



教育部 财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目
机械工艺技术专业职教师资培养资源开发项目

机械工艺技术实践

主 编 孔繁群 王庭俊
副主编 李吉中 孔纪兰

高等教育出版社

教育部职业院校教师素质提高计划

教师培养资源开发项目

机械工艺技术专业教师培养资源开发项目

机械工艺技术实践

Jixie Gongyi Jishu Shijian

主 编 孔繁群 王庭俊

副主编 李吉中 孔纪兰

参 编 李雪峰 董龙虎

主 审 周骥平

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是教育部和财政部“职业院校教师素质提高计划”中“机械工艺技术专业职教师资培养资源开发项目(VTNE017)”的成果之一。其内容包括金属材料及热处理的基本知识、铸造、锻压、焊接、金属切削加工基础知识、车工、铣工、磨工、钳工、数控车削、数控铣削、电火花加工和实践拓展,共 13 章。为了加强理论与实践的结合,每章均有相关知识、实践操作、知识拓展等内容。

本书可作为高等师范院校机械工艺技术专业的教材,也可作为应用型本科院校机械设计制造及其自动化、机械工程等机械类专业的参考教材,亦可作为中等职业技术学校等机械类专业教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械工艺技术实践/孔繁群,王庭俊主编.--北京:
高等教育出版社,2017.9
ISBN 978-7-04-047917-1

I. ①机… II. ①孔… ②王… III. ①机械制造工艺
-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 140968 号

策划编辑	李文婷	责任编辑	李文婷	封面设计	王 鹏	版式设计	童 丹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	窦丽娜	责任印制	田 甜		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	三河市宏图印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	24.5	版 次	2017 年 9 月第 1 版
字 数	610 千字	印 次	2017 年 9 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	46.40 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 47917-00

教育部财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书

项目牵头单位：扬州大学

项目负责人：周骥平

项目专家指导委员会：

主 任：刘来泉

副主任：王宪成 郭春鸣

成 员：（按姓氏拼音排列）

曹 晔	崔世钢	邓泽民	刁哲军	郭杰忠	韩亚兰	姜大源	李栋学
李梦卿	李仲阳	刘君义	刘正安	卢双盈	孟庆国	米 靖	沈 希
石伟平	汤生玲	王继平	王乐夫	吴全全	夏金星	徐 流	徐 朔
张建荣	张元利	周泽扬					

与本书配套的数字课程资源使用说明

一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/1252142>, 点击“注册”, 在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

点击“我的课程”页面右上方的“绑定课程”, 正确输入教材封底防伪标签上的 20 位密码, 然后点击“确定”完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程, 点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

如有账号问题, 请发邮件至: abook@hep.com.cn。

除了访问课程网站外, 部分课程资源还以二维码的形式在书中呈现, 学习者可随时随地使用移动终端设备扫描后观看。

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》颁布实施以来,我国职业教育进入了加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育,实现职业教育改革发展新跨越,对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此,教育部明确提出,要以推动教师专业化为引领,以加强“双师型”教师队伍建设为重点,以创新制度和机制为动力,以完善培养培训体系为保障,以实施素质提高计划为抓手,统筹规划,突出重点,改革创新,狠抓落实,切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平,加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍,为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前,我国共有60余所高校正在开展职教师资培养,但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏,制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系,教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目,中央财政划拨1.5亿元,系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中,包括88个专业项目,12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头,组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发,一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力,培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业(类)职教师资本科培养资源项目,内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案,以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源;二是取得了6项公共基础研究成果,内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等;三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果,共计800多本正式出版物。总体来说,培养资源开发项目实现了高效益:形成了一大批资源,填补了相关标准和资源的空白;凝聚了一支研发队伍,强化了教师培养的“校—企—校”协同;引领了一批高校的教学改革,带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程,是加强职教教师培养培训一体化建设的关键环节,也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自2013年项目立项开题以来,各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大量深入细致的工作,结合职教教师培养实践,研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果,有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时,专家指导委员会的各位专家以及项目管

理办公室的各位同志,克服了许多困难,按照两部对项目开发工作的总体要求,为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血,也为各个项目提供了专业的咨询和指导,有力地保障了项目实施和成果质量。在此,我们一并表示衷心的感谢。

项目专家指导委员会

2016年3月

前言

本书是教育部和财政部“职业院校教师素质提高计划”中“机械工艺技术专业职教师资培养资源开发项目(VTNE017)”的成果之一。

本书是为了适应我国中等职业学校机械工艺技术专业教师培养的要求而编写的。制造业是我国国民经济的支柱产业,而机械制造业又是制造业的核心和基础。作为制造业主要组成部分的机械工艺技术是企业实现优化生产、保证产品质量、参与市场竞争的基础。中职院校作为专业应用型、技能型人才的主要培训基地,在专业人才的培养上具有十分重要的地位。但专业人才培养质量的关键是专业教师,要求中职院校教师要坚持面向工程实际,面向岗位实务,注重创新精神和技术动手能力。本书的编写要从职业院校培养机械工艺技术专业教师的实际出发,按照“工程材料及机械制造基础”教学体系及其改革过程中所提出的“加强基础,注重实践,培养创新能力”的要求,经过精选传统的金属工艺、扩充制造项目内容、引入自主实践的典型项目与综合项目,使本书更好地满足教与学两方面的需求。

本书以科学性、实用性、通用性为原则,以工程能力和综合素质培养为根本,面向实践教学,力求培养学生的基本技能、综合运用工艺知识的能力、工程素质和创新意识。本书在编写过程中力求具有以下特点:

1. 以加强基础、重视实践、优化传统内容为切入点,由浅入深,通过项目实训,帮助学生正确掌握金属的主要加工方法,了解毛坯和零件的加工工艺过程,初步获得操作技能,提高学生的工程素质和创新能力。
2. 精选实例,所选实例均来自生产和教学实际,每个项目都合理设置相关知识、实践操作以及知识拓展等内容,适应“做中学”的教学要求。
3. 涉及的机床等设备均是企业普遍使用的通用装备,其适应性、实用性、可操作性强。
4. 力求采用图表形式呈现相关内容,文字通俗易懂,简洁精练,适合学生自主学习,便于理解掌握。
5. 在“知识拓展”内容中介绍相关知识和新技术、新方法、新工艺,可根据专业不同取舍或供学生自习。

全书共13章,其中第1、5章由扬州市职业大学董龙虎编写,第2、3、4、12章、第13章部分由扬州市职业大学孔纪兰编写;第6、7、8章由扬州工业职业技术学院王庭俊编写;第9章由扬州大学孔繁群编写;第10章、第13章部分由扬州大学李吉中编写;第11章由扬州大学李雪峰编写。全书由孔繁群负责统稿。扬州大学周骥平教授认真审阅了本书并提出了许多宝贵意见及建议,在此表示衷心感谢!

本书在编写过程中,得到了教育部、财政部各位领导的关心和支持,得到了职业院校教师素质提高计划培养资源开发项目专家指导委员会机电组各位专家和项目管理办公室的指导和帮

助,得到了扬州大学、扬州市职业大学、扬州工业职业技术学院、江苏省扬州技师学院等相关职能部门领导和院系老师的支持和帮助,在此特表示衷心的感谢。此外,在编写过程中,参考并选用了大量相关教材和文献资料,在此谨向原作者表示诚挚的谢意并希望得到他们的指教。

由于机械科技的快速发展和中等职业教育人才培养需求的不断变化,限于编者水平,本书中的不足之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见和建议,以利于本书的改进与提高。

编 者

2016年8月于扬州大学

目录

第 1 章 金属材料及热处理	1	第 3 章 锻压成形	42
1.1 金属材料基础知识	1	3.1 锻造	42
1.1.1 相关知识	1	3.1.1 锻造的工作过程	42
1.1.2 操作练习	3	3.1.2 自由锻	54
1.1.3 知识拓展——机械工程材料	6	3.1.3 胎模锻	57
1.2 热处理	7	3.1.4 模锻	58
1.2.1 相关知识	7	3.2 板料冲压	60
1.2.2 实践操作	11	3.2.1 板料冲压的工作过程	60
实例 1.1 用箱式电阻炉完成 T10A 钢的 淬火处理	11	3.2.2 冲压模拆装	64
实例 1.2 测试 T10A 淬火前后的 硬度	11	3.2.3 知识拓展——数控冲压	66
1.2.3 知识拓展——真空热处理	13	复习思考题	66
复习思考题	13	第 4 章 焊接成形	68
第 2 章 铸造成形	14	4.1 手工电弧焊	69
2.1 砂型铸造	14	4.1.1 手工电弧焊的工作过程	69
2.1.1 砂型铸造的工作过程	14	4.1.2 板焊接	75
2.1.2 两箱整模造型	19	4.1.3 杆焊接	79
2.1.3 两箱分模造型	22	4.1.4 组合焊接	80
2.1.4 挖砂造型	23	4.1.5 知识拓展——焊接质量分析	80
2.1.5 知识拓展——机器造型简介	24	4.2 气焊与气割	82
2.2 金属的熔炼和浇注	26	4.2.1 气焊与气割的工作过程	82
2.2.1 金属熔炼和铸造的工作过程	26	4.2.2 棒料的气焊与气割	84
2.2.2 手轮的造型、浇注	30	4.2.3 板料的气焊与气割	86
2.2.3 知识拓展——铸件常见缺陷	31	4.2.4 知识拓展——其他焊接方法	90
2.3 特种铸造	34	复习思考题	95
2.3.1 相关知识	34	第 5 章 金属切削加工基础知识	96
2.3.2 知识拓展——实型铸造	40	5.1 切削加工	96
复习思考题	41	5.1.1 基本概念	96
		5.1.2 切削用量选择原则	98

5.1.3 基准和装夹	98	6.6 车削综合加工训练	163
5.2 机械加工工艺文件识读	99	6.6.1 任务描述	163
5.2.1 相关知识	99	6.6.2 工艺分析	163
5.2.2 机械加工工艺文件的识读	100	6.6.3 任务实施	163
5.3 常用量具	108	复习思考题	167
5.3.1 相关知识	108	第7章 铣削加工	170
5.3.2 操作练习	113	7.1 铣削加工的工作过程	170
5.3.3 知识拓展——三坐标测量技术	116	7.1.1 相关知识	170
复习思考题	117	7.1.2 操作练习	175
第6章 车削加工	118	7.1.3 知识拓展——其他铣床简介	177
6.1 车削加工的工作过程	119	7.2 平面的铣削加工	178
6.1.1 相关知识	119	7.2.1 相关知识	178
6.1.2 车刀	123	7.2.2 操作练习	182
6.1.3 操作练习	125	实例 7.1 平面铣削	182
6.1.4 知识拓展——其他车床简介	127	7.2.3 知识拓展——斜面、台阶面铣削	184
6.2 台阶轴的车削加工	129	7.3 沟槽的铣削加工	186
6.2.1 相关知识	129	7.3.1 相关知识	186
6.2.2 操作练习	133	7.3.2 操作练习	187
实例 6.1 台阶轴的车削	133	实例 7.2 键槽的铣削	187
6.2.3 知识拓展——车削中的物理现象	135	7.3.3 知识拓展——燕尾槽、T形槽的铣削	189
6.3 钻孔和镗孔	138	7.4 十字槽的铣削加工	189
6.3.1 相关知识	138	7.4.1 相关知识	189
6.3.2 操作练习	140	7.4.2 操作练习	193
实例 6.2 镗台阶孔	140	实例 7.3 十字槽的铣削	193
6.3.3 知识拓展——钻中心孔、切沟槽、切断	143	7.5 知识拓展——直齿圆柱齿轮铣削	194
6.4 圆锥的车削加工	146	7.5.1 检测齿坯尺寸	194
6.4.1 相关知识	146	7.5.2 齿坯的装夹和找正	194
6.4.2 操作练习	150	7.5.3 铣刀的选择、装刀和对刀	194
实例 6.3 手柄的车削	150	7.5.4 分度计算和调整	194
6.4.3 知识拓展——滚花、车成形面	151	7.5.5 调整吃刀量	195
6.5 螺纹的车削加工	153	复习思考题	195
6.5.1 相关知识	153	第8章 磨削加工	197
6.5.2 操作练习	158	8.1 磨削加工的工作过程	197
实例 6.4 螺纹的车削	158	8.1.1 相关知识	197
6.5.3 知识拓展——切削液的使用	161		

8.1.2 操作练习	200	10.1.1 数控车床的原理与组成	252
8.1.3 知识拓展——常用磨床的种类	201	10.1.2 数控车床切削工艺	254
8.2 平面的磨削加工	202	10.1.3 数控车床编程基础	255
8.2.1 相关知识	202	10.1.4 数控车床操作	258
8.2.2 操作练习	206	10.2 阶梯轴的数控车削加工	262
实例 8.1 平面磨削	206	10.2.1 任务描述	262
8.2.3 知识拓展——精密与超精密磨削技术	207	10.2.2 工艺分析	263
8.3 外圆的磨削加工	209	10.2.3 加工程序编制	265
8.3.1 相关知识	209	10.2.4 任务实施	266
8.3.2 操作练习	213	10.3 球头零件的数控车削加工	267
实例 8.2 外圆磨削	213	10.3.1 任务描述	267
8.3.3 知识拓展——其他磨削方法简介	215	10.3.2 工艺分析	267
复习思考题	216	10.3.3 加工程序编制	268
第 9 章 钳工	218	10.3.4 任务实施	269
9.1 钳工的工作过程	218	10.4 复杂回转体的数控车削加工	270
9.1.1 相关知识	218	10.4.1 任务描述	270
9.1.2 划线	221	10.4.2 工艺分析	270
9.1.3 锯削	227	10.4.3 加工程序编制	272
9.1.4 锉削加工	231	10.4.4 任务实施	273
9.1.5 钻孔加工	235	复习思考题	274
9.1.6 攻螺纹和套螺纹	238	第 11 章 数控铣削加工	275
9.2 锤头的制作	243	11.1 数控铣削加工的工作过程	276
9.2.1 任务描述	243	11.1.1 数控铣床概述	276
9.2.2 工艺分析	243	11.1.2 数控铣床操作练习	284
9.2.3 任务实施	243	11.2 台阶类零件的数控铣削加工	289
9.3 配合件加工	246	11.2.1 数控铣削加工工艺	289
9.3.1 任务描述	246	11.2.2 台阶面零件的铣削	291
9.3.2 工艺分析	247	11.2.3 知识拓展——高速铣削	294
9.3.3 任务实施	247	11.3 轮廓类零件的数控铣削加工	295
9.4 装配	249	11.3.1 任务描述	295
9.4.1 相关知识	249	11.3.2 工艺分析	296
9.4.2 操作练习	249	11.3.3 任务实施	297
复习思考题	251	11.3.4 知识拓展——加工中心	298
第 10 章 数控车削加工	252	11.4 型腔类零件的数控铣削加工	301
10.1 数控车削加工的工作过程	252	11.4.1 任务描述	301
		11.4.2 工艺分析	301
		11.4.3 任务实施	303

11.4.4 知识拓展——数控雕刻	307
复习思考题	308
第12章 电火花线切割加工	310
12.1 电火花线切割加工的工作过程 ...	310
12.1.1 概述	310
12.1.2 电火花线切割加工的特点 与应用	311
12.1.3 电火花线切割机床	312
12.1.4 电极丝和工作液	313
12.2 板料上方孔的电火花线 切割加工	314
12.2.1 任务要求	314
12.2.2 工艺分析	317
12.3 简单外廓零件的电火花线 切割加工	319
12.3.1 任务要求	319
12.3.2 相关知识	319
12.3.3 操作练习	321
实例 12.1	321
实例 12.2	322
实例 12.3	323
12.4 锥度零件的电火花线切割加工 ...	324
12.4.1 任务要求	324
12.4.2 相关知识	324
12.4.3 操作练习	328
12.5 电火花线切割自动编程	333
12.5.1 相关知识	333
12.5.2 操作练习	338
复习思考题	341
第13章 实践拓展	342
13.1 逆向工程	342
13.1.1 相关知识	342
13.1.2 操作实例	353
13.2 快速成形	355
13.2.1 相关知识	355
13.2.2 操作练习	361
13.3 激光加工	361
13.3.1 相关知识	361
13.3.2 操作练习	367
13.3.3 知识拓展——超高压水射流 加工	369
13.4 超声波加工	371
13.4.1 相关知识	371
13.4.2 操作练习	373
复习思考题	374
参考文献	376

第1章 金属材料及热处理

教学目的和要求

- 了解工程材料的组成及其类型。
- 了解金属材料的性能。
- 了解常用钢铁材料的现场鉴别方法。
- 熟悉热处理工艺实习的安全操作规程。
- 了解金属材料的热处理工艺。

安全操作规程

1. 热处理操作人员必须严格按设备和工艺的操作规程进行操作。
2. 工作时,操作者必须穿戴好防护用品,如工作服、口罩、手套等。
3. 设备应运转良好,有故障及时修理。
4. 车间区的危险区应用挡板等加以防护或设警示牌。
5. 化学药品及可燃、易爆、有毒物品应由专人保管并严格遵守发放制度。
6. 车间内应配备必要的急救药品或器械,操作者应懂得一般急救常识。
7. 车间内应配有消防器材,操作者应懂得其性能和使用方法。
8. 热处理所排出的废液、废料都必须经过处理,符合国家排放标准后方可排放。
9. 应保持车间内通道畅通。

1.1 金属材料基础知识

1.1.1 相关知识

1.1.1.1 常用工程材料

工程材料主要是指用于机械、车辆、船舶、建筑、化工、能源、仪器仪表、航空航天等工程领域中的材料,以及用来制造工程构件和机械零件,也包括一些用于制造工具的材料和具有特殊性能(如耐蚀、耐高温等)的材料。

工程材料种类繁多,分类方法也有多种。按材料结合键的性质来分,工程材料可分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料、复合材料四类。金属材料主要以金属键结合,高分子材料以分子键和共价键结合,陶瓷材料以离子键、共价键结合,复合材料可由多种结合键组成。

1.1.1.2 金属材料的主要性能

金属材料是人类发展和应用的最古老的材料之一,可以上溯至约 5 000 年前的“青铜器时

代”。近半个世纪以来,金属材料从原来几乎一统天下的地位到现在部分地被其他新材料取代,但这并非是“夕阳西下”,而是正朝着高性能化、复合化、多功能化和智能化方向发展。可以预见,至少在整个 21 世纪,金属材料在现代社会材料消费中仍占主导地位。在金属材料中,钢的用量最大,目前全球年消耗量达十亿多吨。因此,首先介绍金属材料的力学性能和工艺性能及其衡量指标。

(1) 力学性能

材料的力学性能是指工程材料在不同环境(温度、介质)下,承受各种外加载荷(拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击、交变应力等)时所表现出的力学特征。大多数情况下,材料在受到力的作用时会出现变形和断裂,因此,材料的力学性能可以理解为材料受力时对变形与断裂的抵抗能力。

(2) 工艺性能

工艺性能是指在机械零件加工过程中金属材料对各种加工工艺方法的适应能力,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能以及切削加工性能等。金属材料的工艺性能直接影响零件制造工艺方法、零件产品质量、制造成本等方面。在零件选材和设计制造工艺路线时必须考虑材料的工艺性能。

1.1.1.3 钢材的分类与牌号

常用的铁碳合金根据含碳量不同可分为钢和铸铁两类。钢按化学成分分为碳钢(非合金钢)、低合金钢、合金钢三类。碳钢是指以铁为主要元素,碳的质量分数小于 2.11%,并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素的铁碳合金。

(1) 碳钢的分类

碳钢的分类方法很多,主要有以下三种:

1) 按钢的含碳量分

低碳钢 $w_c < 0.25\%$;

中碳钢 $0.25\% < w_c < 0.6\%$;

高碳钢 $w_c > 0.6\%$ 。

2) 按钢的质量分

普通碳素钢 $w_s \leq 0.035\%$ 、 $w_p \leq 0.035\%$;

优质碳素钢 $w_s \leq 0.030\%$ 、 $w_p \leq 0.030\%$;

高级优质碳素钢 $w_s \leq 0.020\%$ 、 $w_p \leq 0.020\%$ 。

3) 按用途分

碳素结构钢 用于制造各种工程构件(如桥梁、船舶、建筑等构件)和机械零件(如轴、齿轮、连杆、螺钉等)的钢,这类钢一般属于低碳和中碳钢。

碳素工具钢 用于制造各种工具(如刀具、量具、模具等)的钢,这类钢含碳量较高,一般属于高碳钢。

(2) 碳钢的牌号

1) 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢的牌号表示方法是由字母 Q(代表屈服强度)、屈服强度值、质量等级符号、脱氧方式表示符号四个部分按顺序组成。质量等级用 A、B、C、D、E、F…表示。脱氧方式表示符

号有 F、Z、TZ 三种,分别表示沸腾钢、镇静钢和特殊镇静钢。例如 Q235—A · F 表示屈服强度为 235 MPa 的 A 级沸腾钢。

2) 优质碳素结构钢

一般用钢中平均含碳量的万分数表示优质碳素结构钢的牌号。例如 45 钢表示平均 $w_c = 0.45\%$ 的优质碳素结构钢。当钢中含锰量较高 ($w_{Mn} = 0.7\% \sim 1.2\%$) 时,在两位数字后面加上符号“Mn”,如 65Mn 表示平均 $w_c = 0.65\%$,并含有较多锰的优质碳素结构钢 ($w_{Mn} = 0.9\% \sim 1.2\%$)。如果是高级优质钢,在数字后面加上符号“A”;特级优质钢在数字后面加上符号“E”。有时需加上脱氧方式表示符号,即沸腾钢、镇静钢、特殊镇静钢分别以“F”“Z”“TZ”表示,镇静钢表示符号通常可以省略。

3) 碳素工具钢

牌号通常用“碳”字汉语拼音首字母“T”加上数字表示。数字表示钢平均含碳量的千分数。例如 T12 表示平均 $w_c = 1.2\%$ 的碳素工具钢。若数字后加上“Mn”,则表示含锰量较高。如果牌号末尾处加上“A”,则表示钢中含硫、磷量较少,为高级优质钢。

4) 铸造碳钢

牌号通常用“铸”和“钢”两字汉语拼音首字母“ZG”后加两组数字表示,第一组数字表示屈服点的最低值,第二组数字表示抗拉强度的最低值。例如 ZG200—400 表示 $\sigma_s \geq 200 \text{ MPa}$, $\sigma_b \geq 400 \text{ MPa}$ 的铸钢。

1.1.2 操作练习

1.1.2.1 金属材料的现场鉴别方法

(1) 火花鉴别法

火花鉴别是钢铁材料化学成分现场控制手段中最为简易的方法之一,其特点是设备简单,操作方便,对金属牌号及其化学成分的鉴定分析速度快,准确性强,在临场分析中不必破坏试件,基本能满足金属材料生产和热处理工艺要求。尤其在大批量金属材料进行鉴别和分析中更发挥了它的优点,这是化学分析法和物理分析法所不能比拟的。

(2) 色标鉴别法

生产中为了表明金属材料的牌号、规格等,在材料上需要做一定的标记,常用的标绘方法有涂色、打印、挂牌等。金属材料的涂色标志是指在材料端面涂上某种颜色,用来表示钢种、钢号。成捆交货的钢应涂在同一端的端面上,盘条则涂在卷的外侧。在生产中可以根据材料的色标对钢铁材料进行鉴别。

(3) 断口鉴别法

材料或零部件因受某些物理、化学或机械因素的影响而导致破断所形成的自然表面称为断口。生产现场常根据断口的自然形态来判定材料的脆性,还可以据此判定相同热处理状态下的材料含碳量的高低。若断口呈纤维状,无金属光泽,颜色发暗,无结晶颗粒,且断口边缘有明显的蛆形变形特征,则表明钢材具有良好的塑性和韧性,含碳量较低;若材料断口齐平,呈银灰色,具有明显的金属光泽和结晶颗粒,则表明材料属于脆性断裂;而过共析钢或合金钢经淬火及低温回火后,断口常呈亮灰色,具有绸缎光泽,类似于细瓷器断口特征。

(4) 音响鉴别

生产现场有时也可采用敲击辨音来区分材料。例如,当原材料钢中混入铸铁材料时,由于铸铁的减振性较好,敲击时声音较低沉,而钢材敲击时则可发出较清脆的声音。所以可根据钢铁敲击时声音的不同对其进行初步鉴别,但有时准确性不高。而对摆放在一起的多种钢材进行辨别时,因其声音比较接近,常需采用其他鉴别方法进行判别。

(5) 锉痕法鉴别

锉痕法是一种比较简单易行的鉴别方法,与操作者的经验关系密切,多用于小作坊对钢材硬度进行初步的判断。对于金属材料(这里只谈钢材)通常要采用其他方法进行鉴别。

(6) 手提式看谱镜鉴别

一般用手提式看谱镜鉴别钢种。手提式看谱镜是一种半定量的光谱仪器,能够半定量地检查出钢中的主要合金元素,如铬、锰、镍、钼、钨、钒等。光谱检查可以查明被检钢材的钢号及有无混钢种情况。

(7) 硬度检查

对于冷拉退火钢材和热轧退火钢材要进行布氏硬度检查。布氏硬度试验按 GB/T 231—2009 中的规定进行。

(8) 低倍组织检查

对于直径大于 30 mm 的退火钢材和不退火钢材一般都检查低倍组织,即在钢材的一端用锯床(退火材)或砂轮切割机(不退火材)切取厚度为 12~15 mm 的圆片试样,试样被检的一面用磨床磨平,经热酸洗后用肉眼检查偏析、疏松程度以及有无缩孔、白点裂纹、过烧等缺陷。热酸洗用 50% 的工业盐酸水溶液,加热到 $70\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,酸洗时间为 30~40 min,试样取出后用碱水冲洗,然后用 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 热清水冲洗干净。

(9) 化学成分分析

化学成分一般按牌号取样分析。钢材的各种元素成分分析方法按国家标准规定进行。化学分析方法比较慢,不适用于生产现场。由于光谱科学的发展,目前,在生产厂一般采用光谱分析法来分析检验钢材的化学成分。

(10) 高倍组织检查

高倍组织用金相显微镜进行检查,检验的项目有退火组织(放大 500 倍)及脱碳层深度(放大 100 倍),一般在钢材的横截面上检查。碳化物液析、带状碳化物、非金属夹杂物(放大 100 倍)一般在钢材的纵向截面上进行检查。但为了减少试样数量,网状碳化物可与带状碳化物、碳化物液析用同一试样在纵向截面上检查,有疑问时,以横向截面检验结果为准。

1.1.2.2 火花鉴别实例

(1) 火花鉴别的设备及操作方法

火花鉴别使用的设备通常用手提式和台式两种砂轮机,通常选用中等硬度 36 号~60 号普通氧化铝砂轮,不宜使用碳化硅或白色氧化铝砂轮,火花鉴别时要备有相对应的标准钢样,以便在试验过程中对有疑问的样品进行比较,以防操作错觉和误判。

火花鉴别是以火花的形状及颜色为依据的,所以试验者应戴无色平光防护镜,宜在暗处进行,光线不能太强,以免光线直射影响火花的色泽和清晰度。

台式砂轮直径应在 200~250 mm 范围内,手提式砂轮直径应在 100~150 mm 范围内,砂轮转