

埋弧自动焊焊工培训教材

赵伟兴 编著



哈尔滨工程大学出版社

埋弧自动焊焊工培训教材

赵伟兴 编著

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

埋弧自动焊焊工培训教材/赵伟兴编著. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2006
ISBN 7-81073-639-6

I. 埋… II. 赵… III. 埋弧焊: 自动焊-技术
培训-教材 IV. TG445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 111710 号

内 容 简 介

本书叙述了埋弧自动焊的原理,系统介绍了焊丝和焊剂、典型埋弧自动焊机的构造及工作原理,详细阐述了埋弧焊的工艺技术和常用钢的埋弧焊,讨论了高效埋弧焊的特点,还对焊接质量做了分析。

本书作埋弧自动焊焊工培训教材,也可供技校焊接专业师生及从事焊接专业的技术人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市东大直街 124 号
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 16.5 字数 399 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—2 000 册

定价:19.00 元

编者的话

在现代钢结构生产中,埋弧自动焊是一种高效的焊接方法,已广泛应用于造船、机械、冶金、建筑、锅炉及压力容器、桥梁、车辆、电力等行业。焊接大型钢结构,埋弧自动焊生产率高、焊接质量优,使之成为首选的焊接方法。随着钢结构的生產发展,船越造越大、桥越造越长、高层建筑越造越高,钢结构的厚板趋向使埋弧自动焊更显示出其优越性,同时也要求埋弧自动焊更上一层楼。

多少年来,一直缺乏埋弧自动焊焊工培训教材,已不能适应新形势下的埋弧自动焊技术发展的需要。为此,编者总结培训埋弧自动焊工的教学经验,听取专家的意见,吸取焊接技师的实践经验,收集大量的技术资料,编写了本教材。

本教材编写过程中,从埋弧自动焊工实际需要出发,叙述内容力求深入浅出、通俗易懂,文、图、表三者并重,列举了大量的埋弧自动焊生产实例,做到理论和实际良好结合,使焊工培训学员切实掌握专业的基础知识和操作技能。在选材内容方面,还从埋弧自动焊生产发展的角度出发,介绍了高效埋弧焊新技术,有利于焊工学员技术水平的提高,适应现代科技发展的需求。

本书在编写过程中,忻鼎乾、周志成、刘新华、连永康、丁永年、孙文雄等专业人员提供了有价值的生产经验及资料,并协助编写工作,在此致以衷心地感谢!同时编者对所引用的重要参考文献的作者,表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,实践能力不高,书中会有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2005年12月

目 录

第一章 埋弧自动焊概述	1
第一节 埋弧自动焊的发展及原理	1
第二节 埋弧自动焊的优点	3
第三节 埋弧焊方法的分类及应用	5
第二章 焊丝和焊剂	7
第一节 埋弧焊的冶金反应	7
第二节 埋弧焊用焊丝	9
第三节 埋弧焊用焊剂	13
第四节 焊丝和焊剂的管理及消耗量估算	24
第三章 埋弧自动焊机	30
第一节 埋弧焊机分类	30
第二节 埋弧焊用的焊接电源	33
第三节 埋弧焊电弧的自身调整	45
第四节 MZ ₁ - 1000 型埋弧自动焊机	49
第五节 MZ - 1000 型埋弧自动焊机	58
第六节 MZ - 1 - 1000 型埋弧自动焊机	66
第七节 MZ - 630 型埋弧自动焊机	71
第八节 其他型号埋弧自动焊机	74
第九节 埋弧焊设备管理及保养	76
第四章 埋弧焊工艺技术	78
第一节 坡口准备及焊缝形状尺寸	78
第二节 埋弧焊工艺参数	84
第三节 焊接线能量	93
第四节 引弧、熄弧及焊缝的连接	95
第五节 悬空双面埋弧焊	97
第六节 衬垫双面埋弧焊	106
第七节 预制底部的单面埋弧焊	113
第八节 对接环缝埋弧焊	117
第九节 角焊缝的埋弧焊	127
第十节 埋弧焊安全技术	135
第五章 常用钢的埋弧焊	139
第一节 钢的焊接性	139
第二节 碳钢的埋弧焊	141
第三节 低合金结构钢的埋弧焊	150
第四节 低合金耐热钢的埋弧焊	163

第五节	低温钢的埋弧焊	169
第六节	不锈钢的埋弧焊	174
第七节	异种钢的埋弧焊	187
第六章	高效埋弧焊	204
第一节	双丝埋弧焊	204
第二节	焊剂垫单面埋弧焊(RF 法)	210
第三节	焊剂铜衬垫单面埋弧焊(FCB 法)	215
第四节	软衬垫单面埋弧焊(FAB 法)	223
第五节	窄间隙埋弧焊	231
第六节	其他高效埋弧焊	236
第七章	埋弧焊的焊接质量	241
第一节	焊接质量的重要性	241
第二节	埋弧焊的焊接缺陷	243
第三节	焊缝质量要求	252
参考文献		256

第一章 埋弧自动焊概述

第一节 埋弧自动焊的发展及原理

一、埋弧自动焊的发展

19 世纪 80 年代初就有科学家发现了电弧,同时发现电弧具有高热和强光的特点,这就是电弧焊的光辉起点。

1882 年俄国贝那尔多斯发明了电弧焊,他的方法是利用碳棒作为电极,产生电弧熔化金属,进行焊接工作,这种焊接方法称为碳极电弧焊。继后在 1888 年俄国斯拉维扬诺夫改进了碳极电弧焊,用金属棒代替碳棒,这种焊接方法称为金属极电弧焊。他应用这种焊接方法完成了许多的金属修补工作,并获得了许多国家发明专利权。同时,他还首先使用了焊剂——粉末状物质(捣碎的玻璃和铁合金的混合物),把电弧和熔化金属封闭起来。这也是埋弧焊的雏形。

1907 年瑞典人发明了焊条,并于 1912 年开发出厚药皮焊条,开创了焊条电弧焊的新局面。此后,有人设法把焊条制成长焊条,箱柜式焊车上装有两套焊条下送装置,交替供应焊条,一根焊条燃烧完时,另一根焊条立即引弧,继续焊接,电弧轮流燃烧,实现了焊条明弧自动焊。但是,由于生产率提高不大,焊机又很笨重,因此,没有在工业上推广应用。

20 世纪 30 年代人们开发了埋弧自动焊。现代形式的焊剂层下埋弧自动焊是于 1940 年由乌克兰电焊研究所在巴东院士领导下发明的。自从出现埋弧自动焊后,很快在船舶、冶金、石油、化工等工业中得到广泛应用。特别是在焊接厚板钢结构时,显示了埋弧焊生产率高、质量稳定等优越性。继后各国也研制成焊接众多金属的埋弧焊焊丝和焊剂,以及各种类型的埋弧自动焊机。埋弧焊得到了推广应用,成为焊接工作中的重要焊接方法。

随着科技的发展,对埋弧自动焊提出了更高的要求,于是涌现出许多高效率的埋弧自动焊方法:各种衬垫的单面埋弧焊、多丝埋弧焊、窄间隙埋弧焊及带极埋弧焊等,将埋弧焊推向更高效的新水平。

我国在 20 世纪 50 年代初,船舶工业首先引进了埋弧焊技术,用于建造潜艇。接着埋弧焊在建造万吨轮上得到了推广应用。70 年代末,我国的船舶产品进入国际市场,通过出口船舶的建造,促进了埋弧焊的发展。到了 80 年代初,船舶工业中埋弧焊已列于高效电弧焊接的首位。持续了若干年,直到 1995 年才让位于 CO_2 气体保护半自动焊。然而埋弧焊建造钢结构的吨位仍在逐年上升。

近十几年来,埋弧焊在船舶制造、发电设备、锅炉压力容器、大型管道、重型机械、桥梁、高层建筑及化工装备生产中得到了广泛的应用和长足的发展。目前,我国的埋弧焊已能焊接各种钢种及部分有色金属。我国的焊接技术人员在各种衬垫单面埋弧焊、多丝埋弧焊、窄间隙埋弧焊等焊接技术的应用和研究方面进行了不懈的努力,取得了较好成果。

随着船越建越大,桥越造越长,楼房建筑越造越高,焊接钢结构趋向厚板化,埋弧焊必将得到更广泛的应用,发挥更大的作用,埋弧焊有着广阔的发展前景。

二、埋弧自动焊的原理

埋弧焊的电弧是被掩埋于颗粒状焊剂下面,在焊丝和焊件之间封闭空间内燃烧的。埋弧焊的热源也是电弧,电弧的热量使焊丝、焊件和焊剂熔化,被熔化的绝大部分焊丝和焊件金属形成熔池。而部分金属和焊剂被蒸发,形成一个气体空穴,笼罩在电弧周围,如图 1-1 所示,气体空穴又被一层熔化了了的焊剂——熔渣所包围,这层熔渣隔离了空气和电弧及熔池的接触,实现了良好的熔渣保护。熔池在熔渣保护下,缓慢冷却形成焊缝,熔渣冷却后形成焊渣壳。

为了实现电弧的连续燃烧,必须有给送焊丝装置,送丝轮旋转,不断给送焊丝。由于焊丝是运动的,所以有一个导电器和焊丝滑动接触,传导焊接电流。同时要使焊丝和电弧沿着焊接

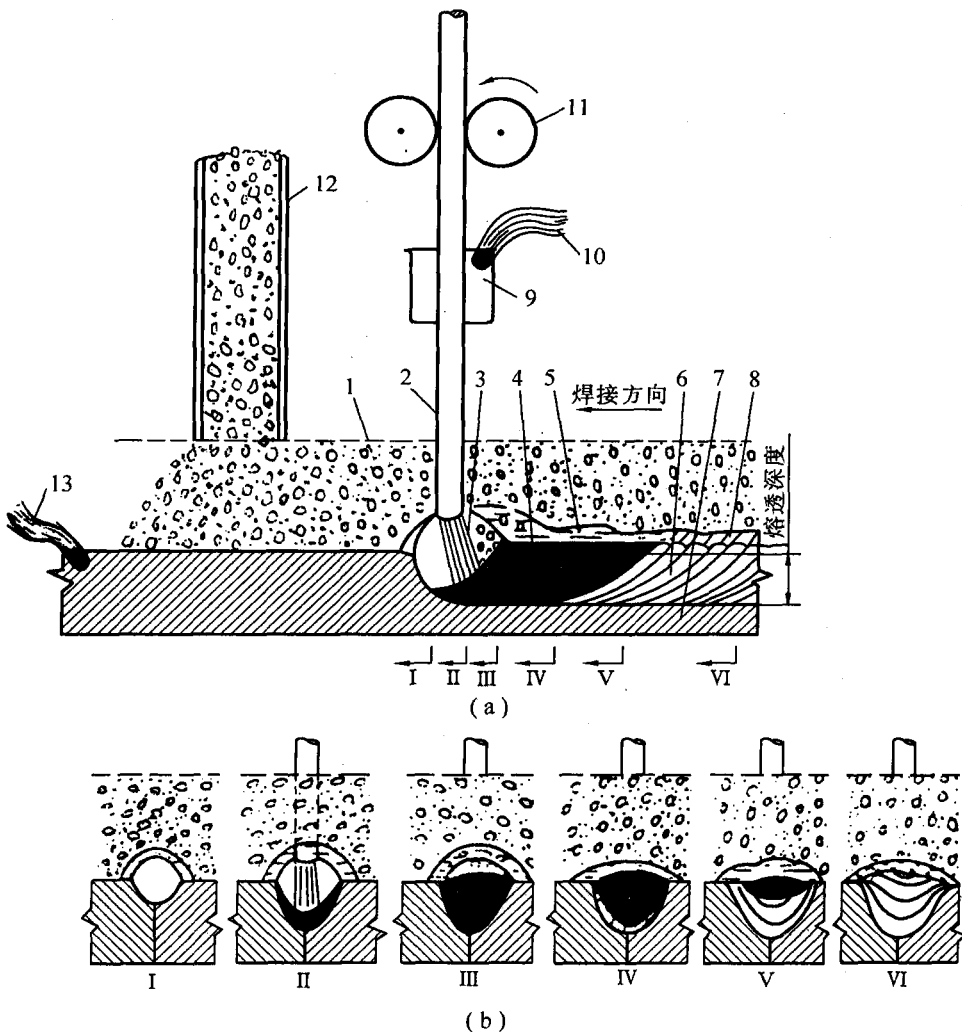


图 1-1 埋弧自动焊原理

1—焊剂;2—焊丝;3—电弧;4—熔池金属;5—熔渣;6—焊缝;7—焊件;8—焊渣壳;9—导电器;10—接焊丝电缆;11—送丝轮;12—焊剂输送管;13—接焊件电缆

方向前进,有一台小车载有焊丝、焊剂、焊接机头等沿焊接方向向前行进,这样就实现了埋弧自动焊。

第二节 埋弧自动焊的优点

一、埋弧自动焊的优点

1. 生产效率高

埋弧自动焊具有很高的生产效率,它的生产效率是焊条电弧焊的 5 ~ 10 倍,其主要原因有三个。

(1) 用大的焊接电流

焊条电弧焊不能使用大电流焊接,因为焊接电流是从药皮焊条的顶端导入的,焊接过程中焊条芯产生电阻热,其作用使焊条药皮受热发红,失去药皮的功能,导致不能正常焊接。埋弧自动焊的导电器是在离焊丝末端很近的地方(即焊丝导电长度很短,约 25 ~ 50 mm),焊接电流通过焊丝产生的电阻热就受到了限制。所以埋弧焊可以使用很大的电流,表 1-1 为埋弧焊和焊条电弧焊使用焊接电流、电流密度的比较。大的焊接电流,大的电流密度,使焊丝的熔敷速度提高,焊接生产效率提高。

表 1-1 埋弧焊和焊条电弧焊使用焊接电流、电流密度的比较

焊条(焊丝) 直径/mm	焊条电弧焊		埋弧焊	
	焊接电流/A	电流密度/(A/mm ²)	焊接电流/A	电流密度/(A/mm ²)
2	50 ~ 65	16 ~ 21	200 ~ 400	64 ~ 127
3	80 ~ 130	11 ~ 18	350 ~ 600	50 ~ 85
4	125 ~ 200	10 ~ 16	500 ~ 800	40 ~ 64
5	190 ~ 250	9.7 ~ 13	600 ~ 1 000	31 ~ 51

(2) 电弧的热利用率提高

埋弧焊的焊剂和熔渣起着隔热作用,电弧基本上没有热的辐射损失,飞溅也小,虽然用于熔化焊剂的热量损耗有所增大,但埋弧焊总的热利用率(用于熔化焊丝和熔化母材)是显著大于焊条电弧焊的。表 1-2 为埋弧焊和焊条电弧焊的热量分配比较。

表 1-2 埋弧焊和焊条电弧焊的热量分配比较

焊接方法	产热/%		耗热/%					
	两个极区	弧柱	辐射	飞溅	熔化焊条或焊丝	熔化母材	母材传热	熔化药皮或焊剂
焊条电弧焊	66	34	22	10	23	8	30	7
埋弧焊	54	46	1	1	27	50	3	18

(3)不开坡口节省辅助工作时间

焊条电弧焊由于受到熔透深度的限制,通常钢板厚度超过 6 mm 就要开坡口,实施两面焊接,反面还要碳弧气刨需要进行清除根部工作。埋弧焊时,由于熔透深度大,钢板厚度 14 mm 也不需要开坡口,若实施两面焊时,反面也可不必碳弧气刨。不开坡口,无碳弧气刨,可以节省大量的劳动工时,提高了生产效率。

2.焊缝质量高且稳定

埋弧焊焊缝质量高且稳定的原因有四个。

(1)焊剂层和熔渣保护良好

由于有厚层焊剂的保护,减小了空气中氧和氮对电弧的不良影响。熔池上有厚层熔渣覆盖保护,使冶金反应充分。良好的保护,使焊缝金属质量提高。

(2)焊缝冷却缓慢,结晶良好

厚层的焊剂和熔渣对熔池和焊缝金属起着保温作用,使冷却速度缓慢,这就促使焊缝的结晶良好,并减小了焊缝和热影响区的淬硬倾向。

(3)焊接工艺参数稳定,焊缝质量稳定

焊条电弧焊的焊接质量,在很大程度上取决于焊工的操作和运条的技能。而埋弧焊的焊丝给送速度和焊接速度(焊车速度)是机械化的,并且焊机有自动调整的功能,保证焊接工艺参数(焊接电流、电弧电压、焊接速度等)的稳定,所以埋弧焊的焊缝质量是稳定的。

(4)焊速均匀和熔渣润饰,使焊缝光滑美观

埋弧焊的熔池尺寸较大,焊速均匀,再加上厚层的液态熔渣对焊缝的润饰作用,焊缝外形光滑美观,几乎没有鱼鳞片状。

3.节省焊丝和电能

厚钢板的埋弧焊可以不开坡口,焊缝中的熔敷金属显著减少,即焊丝消耗量减小。埋弧焊还消除了焊条电弧焊的焊条头损耗。还有由于熔渣的良好保护,合金元素的烧损和飞溅明显减少。焊丝消耗量的减小,熔化焊丝金属所消耗的电能也随之减小,节省了电能。坡口不加工,则坡口加工的费用也节省下来。

4.改善了劳动条件和卫生条件

埋弧自动焊是机械化操作的,所以焊接工作的劳动强度大大降低。焊工只需要操纵焊机上按钮、开关和调节器,观察电压表和电流表,转动手轮调整机头,就能完成焊接工作。不过,对于埋弧焊的某些辅助工作(如移动焊车、拖拉焊接电缆、搬运焊剂和焊丝等)的劳动强度却比焊条电弧焊的要大。

埋弧焊的弧光是被焊剂遮挡的,焊工的眼睛和皮肤不会受弧光辐射。焊接时焊工离电弧和熔渣较远,焊接过程中析出的有害气体对焊工健康的影响也小。

5.焊接变形小

埋弧焊的焊接速度快,热量集中,焊接变形小。埋弧焊的坡口尺寸和焊条电弧焊相比,间隙小,钝边大,坡口角度小,填满坡口的熔敷金属量也少,焊接不是并列关系小。若两块厚钢板的板厚、坡口形状尺寸相同,一块板用埋弧焊焊接,可用很少的焊接层数即可焊成,而另一块板用焊条电弧焊焊接,则需要很多的焊接层数才能焊成。焊接层数少的,焊接变形小。

二、埋弧自动焊的缺点

1.目前只能焊平焊和横焊,不能立焊和仰焊

埋弧焊是依靠重力和摩擦力才能堆积颗粒状焊剂,形成保护电弧的条件,液态焊缝金属也是靠重力和表面张力才能使焊缝良好成形。在立焊或仰焊时,焊剂不能堆积和覆盖电弧,所以无法实现埋弧焊。

2. 焊接设备复杂,价格高,并需要有大量容量的供电网路

埋弧自动焊要实现机械化,设备复杂,价格高。在使用埋弧自动焊机时,需要有大量容量的供电网路,才能保证焊机的工作稳定,获得稳定的焊接质量。

3. 灵活性差,不宜焊短小焊缝

埋弧焊的灵活性远不及焊条电弧焊,埋弧焊机的搬移比较麻烦,焊前的准备工作时间较长,焊接短小焊缝的生产效率不高。埋弧焊也不宜焊薄板。

4. 对装配精度要求高

埋弧焊由于熔深大,对于坡口间隙的敏感性大,生产中常出现焊件局部间隙大而引起烧穿。埋弧焊对装配精度要求高,尤其是对坡口间隙的要求高于焊条电弧焊。

第三节 埋弧焊方法的分类及应用

一、埋弧焊方法的分类

1. 按焊接过程机械化程度可分为埋弧半自动焊和埋弧自动焊

埋弧半自动焊的焊丝给送是机械的,而电弧沿焊接方向移动是人工操作的。如果电弧沿焊接方向移动也是机械的,则称为埋弧自动焊。

埋弧半自动焊在二十世纪五六十年代曾流行过,由于埋弧半自动焊操作劳动强度高,卫生条件差,目前已被 CO_2 气体保护半自动焊所替代。通常称的埋弧焊,就是指埋弧自动焊。

2. 按焊缝要求单面施焊还是双面施焊,可分为单面埋弧焊和双面埋弧焊

(1) 单面埋弧焊 只要在接缝正面施焊就能在两面成形良好的焊缝。单面埋弧焊必须在接缝反面有衬垫依托。

(2) 双面埋弧焊 在接缝正、反面都要施焊。

3. 按反面衬垫结构不同,可分为铜衬垫、焊剂衬垫、焊剂铜衬垫、软衬垫埋弧焊等

(1) 铜衬垫埋弧焊 接缝反面垫有圆弧槽(反面焊缝成形)的铜板,正面进行埋弧焊,一面焊接两面成形焊缝。

(2) 焊剂衬垫埋弧焊 利用衬垫装置使焊剂紧贴接缝反面,正面进行埋弧焊,也是单面焊接两面成形焊缝。

(3) 焊剂铜衬垫埋弧焊 铜板上敷设一层焊剂,紧贴接缝反面,正面进行埋弧焊,实现两面成形焊缝。

(4) 软衬垫埋弧焊 主要由玻璃纤维带和热固化焊剂组成软衬垫,粘贴于接缝反面,接缝可以是曲面的,正面进行埋弧焊,反面也有良好的成形焊缝。

(5) 钢衬垫埋弧焊 以钢板为衬垫,紧贴于接缝反面,正面埋弧焊,焊后钢衬垫和焊缝连接在一起,成为永久性的衬垫。钢衬垫埋弧焊通常用于接缝反面无法清理衬垫的场合。

(6) 无衬垫悬空双面埋弧焊 无衬垫即接缝悬空。若施行单面埋弧焊,则很难做到板厚全焊透又不烧穿,所以对接坡口悬空埋弧焊都是实施双面焊接的。

4. 按电极形状及数量,可分为单丝、多丝及带极埋弧焊

(1)单丝埋弧焊 就是用一根焊丝进行埋弧焊。单丝埋弧焊应用广泛,操作技术容易掌握。

(2)多丝埋弧焊 有双丝、三丝、四丝之分。通常焊接电源数等于焊丝数,即每个电弧都是独立的。也有电源数少于焊丝数的。显然多丝埋弧焊生产效率要比单丝埋弧焊高得多。

(3)带极埋弧焊 电极是钢带(厚 0.4~0.8 mm,宽 25~80 mm),带极端面和工件间有多个电弧燃烧,电弧在带极端面来回漂移,相当于焊丝摆动的作用,从而获得熔深浅而熔宽很宽的焊道。带极埋弧焊很适宜进行埋弧堆焊工作。

5. 按提高熔敷效率方法不同,可分为加长焊丝伸出长度埋弧焊、附加热丝埋弧焊、加金属粉末埋弧焊

在常规的埋弧焊中,只有 27%左右的电弧热量用于焊丝的熔化,而大部分热量用于熔化母材和焊剂。设法把这些热量用于熔化填充金属进入焊缝,使熔敷效率提高。

(1)加长焊丝伸出长度埋弧焊 前面讲过埋弧焊的焊丝伸出长度较短,可使用较大的焊接电流,获得较高的生产效率,同时熔深也显著增大。现使用较长的焊丝伸出长度,使焊丝通电预热时间加长,焊丝熔敷速度加快,熔敷效率提高,但同时使熔深有所降低。

(2)附加热丝埋弧焊 在常规埋弧焊过程中,附加通电预热的焊丝,送入电弧区,两根焊丝同时参加熔敷,提高了熔敷效率。

(3)加金属粉末埋弧焊 在坡口中预先敷撒一层金属粉末,然后进行埋弧焊,这样电弧热利用率提高,熔敷效率提高,同时金属粉末中加入有益的合金元素,可以提高焊缝的性能。

二、埋弧焊的应用

埋弧焊是焊接结构生产中应用很广的工艺方法之一。在船舶、锅炉与压力容器、桥梁、起重机械、冶金机械、化工设备、核电设备等制造中都是主要的焊接工艺方法。尤其在中厚板、长焊缝的钢结构生产中,埋弧焊是首选的焊接工艺方法。

随着焊接冶金技术和焊接材料生产的发展,埋弧焊目前已能焊接低碳钢、中碳钢、低合金结构钢、耐热钢、低温钢、不锈钢及不锈钢复合钢等各种钢结构,也能焊接一些有色金属,如镍基合金、铜合金及钛合金等。铸铁、高碳工具钢、铝和镁及其合金目前尚不能采用埋弧焊进行焊接。

在船舶行业建造巨型海轮中,正广泛使用着各种衬垫单面埋弧焊、多丝埋弧焊等高效埋弧焊。对于三十几毫米钢板的坡口对接,能一次焊成。把埋弧焊的生产效率提高到新的高度。随着科技的发展,埋弧焊也将会取得技术上的进步,得到更广泛的应用。

第二章 焊丝和焊剂

第一节 埋弧焊的冶金反应

埋弧焊过程中,在电弧作用下,随着焊丝、母材和焊剂的熔化,形成的熔渣、液态金属和电弧气氛三者之间会产生一系列的物理化学反应,使熔化金属产生一系列的冶金反应。

一、埋弧焊化学冶金反应的特点

1. 隔离空气,保护良好

埋弧焊时,电弧是在焊剂层下燃烧的,电弧的热作用使焊剂熔化形成液态熔渣,包围了熔池和焊接区,隔离了空气,获得良好的保护,避免了空气中氧和氮的有害侵入。

2. 冷却缓慢,冶金反应充分

通常埋弧焊的电弧热功率很大,熔池尺寸也相应较大。熔池和凝固的焊缝金属受较厚的焊剂层覆盖,冷却速度缓慢,熔池液态金属和熔渣的反应时间较长,使冶金反应充分。

3. 焊缝金属的合金成分易于控制

埋弧焊接过程中,可以通过焊丝对焊缝金属渗合金,还可以用焊剂熔化成厚层熔渣进行渗合金。熔渣渗合金的效果显著,且易于控制。在焊接低碳钢时,利用焊剂中的二氧化硅(SiO_2)和氧化锰(MnO)对焊缝金属渗硅和渗锰,保证焊缝金属的化学成分和力学性能。焊合金钢时,利用合金钢焊丝渗合金来保证焊缝金属的合金成分。埋弧焊利用焊丝和焊剂配合渗合金,可获得良好的效果。

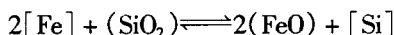
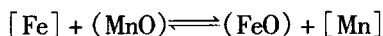
二、埋弧焊的主要冶金反应

埋弧焊的主要冶金反应有:硅、锰还原反应,脱硫、脱磷反应,去氢反应。

1. 硅、锰还原反应

低碳钢焊缝金属中,硅和锰是主要合金元素。锰可以提高钢的强度和韧性,提高抗热裂性。硅可使熔池金属脱氧。

低碳钢埋弧焊的焊剂中,含有大量的氧化锰(MnO)和二氧化硅(SiO_2),熔渣对焊缝金属的渗锰和渗硅,主要是通过 MnO 和 SiO_2 的还原反应来实现的,其反应式为



式中 $[\text{X}]$ 为熔池中的, (X) 为熔渣中的。

这种反应是可逆的,在高温时反应式向右进行,在低温时反应式向左进行。在熔滴过渡过程中的熔滴、焊丝端部和熔池前部三个区域的温度都很高,反应式向右进行,即熔滴、熔池中的 MnO 和 SiO_2 还原成 Mn 和 Si 渗入焊缝;在温度较低的熔池后部,反应式向左进行,即熔

池中的 FeO 脱氧而生成的 MnO 和 SiO₂ 进入熔渣,由于温度较低,反应比较缓慢,因此,上述反应最终结果是使焊缝金属渗锰和硅。

2. 去氢反应

埋弧焊时,隔离空气,产生氮气孔的可能性很小,而主要是防止氢气孔。焊剂中加入氟化钙(CaF₂)和 SiO₂、MnO,通过化学反应可把氢结合成不溶于熔池的化合物,排出于熔池外,达到去氢的目的。

(1) 生成氟化氢(HF)

氟化钙(CaF₂)在电弧高温作用下,发生分解,生成氟(F):

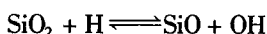
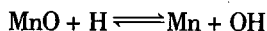


氟是活泼元素,它与氢结合成不溶于熔池金属的氟化氢(HF),排入大气中,防止了氢气孔的产生。



(2) 生成羟基(OH)

在电弧高温作用下,下列反应式可生成羟基(OH):

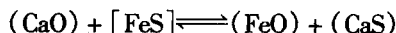
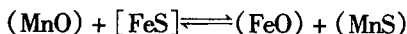
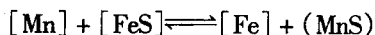


羟基(OH)不溶于熔池金属,防止了氢气孔的形成。

3. 脱硫和脱磷反应

(1) 脱硫

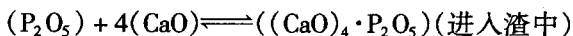
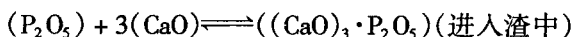
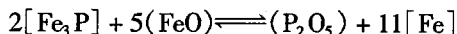
硫是有害元素,通常以硫化铁(FeS)的形式存在于钢中,硫能促使焊缝形成热裂纹、降低冲击韧性和抗腐蚀性能。提高焊丝中的锰含量或焊剂中的 MnO 和 CaO 含量,可达到脱硫的要求,其反应式为



硫化锰(MnS)和硫化钙(CaS)都进入熔渣中。碱性渣中含有较多的碱性氧化物(如 CaO 等),所以碱性渣的脱硫能力比酸性渣强。增加熔渣的碱度,可以提高脱硫能力。

(2) 脱磷

磷也是有害元素,它通常以 Fe₂P 和 Fe₃P 的形式存在,磷也会促使焊缝形成热裂纹,同时磷本身硬而脆,增加钢的冷脆性。用冶金方法脱磷,分两步走:第一步,将磷氧化生成 P₂O₅;第二步, P₂O₅ 和熔渣中的碱性氧化物反应生成稳定的复合物,进入熔渣中,达到去磷的目的,其反应式为



第二节 埋弧焊用焊丝

一、埋弧焊焊丝的作用及分类

埋弧焊焊丝的作用:作为电极,引燃电弧,维持电弧燃烧;作为熔敷金属,构成焊缝。

埋弧焊的质量很大程度上取决于焊丝和焊剂,不同的钢种母材,应选用不同的焊丝。扩大埋弧焊的应用范围,主要取决于焊丝和焊剂的开发。

埋弧焊焊丝按其结构形式不同,可分为实心焊丝和药芯焊丝。药芯焊丝又称管状焊丝,其中间是药粉,外裹钢管。目前大多是用实心焊丝,配合焊剂使用。药芯焊丝用于表面堆焊。堆焊通常是为了增加耐磨性,或使金属表面获得某些特殊性能,这就需要在焊丝中加入较多的合金元素。这种焊丝冶炼制造困难,如果制成的实心焊丝很硬,也无法绕成盘状,难以实现给送焊丝机械化。这些合金元素可以粉末状加入到药芯中,焊丝的制造加工就方便可行。耐磨表面采用药芯焊丝进行埋弧堆焊已被广泛应用。使用药芯焊丝时仍需配用焊剂,否则不属于埋弧焊的范畴。

埋弧焊焊丝按适用的被焊金属的性质,可分为碳钢焊丝、低合金结构钢焊丝、耐热钢焊丝、低温钢焊丝、不锈钢焊丝及有色金属焊丝。

埋弧焊焊丝直径的规格有 1.2 mm, 1.6 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm。国外生产的英制尺寸有 3.2 mm, 4.8 mm, 6.4 mm 等。有的焊丝表面镀铜,主要是为了防止生锈。也有在光焊丝表面涂上不影响焊缝质量的防锈涂料。

埋弧焊焊丝是绕成盘圈状供应的,每盘(捆)重量为 10 kg, 25 kg, 30 kg, 45 kg, 50 kg, 70 kg, 90 kg。

二、埋弧焊钢焊丝的牌号

关于埋弧焊钢焊丝已有国家标准 GB/T14957 - 94《熔化焊用钢丝》、GB/T5293 - 1999《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》、GB/T17854 - 1999《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》、GB/T12470 - 2003《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》。根据这些标准,埋弧焊钢焊丝可分成三类:低碳结构钢焊丝、合金结构钢焊丝及不锈钢焊丝。现将这些焊丝的牌号及化学成分汇集于表 2-1。

埋弧焊大多使用的是实心焊丝。实心钢焊丝的牌号是以“H”字母开头,接跟着一位或两位数字表示含 C 的平均量,后面以元素符号及数字来表示该元素的近似含量。具体编制方法如下:

(1)“H”字母表示焊丝,是“焊”字拼音的首位字母。

(2)“H”后一位或两位数字,表示焊丝含碳平均量。

(3)数字后有化学元素符号及跟随后的数字,表示该元素含量的近似百分数,当某元素含量为 1% 或不足 1%,可省略数字,只标元素符号。

(4)焊丝牌号尾部有“A”或“E”时,分别表示“优质品”或“高级优质品”,表明焊丝含 S、P 杂质少或更少。

焊丝牌号举例 1

表 2-1 国产埋弧焊用钢焊丝

钢种	序号	牌 号	代 号	化学成分(质量分数, %)									
				C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他	S	P
低碳结构钢	1	焊 08		≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.040	≤0.040
	2	焊 08 高		≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	3	焊 08 特		≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.025	≤0.025
	4	焊 08 锰		≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.040	≤0.040
	5	焊 08 锰高		≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	6	焊 15 高		0.11~0.18	0.35~0.65	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	7	焊 15 锰		0.11~0.18	0.80~1.10	≤0.03	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.040	≤0.040
	8	焊 10 锰 2		≤0.12	1.50~1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	—	≤0.040	≤0.040
	9	焊 08 锰钼高		≤0.10	1.20~1.60	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.30~0.50	—	钛 0.15(加入量)	≤0.030	≤0.030
	10	焊 08 锰 2 钼高		0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~0.70	—	钛 0.15(加入量)	≤0.030	≤0.030
	11	焊 08 锰 2 硅高		≤0.11	1.80~2.10	0.65~0.95	≤0.20	≤0.30	—	—	铜 ≤0.20	≤0.030	≤0.030
合金结构钢	12	焊 10 锰硅		≤0.14	0.80~1.10	0.60~0.90	≤0.20	≤0.30	—	—	铜 ≤0.20	≤0.035	≤0.035
	13	焊 10 锰 2 钼高		0.08~0.13	1.70~2.0	≤0.40	≤0.20	≤0.30	0.60~0.80	—	钛 0.15(加入量)	≤0.030	≤0.030
	14	焊 08 锰 2 钼钒高		0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~0.70	0.06~0.12	钛 0.15(加入量)	≤0.030	≤0.030
	15	焊 10 锰 2 钼钒高		0.08~0.13	1.70~2.00	≤0.40	≤0.20	≤0.30	0.60~0.80	0.06~0.12	钛 0.15(加入量)	≤0.030	≤0.030
	16	焊 08 铬钼高		≤0.10	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤0.30	0.40~0.60	—	—	≤0.030	≤0.030
	17	焊 13 铬钼高		0.11~0.16	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤0.30	0.40~0.60	—	—	≤0.030	≤0.030
	18	焊 18 铬钼高		0.15~0.22	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤0.30	0.15~0.25	—	—	≤0.025	≤0.030
	19	焊 08 铬钼钒高		≤0.10	0.40~0.70	0.15~0.35	1.00~1.30	≤0.30	0.50~0.70	0.15~0.35	—	≤0.030	≤0.030
	20	焊 08 铬镍 2 钼高		0.05~0.10	0.05~0.85	0.10~0.30	0.70~1.00	1.40~1.80	0.20~0.40	—	—	≤0.025	≤0.030
	21	焊 30 铬锰硅高		0.25~0.35	0.80~1.10	0.90~1.20	0.80~1.10	≤0.30	—	—	—	≤0.025	≤0.025
	22	焊 10 钼铬高		≤0.12	0.40~0.70	0.15~0.35	0.45~0.65	≤0.30	0.40~0.60	—	—	≤0.030	≤0.030
	23	焊 10 铬 5 钼		≤0.12	0.40~0.70	0.15~0.35	4.00~6.00	≤0.30	0.40~0.60	—	—	≤0.030	≤0.030

表 2-1(续)

钢种	序号	牌 号	代 号	化学成分(质量分数, %)									
				C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	其他	S	P
不 锈 钢	24	焊 0 铬 14	H0Cr14	≤0.06	0.30~0.70	0.30~0.70	13.0~15.0	≤0.60	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	25	焊 1 铬 13	H1Cr13	≤0.15	0.30~0.60	0.30~0.60	12.0~14.0	≤0.60	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	26	焊 2 铬 13	H2Cr13	0.16~0.24	0.30~0.60	0.30~0.60	12.0~14.0	≤0.60	—	—	—	≤0.030	≤0.030
	27	焊 00 铬 19 镍 9	H00Cr19Ni9	≤0.03	1.00~2.00	≤1.00	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	28	焊 0 铬 19 镍 9	H0Cr19Ni9	≤0.06	1.00~2.00	0.50~1.00	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	29	焊 1 铬 19 镍 9	H1Cr19Ni9	≤0.14	1.00~2.00	0.50~1.00	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	30	焊 0 铬 19 镍 9 硅 2	H0Cr19Ni9Si2	≤0.06	1.00~2.00	2.0~2.75	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	31	焊 0 铬 19 镍 9 钛	H0Cr19Ni9Ti	≤0.06	1.00~2.00	0.30~0.70	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	钛 0.50~0.80	≤0.020	≤0.030
	32	焊 1 铬 19 镍 9 钛	H1Cr19Ni9Ti	≤0.10	1.00~2.00	0.30~0.70	18.0~20.0	8.0~10.0	—	—	钛 0.50~0.80	≤0.020	≤0.030
	33	焊 1 铬 19 镍 10 铌	H1Cr19Ni10Nb	≤0.09	1.00~2.00	0.30~0.80	18.0~20.0	9.0~11.0	—	—	铌 1.20~1.50	≤0.020	≤0.030
	34	焊 0 铬 19 镍 11 钼 3	H0Cr19Ni11Mo3	≤0.06	1.00~2.00	0.30~0.70	18.0~20.0	10.0~12.0	2.0~3.0	—	—	≤0.020	≤0.030
	35	焊 0 铬 19 镍 12 钼 2	H0Cr19Ni12Mo2	≤0.03	1.00~2.50	≤0.60	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.030	≤0.020
	36	焊 1 铬 25 镍 13	H1Cr25Ni13	≤0.12	1.00~2.00	0.30~0.70	23.0~26.0	12.0~14.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	37	焊 1 铬 25 镍 20	H1Cr25Ni20	≤0.15	1.00~2.00	0.20~0.50	24.0~27.0	17.0~20.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	38	焊 1 铬 15 镍 13 钼 6	H1Cr15Ni13Mo6	≤0.12	5.00~7.00	0.40~0.90	14.0~16.0	12.0~14.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	39	焊 1 铬 20 镍 10 钼 6	H1Cr20Ni10Mo6	≤0.12	5.00~7.00	0.30~0.70	18.0~22.0	9.0~11.0	—	—	—	≤0.030	≤0.040
	40	焊 0 铬 20 镍 10 铌	H0Cr20Ni10Nb	≤0.08	1.00~2.50	≤0.60	19.0~21.5	9.0~11.0	—	—	铌 10×c%~1.0	≤0.030	≤0.020
	41	焊 0 铬 21 镍 10	H0Cr21Ni10	≤0.06	1.00~2.50	≤0.60	19.5~22.0	9.0~11.0	—	—	—	≤0.030	≤0.020
	42	焊 00 铬 21 镍 10	H00Cr21Ni10	≤0.03	1.00~2.50	≤0.60	19.5~20.0	9.0~11.0	—	—	—	≤0.030	≤0.020
	43	焊 1 铬 21 镍 10 钼 6	H1Cr21Ni10Mo6	≤0.10	5.0~7.0	0.20~0.60	20.0~22.0	9.0~11.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	44	焊 1 铬 20 镍 7 钼 6 硅 2	H1Cr20Ni7Mo6Si2	≤0.12	5.0~7.0	1.80~2.60	18.0~21.0	6.5~8.0	—	—	—	≤0.020	≤0.030
	45	焊 1 铬 25 镍 3 钼 2 钛	H1Cr25Ni3Mo3V2Ti	≤0.15	0.40~0.70	0.60~1.00	24.0~26.0	≤0.60	2.40~2.60	2.00~2.50	钛 0.20~0.30	≤0.030	≤0.030
	46	焊 1 铬 24 镍 13	H1Cr24Ni13	≤0.12	1.0~2.50	≤0.60	23.0~25.0	12.0~14.0	—	—	—	≤0.030	≤0.020
	47	焊 0 铬 26 镍 21	H0Cr26Ni21	≤0.08	1.0~2.50	≤0.60	25.0~28.0	20.0~22.5	—	—	—	≤0.030	≤0.020