



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101855377 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 23

(21) 申请号 200880114392. 7

(22) 申请日 2008. 09. 16

(30) 优先权数据

2007-281613 2007. 10. 30 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 04. 30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/066624 2008. 09. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02009/057390 JA 2009. 05. 07

(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 近藤邦夫 荒井勇次

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51) Int. Cl.

C22C 38/00(2006. 01)

C21D 9/08(2006. 01)

C22C 38/06(2006. 01)

C22C 38/58(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2002266055 A, 2002. 09. 18, 全文.

JP 2002349177 A, 2002. 12. 04, 全文.

US 2004238079 A, 2004. 12. 02, 全文.

JP 2002129283 A, 2002. 05. 09, 全文.

CN 1871369 A, 2006. 11. 29, 全文.

JP 5-255749 A, 1993. 10. 05, 全文.

审查员 陈大洲

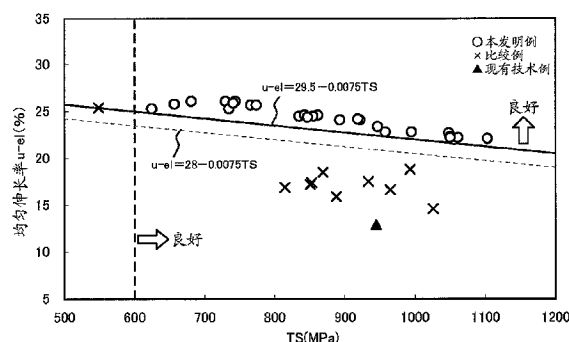
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 1 页

(54) 发明名称

扩管性优异的钢管及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种扩管性优异的钢管及其制造方法。该钢管以质量%计含有C:0.1~0.45%、Si:0.3~3.5%、Mn:0.5~5%、P:0.03%以下、S:0.01%以下、sol.Al:0.01~0.8%(在Si的含量为1.5%以上的情况下该sol.Al的含量应小于0.1%)、N:0.05%以下以及O:0.01%以下,且剩余部分由Fe以及杂质构成,该钢管具有600MPa以上的拉伸强度以及满足下述式(1)的均匀伸长率。例如,在将具有上述化学组成的钢管加热到700~790℃之后、以在700~500℃的温度区域中的平均冷却速度为100℃/分钟以上的冷却能对该加热后的钢管进行强制冷却至100℃以下的温度区域,从而获得该钢管。 $u-e1 \geq 28 - 0.0075TS$... (1) 其中, $u-e1$ 为均匀伸长率(%),TS为拉伸强度(MPa)。



1. 一种扩管性优异的钢管,其特征在于,以质量%计含有 C :0.1 ~ 0.45%、Si :0.3 ~ 3.5%、Mn :0.5 ~ 5%、P :0.03%以下、S :0.01%以下、sol.Al :0.01 ~ 0.8%、N :0.05%以下以及 0 :0.01%以下,且剩余部分由 Fe 以及杂质构成,其中,在 Si 的含量小于 1.5%的情况下,该 sol. Al 的含量为 0.1%以上,金属组织为硬质的微细的珠光体、贝氏体或马氏体、和软质的铁素体组织的混合组织,该钢管具有 600MPa 以上的拉伸强度以及满足下述式 (1) 的均匀伸长率,

$$u-e1 \geq 28-0.0075TS \quad \dots (1)$$

其中,u-e1 为均匀伸长率,其单位是%, TS 为拉伸强度,其单位是 MPa。

2. 根据权利要求 1 所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,
该钢管以质量%计还含有 Cr :1.5%以下以及 Cu :3.0%以下的这两种元素中的 1 种或 2 种元素。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,

该钢管以质量%计还含有 Mo :1%以下。

4. 根据权利要求 1 ~ 3 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,

该钢管以质量%计还含有 Ni :2%以下。

5. 根据权利要求 1 ~ 4 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,

该钢管以质量%计还含有从 Ti :0.3%以下、Nb :0.3%以下、V :0.3%以下、Zr :0.3%以下以及 B :0.01%以下这些元素中选出的 1 种以上的元素。

6. 根据权利要求 1 ~ 5 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,

该钢管以质量%计还含有从 Ca :0.01%以下、Mg :0.01%以下以及 REM :1.0%以下这些元素中选出的 1 种以上的元素。

7. 根据权利要求 1 ~ 6 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,

该钢管还具有满足下述式 (2) 的均匀伸长率,

$$u-e1 \geq 29.5-0.0075TS \quad \dots (2)$$

其中,u-e1 为均匀伸长率,其单位是%, TS 为拉伸强度,其单位是 MPa。

8. 一种扩管性优异的钢管的制造方法,其特征在于,

在将具有权利要求 1 ~ 6 中任意一项所述的化学组成的钢管加热到 700 ~ 790℃之后,使在 700 ~ 500℃的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上,以此将该钢管强制冷却至 100℃以下的温度区域。

9. 一种扩管性优异的钢管的制造方法,其特征在于,

在将具有权利要求 1 ~ 6 中任意一项所述的化学组成的钢管加热到 700 ~ 790℃之后,使在 700 ~ 500℃的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上,以此将该钢管强制冷却至 250 ~ 450℃的温度区域,然后以 250 ~ 450℃的温度区域均热 10 分钟以上,之后将该钢管冷却至室温。

10. 一种扩管性优异的钢管的制造方法,其特征在于,

在将具有权利要求 1 ~ 6 中任意一项所述的化学组成的钢管加热到 700 ~ 790℃之后,使在 700 ~ 500℃的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上,以此将该钢管强制冷却至大于 250℃且小于等于 450℃的温度区域,之后以在该强制冷却的结束温度以下至 250℃以上的温度区域中的平均冷却速度为 10℃ / 分钟以下的条件冷却该钢管,然后将该钢管冷却到室温。

扩管性优异的钢管以及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种例如能够用于挖掘油井以及气井、且在井中能够扩管的钢管以及其制造方法。

背景技术

[0002] 在用于从油田、气田中开采原油、天然气的井中,用于防止被挖掘的井的侧壁发生崩塌的壳体通常为套管构造,在靠近地表的部位上设有数层壳体。在该情况下,必须挖掘具有与数层壳体对应的直径的井,挖掘费用昂贵。近年来,为了解决上述问题,一直致力于开发能在井中扩管的可扩展壳体 (expandable casing) 技术。采用该技术,相比现有技术能够通过挖掘小径的坑而完成挖井操作,从而能够期待大幅降低成本。

[0003] 但是,若想要利用从井的上部到下部的直径完全相同的挖掘坑形成井,扩管率会变得非常大,因此在使用现有技术的油管的情况下,存在扩管时一部分油管的壁厚变薄而开孔、产生较大程度的弯曲等问题,实用化的困难较大。关于扩管性优异的钢管,公开了下述发明。

[0004] 在专利文献 1 中公开了一种关于扩管性优异的油井用无缝钢管的发明,其特征在于,该钢管具有规定的化学组成,且在组织中含有相分率为 5 体积%以上的残留 γ 相。

[0005] 在专利文献 2 中公开了一种关于扩管用无缝油井钢管的发明,该钢管具有规定的化学组成,且规定了 Mn、Cr 以及 Mo 的含量关系、C、Si、Mn、Cr 以及 Mo 的含量关系。

[0006] 专利文献 1:日本特开 2006-9078

[0007] 专利文献 2:日本特开 2005-146414

[0008] 在专利文献 1 以及 2 中,公开的均是与想要提高扩管性的钢管有关的技术。但是,由上述文献的实施例得知,在拉伸强度为 700 ~ 800MPa 的材料中,均匀伸长率顶多为 21%,并不能获得充分的扩管性能。

[0009] 因此,本发明人等在为了进一步提高扩管性、重要的是增大均匀伸长率的值这一见解的基础上,进行了研究以创造出均匀伸长率较高的材料。结果弄清了现有技术一直作为油井用无缝钢管的主流材料使用的回火马氏体钢的均匀伸长率普遍较低。根据本发明人等的深入研究,得知这是因为回火马氏体的组织是由极其均匀的铁素体系的单一相构成的。因此,本发明人等调查了金属组织对均匀伸长率的影响,结果得到下述见解。

[0010] (a) 若采用油井用无缝钢管的热处理方法的主流方法即淬火处理,则会获得均匀的马氏体组织,即使实施回火处理,也还是形成为铁素体系的单一组织,因此从提高均匀伸长率的观点出发,淬火处理不是适合的热处理。

[0011] (b) 在将油井用无缝钢管加热到淬火温度之后使该钢管自然冷却的情况下,金属组织形成为铁素体与珠光体 (pearlite) 的混合组织,若以相同的强度等级进行比较,则大幅提高了均匀伸长率。结果可知,若金属组织不是由单一相构成、而是软质的铁素体相与硬质的珠光体的混合组织,则能够获得良好的均匀伸长率。

[0012] (c) 但是,在金属组织是铁素体与珠光体的混合组织的情况下,油井管必需的强度

和韧性不够充分。

发明内容

[0013] 本发明的目的在于提供一种扩管性优异的钢管,该钢管具有 600MPa 以上的拉伸强度、且即使以大扩管率进行扩管加工也不会使一部分钢管的壁厚变薄而开孔、或产生较大程度的弯曲。本发明的目的还在于提供一种上述钢管的制造方法。

[0014] 本发明人等从合金组成、热处理温度、冷却速度、冷却模式等观点出发,进行了潜心研究,完成了本发明。

[0015] 本发明的主旨在于提供下述 (1) ~ (7) 所述的扩管性优异的钢管以及下述 (8) ~ (10) 所述的扩管性优异的钢管的制造方法。

[0016] (1) 一种扩管性优异的钢管,其特征在于,以质量%计含有 C :0.1 ~ 0.45%、Si :0.3 ~ 3.5%、Mn :0.5 ~ 5%、P :0.03% 以下、S :0.01% 以下、sol. Al :0.01 ~ 0.8% (在 Si 的含量小于 1.5% 的情况下该 sol. Al 的含量应为 0.1% 以上)、N :0.05% 以下以及 O :0.01% 以下,且剩余部分由 Fe 以及杂质构成,该钢管具有 600MPa 以上的拉伸强度以及满足下述式 (1) 的均匀伸长率。

[0017] $u-e1 \geq 28-0.0075TS \quad \dots (1)$

[0018] 其中,u-e1 为均匀伸长率(%),TS 为拉伸强度(MPa)。

[0019] (2) 根据上述 (1) 所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,该钢管以质量%计还含有 Cr :1.5% 以下以及 Cu :3.0% 以下的这两种元素中的 1 种或 2 种元素。

[0020] (3) 根据上述 (1) 或 (2) 所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,该钢管以质量%计还含有 Mo :1% 以下。

[0021] (4) 根据上述 (1) ~ (3) 所述中任意一项的扩管性优异的钢管,其特征在于,该钢管以质量%计还含有 Ni :2% 以下。

[0022] (5) 根据上述 (1) ~ (4) 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,该钢管以质量%计还含有从 Ti :0.3% 以下、Nb :0.3% 以下、V :0.3% 以下、Zr :0.3% 以下以及 B :0.01% 以下这些元素中选出的 1 种以上的元素。

[0023] (6) 根据上述 (1) ~ (5) 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,该钢管以质量%计还含有从 Ca :0.01% 以下、Mg :0.01% 以下以及 REM :1.0% 以下这些元素中选出的 1 种以上的元素。

[0024] (7) 根据上述 (1) ~ (6) 中任意一项所述的扩管性优异的钢管,其特征在于,该钢管还具有满足下述式 (2) 的均匀伸长率。

[0025] $u-e1 \geq 29.5-0.0075TS \quad \dots (2)$

[0026] 其中,u-e1 为均匀伸长率(%),TS 为拉伸强度(MPa)。

[0027] (8) 一种扩管性优异的钢管的制造方法,其特征在于,在将具有技术方案 (1) ~ (6) 中任意一项所述的化学组成的钢管加热到 700 ~ 790℃ 之后,以在 700 ~ 500℃ 的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上的冷却能将该钢管强制冷却至 100℃ 以下的温度区域。

[0028] (9) 一种扩管性优异的钢管的制造方法,其特征在于,在将具有技术方案 (1) ~ (6) 中任意一项所述的化学组成的钢管加热到 700 ~ 790℃ 之后,以在 700 ~ 500℃ 的温度

区域中的平均冷却速度为 100°C / 分钟以上的冷却能将该钢管强制冷却至 $250 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 的温度区域, 然后以 $250 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 的温度区域均热 10 分钟以上, 之后将该钢管冷却至室温。

[0029] (10) 一种扩管性优异的钢管的制造方法, 其特征在于, 在将具有技术方案 (1) ~ (6) 中任意一项所述的化学组成的钢管加热到 $700 \sim 790^{\circ}\text{C}$ 之后, 以在 $700 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 的温度区域中的平均冷却速度为 100°C / 分钟以上的冷却能将该钢管强制冷却至大于 250°C 且小于等于 450°C 的温度区域, 之后以在该强制冷却的结束温度 $\sim 250^{\circ}\text{C}$ 的温度区域中的平均冷却速度为 10°C / 分钟以下的条件冷却该钢管, 然后将该钢管冷却到室温。

[0030] 利用本发明的制造方法获得的钢管具有 600MPa 以上的拉伸强度, 并且即使以大扩管率进行扩管加工, 也不会使一部分钢管的壁厚变薄而开孔、或产生较大程度的弯曲。

附图说明

[0031] 图 1 是以拉伸强度以及均匀伸长率整理本发明例以及比较例的结果后得到的图。

具体实施方式

[0032] 本发明的钢管具有 600MPa 以上的拉伸强度, 并且具有优异的扩管性。另外, 本发明的钢管的制造方法在制造出具有规定的化学组成的钢管之后, 对该钢管实施规定的热处理从而提高钢管的扩管性。首先, 说明本发明的钢管的化学组成, 然后说明热处理条件以及其限定理由。

[0033] 1. 化学组成

[0034] C : $0.1 \sim 0.45\%$

[0035] C 是决定钢管强度的基本元素。更具体而言, C 具有在实施后述的热处理的情况下增大钢管的硬质相与软质相的强度差从而提高均匀伸长率的效果。为了获得 C 的上述效果, 必须含有 0.1% 以上的 C。但是, 在 C 的含量大于 0.45% 时, 硬质相的强度变得过高而使钢管的韧性下降。因而, 将 C 的含量设为 $0.1 \sim 0.45\%$ 。优选 C 含量的下限为 0.15% 。更优选为 C 含量的下限为 0.25% , 进一步优选为 0.35% 。

[0036] Si : $0.3 \sim 3.5\%$

[0037] Si 能够提高软质相的稳定性, 因此是能使软质相可靠地存在于钢管中从而确保较高的均匀伸长率的重要元素。为了获得 Si 的上述效果, 必须含有 0.3% 以上的 Si。但是, 在 Si 的含量过多的情况下, 会使热加工性下降。因而, 将 Si 的含量设为 $0.3 \sim 3.5\%$ 。为了确保更高的均匀伸长率, 优选将 Si 含量的下限设为 1.5% 。更优选 Si 含量的下限为 2.1% 。另外, 在 sol. Al 少于 0.1% 的情况下, 将 Si 的含量设为 1.5% 以上。

[0038] Mn : $0.5 \sim 5\%$

[0039] Mn 是能够提高淬透性而有利于钢管强化、并且能够提高软质相的稳定性而确保较高的均匀伸长率的重要元素。为了获得 Mn 的上述效果, 必须含有 0.5% 以上的 Mn。但是, 在 Mn 的含量大于 5% 时, 钢管的韧性下降。因而, 将 Mn 的含量设为 $0.5 \sim 5\%$ 。优选 Mn 含量的下限为 1.0% , 更优选为 2.5% 。进一步优选为 3.5% 。

[0040] P : 0.03% 以下

[0041] P 是会使晶界的结合力降低而使钢管的韧性下降的元素, 所以优选尽量少地含有 P。但是, 若过低地限制 P 的含量, 会使制钢的成本上升。因而, 考虑到在实际应用方面钢管

需要具有充分的韧性以及经济性,将P的含量的容许上限设为0.03%。为了进一步提高钢管的韧性,优选将P的含量限制为0.02%以下,更优选限制为0.015%以下。

[0042] S:0.01%以下

[0043] S是会使晶界的结合力降低而使钢管的韧性下降的元素,所以优选尽量少地含有S。但是,若过低地限制S的含量,会使制钢的成本上升。因而,考虑到在实际应用方面钢管需要具有充分的韧性以及经济性,将S的含量的容许上限设为0.01%。为了进一步提高钢管的韧性,优选将S的含量限制为0.005%以下,更优选限制为0.002%以下

[0044] sol.Al:0.01~0.8%(在Si的含量小于1.5%的情况下为0.1%以上)

[0045] Al是用于脱氧的必要元素,同时具有提高软质相的稳定性、提高均匀伸长率的作用。在sol.Al(酸溶铝)的含量为0.01以上的情况下,能够改善软质相的稳定性以及均匀伸长率,但是在sol.Al的含量少时,其改善效果有限。尤其在sol.Al的含量为0.1%以上的情况下,sol.Al的上述改善效果变得明显。但需要注意的是,在含有1.5%以上的Si的情况下,即使sol.Al的含量在大于等于0.01%且小于0.1%的情况下,也能充分获得sol.Al的上述改善效果。另一方面,在sol.Al的含量大于0.8%时,会生成簇(cluster)状的非金属夹杂物而使钢管的韧性下降。因而,将sol.Al的含量设为0.01~0.8%,但在Si的含量小于1.5%的情况下,必须将sol.Al的含量设为0.1%以上。从确保均匀伸长率的观点出发,优选sol.Al的含量的下限为0.2%,更优选为0.3%。

[0046] N:0.05%以下

[0047] N作为杂质存在于钢中,从而使钢的韧性下降,因此将N含量的容许上限设为0.05%。

[0048] O:0.01%以下

[0049] O也是作为杂质存在于钢中的,会使钢的韧性下降,因此将O含量的容许上限设为0.01%。

[0050] 本发明的钢管具有上述化学组成,且剩余部分由Fe以及杂质构成。其中,为了提高各种性能,也可以含有下述元素来代替一部分Fe。

[0051] Cr:1.5%以下

[0052] 可以不用添加Cr,但在添加Cr时,能够提高淬透性,且利用Cr与C的相互作用能够稳定硬质相从而发挥提高钢管强度的作用。因而,在作为油井管要求具有更高强度的情况下,可以添加Cr。在Cr的含量在0.1%以上的情况下,Cr的上述效果明显。但是,在Cr的含量过多的情况下,会使钢管的韧性下降。因而,优选在添加Cr的情况下,将Cr的含量设为1.5%以下。

[0053] Cu:3.0%以下

[0054] 可以不用添加Cu,但在添加Cu时,则能够在冷却钢管的中途使钢管保持均热时发挥析出强化作用,从而具有能够提高钢管强度的作用。在含有0.3%以上的Cu的情况下,Cu的上述作用明显。但是,在Cu的含量过多的情况下,会使钢管的韧性、热加工性下降。因而,优选在添加Cu的情况下,将Cu的含量设为3.0%以下。为了确保良好的热加工性,优选与Cu一起添加Ni。

[0055] Mo:1%以下

[0056] 可以不用添加Mo,但在添加Mo时,具有能够提高油井环境中的耐腐蚀性的效果。

因而,在作为油井管要求具有较高的耐腐蚀性的情况下,可以添加 Mo。在含有 0.05%以上的 Mo 的情况下,Mo 的上述效果明显。但是,在 Mo 的含量过多的情况下,会使钢管的韧性下降。因而,优选在添加 Mo 的情况下,将 Mo 的含量设在 1%以下。

[0057] Ni :2%以下

[0058] 可以不用添加 Ni,但在添加 Ni 时,能够有利于提高软质相的稳定性、确保较高的均匀伸长率。在含有 0.1%以上的 Ni 的情况下,Ni 的上述效果明显。但是,由于 Ni 是昂贵的元素,因此考虑到经济性应避免过量添加。因而,优选在添加 Ni 的情况下,将 Ni 的含量设为 2%以下。优选 Ni 含量的上限为 1.5%,更优选为 1.0%。

[0059] Ti、Nb、V、Zr 以及 B 中的 1 种以上 :含量分别为 :0.3%以下、0.3%以下、0.3%以下、0.3%以下以及 0.01%以下

[0060] 可以不用添加 Ti、Nb、V 以及 Zr,但在添加上述元素时,能够形成碳氮化物而具有抑制晶粒变粗大的作用,从而提高钢管的韧性。在含有 0.003%以上的上述元素中的 1 种以上的情况下,上述效果明显。另一方面,在上述元素的含量过多的情况下,反而会使钢管的韧性下降。因而,优选在添加从 Ti、Nb、V 以及 Zr 中选出的 1 种以上的元素的情况下,分别将各元素的含量设为 0.3%以下。

[0061] 也可以不用添加 B,但在添加 B 时,能够强化晶界的结合力而提高钢管的韧性。在含有 0.0005%以上的 B 的情况下,B 的上述效果明显。另一方面,在 B 的含量过多的情况下,在晶界中会析出硼的碳化物,反而使钢管的韧性下降。因而,优选在添加 B 的情况下,将 B 的含量设为 0.01%以下。

[0062] Ca、Mg 以及 REM 中的 1 种以上 :含量分别为 0.01%以下、0.01%以下以及 1.0%以下

[0063] Ca、Mg 以及 REM 都可以不用添加,但是在添加上述元素时,能够改善热加工性,因此在必须要进行严酷的热加工的情况下,也可以添加上述元素。在上述元素的含量均为 0.0005%以上的情况下,热加工性的改善效果明显。但是,在上述元素的含量均过量的情况下,会使螺纹切削部的表面精度下降。因而,优选在添加 Ca、Mg 以及 REM 的 1 种以上的元素的情况下,将上述元素的含量分别设为 0.01%以下、0.01%以下、1.0%以下。在添加 Ca、Mg 以及 REM 中的 2 种以上的元素时,能够进一步提高热加工性。

[0064] 另外,REM 是 Sc、Y 和镧系元素共 17 种元素的总称,REM 的含量是指上述元素的总含量。

[0065] 2. 制造方法

[0066] (1) 熔炼~造管

[0067] 熔炼钢的方法以及将钢形成为钢管形状的方法没有特别限定,采用通常的制造方法即可。作为制管方法,例如可以使用无缝钢管、将薄钢板加工成圆筒状后将接缝焊接起来的焊接钢管等利用通常的工艺制得的钢管。

[0068] (2) 热处理

[0069] 本发明通过对具有上述化学组成的钢管应用规定的热处理而获得具有较高的均匀伸长率、能够承受较大程度的扩管加工的扩管性优异的钢管。下面说明热处理的步骤。

[0070] 加热 :700 ~ 790℃

[0071] 在加热温度过低时,不能获得淬火效应,因此必须将加热温度设为 700℃以上。另

一方面,在加热温度过高时,铁素体相会消失而使软质相减少,因此必须将加热温度设为 790℃ 以下。均热时间没有特别限定,但优选为 5 ~ 60 分钟。

[0072] 冷却:在 700 ~ 500℃ 的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上

[0073] 以在 700 ~ 500℃ 的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上的冷却能将加热后的钢管强制冷却至 100℃ 以下的温度区域,从而能够使钢管的组织形成为软质的铁素体组织与硬质的微细的珠光体、贝氏体 (bainite) 或马氏体的混合组织。结果,能够使钢管的组织形成为软质相以及硬质相的混合组织,因此能够大幅提高均匀伸长率。

[0074] 另外,在不改变冷却条件地对加热后的钢管进行连续性的强制冷却的情况下,存在越趋于低温冷却速度越慢的倾向,但在本发明中,以在 700 ~ 500℃ 的温度区域中的平均冷却速度为 100℃ / 分钟以上那样的条件将加热后的钢管强制冷却至 100℃ 的温度区域即可,即使低于 500℃ 的温度区域的冷却速度小于 100℃ / 分钟,也没有影响。

[0075] 此外,通过在 250 ~ 450℃ 的温度区域结束强制冷却、然后使钢管保持均热,能够易于生成残留奥氏体,由此能够加强钢管的加工硬化作用,从而能够大幅提高均匀伸长率。为了获得上述效果,优选将均热时间设为 10 分钟以上。无论之后的冷却是强制冷却还是自然冷却,都没有问题。另外,即使不使钢管保持均热,当在大于 250℃ 且小于等于 450℃ 的温度区域结束了强制冷却之后,通过以在该强制冷却温度 ~ 250℃ 的温度区域中的冷却速度为 10℃ / 分钟以下的条件慢冷却钢管,同样易于生成残留奥氏体,因此能够获得相同的效果。无论之后的冷却是强制冷却还是自然冷却,都没有问题。

[0076] 其他:

[0077] 基本上不需要进行回火操作,但也可以实施 500℃ 以下的低温回火操作。

[0078] 实施例

[0079] 熔炼具有表 1 所示的化学组成的钢材,经过热锻、热轧而制作厚 10mm、宽 120mm、长 330mm 的板材。以表 2 所示的条件实施热处理,自该原料沿与轧制的长度方向平行的方向选取平行部的直径为 4mm 的拉伸试验片,测量了拉伸强度和均匀伸长率。

[0080] 表 1

[0081]

[0082]
[0083]

表 2

钢的 编号	化学组成 [mass%]														
	C	Si	Mn	P	S	solAl	N	O	Cr	Mo	Ni	Ti	Nb	V	Zr
A	0.33	2.78	0.77	0.016	0.0002	0.194	0.0072	0.0009	-	-	-	-	0.025	-	-
B	0.15	1.91	0.60	0.011	0.0006	0.340	0.0051	0.0004	-	-	-	-	-	0.04	-
C	0.24	1.57	1.77	0.017	0.0014	0.335	0.0073	0.0011	-	-	-	-	-	-	0.62
D	0.21	1.67	2.01	0.008	0.0006	0.283	0.0058	0.0011	0.35	-	-	-	-	-	-
E	0.20	3.13	0.98	0.016	0.0007	0.345	0.0063	0.0016	-	-	0.51	-	-	-	-
F	0.35	2.20	2.30	0.015	0.0023	0.469	0.0080	0.0013	-	-	0.33	-	0.018	-	-
G	0.32	2.99	1.06	0.011	0.0015	0.248	0.0082	0.0015	0.23	-	-	-	-	-	-
H	0.23	3.25	1.87	0.006	0.0022	0.365	0.0050	0.0005	0.21	-	0.012	-	-	-	-
I	0.18	2.75	2.14	0.016	0.0003	0.443	0.0083	0.0011	-	-	-	-	-	-	-
J	0.23	2.12	2.30	0.006	0.0024	0.474	0.0068	0.0020	-	-	-	-	-	-	0.0014
K	0.34	1.55	1.16	0.013	0.0006	0.348	0.0086	0.0019	-	-	-	0.021	-	-	0.0015
L	0.23	1.92	1.21	0.018	0.0007	0.169	0.0062	0.0006	-	-	-	-	-	-	-
M	0.19	1.62	2.30	0.015	0.0012	0.338	0.0082	0.0016	-	-	-	0.25	0.13	-	0.0016
N	0.26	3.06	0.83	0.021	0.0011	0.344	0.0045	0.0011	-	-	-	-	-	-	0.0018
O	0.17	2.94	2.40	0.016	0.0020	0.217	0.0088	0.0010	0.15	0.13	-	-	-	-	0.0014
P	0.24	1.61	0.62	0.015	0.0007	0.297	0.0082	0.0011	-	-	-	-	-	-	-
Q	0.33	2.08	0.51	0.014	0.0007	0.289	0.0073	0.0010	-	-	-	-	-	-	0.06Nd
R	0.16	2.74	1.72	0.011	0.0008	0.311	0.0077	0.0016	-	-	-	-	-	-	-
S	0.30	2.01	2.25	0.022	0.0025	0.463	0.0048	0.0019	-	-	-	-	-	-	0.0013
T	0.23	2.75	1.72	0.011	0.0012	0.492	0.0094	0.0014	-	-	-	-	-	-	-
U	0.34	1.59	0.66	0.008	0.0013	0.355	0.0086	0.0002	-	-	-	0.008	-	-	0.0010
V	0.31	2.88	1.20	0.012	0.0009	0.026	0.0042	0.0013	-	-	-	-	-	-	0.0018
W	0.05*	2.53	1.37	0.007	0.0024	0.331	0.0075	0.0006	-	-	-	-	-	-	0.0019
X	0.25	0.20*	1.52	0.016	0.0007	0.387	0.0050	0.0005	-	-	-	-	-	-	-
Y	0.21	0.55	0.41*	0.012	0.0014	0.471	0.0056	0.0015	-	-	-	-	-	-	0.0015
Z	0.27	0.49	1.01	0.014	0.0011	0.045*	0.0068	0.0010	-	-	-	-	-	-	-

“*”是指表示不在本发明规定的范围内。
“-”是指含量为杂质的程度。

试验编号	钢的编号	加热温度 (°C)	强制冷却条件		均热条件		T _A ~250°C 的冷却速度 ^{#1} (°C/分钟)	评价			备注
			700~500°C 的平均冷却速度 (°C/分钟)	结束温度 T _A (°C)	温度 (°C)	时间 (分钟)		拉伸强度 (MPa)	均匀伸长率 (%)	扩管性	
1	A	750	1400	310	390	60	-	1056	22.0	○	本发明例
2	B	750	1400	330	400	60	-	766	25.7	○	本发明例
3	C	740	1600	420	未实施		5	922	24.1	○	本发明例
4	D	740	1400	340	380	60	-	862	24.6	○	本发明例
5	E	760	1400	室温	未实施		-	774	25.7	○	本发明例
6	F	740	1300	420	未实施		4	1048	22.7	○	本发明例
7	G	750	1700	310	400	60	-	1061	22.2	○	本发明例
8	H	740	1700	300	380	60	-	855	24.5	○	本发明例
9	I	760	1600	室温	未实施		-	730	26.1	○	本发明例
10	J	750	1400	420	未实施		6	835	24.5	○	本发明例
11	K	750	1700	室温	未实施		-	1050	22.3	○	本发明例
12	L	750	1300	420	未实施		5	893	24.1	○	本发明例
13	M	760	1300	400	未实施		7	735	25.3	○	本发明例
14	N	750	1400	310	410	30	-	947	23.4	○	本发明例
15	O	740	1200	370	400	60	-	744	26.1	○	本发明例
16	P	750	1600	320	420	30	-	919	24.2	○	本发明例
17	Q	750	1500	室温	未实施		-	1050	22.2	○	本发明例
18	R	750	1500	室温	未实施		-	741	25.9	○	本发明例
19	S	750	1200	310	400	60	-	995	22.8	○	本发明例
20	T	740	1400	室温	未实施		-	843	24.6	○	本发明例
21	U	750	1400	室温	未实施		-	1103	22.1	○	本发明例
22	C	780	800	室温	未实施		-	681	26.1	○	本发明例
23	H	720	1600	350	未实施		2	847	24.4	○	本发明例
24	J	740	300	50	未实施		-	657	25.8	○	本发明例
25	L	760	180	80	未实施		-	625	25.3	○	本发明例
26	V	750	1300	330	380	30	-	958	22.8	○	本发明例
27	W*	760	1700	430	未实施		3	549	25.4	○	比较例
28	X*	750	1600	400	430	30	-	934	17.5	×	比较例
29	Y*	740	1400	370	400	60	-	869	18.5	×	比较例
30	Z*	750	1300	410	未实施		4	993	18.8	×	比较例
31	A	1000*	1500	340	420	30	-	1026	14.6	×	比较例
32	C	750	50*	330	400	60	-	815	16.9	×	比较例
33	F	750	1500	600*	260	60	-	965	16.6	×	比较例
34	H	750	1300	420	未实施		35*	888	15.9	×	比较例
35	J	750	1200	310	500*	60	-	853	17.4	×	比较例

[0084]

36	L	750	1600	420	410	1*	-	851	17.2	×	比较例
37	N	从 980℃ 的温度开始进行水淬处理, 然后进行 600℃×30 分钟的回火处理。						945	12.9	×	现有技术 例

[0085] “*”是指不在本发明规定的范围内。

[0086] “#1”指只记载了在 250 ~ 450℃ 的温度区域暂时结束强制冷却、之后未使钢管保持均热的条件。

[0087] 表 2 中的试验编号 1 ~ 26 是本发明例, 试验编号 27 ~ 36 是比较例。比较例中的试验编号 27 ~ 30 是钢的化学组成不满足本发明的规定的例子, 试验编号 31 ~ 36 是钢的化学组成满足本发明的规定、但制造方法不满足本发明的规定的例子。另外, 试验编号 37 是对具有满足本发明的规定的化学组成的钢实施了通常的淬火处理、回火处理的现有技术例。

[0088] 图 1 表示表 2 所示的本发明例、比较例、现有技术例的结果。

[0089] 如表 2 以及图 1 所示, 在本发明例中, 拉伸强度 TS(MPa) 高达 600MPa 以上。另外, 在本发明例中, 均匀伸长率 u-e1(%) 满足下述式 (1), 而且也满足更优选的范围即下述式 (2), 所以还具有优异的均匀伸长率。

[0090] $u-e1 \geq 28-0.0075TS \quad \dots (1)$

[0091] $u-e1 \geq 29.5-0.0075TS \quad \dots (2)$

[0092] 另一方面, 在比较例或现有技术例中, 虽然能够获得较高的均匀伸长率、但是拉伸强度较低 (试验编号 27), 或者虽然拉伸强度较高、但是均匀伸长率较低, 作为扩管用油井管不具有充分的性能。

[0093] 工业实用性

[0094] 采用本发明的制造方法, 相比现有技术的方法能够廉价地制造扩管性优异的钢管。因而, 即使以大扩管率对利用本发明的制造方法制得的钢管进行扩管加工, 也不会使一部分钢管的壁厚变薄而开孔、或产生较大程度的弯曲, 因此尤其能够用于廉价地开发油井或气井, 为全球能源的安全供给做出很大贡献。

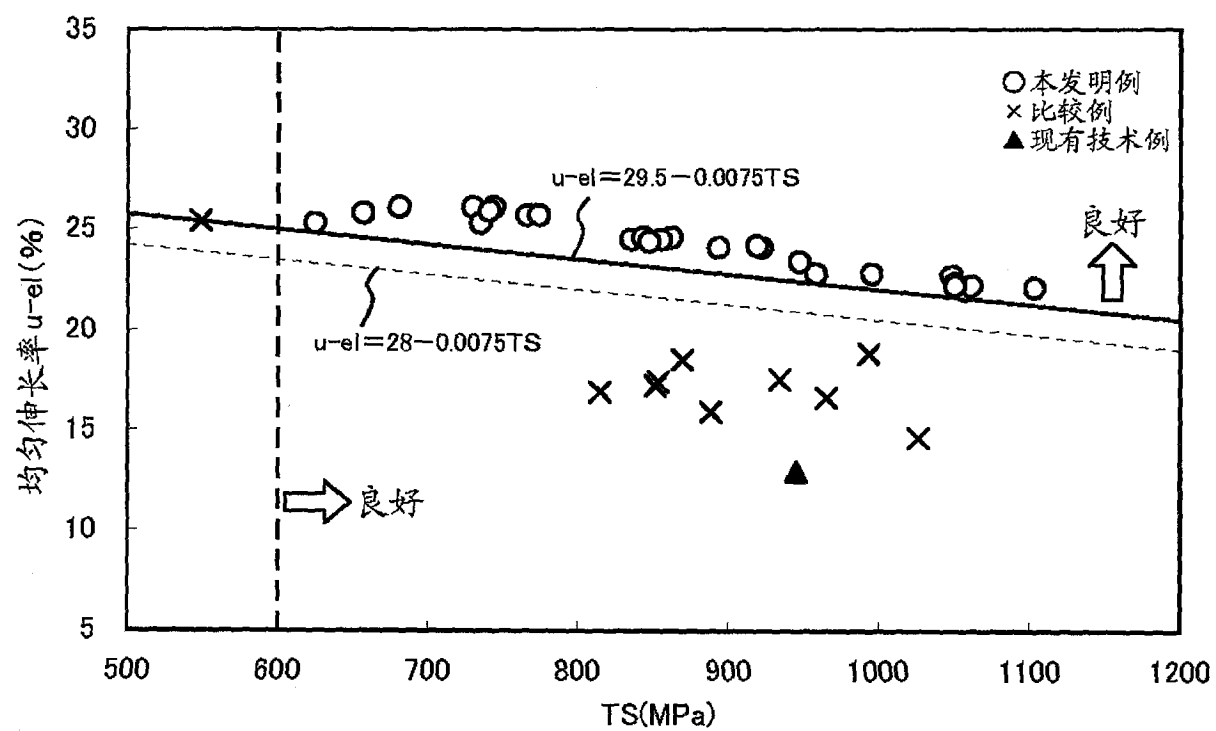


图 1