



高职高专“十二五”规划教材

模具材料与热处理

MUJU CAILIAO YU RECHULI

主 编 杨素萍

- 项目化教学教材开发
- 知识实用、够用
- 新材料、新性能、新工艺、新知识

上海科学技术出版社

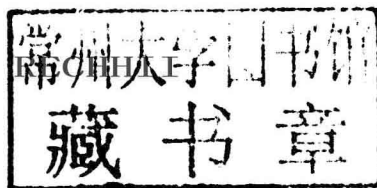


高职高专“十二五”规划教材

模具材料与热处理

MUJU CAILIAO YU

主 编 杨素萍



上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

模具材料与热处理 / 杨素萍主编. —上海:上海科学技术出版社,2011.7
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5478-0763-7

I. ①模… II. ①杨… III. ①模具钢-热处理-高等职业教育-教材 IV. ①TG162.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 055342 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张: 16.25

字数: 355 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0763-7/TG·40

定价: 33.50 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

本书从高职高专学生学习和实际应用出发,将模具材料与表面处理和机械工程材料及热处理有机地结合起来,并以模具设计与制造过程中涉及的材料性能的测试、组织的分析、热处理工艺和材料的选用为主线,以项目任务的主干知识、实践研究和拓展提高为载体编写而成。全书由12个项目组成,主要内容包括金属材料及其性能、金属及合金的晶体结构与结晶、金属塑性变形与再结晶、铁碳合金相图与碳素钢、钢的热处理和表面处理、合金钢、铸铁、非铁合金与其他材料、模具与模具材料概述、冷作模具材料、热作模具材料、塑料模具材料等。

本书可作为高职高专院校模具设计与制造专业学生教材,也可作为其他相关专业师生以及从事模具设计与制造和应用模具的技术人员的参考书。

作者名单

Authors

模具材料与热处理

主 编 杨素萍

参 编 杨晓红 王德俊 陆宝山

陈晓琴 张 晔

主 审 潘传九

高职高专培养的人才是我国企业一线的高技能、实用性人才,它直接面向企业,服务于企业。培养企业需要的人才,提高教育教学质量是高职高专院校发展的关键,为此人们不断进行教学改革的探索,校企结合、项目化教学法在一些专业和课程的教学取得好的成效,而与此教学相应的教材是教学中不可缺少的一部分,进行此类教材开发建设成为教改中比较紧迫的问题。在此背景下,编者根据多年从事职业教育的教学经验和高职学生的能力培养目标,结合模具设计与制造专业教学计划编写了本书。主要提供给高职高专院校模具设计与制造专业学生使用,同时可作为相关专业学生的参考书,亦可供从事模具设计与制造和应用模具工作方面的人员使用。

本书以模具设计与制造和应用模具工作的过程中所涉及的材料和热处理方面的知识和能力为线索编排项目;以知识的实用性和够用为尺度编排项目任务的主干知识;以实际生活中的零部件为对象编写项目任务的实践与研究;以新材料、新性能和新工艺或新知识编写项目任务的拓展与提高。书中有大量的图片,可以帮助学生增长工程背景知识和认知机械零部件和模具零部件的能力。随着我国教育和制造业面向世界,国外一些模具材料也已在国内市场上销售,本书中也涉及此项内容,可以让学生更好地了解世界的模具材料的使用和发展。

全书共 12 个项目,每一个项目都有相应的项目任务,项目任务中的学习目标分两个方面,一个是知识目标(主干知识部分),另一个是能力目标(实践与研究)。每一个项目任务中的主干知识都为其实践与研究的完成作准备,拓展与提高是为了更好地完成此部分的知识目标或能力目标。

本书由南京化工职业技术学院杨素萍任主编。具体编写分工如下:鹤壁职业技术学院杨晓红、王德俊编写项目一、四、五、十二;苏州工业职业技术学院陆宝山编写项目二;杨素萍编写项目三、六、九~十一及附录部分;硅湖职业技术学院陈晓琴编写项目七;常州机电职业技术学院张晔编写项目八。全书由杨素萍统稿,南京化工职业技术学院潘传九主审。

由于课程改革和教材建设是一项长期而艰巨的工作,项目化教材的编写难免存在不足之处,恳请广大读者和同行批评指正。

编者

项目一 金属材料及其性能	1	及其测试	16
任务一 金属材料	1	二、实践与研究	17
一、相关知识	1	三、拓展与提高	17
(一) 认识金属	1	任务四 认识金属材料的工艺性能	18
(二) 认识合金	2	一、相关知识——金属材料的工艺	
(三) 认识金属材料	2	性能内容及影响因素	18
二、实践与研究	2	二、实践与研究	19
三、拓展与提高	3	三、拓展与提高	19
任务二 金属材料的物理性能与			
化学性能	4	项目二 金属及合金的晶体结构与	
一、相关知识	4	结晶	22
(一) 认识金属物理性能的内容		任务一 纯金属的晶体结构	22
及其应用	4	一、相关知识	22
(二) 认识金属材料的化学性能		(一) 晶体学的基本知识	22
及其应用	6	(二) 纯金属常见的晶格类型	24
二、实践与研究	7	(三) 实际金属晶体的缺陷	26
三、拓展与提高	7	二、实践与研究	28
任务三 金属材料的力学性能及其		三、拓展与提高	28
测试	8	任务二 纯金属的结晶	29
一、相关知识	8	一、相关知识	29
(一) 认知金属材料的力学性能	8	(一) 过冷现象与冷却曲线	29
(二) 金属材料的强度和塑性		(二) 纯金属的结晶过程	30
以及测试	9	(三) 晶粒的大小及其控制	
(三) 金属材料的硬度及其测试		因素	30
方法	11	二、实践与研究	32
(四) 金属材料的韧性及其		三、拓展与提高	32
测试	14	任务三 合金的晶体结构与结晶	32
(五) 金属材料的疲劳强度		一、相关知识	33

(一) 合金的晶体结构	33	三、拓展与提高	54
(二) 二元合金的结晶	34		
二、实践与研究	39	项目四 铁碳合金相图与碳素钢	56
三、拓展与提高	40	任务一 认识铁碳合金的基本组织	56
项目三 金属塑性变形与再结晶	42	一、相关知识	56
任务一 认知金属的塑性变形	42	(一) 纯铁的多晶型性转变	
一、相关知识	42	(同素异构转变)	56
(一) 单晶体的塑性变形	42	(二) 铁碳合金的基本相和	
(二) 多晶体的塑性变形	43	基本组织	57
(三) 蠕变	44	二、实践与研究	58
二、实践与研究	45	三、拓展与提高	58
三、拓展与提高	45	任务二 铁碳合金相图	59
任务二 金属塑性变形对金属组织和		一、相关知识	59
性能的影响	46	(一) 铁碳合金的相图概述	59
一、相关知识	46	(二) 简化的 Fe-Fe ₃ C 相图	
(一) 金属塑性变形对金属组织		的分析	59
的影响	46	(三) 铁碳合金的分类	61
(二) 塑性变形后金属性能		(四) 典型的铁碳合金的冷却过程	
的变化	47	及其组织	61
二、实践与研究	48	(五) 含碳量对铁碳合金平衡组织	
三、拓展与提高	49	和力学性能的影响	66
任务三 冷变形金属在加热时组织		(六) 铁碳合金相图的应用	66
和性能的变化	49	二、实践与研究	67
一、相关知识	49	三、拓展与提高	67
(一) 概述	49	任务三 碳素钢(非合金钢)	68
(二) 回复	49	一、相关知识	68
(三) 再结晶	50	(一) 钢铁材料的生产过程	68
(四) 晶粒长大	51	(二) 碳素钢中的常存元素对	
二、实践与研究	52	碳钢性能的影响	71
三、拓展与提高	52	(三) 碳素钢的分类	71
任务四 金属材料的热变形加工	52	(四) 常用的碳素钢	72
一、相关知识	52	二、实践与研究	77
(一) 金属材料的冷加工和		三、拓展与提高	77
热加工	52		
(二) 金属的热塑性变形过程	53	项目五 钢的热处理和表面处理	79
(三) 热塑性变形加工对金属的		任务一 钢在加热时的组织转变	79
组织和性能的影响	53	一、相关知识	79
二、实践与研究	54	(一) 钢的热处理概述	79
		(二) 钢在加热时的组织转变	80

二、实践与研究	82	合金钢的分类	108
三、拓展与提高	82	一、相关知识	108
任务二 钢在冷却时的组织转变	82	(一) 合金元素在钢中的作用	108
一、相关知识	82	(二) 合金钢的分类	109
(一) 热处理中常用的冷却		(三) 合金钢牌号的表示方法	110
方式	82	二、实践与研究	110
(二) 钢在等温冷却时的转变	83	三、拓展与提高	110
(三) 钢在连续冷却时的转变	85	任务二 合金结构钢	111
二、实践与研究	88	一、相关知识	111
三、拓展与提高	88	(一) 低合金结构钢	111
任务三 钢的退火和正火	88	(二) 机械制造用钢	113
一、相关知识	89	二、实践与研究	117
(一) 钢的退火	89	三、拓展与提高	118
(二) 钢的正火	90	任务三 合金工具钢	118
二、实践与研究	91	一、相关知识	118
三、拓展与提高	91	(一) 合金刀具钢	118
任务四 钢的淬火与回火	92	(二) 合金模具钢	123
一、相关知识	92	(三) 合金量具钢	124
(一) 钢的淬火	92	二、实践与研究	125
(二) 钢的回火	94	三、拓展与提高	125
二、实践与研究	96	任务四 特殊性能钢	125
三、拓展与提高	96	一、相关知识	126
任务五 钢的表面热处理	97	(一) 不锈钢	126
一、相关知识	97	(二) 耐热钢	127
(一) 钢的表面淬火	97	(三) 耐磨钢	127
(二) 钢的化学热处理	99	二、实践与研究	128
(三) 表面气相沉积	103	三、拓展与提高	128
二、实践与研究	103		
三、拓展与提高	103	项目七 铸铁	130
任务六 热处理	104	任务一 铸铁的分类、组织、性能和	
一、相关知识	104	石墨化影响	130
(一) 热处理的技术条件	104	一、相关知识	130
(二) 热处理的工序位置		(一) 铸铁的分类	130
安排	105	(二) 铸铁的组织	131
二、实践与研究	106	(三) 铸铁的优良性能	131
三、拓展与提高	106	(四) 铸铁的石墨化及影响	
		因素	132
项目六 合金钢	108	二、实践与研究	133
任务一 合金元素在钢中的作用和		三、拓展与提高	133

任务二 灰铸铁	133	(二) 铝合金	148
一、相关知识	133	二、实践与研究	152
(一) 灰铸铁的成分、组织和性能	133	三、拓展与提高	153
(二) 灰铸铁的孕育处理	134	任务二 铜及铜合金	153
(三) 灰铸铁的牌号和用途	134	一、相关知识	153
(四) 灰铸铁的热处理	135	(一) 工业纯铜	153
二、实践与研究	136	(二) 铜合金	154
三、拓展与提高	136	二、实践与研究	158
任务三 可锻铸铁	136	三、拓展与提高	158
一、相关知识	136	任务三 其他非铁合金和粉末冶金	
(一) 可锻铸铁的成分和生产过程	136	材料简介	158
(二) 可锻铸铁的组织 and 性能	137	一、相关知识	159
(三) 可锻铸铁的牌号及用途	138	(一) 锌及锌合金	159
二、实践与研究	138	(二) 钛及钛合金	161
三、拓展与提高	138	(三) 轴承合金	163
任务四 球墨铸铁	139	(四) 粉末冶金材料	164
一、相关知识	139	二、实践与研究	166
(一) 球墨铸铁的化学成分和生产	139	三、拓展与提高	166
(二) 球墨铸铁的组织 and 性能	139		
(三) 球墨铸铁的牌号及用途	140	项目九 模具与模具材料概述	168
(四) 球墨铸铁的热处理	141	任务一 认识模具	168
二、实践与研究	142	一、相关知识	168
三、拓展与提高	142	(一) 模具的分类	168
任务五 蠕墨铸铁	142	(二) 模具的服役条件	169
一、相关知识	143	(三) 模具的主要失效形式	169
(一) 蠕墨铸铁的化学成分和生产过程	143	二、实践与研究	171
(二) 蠕墨铸铁的组织与牌号	143	三、拓展与提高	171
(三) 蠕墨铸铁的性能和用途	143	任务二 认识模具材料	171
二、实践与研究	144	一、相关知识	171
三、拓展与提高	144	(一) 模具材料的性能要求	171
		(二) 模具材料的分类	173
		(三) 模具材料的选用原则	173
		二、实践与研究	174
		三、拓展与提高	174
项目八 非铁合金与其他材料	147		
任务一 铝及铝合金	147	项目十 冷作模具材料	175
一、相关知识	147	任务一 冷作模具材料的性能要求与成分、热处理特点	175
(一) 工业纯铝	147	一、相关知识	175

(一) 冷作模具材料的性能 要求	175	(五) 压铸模用铜合金	208
(二) 冷作模具材料的成分 特点	177	(六) 进口热作模具钢简介	208
(三) 冷作模具材料的热 处理特点	177	二、实践与研究	211
二、实践与研究	178	三、拓展与提高	211
三、拓展与提高	178	任务三 热作模具的选材	212
任务二 冷作模具材料与热处理 ..	178	一、相关知识	213
一、相关知识	178	(一) 热锻模选材	213
(一) 冷作模具钢及热处理	178	(二) 热挤压模选材	214
(二) 硬质合金	186	(三) 压铸模选材	215
(三) 进口冷作模具钢简介	187	(四) 热冲裁模选材	216
二、实践与研究	191	二、实践与研究	216
三、拓展与提高	191	三、拓展与提高	217
任务三 冷作模具的选材	192	项目十二 塑料模具材料	218
一、相关知识	192	任务一 塑料模具的分类、工作条件、 失效形式及性能要求	218
(一) 冷作模具的选材原则	192	一、相关知识	218
(二) 常用的冷作模具的选材 ..	193	(一) 塑料模具的分类	218
二、实践与研究	198	(二) 塑料模具的服役条件	219
三、拓展与提高	199	(三) 塑料模具常见的失效 形式	219
项目十一 热作模具材料	200	(四) 塑料模具材料的性能 要求	219
任务一 热作模具材料的性能要求 及成分、热处理特点	200	二、实践与研究	220
一、相关知识	200	三、拓展与提高	220
(一) 热作模具材料的性能 要求	200	任务二 塑料模具材料与热处理 ..	221
(二) 热作模具钢的成分特点 ..	201	一、相关知识	221
(三) 热作模具钢的热处理 特点	201	(一) 塑料模具钢的分类	221
二、实践与研究	201	(二) 塑料模具钢的成分、性能 和热处理	222
三、拓展与提高	202	(三) 其他的塑料模具材料	230
任务二 热作模具材料与热处理 ..	202	(四) 进口塑料模具钢简介	231
一、相关知识	203	二、实践与研究	234
(一) 热作模具钢与热处理	203	三、拓展与提高	234
(二) 硬质合金	207	任务三 塑料模具的选材	235
(三) 高温合金	208	一、相关知识	235
(四) 难熔金属合金	208	(一) 塑料模具选材的原则	235
		(二) 塑料模具成形零件 的选材	235

(三) 塑料模具结构零件的	
选材	237
二、实践与研究	238
三、拓展与提高	238
附录	240
附录 1 布氏硬度与压痕直径	
对照表	240
附录 2 黑色金属硬度及强度	
换算表(一)	241
附录 3 黑色金属硬度及强度	
换算表(二)	242
附录 4 常用结构钢退火及正火	
工艺规范	243
附录 5 常用工具钢退火及正火	
工艺规范	244
附录 6 新旧低合金高强度结构钢的	
标准牌号对照及用途 ...	245
参考文献	246

项目一

金属材料及其性能

材料是人类生存的物质基础,新材料的诞生是人类文明进步的标志。在我们的生活中,到处可见金属材料制品,工农业生产更是离不开金属材料,尤其是钢铁材料。金属材料得以广泛应用源于它具有的优良性能。材料的性能一般分为两大类:一类性能是使用性能,即材料在使用过程中表现出来的性能,如力学性能、物理性能和化学性能;另一类性能是工艺性能,即材料在加工过程中所表现出来的性能,如焊接性能、热处理性能、切削加工性能等。本项目主要是认识金属材料,研究金属材料的性能指标,测试其性能。

任务一 金属材料

【学习目标】

1. 认识金属材料及其特性,了解常见的金属和合金。
2. 具有识别所使用金属材料最基本的能力。

在金属材料的海洋中,它主要有两个领域:一是纯金属,人们通常将纯金属就称为金属;二是合金,它是人类使用最多的金属材料。金属和合金都在不同的领域发挥不同的作用。本任务主要是从生活用品出发,认识金属、合金的特性和应用,来认识金属材料。

一、相关知识

(一) 认识金属

在我们的日常生活中,像铁、铝、铜、金、银等都是金属,在常温下,除了温度计中的汞(水银)为液态之外,其余的金属都是固体。

在固态下,各种不同的金属都具有共同的特性,表现为具有特殊的光泽,良好的导电性、导热性以及一定的强度和塑性。例如:铜是紫红色的,银是银白色的,它们除了有一定的颜色外,都带有一种亮亮的光泽,不同的金属具有不同的特殊光泽;日常生活中的铜芯线、铝芯线、铁锅和铝锅都表明金属具有良好的导电性和导热性;金属制件的成形表明金属具有一定的塑性和强度,如薄铝板能制成易拉罐。不同的金属具有不同的性能,这种性能上的差异使金属具有不同的用途。

(二) 认识合金

生活中有大量的不锈钢产品,不锈钢锅、不锈钢水杯、不锈钢豆浆机、铜合金地漏、铝合金门窗、工厂里的大机器、加工的产品,这些几乎都不是纯金属制件,这是由于纯金属的性能已不能满足这些机械零部件的要求了,而这些能满足性能要求的物质就是合金。合金是由两种或两种以上的金属元素或金属元素与非金属元素组成的,并具有金属特性的物质。合金往往比组成它们的金属具有更好的性能。它具有较高的强度、硬度,良好的耐热性、耐腐蚀性、电磁性,价格比纯金属低廉,因此合金的应用比纯金属更广泛,表 1-1 是日常生活中常见的合金、组成元素及用途。

表 1-1 生活中常见的合金及用途

合金种类	主要组成元素	日常用途
碳 钢	铁、碳	刀具
铸 铁	铁、碳	铁锅
黄 铜	铜、锌	门锁、弹壳
青 铜	铜、锡	青铜器
硬 铝	铝、铜、镁	门窗框架
焊 锡	铅、锡	焊接金属
镁铝合金	镁、铝	计算机和照相机外壳
武德合金	铅、锡、铋、镉	熔丝

合金在人类的生产和生活中得到极其广泛的应用,除上述一些生活用品外,日常使用的各种铁器,其实是铁合金,钢精锅、高压锅是铝合金制成的;我国发行的人民币的壹元硬币(钢芯镀镍合金)、伍角硬币(钢芯镀铜合金)和壹角硬币(铝合金),它们都是合金。随着科学技术的发展,新型的合金在不断地开发研制,如形状记忆合金、高温合金、储氢合金、永磁合金、非晶态合金相继问世,使合金的应用更广泛。

(三) 认识金属材料

在工业生产中,纯金属和合金统称为金属材料。通常我们将金属材料分为黑色金属材料和非铁金属材料(有色金属材料)两大类。以铁或以它为主形成的金属材料称为黑色金属材料,如碳钢、合金钢和铸铁等。除黑色金属材料以外的金属和合金称为非铁金属材料,如铜及铜合金、铝及铝合金以及轴承合金等。

由于金属材料不仅冶炼资源丰富,而且具有优良的物理、化学、力学性能。此外金属材料的加工工艺性能较好,还可以通过热处理改变其性能,使其满足更多产品的使用性能的需要。因此金属材料在机械工业中应用最为广泛,在各种机械设备的应用中,金属材料约占 90% 以上。

二、实践与研究

(1) 请说出表 1-2 所列出的日常生活用品是用什么金属材料制成的。

表 1-2 日常生活中使用的金属

金属材料不同的用途	金属材料名称
制易拉罐的金属	
制作导线的紫红色的金属	
制作铁锅的材料	
灯泡中的灯丝	
体温计中填充的金属	
弹壳	

(2) 参观学校的钳工和金工车间,在老师的指导下完成表 1-3 的内容。

表 1-3 钳工和金工车间的零件和工具所用材料

零件或工具	锉刀、锯条	台虎钳底座	普通车床主轴	车床床身	高速钢车刀
制造材料					

(3) 收集你所能得到的不同种类的金属材料,并制成金属材料的实物标本,观察收集到的金属材料的颜色和光泽。

三、拓展与提高

神奇的记忆合金

在新材料的王国里,有一种具有记忆功能的合金,能“记忆”它原来的形状,因此被称为形状记忆合金。它的记忆功能与温度有关系,记忆合金几乎可以百分之百地恢复原状,且可以反复加热、冷却、复原。如今,记忆合金已在高科技领域、工业和日常生活中大显身手,发挥着独特的作用。

人造卫星在工作时,少不了天线,而它的天线要像大伞似地张开,发射时难以保证,但记忆合金能很好地解决这一难题,如图 1-1 所示。

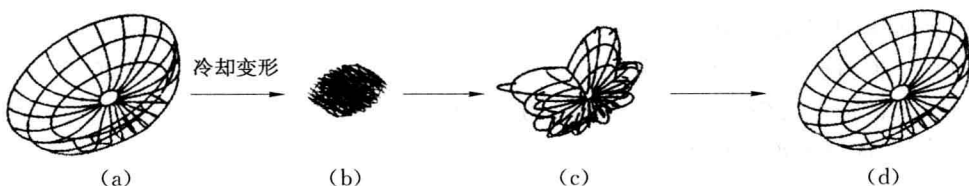


图 1-1 记忆合金制成的卫星天线的记忆过程

- (a) 用形状记忆合金丝制成的天线; (b) 通过冷却将天线揉成团;
(c) 在加热时形状开始恢复; (d) 形状完全恢复

记忆合金作为一种新型的功能材料,有很多新用途正不断被开发,例如:汽车的外壳也可以使用记忆合金制成,如不小心碰瘪了,只要用电吹风加热,就可以恢复原状。

现已发现镍钛合金、铜基合金、铁基合金等都有这种奇妙的记忆本领。

任务二 金属材料的物理性能与化学性能

【学习目标】

1. 了解金属材料的物理性能和化学性能的概念。
2. 熟悉金属材料的物理性能的内容及应用。
3. 熟悉金属材料的化学性能的内容及应用。
4. 具有辨别金属物理性能和化学性能的能力,并具有应用物理性能和化学性能解决实际问题的能力。

金属的物理性能是指金属固有的属性,它包含有密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等。金属的化学性能是指金属在室温或高温时抵抗各种化学介质作用所表现出来的性能,它包括耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。本任务主要研究金属材料的物理性能及化学性能的内容和应用。

一、相关知识

(一) 认识金属物理性能的内容及其应用

1. 密度

金属的密度是指单位体积金属的质量。密度是金属的特性之一,用 ρ 表示。其计算公式为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——金属材料的密度(kg/m^3);

m ——金属材料的质量(kg);

V ——金属材料的体积(m^3)。

不同金属的密度是不同的,大多数金属的密度都很大,密度最大的是金属钨($22.48 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$),但有些金属的密度较小,钠、钾能浮在水面上,密度最小的是金属锂($0.534 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$),常将密度小于 $5 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属称为轻金属,密度大于 $5 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ 的金属称为重金属。常用金属的密度见表1-4。

表1-4 常用金属的物理性能

金属名称	符号	密度(20°C) ρ / ($10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$)	熔点/ $^\circ\text{C}$	热导率 λ /[$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	线胀系数($0 \sim 100^\circ\text{C}$) $\alpha_l / (10^{-6} ^\circ\text{C}^{-1})$	电阻率(0°C) ρ / ($10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)
银	Ag	10.49	960.8	418.6	19.7	1.5
铝	Al	2.698 4	660.1	221.9	23.6	2.655
铜	Cu	8.96	1 083	393.5	17.0	1.67~1.68(20°C)

(续表)

金属名称	符号	密度(20℃) ρ / (10^3 kg/m^3)	熔点/℃	热导率 λ /[W/(m·K)]	线胀系数(0~100℃) α_t /($10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)	电阻率(0℃) ρ / ($10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)
铬	Cr	7.19	1 903	67	6.2	12.9
铁	Fe	7.84	1 538	75.4	11.76	9.7
镁	Mg	1.74	650	153.7	24.3	4.47
锰	Mn	7.43	1 244	4.98(-192℃)	37	185(20℃)
镍	Ni	8.90	1 453	92.1	13.4	6.84
钛	Ti	4.508	1 677	15.1	8.2	42.1~47.8
锡	Sn	7.298	231.91	62.8	2.3	11.5
钨	W	19.3	3 380	166.2		5.1

在体积相同的情况下,金属的密度越大,其质量也就越大。金属的密度直接关系到所制造设备的自重和效能。如发动机要求质轻和惯性小的活塞,常采用密度小的铝合金制造。在航空工业领域中,密度更是选材的关键性能指标之一。

2. 熔点

金属和合金从固态向液态转变时的温度称为熔点。纯金属都有固定的熔点。常用金属的熔点见表 1-4。

合金的熔点取决于它的化学成分,如钢和生铁虽然都是铁和碳的合金,但由于碳的质量分数不同,其熔点也就不同。熔点对于金属和合金的冶炼、铸造、焊接都是重要的工艺参数。

工业上一般把熔点低于 700℃ 的金属称为易熔金属(如锡、铅、锌等),熔点高于 700℃ 的金属称为难熔金属(如钨、钼、钒等)。熔点高的金属材料可以用来制造耐高温零件,在火箭、导弹、燃气轮机和喷气飞机等方面得到广泛应用。熔点低的金属材料可以用来制造印刷铅字(铅与锑的合金)、熔丝(铅、锡、铋、镉的合金)和防火安全阀等零件。

3. 导热性

金属材料能够传导热量的性能称为导热性。金属材料导热能力的大小常用热导率(亦称导热系数) λ 表示。金属的热导率越大,说明其导热性就越好。

一般说来,金属越纯,其导热能力就越大。合金的导热性比纯金属差。金属的导热能力以银为最好,铜、铝次之。常用金属的热导率见表 1-4。

导热性好的金属其散热性也好,如在制造散热器、热交换器与活塞等零件时,就要注意选用导热性好的金属。在制定焊接、铸造、锻造和热处理工艺时,也必须考虑金属的导热性,防止金属材料在加热或冷却过程中形成过大的内应力,造成金属材料发生变形或开裂。

4. 导电性

金属材料能够传导电流的性能,称为导电性。金属导电性的好坏常用电阻率的大小来衡量。长 1 m、截面积为 1 mm² 的物体在一定温度下所具有的电阻值,叫作电阻率,用 ρ 表示,其单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 。电阻率越小,导电性就越好。

导电性和导热性一样,是随合金成分的复杂化而降低的,因而纯金属的导电性总比合金好,因此,工业上常用纯铜、纯铝作导电材料,而用导电性差的铜合金(康铜)和铁铬铝合金材