

# 超硬材料及制品

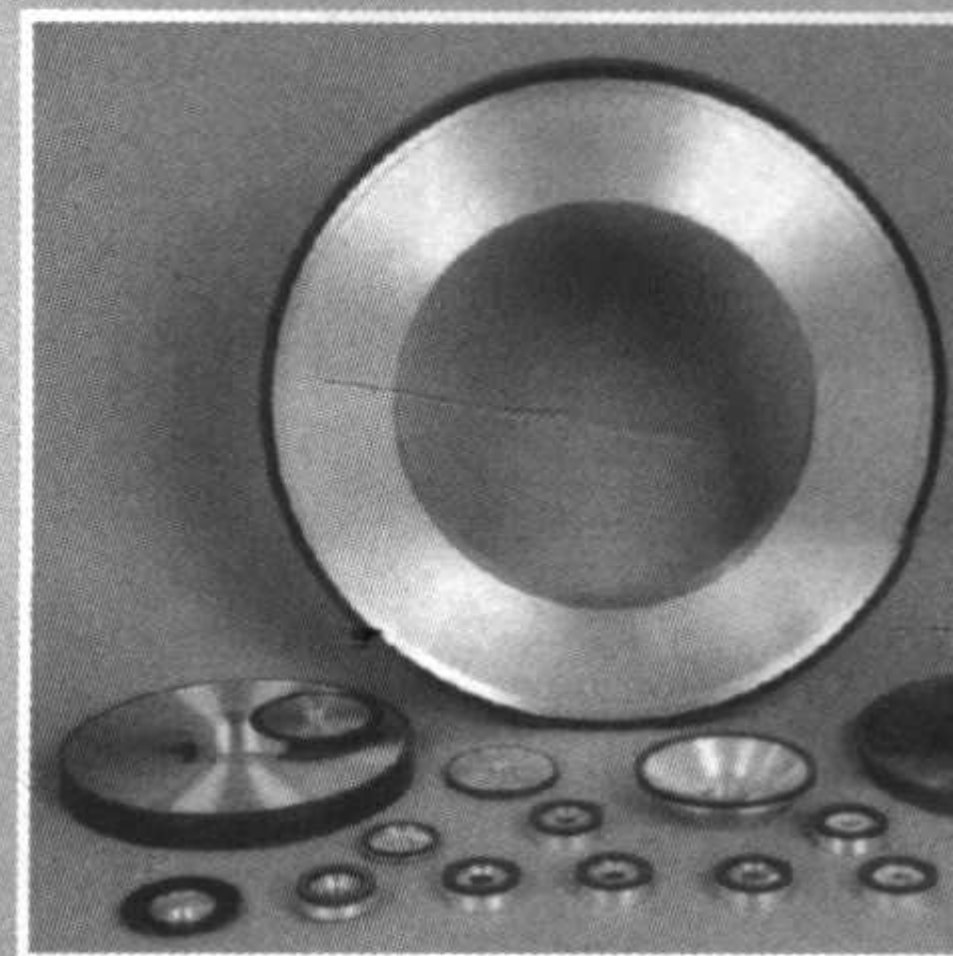
主编 王秦生



郑州大学出版社

# 超硬材料及制品

主编 王秦生



郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

超硬材料及制品/王秦生主编. — 郑州: 郑州大学出版社, 2006.10  
ISBN 7-81106-329-8

I.超… II.王… III.超硬材料-研究  
IV.TB39

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第120053号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路40号

出版人: 邓世平

全国新华书店经销

河南第二新华印刷厂印制

开本: 787 mm × 1 092 mm

印张: 50.75

字数: 1 275千字

版次: 2006年10月第1版

邮政编码: 450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

彩页: 1

印数: 1~5 000

印次: 2006年10月第1次印刷

---

书号: ISBN 7-81106-329-8/T · 44      定价: 136.00元

· 本书如有印装质量问题, 请向本社调换



## 主编简介

**王秦生**教授，男，汉族，籍贯河南叶县，1942年生。1967年毕业于天津大学化学工程系，分配到机械工业部直属上海汽轮机厂工作。1981年调入机械工业部郑州机械专科学校（该校后来先后更名为郑州工业高等专科学校、河南工业大学）。曾任该校超硬材料及制品研究所所长、磨料磨具工程系书记兼副主任等职。2004年起应聘为中原工学院外聘教授。

**兼任职务：**国家火炬计划河南超硬材料产业基地首席专家；中国机床工具工业协会超硬材料分会特聘顾问、技术专家委员会副主任；河南省高新技术专家联合会常务理事；河南省科技进步奖评委会成员；河南省杰出人才基金项目评委会成员；河南省高等学校高级职务评委会成员；河南省金刚石及制品工程技术研究中心总工程师等。

**专业工作：**长期从事超硬材料及制品的教学、科研、产品开发工作。1987年主持创建超硬材料及制品专业，填补国内空白。科研方向：超硬材料及制品。完成超硬材料及制品的科研项目14项，其中重大项目和重点项目7项。获得发明专利和实用新型专利8项。

**行业工作：**曾参与筹备成立中国机床工具工业协会超硬材料分会及其技术专家委员会；参与起草制订全国磨料磨具、超硬材料及制品行业以及河南省科技发展“十五”计划、“十一五”计划和中长期规划。

**对外交流：**曾作为国家科委代表团超硬材料分团团长、中国超硬材料行业协会代表团团长，出访美、俄等国，并与英、德、日、韩等国外同行进行技术交流与合作。

**主要著作：**专著与教材主编10部，主审4部，协编多部。主要有：《金刚石磨料与磨具》，《超硬材料及制品》，《超硬材料制造》，《金属结合剂金刚石制品》，《金刚石烧结制品》，《超硬材料电镀工艺学》，《超硬材料电镀制品》，《金刚石钻探工具与锯切工具制造》，《磨料磨具技术手册》等。

## 内 容 提 要

本书是关于超硬材料及制品的一部综合性著作，较为系统地反映了超硬材料及制品领域理论研究和生产实践的主要成果。内容涵盖了超硬材料（金刚石和立方氮化硼单晶、聚晶）及其制品的几乎所有的主要类型，包括锯切工具、钻进工具、精密磨具、石材磨具、切削刀具、修整工具等各种金刚石工具和立方氮化硼工具。本书分门别类地阐述了各种超硬材料及制品的制造原理和工艺、原材料和产品的品种规格、性能要求、技术标准和检测方法，同时还介绍了相关的生产设备和检测仪器的基本原理和使用知识，以及用户对各种产品的选择原则与使用技术。

在选材上，全书注意理论联系实际，优先选取在工业生产实践中广泛应用的内容，也兼顾有发展前途的新进展，包括新材料、新设备、新工艺、新技术。

本书既可供从事超硬材料及制品的科研、设计、生产、检测 and 应用的从业人员作为技术参考书使用，也可以供大专院校有关专业的师生作为教材或教学参考书使用。

# 前 言

新材料与新能源、信息、生物、海洋、环保、光机电一体化、航空航天、核工业等一起,成为当今世界上高新技术产业的重点发展领域。超硬材料(金刚石、立方氮化硼)由于具有其他材料不可比拟的优异性能而成为新材料队伍中的一支新军。超硬材料工具(磨削工具、切削工具、锯切工具、钻进工具,等等)开始成为光机电一体化的现代先进制造业必不可少的新型加工工具;超硬材料功能元件因其特殊的声、光、电、热性能而展现出新的应用前景。因此,超硬材料及制品在国民经济各部门以及国防和尖端科学技术中得到日益广泛的应用。应用领域已经渗透到机床、工具、电子、信息、冶金、石油、煤炭、化工、轻工、纺织、仪器仪表、医疗器械、食品加工、家具制造、耐火材料、工程陶瓷、功能陶瓷、兵器(枪炮、坦克、导弹)、航空航天(飞机、火箭、卫星、宇宙飞船)、原子能和核工业等各个领域。

超硬材料及制品工业作为方兴未艾的朝阳工业,在国内外得到迅速发展。从20世纪60年代开始形成产业以来,其增长率比同期的世界经济增长率高出3倍以上。我国已经成为超硬材料生产大国,产量占全世界2/3以上,形成了包括科研、生产、人才培养在内的产学研结合的较为完整的体系。

与行业发展相适应,原郑州机械专科学校(现河南工业大学)于1987年在国内率先创建了超硬材料及制品专业,组织校内外专家编写了成套的专业教材,并开办了校办工厂,成立了超硬材料及制品研究所,形成了产学研三结合的办学特色。与此同时,超硬材料及制品行业随着科技进步和工业发展,有关的信息网站、刊物、书籍也陆续出现并逐渐增多。已有的一些书籍,分别介绍了超硬材料和一些制品,但制品方面的内容相对较少。

本书是关于超硬材料及制品的一部综合性著作,而且制品部分篇幅较大。希望能够从整体上系统介绍主要产品及其制造技术,从而为超硬材料及制品的研发、生产、应用的从业人员和大专院校有关专业的师生提供一部便于使用的综合性的专业参考书。

本书由以下几部分组成:超硬材料(第一~三篇)、金属烧结制品(第四~七篇)、电镀制品(第八篇)、树脂与陶瓷磨具(第九篇)及附录(常用资料)。

本书内容涵盖了超硬材料(金刚石、立方氮化硼的单晶、聚晶、复合片)及其制品中几乎所有的主要类型的工具——锯切工具、钻进工具、精密磨具、石材磨具、切削刀具、修整工具、拉丝模具等各类工具。全书分门别类地阐述了各类超硬材料及制品的制造原理和工艺,包括原材料和产品的品种规格、性能要求、技术标准和检测方法,同时还介绍了相关的生产设备、检测仪器的性能特点和使用知识,以及用户对各种产品的选择原则和应用技术。

本书的雏形是《金刚石磨料与磨具》(上下册,王秦生编著)。《金刚石磨料与磨具》一书,从1983年以来先后修订重印10次(未经允许的翻印不计在内),是本行业迄今为止发行量最大的一部专业书。该书不仅作为教材使用,更多的是作为技术参考书使用。此外,主要参考书还有:《金刚石烧结制品》(王秦生主编,2000年出版),由《金属结合剂金刚石制品》(王秦生与潘飞联合主编,1990年)改编而成;《超硬材料电镀制品》(王秦生主编,2001

年出版),由《超硬材料电镀工艺学》(王秦生编著,1990年)改编而成;《超硬材料制造》(王秦生主编,2002年出版)。这些书出版之后很快售罄,虽经重印(2003年、2004年),亦已售罄。本书是在吸取上述几部书的精华的基础上弃旧更新,补充新鲜内容,重新编著而成,希望本书的出版能够满足读者的需要。曾经参与编写以上几部书的专家学者有:徐湘涛、潘飞、邹泽宏、左宏森、许晓旺、冯祖宾、李颖、何伟春、崔巍、宋诚、胡余沛、胡光亚、秦松岩、佟学礼、董长顺、戚立昌、栗政新、张奎、王书琴、荆运洁、夏鼎文、孙毓超、李印江、陈启武、王明智、郭滇生等。借此机会表示衷心感谢。

本书的编著,本着理论联系实际的精神,去粗取精、弃旧更新,反映超硬材料及制品领域理论研究和生产技术的主要成果,包括编著者取得的科研新成果。在选材上,以生产实践技术为重点,优先选取基本的、常用的、较为成熟的内容。这些是本书的主要内容。删减的内容,主要是理论性的(例如,电化学理论),或者在其他著作中可方便查阅到的(例如,粉末冶金原理)。新增加或充实的实用内容,包括新材料、新设备、新工艺、新技术。例如,大吨位新型六面顶压机;粉末原料复合传压介质、 $\phi 50$  mm以上腔体新型组装结构以及间接加热合成工艺;金刚石工具专用预合金粉末制造和应用新技术;砂轮、磨石的新配方和新工艺;金刚石锯片激光焊接工艺与设备;钎焊单层金刚石工具;有序排列的新型金刚石锯片等。本书虽然希望较为系统地反映超硬材料及制品,但是也不可能面面俱到。还有一些内容,例如金刚石薄膜,暂未包含在内。

本书由王秦生主持编著,负责全书总成和定稿。参加编著的有(以篇章先后为序):李颖(第一篇第五章第一、四~七节和第二篇第六章第三节,第七章,第八章第一、三~六节),崔巍(第一篇第六章第二、三节),栗政新(第一篇第七章第一节),秦松岩、佟学礼和董长顺(第一篇第七章第二、三节和第二篇第二章第六、七节),宋诚(第二篇第一章,第八篇第五章第一、四节),郭留希和刘杰(第二篇第二章第一~五节、第四章第五~七节),张奎(第二篇第二章第五节第一、二部分),赵清国和刘永奇(第二篇第三章,第三篇第一章),胡余沛(第二篇第四章第一~四节),何伟春(第二篇第五章第一、二节和第八篇第二章第一、二、四、五节,第三章第二、三节),杨晋中和王小军(第三篇第二章,第八篇),王明智(第三篇第三章第四节),左宏森(第四篇第三章第一~三节、第五节,第六~八章,第五篇第四章第二节,第六篇第四章,第七篇),冯祖宾(第四篇第九章第一~三节,第五篇第六章第一、二节),卢金斌(第四篇第九章第五节),吴志英(第五篇第二章第四节),孙毓超(第五篇第二章第三节第四部分),唐新成(第五篇第三章第三节第二部分),徐湘涛(第五篇其余部分和第六篇),席艳君(第八篇第五章第五节,第六、九章)。其余内容由王秦生撰写。

在本书出版之际,还应感谢中国机床工具协会超硬材料分会李志宏秘书长(本书复审)、全国磨料磨具标准化技术委员会张长伍常务副主任、中国标准出版社黄辉编辑、《金刚石与磨料磨具工程》杂志社王琴社长、河南华晶超硬材料股份有限公司、河南卡斯通科技有限公司、河南省金刚石及制品工程技术研究中心、河南工业大学、中原工学院、郑州大学出版社等单位的领导和有关人士,感谢他们的热情关心和大力支持。

超硬材料及制品涉及多个学科,本书内容涉及面很广,编著者学识水平有限,错误不当之处在所难免,欢迎行业同仁、各位读者不吝赐教,给予批评指正。

王秦生

2006年6月于郑州

# 目 录

## 第一篇 超硬材料基础

<b>第一章 概论</b> .....	3
第一节 超硬材料发展史 .....	3
第二节 超硬材料分类 .....	8
第三节 超硬材料的工业应用 .....	16
第四节 人工合成金刚石方法概述 .....	20
<b>第二章 金刚石的性质</b> .....	24
第一节 金刚石的形貌特征 .....	24
第二节 金刚石的化学性质 .....	25
第三节 金刚石的力学性能 .....	26
第四节 金刚石的物理性质 .....	29
<b>第三章 石墨、触媒与金刚石的电子结构和晶体结构</b> .....	32
第一节 金刚石的电子结构和晶体结构 .....	32
第二节 石墨的电子结构和晶体结构 .....	33
第三节 过渡金属的结构及其催化特性 .....	35
<b>第四章 金刚石合成机理</b> .....	39
第一节 合成机理概述 .....	39
第二节 溶剂说 .....	39
第三节 催化剂说 .....	41
第四节 固相结构转化说 .....	43
第五节 液晶态逐层转化说 .....	45
<b>第五章 金刚石生长过程动力学</b> .....	47
第一节 碳的相图 .....	47
第二节 石墨 - 金刚石相变条件 .....	49
第三节 石墨向金刚石转化的动力 .....	50
第四节 金刚石晶粒的形成 .....	52
第五节 金刚石晶粒的长大 .....	55
第六节 不同合成区间的晶粒生长状况 .....	57
第七节 晶粒生长与升温升压过程的关系 .....	58



<b>第六章</b>	<b>静态高压高温的产生、测量与控制</b>	59
第一节	静态高压高温的产生	59
第二节	静态高压高温的测量	63
第三节	静态高压高温的控制	67
<b>第七章</b>	<b>金刚石合成设备概述</b>	75
第一节	六面顶合成设备概述	75
第二节	两面顶合成设备概述	76
第三节	超高压模具	79

## 第二篇 超硬材料制造

<b>第一章</b>	<b>金刚石合成用原材料</b>	87
第一节	石墨	87
第二节	触媒	96
第三节	传压介质	100
<b>第二章</b>	<b>金刚石合成技术</b>	112
第一节	高压装置的调整	112
第二节	合成棒与合成块的设计与组装	114
第三节	磨料级金刚石合成工艺	118
第四节	高品级金刚石合成工艺	121
第五节	大腔体合成技术的新进展	124
第六节	两面顶合成元件组装及合成工艺	127
第七节	大颗粒金刚石单晶合成工艺	131
<b>第三章</b>	<b>人造金刚石的提纯与分选</b>	133
第一节	提纯原理与方法	133
第二节	分选原理与方法	140
<b>第四章</b>	<b>人造金刚石质量检测</b>	146
第一节	人造金刚石质量指标及检测项目综述	146
第二节	粒度及其组成	149
第三节	单颗粒抗压强度	151
第四节	冲击韧性	153
第五节	堆积密度与杂质含量	156
第六节	TTI、PPC、CFS、ECC 及 $\tau$ 值	157
第七节	IST-FACT 系统检测指标	162
<b>第五章</b>	<b>金刚石微粉制造</b>	165
第一节	粉碎法	165
第二节	爆炸法	172
第三节	生长法	177

<b>第六章 金刚石聚晶制造原理</b> .....	183
第一节 金刚石聚晶概述 .....	183
第二节 金刚石聚结过程分析 .....	187
第三节 金刚石聚晶烧结机理 .....	189
<b>第七章 金刚石聚晶制造工艺</b> .....	195
第一节 金刚石表面净化处理 .....	195
第二节 烧结型聚晶制造工艺 .....	196
第三节 生长 - 烧结型聚晶制造工艺 .....	199
第四节 聚晶质量检测 .....	201
<b>第八章 立方氮化硼制造</b> .....	203
第一节 立方氮化硼的工业应用 .....	203
第二节 立方氮化硼的结构与性质 .....	205
第三节 氮化硼的 $p - T$ 状态图 .....	207
第四节 原材料 .....	209
第五节 立方氮化硼合成工艺 .....	211
第六节 立方氮化硼聚晶制造 .....	214

### **第三篇 超硬材料表面镀覆**

<b>第一章 超硬材料化学镀</b> .....	223
第一节 超硬材料表面镀覆概述 .....	223
第二节 化学镀原理 .....	228
第三节 化学镀前的表面处理 .....	230
第四节 化学镀铜 .....	232
第五节 化学镀镍 .....	235
第六节 化学镀含钨合金 .....	239
<b>第二章 超硬材料电镀</b> .....	241
第一节 电镀铜 .....	241
第二节 电镀镍 .....	246
第三节 电镀镍钼合金和镍钨合金 .....	249
第四节 电镀设备仪器 .....	251
<b>第三章 超硬材料真空镀</b> .....	259
第一节 真空镀概述 .....	259
第二节 真空微蒸发镀 .....	262

### **第四篇 金刚石金属磨具**

<b>第一章 金刚石制品概论</b> .....	269
--------------------------	-----

第一节	金刚石制品的特征及类型	269
第二节	金刚石制品的发展	270
第三节	金刚石制品在工业领域中的应用	271
<b>第二章</b>	<b>金刚石磨具的结构、特征及标记</b>	<b>274</b>
第一节	金刚石磨具的结构	274
第二节	金刚石磨具的特征及标记	274
<b>第三章</b>	<b>金刚石磨具的原材料</b>	<b>288</b>
第一节	基体	288
第二节	金刚石磨料	292
第三节	金属粉末的品种和技术条件	293
第四节	金属粉末的理化性能	297
第五节	金属粉末使用前的预处理	303
第六节	其他原材料	306
<b>第四章</b>	<b>金刚石磨具的结合剂</b>	<b>309</b>
第一节	结合剂的类型及其组成	309
第二节	结合剂的性能	311
第三节	结合剂的配制	315
<b>第五章</b>	<b>金刚石磨具的配方设计</b>	<b>318</b>
第一节	磨具配方设计概述	318
第二节	结合剂成分及配比的选择	321
第三节	磨具配方的设计计算	330
第四节	磨具配方试验设计方法	337
<b>第六章</b>	<b>金刚石磨具压制成型工艺</b>	<b>349</b>
第一节	金刚石磨具成型工艺概述	349
第二节	压制成型模具的设计	351
第三节	成型料的配混	355
第四节	磨具的压制成型	357
第五节	压坯质量检查	361
<b>第七章</b>	<b>金刚石磨具烧结工艺</b>	<b>363</b>
第一节	烧结设备	363
第二节	烧结气氛	366
第三节	烧结工艺	368
第四节	烧结废品分析	373
<b>第八章</b>	<b>金刚石磨具的后加工与质量检查</b>	<b>376</b>
第一节	金刚石磨具的后加工	376
第二节	金刚石磨具的质量检查	381
<b>第九章</b>	<b>特殊类型金刚石磨具制造技术</b>	<b>384</b>
第一节	光学玻璃加工用金刚石精磨片	384

第二节	石材加工用金刚石磨块·····	386
第三节	玻化砖加工用金刚石磨辊·····	389
第四节	缸套珩磨用金刚石磨石·····	392
第五节	钎焊单层金刚石工具·····	394
第六节	有序分布的金刚石工具·····	398

## 第五篇 金刚石锯切工具

<b>第一章</b>	<b>金刚石锯切工具概述</b> ·····	403
第一节	金刚石锯切工具的发展历程·····	403
第二节	金刚石锯切工具的种类与结构·····	405
第三节	金刚石锯切工具制造方法概述·····	408
<b>第二章</b>	<b>金刚石锯切工具用原材料</b> ·····	413
第一节	金刚石·····	413
第二节	基体·····	424
第三节	结合剂·····	431
第四节	预合金粉末结合剂制备与应用新进展·····	443
<b>第三章</b>	<b>金刚石节块的制造</b> ·····	452
第一节	配混料工艺及设备·····	452
第二节	模具的材质与结构·····	455
第三节	热压设备·····	459
第四节	金刚石节块制造工艺·····	462
第五节	磨弧·····	468
<b>第四章</b>	<b>焊接工艺及装备</b> ·····	471
第一节	焊接原理·····	471
第二节	焊接设备·····	473
第三节	焊接工艺·····	482
<b>第五章</b>	<b>金刚石锯切工具的修整、开刃与整形</b> ·····	487
第一节	金刚石锯切工具的修整·····	487
第二节	金刚石锯切工具的开刃·····	489
第三节	金刚石锯切工具的整形·····	490
<b>第六章</b>	<b>几种专用金刚石锯切工具的制造</b> ·····	495
第一节	金刚石手动切割锯片的制造·····	495
第二节	金刚石排锯的制造·····	501
第三节	金刚石绳锯的制造·····	504
<b>第七章</b>	<b>金刚石锯切工具的使用</b> ·····	510
第一节	金刚石锯片使用效果影响因素系统分析·····	510
第二节	金刚石锯片的选择与使用·····	517

## 第六篇 金刚石钻进工具

<b>第一章</b>	<b>金刚石钻进工具的种类与结构</b> .....	525
第一节	概述 .....	525
第二节	金刚石钻进工具的种类 .....	526
第三节	金刚石钻进工具的结构特征 .....	527
<b>第二章</b>	<b>金刚石地质钻头的制造</b> .....	531
第一节	原材料 .....	531
第二节	冷压浸渍法制造钻头 .....	534
第三节	热压法制造钻头 .....	538
<b>第三章</b>	<b>金刚石油井钻头的制造</b> .....	541
第一节	油井钻头参数的选择 .....	541
第二节	油井钻头的制造工艺 .....	544
<b>第四章</b>	<b>金刚石工程钻头的制造</b> .....	549
第一节	金刚石工程钻头的分类 .....	549
第二节	原材料的选择 .....	551
第三节	工程钻头的制造工艺 .....	553

## 第七篇 金刚石刀具、模具和修整工具

<b>第一章</b>	<b>金刚石刀具</b> .....	559
第一节	金刚石刀具的特点及加工范围 .....	559
第二节	天然金刚石单晶刀具 .....	560
第三节	人造金刚石聚晶刀具 .....	563
<b>第二章</b>	<b>金刚石拉丝模</b> .....	567
第一节	金刚石拉丝模的特点 .....	567
第二节	天然金刚石拉丝模 .....	568
第三节	金刚石聚晶拉丝模 .....	569
<b>第三章</b>	<b>金刚石修整工具</b> .....	572
第一节	概述 .....	572
第二节	金刚石修整笔 .....	574
第三节	金刚石修整滚轮 .....	578

## 第八篇 超硬材料电镀制品

<b>第一章</b>	<b>超硬材料电镀制品概论</b> .....	583
------------	-------------------------	-----

第一节	超硬材料电镀制品的发展及应用	583
第二节	超硬材料电镀制品的产品特征	585
第三节	超硬材料电镀制品的制造工艺特点	587
<b>第二章</b>	<b>电化学基本知识</b>	<b>589</b>
第一节	两类导体	589
第二节	法拉第定律	591
第三节	电流效率及有关电镀参数的计算公式	593
第四节	电解质溶液中的导电与传质过程	597
第五节	电极的极化与极化曲线	600
<b>第三章</b>	<b>金属电沉积</b>	<b>605</b>
第一节	概述	605
第二节	金属电结晶	609
第三节	合金电沉积	614
第四节	电镀过程中的阴极析氢	617
第五节	电镀过程中的阳极溶解与钝化	619
<b>第四章</b>	<b>金属镀层分布</b>	<b>622</b>
第一节	概述	622
第二节	金属在阴极上的分布	623
<b>第五章</b>	<b>超硬材料电镀制品的原材料</b>	<b>626</b>
第一节	超硬材料	626
第二节	基体	630
第三节	阳极	631
第四节	化学试剂	634
<b>第六章</b>	<b>电镀制品基体表面镀前处理</b>	<b>638</b>
第一节	概述	638
第二节	机械处理	641
第三节	除油	642
第四节	浸蚀除锈与活化处理	647
第五节	不镀部位的绝缘处理	652
<b>第七章</b>	<b>超硬材料与金属的复合电镀</b>	<b>654</b>
第一节	复合镀层概述	654
第二节	超硬材料复合电镀工艺的基本特点	659
第三节	电镀溶液的成分及其作用	662
第四节	电镀溶液的配制与维护	671
第五节	电镀工艺参数	675
第六节	超硬材料复合电镀的计算公式	678
第七节	快速电镀工艺的进展	682
第八节	电镀设备仪器与夹具设计	685

<b>第八章</b>	<b>几类典型的超硬材料电镀制品的制造工艺</b>	687
第一节	电镀什锦锉	687
第二节	电镀磨头	690
第三节	电镀金刚石内圆切割片	692
第四节	电镀金刚石套料刀	696
第五节	电镀金刚石滚轮	698
第六节	电镀金刚石扩孔器	704
第七节	电镀金刚石绳锯	706
第八节	电镀间断工作面刃磨砂轮	708
第九节	超硬材料的其他电镀制品	709
第十节	国内外超硬材料电镀制品典型实物图例	711
<b>第九章</b>	<b>镀后处理与镀层质量检测</b>	718
第一节	镀后处理	718
第二节	镀层质量检测	720
第三节	电镀安全技术与环境保护	726
<b>第十章</b>	<b>电镀溶液化学分析</b>	728
第一节	镀镍溶液基本成分的测定	728
第二节	镍钴合金电镀溶液的定量分析	731

## **第九篇 超硬材料树脂磨具与陶瓷磨具**

<b>第一章</b>	<b>超硬材料树脂磨具</b>	735
第一节	概述	735
第二节	金刚石树脂砂轮的基体	736
第三节	金刚石树脂砂轮的过渡层	738
第四节	金刚石层的原材料	739
第五节	金刚石层的成型料	746
第六节	压制成型与硬化	752
第七节	金刚石聚酰亚胺树脂砂轮制造工艺	755
第八节	立方氮化硼树脂砂轮制造工艺	757
第九节	机械加工、成品检查、废品分析与回收	759
<b>第二章</b>	<b>超硬材料陶瓷磨具</b>	762
第一节	概述	762
第二节	金刚石陶瓷磨具的原材料	762
第三节	金刚石陶瓷磨具的制造工艺	766
第四节	立方氮化硼陶瓷磨具	773
<b>第三章</b>	<b>超硬材料磨具的选择使用</b>	776
第一节	金刚石磨具选择参考表	776

---

第二节 立方氮化硼磨具选择参考表.....	783
<b>附录</b> .....	785
附录 I 超硬材料及制品国家标准和行业标准目录一览表.....	785
附录 II 超硬磨料粒度尺寸新旧标准对照表.....	786
附录 III 超硬材料及制品常用原材料的密度.....	787
附录 IV 常用的几种洛氏硬度值换算对照表.....	788
附录 V 表面粗糙度对照表.....	789
附录 VI 常用法定计量单位及换算.....	789
<b>参考文献</b> .....	796



● 第一篇

超硬材料基础