钛盘管的焊接

刘铁军　俞翔　唐照国

【摘要】氩弧焊焊接钛盘管时，采用合适的保护罩，可以有效地使钛盘管的高温区处于富氩环境中，有效地隔离了空气。由于钛导热系数低，需要长时间才能从高温区冷却下来，这样既浪费氩气又降低了焊接效率，而钛管焊接时采用管内水冷，既节省了氩气又大大提高了焊接效率。

我公司应用户需求要制作几套钛盘管，由于对钛材料没有制造经验，因此进行了多种焊接工艺调试，并制作不同的气体保护罩。通过工艺试验最终确定了最佳的焊接工艺和保护罩，使用该焊接工艺进行生产制造，保证了产品的焊接质量。

1. 钛的焊接性分析

钛是一种活性金属，常温下能与氧生成致密的氧化膜而保持高的稳定性和耐蚀性。540℃以上生成的氧化膜则不致密。高温下钛与氧、氮、氢反应速度较快，钛在300℃以上快速吸氢，400℃以上开始吸氧、吸氮，600℃以上快速吸氧，700℃以上快速吸氮。氧和氮溶于钛中使钛的塑性和韧性下降，氢的溶入使钛的脆性增加，韧性急剧下降。碳以间隙固溶于钛中，使钛强度提高、塑性下降，碳含量超过溶解度时就会生成硬而脆的TiC，呈网状分布，易于产生裂纹。

此外，钛的熔点高，比热及导热系数小，冷却速度慢，焊接热影响区在高温下停留时间长，高温极易过热粗化，造成接头塑性下降。

从上述钛的特性可以分析出钛的焊接性，要保证其焊接接头性能，应控制碳、氮、氧及氢等元素的侵入，因此如何使钛在高温范围内保持清洁和处于被保护状态是关键问题，同时控制焊接接头的温度，避免过热而影响焊接接头的性能。氩是惰性气体，既不与钛形成固溶体，也不与其他元素发生反应，因此钛的焊接适用于氩弧焊，但氩气的纯度应很高，一般纯度≥99.99%。

2. 焊前准备

（1）焊接场地及环境　施焊环境应该是洁净、无烟、无尘，独立的区域。施焊环境的自然条件为：风速≥1.5m/s，相对湿度＞80%，温度＜5℃，雨雪无防护时不得施焊。如在钢铁作业的车间施焊，钛材的焊接区应与钢铁区隔开，并防止铁粉及气体等有害杂质的污染；焊接时应远离通风口和敞开的门窗，场地应铺设橡胶软垫。

（2）保护罩的制作　为了使钛在高温区（200℃以上）完全处于氩气的保护下，必须制作保护效果好又便于焊接操作的保护罩。由于保护罩结构的好坏直接影响焊接质量和焊接效率，所以经过多次结构设计和焊接试验，最后确定保护罩采用如图1所示的结构。另外氩的比重高于空气，因此保护罩制作时可以考虑在保护罩上方留有操作孔。

（3）坡口加工　坡口应用机械加工，如使用坡口机、风动内磨机、氧化铝或碳化硅砂轮磨光片等工具加工坡口。坡口加工时应慢速加工（或用冷却水冷

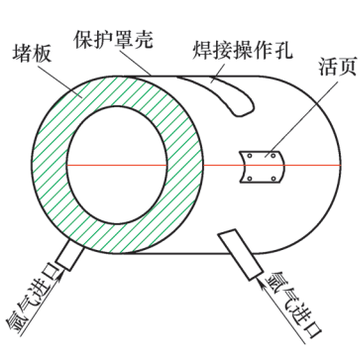


图1　氩气保护罩

却），防止加工时温度过高。加工后的坡口表面应平整、光滑，不得有裂纹、分层、夹杂、毛刺、飞边和氧化色等，坡口表面及其两侧30mm范围内应呈银白色金属光泽。

（4）焊前清理　焊丝、坡口表面及两侧20mm范围内应进行表面清理。可根据表面污染程度选用脱脂、机械清理或化学清洗，机械清理时允许使用不锈钢丝刷。施焊前应用丙酮或无水酒精等溶剂清洗坡口和焊丝，清洗以后不得用手直接触摸，并在4h内及时施焊，过期未焊应重新清洗。清洗干净的焊丝不得随意抛在地上，应放在洁净的焊丝筒内，以防再次污染。

3. 焊接

（1）焊接工艺评定　按NB/T47014—2011进行焊接工艺评定，焊接工艺评定所用钛管材料为TA2，钛管规格为ϕ45mm×3mm。编制预焊接工艺规程时应以焊接可操作性和得到优异的焊接接头性能为原则。为保证钛盘管施焊的焊接接头满足使用要求，焊接工艺评定试验时按预焊接工艺规程进行。所用氩弧焊焊机型号为WSM315，采用高频引弧，氩气采用纯氩（99.99%Ar）。焊接坡口如图2所示，焊接参数如表1所示 。

焊接工艺评定试验结果如表2所示，由表2可知焊接工艺评定试验结果合格。焊接工艺评定试件如图3所示，力学性能测试试件如图4所示。

（2）切片腐蚀试验　为验证焊接接头是否耐腐蚀，采用氩弧焊焊接一个钛管试件，盖面焊

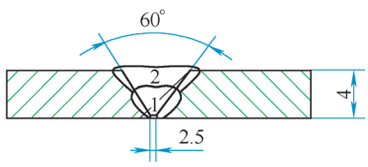


图2　坡口示意

时均为通水保护，其中中间一条焊缝在焊接时特意不进行保护，焊缝颜色呈黄色并部分带蓝色，其余焊缝均为银白色。然后对钛管试件进行切片取样，取样后用30%硫酸（煮沸）侵泡24h进行腐蚀试验（见图5）。从图5可看出，银白色的焊缝有轻微腐蚀，而金黄带蓝色的部位严重腐蚀，说明焊接时通水保护好的焊缝同样具有好的耐腐蚀性。

（3）钛盘管的焊接　焊接工艺评定试验及腐蚀试验结果合格后，才可以进行产品的施焊。依据焊接工艺评定编制焊接工艺规程，依据焊接工艺规程的参数及要求进行盘管的焊接。由于盘管较长，拼焊时较重，手工转动较难，因而将盘管放在可以转动的支撑轮上，焊接时可以转动焊。同时先采用7根直钛管一组进行组焊后一道焊接，焊接时分两层，打底焊时管内通纯氩气进行保护（先通氩10~15min，将管内的空气排净才可以焊接），焊接处管外用保护罩进行保护，待焊的焊口用胶带密封住，第一个管口用胶带密封并插入氩气管通氩气，最后一个管口胶带密封，并打几个小孔，以便排除空气和氩气。

所有焊口焊完打底焊后再进行盖面焊，盖面焊时管内通水进行保护，注意水必须灌满管内，以防管内留有空气，管外用保护罩通氩气。焊接时随时控制钛管温度保持在200℃以下才能脱离

表1　焊接参数（参数取均值）

层次	焊接方法	焊接材料	规格 ϕ/mm	焊接电源		焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /cm·min^{-1}	层间温度 /℃
				种类	极性				
1	GTAW	ERTA2	2.0	DC	EN	90	12	10	＜60
2	GTAW	ERTA2	2.0	DC	EN	110	13	13	

表2　焊接工艺评定试验结果

拉伸试验			弯曲试验			
试样号	抗拉强度/MPa	断裂位置	试样号	试验类型	弯曲角度（°）	试验结果
L1	425	断于HAZ	W1,W2	面弯	180	无裂纹
L2	450	断于HAZ	W3,W4	背弯	180	无裂纹

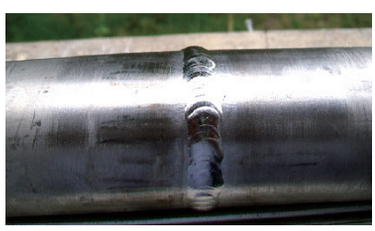


图3　焊接工艺评定试件

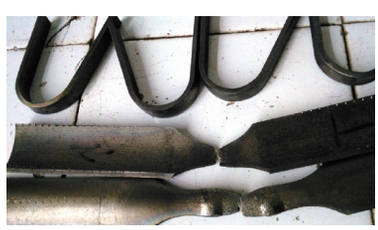


图4　力学性能测试试件

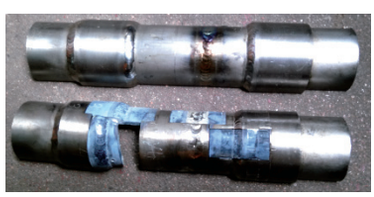
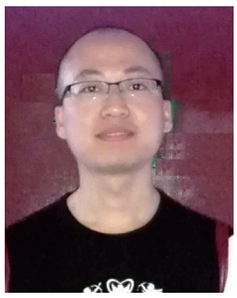


图5　切片腐蚀试验



框架式车身焊接工艺优化

张景盹

【摘要】针对低速电动车框架式车身焊接接头数量多，生产效率低的问题，通过采用拆分组合方案的工艺优化，极大地提升了生产效率。

1. 概述

目前许多低速电动车采用框架式车身，即由各种型号的管类型材拼焊而成。该类车身其中一个显著特点是焊接接头数量多，焊接量相对于传统的钣金车身大很多，占用焊接工装夹具的时间相对较长，不利于生产效率的提高。经试验验证，可采用“分组合工装上点焊→总拼工装上点焊→总拼取下后满焊”的方案，缩短占用工装夹具的时间。

2. 案例概述

图1为某车型的车身骨架，

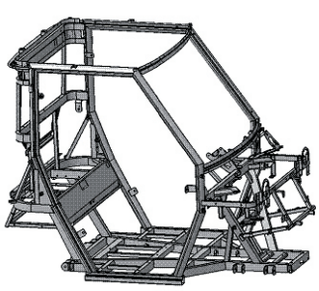


图1 某车型车身骨架

氩气的保护，否则必须通氩（包括焊枪应延迟关气）。当每组钛管都焊好，进行盘管时，由于盘管结构较复杂，必须留有两道焊口，在钛管盘起来后才可以焊接，因而这两道焊口需进行全位置焊接。全位置焊时同样用保护罩和背面通水保护，背面通水时应注意将水引到较远处，以防焊接区的相对湿度变高。严格按照此焊接工艺规程进行焊接，所焊盘管的所有焊缝均为银白色（见图6）。

（4）焊后检测　焊后检测产品外观、焊缝表面及余高均符合要求。进行RT射线检测，根据NB/T47013.2—2015标准评定级别为II级以上，焊缝内部和外观均达到要求。最后进行耐压试验，没有发现漏点，完全符合出厂要求。

图6 钛盘管的成品

4.结语

通过产品的制造及验收，并经客户一段时间的使用得知，对于钛盘管的焊接，只要选择合适的保护方式、正确的焊接工艺和操作方法，同样可以获得优质的焊接接头，从而保证产品的安全性能和使用性能。

参考文献：

[1] 焊接手册（第二卷）材料的焊接[M].北京：机械工业出版社，2010.

作者简介：刘铁军，浙江广厦建设职业技术学院；俞翔、唐照国，浙江德力装备有限公司。

MW 20160510