



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112877531 A

(43) 申请公布日 2021.06.01

(21) 申请号 202110037685.7

(22) 申请日 2021.01.12

(71) 申请人 包头钢铁(集团)有限责任公司

地址 014010 内蒙古自治区包头市昆区河西工业区

(72) 发明人 王嘉伟 达木仁扎布 赵桂英

薛虎东 苏航 董捷 郑瑞

(74) 专利代理机构 北京律远专利代理事务所

(普通合伙) 11574

代理人 樊喜锋

(51) Int. Cl.

G21D 9/06 (2006.01)

G21D 11/00 (2006.01)

B21D 3/02 (2006.01)

权利要求书2页 说明书4页

(54) 发明名称

一种提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种提高热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,该方法通过合理控制钢轨轨头和轨底的冷却强度和温度差,使得热处理后钢轨的弯曲控制在理想范围内,钢轨冷却后采用轻压力矫直,钢轨最终力学性能、平直度满足TB/T2344-2012标准技术要求。

1. 一种提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,其特征在于,包括如下工艺:

钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为730~780℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6~7℃/s,轨底冷却速度控制在2.5~3.5℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到580~630℃,轨底温度在620~670℃;

随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2~3℃/s,轨底冷却速度控制在1~1.5℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在540~560℃,轨底温度控制在610~640℃;

最后钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直或者是向轨头方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度在0~40mm范围内;钢轨采用轻压力矫直,矫直工艺2辊20~24,4辊11~13,6辊11~13,8辊2~4。

2. 根据权利要求1所述的提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,其特征在于,热处理钢轨质量百分数计其化学成分包括:C 0.75~0.80%;Si 0.60~0.80%;Mn 0.90~1.00%;P≤0.025%;S≤0.025%;V 0.06~0.12%,其余为Fe及不可避免的杂质。

3. 根据权利要求1所述的提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,其特征在于,钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为742℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.5℃/s,轨底冷却速度控制在2℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到614℃,轨底温度在693℃;随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.6℃/s,轨底冷却速度控制在0.7℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在546℃,轨底温度控制在678℃;钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端有向轨头方向的翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度为62mm,钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊24、4辊13、6辊11、8辊3,钢轨矫直后平直度符合标准技术要求,检测轨底残余应力165MPa。

4. 根据权利要求1所述的提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,其特征在于,钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为752℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.6℃/s,轨底冷却速度控制在3℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到594℃,轨底温度在637℃;随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.6℃/s,轨底冷却速度控制在1.3℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在545℃,轨底温度控制在622℃;钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端向轨头方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度19mm范围内;钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊22、4辊12、6辊11、8辊2。

5. 根据权利要求1所述的提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,其特征在于,钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为752℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.5℃/s,轨底冷却速度控制在4℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到610℃,轨底温度在609℃;随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.5℃/s,轨底冷却速度

控制在 $1.8^{\circ}\text{C}/\text{s}$,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在 551°C ,轨底温度控制在 582°C ;钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端向轨底方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部下弯曲的高度在26mm,钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊24、4辊13、6辊12、8辊2。

6. 根据权利要求1-5任意一项所述的提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,其特征在于,钢轨最终力学性能:抗拉强度 $R_m \geq 1180\text{MPa}$,断后延伸率 $A \geq 10\%$,钢轨顶面中心线硬度 $340 \sim 400\text{HBW}$,轨底残余应力 $\leq 250\text{MPa}$ 。

一种提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轨生产及应用领域,尤其涉及一种提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法。

背景技术

[0002] 高速、重载铁路在世界各国的兴起和发展,使列车的行驶速度和轴重都大幅度增加,列车轴重的增加必然引起轮轨接触应力和轨头内部剪切应力的增加,由此导致钢轨服役环境恶化,接触疲劳伤损增加,特别是曲线及大坡道地段钢轨的磨耗、剥离掉块、压溃、核伤等逐年增多,因此,我国铁路发展规划中提出,提高钢轨强度、平直度、洁净度以满足铁路发展需求。

[0003] 目前,采用在线热处理是最有效的提升钢轨强度的方法,即对处于奥氏体状态下的钢轨加速冷却,采用喷风冷却的方法,使钢轨轨头金相组织为细片状珠光体组织。钢轨在热处理过程中,钢轨断面形状不均匀,轨底金属量比轨头金属量少,散热不均,如果轨头和轨底的冷却强度分配不合理,热处理过程和热处理结束后,钢轨很容易产生弯曲,因此钢轨经在线热处理工艺后应尽量保证平直,便可降低后续矫直压力,并且减小钢轨残余应力。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,能保证钢轨热处理后平直度优良,钢轨力学性能满足标准的热处理工艺制度,该方法通过合理控制钢轨轨头和轨底的冷却强度和温度差,使得热处理后钢轨的弯曲控制在理想范围内,钢轨冷却后采用轻压力矫直,钢轨最终力学性能、平直度满足TB/T 2344-2012标准技术要求。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种提高在线热处理钢轨淬火后平直度的生产控制方法,包括如下工艺:

[0007] 钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为730~780℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6~7℃/s,轨底冷却速度控制在2.5~3.5℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到580~630℃,轨底温度在620~670℃;

[0008] 随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2~3℃/s,轨底冷却速度控制在1~1.5℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在540~560℃,轨底温度控制在610~640℃;

[0009] 最后钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直或者是向轨头方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度在0~40mm范围内;钢轨采用轻压力矫直,矫直工艺2辊20~24,4辊11~13,6辊11~13,8辊2~4。

[0010] 进一步的,热处理钢轨质量百分数计其化学成分包括:C 0.75~0.80%;Si 0.60~0.80%;Mn 0.90~1.00%;P≤0.025%;S≤0.025%;V 0.06~0.12%,其余为Fe及不可

避免的杂质。

[0011] 进一步的,钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为742℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.5℃/s,轨底冷却速度控制在2℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到614℃,轨底温度在693℃;随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.6℃/s,轨底冷却速度控制在0.7℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在546℃,轨底温度控制在678℃;钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端有向轨头方向的翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度为62mm,钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊24、4辊13、6辊11、8辊3,钢轨矫直后平直度符合标准技术要求,检测轨底残余应力165MPa。

[0012] 进一步的,钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为752℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.6℃/s,轨底冷却速度控制在3℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到594℃,轨底温度在637℃;随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.6℃/s,轨底冷却速度控制在1.3℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在545℃,轨底温度控制在622℃;钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端向轨头方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度19mm范围内;钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊22、4辊12、6辊11、8辊2。

[0013] 进一步的,钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为752℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.5℃/s,轨底冷却速度控制在4℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到610℃,轨底温度在609℃;随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.5℃/s,轨底冷却速度控制在1.8℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在551℃,轨底温度控制在582℃;钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端向轨底方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部下弯曲的高度在26mm,钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊24、4辊13、6辊12、8辊2。

[0014] 进一步的,钢轨最终力学性能:抗拉强度 $R_m \geq 1180\text{MPa}$,断后延伸率 $A \geq 10\%$,钢轨顶面中心线硬度340~400HBW,轨底残余应力 $\leq 250\text{MPa}$ 。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益技术效果:

[0016] 钢轨生产方法包括:转炉冶炼、LF精炼、真空脱气、连铸、钢坯加热、轧制等工艺,但本发明对上述工序没有特别限定,以上工序按照正常钢轨生产工艺制度进行。本发明是对钢轨轧制后在线热处理工艺及矫直工艺进行研究,钢轨轧后加速冷却的原理是利用轧制后的钢轨余温加速冷却,增加奥氏体向珠光体转变的过冷度,降低珠光体转变温度,减小奥氏体中碳原子的迁移距离,从而获得片层间距更加细小的珠光体,从而提高钢轨的强度和硬度,提高钢轨耐磨性。钢轨加速冷却的过程中,钢轨轨头冷却速度直接决定了钢轨最终热处理后的力学性能结果,当冷却速度过小,难以获得片层间距细小的珠光体组织,从而使得强度和硬度不够;当冷却速度过大会使得碳化物扩散速率降低,从而形成贝氏体和马氏体等异常组织,因此钢轨轨头冷却速率应控制在一定范围内,保证轨头热处理后力学性能达到标准要求。而轨底金属量小于轨头,为了防止钢轨热处理过程中轨头轨底温度差过大造成

钢轨弯曲,对轨底也要施加一定冷却速度,使轨头与轨底保持一定的温度差范围,使得钢轨在热处理机组和出热处理机组都能保持理想的平直度,钢轨出热处理机组后缓慢冷却至室温也能保持较好的平直度。钢轨矫直前平直度越高,矫直过程中各辊压力值越小,而轻压力矫直可直接降低钢轨轨底残余应力。

[0017] 钢轨最终力学性能,抗拉强度 $R_m \geq 1180\text{MPa}$,断后延伸率 $A \geq 10\%$,钢轨顶面中心线硬度 $340 \sim 400\text{HBW}$,轨底残余应力 $\leq 250\text{MPa}$ 。

具体实施方式

[0018] 下面结合具体实施例子对本发明作进一步的详细说明,以便于更加清楚地了解本发明。

[0019] 本发明的生产方法用于特定成分范围的热处理钢轨,热处理后能够有效的保证钢轨强度和硬度等力学性能符合要求,并且钢轨平直度更好,轻压力矫直后残余应力更小。这种特定热处理钢轨质量百分数计其化学成分包括:C 0.75~0.80%;Si 0.60~0.80%;Mn 0.90~1.00%;P $\leq 0.025\%$;S $\leq 0.025\%$;V 0.06~0.12%,其余为Fe及不可避免的杂质。采用此成分范围进行4组热处理在线热处理实验,实验结果见表1。钢轨其余生产工艺按照常规生产方法进行。

[0020] 表1在线热处理实验钢轨化学成分及性能结果

编号	化学成分/%						力学性能			金相组织
	C	Si	Mn	P	S	V	抗拉强度/MPa	硬度/HB	延伸率/%	
[0021] 实施例1	0.83	0.86	1.08	0.016	0.006	0.20	1294	374	10	珠光体+贝氏体+微量马氏体
实施例2	0.76	0.75	0.98	0.014	0.004	0.08	1253	352	11	珠光体
实施例3	0.75	0.68	0.94	0.015	0.005	0.08	1234	348	11.5	珠光体
实施例4	0.73	0.55	0.86	0.015	0.005	0.02	1142	331	13	珠光体

[0022] 根据表1结果分析可见,钢轨经在线热处理后,在本发明特定成分范围内的实施例2和实施例3钢轨,其力学性能可满足标准技术要求的规定,而实施例1的钢轨经在线热处理后金相组织出现异常,实施例4的钢轨不满足抗拉强度 $\geq 1180\text{MPa}$ 和硬度 $340 \sim 400\text{HB}$ 的标准技术要求。因此,采用实施例2中的钢轨成分范围,调整钢轨轨底冷却速度,提高钢轨出热处理生产线的平直度,进行3支钢轨在线热处理实验,并且进行矫直,分别为实施例5、实施例6、实施例7,具体情况如下:

[0023] 实施例5:

[0024] 钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为 742°C ,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在 $6.5^\circ\text{C}/\text{s}$,轨底冷却速度控制在 $2^\circ\text{C}/\text{s}$,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到 614°C ,轨底温度在 693°C 。随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在 $2.6^\circ\text{C}/\text{s}$,轨底冷却速度控制在 $0.7^\circ\text{C}/\text{s}$,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在 546°C ,轨底温度控制在 678°C 。钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端有向轨头方向的翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度为62mm。钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊24、4辊13、6辊11、8辊3,钢轨矫直后平直度符合标准技术要求,检测

轨底残余应力165MPa。

[0025] 实施例6:

[0026] 钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为752℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.6℃/s,轨底冷却速度控制在3℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到594℃,轨底温度在637℃。随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.6℃/s,轨底冷却速度控制在1.3℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在545℃,轨底温度控制在622℃。钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端向轨头方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部上翘的高度19mm范围内。钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊22、4辊12、6辊11、8辊2,钢轨矫直后平直度符合标准技术要求,检测轨底残余应力110MPa。

[0027] 实施例7:

[0028] 钢轨轧制后进入在线热处理生产线进行加速冷却,冷却介质为水雾冷却,钢轨入淬火线温度为752℃,冷却1段、2段轨头冷却速度控制在6.5℃/s,轨底冷却速度控制在4℃/s,钢轨经冷却1段和冷却2段快速冷却后,轨头温度达到610℃,轨底温度在609℃。随后钢轨在冷却3段、冷却4段继续快速冷却,冷却速度降低,轨头冷却速度控制在2.5℃/s,轨底冷却速度控制在1.8℃/s,冷却3段和冷却4段结束后钢轨出在线热处理机组,此时轨头温度控制在551℃,轨底温度控制在582℃。钢轨出淬火线自然冷却至室温,钢轨整体基本保证平直,钢轨轨端向轨底方向有一定程度翘曲,100m长度的钢轨端部下弯曲的高度在26mm。钢轨进入矫直机矫直,矫直工艺参数2辊24、4辊13、6辊12、8辊2,钢轨矫直后平直度符合标准技术要求,检测轨底残余应力180MPa。

[0029] 根据钢轨出在线热处理生产线后的平直度、端部弯曲高度和矫直后残余应力值相比较,实施例6中的钢轨热处理工艺制度按照本发明专利的工艺制度进行,钢轨经在线热处理后平直度最好,矫直后轨底残余应力最低。

[0030] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。