厚壁奥氏体不锈钢高压容器焊接研究

贵州航天乌江机电设备有限责任公司　（遵义　563003）　龚鹏程　张玉峰

【摘要】通过对厚壁（126mm）奥氏体不锈钢高压容器焊接难点的分析，结合施焊条件，通过完善焊接方法和有效过程控制，大大提高了一次焊接合格率，既提高了效率又降低了成本，解决了产品实际问题，具有很好的借鉴意义。

1. 概述

近年来，随着超临界 CO_2 流体萃取技术的自动化、大规模、大容积的广泛运用，超临界 CO_2 流体萃取装置主筒体壁厚越来越厚，有的筒体壁厚已超过100mm，厚壁筒体在不同领域应用越来越广泛。其主筒体一般为高压容器，材质为奥氏体不锈钢（0Cr18Ni9），虽然奥氏不锈钢与其他不锈钢相比具有优良的焊接性，但是随着母材厚度的增加，产生热裂纹、晶间腐蚀的现象急剧增加，因此采取正确、合适的工艺措施，对控制热裂纹、晶间腐蚀等焊接缺陷，提高产品的一次焊接合格率，具有重大的意义。

2. 产品特点

我公司给中国台湾某公司生产的300L萃取设备主筒体设计压力为35MPa，属Ⅲ类高压容器，筒体内径为660mm，筒体壁厚为126mm（见图1），要求焊缝表面质量按JB/T 4730.5—2005标准进行100%渗透检测，Ⅰ级合格；焊缝内部质量按JB/T 4730.2—2005标准进行100%射线探伤检测，Ⅱ级合格。焊缝质量要求较高，因此其焊接难度相当大。虽然奥氏体不锈钢相对其他不锈钢具有优良的焊接性，但由于奥氏体不锈钢在450～850℃的敏化温度区间加热时易引起晶间腐蚀，且由于奥氏体不锈钢导热系数小、线膨胀系数大，容易产生热裂纹，因此对于奥氏体不锈钢的焊接应采取措施，防止晶间腐蚀和热裂纹的产生。随着奥氏体不锈钢厚度的增加，产生晶间腐蚀和热裂纹的现象急剧增加，其焊缝质量就难以得到保证，所以厚壁奥氏体不锈钢的焊接有很大的难度。

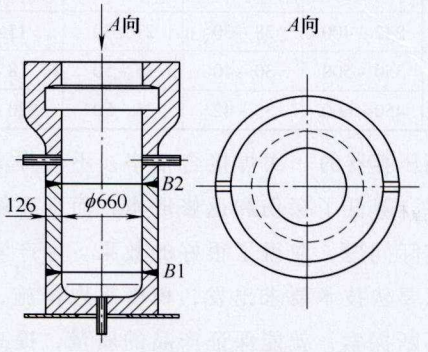

图1　主筒体

单台筒体共有*B*1、*B*2两条主环焊缝，焊缝截面如图2所示。先焊接B1焊缝，焊完后按技术要求进行检测，探伤结果：共拍片10张，其中3张合格（Ⅱ级片），其余均为Ⅳ片，缺陷主要为夹渣。从探伤底片及实物磨开的缺陷位置判断，缺陷部位主要集中在打底的氩弧焊与填充的埋弧焊间。

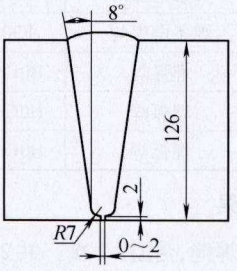

图2　焊缝截面

3. 原因分析

技术资料上选定的焊接方法为：手工钨极氩弧焊＋埋弧焊。手工钨极氩弧焊电弧比较集中，熔深

大、电弧稳定，可以保证母材充分焊透，焊缝成形好，可实现单面焊双面成形。埋弧焊具有生产率高、电弧稳定、焊接质量好等优点，对厚壁大罐体非常有优势。从图2中分析可得知：本罐体壁厚126mm，坡口为U形，截面表现为窄和深，资料上规定采用手工钨极氩弧焊打底，并填焊两层，然后直接采用埋弧焊进行填充。钨极氩弧焊共焊3层，焊完后焊缝厚度8～10mm，能保证埋弧焊时不焊穿。但由于埋弧焊嘴和焊剂嘴直径约30mm，只能深入到坡口一半位置，施焊时焊嘴和焊剂嘴离焊缝距离大，电弧不稳定，焊剂覆盖厚，增加了熔池排渣和逸出气体的难度；更重要的是，在对应8～10mm深度位置的焊缝宽度小，截面两边坡度又大（近似垂直），焊接过程中翻渣较困难，易形成夹渣缺陷。所以，从理论分析，手工钨极氩弧焊＋埋弧焊方法可行，但在实际操作时，由于容器壁太厚，无形中给焊接工作带来很多意想不到的问题。

4. 确定新方案

（1）焊接方法　从上面原因分析得知，主要是手工钨极氩弧焊的焊接厚度不够，需要在埋弧焊前，将焊缝焊到一定厚度，通过试板试验分析，厚度在30mm以上较理想，综合考虑到焊接生产效率，选择厚度满足条件即可。有两种方法可实现：①打底后，采用手工钨极氩弧焊继续焊接，一直焊到30mm。②打底后，采用焊条电弧焊进行焊接。由于焊条电弧焊相对钨极氩弧焊来说生产率较高、成本较低，更适合焊缝填充焊接。于是选择第二种方法，即手工钨极氩弧焊＋焊条电弧焊＋埋弧焊，如图3所示。

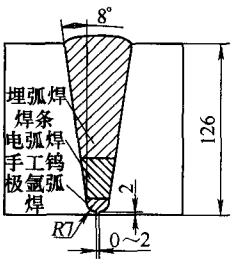

图　3

（2）检测方法　容器壁厚126mm，将焊缝全部焊完后，再进行射线检测，出现缺陷后，由于射线检测在底片上无法判断其在厚度方向的位置，所以返修时打磨很困难，打磨工作量大，特别是厚度大，磨得深后，大大降低了返修的合格率。为保证焊缝的质量和方便返修，当焊缝厚度焊到将近母材厚度的一半时，对焊缝进行射线检测；检测合格后再继续进行焊接，最后盖面，再进行射线检测。合格后将焊缝两侧打磨光滑且与母材齐平，按JB 4730进行100%渗透检测。

5. 施焊

按新确定的方案对*B*2焊缝进行施焊，请技术人员进行现场指导。由于不锈钢对高温区敏感，施焊时应采用小电流小热输入，另外增加了焊条电弧焊，要求对选用的E308—16（ϕ3.2mm、ϕ4.0mm）焊条进行烘干，温度为300～350℃，保温1～2h。在焊接过程中，层与层之间焊缝起弧和收弧位置相互错开。加强层间清理，每焊完一层都用磨光机进行清理。焊接参数如附表所示。

奥氏体不锈钢筒体的焊接参数

焊缝层数	焊接方法	填充材料		极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min^{-1}	热输入/kJ·cm^{-1}
		牌号	直径/mm					
预焊	手工钨极氩弧焊	H0Cr21Ni10	2.0	直流正接	80～120	12～16	8～16	5～8
第1～3层	手工钨极氩弧焊	H0Cr21Ni10	2.0	直流正接	80～120	12～16	8～16	5～8
第4～5层	焊条电弧焊	E308—16	3.2	直流正接	90～110	12～16	12～16	5.5～8
第6～7层	焊条电弧焊	E308—16	4.0	直流正接	120～160	12～16	12～16	6～10
第8～12层	埋弧焊	H0Cr21Ni10	3.2	直流正接	242～400	28～30	27～30	15～20
第13～25层	埋弧焊	H0Cr21Ni10	4.0	直流正接	350～500	30～40	35～50	18～30
第26层～盖面	埋弧焊	H0Cr21Ni10	5.0	直流正接	450～600	35～42	35～50	20～35

6. 检测结果

筒体*B*2环焊缝，拍片2次，共20张片，有1张气孔缺陷，没有超出Ⅱ级范围，一次焊接合格率达100%。

7. 结语

通过本次实践，大大地提高了厚壁奥氏体不锈钢高压容器的一次焊接合格率，不但提高了生产效率，降低了探伤和返修成本，而且还解决了工程实际问题，取得了很好的效果。生产实践证明，只要从技术要求出发，积极采取措施，在实践中不断探索，就能保证产品的质量，提高生产效率。**MW**

（20120409）