原理.....(319)
11—2.	原材料、设备和器具.....(326)
11—3.	分选前的准备.....(327)
11—4.	金刚石粒度分选.....(329)

11—5. 金刚石微粉分选后的处理·····	(334)
第十二章 金刚石烧结体制造·····	(337)
12—1. 金刚石表面净化处理·····	(337)
12—2. 静态超高压烧结·····	(340)
12—3. 爆炸烧结·····	(343)
12—4. 生长型金刚石多晶体的制造·····	(344)
12—5. Compax和Syndite ·····	(345)
12—6. 金刚石烧结体的烧结机理·····	(347)
第十三章 人造金刚石的质量检验·····	(358)
13—1. 人造金刚石质量检验主要项目·····	(358)
13—2. 国外人造金刚石质量检验标准·····	(372)
第十四章 金刚石人工生长机理·····	(379)
14—1. 国外金刚石人工生长机理的概述·····	(379)
14—2. 高温高压下石墨变金刚石的结构转化机理·····	(384)
14—3. 催溶说·····	(389)
14—4. 溶剂—催化剂说·····	(415)
第十五章 金刚石的主要用途·····	(416)
15—1. 金刚石钻头·····	(416)
15—2. 金刚石磨具·····	(436)
15—3. 金刚石修整工具·····	(460)
15—4. 金刚石车刀·····	(479)
15—5. 金刚石拉丝模·····	(491)
15—6. 金刚石的其它用途·····	(499)
15—7. 金刚石的特殊用途·····	(506)
第十六章 天然金刚石·····	(512)
16—1. 金刚石矿床和矿石·····	(512)
16—2. 天然金刚石资源·····	(520)
16—3. 天然金刚石选矿·····	(530)

16—4. 金刚石的鉴定与工业分级·····	(544)
16—5. 天然金刚石成因·····	(546)
第十七章 超硬材料立方氮化硼·····	(551)
17—1. 概述·····	(551)
17—2. 氮化硼的结构与性能·····	(556)
17—3. 立方氮化硼的合成·····	(560)
17—4. 立方氮化硼的主要用途·····	(578)

第一章 金刚石应用发展简史

金刚石晶体，由于光怪陆离、美丽夺目，硬度极大，从远古就引起了人们极大的注目，当时主要用来做装饰品。由于它具有比热低、导热性好、机械强度大、抗腐蚀性能好以及半导体性能和高温稳定性能，在工业上获得了重大的意义，特别是自从廿世纪五十年代人工合成出金刚石以来，产量急剧上升，质量稳步提高，品种不断扩大，有力地加速了世界工业发展的进程。

金刚石作为装饰品，在古代主要镶在鼻烟壶、彩饰象、香粉盒、扇子等上面，以及其它饰物上面。而那些大颗粒金刚石除做历史纪念品和美丽的装饰品以外，它对研究和阐明这个稀有的天然形成物质的生成条件也是很重要的。

世界上最流行的饰物宝石磨面形状有两种——钻石磨面和蔷薇磨面。在这种情况下，要尽力使金刚石具有一定的磨面形状。这种形状是很难得到的。如果要获得这种形状，那也是可以办得到的，那就是应当按下面的方法来琢磨宝石，即使进入其中的光线大部分不直接穿过，而受晶面反射折回。经这样琢磨的金刚石在光的照耀之下，才能闪闪发光，也就是说不断地反射光线。如果我们不停地旋转宝石，就会得到许多变幻无穷的、美丽夺目的、闪耀的反射光。这是因为白光经金刚石折射后，分解为构成它的七种光：红光、橙光、黄光、绿光、青光、蓝光和紫光。因此，旋转宝石时，我们就可以看到由宝石中发出来的五颜六色的光束。

目前世界上收藏下来的几颗最大的钻石有：

“库利南”——世界上最大的金刚石，在琢磨前的重量为

3106克拉，于1905年在南非普列姆耶尔矿挖掘的。

“爱克斯采里希奥尔”——大小排第二位的金刚石，琢磨前重量为995.3克拉，是1893年在南非的雅格尔斯丰顿矿上出土的。

1945年元月，在塞拉利昂某矿找到一颗重770克拉的金刚石。

“德查坎尔”——琢磨前重为726克拉。这颗金刚石是1934年在距普列姆耶尔矿不远的冲积矿中找到的。

“瓦尔加斯”——在琢磨前重为726.6克拉，它是1938年在巴西发现的。

钻石“纪念”——琢磨前重量为650.8克拉，于1895年在雅格尔斯丰顿矿上找到的。

“奥尔洛夫”——原重近400克拉，琢磨后的重量为194.8克拉。估计在十七世纪初发现于印度。

“常林钻石”——重量158.8克拉，1977年12月在中国临沭县岌山公社常林大队发现的。

“摄政王”（或称“皮特”）——琢磨成形的重量达136.6克拉，它是1701年在印度找到的。

“佛罗萨”（或称“奥大利亚金刚石”）——琢磨成形的重量为133.2克拉。

“契非尼”——琢磨成形的重量为128.5克拉。1878年出于金伯利矿。

“南方之星”——琢磨成形的重量为125.5克拉，是1853年在巴西寻找到的。

“科依努尔”——在第一次琢磨后的重量为186.1克拉，在第二次琢磨后的重量为106.1克拉。它的历史，估计是从1304年开始的。

金刚石这种极其稀有的矿物，研究家们根据古老的神话推

测，大概在公元前三千年就在印度发现了。不过、无论如何，在公元前五世纪以前它就为古希腊人所得知，这是毫无疑义的。目前在大不列颠博物馆里还收藏着一尊希腊的青铜小雕象，它的眼睛是用两颗未经加工的金钻石制成的，这尊雕象就是当时的产品。我们可以认为金钻石是由印度传入希腊的。

当时，金钻石的奇妙性质成了幻想童话和迷信臆说的丰富泉源。

公元前四世纪，一个关于航海家辛德八德的童话就是谈这种贵重矿物产地的古老神话之一。在这个童话里描写了一个神秘的峡谷，在峡谷里布满了金钻石。峡谷异常深渊，云集的蛇群把一切通往峡谷的道路全部堵塞了。但是，受宝物强烈吸引的人，终于想出了取宝的妙法。他们从周围的山上向峡谷抛掷肉块，把金钻石粘上，而爱食肉的老鹰，却把肉块衔到它的窝巢里。这些机智的探宝人就从鹰巢里得到了宝石。

但是，在这些童话中，也可以找到一些实际材料来佐证，比如鸟受金钻石光泽的引诱而喜欢衔吞它一事。例如，上世纪在南非的金钻石矿区，甚至有人认为，驯养家禽和鸵鸟是有益的。因为这些禽鸟在废矿堆中翻寻食物时，遇到金钻石，就会把它吞下。那时曾发生过一桩这样的事，在金钻石仓库上打死一只鸽子，在这只鸽子的嗦囊里曾发现有43颗金钻石，共重5.5克拉。而更有趣的是一只“会生金钻石”的普通乌拉尔母鸡也曾轰动过上世纪的下半个世纪，当时，甚至在报纸上都刊登了它的照片。所以童话中关于老鹰衔金钻石的一节，是有一部分真实性的。金钻石能粘附在肉类的脂肪上，这也是正确的。神话的本身也确切地影射了在遥远的东方国家有宝石，但这种宝石是罕见的，而且寻找是极其困难的、艰辛的。

在古代，人们就深知金钻石的硬度。“金钻石”一词的含义，本身就说明了这一点，它是来自阿拉伯字“al—mas”（“最硬

的”)或希腊写“αδαμας”,意思是“不可克制的”、“不可战胜的”、“不可摧毁的”。

按理说,古代金刚石祖国——印度,本应为金刚石晶体搜集第一批确切的资料打下良好的基础。但是,婆罗门教徒和僧侣们用一些神秘的解释和迷信的臆造,掩盖了或歪曲了当时关于正确论述金刚石的一切宝贵资料。

古印度人,把金刚石也象人一样分成四个种姓:“婆罗门”、“刹帝利”、“吠舍”、“首陀罗”。按古印度这种对金刚石的分法,白色晶体叫“婆罗门”;略带红色的叫“刹帝利”;浅绿色的叫“吠舍”;灰色的叫“首陀罗”。其中每一种都是献给一个特殊神灵的。但是,金刚石的种姓也有符合实际的一方面,因为材质不一样:“首陀罗”的价值为“婆罗门”的 $1/4$;“吠舍”是它的价值的 $1/2$;“刹帝利”是它的价值的 $3/4$ 。印度将金刚石这种分类,引起我们注意的是,将金刚石按照晶体颜色来分类的一种初步尝试。

罗马自然科学家普林尼·斯达尔西在他的“自然历史”一书中极其详细地描述了金刚石。但是,其中也是把许多实际材料和一些曲解与捏造混淆在一起。普林尼关于金刚石的第一句话,就强调指出了这种矿物的稀有性和难得性:“金刚石不仅在各种宝石当中,就是在人类所有物品中,也是最为贵重的,在很长时间内,仅为极少数国王所得知”。金刚石的硬度是“不可言喻的”,“当金刚石碰击铁钻时,铁向两旁飞起,铁钻便裂开”。这位罗马自然科学家只知道金刚石晶体具有无可比拟的硬度,但他并不知道金刚石很脆、受敲击极易裂开的另一特殊性质。

在认识金刚石方面,第一次获得真正成绩的,毫无疑问,是琢磨金刚石的方法和用金刚石加工其他宝石。不能忘记,要把金刚石磨出棱角或磨平,其困难是巨大的。由于金刚石具有特殊的硬度,所以只能,换句话说只有金刚石自身才能琢磨金刚石。在

文献中不只一次的指出，由金刚石琢磨金刚石的方法是由法蓝达斯人王·别尔辛在1454年发现的。但是，在东方早就知道了这种方法。也有资料介绍，花拉子模人阿尔—碧鲁尼所著的“珍贵矿物”一书中，曾谈到了这里所说的加工宝石的高明方法。关于金刚石的技术用途，碧鲁尼写道“伊拉克和霍里桑居尼不能分辨金刚石的种类和颜色，在他们看来都是一样。因为他们只用它来钻孔。”

碧鲁尼介绍“把大颗粒金刚石包在铅块里，然后小心地锤击铅块，直到金刚石破碎为止”的制造细粒金刚石的方法。用这种方法制出的细粒金刚石通常是用于坚硬的石头上雕刻图案和题词。

显而易见，当时金刚石在技术上的应用引起了人们高度的注意。

在经过琢磨加工的金刚石出现以前，欧洲似乎对这种宝石很少发生兴趣。因为爱好饰物的人并不喜欢那种未经加工的原始形态的金刚石晶体。

随同在世界市场上第一批钻石（经人工琢磨加工过的金刚石）的出现，情况就大不相同了。它那美丽夺目的光泽能映出七色虹霞，立刻引起了各方面极大的关注。由于大颗粒金刚石异常少见，以及加工困难和加工费用高等种种原因，因而大大提高了金刚石的商品价格。所以，这种宝石仅仅掌握在皇帝、国王、王侯以及个别贵族和豪富少数人之手。从这个时候起，金刚石就变成了少数人发财致富的工具和剥削的武器。甚至发展到金刚石的高贵价格可以平息国家的纠纷。

1718年，彼得一世在彼得堡创办了第一所俄罗斯自然历史博物馆。专门收藏各种“珍品和实物”。在十八世纪的登记表上只有一颗未加工的金刚石。大概，这颗晶体就是罗蒙诺索夫的研究对象。尽人皆知，这位伟大的学者是金刚石晶体角最早测量人之