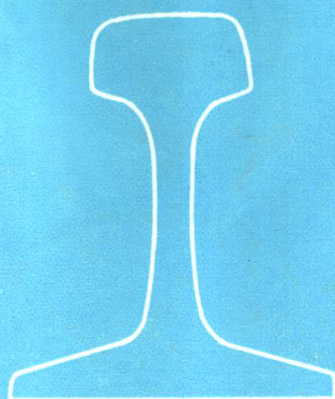


重轨译文集

—— 2 ——



包钢经济技术情报研究所

包 钢 科 技 处

一九九一年十一月

序

我公司经过廿多年的努力,重轨钢产量已占钢材产量的 17.7%,质量也取得部优、国优产品称号,但与世界先进水平相比,尚有差距。

经济技术情报研究所把提高重轨质量作为技术情报重点调研课题,收集了 12 个国家、9 种文字、计 200 多篇有关重轨钢的文章,从中选取 40 篇出版本译文集,为我公司炼钢、轧钢的生产管理、科研及广大技术人员提供了世界先进国家在重轨生产中的技术状况和学术动向。

期望本译文集将为我公司的重轨质量进入世界先进水平并争誉于国际市场起到应有的作用。

范国光

目 录

冶炼

转炉钢轨钢的生产.....	(1)
生产中高碳钢的顶底复吹技术.....	(3)

脱氧与微合金化

不同脱氧法的全硬化钢轨钢的抗裂性.....	(4)
钢轨钢微合金化新工艺.....	(8)
改善罐内钢轨钢脱氧和微合金化工艺.....	(10)

钢包处理

英国钢铁公司清洁钢轨钢的生产.....	(12)
罐内用中性气体处理转炉钢轨钢的生产.....	(17)
用炉外处理工艺改善重轨钢质量.....	(18)
350 吨钢包内惰性气体搅拌钢水对氢含量的影响	(20)
提高重轨钢生产的纯度.....	(23)
蒂森钢公司钢轨钢二次冶金现状.....	(26)
在钢包中用稀土金属使钢变性处理的特点.....	(33)
转炉生产钢轨钢用铁水增碳.....	(36)
钢包冶金——今后十年的发展方向.....	(37)
1987 年钢包冶金技术各钢厂统计情况	(41)

浇铸

浇铸钢轨钢时水口阻塞原因的研究.....	(45)
改进滑板浇铸钢轨钢.....	(47)
连铸坯比钢锭生产钢轨钢的优越性.....	(48)

轧钢

钢轨生产的转变.....	(50)
--------------	--------

蒂森钢有限公司在钢轨生产方面的重要成就	(51)
生产高强度高韧性的钢轨钢	(52)
成品前轧机为万能轧机重轨的生产	(58)
连铸坯轧制重轨质量的研究	(61)
轻轨电车轨的工业生产	(66)
怎样实现铁路运输规划	(68)
钢轨轧制用万能滚动导板	(71)
型钢轧钢厂钢轨的万能轧制装置系列	(72)

热处理

连铸方坯轧制的全淬透钢轨的抗断裂强度	(75)
多纳维茨厂轨头深层淬硬设备	(79)
钢轨热处理强化生产的新方案	(81)
HSR——头部特殊淬火钢轨	(83)
钢轨在线热处理设备	(84)

品种

添加稀土金属的重轨钢锭非金属夹杂物的特性及其分布	(85)
添加钒改善碳素钢轨钢	(90)
钢轨钢的新品种	(96)
加拿大国营铁路线上的合金钢轨	(97)

钢轨检验

钢轨钢中有害夹杂的检验方法	(101)
铺在哥特哈特路段高强原硬钢轨检验	(114)
对钢轨、型材和板材进行无损探伤的涡流探测系统	(120)

标准

铁路工程手册第四章——钢轨 1988 年修订意见	(123)
--------------------------	-------

转炉钢轨钢的生产

〔苏〕 K·Γ·Носов 等

捷尔任斯克钢铁公司在 250 吨顶吹氧转炉内冶炼钢轨钢。从混铁炉出来的低锰生铁含 Si1.10%、Mn0.06~0.10%、S0.025~0.055%、P0.040~0.080%。倒入转炉前的铁水温度为 1300~1360℃。

约 70% 下脚料和 30% 轻质废钢用锹加入。在冶炼钢轨钢时由于生铁料消耗较多,在含碳量达到规定含量(0.65~0.75%)停吹时产生的碳氧化热量比较少,此外,考虑出钢时用某种方式蓄热保温,接着在罐内用氩处理钢水。生产钢轨钢时,降低了生铁料消耗。

用烧成的白云石质石灰作为造渣材料(79~87%CaO 和 10~16%MgO),加入时的块度大小为 8~40mm,石灰用量取决于生铁中硅和硫的含量。用烧成的白云石代替部分石灰是允许的。

制订的冶炼工艺包含了达到目标碳含量时结束吹炼的规定。测定过程碳含量后,接着对钢水加以补吹。冶炼结束时,用于碳氧化的总耗氧量可按下列方程计算:

$$V_k = 10.7Ga(c_1 - c_2)$$

V_k ——为了降低多余含碳量所必须的(c-c₁-c₂)工业纯氧总耗量, M³;

C_1 和 C_2 ——中间倒炉时钢样中的碳含量和钢水中的目标碳含量, %;

G ——金属炉料重量, 吨;

a ——钢水产率, %/100;

中间倒炉得以了解钢水的温度并在必要时加以调整。

按照上述工艺进行冶炼可以减少低碳钢不合格炉数,由于进行了补吹,同增碳颇为有

意义的结合起来,引起了钢水被氢所饱和,因而在钢轨中形成了白点。在冶炼工艺中,当使用低锰生铁冶炼高碳钢停吹时很难形成活跃的高碱度炉渣。为了加速成渣过程,拟订了在吹氧过程中氧抢短时间上升的吹氧制度(每 1~3 分钟上升 2~3 次)。萤石耗量增加 2~3 公斤/吨钢。与此同时,当钢水中碳含量为 0.6~0.9% 时,渣中的氧化亚铁含量达到了 10~16%。由于提高了萤石的耗量,尽管渣中氧化亚铁的含量较低,在冶炼钢轨钢时,其终渣的碱度约可达到低碳钢时的碱度。

下面是冶炼钢轨钢(A)和低碳钢(B)的主要技术指标:

	A	B
冶炼炉数	836	842
金属炉料中的废钢量, %	15.31	22.26
单耗, 公斤/吨		
生铁	948.75	847.64
废钢	171.47	249.57
石灰	79.4	73.3
白云石	0.6	3.36
萤石	5.6	2.7
铁水温度, °C	1322	1326
生铁中含量, %		
Si	0.89	0.88
Mn	0.10	0.13
S	0.038	0.037
P	0.054	0.054
氧耗量, 米 ³ /分	765	773
吹氧时间, 分	14.5	17.6
炉料中碳耗量, 公斤/吨	—	5.2
脱氧前钢中含量, %		
C	0.71	0.06
Mn	0.09	0.09
S	0.038	0.041
P	0.018	0.016
出钢温度, °C	1606	1625
炉渣碱度	3.5	3.4
终渣中 FeO 含量, %	14.27	17.65
钢产量年合格率, %	89.08	89.13

冶炼低碳钢时,末期渣和钢水之间磷的分配系数提高了,这是由于含有较高的氧化亚铁之故。在冶炼钢轨钢时,硫分配系数的提高是由于萤石耗量较高和炉渣的氧化度较小之故。

为了测定各工艺因素对钢中氢含量的影响的研究指出,在钢水过热和冶炼末期用石灰冷却时,在大量补加增碳剂后以及为使罐内渣稠化而使用粉状石灰时,氢的含量提高了。因此,今后应限制罐内钢轨钢水的增碳范围不应大于0.1%。为稠化炉渣不许往罐内添加石灰,这可使出钢前钢水中含氢量降低到平均每100克钢水为1.8厘米³。尽管采取了上述措施,脱氧后钢中的氢含量波动范围还很大。

罐内钢轨钢水用硅锰、硅铁和铝脱氧。为了使罐内钢的化学成分和温度均匀化,用浸入式风咀进行吹氩。对钢水吹氩降低了钢水中氢含量和非金属夹杂物含量。由于氢含量的波动,对钢轨施行了抗白点处理。

从带有滑板钢水罐往有保温帽的上宽下

窄的钢锭模内上注钢轨钢水,锭重7吨。采用焦粉、高炉渣和十字石云母精矿的混合料作为钢锭保温帽部分的保温剂。浇注后钢锭停留时间不得少于50分钟。

钢锭在950轧机上轧成225×240mm方坯,并将其切割成两段后轧制钢轨。

所研制的工艺保证所轧制钢轨的断面几何尺寸符合标准要求。

钢轨轧制后,在缓冷坑内进行去白点处理,该缓冷坑在使用转炉钢生产钢轨工艺开始时就予以修复并投入了生产。钢轨经处理后,可以得到无白点的钢轨。

由转炉钢轧制的未经热处理钢轨的机械性能如下:瞬时抗张强度极限890~1050H/mm²;屈服极限405~630H/mm²;相对延伸率5.0~9.7%;相对收缩率7.0~14.0%;+20℃时冲击韧性比平炉钢轨钢高5~10焦耳/cm²。

为了提高钢轨硬度,在辊式设备上进行淬火处理(见表)

淬火后 P₅₀ 钢轨的性能指标

[C],%	下列各深度(mm)时的硬度,HB						机械性能				
	5	10	15	20	25	40	σ_B H/mm ²	$\sigma_{0.2}$ H/mm ²	δ %	ψ %	$\frac{1}{2}KCU$ JΦ/cm ²
0.70~0.76	331			321	321	285	1130	830	12.5	37.0	
	341	341									46
	363			331	331	293	1205	875	14.5	44.5	

转炉钢所轧制的钢轨宏观组织和显微组织均符合标准要求,它具有非金属夹杂物含量少的特性。非金属夹杂物主要成分为铁锰和氧的硫化物。硫化物以细长条形式存在,长度为3.5mm,符合3~4级标准。氧化物(%)杂夹为氧化铝和尖晶石(Al₂O₃·MgO),亦以条状形式存在,长度为2.2~6.2mm(符合2~5级),个别夹杂物与硫化物并存,形成了

复杂的氧硫化物:

SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	Mn	Σ
0.0015~0.0020	0.0016~0.0030	0.0025~0.0031	—	0.0056~0.0081

在罐内钢水经吹氩10分钟后,非金属夹杂物含量减少了,条状氧化物的长度缩短到1.2~1.8mm(夹杂度1~3级)。

钢的显微结构由不同分散度的索氏体形成到中等片状结构的珠光体构成。

生产中高碳钢的顶底复吹技术

〔日〕 盐饱 洁等

绪言

日本神户钢厂主要生产钢轨用特殊钢,由于停吹时 C 很高,故转炉脱 P 负荷很大。用铁水预处理炉(H 炉)进行大量的脱 P、脱 S 处理后,转炉可以大量使用经预处理后的铁水,特别是在减少使用辅助原料方面效果颇为显著。本工艺采用了顶底复吹(LD-OTB 法)工艺,进一步扩大了转炉吹炼效果,现报告如下。

作业条件

顶底复吹转炉的作业条件见表 1;炉底型状见图 1;底吹气流量曲线见图 2。

顶底复吹转炉的作业条件 表 1

容 积	80Ton/ch
复合吹炼	LD-OTB
顶底喷枪	SA 喷枪
底吹速度	0.3—0.8Nm ³ /T. min
底吹气体	Ar

由转炉钢轧制的 P₅₀ 钢轨结构强度(疲劳极限和结构持久极限)符合标准要求。

结 语

捷尔任斯克钢铁公司在 250 吨转炉内用低锰生铁(Mn<0.1%)冶炼钢轨钢的工艺保证了达到规定碳含量(0.60~0.80%)时的停吹,形成了高碱度渣(FeO 含量不大于 15%)



图 1. 炉底喷嘴布置

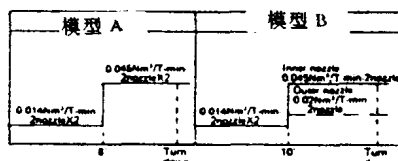


图 2. 底吹气体流量模型

试验结果

(1)、冶金效果:在生产中高碳钢时,停吹渣中的 T·Fe 约降低了 5%,而且 Mn 和 Cr 的利用率显著提高。由图 3 可以看出,为降低 T·Fe 采取内、外侧喷枪搅拌的方法,效果颇佳。在使用预处理铁水进行转炉吹炼时,上炉留渣中的(P₂O₅)影响颇大,通过磷分配比(L_p)和渣容积的推算,可算出停吹时的(P)值。如图 4 所示,在中高碳钢的生产过程中,顶底复吹方法非常适用。此种方法 L_p 低且波

和钢水加热到浇注所需的最佳温度(1590~1620℃)。钢水吹氩处理促使罐内钢水的温度和组成均匀化,并减少了钢中非金属夹杂的氧化物。由转炉钢冶炼的钢轨质量符合现在标准的要求。

王兆荣 译自《Сталь》1987. No. 8

智文斗 校

不同脱氧法的全硬化钢轨钢的抗裂性

〔苏〕 A. V. Ivanov 等

作者研究了几种不同脱氧方法对 M76 钢轨钢断裂韧性和疲劳性能的影响。发现脱氧方法对这些钢轨钢的抗裂纹性有显著影响。在炉内用 Si-Mn-Al 合金和在罐内用 Fe-Si-Ca-V 合金脱氧,可获得 -60℃ +20℃ 间最好的疲劳性能和最大的断裂韧性。

接触疲劳断裂是铁路钢轨在使用中最普遍的一种断裂型式。在没有完全排除钢轨缺

陷的条件下,来评价钢轨钢的使用寿命,了解钢的抗裂纹扩展是非常重要的。本文作者研究了不同脱氧法的 M76 钢对断裂韧性和疲劳性能的影响,它是确定设计钢轨钢强度的参数。试验测定了材料的循环和静态负载的抗裂性。在全硬钢轨(820℃~830℃ 淬火、460℃ 回火、保温 2 小时)头部距踏面下 3-5 毫米深处,并沿轧制方向取板状试样(25×6×3 毫米)。为了进行集中弯曲试验,试样具

动小。因此,停吹 P 的推算精度较高,快速出钢(停吹后不用进行成份分析,可直接出钢)亦较容易。

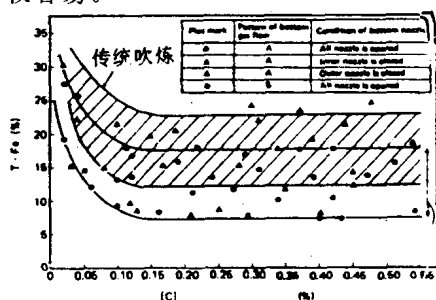


图 3. 内、外侧喷枪搅拌使 T·Fe 降低

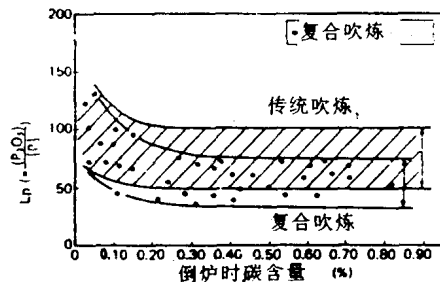


图 4. 顶底吹对 Lp 和 C 和作用。

(2)、底吹喷枪寿命:中高碳钢生产时,底

吹喷枪的熔损速度非常慢,即 0.1~0.2mm/ch。这说明渣中 T·Fe 低,渣的粘着性良好。

(3)、镇静时间:停吹后,渣的镇静时间示于图 5。停吹后,由于中高碳钢的 C 与渣中 FeO 的反应,产生 CO 气体,因此,延长了渣的镇静时间。由于采取了顶底复吹的方法,FeO 下降,从而缩短了镇静时间。

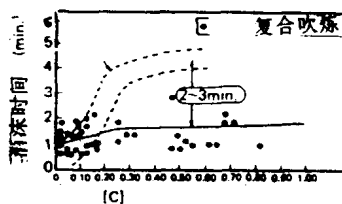


图 5. 停吹后渣的镇静时间

结束语

经研究发现,冶炼中高碳钢时,适应顶底复吹的方法,将经预处理后的铁水在转炉进行吹炼,其效果将会更佳。

张晶磊 译自《铁与钢》1986. No. 4

王廷鹏 校

有一条通长的裂纹。当选作扫描电镜试验的小型样品尺寸不能满足线性断裂力学要求时,则采用 $83.3 \times 20 \times 10$ 毫米的 BN1 试样,其厚度根据测量断裂韧性的规定,来进行对比参考试验。样品取至全硬化 I 类钢轨(罐内未用铝脱氧)并以如下方式取样即在试样全断面上,横向疲劳裂纹尖端在距踏面下 1.5 毫米处。从 10 个试样的厚度上获得试验结果,绘制出疲劳断裂力学图。对疲劳韧性的测定,每种情况取 6 个试样遵守下列条件予制疲劳裂纹: K_f 最大 $< 0.55K_c < CK_{Ic}$, K_f 最大是每个循环周期最大应力强度系数; K_{Ic} 和 K_c 平面应变(试样厚度 $h=10$ 毫米)和平面应力条件下($h=3$ 毫米)临界应力强度系数。

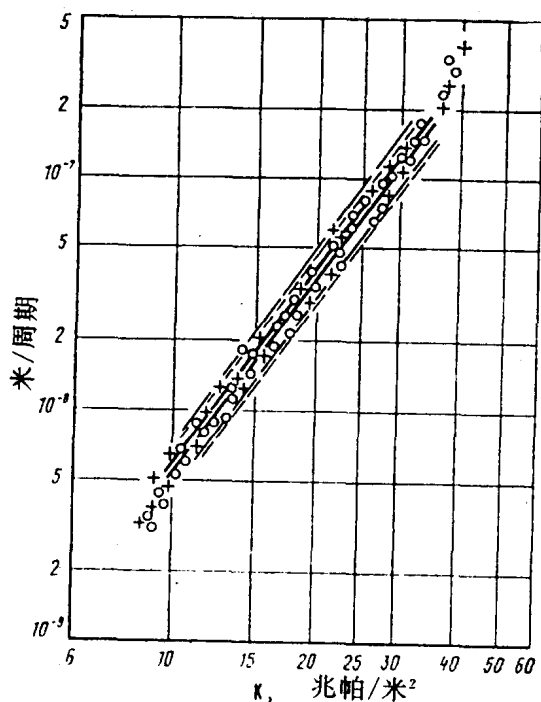


图 1 从不同厚度的试样试验中获得 M76 全硬钢轨钢的动力学疲劳断裂图

图 1 表示了疲劳试验结果,从疲劳断裂力学图中间部分的回归分析,以及过去文献所介绍,示出仅 3—10 毫米厚试样的 Paris 方程参数有些差别。相关系数分别为 0.97 和 0.98,事实上与 95% 可信度相吻合。

在断裂韧性试验中,通过电位法记录了裂纹扩展的瞬间。负荷/裂纹和位能/裂纹的位移曲线比较,示出所有 10 毫米厚试样裂纹扩展的时间与微型试样达到最大负荷的时间相符,这也可通过在 $\log - \log$ 双对数坐标上再延伸负荷/裂纹位移曲线,测定裂纹扩展的方法得到证实。

根据过去文献介绍,统计分析断裂韧性参数的测定结果,在这种情况下系数变化没有超过 14.7% (分母: 为均方差)

h 毫米	K_0 MPa/m ²	K_{Ic} MPa/m ²	K_c 最大 MPa/m ²	K_c^* MPa/m ²
3	$\frac{50.6}{3.4}$		$\frac{55.6}{55.9}$	$\frac{50.5}{5.4}$
10		$\frac{51.5}{7.5}$		

* 对塑性区没有校正

K_c 断裂韧性值是从未校正塑性区的最大负荷 $P_{最大}$ 所测得的。 K_0 值(临界应力强度因子相当于通过 5% 正割法得到负荷 P_0 值),发现与 K_{Ic} 值相同,具有 0.99 统计可信度。让我们注意到塑性区最大长度由侧面收缩来确定 r_y , 设有超过 0.18 毫米,且符合平面应变条件的理论值:

$$r_y = \frac{1}{3} \times \frac{K_c^2}{2\pi\sigma_{0.2}^2}$$

所以,应力强度因子的临界值 K_0 和 $K_{最大}$ 是由 r_y 计算的。

显微试样断裂曲线分析表明,同样的对 K_0 值可达到可信系数 ($P_{最大}/P_0 \leq 1.1, v_1 < 0.25v_0$, 这里 v_1 和 v_0 是裂纹端部位移) 用 $0.8P_0$ 和 P_0 分别表示负荷。在最大负荷下发生裂纹扩展,接着以参数 K_c 为基础对不同方法脱氧的 M76 轨钢进行断裂韧性比较。

对轨钢抗裂性研究表明(每炉有 3—5 个试样)脱氧方法有显著的影响。对于在炉内用 Si—Mn—Al 合金脱氧而在罐内用 Fe—Si—V 合金脱氧(看表 1 方案 4)的 I 类钢轨其临界

应力强度因子值比在炉内用硅锰合金脱氧钢(方案 1)高 20%。这可能与钢水大量脱氧,减少树枝状偏析和带状偏析,以及塑性硅酸盐

和带状夹杂含量较少有关。在 1000℃奥氏体温度下方案 4 脱氧钢的晶粒比方案 1 脱氧钢小。

用不同方案脱氧 M76 钢轨钢的抗裂纹性能和化学成分

表 1

使用合金脱氧的方案	浇铸号	K _{IC} MPa/m ²	动力学疲劳断裂图 的中部 Paris 关系	成 分 %				
				C	Mn	Si	P	S
1. 炉内: Si-Mn 罐内: Fe-Si-Ca-V	25	$\frac{46.6}{5.7}$	$V = 1.5 \times 10^{-11} \Delta K^{2.9}$	0.75	0.89	0.28	0.015	0.027
2. 炉内: Si-Mn 罐内: Fe-Si-Ca - V-Se-Zr	3	$\frac{55.1}{2.3}$	$V = 8.0 \times 10^{-13} \Delta K^{3.4}$	0.77	0.92	0.29	0.016	0.029
3. 炉内: Si-Mn 罐内: Fe-Si-Ca- V-Se-Ce	3	$\frac{54.3}{3.4}$	$V = 1.2 \times 10^{-12} \Delta K^{3.3}$	0.76	0.87	0.026	0.016	0.030
4. 炉内: Si-Mn-Al 罐内: Fe-Si-Ca-V	11	$\frac{56.4}{4.9}$	$V = 1.7 \times 10^{-12} \Delta K^{3.2}$	0.76	0.88	0.32	0.016	0.030
5. 炉内: Si-Mn 罐内: Fe-Si-V-Sr-Ca	2	$\frac{44.7}{2.6}$	$V = 1.1 \times 10^{-11} \Delta K^{2.9}$	0.76	0.86	0.30	0.016	0.031
6. 炉内: Si-Mn 罐内: Fe-Si-Al (0.3-0.4kg/t)	29	$\frac{51.5}{5.9}$	$V = 3.5 \times 10^{-12} \Delta K^{3.2}$	0.75	0.88	0.26	0.019	0.031
7. 炉内: Si-Mn-Al 罐内: Si-Mn-Al-Fe-Sr (0.1-0.15kg/t)	7	$\frac{48.0}{5.6}$		0.74	0.85	0.29	0.017	0.027

* 分母为均方差 + 在罐内总的铝含量 0.3 公斤/吨

研究了硅锆和铁铈脱氧(方案 2 和 3)对 I 类钢轨钢断裂韧性的影响,每种方案分别取样共 3 炉。用硅锆或铁铈脱氧后加入非金属夹杂变质剂,从而使 K_{IC} 值提高了 12-14%。

应该注意的用方案 1 和 5 脱氧的钢轨钢的断裂韧性事实上是完全相同的。

尽管钢轨氧化铝含量很高,但 II 类钢轨钢在罐内用铝或 Si-Mn-Al 合金(方案 6 和 7)脱氧,其断裂韧性比 I 类钢轨钢用方案 1 脱氧者高些。这引起一个设想即在罐内用铝

脱氧,条状氧化铝夹杂,在降低抗缺陷形成能力的同时不能控制横向裂纹扩展。在炉内钢水脱氧期间,钢水中铝含量由 0.005% 变化为 0.010%,钢包用 Si-Mn-Al 合金脱氧对断裂韧性没有影响。

在疲劳试验中得到的大多数试验点都处于钢轨动力学疲劳断裂图形的中间部分($v \in 5 \times 10^{-9} \sim 10^{-7}$ 米/周期)。少数点则在疲劳裂纹生长初速($V < 5 \times 10^{-9}$ 米/周期)和裂纹生长加速($v > 2 \times 10^{-7}$ 米/周期)相关的区域内。将所有数据点都绘入图内是不可能的,图 2

示出用不同方案脱氧的钢轨钢动力学疲劳断裂韧性图中间部分,对95%重要量级的置信界限。还示出裂纹生长速度 $v=2\times 10^{-9}$ 米/周期的 ΔK 值平均。用方案2、3和4脱氧钢的抗疲劳裂纹扩展是一样的,所以图2示出动力学疲劳断裂图中间部分的一般可信度范围。用方案1和5脱氧者具有较低的抗疲劳裂纹性。对于Ⅱ类轨钢(方案6)处于动力学疲劳断裂图(曲线)中间位置。按照作者的数据,用方案5脱氧的钢轨钢的抗裂纹性稍优于方案1脱氧,但是这个结论还需要加以证实。对曲线中部范围内任何脱氧法,其裂纹生长速度的变化系数,对在固定范围内的应力强度因子不得超过3.2。就大量炉次的研究而论表明完全硬化钢轨的疲劳性能具有相当高的稳定性。

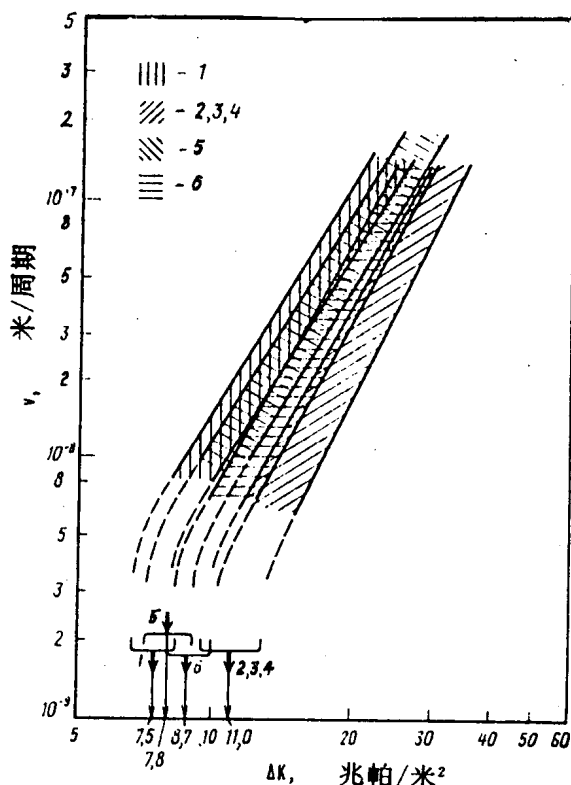


图2 用方案1—6(看表1)脱氧,全硬钢轨钢动力学疲劳断裂图

从获得数据表明脱氧方法对钢轨钢的疲

劳性能是有明显的影响。此因素的重要性在于:相当于疲劳裂纹生长速度的门槛值区域附近,应力强度因子的变化范围增大了。在用方案2、3和4脱氧钢中,裂纹扩展速度为 2×10^{-9} 米/周期时,其应力强度因子变化范围要比用方案1脱氧的钢宽45~50%,而这个差别仅是 10^{-7} 疲劳裂纹生长速度的30~35%。

从M76全硬钢轨的断裂韧性和冲击试验(断口垂直于轧制方向)结果示出,在常温下具有低的相关性(图3),相关系数是0.26。图3示出95%重要量级的置信界限。

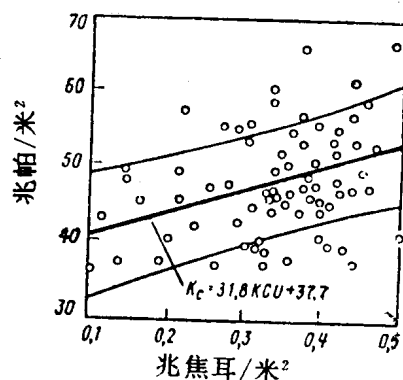


图3 M76全硬钢轨的冲击强度(Kcu)与断裂韧性之间的关系

从提高钢轨低温脆性断裂的敏感性的观点出发,获得脱氧方法对落锤试验温度的抗裂性数据,是非常重要的。作者研究了用5种方案脱氧的M76轨钢,落锤温度从 -60°C ~ 20°C 时的断裂韧性。用3毫米厚BN1试样进行 K_{IC} 值的测定,试样取至2炉中以每种方法脱氧的全硬钢轨上。在特制的容器中,通过调节液氮蒸发器线圈电压,将试样冷至所需温度。达到所需温度之后,温度偏差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,试样保温15分钟,试样在冷却室内断裂。

试验结果见图4。每个结果至少取自4个断裂试样。随试验温度下降断裂韧性也明显降低。在这些条件下也看到削弱脱氧方法的影响:在 -60°C ,炉内用Si—Mn—Al合金

钢轨钢微合金化新工艺

〔俄〕 A. B. Палл 等

(下塔吉尔钢铁公司、乌克兰冶金科学研究所等)

添加少量的钒(0.03~0.07%)大大影响钢轨的机械性能。过去制定有在钢包中用硅—钙—钒合金微合金化处理钢轨钢的工艺,并被采用。这种工艺与标准的工艺比较可大大改善钢轨的质量。

但是硅—钙—钒合金的生产工艺多段而复杂,损失大量的钒(60~70%),耗费大量的

劳动力和能源。因此使用这种合金成本高且稀缺,使得该工艺的应用受到限制。

使用含钒中间产品特别是钒铁进行钢的合金化处理可以降低钒的耗用量,同时可以大大提高高效含钒钢轨钢的产量,保证钢中钒有很高的收得率。在这种情况下,钒的成本也大大低于硅—钙—钒合金中的钒,也可取

脱氧,罐内用 Fe—Si—Ca—V 合金脱氧(方案4)钢的 K_{IC} 值高 7%,在 20℃ 时,比在炉内用 Si—Mn 脱氧(方案1)钢相应的 K_{IC} 值高 20%。

高(图4)。

结 论

从微观试样的试验结果对 M76 轨钢的疲劳性能的叙述是可靠的。在塑性区并具有 0.99 可信度时测得的 K_{IC} 和 K_{IC} 断裂韧性值无需校正,它与在平面应变条件下测出 K_{IC} 值相同。脱氧方法对 M76 全硬钢轨抗裂性有显著的影响。在炉内用 Si—Mn—Al 合金和罐内用 Fe—Si—Ca—V 合金脱氧的所有脱氧方案,并在 -60℃~20℃ 范围都可获得最好的疲劳性能和最大断裂韧性。当试验温度低于 -60℃ 时,轨钢的断裂韧性急剧下降(最多达 35%),并随脱氧方法的影响而 K_{IC} 降低, M76 全硬钢轨中,断裂韧性与冲击强度之间有一个微弱的相关性。

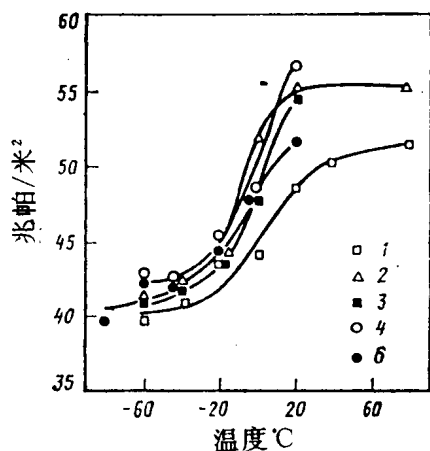


图4 用不同方案脱氧钢轨钢的断裂韧性与试验温度之间的函数关系

用方案1和2脱氧的轨钢断裂韧性也可在提高温度下(80℃)来测定。在这种情况下更呈塑性断口(在曲线Ⅲ负荷/裂纹开口位移图中示出这种类型参考5),而 K_{IC} 值稍有提

智文斗 译自《Steel in the USSR》

1987年2月17期

梅美武 校

消处理钒原料生产合金的一套复杂工艺流程。

鉴于上述原因,乌克兰冶金科学研究所、乌拉尔黑色冶金科学研究所和下塔吉尔钢铁公司共同进行了,用含钒铁水进行微合金化处理冶炼钢轨钢的工艺研究。研究的主要目的是获得钢水中最大含钒量。

在下塔吉尔钢铁公司进行了试炼。分别在 430 吨碱性平炉中,采用废钢矿石法炉内吹氧及 160 吨氧气转炉冶炼 M76 号钢轨钢。

冶炼所需含钒钢轨钢工艺的基本点是:当钢水中碳含量低于牌号钢时停止吹炼,随后进行钢水增碳,增碳使用天然合金的含钒铁水。

为了确保钢获得所要求的化学成分制定了精炼及在达到规定的碳含量时停止吹炼的诺模图。诺模图可在工厂条件根据所规定的钢中碳和钒含量,在已知的钒铁化学成份下算出应加的天然生铁量。

平炉冶炼炉料中减少了炼钢生铁的用量。炉内钢水温度要比普通生产工艺高 25~30℃,以补偿增碳时热的损失。钢在炉内事先用 SiMn 脱氧,而后加入计算量的钒铁,钒铁中事先溶入铝,以防止钒烧损。钢水放入二个钢包中,用复合铁合金脱氧并吹氩。用此工艺共炼了 8100 吨钢。

试验钢的化学成分接近大批生产钢的成分。钢中钒的平均含量为 0.04%,相当于库兹涅茨克钢铁公司用硅—钙—钒中间合金微合金化的钢中含钒量(0.043%)。

根据计算生铁应补充加 0.006% 左右的磷(生铁中含磷平均为 0.06%)。实际上钢中磷量总共提高了 0.003%,这是由于在向炉内兑铁水带入的磷及出钢前钢水静置过程中与炉渣发生作用,而被脱磷的结果。与铁水一起进入的铝可能烧掉,提高渣的活性及其脱磷能力,在试炼的各炉钢中硫含量比大批生产钢低 0.004%。这是由于试验钢中因精炼过程中温度较高,脱硫条件较好的结果。

有 2 炉试验钢(5.3%)的化学成分偏离 ГОСТ 24182—80 的要求:一炉是由于加钒铁后钢水实际没有在炉内静置 2 分钟就出钢,碳的含量为 0.69% 比 ГОСТ (苏联国家标准)所要求的低 0.02%。在另一炉中锰的含量由于钢水在钢包(225 吨和 189 吨)中分布不均匀而提高了 0.05%,这与加钒铁无关。试验钢和大批生产钢的化学成分的偏差量实际处于同一水平。

加钒铁时钢中碳含量的提高(图 1)用下式表示:

$$\Delta C = -0.0263 + 0.4325Q (r = 0.93, s = 0.0687) \quad (1)$$

式中:Q——加入钒铁的量,占一炉钢的重量%

r——相关系数

s——均方误差

碳含量的提高与钢中碳含量的计算提高值相一致($\Delta C = 0.0254 + 0.0449Q$),可以运用诺模图计算无需校正。

钢中含钒量与钒铁的加入量之间的关系方程是:

$$|V| = 0.0073 + 0.0033Q (r = 0.3, s = 0.008) \quad (2)$$

钢中钒的实际含量稍低于计算量(图 2)。钢中钒的平均计算量 $|V|$ 应等于 0.0446%,实际是 0.04%。因而钒的利用率等于 89.7%。

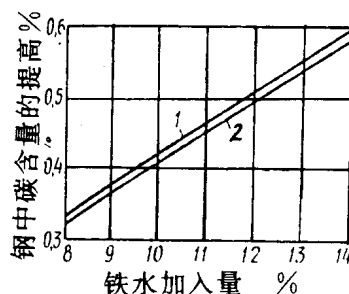


图 1 加入钒铁时碳含量的变化:

1—计算值;2—实际值

改善罐内钢轨钢脱氧和微合金化工艺

〔俄〕 В. А. Паляничка

乌克兰科学研究所、亚速冶金公司和黑色金属研究所

乌克兰科学研究所亚速冶金公司研究表明,硫含量对表面质量产生不良影响。这是

因为用高频电流加热进行热处理时,钢轨头部产生拉长作用,而硫的加入提高了钢的热

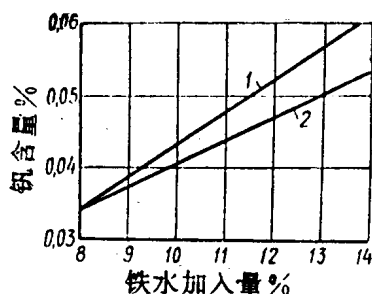


图2 加钒铁时钒含量的变化:
1—计算值;2—实际值

应当指出,在加钒铁前钢水中含有痕迹到0.005%残留钒。不计残留量钒的利用率为83%。

众所周知,钢中碳含量低于0.3%时,钢水氧化度急剧上升。因组织方面的原因,5炉试验钢中在加钒铁前碳含量等于0.17~0.29%。在这些钢冶炼过程中钒的平均损失21.8%,比平均损耗高一倍。钢水中碳含量高于0.3%时钒的损失不大。

经统计加工结果,推导出表示钒的损失与钢水中加钒铁前碳含量的关系式如下:

$$\Pi_v = 41.145 - 88.7 |c| \quad (r = 0.61, S = 8.2) \quad (3)$$

用氧气转炉炼钢时钢中达到计算含碳量,温度应在超出普通冶炼30~35℃时结束吹炼,加计算量的钒铁,钢水在转炉内静置后

倒入钢包;在钢包中用SiMn和SiCa脱氧并吹氩。炉内留渣操作,钢包中加入石灰以防回磷。共炼了4炉钢。

全部4炉钢的化学成分都符合ГОСТ24182-80的要求。应当指出,钒的收得率低于平炉冶炼的钢,因此钢中的含钒量处于下限。碳、锰和硅的烧损不大(相应为8.2、5.6和11.3%),所以可靠地保持钢中这些组份所要求的化学成分。

对钢在浇铸过程中各种化学元素在钢锭中分布的均匀性进行研究表明,碳、锰和硅的最大偏差没有超出分析准确度范围。有两炉钢由于钢包中渣比较稀造成了大量回磷(最后钢锭中含磷量为0.006~0.007%)。

结 论

深入研究了在430吨平炉和160吨氧气转炉中用钒铁微合金化处理钢轨钢的工艺。

该工艺保证炼出化学成化稳定和合乎要求的钢,钒的利用率与利用铁合金中的钒相比,平炉冶炼平均从40~50%提高到89.7%,转炉平均提高到62%。

胡金柳 译自《Металлурги — чская и Горнорудная Промышленность》1987. 3.

智文斗 校

脆性。

乌克兰科学研究所,黑色金属研究所和亚速冶金公司,用硅钛镁合金同稀土合金来脱氧、变性处理和钢的微合金化进行了研究,人所共知,它可促使减少钢中的硫含量。

炼钢在 430 吨倾动式平炉中,进行废钢矿石法同使用磷铁进行操作,浇铸钢锭重量为 8.5 和 10 吨,轧成的钢轨的型号为 P50、P65 和 P75。用高频电流加热使钢轨淬火。用稀土金属合金冶炼总共约 4 万吨钢,轧成 30.4 千吨轨,与无稀土合金脱氧钢所轧成的轨来比较。

试验钢和普通钢的化学成分、链状氧化物及金属污染度,冲击试验时未经热淬火的钢轨挠度,热淬火和没有热淬火状态下钢轨的机械性能是相近的,并能满足 Г0CT24182—80 和 Ty14—2—651—85 的要求。在无热淬火状态下钢轨表面质量无多大区别。在热淬火状态下的试验钢轨具有较高的(36 牛顿/毫米²)瞬时强度。在加有稀土合金脱氧的钢与仅有合金脱氧的钢相比较,其含硫量较低(相应的为 0.034%和 0.037%)。

比较了试验钢和普通钢热淬火锅轨的质量,热处理钢轨质量高;试验轨的表面缺陷和

超规定相对降低了 7%和 1.2%,其主要原因是降低裂纹和撕裂的损坏性,即降低了因含硫而形成的缺陷。

试验钢轨的冲击韧性较高(高 0.02 兆焦耳/米²)。虽然金属的冲击值仅为一般钢冲击值的 33.3%为 0.15~0.24 兆牛顿/米²,但所有试验钢轨均符合该指标 I 类($K_{cv} \geq 0.25$ 兆牛顿/米²)。

所有试验和对比的钢轨均经受住了冲击试验,然而试验钢轨在最初的考验中在 1/2 处有少数断裂。

低倍组织分析的检验报告表明,试验钢同普通钢低倍组织缺陷比较钢轨损坏较低,对钢锭底部所轧制的钢轨相应为 13.0 和 24.6%,头部所轧制钢轨相应为 6.7%和 0%。

这主要由于降低了皮下气泡的形成,而皮下气泡形成的降低,也许是由于金属的氧化度降低之故,因为稀土金属是强脱氧剂。从钢锭头部轧制的试验轨低倍组织中的缺陷损坏多,然而试验轨的受害水平没有超过普通轨。

在试验钢(分子)和普通钢(分母)中,非金属夹杂物(HB)和气体含量如下:

SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	ΣHB	[O]	[N]
$\frac{0.0024}{0.0042}$	$\frac{0.0036}{0.0021}$	$\frac{0.0024}{0.0005}$	$\frac{\text{痕迹}}{0.0015}$	$\frac{0.0005}{\text{未制定}}$	$\frac{0.0089}{0.0083}$	$\frac{0.0058}{0.0084}$	$\frac{0.0038}{0.0058}$

在试验钢中(电解析出沉淀物)亦发现含有氧硫化铈,这也证明了铈的变性作用。¹

可见,用含有稀土金属的硅镁钛合金在钢包内精炼,可以极大地改善热淬火锅轨的表面质量,钢轨的冲击韧性提高了 0.02 兆牛顿/米²,冲击试验不合格率减少了 50%,并改善了钢轨底部的低倍组织。目前在亚速冶金

公司在钢轨钢生产中应用了加有稀土金属的复合合金脱氧工艺、变性处理和微合金化。采取上述措施后,仅仅提高钢轨表面质量的经济效果可达 0.86 卢布/吨钢轨。

智文斗 译自《Сталь》1988. 10.

王兆荣 校

英国钢铁公司清洁钢轨钢的生产

〔英〕 G. K. Notman 等

摘 要

轧制钢轨用的连铸方坯生产工艺的改进包括真空脱气的采用、熔池搅拌、挡渣出钢、以及新中间包制动器装置的设计。改变工艺流程对显微夹杂物成分有重要影响。

1. 引 言

1979年,英国钢铁公司的 Young 曾论述过使用连铸方坯轧制钢轨的改进。表1由报告中复制,表示从1962年最初在 Barrow 试验厂7吨电弧炉上的试验,到 Shelton 厂60吨 Kaldo 转炉生产规模试验,一直到1974年 Lackenby 厂260吨碱性氧气转炉大规模生产试验的整个过程。到1979年用连铸坯生产的钢轨已超过1百万吨,包括所有的耐磨钢轨和特殊的含1%铬的钢轨,并且通过外线和内部运转试验证明质量完全没有问题。

用连铸方坯生产钢轨的发展情况 表1

1962年—Barrow 厂最初的试验设备
—7吨电弧炉
—230毫米方坯
—压缩比为7.5比1
1970—72年—Shelton 厂限定试生产
—60吨 Kaldo 炉
—413×230毫米方坯
—压缩比13比1
1972—74年 Lackenby 厂全部废钢试生产
—260吨碱性氧气转炉
—330×254毫米方坯
—压缩比在10比1和13比1之间
1974—86年 Lackenby 厂经常生产
—260吨碱性氧气转炉
—330×254毫米方坯
—3百万吨

从1979年以来在 Lackenby BOS 厂生产的方坯和接着在 Workington 厂最终轧制成的钢轨获得进一步发展。本文讨论了工艺流程的主要改进,其中对于最终的洁净度的质量有重要意义。

2. 现有工艺流程概况

冶炼钢轨钢所用的铁水由 Redcar 现代化的炉缸直径14米高炉提供。在1979年投产的这座高炉,生产异常顺利的第一个炉役之后最近停炉,该炉役共产铁1500万吨,其平均成分为%:

4.6%C 0.6%Si 0.7%Mn 0.035%S 0.11%P

大修期间在 Lackenby 厂钢的生产是使用 Cleveland 厂附近两座小高炉生产的铁,平常他们用来生产锰铁。

这座钢厂在1971年投产,主要有3座260吨碱性氧气转炉,供给两台板坯连铸机和一台方坯连铸机。辅助设备包括一台斯堪的纳维亚喷枪公司生产的喷粉装置和一台 RH 真空循环脱气装置。

该厂一般每周生产钢6—6.5万吨,63%的钢浇铸成板坯,32%铸成方坯,5%铸成上铸钢锭。二次炼钢能力被充分利用,一般每周 SL 设备处理7千吨钢水, RH 设备处理1.7万吨钢水。

在1972年投产的8流方坯连铸机,由康卡斯特公司提供他们的S型设计,具有弧型结晶器,弯曲半径为9.8米。经两个中间包供给钢水,并且结晶器尺寸范围由254×254毫米到483×305毫米。

1号板坯铸机是在1973年投产的,2号

板坯机在 1978 年均由康卡斯特公司提供,还建成了一台相同类型的方坯铸机。每一台板坯机有两流,并且可调节结晶器尺寸来生产宽度 1000~2030 毫米,厚度 200~250 毫米范围的板坯。所有的铸机都配备着结晶器液面自动控制系统。全部 3 台铸机通常都进行连浇。对方坯机连浇炉数为 3—14 炉,对于板坯铸机则为 3—8 炉。

铸毕,方坯和板坯可在专设的 3 个缓冷坑中的一个进行缓冷,可使 7000 吨坯子进行缓冷,冷却速度为 1℃/小时,以使氢气有效地扩散。

3. 温度和成分的控制

钢轨是按板钢吹炼制度,然后用增碳方法来生产的。这种操作方法在达到规定终点目标方面比高拉碳操作更可靠。

这种工艺过程,由于加入大量增碳剂和铁合金,但不加铝。同时在脱气装置和方坯铸机上温降又很大,因此要求出钢温度范围要达到 1700—1720℃。图 1 为第一个四炉连浇过程中的温度变化曲线。由最后炉内温度恰好超过 1700℃,到钢包内用氩气搅拌 3 分钟经过均匀后钢水温度约为 1610℃。脱气开始时温度为 1600℃左右。在处理 15—20 分钟期间的温降应保证最后钢包温度为 1560℃,对于液相线温度为 1490℃的钢种,中间罐温度是在 1500—1520℃范围内。

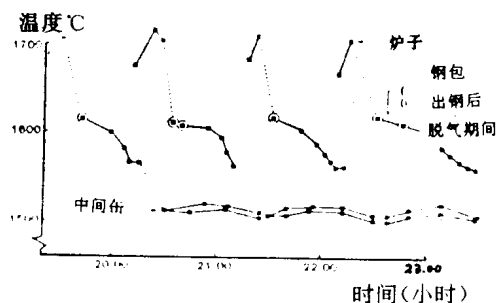


图 1 通过有代表性的钢轨把连续变化的温度描绘出来

通过该工艺过程可严格地控制中间罐温度和铸坯成分。规范目标温度是借助数学模型建立起来的,它根据预期的浇钢时间、包令、浇铸速度等数据预测出中间包的温度曲线。图 2 表示一个实际的例子。通过应用脱气装置,有助于实现所期望的温度,可以延长处理时间,达到最终要求的钢包温度。在脱气装置中,成分的调整简易可靠。

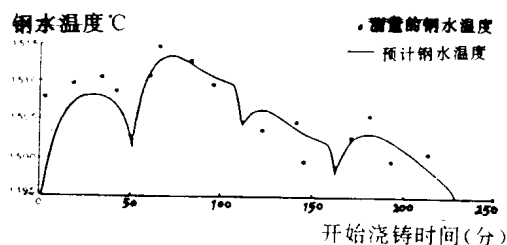


图 2 实际和预计中间包的温度

图 3 为成分控制的例子。它显示出利用脱气装置改善成分控制的情况,标准偏差碳由 0.020% 降到 0.014%,对于硅由 0.027% 降到 0.014%,对于锰由 0.42% 降到 0.021%。

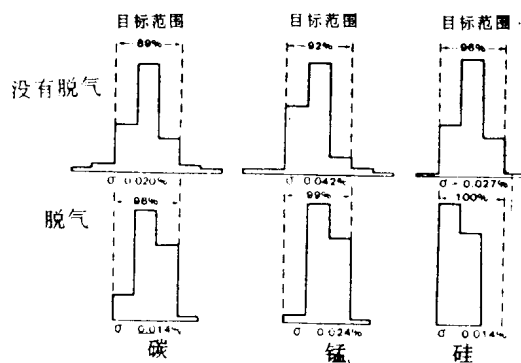


图 3 对脱气和未脱气钢轨达到控制成分

4. 显微清洁度

对钢轨中脱氧产物特性的重要性,在于氧化物的存在能在使用过程中引起横向缺陷。Marich 和他的同事曾报导:用半镇静钢钢锭轧制重轨中,其横向缺陷的晶核与直径大于 30 微米,长度最小为 400 微米硅酸盐夹杂