TA10自动氩弧焊焊接工艺

黄孝鹏　白忠建　张龙玲　王光净

【摘要】本文介绍了TA10钛钼镍合金焊接特点，通过使用ϕ2.0mm粗丝自动氩弧焊进行焊接工艺评定试验，确定了最佳的焊接参数，进一步提高了焊接效率和焊接质量，减少了焊接缺陷，降低了成本。该工艺成功应用于多台产品的焊接，证明了该工艺的可应用性。

关键词：氩弧焊；焊接参数；焊接设备

1. 概述

TA10是一种钛钼镍合金，目前国内外压力容器生产制造企业焊接钛及钛合金自动氩弧焊常用的焊丝直径为1.2mm。采用ϕ1.2mm焊丝焊接填充12mm厚TA10工件每条焊缝焊接需填充12道，在焊接过程中，由于焊接层数较多，所以容易出现气孔、未熔合等缺陷，且这种焊接工艺工作效率较低。

本文通过选用钛钼镍合金ϕ2.0mm氩弧焊丝，进行焊接试验、无损检测和理化试验，确定最佳焊接参数，为钛材设备采用ϕ2.0mm氩弧焊丝焊接工艺提供科学依据。

2. 焊接设备及焊接材料

（1）焊接设备　本试验采用纵环缝等离子束焊接系统，该设备有电焊机（电源送丝机构、控制系统）水冷焊枪、行走系统、冷却系统、供气系统和自动跟踪系统组成。

（2）焊接材料　根据产品焊接技术要求，采用STA10R焊丝，焊丝直径为2.0mm。在板厚为12mm的钛钼镍合金材料上进行焊接，焊接时严格控制层间温度及焊缝正背面的气体保护。

保护气体一般采用氩气，为保证保护效果，氩气纯度不得低于99.99%，一般采用环氧基或乙烯基塑料软管输送保护气体。

（3）钛钼镍合金TA10的焊接特点　钛钼镍合金TA10的化学活性强，在400℃以上的高温下极易被空气、水分、油脂、氧化皮污染，容易吸收氧、氮、氢、碳等，使焊接接头的塑韧性大大降低。随着温度的升高，钛及钛合金吸收氢、氧、氮的能力也随之上升，在250℃左右开始吸收氢，从400℃开始吸收氧，从600℃开始吸收氮，这些气体被吸收后，将会使焊接接头脆化，降低焊接接头的力学性能。

气孔是钛钼镍合金TA10焊接常见的缺陷，它占整个焊接缺陷的一半以上。气孔是造成焊缝应力集中的重要因素，气孔还会造成局部金属含氢量高、塑性低，降低整个焊接接头的塑形和疲劳寿命，甚至导致某些钛合金结构发生断裂、破坏。因此焊前应彻底清洗工件和焊丝；焊接过程中做好焊缝正背面的保护，控制层间温度≤200℃。

钛的熔点高、热容量大，导热性差，焊接时易形成较大的熔池，并且熔池的温度更高，这使得焊缝及热影响区金属长时间处于高温状态，增加晶粒长大倾向，使焊接接头的塑性和断裂韧性大大降低，容易产生焊接裂纹。熔化焊时应采用较小的焊接热输入，避免产生焊接裂纹。

3. 焊接试验

影响钛钼镍合金ϕ2.0mm焊丝焊接成形及性能的焊接工艺参数

主要有：焊接电流、电弧电压、焊接速度、干伸长度、气体流量等。

（1）焊前准备　由于钛及钛合金焊接过程中，焊缝极易被氧化，且易产生气孔等缺陷，因此焊前准备工作尤为重要。为防止气孔产生，必须彻底清除板材、焊丝表面上的氧化皮及油污等污物，尽量缩短工件和焊丝清洗后存放时间，一旦时间超过规定，需要对工件和焊丝进行重新清理；严格控制母材、焊丝、氩气中氢、氧、氮等杂质的含量；应对坡口及两侧20mm范围内进行机械清理和脱脂处理，在焊接过程中采取一定措施防止坡口污染；保护拖罩的结构、尺寸应根据焊件形状、板材厚度及焊接参数等条件确定；承担焊接组对的施焊人员，必须戴洁净的手套等防护用品，不得触摸坡口及其两侧附近区域。严禁用碳钢类工具敲打板材表面及坡口。

坡口形式及尺寸的确定，要本着尽量减少焊接层数和填充金属量的原则，因为随着焊接层数的增多，会造成焊缝的累积吸气量增加，影响焊接接头的塑性，降低其力学性能。本试验坡口角度为60°±5°，钝边为（1±1）mm，组对间隙为2.5~3mm。定位焊点的间距为100~150mm，长度为10~15mm。定位焊采用的焊丝及工艺应与正式焊接时相同，在定位焊停弧时，应延迟氩气送气，确保焊点的焊接质量。装配时严禁强力组对，避免损伤工件表面。

（2）焊接电流　焊接电流与焊道成形、熔深、稀释率、力学性能均有很大关系。焊接电流过大时，易造成烧穿、咬边等缺陷；而焊接电流过小，容易造成夹渣、未熔合以及焊缝成形不良等缺陷。经试验，对于直径为2.0mm的焊丝，焊接电流确定在260~280A之间焊道成形最佳。

（3）电弧电压　电弧电压与焊接电流的匹配是获得良好焊缝成形的重要因素。在焊接电流一定的条件下，如果电弧电压过低，则焊缝焊道太窄，则容易造成夹渣或夹钨缺陷，如果电弧电压过高，焊道较宽，使得焊道厚度不能满足要求，且会增加焊接保护的难度，产生气孔缺陷或焊缝氧化。经多次试验，对于直径为2.0mm的焊丝，电弧电压确定在15～17V之间焊道成形最佳。

（4）焊接速度　焊接速度对焊道影响较大，若焊接速度太快，焊道较窄，且易产生咬边及焊缝不均匀缺陷；若焊接速度太慢，则单层焊道较厚，易堵塞喷嘴，造成夹渣缺陷。对于直径为2.0mm的焊丝，焊接速度确定在每分钟900~1200mm之间最佳。

（5）焊丝干伸长度　焊丝干伸长度对电弧的稳定性、熔深、电弧能量等有着明显影响。焊丝伸出长度太长，会造成电弧不稳定，且保护效果差；焊丝伸出长度过短，易使钨极与焊丝或熔池短路，产生夹钨缺陷。经试验，焊丝伸出长度为15~20mm内，焊道成形较好。

（6）保护气体流量　由于钛及钛合金对空气中的氧、氮、氢等气体具有很强吸收能力，因此必须在焊接区采取良好的保护措施，以确保焊接熔池及温度超过350℃的热影响区和母材部分与空气相隔绝。

氩气流量的选择以获得更好的焊缝表面色泽为准。拖罩中的气体流量不足，会造成焊接接头表面氧化。过大的气体流量不易形成层流，而且会使焊缝的冷却速度增大，焊缝表面易出现马氏体；流量过大还会对喷嘴的气流产生干扰，影响焊缝成形；背面的氩气流量过大也会影响正面第一层的气体保护效果，且造成保护气浪费增加成本。经试验，对于直径为2.0mm的焊丝，焊枪保护气体流量在每分钟8~10L，焊缝正背面保护气体流量在每分钟10~15 L之间为最佳。

（7）焊缝颜色要求　在焊接过程中，每焊完一道，都要检查焊层表面颜色，焊缝及热影响区的表面颜色呈银白色或金黄色为合格。对表面颜色不合格的，应按标准规定进行处理。若表面颜色呈蓝色，则应除去蓝色；若表面颜色呈灰色，则表明氧化严重，应对氧化部位进行彻底清除，然后重焊。

（8）最佳焊接参数　经过大量焊接试验，最终确定了钛钼镍合金TA10采用ϕ2.0mm焊丝焊接的最佳工艺参数（见表1）。为工艺评定以及产品的焊接，提供了科学依据。

4. 焊接工艺评定

在工艺试验的基础上，按NB/T47014《承压设备焊接工艺评定》要求，采用表1的焊接参数，在板厚为12mm的TA10材料上进行了工艺评定试板的焊接。焊接时，第一层采用手工钨极氩

表1 钛钼镍合金 ϕ 2.0mm焊丝焊接参数

焊材牌号	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min^{-1}	焊丝干伸长/mm	保护气体流量/L·min^{-1}	
					焊枪	正背面
STA10R	260～280	15～17	900～1200	15～20	8～10	10～15

弧焊，保证打底层的焊缝厚度，避免被烧穿。填充盖面用自动氩弧焊，焊接试板的理化试验结果如表2所示。

由表2试验结果可知，焊接试板的抗拉强度、弯曲试验及化学成分均符合标准要求，证明本试验所选用的焊接工艺及焊接材料正确合理，能够满足生产要求。

在焊接试验及工艺评定的基础上，进行了多台设备产品的焊接。事实证明，采用该焊接工艺，设备焊缝成形美观，探伤合格率高，焊缝各项技术指标均满足要求。

5. 结语

（1）通过焊接试验、焊接工艺评定及产品的焊接证明，所选用的焊接材料、焊接工艺正确合理

（2）TA10采用ϕ2.0mm焊丝，相比于ϕ1.2mm焊丝，ϕ2.0mm焊丝提高了焊接速度，降低了劳动强度；减少了焊层，降低了焊接缺陷产生的几率，保证了焊接的稳定性，增加熔敷金属厚度，提高了焊接的质量，降低了作业成本。

表 2 理化试验结果

抗拉强度 /MPa	弯曲试验	化学成分（质量分数，%）			
		Ti	Mo	Fe	Ni
534	4件合格	98.67	0.274	0.267	0.673
532					

参考文献：

[1] 中国机械工程学会焊接学会.焊接手册1-焊接方法与设备[M].北京：机械工业出版社，2008.

[2] 顾曾迪，陈根宝.有色金属焊接[M].北京：机械工业出版社，1995.

[3] 周振丰，张文钺.焊接冶金与金属焊接[M].北京：机械工业出版社，1993 .

[4] 崔忠圻.金属学与热处理[M].北京：机械工业出版社，1993.

[5] 黎文献.有色金属材料工程概论.冶金工业出版社，2007.

作者简介：黄孝鹏等，鲁西工业装备有限公司。

MW 20170918

Hypertherm海宝推出Powermax45 系统全新Duramax割炬升级方案

全球最受欢迎空气等离子——Powermax45的用户，现在可将其割炬升级为Duramax系列割炬，即和Powermax65、85和105系统一样的割炬。升级Powermax45原装的T45割炬后，易损件寿命将更长、切割质量也会提升，同时还可有更多的割炬和易损件可选择。

基于耐用性和稳定性的设计考虑，Duramax割炬的电极采用Spring Start™技术，避免割炬中部件的移动，确保启弧稳定。Hypertherm海宝的Duramax系列割炬有7款不同类型的割炬组成。除了常规手持割炬和机用割炬外，用户还可选择15° 手持割炬、小型机用割炬和机器人割炬等，只需确保割炬电缆长度不超过15.2m。升级为Duramax割炬后，Powermax45用户可受益于更多的海宝易损件技术，如CopperPlus®加强型铜电极、精细气刨易损件、FineCut®薄板易损件、HyAccess™加长型易损件和FlushCut™平切易损件。

Powermax45 系统全新Duramax割炬

（海宝）