奥氏体不锈钢 TIG 焊背面充氮保护的试验和实践

镇海炼化检修安装公司 （浙江宁波市 315207） 俞春尧

从国外引进的 30 万 t/a 合成氨装置空分工段冷箱内一台甚高压循环氮换热器需要更新，该设备为缠绕管式换热器，材质为 304L 铬镍奥氏体不锈钢，介质为液态氮和液态氧，工作温度为 -180℃，操作压力为 13.0MPa。

为保证其安全运行，设备的进出口管线焊接时必须保证管道内清洁，不得掉入任何杂质（包括极细小的焊渣），同时为避免管道内突变也不能采取加垫板等方法，焊接必须采用钨极氩弧焊。铬镍奥氏体不锈钢钨极氩弧焊管内充氩保护是目前焊接规范的一贯要求，但设备的进出口管线与系统相通管内无法充氩气保护，但系统管线内充入大量的氮气却是可能的。

1. 氮在金属中的溶解及对铬镍奥氏体不锈钢金属的影响

氮是一种大量存在于空气中的气体，若焊缝金属中溶入较多的氮后，有一部分氮则以针状氮化物（Fe_4N）的形式析出，分布在晶界和固溶体内，使焊缝金属的强度、硬度升高，而塑性和韧性特别是低温冲击韧度降低。

在铬镍奥氏体钢中氮是强烈的奥氏体化元素，能够提高奥氏体稳定性。氮对焊缝金属的影响程度最终取决于所溶入的氮含量，由于受焊缝金属温度的限制以化学溶解为主，且氮与金属的溶解时间相对较短尚未达到饱和状态，所以溶解到焊缝金属中的数量是十分有限的。当焊缝中氮的含量（质量分数）小于 0.01%时，则对焊缝的力学性能就没有明显的影响。氮也是促使焊缝产生气孔的主要因素之一。

2. 焊接试验及结果

选取相同类型的铬镍不锈钢材料 304L 进行焊接试验，其化学成分见表 1，焊接工艺参数见表 2，试件各种性能试验结果见表 3。焊接后的试件焊缝背面光滑，成形良好，外表呈灰褐色。

表 1 304L 和 TGS—308L 焊丝的化学成分（质量分数） （%）

元素	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Nb	Cu	N
304L	0.023	1.72	0.34	18.15	8.24	0.026	0.001	0.006	0.29	0.010
TGS－308L	0.015	1.85	0.51	19.90	9.75	0.020	0.001	Mo: 0.24	0.19	—

注：表中成分为实测值。

表 2 焊接工艺参数

焊接层次	焊接材料	焊接电流/A	焊接电压/V	焊接速度/mm·s^{-1}	Ar 气流量/L·min^{-1}	背面 N_2 流量/L·min^{-1}
1～4	TGS－308L	120～150	12～14	1.5～2.0	8～10	～25

表 3 焊接性能试验结果

试验项目	试验结果
拉伸试验	2 个全厚度拉伸试样抗拉强度分别为 655MPa、660MPa
弯曲试验	4 个侧弯试样弯曲 180°后受拉面均完好、无裂纹
低温冲击功（－196℃）	焊缝：19J、24J、25J；热影响区：49J、43J、38J（试样尺寸：55mm×10mm×5mm）
晶间腐蚀	按 GB4334.5 进行试验，弯曲法评定没有晶间腐蚀倾向

从表 3 可见，各项性能指标符合要求，特别是焊缝和热影响区 -196℃低温冲击功也达到了较高水平。同时对焊缝金属中氮的含量进行测定结果为 0.012%，与 304L 原材料相差不多。

为了检测氮对焊缝金属的影响，我们还对焊接接头进行了金相试验，焊缝和热影响区为正常的奥氏体和少量的铁素体组织，没有出现针状氮化物（Fe_4N），见下图。 （下转第 46 页）

文献还介绍了根据被切割材料、厚度和切割任务选择不同的等离子切割技术，叙述了影响切割质量最重要的因素。切割过程力求能够节约时间和成本，无需切后进行光整加工的切割技术，这是非常有兴趣的应用。等离子针状电弧可以产生高质量的切割过程，但是还需要进一步研发，以便拓展等离子切割可能的应用范围。

另外，还提供了有关焊前热切割坡口的机械光整的方法。文章叙述了炮兵装备和炮兵车辆制造中装甲钢板焊接技术的现状和未来。目前，装甲车是用厚度为10～40mm的可加工和可焊接的铁素体、淬火－回火的装甲钢板制成的。多数钢板首先采用火焰或者等离子切割成形，然后切割边沿采用机械工具加工处理。总的说来，采用切削工具去掉3mm厚的区域，以去掉热影响区。12mm厚的重量轻的板材可以用激光切割成形，采用这种切割方法通常只产生1mm厚的热影响区。

文中还介绍了采用等离子针状电弧对钛合金进行高精度的切割的研究。研究集中在切割参数对切割边沿几何尺寸和冶金变化的影响。切割是针对5.2mm厚的钛板进行的，用氧和氮作为切割气体。虽然用氧作为切割气体时切割速度快，但是与用氮作切割气体相比，切割边沿的几何尺寸精度不高，冶金缺陷也较多。

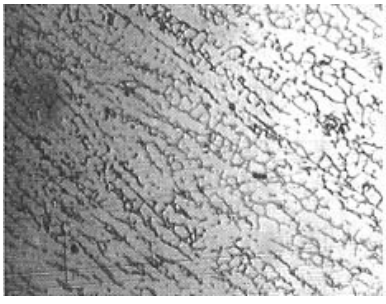
同时还对激光切割与火焰切割、等离子切割等其他热切割过程的切割质量、切割速度、可切割的板材厚度和成本进行比较。在这方面，不仅涉及了钢和非铁金属，而且涉及了塑料、木材、纺织品和陶瓷等可切割材料。文献不仅综合了激光的工业应用和激光切割比其他切割方法的优越之处，还介绍了采用激光切割对被切板材化学成分、表面和残余应力条件的要求。

另外，还定量地确定了对S355MC热浸镀锌钢板激光切割零件的连接强度影响因素。为了保证锌镀层的良好连接，首先必须用浸泡熔剂除去激光切割边沿的混合型氧化物。镀锌层的连接强度受处在锌镀层和母材之间富铁脆性相的影响很大。由于激光切割的边沿马氏体转变的边界有利于锌的扩散，从而加速了富铁的沉淀相的出现。厚度大于10mm板材进行激光切割后，焊接强度将显著降低。

同时还对火焰切割、等离子切割和激光切割时，不同切割气体对切割边沿的几何尺寸和冶金因素的影响进行了研究。研究对象是厚度在16mm以下不同强度的结构钢，在等离子切割时还特别试验了6种切割气体和混合气体。研究结果涉及到切割气体对材料在切口处变化的影响，以及对切口表面的力学性能的影响。热

全文完（20041012）

（上接第38页）



焊缝金相照片图

3. 实际应用

（1）根据以上焊接试验制定焊接工艺，设备就位后由系统提供氮气，纯度大于99.5%，含水量小于50mg/L，较大流速保持5min以上，以保证管内氮气浓度大于99.0%，最后保持微正压而气体有少量流动，然后各焊口用透明胶带封住，即进行正常焊接。

焊接时要经常注意从坡口间隙观察焊缝背面成形情况，发现问题应及时打磨处理。当每道焊缝即将封口时为防止管内向外顶气，应关掉供气阀后再焊接。

（2）本次设备更换，共计焊接了ϕ168mm×11mm焊口16道，焊缝成形光滑、美观，无任何缺陷，经100%射线检测，一次合格率达100%。

4. 结语

铬镍奥氏体不锈钢TIG焊接背面充氮对金属渗氮是有限的，因而不会降低焊接接头的各种力学性能或出现气孔。

实践证明，TIG焊时用氮气代替氩气进行背面保护是完全可行的。热

（20040927）