(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 116234935 B
(45)授权公告日 2025.03.21

(21)申请号 202180060549.8
(22)申请日 2021.08.10
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116234935 A
(43)申请公布日 2023.06.06
(30)优先权数据
2020-163474 2020.09.29 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.01.17
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/029553 2021.08.10
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/070621 JA 2022.04.07

(73)专利权人 日本制铁株式会社
地址 日本东京
(72)发明人 豊田武 櫻田荣作
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 张楠

(51)Int.Cl.
C22C 38/00(2006.01)
C22C 38/60(2006.01)
C21D 9/46(2006.01)
(56)对比文件
JP 2004197114 A,2004.07.15
审查员 王雅宁

权利要求书2页 说明书20页

(54)发明名称

热轧钢板

(57)摘要

本发明提供一种热轧钢板,其抗拉强度为780MPa以上,板厚为1.2～4.0mm,板宽为750mm以上,且满足$-15 \leq (\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_C \leq 15$(其中,$\lambda_{W1}$及$\lambda_{W2}$表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的扩孔率(%),λ_C表示板宽中央部的扩孔率(%))。

CN 116234935 B

1.一种热轧钢板,其抗拉强度为980MPa以上,板厚为1.2～4.0mm,板宽为750mm以上,且满足下述式1,

所述热轧钢板的化学组成以质量%计为:

C:0.01～0.50%、

Si:0.31～3.50%、

Mn:0.20～3.00%、

P:0.100%以下、

S:0.0200%以下、

N:0.0100%以下、

Al:0.001～1.000%、

Cu:0～1.00%、

Ni:0～0.50%、

Cr:0～2.00%、

Mo:0～3.00%、

W:0～0.10%、

Nb:0～0.060%、

V:0～1.00%、

Ti:0～0.20%、

B:0～0.0040%、

O:0～0.020%、

Ta:0～0.10%、

Co:0～3.00%、

Sn:0～1.00%、

Sb:0～0.50%、

As:0～0.050%、

Mg:0～0.050%、

Zr:0～0.050%、

Ca:0～0.0500%、

REM:0～0.0500%、以及

剩余部分:Fe及杂质,

$-15 \leq (\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_{C} \leq 15$ 式1

其中,λ_{W1}及λ_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的扩孔率(%),λ_{C}表示板宽中央部的扩孔率(%),λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}分别为40%以上;而且代入该式1中的λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}为各自的扩孔率(%)乘以100后的数值。

2.根据权利要求1所述的热轧钢板,其进一步满足下述式2,

$-80 \leq (TS_{W1}+TS_{W2})/2-TS_{C} \leq 80$ 式2

其中,TS_{W1}及TS_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的抗拉强度(MPa),TS_{C}表示板宽中央部的抗拉强度(MPa)。

3.根据权利要求1或2所述的热轧钢板,其进一步满足下述式3,

$-15 \leqslant (\lambda_{E1}+\lambda_{E2})/2-\lambda_C \leqslant 15$ 式3

其中,λ_{E1}及λ_{E2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别朝向板宽中央部侧为75mm的位置处的扩孔率(%),λ_C表示板宽中央部的扩孔率(%);而且代入该式3中的λ_{E1}、λ_{E2}及λ_C为各自的扩孔率(%)乘以100后的数值。

4.根据权利要求1或2所述的热轧钢板,其板宽为750～1600mm。

5.根据权利要求1或2所述的热轧钢板,其中,所述化学组成以质量%计包含选自由下述元素构成的组中的至少一种:

Cu:0.001～1.00%、

Ni:0.001～0.50%、

Cr:0.001～2.00%、

Mo:0.001～3.00%、

W:0.001～0.10%、

Nb:0.001～0.060%、

V:0.001～1.00%、

Ti:0.001～0.20%、

B:0.0001～0.0040%、

O:0.0001～0.020%、

Ta:0.001～0.10%、

Co:0.001～3.00%、

Sn:0.001～1.00%、

Sb:0.001～0.50%、

As:0.001～0.050%、

Mg:0.0001～0.050%、

Zr:0.0001～0.050%、

Ca:0.0001～0.0500%、及

REM:0.0001～0.0500%。

6.根据权利要求1或2所述的热轧钢板,其中,Mo含量为0.03%以下。

7.根据权利要求1或2所述的热轧钢板,其中,V含量为0.11%以下。

热轧钢板

技术领域

[0001] 本发明涉及热轧钢板。

背景技术

[0002] 若将钢板高强度化则一般而言加工性降低,因此在钢板中谋求强度与加工性的兼顾一般较困难。此外,例如,在要求将钢板加工成复杂形状的部件等的情况下,若在钢板的板宽方向上特性不均匀,则有时可适用于部件的钢板的部位受到限制。因此,从成品率的观点出发,也优选在钢板的板宽方向上特性均匀。

[0003] 与此相关联地,例如,在专利文献1中,记载了一种高屈服比高强度热轧钢板,其特征在于,具有下述钢组成:以质量%计以满足70≤300×C(质量%)+33×Mn(质量%)+22×Cr(质量%)+11×Mo(质量%)+11×Si(质量%)+17×Ni(质量%)≤100的式子的范围含有C:0.05%以上且0.2%以下、Si:0.01%以上且0.6%以下、Mn:0.5%以上且2.5%以下、P:0.001%以上且0.1%以下、S:0.0005%以上且0.05%以下、Al:0.01%以上且0.2%以下、N:0.0001%以上且0.010%以下、Mo:0.05%以上且0.5%以下、Ti:48N/14+0.01%以上且0.14%以下、B:0.0003%以上且0.005%以下,剩余部分由铁及不可避免的杂质构成,屈服强度为960MPa以上,及屈服比为0.83以上,并且板宽方向的屈服强度的不均为50MPa以内。此外,专利文献1中记载了:通过上述的构成,能够得到板宽方向的强度不均小、此外屈服强度为960MPa以上、屈服比为0.83以上的韧性优异的高屈服比高强度钢板。

[0004] 在专利文献2中,记载了一种由下述获得的钢板间的强度不均小的Ti添加高强度热轧钢板的制造方法,将通过连续铸造而制造的以重量%计含有C:0.05~0.12%、N:0.001~0.005%及Ti:0.04~0.15%的板坯装入到加热炉中进行加热,在TiC固溶温度T(K)以上、以保持时间t(时间)满足T·(10+logt)≥15000的式子的条件进行保持,从加热炉中抽出并进行轧制。此外,专利文献2中记载了:通过将所添加的Ti充分固溶的加热条件的定量化,变得能够抑制由Ti固溶不足引起的钢板的强度不均,几乎没有强度规格偏离,没有降级的钢板。

[0005] 在专利文献3中,记载了一种高强度热轧钢板,其特征在于,其具有下述钢成分:以质量%计含有C:0.020~0.065%、Si:0.1%以下、Mn:0.40~低于0.80%、P:0.030%以下、S:0.005%以下、Ti:0.08~0.20%、Al:0.005~0.1%、N:0.005%以下,剩余部分由Fe及不可避免的杂质构成,并且由Ti^{*}=Ti-(48/14)×N的式子规定的Ti^{*}满足规定的式子,钢组织以面积率计为95%以上的铁素体相和剩余部分为珠光体相、贝氏体相及马氏体相中的任1种以上的相,铁素体的平均铁素体粒径为10μm以下,在钢中析出的Ti碳化物的平均粒径为10nm以下,并且Ti^{*}的80%以上的Ti以Ti碳化物的形式析出。此外,专利文献3中记载了:通过上述的构成,可得到为高强度、延展性及拉伸凸缘性优异、并且在钢板内具有强度不均小的良好的材质均匀性的高强度热轧钢板、更具体而言抗拉强度(TS)的不均△TS为15MPa以下的高强度热轧钢板。

[0006] 在专利文献4中,记载了一种卷材内材质变动少的高加工性高强度热轧钢板,其特

征在于,其具有下述成分组成:实质上含有C:0.05～0.18mass%、Si:0.7～1.5mass%、Mn:0.6～1.8mass%、P:0.04mass%以下、S:0.005mass%以下、Al:0.01～0.10mass%、N:0.005mass%以下、Mo:0.05～1.5mass%,剩余部分由Fe构成。此外,专利文献4中记载了:上述的热轧钢板遍及卷材全长及全宽而材质均匀,适宜抑制了卷材内材质变动。

[0007] 在专利文献5中,记载了一种高张力热轧钢板,其具有满足式0.25＜Ti+V～0.45、且固溶V:0.05%以上且低于0.15%的成分组成,且具有下述组织:在铁素体相相对于组织整体的面积率为95%以上的基体中,分散析出包含Ti及V且平均粒径低于10nm的微细碳化物,该微细碳化物相对于组织整体的体积比为0.0050以上,包含Ti且粒径为30nm以上的碳化物在全部碳化物总数中所占的个数的比例低于10%,抗拉强度为980MPa以上。此外,专利文献5中记载了:上述的热轧钢板的钢板的板宽中心部(中央部)与1/4宽度位置的强度之差为15MPa以内,钢板的板宽中心部(中央部)与1/4宽度位置的扩孔率之差为10%以内,极限弯曲半径比之差为0.15以下,显示出机械特性的稳定性及强度和加工性的均匀性。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本特开2015-004081号公报

[0011] 专利文献2:日本特开平10-046258号公报

[0012] 专利文献3:日本特开2012-172257号公报

[0013] 专利文献4:日本特开2002-121646号公报

[0014] 专利文献5:国际公开第2013/069251号

发明内容

[0015] 发明所要解决的课题

[0016] 如专利文献1～3等那样,就现有技术而言,对热轧钢板中的强度不均的抑制进行研究的技术比较多,但即使仅抑制强度不均,在制造伴随各种加工的更复杂形状的部件时,因适用于该部件的钢板的部位有时也会产生开裂,在这样的情况下结果是变得导致成品率的降低。

[0017] 另一方面,在专利文献4及5中,虽然对强度以外的特性中的宽度方向的均匀性也进行了研究,但例如在专利文献4中,宽度方向的具体的测定位置未必明确。此外,在专利文献5中,虽然示也出了板宽中心部与1/4宽度位置的特性之差,但对于包含特性的更难控制的距离板宽方向的端部比较近的区域的均匀性未必进行了充分的研究。在距离板宽方向的端部比较近的区域中特性也未被充分均匀化的情况下,同样地因适用于更复杂的部件的钢板的部位有时产生开裂,变得导致成品率的降低。

[0018] 因此,本发明的目的是提供即使是制造复杂形状的部件的情况下也能够抑制开裂等的产生而改善成品率的热轧钢板。

[0019] 用于解决课题的手段

[0020] 本发明人们为了达成上述目的,在具有780MPa以上的抗拉强度的高强度热轧钢板中,相比现有技术中所提出的那样的抗拉强度或屈服强度等特性不如着眼于扩孔性,发现通过对其按照满足规定的式子的方式进行控制,即使是复杂形状的部件,也能够成品率良好地进行制造,从而完成了本发明。

[0021] 可达成上述目的的钢材如下所述。

[0022] (1)一种热轧钢板,其抗拉强度为780MPa以上,板厚为1.2～4.0mm,板宽为750mm以上,且满足下述式1。

[0023] $-15 \leq (\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_C \leq 15$ 式1

[0024] 其中,λ_{W1}及λ_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的扩孔率(%),λ_C表示板宽中央部的扩孔率(%),λ_{W1}、λ_{W2}及λ_C分别为40%以上。

[0025] (2)根据上述(1)所述的热轧钢板,其中,上述抗拉强度为980MPa以上。

[0026] (3)根据上述(1)或(2)所述的热轧钢板,其进一步满足下述式2。

[0027] $-80 \leq (TS_{W1}+TS_{W2})/2-TS_C \leq 80$ 式2

[0028] 其中,TS_{W1}及TS_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的抗拉强度(MPa),TS_C表示板宽中央部的抗拉强度(MPa)。

[0029] (4)根据上述(1)～(3)中任一项所述的热轧钢板,其进一步满足下述式3。

[0030] $-15 \leq (\lambda_{E1}+\lambda_{E2})/2-\lambda_C \leq 15$ 式3

[0031] 其中,λ_{E1}及λ_{E2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别朝向板宽中央部侧为75mm的位置处的扩孔率(%),λ_C表示板宽中央部的扩孔率(%)。

[0032] (5)根据上述(1)～(4)中任一项所述的热轧钢板,其板宽为750～1600mm。

[0033] (6)根据上述(1)～(5)中任一项所述的热轧钢板,其中,化学组成以质量%计为:

[0034] C:0.01～0.50%、

[0035] Si:0.01～3.50%、

[0036] Mn:0.20～3.00%、

[0037] P:0.100%以下、

[0038] S:0.0200%以下、

[0039] N:0.0100%以下、

[0040] Al:0.001～1.000%、

[0041] Cu:0～1.00%、

[0042] Ni:0～0.50%、

[0043] Cr:0～2.00%、

[0044] Mo:0～3.00%、

[0045] W:0～0.10%、

[0046] Nb:0～0.060%、

[0047] V:0～1.00%、

[0048] Ti:0～0.20%、

[0049] B:0～0.0040%、

[0050] O:0～0.020%、

[0051] Ta:0～0.10%、

[0052] Co:0～3.00%、

[0053] Sn:0～1.00％、

[0054] Sb:0～0.50％、

[0055] As:0～0.050％、

[0056] Mg:0～0.050％、

[0057] Zr:0～0.050％、

[0058] Ca:0～0.0500％、

[0059] REM:0～0.0500％、以及

[0060] 剩余部分:Fe及杂质。

[0061] (7)根据上述(6)所述的热轧钢板,其中,上述化学组成以质量％计包含选自由下述元素构成的组中的至少一种:

[0062] Cu:0.001～1.00％、

[0063] Ni:0.001～0.50％、

[0064] Cr:0.001～2.00％、

[0065] Mo:0.001～3.00％、

[0066] W:0.001～0.10％、

[0067] Nb:0.001～0.060％、

[0068] V:0.001～1.00％、

[0069] Ti:0.001～0.20％、

[0070] B:0.0001～0.0040％、

[0071] O:0.0001～0.020％、

[0072] Ta:0.001～0.10％、

[0073] Co:0.001～3.00％、

[0074] Sn:0.001～1.00％、

[0075] Sb:0.001～0.50％、

[0076] As:0.001～0.050％、

[0077] Mg:0.0001～0.050％、

[0078] Zr:0.0001～0.050％、

[0079] Ca:0.0001～0.0500％、及

[0080] REM:0.0001～0.0500％。

[0081] (8)根据上述(6)或(7)所述的热轧钢板,其中,Mo含量为0.03％以下。

[0082] (9)根据上述(6)～(8)中任一项所述的热轧钢板,其中,V含量为0.11％以下。

[0083] 发明效果

[0084] 根据本发明,可提供即使是复杂形状的部件也能够成品率良好地进行制造的热轧钢板。这样的热轧钢板例如由于特别适于制造汽车的行走部件那样的要求具有更复杂形状并且为高强度的部件,因此产业上的利用价值也非常高。

具体实施方式

[0085] <热轧钢板>

[0086] 本发明的实施方式的热轧钢板的特征在于,抗拉强度为780MPa以上,板厚为1.2～

4.0mm,板宽为750mm以上,且满足下述式1。

[0087] $-15 \leqslant (\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_C \leqslant 15$ 式1

[0088] 其中,λ_{W1}及λ_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的扩孔率(%),λ_C表示板宽中央部的扩孔率(%),λ_{W1}、λ_{W2}及λ_C分别为40%以上。

[0089] 如之前叙述的那样,在要求将钢板加工成复杂形状的部件等的情况下,从成品率的观点出发也优选在钢板的板宽方向上特性均匀。例如,若与汽车构件相关联更具体地进行说明,则近年来,以汽车的耐久性提高及碰撞安全性的提高作为目的,积极地研究了汽车构件中的高强度钢板的适用。然而,若将钢板高强度化则一般而言加工性降低,此外钢板的特性强烈受到钢板组织的影响,因此起因于制造时的板宽方向的温度不均匀性等,有时无法使钢板组织在板宽方向上变得充分均匀。其结果是,有时钢板的材料特性在板宽方向上大大不同。尤其是就适用于汽车构件等的高强度钢板而言,由于压制成形时的翻边加工部、拉伸凸缘成形部成为钢板的哪个位置在每个部件不同,因此即使仅在钢板的板宽方向上抑制强度不均、特别是抗拉强度或屈服强度的不均,根据适用于该部件的钢板的部位,有时在压制成形时也会产生开裂,结果是变得导致成品率的降低。

[0090] 于是,本发明人们发现了:在具有780MPa以上的抗拉强度的高强度热轧钢板中,相比抗拉强度等特性不如着眼于钢板的扩孔率,通过按照满足上述式1的关系的方式控制在板宽方向上测定的多个扩孔率,从而即使是复杂形状的部件,也能够抑制开裂等的产生而成品率良好地进行制造。因此,根据本发明的实施方式的热轧钢板,例如即使是汽车的行走部件那样的要求具有更复杂形状并且为高强度的部件的制造,特别是可适用于该部件的钢板的部位也不会受到限制,因此不仅能够提高设计的自由度,而且从成品率的观点考虑也非常有利。在几个现有技术中,虽然提出了为了改善钢板的所期望的特性而在板宽方向上控制抗拉强度等强度特性、为了抑制抗拉强度等强度不均而控制钢板的组织等,但在板宽方向上控制扩孔性这样的技术思想、更具体而言为了由抗拉强度为780MPa以上、特别是850MPa以上或980MPa以上的高强度热轧钢板成品率良好地制造复杂形状的部件而按照满足规定的式子的方式控制板宽方向上的扩孔性这样的技术思想迄今为止是没有的,这次通过本发明人们被首次发现。

[0091] 以下,对本发明的实施方式的热轧钢板更详细地进行说明,但这些说明的意图在于对本发明的优选的实施方式进行单纯的例示,其意图并非在于将本发明限定于这样的特定的实施方式。

[0092] [抗拉强度]

[0093] 本发明的实施方式的热轧钢板具有780MPa以上的抗拉强度,例如也可以为850MPa以上、980MPa以上、990MPa以上或1040MPa以上。本发明的实施方式的热轧钢板尽管具有这样高的抗拉强度,但由于在板宽方向上充分控制了扩孔性,因此例如即使是通过压制成形等来制造复杂形状的部件时,也能够对所使用的钢板的部位没有特别限制地显著地抑制开裂等的产生。抗拉强度的上限没有特别限定,但例如热轧钢板的抗拉强度也可以为2000MPa以下、1470MPa以下、1250MPa以下或1180MPa以下。抗拉强度通过从热轧钢板的板宽1/8位置沿与轧制方向成直角的方向采集JIS Z2241:2011的5号拉伸试验片,进行2次依据JIS Z2241:2011的拉伸试验,并将所得到的抗拉强度的值进行平均来确定。更具体而言,之后详

细说明的TS_{W1}及TS_{W2}中的值较低者被确定为热轧钢板的抗拉强度。

[0094] [热轧钢板的优选的化学组成]

[0095] 在本发明的实施方式中,热轧钢板可以为抗拉强度满足780MPa以上的条件的任意的材料。因此,热轧钢板的化学组成没有特别限定,只要在抗拉强度满足780MPa以上的条件的范围内适宜确定即可。更详细而言,本发明如上所述目的是提供即使是制造复杂形状的部件的情况下也能够抑制开裂等的产生而改善成品率的热轧钢板,通过在具有780MPa以上的抗拉强度的高强度热轧钢板中,按照满足上述式1的关系的方式控制在板宽方向上测定的多个扩孔率,从而达成该目的。因此,显然热轧钢板的化学组成在达成本发明的目的方面并非是必须的技术特征。以下,对用于本发明的实施方式的具有780MPa以上的抗拉强度的热轧钢板的优选的化学组成进行详细说明,但这些说明的意图在于对具有780MPa以上的抗拉强度的热轧钢板进行单纯的例示,其意图并非在于将本发明限定于具有这样的特定的化学组成的热轧钢板。此外,在以下的说明中,各元素的含量的单位即“%”只要没有特别说明,则是指“质量%”。进而,在本说明书中,表示数值范围的“~”在没有特别说明的情况下,以包含其前后记载的数值作为下限值及上限值的含义来使用。

[0096] [C:0.01~0.50%]

[0097] C是为了提高钢板的强度而言有效的元素。为了充分得到这样的效果,C含量优选为0.01%以上。C含量也可以为0.03%以上、0.05%以上、0.08%以上、0.10%以上或0.12%以上。另一方面,若过度含有C,则有时韧性降低。因此,C含量优选为0.50%以下。C含量也可以为0.40%以下、0.35%以下、0.30%以下、0.25%以下、0.22%以下或0.19%以下。

[0098] [Si:0.01~3.50%]

[0099] Si是作为固溶强化元素对强度上升有效的元素。为了充分得到这样的效果,Si含量优选为0.01%以上。Si含量也可以为0.05%以上、0.10%以上、0.20%以上、0.30%以上、0.50%以上或0.80%以上。另一方面,若过度含有Si,则有时韧性降低。因此,Si含量优选为3.50%以下。Si含量也可以为3.00%以下、2.50%以下、2.00%以下、1.50%以下、1.20%以下或1.00%以下。

[0100] [Mn:0.20~3.00%]

[0101] Mn是对淬火性及作为固溶强化元素而对强度上升有效的元素。为了充分得到这些效果,Mn含量优选为0.20%以上。Mn含量也可以为0.50%以上、0.80%以上或1.00%以上。另一方面,若过度含有Mn,则有时生成大量MnS而使韧性降低。因此,Mn含量优选为3.00%以下。Mn含量也可以为2.70%以下、2.50%以下、2.00%以下、1.60%以下或1.40%以下。

[0102] [P:0.100%以下]

[0103] P若过度含有则有时对焊接性等产生不利影响。因此,P含量优选为0.100%以下。P含量也可以为0.080%以下、0.050%以下、0.030%以下或0.025%以下。P含量的下限没有特别限定,也可以为0%,但过度的降低会导致成本的上升。因此,P含量也可以为0.0001%以上、0.001%以上或0.005%以上。

[0104] [S:0.0200%以下]

[0105] S若过度含有则有时生成大量MnS而使韧性降低。因此,Si含量优选为0.0200%以下。S含量也可以为0.0150%以下、0.0100%以下或0.0050%以下。S含量的下限没有特别限定,也可以为0%,但过度的降低会导致成本的上升。因此,S含量也可以为0.0001%以上或

0.0005%以上。

[0106] [N:0.0100%以下]

[0107] N若过度含有则有时形成粗大的氮化物,使韧性降低。因此,N含量优选为0.0100%以下。N含量也可以为0.0080%以下或0.0050%以下。N含量的下限没有特别限定,也可以为0%,但过度的降低会导致成本的上升。因此,N含量也可以为0.0001%以上或0.0005%以上。

[0108] [Al:0.001~1.000%]

[0109] Al是作为脱氧剂起作用的元素。为了充分得到这样的效果,Al含量优选为0.001%以上。Al含量也可以为0.005%以上、0.010%以上或0.015%以上。另一方面,若过度含有Al,则有时形成粗大的氧化物,使韧性降低。因此,Al含量优选为1.000%以下。Al含量也可以为0.500%以下、0.300%以下、0.200%以下、0.100%以下、0.050%以下或0.030%以下。

[0110] 本发明的实施方式的热轧钢板的基本化学组成如上所述。进而,该热轧钢板根据需要也可以含有以下的任选元素中的至少一种来代替剩余部分的Fe的一部分。

[0111] [Cu:0~1.00%]

[0112] Cu是有助于强度和/或耐蚀性的提高的元素。Cu含量也可以为0%,但为了得到这些效果,Cu含量优选为0.001%以上。Cu含量也可以为0.01%以上、0.05%以上或0.10%以上。另一方面,若过度含有Cu,则有时导致韧性、焊接性的劣化。因此,Cu含量优选为1.00%以下。Cu含量也可以为0.80%以下、0.60%以下、0.40%以下、0.25%以下或0.15%以下。

[0113] [Ni:0~0.50%]

[0114] Ni是提高钢的淬火性、有助于强度和/或耐热性的提高的元素。Ni含量也可以为0%,但为了得到这些效果,Ni含量优选为0.001%以上。Ni含量也可以为0.01%以上、0.03%以上或0.05%以上。另一方面,即使过度含有Ni,效果也饱和,有可能导致制造成本的上升。因此,Ni含量优选为0.50%以下。Ni含量也可以为0.40%以下、0.30%以下、0.20%以下或0.10%以下。

[0115] [Cr:0~2.00%]

[0116] Cr是提高钢的淬火性、有助于强度和/或耐蚀性的提高的元素。Cr含量也可以为0%,但为了得到这些效果,Cr含量优选为0.001%以上。Cr含量也可以为0.01%以上、0.03%以上或0.10%以上。另一方面,若过度含有Cr,则除了合金成本的增加以外,有时韧性降低。因此,Cr含量优选为2.00%以下。Cr含量也可以为1.50%以下、1.00%以下、0.50%以下、0.30%以下或0.15%以下。

[0117] [Mo:0~3.00%]

[0118] Mo是提高钢的淬火性、有助于强度的提高的元素,是也有助于耐蚀性的提高的元素。Mo含量也可以为0%,但为了得到这些效果,Mo含量优选为0.001%以上。Mo含量也可以为0.005%以上、0.01%以上或0.02%以上。另一方面,若过度含有Mo,则有时热加工时的变形阻力增大,设备负荷变大。因此,Mo含量优选为3.00%以下。Mo含量也可以为2.00%以下、1.00%以下或0.50%以下。例如在不含Mo或Mo含量低的情况下,有时在高强度钢板中材质的不均变得比较高。然而,在本发明的实施方式的热轧钢板中,不管Mo含量如何,都能够将板宽方向上的扩孔性等材料特性均匀化。因此,Mo含量如上所述也可以为0%,例如也可以为低于0.05%、0.04%以下或0.03%以下。

[0119] [W:0～0.10%]

[0120] W是提高钢的淬火性、有助于强度的提高的元素。W含量也可以为0%,但为了得到这样的效果,W含量优选为0.001%以上。W含量也可以为0.005%以上或0.01%以上。另一方面,若过度含有W,则有时焊接性降低。因此,W含量优选为0.10%以下。W含量也可以为0.08%以下、0.05%以下或0.03%以下。

[0121] [Nb:0～0.060%]

[0122] Nb是通过析出强化等而有助于强度的提高的元素。Nb含量也可以为0%,但为了得到这样的效果,Nb含量优选为0.001%以上。Nb含量也可以为0.005%以上、0.010%以上或0.020%以上。另一方面,即使过度含有Nb,效果也饱和,有时韧性降低。因此,Nb含量优选为0.060%以下。Nb含量也可以为0.050%以下或0.030%以下。

[0123] [V:0～1.00%]

[0124] V是通过析出强化等而有助于强度的提高的元素。V含量也可以为0%,但为了得到这样的效果,V含量优选为0.001%以上。V含量也可以为0.01%以上、0.03%以上或0.05%以上。另一方面,若过度含有V,则有时生成大量的析出物而使韧性降低。因此,V含量优选为1.00%以下。V含量也可以为0.80%以下、0.50%以下、0.30%以下、0.11%以下或0.07%以下。

[0125] [Ti:0～0.20%]

[0126] Ti是通过析出强化等而有助于强度的提高的元素。Ti含量也可以为0%,但为了得到这样的效果,Ti含量优选为0.001%以上。Ti含量也可以为0.01%以上、0.03%以上或0.05%以上。另一方面,若过度含有Ti,则有时生成大量的析出物而使韧性降低。因此,Ti含量优选为0.20%以下。Ti含量也可以为0.15%以下、0.12%以下或0.07%以下。

[0127] [B:0～0.0040%]

[0128] B是提高钢的淬火性、有助于强度的提高的元素。B含量也可以为0%,但为了得到这样的效果,B含量优选为0.0001%以上。B含量也可以为0.0002%以上、0.0003%以上或0.0005%以上。另一方面,若过度含有B,则有时韧性和/或焊接性降低。因此,B含量优选为0.0040%以下。B含量也可以为0.0030%以下、0.0020%以下或0.0010%以下。

[0129] [O:0～0.020%]

[0130] O是在制造工序中混入的元素。O含量也可以为0%。然而,为了将O含量降低至低于0.0001%,精炼需要时间,导致生产率的降低。因此,O含量也可以为0.0001%以上、0.0005%以上或0.001%以上。另一方面,若过度含有O,则有时形成粗大的夹杂物而使钢材的韧性降低。因此,O含量优选为0.020%以下。O含量也可以为0.015%以下、0.010%以下或0.005%以下。

[0131] [Ta:0～0.10%]

[0132] Ta是对碳化物的形态控制和强度的增加有效的元素。Ta含量也可以为0%,但为了得到这些效果,Ta含量优选为0.001%以上。Ta含量也可以为0.005%以上、0.01%以上或0.02%以上。另一方面,若过度含有Ta,则有时析出多数微细的Ta碳化物,导致钢材的过度的强度上升,结果是使韧性降低。因此,Ta含量优选为0.10%以下。Ta含量也可以为0.08%以下、0.06%以下或0.04%以下。

[0133] [Co:0～3.00%]

[0134] Co是有助于淬火性和/或耐热性的提高的元素。Co含量也可以为0％，但为了得到这些效果，Co含量优选为0.001％以上。Co含量也可以为0.01％以上、0.02％以上或0.05％以上。另一方面，若过度含有Co，则有时热加工性降低，还造成原料成本的增加。因此，Co含量优选为3.00％以下。Co含量也可以为2.00％以下、1.00％以下、0.50％以下、0.20％以下或0.10％以下。

[0135] [Sn:0～1.00％]

[0136] Sn是对耐蚀性的提高有效的元素。Sn含量也可以为0％，但为了得到这样的效果，Sn含量优选为0.001％以上。Sn含量也可以为0.005％以上、0.01％以上或0.02％以上。另一方面，若过度含有Sn，则有时会导致韧性的降低。因此，Sn含量优选为1.00％以下。Sn含量也可以为0.80％以下、0.50％以下、0.30％以下、0.10％以下或0.05％以下。

[0137] [Sb:0～0.50％]

[0138] Sb是对耐蚀性的提高有效的元素。Sb含量也可以为0％，但为了得到这样的效果，Sb含量优选为0.001％以上。Sb含量也可以为0.005％以上或0.01％以上。另一方面，若过度含有Sb，则有时导致韧性的降低。因此，Sb含量优选为0.50％以下。Sb含量也可以为0.30％以下、0.10％以下或0.05％以下。

[0139] [As:0～0.050％]

[0140] As是对于改善钢的切削性而言有效的元素。As含量也可以为0％，但为了得到这样的效果，As含量优选为0.001％以上。As含量也可以为0.005％以上或0.010％以上。另一方面，若过度含有As，则有时热加工性降低。因此，As含量为0.050％以下。As含量也可以为0.040％以下、0.030％以下或0.020％以下。

[0141] [Mg:0～0.050％]

[0142] Mg是能够控制硫化物的形态的元素。Mg含量也可以为0％，但为了得到这样的效果，Mg含量优选为0.0001％以上。Mg含量也可以为0.0005％以上、0.001％以上或0.005％以上。另一方面，若过度含有Mg，则有时起因于粗大的夹杂物的形成而韧性降低。因此，Mg含量优选为0.050％以下。Mg含量也可以为0.030％以下、0.020％以下或0.015％以下。

[0143] [Zr:0～0.050％]

[0144] Zr是能够控制硫化物的形态的元素。Zr含量也可以为0％，但为了得到这样的效果，Zr含量优选为0.0001％以上。Zr含量也可以为0.003％以上、0.005％以上或0.01％以上。另一方面，即使过度含有Zr，效果也饱和，因此超过必要地使钢材中含有Zr有可能会导致制造成本的上升。因此，Zr含量优选为0.050％以下。Zr含量也可以为0.040％以下、0.030％以下或0.020％以下。

[0145] [Ca:0～0.0500％]

[0146] Ca是通过微量添加而能够控制硫化物的形态的元素。Ca含量也可以为0％，但为了得到这样的效果，Ca含量优选为0.0001％以上。Ca含量也可以为0.0005％以上、0.0010％以上或0.0020％以上。另一方面，即使过度含有Ca，效果也饱和，因此超过必要地使钢材中含有Ca有可能会导致制造成本的上升。因此，Ca含量优选为0.0500％以下。Ca含量也可以为0.0300％以下、0.0200％以下、0.0100％以下、0.0070％以下或0.0040％以下。

[0147] [REM:0～0.0500％]

[0148] REM与Ca同样是通过微量添加而能够控制硫化物的形态的元素。REM含量也可以为

0％,但为了得到这样的效果,REM含量优选为0.0001％以上。REM含量也可以为0.0005％以上、0.0010％以上或0.0020％以上。另一方面,若过度含有REM,则有时生成粗大的夹杂物而使钢板的韧性降低。因此,REM含量优选为0.0500％以下。REM含量也可以为0.0300％以下、0.0200％以下、0.0100％以下、0.0070％以下或0.0040％以下。本说明书中的REM是原子序号21号的钪(Sc)、原子序号39号的钇(Y)、及镧系元素即原子序号57号的镧(La)～原子序号71号的镥(Lu)这17种元素的总称,REM含量是这些元素的合计含量。

[0149] 在本发明的实施方式的热轧钢板中,上述的元素以外的剩余部分由Fe及杂质构成。所谓杂质是在工业上制造热轧钢板时以矿石或废铁等那样的原料作为代表因制造工序的各种要因而混入的成分等。

[0150] [板厚]

[0151] 本发明的实施方式的热轧钢板具有1.2～4.0mm的板厚。通过将板厚规定为适宜的范围内,能够可靠地使板宽方向上的扩孔率满足式1。板厚可以为1.5mm以上或2.0mm以上,和/或也可以为3.5mm以下或3.0mm以下。本发明中,板厚是指板宽中央部处的板厚。

[0152] [板宽]

[0153] 本发明的实施方式的热轧钢板具有750mm以上的板宽。通过将板宽规定为适宜的范围内,能够可靠地使板宽方向上的扩孔率满足式1。例如板宽也可以为800mm以上、900mm以上或1000mm以上。板宽的上限没有特别限定,但从更可靠地使板宽方向上的扩孔率满足式1的观点出发,板宽优选为2500mm以下,也可以为2000mm以下、1800mm以下、1600mm以下、1500mm以下、1400mm以下或1300mm以下。

[0154] $[-15\leqslant(\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_{C}\leqslant15]$

[0155] 本发明的实施方式的热轧钢板满足下述式1,

[0156] $-15\leqslant(\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_{C}\leqslant15$ 式1

[0157] 其中,λ_{W1}及λ_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的扩孔率(％),λ_{C}表示板宽中央部的扩孔率(％)。本发明中,热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端只要彼此处于相反侧的关系即可,并不限定于热轧钢板的特定侧。因此,一端也可以为所谓的作业侧(操作员进行操作的钢板的板宽方向上的一侧)或驱动侧(设置有驱动系装置的钢板的板宽方向上的另一侧),同样地另一端也可以为作业侧或驱动侧。通过板宽方向上的两端部与中央部的扩孔率满足式1的关系,从而板宽方向上的扩孔性被均匀化,因此与其相关联地能够使热轧钢板的板宽方向上的翻边加工性及拉伸凸缘成形性等变得均匀。因此,通过压制成形等而能够成品率良好地制造复杂形状的部件。$(\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_{C}$优选为-14以上,更优选为-12以上,进一步更优选为-10以上,最优选为-8以上。同样地,$(\lambda_{W1}+\lambda_{W2})/2-\lambda_{C}$优选为14以下,更优选为12以下,进一步更优选为10以下,最优选为8以下。

[0158] 就本发明的实施方式的热轧钢板而言,扩孔率λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}分别为40％以上。通过满足上述式1、并且将λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}分别设定为40％以上,即使是将热轧钢板进行冷成形来制造结构体的情况等,对所使用的钢板的部位也没有特别限制,能够可靠地制造复杂形状的部件。扩孔率λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}也可以分别为41％以上、42％以上、43％以上、44％以上、45％以上、47％以上、49％以上或52％以上。对于上限值没有特别限定,但扩孔率λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}例如也可以分别为90％以下、85％以下或80％以下。

[0159] 扩孔率λ_{W1}、λ_{W2}及λ_C通过依据JIS Z2256:2020进行扩孔试验而如以下那样来确定。首先,从热轧钢板的作业侧或驱动侧中的任一者的板宽方向端部朝向板宽中央部,从在与轧制方向垂直的方向并且位于同一线上的板宽的1/8位置、板宽中央部、进而板宽的7/8位置分别采集试验片。接着,在与所采集的各试验片的板宽1/8位置、板宽中央部及板宽7/8位置相对应的位置以余隙成为12.5%的条件冲裁直径10mm的圆形孔(初期孔:孔径d0=10mm),使毛边(飞边)成为冲模侧,利用顶角60°的圆锥冲头将初期孔扩张至产生贯通板厚的开裂为止,测定开裂产生时的孔径d1mm,通过下述式子求出各试验片的扩孔率λ(%)。在不同的试验片中实施5次该扩孔试验,将距离板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置以及板宽中央部的扩孔率(%)的各平均值分别确定为λ_{W1}、λ_{W2}及λ_C。

[0160] $\lambda=100\times(d1-d0)/d0$

[0161] $[-80\leqslant(TS_{W1}+TS_{W2})/2-TS_C\leqslant80]$

[0162] 根据本发明的优选的实施方式,热轧钢板除了满足上述式1,进一步满足下述式2,

[0163] $-80\leqslant(TS_{W1}+TS_{W2})/2-TS_C\leqslant80$ 式2

[0164] 其中,TS_{W1}及TS_{W2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置处的抗拉强度(MPa),TS_C表示板宽中央部的抗拉强度(MPa)。通过板宽方向上的两端部与中央部的抗拉强度满足式2的关系,从而板宽方向上的抗拉强度被均匀化,因此能够显著地改善热轧钢板的板宽方向上的韧性等。$(TS_{W1}+TS_{W2})/2-TS_C$优选为-60以上,更优选为-40以上,进一步更优选为-30以上,最优选为-25以上。同样地,$(TS_{W1}+TS_{W2})/2-TS_C$优选为60以下,更优选为40以下,进一步更优选为30以下,最优选为25以下。

[0165] 抗拉强度TS_{W1}、TS_{W2}及TS_C如以下那样来确定。首先,从热轧钢板的作业侧或驱动侧中的任一者的板宽方向端部朝向板宽中央部,从在与轧制方向垂直的方向并且位于同一线上的板宽的1/8位置、板宽中央部、进而板宽的7/8位置,分别沿与轧制方向成直角的方向采集JIS Z2241:2011的5号拉伸试验片。接着,使用所采集的各试验片依据JIS Z2241:2011进行拉伸试验,求出各试验片的抗拉强度(MPa)。在不同的试验片中实施2次该拉伸试验,将距离板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别为板宽的1/8位置以及板宽中央部的抗拉强度(MPa)的各平均值分别确定为TS_{W1}、TS_{W2}及TS_C。在本发明中,在简称为抗拉强度或热轧钢板的抗拉强度的情况下,是指这些TS_{W1}及TS_{W2}中的值较低者。

[0166] $[-15\leqslant(\lambda_{E1}+\lambda_{E2})/2-\lambda_C\leqslant15]$

[0167] 根据本发明的优选的实施方式,热轧钢板除了满足上述式1和/或式2以外,进一步满足下述式3,

[0168] $-15\leqslant(\lambda_{E1}+\lambda_{E2})/2-\lambda_C\leqslant15$ 式3

[0169] 其中,λ_{E1}及λ_{E2}表示距离与轧制方向正交的热轧钢板的板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别朝向板宽中央部侧为75mm的位置处的扩孔率(%),λ_C如对上述式1所说明的那样表示板宽中央部的扩孔率(%)。通过板宽方向上的两端部与中央部的扩孔率满足式3的关系,从而直至更靠近板宽方向的端部的区域为止扩孔性可靠地被均匀化。因此,与仅满足式1的情况相比,能够使热轧钢板的板宽方向上的翻边加工性及拉伸凸缘成形性等更加均匀,通过压制成形等而能够进一步成品率良好地制造复杂形状的部件。$(\lambda_{E1}+\lambda_{E2})/2-\lambda_C$优选为-14以上,更优选为-12以上,进一步更优选为-10以上,最优选为-8以上。同样地,$(\lambda_{E1}$

$+\lambda_{E2})/2-\lambda_C$优选为14以下,更优选为12以下,进一步更优选为10以下,最优选为8以下。

[0170] 扩孔率λ_{E1}及λ_{E2}的具体的值只要满足上述式3即可,没有特别限定,但优选分别为30%以上。扩孔率λ_{E1}及λ_{E2}也可以分别为33%以上、35%以上、40%以上、45%以上、47%以上、49%以上或52%以上。对于上限值没有特别限定,但扩孔率λ_{E1}及λ_{E2}例如也可以分别为90%以下、85%以下或80%以下。关于扩孔率λ_{E1}及λ_{E2},代替板宽的1/8位置及7/8位置而从距离板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别朝向板宽中央部侧为75mm的位置采集试验片,除此以外,与对扩孔率λ_{W1}及λ_{W2}在上文所说明的同样地操作,通过依据JIS Z2256:2020进行扩孔试验来确定。

[0171] [显微组织]

[0172] 热轧钢板的显微组织为抗拉强度满足780MPa以上的条件的任意的显微组织为宜。虽然没有特别限定,但例如热轧钢板的显微组织也可以包含合计超过50面积%、55面积%以上、60面积%以上或70面积%以上的铁素体和贝氏体。此外,热轧钢板的显微组织也可以仅由铁素体和贝氏体构成,即也可以包含合计100面积%的铁素体和贝氏体。例如热轧钢板的显微组织也可以包含合计为95面积%以下、90面积%以下、85面积%以下或80面积%以下的铁素体和贝氏体。热轧钢板的显微组织也可以包含90面积%以下、80面积%以下、75面积%以下或70面积%以下的铁素体。热轧钢板的显微组织中的贝氏体也可以为15面积%以上、25面积%以上、35面积%以上、45面积%以上或50面积%以上,也可以为90面积%以下、95面积%以下、85面积%以下、75面积%以下、65面积%以下或60面积%以下。热轧钢板的显微组织也可以不含马氏体,但在包含马氏体的情况下,马氏体含量优选为20面积%以下、15面积%以下、10面积%以下或5面积%以下。热轧钢板的显微组织也可以包含铁素体、贝氏体及马氏体以外的组织例如残余奥氏体及珠光体等,这些剩余部分组织优选为20面积%以下、15面积%以下、10面积%以下或5面积%以下。

[0173] 显微组织的鉴定及面积率的算出通过以下的方法来进行。首先,将从热轧钢板的板厚的1/4深度位置采集的试样进行研磨后用硝酸乙醇进行腐蚀。接着,通过对使用光学显微镜以300μm×300μm的视野得到的组织照片进行图像解析,得到铁素体及珠光体的面积率、以及贝氏体与马氏体的合计面积率。接着,通过对使用经Lepera腐蚀的试样并使用光学显微镜在板厚的1/4深度位置处以300μm×300μm的视野得到的组织照片进行图像解析,算出残余奥氏体与马氏体的合计面积率。进而,使用从轧制面法线方向从板厚的1/4深度采集的试样,通过X射线衍射测定来求出残余奥氏体的体积率。残余奥氏体的体积率由于与面积率同等,因此将其设定为残余奥氏体的面积率。通过从利用光学显微镜及图像解析得到的残余奥氏体与马氏体的合计面积率中减去利用X射线衍射测定得到的残余奥氏体的面积率,可以算出马氏体的面积率。进而,通过从利用光学显微镜及图像解析得到的贝氏体与马氏体的合计面积率中减去该马氏体的面积率,可以算出贝氏体的面积率。因此,通过上述的方法,能够得到铁素体、贝氏体、马氏体、残余奥氏体及珠光体各自的面积率。

[0174] <热轧钢板的制造方法>

[0175] 接着,对本发明的实施方式的热轧钢板的优选的制造方法进行说明。以下的说明的意图在于对用于制造本发明的实施方式的热轧钢板的特征性方法进行例示,其意图并非将该热轧钢板限定于通过以下说明的那样的制造方法而制造的热轧钢板。

[0176] 本发明的实施方式的热轧钢板的优选的制造方法的特征在于,其包含将具有规定

的化学组成的板坯进行热轧的热轧工序、及将所得到的轧制材进行冷却并卷取的冷却工序，上述热轧工序中的终轧机架的轧制载荷(ton)与上述冷却工序中的距离板宽方向的两端部为板宽的1/8位置与板宽中央部的利用水冷的平均冷却速度之差(℃/s)满足下述式4。

[0177] $1.0 \leq t \times R^{0.5}/\triangle CR \leq 10.0$ 式4

[0178] 其中，t表示上述热轧钢板的板宽中央部处的板厚(mm)，R表示上述热轧工序中的终轧机架的轧制载荷(ton)，为800～3000ton，△CR表示上述冷却工序中的板宽中央部的利用水冷的平均冷却速度CR1(℃/s)与距离板宽方向的两端部为板宽的1/8位置的利用水冷的平均冷却速度CR2(℃/s)之差(CR1-CR2)，CR1为20℃/s以上。以下，对各工序进行详细说明。

[0179] [热轧工序]

[0180] 在本工序中，例如具有关于热轧钢板在上文说明的化学组成的板坯被供于热轧。从生产率的观点出发，使用的板坯优选通过连续铸造法来进行铸造，但也可以通过铸锭法或薄板坯铸造法来制造。此外，对于所铸造的板坯，为了板厚调整等，也可以任选地在精轧之前实施粗轧。这样的粗轧只要是可确保所期望的薄板坯尺寸即可，其条件没有特别限定。热轧除了下文详细说明的关于轧制载荷的控制的条件以外可以在任意适宜的条件下进行，没有特别限定，但例如在精轧的完成温度成为750℃以上那样的条件下进行。这是因为若精轧的完成温度过低，则轧制排斥力提高，变得难以稳定地得到所期望的板厚。上限没有特别限定，但例如精轧的完成温度为1050℃以下。此外，最终段的压下率只要考虑所期望的板厚等而适当确定即可，没有特别限定，但例如为10％以上或20％以上为宜。

[0181] [冷却工序]

[0182] 在本工序中，热轧后的轧制材在输出辊道(ROT)上以下文详细说明的冷却条件被水冷，接着，例如在600℃以下或500℃以下的温度下卷取。为了得到所期望的抗拉强度，利用水冷的平均冷却速度在板宽中央部(即CR1)处设定为20℃/s以上，也可以为30℃/s以上或40℃/s以上。利用水冷的平均冷却速度的上限没有特别限定，但例如利用水冷的平均冷却速度在板宽中央部处为200℃/s以下、150℃/s以下、100℃/s以下或80℃/s以下为宜。

[0183] $[1.0 \leq t \times R^{0.5}/\triangle CR \leq 10.0]$

[0184] 例如，通过在冷却工序中按照在板宽方向上一致的方式控制轧制材的冷却停止温度，能够使热轧钢板的显微组织在一定程度上均匀化而抑制板宽方向上的抗拉强度等强度特性的不均。然而，热轧钢板的扩孔性不仅受到冷却条件的影响，还受到织构的影响，因此仅仅在板宽方向上控制冷却条件时，无法可靠地满足上文所示出的式1的条件。为了使扩孔性在板宽方向上均匀化，利用起因于轧制的再结晶而使织构无规化、形成各向同性的组织是重要的。在冷轧钢板的情况下，在冷轧工序或之后的退火工序中能够比较容易地在板宽方向上使钢板的材料特性均匀化，但是在热轧钢板的情况下，由于不存在这样的工序，因此使扩孔性等材料特性在板宽方向上均匀化一般非常困难。与此相对，就本发明的实施方式的热轧钢板的优选的制造方法而言，通过考虑板宽方向的应变分布并且适宜地控制冷却速度，从而良好地控制板宽方向上的再结晶的状态，由此能够达成满足式1那样的板宽方向上的扩孔性的均匀化。

[0185] 以往，在钢板的板宽方向上，主要对由轧辊的挠曲引起的钢板的隆起(与板宽方向端部相比，板宽中央部变厚的现象)的控制、由冷却中的相变收缩等引起的波形形状的控制

倾尽全力,对板宽方向上的应变分布或钢板特性未进行充分的控制。这次,本发明人们对钢板的温度过程和由热轧产生的应变利用模型、实际温度等进行了解析,结果发现,通过如下述式4中所示的那样根据热轧时的应变分布而适宜地控制之后的冷却工序中的冷却速度,能够将热轧钢板的板宽方向上的扩孔性均匀化。

[0186] $1.0 \leqslant t \times R^{0.5} / \triangle CR \leqslant 10.0$ 式4

[0187] 其中,t表示上述热轧钢板的板宽中央部处的板厚(mm),R表示上述热轧工序中的终轧机架的轧制载荷(ton),为800～3000ton,△CR表示上述冷却工序中的板宽中央部的利用水冷的平均冷却速度CR1(℃/s)与距离板宽方向的两端部为板宽的1/8位置的利用水冷的平均冷却速度CR2(℃/s)之差(CR1-CR2),CR1为20℃/s以上。例如,利用水冷的冷却在中间包含空气冷却等并非水冷的冷却的2段冷却的情况下,必须在第1段和第2段的水冷这两者中满足式4。此外,平均冷却速度CR2在板宽方向的两侧不同的情况下,将平均冷却速度较小者规定为CR2。

[0188] 扩孔性如上所述通过将织构无规化而形成各向同性的组织从而得到改善。因此,除了利用式4的控制以外,例如通过减小隆起而将板宽方向的应变分布尽可能均匀化,除此以外根据需要适宜调整与热轧或之后的冷却相关联的其他参数,从而良好地控制板宽方向上的再结晶的状态,由此还能够达成满足式1那样的板宽方向上的扩孔性的均匀化。

[0189] 若对上述式4更详细地进行说明,则首先,板宽方向的应变分布通过钢板的隆起或轧辊的挠曲而产生。其中,一般已知隆起或轧辊的挠曲的主要支配因子是钢板的板厚和载荷。作为隆起的板厚变化成为热轧工序中的终轧机架中的应变分布而出现,对之后的相变行为产生影响。因此,能够由热轧钢板的板宽中央部的板厚t(mm)和终轧机架的轧制载荷R(ton)获知板宽方向的应变分布,在本制造方法中,将该应变分布规定为$t \times R^{0.5}$。尽管在板宽方向上具有这样的应变分布,在板宽方向上一律地控制冷却停止温度或冷却速度的情况下,从扩孔性等特性的观点考虑无法将钢板的组织均匀化,因此与应变分布相应的冷却速度的控制变得重要。特别是在进行高负荷的热轧的情况下,隆起变大而应变分布变大,即与板宽中央部相比板宽方向端部的压下率变得非常大,因此与其相应的冷却速度的控制变得极为重要。本制造方法中,将这样的冷却速度的控制规定为距离板宽方向的两端部为板宽的1/8位置与板宽中央部的利用水冷的平均冷却速度之差△CR(℃/s)。

[0190] 例如在轧制载荷高的情况下,隆起变大而板宽方向的应变变得不均匀,越是靠近板宽方向的端部的位置则压下率越高,因此应变的导入变得越大。另一方面,在热轧工序中刚精轧后的钢板的板宽方向的温度分布不均匀,具有中央部高而端部低的温度分布。这起因于与中央部相比端部的板厚薄、此外由于这样的板厚的梯度而冷却水从中央部流向端部等。因此,在进行高负荷的热轧的情况下,朝向板宽方向端部而温度的降低量变大。应变越高则相变越快速地进展,因此在进行了高负荷的热轧的情况下为了在板宽方向上使相变的速度变得均匀,必须在应变比较小的板宽中央部处增大平均冷却速度CR1,在应变比较大的板宽方向端部处减小平均冷却速度CR2,即必须增大由CR1-CR2表示的平均冷却速度之差△CR。

[0191] 作为在板宽中央部和板宽方向端部处变更平均冷却速度而实现所期望的△CR的方法,没有特别限定,可以利用本领域技术人员所公知的任意适宜的方法。例如,通过停止对板宽方向上的特定部位的冷却水的喷射或适宜调节其喷射量,能够实现所期望的△CR。

此外,为了对于板宽方向上的抗拉强度也可靠地均匀化,优选在板宽方向上使冷却停止温度变得均匀。虽然没有特别限定,但冷却停止温度例如为600℃以下或500℃以下为宜。

[0192] 例如,若在上述式4中$t\times R^{0.5}/\triangle CR$的值低于1.0,则冷却速度差相对于轧制载荷较大,因此有时板宽方向中央部被骤冷而相变速度产生不均,在板宽方向上变得不能得到均匀的材料特性。另一方面,若该值超过10.0,则冷却速度差相对于轧制载荷小,因此板宽方向端部处的相变的驱动力高,同样地有时在板宽方向上相变速度产生不均,在板宽方向上变得不能得到均匀的材料特性。此外,若轧制载荷过低,则无法良好地控制再结晶的状态,其结果是,有时在板宽方向上变得不能得到均匀的材料特性。因此,轧制载荷设定为800ton以上,也可以为850ton以上或900ton以上。另一方面,若轧制载荷过高,则无法适宜地进行隆起的控制,其结果是,同样地有时在板宽方向上变得不能得到均匀的材料特性。因此,轧制载荷设定为3000ton以下,也可以为2500ton以下或2000ton以下。根据上述的制造方法,能够可靠并且稳定地制造在板宽方向上具有均匀的材料特性的热轧钢板。根据进一步优选的制造方法,$t\times R^{0.5}/\triangle CR$的值按照满足下述式5的方式被控制。

[0193] $2.5\leqslant t\times R^{0.5}/\triangle CR\leqslant 7.5$ 式5

[0194] 通过满足上述式5,直至更靠近板宽方向的端部的区域、具体而言距离板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别朝向板宽中央部侧为75mm的位置为止能够使材料特性均匀化。换言之,通过满足上述式5,能够制造满足前文所示的式3的热轧钢板。一般而言,越是更靠近板宽方向的端部的区域则材料特性的控制变得越困难。然而,根据本制造方法,通过按照满足式5的方式,适宜控制热轧钢板的板宽中央部处的板厚t(mm)、热轧工序中的终轧机架的轧制载荷R(ton)及冷却工序中的平均冷却速度之差△CR(℃/s),能够比较容易地达成这样的材料特性的控制。

[0195] 本发明的热轧钢板如上所述在板宽方向上具有均匀的材料特性,因此通过使用本发明的热轧钢板,即使是复杂形状的部件也能够成品率良好地进行制造。此外,本发明的热轧钢板由于具有780MPa以上的高抗拉强度,因此例如对于用于下支臂等汽车行走部件那样的要求具有更复杂的形状并且为高强度的部件是特别有用的。

[0196] 以下,通过实施例对本发明更详细地进行说明,但本发明不受这些实施例的任何限定。

[0197] 实施例

[0198] 首先,通过连续铸造法来制造具有表1中所示的化学组成的板坯。接着,由这些板坯通过表2中所示的热轧及冷却条件,特别是通过如表2中所示的那样变更热轧中的终轧机架的轧制载荷R(ton)、之后的冷却中的板宽中央部的利用水冷的平均冷却速度CR1(℃/s)与距离板宽方向的两端部为板宽的1/8位置的利用水冷的平均冷却速度CR2(℃/s)之差△CR(CR1-CR2)来制造具有各种板厚及板宽的热轧钢板。板宽中央部和板宽方向端部处的平均冷却速度的变更通过停止对板宽方向上的特定部位的冷却水的喷射或适宜调节其喷射量来进行。此外,对由所制造的热轧钢板采集的试样进行分析而得到的化学组成与表1中所示的板坯的化学组成基本没有变化。进而,关于热轧钢板的显微组织,通过如前文说明的那样进行使用了光学显微镜的图像解析来确定铁素体(α)、贝氏体(B)、马氏体(M)及其他组织的面积率(%)。

[0199]

表1-1

钢种	化学组成（质量%）剩余部分：Fe及杂质												
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	W	Nb	V
A	0.10	1.10	1.35	0.017	0.0033	0.0036	0.020							
B	0.06	0.22	1.10	0.018	0.0038	0.0040	0.020							
C	0.07	0.33	1.08	0.020	0.0033	0.0030	0.025							
D	0.14	1.43	1.54	0.029	0.0010	0.0040	0.025							
E	0.15	0.12	1.80	0.025	0.0014	0.0033	0.030							
F	0.20	1.20	2.51	0.025	0.0022	0.0033	0.010				0.25			
G	0.15	0.81	2.52	0.025	0.0022	0.0033	0.011							0.11
H	0.22	0.31	2.20	0.025	0.0033	0.0040	0.011	0.15	0.05	0.03		0.01		
I	0.12	0.95	1.80	0.024	0.0031	0.0032	0.011						0.022	
J	0.16	2.11	1.80	0.024	0.0112	0.0032	0.015		0.25	0.75	0.03			

[0200]

表1-2

钢种	化学组成（质量%）剩余部分：Fe及杂质											备注
	Ti	E	O	Ta	Co	Sn	Sb	As	Mg	Zr	Ca	REM	
A			0.002										本发明钢
B			0.003										本发明钢
C			0.002										本发明钢
D			0.002										本发明钢
E			0.003										本发明钢
F			0.002										本发明钢
G			0.004										本发明钢
H			0.004	0.02	0.02	0.01	0.01						本发明钢
I	0.11	0.0003	0.002					0.012	0.011	0.023	0.0029	0.0021	本发明钢
J			0.002		0.32	0.02					0.0033	0.0025	本发明钢

[0201] 表2-1

[0202]

试验编号	钢种	精轧完成温度 ℃	最终段的压下率 %	轧制载荷R ton	平均冷却速度 CR1 ℃/s	CR2 ℃/s	ΔCR ℃/s	式4 $t\times R^{0.5}/\Delta CR$	冷却停止温度 ℃
1	A	884	27	914	136	112	24	2.0	396
2	A	1043	30	944	150	75	75	0.9	150
3	A	909	20	965	122	93	29	2.5	286
4	A	1048	55	1705	138	94	44	0.9	323
5	A	877	48	1502	132	98	34	3.0	331
6	B	930	54	3100	151	101	50	2.9	428
7	B	938	26	1277	102	80	22	2.6	331
8	B	1049	46	1103	42	21	21	4.6	593
9	B	1001	31	860	135	88	47	3.7	460
10	C	890	31	1814	57	32	25	4.9	431
11	C	882	33	1239	80	54	26	2.7	571
12	C	929	28	1739	132	112	20	6.7	265
13	C	996	31	1071	38	30	8	13.1	284
14	C	1009	45	1791	60	39	21	5.2	577
15	D	957	44	1758	134	85	49	1.6	371
16	D	877	50	860	125	94	31	3.7	219
17	D	1017	37	1965	106	99	7	24.7	343
18	D	947	26	1447	148	110	38	2.3	406
19	E	880	37	1074	45	35	10	7.5	276
20	E	1026	30	885	57	29	28	2.4	244
21	F	882	54	1502	42	98	56	1.5	533
22	G	996	31	1103	57	80	23	3.2	458
23	H	1017	28	1239	38	88	50	1.5	581
24	I	880	45	2620	85	54	31	4.3	560
25	J	947	50	1074	45	112	67	1.9	350

[0203] 下划线表示脱离优选的范围。

[0204]

表2-2

试验编号	抗拉强度 MPa	板厚t mm	板宽 mm	钢板组织					一端			另一端			中央部		式1	式3	式2	评价	备注
				α+B面积%	α面积%	B面积%	M面积%	其他面积%	TS_{W1} MPa	λ_{W1} %	λ_{E1} %	TS_{W2} MPa	λ_{W2} %	λ_{E2} %	TS_C MPa	λ_C %					
1	1150	1.6	800	96	34	62	0	4	1252	45	65	1150	47	67	1139	50	-4	16	62	合格	本发明例
2	1365	2.3	800	81	6	75	15	4	1365	59	53	1365	41	36	1283	69	-19	-25	82	不合格	比较例
3	1082	2.3	1200	77	9	68	8	15	1082	41	43	1239	49	43	1140	56	-11	-13	21	合格	本发明例
4	1044	1.0	1200	86	14	72	0	14	1109	47	40	1044	55	62	1018	35	16	16	59	不合格	比较例
5	1109	2.6	1200	88	10	78	0	12	1112	47	40	1109	69	62	1091	44	14	7	20	合格	本发明例
6	1097	2.6	1700	95	33	62	0	5	1097	41	34	1328	38	32	1142	62	-23	-29	71	不合格	比较例
7	1447	1.6	1200	84	13	71	0	16	1460	44	35	1447	75	66	1380	52	8	-2	74	合格	本发明例
8	1141	2.9	900	100	68	32	0	0	1186	41	34	1141	56	47	1156	52	-4	-11	8	合格	本发明例
9	1170	6.0	900	100	27	73	0	0	1263	51	40	1170	46	55	1144	32	17	16	73	不合格	比较例
10	1170	2.9	1550	94	29	65	0	6	1199	53	47	1170	58	51	1107	49	7	0	78	合格	本发明例
11	1016	2.0	1550	100	75	25	0	0	1016	44	45	1389	73	58	1272	56	3	-4	-70	合格	本发明例
12	1106	3.2	1550	87	6	81	5	8	1353	50	43	1106	55	49	1204	59	-7	-13	26	合格	本发明例
13	1294	3.2	1100	71	6	65	12	17	1294	54	60	1297	61	60	1223	41	17	19	73	不合格	比较例
14	1125	2.6	1100	100	77	23	0	0	1125	55	48	1368	64	57	1300	45	15	7	-54	合格	本发明例
15	1146	2.8	750	93	32	61	0	7	1337	49	41	1146	42	38	1057	63	-18	-24	185	不合格	比较例
16	994	3.9	800	72	4	68	13	15	994	53	51	1451	63	60	1262	69	-11	-14	-40	合格	本发明例
17	1027	3.9	1300	87	25	62	0	13	1027	68	67	1106	60	59	1040	46	18	17	27	不合格	比较例
18	1135	2.3	1300	100	29	71	0	0	1188	68	58	1135	41	33	1084	61	-7	-16	78	合格	本发明例
19	1171	2.3	900	72	8	64	15	13	1171	67	55	1176	74	59	1107	63	8	-6	67	合格	本发明例
20	1045	2.3	900	72	11	61	12	16	1238	58	49	1045	79	57	1139	69	-1	-16	3	合格	本发明例
21	1156	2.2	1100	81	5	76	0	19	1109	51	55	1247	65	68	1140	45	13	17	38	合格	本发明例
22	1026	2.2	1500	78	6	72	0	22	1186	44	44	1170	46	44	1142	52	-7	-8	36	合格	本发明例
23	1140	2.2	1200	85	5	80	0	15	1199	55	55	1197	73	65	1144	76	-12	-16	54	合格	本发明例
24	993	2.6	1700	92	4	88	0	8	1194	68	66	1251	64	62	1272	55	11	9	-50	合格	本发明例
25	1147	3.9	1500	89	18	71	11	0	1125	68	44	1206	60	50	1212	63	1	-16	-47	合格	本发明例

下划线表示为本发明的范围外。

[0205] 所得到的轧制钢板的特性通过以下的方法进行测定及评价。

[0206] [抗拉强度]

[0207] 表2中的抗拉强度TS_{W1}、TS_{W2}及TS_C如以下那样来确定。首先,从热轧钢板的作业侧或

驱动侧中的任一者的板宽方向端部朝向板宽中央部,从在与轧制方向垂直的方向并且位于同一线上的板宽的1/8位置、板宽中央部、进而板宽的7/8位置,分别沿与轧制方向成直角的方向采集JIS Z2241:2011的5号拉伸试验片。接着,使用所采集的各试验片依据JIS Z2241:2011进行拉伸试验,求出各试验片的抗拉强度(MPa)。在不同的试验片中实施2次该拉伸试验,将距离板宽方向的一端(驱动侧)和其相反侧的另一端(作业侧)分别为板宽的1/8位置以及板宽中央部的抗拉强度(MPa)的各平均值分别确定为TS_{W1}、TS_{W2}及TS_{C}。此外,将TS_{W1}及TS_{W2}中的值较低者确定为热轧钢板的抗拉强度。

[0208] [扩孔率]

[0209] 表2中的扩孔率λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}通过依据JIS Z2256:2020进行扩孔试验而如以下那样来确定。首先,从热轧钢板的作业侧或驱动侧中的任一者的板宽方向端部朝向板宽中央部,从在与轧制方向垂直的方向并且位于同一线上的板宽的1/8位置、板宽中央部、进而板宽的7/8位置分别采集试验片。接着,在与所采集的各试验片的板宽1/8位置、板宽中央部及板宽7/8位置相对应的位置处以余隙成为12.5%的条件冲裁直径10mm的圆形孔(初期孔:孔径d0=10mm),使毛边(飞边)成为冲模侧,利用顶角60°的圆锥冲头将初期孔扩张至产生贯通板厚的开裂为止,测定开裂产生时的孔径d1mm,利用下述式求出各试验片的扩孔率λ(%)。在不同的试验片中实施5次该扩孔试验,将距离板宽方向的一端(驱动侧)和其相反侧的另一端(作业侧)分别为板宽的1/8位置以及板宽中央部的扩孔率(%)的各平均值分别确定为λ_{W1}、λ_{W2}及λ_{C}。

[0210] $\lambda=100\times(d1-d0)/d0$

[0211] 关于扩孔率λ_{E1}及λ_{E2},代替板宽的1/8位置及7/8位置而从距离板宽方向的一端和其相反侧的另一端分别朝向板宽中央部侧为75mm的位置采集试验片,除此以外,与对于扩孔率λ_{W1}及λ_{W2}在前文所说明的同样地操作,通过依据JIS Z2256:2020进行扩孔试验来确定。

[0212] [评价]

[0213] 由所得到的各热轧钢板通过压制成形在板宽方向上制造2个汽车的行走部件即下支臂,将能够无开裂的产生地制造2个下支臂的情况评价为合格,将即使1个产生开裂的情况评价为不合格。将其结果示于表2中。

[0214] 若参照表2,则就比较例2、4、13及17而言,由于热轧工序中的终轧机架的轧制载荷R与冷却工序中的板宽中央部与板宽1/8位置的平均冷却速度差△CR的关系不满足式4,因此无法满足式1,结果是在通过压制成形来制造下支臂时产生开裂。就比较例6、9及15而言,由于轧制载荷R及板厚不适宜,因此无法满足式1,结果是在通过压制成形来制造下支臂时产生开裂。与此相对照地,就本发明例的热轧钢板而言,通过将板厚及板宽设定为适宜的范围,并且使在板宽方向上测定的扩孔率满足式1的关系,从而即使是下支臂那样的复杂形状的部件,也能够抑制开裂的产生而成品率良好地进行制造。此外可知,将式4控制为2.5~7.5的范围而制造的(即按照满足式5的方式制造的)本发明例3、5、7、8、10~12、14、16、19、22及24的热轧钢板满足式3即$-15\leq(\lambda_{E1}+\lambda_{E2})/2-\lambda_{C}\leq15$,因此直至更靠近板宽方向的端部的区域为止扩孔性被均匀化,从成品率的观点考虑是非常有用的。