



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104220618 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201280072311.8

(22)申请日 2012.12.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104220618 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(30)优先权数据  
10-2012-0037318 2012.04.10 KR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2014.10.10

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/KR2012/011643 2012.12.27

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02013/154254 KO 2013.10.17

(73)专利权人 POSCO公司  
地址 韩国庆尚北道浦项市

(72)发明人 林永禄 全在春 李炳镐

(74)专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司 11285  
代理人 苏萌 钟守期

(51)Int.Cl.  
G22C 38/00(2006.01)  
G21D 9/46(2006.01)  
G21D 8/02(2006.01)  
G22C 38/06(2006.01)

审查员 周航

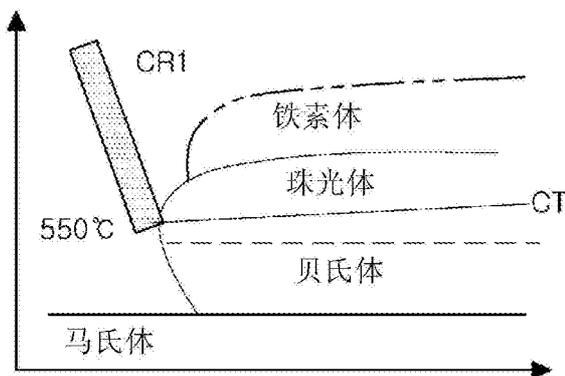
权利要求书2页 说明书11页 附图1页

(54)发明名称

具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及一种具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板及其制造方法,其中钢的组分和结构得到精确控制并且制造条件得到调节,从而实现热轧结构中优异的材料均匀度,从而改善成型之后的零件尺寸精度,并且在加工过程中不会产生缺陷,并且在最终热处理后可实现均匀的结构和硬度分布。



1. 具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,其由以下组分组成:0.2重量%至0.5重量%的碳(C)、大于0重量%至0.5重量%的硅(Si)、0.2重量%至1.5重量%的锰(Mn)、大于0重量%至1.0重量%的铬(Cr)、大于0重量%至0.03重量%的磷(P)、大于0重量%至0.015重量%的硫(S)、大于0重量%至0.05重量%的铝(Al)、0.0005重量%至0.005重量%的硼(B)、0.005重量%至0.05重量%的钛(Ti)、大于0重量%至0.01重量%的氮(N),和余量的铁(Fe)以及不可避免的杂质,

其中高碳热轧钢板包含面积份数为95%以上的珠光体相,

其中当热轧钢板的最大硬度值和最小硬度值分别设置为100%和0%时,热轧钢板在95%硬度水平和5%硬度水平之间的硬度差为30HV以下。

2. 权利要求1的具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,其中珠光体相的晶团尺寸为15 $\mu$ m以下,平均层间距为0.1 $\mu$ m以下。

3. 权利要求1的具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,其中75%以上的珠光体相在卷曲过程之前形成。

4. 权利要求1的具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,其包含0.2重量%至0.4重量%的C。

5. 权利要求1的具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,其包含0.4重量%至0.5重量%的C。

6. 一种制备具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板的方法,包括:

制备一种高碳钢板坯,其由以下组分组成:0.2重量%至0.5重量%的C、大于0重量%至0.5重量%的Si、0.2重量%至1.5重量%的Mn、大于0重量%至1.0重量%的Cr、大于0重量%至0.03重量%的P、大于0重量%至0.015重量%的S、大于0重量%至0.05重量%的Al、0.0005重量%至0.005重量%的B、0.005重量%至0.05重量%的Ti、大于0重量%至0.01重量%的N,和余量的Fe以及不可避免的杂质;

在温度为1100 $^{\circ}$ C至1300 $^{\circ}$ C下重新加热板坯;

热轧所述重新加热的板坯使得最终热轧温度在800 $^{\circ}$ C至1000 $^{\circ}$ C范围内;

以满足下式1的冷却速率CR1冷却热轧钢板直至热轧钢板的温度从最终热轧温度降至550 $^{\circ}$ C,

[式1]

$$\text{Cond1} \leq \text{CR1} (\text{^{\circ}C/秒}) < 100,$$

$\text{Cond1} = 175 - 300 \times \text{C}(\text{重量}\%) - 30 \times \text{Mn}(\text{重量}\%) - 100 \times \text{Cr}(\text{重量}\%)$ 和10二者中的较大值;和

以满足下式2的卷曲温度CT卷曲冷却的钢板,

[式2]

$$\text{Cond2} \leq \text{CT} (\text{^{\circ}C}) \leq 650,$$

$$\text{Cond2} = 640 - 237 \times \text{C}(\text{重量}\%) - 16.5 \times \text{Mn}(\text{重量}\%) - 8.5 \times \text{Cr}(\text{重量}\%).$$

7. 一种制备具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板的方法,包括:

制备一种高碳钢板坯,其由以下组分组成:0.2重量%至0.5重量%的C、大于0重量%至0.5重量%的Si、0.2重量%至1.5重量%的Mn、大于0重量%至1.0重量%的Cr、大于0重量%至0.03重量%的P、大于0重量%至0.015重量%的S、大于0重量%至0.05重量%的Al、

0.0005重量%至0.005重量%的B、0.005重量%至0.05重量%的Ti、大于0重量%至0.01重量%的N,和余量的Fe以及不可避免的杂质;

在温度为1100℃至1300℃下重新加热板坯;

热轧所述重新加热的板坯使得最终热轧温度在800℃至1000℃范围内;

以满足下式1'的冷却速率CR1冷却热轧钢板直至热轧钢板的温度从最终热轧温度降至550℃,

[式1']

$$\text{Cond1} \leq \text{CR1} (\text{°C/秒}) \leq \text{Cond1} + 20,$$

$\text{Cond1} = 175 - 300 \times \text{C}(\text{重量}\%) - 30 \times \text{Mn}(\text{重量}\%) - 100 \times \text{Cr}(\text{重量}\%)$ 和10二者中的较大值;和

以满足下式2的卷曲温度CT卷曲冷却的钢板:

[式2]

$$\text{Cond2} \leq \text{CT} (\text{°C}) \leq 650,$$

$$\text{Cond2} = 640 - 237 \times \text{C}(\text{重量}\%) - 16.5 \times \text{Mn}(\text{重量}\%) - 8.5 \times \text{Cr}(\text{重量}\%).$$

## 具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,更具体而言,涉及可用于机器零件、工具、汽车零件等的具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板,并涉及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 使用高碳钢的高碳热轧钢板已用于各种应用,例如机器零件、工具、汽车零件等。适合于上述应用的这些钢板通过以下步骤制造:形成具有相应目标厚度的热轧钢板;对热轧钢板进行冲裁、弯曲和压制成型以获得所需形状;最后对热轧钢板进行热处理过程以赋予热轧钢板高硬度。

[0003] 高碳热轧钢板可能需要优良的材料均匀度,这是因为高碳热轧钢板中的高材料偏差不仅使成型过程中的尺寸精度变差并且在加工过程中引起缺陷,而且导致甚至在最终的热处理过程中不均匀的结构分布。

[0004] 虽然许多发明已建议改善高碳热轧钢板的成型性能,但多数发明仅关注的是在冷轧过程和退火过程之后控制微观结构中的碳化物的尺寸和分布,还未有关于热轧钢板的成型性能和热处理均匀度的发明。

[0005] 更具体而言,专利文件1涉及在冷轧和退火后获得的高碳退火钢板的成型性能,其公开了若通过控制退火条件得到如下的碳化物分布:碳化物的平均颗粒直径是 $1\mu\text{m}$ 以下,并且粒径为 $0.3\mu\text{m}$ 以下的碳化物部分为20%以下,则可改善钢板的成型性能。然而,所述文件没有提及热轧钢板的成型性能。并且,在具有优异成型性能的热轧钢板退火之后不一定形成具有 $1\mu\text{m}$ 以下粒径的碳化物。

[0006] 此外,专利文件2中通过适当控制退火条件限制铁素体的粒径为 $5\mu\text{m}$ 以上且碳化物的粒径标准偏差为0.5以下,即使在专利文件2中也没有提及热轧后的结构,并且具有优异均匀度的热轧钢板在常规退火条件下处理之后也不一定保持同上述发明相同的碳化物分布。

[0007] 专利文件3公开了当铁素体的晶粒尺寸满足 $10\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 范围,同时珠光体和渗碳体份数保持在10%以下水平时,精细冲裁可加工性提高。尽管公开的发明具体说明了控制退火钢板的微结构,但公开的发明中的成型性能远不是热轧后结构的成型性能。相反,作为一种改善热轧后结构成型性能的方法,如果铁素体的形成受到抑制并得到均相分布,则可使材料偏差最小化。

[0008] 专利文件4提出了规定热轧后结构的方法,所述方法获得约10%以下的铁素体份数,其通过将退火后的铁素体粒径调节至 $6\mu\text{m}$ 以下且将退火后的碳化物粒径调节至 $0.1\mu\text{m}$ 至 $1.2\mu\text{m}$ 范围内,并以每秒 $120^\circ\text{C}$ 以上的速率冷却热轧钢板而实现。然而,该已公开的发明是为了改善退火钢板的延伸凸缘性能(stretch-flangeability),而且并不总是需要 $120^\circ\text{C}/\text{秒}$ 的快速冷却速率来形成铁素体份数为约10%以下的热轧钢板。

[0009] 专利文件5提出了改善退火钢板成型性能的方法,所述方法通过分别调节先共析体铁素体和珠光体份数至5%以下,形成具有90%以上贝氏体份数的高碳贝氏体结构,并且

形成在退火后有细小渗碳体分布于其中的结构而实现。然而,该已公开的发明仅是为了通过精细地调节碳化物的平均尺寸至 $1\mu\text{m}$ 以下且晶粒尺寸至 $5\mu\text{m}$ 以下而改善退火钢板的成型性能,而不涉及热轧钢板的成型性能。

[0010] (专利文件1)日本专利申请公开号2005-344194

[0011] (专利文件2)日本专利申请公开号2005-344196

[0012] (专利文件3)日本专利申请公开号2001-140037

[0013] (专利文件4)日本专利申请公开号2006-063394

[0014] (专利文件5)韩国专利申请公开号2007-0068289

## 发明内容

[0015] 技术问题

[0016] 为了解决上述问题,本发明的一方面可提供能通过控制合金元素及其结构的种类和含量来保证优异材料均匀度的高碳热轧钢板,和制造所述高碳热轧钢板的方法。

[0017] 技术方案

[0018] 根据本发明的一方面,具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板可包含0.2重量%至0.5重量%的碳(C)、大于0重量%至0.5重量%的硅(Si)、0.2重量%至1.5重量%的锰(Mn)、大于0重量%至1.0重量%的铬(Cr)、大于0重量%至0.03重量%的磷(P)、大于0重量%至0.015重量%的硫(S)、大于0重量%至0.05重量%的铝(Al)、0.0005重量%至0.005重量%的硼(B)、0.005重量%至0.05重量%的钛(Ti)、大于0重量%至0.01重量%的氮(N),和余量的铁(Fe)及不可避免的杂质,其中高碳热轧钢板可包含面积份数为95%以上的珠光体相。

[0019] 根据本发明的另一方面,制造具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板的方法可包括:制造高碳钢板坯,其包含0.2重量%至0.5重量%的C、大于0重量%至0.5重量%的Si、0.2重量%至1.5重量%的Mn、大于0重量%至1.0重量%的Cr、大于0重量%至0.03重量%的P、大于0重量%至0.015重量%的S、大于0重量%至0.05重量%的Al、0.0005重量%至0.005重量%的B、0.005重量%至0.05重量%的Ti、大于0重量%至0.01重量%的N,和余量的Fe及不可避免的杂质;重新加热板坯至 $1100^{\circ}\text{C}$ 至 $1300^{\circ}\text{C}$ 范围的温度;热轧所述重新加热的板坯使得最终热轧温度在 $800^{\circ}\text{C}$ 至 $1000^{\circ}\text{C}$ 范围内;以满足下式1或1'的冷却速率 $CR1$ 冷却所述热轧钢板直至热轧钢板的温度从最终热轧温度降至 $550^{\circ}\text{C}$ ;以满足下式2的卷曲温度 $CT$ 卷曲所述冷却的钢板,

[0020] [式1]

[0021]  $Cond1 \leq CR1 (^{\circ}\text{C}/\text{秒}) < 100,$

[0022]  $Cond1 = 175 - 300 \times C(\text{重量}\%) - 30 \times Mn(\text{重量}\%) - 100 \times Cr(\text{重量}\%)$ 和10二者中的较大值

[0023] [式1']

[0024]  $Cond1 \leq CR1 (^{\circ}\text{C}/\text{秒}) \leq Cond1 + 20,$

[0025]  $Cond1 = 175 - 300 \times C(\text{重量}\%) - 30 \times Mn(\text{重量}\%) - 100 \times Cr(\text{重量}\%)$ 和10二者中的较大值

[0026] [式2]

[0027]  $Cond2 \leq CT (^{\circ}\text{C}) \leq 650,$

[0028]  $\text{Cond2} = 640 - 237 \times \text{C}(\text{重量}\%) - 16.5 \times \text{Mn}(\text{重量}\%) - 8.5 \times \text{Cr}(\text{重量}\%)$ 。

[0029] 有益效果

[0030] 根据本发明的实施方案,提供了具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板和其制造方法,其中,控制钢板的元素、微结构和加工条件以在高碳热轧钢板的热轧后结构中实现优异的材料均匀度,由此确保零件形成后的优异的尺寸精度,防止加工过程中的缺陷,并确保即使在最终热处理过程也具有均匀的结构和硬度分布。

## 附图说明

[0031] 图1为热轧钢板随冷却速率的转化曲线。

## 具体实施方式

[0032] 本发明的发明人已做了大量研究来设计具有优异材料均匀度的钢材料,优异的材料均匀度为高碳热轧钢板所需的性能。利用研究的结果,本发明的发明人在证实具有优异材料均匀度的钢材料可以通过精确控制合金元素含量和加工条件获得95%以上的珠光体结构——尤其是根据合金元素变化的冷却条件和卷曲条件——而得到之后完成了本发明。

[0033] 在下文中,具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板将作为本发明的一方面来进行描述。

[0034] 本发明的一个实施方案的高碳热轧钢板可包含0.2重量%至0.5重量%的C、大于0重量%至0.5重量%的Si、0.2重量%至1.5重量%的Mn、大于0重量%至1.0重量%的Cr、大于0重量%至0.03重量%的P、大于0重量%至0.015重量%的S、大于0重量%至0.05重量%的Al、0.0005重量%至0.005重量%的B、0.005重量%至0.05重量%的Ti、大于0重量%至0.01重量%的N,和余量的Fe及不可避免的杂质。

[0035] 所述高碳热轧钢板可优选地包含0.2重量%至0.4重量%的C。

[0036] 此外,所述高碳热轧钢板可优选地包含0.4重量%至0.5重量%的C。

[0037] 在下文中,在本发明的实施方案中,将对如上所述的高碳热轧钢板的元素的具体限定的原因进行详细描述。在下面的描述中,组成元素的含量以重量百分数(重量%)给出。

[0038] C:0.2重量%至0.5重量%

[0039] 碳(C)为确保热处理过程中的硬化性和热处理后的硬度所需的一种元素,并且C的含量优选为0.2重量%以上,以确保热处理过程中的硬化性和热处理后的硬度。然而,若C的含量大于0.5重量%,则由于保持了极高的热轧硬度,会增加材料偏差的绝对值和劣化成型性能,可能难以获得本发明期望的优异的材料均匀度。

[0040] 若C的含量在0.2重量%至0.4重量%之间,则由于钢板在最终热处理过程之前是软的,因此很容易进行拉出、锻造和拉制等成型过程,以制造复杂的机器零件。

[0041] 此外,若C的含量在0.4重量%至0.5重量%之间,尽管在成型过程中的加工相对困难,但是由于钢板在最终热处理后的高硬度,高碳热轧钢板的耐磨性和抗疲劳性却是优异的,因此钢板可有益地用于制造在高负载条件下操作的机器零件。

[0042] Si:大于0重量%至0.5重量%

[0043] 硅(Si)是与Al一同添加的元素,目的是为了脱氧。若添加Si,则会抑制生成红色氧化皮的不利影响,同时可稳定铁素体,使材料偏差增加。因此,Si含量的上限可优选设置为

0.5重量%。

[0044] Mn:0.2重量%至1.5重量%

[0045] 锰(Mn)是有助于提高硬化性和确保热处理后硬度的元素。若Mn的含量非常低,在少于0.2重量%的范围内,则钢板将由于粗FeS的形成而变得非常易碎。另一方面,如果Mn的含量大于1.5重量%,将会增加合金化成本,并且形成残留的奥氏体。

[0046] Cr:大于0重量%至1.0重量%

[0047] 铬(Cr)是有助于提高硬化性和确保热处理后硬度的元素。此外,Cr通过精细地调节珠光体的层间距有助于改善钢板的成型性能。当Cr的含量大于1.0重量%时,将会增加合金化成本,并且过度延迟相变,从而导致在输出辊道(ROT)中冷却钢板时难以获得充足的相变。因此,Cr含量的上限可优选地设置为1.0重量%。

[0048] P:大于0重量%至0.03重量%

[0049] 磷(P)是钢板中的杂质元素。P含量的上限可优选设置为0.03重量%。若P的含量大于0.03重量%,则钢板的焊接性将会劣化,并且钢板将变得易碎。

[0050] S:大于0重量%至0.015重量%

[0051] 同磷一样,硫(S)是使钢板的延展性和焊接性变差的杂质元素。因此,S含量的上限可优选设置为0.015重量%。若S的含量大于0.015重量%,则钢板的延展性和焊接性降低的可能性将会增加。

[0052] Al:大于0重量%至0.05重量%

[0053] 铝(Al)是为了脱氧并在炼钢过程中作为脱氧剂的元素。大于0.05重量%的Al含量的必要性较低,并且若Al含量过高,则在连续的铸造过程中可能会堵塞喷嘴。因此,Al含量的上限可优选设置为0.05重量%。

[0054] B:0.0005重量%至0.005重量%

[0055] 硼(B)是极有助于确保钢板硬化性的元素,并因此可以0.0005重量%以上的量添加以获得硬化性增强效果。然而,若B添加过量,在晶粒边界处可形成碳化硼,进而形成成核位点并使硬化性显著变差。因此,B含量的上限可优选设置为0.005重量%。

[0056] Ti:0.005重量%至0.05重量%

[0057] 由于钛(Ti)通过与氮(N)反应形成TiN,因此钛(Ti)是为抑制BN形成而添加的元素,即所谓硼保护。若Ti的含量低于0.005重量%,则不会有效固定钢板中的氮。另一方面,若Ti的含量过高,则钢板将由于形成粗TiN而变得易碎。因此,Ti的含量可调节至钢板中的氮被充分固定的范围。因此,Ti的上限可优选设置为0.05重量%。

[0058] N:大于0重量%至0.01重量%

[0059] 氮(N)是一种有助于钢材料硬度的元素,但是N也是一种难以控制的元素。若N的含量大于0.01重量%,则可极大增加脆性,并且可通过在TiN形成后残留的剩余N以BN的形式消耗有助于硬化性的B。因此,N的上限可优选设置为0.01重量%。

[0060] 除了上述组成元素之外,本发明实施方案中的高碳热轧钢板还包含Fe和不可避免的杂质。

[0061] 还需限制具有上述组分的钢板的内部结构的类型和形状,以使得钢板可成为具有优异材料均匀度的高碳热轧钢板。

[0062] 即,根据本发明的一个实施方案,可优选高碳热轧钢板的微结构可具有95%以上

的面积份数的珠光体。

[0063] 如果珠光体相份数低于95%，即，若先共析体铁素体相、贝氏体相或马氏体相形成的部分为5%以上，则会增加钢板材料偏差，从而使钢板难以获得材料均匀度。

[0064] 此外，可优选珠光体相的面积份数在卷曲之前为75%以上。珠光体相使热轧钢板获得材料均匀度。如果珠光体的面积份数在卷曲之前为75%以上，则可形成被倾斜晶界——具有15°以上的取向差角——环绕的珠光体晶团，其平均尺寸为15 $\mu\text{m}$ 以下，由此获得精细的均匀结构。因此，所述精细的均匀结构使得热轧钢板具有更加均匀的材料偏差。

[0065] 如果卷曲之前形成的珠光体相具有不充足的份数——低于75%，则在卷曲后将在线圈中积累大量的转化潜热，这使得珠光体结构发生部分球化，从而由于转化热而导致高硬度偏差并使层结构粗化。因此，部分地形成低硬度结构。此外，在转化过程中可形成铁素体相或贝氏体相。

[0066] 如上所述，根据本发明，在卷曲之前多数珠光体的转化发生在相对低的温度范围内，从而在钢板的最终微结构中可获得0.1 $\mu\text{m}$ 以下的较小的平均层间距，因此可进一步改善钢板材料均匀度。

[0067] 为了制造满足如上所述的本发明实施方案目的的高碳热轧钢板，将在下文中详细描述由本发明的发明人设计的一个实施例。然而，本发明的实施方案不局限于此实施例。

[0068] 制造本发明的实施方案的高碳热轧钢板的方法通常可包括：加热满足上述元素体系和微结构的钢板坯；轧制加热的板坯；在经轧制的板坯上于800°C至1000°C的温度范围内进行最终轧制；冷却并卷曲最终轧制的钢板。

[0069] 在下文中，将描述各个过程的详细条件。

[0070] 重新加热：1100°C至1300°C

[0071] 由于板坯的加热是为顺利进行后续轧制过程和充分获得钢板目标物理性能的加热过程，所述加热过程在合适的温度范围内进行，以获得目标物理性能。

[0072] 当重新加热板坯时，存在的问题是若加热温度低于1100°C，则热轧负载迅速增加。另一方面，若加热温度高于1300°C，则板坯的表面氧化皮的量将会增加，从而增加材料损失的量和加热成本。

[0073] 轧制条件

[0074] 当热轧重新加热的板坯以形成钢板时，最终热轧温度设置在800°C至1000°C范围内。

[0075] 在热轧过程中，若最终热轧温度低于800°C，则会极大增加轧制负载。另一方面，若最终热轧温度高于1000°C，则钢板结构可能会变得粗糙并且呈脆性，并且在钢板上可形成厚的氧化皮而使钢板的表面质量变差。

[0076] 冷却条件

[0077] 当冷却热轧钢板时，热轧钢板在水冷却ROT中冷却直至钢板温度从最终热轧温度降至550°C。

[0078] 此时，钢板以低于100°C/秒但等于或高于如下式1所示的Cond1的冷却速率CR1进行冷却。若冷却速率CR1低于如下式1所计算的Cond1，则在冷却过程中形成铁素体相，从而导致30Hv以上的硬度差。另一方面，若冷却速率CR1超过100°C/秒，则钢板的形状将明显劣化。

[0079] 在本发明的一个实施方案中,添加硼(B),并控制C、Mn和Cr的含量。因此,甚至是在通常的冷却速率下也可获得目标的材料均匀度。

[0080] [式1]

[0081]  $Cond1 \leq CR1 (\text{°C}/\text{秒}) < 100,$

[0082]  $Cond1 = 175 - 300 \times C(\text{重量}\%) - 30 \times Mn(\text{重量}\%) - 100 \times Cr(\text{重量}\%)$ 和10二者中的较大值

[0083] 此外,冷却速率CR1可调节至如下式1'所示的不小于Cond1至不大于Cond1+20°C/秒的范围内。若冷却速率CR1如式1'所示控制,则可防止铁素体相的形成,并且钢板的温度不会明显偏离于相转变的鼻温(nosetemperature),从而有利于后续过程的珠光体转变。

[0084] [式1']

[0085]  $Cond1 \leq CR1 (\text{°C}/\text{秒}) \leq Cond1 + 20,$

[0086]  $Cond1 = 175 - 300 \times C(\text{重量}\%) - 30 \times Mn(\text{重量}\%) - 100 \times Cr(\text{重量}\%)$ 和10二者中的较大值

[0087] 卷曲条件

[0088] 在钢板通过水冷却ROT之后,将钢板卷曲成卷。此时,将钢板的温度通过换热或额外冷却调节至满足式2的卷曲温度CT。

[0089] 若卷曲温度超过650°C,则尽管满足制造条件如上述冷却条件,但在卷曲过程后的保留阶段仍会形成铁素体相。另一方面,若卷曲温度低于如式2计算的Cond2,则会形成贝氏体相,从而增加钢板的硬度差异。

[0090] [式(2)]

[0091]  $Cond2 \leq CT (\text{°C}) \leq 650,$

[0092]  $Cond2 = 640 - 237 \times C(\text{重量}\%) - 16.5 \times Mn(\text{重量}\%) - 8.5 \times Cr(\text{重量}\%)$

[0093] 当制造高碳热轧钢板时,控制组成元素,同时控制冷却速率和卷曲温度,如图1所示。然后,在卷曲过程之前可形成面积份数为75%以上的珠光体相。若在卷曲过程之前形成了面积份数为75%以上的珠光体相,则钢板中的珠光体相的面积份数在卷曲过程之后可变为95%以上。

[0094] 此外,控制制造条件如组成元素和冷却速率,从而形成平均尺寸为15μm以上的珠光体晶团,并且调节平均层间距至0.1μm以下,由此降低热轧钢板微结构之间的硬度差至30HV以下,并使得热轧钢板具有优异的材料均匀度。此时,硬度差定义为当热轧钢板中测定的最大硬度值和最小硬度值分别设置为100%和0%时,95%硬度水平和5%硬度水平之差。

[0095] 通过本发明实施方案的方法制备的热轧钢板无需进行额外处理便可使用,或者可在进行如退火处理等处理之后使用。

[0096] 在下文中,将通过实施例更加详细地描述本发明的实施方案。然而,本发明的实施方案并不局限于此。

## 具体实施方式

[0097] (实施例)

[0098] 在具有如下表1所示的合金组成的钢真空熔融成30Kg钢锭之后,在所述真空熔融的钢锭上进行定径轧制(sizing rolling)过程以制造厚度为30mm的板坯。在1200°C下重新

加热板坯1小时之后,在重新加热的板坯上进行热轧过程,其中最终热轧过程在900℃在重新加热的板坯上进行,以制造最终厚度为3mm的热轧钢板。

[0099] 在最终热轧过程之后,钢板在水冷却ROT中以CR1的冷却速率冷却至550℃。将冷却的钢板放置在已加热至目标卷曲温度的熔炉中,并在熔炉中保持1小时。随后,在炉冷却后,在钢板上进行试验性的热轧卷曲过程。此时,钢板使用如下表2所示的冷却速率CR1和卷曲温度CT。

[0100] 此外,分析通过完成卷曲过程而获得的最终热轧钢板的微结构,测量最终热轧钢板的Vickers硬度值,如下表2所示。此时,使用500g重物测量Vickers硬度的硬度值,且硬度差定义为当通过将测量重复30次以上而测得的硬度值中的最大硬度值和最小硬度值分别设置为100%和0%时,95%硬度水平和5%硬度水平之差。

[0101]

表 1

钢类型	C	Si	Mn	Cr	B	Ti	Al	P	S	N	参考备注
A	0.201	0.192	0.706	0.211	0.0021	0.020	0.033	0.011	0.0032	0.0040	本发明的钢
B	0.215	0.102	0.981	0.003	0.0019	0.0019	0.033	0.012	0.0022	0.0042	本发明的钢
C	0.225	0.117	0.722	0.430	0.0002	0.002	0.021	0.014	0.0057	0.0059	比较钢
D	0.233	0.201	1.113	0.006	0.0022	0.019	0.018	0.013	0.0042	0.0043	本发明的钢
E	0.248	0.122	0.927	0.495	0.0020	0.023	0.015	0.015	0.0037	0.0052	本发明的钢
F	0.312	0.21	0.812	0.002	0.0019	0.021	0.017	0.017	0.0021	0.0037	本发明的钢
G	0.347	0.152	0.325	0.750	0.0011	0.019	0.021	0.018	0.0015	0.0040	本发明的钢
H	0.362	0.215	1.370	0.003	0.0020	0.021	0.019	0.012	0.0012	0.0049	本发明的钢
I	0.371	0.075	0.867	0.512	0.0014	0.019	0.042	0.009	0.0032	0.0032	本发明的钢
J	0.384	0.045	0.912	0.007	0.0022	0.021	0.038	0.008	0.0027	0.007	本发明的钢
K	0.409	0.063	0.399	0.212	0.0022	0.020	0.044	0.012	0.0084	0.0066	本发明的钢
L	0.397	0.211	0.415	0.003	0.0001	0.003	0.015	0.013	0.0067	0.0050	比较钢
M	0.466	0.327	0.315	0.125	0.0020	0.021	0.007	0.014	0.0039	0.0047	本发明的钢

[0102]

表 2

热轧钢板	Cond 1	CR 1	Cond 2	CT	珠光体份数	晶团尺寸 ( $\mu\text{m}$ )	层间距( $\mu\text{m}$ )	硬度偏差	类别
A	72	75	579	600	96%	12	0.054	25	本发明实施例
B	81	85	573	600	98%	13	0.058	19	本发明实施例
C	43	50	571	600	83%	13	0.051	63	比较例
D	71	75	566	600	99%	12	0.059	21	本发明实施例
E	23	30	562	620	97%	14	0.055	25	本发明实施例
F	57	75	553	580	99%	12	0.053	16	本发明实施例
G	10	20	546	580	95%	10	0.043	24	本发明实施例
H	25	30	532	580	97%	9	0.059	18	本发明实施例
I	10	20	533	670	91%	16	0.071	79	比较例

[0103]

<b>J</b>	<b>32</b>	<b>50</b>	<b>534</b>	<b>580</b>	<b>99%</b>	<b>10</b>	<b>0.054</b>	<b>17</b>	<b>本发明实施 例</b>
<b>K</b>	<b>19</b>	<b>30</b>	<b>535</b>	<b>580</b>	<b>96%</b>	<b>9</b>	<b>0.049</b>	<b>23</b>	<b>本发明实施 例</b>
<b>L</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>539</b>	<b>620</b>	<b>87%</b>	<b>13</b>	<b>0.055</b>	<b>82</b>	<b>比较例</b>
<b>M</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>523</b>	<b>620</b>	<b>99%</b>	<b>12</b>	<b>0.054</b>	<b>27</b>	<b>本发明实施 例</b>

(在表 2 中，除了珠光体部分之外的剩余物由先共析体铁素体组成)

[0104] 作为测量结果,使用表1中比较钢C和L的比较例C和L中,其中硼(B)含量不满足由本发明实施方案所提供的范围,虽然制造条件如冷却条件和卷曲条件满足本发明的实施方

案,但珠光体份数分别是83%和87%,即珠光体份数不满足本发明实施方案所提出的范围,并且也测量到30Hv以上的硬度偏差。

[0105] 此外,在表2的比较例I中,其中卷曲温度条件不满足本发明的实施方案,可以看出,由于铁素体相在高卷曲温度下形成,珠光体份数为95%以下,且硬度偏差为79Hv,即钢板材料均匀度较差。

[0106] 另一方面,特别是在满足由本发明的实施方案提供的组成范围和制造条件的本发明实施例中的本发明实施例F中,珠光体份数为99%,且也测量到硬度偏差为16Hv。

[0107] 此外,作为测量本发明实施例的层间距的结果,所测量的层间距均为0.1 $\mu$ m以下。因此,可以确认形成了非常微细的结构。

[0108] 从上述结果可以看出,当满足由本发明实施方案所提供的组成范围和制造条件时,可以获得具有优异材料均匀度的高强度热轧钢板。

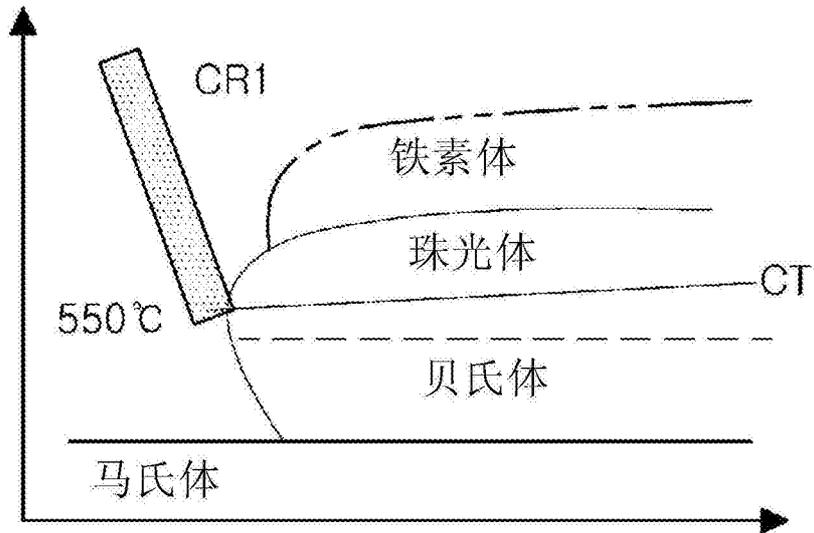


图1