



SAW电弧熔池热在厚板焊缝预热中的试验与应用

宋守民

1. 理论基础

SAW电弧熔池热可在厚板焊缝的施焊过程中实现预热作用，主要存在以下三方面的理论基础。

(1) 焊前预热的必要性与实施难点 Q345B低合金高强度钢厚板(板厚25mm以上)建筑钢结构，由于母材的淬硬倾向，组合刚性以及焊接应力等影响，因此焊前预热非常必要。但是如果实施焊前预热处理，无论是工频预热、气体火焰加热或炉内的工件整体加热，不仅预热成本造价昂贵，而且预热焊缝空间也多有不便。不可避免地要反复出现预热焊接→自然冷却→再预热焊接→再冷却的现象，预热温度不均匀性的叠加影响，使工件增加了应力变形等风险的可能性。

(2) 焊接“热源共济”的设想 焊条电弧焊或CO₂气体保护手工半自动细丝焊接，形成的熔池温度为1 540~1 750℃，而SAW单丝大电流高密度焊接以及SAW双机头双丝同步焊接，所形成的焊接熔池温度又将会远远高出手工焊接电弧所产生的温度。而这些不同类型的焊接熔池热

量，除了供给受焊金属焊缝作为焊接热源之外，同时也给焊缝周边热影响区提供了焊接预热或后热缓冷的工艺条件。

(3) SAW焊接电弧热源的基本特点 SAW厚板建筑钢结构全熔透组合焊缝，多采用较大电流值配比 $\phi 3.2 \sim \phi 5 \text{ mm}$ 粗实芯焊丝，进行埋弧焊工艺，或气体保护明弧无渣焊接工艺。由于埋弧焊没有裸露的弧光和飞溅等散热损失，所以易于形成大电流、高密度、大熔深的电弧熔池，使焊接热输入量在焊缝中相对充裕。对于常温冷却状态下进行悬空打底焊接，利于实现“同热共济”的预热焊接。我公司进行的SAW的预热焊接测温试验以及预热焊接分别如图1、图2所示。

2. 焊接工艺性预热值的选项调控

在焊接生产过程中，往往由于机械设备性能，网路电压或其他工艺技术等诸多因素的影响，很难使预热温度值一次性准确设定成功，因此在SAW引弧板上启动引弧打底、填充焊接过程中，根据预热应用温度检测值的实际高低，进行红外线测温检测、记录并进行必要的调控修整，以适应焊接工艺性预热温度值的相对要求(见图3)。

可供预热焊接的调控选项因素中，主要集中在焊接工艺上，例如：①焊接电流值的正负增减。②焊接速度快慢的调节。③焊丝直径选择。④坡口形式与角度、深度的设置优化。⑤焊缝间隙的预留尺寸。⑥焊缝焊接顺序



图1 MZ1000A/1250A SAW单机头
预热焊接测温试验



图2 MZ1250双机头SAW在H型
工字梁上的预热焊接



图3 红外线测温仪

及层次的确定。⑦层间温度调控。⑧焊缝钝边部位及尺寸预留。⑨环境温度监测。⑩焊接覆盖熔渣缓冷后清除等。有些选项是在焊前下料时或组合装配成形之前，就必须依照焊接工艺编制规定的顺序，予以提前完成，这不仅是为了增强焊缝焊接质量的安全使用性能，同时也对焊接工艺性预热功能有着直接的相互关联，彼此影响，互补制约。

从焊接工艺性预热试验和实际焊接操作过程中，焊接工艺性预热温度的选项调节方式，可以选择单项要素调节，如焊接电源极性、焊接电流、电弧电压和焊接速度等，也可以选择多项组合要素综合进行调节，根据焊接工程的实际需求灵活运用，做好做活，选项调节的原则主要是根据焊缝接头形式、焊缝板厚、焊接层道次、设计预热要求等理论指导生产实践的前提下，充分有效地运用经验数值进行综合考虑设置。

3. 焊接工艺性预热值的具体配置

(1) 多层多道焊预热值的有效叠加配置 SAW大厚板熔透性或非熔透性焊缝采用多层多道次预热焊接来完成。这其中以确保第一遍焊缝打底焊接时，焊

缝及周边热影响区，在实施最低预热温度值成功的基础上，再通过多层多道次预热值的叠加，使第一遍打底焊接最低预热值得以逐步升高。以H型钢T形角焊缝（见图4）、I形平对接焊缝（见

图5）为例，具体焊接参数及焊接过程中测温记录如表1、表2所示。Q345B SAW焊接预热得到的平板对接接头力学性能检测结果如表3所示，检测试件如图6所示。

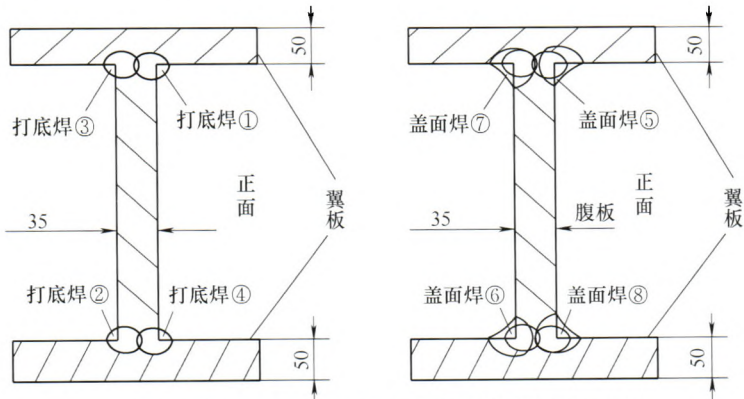


图4 H型钢T形角焊缝焊接工艺性预热焊接顺序及层次

注：①~⑧为焊接顺序。

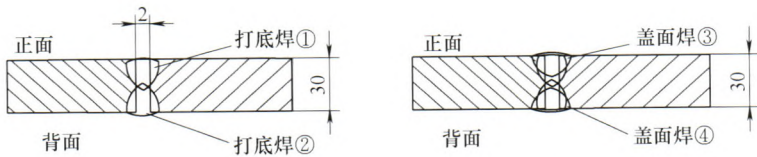


图5 I形平对接焊缝焊接工艺性预热顺序及层次

注：①~④为焊接顺序。

表1 焊接参数

母材厚度/mm	焊缝结构		焊接形式	焊接参数				
	T形船形角接焊缝	板平对接焊缝		焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	焊丝规格/φ/mm	焊缝间隙/mm
25~30	—	I形正面反面	不开坡口不刨焊根	780~810 810~750	36~38 38~40	18~22	3.2/4	1.5~4.5
30/45	H型柱正面反面	—	不开坡口不刨焊根	860~930 910~820	36~38 40±2	18~20	3.2/4	—

表2 焊接过程中测温记录

母材厚度/mm	焊缝结构	焊接层数及道次		标准规定焊前预热温度/℃	焊前预热测试温度/℃	空冷时间/h
		正面	反面			
25~30 拼板	I形平板对接焊缝	一道2层	一道2层	60~80	① 正面78~96 ② 盖面88~138 ③ 背面126~162 ④ 盖面138~186	2~3
30/45	H型T形角接焊缝	2道4层	2道4层	130±20	① 103~148 ② 128~139 ③ 134~169 ④ 185~205 ⑤ 185±20 ⑥ 230~249 ⑦ 160~185 ⑧ 240~268	2~4

(2) 双丝焊接的工艺性预热值 实行大电流高热输入量的双机头双丝自动焊接，无论从工艺性能、焊接质量和效率，还是焊接工艺性预热功能、速率和稳定覆盖效果等方面，都具有独树一帜的优越性。以50/60mm厚H型T形角焊缝焊接为例（见图7），为使前粗丝直流电弧发挥其焊接冲击、挖掘、熔化母材焊缝金属的功能，填充焊接电流筛选为 (900 ± 20) A，而后粗丝交流焊接电流为680~720A，紧随

直流弧焊电源之后进行叠加式焊接，填平补齐及修饰前粗丝直流焊接所遗留的表征粗糙性缺陷，同时形成后续性的填充盖面层（见图8）。从50/60mm厚箱型柱焊缝两侧面熔合线至热影响区各瞬间测温点，分别测得打底、填充、盖面等焊接工艺性预热温度值为349℃、378℃、239℃、178℃，比单丝SAW焊接设定的最低预热温度值105~130℃，分别高出90~210℃之多。如果是更大厚度板材组合的深坡口、

箱形柱、吊车梁、大板梁等工件焊缝，进行双丝或单丝多层多道次焊接时，那么焊接工艺性预热值也将会随焊接层次的增多而继续升温，处于双丝焊接的焊缝熔合线边缘过热区的双相叠加预热值，如果不采用层间温度的适当调控，其最高测温值可瞬间升至500~800℃，导致焊缝熔合线及两侧或背面局部的母材金属呈现出瞬间的暗红色或深红色等焊接高温色彩，形成短时限内近似的焊后应力退火、消氢和焊接工艺性预热温度的缓冷过程。

表3 力学性能检测结果

项目序号	产品规格/mm	样品规格/mm×mm	检测项目	标准要求	检测结果	单项评定
1	25	25×30	抗拉强度/MPa	470~630	530、535	合格
2	25	10×10	冲击吸收能量(20℃)/J	三个试件平均≥34，一个最小值≥23.8	30、60、51、90、72、100	合格
3	25	25×10	弯曲试验180°， $d=4a$ /mm	单个试样缺陷总长≤7，单个缺陷长度≤3	无缺陷	合格

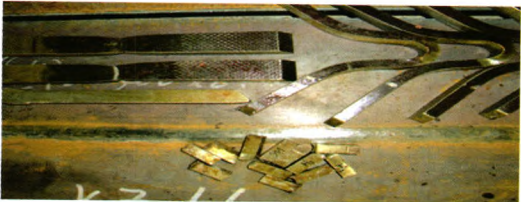


图6 检测试件



图7 双机头双丝SAW的焊接工艺性预热焊接

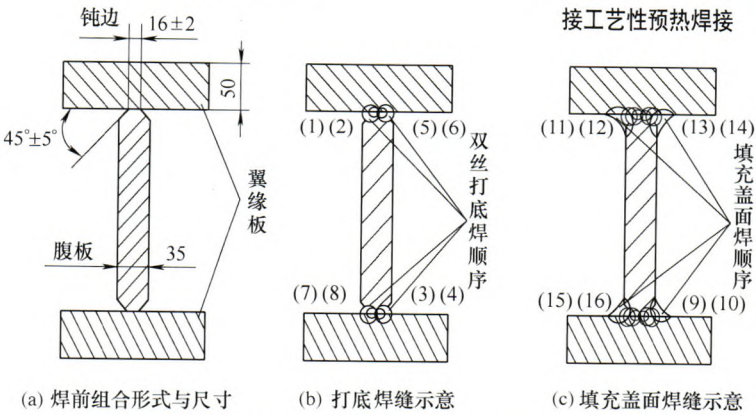


图8 MHJ—400A双机头SAW双丝焊接顺序

注：(1)~(16)为焊接顺序。

4. 结语

焊接电弧熔池热在焊接过程中，履行着“热处理”预热工艺，并以相应的手段发挥其“同热共济”的资源特色，使厚板钢结构焊前预热工艺融汇于SAW焊接工艺过程之中。

实施SAW焊接工艺性预热就是将传导热值，透过自动跟踪检测装置，形成焊缝预热、控温、测温、记录等多位一体的预热运行检测曲线，从而进一步完善焊接质量保证体系。经验证，厚板焊缝实施SAW焊接工艺性预热合理可行，可在保证焊接质量的前提下大大降低生产成本。

作者简介：宋守民，安徽杭萧钢结构有限公司焊接实验室，焊工技师、焊接高工、焊协会员。