

职业技能鉴定培训读本

高级工

磨 工

尹成湖 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（高级工）

磨 工

尹成湖 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

磨工 / 尹成湖主编. — 北京: 化学工业出版社,
2004.11

职业技能鉴定培训读本(高级工)

ISBN 7-5025-6247-8

I. 磨… II. 尹… III. 磨削-职业技能鉴定-教材
IV. TG58

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109840 号

职业技能鉴定培训读本 (高级工)

磨 工

尹成湖 主编

责任编辑: 周国庆 张兴辉

文字编辑: 麻雪丽

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 15¼ 字数 407 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6247-8/TH·253

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实际经验的技术工人是不可缺少的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施了“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出的“科教兴国”战略方针的重要举措，也是中国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家规定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业登记标准相适应，实行学历文凭、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，它是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势，化学工业出版社组织吉化集团公司、河北科技大学、天津大学、天津军事交通学院等单位有关人员，根据 2000 年 3 月 2 日国家劳动和社会保障部部长令（第 6 号）发布的就业准入的相关职业（工种），组织编写了《职业技能鉴定培训读本（高级工）》（以下简称《读本》），包括《工具钳工》、《检修钳工》、《装配钳工》、《管工》、《铆工》、《电焊工》、《气焊工》、《维修电工》、《仪表维修工》、《电机修理工》、《汽车维修工》、《汽车维修电工》、《汽车维修材料工》、《摩托车维修工》、《车工》、《铣工》、《刨插工》、《磨工》、《镗工》、《铸造工》、《锻造工》、《钣金工》、《加工中心操作工》、《热处理工》、《制冷工》、《气体深冷分离工》、《防腐蚀工》、《起重工》、《锅炉工》共 29 种，以满足高级工培训市场的需要。本套《读本》的编写人员为生产一线的工程技术人员、高级技工以及长期指导生产实习的专家等，具有丰富的实践和培训经验。

这套《读本》是针对高级技术工人和操作工而编写的，以《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》为依据，在内容上以中级作为起点，但重点为高级，注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰，重点突出，简明扼要，对基本理论部分以必须和够用为原则，突出技能、技巧，注重能力培养，并从当前高级技工队伍素质的实际出发，努力做到理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂；面向生产实际，强调实践，书中大量实例来自生产实际和教学实践；在强调应用、注重实际操作技能的同时，反映新知识、新技术、新工艺、新方法的应用和发展。

本书是《磨工》。依据《国家职业标准》的要求，主要介绍了高级磨工所必须掌握的基本知识和技能，内容包括：磨削技术基础、磨床、磨料磨具、磨削工艺、磨削加工工艺规程、磨床夹具、磨削质量与检测仪器、典型工件磨削加工，另外，还配有适当的复习思考题和技能考核试题。

本书可作为高级磨工的培训教材，也可供企业技术工人提高专业知识和工作技能参考。

本书由尹成湖主编。张英、贾广飞、徐建忠参加了编写工作。

尹成湖编写了第1章、第3章、第5章，与张英合编了第2章、第4章、第7章，与徐建忠合编了第6章。贾广飞编写了第8章。张英编写了附录。在编写过程中得到了张利平、庄雄庆、周湛学、郑惠萍、郭秀娣等老师的关心和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有缺点、错误，敬请读者指正。

编者

2004年8月

目 录

第 1 章 磨削基础	1
1.1 磨削技术概述	1
1.1.1 磨削技术概况	1
1.1.2 磨削方法	3
1.1.3 磨削工艺系统	3
1.2 磨削原理	5
1.2.1 磨削运动和磨削用量	6
1.2.2 磨削过程	9
1.2.3 磨削要素	11
1.2.4 磨削力与磨削功率	15
1.2.5 磨削热和磨削温度	15
1.2.6 磨削液	17
第 2 章 磨床	26
2.1 磨床概述	26
2.1.1 磨床的类型及型号	26
2.1.2 磨床品种的组成	29
2.1.3 磨床的精度	32
2.2 磨床的传动	35
2.2.1 磨床的布局和用途	35
2.2.2 磨床的机械传动	38
2.2.3 磨床液压传动系统	41
2.2.4 磨床伺服系统	48
2.3 磨床的主要结构	48
2.3.1 砂轮架及其轴承	48
2.3.2 内圆磨具及其支架	50
2.3.3 头架	51

2.3.4	尾架	53
2.3.5	横进给机构	54
2.3.6	滚动导轨和滚珠丝杠	57
2.4	磨床电气控制	61
2.4.1	常用低压电器	61
2.4.2	异步电动机的电气控制	71
2.4.3	直流电动机的电气控制	78
2.4.4	M1432A 型万能外圆磨床的电气控制	83
2.5	其他磨床	87
2.5.1	平面磨床	87
2.5.2	内圆磨床	88
2.5.3	无心磨床	89
2.5.4	半自动磨床及数控磨床	89
2.6	磨床的维护保养	93
2.6.1	磨床的保养	93
2.6.2	磨床常见的故障与排除	96
第3章	磨料磨具	102
3.1	普通磨料磨具的结构和性能	102
3.1.1	磨料磨具的结构	102
3.1.2	磨料磨具的特性	102
3.1.3	磨具的标记	111
3.2	普通磨料磨具的选用	111
3.2.1	磨料选择	111
3.2.2	磨具的形状尺寸选择	111
3.2.3	粒度	112
3.2.4	结合剂、硬度和组织选择	112
3.3	砂轮的磨损与修整	113
3.3.1	砂轮的堵塞	113
3.3.2	砂轮磨损	113
3.3.3	磨具的修整	115
3.4	超硬磨料磨具	116
3.4.1	超硬磨料磨具的应用特点及品种	116
3.4.2	超硬磨料的性能	119

3.5	金刚石修整笔	133
3.6	超硬磨料砂轮的修整	138
3.6.1	超硬磨料砂轮的整形方法	139
3.6.2	超硬磨料砂轮修锐方法	142
3.6.3	超硬磨料砂轮修整技术新进展	143
3.7	涂附磨具	148
3.7.1	涂附磨具的类型及特性	148
3.7.2	涂附磨具制造	150
3.7.3	砂带	151
3.8	珩磨、研磨、抛光磨料磨具	154
3.8.1	珩磨具及珩磨剂	154
3.8.2	研具及研磨剂	154
3.8.3	抛光轮及抛光剂	154
第4章	磨削工艺	157
4.1	典型表面磨削	157
4.1.1	外圆磨削	157
4.1.2	内圆磨削	166
4.1.3	平面磨削	169
4.1.4	螺纹磨削	176
4.2	高效强力磨削	181
4.2.1	高速磨削	181
4.2.2	缓进给磨削	190
4.2.3	砂带磨削	199
4.2.4	恒压力磨削	209
4.3	精密、超精密和镜面磨削	213
4.3.1	精密、超精密加工的概念	214
4.3.2	精密、超精密磨削原理	218
4.3.3	精密、超精密磨削砂轮	219
4.3.4	砂轮的修整	221
4.3.5	精密、超精密磨削的磨削用量	223
4.3.6	精密、超精密磨削对机床的要求	224
4.3.7	镜面磨削的缺陷及改进措施	227
4.4	珩磨与超精加工	228

4.4.1	珩磨	228
4.4.2	超精加工	244
4.4.3	轮式超精磨	249
4.5	游离磨粒加工技术	251
4.5.1	研磨	251
4.5.2	抛光	266
4.5.3	磁性研磨	273
4.5.4	喷射加工	274
4.5.5	磨料流动加工	277
4.6	特殊材料磨削技术	279
4.6.1	硬质合金磨削	279
4.6.2	不锈钢磨削	280
4.6.3	钛合金磨削	281
4.6.4	工程陶瓷磨削	282
第5章	磨削加工工艺规程	285
5.1	工艺规程基本知识	285
5.1.1	生产过程和工艺过程	285
5.1.2	机械加工工艺过程的组成	285
5.1.3	生产纲领与生产类型	287
5.2	工艺规程的作用和格式	289
5.2.1	机械加工工艺规程的作用	289
5.2.2	机械加工工艺规程的格式	290
5.3	机械加工工艺规程的制订	293
5.3.1	制订机械加工工艺规程的原则和步骤	293
5.3.2	零件分析	294
5.3.3	毛坯的选择	294
5.3.4	定位基准的选择	295
5.3.5	机械加工工艺路线的拟定	299
5.4	加工余量及工序尺寸和公差确定	309
5.4.1	加工余量的确定	309
5.4.2	工序尺寸和公差确定	311
5.5	工艺过程的生产率和工艺成本	315
5.5.1	工艺过程的生产率	315

5.5.2 工艺成本	317
第6章 磨床夹具	319
6.1 夹具概述	319
6.1.1 夹具的功能和作用	319
6.1.2 夹具的组成	319
6.1.3 夹具的类型	320
6.2 工件在夹具中的定位	322
6.2.1 工件定位的概念	322
6.2.2 定位方式与定位元件	323
6.3 定位误差	326
6.3.1 加工误差产生的原因	326
6.3.2 定位误差的组成	327
6.3.3 定位误差的分析计算	327
6.4 夹紧装置	329
6.4.1 夹紧装置的基本要求	329
6.4.2 夹紧力确定	330
6.4.3 常用夹紧机构	331
6.5 组合夹具	336
6.5.1 组合夹具的特点	336
6.5.2 组合夹具的元件及其作用	336
6.5.3 组合夹具的组装	339
第7章 磨削质量与检测仪器	347
7.1 磨削加工精度	347
7.1.1 机械加工精度的基本知识	347
7.1.2 工艺系统几何误差对加工精度的影响	348
7.1.3 工艺系统受力变形对加工精度的影响	350
7.1.4 工艺系统的受热变形对加工精度的影响	351
7.2 磨削加工表面质量	351
7.2.1 磨削加工表面质量的含义及其对使用性能的影响	351
7.2.2 影响磨削加工表面粗糙度的因素	353
7.2.3 磨削表面层物理力学性能	353
7.2.4 磨削表面完整性参数综合影响及改善措施	359
7.3 常用量具	361

7.3.1	长度测量	361
7.3.2	角度测量	367
7.4	精密量仪	372
7.4.1	电动测量与气动测量	372
7.4.2	圆度仪	376
7.4.3	万能工具显微镜	381
7.4.4	电动轮廓仪	387
7.5	其他测量技术	389
7.5.1	磨削表面层显微硬度的测量方法	389
7.5.2	磨削烧伤的判别与检测	391
7.5.3	磨削残余应力的检测	396
第8章	典型工件磨削加工	400
8.1	精密主轴磨削	400
8.1.1	螺纹磨床主轴零件分析	400
8.1.2	螺纹磨床主轴加工的定位基准选择	402
8.1.3	机械加工工艺路线	403
8.1.4	表面的加工余量和工序尺寸	404
8.1.5	其他工艺分析	404
8.2	深孔磨削	405
8.2.1	深孔磨削的装夹方法	406
8.2.2	提高砂轮接长轴的刚性	407
8.2.3	磨削深孔的技术措施	409
8.2.4	磨削实例	409
8.3	刀具的刃磨	415
8.3.1	三面刃铣刀的刃磨	415
8.3.2	磨削实例	417
8.4	精密丝杠磨削	418
8.4.1	精密丝杠螺母传动的要求	418
8.4.2	精密丝杠的工艺分析	419
8.4.3	温度控制措施	422
8.4.4	精密丝杠的检测与质量分析	424
8.4.5	质量分析	424
8.4.6	磨削实例	428

8.5 畸形精密件磨削	434
8.5.1 凸轮的磨削	434
8.5.2 铲磨凸轮实例	435
8.5.3 精密样板的磨削	437
附录 高级磨工模拟测试题及参考答案	448
主要参考文献	466

第 1 章 磨 削 基 础

1.1 磨削技术概述

1.1.1 磨削技术概况

(1) 磨削技术的发展概况 磨削是利用磨料磨具去除工件上多余材料的加工方法。

早在石器时代,人类已开始用研磨的方法加工贝壳、石头及兽骨等,用作生活和狩猎的工具。青铜器时代,磨削加工技术用来加工兵器和生产工具。铁器时代,磨削加工技术成为一种工艺技巧得到普遍应用。18 世纪中期,出现了第一台外圆磨床,开始用石英石、石榴石等天然磨料敲凿成磨具进行磨削,进而用天然磨料和黏土烧结成砂轮进行磨削,随后研制出平面磨床,使应用磨削技术逐渐形成。20 世纪初,相继发明了人工熔炼氧化铝(刚玉)和碳化硅磨料的技术。20 世纪 40 年代人造金刚石问世。1957 年研制成功立方氮化硼。超硬磨料人造金刚石和立方氮化硼砂轮的应用,使磨削技术得到进一步的发展,磨削加工精度和加工效率不断提高,磨削加工技术的应用日益扩大。

1944 年上海亚中机器厂(今上海第三机床厂)制造出我国的第一台外圆磨床。解放后,新中国相继建立了磨床、磨料、磨具制造厂和专业研究所,造就了一大批从事磨床、磨料磨具、加工技术的设计、制造和研究的人才队伍。1955 年,我国试制生产了黑色、绿色碳化硅和白色、棕色刚玉磨料,并开发出了各种磨具。1963 年我国成功地合成出第一颗人造金刚石,1966 年投入生产,1967

年研制成功立方氮化硼, 1974 年投入生产, 高品位人造金刚石、优质立方氮化硼也相继问世。目前我国能设计制造各种高精度、高效率、光机电一体化先进磨床和先进磨具, 产品规格齐全, 基本上满足了国内需要, 还出口 60 多个国家和地区。

高速磨削在欧洲、美国和日本等工业发达国家发展很快, 日本已有砂轮线速度为 200m/s 的磨床在工业中应用, 德国的 Aachen 大学、Bremm 大学、美国的 Connecticut 大学等在实验室完成了砂轮线速度为 250m/s 、 350m/s 、 400m/s 的实验研究, 德国的 Aachen 大学正在进行 500m/s 磨削实验研究。我国高速磨削实际应用的砂轮线速度为 $45\sim 60\text{m/s}$, 20 世纪 70 年代进行了 80m/s 、 120m/s 的工艺实验, 目前, 计划开展 250m/s 的磨削研究。

在超精密磨削方面, 国内外都采用精密修整、微细磨料磨具进行亚微米级以下切深磨削研究, 以获得亚微米级的尺寸精度。微细磨料磨具采用金刚石磨料, 磨粒直径小至 $4\mu\text{m}$ 。日本采用激光修整研磨过的人造单晶金刚石砂轮, 切出的等高一致的微小切刃, 对脆性材料进行精密磨削取得良好效果。超硬材料超精密磨削, 一般采用超硬磨料超细微粉制成的砂轮, 日本开发了电解在线修整超精密镜面磨削技术, 解决了砂轮修整问题。电泳磨削技术是一种超精密及纳米磨削技术。

(2) 磨削技术在机械制造中的作用和地位 随着磨削技术的发展, 其应用日益扩大, 在工业发达国家中磨床占机床总数的 40% , 在轴承制造业中多达 60% , 磨削技术在机械制造业中占有重要的地位。磨削加工的精度高, 为适应工程材料不断发展的需要, 就要不断的开发研究新的磨料磨具, 以适应不断扩大的应用范围, 同时, 不断采用新技术也促进了磨削技术的发展。总之, 磨削技术在机械制造业中起的作用越来越重要。

(3) 磨削加工技术发展趋势 随着人们对机械产品的精度、寿命和可靠性等的要求不断提高, 高强度、高硬度、高耐磨性材料的应用日益广泛, 为满足磨削技术与现代高新技术同步发展的要求, 磨削技术朝着应用超硬磨料磨具, 开发精密、超精密磨削、高速、

高效磨削工艺,研制高精度、高刚度的自动化磨床,使磨削过程向自动化和智能化的方向发展。

1.1.2 磨削方法

磨削方法的形式很多,通常是根椐磨床产品的磨削加工形式及其加工对象,将磨削加工方法划分为4种形式。

(1) 按磨削精度区分 粗磨、半精磨、精磨、镜面磨削、超精加工。

(2) 按进给形式区分 切入磨削、纵向磨削、缓进给磨削、无进给磨削、定压珩磨、定量珩磨。

(3) 按磨削形式区分 砂带磨削、无心磨削、行星磨削、端面磨削、周边磨削、宽砂轮磨削、成形磨削、仿形磨削、振荡磨削、高速磨削、强力磨削、恒压力磨削、手动磨削、干磨削、湿磨削、研磨、珩磨等。

(4) 按加工表面区分^① 外圆磨削、内圆磨削、平面磨削、刃磨。

除此之外,生产实际中还有多种区分方法,如按磨削中使用的磨削工具的类型分为,使用固结磨粒磨具的磨削加工方法和使用游离磨粒的磨削加工方法两大类。固结磨粒磨具的磨削加工方法有砂轮磨削、珩磨、砂带磨削、电解磨削等;游离磨粒磨削的加工方法有研磨、抛光、喷射加工等。按砂轮线速度 v_s 的高低分为,普通磨削 $v_s < 45\text{m/s}$ 、高速磨削 $45\text{m/s} \leq v_s < 150\text{m/s}$ 和超高速磨削 $v_s \geq 150\text{m/s}$ 。按采用的技术不同分为,磁性研磨、电化学抛光等。

1.1.3 磨削工艺系统

磨削加工中的磨床、磨具、工件、夹具和量具等构成磨削加工工艺系统。从系统论、信息论和控制论的观点出发,磨削可以看作是由“输入—磨削过程—输出”组成的系统。磨削工艺是将毛坯转变为具有一定形状精度、尺寸精度、位置精度和表面质量要求的工

^① 按机床分类标准,齿轮加工机床类中含有齿轮磨床,螺纹加工机床类含有螺纹和丝杠磨床,故齿轮磨削、螺纹磨削未列入典型表面进行区分。

件，研究磨削工艺系统的目的是尽可能地使磨削工艺系统中各个部分处于最佳运行状态，达到加工效率高，生产成本低的目的。磨削工艺系统的输入、磨削过程和输出的信息如图 1-1 所示。在系统输

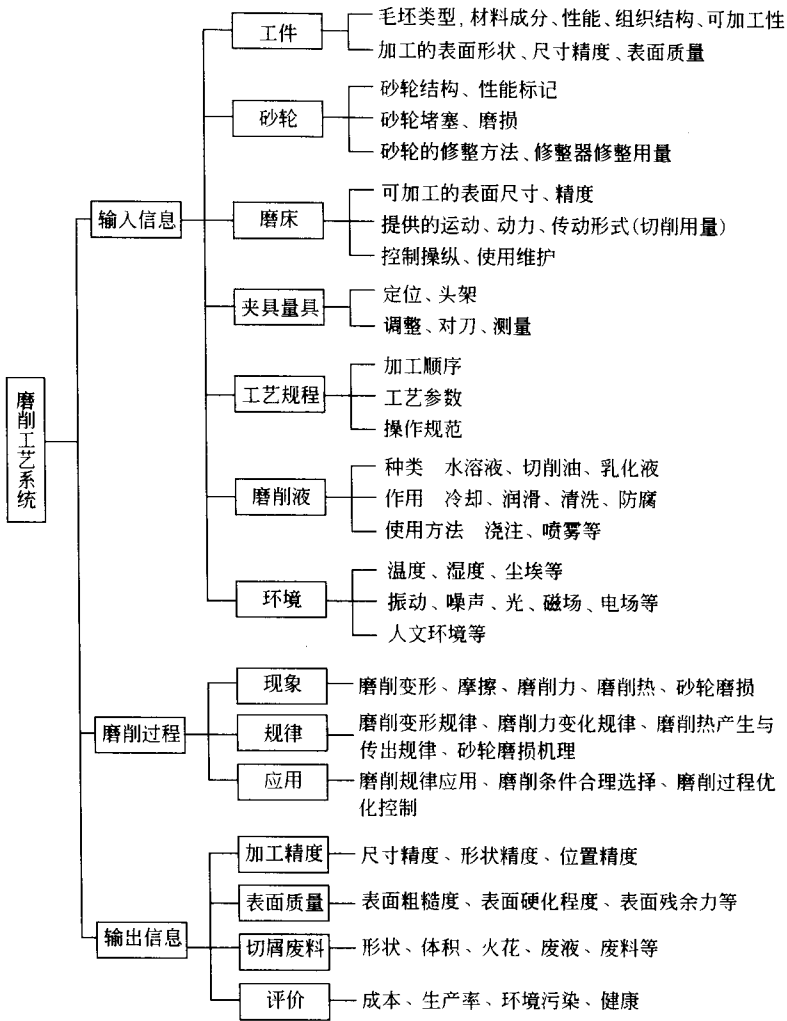


图 1-1 磨削工艺系统