



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115233503 A

(43) 申请公布日 2022.10.25

(21) 申请号 202210941427.6 *G22C 33/04* (2006.01)  
(22) 申请日 2022.08.05 *G21D 9/04* (2006.01)  
(71) 申请人 攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司 *G21D 6/00* (2006.01)  
地址 617000 四川省攀枝花市东区桃源街 *G21D 11/00* (2006.01)  
90号 *B21B 1/085* (2006.01)  
(72) 发明人 李若曦 邓勇 杨大巍 袁俊  
(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有限公司 11278  
专利代理师 马鹏林 杨帆  
(51) Int. Cl.  
*E01B 5/02* (2006.01)  
*G22C 38/02* (2006.01)  
*G22C 38/04* (2006.01)  
*G22C 38/18* (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种具有高屈服强度的中等强度钢轨及其生产方法

(57) 摘要

本发明属于钢轨生产领域,具体涉及一种具有高屈服强度的中等强度钢轨及其生产方法。本发明所述具有高屈服强度的中等强度钢轨,其具有:屈服强度 $\geq 820\text{MPa}$ ,抗拉强度为1200-1300MPa,延伸率 $\geq 10\%$ 。本发明涉及的中等强度钢轨在不添加多种合金元素的情况下,通过在线热处理工艺设计获得了高屈服强度,能够有效降低在客货混运线路使用中的接触疲劳伤损出现几率,能够有效提升钢轨的服役性能和服役寿命,提高列车运行安全性,同时本专利提供的具有高屈服强度的中等强度钢轨生产方法简单、易操作,利于其在客货混运线路的大规模推广应用。

1. 一种具有高屈服强度的中等强度钢轨,其特征在于,所述中等强度钢轨具有:屈服强度 $\geq 820\text{MPa}$ ,抗拉强度为 $1200-1300\text{MPa}$ ,延伸率 $\geq 10\%$ 。

2. 根据权利要求1所述的具有高屈服强度的中等强度钢轨,其特征在于,所述中等强度钢轨的轨头显微组织为全珠光体。

3. 根据权利要求1或2所述的具有高屈服强度的中等强度钢轨,其特征在于,所述中等强度钢轨的轨顶面的表面硬度为 $350-390\text{HB}$ ,轨顶面及轨距角处 $10\text{mm}$ 深度断面硬度为 $35.5-41.0\text{HRC}$ 。

4. 根据权利要求3所述的具有高屈服强度的中等强度钢轨,其特征在于,以重量百分比计,钢轨的化学成分应为:C: $0.65-0.85\%$ 、Si: $0.15-0.60\%$ 、Mn: $0.50-1.30\%$ 、Cr: $0.05-0.20\%$ 、P: $\leq 0.020\%$ 、S: $\leq 0.015\%$ ,余量为Fe。

5. 一种具有高屈服强度的中等强度钢轨的生产方法,其特征在于,依次包括:转炉冶炼、LF炉精炼、RH真空处理、连铸获得钢坯、对钢坯进行轧制、在线热处理及加工。

6. 根据权利要求5所述的生产方法,其特征在于,所述在线热处理包括:

a、第一阶段冷却:将待终轧后钢轨进行冷却处理,所述冷却处理包括对钢轨轨顶面、轨头两上圆角、轨头两侧面、轨头两下圆角进行加速冷却处理至轨顶面温度为 $630-750^\circ\text{C}$ ;

b、第二阶段冷却:将经过步骤a冷却后的钢轨以 $3.0-6.0^\circ\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度对钢轨轨顶面、轨头两上圆角、轨头两侧面、轨头两下圆角进行加速冷却处理至轨顶面温度为 $400-500^\circ\text{C}$ ;

c、第三阶段冷却:将经过步骤c冷却后的钢轨放置在冷床上,将钢轨空冷至室温。

7. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,所述在线热处理所采用的冷却介质为水雾、压缩空气、压缩空气与水雾混合物中的至少一种。

8. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,步骤a中,所述待终轧后钢轨轨顶面温度在 $800-950^\circ\text{C}$ 之间时,进行冷却护理。

9. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,所述冷却处理中,以 $1.0-3.0^\circ\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度降温。

10. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,所述在线热处理所采用的冷却介质压缩空气。

## 一种具有高屈服强度的中等强度钢轨及其生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及钢轨生产领域,具体是一种具有高屈服强度的中等强度钢轨及其生产方法。

### 背景技术

[0002] 我国铁路正处于高速发展阶段,客运专用线路、重载货运线路增加幅度较大,但为了铁路领域的全方位发展,现有的客货混运线路也在进行升级改造工作,对于货运运输量、客运安全性、整体运营稳定性的要求都有所提升。这一趋势导致钢轨的剥离掉块等表面接触疲劳伤损情况加剧,严重影响钢轨的服役性能和服役寿命,难以保障铁路运输效率和安全。

[0003] 目前国内外客货混运线路和货运专用线路为提升钢轨的服役性能和服役寿命,主要采用高性能热处理珠光体钢轨,通过在线或离线热处理的方式来提高钢轨的抗拉强度和硬度,以达到提高耐磨性能和抗接触疲劳性能,但现有的中等强度珠光体热处理钢轨鲜少考虑到高屈服强度带来的钢轨耐塑性变形能力的提升及其从根本上降低表面接触疲劳伤损出现的效果,而具有高屈服强度的高强度热处理珠光体钢轨又难以兼顾其过高的抗拉强度和硬度在应用于客货混运线路时会导致的车轮磨耗增加等问题带来的安全性降低。

[0004] 专利CN 106086622A《一种客货混运铁路用钢轨的热处理生产方法以及所得钢轨》中公开了一种客货混运用钢轨及其生产方法,其钢轨化学成份按重量百分比包括:C:0.71~0.82%、Si:0.13~0.60%、Mn:0.65~1.25%、Cr:0.05~0.25%、P:≤0.020%、S:≤0.015%、Al:≤0.1%,余量为Fe和不可避免的杂质。该专利采用在线热处理方法,对钢轨的轨头踏面中心、轨头两侧和轨底中心部位依次进行加速冷却、缓慢冷却和空冷,所述加速冷却的开冷温度为650-950℃,冷却速度为2.5~7℃/s,终冷温度为400-630℃,所述缓慢冷却的冷却速度为0.1~1.5℃/s,终冷温度为180-300℃,该专利所述钢轨中铝含量较高,容易导致钢轨核伤及断裂;且该钢轨的生产方法中需要对钢轨的轨底进行加速冷却,对于设备要求较高,生产方法复杂。

[0005] 专利CN 104988405A《一种客货混运用钢轨及其生产方法和应用》中公开了一种客货混运用钢轨及其制备方法,其钢轨化学成份按重量百分比包括:C:0.71~0.78%、Si:0.30~0.80%、Mn:0.80~1.1%、Cr:0.1~0.3%、V:0.04~0.2%、P:≤0.020%、S:≤0.015%,余量为Fe和不可避免的杂质,该钢轨采用在线热处理方法:将终轧后的钢轨进行快速冷却,然后对轨距角部位进行快速加热和保温;快速冷却的条件包括:开冷温度为800-880℃,冷却速度为2-6℃/s,终冷温度为430-470℃;快速加热和保温的条件包括:以3.0-4.0℃/s的升温速度将轨距角温度升高至700-800℃并保温2-4min。该专利所述钢轨需要添加V等高价合金元素,成本较高,同时在钢轨生产过程中对钢轨轨头采用多次加热,生产方法复杂,且二次加热对于钢轨轨头的性能稳定性有较大负面影响,严重影响钢轨线路服役安全性能。

[0006] 专利CN 112301205A《一种高屈强比珠光体钢轨及其制备方法》中公开了一种高屈

强比珠光体钢轨及其制造方法,其钢轨的成分按重量百分比:C:0.70~0.85%、Si:0.2~0.8%、Mn:0.8~1.1%、Cr:0.5~0.7%、Cu:0.01~0.1%、Nb:0.01~0.05%、P:≤0.020%、S:≤0.015%、Al≤0.005%,余量为Fe和不可避免的杂质,该钢轨采用在线热处理方法,热处理为多阶段冷却工艺,以不同的冷却速度将钢轨从850~950℃冷却至室温。该专利所述钢轨具有较高的屈服强度,但其抗拉强度超过1300MPa,在低轴重客货混运线路使用中易导致车轮快速磨损,提高线路维护成本,同时该钢轨中含有大量Cr、Cu、Nb等合金元素,生产成本较高,难以推广生产。

[0007] 目前的热处理珠光体钢轨及其生产方法的相关专利中,大部分专利所公布的钢轨虽然具有较好的强度、硬度,但对钢轨屈服强度的研究较为粗糙,屈服强度的提升主要由整体拉伸性能的提升带动,未考虑到钢轨低轴重线路应用过程中过高的抗拉强度反而导致服役安全性降低的情况出现,其得到的热处理珠光体钢轨仍无法完全满足客货混运线路升级改造后的性能需求,且化学成分体系、生产工艺均较为复杂,难以实现大规模应用。

### 发明内容

[0008] 针对现有技术的缺陷和不足,本发明的目的在于提供一种具有高屈服强度的中等强度钢轨及其生产方法,以满足标准隔音减震要求,具有施工速度更快速,附着力更强,成本更低、隔音效果更稳定等优势。

[0009] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0010] 一种具有高屈服强度的中等强度钢轨,中等强度钢轨具有:屈服强度 $\geq$ 820MPa,抗拉强度为1200-1300MPa,延伸率 $\geq$ 10%。

[0011] 在一个或多个实施方案中,中等强度钢轨的轨头显微组织为全珠光体。

[0012] 在一个或多个实施方案中,中等强度钢轨的轨顶面的表面硬度为350-390HB,轨顶面及轨距角处10mm深度断面硬度为35.5-41.0HRC。

[0013] 在一个或多个实施方案中,以重量百分比计,钢轨的化学成分应为:C:0.65-0.85%、Si:0.15-0.60%、Mn:0.50-1.30%、Cr:0.05-0.20%、P:≤0.020%、S:≤0.015%,余量为Fe。

[0014] 本发明还提供一种基于具有高屈服强度的中等强度钢轨的生产方法,依次包括:转炉冶炼、LF炉精炼、RH真空处理、连铸获得钢坯、对钢坯进行轧制、在线热处理及加工。

[0015] 在一个或多个实施方案中,在线热处理包括:

[0016] a、第一阶段冷却:将待终轧后钢轨进行冷却处理,冷却处理包括对钢轨轨顶面、轨头两上圆角、轨头两侧面、轨头两下圆角进行加速冷却处理至轨顶面温度为630-750℃;

[0017] b、第二阶段冷却:将经过步骤a冷却后的钢轨以3.0-6.0℃/s的冷却速度对钢轨轨顶面、轨头两上圆角、轨头两侧面、轨头两下圆角进行加速冷却处理至轨顶面温度为400-500℃;

[0018] c、第三阶段冷却:将经过步骤c冷却后的钢轨放置在冷床上,将钢轨空冷至室温。

[0019] 在一个或多个实施方案中,在线热处理所采用的冷却介质为水雾、压缩空气、压缩空气与水雾混合物中的至少一种。

[0020] 在一个或多个实施方案中,步骤a中,待终轧后钢轨轨顶面温度在800-950℃之间时,进行冷却护理。

[0021] 在一个或多个实施方案中,冷却处理中,以1.0-3.0℃/s的冷却速度降温。

[0022] 在一个或多个实施方案中,在线热处理所采用的冷却介质压缩空气。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0024] 本发明采用了控制钢轨化学成分和在线热处理工艺的方法,在无需添加多种合金元素的情况下即可获得具有高屈服强度的中等强度钢轨,其屈服强度 $\geq 820\text{MPa}$ ,抗拉强度为1200-1300MPa,延伸率 $\geq 10\%$ 。由此,本发明的中等强度钢轨能够有效降低在客货混运线路使用中的接触疲劳伤损出现几率,能够有效提升钢轨的服役性能和服役寿命,提高列车运行安全性,同时本专利提供的具有高屈服强度的中等强度钢轨生产方法简单、易操作,利于其在客货混运线路的大规模推广应用。

### 具体实施方式

[0025] 下面结合具体实施方式对本发明的技术方案作进一步详细地说明。

[0026] 本发明提供了一种具有高屈服强度的中等强度钢轨,中等强度钢轨具有高屈服强度,其屈服强度 $\geq 820\text{MPa}$ ,抗拉强度为1200-1300MPa,延伸率 $\geq 10\%$ 。

[0027] 进一步的,中等强度钢轨的轨头显微组织为全珠光体。

[0028] 进一步的,中等强度钢轨的轨顶面的表面硬度为350-390HB,轨顶面及轨距角处10mm深度断面硬度为35.5-41.0HRC。

[0029] 进一步的,具有高屈服强度的中等强度钢轨,以重量百分比计,钢轨的化学成分应为:C:0.65-0.85%、Si:0.15-0.60%、Mn:0.50-1.30%、Cr:0.05-0.20%、P: $\leq 0.020\%$ 、S: $\leq 0.015\%$ ,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0030] 作为优选方案,钢轨的化学成分以重量百分比计,为:C:0.70-0.85%、Si:0.30-0.60%、Mn:0.95-1.25%、Cr:0.05-0.20%、P: $\leq 0.020\%$ 、S: $\leq 0.015\%$ ,余量为Fe和不可避免的杂质。以下详细说明本发明中钢轨主要化学元素含量的限定理由。

[0031] C是珠光体钢轨中使钢轨获得良好综合力学性能、促进珠光体转变的最重要、最廉价的元素。当C含量 $< 0.65\%$ 时,在本发明生产工艺下,无法保证钢轨具有合适的强硬度、无法保证钢轨的抗接触疲劳性能;当C含量 $> 0.85\%$ 时,在本发明生产工艺下,钢轨的碳化物比例过高,抗拉强度过、强度指标过剩,降低钢轨服役过程中的抗接触疲劳性能,对钢轨的安全使用有不利影响;因此,本发明中的碳含量限定在0.65-0.85%。

[0032] Si在钢中的主要作用是抑制渗碳体形成和作为固溶强化元素,提高铁素体基体硬度,改善钢的强度和硬度。当Si含量 $< 0.15\%$ 时,其固溶量偏低导致强化效果不明显,同时钢轨中易出现马氏体等异常组织;当Si含量 $> 0.60\%$ 时,易产生局部偏析,会降低钢的韧塑性和可焊性,对钢轨的安全使用有负面影响。因此,本发明中的Si含量限定在0.15-0.60%。

[0033] Mn是提高钢中铁素体和奥氏体强度所必不可少的。当Mn含量 $< 0.50\%$ 时,其难以达到增加碳化物硬度从而增加钢的强硬度的作用;当Mn含量 $> 1.30\%$ 时,其会粗化晶粒尺寸,影响热处理过程中钢轨钢的组织变化,明显降低钢的韧塑性;同时Mn在钢中对C的扩散影响显著,在Mn偏析区域有可能产生贝氏体或马氏体等异常组织,同时影响钢轨的焊接性能。因此,本发明中的Mn含量限定在0.50-1.30%。

[0034] Cr作为碳化物形成元素,与钢中的碳可形成多种碳化物;同时,Cr能均匀钢中碳化物分布,减小碳化物尺寸,改善钢轨的耐磨性能。当Cr含量 $< 0.05\%$ 时,形成的碳化物硬度

及比例较低;当Cr含量 $>0.20\%$ ,钢轨的淬透性过高,易使钢轨生产有害的贝氏体和马氏体组织,在降低钢轨力学性能的同时,无法保证钢轨为全珠光体组织。因此,本发明中的Cr含量限定在 $0.05-0.20\%$ 。

[0035] P和S均为钢轨中无法完全除去的杂质元素。P会在钢轨组织晶界处偏聚,严重降低钢轨的韧性;S在钢中易形成MnS夹杂,对钢轨耐磨耗性能和耐接触疲劳性能有害。因此,本发明中的P含量需控制在 $0.020\%$ 以下;S含量需控制在 $0.015\%$ 以下。

[0036] 本发明还提供了上述具有高屈服强度的中等强度钢轨的生产方法,依次包括:转炉冶炼、LF炉精炼、RH真空处理、连铸获得钢坯、对钢坯进行轧制、在线热处理及加工。

[0037] 进一步的,上述具有高屈服强度的中等强度钢轨的生产方法,在线热处理包括:

[0038] a. 第一阶段冷却:待终轧后钢轨轨顶面温度在 $800-950^{\circ}\text{C}$ 之间时,以 $1.0-3.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度对钢轨轨顶面、轨头两上圆角、轨头两侧面、轨头两下圆角进行加速冷却处理至轨顶面温度为 $630-750^{\circ}\text{C}$ ;

[0039] b. 第二阶段冷却:将经过步骤a冷却后的钢轨以 $3.0-6.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速度对钢轨轨顶面、轨头两上圆角、轨头两侧面、轨头两下圆角进行加速冷却处理至轨顶面温度为 $400-500^{\circ}\text{C}$ ;

[0040] c. 第三阶段冷却:将经过步骤c冷却后的钢轨放置在冷床上,将钢轨空冷至室温。

[0041] 进一步的,本专利在线热处理所采用的冷却介质为水雾、压缩空气、压缩空气与水雾混合物中的至少一种。

[0042] 本发明的发明人经过大量研究发现:

[0043] ①针对在线热处理工序第一阶段冷却:在钢轨轨头踏面温度为 $800-950^{\circ}\text{C}$ 时,钢轨尚未开始珠光体相变,为获得具有高屈服强度的钢轨,同时不过度提高钢轨的抗拉强度,需要采用较低的冷却速度使钢轨的温度均匀下降,为保证钢轨轨头温度均匀下降,需要将冷却速度控制在 $1.0-3.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 之间;

[0044] ②针对在线热处理工序第二阶段冷却:当钢轨轨头踏面温度经第一阶段冷却至 $630-750^{\circ}\text{C}$ ,钢轨已经开始发生珠光体相变,考虑到钢轨未加速冷却部位向轨头的热量传递,为获得具有高屈服强度的钢轨,需要采用更高的冷却速度,第二阶段冷却需要将冷却速度控制在 $3.0-6.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 之间;

[0045] ③针对第三阶段冷却:在前两个冷却阶段结束后,钢轨轨头内部温度处于 $400-500^{\circ}\text{C}$ 范围内,此时钢轨已完成珠光体相变过程,继续加速冷却已无明显意义,可将钢轨空冷至室温以进行后续工序处理。

[0046] 本发明的具有高屈服强度的中等强度钢轨的生产方法的完整生产工艺可以为:采用低硫含钒钢水、经转炉或电炉进行冶炼、经LF精炼、RH或VD真空处理、大方坯保护连铸、钢坯加热炉加热、钢坯轧制前高压水除鳞、万能轧机轧制、钢轨在线热处理、步进式冷床室温空气冷却、平立复合矫直、钢轨规格检查、加工线处理、表面检查及入库。

[0047] 以下将通过实施例对本发明进行详细描述,但本发明的范围不局限于此。

[0048] 实施例1-3和对比例1-3对应选用以下编号1-3化学成分的钢轨,制作过程同上述内容,具体化学成分如表1所示。

[0049] 表1

[0050]

编号	C	Si	Mn	Cr	P	S
----	---	----	----	----	---	---

1	0.80	0.50	1.09	0.08	0.011	0.006
2	0.74	0.55	1.02	0.15	0.017	0.012
3	0.78	0.48	0.99	0.11	0.009	0.003

[0051] 余量为Fe和不可避免的杂质。

[0052] 实施例1-3对比例1-3热处理工艺参数如表2所示,实施例和对比例的冶炼工艺和轧制工艺之间的差异是可以忽略不计的。

[0053] 表2

编号	加速冷却开始温度 /°C	第一阶段加速冷却速度 /°C/s	第一阶段加速冷却终止温度 /s	第二阶段加速冷却速度 /°C/s	第二阶段加速冷却终止温度 /s
实施例 1	857	1.05	749	4.51	451
实施例 2	908	2.21	685	3.09	482
实施例 3	833	1.83	721	3.99	437
编号	冷却开始温度 /°C	第一阶段加速冷却速度 /°C/s	第一阶段加速冷却终止温度 /s	第二阶段加速冷却速度 /°C/s	第二阶段加速冷却终止温度 /s
对比例 1	780	2.01	637	3.42	420
对比例 2	842	3.08	695	2.11	432
对比例 3	866	2.91	455	/	/

[0054] [0055] 本发明中按照GB/T 228.1《金属材料拉伸试验第1部分:室温试验方法》测试钢轨的屈服强度、抗拉强度、断后伸长率,按照GB/T 230.1《金属材料洛氏硬度试验第1部分:试验方法》测试钢轨的10mm位置断面硬度,按照GB/T 231.1《金属材料布氏硬度试验第1部分:试验方法》测试钢轨的轨顶面表面硬度。实施例1-3和对比例1-3的拉伸性能、轨顶面表面硬度、10mm位置断面硬度如表3所示。

[0056] 表3

编号	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	延伸率 /%	表面硬度 /HB	10mm 处 断面硬度	金相组织
[0057]						

					/HRC		
[0058]	实施例 1	851	1255	11.5	365	39.3	珠光体
	实施例 2	879	1293	10.5	383	40.6	珠光体
	实施例 3	828	1270	11.5	370	38.9	珠光体
	对比例 1	767	1230	12.0	360	37.5	珠光体
	对比例 2	819	1301	10.0	390	41.7	珠光体+ 马氏体
	对比例 3	908	1411	10.5	405	42.5	珠光体

[0059] 通过比较实施例和对比例可以看出,本发明所述的实施例在相同的化学成分和冶炼工艺下,轧制后钢轨的在线热处理方式的不同对钢轨的最终性能将产生显著影响,通过采用本发明所述的方法所获得的钢轨具有高屈服强度,其屈服强度 $\geq 820\text{MPa}$ ,抗拉强度为1200-1300MPa,延伸率 $\geq 10\%$ ;而对比例中钢轨存在屈服强、抗拉强度或显微组织不满足要求的情况。

[0060] 上面对本发明的较佳实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域的普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。