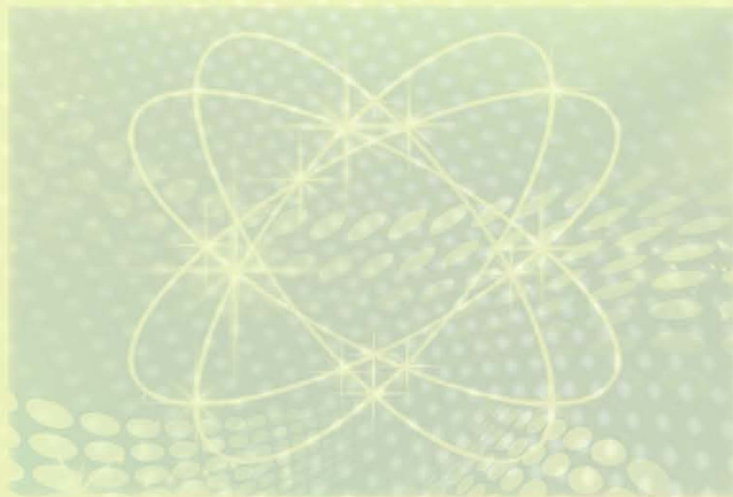


# 焊接设备与工艺

齐庆国 主编



兰州大学出版社

# 焊接设备与工艺

齐庆国 主编

兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊接设备与工艺/齐庆国主编. —兰州: 兰州大学出版社, 2011. 1

中等职业教育通用教材

ISBN 978-7-311-03126-8

I. ①焊… II. ①齐… III. ①焊接设备—专业学校—教材②焊接工艺—专业学校—教材 IV. ①TG43②TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 015690 号

策划编辑 张国梁  
责任编辑 雷鸿昌  
封面设计 刘杰

---

书 名 焊接设备与工艺  
作 者 齐庆国 主编  
出版发行 兰州大学出版社 (地址: 兰州市天水南路 222 号 730000)  
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)  
0931-8914298(读者服务部)  
网 址 <http://www.onbook.com.cn>  
电子信箱 [press@lzu.edu.cn](mailto:press@lzu.edu.cn)  
印 刷 兰州奥林印刷有限责任公司  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 14.25  
字 数 328 千  
版 次 2011 年 2 月第 1 版  
印 次 2011 年 2 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-311-03126-8  
定 价 23.00 元

---

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

# 前 言

《焊接设备与工艺》是依照中等职业学校“以就业为导向、以能力为本位”的课程改革要求,为适应中等职业教育教学改革和教材建设的需求而编写的。

该书具有以下特点:

第一,符合中职学生的认知特点,以学生“能够学会、能够掌握、工作必需”为原则,力求教学内容与生产实际“零”距离,具有较强的实用性和针对性。

第二,注重从理论知识、素质、技能等方面对学生进行全面培养,除教材结构体系体现现代职业教育观念外,还注意反映新时代下的新知识、新工艺和新方法,以培养学生的创新精神和创新意识。

第三,编写模式新颖,将需要掌握的知识点进行分解,按先理论模块、后实践模块编排,每个模块按任务驱动法激发学生的学习自主性,充分体现了理论与实践的结合,充分满足“教、学、做”合一的教学需要。

全书内容共分为八个模块,包括焊接基础知识、焊条电弧焊、CO<sub>2</sub>气体保护焊、惰性气体保护焊、埋弧焊、等离子弧焊接与切割、其他焊接方法、中级电焊工理论考试复习题库。

该书由齐庆国担任主编,王泽荫担任副主编。具体写作分工为:甘肃煤炭工业学校刘晓玲(模块一)、齐庆国(模块二、模块七、模块八)、甘肃机电职业技术学院王泽荫(模块四、模块五)、景泰职教中心李有善(模块三、模块六)。全书由齐庆国统稿,兰州石化职业技术学院王建勋教授对全书进行了审订。

本书在编写过程中,甘肃省机电职教集团、甘肃机电职业技术学院、兰州石化职业技术



# 目 录

## 前言

<b>模块一 焊接基础知识</b> .....	1
课题一 焊接材料学知识 .....	1
课题二 焊接的本质及分类 .....	14
课题三 焊接电弧及电源基础知识 .....	17
课题四 焊接的安全与防护 .....	26
<b>模块二 焊条电弧焊</b> .....	32
理论模块 .....	32
课题一 焊条电弧焊的原理及特点 .....	32
课题二 焊条电弧焊的焊接设备 .....	35
课题三 焊条电弧焊的焊接工艺 .....	40
实训模块 .....	56
课题一 焊条的分类、正确使用和保管 .....	56
课题二 焊条电弧焊实例 .....	65
习题模块 .....	84
<b>模块三 CO<sub>2</sub> 气体保护焊</b> .....	87
理论模块 .....	87
课题一 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的原理及应用 .....	87
课题二 CO <sub>2</sub> 气体保护焊的焊接材料及设备 .....	89
课题三 CO <sub>2</sub> 气体保护焊工艺 .....	99
实训模块 .....	103
课题一 CO <sub>2</sub> 气体保护焊操作的基本知识 .....	103
课题二 CO <sub>2</sub> 气体保护焊实例 .....	107
习题模块 .....	111

<b>模块四 惰性气体保护焊</b> .....	113
理论模块 .....	113
课题一 TIG 的特点和应用 .....	115
课题二 TIG 焊设备 .....	116
课题三 TIG 焊焊接工艺 .....	120
课题四 熔化极惰性气体保护焊 .....	125
实训模块 .....	131
课题一 TIG 焊操作的基础知识 .....	131
课题二 惰性气体保护焊操作实例 .....	136
习题模块 .....	140
<b>模块五 埋弧焊</b> .....	142
理论模块 .....	142
课题一 埋弧焊的原理及特点 .....	142
课题二 埋弧焊设备 .....	144
课题三 埋弧焊焊接材料与冶金过程 .....	149
课题四 埋弧焊焊接工艺 .....	152
实训模块 .....	156
课题一 埋弧焊的基本操作技能 .....	156
课题二 埋弧焊操作实例 .....	161
习题模块 .....	165
<b>模块六 等离子弧焊接与切割</b> .....	166
理论模块 .....	166
课题一 等离子弧的产生及特点 .....	166
课题二 等离子弧焊接 .....	170
课题三 等离子弧切割 .....	173
实训模块 .....	179
课题一 等离子弧切割操作知识 .....	179
课题二 等离子弧焊接、切割实例 .....	183
习题模块 .....	185
<b>模块七 其他焊接方法</b> .....	187
理论模块 .....	187
课题一 电渣焊 .....	187
课题二 电阻焊 .....	193
课题三 新焊接技术及方法 .....	196
习题模块 .....	202
<b>模块八 中级电焊工理论考试复习题库</b> .....	203
答案 .....	219

# 模块一 焊接基础知识

## 【模块概述】

焊接是被焊工件通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充金属,使工件达到原子间的结合的一种加工工艺方法。首先,在焊接过程中,焊接材料的性能直接影响焊接的最后效果,因此了解焊接材料的性能及用途是焊接进行前的准备工作;其次,焊接电源和焊接电弧是焊接过程中能量提供和能量转换的主要环节,掌握焊接电源和焊接电弧的原理是焊接实施的关键;再次,焊接也是一项高危行业,因此注意焊接过程中的安全与防护是焊接从业人员的首要任务。

## 【教学目标】

- 1.了解焊接材料学的基础知识,特别是钢铁材料和合金材料的性能及用途。
- 2.掌握焊接电弧与焊接电源的基本理论。
- 3.了解焊接过程中的安全与防护。

## 【理论模块】

### 课题一 焊接材料学知识

#### 任务一 掌握金属材料基础知识

金属材料由于具有比其他材料优越的性能,如物理性能、化学性能、力学性能及工艺性能等,广泛地应用于机械制造、工程建设、交通、石油化工、农业、国防等领域。同时,焊接中的母料也以金属为主,因此,了解金属材料的分类、性能等知识具有重要意义。





## 一、金属的基本概念

### 1. 金属的定义

金属是指具有良好的导电性和导热性,有一定的强度和塑性,并具有特殊金属光泽的物质。金属材料是指由金属元素或以金属元素为主要材料构成的,并具有金属特性的工程材料,它一般包括纯金属和合金两类。

纯金属在工业生产中虽然具有一定的用途,但是由于它的强度、硬度普遍较低,而且冶炼技术复杂,价格较高,因此在使用上受到很大的限制。目前在工农业生产、建筑、国防建设中广泛使用的大多是合金状态的金属材料。

合金是指两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素组成的金属材料,如碳素钢是由铁和碳组成的合金。与纯金属相比,合金除具有较好的力学性能外,还可以通过调整组成元素之间的比例,获得一系列性能各不相同的合金,从而满足不同应用的性能要求。

### 2. 金属材料的分类

金属材料通常分为钢铁材料和非铁金属材料两大类,如表 1-1 所示。

表 1-1 金属材料的分类

金属材料							
钢铁材料				非铁金属材料			
非合金钢	低合金钢	合金钢	铸铁	铜及铜合金	铝及铝合金	钛及钛合金	其他非铁金属

钢铁材料(或称黑色金属)是指以铁或以它为主形成的金属材料,如钢和生铁。钢铁材料按含碳量的高低进行分类,可以分为工业纯铁、钢和生铁。

非铁金属(或称有色金属)材料是指除钢铁材料以外的其他金属材料,如金、银、铜、铝、钛等。

除此之外,随着科技的发展还出现了许多新型金属材料,如高温合金、粉末冶金材料、非晶态金属材料、纳米金属材料、单晶合金以及新型金属功能材料(永磁合金、形状记忆合金、超细金属隐身材料)等。

在焊接材料中我们主要用到的还是钢铁材料和有色金属,下面就重点介绍常用钢铁材料和有色金属的性质及用途。

## 二、非合金钢

非合金钢是工业生产中用量较大的钢铁材料,俗称碳钢,是指含碳量小于 2.11%的铁碳合金。碳钢中除含有铁、碳元素外,还有少量硅、锰、硫、磷等杂质。碳钢比合金钢价格低廉,产量大,具有必要的力学性能和优良的金属加工等性能,在机械工业中应用广泛。

## 1. 非合金钢的分类

常用的分类方法有以下几种:

(1) 按钢的含碳量分类

- 1) 低碳钢 含碳量 $<0.25\%$ ;
- 2) 中碳钢 含碳量  $0.25\% \sim 0.60\%$ ;
- 3) 高碳钢 含碳量 $>0.60\%$ 。

(2) 按钢的质量分类(根据钢中含杂质硫(S)、磷(P)的量进行分类)

- 1) 普通碳素钢  $S \leq 0.05\%, P \leq 0.045\%$ ;
- 2) 优质碳素钢  $S \leq 0.035\%, P \leq 0.035\%$ ;
- 3) 高级优质钢  $S \leq 0.025\%, P \leq 0.025\%$ ;
- 4) 特级优质钢  $S < 0.015\%, P < 0.025\%$ 。

(3) 按钢的用途分类

- 1) 结构钢 主要用于制造各种机械零件和工程结构件,其含碳量一般都小于  $0.70\%$ 。
- 2) 工具钢 主要用于制造各种刀具、模具和量具,其含碳量一般都大于  $0.70\%$ 。

## 2. 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢因价格便宜,产量较大,大量用于金属结构和一般机械零件。

碳素结构钢的牌号由代表屈服点的拼音字母“Q”、屈服点数值、质量等级符号和脱氧方法符号四个部分按顺序组成。如 Q235 表示屈服强度为 235MPa 的普通碳素钢。

## 3. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢一般用来制造重要的机械零件。使用前一般都要经过热处理来改善力学性能。优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示,这两位数字表示该钢平均含碳量的万分之几,例如 45 表示平均含碳为  $0.45\%$  的优质碳素结构钢。优质碳素结构钢根据钢中含锰量不同,分为普通含锰钢( $Mn < 0.80\%$ )和较高含锰量钢( $Mn = 0.70\% \sim 1.20\%$ )两组。较高含锰量钢在牌号后面标出元素符号“Mn”或汉字“锰”。为了适应各种专门用途的某些专用钢,则在牌号后面标出规定的符号。常用优质碳素结构钢的性能和用途如表 1-2 所示。

表 1-2 常用优质碳素结构钢性能及用途

牌号	类别	性能	用途
08~15	冲压钢	塑性好、强度低、焊接性能好。	制作薄板、冷冲压零件和焊接件。
20~25	渗碳钢	强度、硬度较低,塑性、韧性及焊接性能良好。	制作冲压件,焊接结构件及强度要求不高的机械零件及渗碳件。
30~55	调质钢	强度和硬度较高,塑性和韧性随含碳量的增加而逐步降低,切削性能良好。	经调质后,能获得较好的综合性能。主要用来制造受力较大的机械零件。
60~85	弹簧钢	强度、硬度和弹性较高,但焊接性能不好,切削性较差,冷变形塑性低。	主要用来制造具有较高强度、耐磨性和弹性的零件。



### 三、合金钢

合金钢是在碳钢的基础上,为了获得特定的性能,有目的地加入一种或多种合金元素的钢。加入的元素有硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、钛、铝及稀土等。

#### 1.合金钢的分类

(1)按用途分类

合金结构钢 用于制造机械零件和工程结构的钢;

合金工具钢 用于制造各种加工工具的钢;

特殊性能钢 具有某种特殊物理、化学性能的钢,如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

(2)按所含合金元素总含量分类

低合金钢 合金元素总含量<5%;

中合金钢 合金元素总含量 5%~10%;

高合金钢 合金元素总含量>10%。

#### 2.合金钢的性能特点

(1)普通低合金结构钢 普通低合金结构钢虽然是一种低碳(C<0.20%)、低合金(一般合金元素总量<3%)的钢,由于合金元素的强化作用,这类钢比相同含碳量的碳素结构钢的强度(特别是屈服点)要高得多,并且有良好的塑性、韧性、耐蚀性和焊接性。广泛用来制造桥梁、船舶、车辆、锅炉、压力容器、输油(气)管道和大型钢结构。常用低合金钢的牌号性能见表 1-3。

表 1-3 常用普通低合金结构钢性能及用途

牌号	板厚 (mm)	力学性能				热处理	焊接性及其他说明
		$\delta_s \geq$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta_b \geq$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)	冷弯 180°		
12Mn	≤16 17~25	300 280	450 440	21 19	d=2a d=3a	热轧	焊接性能优良
16Mn (16MnCu)	≤16 17~25	350 330	520 500	21 19	d=2a d=3a	热轧	焊接性能良好,当气温低于零下5℃时需预热
15MnV (15MnVCu)	5~6 17~25	400 380	540 520	18 17	d=3a d=3a	热轧	焊接性能与16Mn相似,有一定中温强度,可在<450℃工作
15MnTi (15MnTiCu)	≤25 26~40	400 380	540 520	19 19	d=3a d=3a	正火	焊接工艺与16Mn相似,当板厚>8mm时,热轧状态下塑性、韧性不好,必须正火后使用(正火温度910℃),≤8mm的钢板可用710℃高温回火,改善塑性及韧性,因热轧前加热至高温使Ti溶于固溶体中,溶于铁素体中的Ti强烈降低钢的塑性、韧性,因此含Ti普低钢一般都在正火状态使用
14MnVTiXt (14MnVTiCuX)	≤12 13~20	450 420	560 540	18 18	d=2a d=3a	正火	因含Mo较多,中温力学性能较高,并有一定抗氢能力,可用于锅炉和石油、化工部门在500℃以下工作的高压容器,焊接前预热200℃~250℃,焊后600℃~670℃去应力退火
14MnMoV (14MnMoVCu)	30~115	500	620	15	d=3a	正火 回火	

(2) 不锈钢 不锈钢是具有抗大气、酸、碱、盐等腐蚀作用的不锈耐酸钢的统称。通常在大气中能抵抗腐蚀作用的钢,称不锈钢。在较强腐蚀介质中能抵抗腐蚀作用的钢,称耐酸钢。要达到不锈耐蚀的目的,必须使钢的含Cr $\geq$ 13%。常用不锈钢化学成分及用途见表 1-4。

表 1-4 常用不锈钢的化学成分及用途

类别	牌号	化学成分					用途举例
		C	Cr	Ni	Mn	Ti	
马氏 体型	1Cr13	0.08~0.15	12.0~14.0	—	$\leq$ 0.60	—	汽轮机叶片、水压机阀、内 燃机水泵轴
	3Cr13	0.25~0.34	12.0~14.0	—	$\leq$ 0.60	—	热油泵、阀门部件、弹簧
	4Cr13	0.35~0.45	12.0~14.0	—	$\leq$ 0.60	—	量具、刀具、弹簧
	9Cr18	0.9~1.00	17.0~19.0	—	$\leq$ 0.80	—	滚珠轴承、刀具、量具
铁素 体型	1Cr17	$\leq$ 0.12	16.0~18.0	—	$\leq$ 0.80	—	硝酸及食品工厂设备
	1Cr28	$\leq$ 0.15	27.0~30.0	—	$\leq$ 0.80	—	浓硝酸设备
	1Cr25Ti	$\leq$ 0.12	24.0~27.0	—	$\leq$ 0.80	5xC%~0.8	浓硝酸设备
奥氏 体型	1Cr18Ni19	$\leq$ 0.12	17.0~19.0	8.0~11.0	$\leq$ 2.0	—	耐硝酸、冷磷酸、有机酸及 盐、碱溶液服饰的设备零 件
	0Cr18Ni9Ti	$\leq$ 0.08	17.0~19.0	8.0~11.0	$\leq$ 2.0	5xC%~0.7	耐酸设备、空气压缩机进 气阀阀片
	1Cr18Ni9Ti	$\leq$ 0.12	17.0~19.0	8.0~11.0	$\leq$ 2.0	5(C%-0.02)~0.8	耐酸设备、空气压缩机进 气阀阀片
	2Cr13Mn9Ni4	0.15~0.25	12.0~14.0	3.7~5.0	8.0~10.0	—	代替铬镍钢

1) 马氏体型不锈钢 具有较高的抗拉强度,较好的热加工性和良好的切削加工性,但冷冲压性和焊接性较差,耐蚀性较其他不锈钢差。焊接后应力较大,必须在几小时内进行退火。

2) 铁素体型不锈钢 这类钢从室温加热到高温(960℃~1000℃)组织无明显变化,具有较高的耐蚀性、良好的抗氧化性和高的塑性;焊接性能比马氏体型好,广泛用于化工生产。

3) 奥氏体型不锈钢 奥氏体型不锈钢在 450℃~850℃易产生晶间腐蚀。在固溶处理状态下塑性很好( $\delta=40\%$ ),适宜于进行各种冷塑性变形,但对加工硬化很敏感,所以切削性很差,焊接性能比上述两种不锈钢好。焊后为消除焊接应力,以防止应力腐蚀,一般重新加热到 850℃~950℃,保温 1~3h,然后空冷或水冷,进行去应力回火。

(3) 耐热钢 耐热钢是指在高温下具有一定热稳定性和热强性的钢。金属材料的耐热性包括高温抗氧化性和高温强度两个部分。

1) 抗氧化钢 其特点是在高温下不起氧化皮。主要用于长期在高温下工作,但要求强度不高的零件。如各种加热炉板、渗碳箱等。常用的有 4Cr9Si2、1Cr13SiAl 等。

2) 珠光体耐热钢 其含碳量均为低碳,低碳除有良好的工艺性能外,对高温性能也有利。所以一般用于工作温度在 300℃~500℃,要求受较大负荷的构件。如锅炉、汽轮机零件等,其



用量非常大。这类钢的热处理一般是采用正火。常用的钢材有:15CrMo、12CrMoV。

#### 四、铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11%的铁碳合金,从化学成分看,铸铁与钢的主要区别在于铸铁比钢含有更高的碳和硅,并且硫、磷杂质含量较高。铸铁具有良好的铸造性能、耐磨性、减摩性、减震性和切削加工性,而且加工成本低,因此应用广泛。铸铁由于强度低、塑性及韧性较差,不能进行锻造、轧制、拉丝等成形加工。

##### 1. 铸铁的分类

铸铁的种类很多,根据碳在铸铁中的存在的形式不同,铸铁可分为白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁、合金铸铁等。

##### 2. 常用铸铁及用途

常用铸铁的性能及用途等见表1-5 所示。

表 1-5 常用铸铁的性能及用途

名称	碳结构	牌 号	性 能	用 途	常用型号
灰铸铁	片状石墨	HT+最低抗拉强度	铸造性、减摩性及切削加工性能良好,焊接性较差	铸造机床床身、各类箱体及机器底座	HT100 HT150 HT200 HT250 HT300 HT350
球墨铸铁	小球状石墨	QT+最低抗拉强度+最低断后伸长率	强度较高、塑性和韧性良好,焊接性能良好	可代替铸钢或锻件,用于制造连杆、曲轴、凸轮轴及齿轮、涡轮等	QT400-15 QT500-7 QT700-2
蠕墨铸铁	碳+多种合金	RuT+最低抗拉强度	强度较高,铸造性、导热性能良好	制造机床立柱、柴油机的汽缸盖、缸套及排气管等	RuT420 RuT300 RuT260
黑心可锻铸铁	团絮状石墨	KTH+最低抗拉强度+最低断后伸长率	较高的塑性和韧性	制造形状复杂、承受冲击载荷的薄臂中小件	KTH330-08 KTH370-12
KTZ+最低抗拉强度+最低断后伸长率		KTH+最低抗拉强度+最低断后伸长率	较高的强度、硬度和耐磨性	制造连杆、曲轴、凸轮轴、齿轮等	KTZ550-04

#### 五、有色金属

通常把铁及其合金称为黑色金属,而把非铁及其合金称为有色金属。有色金属具有许多特殊性能,是现代工业生产中不可缺少的结构材料。

## 1. 铝及铝合金

(1) 工业纯铝 是银白色的金属,常用来制造导电体、耐腐蚀的容器和生活用具。其主要特性如下:

- 1) 铝的密度只有  $2.72 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ,仅为铁的 1/3,是轻金属,熔点低(约为  $660^\circ\text{C}$ );
- 2) 导电性、导热性较好,仅次于银和铜;
- 3) 抗大气腐蚀性能好;
- 4) 具有良好的塑性;
- 5) 焊接性能和铸造性能差。

(2) 铝合金 纯铝的强度很低,加入适当硅、铜、镁、锌、锰等合金元素,形成铝合金,再经过冷变形和热处理,则强度可以明显提高。

铝合金按其成分和工艺特点,可分类如下:

1) 形变铝合金 特点是塑性好,适宜于进行压力加工,故称形变铝合金,其牌号、性能和用途见表 1-6。

表 1-6 常用形变铝合金的牌号、性能及用途

类 别	牌 号	力学性能(退火)			用 途
		$\delta_b$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$\delta$ (%)	硬度 (HBS)	
防锈铝	LF5	270	23	70	主要用于制造耐蚀性好的容器,如防锈蒙皮及受力小的结构件
	LF11	270	23	70	
	LF21	130	24	30	
硬 铝	LY1	160	24	33	用于制造飞机的大梁、隔框、空气螺旋及蒙皮等,在仪表制造中也有广泛的应用
	LY11	180	18	45	
	LY12	230	18	42	
超硬铝	LC4	220	10	—	主要用于飞机上受力较大的结构件,如飞机大梁、起落架等
锻 铝	LD2	130	24	30	主要用于航空及仪表工业制造形状复杂、质量轻并且强度要求较高的锻件或冲压件

2) 铸造铝合金 特点是塑性较差,一般不宜进行压力加工,但适宜于铸造,通常称为铸造铝合金,其牌号、成分和特点见表 1-7。



表 1-7 常用铸造铝合金的牌号、性能及特点

类别	牌 号	机械性能(不低于)			用途
		$\delta_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)	硬度 (HBS)	
铝硅合金	ZL101	210	2	60	铸造性能好,力学性能良好
	ZL102	160	2	50	有优良的铸造性,力学性能较低
铝铜合金	ZL201	300	8	70	耐热性好,铸造及抗蚀性差
	ZL202	110	—	50	
铝镁合金	ZL301	280	9	60	力学性能较高,抗蚀性好
铝锌合金	ZL401	250	1.5	90	力学性能较高,适用压铸

## 2.铜及铜合金

(1) 纯铜 纯铜是紫红色,故又称紫铜。具有以下的特点:

- 1) 密度为  $8.9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ , 熔点  $1083^\circ\text{C}$ ;
- 2) 具有很高的导电性、导热性和良好的耐蚀性;
- 3) 强度低  $\sigma_b = (200 \sim 250 \text{MPa})$ , 硬度不高 (35HBS), 但具有良好的塑性, 易于加压或冷加工。

工业纯铜广泛用来制造电线、电缆、电刷铜管及电气设备零件等。纯铜的成分及用途见表 1-8。

表 1-8 工业纯铜的成分及用途

牌号	Cu (%)	杂质 (%)		杂质总量 (%)	主 要 用 途
		Bi	Pb		
T1	99.95	0.002	0.005	0.05	电线、电缆、导电螺钉、雷管、化工用蒸发器, 贮藏器和各种管道
T2	99.9	0.002	0.005	0.1	
T3	99.7	0.002	0.01	0.3	一般用的铜材, 如电气开关、垫圈、垫片、铆钉、管嘴、油管、管道
T4	99.5	0.003	0.05	0.5	

(2) 铜合金 工业上广泛应用的是铜合金, 其分类如下:

1) 黄铜 是以锌为主加元素的铜合金。它在工业中得到广泛的应用, 具有良好的力学性能, 便于加工成型。

常用黄铜牌号性能及用途见表 1-9。

表 1-9 常用黄铜的牌号、代号及用途

牌号	Cu (%)	化学成分 (%)		力学性能			主要用途
		Cu	其他	$\delta_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\delta$ (%)	硬度 (HBS)	
90 黄铜	H90	88.0~91.0	余量 Zn	260/480	45/4	53/130	双金属片、供水和排水管、艺术品、证章
68 黄铜	H68	67.0~70.0	余量 Zn	320/660	55/3	/150	复杂的冲压件、散热器外壳、波纹管、轴套、弹壳
62 黄铜	H62	60.5~63.5	余量 Zn	330/600	49/3	56/140	销钉、铆钉、螺钉、螺母、垫圈、夹线板、弹簧

2) 青铜 铜与除锌、镍以外的元素组成的合金统称为青铜。它具有较高的导电性、导热性、良好的加工性和耐腐蚀性能。

### 3. 钛及钛合金

钛及钛合金由于密度小而强度高,高温强度高,低温韧性优异,耐热性和耐蚀性好,加上资源丰富,近年来已成为航空、宇航、化工、造船及国防等工业部门广泛应用的结构材料。纯钛具有两种同素异构结构,可通过热处理方式提高其强度。塑性也极好,适宜于进行压力加工。钛合金是指以钛为基体加入铝、锡、铬、锰、钒、钼等元素所形成的合金。根据其退火状态的组织不同,可分为三类,即: $\alpha$ 型钛合金、 $\beta$ 型钛合金和 $\alpha+\beta$ 型钛合金。目前,广泛应用的是 $\alpha$ 型和 $\alpha+\beta$ 型钛合金。

### 4. 镁及镁合金

纯镁的密度为 $1.74 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ,约为铁的 $1/4$ ,属轻金属。它的强度低,塑性较差。镁在空气中极易氧化形成疏松的氧化膜,故抗蚀性差。镁极易燃烧。它不宜用作结构材料,只能用来制造镁合金和铝镁合金。镁合金是在镁中加入 Al、Zn、Mn 等组成的合金。其强度高,和铝合金、超高强度钢相当,甚至还要高一些,对油类和碱类有较好的化学稳定性,具有良好的切削加工性,但镁合金的塑性差,不宜作冲压零件。镁合金主要作航空结构材料,还常用于制造通讯、照相等方面的零件。

## 六、钢铁及合金牌号统一编制

GB/T 17616 规定了钢铁及合金产品统一数字代号的编制原则、结构分类、管理及体系表等内容,同时对原牌号依然有效,并与统一数字代号相互对照使用。

统一数字代号由固定的 6 位字母或数字组成,第一位用大写拉丁字母,后五位为阿拉伯数字。

如:A-1-1234,具体含义如表 1-10 所示。





表 1-10 统一数字代号的具体含义

首字母	第一位阿拉伯数字	后四位阿拉伯数字
A—合金结构钢 B—轴承钢 L—低合金钢 S—不锈钢、耐蚀和耐热钢 T—工具钢 U—非合金钢	代表各类型钢铁及合金细分类	代表不同分类内的编组和同一编组内的不同牌号的顺序号,且各类型材料的编组也不同

✦拓展知识

稀土符号为“RE”。我国是世界上稀土矿产资源最丰富的国家,工业储量是国外已探明的总储量的 5 倍。国内主要产地是内蒙古、江西、湖南和广东,甘肃省的白银市则是我国西北最大的稀土生产基地。稀土是镧、铈、镨、钆、铈、钇等 17 种金属的总称,其中含量最高的是铈。这些元素总是难分难离地共生在一起。稀土可以显著地提高耐热钢、不锈钢、工具钢、磁性材料、超导材料、铸铁等的使用性能,所以,专家称稀土是金属材料的“维生素”和“味精”。像“稀土”一样的合金元素还有十几种,科学合理的利用合金元素,可以配制出各种具有优异性能的低合金钢和合金钢。一般来说,加入合金元素后会使钢材的强度、硬度及综合性能得到提高,但是合金元素的作用大多要通过热处理才能发挥出来。

任务二 掌握金属学及热处理知识

一、合金的组织结构类型

合金是一种金属元素与其他金属元素或非金属元素,通过熔炼或其他方法结合成的具有金属特性的物质。与组成合金的纯金属相比,合金除具有更好的力学性能外,还可以调整组成元素之间的比例,以获得一系列性能各不相同的合金,而满足生产的要求。组成合金最基本的独立物质称为组元,简称元。组元可以是金属元素、非金属元素或稳定的化合物。根据合金中组元数目的多少,合金可分为二元合金、三元合金和多元合金。在合金中具有相同的物理和化学性能,并与其他部分以界面分开的一种物质称为相。液态物质称为液相,固态物质称为固相。在固态下,物质可以是单相的,也可以是多相组成的。由数量、形态、大小和分布方式不同的各种相组成了合金的组织。

1. 固溶体

固溶体是合金中一组元溶解其他组元,或组元之间相互溶解而形成的一种均匀固相。在固溶体中保持原子晶格不变的组元叫溶剂,而分布在溶剂中的另一组元叫溶质。根据溶质原子在溶剂晶格中所处位置不同,可分为: