

铁路安全适应性培训教材

钢轨焊接作业安全读本

安全培训教材编写组

主编 杨学芳 项 伟

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 3 年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

钢轨接头焊接是铺设无缝线路的前提条件和技术关键。本书以安全生产为切入点,分别从钢轨焊接原理、焊接工艺、焊接设备及机具使用、现场作业及管理等方面进行详细介绍,内容包含了钢轨接触焊、气压焊、铝热焊三种焊接方法,并介绍了国外钢轨铝热焊的最新工艺和技术参数。

本书主要为铁路职工培训而编写,也可供管理人员、工程技术人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢轨焊接作业安全读本/《铁路安全适应性培训教材》编写组编.—北京:中国铁道出版社,2003.6

铁路安全适应性培训教材

ISBN 7-113-05181-2

. 钢... . 铁... . 钢轨 - 焊接 - 安全技术 - 技术培训 - 教材 .U213.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 022477 号

书 名:钢轨焊接作业安全读本(铁路安全适应性培训教材)

著作责任者:安全培训教材编写组

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:张 悦

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/32 印张:7.75 字数:171 千

版 本:2003年6月第1版 2003年6月第1次印刷

印 数:1~5 000 册

书 号:ISBN 7-113-05181-2 U·1484

定 价:18.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 01051873141 发行部电话 01051873169

前 言

Qian Yan

安全是铁路运输永恒的主题。

国家安全生产法的颁布和实施,表明安全生产关系重大。铁道部领导十分重视铁路运输安全,指出:“抓好职工培训,建设一支高素质的职工队伍,既是保证运输安全的现实需要,也是铁路事业发展的根本大计”,“要改进培训方式,提高培训质量,根据运输生产发展变化,及时对培训教材进行更新,提高培训内容的针对性、实用性”。这些年各铁路局、分局、站段每年都要举办各种形式的职工培训学习班,其中大部分都是围绕铁路运输安全而进行的。如何将提高职工业务技术素质和强化铁路运输安全意识有机地结合起来,是一个大的课题,大家都在摸索安全教育的方式、方法。

为配合全路安全教育工作的开展,也为给“两年十天”的全员培训提供一些针对性、适用性强的培训用书,我社根据多次调研情况和现场职工的要求,组织编写并出版这套“铁路安全适应性培训教材”。本套教材力争超越过去的模式,从单纯的业务知识叙述中超脱出来,着力于实作技能和安全运输的有机结合,突出安全因素和安全意识的强化教育,并附以大量可供借鉴的案例和可操作的措施,以提高现场职工的实作能力、非正常情况下作业能力和特殊情况下应变能力为目的。

本套教材原则上按专业、岗位,分册、分批出版发行,严格以相应的现行规章规范为依据,可以作为在岗或岗前安全教育的培训教材,也可以作为基层适应性培训的资料,适用于相应岗位的铁路职工。

本书共分基础知识、设备的安全使用、现场作业安全和焊接安全管理四大部分。参加本书编写的有：杨学芳、刘晓东、李桂琼、周磊、项伟、王海军、王晓兵等同志。在编写过程中还得到了法国拉伊台克铁路技术(武汉)有限公司赵振平同志、德国施密特(广州)铁道设备技术有限公司李枣兵同志以及中国铁道出版社郑州发行分部黄志华等同志的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于时间仓促,本书不足之处在所难免,恳请使用单位和读者提出宝贵意见和建议,以便再版时做得尽善尽美。

中国铁道出版社

2002年10月

目 录

Mu Lu

第一篇 钢轨焊接基础知识

第一章 概 述.....	1
第二章 钢轨接触焊.....	3
第一节 焊接原理.....	3
第二节 焊接设备	9
第三节 焊接工艺	27
第三章 钢轨气压焊	34
第一节 焊接原理	34
第二节 焊接设备	34
第三节 焊接工艺	39
第四章 钢轨铝热焊	49
第一节 焊接原理	49
第二节 焊接材料	53
第三节 焊接工艺	57

第二篇 钢轨焊接设备的安全使用

第一章 钢轨接触焊设备的安全使用	71
第一节 接触焊机	71
第二节 MAS150 型自动精磨机	77
第三节 正火(欠速淬火)设备	82
第四节 MBS - 14L 型除锈机	83
第五节 空气压缩机	84

第六节	钢轨调直机	87
第二章	钢轨气压焊设备的安全使用	89
第一节	压接机	89
第二节	加热器	91
第三节	高压电动泵站	94
第四节	气体控制箱	96
第三章	钢轨铝热焊设备、材料的安全使用.....	97
第一节	焊接工具	97
第二节	对轨机具.....	100
第三节	推瘤机.....	101
第四节	铝热焊剂.....	101
第四章	压力气瓶的安全使用.....	103
第一节	氧气瓶.....	103
第二节	乙炔气瓶.....	105
第三节	液化石油气瓶.....	111
第五章	其他附属设备、机具的安全使用	113
第一节	钢轨切割机.....	113
第二节	发电机组.....	115
第三节	液压起道机.....	117
第四节	齿条式起道机.....	118
第五节	钢轨静弯试验机.....	119
第六节	钢轨落锤试验机.....	122
第七节	光电测温仪.....	124
第八节	除瘤割炬.....	125
第九节	手持砂轮机.....	126
第十节	钢轨打磨机.....	127

第三篇 现场作业安全

第一章 铁路限界与铁路信号.....	129
第一节 铁路限界.....	129
第二节 信号设备.....	132
第二章 电气化铁路.....	138
第一节 电气化铁路概念.....	138
第二节 电气化区段作业安全.....	140
第三章 轨道电路.....	143
第一节 轨道电路工作原理.....	143
第二节 在轨道电路区段作业要求及注意事项.....	146
第四章 施工防护与人身安全.....	149
第一节 施工防护.....	149
第二节 人身安全.....	158
第五章 安全用电.....	163
第一节 触电危害.....	163
第二节 触电急救.....	165
第三节 安全用电技术措施.....	169
第六章 防火、防爆.....	177
第一节 燃烧和爆炸基本知识.....	177
第二节 防火、防爆安全措施.....	180

第四篇 焊接安全管理

第一章 安全管理的主要内容.....	187
第一节 安全生产责任制.....	188
第二节 安全教育.....	191
第三节 安全生产检查.....	196
第二章 焊接安全管理.....	200

第一节	气瓶库安全管理.....	200
第二节	焊接用电安全管理.....	201
第三节	焊接现场安全管理.....	203
第三章	事故案例分析.....	206
第一节	事故调查.....	206
第二节	案例分析.....	209
第四章	钢轨焊接工艺要求与安全技术.....	213
第一节	钢轨接触焊工艺要求与安全技术.....	213
第二节	移动式钢轨气压焊工艺要求 与安全技术.....	224
第三节	钢轨铝热焊工艺要求与安全技术.....	230
主要参考文献.....		235

第一篇 钢轨焊接基础知识

第一章 概 述

钢轨的焊接,是铺设无缝线路的首要条件和技术关键,是铺设无缝线路重要工序之一。钢轨焊接,是将两根钢轨顺直对接,在接头处通过物理与化学反应使接头处达到分子间的金属键连接、金属分子重组、结晶成为一个牢固整体的过程。

目前,我国铁路部门广泛采用的钢轨焊接的主要方法有接触焊法、气压焊法、铝热焊法三种类型,分别应用在工厂长轨条焊接和工地长轨条的对接。

一、接触焊法

接触焊法又叫电阻焊或闪光焊。它是将两钢轨顺直放在接触焊机的夹钳上,夹固、通电、送进,使钢轨的两端面接触,其很少的几个接触点形成最开始的通电过梁,当强大电流通过两轨接触面时,会在过梁上产生很大的电阻热,至使过梁爆破、喷弧,发出飞溅和闪光,并出现熔滴成为新的过梁,因此爆破、喷弧、飞溅、闪光的过程就会连续不断地进行,直到将钢轨端面的污物喷除干净,并将其加热到熔化状态,断电同时对端面加压,使之在挤压的作用下相互结晶,完成两钢轨的对接。此法是目前我国工厂焊接钢轨的主要方法。

二、气压焊法

气压焊法是以气体火焰为加热能源的一种压力焊接方

法。从原理上又分为塑性气压焊和熔化气压焊。

1. 塑性气压焊法:是把钢轨的两清洁端面紧密贴合,并对贴合面及其附近的钢轨轮廓面用气体火焰加热,待贴合面及其附近被加热至塑性状态,这部分金属分子具有了足够的“活化能”,并穿过界面互相急剧扩散时,即对贴合面加压顶锻,以达到分子间的金属键连接,完成重新再结晶,从而获得牢固的焊接接头。这种方法目前主要用于工地无缝线路联合接头的焊接。

2. 熔化气压焊法:把钢轨的两清洁面拉开一定距离,用气体火焰对两端面同时加热,当两端面被完全加热至熔化状态时,撤除火焰,并迅速推进,使两熔化端面贴紧并加压顶锻,在压力作用下两贴合面互相结晶,焊接成为一体。这种方法工艺复杂,难度大,质量不稳定,目前国内已很少应用。

三、铝热焊法

铝热焊法是将两钢轨顺直正向摆放,两待焊端面之间保持一定的缝隙。在钢轨两侧和底部用模具扣封严密,模具与钢轨两端面之间构成型腔,顶部留有浇铸孔,并从该浇铸孔用火焰对型腔内进行预热;预热温度达到工艺要求后,将坩锅内已配制好的铝热焊剂引燃,坩锅内发生强烈的物理化学反应,得到的高温液体从坩锅底部的特殊孔浇注到型腔内,高温钢水将型腔内两钢轨端面熔化并相互熔合,冷却后即将两钢轨焊为一体。这种方法与铸造相似,亦称铸焊法。

铝热焊法在我国早期铺设无缝线路和断轨抢修中,都起了重要作用。但由于得到的铸态组织强度低,人为因素影响较大,质量欠稳定,断头率高,自1980年开始已逐渐被移动式气压焊所取代。由于铝热焊法具有轻便灵活的特点,自20世纪末我国又分别引进了法国拉伊台克公司和德国施密特公司的铝热焊技术,它主要用于断轨处理和工地线上超长轨的对接焊。

第二章 钢轨接触焊

接触焊又称闪光对焊,它是将焊件装配成对接接头,接通电源,并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并产生闪光,使端面金属熔化,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。根据接触焊的工艺不同可分为连续闪光焊和预热闪光焊。

第一节 焊接原理

一、闪光对焊原理

钢轨的闪光对焊属于固相焊接。随着含碳量的增加,固相焊接温度范围变窄。钢轨的含碳量为 0.65% ~ 0.8%,属于亚共析钢和共析钢范围,固相焊接的适宜温度在 1100 左右,明显低于低碳钢。

闪光对焊有两种方法:预热闪光焊和连续闪光焊。闪光对焊原理如图 1—2—1 所示。

焊接过程中,首先把焊件 1 用夹具 2、3 夹紧,再接通变压器 4,然后送进可动夹具 2,使焊件端面接触并通电加热。加热过程中,不断有火花从焊件端面间隙喷射出来产生闪光,当

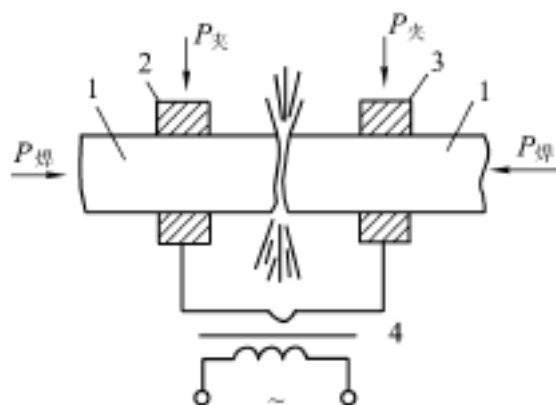


图 1—2—1 闪光对焊原理图

1—焊件;2—动夹具(电极);
3—静夹具(电极);4—变压器。

闪光加热达到高温后,骤然将可动夹具快速送进,以很大的压力挤压焊件端面,断开焊接电流,焊接端面在压力作用下产生塑性变形,形成牢固的焊接接头。

(一) 焊接电阻热

闪光对焊是利用焊件内部电阻、端部接触电阻、闪光接触电阻三部分产生的电阻热对焊件进行加热的。产生的热量可用下式表示:

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——产生的电阻热(J);

I ——焊接电流(A);

R ——焊接区总电阻();

t ——焊接通电时间(s)。

可见,产生热量的因素是电流、时间和电阻。总电阻用下式表示:

$$R = 2 R_{\text{件}} + R_{\text{闪}} + 2 R_{\text{极}}$$

式中 $R_{\text{件}}$ ——一端焊件导电部分的电阻;

$R_{\text{闪}}$ ——焊件端面间闪光接触电阻;

$R_{\text{极}}$ ——焊件与电极之间的接触电阻。

焊件电阻与焊件伸出长度及端面接触面积有关。公式是:

$$R_{\text{件}} = m l F$$

式中 l ——焊件导电部分长度(cm);

F ——焊件导电部分截面积(cm^2);

m ——集肤效应系数;

——焊接区金属的电阻系数($\mu \cdot \text{cm}$)。

电阻系数随着温度的升高而增大,电阻也随之增加,在电压不变时,焊件通过的电流降低。在预热闪光焊的预热阶段,

从电流表或记录曲线可以看出随着预热次数的增加,焊接电流是略有减小的。

闪光对焊的闪光电阻 $R_{\text{闪}} = 9\ 500\ K / F^{2.3} V^{1.3} j$

式中 K ——碳钢和低合金钢, $K = 1$;

F ——焊件截面积 (cm^2);

V ——闪光速度 (cm s);

J ——电流密度 (A mm^2)。

闪光电阻数值较大,一般为 $100 \sim 1\ 500\ \mu$,其值远远大于焊件电阻。

焊件与电极间的接触电阻 $R_{\text{极}}$ 较小,当焊件表面氧化层较厚,且除锈不彻底时,会造成接触电阻急剧加大,使总电阻增加,焊接电流减少,影响加热温度。因此焊前除锈务必彻底。

闪光对焊中,加热焊件主要是闪光电阻产生的电阻热。在有电流顶锻阶段,焊件短路电阻起主要作用,因为有电流顶锻时间很短,所以产生的热量是有限的。

(二) 预热闪光焊和连续闪光焊

预热闪光焊以预热为主要加热形式,在预热前对焊接工件先进行初步闪光,预热后再进行闪光烧化及顶锻。瑞士 GAAS80 700 型和 GAAS80 580 型焊机的焊接可实现预热闪光焊和连续闪光焊方式。

连续闪光焊取消了预热阶段。从焊接开始,焊接端面一直进行连续不断的、均匀的闪光,依靠连续闪光对焊件进行加热,直到顶锻。因此,连续闪光焊接方法消耗功率少,只有预热闪光焊机功率的 $1/2$ 。连续闪光焊利用焊件端面连续的闪光触点加热,这些触点(又称为过梁)不断地在焊件全断面进行交替加热,从而使端面温度分布均匀,因而接头焊缝“灰斑”缺陷较少,K355 焊机与乌克兰制造的 K190 K 焊机均采用

连续闪光焊接方式。

二、焊接接头的金相组织

焊接接头按金相组织状态分为：熔合线（焊缝）、半熔化区、过热区、正火区、不完全重结晶区。半熔化区和过热区又称为粗晶区，因而粗晶区、正火区、不完全重结晶区构成焊接热影响区。焊接质量不仅取决于焊缝，而且取决于热影响区的组织和性能。

1. 熔合线（焊缝）。钢轨闪光对焊的焊缝一般很窄，通常只有0.5 mm左右。在焊接过程中，由于高温作用产生氧化，使碳烧损，其碳含量减少。焊接后由于冷却速度较慢，造成亚共析铁素体沿奥氏体晶粒间呈网状析出，金相组织为珠光体加少量网状铁素体。熔合线的晶粒度为1~2级，通过正火可消除焊缝的过热组织。

2. 半熔化区。在焊接过程中，这一区域处于半熔化状态，是同时含有液相金属和固相金属的混合区，在铁碳平衡图中位于ACE区，冷却后晶粒粗大，其组织状态、化学成分和性能存在较大的不均匀性。

3. 过热区。在焊接过程中，这一区域的温度范围处在固相线以上到1100左右。在此温度下，奥氏体晶粒产生严重的长大现象，冷却后得到过热组织（即粗大的珠光体团）。这一区域的塑性很低，硬度很高，是接头的薄弱环节。正火处理后可改变此区域的性能，使晶粒度达到7~8级，塑性和韧性提高。

4. 正火区。在焊接过程中，这一区域的金属被加热到Ac₃以上温度，金属发生重结晶，晶粒细化，晶粒度达到7~8级，相当于正火组织，韧性、塑性好。

5. 不完全重结晶区。焊接时，处于Ac₁~Ac₃之间的温

度范围,属于不完全重结晶区。这一温度区域的金相没有完全奥氏体化,因此又称为二相区。二相区组织不均匀,晶粒大小不同。不完全重结晶区硬度较低,是热影响区内较软的区域。

6. 母材。钢轨母材的化学成分接近于共析钢,其金相组织为珠光体和少量铁素体。各钢种的钢轨母材晶粒度的等级不同,对钢轨焊后热影响区的晶粒度的影响也不同。

三、预热闪光焊及连续闪光焊的特点

(一) 预热闪光焊

预热闪光焊主要由闪平阶段、预热阶段、烧化阶段、有电流顶锻和无电流顶锻五个阶段组成。

1. 闪平阶段

在预热前对焊件进行闪光,烧掉端面不平处,使两焊件端面形成平行接触。由于它起到闪平工件端面的作用,故称为闪平。闪平阶段起着非常重要的作用,其预加热效果会一直影响到预热阶段,甚至影响整个焊接过程。

2. 预热阶段

预热是接通电流,使焊接端面在一定压力下接触和分离多次交替地进行,通过短路接触电阻产生的热量加热焊件。预热阶段的作用是增大加热区宽度,减小温度梯度,缩短预热后的烧化时间,减少烧化量。

3. 烧化阶段

预热后的闪光过程称为烧化阶段,它是闪光对焊的重要阶段。闪光是焊接端面过梁不断地形成和破坏的过程。钢轨端面接触的触点在电阻热的作用下形成液体金属过梁,同时过梁爆破形成的金属蒸汽对焊件端面具有良好的保护作用,阻止空气与端面接触。

激烈而稳定的闪光能够形成良好的保护气氛,闪光过程的中断会破坏闪光端面的保护气氛,容易使焊件端面氧化,最终影响焊接质量。为保证稳定的闪光,应使焊机动夹具的送进速度与钢轨端面的烧化速度匹配。

4. 顶锻阶段

闪光结束时,对焊件迅速施加足够大的顶锻压力,使液态金属层迅速地从焊件端面挤出,封闭端面间隙,使接头产生足够的塑性变形,形成共同结晶,从而获得牢固的焊接接头。

顶锻分为两个阶段。第一阶段是有电流顶锻,由于继续通电加热,有利于排出金属氧化物。顶锻过程是在通电状态下进行的。第二阶段是无电流顶锻,即切断电流后继续顶锻,使焊缝继续产生塑性变形,彻底排出残留的液态金属氧化物,使焊缝处于最佳结合面。

(二)连续闪光焊

连续闪光焊取消了预热阶段。从焊接开始,焊件端面一直进行连续不断的、均匀的闪光,依靠连续闪光对焊件进行加热,直到顶锻。连续闪光焊焊接方法随着焊接设备的更新,不仅可以焊接小截面的工件,而且可以焊接大截面的钢轨。新型的连续闪光焊机能焊接横断面积为 $12\ 000\ \text{mm}^2$ 的重型钢轨。

连续闪光焊与预热闪光焊两种焊接方式比较,连续闪光焊的特点主要是:

1. 连续闪光焊方法取消了加热过程的预热阶段,消耗功率少。预热过程是利用短路电流对焊件预热,需要设备具有大的电力容量;大功率焊机不但使设备造价昂贵,而且需要有大容量的供电电源;经常性地电能消耗也使焊接成本大大增加,连续闪光焊机的功率只有预热闪光焊机功率的 $1/2$,因此

在金属接触焊接中,建议采用连续闪光焊方式。

2. 连续闪光焊使端面温度分布均匀。

预热焊接时的短路预热总是少数触点的接触,端面的局部地区加热,造成焊件端面温度分布不均匀,这种温度的不均匀性有时一直影响到最后,以致形成焊接缺陷。为克服这种缺陷必须使热影响区增大,而增大热影响区又会使接头的塑性降低。

连续闪光焊是利用焊件端面连续的闪光触点加热,这些触点(又称为过梁)不断交替地在焊件全断面进行加热,使温度分布均匀。采用连续闪光焊方法焊接的接头焊缝“灰斑”缺陷较少。

第二节 焊 接 设 备

接触焊机按闪光的特点分为预热闪光焊机和连续闪光焊机两种。瑞士制造的 GAAS80 焊机为预热闪光焊机, K190K 型焊机为连续闪光焊机。闪光焊机按用途可分为通用焊机和专用焊机两类。国产 UN-150-2 型焊机就是属于通用型(万能型)对焊机,更换不同钳口可以焊接不同形状的工件。目前世界上最大的专用闪光焊机是乌克兰巴顿焊接研究所研制并已在焊接生产中使用的管子焊机,它可用于焊接直径为 1 400 mm 的钢管。

一、GAAS80 700 型焊机

(一) 焊机的特点

1. GAAS80/700 型焊机是次级整流直流焊机,焊接变压器为初级三相 380 V、50 Hz 交流电源,采用可控硅三相调压,次级采用大功率整流管整流,获得低电压、大电流的直流电,功率因数高、焊接电压可实现无级调节。