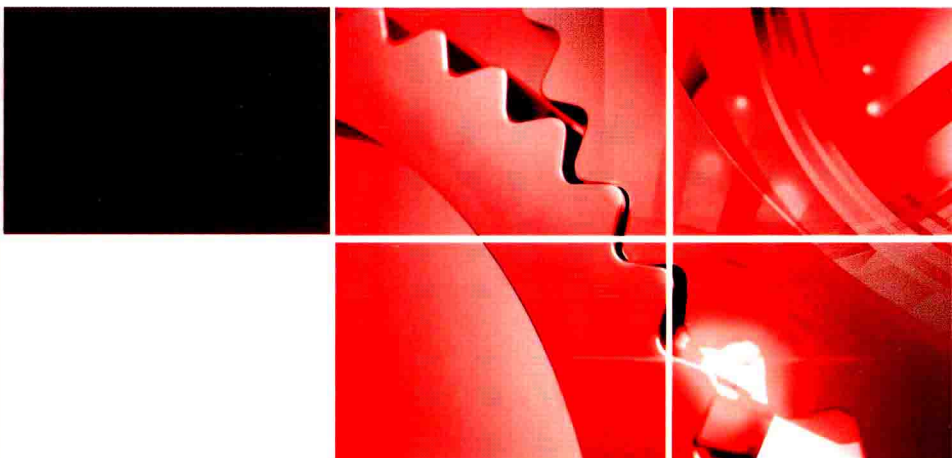


普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材



机械工程实训教程

主 编 宋瑞宏

副主编 柳 铭 高 凯



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材

本书可作为高等院校工科专业工程训练课程教材，也可供从事工程训练工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校工科专业工程训练课程教材，也可供从事工程训练工作的工程技术人员参考。

机械工程实训教程

本书可作为高等院校工科专业工程训练课程教材，也可供从事工程训练工作的工程技术人员参考。

本书可作为高等院校工科专业工程训练课程教材，也可供从事工程训练工作的工程技术人员参考。

主 编 宋瑞宏

副主编 柳 铭 高 凯

参 编 朱晓清 王 烨 史文杰

主 审 葛乐通

（C）第1版第1次印刷

5.2105.3

ISBN 978-7-111-11111-1

HT01.01

1.1.1.1

中国标准书号

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷



（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

（C）第1版第1次印刷

本教材是根据教育部工程材料及机械制造基础课程指导组制定的“工程训练教学基本要求”和教育部“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本要求,结合工程训练教学大纲以及作者多年的生产实践和金工实习的教学经验编写而成的。

本教材共分14章,内容有:机械工程材料、铸造、锻压、焊接、切削加工基本知识、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、钳工、数控车床及其加工、数控铣床及其加工、加工中心及其加工、特种加工。本教材内容力求精选,讲求实用,图文并茂,便于自学。

本教材可作为高等工科院校机械类、近机械类及非机械类专业的金工实习教材,也可供高等职业教育、成人教育等同类专业的工程技术人员和技术工人参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程实训教程/宋瑞宏主编. —北京:机械工业出版社, 2015.7
普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材
ISBN 978-7-111-50627-0

I. ①机… II. ①宋… III. ①机械工程-高等学校-教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第167229号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:丁昕桢 责任编辑:丁昕桢 李超 冯铁
版式设计:赵颖喆 责任校对:陈延翔
封面设计:张静 责任印制:刘岚
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2015年8月第1版第1次印刷
184mm×260mm·17.5印张·426千字
标准书号:ISBN 978-7-111-50627-0
定价:37.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

本教材是根据教育部工程材料及机械制造基础课程指导组制定的“工程实训教学基本要求”和教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的要求,结合工程训练教学大纲以及作者多年的生产实践和金工实习的教学经验编写而成的。

机械工程实训是工科高等院校学生进行工程训练的重要实践环节之一,它是一门传授机械制造基础知识和技能的基础课。本教材着重介绍金属的主要成形方法和加工方法,毛坯制造和零件加工的一般工艺过程,所用设备的构造、工作原理和使用方法,所用的材料、工具、附件与刀具及安全技术等。

本教材内容力求突出重点、精练实用,强调可操作性和便于自学,有利于学生动手能力和综合分析能力的提高。某些章后的综合训练体现了教学基本要求,可帮助学生明确实训要求和掌握重点内容。

本教材不仅适用于本科及高职的机械类专业学生,也适用于本科及高职的近机械类和非机械类工科学生。

参加本教材编写的人员有:常州大学宋瑞宏(绪论,第 1、4 章)、柳铭(第 2、12 章)、史文杰(第 8、9 章)、朱晓清(第 3、6、10 章)、王烨(第 11、13、14 章),江苏理工学院高凯(第 5、7 章)。本教材由宋瑞宏任主编,柳铭、高凯任副主编,常州大学葛乐通教授任主审。

由于编者水平有限,书中难免有缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言	5.2 刀具与量具	73
绪论	5.3 基准、定位、夹具	79
第1章 机械工程材料	5.4 零件切削加工步骤	81
1.1 工程材料概述	5.5 零件加工的技术要求	82
1.2 金属材料的性能	第6章 车削加工	85
1.3 常用钢铁材料简介	6.1 车削加工概述	85
1.4 钢铁材料的鉴别	6.2 卧式车床	86
1.5 钢的热处理	6.3 零件的安装及车床附件	88
第2章 铸造	6.4 车刀及车刀的安裝	93
2.1 铸造概述	6.5 车床的操作	96
2.2 铸型与造型材料	6.6 车削工艺	98
2.3 造型与造芯	6.7 车削典型零件实例	109
2.4 合型、熔炼、浇注、落砂和清理	车削实习	113
2.5 铸件质量检验和缺陷分析	第7章 铣削加工	115
铸造实习	7.1 铣削加工概述	115
第3章 锻压	7.2 铣床	117
3.1 锻压概述	7.3 铣床附件及工件的安装	118
3.2 金属的加热	7.4 铣刀及其安装	121
3.3 锻件的冷却	7.5 铣削工艺	123
3.4 自由锻造	7.6 铣削综合实例	126
3.5 模型锻造	铣削实习	129
3.6 胎模锻造	第8章 刨削加工	131
3.7 板料冲压	8.1 刨削加工概述	131
锻造实习	8.2 牛头刨床	132
第4章 焊接	8.3 刨刀及其安装	135
4.1 焊接概述	8.4 刨削实例	136
4.2 焊条电弧焊	刨削实习	139
4.3 气焊与气割	第9章 磨削加工	141
4.4 电阻焊及其他焊接方法	9.1 磨削加工概述	141
电焊实习	9.2 磨床	143
气焊实习	9.3 砂轮	146
第5章 切削加工基本知识	9.4 磨削工艺	149
5.1 切削加工概述	9.5 磨削实例	151
	磨削实习	153

第 10 章 钳工	155	数控铣床加工实习	227
10.1 钳工概述	155	第 13 章 加工中心及其加工	229
10.2 划线、锯削和锉削	156	13.1 加工中心简介	229
10.3 钻孔、扩孔和铰孔	163	13.2 加工中心安全生产和日常 维护	233
10.4 攻螺纹与套螺纹	167	13.3 加工中心加工工艺	234
10.5 装配	169	13.4 加工中心编程	235
钳工实习	175	13.5 典型零件加工中心加工综合 实例	239
第 11 章 数控车床及其加工	177	加工中心加工实习	251
11.1 数控车床简介	177	第 14 章 特种加工	253
11.2 数控车床安全生产和日常 维护	183	14.1 特种加工概述	253
11.3 数控车床加工工艺	185	14.2 电火花加工	255
11.4 数控车床编程	191	14.3 线切割加工	257
11.5 典型零件数控车削综合实例 ...	198	14.4 电解加工	264
数控车床加工实习	201	14.5 超声波加工	265
第 12 章 数控铣床及其加工	203	14.6 激光加工	266
12.1 数控铣床简介	203	14.7 电子束加工	267
12.2 数控铣床安全生产和日常 维护	207	14.8 离子束加工	268
12.3 数控铣床加工工艺	208	特种加工实习	269
12.4 数控铣床编程	218	参考文献	271
12.5 典型零件数控铣削综合实例 ...	224		

绪 论

工程实训是一门传授机械制造基础知识的实践性很强的技术基础课，是工科院校中工程训练不可缺少的重要环节之一，是学生学习工程材料及机械制造基础与机械制造系列课程不可或缺的先修课，也是获得机械制造基本知识的必修课。

1. 工程实训的内容

金工实习涉及一般机械制造生产的全过程。机械制造过程如图 0-1 所示，根据设计图样和工艺文件，将原材料用铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成零件的毛坯（或半成品、成品），再经切削加工制成零件，最后将零件装配成合格的机械产品。现将机械制造过程中的主要工艺方法简介如下：

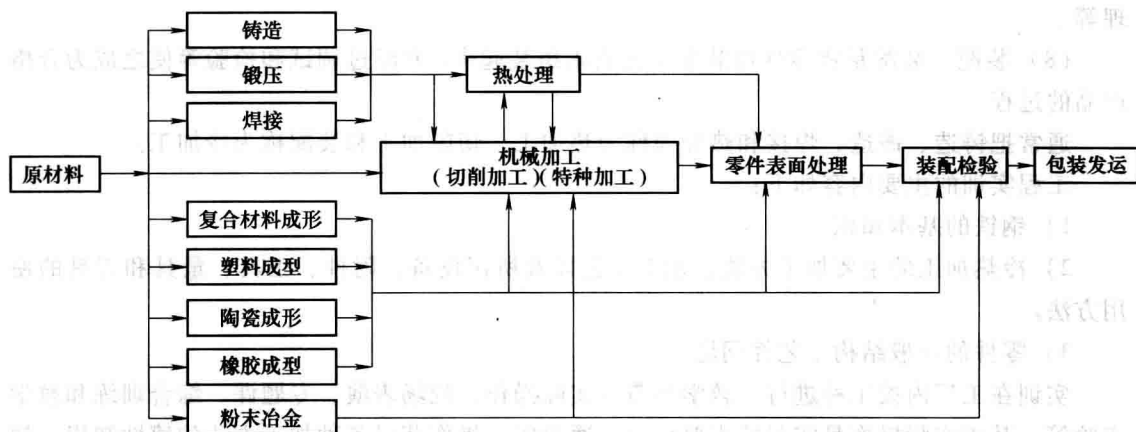


图 0-1 机械制造过程

（1）铸造 铸造是把熔化的金属浇注到具有和零件形状相适的铸型空腔中，待其冷却凝固后获得铸件毛坯的方法。铸造的主要优点是可以生产形状复杂、特别是内腔复杂的毛坯。铸造的应用十分广泛，在一般机器设备中，铸件占总质量的 40% ~ 90%；在金属切削机床中占 70% ~ 80%，在一些重型机械、矿山设备中占 85% 以上。

（2）锻造 锻造是将金属加热到一定温度，利用冲击力或压力使其产生塑性变形而获得锻件毛坯的加工方法。锻件的组织比铸件致密，力学性能高。但锻件形状所能达到的复杂程度不如铸件，锻造零件的材料利用率也较低。各种机械中受力复杂的重要零件，如主轴、传动轴、齿轮、凸轮、叶轮、叶片等，大都采用锻件。

（3）冲压 冲压是利用装在压力机上的冲模，对金属板料加压，使之产生变形或分离，从而获得零件或毛坯的加工方法。冲压件具有质量轻、刚性好、精度高等优点，各种机械中的板料成形件和电器、仪表及生活用品中的金属制品，绝大多数都是冲压件。

（4）焊接 焊接是利用加热或加压（或两者并用）使两部分分离的金属形成原子间结合的一种不可拆卸的连接方法。焊接具有连接质量好、节省金属、生产率高等优点。焊接可制造金属结构件，如机架、锅炉、桥梁、船体等；也可制造零件毛坯，如某些机座、箱

体等。

(5) 下料 下料是将各种型材利用机锯、气割或剪切获得零件坯料的一种方法。

(6) 切削加工 切削加工是用切削工具从毛坯或型材坯料上切去多余的材料,获得几何形状、尺寸及表面粗糙度等方面均符合图样要求的零件的方法。切削加工又分为钳工和机械加工(简称机工)两大部分。钳工一般是用手工工具对工件进行加工的,其基本操作包括划线、錾削、锯切、锉削、钻孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、刮削和研磨等。机械加工是指由工人操纵机床进行的切削加工,常见的有车削、钻削、镗削、铣削、刨削和磨削等。切削加工在机械制造中占有十分重要的地位,几乎所有的机器零件都要经过切削加工。

(7) 热处理 在毛坯制造和切削加工过程中常常要对工件进行热处理。热处理是指将固态金属在一定的介质中加热、保温后以某种方式冷却,以改变其整体或表面组织,从而获得所需性能的工艺方法。通过热处理可以提高金属材料的强度和硬度,或者改善材料的塑性和韧性等,以充分发挥金属材料的潜力。机器中很多零件要经过热处理,例如机床上有80%左右的零件要进行热处理。钢的常用热处理方法有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。

(8) 装配 装配是将零件按装配工艺要求组装起来,并经过调试和检验等使之成为合格产品的过程。

通常把铸造、锻造、焊接和热处理称为热加工,切削加工和装配称为冷加工。

工程实训的主要内容如下:

1) 钢铁的基本知识。

2) 冷热加工的主要加工方法、加工工艺以及所用设备、附件、工具、量具和刀具的使用方法。

3) 零件的一般结构工艺性问题。

实训在工厂内按工种进行。教学环节有实际操作、现场表演、专题课、综合训练和教学实验等。其中实际操作是实习的主要环节,通过实际操作获得各种加工方法的感性知识,初步学会使用有关的设备和工具;现场表演在实际操作的基础上进行,以扩大必要的工艺知识面;专题课是就某些工艺问题安排的专题讲解;综合训练是运用所学知识和技能,独立分析、解决一个具体的工艺问题,并亲自付诸实践的一种综合性练习;教学实验以介绍新技术、新工艺为主,目的是扩大知识面和开阔视野。

2. 工程实训的目的要求

学习工艺知识、培养实践能力、训练良好作风,这既是工程实训的目的,也是对工程实训的三项基本要求。

(1) 学习工艺知识 工科院校的学生,除了应具备较强的基础理论知识和本专业的技术知识外,还必须具备一定的机械制造过程的基本工艺知识。这对机械类专业是如此,对电类和大多数其他类型的专业也是如此。因为在技术科学领域中,无论从事哪种专业,都与机械有着或多或少的联系,都不可避免地要和机械打交道。例如,无线电、计算机等专业所设计和使用的各种电子、电气元件及设备,均要用机械来制造,许多电子、电气设备本身还包含着机械部分;化工专业的化工设备,也大都是机械设备;自动控制专业的各种控制系统,都必须与作为执行机构的机械装置相联系。因此,具备一定的机械制造工艺的基本知识,对某些后续课程的学习、毕业设计和今后的工作,都将大有益处。

(2) 培养实践能力 对于理工院校的毕业生,具有一定的动手能力,具备向实践学习、运用所学知识技能去独立分析、亲自解决一般工艺技术问题的能力,是十分重要的。由于金工实习是一门实践性很强的课程,直接参加工厂的生产实践,接触机械制造的生产过程,操作各种机器设备,使用各种工具,为培养实践能力创造了良好的条件和环境。例如,机工实习可培养操纵机器设备的能力,铸工、钳工实习可培养手工使用工具的能力,综合训练环节可培养独立分析、解决实际问题的能力。

(3) 训练良好作风 作为一个工程技术人员,在政治思想素质方面应具有坚定正确的政治方向、艰苦奋斗的创业精神、团结勤奋的工作态度和严谨进取的科学作风。由于金工实习是在生产实践的特殊环境下进行的,是学生第一次接触工人群众,第一次用自身的劳动为社会创造物质财富,第一次通过理论和实践的结合来检验自身的学习效果,第一次以劳动者的身份在组织纪律和作风上约束自己,必然在思想观念和作风上产生较大的影响。在实习中,能自觉地进行思想和作风方面的锻炼,向实际学习,向工人群众学习,培养劳动观点,加深对理论联系实际重要性的认识,加强组织性和纪律性,训练良好的作风,努力提高自己的各方面的素质。

3. 工程实训课程的教学指导思想

工程实训课程的教学内容和教学过程应充分体现基础性、实践性和制造性三个方面的要求:

1) 根据教学要求和教学条件,目前的金工实习尚难以过深地进入专业内容的教学,因此它应属于基础性课程。

2) 根据教学内容和教学方式,工业院校的金工实习的教学重点应立足于实践,充分体现其实践性要求。

3) 就目前教改要求和教学现状,课程的教学除与学科相近的应用性内容外,主要还是工程制造范畴的实践内容,特别是机械制造系统的内容。

工程实训课程应有一个明确的教学基本指导思想。制定一个既符合实际情况,切实可行,又体现大刀阔斧进行改革的教学基本要求,可能是实现高质量的工程实训的重要环节。

众所周知,工业院校的教学过程都应有一个实践的环境,工程实训应是工程实践的基础和启蒙教育。

概言之,工程基础实践的面要广,面广才能使学生视野开阔,面广才能在实际的比较和思维中引发学生的思维冲动;工程基础实践的内容要新,它本身就应包含创新的实践,而且要精选能代表当前工程基础实践教学要求的新内容,尤其是对传统基本内容的改造。只有充分更新实习或实践的内容,包含解决问题的实验探索,才会引起学生浓厚的实践兴趣和主动参与的积极性。

可以认为,工程实训教学的基本指导思想是:

1) 宜广不宜深,宜新不宜旧,宜精不宜多。

2) 增加工艺实践内容,增强实践动手能力。

3) 经过扎实的教学和训练过程,逐步形成一个完整的、实践性很强、内容新和视野面宽广的金工实习课程。

所以,工程实训的教学应在一定理论的指导下重视加强基础、实践。通过有关工种的实践训练、金工实验、金工工艺实践、金工电化教学、金工工艺分析讨论等教学环节,将三者

融为一体。结合机械制造的综合条件,着重于分析、综合、启发学生思维,注重培养学生的实践创新精神和解决问题的能力。

4. 学生工程实训守则

1) 要严格遵守上下班制度,不得迟到、早退或无故不参加实习。有病凭医生证明请假。

2) 实习期间不得会客,不得请事假,特殊情况必须经所在辅导员(班主任)证明,经训练中心(或培训中心)批准方为有效。

3) 实习期间一般不得参加其他活动及各种会议,特殊情况必须持有教务处证明,并经训练中心批准。

4) 实习时,要耐心静听指导师傅讲解和示范,切实了解掌握后方可进行操作。

5) 应在指定岗位上进行实习,工厂内任何未指定实习的设备、工具或电器等不得私自使用。

6) 遵守安全操作规程,服从师傅指导。

7) 实习时应保持严肃认真的态度,不许打闹、说笑或串岗,严禁看与实习无关的书。

8) 实习时要穿工作服,不准穿拖鞋、凉鞋,不得围围巾、戴手套进行操作(规定可戴手套的除外),女同学要戴安全帽。

9) 两人操作一台设备或分组操作实习时,应分工明确、互相配合,操作时必须注意他人的安全。

10) 节约原材料,争取不出废品。

11) 爱护设备,争取不发生交通事故。如发现所用设备有故障或异响,应立即停车并报告指导师傅进行检查;如发生事故,应保持现场并立即报告指导师傅,听候处理。

12) 搞好文明生产,保持工作岗位的整洁,工件和工具应放在指定位置,不得乱拿、错拿别人的工件和工具,更不得将这些公物归为己有。

13) 每天实习完毕,要做到:

① 整理和清点好自己的工具和量具。

② 将设备擦拭干净,周围环境打扫干净。

③ 关好电源和窗户。

④ 经指导师傅核查后,方可离开。

14) 实习前要预习工程实训的教材和指导书,明确当天实习的目的、要求和内容。实习后要复习工程实训的教材和指导书,并做好实习报告。

15) 如不遵守本守则的规定,经劝告无效者,可令其立即退出工厂停止实习。

第1章 机械工程材料

1.1 工程材料概述

工程材料是指在各工程领域中使用的材料。常见的工程材料包括金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料四大类，其分类如图 1-1 所示。

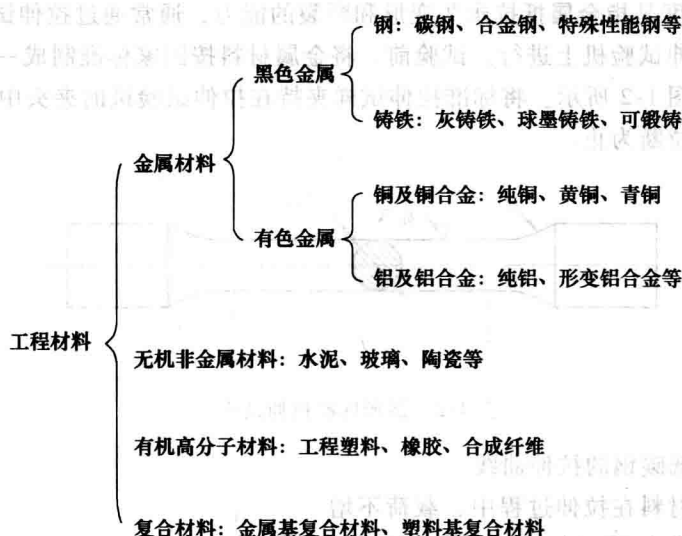


图 1-1 工程材料分类

金属材料因具有良好的使用性能和工艺性能，是机械制造工程中应用最广的材料，常应用于制造机械设备、工具、模具。

非金属材料具有耐腐蚀性、绝缘性和优良的成形性能，成本低、质量轻，广泛应用于轻工业、家电行业等。如家用电器外壳、齿轮、轴承、阀门、叶片等，都应用了工程塑料。陶瓷材料广泛应用于发动机、燃气轮机以及一些新型的陶瓷刀具。

复合材料是将两种以上的材料组合于一体，从而获得比单一材料更为优越的综合性能，成为一种新型的高科技材料，主要应用于航空、航天、医疗、军事等领域。

各种材料具有各自的优点与不足，设计制造产品时，需要根据产品的功能、强度、制造、成本、环保等要求综合选用。选择工程材料时，需要考察的材料性能主要有使用性能和工艺性能两大类。材料的使用性能主要指材料的力学性能（弹性、强度、塑性、硬度、冲击韧度、疲劳特性、耐磨性）、物理和化学性能（密度、熔点、导热性、热膨胀性、耐腐蚀性、抗氧化性、光性能、电性能、磁性）；工艺性能则是指材料的铸造性能、锻造性能、焊接性能及切削加工性能等。

1.2 金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料加工成机械零件后,在使用条件下表现出来的性质,主要包括物理、化学和力学性能等。金属材料的使用性能决定了机械零件的使用范围及寿命。工艺性能指金属材料在加工过程中表现出的难易程度,它决定了金属材料在加工过程中成形的适应能力。

1. 力学性能

金属材料的力学性能是指金属抵抗外加载荷引起的变形和断裂的能力,主要指标有强度、塑性、硬度、韧性等,是选择材料的重要依据。

(1) 强度 强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力,通常通过拉伸试验测得。

拉伸试验在拉伸试验机上进行。试验前,将金属材料按国家标准制成一定形状和尺寸的标准拉伸试样,如图 1-2 所示。将标准拉伸试样夹持在拉伸试验机的夹头中,然后逐渐增加载荷,直至试样被拉断为止。

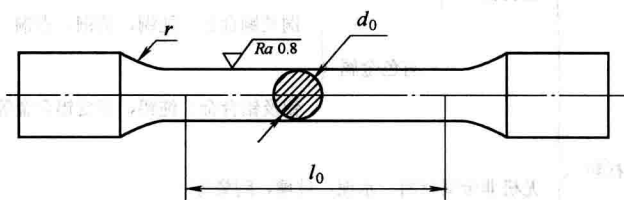


图 1-2 圆形标准拉伸试样

图 1-3 所示为低碳钢的拉伸曲线。

抗拉强度是指材料在拉伸过程中,载荷不增加而试样伸长量却在继续增加时的应力,用 R_m 表示,单位为 MPa。在机械设计中,有时机械零件不允许发生塑性变形,或只允许少量的塑性变形,否则会失效,因此屈服强度是指试样在拉断前所能承受的最大应力。

(2) 塑性 塑性是指金属在外力作用下产生塑性变形而不致破坏的能力。金属的塑性大小常以拉伸试验时测定的伸长率 A (%) 或断面收缩率 Z (%) 表示。

金属的 A 和 Z 越大,表示承受塑性变形的能力越大。具有良好塑性的金属有利于进行锻造、冲压和焊接。拉伸试验中塑性变形不明显的金属称为脆性材料,如灰铸铁、淬火的高碳钢等。

(3) 硬度 硬度是指材料抵抗局部变形,尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力。材料的硬度通过硬度试验测得。生产中常用是布氏硬度、洛氏硬度。

洛氏硬度的确定是用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为 1.588mm 的淬硬钢球作压头,

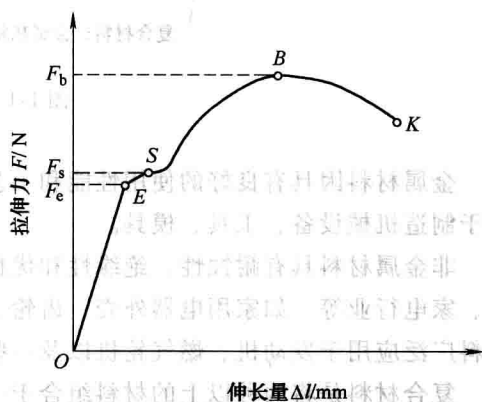


图 1-3 低碳钢的拉伸曲线

以相应的载荷压入试样表面,经规定保持时间后,由压痕深度确定其硬度值。洛氏硬度可以从硬度计读数装置上直接读出。为使同一硬度计能测试不同硬度范围的材料,可采用不同的压头和试验力。按压头和试验力不同,国家标准规定了洛氏硬度的标尺有九种,但常用的是HRC、HRB、HRA三种,其中HRC应用最广。洛氏硬度表示方法为:在符号前面写出硬度值,如60HRC、85HRA等。三种洛氏硬度的符号、试验条件及应用范围见表1-1。

表 1-1 三种洛氏硬度的符号、试验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 $F_{\text{总}}/\text{N}$	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金刚石圆锥	588.4	70 ~ 88	硬质合金,表面淬火、渗碳钢等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	980.7	20 ~ 100	有色金属,退火、正火钢等
HRC	120°金刚石圆锥	1471.1	20 ~ 70	淬火钢,调质钢等

测定布氏硬度时,用一定直径的淬硬钢球或硬质合金球,在规定的载荷作用下压入试样表面,保持一定时间后,卸除载荷,取下试件,用读数显微镜测出表面压痕直径 d ,根据压痕直径、压头直径及所用载荷查表,可求出布氏硬度值。钢球压头适用于硬度小于450HBW的退火钢、灰铸铁、有色金属等;硬质合金球压头适用于硬度小于650HBW的淬火钢等。

(4) 韧性 韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力,它表示了金属材料抗冲击的能力。材料的韧性通过将材料按规定制成标准试样在冲击试验机上测定,基本方法是对比试验机的冲锤在冲断试样前后的势能差来确定试样吸收的冲击能。常将材料受到冲击破坏时,单位横断面上消耗能量的数值称为冲击韧度,用 a_K (J/cm^2)表示,其值越大表示材料的韧性越好。

2. 工艺性能

原材料加工成零件或产品需要经过复杂的工艺过程。为保证产品质量,降低成本,简化工艺流程,要求材料具有相应的工艺性能。主要包含以下几个方面:

(1) 铸造性能 主要包括流动性和收缩性。流动性是指熔融金属的流动能力,代表充满铸模能力。收缩性是指浇注后的熔融金属冷至室温时体积及尺寸的缩小。

(2) 锻造性能 指金属材料在锻压加工中变形抗力的大小及能承受塑性变形而不破裂的能力。塑性高、变形抗力小,则其可锻性好。

(3) 焊接性能 主要指在一定焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它受材料本身的特性和工艺条件的影响。

(4) 切削加工性能 指切削加工金属材料的难易程度,一般由工件切削后的表面粗糙度及刀具寿命等方面来衡量。影响切削加工性能的因素主要有工件的硬度、塑性、组织状态、化学成分等。

1.3 常用钢铁材料简介

1. 钢

碳素钢是碳的质量分数小于2.11%的铁碳合金。碳素钢以铁和碳为主要元素,常含有硅、锰、硫、磷等杂质成分。由于这类钢容易冶炼、价格低廉、工艺性好,在机械制造工业中得到了广泛的应用。碳素钢的牌号、种类和用途见表1-2。

表 1-2 碳素钢的牌号、种类和用途

种类	碳素结构钢	优质碳素结构钢	一般工程用铸造碳钢	碳素工具钢
牌号 举例	Q195、Q215、Q235、Q255	08F、08、15、20、35、45、 60、45Mn	ZG200-390、ZG 270-500、 ZG339-639	T7、T8、T10、T10A、 T12、T13
牌号 意义	如 Q235-AF,字母“Q”表示屈服强度的汉语拼音第一个字母;235 表示屈服强度值;“A”表示质量等级,分 A、B、C、D 四个等级;“F”表示 沸腾钢	两位数字表示钢中的平均碳的质量分数的万分之几。锰的质量分数在 0.7% ~ 1.2% 时加 Mn 表示	“ZG”表示铸钢,前三位数字表示最小屈服强度值,后三位数字表示最小抗拉强度值。碳的质量分数越高,强度越高	“T”表示工具钢,其后的数字表示碳的质量分数的千分之几,“A”表示高级优质
用途 举例	建筑结构件、螺栓、销轴、键、连杆、法兰盘、锻件坯料等	冲压件、焊接件、轴、齿轮、活塞销、套筒、弹簧等	机座、箱体、连杆、齿轮等	冲头、板牙、圆锯片、丝锥、钻头、锉刀、量规等

合金钢是在碳素钢的基础上加入一些合金元素而成的钢。常用的合金元素有锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛、硼等。常用合金钢的牌号、种类和用途见表 1-3。

表 1-3 常用合金钢的牌号、种类和用途

类别	牌号举例	牌 号 意 义	用途举例
低合金高强度结构钢	Q345C、 Q390C	“Q”表示屈服强度的汉语拼音第一个字母,“345”表示屈服强度的数值,“C”表示质量等级	用于制造工程构件,如压力容器、桥梁、船舶等
合金结构钢	20Cr、50Mn、 GCr15	前面两位数字表示钢中平均碳的质量分数的万分之几。元素符号表示所含合金元素,元素符号后面的数字表示该元素平均质量分数的百分数,质量分数小于 1.5% 时一般不标出。若为高级优质钢,则在钢号后面加“A”。滚动轴承钢前面加字母“G”,Cr 后面的数字表示该元素平均质量分数的千分数	用于制造各种轴类、连杆、齿轮、重要螺栓、弹簧及弹性零件、滚动轴承、丝杠等
合金工具钢及高速工具钢	9SiCr、 W18Cr4V	前面一位数字表示钢中平均碳的质量分数(%)。当 $w_c \geq 1.0\%$ 时不标出, $w_c < 1.0\%$ 时以千分数表示;高速钢例外, $w_c < 1.0\%$ 时也不标出。合金元素平均质量分数的表示法同合金结构钢	用于制作各种刀具、模具、量具
特殊性能钢	12Cr18Ni9、 15CrMo	前面一位数字表示钢中的平均碳的质量分数的千分数。当 $w_c \leq 0.03\%$ 时,钢号前以“00”表示;当 $w_c \leq 0.08\%$ 时,钢号前以“0”表示。合金元素平均质量分数的表示法同合金结构钢	用于制作各种耐蚀及耐热零件、如汽轮机叶片、手术刀、锅炉等

2. 铸铁

铸铁是碳的质量分数大于 2.11%,同时含有较多的硫、磷、硅、锰等杂质的铁碳合金。由于铸铁具有良好的铸造性能、切削加工性能、减振性、减磨性以及较低的缺口敏感性,并且成本较低,因此,使用也非常广泛。常用铸铁的牌号、种类和用途见表 1-4。

表 1-4 常用铸铁的牌号、种类和用途

名称	类 别				
	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	蠕墨铸铁	耐热铸铁
常用种类	HT150	QT400-18	KTH330-08	RuT300	HTRCr16
	HT200	QT600-3	KTH370-12	RuT340	HTRS15
	HT350	QT900-2	KTZ650-02	RuT380	

(续)

名称	类 别				
	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	蠕墨铸铁	耐热铸铁
牌号意义	“HT”表示灰铸铁,数字表示最小抗拉强度值	“QT”表示球墨铸铁,前面数字表示最小抗拉强度值,后面数字表示断后伸长率	“KTH”表示黑心可锻铸铁,“KTZ”表示珠光可锻铸铁,数字意义同球墨铸铁	“RuT”表示蠕墨铸铁,数字表示最小抗拉强度	“HTR”表示耐热铸铁,化学符号表示合金元素,数字表示合金元素质量分数的百分数
用途举例	底座、床身、泵体、气缸体、阀体、凸轮等	扳手、犁刀、曲轴、连杆、机床主轴等	扳手、船用电动机壳、传动链条、阀门、管接头等	齿轮箱体、气缸盖、活塞环、排气管等	化工机械零件、炉底、坩埚、换热器等

1.4 钢铁材料的鉴别

1. 火花鉴别法

火花鉴别法是将钢铁材料的非加工部分或边角余料轻轻压在旋转的砂轮上打磨,观察迸射出的火花爆裂形状、流线、色泽、发火点等特点,以区别钢铁材料化学成分差异的方法。

火花由火花束、流线、节点、爆花、尾花组成。火花束指被测材料在砂轮上磨削时产生的全部火花,常由根部、中部、尾部组成,如图1-4所示。流线是指线条状的火花,每条流线都由节点、爆花和尾花组成。节点就是流线上火花爆裂的原点,呈亮点;爆花是节点处爆裂的火花,由许多小流线(芒线)及点状花(花粉)组成;尾花是指流线尾部的花,根据钢的化学成分不同,尾花的形状也不同,常为狐尾花、枪尖尾花、菊花尾花等。

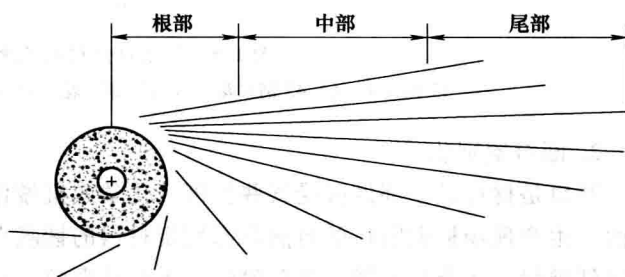


图 1-4 火花束

钢铁的火花形态与化学成分有关,常用钢材的火花特征如图1-5所示。15钢火花束较长,流线少,芒线稍粗,多为一次花,发光一般,带暗红色,如图1-5a所示。45钢火花稍短,流线较细长而多,爆花分叉较多,开始出现二次、三次花,花粉较多,发光较强,橙色,如图1-5b所示。T13钢火花束较短而粗,流线多而细,碎花、花粉多,分叉多,且多为三次花,发光较亮,如图1-5c所示。灰铸铁火花束一般较粗,流线较多,以二次花为多,花粉多,爆花多,尾部渐粗,下垂成弧形,颜色多为橙红,如图1-5d所示。合金钢的火花特征与其含有的合金元素有关。一般镍、硅、钼、钨等元素抑制火花爆裂,而锰、钒、铬等元素却可助长火花爆裂,所以对合金钢的鉴别难掌握。一般铬钢的火花束白亮,流线稍粗而长,爆裂多为一次花,花形较大,呈大星形,分叉多而细,附有碎花粉,爆裂的火花心较明亮。镍铬不锈钢的火花束细,发光较暗,爆裂为一次花,五、六根分叉,呈星形,尖端微有爆裂。高速钢火花束细长,流线数量少,无火花爆裂,色泽呈暗红色,根部和中部为断续流线,尾花呈弧状。图1-5e所示为W18Cr4V火花。

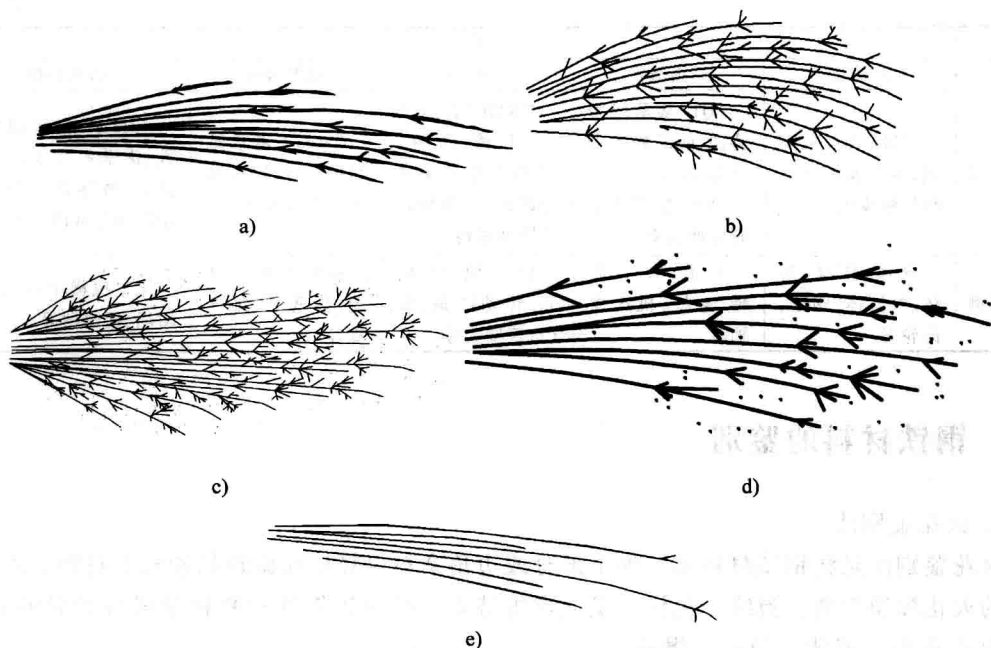


图 1-5 常用钢铁材料的火花特征

a) 15 钢火花 b) 45 钢火花 c) T13 钢火花 d) 灰铸铁火花 e) W18Cr4V 火花

2. 断口鉴别法

断口是材料或零部件因受某些物理、化学或机械作用的影响而导致破断时所形成的自然表面。生产现场根据断口的自然形态判定材料的韧性，从而推断材料含碳量的高低。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塑性变形特征，则表明钢材具有良好的塑性和韧性，含碳量较低；若断口齐平，呈银灰色，且具有明显的金属光泽和结晶颗粒，则表明属脆性材料。而过共析钢或合金经淬火后，断口呈亮灰色，具有绸缎光泽，类似于细瓷器断口特征。常用钢铁材料的断口特点大致如下：低碳钢不易敲断，断口边缘有明显的塑性变形特征，有微量颗粒；中碳钢的断口边缘的塑性变形特征没有低碳钢明显，断口颗粒较细、较多；高碳钢的断口边缘无明显塑性变形特征，断口颗粒很细密；铸铁极易敲断，断口无塑性变形，晶粒粗大，呈暗灰色。

3. 声响鉴别法

声响鉴别法是根据钢铁敲击时发出的声音不同，以区别钢和铸铁的方法。生产现场有时也可采用这种方法来区分混合在一起的材料。例如，当钢材中混入了铸铁时，由于铸铁的减振性较好，敲击时声音较低沉，而敲击时钢则可发出较清脆的声音。因此，可根据钢铁敲击时声音的不同，对其进行初步鉴别。不过这种方法与经验及材料的特性相关，准确度不高，而且当钢材之间发生混淆时，因其敲击声音比较接近，常需采用其他鉴别方法进行判别。

4. 涂色标记法

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，常用的标记方法有涂色、打印、挂牌等。金属材料的涂色标记是为表示钢种、钢号的颜色，涂在材料一端的端面或端部，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。具体的涂色方

法在有关标准中做了详细的规定,生产中可以根据材料的色标对钢铁材料进行鉴别。

1.5 钢的热处理

钢的热处理是将钢在固态下,采用适当的方式加热至一定温度并保温后,再以不同的冷却速度冷却,从而达到改变其表面或内部的组织结构,获得所需要性能的一种工艺方法。

通过热处理可以提高材料的力学性能,同时,还可以改善其工艺性能,从而扩大材料的使用范围,提高材料的利用率,也满足一些特殊使用要求。因此,各种机械中许多零件都要进行热处理。

在热处理时,要根据零件的形状、大小、材料及性能等要求,采取不同的加热速度、加热温度、保温时间以及冷却速度,因而有不同的热处理方法,常用的有普通热处理和表面热处理两类。常用的普通热处理有退火、正火、淬火、回火,如图1-6所示;表面热处理可分为表面淬火与化学热处理两类。

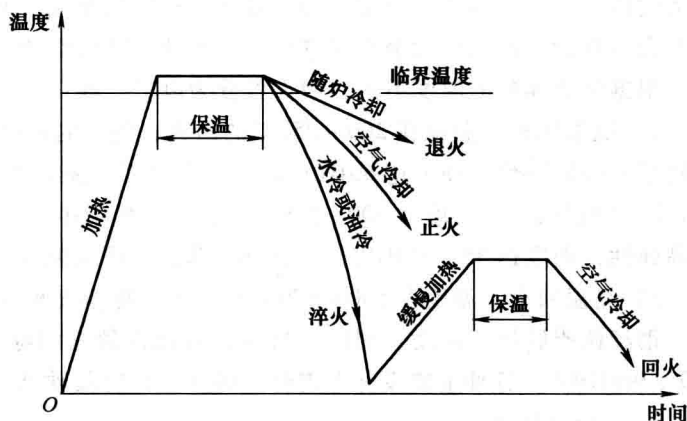


图 1-6 碳钢常用的热处理方法示意图

1. 普通热处理

钢的普通热处理工艺有退火、正火、淬火、回火四种。

(1) 退火 退火是将金属或合金加热到某一温度(对碳素钢而言为 $740 \sim 880^{\circ}\text{C}$),保温一定时间,然后随炉冷却或埋入导热性差的介质中缓慢冷却的一种工艺方法。退火的主要目的是降低材料硬度,改善其切削加工性,细化材料内部晶粒,均匀组织及消除毛坯在成形(锻造、铸造、焊接)过程中所产生的内应力,为后续的机械加工和热处理做好准备。退火后的材料硬度较低,一般用布氏硬度试验法测试。常用的退火方法有消除中碳钢铸件缺陷的完全退火,改善高碳钢切削加工性能的球化退火和去除大型铸锻件应力的去应力退火等。

(2) 正火 正火是将金属或合金加热到某一温度(对碳素钢而言为 $760 \sim 920^{\circ}\text{C}$),保温一定时间,然后出炉,在空气中冷却的一种工艺方法。正火实质上是退火的一个特例。由于正火的冷却速度稍快于退火,其强度和硬度较退火零件要高,而塑性、韧性略有下降。而且由于正火不是随炉冷却,所以生产率高、成本低,因此在满足性能要求的前提下,应尽量采用正火。

(3) 淬火 淬火是将钢件加热到临界温度以上(对碳素钢而言为 $770 \sim 870^{\circ}\text{C}$),保温一定时间,然后在水或油中快速冷却,以得到高硬度组织的一种工艺方法。淬火的主要目的是提高零件的强度和硬度,增加耐磨性,但塑性、韧性下降,并产生内应力。淬火是钢件强化的最经济有效的热处理工艺,几乎所有的工、模、量具和重要零部件都需要进行淬火。淬火后必须及时地进行回火,消除内应力,才能获得优良综合力学性能的零件。

影响淬火质量的主要因素是淬火加热温度、冷却介质的冷却能力及零件投入冷却介质中