



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 110366603 B

(45) 授权公告日 2021.12.10

(21) 申请号 201880014517.2

(22) 申请日 2018.02.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110366603 A

(43) 申请公布日 2019.10.22

(30) 优先权数据
2017-047263 2017.03.13 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.08.28

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/003685 2018.02.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/168248 JA 2018.09.20

(73) 专利权人 杰富意钢铁株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 高山直树 寺泽祐介 村上善明
长谷和邦 竹村悠作 室田康宏

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 苗堃 金世煜

(51) Int.Cl.
C22C 38/00 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 105940133 A, 2016.09.14
CN 101680071 A, 2010.03.24
KR 20120071614 A, 2012.07.03

审查员 韩强

权利要求书2页 说明书13页

(54) 发明名称

耐磨损钢板和耐磨损钢板的制造方法

(57) 摘要

本发明提供即便板厚为50mm以上也具有直达板厚中心的高硬度且能够以低成本制造的耐磨损钢板。该耐磨损钢板具有由特定的成分构成且由下述(1)定义的DI*值为120以上的成分组成,距表面1mm的深度处的布氏硬度 HB_1 为360~490HBW 10/3000,以板厚中心位置的布氏硬度 $HB_{1/2}$ 与上述 HB_1 的比来定义的硬度比为75%以上,板厚为50mm以上。 $DI^*=33.85 \times (0.1 \times C)^{0.5} \times (0.7 \times Si+1) \times (3.33 \times Mn+1) \times (0.35 \times Cu+1) \times (0.36 \times Ni+1) \times (2.16 \times Cr+1) \times (3 \times Mo+1) \times (1.75 \times V+1) \times (1.5 \times W+1) \cdots (1)$ 。

1. 一种耐磨损钢板, 具有以下的成分组成: 以质量%计含有C:0.23~0.34%、Si:0.05~1.00%、Mn:0.30~2.00%、P:0.020%以下、S:0.020%以下、Al:0.04%以下、Cr:0.05~2.00%、N:0.0050%以下和O:0.0050%以下, 剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成, 并且,

由下述(1)定义的DI*的值为120以上,

距表面1mm的深度处的组织以面积百分比计含有95%以上的回火马氏体,

距表面1mm的深度处的布氏硬度HB₁为360~490HBW 10/3000,

以板厚中心位置的布氏硬度HB_{1/2}与所述HB₁的比来定义的硬度比为75%以上,

板厚为50mm以上,

$$DI^* = 33.85 \times (0.1 \times C)^{0.5} \times (0.7 \times Si + 1) \times (3.33 \times Mn + 1) \times (0.35 \times Cu + 1) \times (0.36 \times Ni + 1) \times (2.16 \times Cr + 1) \times (3 \times Mo + 1) \times (1.75 \times V + 1) \times (1.5 \times W + 1) \cdots (1)$$

其中, 所述式(1)中的元素符号为以质量%表示的各元素的含量, 不含有的元素的含量为0。

2. 根据权利要求1所述的耐磨损钢板, 其中, 所述成分组成以质量%计, 进一步含有选自作为任意元素的以下的A组~C组中的1种以上,

A组: 选自Cu:0.01~2.00%、Ni:0.01~2.00%、Mo:0.01~1.00%、V:0.01~1.00%、W:0.01~1.00%和Co:0.01~1.00%中的1种或2种以上;

B组: 选自Nb:0.005~0.050%、Ti:0.005~0.050%和B:0.0001~0.0100%中的1种或2种以上;

C组: 选自Ca:0.0005~0.0050%、Mg:0.0005~0.0050%和REM:0.0005~0.0080%中的1种或2种以上。

3. 一种耐磨损钢板的制造方法, 将具有下述组成的钢坯材加热至加热温度,

对所述已加热的钢坯材进行热轧而制成板厚50mm以上的热轧钢板,

在从淬火开始到淬火停止期间的平均冷却速度为20℃/s以上且冷却停止温度为由下述式(5)定义的Mf点以下的条件下, 对所述热轧钢板实施淬火开始温度为由下述式(3)定义的Ar₃相变点以上且950℃以下的直接淬火、或者淬火开始温度为由下述式(4)定义的Ac₃相变点以上且950℃以下的再加热淬火中的任一种淬火,

在由下述式(2)定义的P值为 $1.20 \times 10^4 \sim 1.80 \times 10^4$ 的条件下对所述淬火后的热轧钢板实施回火,

$$P = (T + 273) \times (21.3 - 5.8 \times C + \log(60 \times t)) \cdots (2)$$

其中, 所述式(2)中的C表示钢板中的C含量, 单位为质量%, T表示回火温度, 单位为℃, t表示所述回火中的保持时间, 单位为分钟,

$$Ar_3(^\circ C) = 910 - 273 \times C - 74 \times Mn - 57 \times Ni - 16 \times Cr - 9 \times Mo - 5 \times Cu \cdots (3)$$

其中, 所述式(3)中的各元素符号为以质量%表示的各元素的含量, 不含有的元素的含量为0,

$$Ac_3(^\circ C) = 912.0 - 230.5 \times C + 31.6 \times Si - 20.4 \times Mn - 39.8 \times Cu - 18.1 \times Ni - 14.8 \times Cr + 16.8 \times Mo \cdots (4)$$

其中, 所述式(4)中的各元素符号为以质量%表示的各元素的含量, 不含有的元素的含量为0,

$$Mf(^\circ C) = 410.5 - 407.3 \times C - 7.3 \times Si - 37.8 \times Mn - 20.5 \times Cu - 19.5 \times Ni - 19.8 \times$$

$\text{Cr}-4.5\times\text{Mo}\cdots(5)$

其中,所述式(5)中的元素符号为以质量%表示的各元素的含量,不含有的元素的含量为0,

所述成分组成以质量%计含有C:0.23~0.34%、Si:0.05~1.00%、Mn:0.30~2.00%、P:0.020%以下、S:0.020%以下、Al:0.04%以下、Cr:0.05~2.00%、N:0.0050%以下和O:0.0050%以下,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成。

4.根据权利要求3所述的耐磨损钢板的制造方法,其中,所述成分组成以质量%计,进一步含有选自作为任意元素的以下的A组~C组中的1种以上,

A组:选自Cu:0.01~2.00%、Ni:0.01~2.00%、Mo:0.01~1.00%、V:0.01~1.00%、W:0.01~1.00%和Co:0.01~1.00%中的1种或2种以上;

B组:选自Nb:0.005~0.050%、Ti:0.005~0.050%和B:0.0001~0.0100%中的1种或2种以上;

C组:选自Ca:0.0005~0.0050%、Mg:0.0005~0.0050%和REM:0.0005~0.0080%中的1种或2种以上。

耐磨损钢板和耐磨损钢板的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及耐磨损钢板(abrasion-resistant steel plate),特别是尽管为厚壁也具有直达板厚中心的高硬度且能够以低成本制造的耐磨损钢板。本发明的耐磨损钢板可适当地用作建筑、土木和矿山等的挖掘等领域中使用的工业机械、运输设备的部件。另外,本发明涉及上述耐磨损钢板的制造方法。

背景技术

[0002] 已知钢的耐磨损性能够通过增大硬度而提高。因此,对添加了大量Mn、Cr、Mo等合金元素的合金钢实施淬火等热处理而得到的高硬度钢被广泛用作耐磨损钢。

[0003] 例如,在专利文献1、2中,提出了表层部的硬度以布氏硬度(HB)计为360~490的耐磨损钢板。上述耐磨损钢板通过添加规定量的合金元素并且进行淬火而制成马氏体主体的组织,从而实现了高的表面硬度。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特许第4645306号公报

[0007] 专利文献2:日本特许第4735191号公报

发明内容

[0008] 在耐磨损钢板的一部分使用环境中,板厚为几十mm的这样厚壁钢板以磨损至板厚中心附近这样的使用方式应用。因此,为了延长钢板的使用寿命,重要的是不仅要确保钢板的表层硬度,还要确保直达板厚中心部的高硬度。

[0009] 但是,对于专利文献1、2中记载的耐磨损钢板而言,没有考虑到板厚较厚的情况下的板厚中心位置的硬度。而且,为了确保板厚中心的硬度,需要添加大量的合金元素,因此存在成本上升的问题。

[0010] 本发明是鉴于上述事情而进行的,其目的在于提供尽管板厚为50mm以上也具有直达板厚中心的高硬度且能够以低成本制造的耐磨损钢板。另外,本发明的目的在于提供上述耐磨损钢板的制造方法。

[0011] 本发明人等为了实现上述目的,对影响耐磨损钢板的板厚中心位置的硬度的各种要素进行了深入研究。其结果,发现通过在对碳含量高的钢板进行了常规的淬火处理后以特定的条件实施回火,能够制造即便碳以外的合金元素的含量少也具有直达板厚中央部的高硬度的耐磨损钢板。

[0012] 本发明是基于以上的观点进一步研究而完成的。即,本发明的主旨如下。

[0013] 1.一种耐磨损钢板,具有以下的成分组成:以质量%计含有C:0.23~0.34%、Si:0.05~1.00%、Mn:0.30~2.00%、P:0.020%以下、S:0.020%以下、Al:0.04%以下、Cr:0.05~2.00%、N:0.0050%以下和O:0.0050%以下,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,并且,

[0014] 由下述(1)定义的DI*的值为120以上,

[0015] 距表面1mm的深度处的布氏硬度 HB_1 为360~490HBW 10/3000,

[0016] 以板厚中心位置的布氏硬度 $HB_{1/2}$ 与上述 HB_1 的比来定义的硬度比为75%以上,

[0017] 板厚为50mm以上。

[0018] $DI^* = 33.85 \times (0.1 \times C)^{0.5} \times (0.7 \times Si + 1) \times (3.33 \times Mn + 1) \times (0.35 \times Cu + 1) \times (0.36 \times Ni + 1) \times (2.16 \times Cr + 1) \times (3 \times Mo + 1) \times (1.75 \times V + 1) \times (1.5 \times W + 1) \cdots (1)$

[0019] (其中,上述式(1)中的元素符号为以质量%表示的各元素的含量,不含有的元素的含量为0)

[0020] 2.根据上述1所述的耐磨损钢板,其中,上述成分组成以质量%计,进一步含有选自Cu:0.01~2.00%、Ni:0.01~2.00%、Mo:0.01~1.00%、V:0.01~1.00%、W:0.01~1.00%和Co:0.01~1.00%中的1种或2种以上。

[0021] 3.根据上述1或2所述的耐磨损钢板,其中,上述成分组成以质量%计,进一步含有选自Nb:0.005~0.050%、Ti:0.005~0.050%和B:0.0001~0.0100%中的1种或2种以上。

[0022] 4.根据上述1~3中任一项所述的耐磨损钢板,其中,上述成分组成以质量%计,进一步含有选自Ca:0.0005~0.0050%、Mg:0.0005~0.0050%和REM:0.0005~0.0080%中的1种或2种以上。

[0023] 5.一种耐磨损钢板的制造方法,将具有下述成分组成的钢坯材加热至加热温度,

[0024] 对上述已加热的钢坯材进行热轧而制成板厚50mm以上的热轧钢板,

[0025] 对上述热轧钢板实施淬火开始温度为 Ar_3 相变点以上的直接淬火、或者淬火开始温度为 Ac_3 相变点以上的再加热淬火中的任一种淬火,

[0026] 在由下述式(2)定义的P值为 $1.20 \times 10^4 \sim 1.80 \times 10^4$ 的条件下对上述淬火后的热轧钢板实施回火。

[0027] $P = (T + 273) \times (21.3 - 5.8 \times C + \log(60 \times t)) \cdots (2)$

[0028] (其中,上述式(2)中的C表示钢板中的C含量(质量%),T表示回火温度(°C),t表示上述回火中的保持时间(分钟)),

[0029] 上述成分组成以质量%计含有C:0.23~0.34%、Si:0.05~1.00%、Mn:0.30~2.00%、P:0.020%以下、S:0.020%以下、Al:0.04%以下、Cr:0.05~2.00%、N:0.0050%以下和O:0.0050%以下,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,

[0030] 6.根据上述5所述的耐磨损钢板的制造方法,其中,上述成分组成以质量%计,进一步含有选自Cu:0.01~2.00%、Ni:0.01~2.00%、Mo:0.01~1.00%、V:0.01~1.00%、W:0.01~1.00%和Co:0.01~1.00%中的1种或2种以上。

[0031] 7.根据上述5或6所述的耐磨损钢板的制造方法,其中,上述成分组成以质量%计,进一步含有选自Nb:0.005~0.050%、Ti:0.005~0.050%和B:0.0001~0.0100%中的1种或2种以上。

[0032] 8.根据上述5~7中任一项所述的耐磨损钢板的制造方法,其中,上述成分组成以质量%计,进一步含有选自Ca:0.0005~0.0050%、Mg:0.0005~0.0050%和REM:0.0005~0.0080%中的1种或2种以上。

[0033] 根据本发明,能够得到即便尽管为50mm以上也具有直达板厚中心的高硬度且低成本的耐磨损钢板。

具体实施方式

[0034] [成分组成]

[0035] 接下来,对实施本发明的方法进行具体说明。本发明中,重要的是耐磨损钢板及其制造中使用的钢坯材具有上述成分组成。因此,首先对本发明中如上那样限定钢的成分组成的理由进行说明。应予说明,只要没有特别说明,成分组成涉及的“%”就是指“质量%”。

[0036] C:0.23~0.34%

[0037] C是具有增加表层和板厚中心位置的硬度、提高耐磨损性的作用的元素。为了得到上述效果,使C含量为0.23%以上。从进一步减少其它的合金元素的必要量、以更低成本制造这样的观点考虑,优选使C含量为0.25%以上。另一方面,如果C含量超过0.34%,则淬火热处理时的表层的硬度过度上升,所以在回火热处理时所需要的加热温度上升,热处理耗费的成本增加。因此,使C含量为0.34%以下。另外,从进一步降低回火所需的温度这样的观点考虑,优选使C含量为0.32%以下。

[0038] Si:0.05~1.00%

[0039] Si是作为脱氧剂发挥作用的元素。另外, Si具有在钢中固溶,通过固溶强化使基体相(matrix)的硬度提高的作用。为了得到这些效果,使Si含量为0.05%以上。优选使Si含量为0.10%以上,更优选为0.20%以上。另一方面,如果Si含量超过1.00%,则产生延展性和韧性下降并且夹杂物量增加之类的问题。因此,使Si含量为1.00%以下。优选使Si含量为0.80%以下,更优选为0.60%以下,进一步优选为0.40%以下。

[0040] Mn:0.30~2.00%

[0041] Mn是具有增加表层和板厚中心位置的硬度、提高耐磨损性的作用的元素。为了得到上述效果,使Mn含量为0.30%以上。优选使Mn含量为0.70%以上,更优选为0.90%以上。另一方面,如果Mn含量超过2.00%,则焊接性和韧性下降并且合金成本过度上升。因此,使Mn含量为2.00%以下。优选使Mn含量为1.80%以下,更优选为1.60%以下。

[0042] P:0.020%以下

[0043] P作为不可避免的杂质含有的元素,因晶界偏析而产生使母材和焊接部的韧性下降等不良影响。因此,希望尽量降低P含量,只要为0.020%以下即可允许。因此,使P含量为0.020%以下。另一方面,P含量的下限没有特别限定,可以为0%,通常,由于P是作为杂质在钢中不可避免地含有的元素,所以工业上可以大于0%。另外,过度的减少会导致精炼成本的高涨,因此优选使P含量为0.001%以上。

[0044] S:0.020%以下

[0045] S是作为不可避免的杂质含有的元素,以MnS等硫化物系夹杂物的形式存在于钢中,带来成为发生破坏的起点等不良影响。因此,希望尽量降低S含量,只要为0.020%以下即可允许。因此,使S含量为0.020%以下。另一方面,S含量的下限没有特别限定,可以为0%,通常,由于S是作为杂质在钢中不可避免地含有的元素,所以工业上可以大于0%。另外,过度的减少会导致精炼成本的高涨,因此优选使S含量为0.0005%以上。

[0046] Al:0.04%以下

[0047] Al是作为脱氧剂发挥作用并且具有使晶粒微细化的作用的元素。但是,如果Al含量超过0.04%,则氧化物系夹杂物增加而清洁度下降。因此,使Al含量为0.04%以下。优选使Al含量为0.03%以下,更优选为0.02%以下。另一方面,Al含量的下限没有特别限定,从

进一步提高Al的添加效果这样的观点考虑,优选使Al含量为0.01%以上。

[0048] Cr:0.05~2.00%

[0049] Cr是具有增加表层和板厚中心位置的硬度、提高耐磨损性的作用的元素。为了得到上述效果,使Cr含量为0.05%以上。优选使Cr含量为0.20%以上,更优选为0.25%以上。另一方面,如果Cr含量超过2.00%,则焊接性下降。因此,使Cr含量为2.00%以下。优选使Cr含量为1.85%以下,更优选为1.80%以下。

[0050] N:0.0050%以下

[0051] N是作为不可避免的杂质含有的元素,可允许含有0.0050%以下。因此,N含量为0.0050%以下,优选为0.0040%以下。另一方面,N含量的下限没有特别限定,可以为0%,通常,由于N是作为杂质在钢中不可避免地含有的元素,所以在工业上可以大于0%。

[0052] O:0.0050%以下

[0053] O是作为不可避免的杂质含有的元素,可允许含有0.0050%以下。因此,O含量为0.0050%以下,优选为0.0040%以下。另一方面,O含量的下限没有特别限定,可以为0%,通常,由于O是作为杂质在钢中不可避免地含有的元素,所以在工业上可以大于0%。

[0054] 本发明的一个实施方式中的耐磨损钢板和钢坯材由以上的成分以及剩余部分的Fe和不可避免的杂质构成。

[0055] 以上为本发明中的基本的成分组成,但为了进一步提高淬透性,可以进一步任意地含有选自Cu:0.01~2.00%、Ni:0.01~2.00%、Mo:0.01~1.00%、V:0.01~1.00%、W:0.01~1.00%和Co:0.01~1.00%中的1种或2种以上。

[0056] Cu:0.01~2.00%

[0057] Cu是具有提高淬透性的作用的元素,为了进一步提高钢板内部的硬度,可以任意添加。添加Cu时,为了得到上述效果,使Cu含量为0.01%以上。另一方面,如果Cu含量超过2.00%,则导致焊接性的劣化、合金成本的上升。因此,添加Cu时,使Cu含量为2.00%以下。

[0058] Ni:0.01~2.00%

[0059] Ni与Cu同样是具有提高淬透性的作用的元素,为了进一步提高钢板内部的硬度,可以任意添加。添加Ni时,为了得到上述效果,使Ni含量为0.01%以上。另一方面,如果Ni含量超过2.00%,则导致焊接性的劣化、合金成本的上升。因此,添加Ni时,使Ni含量为2.00%以下。

[0060] Mo:0.01~1.00%

[0061] Mo与Cu同样是具有提高淬透性的作用的元素,为了进一步提高钢板内部的硬度,可以任意添加。添加Mo时,为了得到上述效果,使Mo含量为0.01%以上。另一方面,如果Mo含量超过1.00%,则导致焊接性的劣化、合金成本的上升。因此,添加Mo时,使Mo含量为1.00%以下。

[0062] V:0.01~1.00%

[0063] V与Cu同样是具有提高淬透性的作用的元素,为了进一步提高钢板内部的硬度,可以任意添加。添加V时,为了得到上述效果,使V含量为0.01%以上。另一方面,如果V含量超过1.00%,则导致焊接性的劣化、合金成本的上升。因此,添加V时,使V含量为1.00%以下。

[0064] W:0.01~1.00%

[0065] W与Cu同样是具有提高淬透性的作用的元素,为了进一步提高钢板内部的硬度,可

以任意添加。添加W时,为了得到上述效果,使W含量为0.01%以上。另一方面,如果W含量超过1.00%,则导致焊接性的劣化、合金成本的上升。因此,添加W时,使W含量为1.00%以下。

[0066] Co:0.01~1.00%

[0067] Co与Cu同样是具有提高淬透性的作用的元素,为了进一步提高钢板内部的硬度,可以任意添加。添加W时,为了得到上述效果,使Co含量为0.01%以上。另一方面,如果Co含量超过1.00%,则导致焊接性的劣化、合金成本的上升。因此,添加Co时,使Co含量为1.00%以下。

[0068] 另外,在本发明的其它实施方式中,上述成分组成可以进一步任意含有选自Nb:0.005~0.050%、Ti:0.005~0.050%和B:0.0001~0.0100%中的1种或2种以上。

[0069] Nb:0.005~0.050%

[0070] Nb是进一步增加基体相的硬度、有助于提高耐磨损性的元素。添加Nb时,为了得到上述效果,使Nb含量为0.005%以上。Nb含量优选为0.007%以上。另一方面,如果Nb含量超过0.050%,则NbC大量析出,加工性下降。因此,添加Nb时,使Nb含量为0.050%以下。Nb含量优选为0.040%以下,更优选为0.030%以下。

[0071] Ti:0.005~0.050%

[0072] Ti是氮化物形成趋势强、具有固定N而减少固溶N的作用的元素。因此,通过添加Ti,可以进一步提高母材和焊接部的韧性。另外,添加Ti和B这两者时,通过由Ti固定N,可抑制BN的析出,其结果,增强B的淬透性提高效果。为了得到这些效果,添加Ti时,使Ti含量为0.005%以上。Ti含量优选为0.012%以上。另一方面,如果Ti含量超过0.050%,则TiC大量析出,加工性下降。因此,含有Ti时,使Ti含量为0.050%。Ti含量优选为0.040%以下,更优选为0.030%以下。

[0073] B:0.0001~0.0100%

[0074] B是具有微量的添加也可显著提高淬透性的作用的元素。因此,通过添加B,能够助长马氏体的形成,进一步提高耐磨损性。为了得到上述效果,添加B时,使B含量为0.0001%以上。B含量优选为0.0005%以上,更优选为0.0010%以上。另一方面,如果B含量超过0.0100%,则焊接性下降。因此,添加B时,使B含量为0.0100%以下。B含量优选为0.0050%以下,更优选为0.0030%以下。

[0075] 另外,在本发明的其它实施方式中,上述成分组成可以进一步任意含有选自Ca:0.0005~0.0050%、Mg:0.0005~0.0050%和REM:0.0005~0.0080%中的1种或2种以上。

[0076] Ca:0.0005~0.0050%

[0077] Ca是具有与S结合而抑制在轧制方向延伸较长的MnS等的形成的作用的元素。因此,通过添加Ca,能够以使硫化物系夹杂物呈现球状的方式进行形态控制,进一步提高焊接部等的韧性。为了得到上述效果,添加Ca时,使Ca含量为0.0005%以上。另一方面,如果Ca含量超过0.0050%,则钢的清洁度下降。清洁度的下降导致由表面瑕疵的增加引起的表面性状劣化以及弯曲加工性的下降,因此添加Ca时,使Ca含量为0.0050%以下。

[0078] Mg:0.0005~0.0050%

[0079] Mg与Ca同样具有与S结合而抑制在轧制方向延伸较长的MnS等的形成的作用的元素。因此,通过添加Mg,能够以使硫化物系夹杂物呈现球状的方式进行形态控制,进一步提高焊接部等的韧性。为了得到上述效果,添加Mg时,使Mg含量为0.0005%以上。另一方面,

如果Mg含量超过0.0050%，则钢的清洁度下降。清洁度的下降导致由表面瑕疵的增加引起的表面性状劣化以及弯曲加工性的下降，因此添加Mg时，使Mg含量为0.0050%以下。

[0080] REM:0.0005~0.0080%

[0081] REM(稀土金属)与Ca、Mg同样是具有与S结合而抑制在轧制方向延伸较长的MnS等的形成的作用的元素。因此，通过添加REM，能够以使硫化物系夹杂物呈现球状的方式进行形态控制，进一步提高焊接部等的韧性。为了得到上述效果，添加REM时，使REM含量为0.0005%以上。另一方面，如果REM含量超过0.0080%，则钢的清洁度下降。清洁度的下降导致由表面瑕疵的增加引起的表面性状劣化以及弯曲加工性的下降，因此REM时，使REM含量为0.0080%以下。

[0082] 换言之，本发明中的耐磨损钢板及其制造中使用的钢坯材可以具有以下的成分组成。

[0083] 以质量%计，C:0.23~0.34%、Si:0.05~1.00%、Mn:0.30~2.00%、P:0.020%以下、S:0.020%以下、Al:0.04%以下、Cr:0.05~2.00%、N:0.0050%以下、O:0.0050%以下，

[0084] 任意地选自Cu:0.01~2.00%、Ni:0.01~2.00%、Mo:0.01~1.00%、V:0.01~1.00%、W:0.01~1.00%和Co:0.01~1.00%中的1种或2种以上，

[0085] 任意地选自Nb:0.005~0.050%、Ti:0.005~0.050%和B:0.0001~0.0100%中的1种或2种以上，

[0086] 任意地选自Ca:0.0005~0.0050%、Mg:0.0005~0.0050%和REM:0.0005~0.0080%中的1种或2种以上，以及，

[0087] 剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成。

[0088] DI*:120以上

[0089] 由下述式(1)定义的DI*是表示淬透性的指标，DI*值越大，淬火后的钢板的板厚中心位置的硬度越大。在板厚较厚的耐磨损钢中，为了确保中心硬度，需要使DI*:120以上。另一方面，DI*的上限值没有特别规定，但如果DI*过高，则焊接性劣化，因此优选使DI*为300以下，更优选为250以下。

[0090] $DI^* = 33.85 \times (0.1 \times C)^{0.5} \times (0.7 \times Si + 1) \times (3.33 \times Mn + 1) \times (0.35 \times Cu + 1) \times (0.36 \times Ni + 1) \times (2.16 \times Cr + 1) \times (3 \times Mo + 1) \times (1.75 \times V + 1) \times (1.5 \times W + 1) \cdots (1)$

[0091] (其中，上述式(1)中的元素符号为以质量%表示的各元素的含量，不含有的元素的含量为0)

[0092] [表面硬度]

[0093] HB₁:360~490HBW 10/3000

[0094] 钢板的耐磨损性可以通过提高该钢板的表层部的硬度来提高。钢板表层部的硬度以布氏硬度计低于360HBW时，无法得到充分的耐磨损性。因此，使耐磨损钢板的距表面1mm的深度处的布氏硬度(HB₁)为360HBW以上。另一方面，如果HB₁高于490HBW，则加工性劣化。因此，使HB₁为490HBW以下。

[0095] [硬度比]

[0096] HB_{1/2}/HB₁:75%以上

[0097] 如上所述，为了在磨损至钢板的板厚中心附近这样的严苛的使用环境下也发挥优异的耐磨损性，延长钢板的使用寿命，不仅要确保钢板的表层硬度，还需要确保直达板厚中

心部的高硬度。因此,本发明中,使以板厚中心位置的布氏硬度 $HB_{1/2}$ 与上述 HB_1 的比来定义的硬度比为75%以上($HB_{1/2}/HB_1 \geq 0.75$)。在此,上述硬度比为 $HB_{1/2}/HB_1 \times 100(\%)$ 。上述硬度比优选为80%以上。另一方面,上述硬度比的上限没有特别限定,通常, $HB_{1/2}$ 为 HB_1 以下,因此硬度比为100%以下($HB_{1/2}/HB_1 \leq 1$)。

[0098] 作为在板厚为50mm以上的耐磨损钢板中得到75%以上的硬度比的方法,有通过添加大量的合金元素而在板厚中心也生成大量的马氏体来提升硬度的方法。但是,上述方法中由于使用大量的昂贵的合金元素,所以成本明显上升。因此,本发明中,通过将具有上述成分组成的钢板在后述的特定条件下进行回火热处理,从而实现75%以上的硬度比。本发明的钢板虽然不含大量的合金元素,成本低,但如上所述具备与使用大量的合金元素的情况同等的硬度比。

[0099] 应予说明,上述布氏硬度(HB_1 、 $HB_{1/2}$)是使用直径10mm的钨硬球,以载荷3000Kgf测定的值(HBW 10/3000)。该布氏硬度可以通过实施例记载的方法测定。

[0100] [板厚]

[0101] 板厚:50mm以上

[0102] 根据本发明,能够以少的合金元素量确保直达板厚中心部的硬度,因此能够减少耐磨损钢板的成本。但是,板厚小于50mm时,即便为现有的技术,合金元素量至少容易得到充分的内部硬度,因此本发明的成本减少效果在板厚为50mm以上的情况下特别显著。因此,使耐磨损钢板的板厚为50mm以上。另一方面,板厚的上限没有特别规定,但从制造上的观点考虑,优选使板厚为100mm以下。

[0103] [制造方法]

[0104] 接下来,对本发明的一个实施方式中的耐磨损钢板的制造方法进行说明。本发明的耐磨损钢板可以通过将具有上述成分组成的钢坯材进行加热、热轧后,在后述的条件下进行包括淬火、回火的热处理而制造。

[0105] [钢坯材]

[0106] 上述钢坯材的制造方法没有特别限定,例如,可以通过常规方法将具有上述组成的钢液进行熔炼、铸造而制造。上述熔炼可以利用转炉、电炉、感应炉等任意的方法来进行。另外,从生产率的观点考虑,优选上述铸造通过连续铸造法进行,也可以通过铸锭一开坯法进行。作为上述钢坯材,例如可以使用钢坯。

[0107] [加热]

[0108] 将得到的钢坯材在热轧之前加热至加热温度。上述加热可以在将通过铸造等方法得到的钢坯材暂时冷却后进行,另外,也可以将得到的钢坯材不经过冷却而直接供于上述加热。

[0109] 上述加热温度没有特别限定,如果该加热温度为900℃以上,则钢坯材的变形阻力下降,热轧中对轧制机的负荷降低,能够更容易地进行热轧。因此,上述加热温度优选为900℃以上,更优选为950℃以上,进一步优选为1100℃以上。另一方面,如果上述加热温度为1250℃以下,则可抑制钢的氧化,减少由氧化带来的损失,结果成品率提高。因此,上述加热温度优选为1250℃以下,更优选为1200℃以下,进一步优选为1150℃以下。

[0110] [热轧]

[0111] 接下来,将上述加热的钢坯材进行热轧而制成板厚50mm以上的热轧钢板。上述热

轧的条件没有特别限定,可以根据常规方法进行,如果轧制温度为850℃以上,则钢坯材的变形阻力低,因此热轧中对轧制机的负荷减少,能够更容易地进行热轧。因此,优选使轧制温度为850℃以上,更优选为900℃以上。另一方面,如果上述轧制温度为1000℃以下,则可抑制钢的氧化,减少由氧化带来的损失,结果成品率进一步提高。因此,上述轧制温度优选为1000℃以下,更优选为950℃以下。

[0112] [淬火]

[0113] 接下来,将得到的热轧钢板从淬火开始温度进行淬火直至达到淬火停止温度为止。上述淬火可以用直接淬火(DQ)和再加热淬火(RQ)中的任一方法进行。另外,上述淬火中的冷却方法没有特别限定,优选通过水冷进行。应予说明,在此“淬火开始温度”是指淬火开始时的钢板的表面温度。有时将上述“淬火开始温度”简称为“淬火温度”。另外,“淬火停止温度”是指淬火结束时的钢板的表面温度。例如,通过水冷进行淬火时,将水冷开始时的温度作为“淬火开始温度”,将水冷结束时的温度作为“淬火停止温度”。

[0114] (直接淬火)

[0115] 通过直接淬火进行上述淬火时,在上述热轧结束后,不对热轧钢板进行再加热而直接进行淬火。此时,使上述淬火开始温度为 Ar_3 相变点以上。这是为了通过从奥氏体状态淬火获得马氏体组织。如果上述淬火开始温度低于 Ar_3 相变点,则无法充分进行淬火,因此不能充分提高钢板的硬度,其结果,最终得到的钢板的耐磨损性下降。另一方面,直接淬火中的淬火开始温度的上限没有特别限定,优选为950℃以下。淬火停止温度在后面叙述。

[0116] 应予说明, Ar_3 相变点例如可以通过下述式(3)求出。

[0117] $Ar_3(℃) = 910 - 273 \times C - 74 \times Mn - 57 \times Ni - 16 \times Cr - 9 \times Mo - 5 \times Cu \cdots (3)$

[0118] (其中,上述式(3)中的各元素符号为以质量%表示的各元素的含量,不含有的元素的含量为0)

[0119] (再加热淬火)

[0120] 通过再加热淬火进行上述淬火时,在上述热轧结束后,将热轧钢板进行再加热后淬火。此时,使上述淬火开始温度为 Ac_3 相变点以上。这是为了通过从奥氏体状态淬火获得马氏体组织。如果上述淬火开始温度低于 Ac_3 相变点,则无法充分进行淬火,因此不能充分提高钢板的硬度,其结果,最终得到的钢板的耐磨损性下降。另一方面,再加热淬火中的淬火开始温度的上限没有特别限定,优选为950℃以下。淬火停止温度在后面叙述。

[0121] 应予说明, Ac_3 相变点例如可以通过下述式(4)求出。

[0122] $Ac_3(℃) = 912.0 - 230.5 \times C + 31.6 \times Si - 20.4 \times Mn - 39.8 \times Cu - 18.1 \times Ni - 14.8 \times Cr + 16.8 \times Mo \cdots (4)$

[0123] (其中,上述式(4)中的各元素符号为以质量%表示的各元素的含量,不含有的元素的含量为0)

[0124] (平均冷却速度)

[0125] 上述淬火中的冷却速度没有特别限定,只要为可形成马氏体相的冷却速度就可以为任意的值。例如,从淬火开始到淬火停止期间的平均冷却速度优选为20℃/s以上,更优选为30℃/s以上。另外,上述平均冷却速度优选为70℃/s以下,更优选为60℃/s以下。应予说明,上述平均冷却速度是采用钢板表面的温度求出的冷却速度。

[0126] (冷却停止温度)

[0127] 上述淬火工序中的冷却停止温度只要为可生成马氏体的温度就没有特别限定,如果冷却停止温度为Mf点以下,则马氏体组织率提高,能够进一步提高钢板的硬度。因此,优选使上述冷却停止温度为Mf点以下。另一方面,冷却停止温度的下限没有特别限定,如果持续进行不必要的冷却,则制造效率下降,因此优选使冷却停止温度为50℃以上。应予说明,Mf点可以通过下述式(5)求出。

$$[0128] \quad Mf(^\circ C) = 410.5 - 407.3 \times C - 7.3 \times Si - 37.8 \times Mn - 20.5 \times Cu - 19.5 \times Ni - 19.8 \times Cr - 4.5 \times Mo \cdots (5)$$

[0129] (其中,上述式(5)中的元素符号为以质量%表示的各元素的含量,不含有的元素的含量为0)

[0130] (回火)

[0131] 在上述淬火停止后,将已淬火的热轧钢板再加热至回火温度。通过进行上述再加热,淬火后的钢板被回火。此时,通过在由下述式(2)定义的P值为 $1.20 \times 10^4 \sim 1.80 \times 10^4$ 的条件下进行上述回火,能够得到上述表层和板厚中央部的硬度。

$$[0132] \quad P = (T + 273) \times (21.3 - 5.8 \times C + \log(60 \times t)) \cdots (2)$$

[0133] (其中,上述式(2)中的C表示钢板中的C含量(质量%),T表示回火温度(℃),t表示上述回火中的保持时间(分钟))

[0134] P值低于 1.20×10^4 时,回火不充分,因此无法使表层和板厚中心位置的硬度中的一者或两者成为所期望的范围。另一方面,如果P值大于 1.80×10^4 ,则表层硬度的下降大,得不到规定值。

[0135] 应予说明,如果上述加热温度T过低,则制造效率下降,因此加热温度T优选为200℃以上,如果上述加热温度T过高,则热处理成本高涨,因此加热温度T优选为600℃以下。

[0136] 另外,从制造效率和热处理成本的观点考虑,保持时间t优选为180分钟以下,更优选为100分钟以下,进一步优选为60分钟以下。另一方面,若从组织的均匀性考虑,则优选使保持时间t为5分钟以上。

[0137] 上述回火可以通过使用热处理炉的加热、高频感应加热、通电加热等任意方法进行。

[0138] 实施例

[0139] 接下来,基于实施例对本发明进行更具体的说明。以下的实施例只是本发明的优选的一个例子,本发明不受该实施例任何限定。

[0140] 首先,通过连续铸造法制造表1所示的成分组成的钢坯(钢坯材)。

[0141] 接下来,对得到的钢坯依次实施加热、热轧、淬火(直接淬火或者再加热淬火)和回火的各处理而得到钢板。将各工序中的处理条件示于表2。应予说明,“热轧”一栏中示出的“板厚”为最终得到的耐磨损钢板的板厚。

[0142] 应予说明,上述淬火通过直接淬火和再加热淬火中的任一种方法进行。进行直接淬火时,将热轧后的钢板直接供于通过水冷进行的淬火。另外,进行再加热淬火时,将热轧后的钢板空冷后,加热至规定的再加热温度后,供于通过水冷进行的淬火。上述淬火中的水冷是边使热轧钢板通过边向该钢板的表面和背面喷射高流量的水而进行的。淬火时的冷却速度为通过导热计算求出的在650~300℃间的平均冷却速度,冷却进行至300℃以下。

[0143] 对于得到的各个钢板,通过以下所述的方法,将距钢板表面1mm深度的位置和钢板

的板厚中央 ($1/2t$ 位置) 的布氏硬度和组织用以下的方法进行评价。评价结果如表2所示。

[0144] [硬度(布氏硬度)]

[0145] 作为耐磨损性的指标,测定钢板的表层部和板厚中心部的硬度。测定中使用的试验片是以各钢板的距表面1mm的深度的位置和板厚中心位置成为试验面的方式从如上所述得到的各钢板采集的。对上述试验片的试验面进行镜面研磨后,基于JIS Z2243 (2008) 测定布氏硬度。测定使用直径10mm的钨硬球,使载荷为3000Kgf。

[0146] [组织]

[0147] 从得到的钢板采集组织观察用试验片,进行研磨、腐蚀(硝酸酒精腐蚀液),使用光学显微镜(倍率:400倍)拍摄距表面1mm和板厚中央的位置的组织。对得到的图像进行图像解析,确定各相。应予说明,拍摄以5个视场以上进行。对于表层组织而言,将面积百分比为95%以上的相作为主相而示于表2。

[0148] [表1]

[0149]

表1

钢种	成分组成 (质量%) *																					Df*	Ar3 (°C)	Ac3 (°C)	Mf (°C)	分类
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	N	O	Cu	Ni	Mo	V	W	Co	Nb	Ti	B	Ca	Mg	REM					
A	0.28	0.25	1.55	0.011	0.0033	0.026	0.98	0.0027	0.0029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	703	809	217	适合钢
B	0.29	0.38	0.88	0.007	0.0024	0.021	1.03	0.0019	0.0019	0.55	1.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	658	774	194	适合钢
C	0.27	0.55	1.92	0.007	0.0019	0.029	0.30	0.0030	0.0024	-	-	0.38	-	-	-	-	0.015	0.0012	-	-	-	201	686	830	216	适合钢
D	0.30	0.96	0.73	0.012	0.0033	0.015	0.78	0.0023	0.0019	-	-	0.48	-	-	-	-	-	-	0.0031	-	-	220	757	855	236	适合钢
E	0.33	0.19	0.33	0.015	0.0021	0.027	1.44	0.0021	0.0020	-	1.24	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	217	697	800	207	适合钢
F	0.26	0.56	1.67	0.012	0.0012	0.026	1.34	0.0025	0.0022	-	-	-	0.03	0.03	-	-	-	-	-	-	-	214	694	816	211	适合钢
G	0.28	0.63	1.38	0.005	0.0023	0.021	1.31	0.0020	0.0038	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	238	853	802	194	适合钢
H	0.24	0.23	1.23	0.006	0.0007	0.028	1.97	0.0029	0.0022	-	-	-	0.03	0.03	-	0.012	0.015	0.0011	-	-	-	179	722	810	226	适合钢
I	0.27	0.72	0.45	0.005	0.0030	0.031	1.39	0.0029	0.0020	0.31	0.34	0.39	-	-	-	-	-	-	-	0.0028	-	226	756	831	236	适合钢
J	0.28	0.17	1.28	0.015	0.0013	0.034	0.72	0.0019	0.0034	-	-	0.48	-	-	-	0.013	0.013	0.0012	-	-	0.0032	208	723	824	230	适合钢
K	0.36	0.42	1.46	0.012	0.0006	0.016	0.33	0.0023	0.0029	-	1.55	-	-	-	-	-	0.014	0.0013	-	-	-	130	610	780	169	比较钢
L	0.20	0.78	1.98	0.007	0.0040	0.024	1.55	0.0021	0.0028	-	-	-	-	-	-	0.011	0.012	0.0011	-	-	-	244	684	827	218	比较钢
M	0.28	0.38	1.27	0.012	0.0023	0.019	0.48	0.0021	0.0019	-	0.23	0.13	-	-	-	-	0.011	0.0012	-	-	-	115	718	824	231	比较钢
N	0.23	0.25	1.02	0.006	0.0007	0.028	0.98	0.0029	0.0022	-	0.98	0.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182	698	817	237	适合钢
O	0.34	0.24	0.98	0.007	0.0008	0.027	1.03	0.0027	0.0019	-	1.02	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	227	668	791	192	适合钢

*剩余部分为Fe和不可避免的杂质

[0150]

[表2]

[0151]

表2

No.	钢种	制造条件										评价结果					分类					
		热轧			直接淬火		再加热淬火					回火			板厚中央							
		加热温度(℃)	轧制结束温度(℃)	板厚(mm)	冷却方法	淬火开始温度(℃)	淬火停止温度(℃)	冷却速度(℃/s)	再加热温度(℃)	保持时间(min.)	冷却停止温度(℃)	淬火速度(℃/s)	加热温度(℃)	保持时间(min.)	P / 10 ⁴	HB ₁ (10/3000)		组织*(主相)	HB _{1/2} (10/3000)	组织*	硬度比(%)	
1	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	900	10	水冷	150	40	450	10	1.62	399	TM	336	TB+TM	84	发明例
2	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	880	5	水冷	200	50	500	20	1.76	368	TM	304	TB+TM	83	发明例
3	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	910	10	水冷	50	40	300	1	1.23	489	TM	414	TB+TM	85	发明例
4	A	250	1120	880	50	空冷	-	-	880	10	水冷	160	45	550	5	1.82	353	TM	289	TB+TM	82	比较例
5	A	250	1120	890	50	空冷	-	-	900	5	水冷	130	45	250	10	1.17	502	TM	414	TB+TM	82	比较例
6	B	250	1120	880	75	水冷	850	150	35	-	-	-	-	400	10	1.51	429	TM	354	TB+TM	83	发明例
7	B	250	1120	890	75	水冷	850	190	40	-	-	-	-	500	20	1.75	373	TM	296	TB+TM	79	发明例
8	B	250	1120	880	75	水冷	850	50	30	-	-	-	-	300	1	1.23	494	TM	394	TB+TM	80	发明例
9	B	250	1120	880	75	水冷	850	170	35	-	-	-	-	550	10	1.84	352	TM	274	TB+TM	78	比较例
10	B	250	1120	880	75	水冷	860	100	30	-	-	-	-	250	10	1.17	507	TM	394	TB+TM	78	比较例
11	C	300	1150	890	100	空冷	-	-	880	10	水冷	50	25	400	5	1.49	424	TM	336	TB+TM	79	发明例
12	D	300	1120	890	100	空冷	-	-	910	10	水冷	70	25	350	10	1.39	460	TM	374	TB+TM	81	发明例
13	E	300	1120	880	100	空冷	-	-	850	10	水冷	160	30	500	5	1.69	403	TM	308	TB+TM	77	发明例
14	F	300	1120	890	100	空冷	-	-	880	10	水冷	110	30	400	30	1.55	408	TM	325	TB+TM	80	发明例
15	G	300	1120	890	100	空冷	-	-	910	10	水冷	190	30	450	10	1.62	399	TM	322	TB+TM	81	发明例
16	H	300	1180	880	100	空冷	-	-	900	10	水冷	180	30	500	5	1.73	359	TM	265	TB+TM	74	发明例
17	I	300	1120	890	100	空冷	-	-	910	10	水冷	80	25	450	5	1.61	399	TM	319	TB+TM	80	发明例
18	J	300	1180	890	100	空冷	-	-	900	5	水冷	130	30	400	20	1.53	420	TM	332	TB+TM	79	发明例
19	K	250	1150	890	50	空冷	-	-	900	5	水冷	180	50	300	10	1.26	514	TM	440	TB+TM	86	比较例
20	L	250	1180	890	50	空冷	-	-	860	5	水冷	120	40	500	5	1.75	339	TM	335	TB+TM	99	比较例
21	M	250	1150	880	100	空冷	-	-	900	5	水冷	110	40	500	5	1.71	378	TM	253	TB+TM	62	比较例
22	N	250	1120	880	50	空冷	-	-	910	10	水冷	50	50	250	20	1.21	475	TM	436	TB+TM	92	发明例
23	O	250	1120	880	50	空冷	-	-	910	10	水冷	50	50	250	20	1.17	526	TM	495	TB+TM	94	比较例

* M:马氏体、TM:回火马氏体、B:贝氏体、TB:回火贝氏体

[0152] 由表1、2所示的结果可知,发明例中距表面1mm的深度处的硬度以布氏硬度计为360~490HBW 10/3000,得到板厚中心位置的布氏硬度为距表层1mm深度位置的布氏硬度的

75%以上、板厚为50mm以上的磨损钢板。另一方面,不满足本发明的回火条件的比较例中,表层硬度或内部硬度与发明例不同。另外,C含量不满足条件的比较例中,表层硬度不满足条件。此外,钢板No.22的DI*在本发明范围之外,硬度比为75%以下。