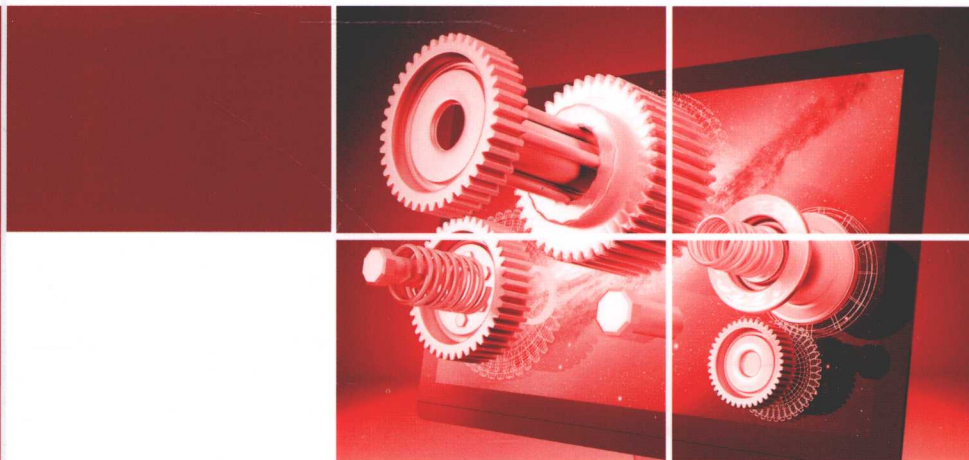


普通高等教育“十三五”工程训练系列规划教材



工程实践基础教程

曲宝章 尹志华 主编



普通高等教育“十三五”工程训练系列规划教材

工程实践基础教程

主 编	曲宝章	尹志华	
副主编	温爱玲	翟封祥	
参 编	李荣华	李 杰	张文斌
	石 莹	穆永成	刘雪霞
主 审	梁延德		



机械工业出版社

本书是根据教育部工程训练课程教学指导委员会有关“工程训练教学基本要求”和教育部工程材料及机械制造基础课程指导组的有关课程要求,并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书内容包括工程材料及热处理、铸造工艺、锻造工艺、焊接工艺、切削加工基础知识、车削加工、铣削(刨削)加工、磨削加工、钳工、机械电子装配工艺、数控加工技术基础、特种加工、工程实践与创新教育等部分。书中内容和插图、表格、示例、习题较同类书均有较大更新。材料牌号、机械设备型号、名词术语全部采用新标准。

本书以传统工艺为基础,同时介绍了先进的制造工艺和方法,并注重协调处理传统工艺与现代技术的关系。内容以实践教学为主,注重培养学生理论联系实际的意识,通过教师指导学生操作来强化学生的工程实践能力,发挥学生的学习潜力,培养学生的创新意识。

本书可用作高等工科院校机类、近机类、材料类专业的教学用书,也可供非机类以及职工大学、电视大学的相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

工程实践基础教程/曲宝章,尹志华主编. —北京:机械工业出版社,2016.8

普通高等教育“十三五”工程训练系列规划教材

ISBN 978-7-111-54124-0

I. ①工… II. ①曲… ②尹… 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(2016)第171978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:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 朱琳琳 责任校对:佟瑞鑫

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京富生印刷厂印刷

2016年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·420千字

标准书号:ISBN 978-7-111-54124-0

定价:29.80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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

前言

社会发展与科学技术的进步客观上要求现代工科大学教育回归工程、教学回归实践,实践是能力形成与提高的重要途径,本书是根据教育部工程训练课程教学指导委员会有关“工程训练教学基本要求”,并结合高等工科院校培养应用型、创新型工程技术人才的实践教学特点编写的。

工程训练是工科大学生重要的学科基础课,是机类、近机类各专业一门重要的必修课,在提高教学质量和人才培养方面具有其他课程不可替代的作用,是以实践教学为主的课程。通过学习、训练要达到的预期教学目标是:了解有关机械制造工艺知识,培养学生的工程意识、创新精神,增强学生工程实践能力;培养学生劳动观点、自我管理能力,在团队中承担个体责任并开展团队合作,养成理论联系实际的良好学风;具有一定的质量、安全、环保意识和职业素养以及较系统的工程实践学习经历。

在编写过程中,编者结合多年教学实践经验,使本书突出了以下特点:

1. 以实践为基础,注重教材内容的基础性,力求突出实践性和先进性,文字流畅、深入浅出、图文并茂,力求起到指导实践教学的目的。
2. 以传统工艺为基础,在此基础上增加新材料、新技术、新工艺等先进制造技术内容,拓展学生视野,并处理好传统工艺与现代技术的比例关系。

本书由曲宝章、尹志华担任主编,并由曲宝章负责全书统稿、修改;温爱玲、翟封祥担任副主编;大连理工大学梁延德教授担任主审并提出宝贵意见,在此深表感谢。

参加本书编写的有李杰(第1章、第12.1节)、温爱玲(第2、3章)、翟封祥(第4、5章)、李荣华(第6、10章)、尹志华(第7、8章)、穆永成(第9章)、张文斌(第11章)、曲宝章(第12.2~12.5节、第13章、第14.4、14.5节)、石莹(第14.1~14.3节)。此外,刘雪霞老师也参与了部分内容的编写。

在本书的编写过程中编者查阅和参考了部分文献,在此对这些文献的作者表示真诚的感谢。由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

目录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 工程实践教学目的要求	1
1.2 工程实践教学内容	2
1.3 工程实践安全规程	2
第2章 工程材料及热处理	5
2.1 金属材料的主要性能	5
2.2 常用工程材料简介	6
2.3 钢的热处理	9
复习思考题	14
第3章 铸造工艺	15
3.1 概述	15
3.2 造型材料	16
3.3 造型与制芯	17
3.4 铸造合金的熔炼和浇注	28
3.5 铸件的落砂、清理和缺陷	31
3.6 特种铸造简介	34
3.7 典型零件的造型方法	38
复习思考题	39
第4章 锻造工艺	40
4.1 概述	40
4.2 锻造生产过程及加热缺陷	41
4.3 自由锻造	43
4.4 胎模锻和模锻	47
4.5 板料冲压	48
复习思考题	50
第5章 焊接工艺	51
5.1 概述	51
5.2 焊条电弧焊	51
5.3 气焊	58
5.4 切割	61
5.5 其他常用焊接方法	63
5.6 常见的焊接缺陷及其检验方法	66
复习思考题	67
第6章 切削加工基础知识	68
6.1 概述	68
6.2 常用金属切削机床简介	69
6.3 常用刀具简介	70
6.4 零件加工技术要求	71
6.5 常用量具简介	74
复习思考题	78
第7章 车削加工	80
7.1 概述	80
7.2 卧式车床	81
7.3 车削刀具	84
7.4 车床操作要点	87
7.5 车削加工的基本方法	93
7.6 典型零件的车削加工	103
复习思考题	103
第8章 铣削(刨削)加工	105
8.1 铣床简介	105
8.2 铣刀及其安装	106
8.3 铣床附件及工件安装	108
8.4 铣削加工	111
8.5 刨削加工	113
8.6 齿形加工	117
复习思考题	119
第9章 磨削加工	121
9.1 概述	121
9.2 磨床	122
9.3 砂轮	124
9.4 磨削加工	126
复习思考题	129
第10章 钳工	130
10.1 概述	130
10.2 划线	131

10.3 锯削	134	12.5 加工中心	205
10.4 锉削	135	复习思考题	207
10.5 钻孔、扩孔、铰孔和镗孔	137	第 13 章 特种加工	209
10.6 攻螺纹与套螺纹	141	13.1 特种加工技术简介	209
10.7 其他钳工方法简介	143	13.2 电火花加工	210
10.8 典型零件操作步骤	144	13.3 数控电火花成形加工	211
复习思考题	145	13.4 数控电火花线切割加工	215
第 11 章 机械电子装配工艺	146	13.5 激光加工	223
11.1 机械装配	146	复习思考题	225
11.2 电子产品装配	154	第 14 章 工程实践与创新教育	226
11.3 电气控制	169	14.1 工程实践与创新概述	226
复习思考题	178	14.2 创新教育体系构建	229
第 12 章 数控加工技术基础	179	14.3 创新型人才培养	230
12.1 数控机床基础知识	179	14.4 逆向工程与产品创新简介	236
12.2 数控加工编程基础	183	14.5 快速原型与技术创新简介	240
12.3 数控车削加工	190	参考文献	244
12.4 数控铣削加工	199		

第1章

绪论

“工程训练”是高等工科院校大学生重要的实践性技术基础课程，是机械类、近机类各专业一门重要的必修课，在人才培养与教学计划中占有重要地位。是大学生建立工程意识、获得工程实践知识、掌握基本操作技能的重要实践教学环节，是学生接触生产实际、了解产品构成、获取技术管理知识以及培养工程师基本素质的必要和重要途径。

1.1 工程实践教学目的要求

1. 教学目的

“工程训练”是以实践教学为主的课程学习，通过实践教学达到以下几个目的：

(1) 了解有关机械制造工艺知识及机械制造主要设备方法，建立起对机械制造基本生产过程的感性认识。学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法，并正确使用各类工具、夹具、量具，熟悉各种加工方法、工艺技术、图样文件和安全技术。了解加工工艺过程和工程术语，使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为后续学习有关技术基础课、专业课及毕业设计打下良好的基础。

(2) 培养学生工程意识和创新精神，增强学生的工程实践能力。工科院校是培养工程师的摇篮。为培养学生的工程意识，增强工程实践能力，工程训练与实验、生产实习、课程设计等多种实践性教学环节一样，并担负着重要的角色。学生通过直接参加生产实践，操作各种设备，使用各类工具、夹具、量具，独立完成简单零件的加工制造全过程，以培养对简单零件具有初步选择加工方法和分析工艺过程的能力，初步奠定工程师应具备的基础和基本技能。

(3) 全面开展素质教育，树立实践观点、劳动观点和团队协作观点，培养高质量人才。工程训练教学内容丰富、实训环境多、接触实际面广。这样一个特定的教学环境正是开展对学生进行思想作风教育训练的好场所、好时机。例如，增强劳动观念，遵守组织纪律，培养团队协作的工作作风；建立成本、质量和环境保护意识，培养理论联系实际学风和一丝不苟的严谨作风；初步培养学生生产实践中调查、观察问题的能力，以及运用所学知识分析问题、解决工程实际问题的能力。这都是全面开展素质教育不可缺少的重要组成部分，也是提高人才综合素质和培养高质量人才所必需的教学实践环节。

2. 教学要求

对高等工科院校工程训练实践教学的总要求是：接触实际、强化动手、深入实践、注重训练，因此提出以下具体要求：

- 1) 全面了解机械制造过程及基础的工程知识和常用工程术语。
- 2) 了解机械制造过程中所使用的主要设备的基本结构特点、工作原理、适用范围和操作方

法,熟悉各种加工方法、工艺技术、图样文件和安全操作规程,并正确使用各类工具、夹具和量具。

3) 独立操作各种设备,完成简单零件的加工制造全过程。

4) 了解新工艺、新技术的发展与应用状况,以及机电一体化、CAD/CAM/CAE 等现代制造技术在生产实际中的应用。

5) 了解制造企业在生产组织、技术管理、质量保证体系和全面质量管理等方面的工作及生产安全防护方面的组织措施。

1.2 工程实践教学内容

任何机器或设备,如汽车或机床,都是由相应的零件装配组成的。只有制造出符合技术要求的零件,才能装配出合格的机器设备。一般情况下,要将原材料经铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成毛坯,然后由毛坯经切削加工制成零件。有的零件还需要在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺。因此,

一般机械制造过程可简要归纳为:

毛坯制造 → 切削加工 → 装配和调试

一般的电子生产过程可简要归纳为:

元器件筛选 → 元件与线路板焊接 → 系统调试(故障排除)

一般的工业电气生产过程可简要归纳为:

器件选择 → 控制线路布线与器件连接 → 安全检查与运行调试

工程训练是对产品的制造过程进行实践性教学的重要环节。其具体内容包括两个方面:

(1) 基础知识方面 通过实训了解机械加工的基础知识,如铸造、锻造、焊接、热处理、钳工、电火花等特种加工、普通机床切削加工及数控机床加工的生产过程及基本原理;电子与电气装配及安全防护技术等。

(2) 基本技能方面 通过实训达到初步具备独立动手操作或团队协作完成特定任务的能力。如铸造加工的湿砂造型及浇注,锻压加工的自由锻造,焊接方法的焊条电弧焊、气焊和氩弧焊,操作车床、铣床、刨床、平面磨床,钳工的锯、锉、錾、装配,数控机床的编程和基本操作等;典型电子元器件认知、电子电路基本原理,晶体管收音机等组装、三相电动机的控制电路及实际应用,器件识别、控制线路的布线与连接等。

1.3 工程实践安全规程

为保证参训学员的人身安全,确保教学顺利进行,在开展工程实践训练前,必须进行安全教育和安全操作知识学习,使所有参训学员都树立“预防为主、安全第一”的观念。

如果参训学员不遵守安全操作规程或者缺乏一定的安全知识,很容易发生机械伤害、触电、烫伤等工伤事故。人是实训中的决定因素,设备是实训的手段,没有人和设备的安全,实训教学就无法进行,特别是人身安全尤其重要。

我国党和政府对保护生产者的健康和安全历来十分重视,国家制定并颁布了《中华人民共和国安全生产法(2009年版)》《工厂安全卫生规程》等文件,为安全生产指明方向。

工程训练实践教学中的安全技术一般包含有冷、热加工安全技术和电气安全技术等。

热加工一般指铸造、锻造、焊接和热处理等工种,其特点是生产过程伴随着高温、有害气体、粉尘和噪声,这些都严重恶化了劳动条件。在热加工工伤事故中,烫伤、灼伤、喷溅和砸碰伤约占事故的70%,应引起高度重视。

冷加工主要指车、铣、刨、磨和钻等切削加工,其特点是使用的装夹工具和被切削的工件或刀具间不仅有相对运动,而且速度较高。如果设备防护不好,操作者不注意遵守操作规程,很容易造成各种机器运动部位对人体及衣物由于绞缠、卷入等作用引起的人身伤害。

电气控制在加热、高频热处理和电焊等方面的应用十分广泛,实训时必须严格遵守电气安全守则,避免触电事故。

1. 安全操作规程

实训人员在参加实训前,必须严格按照要求,穿戴安全防护服饰,实训前应先检查所用工具及设备完好,实训时工具不可随处乱放,下班离开前要检查切断电源、水源及火源。

(1) 工程材料及热处理安全操作规程

① 工件出炉时必须断电,工件要合理地放置在炉中,不得过多或与电阻丝接触。

② 淬火时要注意加热温度,感应淬火时注意工件不要触碰感应圈。

③ 加热过的热处理件不得靠近可燃物。

(2) 铸造生产安全操作规程

① 非操作人员不得在炉前、浇注场地和行车下停留或走动。

② 不准用冷金属或冷金属工具伸入铁液中,以免引起铁液爆溅伤人事故。

③ 浇注后的铸件,未经许可不得触动,以免损坏铸件或烫伤。

④ 清理铸件时,要待温度冷却到常温,要注意周围环境,防止伤人。

(3) 锻造安全操作规程

① 指导人员在操作示范时,实训人员应站在离锻打处一定安全距离的位置处(观察机器锻造时,站立的地方距离空气锤不应少于1.5m)。示范切断锻件时,站的位置应避开金属被切断时飞出的方向。

② 工作开始以前,必须检查所有工具是否正常,钳口能否稳固夹持工件,锤柄是否牢固,铁砧有无裂痕,炉子的风门是否有堵塞现象等。

③ 在铁砧上、铁砧旁的地面上不应放置其他物件,操作时思想集中,掌钳者必须夹牢和放稳工件,只准单人操作的空气锤,禁止其他人从旁帮助,以免工作不一致造成人员伤害事故。

④ 不要用手摸或脚踏未冷却透的锻件,以防烫伤,加热后的金属或工件不得乱放。

(4) 电焊、气焊安全操作规程

① 实训前,要清理工作场地的棉纱、汽油等易燃物品,开动电焊机时,先闭合电源闸刀,然后起动电焊机电钮。停机时先关电焊机,再拉电源闸刀。

② 电焊操作时必须戴上防护面罩,不准用眼睛直视电弧,以防强烈的弧光灼伤眼睛。如有眼睛疼痛、发热流泪、皮肤发痒等感觉,可用湿毛巾敷在眼上,但不能用肥皂水洗。

③ 焊接时,不可用身体同时接触两个电极,以免发生触电危险。不要随意挥动焊条,若焊机及焊钳发热,应休息一下再工作。

④ 用清渣锤敲焊渣时,不得朝向面部,以防飞出的焊渣烫伤眼睛和面部;应从侧面轻击,并用戴绝缘手套的左手遮挡飞溅的焊渣。

⑤ 乙炔发生器附近严禁烟火。

⑥ 实训时,应打开换气系统,以免吸入焊接时产生的有毒气体。

⑦ 气焊、气割时如发现火焰突然回缩,并听到“嗤嗤”声,这是回火现象,应立即关闭焊

枪的乙炔及氧气。

(5) 机械加工（车、铣、刨、磨）及钳工安全操作规程

- ① 操作时，要穿戴整齐、戴好防护眼镜，女同学要戴工作帽，严禁戴手套操作机床。
- ② 工件必须牢固地夹在卡盘（台虎钳）上，工件夹好后，扳手要取下放好。
- ③ 在设备（机床）运转时，严禁装卸工件或调整机床设备运转速度，若需要装卸工件或调整运转速度，应停车后操作。
- ④ 清除铁屑时要用毛刷，严禁用手抓或用嘴吹，以免铁屑伤人。
- ⑤ 设备（机床）运转时，绝对不允许操作者离开机床。
- ⑥ 工作中发现设备（机床）异常情况时，应立刻按下急停按钮停车，并报告指导教师。
- ⑦ 禁止用一种工具代替其他工具使用，如用扳手代替锤子等。

(6) 数控机床加工中心等安全操作规程

- ① 操作机床时应穿好工作服、女同学要戴工作帽。
- ② 未经指导教师确认程序，严禁启动数控机床上已设置好的“机床锁住”键。
- ③ 严格按开机程序开机，数控柜电源→机床电源→急停开关→进入数控系统。
- ④ 对加工的首件要进行动作检查和防止刀具干涉及碰撞的检查，按“高速扫描运行”→“空运转”→“单程序断切削”→“连续运转”的顺序进行。

⑤ 认真观察加工过程，如遇异常应立即停车（按下急停开关），并及时向指导教师报告，不得擅自处理。

⑥ 不准擅自带软盘、U 盘上机，不得删改计算机内的系统文件。

⑦ 结束后，按开机相反顺序关机，清理工作现场；核实整理刀具、量具和工具等，打扫实训场地，经指导教师同意后，方可离开实训现场。

(7) 机械电子装配安全操作规程

- ① 测量工具及被测量零件要轻拿轻放，不要与其他物品碰撞，以保证工具及零件的精度。
- ② 使用电烙铁前要检查电烙铁的电源线有无损坏，如有损坏应及时更换或报告给指导教师处理。
- ③ 使用完或暂时不使用电烙铁要放回烙铁架中，以免电烙铁高温烫伤人或其他物品。
- ④ 电气控制接线完成，须经指导教师确认无误后方可带电检验，未经许可学生不得擅自通电操作。

2. 避免安全事故的要点

- 1) 绝对服从实训指导教师的指挥，严格遵守各工种的安全操作规程，树立安全意识和自我保护意识，确保充足的体力和精力。
- 2) 严格遵守衣着方面的要求，按要求穿戴好规定的工作服及防护用品。
- 3) 注意“先学停车再学开车”，工作前应该先检查设备状况，无故障后再进行实训。
- 4) 重物及吊车下不得站人，下课或中途停电时，必须关闭所有设备的电气开关。
- 5) 必须每天清扫实训场地，保持设备整洁和通道畅通。
- 6) 严禁用手或嘴清除切屑，必须用钩子或刷子。
- 7) 严禁在实训场地内跑跳、打闹。

第2章

工程材料及热处理

教学目的与要求

1. 了解工程材料的种类及应用范围。
2. 了解常用金属材料主要性能指标及表示符号。
3. 掌握常用金属材料牌号表示方法。
4. 掌握热处理的定义、目的、分类及应用范围。
5. 了解常用热处理方法并能独立完成简单操作。

2.1 金属材料的主要性能

金属材料根据成分、组织和状态等不同,其使用性能和工艺性能也各不相同。所谓使用性能是指零件在正常工作状态下金属材料应具有的性能,包括力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指零件在加工制造过程中,金属材料应具有与加工工艺相适应的性能。

1. 金属材料的力学性能

所谓力学性能,是指零件在外力作用时所反映出来的抵抗变形或断裂的性能。它是衡量金属材料的重要指标,是零件设计计算、选材、工艺评定的主要依据。金属材料的主要力学性能有:强度、塑性、硬度、冲击韧性及抗疲劳性等。常用力学性能指标及其说明见表 2-1。

表 2-1 常用力学性能指标及其说明

力学性能	性能指标			说 明
	名称	符号	单位	
强度:金属材料在外力作用下抵抗破坏(过量的塑性变形或断裂)的性能	抗拉强度	R_m	MPa	金属拉断前的最大载荷所对应的应力,代表金属抵抗最大均匀塑性变形或断裂的能力
	屈服强度	R_{eL}	MPa	金属屈服时对应的应力,是对微量塑性变形的抵抗能力
塑性:金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力	断后伸长率	A	%	试样拉断后标距长度的增量与原标距长度的百分比, A 越大,材料的塑性越好 $A = [(L_u - L_0) / L_0] \times 100\%$ 式中 L_0 —试样的原始标距长度,mm; L_u —试样拉断后的标距长度,mm
	断面收缩率	Z	%	试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, Z 越大,材料的塑性越好 $Z = [(S_0 - S_u) / S_0] \times 100\%$ 式中 S_u —试样断口处的横截面积,mm ² ; S_0 —试样原横截面积,mm ²

(续)

力学性能	性能指标			说 明
	名称	符号	单位	
硬度:衡量金属材料软硬程度的指标	布氏硬度	HBW		用载荷除以压痕球形面积所得的商作为硬度值,一般用于硬度不高的材料
	洛氏硬度	HR		根据压痕深度衡量硬度,HRC 应用最广,一般经过淬火的钢件(20~67HRC)都采用洛氏硬度
	维氏硬度	HV		用载荷除以压痕表面积所得的商作为硬度值,一般用于表面薄层硬化钢或薄的金属件的硬度
冲击韧性	冲击韧度	a_K	J/cm ²	冲击韧性是指材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力
抗疲劳性	疲劳强度	S	MPa	金属材料经受多次(一般为10 ⁷ 周次)对称循环交变应力的作用而不产生疲劳破坏的最大应力

2. 金属材料的物理性能

金属材料的主要物理性能有密度、熔点、热膨胀性、导热性和导电性等。由于机器零件的用途不同,对于其物理性能的要求也有所不同,如飞机零件要选用密度小的铝合金和钛合金等来制造;设计电机、电器的零件时,常要考虑金属材料的导电性等。

3. 金属材料的化学性能

金属材料在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力即为化学性能,如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。在腐蚀介质中或在高温下工作的零件比在空气中或室温下受腐蚀更强烈。在设计这类零件时,应特别注意金属材料的化学性能,并采用化学稳定性良好的合金。

4. 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指材料物理、化学、力学性能的综合,指材料对于相应加工工艺适应的性能。按加工工艺方法的不同,有铸造性、可锻性、焊接性、可加工性和热处理性等。在零件设计时的选材环节中,一定要考虑到在选定的加工工艺方法下,该材料的相应工艺性能是否良好,否则不能选用。

2.2 常用工程材料简介

工程材料是指制造工程结构和机器零件所使用的材料,主要包括金属、非金属和复合材料。工程材料按照其化学成分与组织成分的不同可进行如图 2-1 所示的分类。

2.2.1 金属材料

金属材料是含有一种或多种金属元素,由极微小的晶体结构所组成的,具有金属光泽的,有良好导电、导热性能及一定力学性能的材料。金属材料通常指钢、铁、铝、铜等纯金属及其合金。

1. 钢

钢是碳质量分数小于 2.11% 的铁碳合金。钢具有良好的使用性能和工艺性能,而且产量大、价格低,因此应用非常广泛。

(1) 钢的分类 钢的分类方法很多,常见的分类方法如图 2-2 所示。

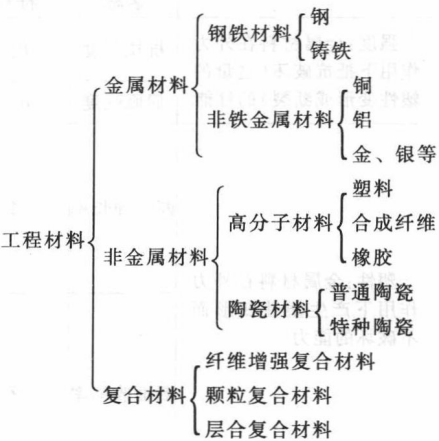


图 2-1 工程材料的分类

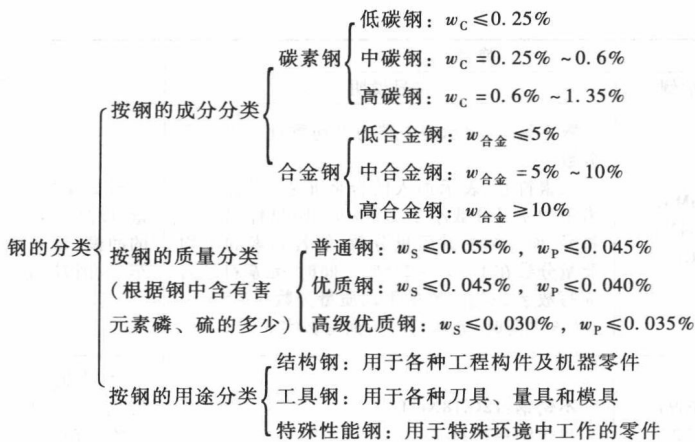


图 2-2 钢的分类

(2) 碳素钢的牌号、性能及用途 碳素钢的熔炼过程比较简单, 生产费用较低, 价格便宜, 主要用于工程结构, 制成热轧钢板、钢带和棒钢等产品, 广泛用于工程建筑、车辆、船舶及桥梁、容器等构件。

常用的碳素钢的分类、牌号及应用见表 2-2。

表 2-2 常用的碳素钢的分类、牌号及应用

分类	牌号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
碳素结构钢	Q235AF	Q: 表示屈服强度汉语拼音字首 235: 表示屈服强度为 235MPa A: 表示质量等级为 A 级 F: 表示沸腾钢	螺钉、螺母、螺栓、垫圈、手柄、小轴及型材等
优质碳素结构钢	20, 40, 45, 65	两位数字代表钢中碳的平均质量分数的万分数。例如: 45 钢中的碳的平均质量分数为 0.45%	制造各类机械零件, 如轴、齿轮、连杆、各种弹簧等
碳素工具钢	T7, T8, T12, T12A	T: 表示碳工具钢汉语拼音字首 数字编号: 钢中碳的平均质量分数的千分数。例如, T7 代表碳的质量分数约等于 0.7% 的优质碳素工具钢 A: 表示高级优质碳素工具钢, 钢中有害杂质(P, S)的含量较少	制造各类刀具、量具和模具, 如锤头、钻头、冲头、丝锥、板牙、锯条、刨刀、锉刀、量具、剃刀、小型冲模等

(3) 合金钢的牌号、性能及用途 为了改善钢的某些性能或使之具有某些特殊性能, 在炼钢时有意加入一些元素, 成为合金元素。含有合金元素的钢称为合金钢。

常用的合金钢的分类、牌号及应用见表 2-3。

表 2-3 常用的合金钢的分类、牌号及应用

分类	牌号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
合金结构钢	16Mn, 40Cr, 60Si2Mn	数字编号: 表示钢中碳的平均质量分数的万分数 元素符号: 表示加入的合金元素, 当合金元素平均质量分数小于 1.5% 时, 则只标出元素符号, 而不标明其质量分数; 若元素的平均质量分数在 1.5% ~ 2.5% 之间时, 元素符号后面写数字 2; 当元素的平均质量分数在 2.5% ~ 3.5% 之间时, 元素符号后面写数字 3	制造各类重要的机械零件, 如齿轮、活塞销、凸轮、气门顶杆、曲轴、机床主轴、板簧、卷簧、压力容器、汽车纵横梁、桥梁结构、船舶结构等

(续)

分类	牌号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
合金工具钢	5CrMnMo, W18Cr4V, 9SiCr	数字编号:表示钢中碳的平均质量分数的千分数 元素符号:表示加入的合金元素,当合金元素平均质量分数小于1.5%时,则只标出元素符号,而不标明其质量分数;倘若元素的平均质量分数在1.5%~2.5%之间时,元素符号后面写数字2;当元素的平均质量分数在2.5%~3.5%之间时,元素符号后面写数字3	制造各类重要的、大型复杂的刀具、量具和模具,如板牙、丝锥、形状复杂的冲模、量规、螺纹塞规、样板、铣刀、车刀、刨刀、钻头
特殊性能钢	12Cr18Ni9Ti, 4Cr9Si2, ZGMn13	不锈钢:12Cr18Ni9Ti 耐热钢:4Cr9Si2 耐磨钢:ZG100Mn13	不锈钢:医疗器械、耐酸容器、管道等 耐热钢:加热炉构件、过热器等 耐磨钢:破碎机颚板、衬板、履带板等

2. 铸铁

铸铁是指碳质量分数大于2.11%的铁碳合金。工业常用的铸铁的碳质量分数一般为2.5%~4%。此外,铸铁中还含有较多的锰、硅、磷、硫等元素。

铸铁与钢相比,虽然其力学性能低(强度低、塑性低、脆性大),但却有着优良的铸造工艺性、可加工性、减振性和耐磨性等。因此,铸铁在生产中应用很广。

常用铸铁的分类、牌号及应用见表2-4。

表 2-4 常用铸铁的分类、牌号及应用

分类	牌号		应用举例
	牌号举例	符号说明	
灰铸铁	HT100 HT150 HT200 HT250 HT300 HT350	HT:表示灰铁汉语拼音字首 数字:表示该材料的抗拉强度值,单位是MPa。例如,HT200,表示 R_m 为200MPa的灰铸铁材料	制造各类机械零件,如机床床身、飞轮、机座、轴承座、气缸体、齿轮箱、液压泵体等
可锻铸铁	KT300-06 KT350-10 KT450-06 KT650-02 KT700-02	KT:表示可铁汉语拼音字首 数字:分别表示材料的抗拉强度值(MPa)和断后伸长率(%)。例如,KT450-06表示抗拉强度 R_m 为450MPa,断后伸长率 A 为6%的可锻铸铁材料	制造各类机械零件,例如曲轴、连杆、凸轮轴、摇臂活塞环等
球墨铸铁	QT400-18 QT500-7 QT600-3 QT900-2	QT:表示球铁汉语拼音字首 数字:分别表示材料的抗拉强度值(MPa)和断后伸长率(%)。例如,QT400-18表示抗拉强度 R_m 为400MPa,断后伸长率 A 为18%的球墨铸铁材料	用它代替部分铸钢或锻钢件,制造承受较大载荷、受冲击和耐磨损的零件,如大功率柴油机的曲轴、轧辊、中压阀门、汽车后桥等

3. 非铁金属

除了钢铁材料以外的其他金属与合金统称为非铁金属。

非铁金属具有许多与钢铁材料不同的特性。例如,高的电导率和热导率(银、铜、铝等),优异的化学稳定性(铅、钛等),高的磁导率(铁镍合金等),高的强度(钛合金等),很高的熔点(钨、钼、钽、锆等)。

常用的非铁金属材料主要有铝及铝合金和铜及铜合金两大类。工业纯铝的强度低,主要用作配置铝合金及代替铜制作导线、电器和散热器等。铝合金不仅具有较好的铸造性能和耐热性能,而且还能用变质处理的方法使强度进一步得到提高,应用较为广泛,如用作内燃机活塞、气缸头部、气缸散热套等。铜及铜合金导电和导热性能好,而且耐腐蚀,主要用于耐蚀件和装饰品。近几年随着科技进步,钛及钛合金由于具有比强度高和生物相容性的特点,在航空航天和医疗行业得到了广泛的应用。

2.2.2 非金属材料

非金属材料是近年来发展非常迅速的工程材料,因其具有金属材料无法具备的某些性能(如电绝缘性、耐蚀性等),故在工业及民用生产中已成为不可替代的重要材料,如高分子材料和工业陶瓷。

1. 塑料

塑料是高分子化合物,其主要成分是合成树脂,在一定温度、压力下可软化成型,是最主要的工程结构材料之一。由于其具有良好的电绝缘性、耐蚀性、耐磨性、成型性、密度小,因此不仅在日常生活中随处可见,而且在工程结构中也被广泛应用,主要应用于薄膜、软管、塑料管、生活用具、仪表零件、各种设备的外壳、各种机器上的零部件等。

2. 橡胶

橡胶与塑料的不同之处是橡胶在室温下具有很高的弹性。经硫化处理和炭黑增强后,其拉伸强度达到25~35MPa,并具有良好的耐磨性,主要应用于轮胎、胶带、胶管、V带、减振器、橡胶弹簧、输油管、密封件、电缆绝缘层等。

3. 陶瓷材料

陶瓷是各种无机非金属材料的统称,在现代工业中具有很好的发展前途,未来世界将会以陶瓷材料、高分子材料、金属材料为主要材料,主要应用于日用品、电器、化工、建筑、切削加工、量具、高温轴承、高温炉零件、道具、模具、密封环、叶片等。

2.2.3 复合材料

复合材料是由两种或两种以上物理、化学性质不同的物质,经人工合成的材料。它保留了各组成材料的优良性能,从而得到单一材料所不具备的优良的综合性能。最常见的复合材料,如钢筋混凝土是由钢筋、石头、沙子、水泥等制成的复合材料;轮胎是由人造纤维与橡胶合成的复合材料。

复合材料种类繁多,性能各有特点,如玻璃纤维和合成树脂的合成材料具有优良的强度,可制造密封件及耐磨、减振的机械零件;碳纤维复合材料密度小、比强度高,可应用于航空航天及原子能工业。

2.3 钢的热处理

热处理是采用适当的方式对金属材料或工件按一定的工艺要求进行加热、保温和冷却,使其内部组织结构发生变化,从而提高或改善金属力学性能的一种方法。热处理的目的与铸造、锻压、焊接和机加工有所不同,只要求改变金属材料的组织和性能,而不要求改变零件的形状和尺寸。各种机械零件中,大多数或绝大多数都要经过热处理才能投入使用,所以钢的热处理对提高和改善零件的力学性能发挥着十分重要的作用。

热处理方法很多,常用的有退火、正火、淬火、回火和表面热处理等。热处理既可以作为预备热处理以消除上一工序所遗留的某些缺陷,为下一道工序做好准备,也可作为最终热处理进一步改善材料的性能,从而充分发挥材料的潜力,达到零件的使用要求。因此不同的热处理工序常插在零件制造过程的各个热、冷加工工序中进行,是从事机械制造技术人员必须具备的知识。

2.3.1 钢的热处理工艺

热处理的工艺过程,包括下列三个步骤:

- 1) 以一定速度把零件加热到规定的温度范围。
- 2) 在此温度下保温一定时间,使工件全部或局部热透。
- 3) 以某种速度使工件冷却。

加热温度、保温时间和冷却速度根据不同的材料、不同的热处理要求而定。钢的热处理工艺规范可以用图 2-3 来表示。通过控制加热温度和冷却速度,可以在很大范围内改变金属材料的性能。

一般可将钢的热处理工艺按照如图 2-4 所示的方式进行分类,常用的热处理方法有以下几种。

1. 退火

退火是把工件加热到适当的温度(对碳钢来说一般加热至 $780 \sim 900^{\circ}\text{C}$),保温一定时间后随炉降温冷却。

工具钢和某些重要结构零件的合金钢有时硬度较高,铸、锻、焊后的毛坯有时硬度不均匀,存在内应力。为了便于切削加工,并保持加工后的精度,常对工件施以退火处理。退火后的工件硬度较低,消除了内应力,同时还可以使材料的内部组织均匀细化,为进行下一步热处理(淬火等)做好准备。

加热时温度控制应准确。温度过低达不到退火目的;温度过高又会造成过热、过烧、氧化、脱碳等缺陷。操作时还应注意零件的放置方法,当退火的主要目的是为了消除内应力时更应注意,如对于细长工件的稳定尺寸退火,一定要在井式炉中垂直吊置,以防工件由于自身重力引起变形。

2. 正火

将工件放到炉中加热到适当温度,保温后出炉空冷的热处理方法称为正火。正火实质上是退火的另一种形式,其作用与退火相似。与退火的不同之处是加热(对碳钢而言,一般加热至 $800 \sim 930^{\circ}\text{C}$)和保温后,放在空气中冷却而不是随炉冷却。由于冷却速度比退火快,因此,正火工件获得的组织比较细密,比退火工件的强度和硬度稍高,而塑性和韧性稍低。由于空冷可提高生产率,降低成本,所以一般低碳和中碳钢、结构钢等多用正火代替退火。

3. 淬火

淬火是将工件加热到适当的温度(对碳钢来说一般加热到 $760 \sim 820^{\circ}\text{C}$)、保温后在水中或油中快速冷却的热处理方法。工件经淬火后可获得高硬度的组织,因此淬火可提高钢的强度和硬度。但工件在淬火后脆性增加、内部产生很大的内应力,使工件变形甚至开裂。所以,工件淬火后一般都要及时进行回火处理,并在回火后获得适当的强度和韧性。

淬火操作时要注意工件浸入淬火冷却介质的方法。如果浸入方式不正确,可能使工件各部

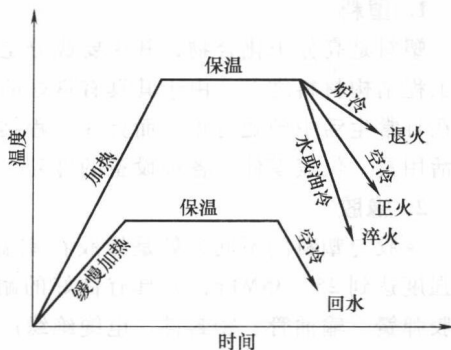


图 2-3 热处理工艺曲线

分的冷却速度不一致而造成很大的内应力,使工件发生变形和裂纹,或产生局部淬不硬等缺陷。例如,钻头、轴杆类等细长工件应以吊挂的方式垂直地浸入淬火冷却介质中,薄而平的工件(圆盘铣刀等)不能平着放入而必须立着放入淬火冷却介质中,使工件各部分的冷却速度趋于一致。

淬火操作时,必须穿戴防护用品,如工作服、手套、防护眼镜等,以防淬火飞溅伤人。

4. 回火

将淬火后的工件重新加热到 A_{c1} 以下的某一温度保温,保温后冷却到室温的操作称为回火。回火的目的是减小或消除工件在淬火时所形成的内应力,适当降低淬火钢的硬度,减小脆性,使工件获得较好的强度和韧性,即较好的综合力学性能。

根据回火温度不同,回火操作可分为低温回火、中温回火和高温回火三种。

高温回火的温度为 $500 \sim 650^{\circ}\text{C}$,淬火加高温回火称为调质处理。调质处理适用于中碳钢,可获得较高的综合力学性能。它适用于生产重要零件(如轴、齿轮和连杆等)。中温回火($350 \sim 450^{\circ}\text{C}$)后,材料具有较高的弹性,硬度适中,适用于各种弹性零件(如弹簧)的生产。低温回火($150 \sim 250^{\circ}\text{C}$)后,材料仍保持较高的硬度,使工件具有很好的耐磨性,它适用于各种工具、滚动轴承等。

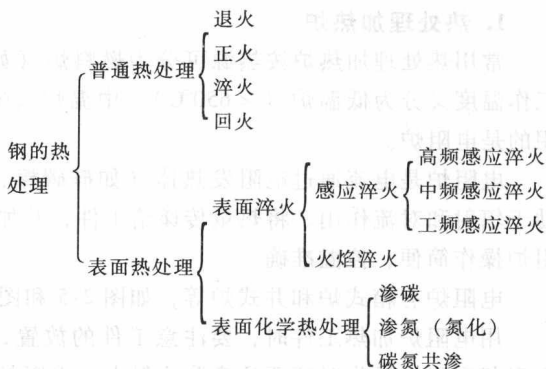


图 2-4 钢的热处理分类

5. 表面热处理

有些零件,如齿轮、销轴等,使用时希望它的心部保持一定的韧性,又要求表面层具有耐磨性、耐蚀性、抗疲劳性。这些性能可通过对其进行表面热处理来得到。表面热处理按处理工艺特点可分为表面淬火和表面化学热处理两大类。如我们实习制作的锤子,表面要求一定的硬度,而心部没有必要要求很高的硬度,此时可以采用表面淬火的热处理工艺达到预期的目的。

(1) 表面淬火 钢的表面淬火是通过快速加热,将钢件表面层迅速加热到淬火温度,然后快速冷却的热处理工艺。通常钢件在表面淬火前均进行正火或调质处理,表面淬火后应进行低温回火。这样,不仅可以保证其表面的高硬度和高耐磨性,而且可以保证心部的强度和韧性。

按照加热方法不同,表面淬火分为火焰淬火和感应淬火。

1) 火焰淬火。这是以高温火焰为热源的一种表面淬火方法,淬硬层一般为 $2 \sim 6\text{mm}$,它适合于中碳钢和中碳合金钢的大型工件的表面淬火。火焰淬火简单易行,适合于单件小批量生产,但火焰加热温度不易控制,难以保证质量,所以现在不多使用。

2) 感应淬火。这是利用电磁感应原理加热工件表面,并快速冷却的淬火工艺。当导体线圈中通过一定频率的交流电时,在线圈周围将产生一个频率相同的交变磁场,于是工件内就会产生频率相同、方向相反的感应电流。感应电流在工件内自成回路,称为“涡流”。涡流主要集中在工件表层,而且频率越高,电流集中的表层越薄。由于钢本身具有电阻,因而集中于工件表面的涡流可使表层迅速加热到淬火温度,而心部温度仍然接近室温,所以随即喷水快速冷却后,就达到了表面淬火的目。

感应加热的优点是加热速度快,操作方便,质量好,生产率高,可以使全部淬火过程机械化、自动化,适用成批及大量生产,因此被广泛使用。

(2) 表面化学热处理 表面化学热处理就是将钢件在活性介质中加热一定时间,使某些元素