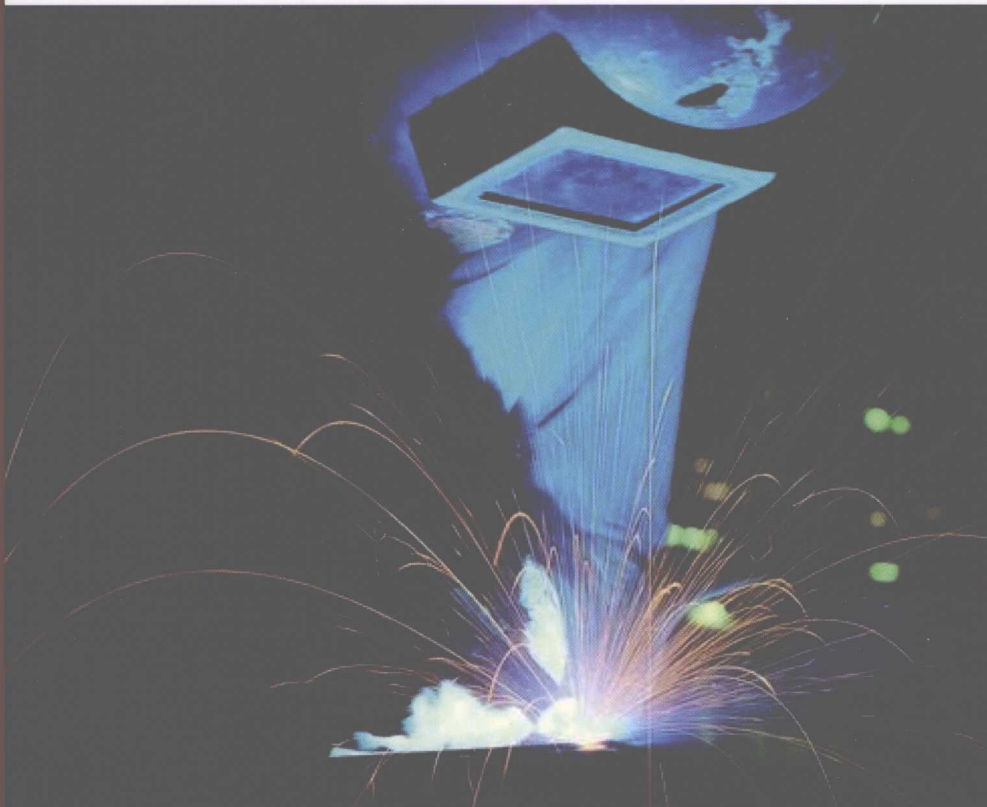


焊工上岗技能读本



王新洪 吴军 宋思利 等编著

手工电弧焊

SHOUGONG DIANHUI HAN



化学工业出版社

焊工上岗技能读本

SHOUGONG DIANHUI HAN

手工电弧焊

王新洪 吴军 宋思利 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

手工电弧焊/工新洪等编著. —北京: 化学工业出版社,
2007. 7

(焊工上岗技能读本)

ISBN 978-7-122-00494-9

I. 手… II. 王… III. 手工焊; 电弧焊 IV. TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 079372 号

责任编辑: 张兴辉 周 红

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 郑 捷

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 358 千字

2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

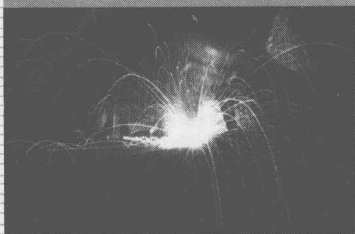
网 址: <http://www.cip.com.cn>

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: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言



随着我国经济的迅速发展,焊接技术在机械、冶金、石油化工、电力、建筑等产业部门得到广泛应用,焊工已成为提高我国工业生产技术水平的重要技术力量,队伍也不断壮大,一大批新工人被充实到焊工队伍中。

为了满足企业焊接技术工人岗位技术培训的需要,提高焊工的理论水平和实际操作技能,化学工业出版社组织具有丰富理论知识和实践经验的有关专家编写了《焊工上岗技能读本》,该读本包括《手工电弧焊》、《气体保护焊》、《切割》、《钎焊》四本。

本书由浅入深地介绍了手工电弧焊的基本知识、焊接材料、焊接设备、手工电弧焊操作技术、常用金属材料的焊接、手工电弧堆焊、焊接过程质量检验与焊接安全和卫生技术等知识。本书具有以下主要特点。

(1) 内容丰富 基本涵盖了手工电弧焊的各个方面,能满足焊工及与焊接相关的工程技术人员了解手工电弧焊知识的需要。书中分析了常用金属材料手工电弧焊的工艺特点,并给出了具体的焊接工艺参数、相关技术数据及一些有针对性的典型工程结构产品的实例,力求通过实例,增强焊工对手工电弧焊接技术基本理论与

操作技术的理解。

(2) 实用性 强调技术的实践性,注重解决生产实践问题。在表达方式上力求实用,简明扼要,条理清晰,以便于焊工理解和掌握。

(3) 新颖性 书中既介绍常用的、基本的手工电弧焊知识,同时又介绍了新的焊接工艺,以及新的焊接材料和新型结构材料的手工电弧焊接技术。

本书由王新洪、吴军高级工程师和宋思利工程师编著。参加本书编写的还有刘雪梅博士、朱庆军工程师和韩芳讲师。具体分工为:第1章由王新洪编写,第2章由刘雪梅编写,第3章由宋思利编写,第4章由吴军、王新洪编写,第5章由王新洪、吴军、朱庆军编写,第6章由王新洪编写,第7章由吴军编写,第8章由韩芳编写。全书由王新洪、吴军统稿,曲仕尧副教授审校。

在本书的编写过程中,得到了山东省现代焊接工程技术中心焊接技术培训部张宗周高级工程师,山东大学邹增大、陈茂爱教授的关注与帮助,在此表示衷心的感谢。

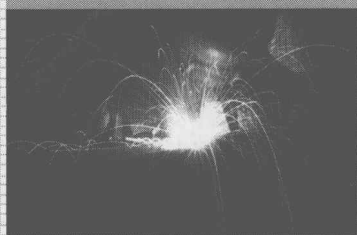
本书通俗易懂,既可作为焊工自学读物,也可作为焊工手工电弧焊技术培训教材,同时可供从事焊接工作的技术人员以及相关专业科研院所、大专院校师生参考。

限于编者水平有限,疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年4月

目 录



第 1 章 手工电弧焊基本知识	1
1.1 手工电弧焊焊接过程简介	1
1.1.1 焊接方法概述	1
1.1.2 手工电弧焊构成	2
1.1.3 手工电弧焊特点	6
1.2 手工电弧焊常用名词术语	7
1.2.1 一般术语	7
1.2.2 熔焊术语	9
1.2.3 焊接材料术语	10
1.2.4 焊接工艺装备和辅助器具术语	11
1.3 焊接接头	11
1.3.1 焊接接头的组成	12
1.3.2 焊接接头的基本特点	12
1.3.3 焊接接头基本形式	13
1.3.4 焊接位置	18
1.4 焊缝符号和焊缝坡口形式	20
1.4.1 焊缝符号	20
1.4.2 坡口形式及坡口准备	26
1.5 手工电弧焊常用工具与辅具	29
1.5.1 焊钳	29
1.5.2 焊接电缆接头	30
1.5.3 焊接电缆	31

1.5.4	面罩与护目玻璃	33
1.5.5	焊条烘干保温设备	34
1.5.6	焊缝检测尺	36
1.5.7	全位置焊接变位机	36
1.5.8	防护服	38
1.5.9	焊工手套、工作鞋及护脚	38
1.5.10	其他辅具	38
第2章	焊条	40
2.1	焊条的组成和分类	40
2.1.1	焊条的组成	40
2.1.2	对焊条的基本要求	46
2.1.3	焊条分类	46
2.2	常用焊条的牌号和型号	50
2.2.1	焊条牌号	50
2.2.2	焊条型号	57
2.3	焊条的选用	64
2.3.1	焊条的选用要点	64
2.3.2	常用国产焊条的特点和用途	68
2.4	焊条的使用和管理	73
2.4.1	焊条的使用	73
2.4.2	焊条的管理	76
2.5	专用焊条	77
2.5.1	重力焊条	77
2.5.2	高效铁粉焊条	79
2.5.3	立向下专用焊条	79
2.5.4	管道焊接专用焊条	79
2.5.5	其他专用焊条	80
第3章	手工电弧焊设备	81
3.1	电焊机的基本知识	81
3.1.1	电焊机的类型	81

3.1.2	电焊机型号的编制方法	82
3.1.3	电焊机的技术特性	84
3.1.4	电焊机的主要参数	85
3.2	手工电弧焊焊机的选用原则	86
3.3	常用手工电弧焊焊机	88
3.3.1	手工电弧焊焊机的特点和适用范围	88
3.3.2	交流弧焊机	90
3.3.3	直流弧焊机	98
3.3.4	逆变式弧焊机	106
3.4	手工电焊机器的使用与维修	111
3.4.1	电焊机的使用和维护	111
3.4.2	电焊机常见故障的排除	117
第4章	手工电弧焊技术	122
4.1	手工电弧焊特点	122
4.2	焊前准备	123
4.3	手工电弧焊工艺	124
4.3.1	电源种类和极性的选择	124
4.3.2	焊条直径	125
4.3.3	焊接电流	126
4.3.4	电弧电压	128
4.3.5	焊接速度	128
4.3.6	焊缝层数	129
4.4	手工电弧焊操作技术	129
4.4.1	引弧	129
4.4.2	运条	131
4.4.3	收弧	135
4.4.4	焊缝的接头方法	137
4.4.5	定位焊缝的焊接	140
4.5	各种位置手工电弧焊操作技术	142
4.5.1	平焊	142

4.5.2	立焊	149
4.5.3	横焊	153
4.5.4	仰焊	155
4.6	典型手工电弧焊操作技术举例	158
4.6.1	单面焊双面成形操作技术	158
4.6.2	平板对接焊接技术	167
4.6.3	平板 T 形接头焊接技术	176
4.6.4	管子焊接技术举例	179
4.6.5	管板的焊接技术	192
4.7	薄板对接焊操作技术	204
4.8	焊后处理	205
4.8.1	后热处理	205
4.8.2	焊后热处理	205
4.8.3	焊接变形的矫正	206
第 5 章	常用钢材的手工电弧焊接与铸铁焊补	212
5.1	概述	212
5.1.1	常用钢的分类	212
5.1.2	铸铁的分类	213
5.2	碳素钢的焊接	213
5.2.1	碳素钢的分类	213
5.2.2	碳素钢的焊接特点及工艺措施	214
5.2.3	低碳钢的焊接	216
5.2.4	中碳钢的焊接	222
5.2.5	高碳钢的焊接	225
5.2.6	碳素钢焊接实例	227
5.3	低合金钢的焊接	233
5.3.1	低合金钢的分类、性能及用途	233
5.3.2	热轧及正火钢的焊接	235
5.3.3	低碳调质钢的焊接	243
5.3.4	中碳调质钢的焊接	248

5.3.5	常用低合金高强钢的焊后热处理	251
5.3.6	低合金高强钢焊接实例	253
5.4	耐热钢的焊接	257
5.4.1	耐热钢的分类及用途	257
5.4.2	珠光体耐热钢的焊接	258
5.4.3	马氏体耐热钢的焊接	264
5.4.4	铁素体耐热钢的焊接	267
5.4.5	奥氏体耐热钢的焊接	269
5.4.6	耐热钢的焊接实例	271
5.5	不锈钢的焊接	281
5.5.1	不锈钢的分类与用途	281
5.5.2	奥氏体不锈钢的焊接	283
5.5.3	铁素体不锈钢的焊接	295
5.5.4	马氏体不锈钢的焊接	301
5.5.5	不锈钢复合板的焊接	308
5.5.6	不锈钢的焊接实例	313
5.6	低温钢的焊接	320
5.6.1	低温钢的分类、性能及用途	320
5.6.2	低温钢的焊接特点及工艺	321
5.6.3	低温钢的焊接实例	324
5.7	异种钢的焊接	325
5.7.1	异种钢焊接特点	326
5.7.2	碳素钢与低合金钢焊接	327
5.7.3	珠光体耐热钢与低合金钢的焊接	330
5.7.4	珠光体钢与马氏体钢的焊接	331
5.7.5	珠光体钢与奥氏体钢的焊接	333
5.7.6	奥氏体钢与铁素体钢的焊接	339
5.7.7	异种钢焊接实例	340
5.8	铸铁焊补	345
5.8.1	铸铁的性能与分类	345

5.8.2	灰铸铁的焊补	346
5.8.3	球墨铸铁的焊补	355
5.8.4	铸铁焊接主要缺陷及其焊补	357
5.8.5	铸铁的焊补实例	360
第6章	手工电弧堆焊技术	363
6.1	手工电弧堆焊用焊条	364
6.1.1	堆焊用焊条	364
6.1.2	堆焊用焊条的选用	364
6.2	手工电弧堆焊工艺	377
6.2.1	堆焊工艺	377
6.2.2	堆焊质量的控制	378
6.3	手工电弧堆焊的应用	379
6.3.1	阀门堆焊	379
6.3.2	低合金钢轴的堆焊修复	383
6.3.3	合金工具钢模具的手工电弧堆焊	385
6.3.4	矿山、冶金及建筑机械易磨损件的堆焊修复	386
第7章	焊接质量管理	390
7.1	常见缺陷产生原因及危害	390
7.1.1	外观缺陷	391
7.1.2	内部缺陷	396
7.2	焊接质量检验	407
7.2.1	焊接质量检验三个阶段	407
7.2.2	焊接质量检验方法	410
第8章	手工电弧焊的安全与防护	435
8.1	概述	435
8.2	手工电弧焊安全防护技术	436
8.2.1	防止触电的安全防护技术	436
8.2.2	防止弧光伤害与灼伤的安全措施	440
8.2.3	高空(登高)作业安全措施	442
8.2.4	焊接作业的防火防爆安全措施	443

8.2.5 化工、燃料容器、管道及其他闭塞性场所焊接 作业的安全措施.....	444
8.3 手工电弧焊卫生防护措施.....	448
8.3.1 手工电弧焊有害物质.....	448
8.3.2 手工电弧焊卫生防护措施.....	451
参考文献.....	453

第1章 手工电弧焊基本知识

1.1 手工电弧焊焊接过程简介

1.1.1 焊接方法概述

焊接是用加热或加压，或加热又加压的方法，在使用或不使用填充金属的情况下，使两块金属连接在一起，形成不可拆卸永久接头的一种加工工艺方法。

随着科学技术的发展，新的焊接方法及焊接技术不断涌现，依据其形成特点可将焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三大类。

(1) 熔焊 熔焊是利用局部加热使连接处的金属熔化，再添加（或不添加）填充金属而形成连接的方法。在焊接过程中仅利用热源将焊件接头加热到熔化状态，但不施加压力完成焊接。它是最基本的焊接工艺方法，在焊接生产中占主导地位。如气焊、手工电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、 CO_2 气体保护焊、等离子弧焊、电渣焊、电子束焊、激光焊等。

(2) 压焊 压焊是在焊接过程中，不论是加热或不加热，必须对焊件施加压力完成焊接的方法。这类焊接方法有两种形

式：①将被焊金属接触部分加热到塑性状态或局部熔化状态，然后施加一定的压力，以使金属原子间相互结合，形成焊接接头，如电阻焊、缝焊、对焊、凸焊、摩擦焊等；②不进行加热，仅在被焊金属的接触面上施加足够大的压力，借助于压力所引起的塑性变形，以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头，这种压焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

(3) 钎焊 钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点，但低于母材熔点的温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接的方法。根据使用钎料的不同，可分为硬钎焊和软钎焊。

1.1.2 手工电弧焊构成

手工电弧焊（焊条电弧焊）是用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法。在各种产品制造工业中，手工电弧焊是一种重要的加工工艺，已被广泛地应用于石油化工、电力、航空航天、海洋工程、核动力工程，桥梁、船舶等工业部门。

实现手工电弧焊接的能量是利用气体介质中放电过程产生的能量——电弧热作为焊接热源。

1.1.2.1 焊接电弧

(1) 焊接电弧的形成 焊接电弧并不是一般的燃烧现象，它是在一定条件下，电荷通过两电极间气体空间的一种导电过程，或者说是一种气体放电现象，电弧的组成示意图 1-1。

焊接电源两输出端分别与焊条和工件连接，当焊条与工件短路时，表面局部凸出的部位首先接触，强大的短路电流从这些接触区通过，产生了大量的电阻热，使焊条和工件的接触部位温度急剧升高而熔化，甚至部分蒸发。当提起焊条离开工件时，焊机的空载电压立即加在焊条端部与工件之间。在电源电压的作用下，形成强大的电场，电子在电场的作用下自阴极逸

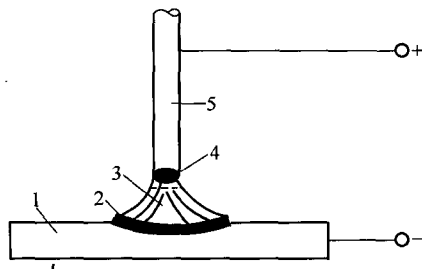


图 1-1 电弧的组成

1—焊件；2—阴极；3—弧柱区；4—阳极区；5—焊条

出产生了强烈的电子发射，这些电子在电场的作用下，加速向阳极运动，与中性粒子相撞并使其电离，分离成电子和正离子，而正离子向阴极运动。同时，在电极间还不断发生带电粒子的复合，放出大量热能。这种过程不断反复进行，就形成具有强烈热和光的焊接电弧。

(2) 焊接电弧的特性

① 电弧的温度与分布。焊接电弧是能量比较集中的热源，用于熔化母材和填充金属。焊接电弧电压在整个弧长上的分布是不均匀的。焊接电弧可划分为三个区域：靠近阴极一段约 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{mm}$ 的区域是阴极区；靠近阳极约为 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{mm}$ 的区域为阳极区；中间部分为弧柱区。在这三个区域中，阴极区和阳极区由于受到电极材料、导热性能、熔点和沸点的限制，温度较低。一般阴极区的温度可达 2400K ，阳极区的温度可达 2600K 。然而，当焊条药皮中含有较多氟化钙时（如低氢碱性焊条），由于氟对电子亲和力很大，当氟在阴极区夺取电子形成负离子时会放出大量的热，在这种情况下，阴极区的热量和温度将比阳极区高。而弧柱区的温度在 $5000 \sim 50000\text{K}$ 范围内，但弧柱区的热量不能直接对焊件和焊条加热，只有一少部分热量通过辐射传给焊件和焊接材料。

因此，焊接时熔化母材和填充金属的热量主要来自于阴极

区和阳极区，弧柱辐射的热量居次要地位。

② 电弧的偏吹。在焊接时，会发生电弧不能保持在焊条轴线方向，而偏向一边，这种现象称为电弧的偏吹。电弧偏吹使电弧燃烧不稳定，影响焊缝成形和焊接质量。引起电弧偏吹的原因，除焊条偏心、焊条药皮局部脱落、电弧周围气流影响外，还会发生因焊接电流磁场所引起的磁偏吹。

采用直流焊接时，因焊接电流产生的磁场作用引起的电弧偏吹称为磁偏吹。焊接电缆接到工件的位置偏于一侧，或电弧附近具有铁磁性物体等都能引起电弧磁偏吹。焊接电流越大，磁偏吹越严重。交流焊接时，由交流电产生的涡流磁通与焊接电流产生的磁通相互抵消。因此，交流焊接时磁偏吹较小。

手工电弧焊时，为了抵消电弧磁偏吹的影响，操作时可将焊条向磁偏吹的方向倾斜，如图 1-2 所示，同时压低电弧进行焊接就可减小磁偏吹。此外，采用分段焊、短弧焊都能减小电弧磁偏吹。

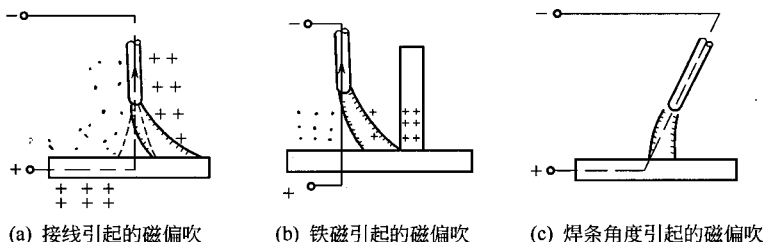


图 1-2 电弧磁偏吹

1.1.2.2 熔池与焊缝的形成

图 1-3 是手工电弧焊示意。在高温热源的作用下，母材发生局部熔化，并与熔化了了的焊条金属搅拌混合，在电弧吹力的作用下，在被焊金属上形成了一个椭圆形充满液体金属的凹坑，这个凹坑称为熔池。手工电弧焊时，随着电弧的前移，熔

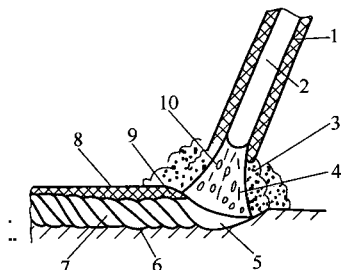


图 1-3 手工电弧焊接示意

- 1—药皮；2—焊芯；3—保护气；4—电弧；5—熔池；
6—工件；7—焊缝；8—渣壳；9—熔渣；10—熔滴

池后方的液体金属温度逐渐下降，熔融金属开始凝固结晶，形成焊缝。

同时电弧所产生的高温使焊条药皮、焊芯及工件熔化，熔化的焊芯端部迅速形成细小的金属熔滴，通过弧柱过渡到熔池中。焊条药皮熔化过程产生气体和熔渣，产生的气体使熔池和电弧周围的空气隔绝，液态熔渣浮起盖在液体金属表面上，起到保护液体金属的作用，并与熔化了了的焊芯、工件（母材）发生一系列冶金反应，保证所形成焊缝的性能。

熔池的形状近似呈半椭圆球状，其几何尺寸有熔池长度（ L ）、熔深（ H ）和熔宽（ C ），见图 1-4。熔池的几何尺寸与焊接工艺参数、母材性质、坡口形状和尺寸有关。一般情况

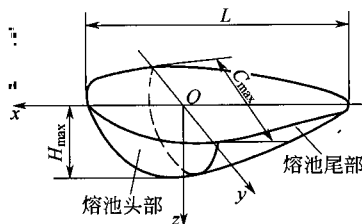


图 1-4 熔池形状示意