

WE600 焊接 30CrMo 高强度合金钢对接接头工艺研究

谭庆妹
(株洲九方制动设备有限公司 湖南 株洲 412000)

摘要: 目前我国城市轨道交通发展较为迅速,轨道交通行业也随之强大起来,随着科技创新进步,对高强等高性能的焊接金属材料进行深度研究。研究出 30CrMo 合金钢具有高强度、高韧性、冷弯形塑性中等,淬透性较高,焊接性能好,适用于机械中受续荷大的焊接。采用 WE600 焊材焊接母材为 30CrMo 高强度合金钢板,接头形式为板对接,通过对焊接接头的组织金相和界面层所生产的相进行了分析,接头焊缝及热影响区的硬度、机械性能进行试验分析,确定 WE600 焊丝焊接 30CrMo 高强度合金钢的对接接头焊接性能。通过高强度焊接的研究,实现了 WE600 焊丝的有效利用来满足此类接头的焊接要求,为产品的焊接结构设计提供了可靠的思路和方法。

关键词: 高强度合金钢;微观组织;力学性能;焊接性能

0 引言

高强度合金钢常应用于机车结构部件,机车在负重载情况下高速运行,结构部件受到的高速的载荷情况下,机车的结构部件的强度及焊接位置的力学性能是影响施工操作安全性的重要影响因素。焊接件为 30CrMo 材料采用的对接焊缝结构,这种高强度合金钢的屈服强度和断后伸长率低,且焊接性差,因此,需要检测机车焊缝的静强度力学性能,从而针对焊缝性能缺陷合理调整焊接工艺,从而保证焊缝性能达标。

1 合金钢焊接性的分析

30CrMo 具有高的强度和韧性,淬透性较高,钢的热强度性也较好。30CrMo 合金钢的合金化元素组成如下表 1 所示:

按照 GB/T 3077《合金钢技术条件》中规定,30CrMo 合金钢的抗拉强度底限为 930MPa,在兼顾焊缝强度和质量的的前提下,实验选取 WE600 型号的焊丝,焊丝元素组成详见表 2。本实验所用填充材料的选取均以焊缝性能要求为准则。

WE600 是低氢钠型的低合金高强钢焊材,此焊丝用于焊接抗拉强度相当于 830MPa 左右的低合金高强度钢受压力容器和其他结构的焊接,WE600 焊材不仅具有较高的焊接操作性,而且形成的焊缝可满足焊接体的实际受力条件。

2 焊接接头的制作

试板为 10mm 板料,焊缝形式为对接不带衬垫,坡口

形式为“V”型,焊缝是焊接体的力学性能薄弱环节,决定了部件受力强度的下限。采用对接形式焊接 30CrMo 合金钢,焊接前对母材焊缝两侧进行预处理,在焊缝 20mm 范围内进行打磨直至表面氧化皮等脱落露出金属光泽。焊缝接头细节及焊道层如图 1 所示。

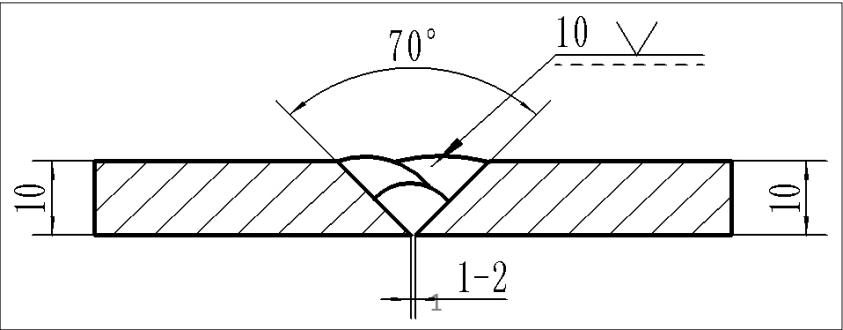


图 1 焊缝接头形式示意图

30CrMo 合金钢较高的含碳量导致焊缝热影响区冷裂纹产生的几率增大,焊接过程中采用焊前预热,焊接过程严格控制层间温度,焊后结合热处理工艺,可有效降低焊缝处冷裂的概率。根据《金属材料焊接》(欧洲标准 EN1011-2)的规定,预热温度的确定:

表 3 WE600 焊材力学性能

焊丝	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A (%)	Kv2(J)
WE600	≥ 830	≥ 740	≥ 12	≥ 27

表 1 30CrMo 高强度合金钢化学成分(质量分数,%)

合金元素	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Ni	Cu	Fe
30CrMo	0.26~0.34	0.17~0.37	0.40~0.70	≤ 0.035	≤ 0.035	0.80~1.10	0.15~0.25	≤ 0.030	≤ 0.030	余量

表 2 WE600 焊材化学成分(%)

化学成分	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	V
WE600	≤ 0.15	≥ 1.00	≤ 0.60	≤ 0.035	≤ 0.035	0.70~1.00	0.50~1.00	0.05~0.15

表 4 试件焊接参数

焊接方法	焊道	焊丝直径 d/mm	焊接电流 I/A	焊接电流 V/U	焊接速度 (mm/s)	热输入量 λ / (KJ·mm-1)	保护气体	气体流量 Q/(L·min-1)
141	1	1.6	160-180	16-18	2.8-3.0	0.55-0.65	99.99Ar%	10-15
141	2	1.6	180-200	18-20	2.5-2.8	0.78-0.86	99.99Ar%	10-15
141	3	1.6	180-200	18-20	2.5-2.8	0.78-0.86	99.99Ar%	10-15

按标准含量计算，
碳 当 量 [C] $c=C+40(Mn+Cr)/360+20Ni/360+28Mo/360$
 $=0.30+40 (0.50+0.95) /360+ (28 \times 0.18) /360$
 $=0.3+0.16+0.014$
 $=0.474$

厚 度 碳 当 量 [C] $t=0.005t [C]$
 $c=0.005 \times t \times [C] c(t : 板厚)$
 $= 0.005 \times 10 \times 0.474 = 0.023$
总的 碳 当 量 [C] $= [C] c + [C]t=0.474+0.023=0.497$

预 热 温 度 $T_p=350 ([C] -0.25)$
 $1/2=350 \times (0.497 - 0.25) 1/2$
 $=350 \times 0.496 = 173^{\circ}C$

通过计算碳当量，根据材料板厚等信息计算得出焊接 10mm 后 30CrMo 材料预热温度为 173℃，焊接前对母材进行预热，焊接参数见表 4。

3 金相组织观察

母材在 1000 倍显微镜下的母材金相组织，基体为回火马氏体，在枝晶间的马氏体因合金元素偏析，而显示不清晰，其间残留奥氏体含量较基体为多，如图 2 所示。

采用 WE600 焊丝得到的焊缝接头，在 200 倍显微镜下的焊缝区金相组织，为枝晶状奥氏体 + 晶间析出的第二相，如图 3 所示。在 1000X 显微镜下的热影响区为铁素体 + 马氏体，如图 4 所示。

焊接是一种以加热、高温或高压的方式结合金属的制造工艺及技术，焊接区域受到高温循环，必然存在一定的聚集，因此在焊前采取预热，焊接过程严格控制层间温度，及焊接热能的输入，减少热影响区的强化相质点的倾向。

4 接头力学性能分析

(1) 硬度测量依据 ISO9015-1：2001 金属材料合金钢焊缝破坏实验和硬度试验的第一阶段如下：首先对弧焊接头部位进行硬度测试，硬度测试试验力

为 HV10，硬度测试方案如图 5 所示，硬度测试线位于母材厚度 1/2 处，分别定点测量母材、焊缝、焊缝热影响区硬度，点与点之间的测量距离为 1mm。

测试位置如图 5 所示，测量位置位于焊缝中心处，距离焊缝上下表面距离相等，其余测量点对称分布于左右两

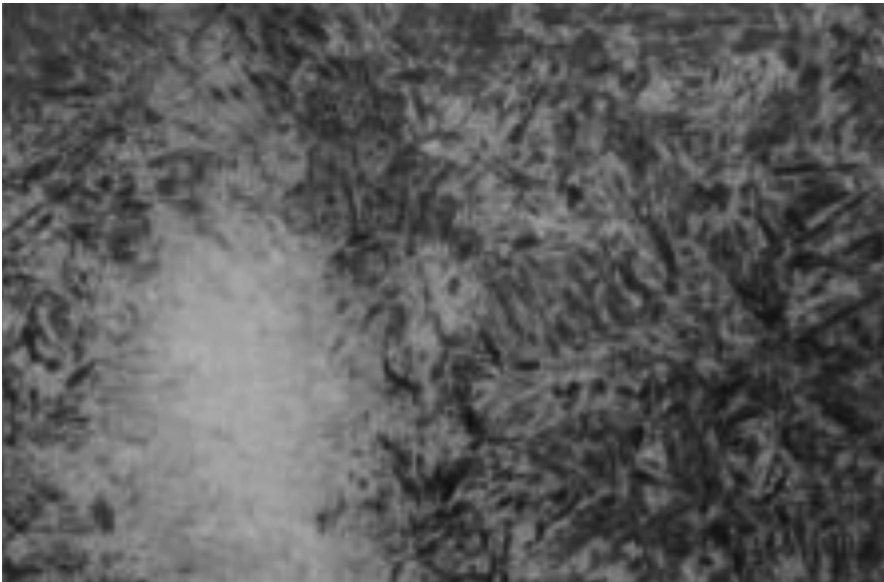


图 2 30CrMo 母材金相组织

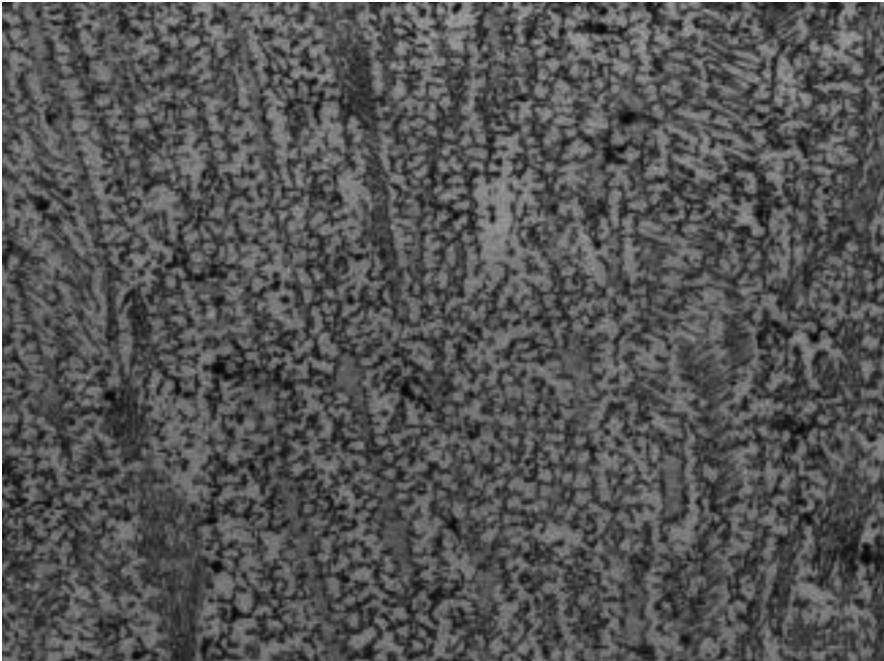


图 3 焊缝金相组织图

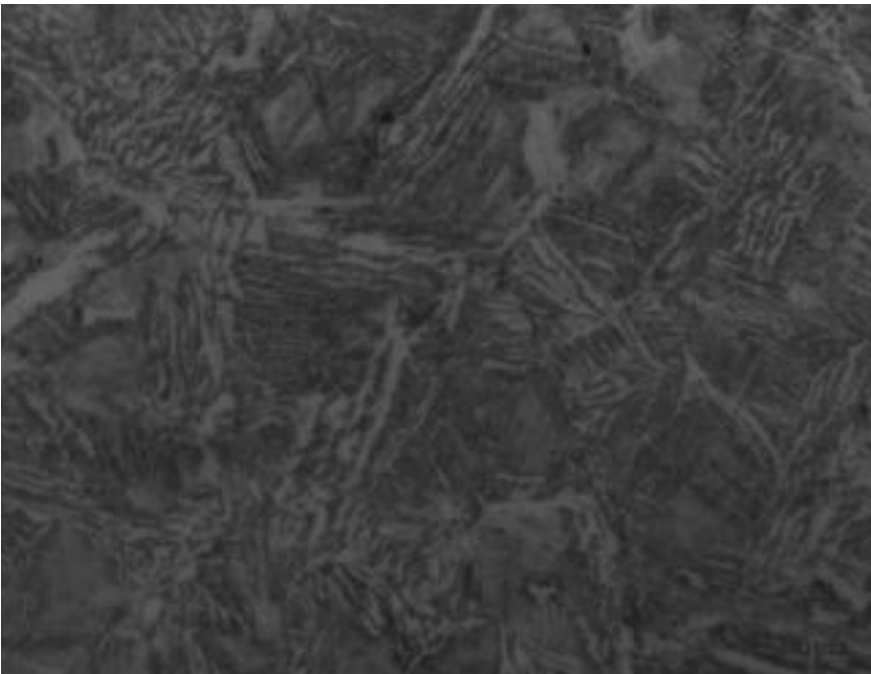


图 4 热影响区金相组织图

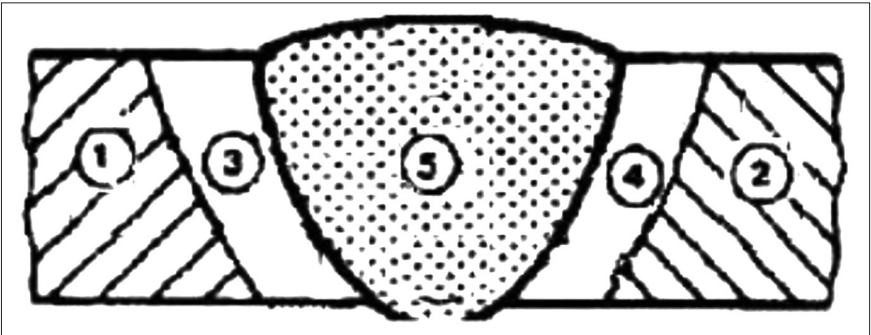


图 5 硬度测试位置图

表 5 焊接接头中心到两侧母材的硬度分布值

测试位置	维氏硬度, (HV10)	
	位置	结果
基材	①	294
		290
		293
热影响区 (HAZ)	③	330
		319
		342
焊缝	⑤	260
		263
		259
热影响区 (HAZ)	④	310
		343
		316
基材	②	313
		326
		331

侧。

上表为焊接接头中心到两侧母材的硬度分布值, 可以看到, 焊缝中心编号⑤的最高硬度值可达 234 HV, 由于受焊接高温影响, 热影响区编号③④位置硬度高于基材①②硬度值, 母材硬度高于焊缝及热影响区硬度, 由此可见焊缝及热影响区金属受热影响后有少许软化。较小的焊接热输入可以减少焊缝和热影响区损伤, 有利于提高焊接接头机械性能。

(2) 由表 6 可知, 焊缝强度高于母材, 断裂部位为母材, 弯曲试验包括正弯和背弯, 弯曲角度为 180°, 压头为 7 倍板厚, 焊缝处光滑完好, 无裂纹。依据 GB/T1172-1999 对照金属硬度换算与强度对照表得出, 259-263V10 之间, 对应的抗拉强度值 840-870Rm/MPa。通过实验证明, 表面焊缝的熔合良好, 焊缝和热影响区室温冲击韧性满足要求。

5 结语

(1) 合理控制焊接工艺, 高合金钢 30CrMo 可优化焊缝连接结构。采用 WE600 焊丝进行焊接, 可以满足焊缝质量要求。

(2) 为了保证焊缝内部不出现缺陷, 导致的焊接位置过早断裂, 疲劳寿命短。我们必须在生产过程中, 一定要严格执行焊接工艺规程要求, 探伤保证焊接内部质量, 提高焊缝的疲劳寿命。

表 6 焊接试片拉伸试验数据

试片	焊接材料	Rm/MPa	Rp0.2/MPa	A (%)	断裂部位
1-1	WE600	860	764	12.90	母材
1-2	WE600	875	755	12.72	母材

参考文献:

[1] 蒋立明, 刘静. 30CrMo 高强度合金钢焊接工艺的研究[J]. 焊接, 2014(12):62-64+67.

[2] 李斌, 郭小燕, 路洪洲. 激光拼焊板在汽车制造中的应用及相关工艺研究[J]. 激光杂志, 2012, 33(1):59-60.

[3] 栗卓新, 刘秀龙, 李虹, 等. 高强钢焊材及焊接性的国内外研究进展[J]. 新技术新工艺, 2007(5):16-18+1.

作者简介: 谭庆妹 (1985.12-) 女, 汉族, 湖南株洲人, 助理工程师, 本科, 研究方向: 焊接。