

HANJIE GONGYI YU CAOZUO
JIQIAO CONGSHU

焊接工艺与操作技巧丛书

氩弧焊

工艺与操作技巧

《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会 编著



焊接工艺与操作技巧丛书

氩弧焊工艺 与操作技巧

《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会 编著

辽宁科学技术出版社
沈阳

图书在版编目 (CIP) 数据

氩弧焊工艺与操作技巧/《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2010.2

(焊接工艺与操作技巧丛书)

ISBN 978-7-5381-6261-5

I. ①氩… II. ①焊… III. ①气体保护焊—焊接工艺
IV. ①TG444

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第009358号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者:

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm×203mm

印 张: 7.25

字 数: 180千字

印 数: 1~4000

出版时间: 2010年2月第1版

印刷时间: 2010年2月第1次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 康 健

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-6261-5

定 价:

联系电话: 024-23284062

邮购热线: 024-23284502

E-mail:lnkj1107@126.com

<http://www.lnkj.com.cn>

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/6261

《焊接工艺与操作技巧丛书》

编委会

主 编 周 岐 王亚君
副主编 杨 惠
编 者 张洪志 张 亮 杨建新 赵建平
李 昭 于宝财 梁长兴 宗 战
巴洪波 张一淼 高艳辉

前 言

焊接广泛应用于国民经济的各个生产领域，从日常生活用品到各个基础工业，从民间交通到火箭导弹等运载工具，从农业机械到各种精密机械和重型机器处处皆有。随着现代工业的发展，焊接已成为材料加工技术中的一门重要技术。

焊接技术的广泛应用促使焊接从业人员不断提高自身的操作技能和相关工艺知识，焊工高超的操作技能来源于良好的焊接习惯和对实践经验的不断总结，以及掌握一些约定俗成的操作工艺和必要的操作技巧。借鉴成熟的经验，遵循成熟的工艺是焊接操作人员快速提高焊接操作技能的主要途径。

因此，我们组织编写了《焊接工艺与操作技巧丛书》，分别为《氩弧焊工艺与操作技巧》、《焊条电弧焊工艺与操作技巧》、《埋弧焊工艺与操作技巧》、《CO₂气体保护焊工艺与操作技巧》、《气焊、气割工艺与操作技巧》、《焊接应力、变形的控制工艺与操作技巧》等共6册。

氩弧焊具有可焊接的材料范围广、焊缝质量高、操作简便、容易实现焊接过程的机械化和自动化等一系列优点，因此，随着现代工业的快速发展，得到了越来越广泛的应用，成为国内外发展最快、应用最广泛的焊接技术。本书为《氩弧焊工艺与操作技巧》，全书共分5章，分别介绍了钨极氩弧焊、熔化极氩弧焊的设备、焊接材料、焊接工艺与操作技巧、常用材料的氩弧焊工艺与操作技巧，氩弧焊的质量控制与安全技术。本书采取工艺与操作相结合的形式，重点介绍了板、管子、管板，以及常用材料的氩弧焊工艺与操作技巧，并配以很多实例讲解，以利于读者从这些实例中得到启发，并在实际生产中起到借鉴作用。

本书采用新规范、新标准，内容通俗，特别注重实用性，可供各行各业的焊工、焊接技术人员学习使用。

由于编者水平有限，漏误之处在所难免，恳请读者批评指正。

《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会

目 录

第一章 氩弧焊基础知识	1
第一节 氩弧焊原理与特点	1
第二节 氩弧焊的分类与应用	2
第三节 氩弧焊电弧燃烧机制	4
一、焊接电弧的构造	4
二、焊接电弧的静特性	6
三、氩气对电弧燃烧的影响	8
第四节 氩弧焊焊接材料	8
一、保护气体	8
二、电极材料	12
三、焊丝	12
第二章 钨极氩弧焊工艺与操作技巧	16
第一节 焊接设备	16
一、手工钨极氩弧焊	16
二、自动钨极氩弧焊	19
第二节 钨极氩弧焊工艺	20
一、坡口形式	20
二、工艺参数选择技巧	21
第三节 手工钨极氩弧焊操作技巧	25
一、基本操作技巧	25
二、板的钨极氩弧焊操作技巧	29
三、管道的手工钨极氩弧焊操作技巧	38
四、管板的手工钨极氩弧焊操作技巧	60
第四节 自动钨极氩弧焊操作技巧	63
一、操作技巧	63
二、操作实例	68
第五节 脉冲钨极氩弧焊工艺技巧	70
一、工艺与操作技巧	71
二、操作实例	73

第六节 其他钨极氩弧焊工艺与操作技巧·····	76
一、钨极氩弧点焊工艺与操作技巧·····	76
二、热丝钨极氩弧焊工艺与操作技巧·····	81
三、管-管、管板的自动钨极氩弧焊工艺与操作技巧·····	82
第七节 钨极氩弧焊的缺陷与防止·····	92
一、焊缝成形不良·····	92
二、烧穿·····	93
三、未焊透·····	93
四、咬边·····	94
五、裂纹·····	94
六、气孔·····	95
七、夹钨或氧化膜夹层·····	95
第三章 熔化极氩弧焊工艺与操作技巧·····	96
第一节 熔化极氩弧焊的特点和应用·····	96
一、熔化极氩弧焊的分类与特点·····	96
二、熔化极氩弧焊的应用·····	98
第二节 熔化极氩弧焊的熔滴过渡·····	98
一、熔滴过渡的形式·····	98
二、参与熔滴过渡的力·····	100
三、熔滴过渡的影响因素·····	102
第三节 熔化极氩弧焊的焊接设备·····	102
一、半自动熔化极氩弧焊·····	102
二、自动熔化极氩弧焊·····	110
第四节 熔化极氩弧焊工艺技巧·····	111
一、工艺参数的选择技巧·····	111
二、熔化极脉冲氩弧焊·····	113
第五节 熔化极氩弧焊操作技巧·····	117
一、半自动熔化极氩弧焊操作技巧·····	117
二、自动熔化极氩弧焊操作技巧·····	126
第六节 窄间隙熔化极氩弧焊工艺与操作技巧·····	128
一、细焊丝窄间隙焊接工艺·····	129
二、粗焊丝窄间隙焊接工艺·····	132
第七节 熔化极氩弧焊的缺陷与防止·····	132

一、焊缝成形不良	132
二、夹渣或氧化膜夹层	133
三、气孔	133
四、烧穿	133
五、未焊透或未熔合	134
六、咬边	134
七、裂纹	134
第四章 常用金属材料的焊接工艺与操作技巧	135
第一节 不锈钢的焊接工艺与操作技巧	135
一、焊接特点	135
二、焊接工艺与操作技巧	140
三、操作实例	144
第二节 铝及铝合金的焊接工艺与操作技巧	150
一、焊接特点	150
二、焊接工艺与操作技巧	155
三、操作实例	162
第三节 钛及钛合金的焊接工艺与操作技巧	171
一、焊接特点	171
二、焊接工艺与操作技巧	173
三、操作实例	178
第四节 铜及铜合金的焊接工艺与操作技巧	183
一、焊接特点	183
二、焊接工艺与操作技巧	184
三、操作实例	189
第五节 纯镍及镍基合金的焊接工艺与操作技巧	192
一、焊接特点	193
二、焊接工艺与操作	194
三、操作实例	199
第六节 其他材料的氩弧焊操作实例	201
一、碳素结构钢的氩弧焊	201
二、合金结构钢	205
三、低、中合金耐热钢	207
第七节 氩弧堆焊工艺与操作技巧	210

一、操作工艺与技巧	211
二、操作实例	213
第五章 氩弧焊安全技术	217
第一节 焊接安全用电	217
一、触电事故的原因	217
二、防止触电事故的措施	217
第二节 氩弧焊的安全措施	218
一、氩弧焊的安全卫生要求	218
二、安全防护措施	219
参考文献	220

第一章 氩弧焊基础知识

第一节 氩弧焊原理与特点

氩弧焊是以氩气作为保护气体的一种电弧焊方法，见图1-1。氩气从焊枪（焊炬）的喷嘴喷出，在焊接区形成连续封闭的氩气层，使电极和金属熔池与空气隔绝，防止有害气体（如氧、氮等）侵入，对电极和焊接熔池起着机械保护的作用。同时，由于氩气是一种惰性气体，既不与金属起化学反应，也不溶解于液体金属，从而母材中的合金元素不会烧损，焊缝不易产生气孔。因此，氩气保护是得到较高质量焊缝的有效、可靠的方法。

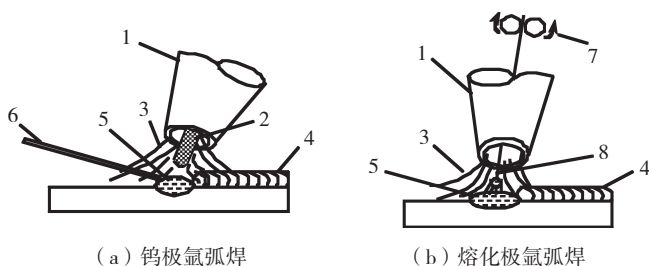


图1-1 氩弧焊示意图

1—喷嘴；2—钨极；3—气体；4—焊道；5—熔池；6—填充焊丝；
7—送丝滚轮；8—焊丝

氩弧焊的优点主要有以下几方面。

(1) 氩气不仅能有效地保护焊接区，而且具有既不溶于金属又不与金属发生反应的特点，因此可焊接的材料范围很广，几乎所有的金属材料都可进行氩弧焊。特别适合焊接化学性质活泼的金属及其合金，如奥氏体不锈钢，铝、镁、铜、钛及其合金的焊接。

(2) 氩弧焊时, 由于电弧受到氩气流的压缩和冷却作用, 使电弧加热集中, 热影响区缩小, 因此焊接应力和变形比较小, 故适用于薄板的焊接。

(3) 氩气在电弧的作用下, 将产生电离, 质量较大的正离子以极大的速度冲向阴极, 使阴极产生高温, 可将难熔的氧化膜粉碎和汽化。因此, 在焊接各种金属和合金时, 不需要使用焊剂或熔剂, 就能获得优质焊缝。

(4) 氩弧焊是明弧焊, 焊接时易于观察, 操作简便, 能在各种空间位置进行焊接, 并容易实现焊接过程的机械化和自动化。

氩弧焊也存在着一些缺点, 如氩气的电离势较高, 交流电源的电弧不稳定。此外, 氩弧焊会激发出较强的紫外线并产生臭氧, 这对操作者的身体有一定影响。因此, 需要采取相应的保护措施。

第二节 氩弧焊的分类与应用

氩弧焊按所用的电极不同, 可分为非熔化极氩弧焊 (TIG焊) 和熔化极氩弧焊 (MIG焊和MAG焊) 两种; 按操作方法和送丝方式不同, 前者又可分为手工钨极氩弧焊、半自动钨极氩弧焊、自动钨极氩弧焊和脉冲钨极氩弧焊, 后者可分为自动、半自动和脉冲熔化极氩弧焊三种, 见图1-2。

由于氩弧焊具有较多的显著特点, 所以, 在我国国防、航空、化工、造船、电器等工业部门应用较为普遍。随着有色金属、高合金钢及稀有金属的结构产品日益增多, 氩弧焊技术的应用将越来越广泛。

非熔化极氩弧焊由于焊接电流受电极 (钨极) 的限制, 电弧功率小, 只适用于薄工件的焊接。熔化极氩弧焊可以采用较大的焊接电流, 因此电弧功率大, 可用来焊接厚的工件。另外, 脉冲熔化极氩弧焊是利用维弧电流保持主电弧的电离通道, 并周期性

地加一同极性高峰值脉冲电流产生脉冲电弧，以熔化金属并控制熔滴过渡的氩弧焊，通常用来焊接薄的工件和用于管道全位置自动焊。

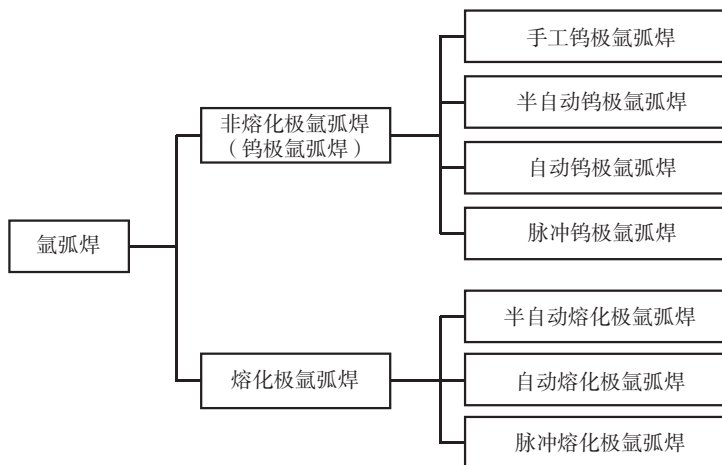


图1-2 氩弧焊的分类

MIG焊和MAG焊都是熔化极氩弧焊，其区别主要是采用的保护气体不同，MIG焊采用的保护气体是Ar或Ar+He，而MAG焊采用的保护气体为惰性气体加少量氧化性气体，例如：Ar+O₂、Ar+CO₂、Ar + CO₂+ O₂，其中氧化性气体，一般O₂：2%~5%、CO₂：5%~20%，在基本不改变惰性气体电弧基本特性条件下，以进一步提高电弧稳定性。

MIG焊根据所用焊丝及焊接规范的不同，可采用短路过渡、大滴过渡、射流过渡、亚射过渡及脉冲射流过渡，生产效率比TIG焊高，焊接变形比TIG焊小，母材熔深大，填充金属熔敷速度快，易实现自动化，电弧燃烧稳定，熔滴过渡平稳、安定，无剧烈飞溅，在整个电弧燃烧过程中，焊丝连续等速送进。可焊接所有金属，如碳钢、低合金钢，特别适合焊接铝及铝合金、镁及镁合金、钛及钛合金、铜及铜合金、不锈钢。能焊板材厚度最薄

1mm，也适合焊中、厚板，可全位置焊接。

MAG焊可采用短路过渡、喷射过渡和脉冲喷射过渡进行焊接，能提高熔滴过渡的稳定性，稳定阴极斑点，提高电弧燃烧的稳定性，增大电弧热功率，减少焊接缺陷及降低焊接成本，获得优良的焊缝质量。适用于碳钢、低合金钢和不锈钢的焊接。适合于全位置焊接。

第三节 氩弧焊电弧燃烧机制

一、焊接电弧的构造

焊接时，在两电极之间通过空气的电离，产生连续持久而强烈的放电过程，空气因电离而变成良好的导体，因而产生电弧。

焊接电弧由阴极区、阳极区、弧柱三个部分组成，如图1-3所示。

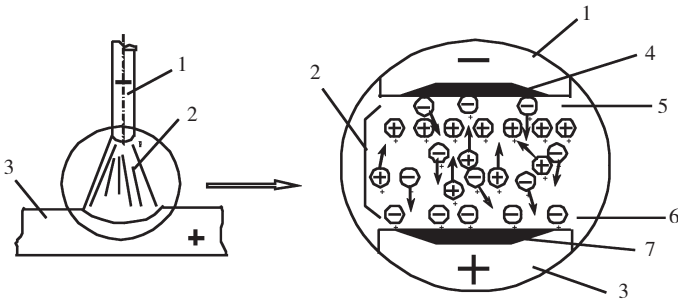


图1-3 焊接电弧的构造

1—电极；2—弧柱；3—焊件；4—阴极辉点；5—阴极区；
6—阳极区；7—阳极辉点

(1) 阴极区。在阴极区的阴极表面有一个明亮的斑点，称为阴极辉点。电子就是从阴极辉点发射出来的。这个区的尺寸很小，它的厚度只有万分之一毫米左右。从阴极辉点发射出来的电子，受到阳极吸引，很快离开阴极向阳极移动。电弧中被电

离的阳离子也受到阴极的吸引向阴极移动。但阳离子的质量比电子大，活动速度较小，所以在阴极表面每一瞬间阳离子的浓度都比电子的浓度大得多，使阴极表面附近的区域形成了一层阳离子层。

阴极温度的高低主要取决于阴极的电极材料，一般都低于阴极金属材料的沸点，见表1-1。此外，如果增加电极中的电流密度，阴极区的温度也可以相应提高。

表1-1 阴极区和阳极区的温度

电极材料	材料沸点 (K)	阳极区温度 (K)	阴极区温度 (K)
碳	4640	4100	3500
铁	3271	2600	2400
钨	6200	4250	3000
镍	3173	2450	2370
铜	2580	2450	2200

(2) 阳极区。在阳极区的阳极表面有一个明亮斑点，称为阳极辉点。阳极辉点是由电子对阳极表面的撞击而形成的。由于电子的质量小，运动速度大，电子在阳极表面附近聚集的浓度比阳离子在阴极表面附近聚集的浓度相应要小。但阳极区的厚度与阴极区的厚度相近。

阳极区的温度与阴极区的比较，在阳极和阴极材料相同时，阳极辉点温度略高于阴极辉点。另外，阳极和阴极的温度与焊接工艺方法有关，钨极氩弧焊时阳极温度高于阴极温度；熔化极氩弧焊时，阳极温度低于阴极温度。

(3) 弧柱。弧柱是处于阴极区和阳极区之间的区域。它是电子和阳离子的混合物，也有一些阴离子和中性微粒。弧柱的温度由于不受材料沸点的限制，通常高于阴极辉点和阳极辉点的温

度。弧柱中心温度可达6000 ~ 8000K。

电弧电压是由阴极区电压（ $U_{阴}$ ）、阳极区电压（ $U_{阳}$ ）和弧柱电压（ $U_{柱}$ ）三部分组成。即当弧长一定时，电弧电压= $U_{阴} + U_{阳} + U_{柱}$ 。

由于阴极区和阳极区的电弧长度方向很小，可视二者之和为一定值 a 。则

$$U_{弧}=a+ U_{柱}=a+bl_{柱}$$

式中 b ——单位长度的弧柱电压，一般为20 ~ 40V/cm；

$l_{柱}$ ——弧柱长度。

由此可见，电弧电压与弧柱长度成正比。

二、焊接电弧的静特性

1. 电弧的静特性的意义

在电弧长度一定时，电弧燃烧电压与焊接电流之间的关系称为电弧静特性。表示它们关系的曲线称为电弧的静特性曲线。

焊接电弧是焊接回路中的负载，它起着把电能转变为热能的作用，在这一点上，它与普通的电阻有相似之处。但是，它与普通的电阻相比又有明显的特点。

普通电阻通过电流时，电阻两端的电压降与通过的电流值成正比。根据欧姆定律，其比值基本是不变的，称为电阻静特性，如图1-4中的虚线1所示。而焊接电弧在燃烧时，电弧两端的电压降与通过电弧的电流值不成正比关系，其比值是随着电流值的不同而变化的，如图1-4中的曲线2所示。

（1） ab 段是在电流很小情况下的变化。电流小，电弧电压增高；电流增大时电弧的温度升高，气体电离和阴极电子发射增强，所以维持电弧所需的电弧电压就降低。

（2） bc 段为在正常工艺参数焊接时，电流通常从几十安培到几百安培。加大电流只是增加对电极材料的加热和熔化程度，电弧电压却不再随着电流强度的改变而改变。

(3) 当焊接电流从曲线c点继续增加时, 如果电极直径仍然不变, 则由于电极区电流密度过大, 电极辉点受电极端面积限制而相对地比正常状态有所压缩, 使电极区的电压降增大, 于是维持电弧所需的电弧电压随着焊接电流的增加而增加, 形成曲线cd段。

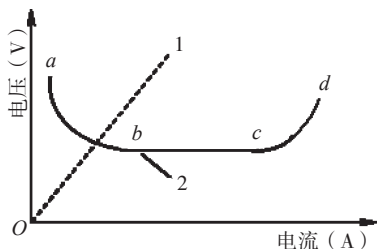


图1-4 普通电阻静特性与电弧静特性
1—普通电阻静特性; 2—电弧静特性

2. 弧长变化对电弧静特性的影响

自动熔化极氩弧焊和自动钨极氩弧焊中, 两极间距离基本固定不变, 所以弧长变化不大。手工钨极氩弧焊或半自动熔化极氩弧焊中, 均以手工操作运弧, 所以弧长随时变化。因此, 电弧的静特性曲线位置也随之变化, 但电弧静特性曲线形状基本不变。电弧拉长时, 电弧静特性曲线向上移动; 电弧缩短时, 电弧静特性曲线向下移动, 见图1-5。

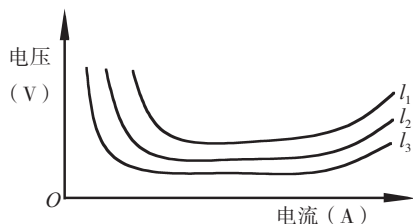


图1-5 不同弧长对静特性曲线位置的影响
 l_1 —正常弧长; l_2 —拉长弧长; l_3 —缩短弧长

3. 电弧静特性曲线各区段的应用范围

焊接时, 电弧静特性曲线中如图1-4所示的b~d区段的任何一

点均可使电弧稳定燃烧。氩弧焊中，随着使用的电极类别不同，对电弧静特性曲线各区段的选用也不同。

(1) 钨极氩弧焊。由于钨极的使用电流小，电流密度也小，电弧受气体的压缩作用较小，故一般只用电弧静特性曲线的水平区段（ $b\sim c$ 区段）。

(2) 熔化极氩弧焊。由于焊丝细，许用电流大，电流密度也大，同时气流对弧柱起着强烈的压缩和冷却作用，故一般都用电弧静特性曲线的上升区段（ $c\sim d$ 区段）。

三、氩气对电弧燃烧的影响

1. 电弧的引燃

自动焊时，焊前已将两极间距调整好，在一定的空载电压下采用高频引弧将电弧引燃；而手工钨极氩弧焊时，多采用接触引弧将电弧引燃。但由于氩气的电离电位很高，这对氩弧的引燃十分不利。尤其是交流氩弧焊时，因为电弧燃烧的不连续性，需要多次重复引燃，所以，氩弧焊一般都需要采用有效的引燃装置来保证焊接电弧的引燃。

2. 电弧的燃烧

电弧引燃后，除在交流电源中须加稳弧装置外，电弧在氩气中燃烧的连续性和稳定性均能得到保证。虽然氩气的电离电位较高，但当电弧引燃后，高温和氩气的比热容和热传导能力较小，从而大大改善了电弧的燃烧条件，故电弧在氩气中燃烧十分稳定。

第四节 氩弧焊焊接材料

一、保护气体

1. 氩气

氩气是惰性气体，具有高温下不分解又不与焊缝金属起化学