



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

金属工艺学

主 编 侯书林 于文强

介绍基本知识及综合工艺的过程
反映机械制造的新工艺和新成就
突出学生创新素质和能力的培养



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

金属工艺学

主 编	侯书林	于文强	
副主编	徐 杨	高英杰	
	侯艳君	刘婷婷	
参 编	张建国	徐云杰	
	刘 亮	孔建铭	张林海



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,组织富有多年教学经验的教师编写,主要包括金属材料导论、铸造、锻压、焊接、金属切削加工等内容。每章后面附有习题。

本书十分注重学生获取知识、分析问题与解决工程技术问题能力的培养,特别注重学生工程素质与创新思维能力的提高。在本书的编写内容上既体现了现代制造技术、材料科学和现代信息技术的密切交叉与融合,又体现了工程材料和制造技术的历史传承与发展趋势。

本书可作为高等工科院校、高等农林院校等机械类、近机类各专业的教材和参考书,也可作为高职类工科院校及机械制造工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/侯书林,于文强主编. —北京:北京大学出版社,2012.8

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21082-6

I. ①金… II. ①侯… ②…于 III. ①金属加工—工艺学—高等学校—教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 186396 号

书 名: 金属工艺学

著作责任者: 侯书林 于文强 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 童君鑫 黄红珍

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21082-6/TG·0032

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 345 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

“金属工艺学”课程是学生要学习的机械制造系列课程中必不可少的先修课程，是机械类专业学生必修的一门主干技术基础课程，也是近机类和部分非机类专业普遍开设的一门课程。

“金属工艺学”是一门实践性很强的技术基础课程，是研究产品从原材料到合格零件或机器的制造工艺技术的科学。机械制造的生产过程一般是先用铸造、锻压或焊接等成形方法将材料制作成零件的毛坯(或半成品)，再经切削加工制成尺寸精确的零件，最后把零件装配成机器。毛坯材料和成形方法的选用直接影响零件的质量、成本和生产率。要合理选择毛坯种类和成形方法，必须掌握各种材料的性能、特点、应用及各种成形方法的工艺实质、成形特点和选择方法。

通过本课程的学习，学生将在工程实践过程中通过独立实践操作和综合工艺过程训练所获得的丰富的感性知识条理化，并上升到理性知识，实现认识的第一次飞跃；然后通过后续课程的学习和创新实践过程实现从理性知识到指导实践的第二次飞跃。

工科院校是培养工程师的摇篮，“金属工艺学”课程是提供工程师所应具备的基本知识和工程素质、实践能力、创新设计能力的基础课程。

本书是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求，合理定位，由长期在教学第一线从事教学工作，富有教学经验的教师立足于 21 世纪机械制造学科发展的需要，以科学性、先进性、系统性和实用性为目标进行编写的，以适应不同类型、不同层次的学校教学的需要。

本书既注重学生获取知识、分析问题与解决工程技术问题能力的培养，又注重学生工程素质与创新思维能力的培养。在本书的编写上既体现了现代制造技术、材料科学、现代信息技术的密切交叉与融合，又体现了工程材料和制造技术的历史传承和发展趋势。在内容的选择和编写上本书具有如下特点。

(1) 本书的编写力求适应机械类及近机类专业的应用实际，力求处理好常规工艺与现代新技术的关系。

(2) 内容的选择和安排上既系统丰富又重点突出，每个章节既相互联系，又相对独立，以便适应不同专业、不同学习背景、不同学时、不同层次的学生选用。

(3) 介绍现代机械制造技术的概念，反映机械制造新工艺和新成就，开阔学生视野，培养学生的创新素质和能力。

(4) 在内容的选择和安排上考虑到了机械类各专业的不同需要，具有一定的通用性。

(5) 为加深学生对课程内容的理解、掌握和巩固所学的基本知识，在分析问题和独立解决问题的能力方面得到应有的训练，每章后附有习题，供学生学完有关内容后及时进行消化和复习。

本书包括金属材料导论、铸造、锻压、焊接、金属切削加工等内容。

本书由侯书林、于文强任主编，徐杨、高英杰、侯艳君、刘婷婷任副主编。第 0 章由侯书林编写，第 1、2 章由华北水利水电学院侯艳君编写，第 3 章由解放军军械工程学院

刘亮编写,第4章由中国农业大学徐杨编写,第5章5.1~5.4节由晋中学院张建国编写,第5章5.5节由中国农业大学侯书林编写,第5章5.6、5.8节由浙江农林大学徐云杰编写,第5章5.7节由杭州电子科技大学刘婷婷编写,第5章5.9节由山东理工大学于文强编写。参与材料整理工作的有晋中学院高英杰、中国农业大学孔建铭等。全书由南阳理工学院张林海统稿。

本书可作为高等工科院校、高等农林院校等机械类、近机类各专业的教材和参考书,也可供高职类工科院校选用及机械制造工程技术人员学习参考。

在本书的编写过程中,吸收了许多教师对编写工作的宝贵意见,在编写和出版过程中得到了北京大学出版社和印刷单位有关工作人员的大力支持,在此一并表示由衷的感谢。

本书在编写过程中参考和引用了一些教材中的部分内容和插图,所用参考文献均已列于书后,在此对有关出版社和作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,不足之处在所难免,衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2012年7月

北京大学出版社教材书目

- ◇ 欢迎访问教学服务网站 www.pup6.cn, 免费阅读下载已出版教材的电子书(PDF 版)、电子课件和相关教学资源。
- ◇ 欢迎征订投稿。联系方式: 010-62750667, 童编辑, 13426433315@163.com, pup_6@163.com, 欢迎联系。

序号	书 名	标准书号	主 编	定价	出版日期
1	机械设计	978-7-5038-4448-5	郑 江, 许 瑛	33	2007.8
2	机械设计	978-7-301-15699-5	吕 宏	32	2009.9
3	机械设计	978-7-301-17599-6	门艳忠	40	2010.8
4	机械设计	978-7-301-21139-7	王贤民, 霍仕武	49	2012.8
5	机械原理	978-7-301-11488-9	常治斌, 张京辉	29	2008.6
6	机械原理	978-7-301-15425-0	王跃进	26	2010.7
7	机械原理	978-7-301-19088-3	郭宏亮, 孙志宏	36	2011.6
8	机械原理	978-7-301-19429-4	杨松华	34	2011.8
9	机械设计基础	978-7-5038-4444-2	曲玉峰, 关晓平	27	2008.1
10	机械设计课程设计	978-7-301-12357-7	许 瑛	35	2012.7
11	机械设计课程设计	978-7-301-18894-1	王 慧, 吕 宏	30	2011.5
12	机电一体化课程设计指导书	978-7-301-19736-3	王金娥 罗生梅	35	2012.1
13	机械工程专业毕业设计指导书	978-7-301-18805-7	张黎骅, 吕小荣	22	2012.5
14	机械创新设计	978-7-301-12403-1	丛晓霞	32	2010.7
15	机械系统设计	978-7-301-20847-2	孙月华	32	2012.7
16	机械设计基础实验及机构创新设计	978-7-301-20653-9	邹旻	28	2012.6
17	TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程	978-7-301-18945-0	蒯苏苏, 马履中	45	2011.6
18	TRIZ 理论及应用	978-7-301-19390-7	刘训涛, 曹 贺 陈国晶	35	2011.8
19	创新的方法——TRIZ 理论概述	978-7-301-19453-9	沈萌红	28	2011.9
20	机械 CAD 基础	978-7-301-20023-0	徐云杰	34	2012.2
21	AutoCAD 工程制图	978-7-5038-4446-9	杨巧绒, 张克义	20	2011.4
22	工程制图	978-7-5038-4442-6	戴立玲, 杨世平	27	2012.2
23	工程制图	978-7-301-19428-7	孙晓娟, 徐丽娟	30	2012.5
24	工程制图习题集	978-7-5038-4443-4	杨世平, 戴立玲	20	2008.1
25	机械制图(机类)	978-7-301-12171-9	张绍群, 孙晓娟	32	2009.1
26	机械制图习题集(机类)	978-7-301-12172-6	张绍群, 王慧敏	29	2007.8
27	机械制图(第 2 版)	978-7-301-19332-7	孙晓娟, 王慧敏	38	2011.8
28	机械制图习题集(第 2 版)	978-7-301-19370-7	孙晓娟, 王慧敏	22	2011.8
29	机械制图	978-7-301-21138-0	张 艳, 杨晨升	37	2012.8
30	机械制图与 AutoCAD 基础教程	978-7-301-13122-0	张爱梅	35	2011.7
31	机械制图与 AutoCAD 基础教程习题集	978-7-301-13120-6	鲁 杰, 张爱梅	22	2010.9
32	AutoCAD 2008 工程绘图	978-7-301-14478-7	赵润平, 宗荣珍	35	2009.1
33	AutoCAD 实例绘图教程	978-7-301-20764-2	李庆华, 刘晓杰	32	2012.6
34	工程制图案例教程	978-7-301-15369-7	宗荣珍	28	2009.6
35	工程制图案例教程习题集	978-7-301-15285-0	宗荣珍	24	2009.6
36	理论力学	978-7-301-12170-2	盛冬发, 闫小青	29	2012.5
37	材料力学	978-7-301-14462-6	陈忠安, 王 静	30	2011.1

38	工程力学(上册)	978-7-301-11487-2	毕勤胜, 李纪刚	29	2008.6
39	工程力学(下册)	978-7-301-11565-7	毕勤胜, 李纪刚	28	2008.6
40	液压传动	978-7-5038-4441-8	王守城, 容一鸣	27	2009.4
41	液压与气压传动	978-7-301-13129-4	王守城, 容一鸣	32	2012.1
42	液压与液力传动	978-7-301-17579-8	周长城等	34	2010.8
43	液压传动与控制实用技术	978-7-301-15647-6	刘 忠	36	2009.8
44	金工实习(第2版)	978-7-301-16558-4	郭永环, 姜银方	30	2012.5
45	机械制造基础实习教程	978-7-301-15848-7	邱 兵, 杨明金	34	2010.2
46	公差与测量技术	978-7-301-15455-7	孔晓玲	25	2011.8
47	互换性与测量技术基础(第2版)	978-7-301-17567-5	王长春	28	2010.8
48	互换性与技术测量	978-7-301-20848-9	周哲波	35	2012.6
49	机械制造技术基础	978-7-301-14474-9	张 鹏, 孙有亮	28	2011.6
50	机械制造技术基础	978-7-301-16284-2	侯书林 张建国	32	2012.8
51	先进制造技术基础	978-7-301-15499-1	冯宪章	30	2011.11
52	先进制造技术	978-7-301-20914-1	刘 璇, 冯 凭	28	2012.8
53	机械精度设计与测量技术	978-7-301-13580-8	于 峰	25	2008.8
54	机械制造工艺学	978-7-301-13758-1	郭艳玲, 李彦蓉	30	2008.8
55	机械制造工艺学	978-7-301-17403-6	陈红霞	38	2010.7
56	机械制造工艺学	978-7-301-19903-9	周哲波, 姜志明	49	2012.1
57	机械制造基础(上)——工程材料及热加工 工艺基础(第2版)	978-7-301-18474-5	侯书林, 朱 海	40	2011.1
58	机械制造基础(下)——机械加工工艺基 础(第2版)	978-7-301-18638-1	侯书林, 朱 海	32	2012.5
59	金属材料及工艺	978-7-301-19522-2	于文强	44	2011.9
60	金属工艺学	978-7-301-21082-6	侯书林, 于文强	32	2012.8
61	工程材料及其成形技术基础	978-7-301-13916-5	申荣华, 丁 旭	45	2010.7
62	工程材料及其成形技术基础学习指导与 习题详解	978-7-301-14972-0	申荣华	20	2009.3
63	机械工程材料及成形基础	978-7-301-15433-5	侯俊英, 王兴源	30	2012.5
64	机械工程材料	978-7-5038-4452-3	戈晓岚, 洪 琢	29	2011.6
65	机械工程材料	978-7-301-18522-3	张铁军	36	2012.5
66	工程材料与机械制造基础	978-7-301-15899-9	苏子林	32	2009.9
67	控制工程基础	978-7-301-12169-6	杨振中, 韩致信	29	2007.8
68	机械工程控制基础	978-7-301-12354-6	韩致信	25	2008.1
69	机电工程专业英语(第2版)	978-7-301-16518-8	朱 林	24	2012.5
70	机床电气控制技术	978-7-5038-4433-7	张万奎	26	2007.9
71	机床数控技术(第2版)	978-7-301-16519-5	杜国臣, 王士军	35	2011.6
72	自动化制造系统	978-7-301-21026-0	辛宗生, 魏国丰	37	2012.8
73	数控机床与编程	978-7-301-15900-2	张洪江, 侯书林	25	2011.8
74	数控技术	978-7-301-21144-1	吴瑞明	28	2012.9
75	数控加工技术	978-7-5038-4450-7	王 彪, 张 兰	29	2011.7
76	数控加工与编程技术	978-7-301-18475-2	李体仁	34	2012.5
77	数控编程与加工实习教程	978-7-301-17387-9	张春雨, 于 雷	37	2011.9
78	数控加工技术及实训	978-7-301-19508-6	姜永成, 夏广岚	33	2011.9
79	数控编程与操作	978-7-301-20903-5	李英平	26	2012.8
80	现代数控机床调试及维护	978-7-301-18033-4	邓三鹏等	32	2010.11
81	金属切削原理与刀具	978-7-5038-4447-7	陈锡渠, 彭晓南	29	2012.5
82	金属切削机床	978-7-301-13180-0	夏广岚, 冯 凭	28	2012.7
83	典型零件工艺设计	978-7-301-21013-0	白海清	34	2012.8
84	精密与特种加工技术	978-7-301-12167-2	袁根福, 祝锡晶	29	2011.12

85	逆向建模技术与产品创新设计	978-7-301-15670-4	张学吕	28	2009.9
86	CAD/CAM 技术基础	978-7-301-17742-6	刘 军	28	2012.5
87	CAD/CAM 技术案例教程	978-7-301-17732-7	汤修映	42	2010.9
88	Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 实用教程	978-7-5038-4437-X	黄卫东, 任国栋	32	2007.7
89	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 实例教程	978-7-301-12359-1	张选民	45	2008.2
90	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 曲面设计实例教程	978-7-301-13182-4	张选民	45	2008.2
91	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实用教程	978-7-301-16841-7	黄卫东, 郝用兴	43	2011.10
92	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 实例教程	978-7-301-20133-6	张选民, 徐超辉	52	2012.2
93	SolidWorks 三维建模及实例教程	978-7-301-15149-5	上官林建	30	2009.5
94	UG NX6.0 计算机辅助设计与制造实用教程	978-7-301-14449-7	张黎骅, 吕小荣	26	2011.11
95	Cimatron E9.0 产品设计与数控自动编程技术	978-7-301-17802-7	孙树峰	36	2010.9
96	Mastercam 数控加工案例教程	978-7-301-19315-0	刘 文, 姜永梅	45	2011.8
97	应用创造学	978-7-301-17533-0	王成军, 沈豫浙	26	2012.5
98	机电产品学	978-7-301-15579-0	张亮峰等	24	2009.8
99	品质工程学基础	978-7-301-16745-8	丁 燕	30	2011.5
100	设计心理学	978-7-301-11567-1	张成忠	48	2011.6
101	计算机辅助设计与制造	978-7-5038-4439-6	仲梁维, 张国全	29	2007.9
102	产品造型计算机辅助设计	978-7-5038-4474-4	张慧姝, 刘永翔	27	2006.8
103	产品设计原理	978-7-301-12355-3	刘美华	30	2008.2
104	产品设计表现技法	978-7-301-15434-2	张慧姝	42	2012.5
105	产品创意设计	978-7-301-17977-2	虞世鸣	38	2012.5
106	工业产品造型设计	978-7-301-18313-7	袁涛	39	2011.1
107	化工工艺学	978-7-301-15283-6	邓建强	42	2009.6
108	过程装备机械基础	978-7-301-15651-3	于新奇	38	2009.8
109	过程装备测试技术	978-7-301-17290-2	王毅	45	2010.6
110	过程控制装置及系统设计	978-7-301-17635-1	张早校	30	2010.8
111	质量管理与工程	978-7-301-15643-8	陈宝江	34	2009.8
112	质量管理统计技术	978-7-301-16465-5	周友苏, 杨 飒	30	2010.1
113	人因工程	978-7-301-19291-7	马如宏	39	2011.8
114	工程系统概论——系统论在工程技术中的应用	978-7-301-17142-4	黄志坚	32	2010.6
115	测试技术基础(第2版)	978-7-301-16530-0	江征风	30	2010.1
116	测试技术实验教程	978-7-301-13489-4	封士彩	22	2008.8
117	测试技术学习指导与习题详解	978-7-301-14457-2	封士彩	34	2009.3
118	可编程控制器原理与应用(第2版)	978-7-301-16922-3	赵 燕, 周新建	33	2010.3
119	工程光学	978-7-301-15629-2	王红敏	28	2012.5
120	精密机械设计	978-7-301-16947-6	田 明, 冯进良等	38	2011.9
121	传感器原理及应用	978-7-301-16503-4	赵 燕	35	2010.2
122	测控技术与仪器专业导论	978-7-301-17200-1	陈毅静	29	2012.5
123	现代测试技术	978-7-301-19316-7	陈科山, 王燕	43	2011.8
124	风力发电原理	978-7-301-19631-1	吴双群, 赵丹平	33	2011.10
125	风力机空气动力学	978-7-301-19555-0	吴双群	32	2011.10
126	风力机设计理论及方法	978-7-301-20006-3	赵丹平	32	2012.1

目 录

第 0 章 绪论	1	第 2 章 铸造	47
0.1 本课程的性质、地位和作用	1	2.1 合金的铸造性能	48
0.2 本课程的内容和特点	1	2.1.1 合金的流动性及其影响因素	48
0.3 本课程的主要任务和教学方法	3	2.1.2 铸件的凝固方式	50
第 1 章 金属材料导论	5	2.1.3 铸造合金的收缩	51
1.1 金属材料的力学性能	6	2.1.4 铸造应力、变形、裂纹	53
1.1.1 强度	6	2.2 常用铸造合金的铸造性能特点	56
1.1.2 塑性	7	2.3 砂型铸造	57
1.1.3 硬度	8	2.3.1 造型方法	58
1.1.4 冲击韧度	9	2.3.2 铸造工艺设计	60
1.1.5 疲劳强度	10	2.4 特种铸造	66
1.2 金属的结晶构造和结晶过程	10	2.4.1 熔模铸造(失蜡铸造)	67
1.2.1 金属晶格基本类型	10	2.4.2 金属型铸造	68
1.2.2 金属的结晶过程	12	2.4.3 压力铸造	69
1.2.3 纯铁的同素异构转变	14	2.4.4 低压铸造	70
1.2.4 合金的基本显微组织结构	15	2.4.5 离心铸造	71
1.2.5 二元合金相图简介	17	2.4.6 铸造方法的选择	71
1.3 铁碳合金	23	2.5 铸件结构设计	72
1.3.1 铁碳合金基本组织	23	2.5.1 铸造工艺对铸件结构设计的要求	72
1.3.2 铁碳合金状态图	24	2.5.2 合金铸造性能对铸件结构设计的要求	75
1.3.3 含碳量对碳钢组织和性能的影响	30	2.5.3 不同铸造方法对铸件结构的要求	78
1.4 钢的热处理	31	小结	80
1.4.1 钢的普通热处理	31	习题	80
1.4.2 钢的表面热处理	33	第 3 章 锻压	82
1.5 金属的分类、牌号及应用	34	3.1 金属的塑性变形与再结晶	84
1.5.1 碳素钢	35	3.1.1 金属的塑性变形	84
1.5.2 合金钢	36	3.1.2 金属的加工硬化	85
1.5.3 铸铁	37	3.1.3 回复与再结晶	85
1.5.4 有色金属	40		
小结	45		
习题	46		

3.1.4 纤维组织	86	第5章 金属切削加工	141
3.1.5 金属的可锻性	88	5.1 金属切削加工基础知识	142
3.2 自由锻造	90	5.1.1 切削运动	143
3.2.1 自由锻造的特点和应用 ...	90	5.1.2 切削要素	143
3.2.2 自由锻造工序	91	5.2 金属切削刀具	145
3.2.3 自由锻造工艺规程	94	5.2.1 刀具常用材料	145
3.3 模型锻造	95	5.2.2 刀具主要角度及其作用 ...	147
3.3.1 模锻生产的特点和应用 ...	96	5.3 切削过程的物理现象	148
3.3.2 锤上模锻的特点与应用 ...	96	5.3.1 切屑的形成及其类型	149
3.4 板料冲压	102	5.3.2 积屑瘤	150
3.4.1 板料冲压基本工序	102	5.3.3 切削力与切削功率	151
3.4.2 落料、冲孔、拉深的 应用	109	5.3.4 切削热和切削温度	152
小结	113	5.3.5 刀具磨损和刀具 耐用度	152
习题	113	5.4 切削加工技术经济分析	154
第4章 焊接	114	5.4.1 切削加工的技术经济 指标	154
4.1 手工电弧焊	115	5.4.2 切削用量的合理 选择	158
4.1.1 焊接过程和冶金过程 特点	115	5.4.3 切削液的选用	159
4.1.2 电焊条	117	5.4.4 材料的切削加工性	160
4.1.3 焊接热影响区的组织与 性能	119	5.5 金属切削机床	161
4.2 焊接应力与变形	120	5.5.1 机床的分类和结构	161
4.2.1 焊接应力	120	5.5.2 机床的传动	166
4.2.2 焊接变形	122	5.5.3 自动机床和数控机床 简介	173
4.3 其他焊接方法	123	5.6 常用加工方法的工艺特点及 应用	179
4.3.1 埋弧焊	123	5.6.1 车削	179
4.3.2 气体保护焊	125	5.6.2 钻镗削	182
4.3.3 电渣焊	127	5.6.3 刨插削	185
4.3.4 电阻焊	128	5.6.4 铣削	188
4.3.5 钎焊	130	5.6.5 磨削	190
4.4 常用金属材料的焊接	131	5.7 精密加工和特种加工简介	195
4.4.1 金属材料的焊接性	131	5.7.1 精密加工	195
4.4.2 碳钢及低合金结构钢的 焊接	132	5.7.2 特种加工简介	199
4.4.3 铸铁的焊补	134	5.8 典型表面加工分析	205
4.5 焊接件的结构设计	135	5.8.1 外圆表面加工	205
小结	139	5.8.2 内圆表面加工	206
习题	139		

5.8.3 平面加工	208	5.9.2 典型零件加工工艺过程的 拟定	215
5.8.4 成形表面加工	209	5.9.3 零件切削加工结构 工艺性	223
5.8.5 螺纹表面加工	210	小结	226
5.8.6 齿轮表面加工	211	习题	226
5.9 机械加工工艺过程	212	参考文献	229
5.9.1 机械加工工艺过程的 基本概念	212		

第○章 绪 论

0.1 本课程的性质、地位和作用

“金属工艺学”(含“工程材料及热加工工艺基础”、“机械加工工艺基础”)是学生要学习的机械制造系列课程中必不可少的先修课程,是机械类专业学生必修的一门主干技术基础课程,也是近机类和部分非机类专业普遍开设的一门课程。

“金属工艺学”是一门实践性很强的技术基础课程,是研究产品从原材料到合格零件或机器的制造工艺技术的科学。机械制造的生产过程一般是先用铸造、锻压或焊接等成形方法将材料制作成零件的毛坯(或半成品),再经切削加工制成尺寸精确的零件,最后把零件装配成机器。毛坯材料和成形方法的选用直接影响零件的质量、成本和生产率。要合理选择毛坯种类和成形方法,必须掌握各种材料的性能、特点、应用及各种成形方法的工艺实质、成形特点和选择方法。

通过本课程的学习,学生将在工程实践过程中通过独立实践操作和综合工艺过程训练所获得的丰富的感性知识条理化,并上升到理性知识,实现认识的第一次飞跃;然后通过后续课程的学习和创新实践过程实现从理性知识到指导实践的第二次飞跃。

工科院校是培养工程师的摇篮,“金属工艺学”是提供工程师所应具备的基本知识和工程素质、实践能力、创新设计能力的基础课程。

0.2 本课程的内容和特点

1. 本课程的内容

“金属工艺学”教材主要研究机械制造过程中工程材料的应用、零件毛坯的成形工艺及切削加工工艺基础,包括以下几方面内容。

1) 工程材料

这部分主要介绍了金属学的基础知识、钢铁及其合金、有色金属及其合金和工程用非

金属材料,同时还介绍了钢的热处理。

用于制作工程结构、机械零件和工具等的固体材料,统称为工程材料。

为保证机器的制造工艺简单、生产成本低廉、使用安全可靠和经久耐用,工程材料应具有良好的使用性能和工艺性能。材料的性能取决于其内部结构,而材料的内部结构则由材料的化学成分和加工工艺所决定。为此本章的教学目的就是通过介绍材料性能与成分、组织和工艺之间的关系,使学生具有正确选择和合理使用工程材料的初步能力。

工程材料包括金属材料和非金属材料。金属材料包括钢铁、有色金属及其合金。由于金属材料具有优良的使用性能和工艺性能,故其不仅是传统的,而且目前仍然是重要的工程材料。非金属材料包括陶瓷、高分子和复合材料等。随着科学技术的发展,非金属材料的发展异常迅速,其性能也在不断地提高,已在国民经济的各部门中部分地替代了金属材料,特别是替代有色金属和其他贵重金属制造各种零部件。为此本章在着重介绍金属材料基本知识的同时,也对工程用的非金属材料进行简单介绍,以期对其有所认识、了解。

钢经过适当的热处理,能显著提高其力学性能、工艺性能和使用寿命,其在机器制造业中占有十分重要的地位,重要的机器零件都要进行热处理。

2) 热加工工艺基础

这部分主要介绍金属零件毛坯的成形方法,即热加工工艺基础,介绍成形工艺、工艺特点及成形方法,最后简要介绍了各种零件毛坯的选择原则和典型零件的毛坯类型。

将液态金属浇注到具有与零件形状、尺寸相适应的铸型型腔中待其冷却凝固,以获得毛坯或零件的生产方法,称为铸造。

利用金属在外力作用下所产生的塑性变形,来获得具有一定形状、尺寸和力学性能的原材料、毛坯或零件的生产方法,称为金属压力加工或金属塑性加工。

利用加热或加压力等手段,借助于金属原子的结合与扩散作用,使分离的金属材料或非金属材料牢固地连接在一起的生产方法,称为焊接。

铸造、锻造和焊接等成形方法,除少数特种铸造和精密锻造所获得的零件能得到较高的精度和形状外,其表面粗糙、精度较低,主要是零件毛坯的成形或零件改性的方法,是机器零件加工的基础,在机器制造业中具有重要的作用。

上述加工工艺都是在再结晶温度以上的加热条件下成形的,属于热加工的范畴。

3) 切削加工

这部分主要介绍金属切削的基本规律、各种表面的常用加工方法与相关的工艺知识及所用的设备和刀具等,同时对先进制造技术进行了简单介绍。

金属切削加工是零件制造过程中的最终成形方法。其是用刀具从毛坯上切去多余的金属,使被加工件达到符合要求的形状、尺寸和表面质量的一种加工方法。

前面介绍的铸造、锻造和焊接等成形方法,除少数特种铸造和精密锻造所获得的零件能得到较高的精度和形状外,主要是零件毛坯的成形方法,其表面粗糙、精度较低,而精度和表面质量要求高的零件几乎都要经过切削加工。切削加工在机械制造业中仍占有主导地位。

切削加工包括钳工和机械加工。通常所说的切削加工是指机械加工。

机械加工的方法很多,其中常用的方法有车削、钻削、铣削、刨削和磨削等,相应的加工刀具有车刀、钻削刀具(钻头、绞刀等)、铣刀、刨刀和砂轮等,相应的加工设备有车床、钻床、铣床、刨床和磨床等。

2. 本课程的特点

1) 综合性强

本课程系统介绍了从工程材料到成形技术,包括工程材料、铸造、锻压、焊接、热处理及切削加工工艺基础等内容在内的机械产品生产过程。它既具有高度浓缩的基础理论知识,又具有实践性很强的应用技术知识。这门课不像数学课有严谨的逻辑性和绝对性,而是广泛存在着合理与不合理,先进与不先进,可行与不可行等需要因时因地适当选择问题,而不是绝对的非此即彼。因此会使学生感到有难度。但正因为如此,学好这门课会有效地促进学生的思维方法逐渐成熟,克服绝对化、片面性,使学生认识到事物的复杂性,这无疑对学生的成才颇有益处。

2) 传统知识与现代知识的结合

工程材料与成形技术及切削加工工艺历史悠久,但由于现代科学技术的发展使传统的材料学和成形技术及切削加工工艺日益受到现代制造技术的严峻挑战。同时,现代制造技术又要以传统的工程材料和成形技术及切削加工工艺为基础。因此,本教材将以传统的工程材料和成形工艺为主,以先进的材料和成形技术为辅。传统的工程材料和成形技术的使用在当今的工业规模生产中仍然占有相当大的比重。然而,现代制造技术的使用在大中型制造类企业的生产中所占的比例不断提高。因此,除了充分掌握传统工程材料和成形技术的基本知识外,还要努力学习先进材料和制造技术。

0.3 本课程的主要任务和教学方法

1. 本课程的主要任务

(1) 掌握工程材料和材料热加工工艺与现代机械制造的完整概念,培养良好的工程意识。

(2) 掌握金属材料的成分、组织、性能之间的关系,强化金属材料的基本途径,钢的热处理原理和方法,常用金属材料和非金属材料的性质、特点、用途和选用原则。初步具有正确选用常用金属材料 and 常规热处理工艺的能力。

(3) 掌握各种热加工工艺方法的成形原理、工艺特点和应用场合,具有选用毛坯种类、成形方法和制定简单毛坯(零件)加工工艺规程的初步能力。

(4) 掌握毛坯(零件)的结构工艺性,具有分析零件结构工艺性的基本能力,能够进行简单产品的结构设计和工艺设计,培养综合运用知识的能力。

(5) 掌握零件的切削加工工艺知识及结构工艺性,具有分析零件结构工艺性、编制零件切削加工工艺规程的基本能力。

(6) 了解与本课程有关的新技术、新工艺。

2. 本课程的主要教学方法

本课程主要结合工程实践的教学,通过课堂讲授、作业和实验等方式完成教学任务。为了有效地使用本教材进行课程教学,应注意以下几点。

(1) 教学过程中应结合工程实践,以基本工艺原理为主。本课程教学要求学生应具有

一定的实践基础,为达到课程教学基本要求,学习本教材之前必须进行工程实践教学(金工实习)。教材中的基本工艺都是在工程实践中学生亲手做过的或现场教学看过的。因此,教师和学生都应十分注意将课程内容与实践内容紧密地联系起来。对于部分由于实习条件不够,一时难以实现的内容,可用 CAI(Computer Aided Instruction, 计算机辅助教学)的方式进行简单地介绍。

(2) 处理好与相关教学内容的关系。本教材的内容既具有自身的相对独立性,同时又与其他教学环节有一定的联系,如热加工工艺与“工程实践”中的内容基本相同。因此,在教学中不要重复工艺操作过程,而应该将重点放在工艺原理和分析及实习中缺少的理论知识上,同时减少重复讲授,提高教学效率。零件或毛坯结构工艺性的内容具有相对独立性,应以工艺原理和特点为基础,以零件或毛坯结构设计的合理性为目标,使学生掌握分析零件或毛坯结构工艺性的原理和方法,具有初步的结构设计能力。

(3) 重视教学资源开发与利用。借助幻灯、录像,特别是计算机辅助教学等手段,直观、准确、清晰地描述微观的、抽象的空间概念,能大大提高教学效果,激发学生学习兴趣。

(4) 加大实验项目的开发。多开设综合性、开发性实验,探索理论与实践相结合的教学模式,最大限度地利用实验室、实训基地的设备和条件,亲身实践,学做结合。

(5) 综合性训练。工程技术是综合性活动,综合运用所学知识解决工程实际问题是工程技术人员必备的基本素质,因此应多进行课堂讨论,多采用综合性大作业等教学方法进行培养。

第 1 章

金属材料导论



本章学习目标

- ★ 了解金属的力学性能及测试方法；
- ★ 了解金属的晶体结构及结晶过程；
- ★ 了解二元合金相图及应用；
- ★ 掌握铁碳合金相图；
- ★ 了解钢的热处理方法；
- ★ 了解金属材料的分类、牌号及应用。



本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
金属材料的力学性能	了解金属的力学性能及测试方法	强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度
金属的结晶构造和结晶过程	了解金属的晶体结构、结晶过程、二元合金相图及应用	金属晶格的基本类型，金属的结晶过程，纯铁的同素异构转变，合金的基本显微组织结构及二元合金相图
铁碳合金	掌握铁碳合金相图	铁碳合金基本组织，铁碳合金状态图，含碳量对碳钢组织和性能的影响
钢的热处理	了解钢的热处理方法	钢的普通热处理：退火、正火、淬火和回火及钢的表面热处理
金属的分类、牌号及应用	了解金属材料的分类、牌号及应用	金属材料的分类、牌号及应用

金属材料是制造工程构件、设备、机器和零件的最主要材料。由于各种构件和零件使用时的性能要求不同，必须要有多种金属材料来满足不同零件的使用要求。即使是同一种材料，人们也可能会依据其功能、工况的不同而将其付诸不同的加工方式。那么，选材的依据是什么呢？满足使用性能是选材时首先要考虑的。例如，起重机钢丝绳及吊钩承受拉伸应力，选材时应考虑抗拉强度；汽车传动轴承受转矩和剪切应力，选材时应考虑刚度和剪切强度；齿轮心部及齿根部承受剪切应力，而齿部表面承受磨损，这就要求齿轮心部韧性好、齿部耐磨性好；石油化工的储存和输送设备以及航海舰船壳体处于腐蚀介质中，选材时应考虑耐蚀性等。随着科学技术和国民经济的不断发展，零件的使用要求也愈来愈高。因此，近几年发展了多种新的金属材料，例如超塑合金、超导材料、形状记忆合金、功能材料和非晶材料等。为了便于材料的生产、应用与管理，也为了便于材料的研究与开发，我们有必要了解其性能、晶体结构、结晶过程、相图、热处理方式、分类牌号及应用等。

1.1 金属材料的力学性能

金属材料是以过渡族金属为基础的纯金属及含有金属、半金属或非金属的合金。由于金属材料具有良好的力学性能、物理性能、化学性能及工艺性能，能采用比较简便和经济的加工方法制成零件，因此金属材料是目前应用最广泛的材料。在生产实践中，往往由于选材不当造成设备或器件达不到使用要求或过早失效，因此了解和熟悉金属材料的性能成为合理选材、充分发挥工程材料内在性能潜力的主要依据。

材料的力学性能是指材料在外力作用下所表现出的抵抗能力。由于载荷的形式不同，材料可表现出不同的力学性能，如强度、硬度、塑性、韧性、疲劳强度等。

1.1.1 强度

材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力称为材料的强度。根据外力的作用方式，材料的强度分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。在使用中一般多以抗拉强度作为基本的强度指标，简称强度。强度单位 MPa(MN/m²)。

材料的强度、塑性是依据国家标准(GB 6397—1986)通过静拉伸试验测定的。它是把一定尺寸和形状的试样装夹在拉力试验机上，然后对试样逐渐施加拉伸载荷，直至把试样拉断为止。拉伸前后的试样如图 1.1 所示。标准试样的截面有圆形的和矩形的，圆形试样用得较多，圆形试样有长试样($l_0=10d_0$)和短试样($l_0=5d_0$)。一般拉伸试验机上都带有自动记录装置，可绘制出载荷(F)与试样伸长量(ΔL)之间的关系曲线，并据此测定应力(σ)-应变(ϵ)关系： $\sigma=F/S$ (S 为试样原始截面积)、 $\epsilon=(L-L_0)/L_0(\%)$ 。图 1.2 为低碳钢的应力-应变曲线($\sigma-\epsilon$ 曲线)。研究表明低碳钢在外加载荷作用下的变形过程一般可分为 3 个阶段，即弹性变形、塑性变形和断裂。

(1) 弹性极限。在图 1.2 中，OE 段为弹性阶段，即去掉外力后，变形立即恢复，这种变形称为弹性变形，其应变值很小，E 点的应力 σ_e 称为弹性极限。OE 线中 OP 部分为一斜直线，因为应力与应变始终成比例，所以 P 点的应力 σ_p 称为比例极限。由于 P 点和 E 点很接近，一般不作区分。