

船舶工人培训教材

CO₂

气体保护

半自动焊工艺基础

吕文坤 编



哈尔滨工程大学出版社



前 言

在“八五”和“九五”期间,为落实《中共中央国务院关于加强职工教育工作的决定》,我们根据《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求,先后组织编写并出版了船舶行业 48 种初、中、高级工的技术理论培训教材,结束了我国船舶行业没有统编教材的历史,基本上满足了国内船舶行业各企业工人培训的要求,对推动工人培训工作,改变工人队伍技术水平较低的状况,起到了显著的作用,成为各船舶企业培训的首选教材。

随着生产的发展、产品结构的调整及科学技术的进步,国外先进的造船方式的引进以及“转换造船模式,深化生产设计”模式的广泛推广,在早期的统编教材中有些技术标准、工艺方法及名词术语已过时,部分教材内容显得陈旧,使统编教材与实际培训的需求有了一定的差距,致使原先的教材更加凸现出了它的不适应性。因此,为了使这批教材能更好地发挥它在培训中的作用,我们决定对上述教材分期进行修改或重编,逐步出版一套与各船舶企业培训相适应的初、中、高级工技术理论教材。

本套统编教材邀请了中国船舶工业集团公司和中国船舶重工集团公司所属有关船厂富有经验的工程技术人员、科技工作者及从事职工教育的同志作为编者,并对编写提纲作了广泛认真的调查和论证,是在对当今造船企业中实际培训的需求及总结“八五”及“九五”期间所编工人培训教材工作的基

础上编写的。为了使教材在内容上具有一定的先进性,充分体现了我国当前采用的先进的造船方法、造船技术和造船工艺,并具有较好的实用性,我们在紧密联系船厂实际的同时,充分考虑到各船厂在产品和工艺上的不统一性,力求满足不同地区、不同船厂的不同培训需求。

船舶行业大约有 80 多个工种,本套教材的全部完成,尚需要一段时间,但我们相信,这套培训教材的陆续出版,必将在船舶企业的培训工作中起到重要作用。

编好和出版一套真正实用的职工培训教材不容易,虽然我们尽量做到精心组织、认真编写和出版,但难免存在某些缺点和不足,希望从事职工教育的同志及读者,在教和学的过程中,能发现问题,并及时地和我们联系,以便再版时修订使之更加完善,更好地为船舶工业服务。

**船舶工业教材编审室
哈尔滨工程大学出版社**

编 者 的 话

CO₂ 气体保护焊是一种高效率焊接方法,它在许多行业和部门都获得了广泛的应用,其特点已被公众所承认。

作者在长期从事现场焊接工艺工作中,深深感觉到需要有介绍这方面知识的通俗读本,去宣传和普及这一新工艺。

鉴于本书的主要对象是焊工,所以作者在编写过程中力求浅白精简,通俗易懂,在讲解基本的理论知识基础上,着重于操作技能的介绍,祈望对已掌握这一新工艺的焊工或将要推广这一新工艺的单位有所帮助,起到抛砖引玉的作用。

由于作者水平有限,希望广大读者对本书的不足或错误给予批评指正。

2001 年 5 月

目 录

第 1 章	CO ₂ 气体保护半自动焊原理、特点及应用	1
1.1	概述	1
1.2	CO ₂ 气体保护焊原理	2
1.3	CO ₂ 气体保护焊的特点	3
1.4	CO ₂ 气体保护焊的应用范围	5
第 2 章	CO ₂ 气体保护焊的冶金原理	6
2.1	氧化及还原反应	6
2.2	电弧区的飞溅问题	8
2.3	气孔及防止措施	9
第 3 章	焊接材料和其它辅助材料	12
3.1	CO ₂ 气体	12
3.2	焊丝	13
3.3	辅助材料	20
第 4 章	CO ₂ 气体保护焊设备	22
4.1	焊接电源	22
4.2	送丝装置	28
4.3	焊枪	33
4.4	供气系统	36
4.5	遥控器	41
4.6	设备的维修及故障排除	44
第 5 章	CO ₂ 气体保护焊工艺参数	47

5.1	熔滴的过渡形式及特点	47
5.2	焊接工艺参数的合理选择	49
第6章	焊接技术	56
6.1	焊前准备	56
6.2	焊接操作要领	67
6.3	平焊	72
6.4	立焊	77
6.5	横焊	82
6.6	仰焊	84
6.7	无衬垫 CO_2 气体保护单面焊	85
6.8	陶质衬垫 CO_2 气体保护单面焊	89
第7章	若干金属材料的 CO_2 气体保护焊	96
7.1	低碳钢和 500MPa 高强度低合金钢的焊接	96
7.2	中、高碳低合金钢的 CO_2 气体保护焊	97
7.3	奥氏体不锈钢 CO_2 气体保护焊	100
7.4	灰口铸铁 CO_2 气体保护焊补	101
7.5	CO_2 气体保护堆焊	102
第8章	CO_2 气体保护焊中若干焊接质量问题	105
8.1	焊接接头的外表成形和致密性	105
8.2	焊缝表面的气沟	106
8.3	焊缝中的夹渣	108
8.4	焊缝中的裂纹	108
第9章	CO_2 气体保护焊安全技术	110

第 1 章 CO_2 气体保护半自动焊 原理、特点及应用

1.1 概 述

焊接是金属加工的主要方法之一,其中传统的电焊条手工电弧焊由于灵活机动、投资较少曾经是焊接第一手段。而熔剂层下埋弧自动焊由于劳动强度较低、生产效率较高,直至目前也获得广泛的应用。

随着科学技术的发展,新的更高层次的金属材料应用日益增多,生产中追求焊接高效率、高质量的目的日益迫切,这样就暴露出上述以渣为主的焊接方法的不足和使用范围的局限性。

一种新型的以气体为保护介质的电弧焊方法应运而生,它的独特优越性为世人所瞩目。

在气体保护中一般以惰性气体作保护介质,而应用 CO_2 这种活性气体作为保护介质是唯一的特殊的例外。

CO_2 气体保护半自动焊在我国出现于 20 世纪 50 年代,直到 80 年代中期才在造船业中全面推广应用,90 年代已成为造船厂(尤其大型船厂)造船焊接的最主要方法之一,约占焊接工作量的 40%~50%,目前 CO_2 气体保护焊作为主要的高效焊接方法已在国内各种制造业中普遍应用。

1.2 CO₂ 气体保护焊原理

CO₂ 气体保护焊是通过焊丝与母材(工件)间产生的电弧热熔化焊丝与母材形成熔池金属,CO₂ 气体自喷嘴喷出形成一保护气罩,对焊丝、电弧和熔池进行机械保护作用以防止大气的入侵,从而获得良好的焊接接头。

如图 1-1 所示:焊丝自焊丝盘拉出,经送丝轮进入焊枪导电软管(弹簧钢丝管),由导电嘴出后与母材之间产生电弧,熔化焊丝和母材。合适的 CO₂ 气体流量自喷嘴喷出形成稳定匀称的保护气罩,有效地阻止大气的侵入,这是 CO₂ 气体

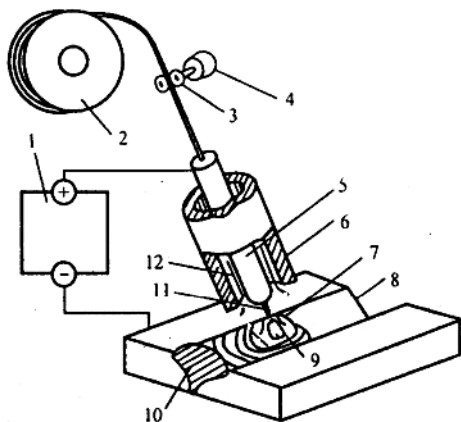


图 1-1 CO₂ 气体保护焊示意图

- 1—焊接电源;2—焊丝盘;3—送丝轮;4—送丝机;5—导电嘴;6—喷嘴;7—电弧;8—母材;9—熔池;10—焊缝金属;
11—焊丝;12—保护气体(CO₂)

保护焊获得优良焊接质量的重要因素之一。

焊丝的送进(由送丝电机)是通过送丝轮自动进行的,如果焊枪的移动(有时带摆动)也是由机械装置自动完成的则称为 CO_2 气体保护自动焊。如果焊枪的移动(有时带摆动)必须由焊工直接操纵的则称为 CO_2 气体保护半自动焊,这是本教材主要讲述的内容(以后简称 CO_2 气体保护焊)。

1.3 CO_2 气体保护焊的特点

1. 生产效率高

尽管 CO_2 气体保护焊常用的焊丝直径偏细($\phi \leq 1.6\text{mm}$),但是可使用较大的焊接电流,其电流密度大大超过手工电弧和单丝埋弧自动焊,因而焊丝的熔敷系数也大,如表 1-1 所示,故明显地提高了焊接效率,根据实测, CO_2 气体保护焊的效率比手工电弧焊提高三倍以上。

表 1-1

焊接方法	手工电弧焊	单丝埋弧自动焊	CO_2 气体保护焊
焊接电流密度 (A/mm^2)	13~18	45~55	100~300
熔敷系数 ($\text{g}/\text{A}\cdot\text{h}$)	8~9	13~17	15~22

2. 焊接变形小

CO_2 气体保护焊由于焊丝直径小,电弧热量集中,工件受

热面积相对较小,故焊接变形也小,用于矫正变形的工作量也少,甚至不用矫正。

3. 适用于全位置焊接

细丝 CO_2 气体保护焊熔滴采用短路过渡,有利于焊缝成形,基本上无溶渣或少量熔渣,又是明弧工作,有利于实现全位置焊接。

4. 抗裂性能好

焊接区域具有特殊的气体环境,焊缝含氢量低,所以在焊接低合金钢等材料时具有不易产生冷裂纹的效果。

5. 焊接综合成本较低

CO_2 气体来源丰富(有的是工业副产品),价格低廉,焊机能耗较小,电弧热利用率高,即便使用药芯焊丝,但由于焊接质量高,返修率低,矫正变形工作量少,所以综合成本还是较低的。

6. 存在的不足之处

CO_2 气体对电弧区的保护作用是柔性的,极易受空气流的干扰而失效,所以有“怕风”之说,尤其在室外作业时更需有防风措施。其次采用实芯焊丝焊接时飞溅较大,焊道的外表成形略显粗糙。 CO_2 气体具有较强的氧化性,因此不适用于焊接易氧化的某些金属(如铝、钛和镁等)。

1.4 CO₂ 气体保护焊的应用范围

CO₂ 气体保护焊经过 20 多年的不断摸索、改进,在应用中积累了大量经验,目前已成为较成熟的电弧焊方法。

从应用的部门来看,已遍及我国的造船、汽车、机车车辆、集装箱、矿山工程机械、电站设备、石油化工、建筑以及金属结构制造等行业。

从被焊的材料来看,既能焊接碳钢和低合金钢,又能焊接不锈钢和耐热钢,甚至还可以用来焊补铸铁等焊接性较差的金属材料。

从功能和用途来看,既用于焊接,还用于金属表面堆焊,又可用于磨损件和铸钢件缺陷的修复上。

从工件厚度来看,薄板、中板和厚板都可以焊接。

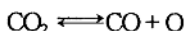
从焊接位置来看,可以进行全位置焊接。

第2章 CO₂ 气体保护焊的冶金原理

2.1 氧化及还原反应

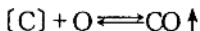
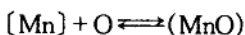
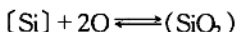
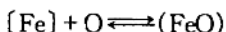
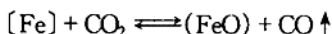
1. 合金元素的烧损

CO₂ 气体作为保护介质在电弧的高温作用下分解,生成 CO 和原子氧

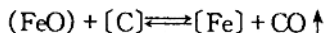
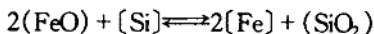


结果焊接区域中存在 CO₂、CO 和原子氧三种成分,其中 CO 既不溶于金属也不与金属发生反应,但 CO₂ 和原子氧却能与铁和其它元素发生化学反应。

在温度较高的电弧区和熔池中发生如下反应



在温度较低的熔池区域发生如下反应



式中 []——液态金属中的反应物;

()——渣中的反应物。

综上所述, CO_2 及其高温下分解出的原子氧都具有较强的氧化性, 它随着温度的提高而增强, 基结果导致了合金元素的烧损。

2. 硅(Si)和锰(Mn)的脱氧作用

(FeO)是一种有害的物质, 它残留在焊缝中形成夹渣, 能降低焊缝金属的力学性能, 因此要采取相应的措施进行脱氧。脱氧的基本原理是选用和氧的亲合力大于 Fe 的合金元素作为脱氧剂。实践证明: 硅和锰是常用的脱氧合金元素, 而且这两元素的联合脱氧效果更佳。当焊丝中锰与硅的配合比即: $\text{Mn/Si} = 2 \sim 4.5$ 时, 联合脱氧的效果得到充分发挥, 如常用的 CO_2 气体保护焊丝 H08Mn2SiA 即是一例。

Si 和 Mn 脱氧的生成物 SiO_2 和 MnO 能结合成复合化合物 $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$, 其熔点低, 密度小且易聚集成大块, 易浮出熔池成为少量的渣壳覆盖在焊缝表面(这就是实芯焊丝焊后焊缝表面有微量熔渣的原因)。如果单独用 Si 或 Mn 则其脱氧效果远不如联合脱氧的好。

除了 Si 和 Mn 外, 还可用其它元素或钛(Ti), 它不仅具有脱氧作用, 还有细化焊缝晶粒提高其力学性能的作用。

3. 硅和锰的合金化作用

焊丝中的硅和锰如上所述除了一部分被氧化, 一部分用于脱氧作用外, 剩余部分便成为焊缝金属的合金元素起到了合金化作用。但是作为合金元素过量的话, 会降低焊缝金属的冲击韧性等性能。

2.2 电弧区的飞溅问题

CO_2 气体保护焊与其它焊接方法相比有其明显的不同,即在电弧区存在较为严重的飞溅。飞溅不仅影响了电弧的稳定性和增加焊后清理的困难,而且飞溅造成的损失约占焊丝金属的 5%,有时高达 10% 左右。

1. 冶金反应生成物 CO 引起的飞溅

CO_2 气体保护焊时,反应生成物 CO 存在于熔滴中,由于受热膨胀而导致熔滴爆破,成为焊接飞溅的重要原因。

2. 焊丝极点压力过大引起的飞溅

焊接时如采用直流正接法,即工件接电源正极,焊丝接电源负极,电弧区中质量大的带正电的离子会飞向阴极,撞击焊丝末端的熔滴,形成极点压力,既不利于熔滴的过渡,又导致了熔滴无定向飞溅,为了减少由于极点压力引起的飞溅,故 CO_2 气体保护焊一般采用直流反接法。

3. 短路过渡引起的飞溅

细丝 CO_2 气体保护焊时,熔滴以短路形式过渡,此时短路电流急剧增大,也会引起熔滴过热爆炸形成飞溅。

这种飞溅的大小与短路电流增长的速度有关,因此在焊接回路中串有电感器,用改变电感值来调节短路电流的增长速度。当焊丝直径较细时短路频率高,短路电流的增长速度应快,电感值就须小些,反之亦然,这样可获得减少飞溅的效果。

4. 工艺参数选择不当引起的飞溅

电弧电压过高,焊丝末端与熔池间距离拉大,形成的熔滴也大,过渡时会产生大颗粒的飞溅;电弧电压过低,焊丝短时成段爆断,不仅电弧不稳、成形恶化,而且飞溅更为严重,甚至无法操作。所以合理选用焊接工艺参数是减少飞溅的有效途径之一。

2.3 气孔及防止措施

高温熔池金属中会溶解(或存在)大量的气体,在冷却结晶过程中绝大多数气体来得及逸出(直接逸出或进入熔渣中),如来不及逸出(逸出时间过晚或逸出路程过长),就可能以气孔的形式存在于焊缝中。

CO₂ 气体保护焊由于工件受热量较少,熔池体积小,再加上 CO₂ 气体的冷却作用,熔池凝固速度快,不利于气体的逸出,产生气孔的可能性增加。

CO₂ 气体保护焊可能产生三种气孔:CO 气孔、氢气孔、氮气孔。

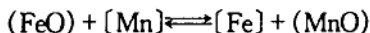
1. CO 气孔

上面已谈过处于较低温度区间的熔池中发生如下反应



如果此时熔池已开始凝固,CO 来不及逸出,于是在焊缝中产生 CO 气孔。如果焊丝中有足够的脱氧元素硅和锰,那么就可以减少 FeO 的含量。





与此同时限制碳的含量,即可达到限制产生 CO 的反应,从而有效地防止 CO 气孔的产生。

因此 CO₂ 气体保护焊实芯焊丝含有一定量的硅和锰合金元素,同时碳的含量较少(如 H 08Mn2SiA),对防止 CO 气孔是大有好处的。

2. 氢气孔

氢在高温熔池中有很大的溶解度,但在结晶某一瞬间其溶解度会发生突变(减少),来不及逸出就形成了气孔。

氢气的来源是焊丝(包括药芯焊丝的药粉)和工件表面的水分、油污和铁锈等,此外还有 CO₂ 气体中所含的水分。这些物质在电弧高温作用下都能分解出氢气。要防止氢气孔的产生,首先要做好焊丝和工件的清洁工作,其次提高 CO₂ 气体的纯度,降低其含水量。

尽管 CO₂ 气体保护焊具有强烈的氧化性气氛,与手工焊、埋弧自动焊相比,焊缝的含氢量较低,有较强的抗潮和抗锈能力,如果氢的来源较多,仍有出现氢气孔的可能。

3. 氮气孔

氮也能溶解于液态熔池中,来不及逸出也会导致生成氮气孔。电弧区中氮主要来源于空气的入侵,一旦保护层遭受破坏,氮就进入熔滴和熔池中。

造成保护效果不良的因素有:

- ① CO₂ 气体流量过小,保护层挺度不足。
- ② 喷嘴与工件间距离过大,也影响保护层挺度。

③喷嘴内飞溅物过多,影响 CO_2 气体的流通,甚至造成紊流。

④操作场地有较大的风,极易破坏保护罩。

为防止氮气孔,必须保证有适当的 CO_2 气体流量,经常清理喷嘴内的附着物,必要时应设置防风装置。