



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101921970 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201010159146. 2

(22) 申请日 2010. 04. 26

(30) 优先权数据

2009-108189 2009. 04. 27 JP

2009-123661 2009. 05. 22 JP

2010-015591 2010. 01. 27 JP

(73) 专利权人 大同特殊钢株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 石川浩一 植田茂纪

(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 李茂家

(51) Int. Cl.

C22C 38/58(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1990439 A2, 2008. 11. 12,

US 5308577 A, 1994. 05. 03,

审查员 吴静

权利要求书2页 说明书16页

(54) 发明名称

高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢, 高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品及其生产方法

(57) 摘要

本发明涉及高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢, 高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品及其生产方法。本发明提供一种高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢, 其以质量%计含有: C: 0. 01 至 0. 05 %, Si: 0. 05 至 0. 5 %, Mn: 大于 16. 0 至 19. 0 % 以下, P: 0. 040 % 以下, S: 0. 010 % 以下, Cu: 0. 50 至 0. 80 %, Ni: 3. 5 至 5. 0 %, Cr: 17. 0 至 21. 0 %, Mo: 1. 80 至 3. 50 %, B: 0. 0010 至 0. 0050 %, O: 0. 010 % 以下和 N: 0. 45 至 0. 65 % 以及基本上由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量, 所述钢满足下式 (1) 至 (4): $[Cr] + 3.3 \times [Mo] + 16 \times [N] \geq 30$ (1); $[Cr]/[C] \geq 330$ (2); $[Cr]/[Mn] > 1.0$ (3); $([Ni] + 3 \times [Cu])/([Cr] + [Mo]) > 0.25$ (4)。

1. 一种高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其包含:

C:0.01 质量%至 0.05 质量%,

Si:0.05 质量%至 0.50 质量%,

Mn:大于 16.0 质量%至 19.0 质量%以下,

P:0.040 质量%以下,

S:0.010 质量%以下,

Cu:0.50 质量%至 0.80 质量%,

Ni:3.6 质量%至 5.0 质量%,

Cr:17.0 质量%至 21.0 质量%,

Mo:1.80 质量%至 3.50 质量%,

B:0.0010 质量%至 0.0050 质量%,

O:0.010 质量%以下,和

N:0.45 质量%至 0.65 质量%,

以及基本上由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量,

所述钢满足下式 (1) 至 (4):

$$[\text{Cr}] + 3.3 \times [\text{Mo}] + 16 \times [\text{N}] \geq 30 \quad (1)$$

$$[\text{Cr}]/[\text{C}] \geq 330 \quad (2)$$

$$[\text{Cr}]/[\text{Mn}] > 1.0 \quad (3)$$

$$([\text{Ni}] + 3 \times [\text{Cu}])/([\text{Cr}] + [\text{Mo}]) > 0.25 \quad (4)$$

其中 [Cr]、[Mo]、[N]、[C]、[Mn]、[Ni] 和 [Cu] 分别表示以质量%计的在所述钢中的 Cr 含量、Mo 含量、N 含量、C 含量、Mn 含量、Ni 含量和 Cu 含量。

2. 根据权利要求 1 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.0001 质量%至 0.0100 质量%的选自由 Ca、Mg 和 REM 组成的组的至少一种元素。

3. 根据权利要求 1 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量%至 2.0 质量%的选自由 Nb、V、Ta 和 Hf 组成的组的至少一种元素。

4. 根据权利要求 2 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量%至 2.0 质量%的选自由 Nb、V、Ta 和 Hf 组成的组的至少一种元素。

5. 根据权利要求 1 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含含量为 0.001 质量%至 0.10 质量%的 Al。

6. 根据权利要求 2 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含含量为 0.001 质量%至 0.10 质量%的 Al。

7. 根据权利要求 3 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含含量为 0.001 质量%至 0.10 质量%的 Al。

8. 根据权利要求 4 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含含量为 0.001 质量%至 0.10 质量%的 Al。

9. 根据权利要求 1 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量%至 3.0 质量%的选自由 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

10. 根据权利要求 2 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量%至 3.0 质量%的选自由 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

11. 根据权利要求 3 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量 % 至 3.0 质量 % 的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

12. 根据权利要求 4 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量 % 至 3.0 质量 % 的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

13. 根据权利要求 5 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量 % 至 3.0 质量 % 的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

14. 根据权利要求 6 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量 % 至 3.0 质量 % 的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

15. 根据权利要求 7 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量 % 至 3.0 质量 % 的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

16. 根据权利要求 8 所述的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其进一步包含总含量为 0.1 质量 % 至 3.0 质量 % 的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

17. 一种高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品的生产方法,其包括使根据权利要求 1 至 16 任一项所述的钢在 300℃ 至 900℃ 的温度条件下以 15% 至 40% 的断面收缩率进行加工。

18. 一种高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品,其通过使根据权利要求 1 至 16 任一项所述的钢在 300℃ 至 900℃ 的温度条件下以 15% 至 40% 的断面收缩率进行加工获得。

高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢，高耐蚀、高强度和非磁性 不锈钢产品及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢，高强度、高耐蚀和非磁性不锈钢产品及其生产方法。更特别地，本发明涉及非磁性不锈钢的生产技术，所述非磁性不锈钢能够阻挡地磁的影响并且特别适合在油井挖掘中使用，而不损害其特性（高耐蚀性和高强度）。

背景技术

[0002] 常规地，当使用钻机挖掘油井时，钻机尖端距地面的位置（例如，方向和倾角）通过磁感应确定以控制钻机。因此，将测量仪器安装在钻头附近的钻铤中。在此情况下，为了测量方向和倾角，需要钻铤等由非磁性钢制成，以阻挡地磁的影响。常规地，作为用于此类用途的钢，已使用高 Mn 类非磁性不锈钢例如 13Cr-18Mn-0.5Mo-2Ni-0.3N、13Cr-21Mn-0.3N 和 16.5Cr-16Mn-1Mo-1.3Ni-0.5Cu-0.4N。

[0003] 此外，作为周知的此类改进技术，已提出例如在以下专利文献中描述的技术。

[0004] 专利文献 1(JP-A-53-117618) 公开了高强度奥氏体不锈钢，其含有 C :0.15% 以下、Si :0.1 至 2.0%、Mn :7.0 至 18%、Ni :0.50 至 6.0%、Cr :15.0 至小于 21.0%、Mo :0.5 至 4.0%、N :0.20 至 0.60% 以及由 Fe 和杂质组成的余量，所述高强度奥氏体不锈钢用于离心分离器旋转体的用途等。

[0005] 专利文献 2(JP-A-59-104455) 公开了耐锈性优异的超低温高强度钢，其含有 C :0.01 至 0.20wt%、Si :0.05 至 1.5wt%、Mn :16 至 27wt%、Cr :10 至 20wt%、Cu :0.1 至 4wt%、N :0.10 至 0.50wt%、Al :0.003 至 0.20wt% 以及由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量，所述超低温高强度钢用于超导电磁铁或超导体的保持材料(holding material)的用途等。

[0006] 专利文献 3(JP-A-59-205452) 公开了用于在海底研究船舶上搭载仪器的高强度构件，其含有 C :0.15% 以下、Si :0.1 至 2.0%、Mn :7.0 至 18.0%、Ni :0.50 至 6.0%、Cr :15.0 至 26.0%，Mo :0.5 至 4.0%、N :0.2 至 0.6% 以及基本上由 Fe 组成的余量，并在 50% 以上的压下率(rolling reduction)下进行热加工，其中热加工的终轧温度为 800 至 1,000℃。

[0007] 专利文献 4(JP-A-61-143563) 公开了防锈的超低温高锰高强度钢，其含有 C :0.20% 以下、Si :0.05 至 2.5%、Mn :16 至 35%、Cr :10 至 20%、Ni :0.1 至 8.0%、N :0.10 至 0.50%、Al :0.001 至 0.20%、S :0.003% 以下以及由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量，所述超低温高锰高强度钢用于超导电磁铁或超导体的保持材料的用途等。

[0008] 专利文献 5(JP-A-61-170545) 公开了耐锈性优异的超低温高锰钢，其含有 C :0.20% 以下、Si :0.05 至 2.5%、Mn :9 至 35%、Cr :10 至 20%、Ni :0.1 至 8.0%、N :0.001 至 0.50%、Al :0.001 至 0.20%、Ca :0.001 至 0.020% 以及由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量，所述超低温高锰钢用于在使用超导电磁铁的核融合实验反应器(fusion experimental reactor)中使用的结构的用途等。

[0009] 专利文献 6(JP-A-61-238943) 公开了耐锈性优异的高强度非磁性不锈钢,其含有 C:0.01 至 0.15wt%、Si:0.05 至 0.60wt%、Mn:16 至 25wt%、S:0.010wt% 以下、Ni:4.0wt% 以下、Cr:14 至 20wt%、N:0.3 至 0.6wt%、O:0.01wt% 以下、Al:0.001 至 0.20wt% 以及由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量,并包括面积率为 0.10% 以下的非金属夹杂物,所述高强度非磁性不锈钢用于需要避免磁性的精密设备部件(微电机轴、磁带导向或轴等)的用途。

[0010] 专利文献 7(JP-A-2004-052097) 公开了牙间刷用线材,其含有,以质量计,C:0.07% 以下、Si:0.6% 以下、Mn:13 至 17%、Ni:2.0 至 5.0%、Cr:16.0 至 20.0%、Mo:0.4 至 2.0%、N:0.3 至 0.60% 和 Cu:0.3 至 1.0%,所述牙间刷用线材用于牙间刷用线材的用途。

[0011] 专利文献 8(JP-A-2004-156086) 公开了非磁性不锈钢,其含有 C:0.06% 以下、Si:0.40% 以下、Mn:15.5 至 17%、P:0.040% 以下、S:0.010% 以下、Cu:0.35 至 2.00%、Ni:2.50 至 4.00%、Cr:17.0 至 21.0%、Mo+W:0.5 至 1.5%、N:0.42 至 0.65%、O:0.01% 以下、sol-Al:0.05% 以下、B:0.001 至 0.010% 以及基本上由 Fe 组成的余量,所述非磁性不锈钢用于油井挖掘用钻铤的用途。

[0012] 如上所述,已提出特性如耐蚀性和非磁性优异的大量不锈钢。

[0013] 然而,近来的油井挖掘区域多种多样,对于工业界需要基于采取非磁性的另外的高耐蚀和高强度不锈钢。此外,在上述专利文献 1 至 8 中描述的各种类型钢具有许多待解决的问题。例如,专利文献 1 的高强度奥氏体不锈钢和在专利文献 3 的用于海底研究船舶上搭载仪器的高强度构件具有加工性和耐蚀性通过由于它们过量的 C 含量引起的粗碳化物结晶而劣化的忧虑。

[0014] 专利文献 2 的超低温高强度钢和专利文献 4 的耐锈的超低温高锰高强度钢具有由于它们小的 N 含量而不能满足所需的非磁性、高强度和耐蚀性的特性的忧虑。专利文献 2 的超低温高强度钢具有另外的耐蚀性由于它过量的 Mn 含量而劣化的忧虑。

[0015] 专利文献 5 的超低温高锰钢具有不能满足所需的非磁性、高强度和耐蚀性的特性的忧虑,这是因为 Cr 含量相对于 Mn 含量相当小,N 含量也相当小。

[0016] 在专利文献 6 的高强度非磁性不锈钢中,Ni 和 N 含量相当小。此外,在专利文献 7 的牙间刷用线材中,Mn 和 Ni 含量过度小。此外,在专利文献 8 的非磁性不锈钢中,Ni 和 Mo 含量过度小。因此,这些合金具有不能满足所需非磁性、高强度和耐蚀性的特性的忧虑。

[0017] 如上所述,即使根据专利文献 1-8,也没有获得满足所需特性的不锈钢。

发明内容

[0018] 基于上述情况,进行了本发明,并且本发明的目的在于提供具有高耐蚀性、高强度和非磁性的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢;高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品及其生产方法。

[0019] 特别地,本发明的目的在于提供一种高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品及其生产方法,所述高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢在油井挖掘时阻挡地磁的影响,其不仅能够应用至覆盖宽范围区域的油井挖掘产品,而且还适合作为各种部件(各种弹簧产品、VTR 导销(guide pin)和电机轴)用原料。

[0020] 为了解决上述问题,本发明人已进行深入的研究,集中在应用 Cr 和 Mo 作为耐蚀性改进元素,以实现高耐蚀性。然而,本发明人遇到不能实现油井挖掘的钻铤等所需的“能够阻挡地磁影响的非磁性”等问题,这是因为 Cr 含量和 Mo 含量增加导致磁化。然后,本发明人已进行进一步的深入研究。结果,发现当通过利用 N 和 Ni 调整组成平衡时,即使在将 Cr 和 Mo 用于获得高耐蚀性的情况下,也获得稳定的非磁性奥氏体单相结构。

[0021] 已基于该发现进行本发明。

[0022] 即,本发明提供一种高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢,其含有 :C :0.01 质量%至 0.05 质量%、Si :0.05 质量%至 0.50 质量%、Mn :大于 16.0 质量%至 19.0 质量%以下、P :0.040 质量%以下、S :0.010 质量%以下、Cu :0.50 质量%至 0.80 质量%、Ni :3.5 质量%至 5.0 质量%、Cr :17.0 质量%至 21.0 质量%、Mo :1.80 质量%至 3.50 质量%、B :0.0010 质量%至 0.0050 质量%、O :0.010 质量%以下,和 N :0.45 质量%至 0.65 质量%以及基本上由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量,所述钢满足下式 (1) 至 (4) :

$$[0023] \quad [\text{Cr}] + 3.3 \times [\text{Mo}] + 16 \times [\text{N}] \geq 30 \quad (1)$$

$$[0024] \quad [\text{Cr}] / [\text{C}] \geq 330 \quad (2)$$

$$[0025] \quad [\text{Cr}] / [\text{Mn}] > 1.0 \quad (3)$$

$$[0026] \quad ([\text{Ni}] + 3 \times [\text{Cu}]) / ([\text{Cr}] + [\text{Mo}]) > 0.25 \quad (4)$$

[0027] 其中 [Cr]、[Mo]、[N]、[C]、[Mn]、[Ni] 和 [Cu] 分别表示以质量%计的在钢中的 Cr 含量、Mo 含量、N 含量、C 含量、Mn 含量、Ni 含量和 Cu 含量。

[0028] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢可以进一步含有总含量为 0.0001 质量%至 0.0100 质量%的至少一种选自由 Ca、Mg 和 REM 组成的组的元素。

[0029] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢可以进一步含有总含量为 0.1 质量%至 2.0 质量%的选自由 Nb、V、Ta 和 Hf 组成的组的至少一种元素。

[0030] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢可以进一步含有含量为 0.001 质量%至 0.10 质量%的 Al。

[0031] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢可以进一步含有总含量为 0.1 质量%至 3.0 质量%的选自由 W 和 Co 组成的组的至少一种。

[0032] 本发明进一步提供高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品的生产方法,其包括使根据本发明的钢在 300℃至 900℃的温度条件下以 15%至 40%的断面收缩率 (reduction of area) 进行加工。

[0033] 本发明进一步提供通过使根据本发明的钢在 300℃至 900℃的温度条件下以 15%至 40%的断面收缩率 (reduction of area) 进行加工获得的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品。所得钢产品的实例包括油井挖掘产品、弹簧产品、VTR 导销和电机轴等。

[0034] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢和高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品具有上述组分组成并满足上式 (1) 至 (4),以致它们具有高耐蚀性、高强度和非磁性。因此,它们具有以下效果:能够阻挡油井挖掘时的地磁影响以应用于覆盖宽范围区域的油井挖掘产品,此外,适合作为各种部件(各种弹簧产品、VTR 导销和电机轴)用的原料。

[0035] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品的生产方法,所得钢产品能够展示与上述相同的效果。

具体实施方式

[0036] 以下将描述根据本发明的一实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢。

[0037] 根据该实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢含有以下必需元素和选择性元素以及基本上由 Fe 和不可避免的杂质组成的余量,并满足由稍后描述的式 (1) 至 (4) 定义的关系。此处,在本说明书中,所有由质量定义的百分数分别与由重量定义的那些百分数相同。

[0038] (高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢的组分组成,和其限定原因)

[0039] 根据本实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢含有 C、Si、Mn、Cu、Ni、Cr、Mo、B 和 N 作为必需元素,余量基本上由 Fe 和不可避免的杂质组成。此处述及的不可避免的杂质包括例如 P、S 和 O。

[0040] (1) $0.01 \text{ 质量}\% \leq C \leq 0.05 \text{ 质量}\%$

[0041] C 是作为奥氏体形成元素必不可少的必需元素,并有助于强度。因此,将 0.01 质量%规定为 C 含量的下限。此外,过量加入 C 导致粗碳化物结晶,从而劣化加工性和耐蚀性。因此,将 0.05 质量%规定为 C 含量的上限。C 含量更优选 0.03 质量%至 0.05 质量%。

[0042] (2) $0.05 \text{ 质量}\% \leq Si \leq 0.50 \text{ 质量}\%$

[0043] Si 是作为钢用脱氧剂添加的必需元素,因此将 0.05 质量%规定为 Si 含量的下限。然而, Si 的过量含量导致韧性降低而劣化热加工性,因此将 0.50 质量%规定为 Si 含量的上限。Si 含量更优选 0.10 质量%至 0.30 质量%。

[0044] (3) $16.0 \text{ 质量}\% < Mn \leq 19.0 \text{ 质量}\%$

[0045] Mn 是作为钢用脱氧剂起作用的必需元素。为了保证 N 的固溶量 (dissolved amount),应以大于 16.0 质量%的量含有 Mn。另一方面, Mn 劣化耐蚀性,因此将 19.0 质量%规定为 Mn 含量的上限。Mn 含量更优选大于 16.0 质量%至 17.0 质量%以下。

[0046] (4) $P \leq 0.040 \text{ 质量}\%$

[0047] P 为不可避免的杂质,在晶界中偏析 (segregate) 而增高晶界的腐蚀感受性 (susceptibility) 和劣化韧性。因此, P 含量优选尽可能地低。然而,其过量降低导致成本增加,因此将 P 含量规定为 0.040 质量%以下。P 含量更优选 0.30 质量%以下。

[0048] (5) $S \leq 0.010 \text{ 质量}\%$

[0049] S 是不可避免的杂质,并劣化热加工性,因此将 0.010 质量 %规定为 S 含量的上限。从与生产成本平衡的角度, S 含量更优选 0.005 质量%以下。

[0050] (6) $0.50 \text{ 质量}\% \leq Cu \leq 0.80 \text{ 质量}\%$

[0051] Cu 是必需元素,有效地改进耐蚀性,特别是在还原性酸环境中的耐蚀性,并有效地获得奥氏体单相结构。因此,将 0.50 质量%规定为 Cu 含量的下限。另一方面,过量添加 Cu 劣化热加工性,因此,将 0.80 质量%规定为 Cu 含量的上限。

[0052] (7) $3.5 \text{ 质量}\% \leq Ni \leq 5.0 \text{ 质量}\%$

[0053] Ni 是必需元素,有效地改进耐蚀性,特别是在还原性酸环境中的耐蚀性,在固溶处理 (solution treatment) 时提供奥氏体单相结构。因此,将 3.5 质量%规定为 Ni 含量的下限。另一方面,过量添加 Ni 导致成本增加,因此将 5.0 质量%规定为 Ni 含量的上限。从特性和成本之间平衡的角度, Ni 含量更优选为 3.5 质量%至 4.5 质量%。

[0054] (8) $17.0\% \leq Cr \leq 21.0 \text{ 质量}\%$

[0055] 从保证耐蚀性的角度,Cr 是必需元素,并且为了保证 N 的固容量,将 17.0 质量%规定为 Cr 含量的下限。另一方面,过量添加 Cr 损害热加工性,并导致韧性降低,因此将 21.0 质量%规定为 Cr 含量的上限。Cr 含量更优选 18.0 质量%至 19.5 质量%。

[0056] (9) $1.80\% \leq \text{Mo} \leq 3.50\%$ 质量%

[0057] Mo 是必需元素,其提供必要的耐蚀性并能够进一步改进强度。因此,将 1.80 质量%规定为 Mo 含量的下限。另一方面,过量添加 Mo 损害热加工性并导致成本增加。因此,将 3.50 质量%规定为 Mo 含量的上限。Mo 含量更优选 2.00 质量%至 2.50 质量%。

[0058] (10) $0.0010\% \leq \text{B} \leq 0.0050\%$ 质量%

[0059] B 是有效地改进钢的热加工性的必需元素,因此将 0.0010 质量%规定为 B 含量的下限。另一方面,过量添加 B 形成氮化物 例如 BN 而劣化加工性,因此将 0.0050 质量%规定为 B 含量的上限。B 含量更优选 0.0030 质量%以下。

[0060] (11) $0 \leq 0.010\%$ 质量%

[0061] O 是不可避免的杂质,其形成对冷加工性或疲劳特性等发挥不良影响的有害氧化物。因此,应将 O 含量限定为尽可能的低,并将 0.010 质量%规定为 O 含量的上限。从与生产成本平衡的角度,O 含量更优选 0.007 质量%以下,进一步更优选 0.005 质量%以下。

[0062] (12) $0.45\% \leq \text{N} \leq 0.65\%$ 质量%

[0063] N 为获得非磁性、高强度和良好耐蚀性所需的必需元素,将 0.45 质量%规定为 N 含量的下限。另一方面,过量添加 N 导致 N 吹炼 (blow),因此将 0.65 质量%规定为 N 含量的上限。N 含量更优选 0.50 质量%至 0.60 质量%。

[0064] 根据该实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢可以进一步含有以下选择性元素,也就是说,选自由 Ca、Mg 和 REM 组成的组;选自由 Nb、V、Ta 和 Hf 组成的组;Al;和 W 和 Co 组成的组的至少一种元素。

[0065] (13) 总含量为 0.0001 质量%至 0.0100 质量%的选自由 Ca、Mg 和 REM 组成的组的至少一种元素

[0066] Ca、Mg 和 REM 是选择性元素,和有效地改进钢热加工性的元素。因此,它们可以以 0.0001 质量%以下的总含量添加。然而,过量添加这些元素导致效果的饱和,相反地降低热加工性。因此,将 0.0100 质量%规定为其总含量的上限。其总含量更优选 0.0050 质量%以下。另外,在该实施方案中,REM 意指含有 Ce、La 或其合金的 REM。

[0067] (14) 总含量为 0.1 质量%至 2.0 质量%的选自由 Nb、V、Ta 和 Hf 组成的组的至少一种元素

[0068] Nb、V、Ta 和 Hf 为选择性元素,它们具有形成碳化物或碳氮化物以使钢的晶粒微细化从而增加韧性的效果。因此,将 0.1 质量%规定为 Nb、V、Ta 和 Hf 的总含量的下限。另一方面,过量添加 Nb、V、Ta 和 Hf 导致成本增加,因此将总计 2.0 质量%规定为上限。Nb、V、Ta 和 Hf 的含量更优选 1.0 质量%以下。

[0069] (15) $0.001\% \leq \text{Al} \leq 0.10\%$ 质量%

[0070] Al 是强的脱氧元素,也是根据需要添加以尽可能地减少 O 的选择性元素。对于 Al 含量,将 0.001 质量%规定为下限,在该情况下,其效果能够得到确认。另一方面,过量添加 Al 劣化热加工性,因此将 0.10 质量%规定为 Al 含量的上限。Al 含量更优选 0.050 质量%,进一步更优选 0.010 质量%。

[0071] (16) 总含量为 0.1 质量%至 3.0 质量%的选自 W 和 Co 组成的组的至少一种元素

[0072] W 是选择性元素,具有改进耐蚀性和形成碳化物或碳氮化物以使晶粒微细化从而增加韧性的效果。因此,W 可以以 0.1 质量%至 3.0 质量%的量添加。另一方面,过量添加 W 导致成本增加,因此 W 含量更优选 2.0 质量%以下。

[0073] Co 是选择性元素,并且对于获得奥氏体单相结构以通过固溶强化实现高强度是有效的。因此,Co 可以根据需要添加。然而,过量添加 Co 导致成本的大幅增加,因此将 3.0 质量%规定为 Co 含量的上限。Co 含量更优选 1.5 质量%以下。

[0074] (高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢的组分关系,和其限定原因)

[0075] 根据该实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢满足下式 (1) 至 (4):

[0076] (17) $PI = [Cr] + 3.3 \times [Mo] + 16 \times [N] \geq 30$ 式 (1)

[0077] PI(点蚀指数(Pitting Index))是表示耐蚀性的值,由 [Cr]、[Mo] 和 [N] 定义。越大的值显示越好的耐蚀性,因此将 PI 规定为 30 以上。为了使得可以在苛刻的腐蚀环境下使用钢,式 (1) 的值更优选 33 以上。

[0078] (18) $[Cr]/[C] \geq 330$ 式 (2)

[0079] C 与 Cr 组合以形成碳化物,从而减少在基体中的 Cr 含量,因此导致耐蚀性劣化。出于该原因,等式 (2) 变为能够用作耐蚀性指数的关系式。因此,Cr 含量相对于 C 含量越大,越能够抑制耐蚀性的劣化。因此将式 (2) 的值规定为 330 以上。

[0080] (19) $[Cr]/[Mn] > 1.0$ 式 (3)

[0081] 添加 Cr 和 Mn 以充分固溶 N。然而,Mn 劣化耐蚀性,因此其变得需要与作为用于改进耐蚀性的元素 Cr 平衡。因此,为了通过补偿由于添加 Mn 导致的耐蚀性劣化来充分地维持耐蚀性,将式 (3) 的值规定为大于 1.0。

[0082] (20) $([Ni] + 3 \times [Cu]) / ([Cr] + [Mo]) > 0.25$ 式 (4)

[0083] 添加 Cr 和 Mo 以充分地保证耐蚀性。然而,与其相关的,奥氏体单相的稳定性劣化。因此,为了使奥氏体相稳定,使以预定量含有作为奥氏体形成元素的 Ni 和 Cu,从而抑制奥氏体单相稳定性的劣化。此外,Cr 重量的增加和 Mo 的添加朝着损害非磁性方向起作用,因此通过 Ni 和 Cu 维持非磁性。从这些情况的角度,式 (4) 定义其中 Ni 和 Cu 相对于 Cr 和 Mo 应该满足的定量关系。将式 (4) 的值规定为大于 0.25,但其更优选 0.30 以上。

[0084] 在此方面,关于在本发明的钢中含有的各元素,根据实施方案,其在该钢中存在的最小量为如在表 1 和 2 中汇总的发明钢中使用的最小非零量。根据另外的实施方案,其在该钢中存在的最大量为如在表 1 和 2 中汇总的发明钢中使用的最大量。

[0085] (高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢和使用其的高耐蚀性、高强度和非磁性不锈钢产品的生产方法)

[0086] 根据该实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢通过以下步骤获得:

[0087] (1) 熔融以规定量含有上述规定组分以满足规定关系的钢锭,

[0088] (2) 通过热加工将其加工成适合的形状和尺寸,然后,

[0089] (3) 使其进行固溶处理 (1050℃至 1150℃)。

[0090] 根据该实施方案的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品除上述步骤之外还通过以下步骤获得:

[0091] (4) 进一步将上述不锈钢进行温加工 (warmworking) (300℃至 900℃, 断面收缩率:15%至 40%)。根据需要可以进一步进行切削等。将下限温度规定为 300℃的原因是越低的加工温度有助于越高的强度, 否则劣化延伸 (elongation) 和拉拔 (drawing), 导致难以加工。

[0092] 实施例

[0093] (发明钢和比较钢的制备)

[0094] 将具有表 1 和 2 中示出的各组分组成 (余量由 Fe 和不可避免的杂质组成) 的 50kg 钢锭在高频感应炉中融化, 具有直径 20mm 的棒材通过热锻加工制备, 接着在 1050℃至 1150℃下固溶处理。将上式 (1) 至 (4) 的值一起示于表 2 中。在表 1 和 2 中, “-”意指没有添加相应元素或尽管其不应添加但不可避免含有的相应元素。

[0095]

表 1

组分组成(单位: 质量%)和式(1)至(4)的值

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	B	O	N	Ca, Mg, REM	Nb, V, Ta, Hf	Al	W, Co	PI	Cr/C	Cr/Mn	(Ni+3Cu)/(Cr+Mo)
1	0.03	0.18	16.9	0.002	0.001	0.52	5.0	19.3	1.89	0.0038	0.005	0.48	Ca:0.0009	-	-	W:1.8	31.2	643	1.14	0.31
2	0.02	0.48	16.1	0.018	0.002	0.65	3.6	18.8	1.94	0.0014	0.008	0.52	-	Nb:0.48	0.002	-	33.5	940	1.17	0.27
3	0.04	0.13	18.7	0.028	0.002	0.53	4.5	18.9	2.11	0.0023	0.006	0.54	-	-	-	-	34.5	473	1.01	0.29
4	0.03	0.31	18.9	0.037	0.003	0.55	4.4	19.3	1.96	0.0021	0.004	0.55	-	-	0.002	-	34.6	643	1.02	0.28
5	0.04	0.21	16.1	0.011	0.003	0.62	3.6	18.7	2.05	0.0025	0.007	0.55	-	-	-	-	34.3	468	1.16	0.26
6	0.02	0.49	16.2	0.009	0.004	0.59	4.9	20.1	2.77	0.0013	0.003	0.63	Ca:0.0020	-	-	-	39.3	1005	1.24	0.29
7	0.03	0.25	16.3	0.025	0.002	0.61	3.5	18.8	1.95	0.0021	0.004	0.56	-	-	0.003	-	34.2	627	1.15	0.26
8	0.01	0.12	17.4	0.029	0.008	0.74	5.4	19.8	1.82	0.0028	0.007	0.64	-	V:0.78	-	Co:1.2	36.0	1980	1.14	0.35
9	0.05	0.46	18.8	0.032	0.005	0.60	4.6	18.9	2.00	0.0032	0.008	0.54	Mg:0.0012	-	0.005	-	34.1	378	1.01	0.31
10	0.03	0.28	16.0	0.027	0.003	0.58	3.6	18.5	2.16	0.0048	0.007	0.55	-	-	0.003	-	34.4	617	1.16	0.26
11	0.05	0.29	17.4	0.023	0.003	0.79	3.8	17.6	2.54	0.0019	0.007	0.49	-	Nb:0.35	0.002	Co:0.6	33.8	352	1.01	0.31
12	0.02	0.28	18.3	0.006	0.004	0.58	4.5	17.9	2.33	0.0024	0.005	0.65	Mg:0.0009	Ta:0.52	0.004	-	36.0	895	1.01	0.31
13	0.04	0.29	18.6	0.027	0.002	0.64	4.9	19.2	2.76	0.0022	0.005	0.55	-	-	-	-	37.1	480	1.03	0.31
14	0.03	0.39	18.9	0.029	0.001	0.61	4.5	19.1	1.94	0.0020	0.004	0.54	-	-	0.003	-	34.1	637	1.01	0.30
15	0.04	0.22	18.8	0.020	0.004	0.57	5.0	18.8	2.01	0.0019	0.003	0.57	-	-	0.002	-	34.6	470	1.00	0.32
16	0.05	0.38	17.7	0.017	0.001	0.55	4.6	18.0	1.85	0.0034	0.001	0.63	-	V:0.32	0.001	-	34.2	360	1.02	0.31
17	0.05	0.24	18.5	0.032	0.002	0.52	5.0	19.0	2.84	0.0028	0.004	0.53	-	-	-	-	36.9	380	1.03	0.30
18	0.03	0.29	18.8	0.030	0.001	0.63	4.6	19.2	2.11	0.0031	0.002	0.55	-	-	0.004	W:0.8	35.4	640	1.02	0.30
19	0.04	0.27	18.5	0.028	0.003	0.50	4.4	18.6	2.22	0.0030	0.003	0.54	-	-	0.001	-	34.6	465	1.01	0.28
20	0.02	0.11	16.6	0.025	0.002	0.68	4.1	19.6	2.03	0.0029	0.003	0.51	REM:0.0014	Hf:0.28	0.003	W:2.5	35.7	980	1.18	0.28

发明钢

[0096]

表 2

组分组成(单位: 质量%)和式(1)至(4)的值

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	B	O	N	Ca, Mg, REM	Nb, V, Ta, Hf	Al	W, Co	PI	Cr/C	Cr/Mn	(Ni+3Cu)/(Cr+Mo)
发明钢	21	0.04	0.22	18.9	0.025	0.001	0.62	4.9	19.1	2.94	0.0033	0.006	0.56	-	0.002	-	37.8	478	1.01	0.31
	22	0.04	0.18	16.7	0.033	0.001	0.57	4.3	18.2	1.88	0.0041	0.004	0.49	Mg:0.017	-	-	32.2	455	1.09	0.30
	23	0.03	0.28	16.3	0.029	0.002	0.71	3.6	19.3	1.91	0.0025	0.005	0.54	-	0.001	-	34.2	643	1.18	0.27
	24	0.04	0.18	16.3	0.014	0.002	0.74	3.5	18.8	1.83	0.0016	0.006	0.55	-	-	-	33.6	470	1.15	0.28
	25	0.01	0.47	16.9	0.027	0.003	0.61	5.5	19.1	2.32	0.0023	0.005	0.52	-	0.002	-	35.1	1910	1.13	0.34
	26	0.04	0.30	17.7	0.032	0.001	0.58	3.9	17.8	2.10	0.0026	0.003	0.47	REM:0.0019	-	-	32.3	445	1.01	0.28
比较钢	1	0.09	0.33	14.8	0.023	0.003	0.32	3.0	19.4	0.02	-	0.013	0.54	-	-	-	28.1	216	1.31	0.20
	2	0.05	0.43	1.5	0.019	0.004	0.26	8.5	18.2	0.23	-	0.009	0.04	-	-	-	19.6	364	12.13	0.50
	3	0.07	0.29	1.2	0.027	0.002	0.23	12.1	18.3	0.03	-	0.008	0.03	-	-	-	18.9	261	15.25	0.70
	4	0.05	0.33	21.0	0.031	0.003	0.23	4.1	16.8	0.43	-	0.007	0.46	-	-	-	25.6	336	0.80	0.28
	5	0.03	0.29	19.8	0.022	0.002	0.54	3.7	17.2	1.22	-	0.009	0.48	-	-	-	28.9	573	0.87	0.29
	6	0.04	0.32	16.2	0.028	0.004	0.11	3.6	18.4	2.41	-	0.006	0.51	-	-	-	34.5	460	1.14	0.19
	7	0.03	0.43	17.2	0.021	0.003	0.32	5.2	19.2	1.45	-	0.004	0.49	-	-	-	31.8	640	1.12	0.30
	8	0.04	0.32	16.3	0.026	0.002	0.25	3.9	17.3	0.90	-	0.006	0.55	-	-	-	29.1	433	1.06	0.26
	9	0.05	0.51	18.9	0.034	0.004	0.19	4.8	18.1	1.11	-	0.005	0.50	-	-	-	29.8	362	0.96	0.28
	10	0.03	0.29	16.8	0.039	0.003	0.34	3.4	16.3	0.33	-	0.003	0.58	-	-	-	26.7	543	0.97	0.27

[0097] 其后,在表 3 和 4 中示出的温度条件和断面收缩率下进行温加工,从而制备试验材料(加工材料)。将试验材料加工成各种试验样品。

[0098] 通过由各试验材料制备 JIS 4 号试验样品,并根据 JIS Z 2241 测量当将拉伸负载施加至样品前端 (leading edge) 时的断裂应力来确定拉伸强度、0.2% 屈服强度和伸长率 (elongation) (%)。

[0099] 通过采用外部磁场为 2,0000e,根据 VSM 法进行磁导率测量来测定磁导率。

[0100] 通过 6%氯化铁试验 (JIS G 0578) 和 10%草酸蚀刻试验 (JIS G0571) 评价耐蚀性。

[0101] 其试验结果一起示于表 3 和 4 中。

[0102]

表 3

试验结果 1

	加工方法	拉伸强度 (MPa)	0.2%屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	磁导率	氯化铁腐蚀 ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	10%草酸蚀刻
发 明 钢	1 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1151	1053	41	1.004	0.14	台阶
	2 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1250	1148	39	1.003	0.29	台阶
	3 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1294	1179	38	1.002	0.25	台阶
	4 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1321	1217	38	1.004	0.26	台阶
	5 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1304	1201	38	1.006	0.29	台阶
	6 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1512	1386	32	1.002	0.31	台阶
	7 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1344	1232	37	1.007	0.29	台阶
	8 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1536	1408	30	1.008	0.28	台阶
	9 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1295	1191	38	1.003	0.25	台阶
	10 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1318	1211	37	1.002	0.29	台阶
	11 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1176	1078	41	1.004	0.25	台阶
	12 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1560	1430	30	1.006	0.24	台阶
	13 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1331	1217	38	1.003	0.26	台阶
	14 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1298	1190	37	1.004	0.25	台阶
	15 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1368	1254	36	1.006	0.25	台阶
	16 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1523	1389	31	1.003	0.25	台阶
	17 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1272	1166	38	1.002	0.26	台阶
	18 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1322	1211	37	1.007	0.26	台阶
	19 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1296	1188	38	1.003	0.25	台阶
	20 300°C 温加工-断面收缩率 30%	1224	1122	40	1.007	0.30	台阶

[0103]

表 3 (续)

试验结果1 (续)

		加工方法	拉伸强度 (MPa)	0.2%屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	磁导率	氯化铁腐蚀 (g/m ² ·h)	10%草酸蚀刻
发明钢	21	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1348	1236	36	1.007	0.25	台阶
	22	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1176	1078	43	1.002	0.27	台阶
	23	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1299	1182	39	1.002	0.30	台阶
	24	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1320	1210	36	1.005	0.29	台阶
	25	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1248	1144	38	1.002	0.28	台阶
	26	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1128	1034	39	1.002	0.25	台阶
	1	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1345	1233	35	1.015	1.3	台阶
比较钢	2	300°C 温加工-断面收缩率 30%	877	768	51	1.135	15.0	台阶
	3	300°C 温加工-断面收缩率 30%	943	892	49	1.007	1.5	台阶
	4	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1175	1087	41	1.004	4.3	台阶
	5	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1189	1101	40	1.005	3.9	台阶
	6	300°C 温加工-断面收缩率 30%	1204	1108	39	1.022	2.1	台阶
	7	加工温度250°C-断面收缩率 30%	1401	1345	17	1.018	0.4	台阶
	8	加工温度950°C-断面收缩率 30%	1189	1008	41	1.027	1.4	槽 (ditch)
	9	加工温度300°C-断面收缩率 10%	1064	971	43	1.035	0.5	台阶
	10	加工温度300°C-断面收缩率 50%	1389	1312	19	1.048	4.1	槽

[0104]

表 4

试验结果 2

		加工方法	拉伸强度 (MPa)	0.2%屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	磁导率	氯化铁腐蚀 (g/m ² ·h)	10%草酸蚀刻
发明钢	1	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1085	982	43	1.003	0.35	台阶
	2	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1175	1059	41	1.008	0.32	台阶
	3	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1213	1097	38	1.007	0.31	台阶
	4	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1245	1120	39	1.002	0.30	台阶
	5	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1235	1117	39	1.002	0.30	台阶
	6	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1421	1287	36	1.003	0.26	台阶
	7	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1263	1144	39	1.002	0.30	台阶
	8	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1443	1307	35	1.002	0.26	台阶
	9	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1222	1109	40	1.007	0.31	台阶
	10	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1242	1121	38	1.002	0.30	台阶
	11	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1105	1001	43	1.004	0.34	台阶
	12	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1466	1328	35	1.003	0.26	台阶
	13	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1247	1128	40	1.004	0.30	台阶
	14	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1214	1099	40	1.003	0.31	台阶
	15	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1286	1164	39	1.002	0.29	台阶
	16	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1422	1290	36	1.004	0.26	台阶
	17	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1195	1083	40	1.003	0.31	台阶
	18	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1250	1129	39	1.004	0.30	台阶
	19	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1218	1103	41	1.002	0.31	台阶
	20	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1150	1042	43	1.007	0.33	台阶

[0105]

表 4 (续)

试验结果 2 (续)

		加工方法	拉伸强度 (MPa)	0.2%屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	磁导率	氯化铁腐蚀 (g/m ² ·h)	10%草酸蚀刻
发明钢	21	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1260	1143	38	1.002	0.30	台阶
	22	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1105	1001	43	1.003	0.34	台阶
	23	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1210	1101	40	1.004	0.31	台阶
	24	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1240	1123	39	1.002	0.30	台阶
	25	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1173	1062	42	1.007	0.32	台阶
	26	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1060	970	45	1.002	0.35	台阶
	1	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1243	1147	38	1.017	2.40	槽
比较钢	2	900°C 温加工-断面收缩率 30%	775	682	62	1.018	18.9	槽
	3	900°C 温加工-断面收缩率 30%	841	806	50	1.005	2.3	槽
	4	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1017	962	48	1.003	5.8	槽
	5	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1043	977	46	1.004	4.1	台阶
	6	900°C 温加工-断面收缩率 30%	1023	982	47	1.014	2.8	台阶
	7							
	8							
	9							
	10							

[0106] (评价)

[0107] 发明钢 1 至 26 满足所需的强度 (拉伸强度 $\geq 1050\text{MPa}$, 0.2% 屈服强度 $\geq 968\text{MPa}$)、

加工性（伸长率 ≥ 25 ）、非磁性（磁导率 ≤ 1.010 ）和耐蚀性（氯化铁腐蚀 < 0.5 ，10%草酸蚀刻：台阶（step））的全部特性。发明钢 1 至 26 含有预定量的在表 1 和 2 中规定的组分，并满足在表 1 和表 2 中规定的式（1）至（4）。因此，可以想到能够同时实现耐蚀性、强度和非磁性。

[0108] 因此，以下是显而易见的：发明钢 1 至 26 阻挡油井挖掘时的地磁影响，不仅能够应用于覆盖宽范围区域的油井挖掘产品，而且还适合作为各种部件（各种弹簧产品、VTR 导销和电机轴）用的原料。

[0109] 另一方面，比较钢 1 至 10 不满足所需的强度（拉伸强度 $\geq 1050\text{MPa}$ ，0.2%屈服强度 $\geq 968\text{MPa}$ ）、加工性（伸长率 ≥ 25 ）、非磁性（磁导率 ≤ 1.010 ）和耐蚀性（氯化铁腐蚀 < 0.5 ，10%草酸蚀刻：台阶（step））中的任意一种特性。对于此的原因认为是比较钢 1 至 10 不含有预定量的在表 2 中规定的组分，或者不满足式（1）至（4）的任意之一。

[0110] 例如，比较钢 1 因为它小的 Mo 含量而不满足式 1，此外还因为它过量的 C 含量而不满足式 2。因此认为即使当 Mn 含量小时耐蚀性也受到损害。另外，虽然比较钢 1 不满足式 4，但其满足所需的磁导率的特性。

[0111] 比较钢 2 含有预定量的用于保证耐蚀性所必需的 Cr，但因为它小的 Mo 和 N 含量而不满足式 1。因此认为耐蚀性受到损害。此外，认为比较钢 2 的高磁导率是由于小的 N 含量导致的。

[0112] 比较钢 3 含有预定量的用于保证耐蚀性所必需的 Cr，但因为它小的 Mo 和 N 含量而不满足式 1，而且因为它过量的 C 含量而不满足式 2。因此认为耐蚀性受到损害。

[0113] 比较钢 4 和 5 因为它们过度小的 Mo 含量、过量的 Mn 含量和相当小的 Cr 含量而不满足式（1）和（3）。因此认为耐蚀性受到损害。

[0114] 比较钢 6 因为它过度小的 Cu 含量而不满足式（4）。因此认为耐蚀性受到损害。

[0115] 虽然 Cu、Ni 和 Mo 含量在预定范围之外，但比较钢 7 满足式（1）至（4），并满足所需的高耐蚀性、非磁性和高强度的特性。然而，显示比较钢 7 的伸长率降低，从而导致加工困难，所述比较钢 7 由于它低的加工温度而不适于实际生产。

[0116] 比较钢 8 因为它过度小的 Cu 和 Mo 含量而不满足式（1）。因此认为耐蚀性受到损害。此外，在比较钢 8 中，将加工温度增加至 950°C 。然而，证实加工温度的升高对于强度增加不是非常有效的。

[0117] 比较钢 9 和 10 因为它过度小的 Mo 含量而不满足式（1），不满足与组分平衡相关的式（3），以及 Cu 含量过度小。因此认为耐蚀性受到损害。此外，它们两者的磁导率都高。另外，在比较钢 9 中，尽管加工温度低，但断面收缩率低至 10%。因此可以想到由于高的伸长率和加工硬化不会发生加工性的劣化。另一方面，在比较钢 10 中，加工温度低，此外，断面收缩率高至 50%。因此，显示比较钢 10 的强度由于加工硬化而增加，但伸长率降低，从而导致加工困难，其不适于实际生产。

[0118] 虽然以上描述了本发明的实施方案，但是不应将本发明解释为受限于上述实施方案，基于本领域熟练技术人员的一般知识的全部改进是可行的而没有脱离本发明的精神。这种改进应解释为包括在本发明的范围内。

[0119] 根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢，高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢产品及其生产方法具有预定的组分组成，并调整所述组分的预定相互关系。因此，对于钢产

品的制造商,其工业使用价值高。期望将根据本发明的高耐蚀、高强度和非磁性不锈钢应用于油井挖掘产品和钢产品例如弹簧、轴、螺栓和螺杆产品。

[0120] 本申请基于 2009 年 4 月 27 日提交的日本申请 2009-108189、2009 年 5 月 22 日提交的日本申请 2009-123661 和 2010 年 1 月 27 日提交的日本申请 2010-015591,将其全部内容引入以作参考。