

奥-贝钢心轨与贝氏体钢轨闪光焊 接头组织性能研究

陶涛¹,程梦晓²,陈辉¹

(1.西南交通大学 工程科学研究院,四川 成都 610031;2.成都铁路局 焊轨段,四川 成都 610051)

摘要:采用闪光对焊焊接工艺制备了贝氏体钢与奥-贝钢心轨焊接接头。分析了组织的金相、硬度以及拉伸、冲击和疲劳性能。研究表明:焊接接头中主要以贝氏体为主,夹杂着少量的铁素体组织,接头的奥贝钢侧热影响区存在马氏体。焊接接头具有良好的硬度、拉伸和冲击性能,其疲劳性能达到500万次,高于TB/T1632.2-2005要求。

关键词:闪光对焊;奥-贝钢;贝氏体钢

中图分类号:TG456;U213.9*2

文献标识码:A

文章编号:1001-2303(2008)08-0016-04

Study on the structure and capability of joint of Austenitic-Bainitic alloy railway switch and Bainitic rail

TAO Tao¹,CHENG Meng-xiao²,CHEN Hui¹

(1.Institute of Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2.Department of Rail-welding, Chengdu Railway Bureau, Chengdu 610051, China)

Abstract: In this paper, the weld joint of austenitic-bainitic alloy railway switch and bainitic steel were presented by flash butt welding. The microstructure, micro-hardness, tensile strength, impact strength and fatigue were investigated. The results showed that there was bainitic in the morphology basically, with some ferrite. And there was also some martensite in the heat affected zone (HAZ). The welded joint showed perfect mechanical properties. It has the perfect fatigue properties of 5 000 000 times which higher than TB/T1632.2-2005 standard.

Key words: flash butt welding; austenitic-bainitic alloy steel; bainitic steel

0 前言

随着国民经济的发展,铁路运输量不断增加,为了提高铁路运输线路速度和铁路运输的运能,铁路运输线路进行了多次提速,这对钢轨线路的建设特别是既有线的改造提出了很高的要求。目前,我国时速160 km/h以下线路道岔广泛使用的是合金钢组合辙叉,其心轨采用高耐磨、高强韧性的奥贝钢整体锻造成型,并与其后又跟轨拼接而成,大大提高了辙叉使用寿命。缺点是结构采用组装拼接,整体性较差,列车通过时产生振动,影响平顺性,同时拼装结构不利于温度应力的传递,联结螺栓易疲劳而影响辙叉使用寿命。

作为新一代合金钢辙叉,心轨与其后钢轨宜采用焊接方式,消除螺栓连接造成的缺陷,提高辙叉整体性。与此同时,铁路运输条件和钢轨使用状况也发生了较大变化,钢轨正朝着“重型化、强韧化、高纯净度、高平顺性、高焊接性能”方向不断发展,以满足新的运输形势的需要。奥-贝氏体合金钢心轨、贝氏体钢轨因耐磨性能好,抗剥离、抗波浪磨耗,综合使用性能优良而得到了广泛的应用。在此主要研究奥-贝氏体合金钢心轨与贝氏体钢轨之间的异种钢闪光焊的焊接接头组织和力学性能^[1]。

由于闪光焊与其他焊接方法相比,具有加热时间短、焊接过程不需要填充金属、冶金过程较为简单、热影响区较小、易获得质量较好的焊接接头等优点,既能用于工厂钢轨或道岔焊接,又能采用焊轨列车在现场进行钢轨或道岔的焊接,所以在世界

收稿日期:2008-01-08;修回日期:2008-04-03

作者简介:陶涛(1980—),男,四川渠县人,硕士,主要从事焊接工作。



各国铁路线路的连接中都得到了广泛的应用。

1 试验材料

(1)试验材料:奥-贝合金钢道岔心轨,贝氏体 60 kg/m 钢轨;

(2)接头形式:奥-贝氏体合金钢与贝氏体钢对接接头;

(3)奥-贝氏体合金钢:奥-贝氏体合金钢是一种以硅、锰为主的新型中碳低合金耐磨钢,其特点是在铸态下获得以奥氏体、贝氏体为主的混合组织。其化学成分如表 1 所示。

表 1 奥-贝氏体合金钢化学成分 %

w(C)	w(Si)	w(Mn)	w(Cr)	w(Mo)	w(S)	w(P)	w(V,Ti, B, RE)
0.3~0.5	2.0~3.0	1.5~3.0	0.5~1.5	0~0.5	≤0.035	≤0.04	微量

(4)贝氏体钢:力学性能如表 2 所示^[2]。

表 2 贝氏体合金钢力学性能

屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	抗拉强度 σ_b/MPa	延伸率 $\delta_5/\%$	断面收缩率 $\psi/\%$
850	1 100	13	51

2 显微组织分析

图 1a 为贝氏体钢,从金相分析可以看出,贝氏

体钢母材的贝氏体以无碳贝氏体的形式存在,另存在少量的铁素体。奥-贝钢在 280 ℃~360 ℃的等温转变产物是奥-贝组织,图 1c 中大致平行的黑色板条束为贝氏体铁素体;其间腐蚀较浅的白色组织是奥氏体。奥-贝钢的碳含量虽然高,但由于同时加入足够多的硅和锰,使之在等温转变过程中不致形成孪晶亚结构和碳化物相,而是获得板条状交替排列的奥-贝双相组织^[3]。图 1b 为贝氏体钢的热影响区组织,从金相组织图可以看出该区组织为粒状贝氏体,粒状贝氏体中碳的固溶强化和铁素体板条亚晶强化,使得粒状贝氏体强度提高。同时铁素体板条亚晶和机械稳定性较高的残余奥氏体保证了粒状贝氏体较高的延性和韧性^[4]。图 1d 为奥-贝钢热影响区组织,在这个区域晶粒长大明显,贝氏体板条增大增粗夹杂着铁素体。

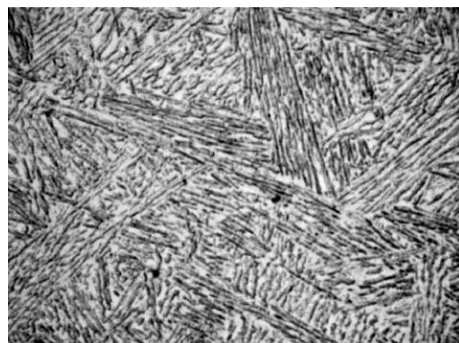
焊缝熔合区组织如图 2 所示,其焊缝区组织为贝氏体+铁素体组织,并且晶粒较细小。这是由于闪光焊时焊缝区过热造成合金元素的烧损,加之脱碳的原因,使得焊缝区碳含量和合金元素的含量较母材和热影响区要低。此处焊缝熔合区硬度值较低,且因铁素体的存在,焊缝熔合区有较好的塑性和韧性指标^[5]。



a 贝氏体母材区



b 贝氏体 HAZ



c 奥贝钢母材区



d 奥贝钢 HAZ

图 1 奥贝钢与贝氏体钢焊接接头金相组织(400×)

专题讨论——现代铁路焊接技术与装备

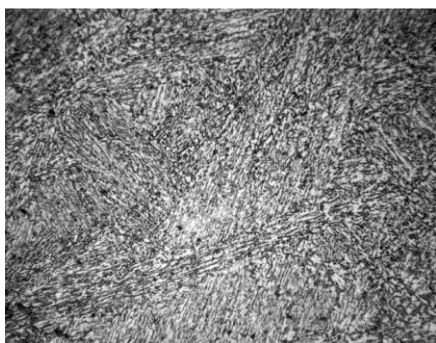


图 2 焊缝熔合区组织(500×)

3 奥-贝钢道岔与贝氏体钢闪光焊接接头性能

3.1 硬度分析

分别取奥-贝钢与贝氏体钢焊接接头的母材区、热影响区以及熔合区,对其进行硬度分析,硬度曲线如图 3 所示。

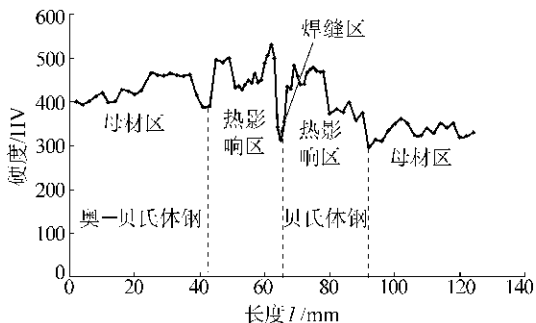


图 3 贝氏体钢与奥-贝钢焊接接头的硬度曲线

从硬度值上来看,焊缝是接头硬度最低的地方(平均硬度 337 HV),这可能是由于在焊接过程中焊接接头受高温而产生脱碳和合金元素烧损,造成该区域碳当量降低,从而导致焊缝强度、硬度降低。同时焊接过程中焊缝区和过热区的晶粒长大也是造成焊接接头软化的一个重要原因。而在焊接热影响区的部分相变区,由于在焊接热循环过程中发生相变重结晶,但由于温度低于焊缝区,其晶粒长大受抑制,反而发生了细化,产生了细晶强化,强度、硬度提高。

TB/T1632.1 闪光焊质量要求规定:对于速度不大于 200 km/h 的线路,每条测试线应满足 $H_1 \geq 0.9H_p$, $H_{II} \geq 0.8H_p$, $W \leq 20$ mm;对于速度大于 200 km/h 的线路,每条测试线应满足 $1.05H_p \geq H_1 \geq 0.95H_p$, $H_{II} \geq 0.8H_p$, $W \leq 20$ mm。按照 TB/T1632.1 闪光焊质量要求规定的计算焊接接头硬度值方法。奥-贝钢与贝氏体钢焊接接头硬度如表 3 所示。从表 3 中发现,奥-

贝钢与贝氏体钢焊接接头的硬度能够满足速度不大于 200 km/h 的线路要求,而不能满足速度大于 200 km/h 的线路要求。闪光焊的焊缝硬度没有严重降低,焊接热影响区的硬度最高。若能再进行适当的热处理,使焊缝区和母材组织能接近于等强度,可使焊接接头性能大大提高。综上所述,未经过热处理的奥-贝钢与贝氏体钢焊接接头是不适用于实际生产中的,必须采取必要的热处理工艺消除焊缝及热影响区的有害组织,并使焊接接头组织趋于均匀化。

表 3 奥-贝氏钢与贝氏体钢焊接接头硬度

母材平均硬度 H_p /HV	焊接接头平均硬度 H_1 /HV	焊接接头软点平均硬度 H_{II} /HV	软化区宽度 W /mm
380.5	440.5	337.0	3.0

3.2 拉伸试验结果与分析

一组取奥-贝氏体合金钢与贝氏体钢的闪光焊接接头试件各 6 件(编号 1~6),拉伸试件直径 $D=25$ mm,焊接接头不进行其他加工;另一组取闪光焊接接头焊后进行热处理(加热至 $900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$,保温 10 min 再空冷)各 6 件(编号 7~12),拉伸试件直径 $D=25$ mm。对两组试件分别进行拉伸试验,各试件所得的抗拉强度如表 4 所示。

表 4 拉伸试验数据(抗拉强度 σ_b) MPa

编号	焊态焊接接头	编号	热处理后焊接接头
1	910	7	910
2	758	8	843
3	782	9	876
4	632	10	903
5	674	11	869
6	750	12	858
平均值	751	平均值	876.5

由表 4 分析可知,焊接接头在热处理后能够满足钢轨焊接接头的性能指标。对比焊接接头热处理前后的抗拉性能,经热处理后的焊接接头抗拉强度较处理前的接头抗拉强度有明显提高。断裂缺口开在焊缝中心,断口形貌呈颗粒状,颜色较为明亮,断口基本没有塑性变形和断面收缩,属于典型的脆性断裂。对奥-贝氏体合金钢与贝氏体钢焊接接头进行热处理并不能消除脆性断裂这一缺陷,所以在实际应用中,应当对其进行另外的热处理,如中频电感应加热焊后热处理或多次热处理正火试验,使焊接接头晶粒细化,组织结构均匀,从而提高接头的强韧性。