

焊接技术

快速入门丛书

邱言龙 雷振国 聂正斌 编著 王 兵 审

钎焊技术

快速入门

QIANHAN
JISHU
KUAISU RUMEN

上海科学技术出版社

焊接技术快速入门丛书

钎焊技术快速入门

邱言龙 雷振国 聂正斌 编著
王 兵 审

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钎焊技术快速入门/邱言龙,雷振国,聂正斌编著.
—上海:上海科学技术出版社,2011.6
(焊接技术快速入门丛书)
ISBN 978-7-5478-0737-8

I. ①钎… II. ①邱… ②雷… ③聂… III. ①钎焊
IV. ①TC454

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 041517 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(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 889×1194 1/32 印张: 6.625

字数: 190 千字

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0737-8/TC·30

定价: 19.00 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



内 容 提 要

本书是焊接技术快速入门丛书中的一本,主要包括:焊工基础知识,介绍焊接接头、焊缝符号、钎焊基础知识;钎料与钎剂,主要介绍钎料、钎剂的分类及选用;钎焊工艺,介绍钎焊焊接参数及钎焊方法,常用金属材料的钎焊工艺;钎焊技术与工程应用实例,简单介绍了同种、异种金属钎焊技术以及典型钎焊应用工程实例;常见焊接缺陷及防止措施,为焊工应对焊接质量缺陷提供防止措施;介绍了焊接应力与变形,以便于焊工提高焊接质量;此外,为增强焊工安全意识和个人防护意识,特别介绍了焊工安全生产与劳动保护等知识。

本书可供刚入门的焊工阅读,也可供相关职业技术学校的学生参考。

前 言

金属焊接是指在两金属件连接处通过加热熔化或加压,或两者并用,以造成金属原子间和分子间的结合而得到永久连接的方法。焊接技术被广泛应用于船舶、锅炉、车辆、飞机和其他金属结构或机器零件的制造。非金属材料(如塑料、玻璃等)也可用焊接方法连接。从焊接工艺的广泛应用,我们可以看出焊接具有如下特点:

(1) 与其他金属连接方法(铆接、螺纹连接)相比,具有节省金属材料、生产效率高、能保持水密性和气密性等优点。

(2) 焊接可以化大为小、以小拼大。在制造大型机件与结构件或复杂的机器零件时,可以采用化大为小、化复杂为简单的方法准备坯料,采用铸-焊、锻-焊联合工艺,用小型铸、锻设备生产大型或复杂零件。

(3) 焊接还可以制造双金属结构,如制造不同材料的复杂层容器。

所以,焊接是生产金属构件、机器零件等的重要加工工艺方法,如桥梁、建筑构件、船体、锅炉、车厢、容器等。此外,焊接还是修补铸、锻件的缺陷和磨损零件的重要方法。

为了方便青年工人自学及上岗、转岗再就业人员快速掌握一技之长,我们组织编写了这套“焊接技术快速入门丛书”。本套丛书包括《气焊与气割技术快速入门》、《焊条电弧焊技术快速入门》、《二氧化碳气体保护焊技术快速入门》、《手工钨极氩弧焊技术快速入门》、《等离子弧焊与切割技术快速入门》、《钎焊技术快速入门》、《电渣焊与电阻焊技术快速入门》、《埋弧焊技术快速入门》。每本书中均包含有焊工作业基础知识、操作工艺,以及各种焊接材料、焊接工具、设备的应用,典型焊接工艺实例等内容。丛书还用具体章节详细介绍了焊工技术基础知识和焊工安全文明生产知识、劳动保护知识,包括预防触电及抢救的安全知识,防火、防爆、防辐射的安全知识,预防有害气体和金属烟尘中毒的安全知识,以及高空

作业焊接、水下焊接与热切割应注意的安全事项等。

本套丛书采用图文并茂的形式,把焊接技术和操作技能通过图表的方式一一解析,借助大量实际操作和工程技术图片,使复杂问题简单化,更加方便未入门和初入门的焊工理解和掌握。丛书力求简明扼要,不过于追求系统及理论的深度,突出“快速入门”的特点,且从应用标准、名词术语、计量单位等各方面全都贯穿着一个“新”字,以便于工人尽快与现代工业化生产接轨,适应未来机械工业发展的需要。

本套丛书旨在通俗、易懂、简明、实用,编写时综合考虑实际需要和篇幅容量,让焊工通过各种焊接工艺入门知识的学习,了解本工艺的专业基础知识和基本操作技能,轻松掌握一技之长,快速迈入焊工之门。各书独立成书,既相互关联,又互为补充。

本套丛书由邱言龙、雷振国、聂正斌编著,由王兵审稿。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中错误在所难免,望广大读者不吝赐教,以利提高!

编 者

目 录

第一章 焊工基础知识	1
第一节 焊接基础知识	1
一、常用金属及其氧化物熔点	1
二、可燃气体的发热量及火焰温度	1
三、氧-乙炔焰种类与应用	2
四、金属材料的力学性能	5
五、热处理的基础知识	8
第二节 焊接接头	11
一、焊接接头的特点	11
二、焊缝金属的性能	12
三、熔合区和热影响区	14
四、影响焊接接头性能的因素	19
五、焊接接头形式和焊接位置	22
第三节 焊缝符号	27
一、焊缝符号的表示方法	27
二、焊缝基本符号的应用和组合	31
三、焊缝尺寸标注示例	32
第四节 钎焊基础知识	33
一、钎焊的定义	33
二、钎焊的特点	33
三、钎焊的基本原理	35
四、钎焊的分类	38
第二章 钎料与钎剂	41
第一节 钎料的分类与编号	41

一、对钎料的基本要求	41
二、钎料的分类	42
三、钎料的型号及牌号	43
四、软钎料	45
五、硬钎料	49
第二节 钎剂的分类、性能与用途	59
一、对钎剂的基本要求	59
二、软钎剂	59
三、硬钎剂	62
四、铅基钎料用钎剂	63
五、气体钎剂	63
第三节 钎料与钎剂的选用	64
一、钎料的选择	64
二、钎剂的选择和使用	66
三、钎焊常用金属材料钎料及钎剂的选用	67
第三章 钎焊工艺	78
第一节 钎焊接头设计及钎焊接头的缺陷	78
一、钎焊接头设计	78
二、钎焊接头的缺陷	81
第二节 焊件装配及焊件的表面处理	82
一、焊件装配及钎料放置	82
二、钎焊前焊件的表面处理	85
三、钎焊后的清洗	87
第三节 钎焊焊接参数及钎焊方法	88
一、钎焊焊接参数	88
二、钎焊方法	88
三、钎焊操作要点	92
第四节 常用金属材料的钎焊	93
一、碳钢、不锈钢及铸铁的钎焊	93
二、铜及铜合金的钎焊	94
三、铝及铝合金的钎焊	98
第四章 钎焊技术与工程应用实例	104

第一节 同种金属钎焊技术	104
一、基本操作	104
二、钎焊纯铜阻尼环和阻尼杆	105
三、钎焊纯铜管	106
四、钎焊灰口铸铁件裂纹	107
第二节 异种金属钎焊技术	108
一、基本操作	108
二、硬质合金刀具的钎焊	109
三、高速钢刀具火焰钎焊	113
四、硬质合金铣刀钎焊	114
第三节 钎焊应用工程实例	116
一、蒸蒸锅进气管和衬里的钎焊	116
二、制氧机热交换器接头的钎焊	117
三、铝电缆接头的软钎焊	118
四、电气触头的钎焊	119
五、硬质合金钻探工具的钎焊	120
六、金刚笔钎焊	123
第五章 常见焊接缺陷及防止措施	125
第一节 焊接质量要求	125
一、焊接质量对外形尺寸的要求	125
二、焊接质量对焊接区内气体的要求	128
第二节 焊接质量检验	130
一、焊接质量检验的过程	130
二、焊接质量检验的方法	131
第三节 常见焊接缺陷及防止措施	141
一、焊缝外形尺寸不符合要求	141
二、咬边	142
三、烧穿	142
四、焊瘤	143
五、夹渣	143
六、未焊透	144
七、气孔	145
八、过热(过烧)	145

九、未熔合	146
十、凹坑	146
十一、裂纹	147
十二、错边	148
第六章 焊接应力与变形	149
第一节 概述	149
一、焊接应力与变形的危害性	150
二、焊接应力与变形产生的原因	150
三、焊接应力与变形的影响因素	152
第二节 焊接应力	154
一、内应力及焊接应力	154
二、焊接残余应力的调节	155
三、焊后消除内应力的方法	162
第三节 焊接变形	164
一、焊接变形的种类	164
二、焊接变形的控制与矫正	167
第七章 焊工安全生产与劳动保护	172
第一节 安全用电及个人防护	172
一、安全用电	172
二、个人防护	174
三、触电事故的处理	182
四、现场心肺复苏	187
第二节 防火、防爆及防弧光辐射	190
一、有害气体和焊接烟尘	190
二、防火、防爆	192
三、防弧光辐射	194
第三节 特殊环境下的焊接技术	196
一、容器内的焊接技术	196
二、高空作业焊接技术	197
三、露天或野外作业焊接技术	198
第四节 钎焊作业危害与安全技术	198
一、钎焊作业易造成的危害性	198
二、钎焊安全技术	199

第一章 焊工基础知识

第一节 焊接基础知识

一、常用金属及其氧化物熔点

金属和金属氧化物从固态向液态转变时的温度称为熔点。单质金属和金属氧化物都有其固定的熔点,金属和金属氧化物的熔点取决于它们的成分,如钢和生铁虽然都是以铁和碳为主的金属,但是由于含碳量的不同,其熔点也不相同。熔点是金属和金属氧化物在冶炼、铸造、切割和焊接等工艺中的重要参数。常用金属及其氧化物的熔点见表1-1。

表1-1 常用金属及其氧化物的熔点 (℃)

金 属	熔 点		金 属	熔 点	
	金 属	氧化物		金 属	氧化物
纯铁	1535	1300~1500	黄铜、锡青铜	850~900	126
低碳钢	约1500		铝	657	2050
高碳钢	1300~1400		锌	419	1800
铸铁	约1200		铬	1550	约1900
紫铜	1083	1236	镍	1452	

二、可燃气体的发热量及火焰温度

自己本身能够燃烧的气体称为可燃气体。工业上常采用的可燃气体有氢气和碳氢化合物,如乙炔、丙烷、丙烯、天然气(甲烷)、煤气、沼气等。可燃气体的发热量与火焰温度见表1-2。

表 1-2 可燃气体的发热量与火焰温度

气体名称	发热量 (kJ/m ³)	火焰温度 (℃)	气体名称	发热量 (kJ/m ³)	火焰温度 (℃)
乙炔	52 963	3 100	天然气(甲烷)	37 681	2 540
丙烷	85 764	2 520	煤气	20 934	2 100
丙烯	81 182	2 870	沼气	33 076	2 000
氢气	10 048	2 660	—	—	—

三、氧-乙炔焰种类与应用

目前,采用钎焊的可燃气体主要是乙炔,乙炔与氧气混合燃烧形成的火焰称为氧-乙炔焰。根据氧气和乙炔混合比(体积比)的不同,可分为中性焰、碳化焰和氧化焰三种。其形状和构造如图 1-1 和图 1-2 所示。

1. 中性焰

在焊炬或割炬的气体混合室内,氧气与乙炔的混合比为 1.1~1.2 时,



图 1-1 氧-乙炔焰的种类

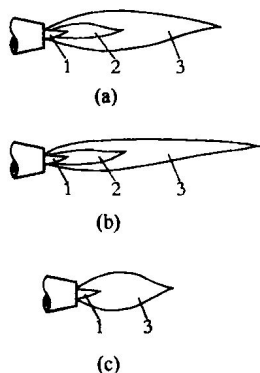


图 1-2 氧-乙炔焰

(a) 中性焰; (b) 碳化焰; (c) 氧化焰

1—焰心; 2—内焰; 3—外焰

乙炔气体被完全燃烧,无过剩的游离碳和氧,这种火焰称为中性焰。中性焰由焰心、内焰和外焰三部分组成。

1) 焰心 呈尖锥形,色白而亮,轮廓清晰。焰心的长度与混合气体的流速有关,流速快则焰心长,流速慢则焰心短。焰心的光亮是由碳的颗粒燃烧发光所致,亮度较高,但是温度不高,一般不到 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 。

2) 内焰 内焰紧靠焰心的末端,呈杏核形,蓝白色,并带有深蓝色线条,微微闪动。焰心中分解出的碳在该区域内与氧剧烈燃烧生成 CO ,故温度较高,在距离焰心末端 3mm 处的温度最高,可达到 $3\,100^{\circ}\text{C}$ 。气焊与气割主要利用这部分火焰,该处火焰的 CO 较多,在气焊时对熔池有一定的还原氧化物的作用。

3) 外焰 外焰与内焰无明显的界限,主要靠颜色来区分。外焰的颜色由内向外由蓝白色变为淡紫色和橘黄色。外焰的温度比焰心高,可以达到 $2\,500^{\circ}\text{C}$,具有一定的氧化性,由于外焰内含有较多的 CO_2 气体,因此在气焊时外焰对熔池有一定的保护作用。

中性焰的乙炔在氧气中得到了充分的燃烧,没有过剩的乙炔和氧,是焊接和气割经常使用的火焰。一般焊接低碳钢、低合金钢和有色金属材料都采用中性焰。

2. 碳化焰

碳化焰又称还原焰,是氧气与乙炔的混合比小于 1 时的火焰。火焰中含有游离碳,具有较强的还原作用,也有一定的渗碳作用。

整个火焰比中性焰长,碳化焰中有过剩的乙炔,并分解成游离状态的碳和氢,它们会渗透到熔池中,使焊缝的含碳量增加,塑性下降;过多的氢进入熔池,可使焊缝产生气孔和裂纹。由于碳化焰对焊缝金属具有渗碳作用,故碳化焰只适用于含碳量较高的高碳钢、铸铁、硬质合金及高速钢的焊接。碳化焰的最高温度为 $2\,700 \sim 3\,000^{\circ}\text{C}$ 。

3. 氧化焰

氧气和乙炔的混合比大于 1.1 时(一般在 $1.2 \sim 1.7$ 之间),混合气体的燃烧加剧,出现过剩的氧,这种火焰称为氧化焰。氧化焰中整个火焰和焰心都明显缩短,内焰消失,只能看到焰心和外焰。焰心呈蓝白色,外焰呈蓝紫色。火焰挺直,并带有“呼呼”的响声。氧气的比例越大,火焰就越短,响声就越大。

由于氧化焰的氧化性较强,不适合于焊接钢件。一般焊接黄铜时采

用此火焰。

气焊与气割中火焰的调节是很重要的,它直接影响气焊与气割产品的内部和外在的质量。在点火和焊接、切割中发现火焰异常的情况时,一定要对火焰异常现象进行消除。表1-3示出了点火和焊接、切割中发生的火焰异常现象、原因及消除方法。

表1-3 火焰异常现象、原因及消除方法

现 象	原 因	措 施
火焰熄灭或火焰强度不够	1. 乙炔管道内有水 2. 回火防止器性能不良 3. 压力调节器性能不良	1. 清理乙炔胶管,排除积水 2. 把回火防止器的水位调整好 3. 更换压力调节器
点火时有爆声	1. 混合气体未完全排除 2. 乙炔压力过低 3. 气体流量不足 4. 焊嘴孔径扩大、变形 5. 焊嘴堵塞	1. 排除焊炬内的空气 2. 检查乙炔发生器 3. 排除胶管中的水 4. 更换焊嘴 5. 清理焊嘴及射吸管积碳
脱火	乙炔压力过高	调整乙炔压力
焊接中产生爆声	1. 焊嘴过热,黏附脏物 2. 气体压力未调好 3. 焊嘴碰触焊缝	1. 熄火后仅开氧气进行水冷,清理焊嘴 2. 检查乙炔和氧气的压力是否恰当 3. 使焊嘴与焊缝保持适当距离
氧气倒流	1. 焊嘴被堵塞 2. 焊炬损坏无射吸力	1. 清理焊嘴 2. 更换或修理焊炬
回火(有“噓噓”声,焊炬把手发烫)	1. 焊嘴孔道污物堵塞 2. 焊嘴孔道扩大、变形 3. 焊嘴过热 4. 乙炔供应不足 5. 射吸力降低 6. 焊嘴离工件太近	1. 关闭氧气 2. 关闭乙炔 3. 水冷焊炬 4. 检查乙炔系统 5. 检查焊炬 6. 使焊嘴与焊接熔池保持适当距离

不同的材料应使用不同的火焰来焊接,表1-4为各种材料焊接时火焰种类的选择。

表1-4 焊接火焰的选择

母 材	应 用 火 焰	母 材	应 用 火 焰
低碳钢	中性焰	铬不锈钢	中性焰或轻微碳化焰
中碳钢	中性焰	铬镍不锈钢	中性焰

(续表)

母 材	应 用 火 焰	母 材	应 用 火 焰
低合金钢	中性焰	纯铜	中性焰
高碳钢	轻微碳化焰	黄铜	轻微氧化焰
锰钢	轻微氧化焰	锡青铜	轻微氧化焰
灰铸铁	碳化焰或轻微碳化焰	铝及铝合金	中性焰或轻微碳化焰
镀锌铁板	轻微氧化焰	铅、锡	中性焰或轻微碳化焰

四、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在力或能的作用下,材料所表现出来的一系列力学性能,如强度、弹性、塑性、韧性、硬度和疲劳等。它反映了金属材料在各种形式外力作用下抵抗变形或破坏的能力。

1) 强度 强度是指金属材料在缓性加载的静载荷作用下,抵抗永久变形和断裂的能力,其载荷的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转等。按照用力的性质不同,可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。在工程上常用的是屈服强度和抗拉强度。

2) 弹性 金属材料在外力作用下发生变形,当外力去掉后,仍能恢复其原来形状和尺寸的变形,称为弹性变形。具有弹性变形能力的特性称为弹性。

3) 塑性 当作用在材料上的外力超过某一限度,在去掉外力后大部分变形随之消失(弹性变形部分),但留下部分变形不能完全恢复原来的形状和尺寸而出现残余变形,这部分残余变形称为塑性变形。塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。金属塑性主要用断后伸长率、断面收缩率和冷弯角来表示。

4) 韧性 韧性是指在冲击载荷的作用下,金属在破断前吸收变形能量的能力,通常用冲击吸收功或冲击韧度来表示。

5) 硬度 硬度是指金属抵抗较硬物体压入的能力。它不是一个单纯的物理量,是反映材料强度、塑性、弹性的综合力学性能指标。硬度可以用不同的方法在不同的仪器上测定,主要有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。

6) 疲劳 疲劳是指金属在交变外力的作用下,所承受的最大应力

低于屈服点发生突然断裂的现象,其衡量指标是疲劳极限。

测定上述性能的试验,称为金属的力学性能试验。

1. 拉伸试验

拉伸试验可以测得金属材料的抗拉强度、屈服强度、伸长率和断面收缩率,即从同一个拉伸试样上可以取得四种数据。焊缝金属和焊接接头的拉伸试验也是暴露焊接缺陷的一种手段。拉伸试样的示意图见图 1-3,如图 1-4 所示的拉力与试样变形量的关系曲线称为拉伸曲线。

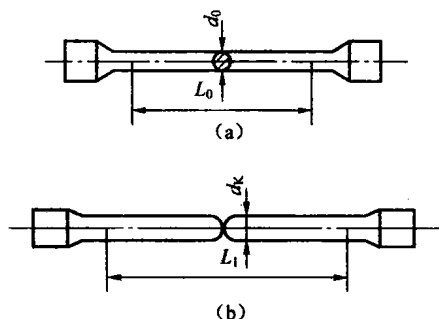


图 1-3 圆形拉伸试样
(a) 拉伸前; (b) 拉伸后

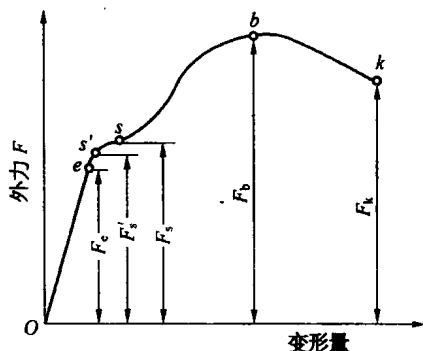


图 1-4 低碳钢拉伸曲线

2. 冲击韧度试验

冲击韧度指金属材料受冲击力作用下,抵抗变形和断裂的能力。冲击韧度试验大多采用的方法是一次摆锤冲击试验(见图 1-5)和小能量多

次冲击试验(见图1-6),目前使用最为普遍的是一次摆锤冲击试验方法。

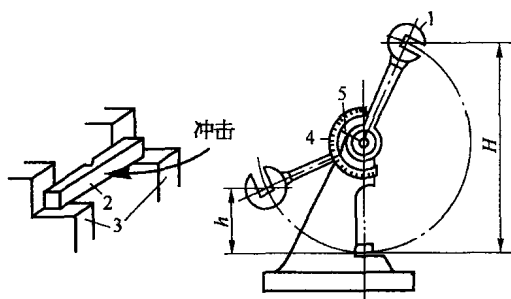


图1-5 一次摆锤冲击试验

1—摆锤；2—试样；3—支承面；4—刻度盘；5—指针

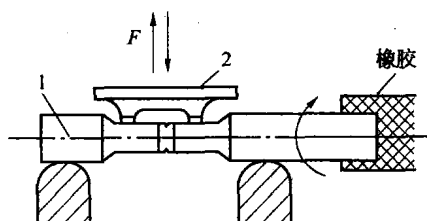


图1-6 小能量多次冲击试验

1—试样；2—锤头

3. 弯曲试验

弯曲试验是指把金属材料或焊接接头试样绕一定直径的轴(压头)进行弯曲,以检验材料的塑性和表面质量的试验,如图1-7所示。

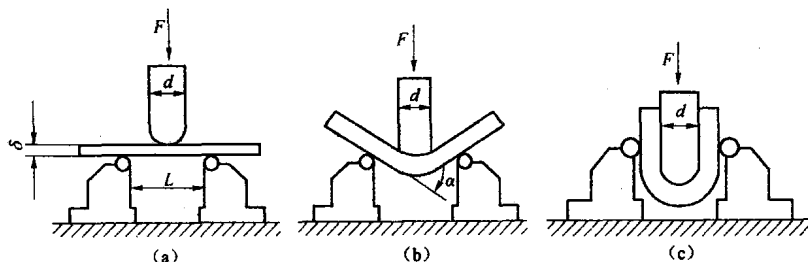


图1-7 塑性材料的弯曲试验

(a) 弯曲试验法；(b) 弯曲到规定的角度；(c) 平行弯曲