

制造业过程质量控制与检验丛书

焊接过程 质量控制与检验 读本

巴连文 编著



 中国标准出版社

焊接过程

质量控制与检验

读本

巴连文 编著

中国标准出版社



内 容 简 介

本书是《制造业过程质量控制与检验丛书》之一,针对焊接质量控制人员和焊接质量检验人员的实际需要介绍了焊接质量控制及检验方法、焊接缺陷产生原因和预防措施、焊接工艺评定以及应知应会的焊接方面的基础知识和检验技术。旨在为焊接工艺设计、质量控制和检验人员以及一线焊工解决焊接中的实际问题,提高焊接质量。本书具有实用性和指导性,可作为焊接工艺设计人员、焊接质量检验及控制人员和焊接工人的培训教材,也可作为他们的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接过程质量控制与检验读本/巴连文编著. —北京:
中国标准出版社,2005
(制造业过程质量控制与检验丛书)
ISBN 7-5066-3867-3

I. 焊… II. 巴… III. ①焊接-质量控制②焊接-质量检验 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 092448 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址: www.bzchs.com
电话:010-68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

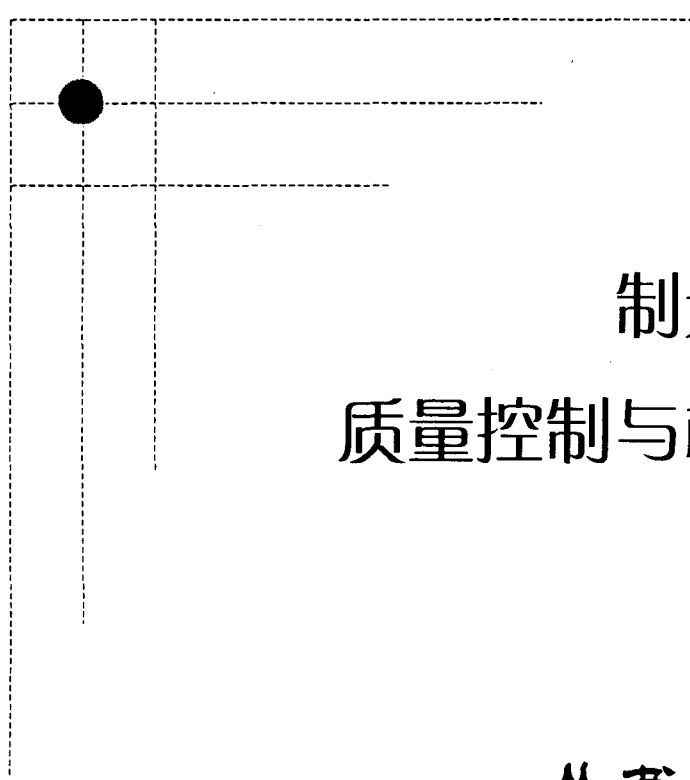
*

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 438 千字
2006 年 7 月第一版 2006 年 7 月第一次印刷

*

定价 38.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



制造业过程 质量控制与检验丛书

丛书编委会

主 编 梁国明

副主编 范守训

编 委 (按姓氏笔画为序)

王世国 巴连文 刘 伟 刘兴国

刘明军 刘洪生 吕 凯 李广田

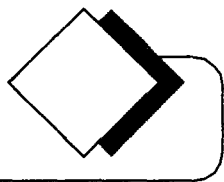
李建仁 张会国 张建国 杨永生

杨 华 赵景才 魏国平

严格过程控制
加强质量检验

张维庆
2006年3月13日

序



制造业是国民经济建设的基础。在激烈的市场竞争中,制造业要生存,要多、快、好、省地不断设计制造出顾客满意的产品,就必须狠抓产品形成过程控制。制造业产品的形成过程,从产品设计开发到售后服务,直到产品寿命终止后的处置,是个漫长的过程,对这个过程需要控制的内容很多,但是最重要的是对过程的质量进行控制,通过有效的过程质量控制和质量检验来保证产品质量,提高企业竞争力。

近年来,制造业产品的品种越来越多,产品更新换代越来越快,生产过程越来越复杂,技术含量越来越高,质量要求越来越严格。因此对制造业的产品设计、制造、检验人员以及质量管理者的技术素质提出了越来越高的要求,对他们进行职业教育和培训更为重要和迫切。2005年10月,国务院发布了《国务院关于大力发展职业教育的决定》,由此可以看出,国家非常重视职业教育培训工作。另一方面,许多员工自己也感到竞争压力,为了保障自己的就业安全,他们在工作中和业余时间加强技术业务学习,不断提高自己的技术素质,把自己培养成为一专多能的复合型人才。

本丛书针对制造业的实际需求而编写,总结了作者多年的工作实践经验,旨在为制造业提供实用的过程质量控制方法和质量检验方法,为企业实施教育培训和员工自学提供内容实用的教材。丛书共13分册,第一分册对产品的设计、开发、制造直至出厂售后服务过程的质量控制方法进行了宏观的介绍,对制造业质量检验中一些共性的问题进行了阐述;第二分册归纳总结了制造业

过程质量控制和质量检验常用统计技术方法;第三分册以图表形式汇集了制造业过程质量控制与检验常用技术资料;其他分册针对制造业主要工种,分别介绍了原材料、模样、铸造、锻造、焊接、机加工、热处理、电镀、涂装、机械设备电气系统过程质量控制与检验,详细叙述了各工种所用的各种检验方法、检验依据、检验中应注意事项、检验中常见缺陷分析以及检验员应知应会的知识和技术。

本丛书的作者均是长期工作在生产第一线的设计、工艺和质量检验专家,不仅有深厚的理论知识,而且有丰富的实践经验。本着理论联系实际而偏重于实际的写作原则,书中不阐述高深的理论,而是努力突出应知应会的知识、技术和行之有效的经验、方法,突出内容的实用性、可操作性、指导性,为生产第一线的设计、工艺、生产、质量检验和质量管理人员解决工作中的实际问题。

本丛书可供制造业企业的设计、工艺、制造、质量检验人员、质量管理人员以及生产一线工人学习、阅读,也可作为职业教育培训教材和自学读本,还可作为大专院校机械制造类专业师生的参考书。

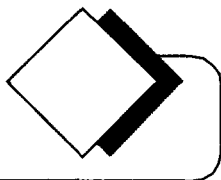
本丛书的编写和出版得到了中国机械工业质量管理协会的支持,张维德理事长为本丛书题词,在此谨表谢意。

由于水平所限,丛书的内容可能有遗漏和错误,敬请广大读者批评指正,以便于再版时修正。

丛书编写组

2006年1月

前言



在科学技术飞速发展的今天,焊接已经从一种传统的热加工工艺发展到了集结构、力学、电子等多门类科学为一体的综合工程学科。而且,随着相关学科技术的发展和进步,不断有新的知识融合在焊接之中。从世界范围来看,现代焊接技术以高效、节能、优质及其工艺过程数字化、自动化、智能化控制为特征。在国内,无论是从目前焊接设备和材料产量构成比的发展趋势,还是从焊接设备和材料的制造技术和发展方向上看,我国现代焊接技术已有很大发展,部分产品技术已达到或接近国外先进水平。

在制造业中,焊接获得广泛用途。压力容器产品对焊接质量提出很高要求,为了保证焊接质量,压力容器制造企业设有焊接质量控制系统责任人员。许多军工产品对焊接质量要求也很严格。

本书作为《制造业过程质量控制与检验丛书》之一,依据最新的焊接标准,针对焊接工艺特点,结合实际需要介绍了焊接质量控制及检验方法、焊接缺陷产生原因和预防措施、焊接工艺评定以及焊接质量控制人员、焊接质量检验人员应知的焊接方面的基础知识和应会的焊接质量检验方法。本书具有如下特点:

第一,针对性。针对焊接产品形成过程质量控制所需要的方法和检验人员工作中应知的知识及应会的技术展开来写。

第二,实用性。书中所介绍的过程质量控制方法和各种检验方法,均是生产中的有效方法,介绍的知识和技术是检验人员必须掌握的知识和技术。

第三,可操作性。介绍的过程质量控制方法和各种质量检验

方法,其前后顺序清楚,过程步骤明确而具体,读者只要正确地照着去做就行。当然,其中有一些方法只点到为止,起到提示作用,让读者在使用这些方法时有发挥的余地和创新的机会。

第四,图文并茂。使用了大量的图和表,这样不仅使书的内容更丰富,生动活泼,而且使一些难懂和复杂的问题,变得简练而通俗。

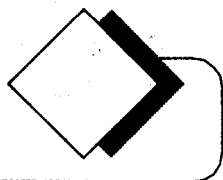
本书旨在为焊接工艺、质量检验、质量管理人员以及生产第一线焊工解决焊接中的实际问题,提高焊接质量;可作为制造业焊接工艺人员、焊接质量检验人员和一线焊工,以及压力容器制造企业的焊接质量控制系统责任人员的培训教材和自学的读本。

由于水平有限,书中若有疏漏、不足和欠妥之处,请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 3 月

目录



第1章 焊接基本知识	1
1.1 焊接方法的分类	1
1.2 常用焊接方法	2
1.3 常用焊接方法缩写表示法	11
1.4 焊接设备	11
思考题	18
第2章 焊接用钢	19
2.1 钢的分类和命名方法	19
2.2 钢的性能	21
2.3 热处理	29
思考题	31
第3章 焊接材料及其检验与管理	32
3.1 手工电弧焊焊条	32
3.2 焊丝	57
3.3 埋弧焊用焊丝和焊剂	74
3.4 气体保护焊焊接材料	80
3.5 焊接材料的选择	82
3.6 焊接材料的检验	99
3.7 焊接材料的现场管理	109
思考题	111
第4章 焊接接头形式与焊缝符号	112
4.1 焊接接头形式	112
4.2 焊接符号、焊接方法及其标注	126
思考题	135
第5章 焊接缺欠及预防	136
5.1 焊接缺欠种类	136
5.2 缺欠和焊接方法	152
5.3 焊接缺欠产生的原因	155

5.4 各类焊接缺欠因果图分析	155
5.5 常见焊接缺欠及预防的措施	157
思考题	160
第6章 焊接残余应力与变形及其控制	161
6.1 焊接应力及变形	161
6.2 焊接残余应力的工艺调节措施	163
6.3 焊接变形	164
6.4 焊接变形控制与清除措施	167
思考题	169
第7章 焊后热处理	170
7.1 消氢热处理	170
7.2 消除应力热处理	170
7.3 改善力学性能的焊后热处理	176
7.4 焊后热处理的方法及其质量控制	177
7.5 焊后热处理的质量管理	178
思考题	179
第8章 焊接质量控制和检验	180
8.1 焊接质量控制	180
8.2 焊接前质量控制	181
8.3 焊接过程的质量控制	189
8.4 焊后质量控制的检验	192
8.5 焊接接头的机械性能检验	197
8.6 焊接的化学成分分析检验	197
8.7 金相检验	198
8.8 焊缝强度的检验	198
8.9 无损检测	204
思考题	239
第9章 焊接工艺评定和焊接管理	240
9.1 概述	240
9.2 焊接工艺规程及评定的程序	240
9.3 对试件的要求及检验	254
9.4 认可	260
9.5 焊接工艺评定报告(WPQR)	264
9.6 焊接管理	268
9.7 焊工管理	269
思考题	270
参考文献	271

第 1 章

焊接基础知识

焊接是将两个或两个以上的焊件,在外界某种能量作用下,借助于各焊件接触位的原子间的相互结合力,连接成一个不可拆的整体的一种加工方法。一般被连接焊件的材料包括金属与金属,金属与非金属,非金属与非金属。通常的焊接都是指金属与金属之间的焊接。

1.1 焊接方法的分类

根据焊接过程中金属所处的状态不同,焊接方法可分为熔焊、压焊、钎焊三大类。

1.1.1 熔焊

使被连接的构件接头局部加热熔化成液体,然后再冷却结晶成一体的方法称为熔焊。

1.1.2 压焊

是指利用摩擦、扩散和加压等物理作用,克服两个连接表面的不平度,除去(挤去)氧化膜及其他污染物,使两个连接表面上的原子相互接近到晶格距离(原子引力作用范围),从而在固态条件下实现的连接,统称固相焊接。固相焊接时通常都必须加压,所以称压焊。

一般压焊有两种形式:

① 把被焊金属的接触部位加热至塑性状态或局部熔化状态,然后加一定的压力,使金属原子间相结合形成焊接接头。如电阻焊、摩擦焊等。

② 不加热焊,仅在被焊金属接触面上施加足够大的压力,借助压力引起的塑性变形,使原子相互接近,从而获得牢固的压挤接头。如超声波焊、爆炸焊、冷压焊等。

1.1.3 钎焊

一般采用熔点比母材低的金属材料作钎料,把焊件和钎料加热至高于钎料熔点,但低于母材的温度,利用毛细作用使液态钎料润湿母材,填充接头间隙,并与母材相互扩散连接焊件的方法称为钎焊。

钎焊分以下两种:

① 软钎焊用于熔点低于 450°C 的钎料(铅、锡合金为主)焊接,这种接头的强度较低。

② 硬钎焊用于熔点高于 450°C 的钎料(银、铜、镍合金为主)焊接,这种接头强度较高。

焊接技术广泛应用于我国各工业部门,如大型舰船、大型发电机、大型压缩机壳、厂房、汽车、飞机、人造卫星等,在锅炉压力容器制造业也有重要地位。

焊接方法按工艺过程特点的详细分类见图 1-1 所示:

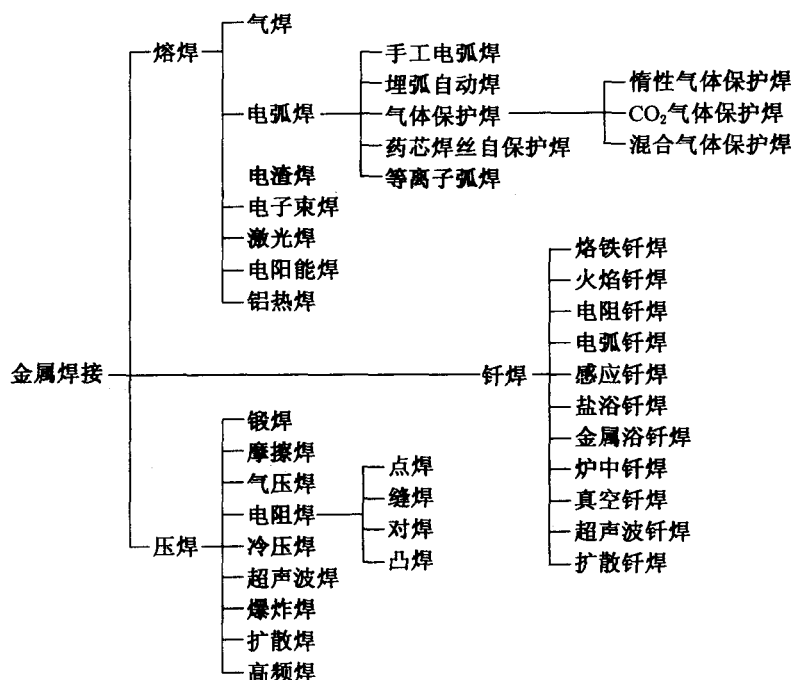


图 1-1 焊接方法按工艺过程特点分类

1.2 常用焊接方法

常用熔焊方法有手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊、电渣焊及气焊(参见图 1-1)。

1.2.1 手工电弧焊

手工电弧焊是利用焊条与焊件之间的电弧热,把焊条及部分焊件熔化而形成焊缝的焊接方法。在焊接过程中,焊条药皮熔化解生成气体和熔渣,在气体和熔渣的共同保护作用下,可有效地排除周围空气对熔化金属的有害影响;再通过高温下熔化金属与熔渣间的冶金反应,还原并净化焊缝金属,从而获得优质的焊缝(参见图 1-2)。

手工电弧焊的工艺特点是手工操作,适应性强,可适用于高空和野外,乃至水中操作。对任何焊接位置(平、立、横、仰)的不同形式的接头和各种长度及形状的焊缝都可以方便地进行焊接。其设备比较简单、低廉,生产效率低而劳动强度大,对焊接质量要求严,所以对焊工的技术水平、操作技能要求较高。

1.2.2 埋弧自动焊

埋弧自动焊又称焊剂层下电弧焊。埋弧自动焊与手工电弧焊的本质区别在于是通过连续送给的焊丝与工件之间产生的电弧在颗粒状的焊剂层下燃烧,电弧热量使焊丝、工件和焊剂同时熔化,形成金属熔池和熔渣,而后冷却凝固结合成焊接接头。由于在埋弧焊过程中,电弧的引燃、焊丝的连续送给、电弧沿焊接方向的移动以及熄弧等焊接操作,由机械方式来完成,故又称自动焊,见图 1-3。

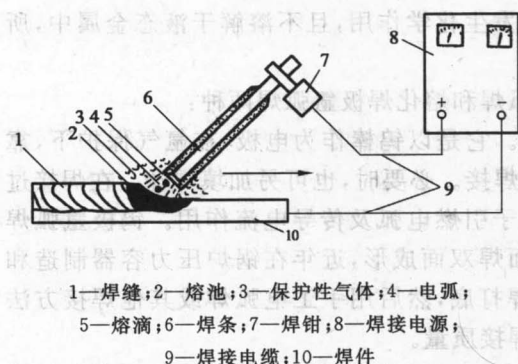


图 1-2 手工电弧焊接图

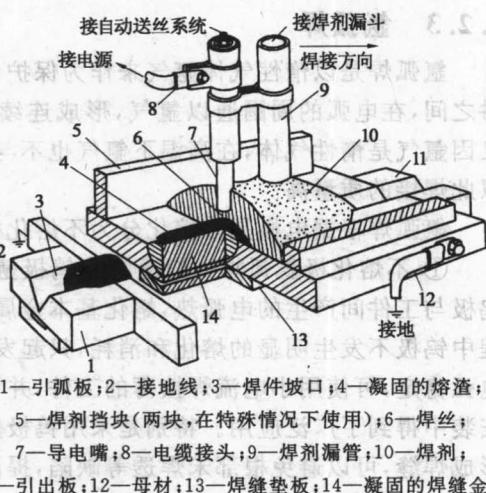


图 1-3 埋弧自动焊示意图

埋弧自动焊与手工电弧焊相比，有如下的优点：

① 埋弧自动焊能采用大的焊接电流，电弧热量集中，熔深大，焊丝可连续送进而不像焊条那样频频更换，所以其生产率比手工电弧焊高 5~10 倍。

② 由于焊剂和熔渣严密地包围着焊接区，空气很难侵入，较高的焊接速度减小了热影响区的尺寸，焊剂和熔渣的覆盖又减慢了焊缝的冷却速度，这些都有利于使焊接接头获得良好的组织与性能。同时自动操作使焊接参数规范、稳定，焊缝成分均匀，外型美观光滑，焊接质量较好。

③ 由于埋弧自动焊热量集中，焊接金属没有飞溅损失，没有废弃的焊条头，工作厚度在小时还可不用开坡口，从而节省金属材料及电能。

④ 埋弧自动焊施焊中看不到弧光，焊接的烟雾比较少，又是机械操作，所以劳动条件得到很大改善。

但是埋弧自动焊有一定局限：设备比较复杂昂贵，由于电弧不可见，所以对焊缝接头加工和装配要求严格，焊接位置受到一定的限制，一般都是平焊位置焊接。因此，埋弧焊常用于焊接长的直线焊缝和大直径圆筒容器的环焊缝。

埋弧自动焊的主要工艺要素如图 1-4。

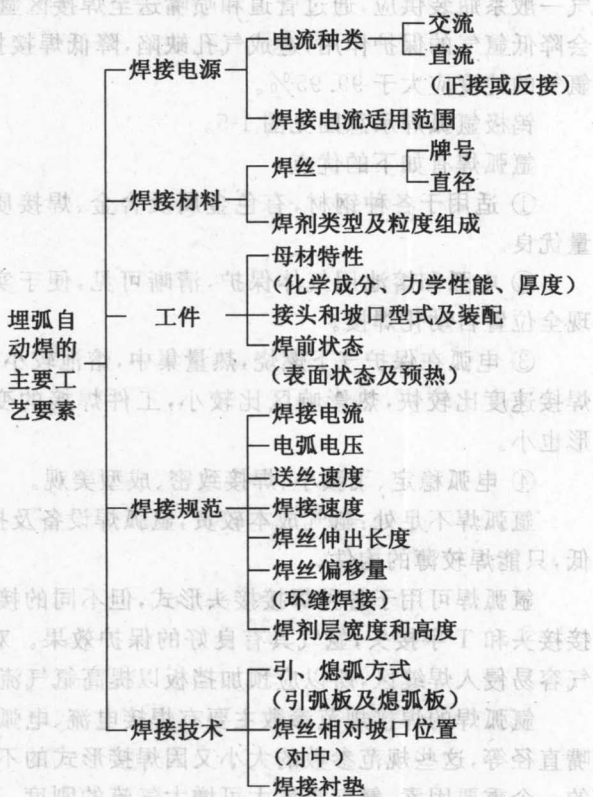


图 1-4 埋弧焊主要工艺要素

1.2.3 氩弧焊

氩弧焊是以惰性气体氩气来作为保护气体的一种电弧焊接方法。电弧发生在电极与工件之间,在电弧的周围通以氩气,形成连续封闭气流,来保护电弧和熔池不受空气的侵害。又因氩气是惰性气体,在高温下氩气也不与金属发生化学作用,且不溶解于液态金属中,所以此焊接的质量高。

氩弧焊根据电极是否熔化分为不熔化极氩弧焊和熔化焊极氩弧焊两种:

① 不熔化极氩弧焊一般通常称钨极氩弧焊。它是以钨棒作为电极,在氩气保护下,靠钨极与工件间产生的电弧热,熔化基本金属进行焊接。必要时,也可另加填焊丝。在焊接过程中钨极不发生明显的熔化和消耗,只起发射电子引燃电弧及传导电流作用。钨极氩弧焊电弧稳定,可使用小电流焊接薄的工件,并可单面焊双面成形,近年在锅炉压力容器制造和安装中得到了广泛应用。特别是采用钨极氩弧焊打底,然后用电弧焊或其他焊接方法形成焊缝,可以避免根部未焊透等缺陷,提高了焊接质量。

② 熔化极氩弧焊是采用连续送进焊丝作电极,在氩气保护下,依靠焊丝与工件之间产生的电弧热,熔化基本金属与焊丝形成焊缝。在压力容器制造中,熔化极氩弧焊多用于焊接有色金属及合金钢。

氩弧焊所用焊丝,其化学成分与母材基本相同,焊丝直径一般不大于 3mm。所用的氩气一般系瓶装供应,通过管道和喷嘴送至焊接区氩气中含有氧、氮、二氧化碳和水分等杂质、会降低氩气的保护作用,造成气孔缺陷,降低焊接接头的力学性能与抗腐蚀性能,所以要求氩气的纯度应大于 99.95%。

钨极氩弧焊示意图见图 1-5。

氩弧焊有如下的优点:

① 适用于各种钢材,有色金属及合金、焊接质量优良。

② 电弧和熔池用气体保护,清晰可见,便于实现全位置自动化焊接。

③ 电弧在保护气下燃烧,热量集中,熔池较小,焊接速度比较快,热影响区比较小,工件焊接的变形也小。

④ 电弧稳定、飞溅小、焊接致密、成型美观。

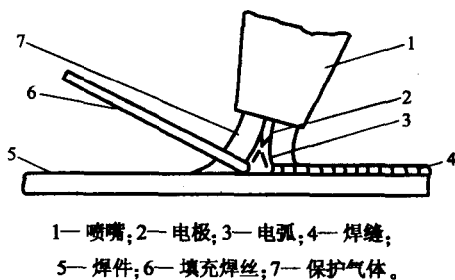


图 1-5 钨极氩弧焊示意图

氩弧焊不足处:氩气成本较贵,氩弧焊设备及控制系统较复杂。钨极氩弧焊的生产率较低,只能焊较薄的构件。

氩弧焊可用于各种焊接接头形式,但不同的接头形式下氩气的保护效果不同。对于对接接头和 T 字接头,氩气具有良好的保护效果。对角接接头的保护作用比较差一些,因空气容易侵入焊缝区,所以应预加挡板以提高氩气流的保护效果。

氩弧焊的焊接规范参数主要有焊接电流、电弧电压、焊丝直径、焊接速度、氩气流量和喷嘴直径等,这些规范参数的大小又因焊接形式的不同而异。其中氩气流量是影响焊接质量的一个重要因素,氩气流增大可增大气流的刚度,又提高外界干扰力,增强保护效果。如果氩气流量过大时会产生不规则的紊流,影响电弧稳定,而又会将空气卷入电弧区,反而降低焊接质量。



1.2.4 二氧化碳气体保护焊

二氧化碳气体保护焊是以二氧化碳气体保护焊接,又简称 CO_2 保护焊。它以焊丝作一个电极、靠焊丝与工件之间产生的电弧热熔化焊丝和工件,形成焊接接头,其工作原理见图1-6。

二氧化碳气体保护焊主要优点如下:

① 成本低。用二氧化碳保护电弧和熔池,气体比氩气便宜,也比采用焊剂及焊条药皮保护焊接区便宜。二氧化碳气体保护焊中电能消耗少,焊接成本仅是手工电弧焊或埋弧焊的35%~40%左右。

② 质量好。电弧和熔池都在二氧化碳气体保护之下,不易受空气侵害。焊接时电弧加热集中,焊接速度快,焊接热影响区小。在采用细焊丝小规范来焊接薄壁结构件特别适宜。

③ 生产率高。由于焊丝送进自动化,电流的密度大,热量集中,所以焊接速度快,又不用清理焊渣等,所以生产率较高。是手工电弧焊效率的2~5倍。

④ 操作性能好。明弧焊接,便于发现和处理问题;具有手工焊接的灵活性,可进行全位置焊接。

二氧化碳气体保护焊的不足处:焊接设备比较复杂。在采用较大电流焊接时,飞溅较大,烟雾比较多,弧光强,焊缝表面成形不够光滑美观。在控制或操作不当时,易产生气孔。

二氧化碳气体保护焊可适合各种低碳钢、低合金结构件的焊接,在压力容器制造中应用较广泛。

气体保护焊的主要工艺要素如图1-7。

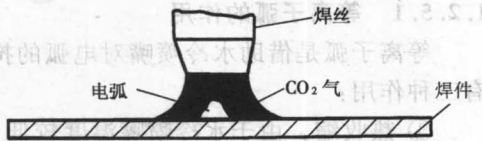


图 1-6 CO_2 气体保护焊的工作原理图

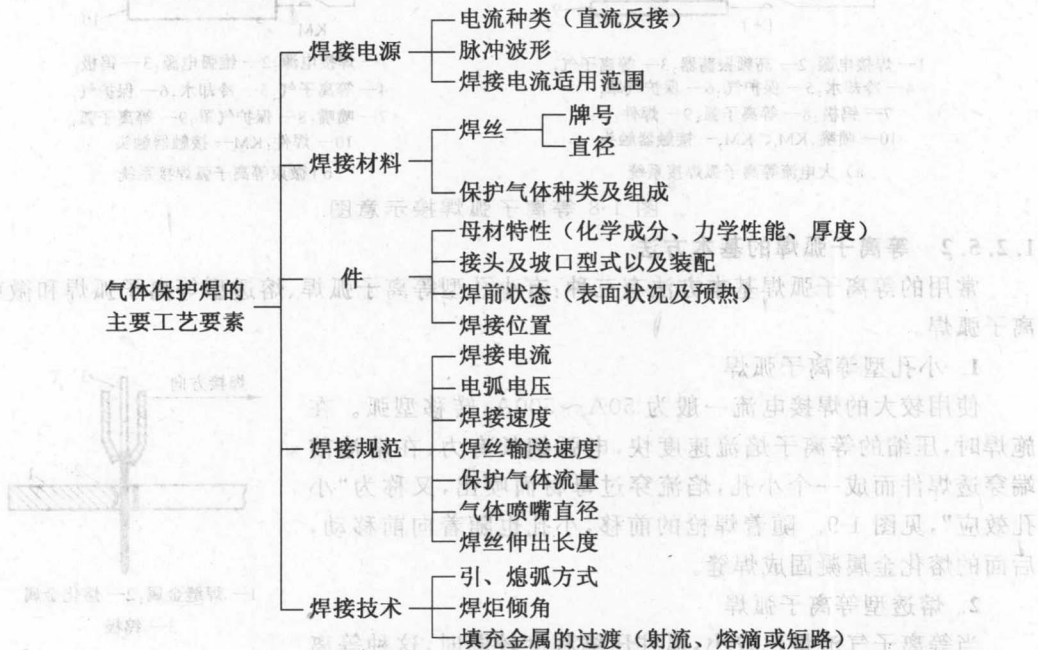


图 1-7 气体保护电弧焊主要工艺要素



1.2.5 等离子弧焊

等离子弧又称作压缩电弧,它是电离程度高,导电截面收缩得比较小,所以能量更加集中的电弧。等离子弧可用于切割和焊接各种金属。利用等离子弧焊接金属者又称是等离子弧焊接(见图 1-8)。

1.2.5.1 等离子弧的作用

等离子弧是借助水冷喷嘴对电弧的拘束作用,获得较高能量密度的等离子。一般看来有三种作用:

① 热收缩。由于水冷喷嘴温度较低,从而在喷嘴内壁建立的一层冷气膜,迫使弧柱导电段进一步减小,电流密度进一步提高。弧柱这种收缩称之为“热收缩”或“热压缩”。

② 机械压缩。利用水冷喷嘴孔道限制弧柱直径来提高弧柱的能量密度和温度。

③ 磁压缩。弧柱电流是一束平行的同向电流线,必然产生往内的收缩力。当电弧受到机械压缩和热压缩之后,截面缩小,因而电流密度增大,由此产生的电磁收缩力必然增大,形成磁压缩。

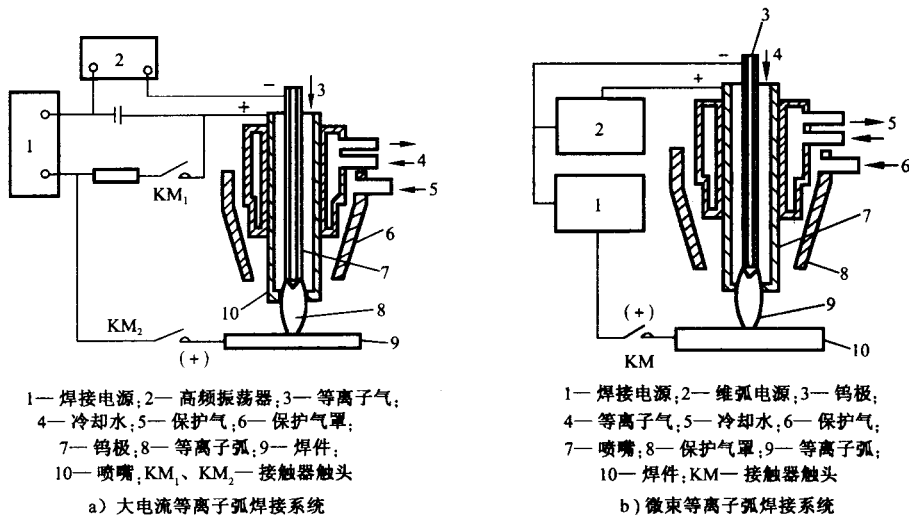


图 1-8 等离子弧焊接示意图

1.2.5.2 等离子弧焊的基本方法

常用的等离子弧焊基本方法有三种:有小孔型等离子弧焊、熔透型等离子弧焊和微束等离子弧焊。

1. 小孔型等离子弧焊

使用较大的焊接电流一般为 50A~500A,转移型弧。在施焊时,压缩的等离子焰流速度快,电弧细长有力、在熔池前端穿透焊件而成一个小孔,焰流穿过母材而喷出,又称为“小孔效应”,见图 1-9。随着焊枪的前移,小孔也随着向前移动,后面的熔化金属凝固成焊缝。

2. 熔透型等离子弧焊

当等离子气流量比较小,弧柱压缩程度较弱时,这种等离子弧在焊接过程中只熔化焊件不产生小孔效应,焊缝成形原

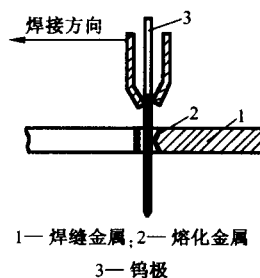


图 1-9 小孔型等离子弧焊