



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101454089 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 31

(21) 申请号 200780019222. 6

(22) 申请日 2007. 05. 21

(30) 优先权数据

146167/2006 2006. 05. 26 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 11. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2007/060391 2007. 05. 21

(87) PCT申请的公布数据

W02007/138914 JA 2007. 12. 06

(73) 专利权人 住友金属工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 日高康善 小野敏秀 松本聪

中池纮嗣 饭田纯生

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汪惠民

(51) Int. Cl.

*B21B 25/04* (2006. 01)

*B21B 23/00* (2006. 01)

*C21D 3/04* (2006. 01)

*C21D 9/08* (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 62068671 A, 1987. 03. 28, 全文.

JP 7278782 A, 1995. 10. 24, 全文.

JP 8057505 A, 1996. 03. 05, 全文.

JP 9201604 A, 1997. 08. 05, 全文.

CN 1668768 A, 2005. 09. 14, 全文.

审查员 李晓丽

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 1 页

(54) 发明名称

无缝不锈钢钢管的制造方法

(57) 摘要

一种经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行制品热处理的无缝管的制造方法,在将附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量定为  $C(\text{g}/\text{m}^2)$ , 或者将热处理前的被热处理管的内面的最大渗碳量定为  $\Delta C(\%)$ , 将所述热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}\text{C})$ , 将对该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体的时间定为  $t_1$ 、 $t_2$  (秒), 或者将加入了冷加工时的壁厚的减少量的吹送时间定为  $t_3$ 、 $t_4$  (秒), 通过使之满足规定的关系, 使热处理中的实际的具有脱碳性的气体的吹送时间  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$  (秒) 长, 在芯棒连轧管机轧制等中即使管内面发生了碳附着, 仍能够制造抑制了渗碳层的无缝不锈钢钢管。

1. 一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行制品热处理的无缝管的制造方法,其特征在于,

在将附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂的每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量定为  $C(g/m^2)$ ,将所述热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,以比满足下述 (1) 式的关系的气体的吹送时间  $t_1$  (秒) 长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体,

$$2.5 \times C = \{1.326 \times 10^8 \times t_1 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (1)。$$

2. 一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行制品热处理的无缝管的制造方法,其特征在于,

所述热处理前的被热处理管的内面的最大渗碳量为  $\Delta C$  (质量%),

在将所述热处理中被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,以比满足下述 (2) 式的关系的气体的吹送时间  $t_2$  (秒) 长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体,

$$4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_2 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (2)。$$

3. 一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行冷加工,并且,在所述冷加工前和 / 或所述冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法,其特征在于,

在将附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂的每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量定为  $C(g/m^2)$ ,将所述冷加工前和 / 或冷加工后的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,以比满足下述 (1) 式的关系的气体的吹送时间  $t_1$  (秒) 长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体,

$$2.5 \times C = \{1.326 \times 10^8 \times t_1 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (1)。$$

4. 一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行冷加工,并且,在所述冷加工前和 / 或所述冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法,其特征在于,

所述冷加工前和 / 或冷加工后的被热处理管的内面的最大渗碳量为  $\Delta C(\%)$ ,

在将该热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,以比满足下述 (2) 式的关系的气体的吹送时间  $t_2$  (秒) 长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体,

$$4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_2 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (2)。$$

5. 一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并在冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法,其特征在于,

在将附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂的每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量定为  $C(g/m^2)$ ,将所述冷加工后的热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}C)$ ,将冷加工前的管的壁厚定为  $W_0$ ,将冷加工后的管的壁厚定为  $W_1$  时,在该热处理中,以比满足下述 (3) 式的关系的气体的吹送时间  $t_3$  (秒) 长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体,

$$(W_1/W_0) \times 2.5 \times C = \{1.326 \times 10^8 \times t_3 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (3)。$$

6. 一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序

和定径轧制工序,并在冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法,其特征在于,

所述冷加工前的被热处理管的内面的最大渗碳量为  $\Delta C(\%)$ ,

在将所述冷加工后的热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}\text{C})$ ,将冷加工前的管的壁厚定为  $W_0$ ,将冷加工后的管的壁厚定为  $W_1$  时,在该热处理中,以比满足下述 (4) 式的关系的气体的吹送时间  $t_4$  (秒) 长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体,

$$(W_1/W_0) \times 4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_4 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \quad \dots (4)。$$

## 无缝不锈钢钢管的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及经过穿孔轧制工序、芯棒连轧管机轧制等的使用芯棒的延伸轧制工序、和张力减径机轧制等的定径轧制,并进行制品热处理,或根据需要实施冷加工后,再进行制品热处理的无缝不锈钢钢管的制造方法,更详细地说,是涉及这样一种无缝不锈钢钢管的制造方法,即使经芯棒连轧管机轧制等的延伸轧制,用于芯棒的润滑剂和来自制造线的石墨污染导致在管内面形成渗碳层,在其后的制品热处理或冷加工前的荒管软化热处理,或者冷加工后的制品热处理中,也能够使渗碳层脱碳。

### 背景技术

[0002] 进行穿孔轧制、芯棒连轧管机轧制等的使用芯棒的延伸轧制和张力减径机轧制等的定径轧制而得到的无缝管,进一步根据需要以其为荒管进行冷加工而得到的无缝管的制造,通常以如下方式进行。以下,在使此轧制方法为延伸轧制而应用芯棒连轧管机轧制,以及作为定径轧制而应用张力减径机轧制的情况下进行说明。

[0003] 使用回转炉床式等的加热炉将圆钢坯(板坯)加热至规定温度(通常为 $1150 \sim 1250^{\circ}\text{C}$ ),使该圆钢坯通过倾斜辊穿孔轧机而成形为中空的空心管坯(hollow shell)。接着,在该空心管坯内插入涂布有润滑剂的芯棒,通过由 $7 \sim 9$ 台构成的芯棒连轧管机组,以1轧道粗轧制成规定尺寸的精轧用荒管。

[0004] 在该粗轧后,将精轧用荒管装入加热炉并再加热(通常为 $900 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ ),只对管外面吹送高压水而进行除鳞后,利用张力减径轧机轧制。再根据需要,将通过张力减径机轧制得到的管作为冷加工用荒管,经过利用拔管机进行的拉拔加工和利用皮尔格轧机(Pilger mill)这样使用了孔型辊进行冷轧的冷加工,得到成为制品的无缝管。

[0005] 在上述的无缝管的热轧时,利用芯棒连轧管机进行粗轧时所使用的芯棒,被插入高温状态(通常为 $1100 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ )的空心管坯内,被曝露在容易与空心管坯烧粘的状态下。另外,芯棒连轧管机轧制后的管形状和壁厚尺寸,会受到轧制时的辊转速和辊孔型形状的影响,并且还会受到由芯棒和空心管坯之间的摩擦带来的影响。因此,为了防止芯棒与空心管坯发生烧粘,并且使之与空心管坯的摩擦适度,以便得到规定的管形状和壁厚尺寸,从而在芯棒的外表面涂布润滑剂。

[0006] 作为这样的润滑剂,例如有特公昭59-37317号公报所示的廉价并具有非常优异的润滑特性的以石墨为主要成分的水溶性润滑剂,该石墨系的润滑剂历来被大量使用。但是,特别在以含有Cr达 $10 \sim 30$ 质量%的不锈钢为原材的情况下,若使用涂布有以石墨为主要成分的润滑剂的芯棒来进行粗轧,则在轧制时会发生渗碳现象,在管的内表面侧会发生碳浓度比母材高的渗碳层。

[0007] 发生在管内表面的渗碳层,其发生主要是由于在芯棒连轧管机轧制时,作为内面润滑剂的主要成分的石墨和有机粘合剂中的碳的一部分作为CO气体化而浸入到钢中。其结果是存在如下情况:距管的内表面沿壁厚方向至 $0.5\text{mm}$ 左右的壁厚部分的碳浓度比母材的碳含量变高约 $0.1$ 质量%左右,超过规格等规定的碳(C)含量的基准的上限值。

[0008] 如此超过规定的基准而残存的渗碳层部分,使不锈钢中形成作为耐腐蚀性皮膜的静态皮膜的主要成分的 Cr 被作为碳化物固定,因此管内面的耐腐蚀性显著劣化。

[0009] 因此,在管内表面发生了渗碳层的无缝不锈钢钢管,不能直接作为制品上市,因此要进行消除渗碳层部分的方法。例如,全面研磨残存有渗碳层的管内表面,在特开平 9-201604 号公报中提出用于脱碳的特殊的热处理,其是在精轧后进行除鳞以使管内面的氧化皮的厚度减少,而后在氧化性气氛中在 1050 ~ 1250℃ 加热保持 3 ~ 20 分钟。但是,在使这些渗碳层部分消除的方法中,存在其处理需要大量的工时和费用的问题。

[0010] 此外,在特开平 8-90043 号公报中提出,在精轧用荒管的再加热处理中,作为钢管内面的气氛用含有 10% 以上的水蒸气的气体,满足这一点之后,以 980 ~ 1080℃ 加热 2 ~ 10 分钟。而且在实施例中记述,若水蒸气为 0 ~ 9% 的范围,则在腐蚀试验中会发生裂纹。但是,在特开平 8-90043 号公报的制造方法中,为了使 10% 以上的水蒸气持续通过管内面,需要大规模的水蒸气制造装置,因此对于大量生产来说不适宜。另外,在精轧后需要进行用于脱碳的固溶热处理。

[0011] 另外,特开平 4-168221 号公报中,提出一种将使用石墨系润滑剂进行了芯棒连轧管机轧制的精轧用荒管,以氧浓度为 6 ~ 15% 的气氛,在 950 ~ 1200℃ 的温度域保持 10 ~ 30 分钟后进行精轧的奥氏体系不锈钢钢管的制造方法。但是,特开平 4-168221 号公报的制造方法中,因为精轧用荒管的热处理要花费长时间,所以氧化皮损耗大,从成品率的角度出发是不现实的。

[0012] 因此,最近取代上述的石墨系润滑剂,非石墨系润滑剂的开发及其使用方法的开发得到积极地推进,例如特开平 9-78080 号公报中公开有一种极力降低了碳含量的润滑剂,其是主要成分作为层状氧化物的云母和硼酸盐,完全不含碳,或就算含有也只是有机粘合剂成分中的碳。该非石墨系润滑剂的涂布方法与石墨系润滑剂相同,另外,其润滑性能与石墨系润滑剂相比,其成分设计并不逊色。

[0013] 然而,特开平 9-78080 号公报所公开的这种非石墨系润滑剂,比石墨系润滑剂贵,因此出于经济性的理由,其在对于无需考虑管内面的渗碳层的问题的材质等进行的轧制中并不适用。另外,最近构成无缝钢管的需要对象的制品的大部分都不需要考虑内面渗碳,因此,通常在进行芯棒连轧管机轧制等使用芯棒的延伸轧制时,从经济性的角度出发而使用石墨系润滑剂。

[0014] 可是,在制造低碳材质的不锈钢钢管时,则需要考虑内面渗碳的问题。这种情况下,即使在低碳材质的不锈钢钢管的制造中只使用非石墨系润滑剂,而使用的芯棒却与大部分的钢种的延伸轧制中所使用的相同,这时在该芯棒表面仍必定残存附着有石墨。

[0015] 另外,在芯棒的搬送线上,其中在润滑剂的涂布位置和向空心管坯插入芯棒的插入位置之间的搬送线上,碳钢钢管和低合金钢钢管等在延伸轧时,被涂布于芯棒表面的石墨大量转移附着。但是,为了清洗制造线而需要相当的设备,因此便不会进行充分的清洗,从而来自制造线的石墨污染不可避免。

[0016] 因此,为了将芯棒用于低碳材质的不锈钢钢管的延伸轧制,即使在其表面涂布非石墨系润滑剂,该芯棒上也都会涂布石墨系润滑剂,而无论其是否供延伸轧制,其表面(即,非石墨系润滑剂的皮膜表面)也都会部分地附着转移附着在搬送线上的石墨。

[0017] 部分附着于该非石墨系润滑剂的皮膜表面的石墨,因为会与作为被加工材料的空

心管坯直接接触,所以使轧制后的管内表面产生部分的渗碳层,虽然与使用石墨系润滑剂的情况相比程度稍差,但仍产生了渗碳层。

[0018] 另一方面,使用涂布石墨系润滑剂而供延伸轧制的芯棒时,在新涂布的非石墨系润滑剂皮膜的下部残存附着有石墨,随着延伸轧制轧机的严酷的加工,残存在皮膜下部的石墨也会与被加工材料直接接触,从轧制中以及其后的工序中使管的内表面产生部分的渗碳层。

[0019] 如此,在使用芯棒的延伸轧制时,即使是使用非石墨润滑剂的情况下,管内面仍会发生渗碳层,从而耐腐蚀性劣化。

[0020] 如前述,在实际的制造现场,在使用芯棒的延伸轧制时,即使是使用非石墨润滑剂的情况下,芯棒的表面仍多被石墨污染,存在内面发生渗碳层,耐腐蚀性劣化的问题。

## 发明内容

[0021] 本发明针对这种在管内部发生的渗碳层,其的目的在于,提供一种无缝不锈钢钢管的制造方法,即在对不锈钢钢管进行热轧,再根据需要进行冷加工时,在芯棒连轧管机轧制等使用芯棒的延伸轧制中,即使有来自润滑剂和制造线的石墨污染发生,也能够通过其后的热处理使渗碳部脱碳,从而抑制管内面发生的渗碳层,使内面品质优异。

[0022] 本发明者们为了达成上述的课题,对于经过穿孔轧制工序、芯棒连轧管机轧制等的使用了芯棒的延伸轧制和定径轧制而制造的钢管的内面的渗碳举动进行了详细地调查,了解到实际的渗碳举动会受到芯棒表面的碳附着量的影响。

[0023] 具体来说,就是尝试实际的芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 的测定,以及使钢管的内面表层的渗碳量和芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 带给渗碳深度的影响定量化。

[0024] 1. 芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 的实测结果

[0025] 虽然实际的渗碳举动预测会受到芯棒表面的碳附着量的影响,但是对实际上的芯棒表面的附着状况并不详细。因此,使用芯棒的延伸轧制之中,要对附着在被用于芯棒连轧管机的芯棒表面的碳附着量进行实测。

[0026] 不对实际所采用的芯棒进行芯棒连轧管机轧制而使之通过,在芯棒连轧管机中通过之后,用起重机搬出,从芯棒表面对附着物取样,进行重量测定并进行碳分析。据此,能够测定原本附着在芯棒表面的碳量和在插入芯棒连轧管机前从制造线转移附着的碳量的合计附着量。

[0027] 这时,芯棒表面性状等的条件和芯棒搬送线的条件区分为以下条件 1~条件 3。

[0028] 条件 1:不清洗芯棒表面就涂布石墨系润滑剂,并且不进行芯棒搬送线的清洗(所谓通常的轧制条件)。

[0029] 条件 2:清洗芯棒表面并涂布非石墨系润滑剂,但不进行芯棒搬送线的清洗。

[0030] 条件 3:清洗芯棒表面并涂布非石墨系润滑剂,并且清洗芯棒搬送线。

[0031] 在上述条件 2、3 中,芯棒表面清洗使用超高压水清洗机进行,清洗后,通过分析确认在芯棒表面几乎没有碳附着 ( $1.0\text{g}/\text{m}^2$  以下)。

[0032] 另外,芯棒表面的碳附着量的测定,是对于芯棒表面的特定部位,一边使用金属锉刀进行研磨直至基体金属露出,一边毫不遗漏地提取芯棒表面附着物,根据重量测定和碳的定量分析而对总体的附着进行定量评价。在芯棒每 8~10 处提取,根据重量测定和碳的

定量分析,以碳相当重量计来测定芯棒表面的附着量,芯棒表面性状等的每个条件的最大值显示在表 1 中。

[0033] 在此,所谓碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ),意思是附着在芯棒表面的润滑剂的每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量。

[0034] [表 1]

[0035]

实机的条件	润滑剂种类	有无棒和线清洗	棒表面的碳相当重量
条件 1	石墨类	无清洗	$80\text{g}/\text{m}^2$
条件 2	非石墨类	*有清洗	$42\text{g}/\text{m}^2$
条件 3	非石墨类	有清洗	$12\text{g}/\text{m}^2$

[0036] 如表 1 所示,在作为通常的轧制条件的条件 1,虽然在现状的轧制技术水平下,但被认为能够减少碳附着量的条件 3,和被认为是介于它们之间的条件 2 下,实际上在芯棒连轧管机轧制中,能够把握芯棒表面的碳相当重量有  $80 \sim 12\text{g}/\text{m}^2$  的变动。

[0037] 2. 芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 带给内面表层的渗碳量和渗碳深度的影响量

[0038] 芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 在上述表 1 所示的范围内变动时,为了定量地把握对渗碳举动造成的影响,而通过有意地使芯棒表面的碳相当重量变化的实证试验,以调查最终制品的管内面的渗碳造成的碳浓度的增加量(即渗碳量)和渗碳深度。

[0039] 作为实证试验的步骤,是用回转炉床加热炉在  $1150 \sim 1250^\circ\text{C}$  的温度范围加热具有后述的表 3 的钢种 A 所示的化学组成的 SUS304 钢的板坯(直径 200mm,长 3000mm),利用曼内斯曼穿孔机(Mannesmann piercer)穿孔外径 200mm、壁厚 16mm 的中空的空心管坯。接着通过芯棒连轧管机粗轧外径 110mm、壁厚 5.5mm 的精轧用荒管。

[0040] 这时,鉴于上述表 1 所示的调查结果,以一定比率混合石墨系润滑剂和非石墨系润滑剂,由此调整芯棒表面的碳相当重量而使之处于  $10 \sim 80\text{g}/\text{m}^2$  的范围并进行涂布。

[0041] 另外,搬送线和芯棒预先用超高压水清洗器进行清洗,除去至碳附着量处于  $1\text{g}/\text{m}^2$  以下。用芯棒连轧管机进行轧制后,用再加热炉进行加热温度为  $1000^\circ\text{C}$ 、保持时间为 20 分钟的再加热,之后利用张力减径机精轧成外径 45mm、壁厚 5mm 的钢管。

[0042] 对于精轧的钢管,每 1m 长度提取渗碳分析用试验片,通过砂纸的研磨除去钢管的内面表面的氧化皮,脱脂后通过发光分析装置(カントバツク)测定碳浓度 20 点,将其最大值作为最大 C 浓度(质量%)。以下, % 的表述意思为质量%, {内表面的最大 C 浓度(%)—壁厚中央部的 C 含量(%)} 为管内面的最大渗碳量,由  $\Delta C$  表示。

[0043] 图 1 是表示芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 带给管内面的最大渗碳量  $\Delta C$  的影响量的图。如图 1 所示,若设芯棒表面的碳相当重量为  $C(\text{g}/\text{m}^2)$ ,则带给管内面的最大渗碳量  $\Delta C$  能够由下式 (5) 定量化。

$$[0044] \quad \Delta C = 6.25C \times 10^{-4} \dots (5)$$

[0045] 图 2 是表示芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 带给管内面的渗碳深度的影响量的图。如图 2 所示,若管内面的渗碳深度为  $H(\mu\text{m})$ ,则芯棒表面的碳相当重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) 带给管内面的渗碳深度  $H$  的影响能够由下式 (6) 定量化。

$$[0046] \quad H = 2.5 \times C \dots (6)$$

[0047] 根据上述图 1 和图 2 所示的芯棒表面的碳相当重量  $C(\text{g}/\text{m}^2)$  的举动,管内面的最大渗碳  $\Delta C$  和渗碳深度  $H$  相关,若将 (5) 式代入上述 (6) 式,则如下述 (7) 式所示,可知管

内面的最大渗碳量 $\Delta C$ 越小,管内面的渗碳深度 $H$ 也变小。

$$[0048] \quad H = 2.5 \times C = 2.5 \times \{ \Delta C / (6.25C \times 10^{-4}) \} = 4000 \times \Delta C \cdots (7)$$

[0049] 如前述,如果渗碳深度 $H$ 能够通过管内面的最大渗碳量 $\Delta C(\%)$ 和芯棒表面的碳相当重量 $C(g/m^2)$ 预测,则在钢管的热处理时,能够为了脱碳而预测渗碳层的深度。若是那样,则在芯棒连轧管机轧制等使用了芯棒的延伸轧制中,即使由于石墨系润滑剂的残留和来自制造线的转移附着造成管内面发生碳附着,只要着眼于根据芯棒表面的碳相当重量 $C(g/m^2)$ ,进一步根据管内面的最大渗碳量 $\Delta C(\%)$ ,通过其后的热处理而使渗碳层脱碳即可。

[0050] 本发明基于上述的研究结果完成,以下述的(1)~(6)的无缝不锈钢钢管的制造方法为要旨。

[0051] (1)一种无缝不锈钢钢管的制造方法,其是经过穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行制品热处理的无缝管的制造方法,其中,如果设附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量为 $C(g/m^2)$ ,将所述热处理的被热处理管的加热温度定为 $T(^{\circ}C)$ 时,在该热处理中,以比满足下述(1)式的关系的气体的吹送时间 $t_1$ (秒)长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0052] \quad 2.5 \times C = \{ 1.326 \times 10^8 \times t_1 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273)) \}^{1/2} \cdots (1)$$

[0053] (2)一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行制品热处理的无缝管的制造方法,其中,所述热处理前的被热处理管的内面的最大渗碳量为 $\Delta C$ (质量%),在将所述热处理中被热处理管的加热温度定为 $T(^{\circ}C)$ 时,在该热处理中,以比满足下述(2)式的关系的气体的吹送时间 $t_2$ (秒)长的时间,对该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0054] \quad 4000 \times \Delta C = \{ 1.326 \times 10^8 \times t_2 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273)) \}^{1/2} \cdots (2)$$

[0055] (2)一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行制品热处理的无缝管的制造方法,其中,所述热处理前的被热处理管的内面的最大渗碳量为 $\Delta C$ (质量%),在将所述热处理中被热处理管的加热温度定为 $T(^{\circ}C)$ 时,在该热处理中,以比满足下述(2)式的关系的气体的吹送时间 $t_2$ (秒)长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0056] \quad 4000 \times \Delta C = \{ 1.326 \times 10^8 \times t_2 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273)) \}^{1/2} \cdots (2)$$

[0057] (3)一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并进行冷加工的无缝管的制造方法,其中,在将附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂的每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量定为 $C(g/m^2)$ ,将所述冷加工前和/或冷加工后的被热处理管的加热温度定为 $T(^{\circ}C)$ 时,在该热处理中,以比满足上述(1)式的关系的气体的吹送时间 $t_1$ (秒)长的时间,对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0058] \quad (W_1/W_0) \times 2.5 \times C = \{ 1.326 \times 10^8 \times t_3 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273)) \}^{1/2} \cdots (3)$$

[0059] (6)一种无缝不锈钢钢管的制造方法,是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序,并在冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法,其中,所述冷加工前的被热处理管的内面的最大渗碳量为 $\Delta C(\%)$ ,在将所述冷加工后的热处理的被热处理管

的加热温度定为  $T(^{\circ}\text{C})$ ，将冷加工前的管的壁厚定为  $W_0$ ，将冷加工后的管的壁厚定为  $W_1$  时，在该热处理中，以比满足下述 (4) 式的关系的气体的吹入时间  $t_4$  (秒) 长的时间，对该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0060] \quad (W_1/W_0) \times 4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_4 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (4)$$

[0061] 本发明规定的所谓“使用芯棒的延伸轧制”，并不限定于上述例示的芯棒连轧管机轧制，也包括如皮尔格轧机轧制和阿塞尔轧管机 (Assel mill) 轧制等这样，在被穿孔轧制的中空的空心管坯的内面装入芯棒而进行延伸孔制的轧制方法。无论哪种情况下，由于涂布在芯棒表面的润滑剂都会导致向管内表面的渗碳发生构成问题。

[0062] (4) 一种无缝不锈钢钢管的制造方法，是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序，并进行冷加工的无缝管的制造方法，其中，所述冷加工前和 / 或冷加工后的被热处理管的内面的最大渗碳量为  $\Delta C(\%)$ ，在将该热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}\text{C})$  时，在该热处理中，以比满足上述 (2) 式的关系的气体的吹送时间  $t_2$  (秒) 长的时间，对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体。

[0063] (5) 一种无缝不锈钢钢管的制造方法，是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序，并在冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法，其中，在将附着在所述延伸轧制工序中的芯棒表面的润滑剂的每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量定为  $C(\text{g}/\text{m}^2)$ ，将所述冷加工后的热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}\text{C})$ ，将冷加工前的管的壁厚定为  $W_0$ ，将冷加工后的管的壁厚定为  $W_1$  时，在该热处理中，以比满足下述 (3) 式的关系的气体的吹入时间  $t_3$  (秒) 长的时间，对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0064] \quad (W_1/W_0) \times 2.5 \times C = \{1.326 \times 10^8 \times t_3 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (3)$$

[0065] (6) 一种无缝不锈钢钢管的制造方法，是经穿孔轧制工序、使用了芯棒的延伸轧制工序和定径轧制工序，并在冷加工后进行热处理的无缝管的制造方法，其中，所述冷加工前的被热处理管的内面的最大渗碳量为  $\Delta C(\%)$ ，在将所述冷加工后的热处理的被热处理管的加热温度定为  $T(^{\circ}\text{C})$ ，将冷加工前的管的壁厚定为  $W_0$ ，将冷加工后的管的壁厚定为  $W_1$  时，在该热处理中，以比满足下述 (4) 式的关系的气体的吹入时间  $t_4$  (秒) 长的时间，对该被热处理管的内面吹送脱碳性气体。

$$[0066] \quad (W_1/W_0) \times 4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_4 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \dots (4)$$

[0067] 本发明规定的所谓“使用芯棒的延伸轧制”，并不限定于上述例示的芯棒连轧管机轧制，也包括如皮尔格轧机轧制和阿塞尔轧管机 (Assel mill) 轧制等这样，在被穿孔轧制的中空的空心管坯的内面装入芯棒而进行延伸孔制的轧制方法。无论哪种情况下，由于涂布在芯棒表面的润滑剂都会导致向管内表面的渗碳发生构成问题。

[0068] 此外，本发明规定的所谓“定径轧制”，是将上述被进行了“使用芯棒的延伸轧制”的精轧用荒管的外径和壁厚调整为期望的尺寸的轧制，张力减径机轧制和定径机轧制符合。

[0069] 另外，本发明规定的所谓“冷加工”，符合的是利用拔管机进行的拉拔加工和利用如皮尔格轧机这样使用了孔型辊进行冷轧的冷加工。

[0070] 根据本发明的无缝不锈钢钢管的制造方法，在芯棒连轧管机轧制等使用了芯棒的延伸轧制中，即使由于石墨系润滑剂的残留和来自制造线的转移附着造成管内面发生碳附

着,由于能够根据芯棒表面的碳相当重量  $C(g/m^2)$  和管内面的最大渗碳量  $\Delta C(\%)$  预测渗碳深度  $H$ ,因此在其后的热处理中通过管理被热处理管的加热温度  $T(^{\circ}C)$  和吹送脱碳性气体的时间  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ (秒),仍能够通过渗碳部的脱碳抑制渗碳层,从而得到内面品质优异的无缝钢管。

[0071] 附图说明

[0072] 图 1 是表示芯棒表面的碳相当重量  $(g/m^2)$  带给管内面的最大渗碳量  $\Delta C$  的影响量的图。

[0073] 图 2 是表示芯棒表面的碳相当重量  $(g/m^2)$  带给管内面的渗碳深度的影响量的图。

[0074] 具体实施方式

[0075] 本发明的无缝钢管的制造方法以如下为特征:在芯棒连轧管机轧制等使用芯棒的延伸轧制中发生了来自润滑剂和制造线的碳附着时,根据芯棒表面的碳相当重量  $C(g/m^2)$ ,能够预测其后的热处理时的渗碳深度,由此,如果设所述热处理的被热处理管的加热温度为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,则以比满足后述(1)式的关系的气体的吹送时间  $t_1$ (秒)长的时间,对该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体。

[0076] 另外,本发明的无缝钢管的制造方法以如下为特征:在同样的情况下,根据管内面的最大渗碳量  $\Delta C(\%)$ ,能够预测其后的热处理时的渗碳深度,由此,如果设所述热处理中被热处理管的加热温度为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,则以比满足后述(2)式的关系的气体的吹送时间  $t_2$ (秒)长的时间,对该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体。

[0077] 此外,本发明的无缝钢管的制造方法以如下为特征:在进行冷加工后进行热处理时,除了能够根据芯棒表面的碳相当重量  $C(g/m^2)$  预测其后的热处理时的渗碳深度,或者能够根据管内面的最大渗碳量  $\Delta C(\%)$  预测其后的热处理时的渗碳深度以外,还能够加入冷加工时的壁厚的减少量来预测其后的热处理时的渗碳深度,由此,如果设冷加工前的管的壁厚为  $W_0$ ,设冷加工后的管的壁厚为  $W_1$ ,设所述冷加工后的热处理的被热处理管的加热温度为  $T(^{\circ}C)$  时,在该热处理中,则以比满足后述的(3)式和(4)式的关系的气体的吹送时间  $t_3$ 、 $t_4$ (秒)长的时间,对该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体。

[0078] 在本发明的制造方法中,为了对由于管内面的碳附着而造成的渗碳层进行脱碳,需要向热处理的被热处理管的内面吹送脱碳性气体,使管内面侧处于脱碳气氛中。因此,可以是朝向管内面的喷嘴直接吹送脱碳性气体的方式,另外也可以利用热处理炉的炉压,利用被热处理管的两的压力差,使作为气氛气体被使用的脱碳性气体从一方的管端向另一端流通来进行吹送。

[0079] 作为本发明中适用的“脱碳性气体”,能够使用具有脱碳作用的含有氧、二氧化碳和水蒸气等的氧化性气体的气体,也能够在这些气体中混合非氧化性的氮气、氢气和惰性气体等。

[0080] 本发明的制造方法,能够基于  $\gamma$ -Fe 中的碳(C)的扩散举动,规定上述使用了“脱碳性气体”的热处理中的脱碳作用。即,若设被热处理材的加热温度为  $T(^{\circ}C)$ ,则碳(C)的扩散系数  $D(cm^2/秒)$  由下式(8)表示。

[0081]  $D = 0.663 \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273)) \dots (8)$

[0082] 其次,在时间  $t$ (秒)之间碳(C)扩散到被热处理材中的距离  $X(cm)$  为下述(9)式。

$$[0083] \quad X = (2Dt)^{1/2} \quad \dots (9)$$

[0084] 在本发明的制造方法中,为了在热处理中使之脱碳,渗碳深度  $H(\mu m)$  相当于上述 (9) 式所示的扩散距离  $X(cm)$ ,若在前述图 2 所示的 (6) 式中代入上述 (8) 式和 (9) 式,则得到下述 (1a) 式的关系。

$$[0085] \quad H = 2.5 \times C = X \times 10^4 = (2Dt)^{1/2} \times 10^4 = \{2 \times 0.663 \times 10^8 \times t \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \quad \dots (1a)$$

[0086] 这里,在上述 (1a) 式的关系中,如果设附着在芯棒表面的润滑剂的 每单位面积的润滑剂中的石墨和有机粘合剂中所含的碳相当重量为  $C(g/m^2)$ ,设热处理中的被热处理管的加热温度为  $T(^{\circ}C)$ ,并且设对于该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体的时间为  $t_1$ (秒),则能够满足下述 (1) 式的关系。

$$[0087] \quad 2.5 \times C = \{1.326 \times 10^8 \times t_1 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \quad \dots (1)$$

[0088] 另外,根据前述 (7) 式所示的管内面的最大渗碳量  $\Delta C$  和渗碳深度的相关关系,如果在上述 (1) 式中代入  $2.5C = 4000 \times \Delta C$ ,设热处理前的被热处理管的内面的最大渗碳量为  $\Delta C(\%)$ ,设热处理中被热处理管的加热温度为  $T(^{\circ}C)$ ,并且设对于该被加热处理管的内面吹送脱碳性气体的时间为  $t_2$ (秒),则能够满足下述 (2) 式的关系。

$$[0089] \quad 4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_2 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \quad \dots (2)$$

[0090] 因此,在本发明的制造方法中,通过使热处理中实际的具有脱碳性的气体的吹送时间比上述 (1) 式和 (2) 式所示的  $t_1$ 、 $t_2$ (秒) 长,则能够使管内面所形成的渗碳部脱碳,从而抑制渗碳层。

[0091] 进行冷加工时,由于冷加工使得壁厚有减少的部分(分率),内面渗碳深度也减少,因此在冷加工后的热处理中,能够进一步缩短气体吹送时间。具体来说,如果设冷加工前的管的壁厚为  $W_0$ ,设冷加工后的管的壁厚为  $W_1$ ,通过使热处理中实际的具有脱碳性的气体的吹送时间比上述 (3) 式和 (4) 式所示的  $t_3$ 、 $t_4$ (秒) 长,则能够抑制渗碳层。

$$[0092] \quad (W_1/W_0) \times 2.5 \times C = \{1.326 \times 10^8 \times t_3 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \quad \dots (3)$$

$$[0093] \quad (W_1/W_0) \times 4000 \times \Delta C = \{1.326 \times 10^8 \times t_4 \times \text{EXP}(-37460/1.987/(T+273))\}^{1/2} \quad \dots (4)$$

[0094] 在本发明的制造方法中,热处理中的被热处理管的加热温度  $T(^{\circ}C)$ ,因为是以作为制品热处理的固溶化热处理和冷加工前的软化热处理为对象,所以优选为  $1000^{\circ}C$  以上。更优选为  $1050^{\circ}C$  以上。加热温度  $T(^{\circ}C)$  的上限没有特别设定,但若超过  $1300^{\circ}C$ ,则氧化皮损失变多,不仅会使制品成品率降低,而且也使能源单位恶化,因此其上限优选为  $1300^{\circ}C$ 。

[0095] 本发明的制造方法,利用脱碳来抑制因管内面的渗碳层导致腐蚀裂纹 等的耐腐蚀性上发生的问题,因此本发明作为对象的是经  $1000^{\circ}C$  以上的加热而成为奥氏体相的不锈钢。具体来说,能够例示 SUS405、SUS410、SUS304、SUS309、SUS310、SUS316、SUS347、SUS329、NCF800、NCF825 和与之相当的不锈钢等。

[0096] 本发明规定的热处理,不仅适用于从热精轧的钢管和热轧的冷加工用荒管到冷加工的钢管的制品热处理,在对热轧的冷加工用荒管进行软化热处理时,也可以适用于该荒管软化热处理,在冷加工的途中工序进行软化热处理时,也可以适用于该软化热处理。此外,除了冷加工用荒管的荒管软化热处理以外,也可以适用于冷加工后的制品热处理的两个方面的热处理。

[0097] 即,本发明规定的热处理,能够适用于如表 2 所例示的热轧工序和冷加工工序中

附加有下划线的制品热处理和荒管软化热处理。无论哪种热处理,如果进行具有本发明规定的脱碳性的气体的吹送,则都能够进行渗碳部的脱碳,能够在制品钢管的阶段抑制内面渗碳。另外,当应用于冷加工后的制品热处理和冷加工途中的软化热处理时,只要考虑至热处理前的冷加工带来的壁厚减少率而决定脱碳性气体的吹送时间即可。

[0098] [表 2]

[0099]

延伸轧制—>定径轧制—>制品热处理
延伸轧制—>定径轧制—>荒管软化热处理—>冷加工—>制品热处理
延伸轧制—>定径轧制—>荒管软化热处理—>冷加工—>制品热处理
延伸轧制—>定径轧制—>荒管软化热处理—>冷加工—>制品热处理

[0100] 实施例

[0101] (实施例 1)

[0102] 作为不锈钢原材,准备具有表 3 所示的成分组成的 SUS304 钢和 SUS316 钢的直径 200mm、长 3000mm 的板坯。

[0103] [表 3]

[0104]

钢种	化学成分 (重量%, 余量是 Fe 和杂质)								JIS 材 质
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	
A	0.03	0.30	1.85	0.020	0.003	8.2	18.2	0.09	SUS304
B	0.03	0.28	1.80	0.018	0.002	8.0	18.1	2.10	SUS316

[0105] 用回转炉床加热炉在 1150 ~ 1250℃ 的温度范围加热这两种板坯,利用曼内斯曼穿孔机制造外径为 200mm、壁厚 16mm 的中空的空心管坯,接着通过芯棒连轧管机制作外径 110mm、壁厚 5.5mm 的精轧用荒管。

[0106] 这时,在用于延伸轧制的芯棒上,使其表面的碳附着量处于 10 ~ 80g/m<sup>2</sup> 的范围,如此以一定比率混合、调整石墨系润滑剂和非石墨系润滑剂并涂布润滑剂。在利用芯棒连轧管机进行轧制后,用再加热炉进行加热温度为 1000℃、保持时间为 20 分钟的再加热。接着利用张力减径机制成外径 45.0mm、壁厚 5.0mm 的热轧成品钢管。

[0107] 将得到的钢管浸渍在硝酸液中 60 分钟,通过酸洗进行除鳞后,在制品热处理炉中使加热温度 T(℃) 和鼓风时间 (秒) 变化,对被热处理钢管的内面以各种条件进行作为脱碳性气体的空气的吹送,再在硝酸液中浸渍 60 分钟进行除鳞而成为最终制品。

[0108] 芯棒表面的碳相当重量 C(g/m<sup>2</sup>) 的测定,是针对芯棒每 8 ~ 10 处,一边使用金属锉刀进行研磨直至基体金属露出,一边毫无遗漏地提取芯棒表面附着物,根据重量测定和碳的定量分析加以测定,作为附着在芯棒表面的最大值。

[0109] 钢管内面的最大渗碳量 ΔC,是从同条件下制造多个制品热处理前的供试管的管端提取渗碳分析试验用试验片,通过发射光谱分析装置对钢管内面进行 C 浓度多点测定,通过其中的最大值与管壁厚中央部的 C 含量的差求得。

[0110] 此外,制品热处理后的最大渗碳量 ΔC,也是从多个制品热处理后的供试管的管端提取渗碳分析试验用试验片,通过发射光谱分析装置对钢管内面进行 C 浓度多点测

定,通过其中的最大值与管壁厚中央部的 C 含量的差求得并进行评价。其结果显著在表 4 中。

[0111] [表 4]

[0112]

试验 No	钢种	热处理前		热处理的条件				管内的最大渗碳量 $\Delta C$ (%)	区别
		棒表面的碳相当重量 $C$ ( $g/m^2$ )	管内面的最大渗碳量 $\Delta C$ (%)	加热温度 $T$ ( $^{\circ}C$ )	吹气时间 (秒)		管内的最大渗碳量 $\Delta C$ (%)		
					实际的吹入时间	根据式 (1) (2) $t_1$ $t_2$			
1	A	80	0.05	1050	600	466	466	0.010	本 发 明 例
2	A	20	0.012	1050	45	29	27	0.010	
3	A	80	0.05	1100	300	277	277	0.010	
4	A	80	0.088	1100	200	156	160	0.009	
5	A	40	0.025	1100	100	69	69	0.008	
6	A	20	0.013	1100	30	17	19	0	
7	A	10	0.007	1100	30	4.3	5.4	0	
8	A	80	0.05	1150	300	171	171	0.003	
9	A	20	0.012	1150	20	11	10	0	
10	B	80	0.05	1100	300	277	277	0.002	
11	B	20	0.012	1050	45	29	27	0.010	
12	A	80	0.05	1100	*200	277	277	0.016	比 较 例
13	A	80	0.05	1050	*300	466	466	0.016	
14	A	80	0.05	1150	*120	171	171	0.015	
15	B	80	0.05	1150	*120	171	171	0.018	

[0113] 注) • 表中带 \* 号的表死活不满足本申请规定的条件。

[0114] • 热处理后的  $\Delta C$  为 0% 表示管内面没有渗碳。

[0115] 如表 4 所示可知,在制品热处理中,在本发明规定的具有脱碳性的气体的吹送条件下,即在满足前述 (1) 式和 (2) 式的情况下,通过使实际的具有脱碳性的气体的吹送时间比前述 (1) 式和 (2) 式所示的  $t_1$ 、 $t_2$  (秒) 长,相比制品热处理前的最大渗碳量  $\Delta C$ ,制品热处理后的最大渗碳量  $\Delta C$  成为充分小的值,能够在最终制品中抑制管内面的渗碳层。另外,即使在制品热处理前,最大渗碳量  $\Delta C$  已小至 0.01% 左右的情况下,通过应用本发明,仍能够进一步减小制品热处理后的最大渗碳量  $\Delta C$ 。

[0116] (实施例 2)

[0117] 用回转炉床加热炉在 1150 ~ 1250 $^{\circ}C$  的温度范围,加热具有前述表 3 所示的成分组成的 SUS304 钢和 SUS316 钢的直径 200mm、长 3000mm 的板坯,利用曼内斯曼穿孔机制造外径为 200mm、壁厚 16mm 的中空的空心管坯,接着通过芯棒连轧管机制作外径 110mm、壁厚 5.5mm 的精轧用荒管。

[0118] 这时,在用于延伸轧制的芯棒上,使其表面的碳附着量处于 10 ~ 80 $g/m^2$  的范围,如此以一定比率混合、调整石墨系润滑剂和非石墨系润滑剂并涂布润滑剂。在利用芯棒连轧管机进行轧制后,用再加热炉进行加热温度为 1000 $^{\circ}C$ 、保持时间为 20 分钟的再加热。接着利用张力减径机热轧外径 45.0mm、壁厚 5.0mm 的冷加工用荒管。

[0119] 将得到的冷加工用荒管浸渍在硝酸液中 60 分钟,通过酸洗进行除鳞后,以冷拔管机并使用冲模和顶头,拉拔加工至外径 38.0mm、壁厚 4.0mm (壁厚减少率 20%)。其后,在制品热处理炉中使加热温度  $T$  ( $^{\circ}C$ ) 和鼓风时间 (秒) 变化,对被热处理钢管的内面以各种条件进行作为脱碳性气体的空气的吹送,再在硝酸液中浸渍 60 分钟进行除鳞而成为最终制品。

[0120] 芯棒表面的碳相当重量  $C$  ( $g/m^2$ ) 其测定与实施例 1 一样。钢管内面的最大渗碳量

△C,是从同条件下制造多个制品热处理前的供试管的管端提取渗碳分析试验用试验片,与实施例1的情况相同,通过其中的最大值与管壁厚中央部的C含量的差求得并进行评价。其结果显示在表5中。

[0121] [表5]

[0122]

试验 No.	钢种	冷加工前		冷加工后的热处理条件					热处理后	区别		
		棒表面的 碳相当重量 C (g/m <sup>2</sup> )	管内面的 最大渗碳量 ΔC (%)	加热温度 T (°C)	吹气时间 (秒)				管内面的 最大渗碳量 ΔC (%)			
					实际的 吹入时间	根据式(1)	(2)	(3)			(4)	
16	A	80	0.05	1050	600	466	466	298	298	0.007	本 发 明 例	
17	A	80	0.05	1050	(400)	466	466	298	298	0.009		
18	A	20	0.012	1050	45	29	27	19	17	0		
19	A	20	0.012	1050	30	29	27	19	17	0.006		
20	A	10	0.007	1050	45	7	9	5	6	0		
21	A	10	0.007	1050	10	7	9	5	6	0.006		
22	A	80	0.05	1100	300	277	277	177	177	0.005		
23	A	80	0.05	1100	(250)	277	277	177	177	0.008		
24	B	80	0.05	1100	300	277	277	177	177	0.004		
25	B	80	0.05	1100	(250)	277	277	177	177	0.007		
26	A	80	0.05	1050	*200	466	466	298	298	0.014		比 较 例
27	A	20	0.012	1050	*10	29	27	19	17	0.011		
28	A	80	0.05	1100	*100	277	277	177	177	0.014		

[0123] 注) ·表中带\*号的表死活不满足本申请规定的条件。

[0124] ·()内的吹入时间表示比t<sub>1</sub>或t<sub>2</sub>长的时间。

[0125] ·热处理后的△C为0%表示管内面没有渗碳。

[0126] 如表5所示可知,在冷加工后的制品热处理中,在本发明规定的具有脱碳性的气体的吹送条件下,即在满足前述(1)式和(2)式的情况下,通过使实际的具有脱碳性的气体的吹送时间比前述(1)式和(2)式所示的t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>(秒)长,相比制品热处理前的最大渗碳量△C,制品热处理后的最大渗碳量△C成为充分小的值,能够在最终制品时抑制管内面侧的渗碳。另外,即使在制品热处理前,最大渗碳量△C已小至0.01%左右的情况下,通过应用本发明,仍能够进一步减小制品热处理后的最大渗碳量△C。

[0127] 此外,在满足加入了冷加工时的壁厚的减少量的(3)式和(4)式的情况下,通过使实际的具有脱碳性的气体的吹送时间比前述(3)式和(4)式所示的t<sub>3</sub>、t<sub>4</sub>(秒)长,即使是不满足前述(1)式和(2)式所示的t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>(秒)的气体吹送时间(试验No.17、23、25),相比制品热处理前的最大渗碳量△C,制品热处理后的最大渗碳量△C成为充分小的值,在冷加工后的最终制品中也能够抑制管内面侧的渗碳。

[0128] 产业上的利用的可能性

[0129] 根据本发明法的无缝不锈钢钢管的制造方法,在芯棒连轧管机轧制等使用了芯棒的延伸轧制中,即使由于石墨系润滑剂的残留和来自制造线的转移附着造成管内面发生碳附着,由于能够根据芯棒表面的碳相当重量C(g/m<sup>2</sup>)和管内面的最大渗碳量△C(%)预测渗碳深度H,因此在其后的热处理中通过管理被热处理管的加热温度T(°C)和吹送脱碳性气体的时间t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>(秒),另外在进行冷加工后进行热处理时,通过管理加入了冷加工时的壁厚的减少量的鼓风时间t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>(秒),仍能够通过渗碳部的脱碳抑制渗碳层,从而得到内面品质优异的无缝钢管。由此,特别适合作为因渗碳导致耐腐蚀性的劣化成为问题的不锈钢的制造方法。

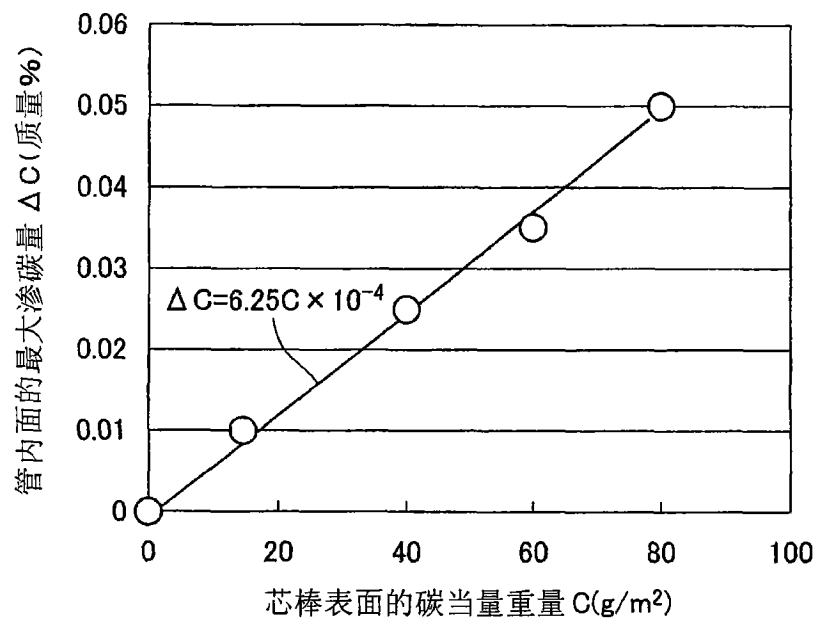


图 1

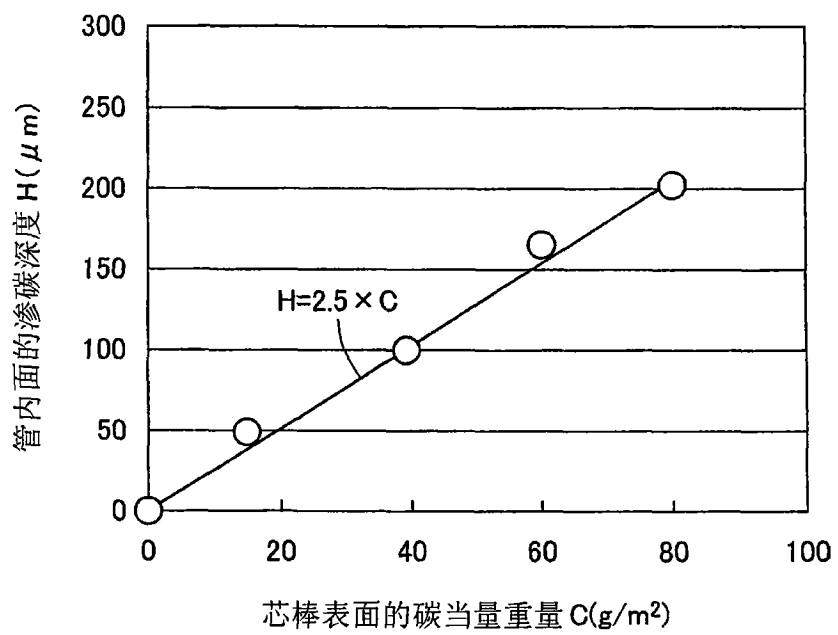


图 2