

高等学校磨料磨具磨削教材

超硬材料电镀制品

王秦生 主编

中国标准出版社

高等学校磨料磨具磨削教材

超硬材料电镀制品

王秦生 主编

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

超硬材料电镀制品/王秦生主编. —北京: 中国标准出版社, 2000. 11

高等学校磨料磨具磨削教材

ISBN 7-5066-2307-2

I. 超… II. 王… III. 超硬材料-电镀-五金制品-高等学校-教材 IV. TS913

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 78015 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

电 话: 68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

开本 787×1092 1/16 印张 13½ 字数 310 千字

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—15000 册

科 目 559—332

本套书编者的话

以磨料磨具为工具的磨削加工,是机械加工方法中非常重要的一类方法,而且是精密加工和超精加工最基本的和首选的加工方法,在工业上得到广泛的应用。因而磨料磨具作为工业生产中必不可少的工具,具有“工业的牙齿”之誉,与现代工业发展有着密不可分的关系。磨料磨具及其应用技术的发展促进了现代工业的快速发展,而现代工业进一步的发展需求又反过来促进了磨料磨具技术进步和产品品种及应用范围的扩大。磨料磨具的应用已渗透到机床、工具、冶金、石油、煤炭、化工、轻工、纺织、仪器仪表、医疗器械、工程陶瓷、耐火材料、家具制造、食品加工等各个领域。磨料磨具及磨加工技术不仅影响着机械、汽车、建材、冶金等传统工业的发展,而且影响着新材料、航天航空、信息技术等高新技术及产业的发展。如磨具性能及加工技术影响着工程陶瓷材料的加工效率、加工质量、加工成本及其应用推广速度;导弹端头罩的磨加工精度影响着导弹的制导精度和端头罩的应用;半导体硅片等材料的磨加工技术及质量影响着计算机的进一步发展及信息技术产业的发展。因此,磨料磨具及其磨削应用技术在科技进步和整个国民经济发展中具有极其重要的作用。

当今世界科学技术飞速发展,经济全球化速度明显加快,国际竞争日趋激烈。这种形势对磨料磨具及磨削技术进步和行业从业人员素质提高提出了更高的要求。加强具有创新能力的高素质专业人才的培养,提高磨料磨具行业从业人员的素质,加强高性能新型磨料磨具产品的研究开发,提高磨料磨具制造技术及应用技术水平,为传统工业及高新技术产业发展提供有力的支持,是我们当前面临的迫切任务。

为适应高校磨料磨具和超硬材料及制品等有关专业的教学需要以及有关企业生产及应用发展需要,应广大师生和行业的普遍要求,我们组织了行业有关专家学者、高校教师和企业工程技术人员编写了这套教材。这套教材包括《普通磨料制造》、《超硬材料制造》、《陶瓷磨具制

造》、《有机磨具制造》、《涂附磨具制造》、《金刚石烧结制品》、《超硬材料电镀制品》和《砂轮特性与磨削加工》，共计 8 册。内容涵盖所有磨料磨具和制造及应用技术。这套书可分为三类。第一是磨料类，包括《普通磨料制造》和《超硬材料制造》两部教材，分别介绍了普通磨料刚玉、碳化硅和超硬材料金刚石、立方氮化硼的制造原理、生产工艺及产品检测技术。第二是磨具和其它制品类，包括 5 部教材，其中《陶瓷磨具制造》和《有机磨具制造》分别介绍了以陶瓷和树脂为结合的刚玉、碳化硅、金刚石、立方氮化硼磨具的制造原理、生产工艺及产品检测技术；《金刚石烧结制品》和《超硬材料电镀制品》分别介绍了烧结金属结合剂和电镀金属结合剂的超硬材料磨具、锯片、钻头等各种工具的制造原理、生产工艺及产品检测技术；《涂附磨具制造》则专门介绍砂布、砂纸和砂盘等涂附磨具的制造技术。第三是应用类，即《砂轮特性与磨削加工》一书，该书主要介绍磨具的磨削工艺原理及磨具的科学选择与正确使用方法。在编写过程中，我们注意吸收了国内外磨料磨具及相关行业的新工艺、新技术成果和国内磨料磨具专业教学改革及示范性专业建设成果，力求做到书中概念科学、准确，内容系统、实用，能够反映行业新产品、新技术、新工艺及其发展趋势，使其既能面向教学，满足高校专业教学需要，又能面向行业，成为磨料磨具和超硬材料制品制造及选择应用方面具有重要实用价值的技术参考资料。本套书的出版，将结束我国磨料磨具人才培养 40 多年来尚无公开出版成套系列教材的历史，对我国磨料磨具磨削方面的高等教育和行业发展都具有重要意义。

本套书的编写工作得到了郑州工业高等专科学校、国家磨料磨具质量监督与检验中心、郑州磨料磨具磨削研究所、郑州白鸽集团股份有限公司、国家机械工业局第六设计院、中国磨料磨具工业公司、中国第六砂轮厂、第七砂轮厂、国家冶金工业局地勘一局、北京人工晶体研究所、长沙矿冶研究院等单位领导和同志们的重视、关心和大力支持。在编写过程中，国家磨料磨具质量监督与检验中心常务副主任张长伍高级工程师、郑州工业高等专科学校磨料磨具工程系副主任李志宏副教授作了大量的组织协调工作。在此，向所有关心支持本书出版，并为本书出版作出贡献的单位、领导和有关人士表示衷心的感谢！

编 者

2000 年 5 月

前 言

超硬材料及制品从 20 世纪 60 年代以来,作为新兴的高新技术产业,在国内外获得了迅速的发展。超硬材料制品按不同用途可分为工具和仪器元件两大类。当前进入工业化生产阶段的产品主要是工具类,包括磨具、锯切工具、钻探工具等多种类型。这些工具一般可用于干法制造,将粉状的超硬材料分别与金属、陶瓷、树脂粉末互相混合,经过压制成型、烧结或硬化,加工成为制成品。此外,还有一些特殊的工具,主要是形状特别复杂、尺寸规格特别小、特别薄的工具,采用干法难以制造甚至根本不能制造。这类工具是采用湿法即电镀法制造的,称为超硬材料电镀制品。电镀制品在制造原理和工艺上与干法迥然不同。它是根据金属电沉积原理,在预先制成的各种形状的工件基体上,采用电镀方法,将超硬材料粉末固结在金属镀层中而制成的。其产品性能也有其特殊性,具有组织致密、浓度高、结合力强、工作效率高的特点。因此,电镀制品在超硬料工具中占有不可替代的特殊地位。

根据行业的需要,总结国内外包括编著者在内的科研成果和生产经验,编写这方面的专业书,系统论述这类制品的制造原理和工艺,对满足本行业教学、科研、生产的需要,无疑具有重要的现实意义。

超硬材料及制品专业是原机械工业部所属郑州工业高等专科学校为适应行业需要,于 1987 年在国内首先创建的一个新专业。

《超硬材料电镀制品》与《超硬材料电镀工艺学》讲义(王秦生主编),供学校和行业使用迄今已经十余年。在此期间,超硬材料及制品行业作为朝阳工业得到迅速发展,新的科研成果和生产经验不断涌现出来,产品标准也在不断更新。为此我们在总结十几年来教学、科研与生产实践的基础上编写了《超硬材料电镀制品》。本书力求系统、科学、实用、标准,全面反映本行业的新材料、新产品、新工艺及其发展的趋势。

本书内容分为两部分,第 1~6 章为第一部分,阐述电镀技术所依据的电化学理论基础。它主要包含电化学理论中与电镀密切相关的以下几部分内容:电化学热力学的几个问题(电解质溶液、电极电位等);电极过程动力学(电化学极化、浓差极化等);金属的阴极还原与电结

晶;与金属阴极沉积过程同时发生并密切相关的阳极溶解过程;在电镀过程中出现的阴极析氢现象;金属镀层分布规律及影响因素,改善分布均匀性的途径;有机表面活性物质在电镀中的作用等。第7~12章为第二部分,是超硬材料电镀制品制造工艺学的基本内容。这一部分主要阐述从原料到成品整个制造过程的工艺原理和工艺方法;同时还简单介绍了工艺装备、安全与环保知识等与生产工艺密切相关的内容。

本书在内容的安排上注重实用性和针对性,系统介绍了金刚石电镀磨头、针锦锉、套料刀、钻头、扩孔器、内外圆切割刀片、修整滚轮、石材绳锯、间断工作面刃磨砂轮、柔性抛光磨具等各类典型电镀金刚石工具的制造技术;同时还具有理论与实践相结合的特点,兼顾理论上的相对系统性和完整性。

本书由王秦生教授担任主编。何伟春参与第二、三、五章编写,宋诚参与第六、七、八章编写,陈方平参与第十二章编写,王书琴参与其余各章编写,并负责校对全部书稿。全书由王秦生总成并定稿。陈方平工程师参加了改进镍钴合金电镀溶液分析方法的试验研究工作,该部分内容就是根据这一研究结果写成的。还要特别提到中国磨料磨具工业公司的李印江教授和全国磨料磨具标准化技术委员会的领导张长伍高级工程师,中国机床工具工业协会超硬材料分会秘书长夏肅文教授,常务副秘书长李志宏高级工程师,国家建材局北京人工晶体所所长胡光亚教授,国家冶金工业局第一地勘局孙毓超教授。正是由于他们的热情关心和支持,积极组织 and 推动,才使得本书以及《超硬材料制造》、《金刚石烧结制品》等系列专业书籍得以顺利出版。李印江教授还担任主审,仔细审阅了本书的全部书稿并提出了有益的修改意见。借此机会,对他们表示深深的谢意。

由于作者水平和经验有限,谬误和不当之处在所难免,恳请专家学者和读者指正。

编 著 者

2000年5月

主编简介

王秦生教授，1942年生，毕业于天津大学化工系。现任郑州工业高等专科学校超硬材料及制品研究所所长，兼任中国超硬材料工业协会科学技术顾问，全国超硬材料及制品标准化技术委员会副主任，河南省高新技术专家联合会常务理事，河南省高校高级职称评审委员会成员。

主持创建超硬材料及制品专业，填补国内空白。主持完成金刚石及制品多项省部级课题，居于国内领先和国际先进水平，获多项省部级奖，并获准国家专利。曾参与组织筹备成立中国超硬材料工业协会及其技术专家委员会和职工教育委员会。主编、主审及合著高校教材和技术专著《磨料磨具技术手册》等著作10余种，计500多万字，发表论文和译文数十篇。参与制订全国磨料磨具行业“十五”计划、河南省科技发展“十五”计划和长远规划，与美、俄、英、日等国外同行多次进行技术交流与合作。

内容提要

本书系统论述超硬材料电镀工具的制造原理和制造工艺。书中内容由两部分组成,第一部分阐述电镀技术所依据的电化学理论基础;第二部分系统地介绍金刚石和立方氮化硼电镀制品的制造技术。书中不仅讲述了原材料选择、产品制造、质量检测的工艺原理和工艺方法,并且还介绍了相关的仪器设备、工夹具以及安全和环保等方面的实用知识。在内容安排上,力求理论联系实际,既注重实用性和针对性,又照顾到理论知识的系统性和完整性,并且反映了本行业的新产品、新技术及其发展趋势。

本书可作为高等学校有关专业的教材,也可供从事金刚石和立方氮化硼电镀制品科研、生产、以及工具使用方面的专业人员作为技术参考书使用。

主编简介

王秦生教授，1942年生，毕业于天津大学化工系。现任郑州工业高等专科学校超硬材料及制品研究所所长，兼任中国超硬材料工业协会科学技术顾问，全国超硬材料及制品标准化技术委员会副主任，河南省高新技术专家联合会常务理事，河南省高校高级职称评审委员会成员。

主持创建超硬材料及制品专业，填补国内空白。主持完成金刚石及制品多项省部级课题，居于国内领先和国际先进水平，获多项省部级奖，并获准国家专利。曾参与组织筹备成立中国超硬材料工业协会及其技术专家委员会和职工教育委员会。主编、主审及合著高校教材和技术专著《磨料磨具技术手册》等著作10余种，计500多万字，发表论文和译文数十篇。参与制订全国磨料磨具行业“十五”计划、河南省科技发展“十五”计划和长远规划，与美、俄、英、日等国外同行多次进行技术交流与合作。

内容提要

本书系统论述超硬材料电镀工具的制造原理和制造工艺。书中内容由两部分组成,第一部分阐述电镀技术所依据的电化学理论基础;第二部分系统地介绍金刚石和立方氮化硼电镀制品的制造技术。书中不仅讲述了原材料选择、产品制造、质量检测的工艺原理和工艺方法,并且还介绍了相关的仪器设备、工夹具以及安全和环保等方面的实用知识。在内容安排上,力求理论联系实际,既注重实用性和针对性,又照顾到理论知识的系统性和完整性,并且反映了本行业的新产品、新技术及其发展趋势。

本书可作为高等学校有关专业的教材,也可供从事金刚石和立方氮化硼电镀制品科研、生产、以及工具使用方面的专业人员作为技术参考书使用。

目 录

第一章 超硬材料电镀制品概论	1
第一节 超硬材料电镀制品的发展及应用.....	1
一、应用发展史	1
二、加工对象	1
三、在工业应用领域中的地位和作用	1
第二节 超硬材料电镀制品的产品特征.....	3
一、产品品种特色	3
二、产品的结构形式	4
三、工作层的组织(内部微观组织特点)	4
四、使用特性	5
第三节 超硬材料电镀制品的制造工艺特点.....	5
一、制造工艺的特点	5
二、工艺装备的特点	6
第二章 电化学基本知识	7
第一节 两类导体.....	7
一、电镀电流回路	7
二、电子导体与离子导体	8
三、两类导体界面间的电荷转移(电极反应)	8
第二节 法拉第定律.....	9
一、法拉第第一定律	10
二、法拉第第二定律	10
三、合金的电化当量	11
四、法拉第恒量的物理意义	11
第三节 电流效率及有关电镀参数的计算公式	11
一、电流效率	11
二、有关电镀参数的计算公式	13
第四节 电解质溶液的电导率及离子迁移数	15
一、溶液电导率的概念	15
二、溶液电导率的影响因素	16
三、溶液电导率的测定方法	19
四、离子迁移数	19

五、影响离子迁移数的因素	20
第五节 电解质溶液中的导电和传质过程	20
一、液相传质的三种形式——对流、扩散、电迁移	20
二、电镀溶液导电与传质过程简析	21
第六节 电极与溶液界面的双电层理论	23
一、研究电极与溶液界面的意义	23
二、双电层的形成	23
三、双电层的结构与电特性	24
四、影响双电层结构及性质的因素	25
第七节 电极电位	26
一、研究电极电位的意义	26
二、电极电位	26
三、标准电极电位及电化序	27
四、平衡电极电位及能斯特方程式	28
五、电极电位的测试	29
第三章 电极过程动力学	31
第一节 电极的极化与极化曲线	31
一、电极的极化及过电位	31
二、分解电压与析出电位	32
三、极化曲线	32
四、影响极化曲线的因素	33
五、极化曲线的测定	34
第二节 电极过程及其速度控制步骤	34
一、电极过程	34
二、电极过程的基本步骤	35
三、稳态与非稳态电极过程	35
四、稳态电极过程的速度控制步骤	35
第三节 电化学步骤的动力学	36
一、交换电流	36
二、电化学极化的产生	37
三、交换电流与电化学极化的关系	38
四、电极的极化对电化学步骤反应速度的影响	38
五、电化学极化的基本特征——电化学极化基本方程式	39
六、线性极化方程式—— $t \ll t_0$ 时的电化学极化特征	40
七、塔费尔方程式—— $t \gg t_0$ 时的电化学极化特征	41
八、双电层电位分布对电化学极化的影响—— ψ_1 效应	42
第四节 液相扩散步骤的动力学	42
一、液相传质的速度控制步骤——扩散	42

二、浓差极化的产生	43
三、稳态扩散的速度公式	43
四、扩散步骤的极化特征——浓差极化方程式	44
五、电迁移对扩散的影响	45
第五节 电化学步骤与扩散步骤联合控制下的动力学特征	46
一、电化学极化与浓差极化并存的极化方程式	46
二、电化学极化与浓差极化并存的极化曲线	46
三、 η 与 i_0 、 i_d 、 i_c 之间关系的综合讨论	47
四、电化学步骤与扩散步骤动力学特征的比较	47
第四章 金属电沉积	49
第一节 概述	49
一、金属电沉积的范畴及研究内容	49
二、金属电镀层的分类	49
三、电镀溶液的基本类型	50
四、电镀工艺参数	50
五、金属电镀层的组织和性能特点	51
六、影响镀层组织和性能的因素	52
第二节 金属离子在阴极上还原的可能性	52
一、金属离子在阴极上还原的可能性	52
二、金属离子还原过程中涉及电化学极化的若干规律	53
第三节 简单金属离子的阴极还原	54
一、简单金属离子电沉积的基本过程	54
二、简单金属离子的放电步骤	55
第四节 金属配离子的阴极还原	55
一、配合物电解液中离子的真实浓度	55
二、配合物电解液中放电离子的形态	56
三、金属配离子电沉积的基本历程	56
四、配位剂对阴极还原的影响	56
第五节 金属电结晶	57
一、金属电结晶的步骤	57
二、电结晶过程的过电位	57
三、理想晶面的生长过程	58
四、实际晶面的生长过程	59
五、新晶核的生长	59
六、多晶沉积层的生长过程	60
七、多晶沉积层的形态及其与过电位的关系	61
第六节 合金电沉积	62
一、合金电沉积的实际意义	62

二、合金电沉积的基本条件	62
三、影响合金电沉积的因素	63
第七节 金属电沉积过程中的阴极析氢	65
一、阴极析氢对电镀的不良影响	65
二、阴极析氢的反应机理	66
三、氢的过电位	66
四、影响阴极析氢的因素	67
第八节 电镀中的阳极过程	68
一、电镀中阳极的作用	68
二、阳极极化曲线	69
三、金属的阳极溶解	69
四、金属的阳极钝化	70
五、影响金属阳极过程的因素	71
第五章 有机表面活性物质在电镀中的作用	73
第一节 有机表面活性物质简介	73
一、有机表面活性物质及应用	73
二、有机表面活性物质的结构及其分类	74
第二节 有机表面活性物质在溶液与电极界面上的吸附	74
一、吸附自由能	74
二、电极电位对界面吸附的影响	75
第三节 界面吸附对金属电沉积过程的影响	75
一、界面吸附引起的阴极极化	75
二、界面吸附对金属离子放电的影响	76
三、有机添加剂的整平与增光作用的机理	77
第六章 金属镀层分布	79
第一节 概述	79
一、镀层分布的不均匀性	79
二、分散能力和覆盖能力	80
第二节 电流在阴极上的分布	80
一、初次电流分布	81
二、二次电流分布	82
三、改善电流分布的途径	83
第三节 金属在阴极上的分布	84
一、金属镀层分布	84
二、影响镀层分布的因素	85
第四节 分散能力的测定	86
第五节 覆盖能力的测定	90

一、直角阴极法	90
二、内孔法	91
第七章 超硬材料电镀制品的原材料	92
第一节 超硬材料	92
一、超硬材料的品种规格	92
二、超硬材料的基本性质	92
三、适用于电镀制品的超硬材料的特性	94
第二节 基体	96
一、基体材质选择	96
二、基体的机械加工成型	97
第三节 阳极	97
一、镍阳极	97
二、合金阳极	99
第四节 化学试剂	100
第八章 电镀制品基体表面镀前处理	103
第一节 概述	103
一、基体镀前处理的重要意义	103
二、基体的表面状况	103
三、镀前处理的目的和方法综述	104
四、镀前处理工艺流程的编制原则	105
第二节 机械处理	106
第三节 除油	107
一、有机溶剂除油	107
二、碱液化学除油	108
三、电化学除油	110
四、超声波除油	111
第四节 浸蚀除锈与活化处理	112
一、化学强浸蚀	112
二、电化学强浸蚀	115
三、弱浸蚀	116
第五节 不镀部位的绝缘处理	116
一、对绝缘材料的要求	116
二、绝缘处理方法	117
第九章 超硬材料与金属的复合电镀	119
第一节 超硬材料复合镀层概述	119
一、复合镀层的概念	119

二、复合镀层的工业应用	120
三、复合镀层的结构	120
四、复合镀层中磨料与金属之间的结合力	121
五、复合镀层中金属的组织与性能	122
第二节 超硬材料复合电镀工艺的基本特点	124
一、基本工艺程序	124
二、预镀操作要点	125
三、上砂方法要点	126
第三节 电镀溶液的成分及其作用	127
一、电镀溶液配方	127
二、电镀溶液中各种成分的作用	132
三、电极反应	135
第四节 电镀溶液的配制与维护	136
一、电镀溶液的配制	136
二、电镀溶液的维护	138
三、有害杂质的影响及去除	139
第五节 电镀工艺参数	140
一、pH 值	140
二、温度	141
三、阴极电流密度	141
四、其它工艺条件	142
第六节 超硬材料复合电镀的计算公式	143
一、计算公式	143
二、计算举例	144
第七节 快速电镀工艺的进展	145
一、综述	145
二、超声波电镀	146
第八节 电镀设备仪器与夹具设计	148
一、电镀电源	149
二、电镀槽及酸碱处理槽	149
三、电镀辅助装置	149
四、电镀挂具与上砂夹具	149
五、辅助阴极和辅助阳极	149
第十章 几类典型的超硬材料电镀制品的制造工艺	152
第一节 电镀什锦锉	152
一、概述	152
二、工艺流程	152
三、工艺要点	153