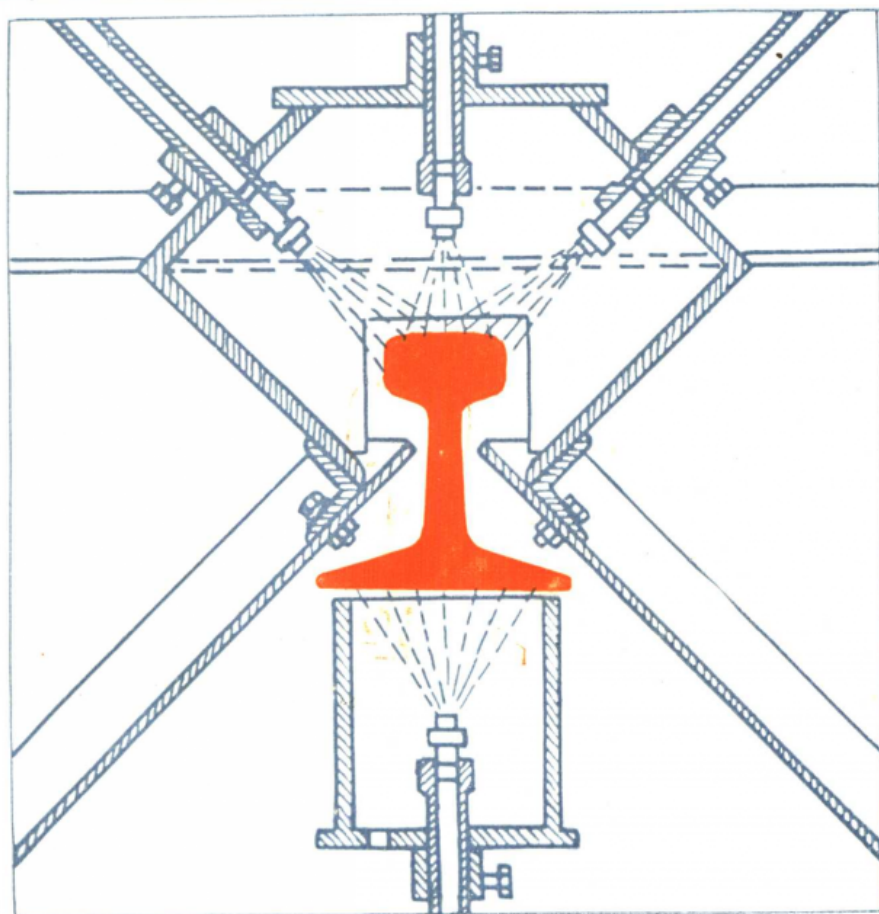


钢轨余热淬火译文集



包钢经济技术情报研究所
包钢科技处

1990.8

2.82

1

前 言

钢轨余热淬火是八十年代发展起来的一种新工艺。它是在轧制生产条件下,钢轨直接进行在线热处理。由于其生产工艺上的特点,在线余热淬火不论是生产成本还是产品性能方面都明显优于等强轧态钢轨和离线热处理钢轨。

钢轨轧后直接淬火,不需再加热,节约能源;简化生产工序,设备少,减少生产管理和运转费用,投资少,生产成本低,生产周期短。

钢轨轧后直接淬火,冷却速度快,淬火层深,组织为微细珠光体,钢轨头部组织和硬度均匀过渡,无硬度塌落和软化带,产品性能好,各项性能指标均已达到或超过离线淬火钢轨水平。

在线余热淬火钢轨一般用标准碳素钢,与等强轧态合金钢钢轨相比,缺口敏感性小,焊接性能好,热影响区小,有利于提高钢轨使用寿命。

余热淬火钢轨生产不受加热等生产环节设备能力的限制,淬火速度快,生产能力高。

在线余热淬火钢轨研究已有几十年历史。早期钢轨在线热处理研究虽已证实,直接淬火形成的微细片层珠光体较粒状回火马氏体组织性能更好。但由于难以实现稳定地控制淬火参数,在线余热淬火这一愿望长时间内未能实现。检测和计算机技术的发展,为钢轨在线余热淬火创造了必要的前题。

自七十年代以来,各国先后进行了试验室和工厂半工业性试验,使这项新技术逐渐趋于成熟,并于八十年代中期以来,英国,卢森堡,奥地利和日本等国在其试验研究的基础上分别建成了自己的余热淬火生产机组。余热淬火钢轨已销往美国,加拿大,巴西和澳大利亚等各国,经在重载,矿山和弯道繁忙线路区段试铺,证明其使用性能良好,深受铁道部门的欢迎。在国外这项新工艺发展很快,已呈现取代离线淬火钢轨的趋势,在短短的几年内已有五条钢轨余热淬火作业线相继投产。

为配合包钢钢轨余热淬火生产设施的建设,我们与北京钢铁研究总院等单位同志一起,收集了国外有关钢轨余热淬火部分资料,经翻译和编辑,出版了这本《钢轨余热淬火译文集》。其中主要收录了有关介绍英国钢铁公司沃金顿厂,卢森堡罗丹——阿托斯矿冶公司,奥地利多纳维斯厂和新日本钢铁公司八幡厂等厂钢轨余热淬火生产工艺,主要设备和产品性能等方面的文章,资料和专利,以供研究参考。

钢轨余热淬火为近年开发的新技术,公开发表的文章较少,多为重复发表的试验资料或产品性能介绍等方面资料。为避免重复,编辑中删掉几篇内容大致相同的文章。考虑到资料的完整性和广泛性,译文集还保留了几篇不同文种同属介绍一厂钢轨余热淬火工艺或设备的文章或专利。

译文集在编辑中得到很多同志的关怀和支持,同时,收集和送来不少文章,在此深表感谢。由于译文集内容所限,有几篇文章未被收录,敬请同志们谅解。在《钢轨余热淬火译文集》出版中,得到包钢轨梁厂大力支持,一并致谢。

由于我们水平有限和时间紧迫,编辑中会有许多错误或疏漏之处,诚请批评指正,以改进工作。

本刊《编辑部》

1990年8月

目 录

九十年代的钢轨	吕占祥 黄 雨 译	
	孙本荣 布新福 校(1)	
HI-LIFE 钢轨的生产工艺	贾国平译	徐列平校(11)
英国沃金顿厂余热淬火轨情况介绍	张慧生编译	张天绪校(20)
英国钢公司用热轧轨余热作热处理能源	周文福译	董 俊校(27)
钢轨的余热淬火	吴章忠译	徐列平校(28)
罗丹—阿托斯厂的钢轨在线处理	贾国平译	张国柱校(30)
卢森堡保罗维尔茨公司轨头连续淬火热处理法	徐孝安译	林立恒校(36)
深层头部硬化钢轨的研制	张连文 黄日升译	张晶磊校(40)
钢轨在线热处理的空气淬火基础研究		
(高强钢轨在线热处理开发之一)	布新福译	董 俊校(46)
钢轨在线热处理的喷雾冷却基础研究		
(高强钢轨在线热处理开发之二)	布新福译	董 俊校(48)
钢轨在线热处理的盐浴淬火基础研究		
(高强钢轨在线热处理开发之三)	布新福译	董 俊校(49)
余热淬火热处理高强度 DHH 钢轨的开发	朱 晔译	孙本荣校(52)
深层头部硬化钢轨(DHH)	朱 晔译	孙本荣校(64)
利用轧制余热生产轨头硬化钢轨	张国柱译	张天绪校(71)
用沸水淬火使钢轨钢硬化	梅美武译	金玉喜校(78)
高温形变热处理对钢轨性能影响的研究	孙恩云译	胡金柳校(82)
新的头部淬火钢轨	布新福译	韩广明校(84)
控制冷却工艺生产高强高硬优质钢轨的发展	吕占祥译	孙本荣校(85)
在轧制生产条件下采用在线加速冷却改善铁路钢轨产品质量的方法		
.....	布新福译	黄德清校(95)
铁道用钢轨的冷却方法及其冷却装置	孙本荣译	朱 晔校(103)
热轧钢轨喷水淬火方法	董 俊译	张 智校(114)

九十年代的钢轨

〔英〕 W·H·HODGSON 等

摘 要

钢轨生产技术的发展为铁道部门提供了更大的选择余地,炼钢技术的改进可使化学成分控制得更加严格,并且降低了氧化物和硫化物的含量,很好地控制了钢的偏析及消除了白点。使用新的超声波、激光及涡流检验装置可以将有关钢轨表面质量和内在质量的数据检验并直接打印出来。随着上述技术的发展,钢轨的热处理技术也发生了巨大变化,目前钢轨可以在线或离线进行深度硬化热处理,这些技术可能最终导致改写世界各国钢轨的技术标准。采用简单成分的钢轨,可以根据用户的需要生产硬度在 HB280~400 范围内不同等级的钢轨,供用户任意选用。而无需改变生产过程中的任何工序。这已被认为是今后十年的最大特点。

前 言

钢轨技术的发展,除在七十年代初曾有过较快发展的时期外,很多年来一直发展比较缓慢。近年来钢轨在性能和质量上的改进,使其在更为恶劣使用条件下的使用寿命显著提高。钢轨外形精度的提高,采用润滑及其他轨道上的改进措施,都大大地提高了钢轨的平均寿命。所有这些,都与最新在线余热热处理技术的发展紧密相关,它与传统的钢轨热处理工艺相比,在技术上和经济上都具有极大的优越性,以致于不得不修改钢轨技术标准,以利于铁道部门能够充分地使用这些新产品。

钢轨的质量要求

钢轨钢的生产

为了能够充分地利用现代的最新技术,钢轨必须按照新的标准进行生产,而这样的标准在 5 年前被认为是毫无必要的。当今的钢轨不允许存在任何形式的变形和由尺寸形状,夹杂,偏析及其他冶金缺陷所造成的应力升高。为此,必须从高炉冶炼的铁水开始进行控制,铁水要在转炉炼钢之前进行预处理,在 250 吨的转炉里吹炼 40 分钟,将碳含量降低到 0.1%,通过气体搅拌和添加低铝添加剂,使钢水在进入盛钢桶时成分接近达到钢轨的要求,真空脱气和先进的成分微调技术控制最终成份,使生产的 98% 钢轨钢的碳、锰含量分别控制在 0.05% 和 0.008% 范围偏差内。当不加入铝添加剂时,就完全可能消除角状、脆性及高铝串状杂物。

钢水经脱气处理和成分微调后,温度偏差控制在 $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 然后进行方坯连铸,一般连铸的批量为 2000 吨。这些方坯在温降至 600°C 时装入隔热的保温箱内,保温箱的容量为 2000 吨。方坯在保温箱内以小于 $1^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 的冷动速度,经 3~5 天的第二次彻底除氢处理。

钢坯移出保温箱后,无需进行任何修磨处理即可送入轧钢厂进行轧制钢轨。

硫化物和氧化物夹杂

到目前为止的一个时期内,对于初期氧化物的类型、硫化物的数量和分布以及存在氢制白点等问题都已作了结论。

硫化物

一般来说,硫有助于减少氢造成的危害,但不利于钢的韧性和耐磨性,必须找到一个临界含量。英国钢铁公司(BSC)选择的典型含量范围为 0.01~0.015%,但研究工作仍然在英国钢铁公司斯文敦实验室继续进行,有可能在将来对其作进一步的调整。

氧化物类型

一种特殊的不直接加铝的低铝冶炼工艺在英国钢铁公司已研究数年,获得的氧化物级别如图 1 所示。氧化物主要有两种类型,一种是硅铝酸盐,一种是硅锰酸盐,如图 2 所示。无论是哪一种氧化物都必须把尺寸控制到最小。

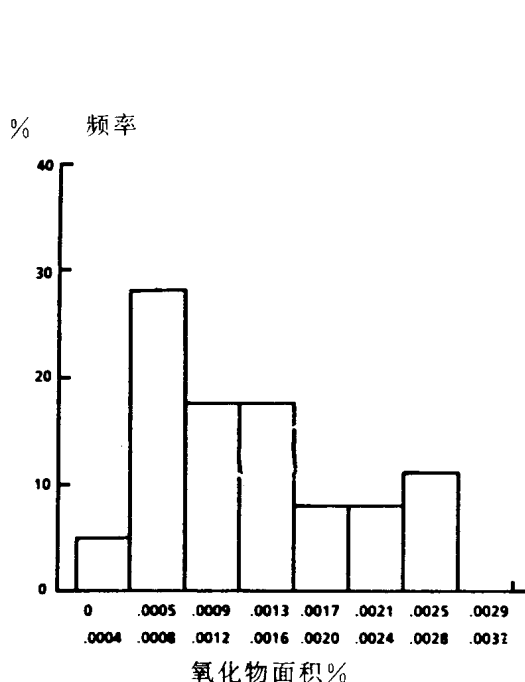


图 1(a) 钢轨轨头部分氧化物面积%的分布

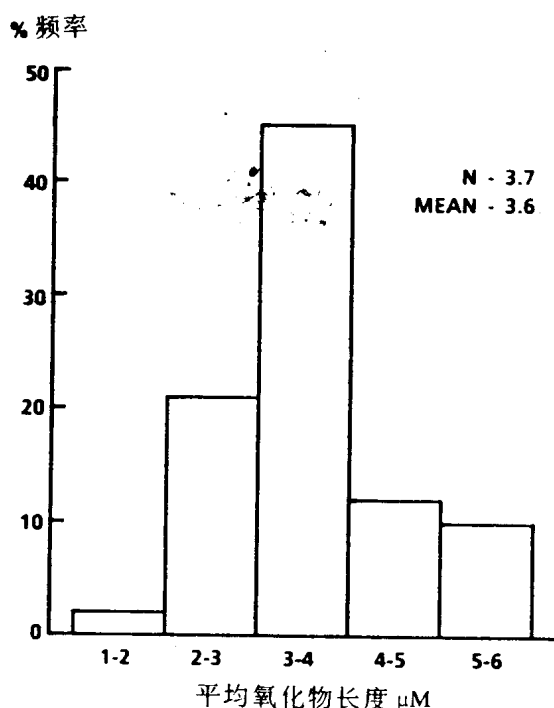


图 2(b) 钢轨轨头部分平均氧化物长度的分布

氢

对于氢含量,很难确定一个精确的极限值,并且在某种程度上与氢的聚合程度有关。假若生产厂能够避免钢中产生可检测出的裂纹,那么因疲劳造成的微观裂纹需要经过 3~15 年的时间才能发展成为可度量的缺陷,也即是测量间隔是相当长的。氢的检测也不易作到准确,与其他元素的测定方法一样,也受到成份上偏析的影响。图 3 表示出典型的氢含量与氢造成的

缺陷之间的关系,下面的虚线表示在实验室测试条件下就发现有氢损害(但未有开裂)时的氢含量。考虑到这一点,在进一步深入研究的同时,为防止氢气造成的危害,英国钢铁公司采用了两次脱氢处理,即充分的炼钢脱氢和充分的方坯缓冷,在成品钢轨中平均的氢含量为 0.5PPm。

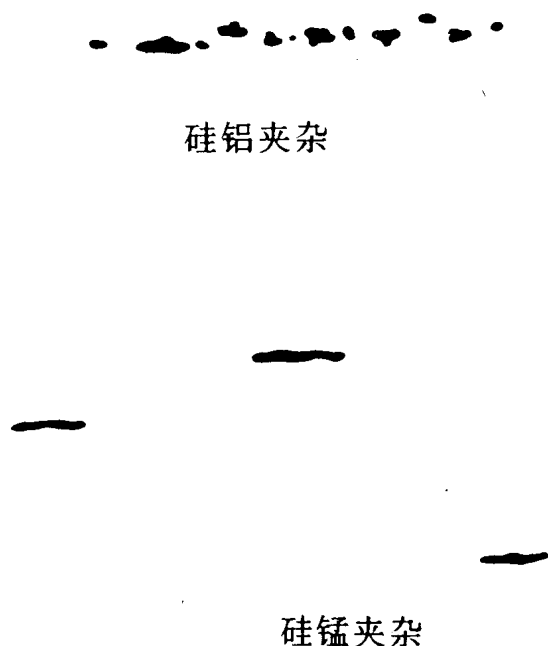


图2 夹杂的类型

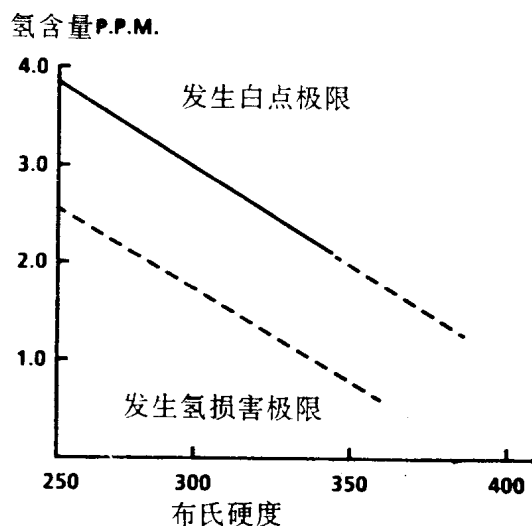


图3 氢含量和硬度对钢轨钢产生裂纹的影响

钢轨的生产

方坯经重新加热之后,被轧制成钢轨。在这一生产过程中,为了获得适当的耐磨性,主要采用了两种方法,这将在下面加以讨论。

钢轨以倍尺长度生产,为更好地控制其平直度,采用单一水平面辊式矫直机矫直。并在其出口处装配有夹杂物检测、表面平直度、表面缺陷及断面几何尺寸的检测装置。

踏面的平坦度

钢轨在生产过程中形成的踏面波浪,对钢轨的应力状态,即对钢轨及其附件的使用寿命有显著的影响。在某种情况下,对于线路附近的设施也存在有影响。虽然尽了一切努力来控制踏面的波浪,但由于形成波浪的因素很多,因此,只能通过精确的测量为进一步控制提供反馈的信息。

1986年5月,英国钢铁公司将激光系统应用于测量钢轨踏面的平坦度,这个系统使用6个激光器,并按标尺校准,同时在控制计算机的软件盘里设定有一个基准位置。

在每次测量时,两个外侧探头用于设定“标尺”在空间的正常位置,中间的四个激光器用于测量钢轨表面的相对位置。然后将检测出的数据储存起来,以便于分析波长和波幅的变化。并将特性波长和最大波幅以图表形式表示。图4所示为激光系统,图5是典型的波形打印图。

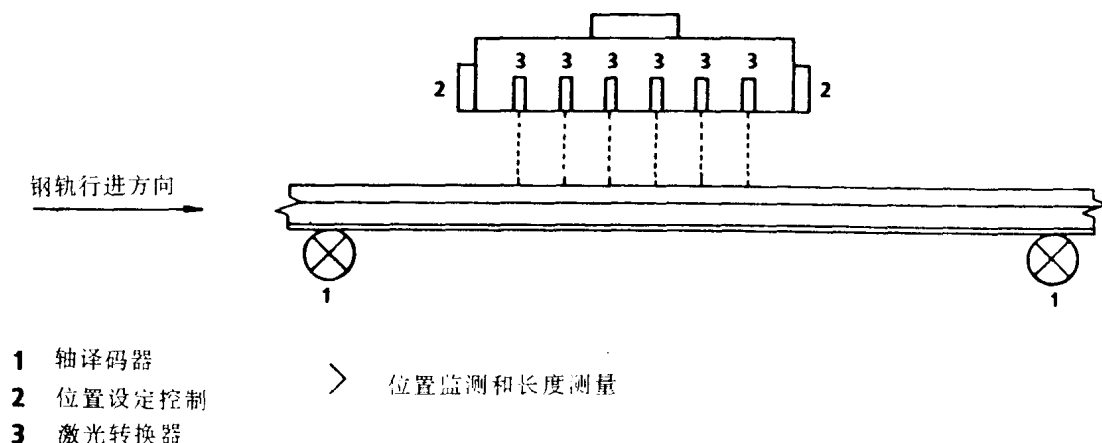


图4 钢轨表面波浪的测量

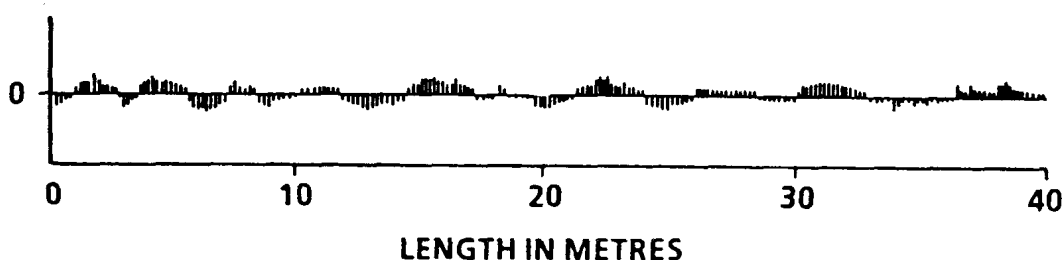


图5 钢轨表面波浪断面图

采用激光器测量钢轨平直度

平直度测量是钢轨表面平坦度测量的一种简单形式,它只对较大波浪进行测量。分别装在垂直面和水平面上的三个激光器,外侧的两个确定一个“标尺”,而中间的一个测量钢轨与“标尺”之间的偏差。这些装置都安装在矫直机的出口处,并且几乎是连续地将信号反馈给矫直机的数学模型。遗憾的是,尽管矫直机采用电机传动,在进入的某段时间内平直度的调整操作仍要人工进行。

除钢轨平直度外,具有良好的用于线路车轮导向的顶部外形的钢轨与设计拙劣的钢轨相比,前者更容易通过辊式矫直机,矫直后的成品钢轨平直度更好。美国生产的 60kg/m 钢轨就是按这样考虑的。

钢轨断面的测量

激光器还被用来测量钢轨的基本尺寸和断面扭曲。安装这一装置并不是希望它能改善钢轨质量,而是为了让用户更放心的使用。

表面质量评价

在良好的光线条件下,借助于镜子采用目测的方法检查表面质量已使用多年了,但由于钢轨标准中下述二个原因,这种方法已越来越不受欢迎了。

(1)钢轨标准中规定包括所有种类的炼钢缺陷在内的缺陷钢轨数量应低于被检验钢轨数量的 0.25%。这就意味着要求检验工人始终作到精力十分集中,要在 400 根钢轨中找出这根缺陷钢轨。甚至有时要在 2400 根钢轨中找出一根缺陷钢轨,这对于检验工人来说已是相当困难的事了。

(2)现代钢轨生产要求存在的缺陷被检验出来之后,能够反馈用于指导生产过程控制。英国钢铁公司已经研制出用于钢轨轨底检测的全自动涡流检测方法,明年还将装配新研制的轨头检测装置。

该装置的基本原理是在接近钢轨表面装有形成涡流流动的交流载流线圈测量装置。对于无缺陷的钢轨,线圈的反应是连续的,如果表面存在缺陷,涡流流动图形就要发生变化,这种变化可以由原线圈,也可以由独立线圈检测出来。通常每个系统采用 6 个探头,旋转速度为 200 转/分,每 5mm 进行一次扫描,图 6 是该系统的示意图。

夹杂物检验

前面已经讨论过微观夹杂物的问题,夹杂物的检查是采用如图 7 所示的 16 探头的超声波检验装置。目前它已不是一个检验合格不合格产品的装置。因为被检出不合格的钢轨数量微乎其微,所以,得到的数据只是让用户更放心的使用。轨底夹杂非常小,以致于现在几乎不再需要检验。因此,尽管这种装置是现有装置中最好的装置之一,而且只有二年的历史,但这种最新的装置是在炼钢技术发展几乎不需要这种检测的时候才问世的。

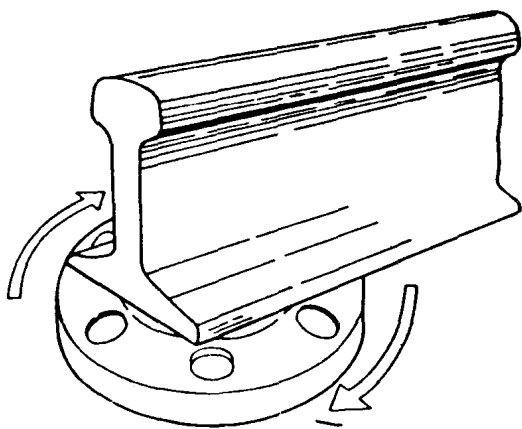


图 6 涡流检测

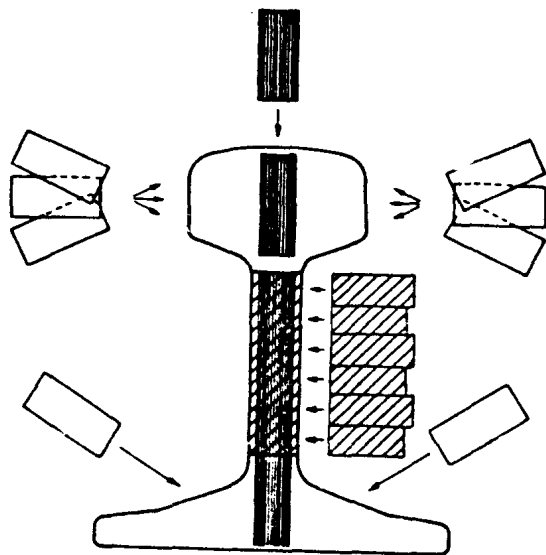


图 7 超声波检测

钢轨耐磨性能

在其他条件相同的条件下,最好的耐磨性取决于 100% 的微细片状珠光体组织和高的硬度。较厚的珠光体片层间距或任何一种替代微观组织都会使耐磨性降低。图 8(a) 和 (b) 分别表示在 6250 倍(原文全相照片标为 6500 倍)下拍摄的最佳微细珠光体组织和带有退化珠光体的片状珠光体组织。在 500 倍光学显微镜下的两种组织看起来完全令人满意。

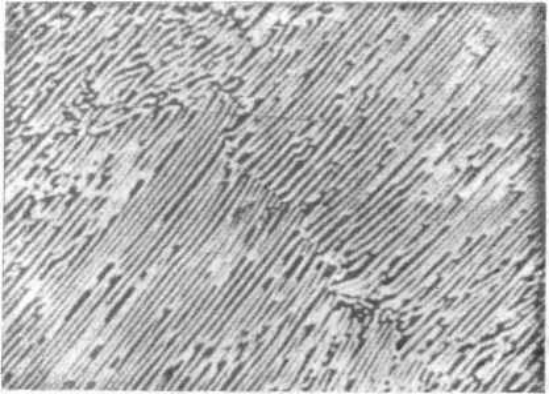


图 8(a) 微细片状珠光体组织, $\times 6500$

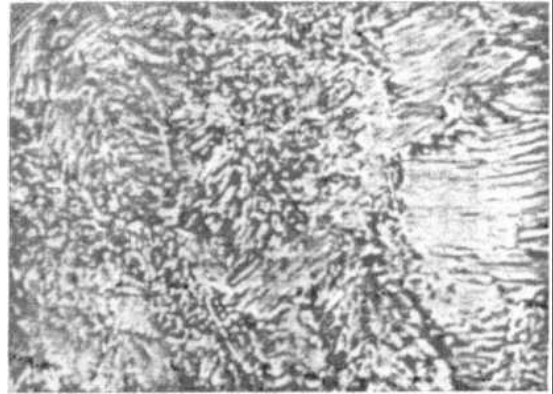


图 8(b) 片状和退化珠光体组织, $\times 6500$

对于珠光体的这一规律有一个例外,那就是高锰钢轨钢,它在某些磨损条件下,具有很好的使用性能。图 9 所示的试验结果与英国钢铁公司的现场试验结果相吻合。

在钢轨的生产历史中,英国钢铁公司生产过硬度 HB240~340 的钢轨。它是将钢轨轨头进行在线可控风冷并结合可控的鼓风机风冷以及添加像铬一类的合金元素来提高硬度的。这种方法对于生产硬度 HB340 以下的钢轨是成功的。但是,对于硬度在 HB340~400 的钢轨采用添加合金元素的方法生产,几乎很难免生成退化型珠光体,甚至出现微量的贝氏体。因此,尽管硬度提高了,但耐磨性能并不能按着人们所希望的那样得到改善。为了生产出硬度更高、耐磨性更好的钢轨,英国钢铁公司长远的目标是采用在线余热热处理生产工艺,但在近期还是仍然采用更容易控制的离线轨头硬化处理生产工艺。处理后的珠光体经磨损试验证明,如图 9 所示,硬度至少可以达到 HB425。

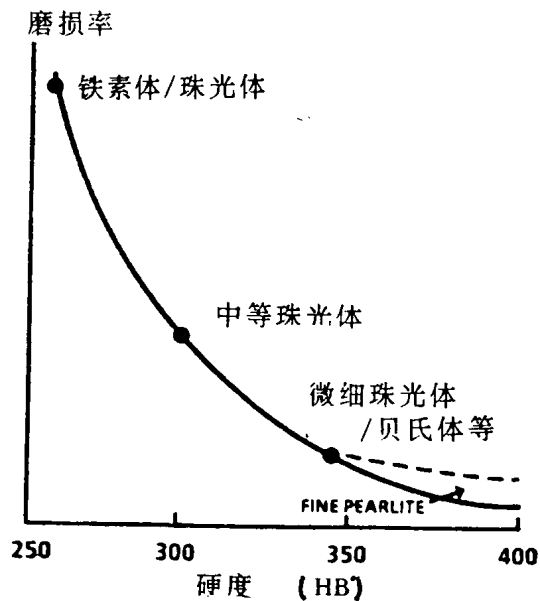


图 9 实验室的磨损试验

离线处理生产成本低,因此即使在安装这种装备的同时,英国钢铁公司一直在与 CRM 和 MMRA 工厂共同合作开发新的在线余热热处理工艺。下面就这两种工艺简略加以介绍。

离线轨头硬化处理

让钢轨通过带有四个感应线圈的加热装置,对轨头进行深度加热。钢轨表面温度达到 1000~1500℃,然后以 20mm/秒的速度移出。在大气中停留一段时间之后,钢轨被预冷到转变温度,在静止的空气中进行相变。

图 10 所示是美国铁路工程协会 (AREA) 标准的 60kg/m 碳素钢轨横断面上硬度的分布状况。由图可以看出,尽管是离线处理工艺,但得到的确实是深度硬化钢轨。因此,轨头有足够的硬化层来承受轨头表面的磨损。在这一实例中,钢轨轨底也应有 HB290 的硬度。所有的制造参数都要在签订合同时确实下来,任何情况下都不能改变。因此计算机控制没有必要,机组的运行情况都按多点式系统连续记录下来,记录图表每天检查一次即可,以确认是否所有的钢轨处理都附合技术要求。当然,所有的常规机械性能及硬度检验都是要进行的。

轧制余热淬火

轧制余热淬火很多年来一直是许多钢轨生产厂渴望实现的目标。本世纪 30 年代和 40 年代,沃金顿厂与其他一些工厂采用喷水冷却在线分批处理的方法生产了上万吨的钢轨。当时没有计算机是一个严重的障碍,而且 40 年代末和 50 年代初的用户需要又变化无常。尽管如此,这一工艺还是成功的,通过直接水冷即获得了合格的微观组织,并可推断出采用电子计算机控制时会取得更为理想的结果。

钢轨在线余热热处理工艺的发展过程中,至少有三种不同的热处理方法似乎在同一个时期内出现。

阿尔戈马正在研制一种采用循环水冷却方式的在线余热热处理方法,而新日铁已经研制出在线分批热处理工艺,它是采用压缩空气冷却,即使冷却更为柔和,钢轨钢中适当添加了合金元素 Cr 来提高钢轨的硬度。英国钢铁公司的研究成果是用水预冷即钢轨的连续式在线热处理方法。

里尔冶金研究所研究了设备概念。罗丹—阿托斯公司先于里尔冶金研究所完成了小型试验性设备的可行性研究。为了开发这一新技术。罗丹—阿托斯和英国钢铁公司组成一个联合组。最高单产为 130 吨/小时的生产线已在英国钢铁公司的沃金顿厂建成,于 1987 年 9 月交付

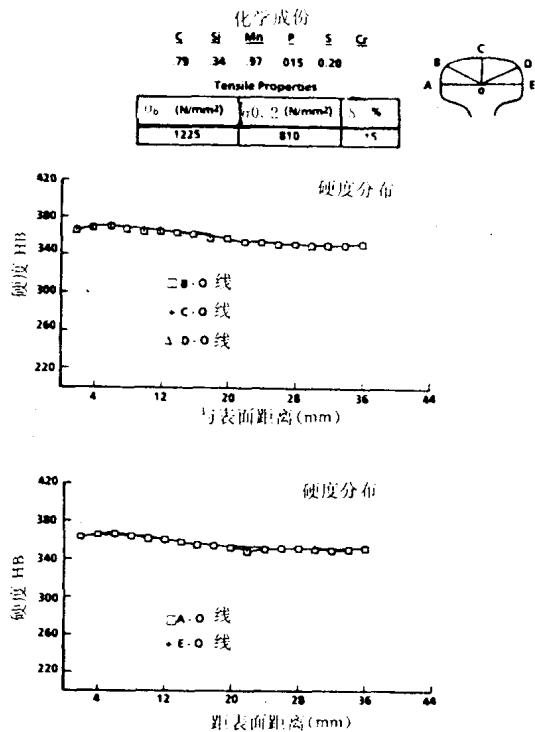


图 10 60kg/m 碳素轨轨头硬化处理硬度分布

使用。因而到目前为止的所有研究工作已全部在中间试验生产线上进行了。

里尔冶金研究所潜心研究低碳钢的在线冷却技术长达 20 多年,因而在中、高碳钢的在线冷却技术开发中取得成功也是必然的。在线热处理钢轨的第一次现场试验是在 1982 年进行的。到 1984 年这种生产工艺的实际可能性已完全显示出来。1985 年 9 月,最高单产 65 吨/小时的小型中试线建成,目前这个机组已成功地通过了生产 16000 吨钢轨的考核目标。

图 11 是沃金顿的中间试验设备的总平面布置图。图 12 是其过程控制系统。

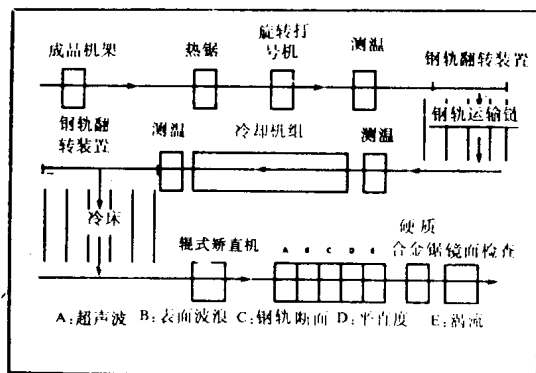


图 11 沃金顿厂余热淬火钢轨生产线平面布置图

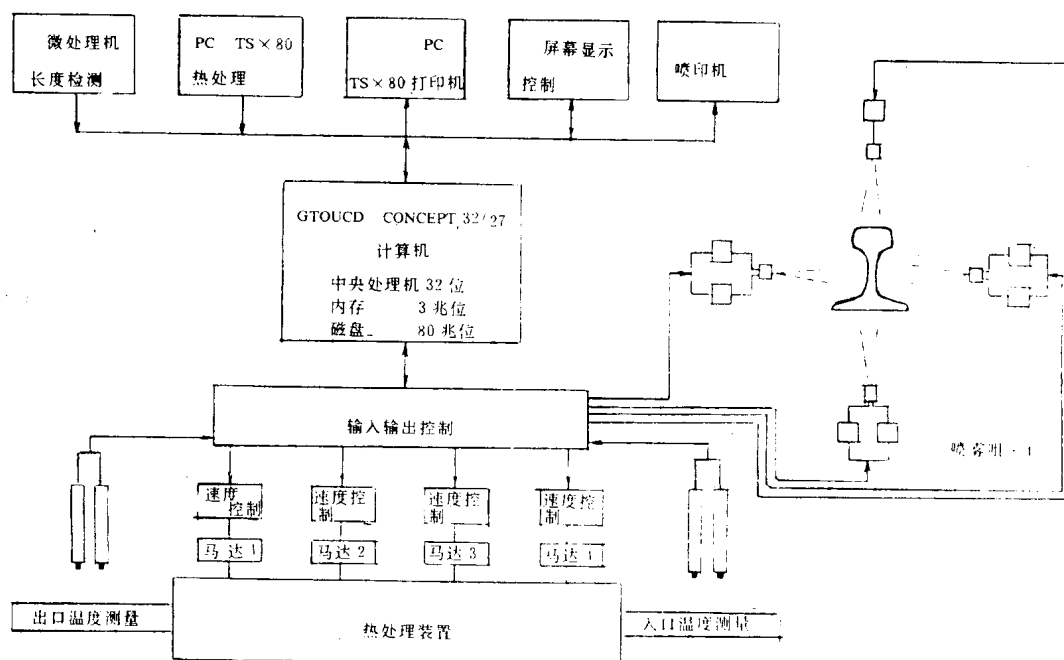


图 12 过程控制硬件

英国钢铁公司的生产线与罗丹的小型试验机组只是规模不同(前者是后者的 2.5 倍)。生产工艺流程是:从成品轧机轧出的温度达 1000℃左右的钢轨,以头朝上的状态在辊道上通过温度监测器,测出沿钢轨的长度方向的温度分布,并输入电子计算机。然后钢轨进入 55 米长的

冷却机组,钢轨依靠导辊向前驱动并保持其平直度,同时根据需要,在冷却线全长将水喷射到钢轨的整个表面上。冷却后的钢轨表面呈暗红色,主要的珠光体相变过程是在之后的静止空气中冷却完成的。保持平直状态的钢轨侧向翻倒和通过冷床按通常的方法加工。

不必说,整个生产过程全都是计算机控制的。实际上罗丹—阿托斯的 65 吨/小时的小型中试线和 130 吨/小时的英国钢铁公司完备生产线都不需要任何操作人员。

富有成效地生产出包括不对称断面的各种规格的钢轨,扩大试验由 3 个单位人员分别进行。

这一工艺过程的可控性很高,可以得到 HB300~400 范围内的任何一种硬度钢轨。对于 60kg/m 钢轨的典型硬度分布图如图 13 所示。

图 14 表示轨头断面上从表面到心部的硬度分布曲线,看来曲线变化平缓,这正是人们所希望的。与英国钢铁公司的离线热处理一样,相变过程是在静止的空气中完成的,避免了可能出现的硬度急骤变化或过渡区产生。

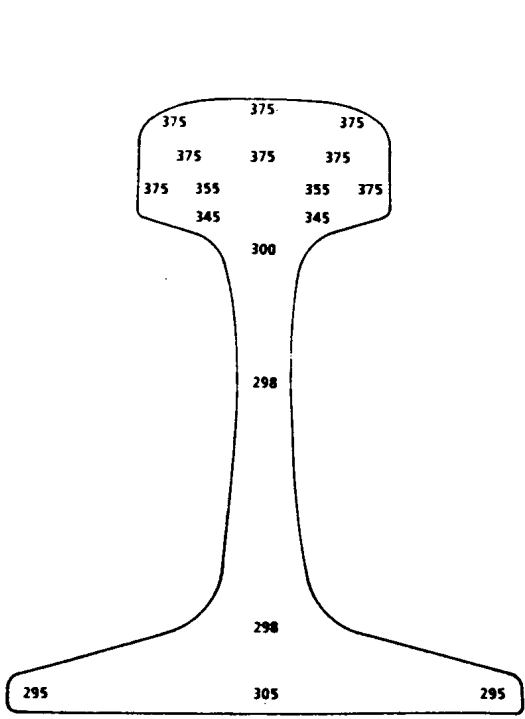


图 13 60kg/m 钢轨的布氏硬度分布

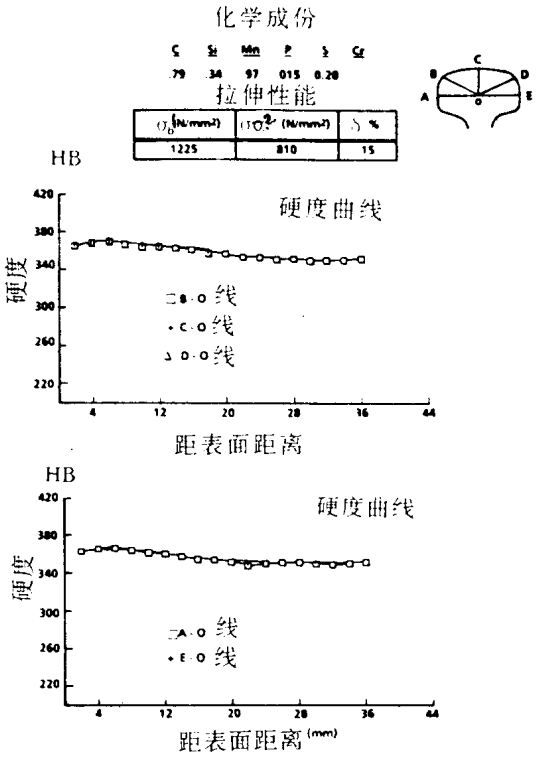


图 14 在线余热淬火碳素钢轨 (60kg/m) 的硬度分布

全部的机械性能试验及金相检验都已做过,当条件具备时也进行了磨损试验(见图 9)。

全部的疲劳试验已在英国钢铁公司的斯文敦实验室进行,结果发现,疲劳性能与炼钢和轧钢工艺有关,而与热处理方法或强度高低无关。但推拉疲劳试验表明:含硫量高可能对疲劳性

能有害,这一研究工作还在继续。然而似乎表明无论是添加合金元素,还是任何型式的热处理都不能提高钢轨的实物疲劳强度。

讨 论

过去钢轨的生产存在多种方法,它们各自有其优点,这些优点常常使生产者受益,有时也对用户有利。在轨道上的钢轨一般在疲劳报废之前就因磨损到位而报废,因此,钢轨的寿命由磨损程度来确定。最近,HB375~385的高硬度钢轨已能大批量生产,由于这种钢轨的实际磨损量很小,尤其是当为了减少机车燃料消耗而采取车轮档板润滑时更是如此。钢轨表面磨损的减慢导致了钢轨表面疲劳的发生,并且大多数情况下将会缩短钢轨的寿命,而且其寿命又不易预测。改善钢轨的研磨情况有利于保持钢轨踏面的正确外形,同时也减缓了疲劳的危害,这些新的发现将很快改变对钢轨的要求。

目前,主要的钢轨生产厂都采用氧气顶吹转炉炼钢法(BOS)和带有真空脱气及钢包微调的连续铸造系统。它们可以生产出超级纯净的钢,并且采用激光器或传感器来检测钢轨较大的平坦度和平滑度,采用涡流技术连续监视钢轨表面质量。目前采用这种机组生产的钢轨只要求被硬化到适当的程度,以充分地利用研磨和润滑效果。连续地在线余热热处理工艺过程可以使钢轨根据要求获得 HB300~400 范围内的任何一种硬度,这样的工艺为今后树立了榜样。因此,铁道部门能够选择适合耐磨性的钢轨用于直线或弯道,在百万吨总的运输数量、钢轨磨损、车轮档板润滑中得到益处。

国际上的钢轨技术标准,如 AREA,BSII, UIC860-0 都是各自以其化学成分和不同性能为基础制定的。总的来说,他们采用了一定含量的碳、锰、铬和一定的热处理方法,可以得到 HB240~388 范围内的硬度。预计未来对钢轨的要求将是在 AREA 标准的成分组合及 BSII 公差要求基础上的各自组合,AREA 标准中的某一成分的钢可以获得 HB260~HB400 范围的硬度。

珠光体的片层间距,可以通过精确的计算机控制冷却工艺参数来进行在线调整,并由此获得规定范围内的任何一种硬度。这可以在轧机上全速进行轧制,而不必考虑硬度的要求。以此就可以生产出低成本的具有优良使用性能的钢轨。

结 语

英国钢铁公司坚持最大限度地利用现代科学技术把钢轨的研究目标放在生产纯净的、无偏折的、无氢害的、无缺陷钢轨的基础之上。钢轨既可在线余热热处理又可离线热处理,使钢轨获得 HB300~400 范围内的任何一种硬度值。

这种新的工艺技术使铁道部门完全摆脱了以往那些由于成分控制、工艺路线带来的限制,在 HB300~400 范围内,钢轨硬度可以自由选择。这使用户可根据其不同使用条件来选择适合直线段、弯道、小半径弯道上磨损特点的钢轨并使之从总的百万吨级年运输量、钢轨磨损状态的改进等几个方面受益。这样就可以使钢轨的表面疲劳和磨损速度保持在平衡的状态。

以上所述的大部分改进措施并没有使其成本相对于改进取得收益成比例的增加。因此,对铁道部门来说,这种工艺装备带来的经济效益是十分显著的,它为今后十年的钢轨生产树立了榜样。

吕占祥 黄 雨 译自《CIM Bulletin》 1988 年 10 月 P. 95~101
孙本荣 布新福 校

Hi—Life 钢轨的生产工艺

钢轨制造技术的高度发展使熟知的和使用方便的普碳轨完全能达到所要求的硬度水平。

在大多数使用的未热处理钢轨中,标准碳素钢轨满足于一般铁路所需要的低硬度或低强度的要求。

Hi—Life 钢轨是由普通碳素轨经深层热处理得到的,是一种新的高硬度高强度钢轨,其平均硬度可以预选,以满足各条铁路或某些使用条件苛刻的铁路区段的要求。

Hi—Life 钢轨的制造基本要求是严格控制化学成份(化学成份范围控制在 AREA 标准的碳轨或 BS11 及 UIC860 标准的耐磨级 900A 规范,图 1)。尽可能小的微观偏析和高纯净度也是必要的。由于英国钢铁公司的蒂兹赛德工厂在生产各个环节采用先进技术和质量保证体系,用于钢轨的钢坯可以达到上述的综合要求。

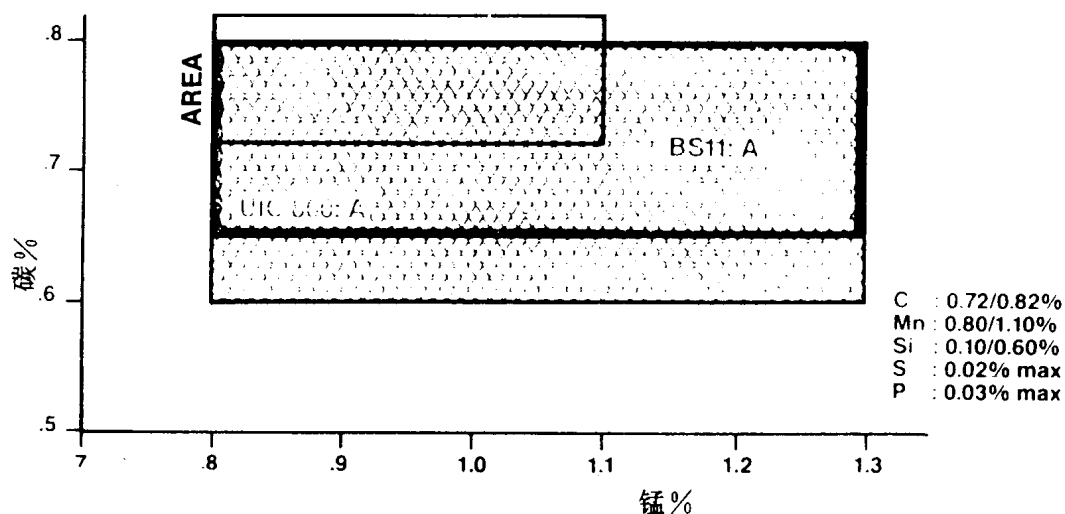


图 1 Hi—Life 轨的碳—锰含量控制

矿石要经严格筛选,保证不含有害的残余元素。用于炼铁的高炉是全欧洲最大的,而且配有成熟的外部设备和先进的计算机控制。

成份严格控制的铁水在大的碱性炼钢炉中冶炼成钢轨钢,并以现代方法进行二次精炼,然后浇铸成沃金顿钢轨轧机所需要的连铸坯。在炼钢和浇铸整个生产工艺过程中,采用了严格检查质量保证措施和计算机辅助控制,使用保证较高级质量标准,例如,较窄的化学成份控制,高的纯净度和低的氢含量。

按沃金顿厂制订的确保产量质量的生产工艺规程进行加热和轧制成所要求的断面尺寸的钢轨,被热锯成一定长度(最大 36 米)。并经辊式打印机打上标志。

然后,用于深层淬火的 Hi—Life 钢轨通过与轧制同时进行的及利用轧制余热的新的热处理作业线。

钢轨轨头的温度以连续的精确测量,结果反馈给控制计算机。导向辊将钢轨送经一系列的水雾喷嘴,这些喷嘴是自动控制的,并且其位置是经过设计以使钢轨断面,化学成份,所需硬度等详细数据输入计算机,并连续监视入口及出口处的温度,使计算机能够自动控制钢轨移动的速度和水雾浓度。

经 Hi—Life 热处理设备并被予冷的钢轨移送至冷床,按一般的钢轨生产工艺,在静止空气中完成相变,形成珠光体微细组织。

Hi—Life 处理工艺保证钢轨温度降到能得到希望硬度的珠光体组织最适宜的温度。这种预期的深层硬化钢轨没有不希望的显微组织,如马氏体、贝氏体或非片层状过渡状态的珠光体组织和从轨头到其它部分的性能是均匀过渡的。

Hi—Life 热处理工艺适应性好,可适用于大多数断面的钢轨进行热处理。(对一些异型几何断面的非标准断面钢轨需要短时间的试运行来摸索计算机程控参数)。由于这种工艺设备是原有普通钢轨生产工艺组成的一部分,钢轨从订货到交货时间与一般钢轨相近。

原有非在线的热处理设备是 1985 年安装的,并生产 Hi—Life 钢轨。现在这种工艺又得到进一步发展,可生产普碳及低合金深层硬化钢轨。

一百多年的铁路运营和钢轨制造中得到的铺设经验和实验研究结果证实了如下各点:
增加钢轨硬度可显著改进耐磨性(见图 2,图 3);

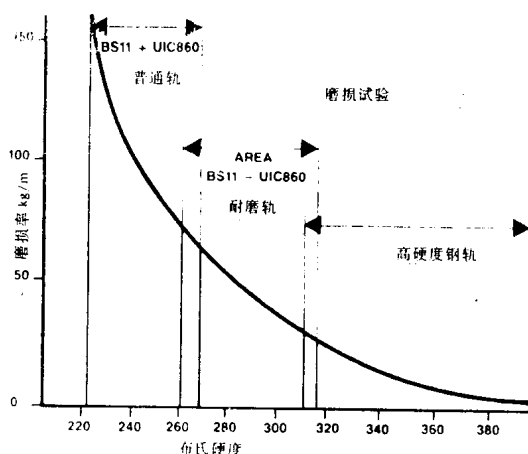


图 2 硬度对提高耐磨性能的影响

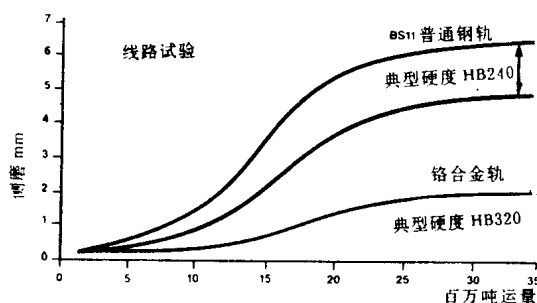


图 3 在相同运输条件下,普碳轨和铬合金轨的侧磨耗对比

片层状珠光体组织耐磨性最好,尤其是在铁路曲线上经常与车轮磨擦的钢轨;

其他高硬度的显微组织,如马氏体、回火马氏体和贝氏体,抗磨损性能不佳,而且是所不希望的脆性组织;

珠光体的片层组织越细,硬度越高,耐磨性越好;

奥氏体到珠光体的转变温度越低,则片层组织越细,钢轨硬度越高;

钢的化学成份与/或冷却速度极大地影响珠光体转变温度;

热处理取得高硬度必需同时严格控制化学成份和净化钢质。否则,虽然钢轨具有高耐磨性,但会由于疲劳损伤而减低寿命。

连续冷却曲线(CCT)是用图解说明冶金原理的适宜的方法。图4是普碳轨钢和合金轨钢的典型CCT曲线,图中显示出一般空冷和快速冷却的冷却曲线。

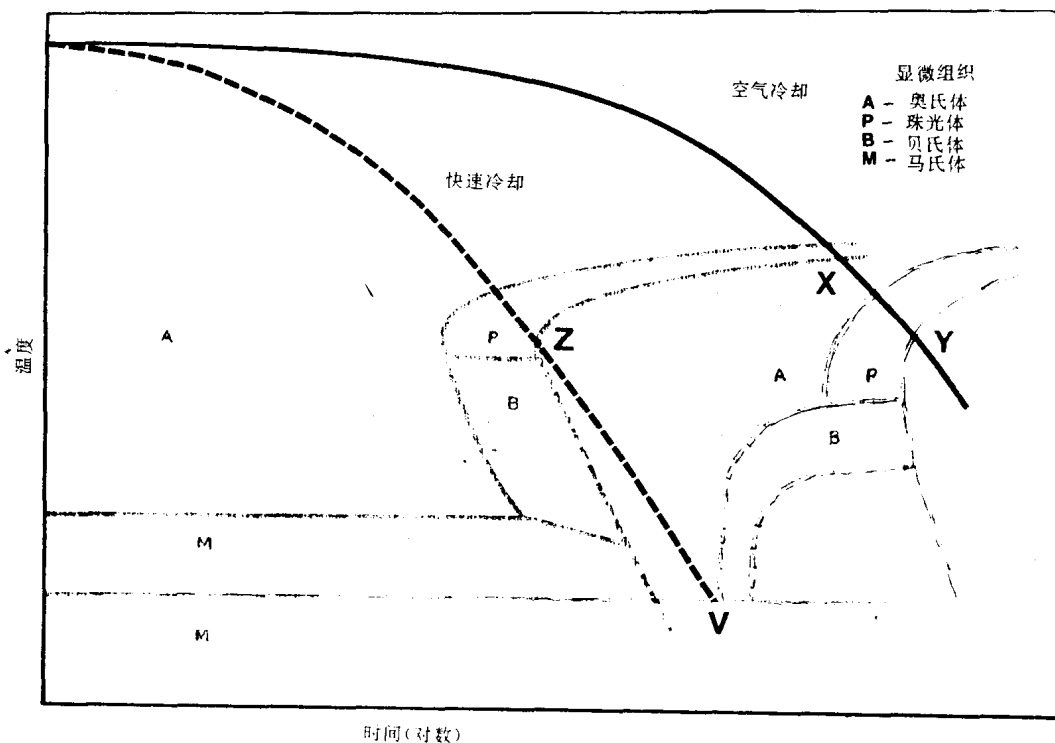


图4 CCT曲线

一般空冷的珠光体转变在X点结束,而合金钢的转变点则压低到Y点。由于转变温度大大降低,珠光体细化,因而其硬度和耐磨性提高了。

对普碳轨来说,快速冷却也可以降低珠光体转变温度,如图示中Z点,因而也可得到细珠光体组织。如果以这种冷却速度用于处理合金钢轨,则使转变点过份降低(V点),转变组织为马氏体和贝氏体。虽然这种组织很硬,但不是我们希望得到的。

图4还显示出铬在使转变曲线右移的巨大作用。应当注意,图中的时间轴是取对数的值,甚至由于偏析和显微偏析所引起的微小成份变化,都可显著影响到CCT曲线相应部分的位置和形状。

同样,冷却速度的任何变化也将导致冷却曲线向CCT曲线图的贝氏体或马氏体区偏移,而这样也会产生不希望的贝氏体和马氏体显微组织。

很多年来,钢轨生产厂兼用调整化学成份和改变冷却程序的方法生产耐磨钢轨。加入1%铬可使钢轨的耐磨性进一步提高,但是这种钢轨的缺口敏感性和热敏感性也比常规的普碳轨高。这种钢轨需要慢速而且昂贵的焊接工艺,如果在紧急的线路修复工作中和作为普通标准钢轨使用存在很大的危险性。

以前的钢轨热处理通常采用轨头重新加热的方法(有时是钢轨全断面),然后快速冷却。大部分轨头硬化钢轨表层下较浅的部位硬度很高,下面是一层软化带,其下仍然回复到轧制钢轨

的母材硬度。这种轨头硬化钢轨不适于机械加工的道岔,这是由于机械加工会去掉硬化层而使较软的转变组织暴露出来。而且这种工艺生产的钢轨硬化层深度不够,往往是变化得大,不合现代标准的要求。

过去,采用调整化学成份和热处理技术生产高耐磨钢轨的困难如下。

由于传统的炼钢和铸锭技术的限制,在下列环节发生问题:

化学成份的控制;

成份偏析和显微偏析;

内部和表面缺陷;

钢质纯净度;

检测设备不相适应和缺乏快速反应控制设备;

没有自动监测、分析和自动控制调整的计算机系统。

现代炼钢和铸锭工艺使得钢轨钢的化学成份得到精确控制。这种钢轨成份能很好地“适应”CCT 曲线图上的位置。现在的温度测量仪器非常灵敏而准确,结合计算机的数字模型程序就可对钢轨全断面的热状态进行连续检测,再由计算机通过控制阀门和专门设计的喷咀来调节水流速率,以此实现希望的冷却曲线和状态。

为了得到所希望的细珠光体组织,以使轨头达到规定的平均硬度,必须散失足够的热量,使在连续空冷期间在合适的温度下进行相变。如图 5 所示。

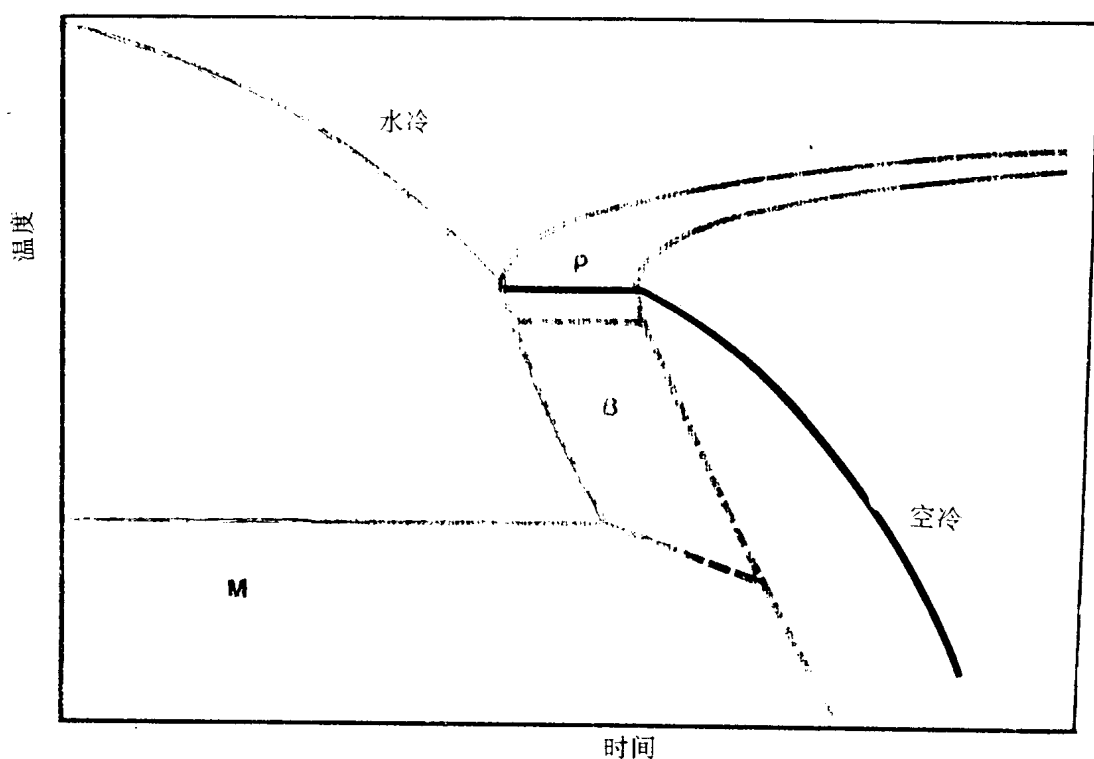


图 5 Hi-Life 钢轨钢 CCT 曲线