锅炉压力容器制造常用焊接设备及焊接材料概述（中）

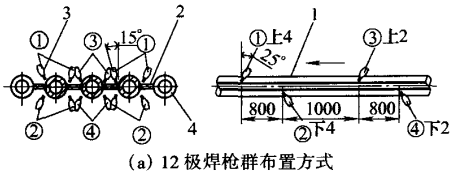
哈尔滨锅炉厂有限责任公司　（黑龙江　150046）　杨　松

三、电站锅炉水冷壁管屏的熔化极活性气体保护自动焊

现代化大型锅炉的膜式水冷壁管屏均采用光管加扁钢焊接而成，管屏熔化极活性气体保护自动焊焊枪的布置方式如图9所示。从保证密封和传热的目的考虑，必须采用双面焊接，将光管和扁钢用连续焊缝拼接方法达到成品宽度的管屏。一台300MW电站锅炉膜式水冷壁部件管屏总面积约4000m^2，焊缝总长度达27万m。一台1000MW电站锅炉膜式水冷壁部件管屏总面积约12000m^2，焊缝总长度达73万m。因此，不采用高效率的专用成套设备是很难完成上述生产任务的。

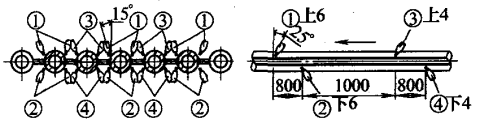
膜式壁光管加扁钢结构采用的焊接工艺，主要有熔化极活性气体保护自动焊、细丝埋弧焊和半自动熔化极气体保护焊等焊接方法。半自动熔化极气体保护焊，焊接时应先对管屏进行点焊，然后由手工操作焊枪进行焊接。该焊接方法既无法上下面同时焊接，又难以实现多焊枪连续均匀的焊接，因而很难控制焊接变形。当采用半自动熔化极气体保护焊进行管屏焊接时，必须注意合理选择焊接顺序，尽量减少焊接变形。管屏上局部开孔处密封扁钢的角焊缝，以及冷灰斗和燃烧器喷口等异形管屏的角焊缝常采用半自动熔化极气体保护焊。

膜式壁管屏细丝埋弧焊设备，机床具有钢管和扁钢定位、夹紧、送进、焊接和焊剂自动回收等功能，一般都装有4个或8个焊枪同时完成水平位置4条或8条角焊缝的焊接。此技术操作简单，对管子和扁钢表面要求不高，但只能在水平位置单侧焊接，无法实现上下面同时焊接。

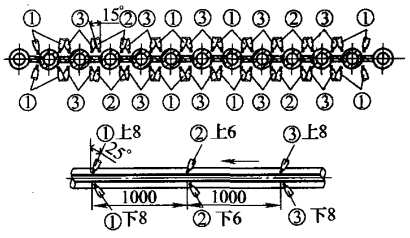


(a) 12极焊枪群布置方式

1. 小直径管子　2. 扁钢　3. 焊枪　4. 工艺管



(b) 20极焊枪群布置方式



(c) 44极焊枪群布置方式

图9　管屏焊接焊枪群的布置方式

熔化极活性气体保护自动焊接，其保护气体的混合配比方案为85%～90% Ar+10%～15%CO_2，焊接时管子与扁钢由上下滚轮压紧并向前输送，可采用多个焊枪上下面同时进行焊接。焊枪体积小，可上下对称焊接，一次成形，焊接变形小。根据设备能力和生产需要选择确定每台设备焊枪的头数，一般有4头、8头、12头和20头，日本三菱重工近几年开发了44头管屏熔化极活性气体保护自动焊机。管屏熔化极活性气体保护自动焊枪的布置方式如图9所示。在每群焊枪前方设有上下对称双驱动U形滚轮，压紧和移动管子。自动熔化极活性气体保护在膜式壁管屏焊接生产中的应用，如图10所示。

图10　膜式壁管屏自动熔化极活性气体保护

四、集箱环缝窄间隙热丝 TIG 焊

随着超临界、超超临界电站锅炉的开发，SA335—P91、SA335—P122、SA335—P92 等新型耐热钢集箱的焊接工作量大大增加，尤其是大量直径在 350mm 以下，壁厚 > 40mm 的小直径厚壁集箱环缝焊时，如采用传统的手工氩弧焊 + 焊条电弧焊 + 埋弧焊的组合工艺进行焊接，一方面集箱内径小，壁厚大，底部焊道焊接速度过慢，层间温度过高，焊接过程中需要停焊控温；另一方面直径过小，焊剂承托有一定的困难，电弧保护不良，影响焊接质量。通常对于这种类型的环缝焊接我们多采用手工氩弧焊 + 焊条电弧焊的组合焊接工艺，焊接接头的质量受人为因素影响过多，焊工的操作技能直接决定了焊接质量的好坏。

窄间隙热丝 TIG 焊与埋弧焊相比，热输入小，坡口角度小，填充金属少，可实现不停弧连续焊接。它可以同时替代传统的两种或三种组合焊接工艺，减少了焊接工序转换的环节。由于焊接热输入小，热影响区狭小，焊接接头冲击韧度好，所以焊后残余应力低，焊缝中氢含量少，发生焊接裂纹的可能性大大降低。

电站锅炉集箱环缝窄间隙热丝 TIG 焊，主要用于直径为 150 ~ 356mm，壁厚为 15 ~ 90mm，长度为 500 ~ 10000mm 的碳钢和合金耐热钢集箱及管道环缝的焊接。通过焊接操作机与焊接机头的运动机构组合，实现自动点焊，点焊时机头沿圆弧板移动。焊接时工件水平转动，焊接机头位于管子上方 12 点位置处，集箱环缝窄间隙热丝 TIG 焊在超超临界锅炉二级混合器焊接中的应用如图 11 所示。

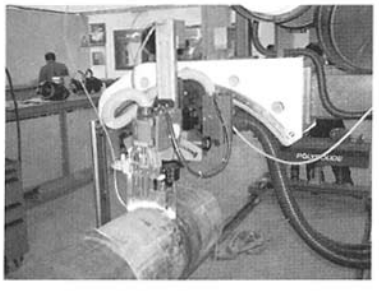


图 11　超超临界锅炉二级混合器的窄间隙热丝 TIG 焊

集箱环缝窄间隙热丝 TIG 焊由电源及控制系统、外置式冷却系统、窄间隙焊接机头、送丝机、气动卡盘式焊接机床及焊接操作机等组成。

1. 电源及控制系统

焊接主电源采用逆变直流电源，可以实现直流和直流脉冲焊接。热丝电源为直流电源，负载持续率 100% 时，额定电流为 140A。

通过焊接控制系统，可以联动控制焊接气体、焊接脉冲电流、机床旋转、操作机位移、AVC 弧长跟踪、电弧自动摆动及送丝等 7 个轴。每个焊口可连续焊接，每层的焊接电流（包括脉冲/基值电流）、脉冲/基值宽度、焊接电压、热丝电流、热丝电压、送丝速度、摆动频率、摆动宽度、摆至两侧停留时间及焊接线速度等焊接参数在触摸式显示屏上可分别预设、储存和显示，在焊接过程中实时在线显示，并可对上述参数进行手动调节。

至少可焊 100 层，每层的焊接电流可分区段设定，最多可以分为 500 段，按角度等分划分或不等分划分。为提高焊接质量，局部地区可以密集分段，层与层之间的参数可自动转换，换层时焊枪自动抬起并对中。每个焊口焊接完成后，主轴转动机构复位、归零。对于管子本身不圆或焊接过程中局部的微量跳动等，可以由焊枪的 AVC 功能有效地加以补偿，AVC 灵敏度编程可调。

2. 机头及热丝送丝系统

机头分为窄间隙机头（如图 12 所示）和机用机头（如图 13 所示），焊接时可根据需要进行选择。

窄间隙机头专用于窄间隙坡口条件下的焊接，焊接保护气体分两路通过焊枪导出，一路保护焊接电弧，一路保护熔池。机头配备相应的冷却水循环系统，冷却水出口温度可调。若水冷系统出现故障，设备将报警并停止焊接。

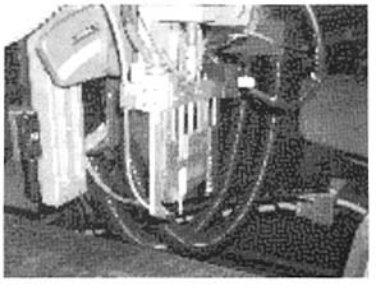


图 12　窄间隙机头

机头具有自动跟踪系统，确保钨极在焊接过程中始终处于焊缝的正中央。机头可做轴向水平补偿移动，移动范围为 30mm，以此来补偿焊接过程中管子的轴向窜

动，窄间隙焊枪可随管子做轴向摆动，摆角范围为±10°，用来补偿管子的挠度。

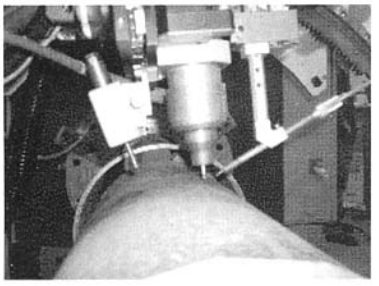


图 13　机用机头

3. 机械传动装置

机头的寻位通过焊接操作机的升降、移动及焊枪的转动来实现。筒体的旋转采用气动卡盘和从动滚轮架组合来实现。焊接机头安装在操作机的横臂上，横臂可升降和伸缩并设有机头移动十字滑板。操作机放置在台车上，可沿轨道方便进行移动，并具有锁紧定位功能。

五、压力容器接管内壁堆焊设备

在石化行业的一些临氢设备、核容器及尿素设备中，由于产品的特殊要求，筒体及接管的内壁往往要求堆焊奥氏体不锈钢或镍基合金。其中接管法兰内壁堆焊对设备要求较高，特别是小口径管的内壁堆焊。用于压力容器的接管的内壁自动堆焊的设备，能实现非熔化极TIG填丝焊和熔化极气体保护焊（MAG）两种自动堆焊工艺。TIG堆焊时，工件长度≤1000mm，内径为50～150mm（堆焊后尺寸）。MAG堆焊时，工件长度≤2400mm（允许工件调头），内径为150～500mm（堆焊后尺寸）。

接管内壁堆焊设备由焊接电源、自动堆焊机头、控制系统及机械系统等部分组成。其电源一般选用交直流两用TIG脉冲焊接电源和微电脑数字控制熔化极气体保护自动焊电源。

MAG焊在压力容器接管内壁堆焊中的应用如图14所示。TIG焊在压力容器小口径接管内壁堆焊中的应用如图15所示。

1. 机头

堆焊机头应集摆动机构、自动堆焊焊枪、电弧电压自动调节机构和送丝机构于一体。采用水冷焊枪，TIG焊枪用双层气流保护并带有高频引弧系统。

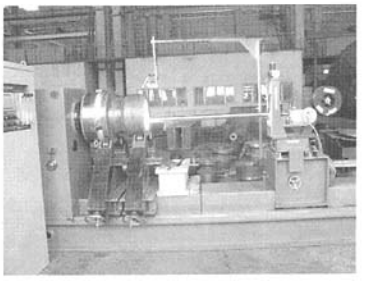


图 14　MAG焊在压力容器接管内壁堆焊中的应用

图 15　TIG焊在压力容器小口径管内壁堆焊中的应用

2. 机械系统

采用专用机床，具备管子内壁螺旋线堆焊和试板直线堆焊功能，堆焊线速度方便可调，主轴（接管）每旋转一周，堆焊机头行走7mm。直线导轨运动系统采用不锈钢防护罩，配备冷却水雾化喷淋装置，用于控制接管堆焊过程中的层间温度。堆焊过程中机头根据操作者的需要能够实现正向和反向移动。

3. 控制系统

采用高频引弧，并带有弧长自动跟踪控制系统（AVC）。焊接电流、电弧电压、摆动宽度、摆动速度、摆动两侧停留时间、电弧电压自动调节精度及送丝速度等可实时调节。

工件转速在控制箱中按工件直径的推荐值进行选定。机头主电机和堆焊机头行走电机为交流变频调速。控制面板上设有TIG/熔化极气体保护自动焊，两种焊接工艺转换开关和手动/自动转换开关、主机/辅机转换开关。当在辅机位置时，仅用于堆焊工艺评定试板。人机界面可实时显示工作进程，进行参数预置、修改及故障诊断等。

六、电站锅炉及压力容器马鞍形管座埋弧焊

厚壁锅炉锅筒、核电站压力壳体及其他石化容器上

的大直径接管的焊接，也是厚壁容器制造技术关键之一。这种大直径管管座的焊接不仅工作量大，劳动条件差（高温焊接），而且操作难度高。如一台300MW锅炉的锅筒有4只下降管（ϕ710×135 mm）和3只给水管（ϕ380×102.5 mm）；有116只汽水引入管和蒸汽引出管（ϕ159×25mm）。

马鞍形管座埋弧焊机，是用于锅炉、压力容器接管（包括带法兰的接管）与筒体马鞍形相贯曲线焊接的专用焊机。根据所焊产品接管直径、坡口形式及壁厚的不同，目前国内常用的马鞍形焊机有两种：一种是用于焊接接管径为300～2000mm的大马鞍形焊机；另一种是用于焊接接管径为100～300mm的小马鞍形焊机。目前国内常用的马鞍形焊机采用的是埋弧焊，坡口形式如图16和图17所示。国内常用马鞍形焊机的技术数据见表1。马鞍形焊机在电站锅炉锅筒接管焊接中的应用如图18所示。

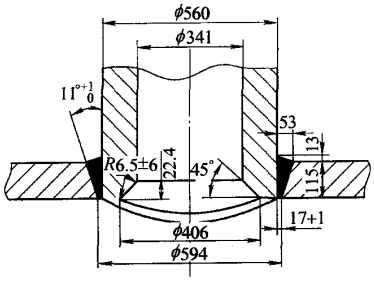


图16　大马鞍型埋弧焊的坡口形式

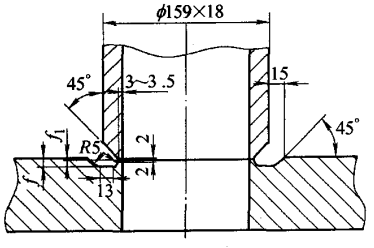


图17　小马鞍型埋弧焊的坡口形式

图18　马鞍形焊机在焊接生产中的应用

表1　常用马鞍形焊机的技术数据

类型	大马鞍焊机	大马鞍焊机	大马鞍焊机	小马鞍焊机
管外径/mm	300～1000	400～1600	500～2000	100～300
马鞍落差量/mm	0～90	0～180	0～180	0～50
焊枪提升量/mm	0－350	0－400	0～500	—
工件预热温度/℃	≤250	≤250	≤300	≤250
最大筒体厚度/mm	240	350	350	—
焊丝直径/mm	3.0、3.2、4.0	3.0、3.2、4.0	3、4	1.2、1.6
额定电流/A	1000（60%）	1000（60%）	1600（100%）	—
焊枪倾角（°）	径向±45 环向±5	径向±45 环向±5	径向±30 环向±5	—
接管高度/mm	300～700	300～700	≤1250	100～200

马鞍埋弧焊时，把主机吊装在待焊接头的上方，用三卡自定心卡盘把主机装卡定位在管接头端部，机头安装在十字滑板上。

焊接时焊枪能沿偏心滑块，按预置的马鞍形落差进行运动，偏心滑块的偏心量可以在焊机旋转过程中随时调节。焊枪位置在给定的工件规格范围内应连续可调。焊枪能够上下、前后、左右移动，并易于调整角度，焊枪的调整范围能够满足马鞍形坡口的要求；操作盒及控制面板位于机头附近，便于焊接操作、调节和观察。

根据管径及筒体直径，在参数表上查得马鞍落差量，并进行预置。马鞍形焊接时，上坡焊和下坡焊直接影响到熔池的流动，容易造成焊缝的厚度不均。为了减少马鞍形肩部与腹部的厚度差，通常采用马鞍形曲线同步焊接速度补偿机构，使得马鞍形腹部附近的焊接速度快些，马鞍形肩部附近的焊接速度慢些。马鞍形曲线焊接速度的补偿量，可根据焊接规范参数、坡口角度及马鞍落差来选择。

可以数字设定、显示焊接参数，包括焊接电流（A）、电弧电压（V）、焊接速度（cm/min）及焊接热输入能量（kJ/cm）。焊接过程中可以实时增减预置的参数。当焊接停止后，可以删除或保留存入的参数。

（待续）（20070516）