



热丝TIG自动焊在钛材 阀门上的应用

王田勇 杨永良 曹瑞虎 邵宏智 王丹

【摘要】通过对热丝TIG自动焊焊枪进行改造，制定合理的焊接保护方案，确定合理的焊接参数，将热丝TIG自动焊应用钛材阀门零件的焊接。所焊焊缝成形美观，质量可靠，劳动强度小，自动化程度高。

关键词：热丝TIG自动焊；钛材阀门；焊接保护

1. 概述

热丝TIG焊是在普通TIG焊的基础上对焊丝进行预热，提高热输入量以增加熔化速度，从而提高焊接速度，同时又具有TIG焊缝质量高的特点，通过焊接电流、热丝电流、送丝速度的协同控制提高熔敷效率和焊接速度，使焊缝稀释率降低到5%~10%。

我公司的热丝TIG自动焊机主要应用于各类阀门零件的耐蚀堆焊，可堆焊的材料包括各种不锈钢及镍基合金，如图1所示。

近期我公司承接了一批钛材球阀，口径大、压力高，其中球阀侧体为TA2锻件，外观如图2所示。若采取整体锻造的结构，

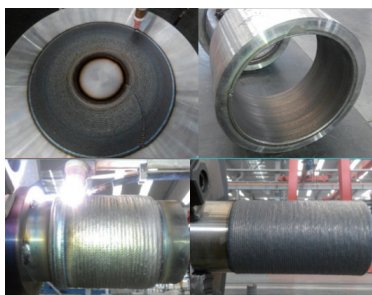


图1 热丝TIG耐蚀堆焊应用

机加工量大且成本高，从节约成本和减少加工量的角度考虑，设计为组焊结构，这就为焊接工作提出了很高的要求，如何在保证焊接质量的情况下更高效地完成焊接工作，是我们需要攻克的一道难题。

2. 面临问题及解决方案

钛对大气有明显的吸附倾

向，使得钛材焊接方法的应用有其特殊性，对于钛材对接焊，最常见的焊接方法就是手工钨极氩弧焊及等离子焊接，同时需要很好的焊接保护。大多数制造厂家选择手工钨极氩弧焊进行焊接，而对于我公司本批大口径球阀侧体（见图2），直径较大，需焊接的厚度在35mm以上，且产品数量较多，若全部采用手工钨极氩弧焊进行焊接，焊工工作量大、劳动强度高，同时焊接效率较低。

考虑到热丝TIG自动焊原理与手工钨极氩弧焊相同，且效率更高，自动化程度更好，因此我们提出使用热丝TIG自动焊机进

参考文献：

- [1] 陈宝国.焊接技术[M]. 北京：化学工业出版社，2009.
- [2] 钟诚.金属焊接工[M]. 北京：煤炭工业出版社，2006.
- [3] 何少卿.药芯焊丝及应用[M].

北京：化学工业出版社，2009.

- [4] 陈倩清.电焊工[M]. 北京：中国劳动出版社，2008.

- [5] 陈裕川.焊接工艺评定手册[M]. 北京：机械工业出版

社，2000.

作者简介：沈根平，江苏省江阴中等专业学校。

MW 20161024

行钛球阀侧体组焊的方案。但热丝TIG自动焊机主要用于堆焊，受焊枪结构限制并不能直接应用于坡口对接焊，且钛材自动化焊接时的焊接保护及焊接参数并没有成熟的经验，需要进行解决。

(1) 焊枪结构 由图3可知，原装堆焊用焊枪的送丝管位于焊枪正下方，当此种焊枪用于坡口焊时，因变位机与焊枪的相对位置固定，焊枪只能在垂直于焊缝的方向摆动，摆动时焊丝或送丝嘴会碰到坡口边缘，由此造成焊丝会偏离电弧的覆盖区域而不能被加热熔化，焊接无法进行；若焊枪不摆动，最大的焊接深度 $\leq 5\text{mm}$ ，仍无法满足要求。

根据这种情况，我们决定对原装焊枪进行改造，具体的改造

方法为：延长送丝管及送丝管内部的导丝簧，重新弯制角度，将送丝管送丝方位由焊枪下方送入改为侧向送入，并对送丝管角度及高度进行调整，确定最佳的送丝位置，如图4、图5所示。

改造后的焊枪，可以适应一定深度的坡口焊接，最大可深入的坡口深度可达30mm，完全满足本次产品的焊接要求。

(2) 坡口设计 由于待焊接部位厚度达到了35mm，V形坡口已经不适用，只能采用X形坡口进行焊接，所以从装配精度考虑，我们将坡口设计为止口结构，如图6所示。

加工坡口时，先加工内侧的焊接坡口，外侧坡口加工为止口结构，待内侧坡口焊接完成后再车去外侧母材并加工外侧坡口，进行清根，最后再进行外侧坡口的焊接。这样做的好处有两个方面：一是组对简单，因为止口的存在，两组件直接组对并在外

侧点固，即可先进行内侧坡口焊接，不用考虑对接间隙及对口错变量；二是采用这种结构，无论进行内侧坡口还是外侧坡口的焊接，每次焊接时，坡口背面都有至少17mm以上的母材或者焊层作为衬垫，这样的厚度可以保证焊接时焊缝背面不受空气的氧化，可以不对焊缝背面进行氩气保护。

(3) 焊接保护 由于钛对空气中氧、氮、氢等气体具有很强的亲和力，易受杂质气体的污染而产生脆化，因此需要对焊接区域采取良好的保护措施，以确保焊接熔池及温度超过350℃的热影响区正反面与空气隔绝。针对需要保护的焊接区域，我们设计了如下保护方案，如表1所示。

由表1可以看出，焊缝处得保护可直接选用孔径较大的喷嘴，主要工作是对于焊缝尾部的保护。这需要做两个方面的工作：一是制作合适、有效的保护

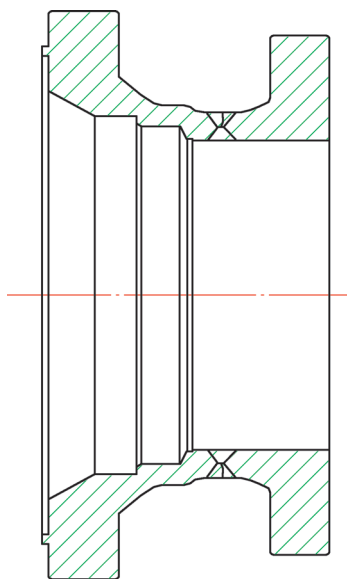


图2 球阀侧体

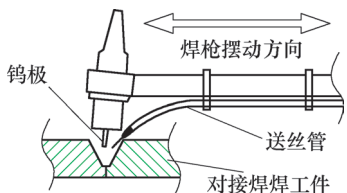


图3 原始焊枪结构

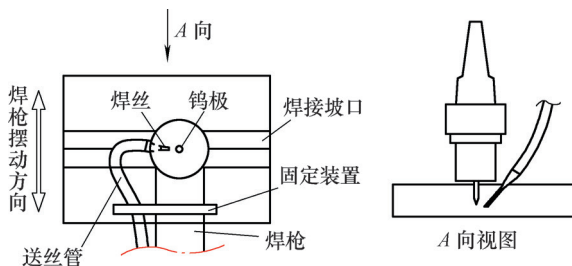


图4 改造后的焊枪送丝方式



图5 改造后的焊枪

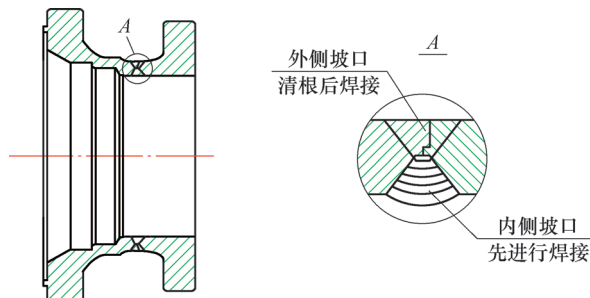


图6 焊接坡口形式

拖罩，二是制作合适的保护拖罩固定装置。保护罩采用纯铜板制作，并加入铜网，保证保护气流的稳定与均匀，如图7所示。保护拖罩与固定装置间采用金属柔性软管进行连接，可以使拖罩有更好地适应性。

(4) 工艺参数 钛材焊接参数的选择，既要防止焊缝在电弧作用下发生晶粒粗化，又要避免焊后冷却过程中形成脆硬组织。由于钛材焊接时有晶粒粗化倾向，所以应采取较小的焊接热输入。对于热丝TIG自动焊，主要的参数控制包括焊接电流、焊接速度、送丝速度、氩气流量、摆动速度、摆动宽度及滞后气时间，如表2所示。

3. 焊接试验

通过对设备的改进，理论上可以进行钛材的热丝TIG自动焊接，但需要试验去验证，对此我们进行了两次试验，分别为试验1及试验2，两次试验的主要目的及内容如表3所示。

试验1中，我们选择了一节TA2管料进行试焊接，焊丝为ERTi—2， $\phi 1.2\text{mm}$ ，保护气体为氩气。试焊结果表明焊枪结构合理，适合于坡口的对接焊，气体保护拖罩保护效果良好，焊接完成后对焊缝进行射线检测，焊缝质量良好，符合NB/T47013.2—2015标准 I 级合格要求。

通过试验1，确定了此种方法的可行性之后，我们根据产品尺寸要求，进行了焊接工艺评定试验（即试验2），焊接工艺评定试件选择与产品相同的坡口结构，焊接参数如表4所示。其中，1~8道为单道焊，9~11道

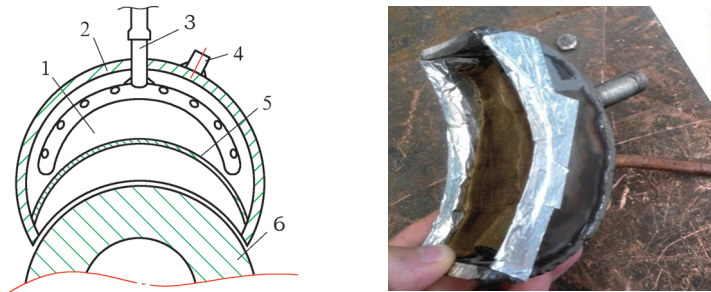


图7 气体保护拖罩简图及实物图

1.保护罩侧板 2.保护罩弧板 3.气管 4.固定装置 5.铜网 6.工件

表1 焊接区域保护措施

区域	保护措施
焊缝	选用孔径为22mm的喷嘴，尽可能扩大保护区的面积
焊缝尾部	①根据坡口内侧及外侧的弧度，分别制作合适的内圆弧及外圆弧保护拖罩 ②制作合适的氩气拖罩固定装置
焊缝背面	因止口结构不需进行保护

表2 主要焊接参数分析

参数	分析
焊接电流	低于不锈钢焊接时所用电流，根据工件实际厚度逐渐增大电流
焊接速度	保证熔合良好的情况下尽可能提高焊接速度，减小焊接热输入，有利于焊接保护效果
送丝速度	根据不同焊层间焊接速度及摆动宽度的不同确定合适的送丝速度
氩气流量	氩气流量的选择以达到良好的焊接表面色为准，气流过小易发生氧化，过大的气流不易形成稳定的气流层且会增加焊缝的冷却速度，容易在焊缝表面出现钛马氏体
摆动速度	摆动速度不宜过快，同时注意控制摆动两侧停留时间，保证侧壁熔合良好
摆动宽度	根据坡口宽度增大逐渐增大摆动宽度，当达到一定宽度时应采取多道焊接
滞后气时间	选择最大的滞后气时间，以保证在熄弧时对焊缝尾部的保护

表3 焊接试验

试验项次	试验目的及内容
试验1	① 确定试验的可行性 ② 确定气体保护罩的保护效果 ③ 确定工艺参数是否合适 ④ 确定焊缝质量无损检测是否合格
试验2	① 模拟产品的坡口形式进行焊接 ② 制作焊接工艺评定并进行力学性能试验 ③ 工艺参数及操作技巧积累

为多道焊，所有焊道摆动宽度 $\leq 5\text{mm}$ 。

试验2中，焊缝成形美观，保护效果良好，如图8所示。

焊接完成后对试件进行射线检测，焊缝质量良好，符合NB/T47013.2—2015标准 I 级合格要求。之后对试件进行焊后热处

表4 焊接参数

层数	道数	焊接电流 /A	焊接速度 /mm·min ⁻¹	摆动宽度 /mm	摆动速度 /mm·min ⁻¹	送丝速度 /mm·min ⁻¹
1	1	200~210	120~130	1	400	自熔
2~4	1	180~190	110~120	3	600	1200
4~8	1	170~180	100~110	5	1000	1500
9	2	160~170	85~95	4	900	900
10	3	160~170	85~95	3	600	900
11	4	160~170	75~85	2	600	900

表5 拉伸试验

试样编号	试样宽度 /mm	试样厚度 /mm	横截面积 /mm ²	断裂载荷 /kN	抗拉强度 /MPa
T-1609-1	18.90	20.20	381.78	230	600
T-1609-2	18.90	20.30	383.67	235	610
合格标准	—	—	—	—	≥400

表6 弯曲试验

试样编号	弯曲类型	试样厚度/mm	弯心直径/mm	弯曲角度 (°)	试验结果
B-1609-1	侧弯	10	100	180	合格
B-1609-2	侧弯	10	100	180	合格
B-1609-3	侧弯	10	100	180	合格
B-1609-4	侧弯	10	100	180	合格

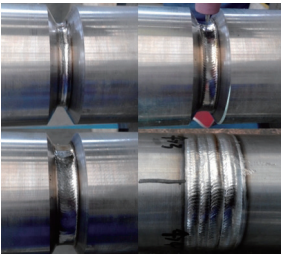


图8 焊接工艺评定试件焊缝

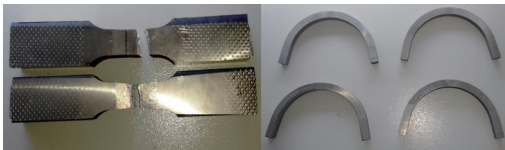


图9 拉伸及弯曲试样

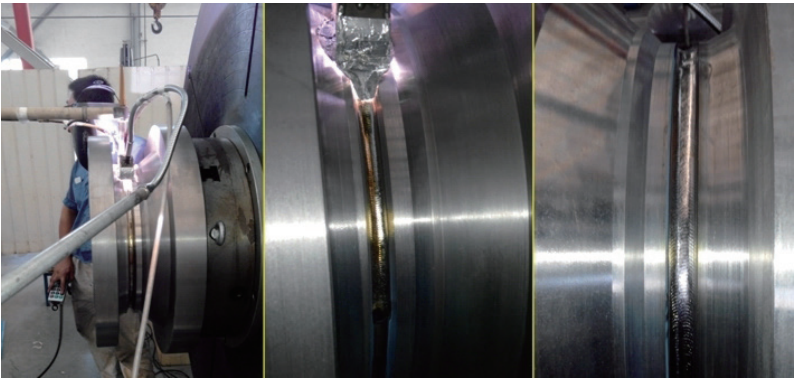


图10 钛球阀侧体组焊

理，并取样进行拉伸及弯曲试验，如图9所示，力学性能试验结果如表5、表6所示。

4. 产品焊接

以上改造措施及焊接试验完成后，我们积累了大量的经验，对于钛材热丝TIG自动焊过程中面临的问题都有了很好的解决方案。

在此基础上，我们先对1组球阀侧体法兰进行了焊接，无论焊缝成形及焊接保护均达到预期要求（见图10），焊后进行射线检测，符合图样要求。确定无误后，两台热丝TIG自动焊机开始进行大批量产品的焊接，所有产品全部一次焊接合格。

5. 结语

（1）对热丝TIG自动焊焊枪进行改造，拓宽了自动焊机的使用范围，不仅可用于钛材焊接，也可用于其他常用材料，可以满足坡口深度在30mm以下的对接焊缝的焊接。

（2）相对于手工钨极氩弧焊，自动焊焊缝成形美观，焊缝质量稳定、可靠，同时可减轻劳动强度，提高焊接效率。

（3）热丝TIG自动焊在钛材球阀的组焊上取得了良好的效果，为企业提供了一种新的高效焊接手段。

作者简介：王田勇等，西安泵阀总厂有限公司。

MW 20161024