

第二版

# 焊接材料、工艺 及设备手册

邹增大 主编 李亚江 孙俊生 曲仕尧 副主编



化学工业出版社

第二版

# 焊接材料、工艺 及设备手册

邹增大 主编 李亚江 孙俊生 曲仕尧 副主编



化学工业出版社

·北京·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

焊接材料、工艺及设备手册/邹增大主编. —2版.  
北京: 化学工业出版社, 2010.12  
ISBN 978-7-122-09078-2

I. 焊… II. 邹… III. ①焊接材料-技术手册②焊接  
工艺-技术手册③焊接设备-技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 130319 号

---

责任编辑: 周 红  
责任校对: 郑 捷

装帧设计: 张 辉

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 52 $\frac{3}{4}$  字数 1425 千字 2011 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 128.00 元

版权所有 违者必究



# 前 言

焊接是现代工业生产中不可缺少的先进制造技术，可广泛应用于机械、冶金、电力、锅炉和压力容器、建筑、桥梁、船舶、汽车、电子、航空航天、国防装备等产业部门。现代新技术的发展离不开焊接，而焊接技术又得到其他高新技术的支持。随着科学技术的发展，焊接技术越来越受到各行各业的密切关注。

焊接技术涉及范围非常广泛。本手册的编辑出版旨在全面介绍先进焊接技术的应用，从实用性角度系统阐述焊接材料、焊接工艺和焊接设备的技术现状，为生产厂家选择和正确使用焊接材料与焊接设备提供依据，对我国焊接技术的发展有一定的推动作用。

本手册共分为三篇，第1篇介绍当前广泛使用的各种焊接材料（如焊条、焊丝、焊剂、保护气体以及钎焊材料等）的分类、性能特点和应用范围，突出了各类焊接材料的选用。第2篇介绍各种材料（如钢铁材料、有色金属、异种材料、陶瓷等）常用的焊接方法及焊接工艺，指明了焊接工艺的要点，给出了具体的工艺参数和技术数据，用于指导焊接生产。第3篇介绍焊接、切割以及焊接检验设备，包括焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、等离子弧焊、压力焊、电子束焊、激光焊及切割设备等。本手册的内容是科研和生产一线的焊接工作者应掌握和经常需要查阅的，也选用了一些新工艺和成功的经验。手册中的技术数据反映了当前焊接材料和焊接设备的生产和使用现状，具有先进性和实用性。《焊接材料、工艺及设备手册》（第二版）除了保持原书的实用性和先进性等特色外，更新了标准和部分内容，补充了新的应用实例，使之更适于实际应用。

本手册主要供从事焊接工作的工程技术人员、技术工人及焊接材料和设备的采购人员使用，也可供高等院校、科研单位的有关教学和科研人员参考。

向关心本手册出版的焊接界同行及所援引文献的作者表示诚挚的谢意，这些文献资料充实了本手册的内容，推动了我国焊接技术的发展和應用。

参加本手册编写的人员较多，由于水平所限，难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



# 目 录

## 第 1 篇 焊接材料

<b>第 1 章 概述</b> .....	2
1.1 焊接材料的作用 .....	2
1.2 焊接熔渣及组成 .....	3
1.3 焊接材料对接头性能的影响 .....	5
1.4 焊接材料的生产现状 .....	6
1.4.1 焊接材料的发展 .....	6
1.4.2 电焊条的发展现状 .....	7
1.4.3 焊丝的发展现状 .....	8
1.4.4 焊剂的发展现状 .....	8
1.4.5 钎焊材料的发展现状 .....	9
<b>第 2 章 电焊条</b> .....	10
2.1 电焊条的分类 .....	10
2.1.1 按用途分类 .....	10
2.1.2 按熔渣的酸碱性分类 .....	11
2.1.3 按药皮主要成分分类 .....	11
2.1.4 按焊条性能分类 .....	12
2.2 电焊条的组成 .....	12
2.2.1 焊芯 .....	13
2.2.2 药皮 .....	15
2.3 电焊条的型号和牌号 .....	16
2.3.1 电焊条的型号 .....	16
2.3.2 电焊条的牌号 .....	42
2.4 焊条药皮配方设计 .....	46
2.4.1 焊条设计原则、依据和方法 .....	46
2.4.2 焊条设计步骤 .....	47
2.4.3 典型焊条药皮的配方设计 .....	48
2.5 电焊条的选用 .....	51
2.5.1 焊条的选用原则 .....	51
2.5.2 常用金属材料焊条的选用 .....	52

2.5.3	国外焊条的性能、特点及选用 .....	101
2.6	电焊条检验技术 .....	115
2.6.1	焊条原材料的检验 .....	115
2.6.2	焊条生产过程中的技术检验 .....	124
2.6.3	焊条成品的检验 .....	126
2.6.4	焊条熔敷金属理化性能试验 .....	131
<b>第3章</b>	<b>焊丝</b> .....	135
3.1	焊丝的分类 .....	135
3.2	焊丝的型号与牌号 .....	136
3.2.1	实芯焊丝的型号与牌号 .....	136
3.2.2	药芯焊丝的型号与牌号 .....	138
3.3	焊丝的成分、性能和用途 .....	152
3.3.1	实芯焊丝 .....	152
3.3.2	药芯焊丝 .....	156
3.4	焊丝的选用 .....	159
3.4.1	实芯焊丝的选用 .....	159
3.4.2	药芯焊丝的选用 .....	162
3.4.3	国外焊丝的特点及用途 .....	163
<b>第4章</b>	<b>焊剂</b> .....	182
4.1	焊剂的分类 .....	182
4.1.1	按焊剂的用途分类 .....	182
4.1.2	按制造方法分类 .....	182
4.1.3	按化学成分分类 .....	183
4.1.4	按焊剂的化学性质分类 .....	184
4.1.5	按熔渣的碱度分类 .....	185
4.2	焊剂的牌号和型号 .....	185
4.2.1	焊剂的牌号 .....	185
4.2.2	焊剂的型号 .....	186
4.3	国产焊剂的组成、性能及应用 .....	190
4.3.1	焊剂的组成 .....	190
4.3.2	焊剂的特点及应用 .....	192
4.4	焊剂的选用 .....	204
4.4.1	对焊剂的要求 .....	204
4.4.2	焊剂与焊丝的匹配 .....	204
4.5	国外典型焊剂的特点及用途 .....	212
4.5.1	瑞典伊萨集团公司的焊剂 .....	212
4.5.2	德国蒂森公司的焊剂 .....	215
<b>第5章</b>	<b>钎剂与钎料</b> .....	218
5.1	钎焊方法的分类 .....	218
5.2	气焊熔剂 .....	220
5.2.1	对气焊熔剂的要求 .....	220
5.2.2	气焊熔剂的分类及用途 .....	221
5.3	钎焊熔剂(钎剂) .....	223
5.3.1	对钎剂的基本要求 .....	223

5.3.2	钎剂的分类 .....	224
5.3.3	钎剂的型号、牌号与性能 .....	229
5.4	钎料 .....	230
5.4.1	对钎料的基本要求 .....	230
5.4.2	钎料的分类 .....	231
5.4.3	钎料的型号与牌号 .....	231
5.4.4	常用钎料的成分与性能 .....	232
5.4.5	常用钎料的特性、用途及选用 .....	238
<b>第6章</b>	<b>焊接用气体</b> .....	<b>243</b>
6.1	焊接用气体的特性 .....	243
6.1.1	氧气 (O <sub>2</sub> ) .....	244
6.1.2	二氧化碳气体 (CO <sub>2</sub> ) .....	246
6.1.3	氩气 (Ar)、氦气 (He) 和氮气 (N <sub>2</sub> ) .....	249
6.1.4	可燃气体 (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 、C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 、C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> 、CH <sub>4</sub> 、H <sub>2</sub> ) .....	251
6.1.5	混合气体 .....	254
6.2	焊接用气体的选用 .....	255
6.2.1	根据焊接方法选用气体 .....	255
6.2.2	根据被焊材料选用气体 .....	255
<b>第7章</b>	<b>焊接材料的使用及保管</b> .....	<b>258</b>
7.1	焊条的使用及保管 .....	258
7.1.1	焊条的保管与储存 .....	258
7.1.2	焊条使用前的烘干 .....	259
7.1.3	焊条需用量的计算 .....	261
7.1.4	焊接电流的选用 .....	266
7.2	焊丝和焊剂的使用及保管 .....	270
7.2.1	焊丝的使用及保管 .....	270
7.2.2	焊丝需用量的计算 .....	271
7.2.3	焊剂的使用及保管 .....	272
7.3	钎焊材料的使用及保管 .....	273
7.3.1	钎焊材料的使用与存储 .....	273
7.3.2	钎料、钎剂的安全注意事项 .....	274
	参考文献 .....	275

## 第2篇 焊接工艺

<b>第1章</b>	<b>概述</b> .....	<b>277</b>
1.1	焊接工艺的基本概念 .....	277
1.1.1	焊接工艺的概念 .....	277
1.1.2	焊接方法的分类与选用 .....	277
1.2	焊接结构的制造工艺 .....	280
1.2.1	备料工艺 .....	281
1.2.2	装配工艺 .....	292
1.2.3	焊接工艺要点 .....	295
<b>第2章</b>	<b>碳钢的焊接</b> .....	<b>297</b>



2.1 碳钢的分类、化学成分及力学性能 .....	297
2.1.1 碳素结构钢 .....	297
2.1.2 优质碳素结构钢 .....	299
2.2 低碳钢的焊接 .....	300
2.2.1 焊条电弧焊 .....	301
2.2.2 埋弧焊 .....	305
2.2.3 气体保护焊 .....	307
2.2.4 电阻焊 .....	312
2.3 中碳钢的焊接 .....	321
2.3.1 焊条电弧焊 .....	321
2.3.2 其他焊接方法 .....	322
2.4 高碳钢的焊接 .....	323
<b>第3章 合金结构钢的焊接</b> .....	<b>325</b>
3.1 低合金结构钢的分类及用途 .....	325
3.2 热轧及正火钢的焊接 .....	326
3.2.1 常用热轧及正火钢的化学成分和力学性能 .....	326
3.2.2 热轧及正火钢的焊接性 .....	328
3.2.3 热轧及正火钢的焊接工艺 .....	330
3.3 低碳调质钢的焊接 .....	337
3.3.1 低合金调质钢的种类、成分和力学性能 .....	337
3.3.2 600MPa 和 700MPa 钢的焊接 .....	340
3.3.3 800MPa 低碳调质钢的焊接 .....	343
3.3.4 低合金调质高强度耐磨钢的焊接 .....	346
3.3.5 高强度高韧性钢的焊接 .....	349
3.4 中碳调质钢的焊接 .....	353
3.4.1 中碳调质钢的化学成分和力学性能 .....	353
3.4.2 中碳调质钢的焊接性 .....	355
3.4.3 中碳调质钢的焊接工艺 .....	355
3.5 珠光体耐热钢的焊接 .....	357
3.5.1 珠光体耐热钢的化学成分和力学性能 .....	357
3.5.2 珠光体耐热钢的焊接性 .....	359
3.5.3 珠光体耐热钢的焊接工艺 .....	360
3.5.4 珠光体耐热钢焊接实例 .....	364
3.6 低温钢的焊接 .....	365
3.6.1 低温钢的化学成分和力学性能 .....	365
3.6.2 低温钢焊接性分析 .....	369
3.6.3 低温钢焊接工艺 .....	370
<b>第4章 铸铁焊接</b> .....	<b>380</b>
4.1 铸铁的分类与用途 .....	380
4.2 灰口铸铁的焊接 .....	382
4.2.1 灰口铸铁焊接性 .....	382
4.2.2 灰口铸铁的焊接工艺 .....	384
4.3 球墨铸铁的焊接 .....	391
4.3.1 球墨铸铁的焊接性 .....	391



4.3.2	球墨铸铁的焊接工艺	391
4.4	铸铁的焊补	392
4.4.1	灰口铸铁的焊补实例	392
4.4.2	球墨铸铁焊接实例	393
4.4.3	白口铸铁的焊补	394
<b>第5章</b>	<b>不锈钢的焊接</b>	<b>397</b>
5.1	不锈钢的分类、化学成分与性能	397
5.1.1	不锈钢的分类	397
5.1.2	不锈钢牌号与化学成分	397
5.1.3	不锈钢的性能	410
5.2	奥氏体不锈钢的焊接	411
5.2.1	奥氏体不锈钢的焊接性	411
5.2.2	奥氏体不锈钢的焊接方法与焊接材料	414
5.2.3	奥氏体不锈钢的焊接工艺	415
5.3	马氏体不锈钢的焊接	426
5.3.1	马氏体不锈钢的焊接性	426
5.3.2	马氏体不锈钢的焊接方法与焊接材料	427
5.3.3	马氏体不锈钢焊接工艺	428
5.4	铁素体不锈钢的焊接	431
5.4.1	铁素体不锈钢的焊接性	431
5.4.2	铁素体不锈钢焊接工艺	433
5.5	铁素体-奥氏体双相不锈钢的焊接	436
5.5.1	铁素体-奥氏体不锈钢的焊接性	436
5.5.2	铁素体-奥氏体双相焊接工艺	437
5.5.3	SAF2205 双相不锈钢焊接实例	440
<b>第6章</b>	<b>铝及铝合金的焊接</b>	<b>441</b>
6.1	铝及铝合金分类、成分和性能	441
6.2	铝及铝合金的焊接性	446
6.2.1	铝及铝合金的物理、化学性能对焊接性的影响	446
6.2.2	铝及铝合金的焊接特点	446
6.3	铝及铝合金的焊接工艺	448
6.3.1	焊接材料的选择	448
6.3.2	焊前准备	449
6.3.3	气焊	451
6.3.4	钨极氩弧焊 (TIG 焊)	454
6.3.5	熔化极氩弧焊 (MIG 焊)	457
6.3.6	铝及铝合金的钎焊	460
<b>第7章</b>	<b>铜及铜合金、钛及钛合金、镁及镁合金的焊接</b>	<b>464</b>
7.1	铜及铜合金的焊接	464
7.1.1	铜及铜合金的分类、成分和性能	464
7.1.2	铜及铜合金的焊接性特点	464
7.1.3	铜及铜合金的焊接工艺	467
7.2	钛及钛合金的焊接	477
7.2.1	钛及钛合金的分类、成分和性能	477

7.2.2	钛及钛合金的焊接性特点	478
7.2.3	钛及钛合金的焊接工艺	480
7.2.4	钛及钛合金的焊接实例	487
7.3	镁及镁合金的焊接	488
7.3.1	镁合金的分类、成分和性能	488
7.3.2	镁合金的焊接性分析	489
7.3.3	镁合金的焊接工艺	489
7.3.4	镁合金焊接缺陷及加工安全	495
<b>第8章</b>	<b>异种材料的焊接</b>	497
8.1	异种材料焊接性及其分类组合	497
8.1.1	异种材料的焊接特点	497
8.1.2	异种材料的分类和组合	498
8.2	异种钢的焊接	500
8.2.1	不同珠光体钢的焊接	500
8.2.2	珠光体钢与铁素体钢的焊接	503
8.2.3	珠光体钢与奥氏体钢的焊接	506
8.2.4	铁素体钢与奥氏体钢的焊接	510
8.2.5	复合钢的焊接	511
8.3	钢与铸铁的焊接	518
8.3.1	碳钢与灰口铸铁的焊接	518
8.3.2	碳钢与可锻铸铁的焊接	519
8.3.3	碳钢与球墨铸铁的焊接	520
8.4	钢与有色金属的焊接	521
8.4.1	钢与铝及铝合金的焊接	521
8.4.2	钢与铜及铜合金的焊接	524
8.4.3	钢与镍及镍合金的焊接	527
8.4.4	钢与钛及钛合金的焊接	528
8.4.5	难熔金属与钢的焊接	530
8.5	异种有色金属的焊接	532
8.5.1	铜与铝的焊接	532
8.5.2	铜与钛的焊接	536
8.5.3	铜与镍的焊接	537
<b>第9章</b>	<b>硬质合金和陶瓷的焊接</b>	539
9.1	硬质合金分类、性能及焊接特点	539
9.1.1	硬质合金的分类及性能	539
9.1.2	硬质合金的焊接特点	541
9.2	硬质合金的焊接	542
9.2.1	硬质合金的钎焊方法	542
9.2.2	钎料与钎剂的选择	543
9.2.3	钎焊工艺	545
9.2.4	钎焊质量检验及缺陷分析	548
9.3	陶瓷的分类及性能	550
9.3.1	氧化物陶瓷	551
9.3.2	非氧化物陶瓷	552

9.4 陶瓷材料的焊接 .....	553
9.4.1 对陶瓷焊接的基本要求 .....	553
9.4.2 陶瓷与金属焊接中的问题 .....	553
9.4.3 陶瓷与金属的连接方法 .....	554
9.4.4 陶瓷与金属连接的应用 .....	559
参考文献 .....	565

## 第3篇 焊接设备

<b>第1章 焊接设备概述</b> .....	567
1.1 焊接设备的分类及型号 .....	567
1.2 焊接设备的特点及应用 .....	570
1.3 焊接设备的选用 .....	572
<b>第2章 焊条电弧焊设备</b> .....	576
2.1 概述 .....	576
2.1.1 焊接电弧 .....	576
2.1.2 焊条电弧焊电源的特点 .....	578
2.1.3 焊条电弧焊电源的分类 .....	579
2.2 交流弧焊电源 .....	580
2.2.1 增强漏磁式弧焊变压器 .....	580
2.2.2 串联电抗器式弧焊变压器 .....	584
2.3 直流弧焊设备 .....	585
2.3.1 直流弧焊柴(汽)油发电机 .....	585
2.3.2 弧焊整流器 .....	586
2.4 弧焊逆变器 .....	593
2.5 焊条电弧焊设备辅助器件 .....	596
2.6 焊条电弧焊设备的选用与维护 .....	597
<b>第3章 埋弧焊设备</b> .....	606
3.1 埋弧焊设备的特点及分类 .....	606
3.2 埋弧焊设备的组成 .....	607
3.2.1 埋弧焊电源 .....	608
3.2.2 机械装置与控制系统 .....	611
3.2.3 易损件与辅助装置 .....	614
3.3 常用埋弧焊设备 .....	616
3.3.1 横臂式埋弧焊机 .....	616
3.3.2 小车式埋弧焊机 .....	618
3.3.3 埋弧焊辅助设备 .....	622
3.4 特种用途埋弧焊设备 .....	623
3.4.1 螺旋管埋弧焊机 .....	623
3.4.2 自动埋弧堆焊机 .....	624
3.4.3 窄间隙埋弧焊机 .....	624
3.5 埋弧焊设备的选择及维护 .....	625
3.5.1 埋弧焊设备的选择 .....	625
3.5.2 埋弧焊设备的维护及故障排除 .....	630

<b>第 4 章 非熔化极气体保护焊设备</b> .....	632
4.1 非熔化极气体保护焊设备的特点、组成及分类 .....	632
4.1.1 非熔化极气体保护焊的特点 .....	632
4.1.2 TIG 设备的组成及分类 .....	633
4.2 手工 TIG 焊设备 .....	636
4.2.1 直流手工 TIG 焊设备 .....	636
4.2.2 交流手工 TIG 焊设备 .....	640
4.2.3 脉冲手工 TIG 焊设备 .....	642
4.3 自动 TIG 焊设备 .....	646
4.3.1 自动 TIG 焊的特点 .....	646
4.3.2 通用自动 TIG 焊设备 .....	647
4.3.3 专用自动 TIG 焊设备 .....	648
4.3.4 热丝 TIG 焊设备 .....	652
4.4 TIG 焊焊枪、钨极及送丝机 .....	653
4.4.1 TIG 焊枪 .....	653
4.4.2 钨极 .....	656
4.4.3 送丝机 .....	659
4.5 钨极氩弧焊设备的使用及维护 .....	659
<b>第 5 章 熔化极氩弧焊设备</b> .....	661
5.1 熔化极氩弧焊设备的特点、组成及分类 .....	661
5.1.1 熔化极氩弧焊的特点及熔滴过渡 .....	661
5.1.2 熔化极氩弧焊设备的组成及分类 .....	662
5.2 普通熔化极氩弧焊设备 .....	664
5.2.1 半自动熔化极氩弧焊设备 .....	664
5.2.2 自动 MIG 焊设备 .....	666
5.2.3 熔化极脉冲氩弧焊设备 .....	667
5.2.4 熔化极氩弧焊工艺参数的选择 .....	669
5.3 熔化极气体保护焊焊枪及送丝机 .....	671
5.3.1 半自动焊枪 .....	671
5.3.2 送丝机 .....	673
5.4 新型熔化极氩弧焊设备 .....	674
5.4.1 等离子-熔化极惰性气体复合焊 .....	674
5.4.2 冷金属过渡焊 .....	675
5.4.3 双丝 MIG/MAG 焊 .....	676
5.4.4 T. I. M. E. 高速焊 .....	678
<b>第 6 章 二氧化碳气体保护焊设备</b> .....	681
6.1 二氧化碳气体保护焊的特点及分类 .....	681
6.1.1 二氧化碳气体保护焊的特点及应用 .....	681
6.1.2 二氧化碳焊设备的组成及分类 .....	682
6.2 普通二氧化碳焊设备 .....	683
6.2.1 半自动二氧化碳焊设备 .....	683
6.2.2 自动二氧化碳焊设备 .....	687
6.2.3 STT 焊机 .....	690
6.3 药芯焊丝电弧焊设备 .....	692

6.3.1	药芯焊丝电弧焊的工艺特点 .....	692
6.3.2	药芯焊丝电弧焊设备 .....	693
6.4	二氧化碳电弧点焊设备 .....	697
6.4.1	二氧化碳电弧点焊的工艺特点 .....	697
6.4.2	二氧化碳电弧点焊设备 .....	697
6.5	二氧化碳气体保护焊设备的使用及维护 .....	698
<b>第7章</b>	<b>等离子弧焊设备 .....</b>	<b>701</b>
7.1	等离子弧焊的特点及应用 .....	701
7.2	等离子弧焊设备的组成及分类 .....	702
7.2.1	等离子弧焊设备的组成 .....	702
7.2.2	等离子弧焊设备的分类 .....	705
7.3	等离子弧焊设备 .....	705
7.3.1	强流等离子焊机 .....	705
7.3.2	微束等离子弧焊机 .....	708
7.3.3	脉冲等离子焊机 .....	709
7.4	等离子弧堆焊机 .....	711
7.4.1	粉末等离子弧堆焊机 .....	711
7.4.2	热丝等离子堆焊机 .....	712
7.4.3	熔化极等离子堆焊机 .....	713
<b>第8章</b>	<b>电阻焊设备 .....</b>	<b>715</b>
8.1	电阻焊设备的分类、组成与技术条件 .....	715
8.1.1	电阻焊设备的分类及用途 .....	715
8.1.2	电阻焊设备的组成 .....	716
8.1.3	电阻焊设备通用技术条件 .....	719
8.2	点焊、缝焊和对焊设备 .....	720
8.2.1	点(凸)焊机 .....	720
8.2.2	缝焊机 .....	731
8.2.3	对焊机 .....	736
8.3	电阻焊控制设备 .....	739
8.3.1	控制设备的类型及组成 .....	739
8.3.2	电阻焊质量监控系统 .....	740
8.3.3	典型控制设备技术参数 .....	741
8.4	点焊机器人 .....	742
8.4.1	点焊机器人的基本构成 .....	743
8.4.2	机器人本体 .....	743
8.4.3	点焊机器人焊接系统 .....	745
8.5	电阻焊设备的选用 .....	746
8.5.1	电阻焊设备的选择 .....	746
8.5.2	电阻焊设备的安全使用 .....	748
<b>第9章</b>	<b>其他焊接设备 .....</b>	<b>750</b>
9.1	电子束焊设备 .....	750
9.1.1	电子束焊设备的分类及应用 .....	750
9.1.2	真空电子束焊设备 .....	751
9.1.3	电子束焊设备的选用及安全防护 .....	758

9.2	激光焊设备 .....	760
9.2.1	激光焊设备的分类及组成 .....	760
9.2.2	激光焊设备常用的激光器 .....	762
9.2.3	激光焊设备的导光系统 .....	767
9.2.4	激光焊设备的选用及安全防护 .....	769
9.3	摩擦焊设备 .....	772
9.3.1	摩擦焊设备的分类及应用 .....	772
9.3.2	普通摩擦焊设备 .....	773
9.3.3	特种摩擦焊设备 .....	777
9.3.4	摩擦焊设备的选用 .....	781
9.4	超声波焊设备 .....	783
9.4.1	超声波焊机的分类及应用 .....	783
9.4.2	超声波焊机的组成 .....	785
9.4.3	超声波焊机的选用 .....	787
<b>第10章</b>	<b>切割与无损检测设备 .....</b>	<b>789</b>
10.1	切割设备 .....	789
10.1.1	火焰切割设备 .....	789
10.1.2	等离子弧切割设备 .....	794
10.1.3	数控切割设备 .....	797
10.1.4	激光切割设备 .....	801
10.1.5	切割设备的选用及维护 .....	802
10.2	无损检测设备 .....	803
10.2.1	射线探伤设备 .....	803
10.2.2	超声波探伤设备 .....	809
10.2.3	磁粉探伤设备 .....	815
10.2.4	渗透探伤设备 .....	820
10.2.5	涡流与声发射检测设备 .....	824
10.2.6	无损检测设备的选用 .....	827
	参考文献 .....	829

The background features a complex, abstract pattern of fine lines and dots, creating a grid-like texture. A large, white, irregular shape, resembling a stylized letter 'C' or a partial circle, is superimposed over the pattern. The text is centered within this white shape.

# 第 1 篇

## 焊 接 材 料



# 第1章 概述

随着焊接技术的迅速发展,对焊接材料无论在品种、质量和产量方面都提出了更高的要求,受到各行各业(如机械、冶金、建筑、锅炉和压力容器、桥梁、造船、石油化工和核动力工程等)的极大关注。我国焊接材料(焊条、焊丝、焊剂)的总产量已连续多年保持世界第一的位置,已是名副其实的焊材生产大国。焊接材料的应用日益广泛,已经形成一个独立的生产领域。

## 1.1 焊接材料的作用

焊接过程中的各种填充金属及为了提高焊接质量而附加的保护物质统称为焊接材料。随着焊接技术的迅速发展,焊接材料的应用范围日益扩大。焊接材料在造船、石油化工、车辆、电力、核反应堆等领域中起着非常重要的作用。而且,焊接技术的发展对焊接材料无论在品种和产量方面都提出了越来越高的要求。焊接生产中广泛使用的焊接材料主要包括焊条、焊丝、焊剂、保护气体和钎剂、钎料等。不同焊接工艺条件下采用的焊接材料的组合见表 1.1.1。

表 1.1.1 不同焊接工艺条件下采用的焊接材料

焊接工艺	焊接材料
焊条电弧焊	电焊条(普通焊条、专用焊条)
气体保护焊	焊丝(实芯焊丝、药芯焊丝)+保护气体(活性气体、惰性气体、混合气体)
埋弧焊、电渣焊	焊丝+焊剂(熔炼焊剂、非熔炼焊剂)
钎焊	钎剂、钎料

上述几种焊接工艺方法的共同特点是以焊接材料作为焊缝填充金属的来源,依靠焊接材料来完成焊接过程对液态熔池的保护和冶金作用,以获得优质的焊缝金属。各国焊条和焊丝产量的比例,在一定程度上反映了该国的焊接自动化水平。目前在欧、美等工业发达国家的焊接生产中,焊条产量在焊接材料中约占 60%,焊丝产量约占 40%。我国当前焊条产量约占焊接材料总产量的 80%,低于欧、美等工业发达国家。目前我国生产的低碳钢焊条以钛钙型焊条为主,低合金高强度钢焊条以低氢型焊条为主,钛钙型和低氢型焊条约占焊条总量

的90%以上。

焊接材料的质量对保证焊接过程的稳定和获得满足使用要求的焊缝金属起着决定性的作用。归纳起来,焊接材料应具有以下作用:

- ① 保证电弧稳定燃烧和焊接熔滴顺利过渡;
- ② 在焊接过程中保护液态熔池金属,以防止空气侵入;
- ③ 进行冶金反应和过渡合金元素,调整和控制焊缝金属的成分与性能;
- ④ 防止气孔、裂纹等焊接缺陷的产生;
- ⑤ 改善焊接工艺性能,在保证焊接质量的前提下尽可能提高焊接效率。

我国是焊接材料使用大国,今后若干年内还是以焊条、焊丝为主。有技术开发能力的企业正在及时调整产品结构,开发生产市场上急需的品种,如管线用纤维素型和低氢型全位置立向下焊条、船舶行业使用的高效铁粉焊条和重力焊条、石油化工业短缺的耐发红不锈钢焊条、交流施焊的高韧性低氢焊条等。开发重点工程用特殊焊条、专业焊条,在提高和稳定产品质量、降低成本,为用户提供优质高效焊条和服务等方面开展工作。

二氧化碳气体保护焊焊丝发展前景看好。但我国目前焊丝品种单调,应不断开发焊丝的品种和规格,如600MPa、700MPa、800MPa高强度焊丝,特殊用途的产品,如耐蚀钢焊丝等。改进包装,攻克小规格焊丝层绕上盘工艺和设备,研制罐装焊丝工艺及设备。药芯焊丝在产品的种类、质量、成本等方面还有很多工作要做,如开发各种气体保护焊、自保护焊、埋弧自动焊、堆焊用药芯焊丝。



## 1.2 焊接熔渣及组成

焊条药皮、焊剂和药芯焊丝中的药芯,在焊接过程中受热熔化后经过一系列化学冶金变化形成覆盖于焊缝表面的非金属物质,称为焊接熔渣。焊接熔渣在焊接冶金过程中具有十分重要的作用。

### (1) 熔渣在焊接过程中的作用

① 机械保护作用 焊接中药皮受热析出气体并形成熔渣,把液态金属与空气隔离开,对液态熔池起保护作用,防止氮气等有害气体侵入焊接区域。熔渣凝固后形成的渣壳覆盖在焊缝表面,可以防止处于高温的焊缝金属被氧化,并可减慢焊缝金属的冷却速度。

② 冶金处理作用 焊条药皮(或焊剂)熔化形成的熔渣与液态金属发生一系列的冶金反应,对焊接熔池的化学成分有重要的影响。熔渣与焊芯配合,通过化学冶金反应可以去除熔融焊缝中的有害杂质(如O、N、H、S、P等),保护或渗入有益的合金元素,使焊缝金属具有较强的抗气孔能力、抗裂性以及满足使用要求的力学性能。

③ 改善焊接工艺性能 良好的焊接工艺性能是保证焊接化学冶金反应顺利进行和获得优质焊缝的重要条件。焊条药皮中一般含有易电离物质,形成成分、性能适宜的熔渣,使电弧容易引燃,保证焊接电弧稳定燃烧,飞溅小、焊缝成形美观、易于脱渣、适于各种空间位置的焊接等。

焊接熔渣在一定条件下也可能产生不利的作用,如烧损焊缝金属中的合金元素、产生气孔、夹渣等焊接缺陷、造成脱渣困难而影响焊接生产率等。为了使焊接熔渣起到预期的良好作用,关键在于通过调整和控制熔渣的化学成分和质量分数,使其具有合适的物理和化学性质。

### (2) 焊接熔渣的成分及分类

焊接熔渣根据成分的不同可分为3大类。常用焊接熔渣的化学成分见表1.1.2。