

焊接技术 与操作技巧

金凤柱 王振家 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

焊接技术与操作技巧

金凤柱 王振家 编著

国防工业出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书结合焊接实践中经常出现的问题和作者多年的实践,详实介绍了焊接基础知识、焊接接头、电弧焊接方法、典型金属材料的焊接、基本操作技术与技巧、焊接实例以及焊接应力变形及焊接缺陷、焊接劳动卫生与防护等方面的内容。

本书可作为初级电焊工的自学参考书,也可作为技工学校、职业高中的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接技术与操作技巧/金凤柱,王振家编著. —北京:
国防工业出版社,2007.6

ISBN 978-7-118-05133-9

I. 焊... II. ①金... ②王... III. 焊接—基本知识 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 056277 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 10 字数 264 千字

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 22.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

焊接技术是现代生产中的一项重要加工工艺。随着现代制造业和加工业的发展,焊接在工业、农业、国防等方面的应用日益广泛,在生产制造过程中所起的作用越来越大。

为了提高我国技术工人技术理论水平和实际操作技能,国务院已经把技术工人培训纳入轨道,把发展职业教育作为一项重要而紧迫的任务来抓。而且,现代企业要提高核心竞争力就需要培养和造就大批懂技术、会操作、有创新能力的高素质劳动者。

本书详细介绍了焊接技术和焊条电弧焊的实际操作经验。书中有大量实际操作的知识,对于培养既懂理论,又能参加第一线生产的技术工人有很强的指导作用。

在编写本书的过程中,力求使内容通俗易懂,结合操作实际,针对工程实例中的关键技术问题,在全面介绍焊接工艺的同时,重点叙述了操作方法和要领。本书可以作为电焊工的自学参考书,也可作为职业高中,中等技工学校的教学参考书,即以具有初中毕业或以上文化程度的读者服务为宗旨。

本书由金凤柱技师编著第五章~第九章。王振家教授编著第一章~第四章,第十章。

鉴于作者水平有限,该书所述内容难免有不足之处,敬请广大读者批评和指正。

目 录

第一章 焊接的实质与焊接方法分类	1
第一节 焊接的实质	1
第二节 焊接方法分类	2
第二章 焊接接头	7
第一节 焊接接头形式与焊缝形式	7
第二节 焊缝与熔合区	22
第三节 焊接热影响区	35
第三章 电弧焊接方法	48
第一节 焊接电弧	48
第二节 常用电弧焊机	55
第三节 焊条电弧焊工艺	75
第四节 埋弧自动焊工艺	101
第五节 钨极氩弧焊工艺	125
第四章 结构钢及其焊接	136
第一节 金属焊接性概念	136
第二节 热轧钢、控轧钢及正火钢的焊接	140
第三节 中碳调质钢的焊接	163
第五章 平焊、角焊操作技巧	175
第一节 平焊的初步练习	175

第二节	三、四层填充焊接要点	180
第三节	J422 焊条平焊的封面焊接	181
第四节	复合钢板的平焊焊接	183
第五节	J506 焊条的平焊焊接	189
第六节	平角焊焊接	195
第七节	碱性低氢型焊条单面焊双面成形的平焊 焊接	198
第六章	立焊操作技巧	201
第一节	J422 焊条的立焊	201
第二节	J422 焊条的封面焊接	203
第三节	障碍型复合钢板的立焊焊接	204
第四节	立焊封面焊接的多种走法	211
第五节	碱性低氢型焊条立焊的熄弧焊接	226
第七章	横焊、仰角焊操作技巧	228
第一节	间隙较小屏障保护法的运用	228
第二节	间隙适当电弧回推屏障保护法的运用	229
第三节	较大间隙屏障保护法的运用	233
第四节	复合钢板基层的二层焊接	234
第五节	横焊的封面焊接	236
第六节	复合钢板过渡层的横焊焊接	239
第七章	仰焊	241
第八节	仰角焊缝的焊接	243
第八章	焊接实例	245
第一节	J426 焊条管道的封面焊接	245
第二节	氩弧封底的管道焊接	250
第三节	管道封底及封面焊接	258
第四节	水平插入管的焊接	270

第五节	薄板的焊接	273
第九章	焊接应力、变形及焊接缺陷	276
第一节	焊接变形的种类	276
第二节	影响焊接变形的因素	277
第三节	焊接顺序及装配对结构变形的影响	278
第四节	预防焊接变形的措施	279
第五节	电弧焊常见缺陷及防止与处理方法	281
第十章	焊接劳动卫生与防护	290
第一节	焊接与切割作业中的有害因素	290
第二节	焊接劳动卫生防护措施	301
第三节	个人防护措施	310

第一章 焊接的实质与焊接方法分类

第一节 焊接的实质

焊接是现代工业生产中应用很广泛的一种连接金属的工艺方法。主要用来制造各种金属结构和机器零部件。金属的连接方法可以分为三大类：借助于螺栓和铆钉的机械连接方法、粘接和焊接。其中金属的焊接在现代工业生产中具有重要意义。根据中国焊接学会推荐的定义，焊接是指采用适当的手段使两个分离的固态物体产生原子间结合而连接成一体的加工方法。被焊接的物体称作母材，母材可以是同种或异种金属，可以都是非金属（如陶瓷的激光焊接），也可以是一种金属和一种非金属。

固态金属之所以能够保持其稳定形态，原因就是金属内部的原子之间的距离非常小，不同金属内部的原子间距不同，一般在 $0.1\text{nm}\sim 0.7\text{nm}$ 范围以内，所以原子之间存在着牢固的结合力。要把两个分离的金属物体连接到一起，就是要使这两个金属物体的连接表面的原子间距小到物体内部的原子间距尺寸。一般情况下，把两个金属物体放到一起时，由于从微观看物体表面粗糙不平（即使经过精密磨削加工，其表面粗糙度仍有几微米到几十微米），表面存在氧化膜和其他污染物等原因，实际阻碍着金属物体表面原子的充分接近和形成结合力。因此焊接的本质就是通过适当的工艺克服上述困难。

当前的焊接方法都是通过加热、或加压、或同时加热、加压的工艺使两个金属物体实现原子结合而连接在一起的，因此可以把焊接过程具体化为：焊接是将两个分离的物体通过加热或加压，或

两者并用,在用或不用填充材料的条件下借助于原子或分子间的联系与扩散作用形成一个整体的过程。

第二节 焊接方法分类

焊接方法很多,通常可根据焊接接头形成特点不同,把焊接方法分为三大类:熔化焊、压力焊和钎焊,见图 1-1。

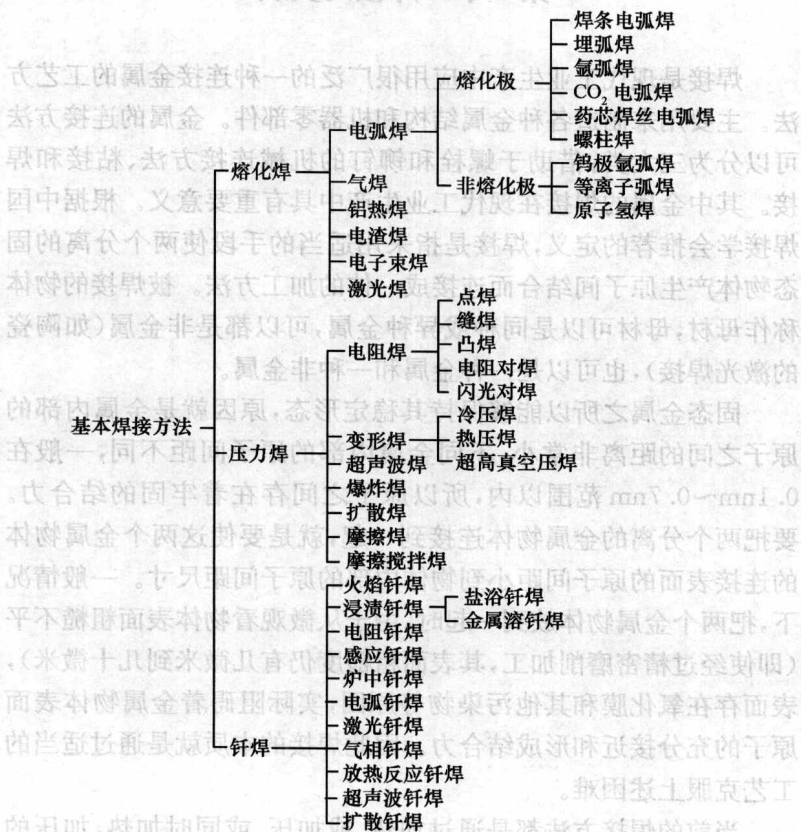


图 1-1 金属焊接工艺方法分类

熔化焊是通过加热使两个金属表面局部熔化成液态并基本混合在一起,然后冷却凝固成一体的工艺方法。熔化焊中又根据采用热源不同可再细分为:

电弧焊:以焊件和焊条或焊丝、钨极、碳极等电极之间产生的电弧热为热源。其中,焊条电弧焊是目前应用最广泛的焊接方法(见图 1-2)。

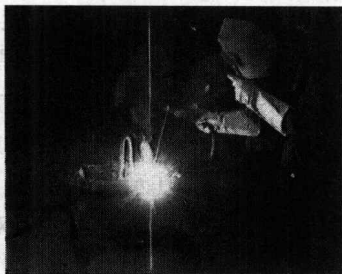


图 1-2 焊条电弧焊

电阻焊:以通电时焊件的两个待连接面产生的电阻热为热源。

电渣焊:以液态熔渣导电时产生电阻热为热源。

电子束焊:以高速流动的电子束为热源。

激光焊:以激光束为热源。

气焊:以可燃气体的燃烧火焰热为热源。

铝热焊:以铝热剂的反应热为热源。

熔化焊过程中,为了防止液态焊缝金属及其周围高温未熔化金属和空气接触而造成的性能恶化,一般都必须采取使高温焊接区与空气隔绝的保护措施。按照真空、气体和渣等保护方式的不同,熔化焊又可分为:

埋弧焊:渣保护;**氩弧焊**:惰性气体保护;**焊条电弧焊**:气渣联合保护;**CO₂保护焊**:用 CO₂ 气体保护,等等。另外根据电极形式不同,熔化焊接方法又可分为**熔化极焊接**(以焊丝、焊条为电极)和**非熔化极焊接**(以钨极或其他为电极)。

固态焊接是利用摩擦、扩散和加压等手段,克服被焊金属表面不平度,除去氧化膜和其他污染物,使两个连接表面的原子相互接

近到金属内部原子间距的尺寸,从而基本上在固态条件下实现连接的工艺方法。固态焊接过程一般需要加压,所以称为压力焊接。许多固态焊接过程常在加压的同时还伴随加热。根据加热的方式不同,压力焊接可再细分为变形焊、摩擦焊、爆炸焊、扩散焊、高频焊、电阻对焊和闪光对焊等。目前在制造业中应用较广泛的旋转式一般连续驱动摩擦焊机的示意图见图 1-3,焊接时首先在旋转夹头和移动夹头上夹持焊件,启动电动机使旋转夹头高速旋转。再启动加压油缸使移动夹头向前移动。当两焊件接触时,开始摩擦加热过程,经过一定的摩擦加热时间后,停止旋转并加大加压油缸的进油量,提高压力和送进速度,直至形成良好的焊接接头。电阻点焊和缝焊也属于压力焊接,其示意图见图 1-4,在焊接接头形成过程中焊核金属有熔化、凝固现象。电阻对焊和闪光对焊的示意图见图 1-5。

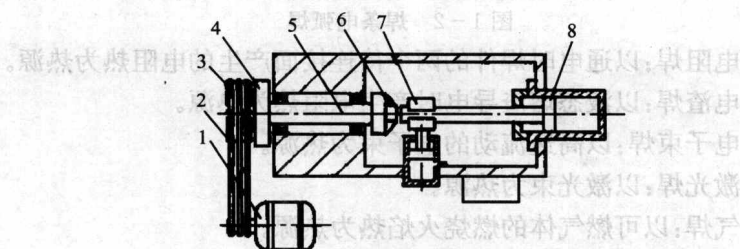


图 1-3 摩擦焊机示意图

1—主轴电动机; 2—传动带; 3—带轮; 4—制动器;
5—主轴; 6—旋转夹头; 7—移动夹头; 8—轴向加压系统。

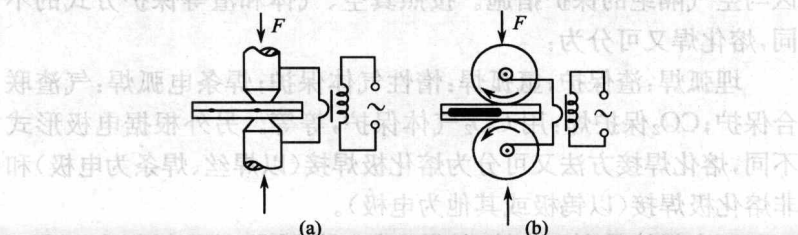


图 1-4 点焊与缝焊示意图

(a) 点焊; (b) 缝焊。

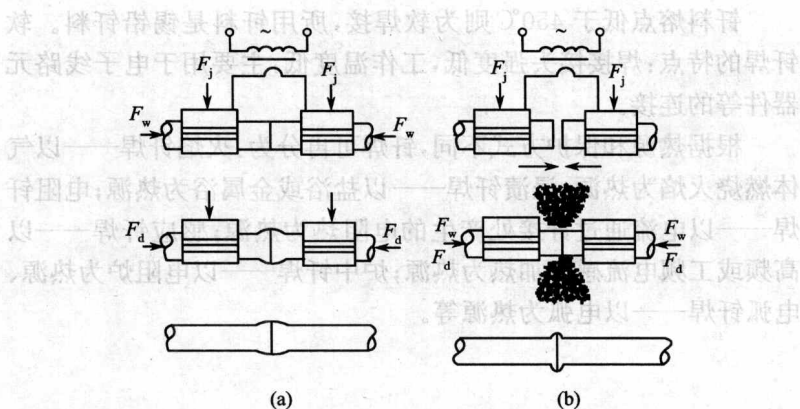


图 1-5 对焊焊接过程示意图

(a) 电阻对焊; (b) 闪光对焊。

F_j —夹紧力; F_w —挤压力; F_d —顶锻压力。

钎焊:是采用比母材熔点低的金属材料做钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点、低于母材熔点的温度,利用液态钎料铺展润湿未熔的母材连接表面,填充接头间隙并与母材金属中的原子相互扩散实现连接焊件的方法。焊接过程一般分为两阶段:第一阶段是熔化钎料的填充过程;第二阶段是钎料组分与母材相互扩散过程,见图 1-6。

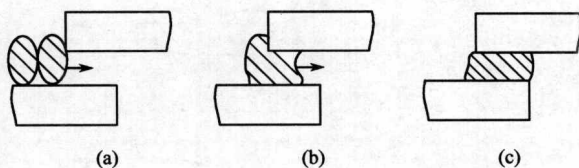


图 1-6 钎焊过程示意图

(a) 在焊件接头处安置钎料并进行加热; (b) 熔化的钎料开始流入焊件接头间隙内;

(c) 钎料填满间隙后,与母材相互扩散、凝固形成钎焊接头。

采用熔点高于 450°C 的钎料进行的焊接称为硬焊接,如铜焊、银焊、铝焊。硬钎焊的特点是:焊件强度高,工作温度高,主要用于受力较大的钢铁件、工具及铝、铜合金件。

钎料熔点低于 450°C 则为软焊接,所用钎料是锡铅钎料。软钎焊的特点:焊接接头强度低,工作温度低,主要用于电子线路元器件等的连接。

根据热源和保护方式不同,钎焊可再分为:火焰钎焊——以气体燃烧火焰为热源;浸渍钎焊——以盐浴或金属浴为热源;电阻钎焊——以电流通过钎接处产生的电阻热为热源;感应钎焊——以高频或工频电流感应加热为热源;炉中钎焊——以电阻炉为热源、电弧钎焊——以电弧为热源等。

第二章 焊接接头

焊接接头指整个焊接区,不仅包括结合区,也包括其周围受热影响发生组织或性能变化的区域,见图 2-1。熔焊时,结合区即为熔化区,熔化区凝固后成为焊缝。由于局部加热,焊缝邻近区域的母材金属必然会因热传导受到热的影响,从而可能引起组织或性能的变化。这一受热影响的区域称为热影响区(常以 HAZ 表示)。焊缝与热影响区的交界面为焊缝边界,实际为具有一定尺寸的过渡区,称为熔合区,或称半熔化区。

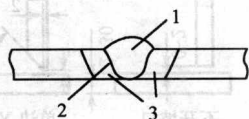


图 2-1 熔焊接头示意图

- 1—焊缝; 2—熔合区;
3—热影响区。

第一节 焊接接头形式与焊缝形式

一、焊接接头的种类及接头形式

熔焊接接头可有多种形式,最常见的焊接接头形式有对接接头、T 形接头或角接头和搭接接头等。为使待焊部位满足焊接施工工艺要求以形成优质焊接接头,如为了满足熔焊和成形的要求或为了保证焊接电弧的可焊到性要求,常需要将待焊部位预加工成一定形状,通称“坡口”。由于焊件的厚度、结构和使用条件的不同,可选取不同的接头形式和坡口形式。气焊、焊条电弧焊和气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸可查阅国家标准 GB 985—88,埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸可查阅国家标准 GB 986—88。焊条电弧焊接头形式和常用坡口形式见图 2-2。

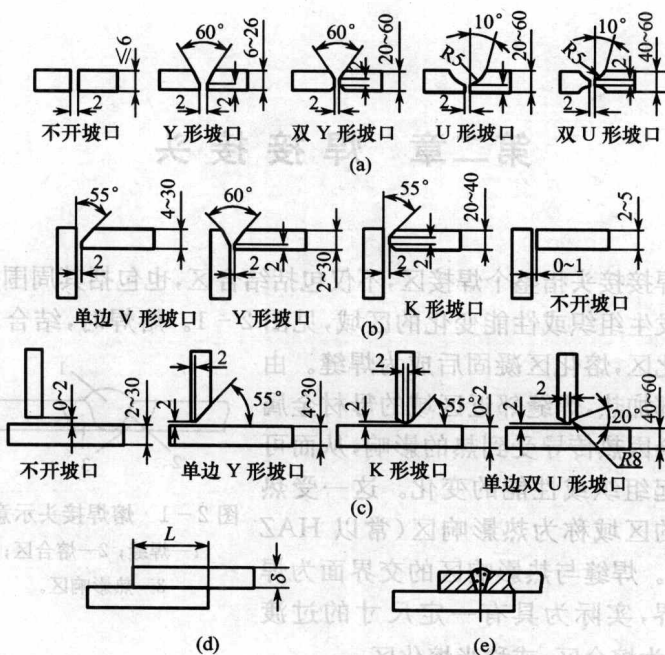


图 2-2 焊条电弧焊常用接头形式和坡口形式

(a) 对接接头; (b) 角接接头; (c) T形接头; (d) 搭接接头 ($L \geq 4\delta$); (e) 塞焊。

1. 对接接头

两焊件表面构成大于或等于 135° , 小于或等于 180° 夹角的接头, 称作对接接头。对接接头是各种焊接结构中采用最多的一种接头形式。

按焊件厚度和坡口形式的不同, 对接接头可分为 I 形 (不开坡口)、V 形、X 形 (双 V 形)、单 U 形、双 U 形、K 形 (双单边 V 形)、Y 形、单边 V 形、J 形、双 J 形及其组合或带垫板的坡口等形式。

钢板厚度在 6mm 以下, 除重要结构外, 一般不开坡口。

厚度不同的钢板对接时, 两板厚度差 ($\delta - \delta_1$) 不超过表 2-1 的规定时, 焊缝坡口的基本形式与尺寸按较厚板的尺寸数据来选择。两板厚度差 ($\delta - \delta_1$) 大于表 2-1 的规定时, 应在厚板上作出如图 2-3 所示的单面或双面削薄, 削薄长度 $L \geq 3(\delta - \delta_1)$ 。

表 2-1 对接接头两钢板允许的厚度差

较薄板厚度 δ_1	$\geq 2 \sim 5$	$\geq 5 \sim 9$	$\geq 9 \sim 12$	≥ 12
允许厚度差 $(\delta - \delta_1)$	1	2	3	4

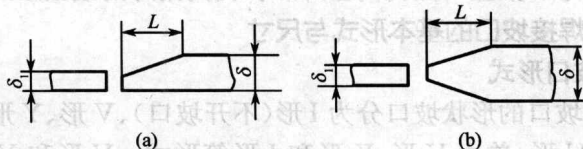


图 2-3 不同厚度板材的对接

(a)单面削薄；(b)双面削薄。

2. 角接头

两焊件端面间构成大于 30° 、小于 135° 夹角的接头，称作角接头。这种接头受力状况不大好，常常用于不重要的结构中。根据焊件厚度不同，角接头分为 I 形（不开坡口）、错边 I 形、带钝边单边 U 形、带钝边双单边 V 形（K 形）及 V 形等。

3. T 形接头

焊件中的一件的端面和另一件的表面构成直角或近似直角的接头称作 T 形接头，其形式如图 2-4 所示，根据 T 形接头垂直板的厚度不同，可分为 I 形（不开坡口）、K 形（带钝边双单边 V 形）坡口等。

4. 搭接接头

焊件中的一件和另一件部分重叠构成的接头称作搭接接头，见图 2-4。搭接接头根据其结构形式和对强度的要求，分为不开坡口、圆孔内塞焊和长孔内角焊三种形式。

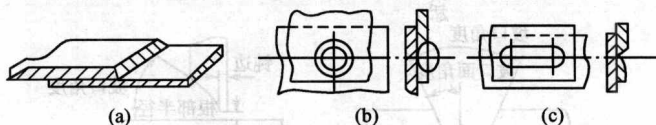


图 2-4 搭接接头

(a) 不开坡口；(b) 圆孔内塞焊；(c) 长孔内角焊。

不开坡口的搭接接头,一般用于厚度小于 12mm 的钢板,其重叠部分 $\geq 2(\delta_1 + \delta_2)$,双面焊接,这种接头用于不重要的结构中。

当重叠部分的面积较大时,可根据板厚及强度的要求,分别采用所需大小和数量的圆孔内塞焊和长孔内角焊的接头形式。

二、焊接坡口的基本形式与尺寸

1. 坡口形式

根据坡口的形状坡口分为 I 形(不开坡口)、V 形、Y 形、X 形、U 形、双 U 形、单边 V 形、K 形和 J 形等形式。V 形和 Y 形坡口的加工和施焊方便(不必翻转焊件),但焊后容易产生角变形。X 形坡口是在 V 形坡口的基础发展出来的,当焊件厚度较大时,采用 X 形坡口代替 V 形坡口,在同样厚度下,可以减少焊缝金属量约 50%,且可施行对称焊接,焊后残余变形较小,缺点是在焊接过程中需要翻转焊件,或在筒形焊件的内部施焊,使劳动条件变差。U 形坡口的空间面积在厚度相同的条件下,比 V 形坡口小得多,但这种坡口加工较复杂。

2. 坡口的几何尺寸

(1)坡口面:待焊件上的坡口表面称坡口面。

坡口面角度和坡口角度:带加工坡口的端面与坡口面之间的夹角称坡口面角度,两坡口面之间的夹角称坡口角度,见图 2-5。

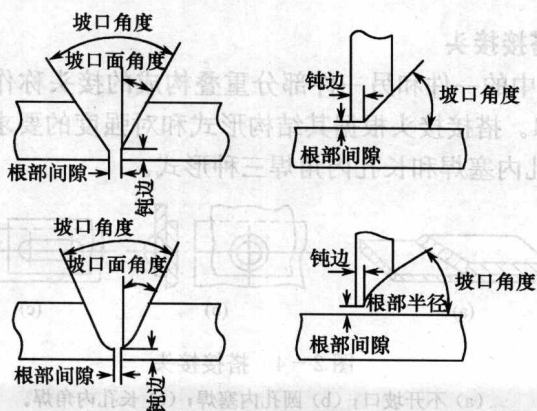


图 2-5 坡口几何尺寸