

浓硝酸装置纯铝管线的TIG焊焊接工艺的研究及制定

杨鹏¹ 彭招兄²

1.兰州石化维达公司 甘肃 兰州 730060

2.兰州石化设备维修公司 甘肃 兰州 730060

摘要：本文详细阐述了纯铝在TIG焊焊接时的特点，论述了产生各种缺陷的原因及相应的预防措施。通过试验制订了成熟的焊接工艺，并对焊接时的注意事项和焊接方法做了说明。对焊接后的试样进行了X射线及力学性能、金相分析等相关的理化性能试验，并和母材的理化性能试验进行对比，充分证明了所制定的焊接工艺的可靠性。

关键词：纯铝 TIG焊 焊接工艺 X射线 理化性能试验

TIG welding process for pure aluminum pipelines in concentrated nitric acid plant

Yang Peng¹, Peng Zhaoxiong²

1. Lanzhou Petrochemical Co., Lanzhou 730060, China;

Abstract: This paper describes the characteristics of pure aluminum in tungsten inert gas (TIG) welding and the causes of various defects as well as the corresponding preventive measures. The mature welding procedure was developed by the experiments and the precautions and welding methods were described. The tests of physical and chemical properties of samples, such as X-ray, mechanical properties, metallographic analysis were compared with those of the base metal. The results prove the reliability of the welding process.

Keywords: pure aluminum; tungsten inert gas welding; welding process; X-ray; physical and chemical performance test

1 概述

工业纯铝具有良好的耐酸性、较高的屈强比、良好的导电性及导热性，在航空、航天、汽车、机械制造、电子工业及化学工业中已大量应用。

由于纯铝所具有的特性在化肥厂浓硝酸装置（介质为98%的浓硝酸）大量应用，包括浓硝酸储罐及相关的工艺管线，工作温度在20~40℃之间，工作压力为0.02MPa，规格在Φ90mm×5mm~Φ273mm×10mm之间。

2 纯铝的焊接特点

铝由于质量轻、屈强比高、耐酸性能好、无磁性、成形性好及低温性能好等特点而被广泛地应用于各种结构产品和化工产品中。但由于纯铝具有独特的物理化学性质，在其焊接过程中会遇到一系列困难，主要有以下几点：

（1）铝的强氧化能力。铝与氧的亲合力很强，在空气中极易与氧发生反应生成致密的 Al_2O_3 薄膜。它是一层厚度为0.1~0.2μm难熔的硬膜，其熔点达2050℃， $\rho=3.85g/cm^3$ ，对内部能起保护作用，这也是纯铝具有耐酸性的重要原因。

（2）铝的热导率和比热较大，散热极快。虽然纯铝的熔点为660℃并不高，但是纯铝的导热系数和比热容都比较大，在焊接过程中大量的热量迅速流失，利用率极低。

（3）焊缝中易形成气孔。气孔是工业纯铝焊接时产生的主要缺陷，这是由铝的物理性质决定的。在高温时，熔化的铝液中吸收大量氢分子，在凝固时，氢的溶解度突变，以气泡的形式逸出。由于铝的热导率大，熔池冷却速度快，焊缝中的氢来不及逸出，就在凝固的焊缝中形成氢气泡。

3 焊接方法及步骤

3.1 焊接前的准备

3.1.1 试样开坡口

采用TIG焊对铝管添加焊丝之前，需要对铝管开坡口，开坡口的作用就是保证焊接能焊透，提高焊接接头的质量。由于本次试验采用Φ90mm×5mm的纯铝管，因此采用

V形坡口，由车床对铝管进行车削产生角度为60°的焊接坡口。本次试验的接头形式为对接焊缝，如图1所示。

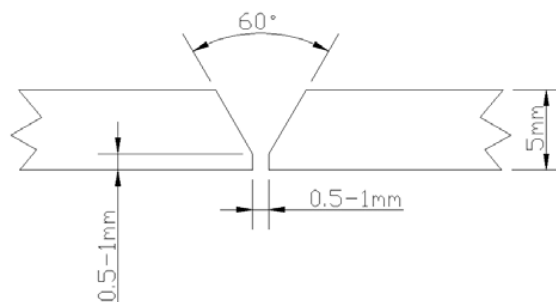


图1 焊接坡口示意图

3.1.2 试样预处理

首先要用合金刀头车削铝管的待焊部位（坡口处20~30mm左右），使待焊部位露出金属光泽，用丙酮或酒精试剂擦拭待焊表面油污部位。对于焊丝，用2000号砂纸磨到焊丝变得光亮，除去焊丝表面的氧化膜，最后也要用丙酮或酒精擦拭掉焊丝表面的油污。焊前打磨效果见图2。



图2 焊前打磨效果

3.1.3 预热是纯铝焊接的关键工序

预热有助于焊接时熔池内的氢气逸出。原则上应根据板厚选择，实践证明，5~10mm铝管的预热温度应控制在220~260℃比较合适。

3.2 纯铝焊接技术工艺

3.2.1 焊接极性的选择

TIG焊根据电源输出和极性接法的不同分别有直流正接（DC+）、直流反接（DC-）和交流（AC）三种不同的方法。

根据公司现有的设备及现场维检修的实际情况，结合前期对几种焊接极性的实验，认为选用交流法最为符合实际情况。交流法：由于极性交替变化，它既有“阴极雾化”的作用，又有钨极消耗比直流反接法少的特点，因而它适用于熔化极氩弧焊以及钨极氩弧焊焊接表面产生高熔点氧化膜的铝、镁及其合金。

3.2.2 焊丝的选择

由于焊接的是工业纯铝，选用了牌号为S301的纯铝焊丝为此次试验的焊材。其规格及焊接工艺参数见表2，表3。焊接后打底及盖面的外观成形见图3。

表2 纯铝焊丝的规格及化学成分

产品 牌号	直径 /mm	执行标准	型号	化学成分，%		
				Si	Fe	Al
S301	3.0	GB/T10858-2008	SAI1070	0.048	0.16	99.72

表3 焊接工艺参数

焊接电流 I/A	焊接速度/ min	电弧长度/ mm	钨极直径/ mm	导嘴直径/ mm	氩气流量/ min
140	8	2	3.0	10	12



图3 焊接后打底及盖面的外观成形

4 无损检测及理化性能分析

4.1 无损检测

焊缝需经100%X射线探伤，按JB/T4730—2005《压力容器无损检测》标准评片Ⅱ级合格。在掌握焊接工艺及方法后焊接了20组试件，分别进行X射线检测，共计60张，有57张符合要求，合格率达到95%。

4.2 理化性能分析

4.2.1 常规力学性能试验

拉伸试验：NB/T47016—2011承压设备产品焊接试件的力学性能试验进行室温拉伸试验。按照标准的要求，沿铝管的轴向方向取样，接头拉伸试样和弯曲试样尺寸如图4所示。纯铝焊接接头的力学性能见表4。

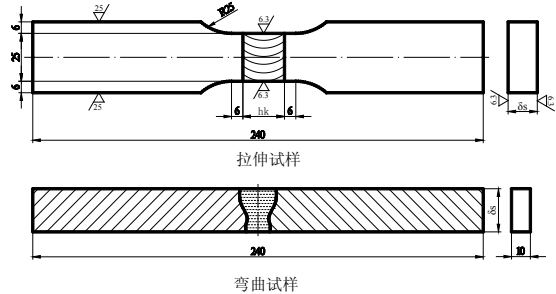


图4 力学性能试验试样

表4 纯铝焊接接头的力学性能

材料名称	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	延伸率 δ /%	断面收缩率 ψ /%	面弯 (3d) 180°	背弯 (3d) 180°
焊材1	55	34	25.1	45.2	合格	合格
焊材2	56	34	26.2	46.1	合格	合格

4.2.2 显微组织分析

铝及铝合金的腐蚀剂为凯勒试剂，腐蚀后观察到了焊接接头各区组织的情况。图5为微观金相照片。

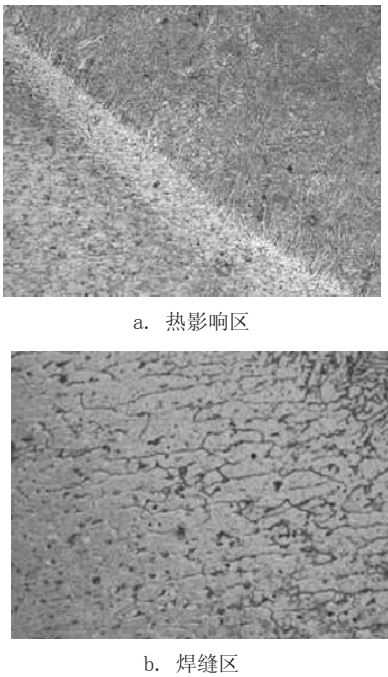


图5 微观金相

5 结束语

由于工业纯铝的固有特性，焊接前做好清理，选择匹配的焊接材料、适合的焊接工艺参数、做好焊前的预热处理等措施，可以有效的防止气孔，很好地处理了铝焊接中易氧化等缺陷，焊缝性能良好，经过100%RT检测，焊缝质量符合JB/T4730—2005承压设备无损检测标准规定的Ⅱ级合格，达到生产要求，提高产品合格率。