



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101437973 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 200780000784. 6

(22) 申请日 2007. 10. 10

(30) 优先权数据

172560/2007 2007. 06. 29 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 01. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2007/070209 2007. 10. 10

(87) PCT申请的公布数据

W02009/004741 JA 2009. 01. 08

(73) 专利权人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 宫田由纪夫 木村光男 田中全人

岛本健

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 樊卫民 郭国清

(51) Int. Cl.

C22C 38/00(2006. 01)

C21D 9/08(2006. 01)

B21D 3/00(2006. 01)

C22C 38/58(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2002-309349 A, 2002. 10. 23, 权利要求 1-4 及说明书第 33 段.

JP 特开平 6-41638 A, 1994. 02. 15, 说明书全文.

审查员 张辉

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 1 页

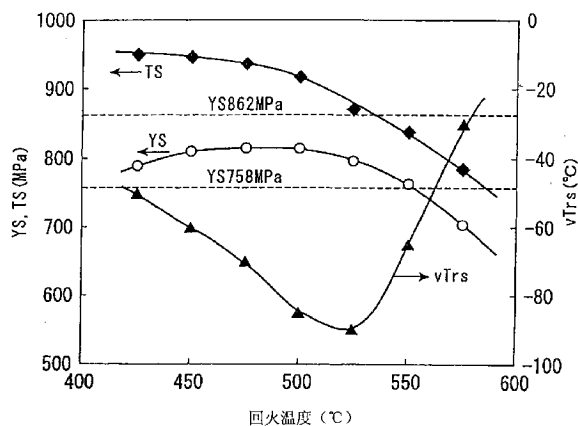
(54) 发明名称

油井管用马氏体类无缝不锈钢管及其制造方法

(57) 摘要

提供兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和优良的低温韧性的油井管用无缝钢管及其制造方法。在具有如下组成的无缝不锈钢管上, 施行加热至 Ac3 相变点以上的淬火温度后, 从该淬火温度开始以气冷以上的冷却速度冷却至 100℃ 以下的温度区域的淬火处理, 紧接着该淬火处理, 施行加热至超过 450℃、550℃ 以下的回火温度并冷却的回火处理, 其中, 所述不锈钢管, 以质量%计, 含有 C: 不足 0. 10%、Si :1. 0% 以下、Mn :0. 1 ~ 2. 0%、P :0. 020% 以下、S :0. 01 ~ 0% 以下、Al : 0. 10% 以下、Cr :10 ~ 14%、Ni :0. 1 ~ 4. 0%、N : 0. 05% 以下, 余量由 Fe 和不可避免的杂质构成。由此, 成为兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和 vTrs : -60℃ 以下的优良的低温韧性的油井管用马氏体类无缝不锈钢管。除了上述组成以外, 还可以含有选自 Cu、Mo、V、Nb、Ti 中的 1 种或 2 种以上。

CN 101437973 B



1. 一种油井管用马氏体类无缝不锈钢管,其特征在于,具有如下组成:

以质量%计,

C:不足 0.010%、Si:0.19%以下、

Mn:0.1~2.0%、P:0.020%以下、

S:0.010%以下、Al:0.10%以下、

Cr:10.5~11.5%、Ni:1.5~3.0%、

N:0.05%以下、Cu:0.2~1.0%、

余量由 Fe 和不可避免的杂质构成;并且

兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和摆锤冲击试验的断裂转变温度  $vTrs$  在  $-60^{\circ}\text{C}$  以下的优良的低温韧性,

在制造所述不锈钢管的回火处理中的冷却中途,在  $400^{\circ}\text{C}$  以上的温度区域进行矫正处理。

2. 如权利要求 1 所述的油井管用马氏体类无缝不锈钢管,其特征在于,除了所述组成以外,以质量%计,还含有选自 V:0.10%以下、Nb:0.10%以下、Ti:0.10%以下中的 1 种或 2 种以上。

3. 一种油井管用马氏体类无缝不锈钢管的制造方法,该不锈钢管兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和优良的低温韧性,其特征在于,在具有如下组成的无缝不锈钢管上,施行加热至  $Ac_3$  相变点以上的淬火温度后,从该淬火温度开始以气冷以上的冷却速度冷却至  $100^{\circ}\text{C}$  以下的温度区域的淬火处理,紧接着该淬火处理,施行加热至超过  $450^{\circ}\text{C}$ 、 $550^{\circ}\text{C}$  以下的回火温度并冷却的回火处理,在所述回火处理中的冷却中途,在  $400^{\circ}\text{C}$  以上的温度区域进行矫正处理,

其中,所述不锈钢管,以质量%计,

C:不足 0.010%、Si:0.19%以下、

Mn:0.1~2.0%、P:0.020%以下、

S:0.010%以下、Al:0.10%以下、

Cr:10.5~11.5%、Ni:1.5~3.0%、

N:0.05%以下、Cu:0.2~1.0%、

余量由 Fe 和不可避免的杂质构成。

4. 如权利要求 3 所述的油井管用马氏体类无缝不锈钢管的制造方法,其特征在于,所述不锈钢管除了所述组成以外,以质量%计,还含有选自 V:0.10%以下、Nb:0.10%以下、Ti:0.10%以下中的 1 种或 2 种以上。

## 油井管用马氏体类无缝不锈钢管及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及油井管用马氏体类无缝不锈钢管,特别涉及兼具屈服强度YS在110ksi(758MPa)以上的高强度和优良的低温韧性的油井管用无缝钢管及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,从原油价格的急剧上涨、预想到的不久的将来石油资源枯竭等观点出发,现大举开发了如未考虑过的深油田、含有二氧化碳、氯离子等的腐蚀环境严峻的油田、天然气田,甚至位于寒冷地带或海底等挖掘环境严峻的油田等。在这种环境下使用的油井用钢管,要求具有高强度且兼具优良的耐腐蚀性和优良的韧性的材质。

[0003] 以往,在含有二氧化碳CO<sub>2</sub>、氯离子Cl<sup>-</sup>等环境的油田、天然气田中,作为采掘中使用的油井管,多使用13%Cr马氏体类不锈钢管。

[0004] 例如,在专利文献1中公开了如下马氏体类不锈钢:含有C:0.01~0.1%、Cr:9~15%、N:0.1%以下,尽管由于C含量较高而具有高强度,但具有较高的韧性,适合于油井管等。在专利文献1记载的技术中,可通过抑制M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>型碳化物的析出,积极析出M<sub>3</sub>C型碳化物而大幅度改善韧性,其中,所述M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>型碳化物使存在于原奥氏体晶界上的碳化物量减少至0.5体积%以下,使碳化物的最大短径长度在10~200nm,使碳化物中的平均Cr浓度和平均Fe浓度之比在0.4以下。为了将这种碳化物的结构和组成调整为所希望的范围,在专利文献1记载的技术中,进行热加工后气冷(空冷)或固溶处理后直接气冷(空冷),或者固溶处理后气冷(空冷),并以450℃以下的低温进行回火。

[0005] 专利文献1:日本特开2002-363708号公报

[0006] 但是,在专利文献1记载的技术中,在热轧后直接气冷(空冷)或固溶处理后直接气冷(空冷)的情况下,存在不能兼具所希望的屈服强度110ksi级(758~862MPa)的强度和优良的低温韧性的问题。并且,在专利文献1记载的技术中为了确保屈服强度在110ksi级的强度,C含量必须要在0.01质量%以上。但是,C含量在0.01质量%以上时低温韧性降低,存在不能确保断裂转变温度 $vTrs$ 在-60℃以下的优良的低温韧性的问题。并且,在将专利文献1记载的技术应用到钢管中并进行450℃以下的低温回火的情况下,在刚结束回火处理的加热后的矫正中会导入加工应变,存在钢管特性的偏差变多的问题。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于,解决上述现有技术的问题,提供兼具屈服强度为110ksi级的高强度和优良的低温韧性的油井管用无缝钢管及其稳定的制造方法。其中,在这里所称的“优良的低温韧性”是指摆锤冲击试验(Charpy impact test)的断裂转变温度 $vTrs$ 在-60℃以下的情况。

[0008] 为了达成上述目的,本发明人关于13Cr类马氏体类不锈钢管的成分组成、热处理条件对伴随高强度化的韧性的变化产生的影响进行了锐意研究。其结果发现,在将C含量限制为不足0.010%,将Cr含量设为11%Cr左右的较低的含量,并且设Ni含量在4.0%以

下的较低含量的成分系中,通过施行加热至超过 450℃、550℃以下的回火温度并冷却的适当的回火处理,即使不添加 Mo 也能够确保屈服强度为 110ksi 级的高强度,并且可得到 vTrs 在 -60℃以下的高韧性。首先,对本发明人进行的基础实验结果进行说明。

[0009] 对组成为以质量% (mass%) 计,含 0.008% C、0.12% Si、1.14% Mn、0.019% P、0.001% S、0.04% Al、10.9% Cr、2.3% Ni、0.5% Cu、0.01% N、余量由 Fe 构成的无缝钢管,施行淬火处理 (810℃ × 15min) 后,施行加热至 425 ~ 575℃ 的温度并空冷的回火处理。另外,在回火处理的冷却中途施行矫正处理。关于所得到的无缝钢管,实施拉伸试验、摆锤冲击试验,求出拉伸特性 (屈服强度 YS、拉伸强度 TS) 和低温韧性 (断裂转变温度 vTrs)。所得到的结果如图 1 所示。从图 1 可知,在该成分系中,通过淬火处理后在超过 450℃、550℃以下的温度进行回火而可兼具高韧性和高强度。即,可知即使是 11% Cr-2% Ni 类的组成,通过在淬火处理后在超过 450℃、550℃以下的温度进行回火,能够稳定地确保 vTrs 在 -60℃以下的高韧性和 YS 为 110ksi 级的高强度。本发明是根据上述发现,进一步进行研究后完成的。即,本发明的要旨如下:

[0010] (1) 一种油井管用马氏体类无缝不锈钢管,其特征在于,具有如下组成:以质量%计,含有 C:不足 0.010%、Si:1.0% 以下、Mn:0.1 ~ 2.0%、P:0.020% 以下、S:0.010% 以下、Al:0.10% 以下、Cr:10 ~ 14%、Ni:0.1 ~ 4.0%、N:0.05% 以下,余量由 Fe 和不可避免的杂质构成;并且兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和摆锤冲击试验的断裂转变温度 vTrs 在 -60℃以下的优良的低温韧性。

[0011] (2) 如 (1) 中的油井管用马氏体类无缝不锈钢管,其特征在于,其组成为:除了上述组成以外,以质量%计,还含有选自 Cu:2.0% 以下、Mo:2.0% 以下中的 1 种或 2 种。

[0012] (3) 如 (1) 或 (2) 中的油井管用马氏体类无缝不锈钢管,其特征在于,其组成为:除了上述组成以外,以质量%计,还含有选自 V:0.10% 以下、Nb:0.10% 以下、Ti:0.10% 以下中的 1 种或 2 种以上。

[0013] (4) 一种油井管用马氏体类无缝不锈钢管的制造方法,该不锈钢管兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和优良的低温韧性,其特征在于,在具有如下组成的无缝不锈钢管上,施行加热至  $A_{c3}$  相变点以上的淬火温度后,从该淬火温度开始以气冷以上的冷却速度冷却至 100℃以下的温度区域的淬火处理,紧接着该淬火处理,施行加热至超过 450℃、550℃以下的回火温度并冷却的回火处理,其中,所述不锈钢管,以质量%计,含有 C:不足 0.010%、Si:1.0% 以下、Mn:0.1 ~ 2.0%、P:0.020% 以下、S:0.010% 以下、Al:0.10% 以下、Cr:10 ~ 14%、Ni:0.1 ~ 4.0%、N:0.05% 以下,余量由 Fe 和不可避免的杂质构成。

[0014] (5) 如 (4) 中的油井管用马氏体类无缝不锈钢管的制造方法,其特征在于,所述不锈钢管的组成为:除了上述组成以外,以质量%计,含有选自 Cu:2.0% 以下、Mo:2.0% 以下中的 1 种或 2 种。

[0015] (6) 如 (4) 或 (5) 中的油井管用马氏体类无缝不锈钢管的制造方法,其特征在于,所述不锈钢管的组成为:除了上述组成以外,以质量%计,含有选自 V:0.10% 以下、Nb:0.10% 以下、Ti:0.10% 以下中的 1 种或 2 种以上。

[0016] (7) 如 (4) 至 (6) 中的任一项中的油井管用马氏体类无缝不锈钢管的制造方法,其特征在于,在上述回火处理中的冷却中途,在 400℃以上的温度区域进行矫正处理。

[0017] 根据本发明,能够容易且稳定地制造兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和断裂

转变温度  $vTrs$  在  $-60^{\circ}\text{C}$  以下的优良的低温韧性的油井管用无缝钢管, 在产业上具有非常大的效果。

#### 附图说明

[0018] 图 1 是表示屈服强度 YS、拉伸强度 TS、断裂转变温度  $vTrs$  与回火温度之间的关系

#### 具体实施方式

[0019] 首先, 对本发明的油井管用无缝钢管的制造方法进行说明。在本发明中, 作为原材料采用具有如下组成的无缝不锈钢管: 以质量%计, 含有 C: 不足 0.010%、Si: 1.0% 以下、Mn: 0.1 ~ 2.0%、P: 0.020% 以下、S: 0.010% 以下、Al: 0.10% 以下、Cr: 10 ~ 14%、Ni: 0.1 ~ 4.0%、N: 0.05% 以下, 余量由 Fe 和不可避免的杂质构成。其中, 以下将质量%简单标记为%。首先, 对原材料的组成限定理由进行说明。

[0020] C: 不足 0.010%

[0021] C 是与马氏体类不锈钢的强度有关的重要的元素, 为了确保所希望的强度, 优选含有 0.003% 以上, 但含有 0.010% 以上时, 韧性以及耐腐蚀性容易降低。因此, 在本发明中, C 限定在不足 0.010%。另外, 从稳定地确保强度和韧性的观点出发, 优选 0.003 ~ 0.008% 的范围。

[0022] Si: 1.0% 以下

[0023] Si 是在普通的炼钢过程中发挥脱氧剂作用的元素, 在本发明中优选含有 0.1% 以上, 但超过 1.0% 而含有时, 韧性降低, 并且热加工性也降低。因此, Si 限定在 1.0% 以下。进而优选 0.1 ~ 0.3%。

[0024] Mn: 0.1 ~ 2.0%

[0025] Mn 是使强度增加的元素, 在本发明中为了确保作为油井管用钢管必需的强度而必须含有 0.1% 以上, 但含有 2.0% 以上时对韧性产生不良影响。因此, Mn 限定在 0.1 ~ 2.0% 的范围。进而优选 0.5 ~ 1.5%。

[0026] P: 0.020% 以下

[0027] P 是使耐二氧化碳腐蚀性等耐腐蚀性变差的元素, 优选的是在本发明中尽量减少, 但极端的减少导致制造成本的提高。作为可在工业上比较廉价地实施且不会使耐二氧化碳腐蚀性等耐腐蚀性变差的范围, P 限定在 0.020% 以下。进而优选 0.015% 以下。

[0028] S: 0.010% 以下

[0029] S 是在钢管制造过程中使热加工性显著变差的元素, 虽然优选尽量减少, 但由于只要减少至 0.010% 以下时就能够在普通的工序中制造钢管, 因而 S 限定在 0.010% 以下。进而优选 0.003% 以下。

[0030] Al: 0.10% 以下

[0031] Al 是具有强脱氧作用的元素, 为了得到这种效果, 优选含有 0.001% 以上, 但含有 0.10% 以上时对韧性产生不良影响。因此, Al 限定在 0.10% 以下。进而优选 0.05% 以下。

[0032] Cr: 10 ~ 14%

[0033] Cr 是形成保护被膜而提高耐腐蚀性的元素, 特别是有效地对耐二氧化碳腐蚀性、

耐二氧化碳应力侵蚀破裂性的提高作贡献的元素。由于含有 10% 以上时,能够确保作为油井管用而必需的耐腐蚀性,因而在本发明中将 10% 设为下限。另一方面,超过 14% 的大量含有容易产生铁素体,为了稳定地确保马氏体相或为了防止热加工性的降低,必须添加大量价格高昂的奥氏体产生元素,经济上不利。因此,Cr 限定在 10 ~ 14% 的范围。另外,从确保更稳定的组织、热加工性的观点出发,优选 10.5 ~ 11.5%。

[0034] Ni :0.1 ~ 4.0%

[0035] Ni 是具有强固保护被膜的作用,提高耐二氧化碳腐蚀性等耐腐蚀性的元素。为了得到这种效果,需要含有 0.1% 以上。另一方面,含有 4.0% 以上时,改善效果饱和,只会导致制造成本的急剧上涨。因此,Ni 限定在 0.1 ~ 4.0% 的范围。进而优选 1.5 ~ 3.0%。

[0036] N :0.05% 以下

[0037] N 是使耐点蚀性显著提高的元素,这种效果在含有 0.003% 以上时显著。另一方面,含量超过 0.05% 时,形成各种氮化物而使韧性降低。因此,N 限定在 0.05% 以下。进而优选 0.01 ~ 0.02%。

[0038] 上述成分为原材料的基本成分,但在本发明中除了上述基本成分以外,可以含有选自 Cu :2.0% 以下、Mo :2.0% 以下中的 1 种或 2 种和 / 或选自 V :0.10% 以下、Nb :0.10% 以下、Ti :0.10% 以下中的 1 种或 2 种以上。

[0039] 选自 Cu :2.0% 以下、Mo :2.0% 以下中的 1 种或 2 种

[0040] Cu、Mo 都是具有使耐腐蚀性提高的作用的元素,可根据需要选择性地含有。

[0041] Cu 是具有强固保护被膜而使耐点蚀性提高的作用的元素,为了得到这种效果,优选含有 0.2% 以上。另一方面,含量超过 2.0% 时,一部分析出而降低韧性。因此,在含有 Cu 的情况下,优选的是限定在 2.0% 以下。并且,进而优选 0.2 ~ 1.0%。

[0042] 并且,Mo 是具有使相对于 Cl<sup>-</sup> 引起的点腐蚀的抵抗性增加的作用的元素,为了得到这种效果,优选含有 0.2% 以上。另一方面,含有 2.0% 以上时,强度降低的同时使材料成本急剧上涨。因此,优选的是,Mo 限定在 2.0% 以下。并且,进而优选 0.2 ~ 1.0%。

[0043] 选自 V :0.10% 以下、Nb :0.10%、Ti :0.10% 以下中的 1 种或 2 种以上

[0044] V、Nb、Ti 都是使强度增加的元素,可根据需要选择性地含有 1 种以上。

[0045] 为了得到这种效果,优选含有 V :0.02% 以上、Nb :0.01% 以上、Ti :0.02% 以上。另一方面,超过 V :0.10%、Nb :0.10%、Ti :0.10% 而含有时,韧性降低。因此,在含有上述元素的情况下,优选的是限定在 V :0.10% 以下、Nb :0.10% 以下、Ti :0.10% 以下。并且,进而优选 V :0.02 ~ 0.05%、Nb :0.01 ~ 0.05%、Ti :0.02 ~ 0.05%。

[0046] 上述成分以外的余量为 Fe 和不可避免的杂质。其中,作为不可避免的杂质,可允许含有 0 :0.010% 以下。

[0047] 在本发明中,具有上述组成的原材料的制造方法无需特别限定,但优选的是,通过转炉、电炉、真空熔化炉等通常公知的熔炼方法熔炼出具有上述组成的钢水,并通过连铸法、铸锭 - 开坯轧制法等通常方法,制成钢坯等钢管原材。接着,优选的是,对这些钢管原材进行加热,使用通常的曼内斯曼式自动轧管机方式或曼内斯曼式芯棒式轧管机方式等的制造工序进行热加工、进行制管,形成所希望尺寸的无缝钢管而作为原材料。另外,也可以通过基于冲压方式的热挤出方式制造无缝钢管。优选的是,制管后,无缝钢管以气冷以上的冷却速度冷却至室温。

[0048] 对原材料（无缝钢管）首先施行淬火处理。

[0049] 本发明中的淬火处理进行如下处理：再加热至  $A_{c_3}$  相变点以上的淬火温度后，从该淬火温度开始以气冷以上的冷却速度冷却至  $100^{\circ}\text{C}$  以下的温度区域。由此，可形成微细的马氏体组织。淬火加热温度不足  $A_{c_3}$  相变点时，由于不能加热至奥氏体单相区域，不能在其后的冷却中得到充分的马氏体组织，因而不能确保所希望的强度。因此，淬火处理的加热温度限定在  $A_{c_3}$  相变点以上。进而优选在  $950^{\circ}\text{C}$  以下。从淬火加热温度开始的冷却，以气冷或在其以上的冷却速度进行至  $100^{\circ}\text{C}$  以下的温度区域。由于本发明中的原材料淬火性较高，因而以气冷程度的冷却速度冷却至  $100^{\circ}\text{C}$  以下的温度区域时，可得到充分的淬火组织（马氏体组织）。并且，从均热的观点出发，淬火温度中的保持时间优选在 10min 以上。

[0050] 对施行淬火处理的无缝钢管接着施行回火处理。在本发明中，回火处理是用于确保优良的低温韧性的重要的处理。本发明中的回火处理进行如下的处理：加热至超过  $450^{\circ}\text{C}$ 、 $550^{\circ}\text{C}$  以下范围的回火温度，优选保持 30min 以上后，优选以气冷以上的冷却速度，优选冷却至室温。由此，成为兼具 YS 为 110ksi 以上的高强度和  $v\text{Tr}_s$  在  $-60^{\circ}\text{C}$  以下的优良的低温韧性的无缝钢管。回火温度在  $450^{\circ}\text{C}$  以下时回火不充分，韧性减低而不能兼具高强度和高韧性。另一方面，超过  $550^{\circ}\text{C}$  时，除了降低强度，使晶界脆弱，容易产生晶界破坏，还降低韧性，从而不能兼具高强度和高韧性。其中，回火温度优选  $500^{\circ}\text{C}$  以上、 $550^{\circ}\text{C}$  以下。并且，从确保材质稳定的观点出发，淬火温度中的保持时间优选在 30min 以上。并且，从回火温度开始的冷却，优选为气冷或在其以上的冷却速度。

[0051] 并且，在本发明，也可以根据需要在回火处理中的冷却中途，为了矫正钢管形状的不良而施行矫正处理。优选的是，矫正处理在  $400^{\circ}\text{C}$  以上的温度区域进行。矫正处理的温度不足  $400^{\circ}\text{C}$  时，在矫正处理时在钢管局部作用有加工应变，容易产生机械特性的偏差。因此，在进行矫正处理的情况下，在  $400^{\circ}\text{C}$  以上的温度区域进行。

[0052] 由上述制造方法制造出的无缝钢管成为具有上述组成，兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和摆锤冲击试验的断裂转变温度  $v\text{Tr}_s$  在  $-60^{\circ}\text{C}$  以下的优良的低温韧性的马氏体类无缝不锈钢管。其中，该马氏体类无缝不锈钢管具有以回火马氏体相作为主体的组织。由此，成为具有所希望的高强度和所希望的高韧性，还兼具作为油井管的充分的耐腐蚀性的钢管。

[0053] 实施例

[0054] 对表 1 所示组成的钢水进行脱气后，通过连铸法制成扁坯，将该扁坯进行再加热并通过钢段轧制得到的钢段（大小： $207\text{mm}\phi$ ）作为钢管原材。对上述钢管原材进行加热，利用曼内斯曼方式的制造工序进行热轧而制管后，进行气冷而形成无缝钢管（外径  $177.8\text{mm}\phi \times$  壁厚  $12.7\text{mm}$ ）。

[0055] 在所得到的无缝钢管上，以表 2 所示的条件施行淬火处理、回火处理，或进而施行矫正处理。

[0056] 从施行淬火处理及回火处理或进而施行矫正处理的无缝钢管选取 API 弧状拉伸试验片，施行拉伸试验而求出拉伸特性（屈服强度 YS、拉伸强度 TS）。

[0057] 并且，从施行淬火处理及回火处理或进而施行矫正处理的无缝钢管，依据 JIS Z 2242 的规定选取 V 型缺口试验片（10mm 厚度），实施摆锤冲击试验，求出断裂转变温度  $v\text{Tr}_s$  和  $-60^{\circ}\text{C}$  中的吸收能  $vE_{-60}$ ，评价韧性。另外，关于施行矫正处理的钢管，从圆周上的 12 处选

取试验片,以  $-60^{\circ}\text{C}$  实施摆锤冲击试验,通过吸收能  $vE_{-60}$  的平均值 (ave) 与最低值 (min) 来评价偏差。

[0058] 并且,由钢管通过机械加工方式制造厚度  $3\text{mm}\times$  宽度  $25\text{mm}\times$  长度  $50\text{mm}$  的腐蚀试验片,实施腐蚀试验。

[0059] 如下所述地实施腐蚀试验:在保持在压热器中的试验液:20% NaCl 水溶液(液体温度: $80^{\circ}\text{C}$ 、30 气压的  $\text{CO}_2$  气体气氛)中浸渍腐蚀试验片,并将浸渍期间设为 1 周(168h)。对腐蚀试验后的试验片,测定重量,求出从腐蚀试验前后的重量差计算出的腐蚀速度。并且,对试验后的腐蚀试验片,使用倍率:10 倍的放大镜观察试验片表面有无点腐蚀发生。其中,对于点腐蚀,将观察到一个以上的情况判断为发生点腐蚀,除此之外判断为没有点腐蚀。所得到的结果如表 3 所示。

[0060] 本发明例都成为具有作为油井管的充分的耐腐蚀性,并且兼具屈服强度为 110ksi 级的高强度和  $vTrs$  在  $-60^{\circ}\text{C}$  以下的优良的低温韧性的马氏体类无缝不锈钢管。另一方面,脱离本发明范围的比较例,或强度不足或低温韧性降低而不能确保所希望的高强度、高韧性。





表 2

钢管 No.	钢管 No.	制管后的 冷却	淬火处理			回火处理			矫正处理	备注
			加热温度 (°C)	冷却	冷却停止 温度 (°C)	回火温度 (°C)	冷却	冷却停止 温度 (°C)		
1	A	气冷	850	气冷	25	510	气冷	25	—	本发明例
2	B	气冷	810	气冷	25	425	气冷	25	385	比较例
3	B	气冷	810	气冷	25	450	气冷	25	410	本发明例
4	B	气冷	810	气冷	25	475	气冷	25	435	本发明例
5	B	气冷	810	气冷	25	500	气冷	25	460	本发明例
6	B	气冷	810	气冷	25	525	气冷	25	485	本发明例
7	B	气冷	810	气冷	25	550	气冷	25	510	本发明例
8	B	气冷	810	气冷	25	575	气冷	25	535	比较例
9	C	气冷	840	气冷	25	500	气冷	25	—	本发明例
10	D	气冷	820	气冷	25	500	气冷	25	—	本发明例
11	E	气冷	820	气冷	25	500	气冷	25	—	本发明例
12	F	气冷	810	气冷	25	500	气冷	25	—	本发明例
13	G	气冷	810	气冷	25	500	气冷	25	—	本发明例
14	H	气冷	830	气冷	25	450	气冷	25	—	比较例
15	H	气冷	830	气冷	25	550	气冷	25	—	比较例
16	I	气冷	830	气冷	25	450	气冷	25	—	比较例
17	I	气冷	830	气冷	25	550	气冷	25	—	比较例
18	J	气冷	850	气冷	25	500	气冷	25	—	比较例
19	K	气冷	850	气冷	25	500	气冷	25	—	比较例

[0063]

表 3

钢管 No.	钢 No.	拉伸特性		韧性		耐腐蚀性		备考	
		YS (MPa)	TS (MPa)	vTrs (°C)	vE <sub>-60</sub> (J) ave      min	腐蚀速度 (mm/y)	点腐蚀产 生的有无		
1	A	768	921	-70	210	205	0.06	无	本发明例
2	B	789	950	-50	185	52	0.03	无	比较例
3	B	810	945	-60	215	200	0.03	无	本发明例
4	B	814	939	-70	223	216	0.04	无	本发明例
5	B	815	919	-85	302	281	0.04	无	本发明例
6	B	796	870	-90	305	294	0.04	无	本发明例
7	B	763	839	-65	211	203	0.04	无	本发明例
8	B	703	785	-30	28	25	0.05	无	比较例
9	C	810	942	-65	217	205	0.02	无	本发明例
10	D	822	938	-70	261	255	0.04	无	本发明例
11	E	843	978	-70	273	267	0.04	无	本发明例
12	F	805	934	-65	261	254	0.04	无	本发明例
13	G	842	963	-70	282	278	0.03	无	本发明例
14	H	889	1050	-55	201	184	0.05	无	比较例
15	H	784	934	-40	31	28	0.05	无	比较例
16	I	902	1079	-50	181	176	0.05	无	比较例
17	I	776	974	-35	24	22	0.05	无	比较例
18	J	687	821	-30	28	25	0.26	有	比较例
19	K	706	852	-25	25	22	0.02	无	比较例

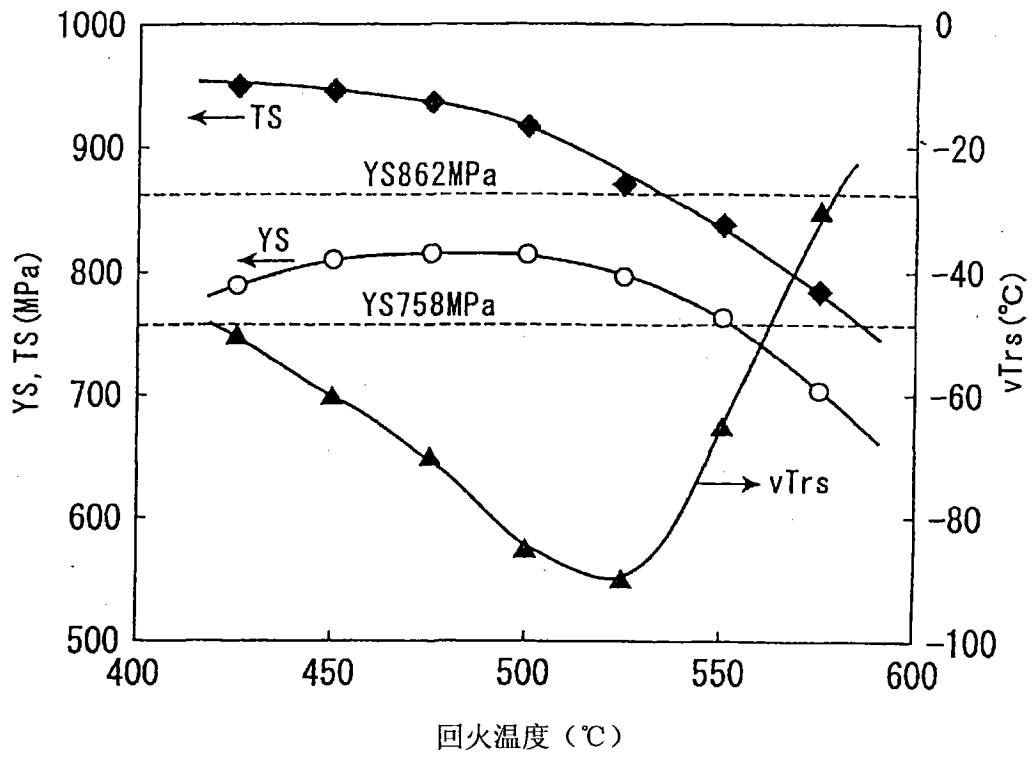


图1