

数控正火与手动正火质量对比研究

林波,戴虹,刘小文,李善钦

(西南交通大学 焊接研究所,四川 成都 610031)

摘要:针对 U75V 钢轨气压焊接头,分别采用数控正火和手动正火两种方式进行钢轨焊后热处理。结果表明:钢轨接头经数控正火后,静弯承载能力明显提高,轨头和轨底角区域正火效果理想,正火质量优于手动正火。现场应用表明,该数控正火柔性控制好,提高了作业效率,降低了工作强度,保证了钢轨接头的正火质量和使用性能。

关键词:钢轨;正火;控制技术

中图分类号:TG441.8

文献标识码:A

文章编号:1001-2303(2006)08-0046-04

Research of normalizing treatment of numeric control and manually operation

LIN Bo, DAI Hong, LIU Xiao-wen, LI Shan-qin

(Welding Research Institute, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: This essay introduces the technology of normalizing treatment on the rail U75V by numeric control and manually operation. The result indicates that the bearing capacity of rails have been improved highly. The effect of normalizing treatment on railhead and rail bottom angle is more excellent than manually operation. The application indicates that it improves the work efficiency and condition, and ensures the quality of the joint of rail by normalizing treatment.

Key words: rail; normalize treatment; control technology

0 引言

当今世界铁路发展趋势是货运重载化,客运高速化,需大量铺设跨区间无缝线路。通常无缝线路在现场铺设时,气压焊接因其设备简单,成本低廉,焊接质量优良而在钢轨焊接中应用较多。在铺设无缝线路时,将 200~500 m 的长轨条撒放在线路的砟肩上,焊接后由于接头金属经过热循环,造成金相组织和机械性能的改变,接头存在弱区软带^[1],我国铁标 TB/T1632-05 规定:当焊接接头温度降至 450℃~500℃时必须正火。目前,国内钢轨焊接焊后均采用正火的热处理工艺来提高焊头强度和韧性,使硬度均匀化,并适当降低和去除焊接内应力^[2]。

国内钢轨焊后正火处理,基本都是人工操作,手动摆火,人工测温控制加热时间。由于现场工况和作业环境差,钢轨正火时的加热速度和冷却速度受人为因素影响,导致正火质量波动大,常常在小试样型检时出现延伸率低、冲击韧性差等问题。在此针对攀钢 U75V 钢轨进行了数控正火和手动正火质量

对比研究。

1 正火工艺

我国钢轨用钢含碳量 0.68%~0.83%^[3],攀钢 U75V 钢轨含碳量 0.75%左右,属高碳钢。这种成分的金属在加热后,晶粒迅速长大,当加热至焊接温度时,基本处于 1 级晶粒度,属于奥氏体过热组织,焊接结束,连续空冷后粗晶组织的塑、韧性很低,接头硬而脆,无法在线路上应用,必须经过热处理后,才能正常使用。现场通常选用正火工艺,得到珠光体组织,且晶粒更细,弥散度更大。强度、韧性、抗冲击性能都高于退火处理得到的组织,而且工艺操作简便,时间短,设备简单,便于现场施工。

钢轨正常正火工艺:从常温状态下把温度提高到 A_{c3} 以上 30℃~50℃,即 820℃~840℃左右,经保温,使内外温度均匀后,在空气中冷却,即达到正火的目的。

钢轨焊后正火,因野外现场作业,无相应的保温设备,且时间较长也不易实现,因此,采取瞬时过热的工艺措施来解决,即采取较高的加热温度,使之能在不保温的情况下,加快组织转变,以达到奥

收稿日期:2005-12-13;修回日期:2006-06-08

作者简介:林波(1979),男,四川威远人,硕士,主要从事焊接设备自动化研究工作。

氏体化的目的。

1.1 正火起始温度

图 1 为气压焊钢轨测温试验轨顶表面及轨头中心同时测量的结果。加热过程中,轨头表面与心部温差为 120℃~150℃,表面温度高于心部。冷却时表面温度低于心部,当接头冷却至 620℃左右时,发生相变,组织由奥氏体转变为珠光体,放热温度有所回升。继续冷却至 500℃时温差仅有 10℃~20℃。因此,冷却时控制钢轨温度应以轨顶表面为主,特别是焊接后确定正火开始时间,应以轨顶表面温度来确定^[4]。

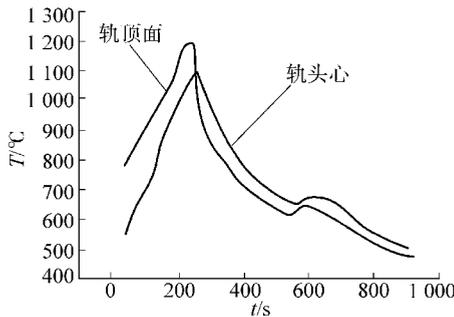


图 1 轨头表面及心部测温

除瘤后,待焊缝区轨顶面冷却到 450℃~500℃时立即正火,否则在焊接热影响区将产生马氏体组织和冷裂纹,使钢轨性能下降^[2]。若正火起始温度很高,钢轨心部温度也很高,焊缝区晶粒粗大,受热后会继续长大,影响接头的性能;若正火起始温度很低,加热时间长且内外温差较大,会出现钢轨表面温度已经达到工艺要求,而心部温度却未达到,达不到正火的目的。

1.2 正火火焰

钢轨焊后正火,使用焊接加热器,其火焰使用弱碳化焰,可以通过降低燃烧比或降低供气量的办法达到,这种火焰柔和,加热时间稍长,内外均温性良好,组织的均匀化程度较好。

1.3 加热温度

钢轨接头的正火温度为 870℃~920℃或 850℃~900℃不保温,当钢轨轨温升高到此温度时便熄灭火焰,使其冷却。对含碳量较高的钢轨,使用较低的正火温度;对含碳量较低的钢轨,使用较高的温度。

2 手动正火与数控正火

2.1 手动正火加热器摆动

钢轨气压焊后手动正火加热器摆动方式如表 1 所示。

表 1 手动正火加热器摆动参数

加热器摆动方式	正火时间 t/s	加热器摆幅 l/mm	摆动频率 f/次·min ⁻¹
两端摆动	0~90/120	40	50~60
	90/120~150/180	60~80	35~40
均匀摆动	150/180	65	60~70

2.2 数控正火

2.2.1 数控正火加热器摆动

该工艺试验中采用攀钢生产的 U75V 钢轨,经试验调试各阶段正火参数如表 2 所示。

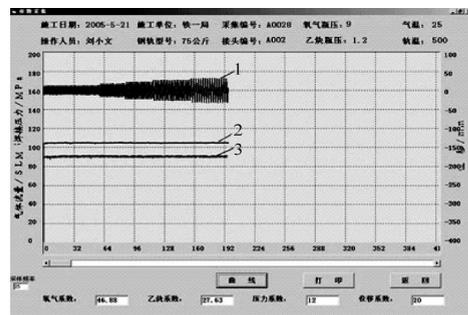
表 2 数控正火加热器摆动参数

正火阶段	正火时间 t/s	加热器摆幅 l/mm	摆动频率 f/次·min ⁻¹
第一阶段	60	30	55~60
第二阶段	30	40	50~55
第三阶段	30	50	50~55
第四阶段	40	60	30~35
第五阶段	40	70	30~35

气压焊接头的顶锻量通常是 30~40mm。第一阶段至第三阶段,正火时间从 0~2 min,加热器的摆幅从 30 mm 逐渐增加到 50 mm,摆动频率 55 次/min 左右,使焊缝的粗大晶粒区迅速升温。第四、五阶段,正火时间从 120~200 s,摆幅分别为 60 mm 和 70 mm,摆动频率为 30~55 次/min,尽可能多地完成细化晶粒的转变。

2.2.2 数控正火参数采集

采用 Visual Basic 开发数控正火参数采集系统,钢轨接头正火过程显示如图 2 所示。



1—加热器摆幅;2—乙炔流量;3—氧气流量。

图 2 数控正火参数采集

阶梯图形 1 明确地显示出随正火阶段的增加,加热器摆幅逐渐增大,接头正火区域逐渐加宽。2、3 分别表示乙炔、氧气流量,且平稳无波动。

3 控制系统组成

进行钢轨焊后正火处理时,主要设备包括:正火控制箱、加热器和自动正火设备。通过对正火设备的控制,实现钢轨接头的自动正火处理,其控制原

理如图 3 所示。

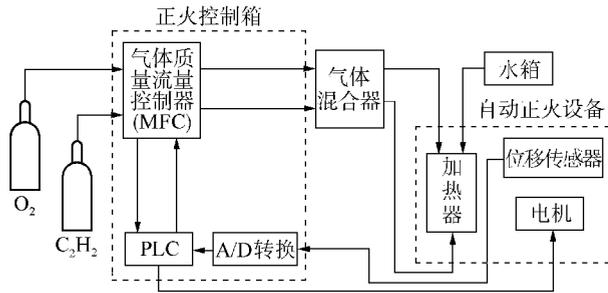


图 3 钢轨气压焊后正火控制原理

3.1 正火控制箱

控制箱体中装有 2 个气体质量流量控制器 MFC, 实现正火过程的氧、乙炔气体混合比与流量的程序控制, 满足不同轨型、材质的钢轨现场焊接对氧、乙炔气流控制的需要。在加热器的气体混合器与气体控制箱之间接回火防止器, 防止回火。可编程控制器 PLC 具有可靠性高、编程简单、体积小、结构紧凑、安装维护方便、抗干扰性强、直观和模块化等优点。因此使用 PLC 作为控制核心, 气体质量流量控制器作为执行元件, 对气体流量进行精确、快速、可靠的自动控制。

3.2 加热器

加热器是实现了对钢轨进行热处理的加热设备, 火焰为氧-乙炔焰, 其结构型式为射吸式加热器, 内部含有气路系统和水路系统, 通过外加水泵对加热器内循环采取强制水冷却。

在该试验中所用 75 轨加热器的火孔分布与孔径如图 4 所示。图中轨底角火孔尺寸顺时针方向分别为 0.7、0.6、0.5、0.5、0.6、0.7。适当减少轨底角火孔尺寸, 可消除轨底脚加热温度偏高的现象。

3.3 正火控制技术

正火控制程序流程图如图 5 所示。正火过程分为 5 个状态, 见图中 S_{12} ~ S_{16} 状态。状态 S_{10} 是对正火各阶段的摆幅、时间、氧乙炔流量等参数进行预设和处理。状态 S_{11} 是正火设备挂上加热器之后, 未通气体时进行对中定位的状态。正火控制箱接通电源后, 程序状态处于 S_2 , 并自动运行至 S_{10} 状态。待对中定位之后, 通氧乙炔, 点火, 正火开始。由图 5 可知, 正火设备自动从状态 S_{12} 运动到状态 S_{16} , 当状态 S_{16} 执行完毕, 正火设备停止动作, 同时氧乙炔自动关断, 正火结束。

4 工艺试验

采用攀钢生产的 U75V 钢轨, 连续焊接 32 个焊头, 手动正火 7 个焊头(加热器均匀摆动), 其余全采

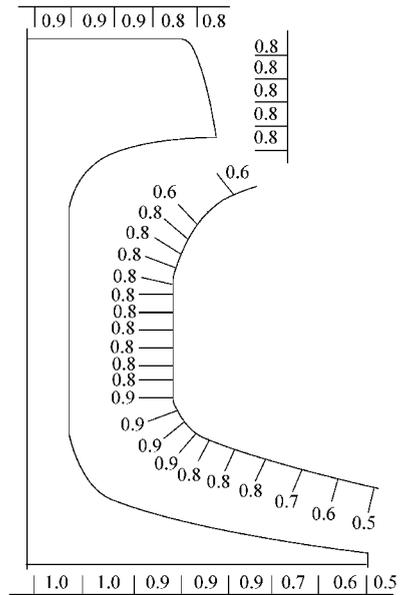


图 4 75 轨加热器的火孔分布

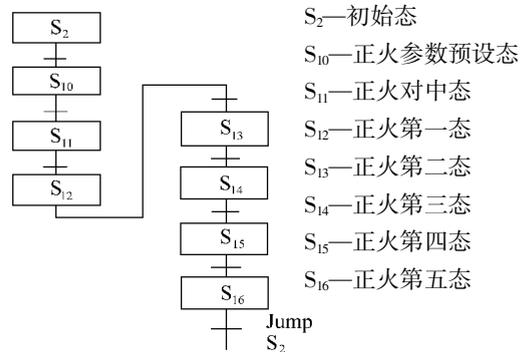


图 5 正火控制程序 SFC 流程

用表 2 中的数控正火工艺参数, 进行接头正火处理。并根据铁道部 TB/T 1632.4-05 标准, 数控正火焊头顺利通过静弯试验(见表 3)和落锤试验(见表 4)。

5 数控正火与手动正火质量对比

分析工艺试验中数控正火与手动正火钢轨断面质量。

观察手动正火落锤接头断面(见图 6a), 显示钢轨断面轨底角三角区域加热时间不足, 轨头和轨底角加热明显不均匀, 钢轨落锤质量不理想。

观察数控正火落锤接头断面(见图 6b), 图中右下角为手锯坡口, 钢轨受落锤重击之后, 将母材撕裂。焊头的断面显示焊缝区域撕裂均匀, 机械性能得到显著提高。

观察通过静弯检验的手动正火钢轨接头断面(见图 7a), 钢轨断面的轨头和轨底角三角区域的珠光体组织明显不及数控正火组织均匀。

表 3 手动式与数控正火接头的静弯性能比较

正火控制方式	焊头编号	放置方式	载荷 P/kN	挠度 l/mm	断与否
数控正火	B001	轨顶	2 290	32.0	未断
	B002	轨顶	2 350	33.5	未断
	B003	轨顶	2 500	36.0	未断
	B004	轨顶	2 250	31.0	未断
	B005	轨顶	2 280	31.0	未断
	B006	轨顶	2 340	32.0	未断
	B007	轨顶	2 400	35.0	未断
	B009	轨顶	2 500	37.0	未断
	B010	轨底	2 150	29.0	未断
	B011	轨底	2 200	30.0	未断
手动式	B101	轨顶	2 390	—	断
	B102	轨底	2 000	—	断

表 4 手动式与数控正火接头落锤试验

序号	焊头编号	锤数/次	挠度 l/mm	断与否
1	A001	2	16	未断
2	A002	2	18	未断
3	A003	2	17	未断
4	A004	3	20	未断
5	A005	3	22	未断
6	A007	2	19	未断
7	A008	2	16	未断
8	A009	2	17	未断
9	A010	2	17	未断
10	A011	2	16	未断
11	A012	3	20	未断
12	A013	2	18	未断
13	A014	3	21	未断
14	A016	2	16	未断
15	A017	2	17	未断
16	A101*	2	15	未断
17	A102*	2	17	未断
18	A104*	2	—	断
19	A105*	2	18	未断
20	A106*	1	—	断

注:* 为手动正火接头,其余为数控正火接头。

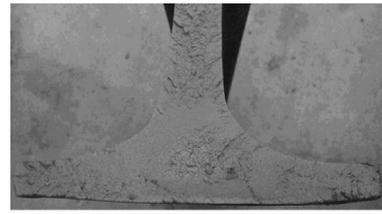
观察通过静弯检验的数控正火钢轨接头断面(见图 7b),图中上部是氧乙炔火焰割去的焊瘤,焊头断面轨头和轨底三角区域均得到细小均匀的珠光体组织,钢轨接头达到正透效果。

由工艺试验表 3 可知,得出数控正火钢轨接头的静弯承载能力比手动正火提高了近 20%。同时从表 4 中可以看出数控正火钢轨接头落锤质量好。

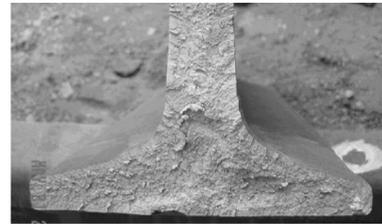
通过质量对比研究,数控正火与手动正火的各自优缺点见表 5。

6 结论

通过型检试验,表明钢轨接头经数控正火后,静弯承载能力大大提高,轨头和轨底角区域正火效

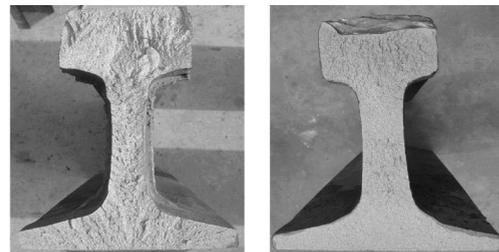


a 手动正火



b 数控正火

图 6 落锤接头形貌



a 手动正火

b 数控正火

图 7 静弯接头

表 5 数控正火与手动正火优缺点对比

正火控制方式	优点	缺点
数控正火	接头加热区域宽;加热器摆动加热均匀;操作简单,效率高;人为影响因素小;静弯、落锤性能提高	需专用设备
手动正火	设备简单	加热宽度得不到保证;加热器摆动不均匀;人为影响因素大

果理想,正火质量明显优于手动正火。钢轨接头均匀加热效果好,柔性控制好,降低了操作者的劳动强度,提高了作业效率,完全满足各种轨型的钢轨焊后热处理要求,具有良好的推广前景。

参考文献:

- [1] 于国英.钢轨焊后热处理工艺及设备的研制[J].铁道标准设计,2000(12):64-65.
- [2] 何少平,王德志,陈仕良.钢轨气压焊接头断裂的组织研究[J].金属热处理,2003(1):77-79.
- [3] 张 未,张步云.铁路跨区间无缝线路[M].北京:中国铁道出版社,2000.
- [4] 丁 韦,高文会,杨来顺,等.60 kgm-1 U71Mn 钢轨气压焊热循环分析[J].中国铁道科学,2003(1):117-120.