

客运专线钢轨焊接技术

杨宏伟

(中铁一局集团 新运工程公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要:我国铁路钢轨焊接主要采用铝热焊、气压焊和闪光焊。综述了客运专线所涉及的这三种钢轨焊接方法的特点、工艺及设备以及常见缺陷产生原因和相应对策,并提出了提高我国钢轨焊接质量的建议。

关键词:钢轨;铝热焊;气压焊;闪光焊

中图分类号: TG47 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2303(2006)11-0065-04

Rail welding technique of passenger line

YANG Hong-wei

(Xinyun Engineering Corporation, China Railway First Group, Xianyang 712000, China)

Abstract: The article summarized the characteristic, the craft and the equipment, the common defect analysis and the countermeasure on the three kinds of welding methods involved Al heat welding, gas pressure welding and flash butt welding, meanwhile give some suggestions on improving welding quality of rail.

Key words: rail; Al heat welding; gas pressure welding; flash butt welding

0 前言

客运高速和货运重载是当今世界各国铁路发展的两大趋势。高速铁路要求轨道具有高平顺性和高稳定性,而钢轨的焊接质量则是影响无缝线路平顺性和强度的主要因素之一。随着国民经济和社会的不断发展,我国也提出了实现铁路跨越式发展的奋斗目标。目前,武广、石太、郑西、京津客运专线已经相继开工建设,这些客运专线均采用 U75V 钢轨,因此,提高钢轨焊接接头的质量对于保证高速列车安全、舒适、平稳地运行显得尤为重要。

1 钢轨焊接方法、焊接工艺及设备、缺陷及对策

我国铁路钢轨焊接主要采用铝热焊、气压焊和闪光焊^[1]。在正式焊接钢轨前以及焊接过程的质量检验中,除铝热焊不做落锤试验外,其他都必须通过 TB/T1632-2005《钢轨焊接接头技术条件》中所规定的各项试验和性能要求,确定工艺参数。

2.1 钢轨铝热焊

铝热焊是利用铝和氧化铁(含添加剂),在一定

的温度下进行氧化还原反应,形成高温液态金属注入特制的铸模内,将被焊两个钢轨端部熔化而实现连接的一种焊接方法。

2.1.1 铝热焊的特点

(1)优点:无需电源,设备简单,操作方便,生产成本低,没有顶锻过程,接头外观平顺性好,占用封锁时间短。尤其适用于断轨修复、跨区间无缝线路道岔联焊和运输任务繁忙的线上联焊。目前,我国钢轨现场焊接广泛采用法国的 QPCJ 铝热焊技术。

(2)缺点:铝热焊的实质是冶金铸焊。其热输入量大,导致焊接接头受热面积较大,使接头的组织和性能降低。因此我国部分高速铁路的现场不提倡铝热焊,但是一次铺设跨区间无缝线路轨道工程施工中又无法完全回避(至少道岔的焊接目前仍然离不开)铝热焊,所以,客运专线道岔内及两端与线路连接的钢轨锁定焊仍然采用铝热焊,这就要求加强对铝热焊工艺技术标准、无损检测设备和方法等的完善和改进。

2.1.2 铝热焊工艺

(1)工艺装备。砂模、坩埚、支架、焊前加热装置、焊后保温装置(低温条件下用)、锯轨机、钢轨拉伸器、推瘤机、打磨机、对正设备和钢轨探伤仪器等。

收稿日期:2006-01-17;修回日期:2006-10-15

作者简介:杨宏伟(1969—),男,陕西咸阳市人,硕士,工程师,主要从事钢轨焊接、铁路铺架和城轨施工作业。

(2)工艺流程。目前现场铝热焊的工艺流程为:施工准备→轨端打磨→调整轨缝→钢轨对正→砂模准备→安放坩埚和焊药→钢轨预热→点火浇注→拆模及推瘤→热打磨和冷打磨→探伤检验、记录→恢复线路。

2.1.3 铝热焊常见缺陷和原因分析

(1)气孔和夹渣。主要是由于钢轨预热不当(预热过度或欠热)、砂模和坩埚受潮、焊剂质量有问题、母材成分不稳定、气候过于寒冷或潮湿、焊接用燃料质量有问题等诸多因素所致。

(2)裂纹。主要是由于砂型偏移,高温时焊头受到强外力的作用,拆箱及推瘤时间过早,焊头冷却速度过快,预热温度过低,母材 S、P 含量大等因素所致。

(3)未熔合。主要是由于预热欠火、预热后温度降低过快、施工环境寒冷或潮湿、轨端处理不彻底、焊剂质量有问题等诸多因素形成。

(4)焊头过烧。由于焊轨预热温度不均匀,出现熔融现象造成。

(5)焊头上拱或下塌,外观超标,或出现高低接头。主要是由于对轨时预留上拱度过高或不足、焊头两侧受力不对称、钢轨外观几何尺寸超差等因素造成。

2.1.4 铝热焊质量控制措施

(1)正确掌握铝热焊的工艺要点,严格按工艺操作规程进行焊接。

(2)预热时选用质量合格的燃料;在预热过程中不间断地观察轨端各部位的预热状况,既要防止预热欠火,又不能预热过度,保证最佳的预热效果;选用质量合格的焊剂。

(3)气温低于 0℃不宜进行工地焊接;刮风、下雨天气焊接时,应采取防风、防雨措施;中雨、大雨和风力大于 4 级时不应进行焊接作业。

(4)在寒冷气候下尽量避免焊接施工,如特殊情况需要施工,当轨温低于 15℃时,必须在预热前和预热过程中用加热器将砂模两侧各 1 m 长范围内的钢轨加热至 37℃,防止产生结晶缺陷;在焊接完、推瘤后立即用保温罩保温焊头 10~20 min,防止冷速过快而产生淬硬马氏体组织,然后进行打磨。

(5)加强焊接人员的责任心和业务培训,严格组织管理,加强焊前对轨的工序控制,增加铝热焊焊后热处理工序。

(6)制定了适合客运专线的钢轨铝热焊接头技术标准 and 探伤工艺标准,改进探伤设备和方法,有效控制和检查铝热焊焊缝质量,实现铝热焊的现场施工。

2.2 钢轨移动式气压焊

气压焊是利用气体燃烧产生的热能将轨端加热至熔化状态或塑性状态,并施加足够的压力(顶锻力),以形成接头的一种固态连接方法。

2.2.1 气压焊的特点

(1)优点:钢轨气压焊是塑性压力焊,接头是锻造组织且没有脱碳层,在理论上其强度不低于闪光焊,而且一次性投资小,无需大功率电源,焊接时间短。目前主要用于现场焊接联合接头。

(2)缺点:气压焊时对接头端面的处理要求十分严格,焊接工艺受诸多人为因素影响,焊头质量波动较大,不易控制。

日本铁路长轨条焊接主要使用移动式气压焊,我国铁路也在使用。客运专线如要采用气压焊技术,必须加强对焊工的培训和对焊轨组织管理体系和技术力量方面的考核,同时改进气压焊设备,增加设备的刚度和智能化程度,降低人为因素的影响,使接头质量稳定性得到可靠保证。

2.2.2 移动式气压焊工艺

目前移动式气压焊的工艺流程为:焊前准备→拉轨→钢轨端面处理→对轨和夹轨→安装加热器→点火焊接→加热及顶锻→推瘤→焊后处理(正火、打磨、探伤检验)→恢复线路。

2.2.3 移动式气压焊设备

(1)小型移动式气压焊设备主要包括:压接机、加热器、控制箱、水冷装置、高压电动泵站和部分辅助配套设备。

(2)目前普遍采用小型移动式钢轨气压焊机和三段加压新工艺进行钢轨现场焊接。典型设备有:HG-II 钢轨超长气压焊机、YJ-660 型气压焊机、YHJ-IV 型分体式保压推瘤钢轨气压焊机。

(3)近年来,通过不断提高小型气压焊机的机械化、自动化控制水平,保证焊接参数的稳定性,使气压焊焊接质量得到明显改善。图 1 所示是由西南交通大学焊接研究所研制的“数字化移动式钢轨气压焊机”在青藏铁路进行现场焊接。该设备具有拉伸、顶锻、保压、推凸全自动数字化控制等多种功能,焊接施工高效优质,大大消除了人为因素的影响。



图 1 数控移动式钢轨气压焊在青藏铁路现场焊接

2.2.4 气压焊常见缺陷和原因分析

(1)焊接接头上凸或下凹、高低错位、侧错位、旁弯、轨角塌陷等均属外观缺陷。主要原因是由于设备本身的缺陷、轨端面尺寸误差超标和焊接操作不当所引起。

(2)未焊透、光斑(属于未焊透现象)、过烧、轨底角凹陷、粗晶组织、裂纹、气孔等均属内部缺陷。主要原因有:操作不规范,轨端面处理不洁,顶锻力不足或过大,加热不均匀,火焰使用不当,设备状态不良,加热温度控制不当,加热器位置不正,火孔不正常,加热时间掌握不好、正火工艺掌握不严,施工环境差等。

(3)生产气压焊机的厂家很多,焊机存在的问题也很多,基本处于失控状态,从而影响了焊接质量。

(4)气压焊工艺比较复杂,施工环境复杂多变,焊接时易出现加热不均、顶锻偏载、焊头变形等缺陷。

2.2.5 移动式气压焊质量控制措施

(1)正确掌握气压焊的工艺要点,严格按照工艺操作规程进行焊接;时刻以最佳状态的设备、工具、材料等供应现场施工。

(2)加强焊接人员的责任心和业务培训,严格组织管理,提高质量意识,健全质量管理体系。

(3)施工环境恶劣时应采取相应的措施,以保证焊接过程符合工艺规程要求。

(4)加强对钢轨气压焊质量和气压焊设备质量的监督和检查,实现气压焊的现场施工。

(5)加快研制开发智能型气压焊设备,减少人为因素对焊接质量的影响。

2.3 钢轨闪光焊

闪光焊是将焊件装备成对接接头,通电使其端面逐渐移近达到局部接触,利用电阻热加热这些接

触点(产生闪光),使端面全部熔化,直至端部在一定深度范围内达到预定温度时,迅速施加顶锻力完成焊接的方法。闪光焊有预热闪光焊、连续闪光焊和脉冲闪光焊^[2]。钢轨闪光焊分为工厂或铺轨基地焊接(固定式焊接)和线上移动式焊接。

2.3.1 闪光焊的特点

(1)优点:闪光焊自动化程度高,工艺稳定,焊接质量优良,力学性能接近钢轨母材,生产效率高。是客运专线钢轨焊接的首选方法,是固定式钢轨焊接的最佳方式,更是线上移动式钢轨焊接发展的趋势和方向。《客运专线轨道施工指南》(TZ211-2005)明确规定工地钢轨焊接宜优先采用闪光焊。

(2)缺点:闪光焊机价格昂贵,一次性投资大,设备复杂且需配备大功率电源、柴油发电机组(线上移动式钢轨闪光焊用),焊接工艺参数较多,调节繁琐。

2.3.2 闪光焊焊接工艺

(1)闪光焊工艺参数较多,具体参数值因机型而异,但各参数对质量的影响有共性。一般选择的焊接工艺参数主要有:不同闪光阶段的电压和焊接时间、不同闪光阶段的闪光速度、闪光流量、顶锻量、顶锻力、有电顶锻时间和无电顶锻时间、顶端速度等。

(2)客运专线基地钢轨闪光焊是将长 100 m 的钢轨焊接成长 500 m 的长钢轨,然后将长钢轨运输到现场进行焊接。其工艺流程为:选配钢轨→轨头调直和除锈→预热轨端(环境温度低于 10℃时进行)→焊轨、推瘤→正火→焊缝粗打磨→焊缝冷却→钢轨四向调直→焊缝精打磨→探伤检验→成品入库。

由于现场焊接受到电力和其他条件的限制,以前主要采用铝热焊和气压焊两种焊接方法,线上移动式钢轨闪光焊用得很少。近年来,通过科技创新和实践经验已经积累了丰富的线上移动式闪光焊经验。闪光焊工艺流程为:施工准备→除锈打磨→预热轨端(环境温度低于 10℃时进行)→焊机对位→闪光焊、推瘤→正火→调直→打磨→探伤检验→恢复线路。

2.3.3 钢轨闪光焊设备

(1)基地钢轨焊接应配备轨端除锈、钢轨焊接、焊缝正火、冷却、钢轨校直、焊缝打磨、探伤等设备。

(2)工地闪光焊主要设备有:工地钢轨闪光焊作业车、拉轨、锯轨、打磨、正火、调直、探伤等。

(3)目前国内用的闪光焊轨机主要有 GAAS80

系列直流焊机,乌克兰巴顿焊接研究所的 K 系列和瑞士施莱特的 AMS60 等交流焊机,均无保压推凸功能。

(4)AMS60 闪光焊机可进行基地钢轨闪光焊,也可进行线上移动式焊接,该机额定顶锻力为 600 kN,当进行合拢锁定焊顶锻力不足时,需外配同步拉伸器,可实现保压推凸功能,此课题正在研究。

(5)中铁一局集团新运工程公司新进了乌克兰巴顿焊接研究所的 K922 集装箱式移动闪光焊机。该焊机额定顶锻力为 1 200 kN,具有保压推凸功能,在无需外配拉伸器的情况下可完成单元锁定焊和合拢锁定焊。图 2 为 K922 焊机在京九达标线现场焊接。

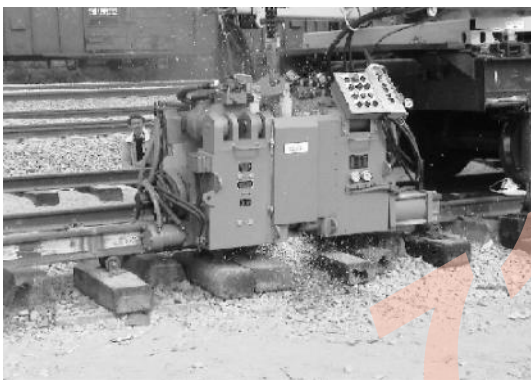


图 2 脉冲闪光焊机 K922 现场焊接

2.3.4 闪光焊常见缺陷和原因分析

(1)灰斑是钢轨闪光焊最常见的缺陷。主要原因是焊接过程中顶锻力不足或过大,火坑过大难以封闭、火坑残留物、焊口金属氧化物未被完全挤出等因素引起。

(2)焊缝中的氧化物夹杂和脱碳铁素体是疲劳裂纹的起裂点;在焊钳接触部位的底部出现电弧击伤现象,在电弧击伤处形成马氏体组织,从而形成裂纹,引起钢轨断裂。

(3)闪光过程不稳定、烧化不够、顶锻力不足或顶锻速度过低,均可能导致夹渣。

(4)未焊透主要是由钢轨预热温度不足、焊接过程不稳定、顶锻速度过低、顶锻力不足等因素造成的。

(5)对部分新焊机的性能没有完全掌握,老焊机维修和更换配件跟不上,导致焊接质量不稳定,也会形成一些焊接缺陷。

2.3.5 闪光焊质量控制措施

(1)严格执行工艺操作规程,彻底清理轨端的铁

锈、油污,加强焊缝内部质量的检验。

(2)通过型式实验的工艺参数一经确定,不得随意更改;定期清理焊接钳口。

(3)严格执行正火工艺,加强操作人员的责任心;定期校验测温仪,保证测量结果的实效性。

(4)加强焊接人员和焊接配套设备操作检修人员焊接技术培训和交流。

(5)加强焊接前对钢轨主要型式尺寸的检测和焊接后对焊接接头直线度的检测。

(6)不断通过生产实践和试验,积累经验,提高焊轨质量和水平。

2.4 三种钢轨焊接方法的对比

(1)焊头外观质量:固定式闪光焊外观质量最好,其次是铝热焊,最后是气压焊。

(2)焊头强度:闪光焊和气压焊的接头强度大致相同,铝热焊次之。

(3)焊接质量稳定性:固定式闪光焊最好,铝热焊次之,气压焊最不易控制。

(4)我国每年铺设在无缝线路上的焊接接头,闪光焊接头约占总焊接头数的 87%,移动式气压焊接头约占总焊接头数的 10%,铝热焊接头约占总焊接头数的 3%。因此,闪光焊接头的质量决定了无缝线路的整体水平,必须加大钢轨闪光焊的工艺技术和设备的研发,提高我国钢轨闪光焊的整体水平。

3 提高钢轨焊接质量措施的建议

(1)借鉴国外的钢轨焊接质量管理和先进技术,完善我国钢轨焊接接头技术条件的标准。

(2)加强焊接设备能力和运行状态的专业评估,对新钢种进行焊接工艺性评定。

(3)充分发挥大专院校和科研院所的科技和人才优势,加强钢轨焊接基础理论的研究和焊轨机智能化的研发能力。

(4)对焊轨施工实行监理制,对焊轨组织实行资质认证,加强焊轨过程的质量控制。

(5)引进、消化、吸收国外钢轨焊接的先进技术和设备,加强自主创新能力,提高我国钢轨焊接的整体水平和焊接设备能力。

参考文献

- [1] 广钟岩,高慧安.铁路无缝线路[M].北京:中国铁道出版社,2001.
- [2] 赵熹华.压力焊[M].北京:机械工业出版社,1989.