铝镁料仓中的双面同步TIG焊工艺

孙万田
（中石化第五建设有限公司，广东 广州 510145）

摘要：为完成聚乙烯工程中铝镁料仓的焊接任务，采用双面同步氩弧焊工艺对该材料进行了焊接工艺研究，在分析焊接性和反复试验的基础上，拟定了合理的焊接材料、焊接方法、焊接工艺参数以及焊接过程中的操作技巧和操作要点，并对焊接接头进行多项力学性能试验。结果表明，拟定的焊接工艺方案对于铝镁合金对接接头是可行的，焊缝性能可以得到保证，同时也可作为制定类似材料焊接工艺的参考。

关键词：铝镁合金（5083-H112）；双面同步；焊材 5183；焊接工艺
中图分类号：TG457.1　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1001-2303(2014)02-0023-04
DOI：10.7512/j.issn.1001-2303.2014.02.05

Study on the technology of double-face synchronization TIG in Al-Mg silo

SUN Wan-tian
(The Fifth Construction Co.,Ltd. of Sinopec,Guangzhou 510145,China)

Abstract: In order to thoroughly understand and satisfy the Al-Mg alloy welding technical in polyethylene project,using double-face synchronization TIG welding technology research and analysis the material welded joint mechanic performance characteristics.Based on repeatedly welding mechanic analysis and the assumed welding procedure and method,the research presented that the established welding procedure and method applied to the Al-Mg alloy material.And a reference for the other similar alloy material welding was supplied.

Key words: Al-Mg Alloy (5083-H112);double-face synchronization;welding material 5183;welding technology

0 前言

由中石化第五建设有限公司承建的镇海炼化45万t/年聚乙烯项目共有19台直径7.6 m，高20.29 m的料仓。材质为铝镁合金（5083-H112）。存储介质为聚乙烯掺混物、聚乙烯成品颗粒等。在焊接前通过分析该材料的焊接性能，制定出焊接工艺，并针对焊接过程中可能产生的问题采取了相应的工艺措施，顺利完成了铝镁料仓的焊接任务。

1 材料简介[1]

铝镁合金（国内牌号5083-H112）是一种常见的非铁基材料。该材料具有优良的物理性能和化学性能，其密度低、比强度高、热导率高、电导率高、耐蚀能力强（见表1、表2），已广泛应用于机械、电子、航空航天、石油化工等行业。

表1 铝镁合金5083-H112化学成分 %

项目	w(Fe)	w(Mg)	w(Si)	w(Cu)	w(Zn)
标准值	0.40	4.00~4.90	0.40	0.10	0.25
实测值	0.19	4.70	0.10	≤0.10	<0.20
	w(Mn)	w(Cr)	w(Ti)	w(Al)	
标准值	0.40~1.0	0.05~0.25	0.15	余量	
实测值	0.71	0.08	<0.10	余量	

表2 铝镁合金5083-H112力学性能

项目	屈服强度 σ_s/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	延伸率 δ/%
标准值	≥125	≥275	≥16
实测值	154~171	296~365	24~26

2 焊接性能分析[1-2]

铝镁合金是一种焊接操作较难掌握的金属。该材料在高温熔融状态下没有明显的颜色的变化使焊工难以分清，加之导热性很强极易产生未熔合。有害气体在熔池凝固结晶过程中，来不及逸出熔池表

收稿日期：2013-01-27；修回日期：2013-10-24
作者简介：孙万田（1983—），男，甘肃兰州人，工程师，现从事石油化工设备及管道安装技术管理工作。

面，就会在焊缝中形成气孔。焊接时，电极过热熔化或电极与熔池或焊丝接触造成容易在焊缝中形成夹渣。焊件在焊接过程中会产生较大热应力，在脆性温度区域内易产生热裂纹。线膨胀系数大、导热性强，易产生焊接变形。

3 焊接材料

3.1 保护气体

焊接铝及铝合金用的惰性气体主要是氩气(Ar)和氦气(He)。由于氩气相对于氦气价格便宜，故应用氩气最为广泛。现场保护气体采用氩气纯度不小于99.99%即可满足要求。

3.2 钨极

焊接时采用 ϕ4.0 mm 的铈钨极，喷嘴直径为 ϕ16 mm。钨极端部磨成锥形，通常使用的圆锥角为30°~60°，尖端磨平，直径约0.6 mm。

3.3 焊接材料

根据铝镁合金(5083-H112)的焊接特性，打底焊、填充、盖面均采用TIG焊接。选用的焊丝型号为5183，见表3。

表3 5183焊丝化学成分 %

项目	w(Fe)	w(Mg)	w(Si)	w(Cu)	w(Zn)
标准值	≤0.40	4.3~5.2	≤0.40	≤0.10	≤0.25
实测值	0.35	4.75	0.30	0.03	0.02

项目	w(Mn)	w(Cr)	w(Ti)	w(Al)
标准值	0.50~1.00	0.05~0.25	≤0.15	余量
实测值	0.65	0.13	0.05	余量

4 焊接工艺

4.1 工艺概述

铝镁合金双面同步氩弧焊工艺是指采用两台交流氩弧焊机，在保证输出极性相匹配的情况下，由两名焊工在焊缝同一部位的正反两面，沿同一方向用相同的焊接速度进行焊接。

该工艺在对称焊时能量集中，可输入较大的焊接线能量，满足铝镁合金熔点低、易熔化、导热率大的特性。在正反面均有氩气对熔池进行有效保护，减少空气对熔池的侵入，电弧对熔池的搅拌作用增大，有利于熔池内气体析出。正反面电弧的推力可阻挡液铝熔池的塌陷，使焊缝外观成型良好，见图1。

4.2 坡口加工[3]

坡口采用等离子切割，加工速度快、精度高。

焊接纵缝时，坡口加工成对称的X形坡口。两侧

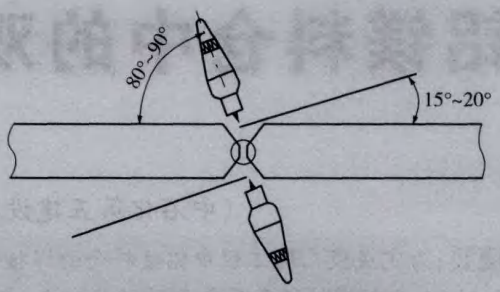

图1 双面同步氩弧焊工艺示意

坡口角度相同，焊工可以很好的控制熔池的变化、线能量均匀、焊接接头熔合良好，焊缝中的有害气体顺利逸出，如图2所示。

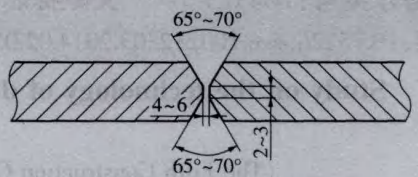

图2 纵缝坡口示意

焊接环缝时，坡口加工成不对称的X形坡口，上板角度要大于下板角度10°~20°，这样下板的小角度有一定依托作用，既能延缓熔池向下流动的趋势，又能保证焊缝熔合良好，还有利于焊接时焊缝中的有害气体顺利逸出，如图3所示。

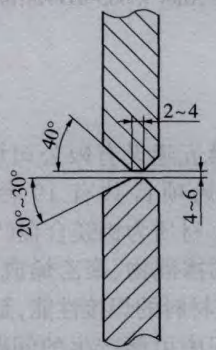

图3 环缝坡口示意

4.3 焊前清理[4]

对坡口两侧50 mm范围之内及坡口表面进行彻底的清理。清理坡口和焊丝时，首先用丙酮溶剂除去表面油污，用5%的NaOH溶液在50 ℃~60 ℃清洗4~5 min，然后用清水冲洗，再用25%的HNO_3在常温下清洗2 min，清水冲洗后，最后用无油的压缩空气吹干。

4.4 预热

焊前预热主要是为了消除天气潮湿和焊前清理吸附于母材坡口表面的水分，温度控制在80 ℃~

100 ℃以内即可。

4.5 组对、打底焊接

组对时，工装卡具应装在外壁上，拆除工装卡具时，不得损伤母材，否则应进行修补，并打磨平滑。要严格控制错边量，防止出现未焊透产生的裂纹和气孔。定位焊与正式焊接参数相同，每块壁板的定位焊的数量不应少于 3 点，每处长度不小于 30 mm，并应焊透且无任何缺陷。将定位焊的焊缝两端打磨成带斜坡的凹槽，以便于正式焊接时接头部位能良好的熔合。

4.6 焊接[5]

正式焊接前，在引弧板采用高频引弧，待电弧稳定后，迅速移至工件起弧点，停留至形成清晰明亮的熔池，再添加焊丝。焊把在焊接时要尽量垂直焊件，焊丝送进时与焊缝表面的夹角为 15°~20°，焊枪与工件表面的夹角宜在 80°~90°。这样能很好地控制熔池大小，而且可使喷嘴氩气均匀的保护熔池而不被氧化。焊接第一层时，正面氩弧焊填充焊丝，背面氩弧不填充焊丝，直接利用电弧热熔透焊缝根部。焊把要一直摆动，摆动幅度不超过焊丝直径的三倍，可以起到搅拌熔池和消除缺陷的目的，焊把和焊丝要随着位置的变化随时变化。

焊接时，钨极端部离焊件距离约 3 mm，焊丝要顺着坡口均匀平稳地送到熔池的前端，待焊丝熔化，两边稍作停留，焊丝均匀的、断续地送进熔池向前移动。在焊接时，焊丝的端部要始终在氩气的保护之中，防止氧化而生成杂质。如发生钨极触及焊丝或熔池，应停止焊接，清理干净后重新施焊。

在填丝过程中，焊丝不能与钨极直接接触或直接深入电弧的弧柱区，否则会造成焊缝夹钨和破坏电弧稳定。若焊丝端头处在高温状态时脱离了氩气保护区域，容易在空气中被氧化，当再次焊接时被氧化的焊丝端头送入到熔池中会形成夹渣。若钨极长度伸出量过大，焊把摆动不稳定，钨极与焊丝或钨极与熔池相接触时，又未终止焊接打磨消除缺陷，会造成夹钨缺陷的产生。坡口边缘不要被电弧擦伤，以备盖面层的焊接。

盖面时，应在坡口边缘稍作停顿，以保证熔池与坡口更好的熔合，保证盖面层焊缝和边缘熔合整齐美观。收弧时，要避免产生弧坑裂纹。在接近熄弧处加快焊接速度和送丝速度，将弧坑填满后，逐渐拉长电弧而实现熄弧，同时将焊嘴在收弧处放置 10~20 s。

4.7 焊接工艺参数

双面同步氩弧焊的工艺参数与单面焊的情况有所不同，由于双面同时热输入，选用的电流比单面焊时应略低些，但在焊工能够掌握的情况下，仍应尽可能采用大电流进行焊接，焊接工艺参数见表 5。

表 5　5083-H112 焊接工艺参数[6]

层数	焊接方法	焊丝/mm 牌号	焊丝/mm 直径	极性	电流 I/A	焊速 v/cm·min^{-1}	氩气流量 Q/L·min^{-1}
1	GTAW	5183	5.0	AC	200~230	10~13	10~14
2	GTAW	5183	5.0	AC	220~240	11~14	12~16
3	GTAW	5183	5.0	AC	220~240	11~14	12~16
4	GTAW	5183	5.0	AC	240~260	12~15	13~17

注：正面焊比反面焊的电流略高 10~20 A。

4.8 焊接结果

在实际焊接过程中，焊缝表面质量检查 100%达到合格要求。拍片 2 964 张，有 55 张片子存在气孔、夹钨、未熔合缺陷，焊接一次合格率为 98.1%。

焊接完成的料仓经气密试验全部一次成功，无一处发生泄露和变形的现象。

4.9 经验总结

（1）双面同步氩弧焊工艺可较大程度的提高焊接质量，不需要衬环，节约了衬环材料和衬环安装时间，组对坡口工作大大简化，焊后不用清根，生产效率高且焊接变形小，可充分利用电弧热量，降低能耗，但受焊接位置的限制，只能局限于板材的横焊和立焊。

（2）双面对称焊对工艺和清理要求严格，在焊前认真清理焊缝表面，以及严格控制焊接工艺参数、环境温度、湿度，是确保预防焊接缺陷产生的有效措施。

（3）为保证双面同步氩弧焊的顺利进行，必须保证两台焊机的输出极性相匹配，即必须使两台焊机的输出交流脉冲在高峰低谷之间相互错开，从而保证两个焊把的电弧能稳定燃烧。施焊过程中讲求对焊双方的紧密配合，对焊工的操作有较高要求。

5 结论

实践证明，在聚乙烯工程中铝镁合金料仓采用双面同步氩弧焊工艺是可行的，焊缝性能可以得到保证。尤其在大直径的铝制非压力容器焊接方面，具有良好的实用价值。项目自 2010 年 4 月投产至今运行良好，为今后同类材质的焊接积累了宝贵经验。

参考文献：

[1] 中国机械工程学会焊接学会.焊接手册第二卷[M].北京：机械工业出版社，2001.

[2] 陈祝年.焊接工程师手册[M].北京：机械工业出版，2002.

[3] SH/T3513-2009，石油化工铝制料仓施工及验收规范[S].

[4] HGJ222—92，铝及铝合金焊接技术规程[S].

[5] 孙景荣.实用焊工手册[M].北京：化学工业出版社，2002.

[6] H2007—01，中石化第五建设有限公司焊接工艺评定[S].

Page 22

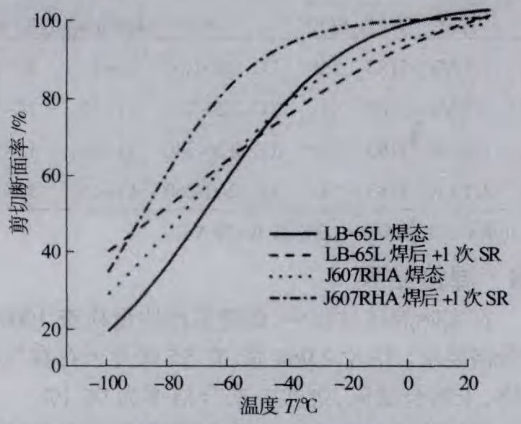

图 11 不同焊条施焊的不同热处理状态锻板 HAZ 的剪切断面率—温度曲线

相近，焊后1 次 SR 处理状态的远高于焊后状态的(见图 7 及图9)。采用不同焊条施焊的不同状态锻件焊接热影响区在-100 ℃试验温度下，冲击试样还未处于完全脆性状态(见图 10 及图 11)。

以上试验结果表明：不同焊条施焊的不同状态锻件热影响区和采用 LB-65L 焊条施焊的不同状态焊缝金属的低温冲击韧性较优良。

4.3 焊接接头的无塑性温度(NDTT)试验

对 LB-65L 及 J607RHA 焊条施焊的试板进行焊后 1 次 SR 处理后，沿接头大坡口侧表层按 GB 6803-1986 的规定分别制取 P2 型焊接接头落锤试样，裂纹源缺口位于焊缝金属中心。不同焊条施焊的焊缝金属落锤试验结果如表 5 所示。

由表 5 可知，焊后 1 次 SR 处理状态下，LB-65L 焊条施焊的焊缝金属的 NDTT 为-80 ℃，J607RHA 焊条施焊的焊缝金属的 NDTT 为-75 ℃，采用两种焊条施焊其焊缝金属的 NDTT 无明显差异。

5 结论

(1)通过焊接冷裂纹试验，证实了 10Ni3MoVD 锻板具有良好的抗冷裂纹性能。预热 75 ℃以上用LB-65L 焊条或 J607RHA 焊条焊接时，一般不会出现焊接冷裂纹。

表 5 不同焊条施焊的焊缝金属(焊后 1 次 SR 状态)落锤试验结果

施焊焊条牌号	试样编号	取样部位	堆焊焊条牌号	试验温度 T/℃ -40	-60	-70	-75	-80	NDTT T/℃
LB-65L	A#	表层	堆 127	○	○	○	○	×	-80
LB-65L	A#	表层	堆 127	—	—	○	○	—	-80
J607RHA	B#	表层	堆 127	○	○	○	○	×	-75
J607RHA	B#	表层	堆 127	—	—	○	×	—	-75

注：(1)"○"表示未断裂，"×"表示断裂，"-"表示未进行试验。(2)试验的打击能量为 400 J。

(2)插销再热裂纹初步测得 10Ni3MoVD 锻板的再热裂纹敏感温度约为 600 ℃。

(3)焊接线能量试验结果表明：随着线能量的增加，用进口 LB-65L 焊条焊接 10Ni3MoVD 锻板时，焊缝金属和焊接热影响区的冲击韧性有所下降，但均在技术要求值之上，说明采用 LB-65L 焊条时10Ni3MoVD 锻板在球罐的平、横、仰焊等位置时有较大的线能量适应范围。用 J607RHA 焊条焊接 10Ni3MoVD 锻板，在较大的焊接线能量时，焊缝金属-50℃冲击韧性不能满足技术要求。

(4)根据采用 LB-65L 及 J607RHA 焊条分别施焊的不同热处理状态的 10Ni3MoVD 钢锻板焊接接头的低温韧性的试验结果，可以认为 10Ni3MoVD 钢锻件焊接热影响区的低温韧性良好。

(5)采用 LB-65L 焊条施焊，其焊后及焊后 1 次 SR 处理状态的焊缝金属低温韧性优良；采用 J607RHA 焊条施焊，其焊缝金属在焊后 1 次 SR 处理状态下 -50 ℃的冲击吸收功不能满足技术要求。

参考文献：

[1] 钟宇澄.低温压力容器大锻件韧性评定的研究[J].压力容器，1984(2)：25-30.

[2] 钟宇澄.低温压力容器大锻件生产的研讨[J].石油化工设备，1986，15(1)：27-32.

[3] 窦万波，卜华全，陆戴丁，章，10Ni3MoVD 锻件焊接裂纹敏感性试验研究 [J].压力容器，2011(11)：8-13.

[4] 傅积和. 焊接数据资料手册[M] .北京：机械工业出版社，1994.