(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108368582 A
(43)申请公布日 2018.08.03

(21)申请号 201780004490.4

(22)申请日 2017.03.13

(30)优先权数据
2016-056858 2016.03.22 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.06.08

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2017/010023 2017.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/163987 JA 2017.09.28

(71)申请人 新日铁住金株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 长井健介 尾崎雅和 长谷川昇

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 陈建全

(51)Int.Cl.
C22C 38/00(2006.01)
C21D 9/08(2006.01)
C22C 38/14(2006.01)
C22C 38/50(2006.01)
C21D 8/02(2006.01)

权利要求书2页 说明书20页 附图1页

(54)发明名称

线管用电焊钢管

(57)摘要

一种线管用电焊钢管，其母材部的化学组成以质量%计包含：C：0.080～0.120%、Mn：0.30～1.00%、Ti：0.005～0.050%、Nb：0.010～0.100%、N：0.001～0.020%、Si：0.010～0.450%及Al：0.001～0.100%，剩余部分包含Fe及杂质，由式(1)所示的CMeq为0.170～0.300，Mn/Si比为2.0以上，由式(2)所示的LR为0.210以上，在使用SEM以1000倍的倍率观察母材部的金属组织的情况下，铁素体面积率为60～98%，剩余部分包含回火贝氏体。CMeq＝C+Mn/6+Cr/5+(Ni+Cu)/15+Nb+Mo/3+V式(1)LR＝(2.1×C+Nb)/Mn式(2)。

CN 108368582 A

1.一种线管用电焊钢管,其包含母材部及电阻焊接部,

所述母材部的化学组成以质量%计包含:

C:0.080～0.120%、

Mn:0.30～1.00%、

Ti:0.005～0.050%、

Nb:0.010～0.100%、

N:0.001～0.020%、

Si:0.010～0.450%、

Al:0.001～0.100%、

P:0～0.030%、

S:0～0.0100%、

Mo:0～0.50%、

Cu:0～1.00%、

Ni:0～1.00%、

Cr:0～1.00%、

V:0～0.100%、

Ca:0～0.0100%、

Mg:0～0.0100%、

REM:0～0.0100%、以及

剩余部分:Fe及杂质,

其中,由下述式(1)所示的CMeq为0.170～0.300,

Mn的质量%相对于Si的质量%之比为2.0以上,

由下述式(2)所示的LR为0.210以上,

在使用扫描型电子显微镜以1000倍的倍率观察所述母材部的金属组织的情况下,由铁素体形成的第一相的面积率为60～98%,作为剩余部分的第二相包含回火贝氏体,

管轴方向的屈服强度为390～562MPa,

管轴方向的抗拉强度为520～690MPa,

管轴方向的屈服比为90%以下,

所述母材部的管周方向的夏比冲击吸收能在0℃为100J以上,

所述电阻焊接部的管周方向的夏比冲击吸收能在0℃为80J以上,

$$CMeq=C+Mn/6+Cr/5+(Ni+Cu)/15+Nb+Mo/3+V \quad 式(1)$$

$$LR=(2.1\times C+Nb)/Mn \quad 式(2)$$

在式(1)及式(2)中,C、Mn、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo及V分别表示各元素的质量%。

2.根据权利要求1所述的线管用电焊钢管,其中,所述母材部的化学组成以质量%计含有:

Mo:超过0%且为0.50%以下、

Cu:超过0%且为1.00%以下、

Ni:超过0%且为1.00%以下、

Cr:超过0%且为1.00%以下、

V:超过0％且为0.100％以下、

Ca:超过0％且为0.0100％以下、

Mg:超过0％且为0.0100％以下、和

REM:超过0％且为0.0100％以下

中的1种或2种以上。

3.根据权利要求1或权利要求2所述的线管用电焊钢管,其中,在使用透射型电子显微镜以100000倍的倍率观察所述母材部的金属组织的情况下,当量圆直径为100nm以下的析出物的面积率为0.10～1.00％。

4.根据权利要求1～权利要求3中任1项所述的线管用电焊钢管,其中,所述母材部的化学组成中的Nb的含量以质量％计为0.020％以上。

5.根据权利要求1～权利要求4中任1项所述的线管用电焊钢管,其壁厚为10～25mm,外径为114.3～609.6mm。

线管用电焊钢管

技术领域

[0001] 本申请涉及线管用电焊钢管。

背景技术

[0002] 近年来，主要作为原油或天然气的输送手段之一的线管的重要性在进一步提高。

[0003] 对于作为线管使用的电焊钢管(即线管用电焊钢管)，有时要求降低电焊钢管的管轴方向的屈服比。

[0004] 例如，在专利文献1中公开了一种技术，其通过在造管成形前、对作为原材料的带钢赋予例如由弯曲-回弹处理所带来的循环应变而诱发鲍欣格效应，从而降低所得到的电焊钢管的管轴方向的屈服比。

[0005] 另外，在专利文献2中提出了一种技术，其通过将电焊钢管制造用的热轧钢板的金属组织制成由铁素体和面积率为1～20％的马氏体形成的显微组织，从而降低电焊钢管的管轴方向的屈服比。

[0006] 另外，在专利文献3中，作为抑制由涂装加热引起的屈服比的上升、使变形特性提高的耐应变时效性优异的电焊钢管的制造方法，提出了使用了Nb量为0.003％以上且低于0.02％的钢坯的电焊钢管的制造方法。在该专利文献3的段落0019中，记载了“在Nb含量多的以往的电焊钢管中，由于造管时导入的加工应变从而进行Nb碳化物的析出，屈服强度和抗拉强度上升。已弄清了：在这样的析出强化中，特别是屈服强度上升较大，其结果，屈服比反而上升。”。

[0007] 专利文献1：日本专利第4466320号公报

[0008] 专利文献2：日本特开平10-176239号公报

[0009] 专利文献3：国际公开第2012/133558号

发明内容

[0010] 发明所要解决的课题

[0011] 但是，在专利文献1的技术中，由于需要对带钢赋予应变的工序，因此工序数增加，其结果是，有时电焊钢管的制造成本会增加。

[0012] 另外，对于专利文献2的技术，有时会要求使电焊钢管的母材部的韧性进一步提高。

[0013] 另外，对于专利文献3的技术，有时会要求采用除了使Nb量降低的方法以外的方法来降低电焊钢管的YR。

[0014] 本申请的课题在于，提供具有一定程度的抗拉强度及屈服强度、屈服比得以降低、母材部及电阻焊接部的韧性优异的线管用电焊钢管。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 用于解决上述课题的手段包含以下的方案。

[0017] <1>一种线管用电焊钢管，其包含母材部及电阻焊接部，

[0018] 所述母材部的化学组成以质量%计包含：

[0019] C:0.080～0.120%、

[0020] Mn:0.30～1.00%、

[0021] Ti:0.005～0.050%、

[0022] Nb:0.010～0.100%、

[0023] N:0.001～0.020%、

[0024] Si:0.010～0.450%、

[0025] Al:0.001～0.100%、

[0026] P:0～0.030%、

[0027] S:0～0.0100%、

[0028] Mo:0～0.50%、

[0029] Cu:0～1.00%、

[0030] Ni:0～1.00%、

[0031] Cr:0～1.00%、

[0032] V:0～0.100%、

[0033] Ca:0～0.0100%、

[0034] Mg:0～0.0100%、

[0035] REM:0～0.0100%、以及

[0036] 剩余部分:Fe及杂质，

[0037] 其中，由下述式(1)所示的CMeq为0.170～0.300，

[0038] Mn的质量%相对于Si的质量%之比为2.0以上，

[0039] 由下述式(2)所示的LR为0.210以上，

[0040] 在使用扫描型电子显微镜以1000倍的倍率观察所述母材部的金属组织的情况下，由铁素体形成的第一相的面积率为60～98%，作为剩余部分的第二相包含回火贝氏体，

[0041] 管轴方向的屈服强度为390～562MPa，

[0042] 管轴方向的抗拉强度为520～690MPa，

[0043] 管轴方向的屈服比为90%以下，

[0044] 所述母材部的管周方向的夏比冲击吸收能在0℃为100J以上，

[0045] 所述电阻焊接部的管周方向的夏比冲击吸收能在0℃为80J以上。

[0046] CMeq＝C+Mn/6+Cr/5+(Ni+Cu)/15+Nb+Mo/3+V式(1)

[0047] LR＝(2.1×C+Nb)/Mn式(2)

[0048] 〔在式(1)及式(2)中，C、Mn、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo及V分别表示各元素的质量%。〕

[0049] <2>根据<1>所述的线管用电焊钢管，其中，所述母材部的化学组成以质量%计含有：

[0050] Mo:超过0%且为0.50%以下、

[0051] Cu:超过0%且为1.00%以下、

[0052] Ni:超过0%且为1.00%以下、

[0053] Cr:超过0%且为1.00%以下、

[0054] V:超过0%且为0.100%以下、

[0055] Ca:超过0%且为0.0100%以下、

[0056] Mg:超过0%且为0.0100%以下、和

[0057] REM:超过0%且为0.0100%以下

[0058] 中的1种或2种以上。

[0059] <3>根据<1>或<2>所述的线管用电焊钢管,其中,在使用透射型电子显微镜以100000倍的倍率观察所述母材部的金属组织的情况下,当量圆直径为100nm以下的析出物的面积率为0.10～1.00%。

[0060] <4>根据<1>～<3>中任一项所述的线管用电焊钢管,其中,所述母材部的化学组成中的Nb的含量以质量%计为0.020%以上。

[0061] <5>根据<1>～<4>中任一项所述的线管用电焊钢管,其壁厚为10～25mm,外径为114.3～609.6mm。

[0062] 发明效果

[0063] 根据本申请,可提供具备一定程度的抗拉强度及屈服强度、屈服比得以降低、母材部及电阻焊接部的韧性优异的线管用电焊钢管。

附图说明

[0064] 图1是表示本申请中的母材部的金属组织的一个例子的扫描型电子显微镜照片。

具体实施方式

[0065] 本说明书中,使用“～”所表示的数值范围是指包含“～”的前后所记载的数值而作为下限值及上限值的范围。

[0066] 本说明书中,表示成分(元素)的含量的“%”是指“质量%”。

[0067] 本说明书中,有时将C(碳)的含量记载为“C量”。有时对于其他的元素的含量也进行同样记载。

[0068] 本说明书中,“工序”这个用语不仅包含独立的工序,即使在无法与其他的工序进行明确区别的情况下,只要达成该工序所期望的目的,则也包含在本用语中。

[0069] 本申请的线管用电焊钢管(以下也简称为“电焊钢管”)包含母材部及电阻焊接部,母材部的化学组成以质量%计包含:C:0.080～0.120%、Mn:0.30～1.00%、Ti:0.005～0.050%、Nb:0.010～0.100%、N:0.001～0.020%、Si:0.010～0.450%、Al:0.001～0.100%、P:0～0.030%、S:0～0.0100%、Mo:0～0.50%、Cu:0～1.00%、Ni:0～1.00%、Cr:0～1.00%、V:0～0.100%、Ca:0～0.0100%、Mg:0～0.0100%、REM:0～0.0100%、以及剩余部分:Fe及杂质,其中,由下述式(1)所示的CMeq为0.170～0.300,Mn的质量%相对于Si的质量%之比(以下也称为“Mn/Si比”)为2.0以上,由下述式(2)所示的LR为0.210以上,在使用扫描型电子显微镜以1000倍的倍率观察母材部的金属组织的情况下,由铁素体形成的第一相的面积率(以下也称为“铁素体分率”)为60～98%,作为剩余部分的第二相包含回火贝氏体,管轴方向的屈服强度(以下也称为“YS”)为390～562MPa,管轴方向的抗拉强度(以下也称为“TS”)为520～690MPa,管轴方向的屈服比(以下也称为“YR”)为90%以下,母材部的管周方向的夏比冲击吸收能在0℃为100J以上,电阻焊接部的管周方向的夏比冲击吸收能在0℃为80J以上。

[0070] CMeq＝C+Mn/6+Cr/5+(Ni+Cu)/15+Nb+Mo/3+V式(1)

[0071] LR＝(2.1×C+Nb)/Mn式(2)

[0072] 〔在式(1)及式(2)中，C、Mn、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo及V分别表示各元素的质量％。〕

[0073] 本申请的电焊钢管包含母材部及电阻焊接部。

[0074] 电焊钢管一般是通过下述方法来制造的：通过将热轧钢板成形为管状(以下也称为“辊轧成形”)而制成开口管，将所得到的开口管的对接部进行电阻焊接而形成电阻焊接部(electric resistance welded portion)，接着，根据需要，对电阻焊接部进行焊缝热处理。

[0075] 在本申请的电焊钢管中，所谓母材部(base metal portion)是指除了电阻焊接部和热影响部以外的部分。

[0076] 其中，所谓热影响部(heat affected zone；以下也称为“HAZ”)是指受到由电阻焊接所产生的热的影响(在电阻焊接后进行焊缝热处理的情况下，则是由电阻焊接及焊缝热处理所产生的热的影响)的部分。

[0077] 在本说明书中，有时将电阻焊接部简称为“焊接部”。

[0078] 本申请的电焊钢管具备一定程度的YS及TS(即，上述的范围的YS及TS)，YR被降低至90％以下，母材部及电阻焊接部的韧性优异。

[0079] 在本申请中，所谓韧性优异是指在0℃的管周方向的夏比冲击吸收能(J)(以下也称为“vE”)大。

[0080] 具体而言，本申请的电焊钢管的母材部的vE为100J以上，电阻焊接部的vE为80J以上。

[0081] 本申请的电焊钢管由于YR低，因此期待可以抑制电焊钢管的压曲的效果。

[0082] 作为要求抑制钢管压曲的情况的一个例子，可列举出将海底线管用的钢管通过卷筒(Reeling)铺设来进行铺设的情况。就卷筒铺设而言，预先在陆地上制造钢管，将制造好的钢管卷绕到驳船的卷轴上。将被卷绕的钢管一边在海上放卷一边铺设到海底。该卷筒铺设由于会在钢管的卷绕时还有放卷时对钢管赋予塑性弯曲，因此有可能使钢管发生压曲。如果发生钢管的压曲，则不得不停止铺设作业，其损害是巨大的。

[0083] 钢管的压曲可以通过降低钢管的YR来进行抑制。

[0084] 因此，根据本申请的电焊钢管，例如可期待下述这样的效果：可以抑制作为海底线管用电焊钢管来使用的情况下的卷筒铺设时的压曲。

[0085] 此外，本申请的电焊钢管由于母材部及电阻焊接部的韧性优异，因此可期待下述这样的效果：作为线管用电焊钢管来使用的情况下的破裂时的龟裂传播的停止特性优异。

[0086] 上述的YS、TS、YR、母材部的vE及电阻焊接部的vE通过电焊钢管中的上述化学组成(包括CMeq、Mn/Si比及LR)与上述金属组织的组合来达成。

[0087] 〔母材部的化学组成〕

[0088] 以下，关于母材部的化学组成，首先，对化学组成中的各成分进行说明，接着，对CMeq、Mn/Si比及LR进行说明。

[0089] C：0.080～0.120％

[0090] C是为了形成第二相所需的元素。

[0091] 如果C量为0.080％以上，则容易达成98％以下的铁素体分率，另外，容易达成

0.210以上的LR。其结果是，容易达成90％以下的YR。因此，C量为0.080％以上。C量优选为0.085％以上。

[0092] 另一方面，如果C量为0.120％以下，则容易达成60％以上的铁素体分率。其结果是，容易达成90％以下的YR。因此，本申请中的C量为0.120％以下。C量优选为0.115％以下，更优选为0.110％以下。

[0093] Mn：0.30～1.00％

[0094] Mn是提高钢的淬透性的元素。另外，Mn也是为了S的无害化所需的元素。

[0095] 如果Mn量低于0.30％，则会产生由S引起的脆化，有可能母材及电阻焊接部的韧性会劣化。因此，Mn量为0.30％以上。Mn量优选为0.40％以上，更优选为0.50％以上。

[0096] 另一方面，如果Mn量超过1.00％，则在板厚的中央部会生成粗大的MnS，有可能会损害母材及电阻焊接部的韧性。另外，如果Mn量超过1.00％，则有可能无法达成0.210以上的LR，其结果是，有可能无法达成90％以下的YR。因此，Mn量为1.00％以下。Mn量优选为0.90％以下，更优选为0.85％以下。

[0097] Ti：0.005～0.050％

[0098] Ti是形成碳氮化物、有助于晶体粒径微细化的元素。

[0099] 从确保母材及电阻焊接部的韧性的观点出发，Ti量为0.005％以上。

[0100] 另一方面，如果Ti量超过0.050％，则会生成粗大的TiN，有可能母材及电阻焊接部的韧性会劣化。因此，Ti量为0.050％以下。Ti量优选为0.040％以下，进一步优选为0.030以下，特别优选为0.025％。

[0101] Nb：0.010～0.100％

[0102] Nb是有助于韧性的提高及YR降低的元素。

[0103] 为了由未再结晶轧制所带来的韧性提高，Nb量为0.010％以上。Nb量优选为0.020％以上。

[0104] 另一方面，如果Nb量超过0.100％，则由于粗大碳化物而导致韧性劣化。因此，Nb量为0.100％以下。Nb量优选为0.090％以下。

[0105] N：0.001～0.020％

[0106] N是通过形成氮化物来抑制结晶粒的粗大化、其结果使母材部及电阻焊接部的韧性提高的元素。从这样的效果的观点出发，N量为0.001％以上。N量优选为0.003％以上。

[0107] 另一方面，如果N量超过0.020％，则合金碳化物的生成量增加，母材部及电阻焊接部的韧性会劣化。因此，N量为0.020％以下。N量优选为0.015％以下，更优选为0.010％以下，特别优选为0.008％以下。

[0108] Si：0.010～0.450％

[0109] Si是作为钢的脱氧剂发挥功能的元素。更详细而言，如果Si量为0.010％以上，则可抑制在母材部及电阻焊接部生成粗大的氧化物，其结果是，母材部及电阻焊接部的韧性提高。因此，Si量为0.010％以上。Si量优选为0.015％以上，更优选为0.020％以上。

[0110] 另一方面，如果Si量超过0.450％，则在电阻焊接部会生成夹杂物，有可能夏比冲击吸收能降低且韧性劣化。因此，Si量为0.450％以下。Si量优选为0.400％以下，更优选为0.350％以下，特别优选为0.300％以下。

[0111] Al：0.001～0.100％

[0112] Al与Si同样是作为脱氧剂发挥功能的元素。更详细而言，如果Al量为0.001％以上，则可抑制在母材部及电阻焊接部生成粗大的氧化物，其结果是，母材部及电阻焊接部的韧性提高。因此，Al量为0.001％以上。Al量优选为0.010％以上，更优选为0.015％以上。

[0113] 另一方面，如果Al量超过0.100％，则有可能伴随着电阻焊接时的Al系氧化物的生成而焊接部韧性发生劣化。因此，Al量为0.100％以下。Al量优选为0.090％以下。

[0114] P:0～0.030％

[0115] P是杂质元素。如果P量超过0.030％，则有可能会由于在晶界发生偏析而损害韧性。因此，P量为0.030％以下。P量优选为0.025％以下，更优选为0.020％以下，进一步优选为0.015％以下，更优选为0.010％以下。

[0116] P量也可以为0％。从降低脱磷成本的观点出发，P量也可以超过0％，也可以为0.001％以上。

[0117] S:0～0.0100％

[0118] S是杂质元素。如果S量超过0.0100％，则有可能会损害韧性。因此，S量为0.0100％以下。S量优选为0.0070％以下，更优选为0.0050％以下，更优选为0.0030％以下。

[0119] S量也可以为0％。从降低脱硫成本的观点出发，S量也可以超过0％，也可以为0.0001％以上，也可以为0.0003％以上。

[0120] Mo:0～0.50％

[0121] Mo是任选的元素。因此，Mo量也可以为0％。

[0122] Mo是提高钢材的淬透性、有助于钢材的高强度的元素。从这样的效果的观点出发，Mo量也可以超过0％，也可以为0.01％以上，也可以为0.03％以上。

[0123] 另一方面，如果Mo量超过0.50％，则有可能由于Mo碳氮化物的生成而使韧性降低。因此，Mo量为0.50％以下。Mo量优选为0.40％以下，更优选为0.30％以下，进一步优选为0.20％以下，特别优选为0.10％以下。

[0124] Cu:0～1.00％

[0125] Cu是任选的元素。因此，Cu量也可以为0％。

[0126] Cu是对母材的强度提高有效的元素。从这样的效果的观点出发，Cu量也可以超过0％，也可以为0.01％以上，也可以为0.03％以上。

[0127] 另一方面，如果Cu量超过1.00％，则有可能生成微细的Cu粒子，使韧性显著劣化。因此，Cu量为1.00％以下。Cu量优选为0.80％以下，更优选为0.70％以下，进一步优选为0.60％以下，特别优选为0.50％以下。

[0128] Ni:0～1.00％

[0129] Ni是任选的元素。因此，Ni量也可以为0％。

[0130] Ni是有助于强度及韧性的提高的元素。从这样的效果的观点出发，Ni量也可以超过0％，也可以为0.01％以上，也可以为0.05％以上。

[0131] 另一方面，如果Ni量超过1.00％，则有可能强度变得过高。因此，Ni量为1.00％以下。Ni量优选为0.80％以下，更优选为0.70％以下，进一步优选为0.60％以下。

[0132] Cr:0～1.00％

[0133] Cr是任选的元素。因此，Cr量也可以为0％。

[0134] Cr是提高淬透性的元素。从这样的效果的观点出发，Cr量也可以超过0％，也可以

为0.01％以上，也可以为0.05％以上。

[0135] 另一方面，如果Cr量超过1.00％，则有可能由于在电阻焊接部生成的Cr系夹杂物而导致焊接部的韧性劣化。因此，Cr量为1.00％以下。Cr量优选为0.80％以下，更优选为0.70％以下，进一步优选为0.50％以下，特别优选为0.30％以下。

[0136] V:0～0.100％

[0137] V是任选的元素。因此，V量也可以为0％。

[0138] V是有助于韧性的提高及YR降低的元素。从这样的效果的观点出发，V量也可以超过0％，也可以为0.005％以上，也可以为0.010％以上。

[0139] 另一方面，如果V量超过0.100％，则有可能由于V碳氮化物而导致韧性劣化。因此，V量为0.100％以下。V量优选为0.080％以下，更优选为0.070％以下，进一步优选为0.050％以下，特别优选为0.030％以下。

[0140] Ca:0～0.0100％

[0141] Ca是任选的元素。因此，Ca量也可以为0％。

[0142] Ca是控制硫化物系夹杂物的形态、使低温韧性提高的元素。从这样的效果的观点出发，Ca量也可以超过0％，也可以为0.0001％以上，也可以为0.0010％以上，也可以为0.0030％以上，也可以为0.0050％以上。

[0143] 另一方面，如果Ca量超过0.0100％，则有可能生成由CaO-CaS形成的大型的簇或大型的夹杂物，对韧性造成不良影响。因此，Ca量为0.0100％以下。Ca量优选为0.0090％以下，更优选为0.0080％以下，特别优选为0.0060％以下。

[0144] Mg:0～0.0100％

[0145] Mg是任选的元素。因此，Mg量也可以为0％。

[0146] Mg是作为脱氧剂及脱硫剂有效的元素，尤其会产生微细的氧化物，也是有助于HAZ(Heat affected zone)的韧性的提高的元素。从这样的效果的观点出发，Mg量也可以超过0％，也可以为0.0001％以上，也可以为0.0010％以上，也可以为0.0020％以上，也可以为0.0030％以上，也可以为0.0050％以上。

[0147] 另一方面，如果Mg量超过0.0100％，则氧化物变得容易凝聚或粗大化，其结果是，有可能导致耐HIC性(抗氢致开裂，Hydrogen-Induced Cracking Resistance)的降低或者母材或HAZ的韧性的降低。因此，Mg量为0.0100％以下。Mg量优选为0.0060％以下。

[0148] REM:0～0.0100％

[0149] REM是任选的元素。因此，REM量也可以为0％。

[0150] 其中，“REM”是指稀土类元素即选自Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及Lu中的至少1种元素。

[0151] REM是作为脱氧剂及脱硫剂有效的元素。从这样的效果的观点出发，REM量也可以超过0％，也可以为0.0001％以上，也可以为0.0010％以上。

[0152] 另一方面，如果REM量超过0.0100％，则产生粗大的氧化物，其结果是，有可能导致耐HIC性的降低或者母材或HAZ的韧性的降低。因此，REM量为0.0100％以下。REM量优选为0.0070％以下，更优选为0.0050％以下。

[0153] 从得到由上述的任选的元素所带来的效果的观点出发，母材部的化学组成也可以含有:Mo:超过0％且为0.50％以下、Cu:超过0％且为1.00％以下、Ni:超过0％且为1.00％以

下、Cr:超过0%且为1.00%以下、V:超过0%且为0.100%以下、Ca:超过0%且为0.0100%以下、Mg:超过0%且为0.0100%以下及REM:超过0%且为0.0100%以下中的1种或2种以上。

[0154] 对于各任选的元素的更优选的量,分别如上所述。

[0155] 剩余部分:Fe及杂质

[0156] 在母材部的化学组成中,除了上述的各元素以外的剩余部分为Fe及杂质。

[0157] 其中,所谓杂质是指在原材料中所含的成分或者是在制造的工序中混入的成分,而不是有意地使钢中含有的成分。

[0158] 作为杂质,可列举出除了上述的元素以外的所有元素。作为杂质的元素可以仅为1种,也可以为2种以上。

[0159] 作为杂质,例如可列举出O、B、Sb、Sn、W、Co、As、Pb、Bi、H。

[0160] 在上述的元素当中,O优选按照含量达到0.006%以下的方式进行控制。

[0161] 另外,对于其他的元素,通常可以分别如下:对于Sb、Sn、W、Co及As有含量为0.1%以下的混入、对于Pb及Bi有含量为0.005%以下的混入、对于B有含量为0.0003%以下的混入、对于H有含量为0.0004%以下的混入,对于其他的元素的含量,只要是通常的范围,则不需要特别进行控制。

[0162] CMeq:0.170～0.300

[0163] 在母材部的化学组成中,由下述式(1)所示的CMeq为0.170～0.300。

[0164] $CMeq=C+Mn/6+Cr/5+(Ni+Cu)/15+Nb+Mo/3+V$ 式(1)

[0165] 〔式(1)中,C、Mn、Cr、Ni、Cu、Nb、Mo及V分别表示各元素的质量%。〕

[0166] CMeq相对于屈服强度有正的相关性。

[0167] 从容易达成屈服强度为390MPa以上的观点出发,CMeq为0.170以上。CMeq优选为0.180以上,更优选为0.200以上,进一步优选为0.230以上。

[0168] 另一方面,从容易达成屈服强度为562MPa以下的观点出发,CMeq为0.300以下。CMeq优选为0.290以下,更优选为0.275以下。

[0169] LR:0.210以上

[0170] 在母材部的化学组成中,由下述式(2)所示的LR为0.210以上。

[0171] 就本申请的电焊钢管而言,通过LR为0.210以上,从而可达成YR为90%以下。

[0172] 在LR低于0.210的情况下,有可能YR会超过90%。其理由据认为是因为:钢中的析出物量变少,加工硬化能力降低(即TS降低)。

[0173] $LR=(2.1\times C+Nb)/Mn$ 式(2)

[0174] 〔式(2)中,C、Nb及Mn分别表示各元素的质量%。〕

[0175] 式(2)的技术意义如下。

[0176] 在式(2)中,将C量及Nb量配置于分子的理由是因为据认为:通过C及Nb形成析出物,而使钢的加工硬化能力提高(即TS上升),其结果是,钢的YR降低。

[0177] C量乘以“2.1”的理由是因为据认为:关于由上述的析出物形成所带来的加工硬化能力提高的效果,由C的含有所带来的效果是由Nb的含有所带来的效果的约2.1倍。

[0178] 在式(2)中,将Mn量配置于分母的理由是因为:虽然能够通过Mn的含有而使钢在比较低的温度下相变,但是由于Mn的含有而导致钢的加工硬化能力自身受损(即TS降低),其结果是,钢的YR上升。

[0179] 如上所述，LR相对于Nb量及C量具有正的相关性，相对于Mn量具有负的相关性。

[0180] 就本申请的电焊钢管而言，通过满足LR为0.210以上，从而即使是在Nb量比较多的情况下、例如在比专利文献3(国际公开第2012/133558号)中的Nb量(0.003％以上且低于0.02％)还多的情况下，也有可能凭借C量及Mn量而使LR达到0.210以上。这种情况下，可达成YR为90％以下。

[0181] 此外，就本申请的电焊钢管而言，即使是在Nb量低于0.02％的情况下，通过满足LR为0.210以上及LR以外的条件，也可达成YR为90％以下。

[0182] 从更容易达成YR为90％以下的观点出发，LR优选为0.230以上，更优选为0.270以上。

[0183] 对于LR的上限没有特别限制。从电焊钢管的制造适应性的观点出发，LR优选为0.500以下，更优选为0.450以下，特别优选为0.400以下。

[0184] Mn/Si比：2.0以上

[0185] 在母材部的化学组成中，Mn/Si比(即Mn的质量％相对于Si的质量％之比Mn/Si比)为2.0以上。

[0186] 就本申请的电焊钢管而言，通过Mn/Si比为2.0以上，使得电阻焊接部的韧性得以提高，电阻焊接部的vE(即在0℃的管周方向的夏比冲击吸收能)达到80J以上。

[0187] 在Mn/Si比低于2.0的情况下，有可能vE会变得低于80J。其理由据认为是因为：在Mn/Si比低于2.0的情况下，在电阻焊接部，由于MnSi系的夹杂物成为脆性断裂的起点，致使韧性劣化。

[0188] 从进一步提高电阻焊接部的韧性的观点出发，Mn/Si比优选为2.1以上。

[0189] 对于Mn/Si比的上限没有特别限制。从进一步提高电阻焊接部的韧性及母材部的韧性的观点出发，Mn/Si比优选为50以下，更优选为40以下，特别优选为30以下。

[0190] 〔母材部的金属组织〕

[0191] 在本申请的电焊钢管中，母材部的金属组织在使用扫描型电子显微镜以1000倍的倍率观察该金属组织的情况下，铁素体分率(即由铁素体形成的第一相的面积率)为60～98％，作为剩余部分的第二相为回火贝氏体及珠光体中的至少一者。

[0192] 就本申请的电焊钢管而言，通过铁素体分率为60％以上，可达成YR为90％以下。铁素体分率优选为65％以上，更优选为70％以上。

[0193] 另外，就本申请的电焊钢管而言，如上所述，通过铁素体分率为98％以下，可达成TS为520MPa以上。铁素体分率优选为95％以下，更优选为92％以下。

[0194] 在本申请的电焊钢管中，作为剩余部分的第二相包含回火贝氏体。

[0195] 第二相包含回火贝氏体是指本申请的电焊钢管是在造管后(即在电阻焊接后(在电阻焊接后实施了焊缝热处理的情况下为焊缝热处理后))被实施了回火的电焊钢管。

[0196] 通过本申请的电焊钢管是在造管后被实施了回火的电焊钢管，可达成YR为90％以下。其理由据认为是因为：通过造管后的回火而使YR下降。通过造管后的回火而使YR下降的理由据认为是因为：通过位错密度降低而使YS下降，并且通过渗碳体在位错上析出而使加工硬化变大(即TS上升)。

[0197] 在本说明书中，回火贝氏体凭借其组织中包含粒状的渗碳体这一点而与不是回火贝氏体的贝氏体相区别。

[0198] 本说明书中的“贝氏体”的概念中包含:贝氏体铁素体、粒状贝氏体、上贝氏体及下贝氏体。

[0199] 第二相只要包含回火贝氏体即可,可以是仅包含回火贝氏体的相,也可以包含回火贝氏体以外的组织。

[0200] 作为回火贝氏体以外的组织,可列举出珠光体。

[0201] 本说明书中的“珠光体”的概念中也包含伪珠光体。

[0202] 在母材部的金属组织中,铁素体分率的测定及第二相的特定是通过如下来进行的:对母材90°位置的L断面处的壁厚为1/4位置的金属组织进行硝酸乙醇蚀刻,使用扫描型电子显微镜(SEM)以1000倍的倍率观察硝酸乙醇蚀刻后的金属组织的照片(以下也称为“金属组织照片”)。其中,金属组织照片以1000倍的视场进行10个视场量(以断面的实际面积计为0.12mm^{2}量)拍摄。通过将拍摄的金属组织照片进行图像处理来进行铁素体分率的测定及第二相的特定。图像处理使用例如Nireco Corporation制的小型通用图像解析装置LUZEX AP来进行。

[0203] 在本说明书中,所谓“母材90°位置”是指从电阻焊接部向管周方向偏离90°的位置,所谓“L断面”是指相对于管轴方向及壁厚方向平行的断面,所谓“壁厚1/4位置”是指与电焊钢管的外周面的距离为壁厚的1/4的位置。

[0204] 另外,在本说明书中,有时将管轴方向称为“L方向”。

[0205] 图1是表示本申请中的母材部的金属组织的一个例子的扫描型电子显微镜照片(SEM照片;倍率为1000倍)。

[0206] 图1的SEM照片是在后述的实施例17中用于铁素体分率的测定及第二相的特定的SEM照片中的一张(1个视场)。

[0207] 如图1中所示的那样,可以确认由铁素体形成的第一相及包含回火贝氏体的第二相。特别是由存在白色的点(渗碳体)可知:第二相包含回火贝氏体。

[0208] 母材部的金属组织在使用透射型电子显微镜以100000倍的倍率观察该金属组织的情况下,当量圆直径为100nm以下的析出物(以下也称为“特定析出物”)的面积率(以下也称为“特定析出物面积率”)优选为0.10～1.00%。

[0209] 如果特定析出物面积率为0.10%以上,则更容易达成YR为90%以下。其理由据认为是因为:特定析出物(即当量圆直径为100nm以下的析出物)有助于加工硬化特性的提高(即TS的上升),其结果是,YR降低。

[0210] 另一方面,如果特定析出物面积率为1.00%以下,则脆性断裂得以抑制(即母材部的韧性优异)。特定析出物面积率优选为0.80%以下,更优选为0.70%以下。

[0211] 特定析出物面积率为0.10～1.00%可以通过在造管后进行400℃～Ac1点的温度下的回火来达成。

[0212] 在本申请中,析出物面积率(即当量圆直径为100nm以下的析出物的面积率)可以通过使用透射型电子显微镜(TEM)以100000倍的倍率观察母材90°位置的L断面处的壁厚为1/4位置的金属组织来进行测定。

[0213] 更详细而言,首先,基于从母材90°位置的L断面处的壁厚为1/4位置采集的样品,通过使用了由10容积%乙酰丙酮、1容积%四甲基氯化铵及89容积%甲醇制成的电解液的SPEED法来制作TEM观察用复制品。通过将所得到的TEM观察用复制品使用TEM以100000倍的

倍率进行观察，从而取得10个视场量的1μm四方的视场尺寸的TEM图像。算出当量圆直径为100nm以下的析出物相对于所取得的TEM图像的总面积的面积率，将所得到的结果作为特定析出物面积率(%)。

[0214] 此外，上述SPEED法中的蚀刻的条件设定为下述条件：使用饱和甘汞电极作为参比电极，相对于约80平方毫米的表面积以-200mV的电压施加10库仑的电荷。

[0215] 此外，特定析出物(即当量圆直径为100nm以下的析出物)具体而言据认为是选自除了Fe以外的金属的碳化物、除了Fe以外的金属的氮化物及除了Fe以外的金属的碳氮化物中的至少1种。

[0216] 作为此处所说的除了Fe以外的金属，据认为是Ti及Nb。另外，在化学组成含有V、Mo及Cr中的至少1种的情况下，作为上述除了Fe以外的金属，也认为是该V、Mo及Cr中的至少1种。

[0217] 〔管轴方向的屈服强度(YS)〕

[0218] 本申请的电焊钢管的管轴方向的屈服强度(YS)为390～562MPa。

[0219] 管轴方向的YS优选为430MPa以上，更优选为450MPa以上，更优选为470MPa以上，特别优选为500MPa以上。

[0220] 管轴方向的YS优选为550MPa以下，更优选为540MPa以下，特别优选为530MPa以下。

[0221] 管轴方向的YS为562MPa以下可通过在造管后进行回火来达成。其理由据认为是因为：通过造管后的回火而使造管应变得以缓和，位错密度下降。

[0222] 〔管轴方向的抗拉强度(TS)〕

[0223] 本申请的电焊钢管的管轴方向的抗拉强度(TS)为520～690MPa。

[0224] 管轴方向的TS优选为550MPa以上，更优选为580MPa以上。

[0225] 管轴方向的TS优选为680MPa以下，更优选为660MPa以下，特别优选为650MPa以下。

[0226] 〔管轴方向的屈服比〕

[0227] 本申请的电焊钢管的管轴方向的屈服比(YR＝(YS/TS)×100)为90％以下。

[0228] 由此，可抑制铺设时等的电焊钢管的压曲。

[0229] 管轴方向的YR为90％以下可通过在造管后进行回火来达成。其理由据认为是因为：通过位错密度降低而使YS下降，并且通过渗碳体在位错上微细地析出而使加工硬化变大(即TS上升)。

[0230] 〔电焊钢管的壁厚〕

[0231] 本申请的电焊钢管的壁厚优选为10～25mm。

[0232] 如果壁厚为10mm以上，则在利用将热轧钢板成形为管状时的应变而使YR容易降低这点上是有利的。壁厚更优选为12mm以上。

[0233] 如果壁厚为25mm以下，则在电焊钢管的制造适应性(详细来说，是将热轧钢板成形为管状时的成形性)这点上是有利的。壁厚更优选为20mm以下。

[0234] 〔电焊钢管的外形〕

[0235] 本申请的电焊钢管的外径优选为114.3～609.6mm(即4.5～24英寸)。

[0236] 如果外径为114.3mm以上，则作为线管用电焊钢管更适合。外径优选为139.7mm(即5.5英寸)以上，更优选为177.8mm(即7英寸)以上。

[0237] 如果外径为609.6mm以下，则在利用将热轧钢板成形为管状时的应变而使YR容易

降低这点上是有利的。外径优选为406.4mm(即16英寸)以下,更优选为304.8mm(即12英寸)以下。

[0238] 〔制法的一个例子〕

[0239] 作为本申请的电焊钢管的制法的一个例子,可列举出以下的制法A。

[0240] 制法A具有下述工序:

[0241] 使用具有上述的化学组成的热轧钢板来制造轧制状态(as-roll)电焊钢管的工序、和

[0242] 通过对轧制状态电焊钢管实施回火来得到电焊钢管的回火工序。

[0243] 根据上述制法A,通过具有回火工序,基于上述的理由,而容易制造YR为90%以下的电焊钢管。

[0244] 回火温度(即回火中的保持温度)优选为400℃～Ac1点。

[0245] 如果回火温度为400℃以上,则更容易使渗碳体及特定析出物(当量圆直径为100nm以下的析出物)析出,因此更容易达成YR为90%以下。作为回火温度,更优选为420℃以上。

[0246] 如果回火温度为Ac1点以下,则可以进一步抑制析出物变得粗大。回火温度虽然也因钢的Ac1点而异,但也优选为720℃以下,也优选为710℃以下,也优选为700℃以下。

[0247] 这里,Ac1点是指使钢的温度上升时,开始向奥氏体相变的温度。

[0248] Ac1点通过下述式而算出。

[0249] Ac1点(℃)＝750.8-26.6C+17.6Si-11.6Mn-22.9Cu-23Ni+24.1Cr+22.5Mo-39.7V-5.7Ti+232.4Nb-169.4Al

[0250] 〔其中,C、Si、Mn、Ni、Cu、Cr、Mo、V、Ti、Nb及Al分别为各元素的质量%。Ni、Cu、Cr、Mo及V为任选的元素,对于在这些任选的元素中的未被含有在钢坯中的元素,以0质量%来计算Ac1点。〕

[0251] 在更容易使YR降低这点上,回火工序中的回火时间(即回火温度中的保持时间)优选为5分钟以上。

[0252] 在制法A中,所谓轧制状态电焊钢管是指将热轧钢板进行辊轧成形(即管状的成形)而制造的电焊钢管,是在辊轧成形后没有实施焊缝热处理以外的热处理的电焊钢管。

[0253] 对于制法A中的制造轧制状态电焊钢管的工序的优选的方式会在后面进行叙述。

[0254] 制法A优选在制造轧制状态电焊钢管的工序与回火工序之间具有下述定径工序:将轧制状态电焊钢管的形状通过定径机以调整前后的正圆度的变化量(以下也称为“定径正圆度变化量(%)”)达到1.0%以上的条件进行调整。

[0255] 在制法A具有定径工序的情况下,更容易制造上述的特定析出物面积率为0.10～1.00%的电焊钢管。

[0256] 其理由据认为是因为:通过定径正圆度变化量达到1.0%以上的条件的上述定径工序,使得一定程度的量以上的位错被导入进轧制状态电焊钢管的内部,之后,通过对轧制状态电焊钢管实施400℃～Ac1点的温度的回火,使得微细的特定析出物变得容易在位错上析出。

[0257] 这里,轧制状态电焊钢管的正圆度如以下那样操作而求出。

[0258] 首先,通过对于管周方向以45°间距测定轧制状态电焊钢管的外径来获得4个测定

值。分别求出所得到的4个测定值中的最大值、最小值及平均值。基于最大值、最小值及平均值，通过以下的式子求出轧制状态电焊钢管的正圆度。

[0259] 轧制状态电焊钢管的正圆度＝(最大值-最小值)/平均值

[0260] 另外，定径正圆度变化量(%)基于利用定径机进行的形状调整前的轧制状态电焊钢管的正圆度和利用定径机进行的形状调整后的轧制状态电焊钢管的正圆度并由下述式子求出。

[0261] 定径正圆度变化量(%)＝(|利用定径机进行的形状调整后的轧制状态电焊钢管的正圆度-利用定径机进行的形状调整前的轧制状态电焊钢管的正圆度|/利用定径机进行的形状调整前的轧制状态电焊钢管的正圆度)×100

[0262] 制法A中的制造轧制状态电焊钢管的工序优选具有下述工序：

[0263] 热轧工序，其通过对具有上述的化学组成的钢坯(板坯)进行加热，并将加热了的钢坯进行热轧，从而得到热轧钢板；

[0264] 冷却工序，其对在热轧工序中得到的热轧钢板进行冷却；

[0265] 卷绕工序，其通过对在冷却工序中被冷却了的热轧钢板进行卷绕，从而得到由热轧钢板形成的热卷材；和

[0266] 造管工序，其通过从热卷材中放卷出热轧钢板，并对放卷后的热轧钢板进行辊轧成形，从而制成开口管，通过对所得到的开口管的对接部进行电阻焊接而形成电阻焊接部，从而得到轧制状态电焊钢管。

[0267] 就造管工序而言，在电阻焊接后，根据需要也可以对电阻焊接部实施焊缝热处理。

[0268] 在热轧工序中，优选将具有上述的化学组成的钢坯(板坯)加热至1150℃～1350℃的温度。

[0269] 如果加热钢坯的温度为1150℃以上，则能够使电焊钢管的母材部的韧性进一步提高。其理由据认为是因为：如果加热钢坯的温度为1150℃以上，则能够抑制未固溶的Nb碳化物的生成。

[0270] 如果钢坯的加热的温度为1350℃以下，则能够使电焊钢管的母材部的韧性进一步提高。其理由据认为是因为：如果钢坯的加热温度为1350℃以下，则能够抑制金属组织的粗大化。

[0271] 在热轧工序中，优选例如对加热至1150℃～1350℃的温度的钢坯在Ar3点+100℃以上的温度进行热轧。由此，能够提高热轧钢板的淬透性。

[0272] 其中，Ar3点由母材部的化学组成通过下述式子求出。

[0273] Ar3(℃)＝910-310C-80Mn-55Ni-20Cu-15Cr-80Mo

[0274] 〔其中，C、Mn、Ni、Cu、Cr及Mo分别为各元素的质量%。Ni、Cu、Cr及Mo为任选的元素，对于在这些任选的元素中的未被含有在钢坯中的元素，以0质量%来计算Ar3点。〕

[0275] 在冷却工序中，优选将冷却开始温度设定为Ar3点以上来对在热轧工序中得到的热轧钢板进行冷却。由此，能够使母材部的强度及韧性进一步提高。其理由据认为是因为：通过将冷却开始温度设定为Ar3点以上，可抑制粗大的多边形铁素体的生成。

[0276] 在冷却工序中，优选对在热轧工序中得到的热轧钢板以5℃/s～80℃/s的冷却速度进行冷却。

[0277] 如果冷却速度为5℃/s以上，则母材部的韧性劣化会得到进一步抑制。其理由据认

为是因为:通过冷却工序中的冷却速度为5℃/s以上,使得粗大的铁素体的生成得以抑制。

[0278] 如果冷却速度为80℃/s以下,则母材部的韧性劣化会得以抑制。其理由据认为是因为:通过冷却工序中的冷却速度为80℃/s以下,可抑制第二相分率变得过量(即铁素体分率变得低于60%)。

[0279] 卷绕工序优选对在冷却工序中被冷却了的热轧钢板以450～650℃的卷绕温度进行卷绕。

[0280] 如果卷绕温度为450℃以上,则母材部的韧性劣化会得以抑制。其理由据认为是因为:如果卷绕温度为450℃以上,则马氏体的生成会被抑制。

[0281] 如果卷绕温度为650℃以下,则能够抑制YR的上升。其理由据认为是因为:如果卷绕温度为650℃以下,则Nb碳氮化物的过量生成会被抑制,其结果是,YS的上升会得到抑制。

[0282] 实施例

[0283] 以下,示出本申请的实施例,但本申请并不限于以下的实施例。

[0284] 〔实施例1～17、比较例1～26〕

[0285] <热卷材的制造>

[0286] 通过将具有表1及表2中所示的化学组成的钢坯加热至1250℃的温度、对加热了的钢坯进行热轧而制成热轧钢板、将冷却开始温度设定为820℃而对所得到的热轧钢板以50℃/s的冷却速度进行冷却、对被冷却了的热轧钢板以550℃的卷绕温度进行卷绕,从而得到了由热轧钢板形成的热卷材。

[0287] 在各实施例及各比较例中,除了表1及表2中所示的元素以外的剩余部分为Fe及杂质。

[0288] 在表1及2中,实施例11中的REM为Ce,实施例16中的REM为Nd,实施例17中的REM为La。

[0289] 在表1～3中,带下划线的数值为本申请的范围外的数值。

[0290] <轧制状态电焊钢管的制造>

[0291] 从上述热卷材中放卷出热轧钢板,通过对放卷后的热轧钢板进行辊轧成形而制成开口管,对所得到的开口管的对接部进行电阻焊接而形成电阻焊接部(以下,也称为“焊接部”),接着,通过对焊接部进行焊缝热处理,从而得到了轧制状态电焊钢管。

[0292] <电焊钢管的制造(定径机及回火)>

[0293] 将上述轧制状态电焊钢管的形状通过定径机以达到表3中所示的定径正圆度变化量(%)的条件进行了调整。

[0294] 通过对形状调整后的轧制状态电焊钢管实施基于表3中所示的回火温度及回火时间的回火,从而得到了电焊钢管。

[0295] 所得到的电焊钢管的外径为219mm,该电焊钢管的壁厚为15.9mm。

[0296] 此外,以上的制造工序不会对钢的化学组成造成影响。因此,所得到的电焊钢管的母材部的化学组成可视为与作为原料的钢坯的化学组成相同。

[0297] <测定>

[0298] 对所得到的电焊钢管进行了以下的测定。

[0299] 将结果示于表3中。

[0300] (铁素体分率的测定及第二相的组织的确认)

[0301] 通过上述的方法来测定铁素体分率(表3中“F分率”),并确认了第二相的种类。

[0302] 表3中,TB是指回火贝氏体,P是指珠光体,MA是指岛状马氏体。

[0303] (YS、TS及YR的测定)

[0304] 从电焊钢管的母材90°位置沿着拉伸试验的试验方向(拉伸方向)成为电焊钢管的管轴方向(以下也称为“L方向”)的方向采集拉伸试验用的试验片。这里,试验片的形状设定为依据美国石油协会标准API 5L(以下,简记为“API 5L”)的平板形状。

[0305] 使用采集的试验片,在室温下,依据API 5L,进行将试验方向设定为电焊钢管的L方向的拉伸试验,分别测定了电焊钢管的L方向的TS及电焊钢管的L方向的YS。

[0306] 另外,通过算式“(YS/TS)×100”求出了电焊钢管的L方向的YR(%)。

[0307] (母材部的vE(J)(0℃的夏比冲击吸收能)的测定)

[0308] 从电焊钢管的母材90℃位置采集带V形缺口的全尺寸试验片(夏比冲击试验用的试验片)。带V形缺口的全尺寸试验片按照试验方向成为管周方向(C方向)的方式采集。对于采集的带V形缺口的全尺寸试验片,在0℃的温度条件下,依据API 5L进行夏比冲击试验,测定了vE(J)。

[0309] 每1个电焊钢管进行5次上述的测定,将5次的测定值的平均值作为该电焊钢管的母材部的vE(J)。

[0310] (焊接部的vE(J)(0℃的夏比冲击吸收能)的测定)

[0311] 除了将采集带V形缺口的全尺寸试验片的位置变更为电焊钢管的焊接部以外,进行了与母材部的vE(J)的测定同样的操作。

[0312] (特定析出物面积率的测定)

[0313] 通过上述的方法,测定了特定析出物面积率(即当量圆直径为100nm以下的析出物的面积率;表3中简记为“析出物面积率(%)”)。

[0314] [表1]

[0315]

	成分（质量%）								
	C	Mn	Ti	Nb	N	Si	Al	P	S
实施例1	0.097	0.73	0.010	0.032	0.010	0.318	0.041	0.019	0.0019
实施例2	0.092	0.64	0.016	0.021	0.005	0.200	0.019	0.008	0.0044
实施例3	0.088	0.64	0.007	0.047	0.003	0.026	0.071	0.018	0.0050
实施例4	0.080	0.50	0.006	0.030	0.009	0.100	0.048	0.013	0.0026
实施例5	0.098	0.66	0.007	0.036	0.004	0.179	0.084	0.017	0.0020
实施例6	0.103	0.61	0.017	0.026	0.011	0.243	0.099	0.018	0.0029
实施例7	0.085	0.62	0.014	0.043	0.008	0.300	0.090	0.018	0.0006
实施例8	0.084	0.72	0.006	0.040	0.009	0.230	0.020	0.005	0.0030
实施例9	0.080	0.60	0.009	0.025	0.003	0.100	0.031	0.012	0.0036
实施例10	0.081	0.66	0.012	0.038	0.005	0.289	0.019	0.006	0.0024
实施例11	0.095	0.77	0.016	0.032	0.010	0.027	0.061	0.015	0.0009
实施例12	0.082	0.61	0.019	0.060	0.010	0.121	0.088	0.019	0.0008
实施例13	0.093	0.82	0.045	0.020	0.007	0.200	0.010	0.003	0.0020
实施例14	0.083	0.51	0.025	0.015	0.005	0.200	0.015	0.001	0.0019
实施例15	0.082	0.78	0.025	0.015	0.003	0.230	0.020	0.001	0.0020
实施例16	0.084	0.61	0.045	0.020	0.005	0.243	0.010	0.015	0.0008
实施例17	0.082	0.61	0.017	0.020	0.010	0.200	0.020	0.013	0.0009
比较例1	0.150	0.73	0.006	0.028	0.004	0.046	0.059	0.002	0.0032
比较例2	0.090	0.90	0.023	0.015	0.011	0.480	0.051	0.007	0.0029
比较例3	0.106	0.66	0.008	0.042	0.002	0.005	0.029	0.019	0.0030
比较例4	0.109	0.20	0.013	0.031	0.002	0.069	0.088	0.014	0.0038
比较例5	0.080	1.02	0.024	0.049	0.011	0.091	0.015	0.002	0.0017
比较例6	0.117	0.82	0.001	0.027	0.009	0.015	0.056	0.008	0.0049
比较例7	0.086	0.69	0.060	0.049	0.012	0.300	0.052	0.019	0.0047
比较例8	0.090	0.63	0.016	0.008	0.010	0.225	0.020	0.006	0.0035
比较例9	0.080	0.60	0.017	0.102	0.004	0.081	0.071	0.010	0.0011
比较例10	0.081	0.78	0.010	0.080	0.005	0.241	0.0008	0.011	0.0015
比较例11	0.093	0.65	0.014	0.051	0.011	0.093	0.110	0.018	0.0020
比较例12	0.100	0.90	0.021	0.080	0.010	0.100	0.015	0.002	0.0005
比较例13	0.080	0.30	0.021	0.010	0.008	0.100	0.015	0.002	0.0005
比较例14	0.080	0.90	0.014	0.010	0.010	0.300	0.006	0.010	0.0026
比较例15	0.113	0.64	0.017	0.056	0.008	0.184	0.054	0.000	0.0012
比较例16	0.089	0.62	0.014	0.068	0.002	0.097	0.074	0.012	0.0038
比较例17	0.087	0.73	0.021	0.050	0.012	0.046	0.016	0.006	0.0048
比较例18	0.116	0.61	0.012	0.063	0.010	0.173	0.004	0.001	0.0035
比较例19	0.087	0.65	0.008	0.044	0.0006	0.068	0.089	0.003	0.0003
比较例20	0.099	0.78	0.009	0.046	0.030	0.054	0.060	0.016	0.0015
比较例21	0.099	0.77	0.014	0.042	0.005	0.300	0.055	0.018	0.0049
比较例22	0.102	0.76	0.008	0.026	0.007	0.081	0.015	0.019	0.0004
比较例23	0.081	0.60	0.009	0.091	0.006	0.296	0.089	0.004	0.0014
比较例24	0.090	0.60	0.023	0.015	0.005	0.450	0.051	0.007	0.0029
比较例25	0.086	0.95	0.021	0.015	0.010	0.100	0.074	0.018	0.0035
比较例26	0.081	0.95	0.021	0.021	0.005	0.081	0.060	0.000	0.0003

[0316] [表2]

[0317]

	成分（质量%）（表1的续）								CMeq	Mn/Si	LR	Ac1 (℃)
	Mo	Cu	Ni	Cr	V	Ca	Mg	REM				
实施例1									0.251	2.3	0.325	746
实施例2									0.219	3.2	0.336	746
实施例3									0.242	25.1	0.363	740
实施例4									0.193	5.0	0.396	743
实施例5		0.35							0.267	3.7	0.370	730
实施例6			0.44						0.261	2.5	0.396	724
实施例7				0.20					0.272	2.1	0.354	746
实施例8				0.08		0.0032			0.260	3.1	0.301	752
实施例9	0.05								0.222	6.0	0.322	745
实施例10					0.015				0.245	2.3	0.312	751
实施例11								0.0018	0.255	28.9	0.300	737
实施例12		0.06	0.06						0.251	5.0	0.382	740
实施例13									0.240	4.1	0.237	745
实施例14	0.20								0.250	2.6	0.371	752
实施例15							0.0060		0.227	3.4	0.240	744
实施例16						0.0025		0.0015	0.205	2.5	0.323	748
实施例17						0.0028		0.0020	0.204	3.1	0.314	746
比较例1									0.299	15.7	0.469	736
比较例2									0.255	2.1	0.227	741
比较例3									0.257	131.3	0.402	745
比较例4									0.173	2.9	1.296	739
比较例5									0.299	13.2	0.213	747
比较例6									0.281	52.9	0.334	735
比较例7									0.249	2.3	0.335	748
比较例8									0.203	2.8	0.312	744
比较例9									0.282	7.5	0.450	755
比较例10									0.290	3.2	0.322	762
比较例11									0.252	7.0	0.379	736
比较例12									0.330	9.0	0.322	755
比较例13									0.140	3.0	0.593	747
比较例14									0.240	3.0	0.198	745
比较例15									0.275	3.5	0.461	747
比较例16									0.261	6.4	0.408	746
比较例17									0.259	15.8	0.320	750
比较例18									0.279	3.5	0.503	758
比较例19									0.238	9.4	0.349	737
比较例20									0.275	14.5	0.324	741
比较例21									0.270	2.5	0.323	745
比较例22									0.255	9.4	0.318	744
比较例23									0.273	2.0	0.432	753
比较例24									0.205	1.3	0.340	744
比较例25									0.259	2.0	0.206	730
比较例26									0.260	2.0	0.201	734

[0318] [表3]

[0319]

	定径正圆度变化量(%)	回火温度(℃)	回火时间(分)	电焊钢管							
				F分率(%)	第二相的种类	YS(MPa)	TS(MPa)	YR(%)	vE(J)		析出物面积率(%)
									母材部	焊接部	
实施例1	1.8	620	16	72	TB+P	536	657	82	181	146	0.38
实施例2	2.6	610	22	79	TB+P	490	586	84	247	212	0.35
实施例3	2.5	570	25	81	TB	527	631	83	262	228	0.31
实施例4	4.0	540	10	92	TB	438	525	83	272	245	0.22
实施例5	1.2	680	7	68	TB+P	541	633	85	200	178	0.49
实施例6	4.6	650	10	87	TB+P	546	636	86	199	179	0.43
实施例7	4.5	420	26	69	TB+P	560	663	84	260	229	0.10
实施例8	2.5	590	5	81	TB	520	635	82	251	209	0.41
实施例9	4.4	680	19	85	TB	534	623	86	308	262	0.57
实施例10	2.2	620	22	82	TB	516	633	82	272	228	0.42
实施例11	2.5	640	24	70	TB+P	544	676	81	188	150	0.42
实施例12	2.1	590	19	82	TB	532	653	82	259	218	0.39
实施例13	4.0	680	10	78	TB+P	515	600	86	300	268	0.12
实施例14	3.6	700	10	68	TB+P	550	640	86	315	285	0.42
实施例15	3.6	650	10	65	TB+P	520	590	88	325	298	0.35
实施例16	2.5	600	10	67	TB+P	480	560	86	358	318	0.42
实施例17	3.2	650	10	63	TB+P	490	560	88	380	369	0.37
比较例1	4.5	710	8	59	TB+P	590	616	96	207	166	0.52
比较例2	1.6	520	10	65	TB+P	579	679	85	262	10	0.19
比较例3	2.1	600	8	74	TB+P	539	627	86	8	18	0.36
比较例4	1.2	480	29	95	TB+P	424	530	80	5	12	0.13
比较例5	3.5	580	29	50	TB+P	673	759	89	15	18	0.35
比较例6	1.2	610	26	60	TB+P	575	705	82	10	15	0.33
比较例7	1.5	710	9	79	TB+P	575	697	83	5	8	0.63
比较例8	1.7	720	21	81	TB	474	588	81	15	171	0.53
比较例9	2.2	590	10	86	TB	598	688	87	21	24	0.47
比较例10	2.7	530	5	74	TB+P	560	660	85	15	21	0.34
比较例11	4.1	410	20	79	TB+P	533	655	81	250	8	0.15
比较例12	3.1	690	27	61	TB+P	668	829	81	218	194	0.62
比较例13	2.5	640	30	100	-	406	495	82	350	312	0.39
比较例14	2.3	480	6	68	TB+P	518	569	91	250	220	0.15
比较例15	4.6	350	27	72	TB+P	578	635	91	113	99	0.01
比较例16	4.6	750	7	82	TB+MA	450	594	76	10	15	0.02
比较例17	0.5	450	28	76	TB+P	575	632	91	251	216	0.05
比较例18	4.5	620	1	73	TB+P	581	638	91	106	85	0.05
比较例19	2.3	480	10	81	TB	511	627	81	15	15	0.14
比较例20	2.5	530	15	69	TB+P	570	666	86	5	8	0.24
比较例21	0.9	690	15	69	TB+P	568	624	91	215	190	0.05
比较例22	0.8	710	15	69	TB+P	536	585	92	143	110	0.02
比较例23	0.7	510	15	85	TB	564	618	91	287	250	0.06
比较例24	2.5	510	10	83	TB	495	592	84	279	10	0.17
比较例25	0.8	690	15	69	TB+P	520	570	91	340	310	0.02
比较例26	4.6	350	10	69	TB+P	515	568	91	330	300	0.42

[0320] 如表1～表3中所示的那样，各实施例的电焊钢管满足本申请中的TS、YS、YR、vE(母材部)及vE(焊接部)。即，示出了各实施例的电焊钢管具有一定程度的抗拉强度及屈服强度，屈服比得以降低，母材部及焊接部的韧性优异。

[0321] 就C量超过了上限的比较例1而言，F分率降低，YR变高。

[0322] 就Si量超过了上限的比较例2而言，焊接部的韧性劣化。

[0323] 就Si量低于下限的比较例3而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：脱氧变得不充分，产生了粗大的氧化物。

[0324] 就Mn量低于下限的比较例4而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：产生了因S而引起的脆化。

[0325] 就Mn量超过了上限的比较例5而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：变得容易产生因MnS引起的裂纹。

[0326] 就Ti低于下限的比较例6而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：结晶粒变得粗大。

[0327] 就Ti超过了上限的比较例7而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：生成了粗大的TiN。

[0328] 就Nb低于下限的比较例8而言，母材部的韧性劣化。其理由据认为是因为：未再结晶轧制变得不充分。

[0329] 就Nb超过了上限的比较例9而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：生成了粗大的Nb碳氮化物。

[0330] 就Al低于下限的比较例10而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：脱氧变得不充分。

[0331] 就Al超过了上限的比较例11而言，焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：大量地生成了Al系夹杂物。

[0332] 就CMeq超过了上限的比较例12而言，YS及TS超过了上限。

[0333] 就CMeq低于下限的比较例13而言，F分率超过上限，TS低于下限。

[0334] 就LR低于0.210的比较例14而言，屈服比超过了90％。

[0335] 就比较例15而言，YS及YR超过了上限。其理由据认为是因为：由于回火温度过低，因此通过回火而使得缓和造管应变的效果(即通过回火而使位错密度降低的效果)不充分，并且位错上析出不充分。

[0336] 就比较例16而言，母材部及焊接部的韧性降低(即母材部及焊接部的vE均低于下限)。其理由据认为是因为：由于回火温度过高，因此在一部分区域中引起向奥氏体的相变，在上述一部分区域中C的浓度变高，其结果是，通过之后的冷却，致使生成了岛状马氏体(MA)。

[0337] 就比较例17而言，YR超过了90％。其理由据认为是因为：由于定径正圆度变化量小，因此位错的导入及位错上析出不充分。

[0338] 就比较例18而言，YR超过了90％。其理由据认为是因为：由于回火时间短，因此位错上析出不充分。

[0339] 就N量低于下限的比较例19而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：结晶粒变得粗大。

[0340] 就N量超过了上限的比较例20而言，母材部及焊接部的韧性劣化。其理由据认为是因为：碳化物变得粗大。

[0341] 就比较例21～23而言，YR超过了90％。其理由据认为是因为：由于定径正圆度变化量小，因此位错的导入及位错上析出不充分。

[0342] 就Mn/Si比为2.0以下的比较例24而言，焊接部的韧性劣化。

[0343] 就LR低于0.210的比较例25及26而言，屈服比超过了90％。

[0344] 日本专利申请2016-056858的公开其整体通过参照而纳入本说明书中。

[0345] 本说明书中记载的全部文献、专利申请及技术标准与具体且分别地记载了“各个文献、专利申请及技术标准通过参照而纳入”的情况相同程度地通过参照而纳入本说明书中。

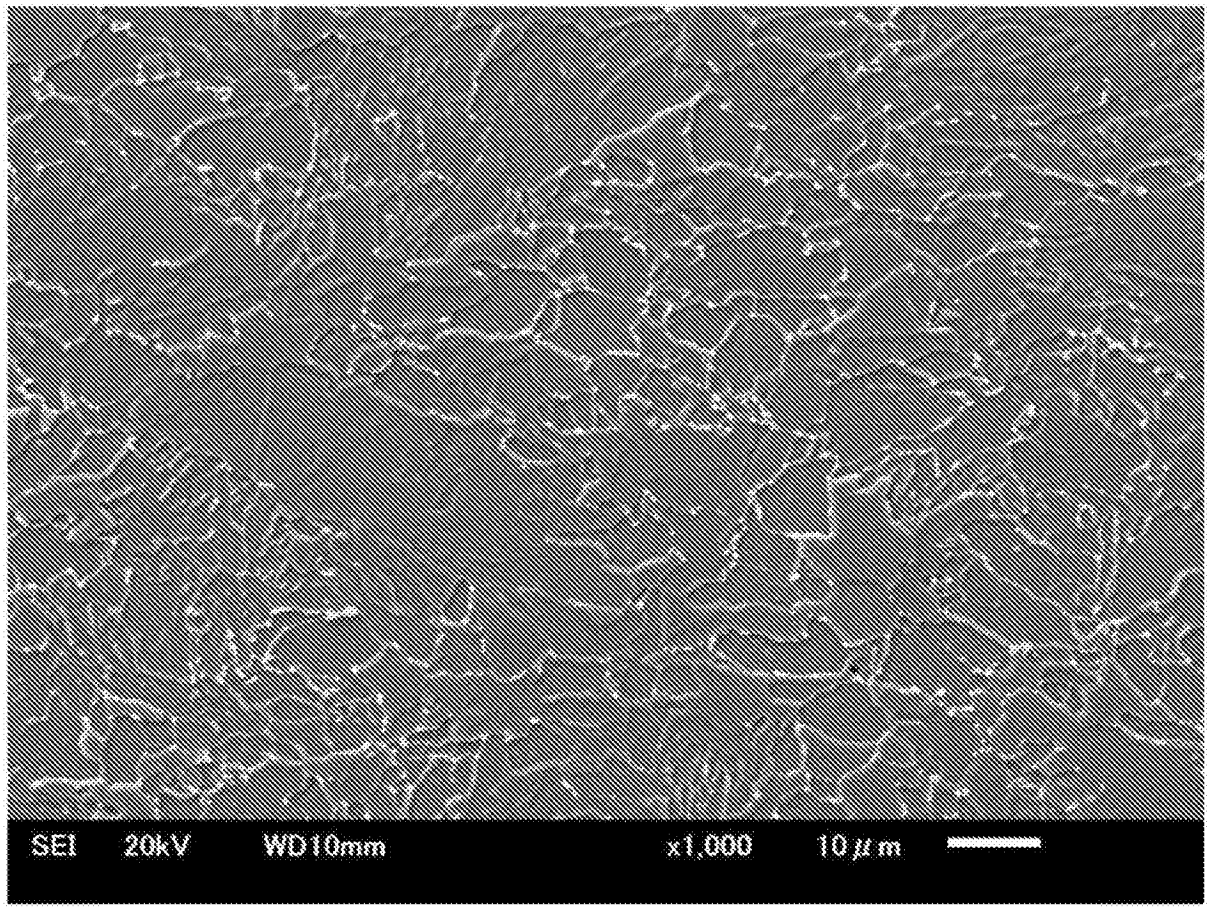


图1