Q345B钢盾构机的焊接工艺研究

李多 韩雪东

【摘要】通过对Q345B钢板的焊接性分析，进行焊接工艺试验，确定了Q345B钢盾构机的焊接工艺，在盾构机焊接方面积累了经验。

关键词：盾构机；焊接材料；试验工艺

1. 概述

近几年盾构机一直是我公司的品牌产品。目前，盾构机的生产主要集中在美国、日本和欧洲等发达国家和地区。虽然我国对盾构机的研制和生产已有多年经验，但与国外相比还存在一定差距，对盾体的焊接技术及经验仍在积累中。

2. Q345B钢的焊接性分析

盾构机盾体主要使用的材料是Q345B，它是低碳合金钢，含碳量和合金元素含量都较低，其综合力学性能、低温性能、冷冲压性能和切削性能都很好。化学成分如表1所示，通过碳当量计算其CE=0.44%。当CE=0.4%~0.6%时，材料具有一定的淬硬倾向，焊接过程中要适当采取预热、控制好层间温度及热输入等工艺措施。

3. 焊接材料及方法的选择

焊接是保证盾构机质量的关键因素，由于刀盘体的工作环境恶劣，因此对于焊缝的质量要求十分严格。

CO_2气体保护焊具有焊接成本低，适用范围广，抗锈能力较强，焊缝含氢量低，抗裂性好，焊后不需清渣等特点。因此在盾体焊接时，我公司选用此方式焊接，并要求气体纯度≥99.5%，气体中的含水量<1.22g/m^3，含氧量<0.1%。盾构机的焊接材料选用ϕ1.2mm的ER50—6焊丝。

由于盾构产品盾体板较厚，达到40mm，因此采用双Y形坡口形式，钝边2mm，坡口角度60°。为保证根部熔透，采用背面清根方式。在焊接之前，先进行预热，预热温度80~120℃。每层施焊前，焊道要打磨干净。将油污、锈、水等杂物清理干净。焊接过程中控制层间温度100~150℃，焊后保温缓冷，焊接参数如表2所示。

焊后热处理：加热到600℃保持4h，加热速度40℃/h，冷却速度50℃/h，温度到200℃取出。

4. 试验工艺及结果

此工艺方案下的力学性能试验结果如表3~表5所示。由检测结果可知，拉伸试验，试样断于母材处，其抗拉强度均高于母材。侧弯曲试验试样在弯心直径D=4t的压头下，弯曲180°均合格。冲击试验的试样冲击值均高于母材。由此可以判定，该试验

表1 Q345B的化学成分（质量分数） （%）

元素	C	Si	Mn	P	S	V	Nb	Ti	Ni	Cr	Cu	Mo
标准值	≤0.20	≤0.50	≤1.70	≤0.035	≤0.035	≤0.15	≤0.07	≤0.20	≤0.50	≤0.30	≤0.30	≤0.10
实测值	0.16	0.34	1.59	0.016	0.004	0.04	0.02	0.008	0.004	0.028	0.004	0.004

表2 焊接参数

焊道	填充金属		电流极性	焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/mm·min^{-1}	气体流量/L·min^{-1}	干伸长度/mm
	牌号	规格 ϕ/mm						
1	ER50—6	1.2	直流反接	170~240	24~28	200~300	20	12
其余焊道	ER50—6	1.2	直流反接	200~280	26~30	200~300	20	12

表3 拉伸试验

试样编号	试样宽/mm	试样厚/mm	总载荷/kN	抗拉强度/MPa	断口位置
1	23.5	40	485.54	515	母材处
2	24.9	40	513.74	525	母材处

表4 侧弯曲试验

试样编号	试样宽/mm	试样厚/mm	试样长/mm	弯曲角度（°）	裂纹数量	试样结果
3	40	10	220	180	宏观未见有裂纹	合格
4	40	10	220	180	宏观未见有裂纹	合格
5	40	10	220	180	宏观未见有裂纹	合格
6	40	10	220	180	宏观未见有裂纹	合格

表5 冲击试验

试样编号	取样位置	试验温度/℃	冲击值/J
7	焊缝区钢板表面2mm处	-20	89
8	焊缝区钢板表面2mm处	-20	99
9	焊缝区钢板表面2mm处	-20	102
10	热影响区钢板表面2mm处	-20	128
11	热影响区钢板表面2mm处	-20	138.5
12	热影响区钢板表面2mm处	-20	140.5

工艺在合理范围内。

5. 结语

通过我们公司承揽盾构产品的生产制造，采用ϕ1.2mm的ER50—6、CO_2气体保护焊，通过焊前预热、控制层间温度、控制焊接参数及焊后热处理等工艺方案，对盾构产品Q345B钢板进行焊接，其焊接接头力学性能满足要求。我公司在盾体焊接方面积累了一些经验，为以后的生产制造奠定了基础。

作者简介：李多等，北方重工集团有限公司。

MW 20160313

（上接第48页）

工件翻转放置稳固后，去掉焊接筋板，观察平板的变形情况（我们的观察值很少，2mm左右）。然后开始埋弧焊焊接，当反向变形量≤10 mm时（测量点同上），再次翻转工件。此过程若有条件，做一次高温UT探伤处理，以减少最后因缺陷返工的工作量。

工件翻转后，埋弧焊焊接，其反向变形量控制在5mm以内，直至焊接整体完毕，并翻转工件焊接另一侧完毕。

（5）焊后热处理和检测　焊接完毕后，保温6h；待自然冷却后，打磨光焊缝表面，做UT探伤，然后整体进行620℃×10h的炉内去应力退火。退火时注意控制大平板由于自重产生的变形，也可通过自重和外加重力等方法对大板进行矫平。

焊接件去应力退火冷却至室温后进行焊接缺陷和平面度检测，符合要求后进行下一步工作。将另一块钢板同焊接合体后的钢板焊接在一起，焊接方法及操作步骤同上。整体焊接后，焊缝保温6h，自然冷却，UT探伤，再一次整体进行去应力退火。

钢板整体冷却后，我们进行了整体焊接缺陷和平面度检测，检测结果：符合焊缝Ⅰ级要求；平面度在5~7mm以内，达到了设计要求。

4. 结语

由于受工件重量和尺寸的限制，不能一次成形，所以只能采取拼焊的方式，如果有条件分成两部分焊接可大大降低制作的成本。在大厚板制造的过程中，需要注意的方面如下：正确选择坡口形式，保证R圆弧的机械加工；加工坡口时要清污去油，避免焊接气孔等缺陷的产生；稳定控制预热温度、焊接参数及焊后保温热处理。另外，尤其需要注意的是：翻转工件的时机要同变形量相匹配，后期操作尤为重要。

实践证明，通过制定合理的焊接工艺和操作步骤，可将焊接变形控制在最小范围内，所有焊缝探伤一次性合格，保证了焊接质量，通过热处理消除内应力，为保证后续制造精度奠定了基础。

作者简介：谢义斌，中铁工程装备集团盾构制造有限公司。

MW 20160516