

100% X 射线检验无任何内部缺陷,符合 JB4730—94II 级标准。

(3)按标准规定加工试样,做拉伸试验、弯曲试验、Y 形小铁研试件横断面宏观检验,其结果见表 3。

表 3 试验结果

评定号	抗拉强度/MPa	面、背弯曲 ^①	Y 形小铁研试验 ^②
HP-198	509.3, 504.6	无裂纹	无裂纹
HP-199	453.6, 484.2	无裂纹	基本无裂纹

注:①弯曲角度 70°,按 GB/T13149—91 规定选取。

②试样腐蚀为氢氟酸甘油,试样放大 12 倍观察。

(4)以上结果表明:焊接接头抗裂纹和抗气孔性良好,评定结果符合 JB4708—92 及 CD130A9—87 的要求,其工艺是可行的。

(5)要求焊工技术熟练,经验丰富,参照锅炉压力容器焊工考试规则的规定,经理论培训并考试合格,再

经实际操作技能考试合格,得到市劳动局颁发的合格证后,方可按合格项目参与产品的正式焊接。

3 结 论

根据评定合格的焊接工艺指导书,针对设备具体结构及焊接形式,编制具体可行的专用焊接工艺指导产品施焊。在我厂现有条件下,采用上述钛材焊接技术能够焊制出符合图样技术要求和有关法规、标准规定的焊接接头。

严格按工艺要求执行是获得合格焊接接头产品的关键。严密的质量保证控制程序是获得合格焊接接头产品的根本保证。

设备经过近一年的运行,证明其焊接质量是可靠的。

(收稿日期 1999 01 12)

作者简介:梁启宇,1957 年生,学士,工程师。

焊接 CCT 图在指导工艺评定及防止冷裂纹上的应用

吴江热管锅炉总厂(215200) 程景玉

在锅炉压力容器制造行业中,通常以工艺评定来确定正确的焊接工艺参数,从而指导生产过程,保证焊接产品内在质量。用传统的理化试验和金相分析反复验证的方法来确定焊接工艺评定的参数,往往费时费力。根据焊接 CCT 图可合理地推断最佳焊接工艺参数以指导焊接工艺评定的进行,并能正确分析焊接冷裂纹产生原因,提出改进措施,既科学,又有良好的经济效益。

1 指导焊接工艺评定

以 15MnVR 为例。15MnVR 为 400 MPa 级普通低合金高强度钢,是锅炉压力容器中最常用的钢材,其碳当量较高($C_{eq} = 0.567\%$),焊接中主要问题是热影响区易淬硬、对扩散氢极为敏感,在一定的应力作用下容易产生冷裂纹。在焊接过程中,除应考虑焊接结构的合理性和尽可能减少焊接接头中的氢含量外,还应从工艺上解决由于焊接热循环引起的热影响区组织淬硬倾向问题。

通过冷裂敏感性试验可知, $t_{8/5} < t_f'$ 时,则有产生

裂纹的危险。通过对焊接 CCT 图的分析,当组织中马氏体含量大于 20% 时,其硬度 $> 400\text{HV}$,冲击韧性低,故而 $t_{8/5}$ 以 t_f' 为下限。当 $t_{8/5} > t_p'$ 时,晶粒粗大,硬度 $< 250\text{HV}$,冲击韧性也不高;而当 $t_{8/5} < t_p'$ 时,硬度 $> 250\text{HV}$,冲击韧性仍保持较高水平,故而 $t_{8/5}$ 以 t_p' 为上限。对于低合金高强度钢,在不回火状态下,为防止冷裂,确保热影响区有一定强度及塑性, $t_{8/5}$ 选用范围在 $t_f' \sim t_p'$ 间,具体对 15MnVR,选用的 $t_{8/5}$ 范围在 10.5 ~ 102 s。

日本焊接学会规定,15MnVR 类钢最高硬度值不应大于 400HV。对于焊后不回火钢,一般在 t_f' 时脆性转变温度最低,从提高韧性、防止裂纹角度考虑, $t_{8/5}$ 比 t_f' 稍大一些为好。为此,对于 15MnVR, $t_{8/5}$ 取 22 s,这时金相组织为 5% 铁素体 + 87% 贝氏体 + 7% 马氏体,热影响区最高硬度为 325HV,综合性能较好。母材厚度为 20 mm,进行埋弧自动对接焊,则可以根据埋弧冷却线算图(图 1)查出相应线能量。

具体操作步骤如下:

(1)在线算图上将 $\delta = 20\text{ mm}$ 和 $t_0 = 20\text{ }^\circ\text{C}$ 两点相

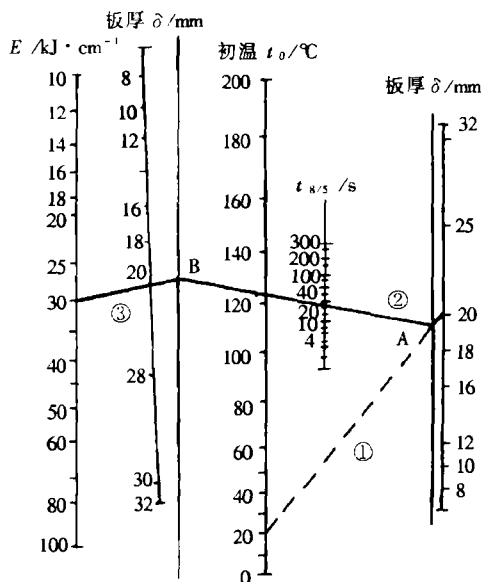


图1 埋弧焊线算图

连,交于A点;

(2)将A点和 $t_{8/5} = 22$ s 相连,交于B点;

(3)将B点和 $\delta = 20$ mm 点相连,并延长,得出线能量 E 为 30 kJ/cm。

取焊接速度 $v = 30$ m/h,电弧电压 $U = 38$ V,由公式 $E = 60IU/v$ 计算得出焊接电流 $I = 660$ A,用此参数在生产中应用,焊接质量较好。

如果想要进一步提高接头塑、韧性,则可以稍微牺牲一些强度。当 $t_{8/5} = 32$ s (仍在 $t_f' \sim t_p'$ 范围间),此时金相组织为贝氏体(含量大于 90%) + 少量铁素体,且不含马氏体,硬度为 280HV。通过查埋弧焊线算图,可得出 $E = 39$ kJ/cm。若此时取电压 $U = 40$ V、焊接速度 $v = 30$ m/h,则可计算出焊接电流 $I = 813$ A。

根据对焊接 CCT 图的分析,可以合理地选择一定连续冷却条件(即 $t_{8/5}$),来确定焊接工艺评定中的工艺参数以指导焊接工艺评定的进行,不仅可确保获得最佳焊接质量,而且省时、省力,节约材料。

2 分析焊接冷裂纹产生原因及防止措施

冷裂多见于低合金高强度钢,它的产生和焊接中的扩散氢含量、焊接接头应力状态、金属材料的塑性储备有关。在做到尽量减少扩散氢含量和应力的情况下,冷裂纹的产生与否取决于金属材料的塑性条件,而当材料一定时,材料的塑性就和由其冷却条件($t_{8/5}$)决定的金相组织有着密切关系。因此,对于各种材料焊接接头在焊后的冷却问题,可通过所用的焊接工艺参

数,计算出焊接线能量,查找相应焊接连续冷却线算图,求出相应的 $t_{8/5}$,并对照相应焊接 CCT 图分析其金相组织及性能,找出问题存在的原因,避开产生淬硬组织条件,修改焊接工艺参数,以便获得优良性能的焊接接头。

例如:材料为 16MnR 钢板,厚度 26 mm,角焊;室温下手工电弧焊,采用 $\phi 5$ mm 的 J507 焊条,焊接电流 $I = 240$ A,电弧电压 $U = 28$ V,焊接速度 $v = 15$ cm/min,焊后出现冷裂纹。

由公式 $E = 60IU/v$ 计算,得 $E = 26.88$ kJ/cm,查手工电弧焊连续冷却线算图(图 2)。

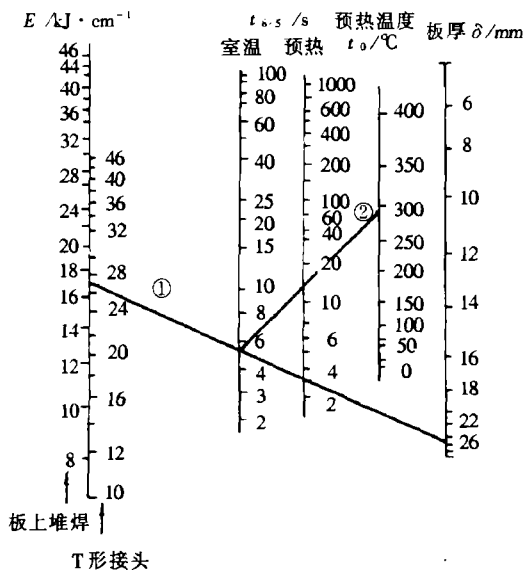


图2 手工电弧焊线算图

(1)将 $E = 26.88$ kJ/cm 点和 $\delta = 26$ mm 点相连为线①,则在 $t_{8/5}$ 室温线上得交点 5 s,即在此工艺条件下 $t_{8/5} = 5$ s。

(2)查 16MnR 的焊接热影响区 CCT 图^[1],可见,当 $t_{8/5} = 5$ s 时,金相组织为 90% 马氏体和 10% 贝氏体,其硬度值为 400HV,将出现淬硬组织并造成冷裂。

当 $t_{8/5}$ 在 $t_f' \sim t_p'$ 之间(8.5 ~ 36 s)时,产生金相组织为马氏体 + 贝氏体 + 铁素体,硬度值在 250HV ~ 350HV 间,可防止淬硬组织出现,而且当 $t_{8/5}$ 增大,对扩散氢逸出更有利。当取 $t_{8/5} = 20$ s 时,其金相组织为 20% 马氏体 + 70% 贝氏体 + 10% 铁素体,硬度为 320HV。

此时,若仍采用原工艺,查手工电弧焊冷却线算图,将室温条件下 $t_{8/5}$ (5 s)与预热条件下 $t_{8/5}$ (20 s)相连作线②,在预热温度线上得到交点 290,可见,将板预

热到 290 ℃方可得到所期望的金相组织和性能,防止冷裂纹的产生。

3 结 论

(1)焊接 CCT 图正确反应了焊接过程中相变规律特征和组织性能,为确保焊接质量提供了理论依据。

(2)焊接 CCT 图能够从金相组织分析入手,确定焊接工艺参数,可以科学地指导焊接工艺评定的正确进行。

(3)应用焊接 CCT 图分析焊接裂纹产生的原因,可合理改进工艺条件以获得优质焊接接头。

参 考 文 献

- 1 机械电子工业部哈尔滨焊接研究所. 国产低合金钢焊接 CCT 图册. 北京:机械工业出版社,1990.

(收稿日期 1998 12 23)

作者简介: 程景玉,1946 年生,学士,工程师。

自制耐高温堆焊焊条高温时效性能

江苏力大建材机械集团公司(徐州市 221006) 赵宝君 吴云华

0 前 言

我厂产品水泥机械立窑的传动轴在使用过程中始终在高温状态下运转,极易烧损,需经常修复。过去我们主要选用 D512、D337 或 D17 焊条,但它们的工艺性能差,热强性满足不了使用要求,修复后零件的寿命很短。而含 Co 和 Ni 合金元素的焊条价格很高,将增加修复成本,用户难以接受。为此,我们选用 Cr-Mn-W 合金系列焊条代替 Co、Ni 焊条进行修复,并进行高温时效处理。试验证明,该焊条的组织性能同样满足使用要求,同时降低了成本。

1 试验过程

1.1 试验材料及方法

(1)采用自制的耐高温堆焊焊条,2Cr13 焊芯,药皮采用低氢型 CaO-CaF₂ 渣系列。

(2)焊接参数如表 1 所示,焊前将工件的表面进行处理,去除氧化膜、水分及杂质,焊前不预热,焊后自然冷却,焊条进行烘干,烘干条件为 250 ℃×2 h。

表 1 焊接参数

焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/m·min ⁻¹	层间温度/℃
130~140	22~25	22	100±10

1.2 试验内容

(1)堆焊层的成分分析 对试样上的堆焊层金属进行取样分析,其成分如表 2 所示。

(2)堆焊层焊后空冷硬度的测定 在堆焊时,试样分别进行单层堆焊、双层堆焊、三层堆焊,焊后进行硬度测定,所测的数据如表 3。

表 2 堆焊层的化学成分(%)

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	W	Mo	V
1.14	0.50	5.77	0.01	0.01	6.29	15.62	4.81	1.62	1.05

(3)高温时效处

理后硬度测定 选取 9 块试样进行固溶处理,将试样加热到 1050 ℃,保温 20 min,再进行水淬

处理,取一块试样进行硬度测定。经过测定,其值为 43HRC。将剩余 8 块试样分别在 700 ℃、800 ℃、900 ℃和 1000 ℃条件下进行 10 h 和 12 h 时效处理,然后对硬度进行测定,求其平均值,如表 4。

2 试验结果

2.1 堆焊层的组织分析

根据堆焊层的化学成分,结合舍夫勒组织图(下图)分析(Cr_{eq}=17.99%,Ni_{eq}=43.375%),可见,焊层组织为奥氏体。

实际组织为奥氏体+碳化物,这种双相组织的抗热性能优于单相纯奥氏体组织。由于奥氏体晶界上存在碳化物,能阻碍奥氏体的结晶,从而获得细小而无固

表 3 不同焊层的硬度值

焊层	硬度(HRC)
单层	22.4
双层	24.7
三层	30.7