

实用机械加工手册丛书



焊工实用手册

浙江科学技术出版社

TG 4-62

C 48

实用机械加工手册丛书

焊工实用手册

陈杏醉 施岳定 编

浙江科学技术出版社

(浙)新登字第3号

责任编辑: 吕粹芳

封面设计: 潘孝忠

实用机械加工手册丛书

焊工实用手册

陈杏醉 施岳定 编

*

浙江科学技术出版社出版

浙江上虞印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本850×1168 1/64 印张7.75 字数373 000

1996年1月第 一 版

1997年1月第二次印刷

印数 12 001—24 000

ISBN 7-5341-0716-4/TG·10

定 价: 16.00 元

内 容 提 要

本书共分八个部分。一为电弧焊基本理论。二、三、四以熔焊工艺与操作技术为主干，提供了实用焊接规范值。五列出了常用金属材料焊接时的主要问题和解决办法。六、七叙述焊接应力和变形，并介绍了检验方法和部分质量标准。八是熔焊应用举例。

从直观性和实用性出发，书中用了许多插图和表格。行文简明扼要，供中级焊工学习、查阅使用。本书也可作为非焊接专业工作者从事焊接产品制造时参考。

目 录

一、电弧焊基本理论.....	1
(一) 焊接电弧.....	1
1. 焊接电弧的物理本质.....	1
2. 电弧电压降和温度.....	2
3. 焊接电弧静特性.....	3
4. 电弧电源外特性及其适用范围.....	4
(二) 焊条(或焊丝)的熔化及熔滴过渡.....	5
1. 焊条(或焊丝)的熔化速度、熔化系数及影响因素.....	5
2. 熔滴上的作用力和熔滴过渡的形态.....	7
3. 熔滴过渡时的飞溅.....	10
4. 熔滴过渡时的蒸发和烧损.....	11
(三) 电弧焊冶金的基本理论.....	11
1. 电弧焊冶金过程的特点.....	11
2. 气体与金属的作用.....	11
3. 焊接熔渣与金属的作用.....	12
4. 焊缝的脱氧、脱硫和脱磷.....	14
5. 焊缝金属的掺合金.....	18
(四) 焊接熔池的结晶和接头组织.....	19
1. 焊接熔池的一次结晶.....	19
2. 焊缝中的偏析.....	20
3. 焊缝中的夹杂物及防止.....	21
4. 焊缝金属的二次结晶.....	22

5. 焊接热影响区的组织和性能	24
6. 焊缝金属组织的调整和改善	28
二、气体保护电弧焊	31
(一) 气体保护电弧焊的种类和设备系统	31
1. 气体保护电弧焊的种类	31
2. 常用保护气体及其用途	31
3. 气体保护焊设备系统	33
(二) 二氧化碳电弧焊	34
1. 二氧化碳电弧焊的特点	34
2. 二氧化碳电弧焊的熔滴过渡	35
3. 二氧化碳电弧焊冶金特点	38
4. 二氧化碳电弧焊工艺参数	41
5. 二氧化碳电弧焊焊缝缺陷及产生原因	52
6. 细丝半自动二氧化碳电弧焊的操作技术	54
7. 二氧化碳焊机常见故障及排除	57
(三) 氩弧焊	62
1. 氩弧焊原理与特点	62
2. 氩弧焊材料与设备	64
3. 手工钨极氩弧焊操作技术	68
4. 手工钨极氩弧焊工艺参数	72
(四) 等离子弧焊和切割	81
1. 等离子弧产生的原理、类型和特点	81
2. 等离子弧焊接	83
3. 等离子弧焊电源、电极、工作气体	86
4. 等离子弧焊工艺	86
5. 等离子弧焊焊接技术	88

6. 等离子弧切割	89
三、电渣焊	92
(一) 电渣焊原理、特点和应用	92
1. 电渣焊原理	92
2. 电渣焊的特点	92
3. 电渣焊的应用	94
4. 电渣焊的焊接材料	94
(二) 电渣焊技术	96
1. 电渣焊机的电源	96
2. 焊前准备工作	96
3. 电渣焊工艺参数对焊缝形态及熔合比的影响	98
(三) 电渣焊工艺	99
1. 丝极电渣焊工艺	99
2. 板极电渣焊工艺	102
3. 手工电渣焊工艺	103
4. 熔嘴电渣焊工艺	104
5. 管状焊条熔嘴电渣焊工艺	105
四、气焊和气割	109
(一) 氧-乙炔焰	109
1. 氧-乙炔焰的燃烧反应	109
2. 氧-乙炔焰的种类、构造和应用	109
3. 各种金属气焊时应选用的火焰	111
4. 氧-乙炔焰异常现象、原因及排除	111
(二) 气焊用材料	112
1. 气焊用的焊丝	112
2. 气焊熔剂	116

(三) 气焊的操作技术和应用范围	117
1. 气焊的特点和应用范围	117
2. 气焊规范参数的选择	118
3. 气焊操作技术	121
(四) 氧气切割	123
1. 氧气切割原理	123
2. 各种金属的气割性能	124
3. 手工气割规范的选择	125
4. 薄钢板的气割技术	127
5. 厚钢板的气割要点	128
6. 手工气割质量	131
7. 其他气割方法	132
8. 气割质量检验标准	140
(五) 火焰钎焊	142
1. 火焰钎焊的原理、特点和应用	142
2. 常用金属的钎焊性	143
3. 常用金属钎焊时钎料与钎剂的选择	144
4. 各种钎料的成分、性能和用途	149
5. 钎焊熔剂	153
6. 钎焊工艺	167
7. 钎焊接头的缺陷及产生原因	173
8. 异种金属气体火焰钎焊的要点	175
(六) 氧-乙炔焰金属粉末喷焊和喷涂	176
1. 氧-乙炔喷焊的原理和特点	176
2. 喷焊炬的型号和使用	176
3. 自熔性合金粉末	181

4. 喷焊工艺	183
5. 氧-乙炔喷焊应用实例	187
6. 氧-乙炔焰金属粉末喷涂	188
五、常用金属材料的焊接	195
(一) 可焊性的概念	195
1. 可焊性及试验目的	195
2. 常用钢材可焊性的比较	198
(二) 普通低合金结构钢的焊接	202
1. 普低钢的分类	202
2. 普低钢焊接时的主要问题和解决办法	203
3. $\sigma_s \leq 400\text{MPa}$ 普低钢的焊接	204
4. $\sigma_s = 450 \sim 550\text{MPa}$ 普低钢的焊接	207
5. $\sigma_s = 600 \sim 700\text{MPa}$ 普低钢的焊接	210
6. 普低合金钢手弧焊规范	210
7. 普低合金钢埋弧焊和二氧化碳电弧焊规范	219
(三) 不锈钢的焊接	225
1. 不锈钢的分类及可焊性	225
2. 奥氏体不锈钢焊接的主要问题和解决办法	225
3. 奥氏体不锈钢的焊接	226
4. 马氏体不锈钢的焊接	236
5. 铁素体不锈钢的焊接	238
6. 不锈钢复合铜板的焊接	239
(四) 铸铁的焊接	246
1. 铸铁的分类及可焊性	246
2. 铸铁焊接的主要问题和解决办法	247
3. 铸铁补焊方法的选择	248

4. 球墨铸铁的焊接特点	252
5. 铸件补焊时规范参数的选择	253
(五) 铝及铝合金的焊接	254
1. 常用铝合金的种类及可焊性	254
2. 焊接时的主要问题和解决办法	255
3. 铝合金焊接方法的选择	256
4. 焊接材料的选择	258
5. 铝及铝合金的氩弧焊	260
6. 铝及铝合金的气焊	264
7. 铝及铝合金的手工电弧焊	265
(六) 铜及铜合金的焊接	266
1. 铜及铜合金的种类及可焊性	266
2. 铜及铜合金焊接时的主要问题和解决办法	267
3. 焊接铜合金方法的选择	268
4. 铜合金的焊接材料	269
5. 铜合金的焊接规范	269
6. 铜及铜合金的焊接工艺要点	276
(七) 钛及钛合金的焊接	277
1. 钛及钛合金的种类及可焊性	277
2. 钛合金焊接时的主要问题和解决办法	278
3. 焊接材料和保护措施	279
4. 钛合金的焊接方法及规范	280
5. 钛及钛合金的焊接工艺要点	284
六、焊接结构的生产	286
(一) 焊接应力和变形	286
1. 焊接应力和变形的种类	286

2. 焊接变形的基本形式及产生原因	288
3. 控制焊接变形的措施	296
4. 焊后残余变形的矫正方法	303
5. 减小焊接应力的措施	308
6. 消除焊后残余应力的方法	312
(二) 焊接结构的产生	315
1. 焊接结构的产生过程概述	316
2. 焊接夹具	322
3. 装配-焊接胎卡具举例	324
4. 焊接接头的形式	330
5. 典型结构的焊接工艺	374
6. 焊接材料、电力消耗定额的制定	381
七、焊接缺陷与检验方法	391
(一) 焊接缺陷	391
1. 焊接接头的外部缺陷	391
2. 焊缝内部缺陷	394
3. 不合格焊缝的处理	394
4. 气体保护电弧焊和气焊的缺陷分析	400
(二) 常用的焊接接头检验方法	400
1. 目测检验	401
2. 致密性试验	402
3. 无损探伤	404
4. 机械性能试验	404
5. 焊接金相试验	410
6. 化学分析试验	414
(三) 焊接检验标准选编	416

1. 焊缝射线探伤标准	416
2. 超声波探伤判废标准	422
3. 钢制焊接压力容器的技术条件	427
4. 铝制焊接容器的技术条件	429
5. 蒸汽锅炉焊接质量的评定标准	431
八、主要熔化焊接方法应用举例	435
(一) 手工电弧焊应用举例	435
1. 薄板手工电弧焊	435
2. 低压管道的手工电弧焊	436
3. 低压容器的焊接	437
4. 高压容器的焊接	438
5. 60t冲床裂纹的修补	441
6. 汽车、拖拉机零件的手工电弧焊修复	443
7. 不锈钢件的焊接	445
(二) 埋弧自动焊应用举例	449
1. 碳钢纵缝埋弧自动焊	449
2. 低压容器环缝自动焊	452
3. 不锈钢复合钢板的焊接	455
(三) 氩弧焊应用举例	457
1. 防锈铝 LF3 平板对接	457
2. 环缝熔化垫环封底手工钨极氩弧焊	460
3. 工业纯铝管手工钨极氩弧焊	461
4. 不锈钢波纹管手工钨极氩弧焊	463
5. 铸钢阀壳缺陷的手工钨极氩弧焊修补	465
(四) 二氧化碳气电弧焊应用举例	467
1. 车辆骨架及车身的焊接	467

2. 起重机主梁的焊接	469
3. 小直径容器对接焊缝混合气体保护焊	470
4. 铸铁件修补举例	472
(五) 氧-乙炔气焊的应用举例	473
1. 通风管道的气焊	473
2. 黄铜管的气焊	474
3. 导电铝排的气焊	475

一、电弧焊基本理论

(一) 焊接电弧

电弧是把电能转变为电弧焊所需热能的工具，用于手弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊和等离子弧焊。

焊接电弧是两极间持久而有力的气体放电现象。它由阴极电子发射和弧柱气体电离过程所组成。电子发射分为电子热发射、强电场发射和质点撞击发射；气体电离分为热电离和碰撞电离。两者都造成大量带电粒子使两极间隙成为气体放电。

焊接电弧的两极可以是焊条、焊丝、钨极与焊件。两极的电源可选用各种电弧焊机。

1 焊接电弧的物理本质

如图 1—1 (a)，将焊条与焊件短路，由于接触点的电阻和电流密度很大，会产生大量的电阻热，焊条端部和焊件表面被加热到熔化状态，如图 1—1 (b)。接着将焊条微微提起，两极间形成液体金属细颈并有大量电流通过[如图 1—1 (c)]，细颈金属温度剧烈升高。然后，将焊条与焊件迅速分离，则两极间产生气体热电离。中性气体原子变成带电子和电子，同时，被加热的阴极上有大量热发射电子飞

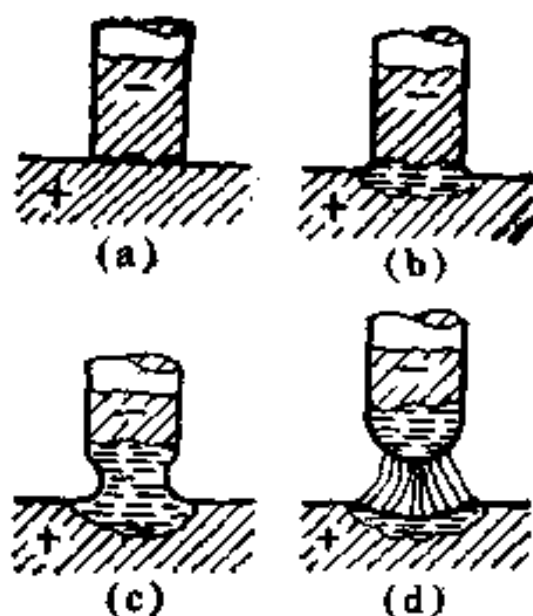


图 1—1 焊接电弧的引燃。

出，撞击两极间的气体分子和原子而产生碰撞电离。在电场的作用下，所有带电粒子向两极作定向移动，阳离子飞向阴极，阴离子和电子飞向阳极，形成稳定而有力的气体放电。如图 1—1 (d)。

2. 电弧电压降和温度

电弧沿其长度方向可分为阴极区、弧柱和阳极区(图 1—2)。

(1) 阴极区 该区长度仅 10^{-5}cm ，发射电子和接收正离子。电场强度达 10^6V/cm ；电流密度达 $10^3\sim 10^7\text{A/cm}^2$ ，电压降 $U_{\text{阴}}$ 约为 $8\sim 12\text{V}$ ，相当于电弧气体介质的电离势。

(2) 阳极区 该区长度约为 10^{-4}cm ，接收电子和负离子。电压降 $U_{\text{阳}}$ 约为 $2\sim 4\text{V}$ 。

(3) 弧柱区 该区占弧长的极大部分，是离子和电子流均匀分布的导电空间。弧柱的电压降 $U_{\text{柱}}$ 与弧长成正比。

在规定的焊接条件下，阴极和阳极的电压降可视为常数 a ，则电弧电压降 $U_{\text{弧}}$ 可用下列经验公式表示：

$$U_{\text{弧}} = a + bL$$

式中： b ——弧柱单位长度电压降， V/cm ；

L ——弧长(等于弧柱长度)， cm 。

电弧各区的温度和热量若以结构钢焊条直流反接为例，

则电弧各区中心的温度如图 1—3 所示。阴极中心达 2400°K ；阳极中心达 2600K ；弧柱中心达 $5000\sim 8000\text{K}$ 。电弧放出的热量：

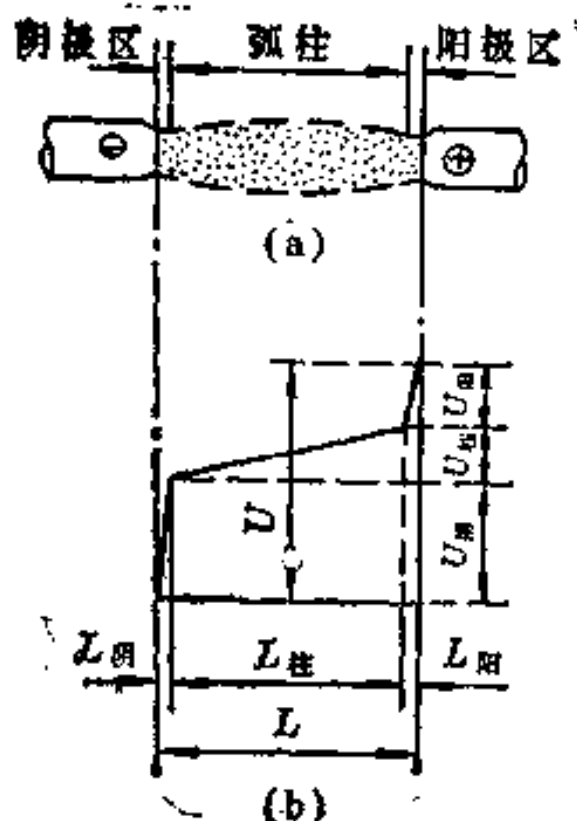


图 1—2 电弧各区的电压降

阴极占38%；阳极占42%；弧柱占20%。交流电弧的两极极性是交替变化的，因此，两极放热量基本一样。

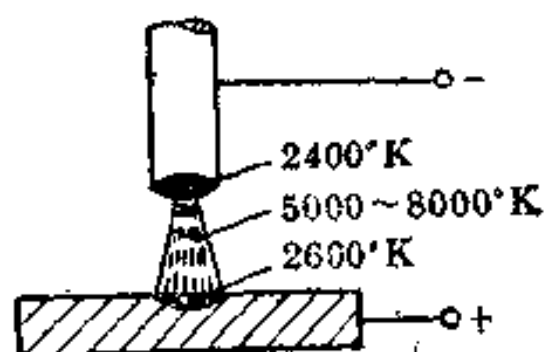


图 1—3 直流电弧的温度分布

3. 焊接电弧静特性

一定长度的电弧在稳定状态下，电弧电压与电流的关系称为电弧静特性，如图 1—4。图中可分 3 个不同的区域；当 ab 段电流

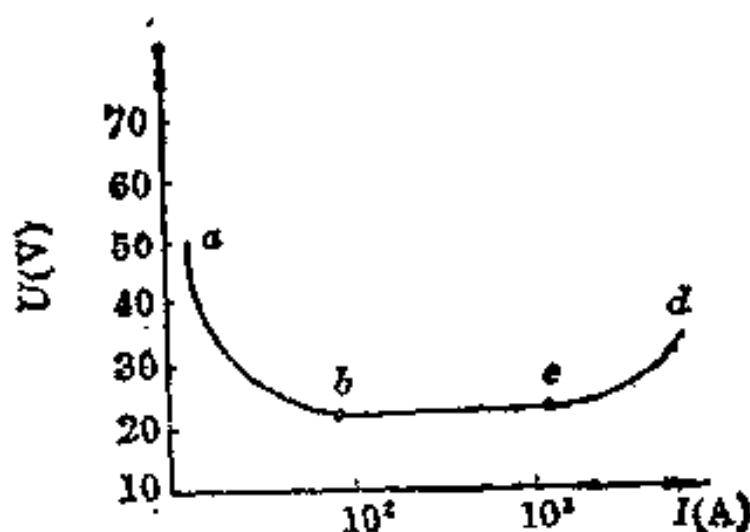


图 1—4 焊接电弧静特性曲线

较小时，电压随电流的增加而减小；当 bc 段电流较大时，电压几乎不变；当 cd 段电流更大时，电压随电流的增加而增加。焊接电弧稳定燃烧的这 3 种导电特性要求采用不同外特性的电源来供电。

4. 电弧电源外特性及其适用范围

电弧焊电源以焊接电弧为负载稳定工作时，其输出电压与电流的关系称为电源外特性。表 1—1 列出了适用于各段电弧静特性曲线工作状态的焊接电源外特性曲线。

表 1—1 各种焊接电源外特性的形状和应用

外特性	下降特性		
	陡降外特性	下降外特性	下降外特性
图形			
特征	陡降外特性	下降外特性	下降外特性
应用范围	1. 钨极氩弧焊 2. 等离子弧焊	1. 手弧焊 2. 埋弧焊	1. 手弧焊 2. 埋弧焊 3. 粗丝 CO ₂ 弧焊
外特性	平特性		
图形			