



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105209194 B

(45)授权公告日 2017.03.08

(21)申请号 201480026473.7

(22)申请日 2014.06.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105209194 A

(43)申请公布日 2015.12.30

(30)优先权数据

2013-129089 2013.06.20 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.11.10

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/066180 2014.06.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/203937 JA 2014.12.24

(73)专利权人 新日铁住金株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 渡边信辅 村上敏彦

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务
所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 张会华

(51)Int.Cl.

B22D 11/128(2006.01)

B22D 11/00(2006.01)

B22D 11/20(2006.01)

审查员 涂琴

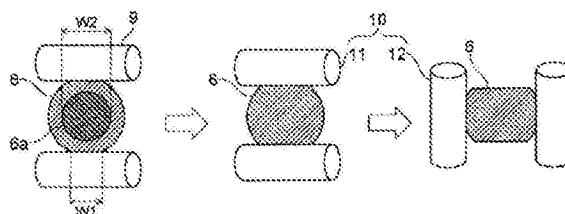
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

铸坯的连续铸造方法

(57)摘要

本发明的主要目的在于提供一种使用平滑辊、满足能够降低中心偏析和中心疏松、能够抑制铸坯的表面裂纹和内部裂纹的铸坯的连续铸造方法。本发明是一种铸坯的连续铸造方法,其包括利用圆柱形的水平辊压下内部具有未凝固区域的横截面为圆形的铸坯从而在铸坯形成一组平行的面的步骤以及利用圆柱形的水平辊的辊对和圆柱形的铅垂辊的辊对交替压下完全凝固的铸坯从而在铸坯形成与所述一组平行的面垂直的一组平行的面的步骤,在前一步骤中,将利用各辊对压下铸坯的压下率设为大于0.5%且3%以下,并且,将铸坯的横截面中的未凝固区域的宽度同铸坯与辊相接触的接触部的宽度之比设为0~7.15,在后一步骤中,将利用水平辊和铅垂辊压下铸坯的压下率分别设为5.4%~6.8%。



1. 一种铸坯的连续铸造方法,其特征在于,

该铸坯的连续铸造方法包括步骤1、步骤2和步骤3这一连串的步骤,

在步骤1中,利用铸模铸造横截面为圆形的铸坯,

在步骤2中,在到内部没有未凝固区域为止的期间内,利用包括将轴线沿水平方向配置的圆柱形的辊的多个辊对压下所述铸坯,从而在所述铸坯上形成一组平行的面,

在步骤3中,利用将轴线沿水平方向配置的圆柱形的水平辊的辊对以及将轴线沿铅垂方向配置的圆柱形的铅垂辊的辊对交替压下于在所述步骤2中压下后完全凝固的所述铸坯,从而在所述铸坯上形成与在所述步骤2中形成的一组平行的面垂直的一组平行的面,

在所述步骤2中,将利用构成所述多个辊对的各辊对压下所述铸坯的压下率设为大于0.5%且3%以下,并且,将所述铸坯在所述各辊对的压下位置处的横截面中的所述未凝固区域的宽度同所述铸坯与所述辊相接触的部分的宽度之比设为0~7.15,

在所述步骤3中,将利用所述水平辊和所述铅垂辊压下所述铸坯的压下率分别设为5.4%~6.8%。

2. 根据权利要求1所述的铸坯的连续铸造方法,其特征在于,

所述铸模的内壁面的横截面的直径为400mm~600mm。

3. 根据权利要求1或2所述的铸坯的连续铸造方法,其特征在于,

在所述步骤3中,所述铸坯的中心温度比表面温度高150℃以上。

4. 根据权利要求1或2所述的铸坯的连续铸造方法,其特征在于,

在所述步骤3结束时,两组所述平行的面的间隔相等,均为235mm~270mm。

5. 根据权利要求3所述的铸坯的连续铸造方法,其特征在于,

在所述步骤3结束时,两组所述平行的面的间隔相等,均为235mm~270mm。

铸坯的连续铸造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及被用作高级条钢产品的坯料的铸坯的连续铸造方法,特别涉及兼顾了能降低中心偏析和中心疏松并且能抑制内部裂纹和表面裂纹的铸坯的连续铸造方法。

背景技术

[0002] 通常,高级条钢产品通过如下这样制造,即:对具有较大的矩形的横截面的连续铸造铸坯(所谓的钢锭)进行开坯轧制而将其轧制成钢坯,之后进一步对钢坯进行轧制而将其做成棒钢产品、线材产品。连续铸造铸坯有时在凝固末期形成中心偏析、中心疏松等缺陷。在作为高级条钢产品的坯料的铸坯存在这些缺陷时,高级条钢产品的特性恶化,因此在连续铸造时避免铸坯产生这些缺陷是很重要的。

[0003] 作为用于使中心偏析和中心疏松降低的代表性的方法,具有在铸坯的内部具有未凝固区域的状态下压下该铸坯的方法(以下也称作“未凝固压下法”。)以及在连铸坯的内部都完全凝固的状态下压下该铸坯的方法(以下也称作“完全凝固后压下法”。)。采用未凝固压下法,能够向铸造方向上游侧排出已富集有用于构成铸坯内部的未凝固区域的偏析元素的钢水,因此能够降低中心偏析。并且,采用未凝固压下法和完全凝固后压下法,能够压缩中心疏松而使其降低。

[0004] 在利用单纯的圆柱形的辊(以下也称作“平滑辊”。)压下横截面为矩形的铸坯(以下也称作“方形铸坯”。)来降低该铸坯的中心偏析和中心疏松时,为了提高向铸坯中心部的压下渗透度,需要较大的压下量。在此,“压下渗透度”是指向铸坯中心部压下的集中程度,压下渗透度越大,铸坯的压下方向中心部的变形量与表层部的变形量之比越大。自铸坯的表层至压下方向中心部,根据温度、变形阻力的不同,铸坯的表层部的实际的压下量与压下方向中心部的实际的压下量不同,压下渗透度也依赖于温度、变形阻力而发生变化。

[0005] 但是,若增大压下量,则存在这样的问题:特别是在未凝固压下时铸坯产生内部裂纹的可能性较高,并且还有可能如以下要说明的图1所示那样在非压下面产生裂纹,条钢产品的特性和品质被损害的可能性较高。

[0006] 图1是表示在利用平滑辊压下了方形铸坯的情况下在非压下面产生裂纹的状态的图。对方形铸坯100应用未凝固压下法或完全凝固后压下法,在利用平滑辊101压下了的情况下,在方形铸坯100的压下面整体产生压下应力,非压下面产生纵向弯曲变形,铸坯短边部分成为突出的形状,因此压下渗透度降低。而且,非压下面因该铸坯短边部分的突出变形而产生拉伸应变。在压下量较大的情况下,由于该铸坯表面的拉伸应变,有时在方形铸坯100的非压下面产生铸造方向的裂纹102。

[0007] 针对该问题,在专利文献1中提出了一种如下方法,即:利用在平滑辊的宽度方向中央部的局部设置有直径较大的凸部的凸形辊,仅对方形铸坯的与未凝固部分相对的部分以规定的压下率压下,从而使压下未凝固部分的压下渗透度增大。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本特开2000-190058号公报

发明内容

[0011] 发明要解决的问题

[0012] 采用专利文献1中提出的方法,与使用了平滑辊的情况相比,能够以较少的压下量获得较高的压下渗透度。然而,本发明人在进行研究后发现如下内容:在利用凸形辊压下了铸坯的情况下,铸坯的压下面在因辊的凸部而成为凹形形状时产生应变,而有时在铸坯的表面产生裂纹。

[0013] 如所述那样,在提高高级条钢产品的特性和品质这一点上,降低作为坯料的铸坯的中心偏析和中心疏松是很重要的,而且,抑制在压下时产生表面裂纹和内部裂纹也是很重要的。然而,还没有也包含提高生产能力在内能满足所述的全部条件的连续铸造技术。

[0014] 本发明是鉴于这些问题而做成的,其目的在于提供一种具有优良的内部品质和表面品质的铸坯的连续铸造方法,在该铸坯的连续铸造方法中使用平滑辊,满足能够降低中心偏析和中心疏松、能够抑制铸坯的表面裂纹和内部裂纹,并且能够应用于高级条钢产品所使用的大范围的钢种。

[0015] 用于解决问题的方案

[0016] 本发明人对使用平滑辊并且满足了能够降低中心偏析和中心疏松、能够抑制表面裂纹和内部裂纹的适合高级条钢产品的坯料的铸坯的制造方法进行了研究。

[0017] 为了将铸坯做成适合高级条钢产品的品质,增大横截面积是有效的。这是因为,通过做成大截面积,从而生产率提高,因此能够降低连续铸造机的铸造速度。通过降低铸造速度,容易生成对降低中心偏析有效的等轴晶,并且容易使钢水中的夹杂物浮起而将其分离出来并除去。

[0018] 然而,铸坯的横截面积越大,凝固收缩量越大,因此,在应用未凝固压下法来降低中心偏析时,横截面积越大,需要使铸坯的压下量越大。因此,在应用了未凝固压下法的情况下,铸坯的横截面积越大,铸坯越容易产生由随着压下量较大的压下而产生的表面应变所引起的内部裂纹。

[0019] 另外,为了抑制铸坯产生中心偏析和中心疏松,需要提高压下渗透度。然而,如所述那样,在想要利用平滑辊提高压下渗透度时,必须考虑铸坯的纵向弯曲变形程度来增大压下量。若如此,则铸坯产生内部裂纹的可能性变高,并且还有可能在非压下面产生裂纹。

[0020] 此外,在应用了未凝固压下法的情况下,在铸坯产生纵向弯曲变形时,铸坯以向与压下方向垂直的方向(在沿铸坯厚度方向进行压下的情况下,为铸坯宽度方向。参照所述图1。)扩大的方式变形。在铸坯产生纵向弯曲变形时,铸坯中心部的未凝固区域也以向铸坯宽度方向扩大的方式变形。因此,在产生了纵向弯曲变形的情况下,向铸造方向上游侧排出已富集有偏析元素的钢水的作用变弱,即使应用未凝固压下法,也无法向铸造方向上游侧充分排出已富集有偏析元素的钢水,无法充分降低中心偏析。

[0021] 作为理想的铸坯的压下方法,能够列举出不使铸坯产生纵向弯曲变形而仅压下铸坯中心部的未凝固区域的方法。采用专利文献1所述的使用了凸形辊的方法,能够局部对相当于未凝固区域的部分进行压下。然而,如所述那样,在应用了该方法的情况下,有可能因辊的凸部而在铸坯的压下面产生使该压下面成为凹形形状的应变,而导致铸坯的表面产生

裂纹。

[0022] 针对这些问题,本发明人反复进行了专心研究,结果发现如下内容:若利用平滑辊压下横截面的形状为圆形的铸坯(以下也称作“圆形铸坯”。),则(1)与利用凸形辊压下方形铸坯的情况相比,能够以较少的压下量获得同等的压下渗透度,(2)与方形铸坯相比,压下时的铸坯表面的变形应变较小,能够防止产生表面裂纹。这是因为,在圆形铸坯的情况下,在压下铸坯时压下应力集中作用于与平滑辊接触的圆弧部分。

[0023] 并且还发现如下内容:在利用将轴线沿水平方向配置的平滑辊(以下,有时称作“水平辊”。)对圆形铸坯应用未凝固压下法时,通过将铸坯的横截面中的铸坯与平滑辊相接触的接触部分的宽度设为规定的宽度,能够防止铸坯产生内部裂纹和表面裂纹,并且能够充分降低中心偏析。这是因为,通过限定铸坯与平滑辊相接触的接触部分的宽度,能够对铸坯的未凝固区域的局部进行压下,能够得到足够的压下渗透度。

[0024] 而且还发现如下内容:在利用未凝固压下法在圆形铸坯形成了一组平行的面之后,利用水平辊和将轴线沿铅垂方向配置的平滑辊对(以下,有时称作“铅垂辊”。)分别交替配置一对或多对而成的辊组,对连内部都完全凝固后的铸坯应用完全凝固后压下法,从而能够防止铸坯产生内部裂纹和表面裂纹,并且能够在铸坯的横截面形成与之前形成的一组平行的面垂直的一组平行的面、即能够使铸坯的横截面为角部带有圆角的矩形(此处的“矩形”包括“正方形”。以下同样。))。

[0025] 在完全凝固后,在仅沿与未凝固压下法时相同的方向进行了压下的情况下,可能会由于铸坯的纵向弯曲变形而使铸坯的截面成为向与压下方向垂直的方向较大地变形的形状,难以操作压下结束后的铸坯。但是,如上述那样,利用水平辊和铅垂辊使压下结束后的铸坯的横截面成为角部带有圆角的矩形,从而容易操作。

[0026] 而且,本发明人进一步进行了研究,结果发现如下内容:与铸坯整体的温度均匀的情况相比,在铸坯的中心部的温度高于表面的温度的状态时通过应用使用了水平辊和铅垂辊的完全凝固后压下法,能够提高压下渗透度,能够压缩中心疏松。这是因为,在铸坯的中心部的温度高于表面的温度的状态下,铸坯的中心部的变形阻力比铸坯的表面的变形阻力小。

[0027] 本发明是基于这些见解而做成的,其要旨在于提供一种铸坯的连续铸造方法,该铸坯的连续铸造方法的特征在于,该铸坯的连续铸造方法包括步骤1、步骤2和步骤3这一连串的步骤,在步骤1中,利用铸模铸造横截面为圆形的铸坯,在步骤2中,在到内部没有未凝固区域为止的期间内,利用包括将轴线沿水平方向配置的圆柱形的辊的多个辊对压下被铸造出的所述铸坯,从而在所述铸坯形成一组平行的面,在步骤3中,利用将轴线沿水平方向配置的圆柱形的水平辊的辊对以及将轴线沿铅垂方向配置的圆柱形的铅垂辊的辊对交替压在于该步骤2压下后完全凝固后的所述铸坯,从而在所述铸坯形成与在所述步骤2中形成的一组平行的面垂直的一组平行的面,在所述步骤2中,将利用构成所述多个辊对的各辊对压下所述铸坯的压下率设为大于0.5%且3%以下,并且,将所述铸坯在所述各辊对的压下位置处的横截面中的所述未凝固区域的宽度同所述铸坯与所述辊相接触的部分的宽度之比设为0~7.15,在所述步骤3中,将利用所述水平辊和所述铅垂辊压下所述铸坯的压下率分别设为5.4%~6.8%。

[0028] 在该铸坯的连续铸造方法中,优选所述铸模的内表面的直径为400mm~600mm。

[0029] 而且,优选的是,在所述步骤3中,所述铸坯的中心温度比表面温度高150℃以上。并且,优选的是,在步骤3结束时,所述两组平行的面的间隔相等,均为235mm~270mm。

[0030] 发明的效果

[0031] 本发明的铸坯的连续铸造方法能够应用于高级条钢产品所使用的大范围的钢种,采用本发明的铸坯的连续铸造方法,能够使用平滑辊来制造没有中心偏析、中心疏松、内部裂纹以及表面裂纹而且操作容易的适合高级条钢产品的大截面的铸坯。

附图说明

[0032] 图1是表示在利用平滑辊压下了方形铸坯的情况下在非压下面产生裂纹的状态的图。

[0033] 图2是表示能够应用本发明的铸坯的连续铸造方法的连续铸造机的结构例的图。

[0034] 图3是用于说明通过步骤1所制造的铸坯6的图。

[0035] 图4是表示利用压下辊组进行压下所导致的铸坯的形状的变化的示意图。

具体实施方式

[0036] 1.连续铸造机的基本结构

[0037] 图2是表示能够应用本发明的连续铸造方法的连续铸造机的结构例的图。钢水2自未图示的浇包供给至中间包1。自中间包1经由浸入式水口3以形成弯月面5的方式注入铸模4内的钢水2利用铸模4和由该铸模4的下方的未图示的二次冷却喷嘴组喷射出的冷却水二次冷却,形成凝固壳而成为铸坯6。在图3中简化表示铸坯6的截面。

[0038] 铸坯6在其内部还保持有未凝固区域的状态下被多个导辊7支承,并且被配置在导辊7的铸造方向下游侧的多对压下辊组8拉拔、压下。

[0039] 压下辊组8具有:未凝固压下辊9,其利用多对辊分多个阶段压下内部具有未凝固区域的状态的铸坯6,直到铸坯6的内部没有未凝固区域为止;以及完全凝固后压下辊10,其配置在该未凝固压下辊9之后,用于压下连内部都完全凝固的铸坯6。未凝固压下辊9配置有多对将轴线沿水平方向配置的辊(水平辊)。完全凝固后压下辊10是将轴线沿水平方向配置的水平辊11和将轴线沿铅垂方向配置的铅垂辊12分别交替配置一对或多对而成的。构成压下辊组8的辊均为单纯的圆柱形的辊、即平滑辊。

[0040] 2.本发明的铸坯的连续铸造方法

[0041] 在本发明的连续铸造方法中,使用内壁面的横截面为圆形的无底铸模作为铸模4,来铸造横截面为圆形的铸坯6(步骤1)。

[0042] 图4是表示利用压下辊组进行压下所导致的铸坯的形状的变化的示意图。如图4所示,在到通过步骤1铸造的横截面的形状为圆形的铸坯6的内部没有未凝固区域6a为止的期间内,利用未凝固压下辊9分多个阶段压下铸坯6,而在该铸坯6形成一组平行的面。此时,将铸坯6在各未凝固压下辊9的压下位置处的横截面中的未凝固区域6a的水平方向的宽度W2设为铸坯6与对应的未凝固压下辊9相接触的接触部分的宽度W1的0~7.15倍。即,将铸坯6的未凝固区域的宽度W2与接触部分的宽度W1之比的值(以下也称作“接触比”。)W2/W1设为0~7.15(步骤2,未凝固压下法)。铸坯6的未凝固区域的宽度W2的值能够采用基于事先通过钹法(日文:鋳打ち法)测量到的值的值。在用于抑制在铸坯中心部附近吸引富集钢水的步骤2

中,为了持续抑制吸引富集钢水,需要利用多个辊对通过轻压下而形成一组平行的面从而对变形为椭圆形的铸坯内部的未凝固区域继续进行轻压下。此时,将平行的面限定为一组是因为使通过前阶段的轻压下而变形为椭圆形的未凝固区域进一步减薄对防止吸引富集钢水有效,并为了防止产生内部裂纹。在自上下左右压下而形成了两组平行的面的情况下,各阶段的轻压下量变大,有可能在未凝固区域因轻压下而产生内部裂纹。

[0043] 在通过步骤2形成了一组平行的面之后,利用完全凝固后压下辊10压下连内部都完全凝固后的铸坯6。即,如图4所示,利用水平辊11沿与未凝固压下辊9的压下方向相同的方向压下铸坯6,从而使利用未凝固压下辊9形成的一组平行的面的宽度扩大,进一步利用铅垂辊12沿与水平辊11的压下方向垂直的方向压下铸坯6,从而形成与利用水平辊11扩大了一组平行的面垂直的一组平行的面。然后,反复进行多次包括基于水平辊11的压下和基于铅垂辊12的压下的一连串的来自两个方向的压下(步骤3,完全凝固后压下法)。结果,铸坯6的截面形状成为角部带有圆角的矩形。

[0044] 本发明的铸坯的连续铸造方法是包括以上的一连串的步骤1~步骤3的方法。

[0045] 通过本发明的连续铸造方法得到的铸坯不存在中心偏析、中心疏松、内部裂纹和表面裂纹,内部性状、表面性状均良好。而且,截面形状为带有圆角的矩形,因此与圆形铸坯相比,操作容易。并且,将本发明的方法应用于碳钢、合金钢等任何钢种,都能够得到本发明的效果。

[0046] 将步骤2中的利用构成未凝固压下辊的各辊压下铸坯的压下率设为大于0.5%且3.0%以下。步骤2中的铸坯的压下率是指各辊沿铸坯厚度方向压下铸坯的压下量与压下前的铸坯厚度之比。

[0047] 设为所述范围的理由是因为,在压下率为0.5%以下的情况下,有时无法充分压下铸坯,而难以抑制产生中心偏析。并且还因为,在压下率大于3.0%的情况下,铸坯的压下量过大,铸坯产生内部裂纹以及非压下面产生表面裂纹的可能性较高。优选该压下率大于0.5%且为2.5%以下。对于利用各辊对压下铸坯时的压下量,能够通过控制各辊对在压下方向上的辊间隔,适当地设定步骤2中的压下锥度(日文:テーパ)。

[0048] 优选在步骤2中使用的未凝固压下辊为2对~6对。

[0049] 在步骤2中应用未凝固压下法时,将接触比 $W2/W1$ 设为0~7.15(参照图4)。将接触比 $W2/W1$ 设为0~7.15是因为,在未凝固区域6a的中心固相率(铸坯的中心部的固相的比率)为0.3~0.8的位置处,若压下率过大,则会导致铸坯产生内部裂纹,并且,若压下率不足,则会产生中心偏析,目的在于将压下率设在适当的范围来抑制这些缺陷。

[0050] 在 $W2/W1$ 大于7.15时,是在中心固相率较低的状态下的轻压下,因此是吸引富集钢水的前阶段,还不需要轻压下。并且,在 $W2/W1$ 为0时,是指铸坯内部的未凝固区域完全为零、即成为完全凝固状态,该阶段的铸坯轻压下为不影响抑制中心偏析的状态。即,为了以 $W2/W1$ 自7.15至0线性变化的方式进行轻压下,控制各辊的轻压下量是有效的。这是因为,对于圆截面形状的铸坯,通过控制轻压下量,能够求出唯一的铸坯与轻压下辊相接触的长度。

[0051] 在本发明的连续铸造方法中,优选以下的形态。

[0052] 优选在步骤1中使用的铸模的内壁面的横截面的直径为400mm~600mm。这是由于以下的理由。

[0053] 首先,利用未凝固压下法抑制产生中心偏析,因此为了向铸造方向上游侧充分排

出已富集有偏析元素的钢水,必须在大范围内压下铸坯的未凝固区域。然而,通过铸造得到的铸坯的截面积越小,越容易冷却到铸坯的中心,因此自铸模内的弯月面到铸坯完全凝固的位置为止的距离(以下称作“未凝固区域的长度”)缩短。特别是,在铸模的内壁面的直径小于400mm的情况下,越无法向铸造方向上游侧充分排出已富集有偏析元素的钢水,未凝固区域的长度越缩短。而且,铸模的内壁面的直径越小,为了确保铸坯的生产率,越需要增加股数,因此连续铸造机所需要的费用巨大。因此,优选铸模的内壁面的直径为400mm以上。

[0054] 另一方面,在铸模的内壁面的直径大到超过600mm时,铸坯完全凝固的位置为超过通常的连续铸造机的机身长度的位置,难以应用步骤3的完全凝固后压下法,难以压缩中心疏松而使其降低。并且,在能够应用完全凝固后压下法并且能够将铸坯压下至能够省略开坯轧制的程度的大小的情况下,连续铸造机的机身长度非常长,因此连续铸造机所需要的费用巨大。因此,优选铸模的内壁面的直径为600mm以下。

[0055] 根据以上的理由,优选铸模的内壁面的直径为400mm~600mm。并且,更优选该直径为400mm~460mm。在将铸模的内壁面的直径设为所述的范围的情况下,铸坯的生产率较高,因此容易使铸造速度降低至下述的优选的范围(0.35m/min~0.65m/min)。

[0056] 在本发明的连续铸造方法中,优选铸造速度为0.30m/min~0.65m/min。在铸造速度小于0.30m/min的情况下,在铸坯到达未凝固压下辊之前连铸坯的内部都完全凝固的可能性较高,而有可能无法应用步骤2中的未凝固压下法。并且,在步骤3中利用完全凝固后压下辊进行压下时,铸坯中心部的温度与表面的温度之差变小,铸坯中心部的变形阻力与表面的变形阻力之差变小,因此压下渗透度变低,有可能无法充分压缩中心疏松。

[0057] 另一方面,在铸造速度超过0.65m/min时,铸坯完全凝固的位置为超过通常的连续铸造机的机身长度的位置的可能性较高。结果,难以应用步骤3中的完全凝固后压下法,难以压缩中心疏松而使其降低。

[0058] 根据以上的理由,优选铸造速度为0.30m/min~0.65m/min。在铸造速度在该范围内时,容易生成等轴晶,因此能够更加降低中心偏析。并且,容易使钢水中的夹杂物浮起而将其除去,从而能够更加提高铸坯的品质。更加优选的是铸造速度为0.35m/min~0.60m/min。

[0059] 在本发明的连续铸造方法中,优选对铸坯进行二次冷却时的比水量为0.10L/kg-steel~0.55L/kg-steel。这是因为,在小于0.10L/kg-steel的情况下,难以将冷却水的喷射流维持为规定形状来充分冷却铸坯的规定范围。并且还因为,在超过0.55L/kg-steel时,铸坯的冷却强度局部过大。对于冷却强度过大的部分,在冷却时和回热时,温度的振幅较大,因此有可能产生表面裂纹。更优选二次冷却比水量为0.15L/kg-steel~0.20L/kg-steel。

[0060] 在本发明的步骤3(完全凝固后压下法)中,利用水平辊和铅垂辊压下铸坯的压下率分别为5.4%~6.8%。以下,只要没有特别记载,在水平辊的情况下,步骤3中的铸坯的压下率就是指各水平辊沿铸坯的厚度方向压下铸坯的压下量与铸坯的压下前的厚度方向的厚度之比,在铅垂辊的情况下,步骤3中的铸坯的压下率就是指各铅垂辊沿铸坯的宽度方向压下铸坯的压下量与铸坯的压下前的宽度方向的宽度之比。

[0061] 将步骤3中的铸坯的压下率设为5.4%~6.8%的理由是因为,在压下率小于5.4%的情况下,无法充分压下铸坯,难以压缩中心疏松而使其降低。另一方面是因为,在压下率

大于6.8%时,铸坯的压下率过大,铸坯产生表面裂纹。铸坯的表面裂纹也包括因压下所导致的纵向弯曲变形而产生的表面裂纹。

[0062] 对于在步骤3中使用的完全凝固后压下辊,在将相邻的一对水平辊和一对铅垂辊作为一组时,可以是一组,但优选为2组~7组。

[0063] 在步骤3中,优选在铸坯的中心温度比表面温度高150℃以上的状态下进行压下。这是因为,在铸坯的中心温度比表面温度高150℃以上的情况下,与铸坯表面的变形阻力相比,铸坯中心部的变形阻力足够小,因此,即使是较小的压下量,也能够提高压下渗透度,能够更加可靠地抑制中心偏析并且压缩中心疏松而使其降低。铸坯的中心温度比表面温度高150℃以上的状态例如能够通过适当地控制铸造速度和二次冷却比水量来实现。另外,铸坯的中心温度与表面温度之差例如能够基于利用红外热摄像仪(日文:サーモビューアー)、辐射温度计测量到的铸坯表面温度,并根据通过凝固模型计算(日文:凝固モデル計算)而求出的铸坯的中心温度来掌握。在步骤3中,优选铸坯的中心温度与表面温度之差(铸坯的中心温度-铸坯的表面温度)为500℃以下。

[0064] 另外,在步骤3中,优选铸坯的两组平行的面之间的间隔相等,均为235mm~270mm、即横截面是一边的长度为235mm~270mm的角部带有圆角的正方形。其理由是因为,在之后轧制铸坯而将其加工成钢坯(截面是一边为100mm~200mm的正方形,或者直径为100mm~200mm的圆形)时,能够省略以往的开坯轧制工序(将铸坯轧制成截面是一边为235mm~270mm的正方形的一次轧制工序),能够削减轧制前的铸坯的加热所需要的能量成本。

[0065] 实施例

[0066] 为了确认本发明的铸坯的连续铸造方法的效果,实施了以下所示的铸造试验。

[0067] (1)试验条件

[0068] 在铸造试验中,使用图2所示的连续铸造机。未凝固压下辊配置在铸造方向下游侧的距铸模内的弯月面17m~32m的区间,完全凝固后压下辊配置在铸造方向下游侧的距弯月面32m~45m的区间。未凝固压下辊配置有6对水平辊,将辊间距(在铸造方向上相邻的辊对之间的距离)设为1.2m。在将自铸造方向上游侧起依次配置的一对水平辊和一对铅垂辊作为一组时,完全凝固后压下辊沿铸造方向配置有7组。

[0069] 铸造速度为0.30m/min(试验编号3)或0.50m/min(试验编号1~2和试验编号4~9),二次冷却比水量为0.20L/kg-steel。铸造试验所使用的钢种具有表1所示的化学组成。

[0070] [表1]

化学组成(质量%、其余部分为Fe和杂质)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N
0.72	0.27	0.73	0.016	0.010	0.09	0.024	0.0040

[0072] 在表2中,作为试验条件,示出了铸模的内壁面的横截面的形状、在步骤2(未凝固压下法)中的压下条件、在步骤3(完全凝固后压下法)中的压下条件。作为在步骤2中的压下条件,示出了未凝固压下辊的各辊对的压下率的范围、铸坯的未凝固区域的宽度(图4中的W2)同铸坯与未凝固压下辊相接触的接触部分的宽度(图4中的W1)之比(接触比,W2/W1)的范围以及全部未凝固压下辊的合计压下率。作为在步骤3中的压下条件,示出了完全凝固后压下辊(水平辊和铅垂辊)的各辊对的压下率以及全部水平辊和全部铅垂辊各自的合计压下率。对于未凝固压下辊,以形成一定的压下锥度的方式设定各辊对在压下方向上的辊间

隔。

[0073] [表2]

[0074]

试验 编号	分类	铸模 截面 形状	步骤 2 (未凝固压下法)			步骤 3 (完全凝固后压下法)				铸坯的 中心温 度与表 面温度 之差 (℃)
			辊压 下率*1 x(%)	辊接 触比*2 (W2/W1)	合计 压下率 (%)	辊压 下率*1 (%)		合计 压下率 (%)		
						厚度 方向	宽度 方向	厚度 方向	宽度 方向	
1	本发明例	圆形	$0.5 < x \leq 2.0$	0.0-7.1	7.5	6.7	6.8	40.3	47.8	150以上
2	本发明例	圆形	$0.8 < x \leq 1.8$	0.0-5.6	7.8	5.4	5.7	32.2	40.0	150以上
3	本发明例	圆形	$0.8 < x \leq 1.8$	0.0-5.6	7.8	5.4	5.7	32.2	40.0	小于150
4	比较例	圆形	$0.5 < x \leq 2.0$	0.0-7.1	7.5	—	—	—	—	150以上
5	比较例	圆形	$0.0 < x \leq 0.3$	0.0-15.2	1.0	5.8	5.1	34.6	35.6	150以上
6	比较例	圆形	$0.5 < x \leq 2.0$	0.0-7.1	7.5	4.7	5.1	28.1	35.6	150以上
7	比较例	圆形	$1.0 < x \leq 3.0$	0.0-5.1	13.0	6.4	7.3	38.1	51.1	150以上
8	比较例	矩形	$0.5 < x \leq 2.0$	—	7.5	—	—	—	—	150以上
9	比较例	矩形	$1.0 < x \leq 3.0$	—	13.0	—	—	—	—	150以上

[0075] *1:各辊对的压下率的值或者压下率的范围(最大值和最小值)

[0076] *2:未凝固区域的宽度同铸坯与辊相接触的接触部分的值之比的范围(最大值和最小值)

[0077] 在试验编号1~5中,铸模使用内壁面的横截面是直径为450mm的圆形的铸模,在试验编号6和试验编号7中使用内壁面的横截面是厚度为345mm、宽度为460mm的矩形的铸模。铸模的长度均为800mm。

[0078] 试验编号1和试验编号2是满足本发明的规定条件的本发明例。试验编号3是铸造速度为0.30m/min并且铸坯的中心温度与表面温度之差小于150℃的例子。另外,试验编号4是步骤2中的压下率的范围与试验编号1相同、但在步骤2(未凝固压下法)之后未应用步骤3(完全凝固后压下法)的比较例。试验编号5是这样的比较例:在步骤2中,接触比的范围的最大值大于本发明所规定的范围的最大值,并且,在步骤3中,各辊对的压下率的范围偏向小于本发明所规定的范围的一侧。另外,试验编号6是在步骤3中各辊对的压下率的范围偏向小于本发明所规定的范围的一侧的比较例,试验编号7是在步骤3中各辊对的压下率的范围偏向大于本发明所规定的范围的一侧的比较例。

[0079] 试验编号8和试验编号9是铸坯为方形铸坯的比较例,未应用步骤3。在试验编号8中,步骤2中的压下率的范围与试验编号1的相同,与试验编号8相比,在试验编号9中,步骤2中的压下率的范围较大。

[0080] (2)试验结果

[0081] 在表3中,示出了得到的铸坯的品质评价结果作为试验结果。通过评价中心偏析、中心疏松、内部裂纹以及非压下面的表面裂纹的产生状态来进行品质评价。“非压下面的表面裂纹”是指得到的铸坯的同在步骤2中未与未凝固压下辊接触的面相当的面上的表面裂纹。在该表3中,将评价分为3个等级,1是指合格水平(能够不限定产品用途地使用的水平),2是指若限定产品用途则能够使用的水平,3是指不合格水平(不论产品用途如何,均无法使

用的水平)。

[0082] 中心偏析是通过如下这样来进行评价的,即:对自所得到的铸坯裁下的横截面的试样实施镜面研磨,利用苦味酸溶液蚀刻研磨面,进行观察。观察的结果,在与铸坯的两组平行的面中的各组平行的面平行的方向上的中心偏析的宽度中的较大的宽度小于3mm的情况下,将评价设为1,在为3mm以上且小于10mm的情况下,将评价设为2,在为10mm以上的情况下,将评价设为3。

[0083] 中心疏松是通过对所得到的铸坯进行超声波探伤来进行评价的。超声波探伤的结果,在回波高度小于20%的情况下,将评价设为1,在为20%以上且小于60%的情况下,将评价设为2,在为60%以上的情况下,将评价设为3。

[0084] 内部裂纹是通过如下这样来进行评价的,即:对自所得到的铸坯裁下的横截面的试样实施镜面研磨,对研磨面进行硫印,通过用肉眼观察来评价有无产生内部裂纹。非压下面的表面裂纹是通过如下这样来进行评价的,即:通过用肉眼观察所得到的铸坯的非压下面(同未与未凝固压下辊接触的面相当的面)来评价非压下面有无产生表面裂纹。

[0085] [表3]

[0086]

试验 编号	分类	中心 偏析	中心 疏松	产生 内部 裂纹	产生 表面 裂纹 *3
1	本发明例	1	1	无	无
2	本发明例	1	1	无	无
3	本发明例	1	1	无	无
4	比较例	1	2	无	无
5	比较例	2	2	无	无
6	比较例	1	2	无	无
7	比较例	1	1	有	有
8	比较例	2	2	无	无
9	比较例	1	1	有	有

[0087] *3:铸坯的非压下面(同在步骤2中未与辊接触的面相当的面)有无产生表面裂纹

[0088] 如表3所示,作为本发明例的试验编号1、2的铸坯的中心偏析和中心疏松这两者的评价均为1,也没有发现内部裂纹,具有良好的内部品质。并且,也没有发现非压下面的表面裂纹,具有良好的表面品质。另外,在铸坯的中心温度与表面温度之差小于150℃的试验编号3中,回波高度的数值不比试验编号2的回波高度的数值大,中心疏松的评价为1。在试验编号3中,中心偏析和中心疏松这两者的评价维持合格水平,也没有发现内部裂纹,具有良好的内部品质。并且,也没有发现非压下面的表面裂纹,具有良好的表面品质。

[0089] 作为比较例的试验编号4的铸坯的中心疏松的评价为2,内部品质较差。这被认为是因为,没有应用步骤3的完全凝固后压下法,因此残留有中心疏松。除中心疏松以外的项目为与试验编号1同等的评价。

[0090] 作为比较例的试验编号5的铸坯的中心偏析和中心疏松这两者的评价均为2,内部品质较差。中心偏析的评价为2的理由被认为是因为,在步骤2中的接触比较大,因此铸坯的未凝固压下量不足。另外,中心疏松的评价为2的理由被认为是因为,在步骤3中的完全凝固

后压下率较小,因此残留有中心疏松。没有发现内部裂纹和非压下面的表面裂纹。

[0091] 作为比较例的试验编号6的铸坯的中心偏析的评价为1,但中心疏松的评价为2,内部品质较差。中心疏松的评价为2的理由被认为是因为,在步骤3中的完全凝固后压下率较小,因此残留有中心疏松。没有发现内部裂纹和非压下面的表面裂纹。

[0092] 对于作为比较例的试验编号7的铸坯,发现了内部裂纹和随着纵向弯曲变形而在非压下面产生的表面裂纹。这被认为是因为,在步骤2中的接触比较小,因此铸坯的未凝固压下量过大,并且在步骤3中的完全凝固后压下率过大。中心偏析和中心疏松为与试验编号1同等的评价。

[0093] 作为比较例的试验编号8的方形铸坯的中心偏析和中心疏松这两者的评价均为2,与压下率同等的试验编号1的圆形铸坯相比,内部品质较差。这被认为是因为,在方形铸坯的情况下,未凝固压下辊与铸坯的整个宽度范围接触,相对于此,在圆形铸坯的情况下,与方形铸坯相比,与铸坯接触的部分的宽度较窄,因此,与圆形铸坯相比,方形铸坯的压下渗透度较低。没有发现内部裂纹和非压下面的表面裂纹。

[0094] 对于作为比较例的试验编号9的方形铸坯,发现了内部裂纹和非压下面的表面裂纹。在试验编号9中,为了提高压下渗透度,与试验编号8相比,提高了步骤2中的压下率。由于压下量过大,因此因压下时的纵向弯曲变形而在铸坯的非压下面产生较大的应变,伴随于此,在非压下面(方形铸坯的短边侧的面)产生表面裂纹。中心偏析和中心疏松为与试验编号1同等的评价。

[0095] 产业上的可利用性

[0096] 本发明的铸坯的连续铸造方法能够应用于高级条钢产品所使用的大范围的钢种,采用本发明的铸坯的连续铸造方法,能够使用平滑辊来制造没有中心偏析、中心疏松、内部裂纹以及表面裂纹而且操作容易的适合高级条钢产品的大截面的铸坯。

[0097] 附图标记说明

[0098] 1、中间包;2、钢水;3、浸入式水口;4、铸模;5、弯月面;6、铸坯;6a、未凝固区域;7、导辊;8、压下辊组;9、未凝固压下辊;10、完全凝固后压下辊;11、水平辊;12、铅垂辊;100、方形铸坯;101、平滑辊;102、表面裂纹。

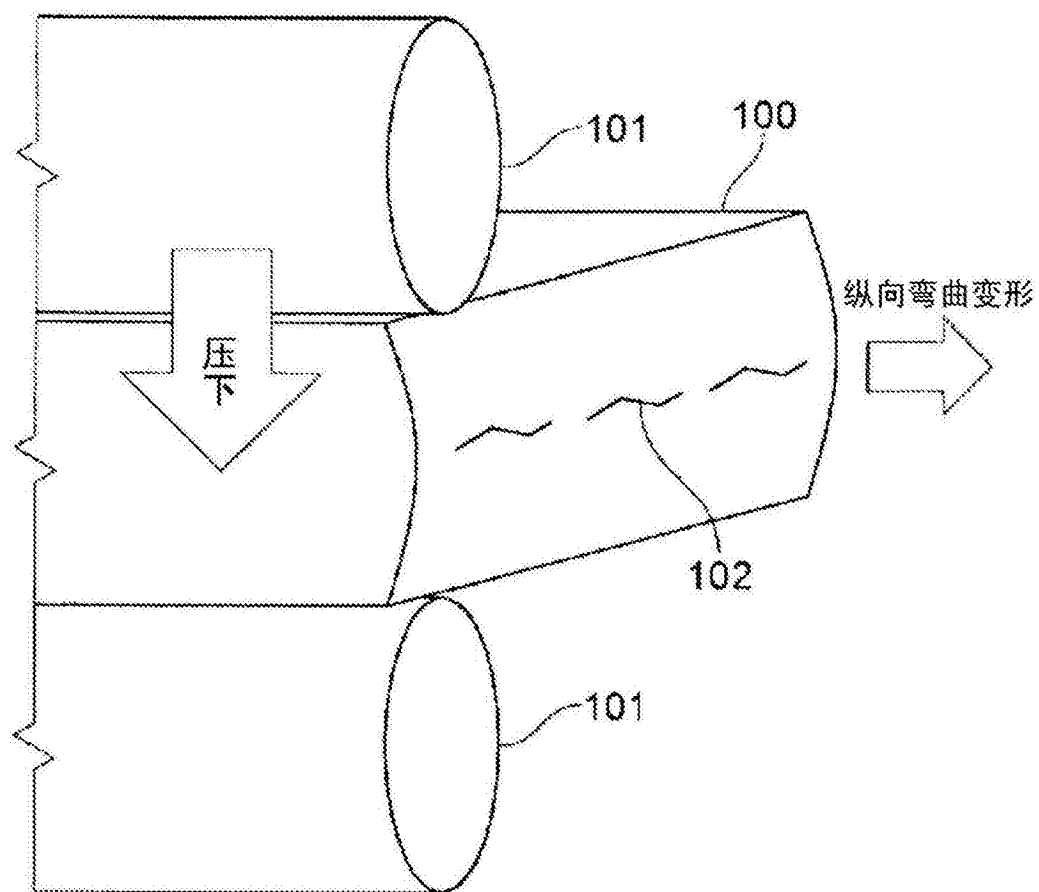


图1

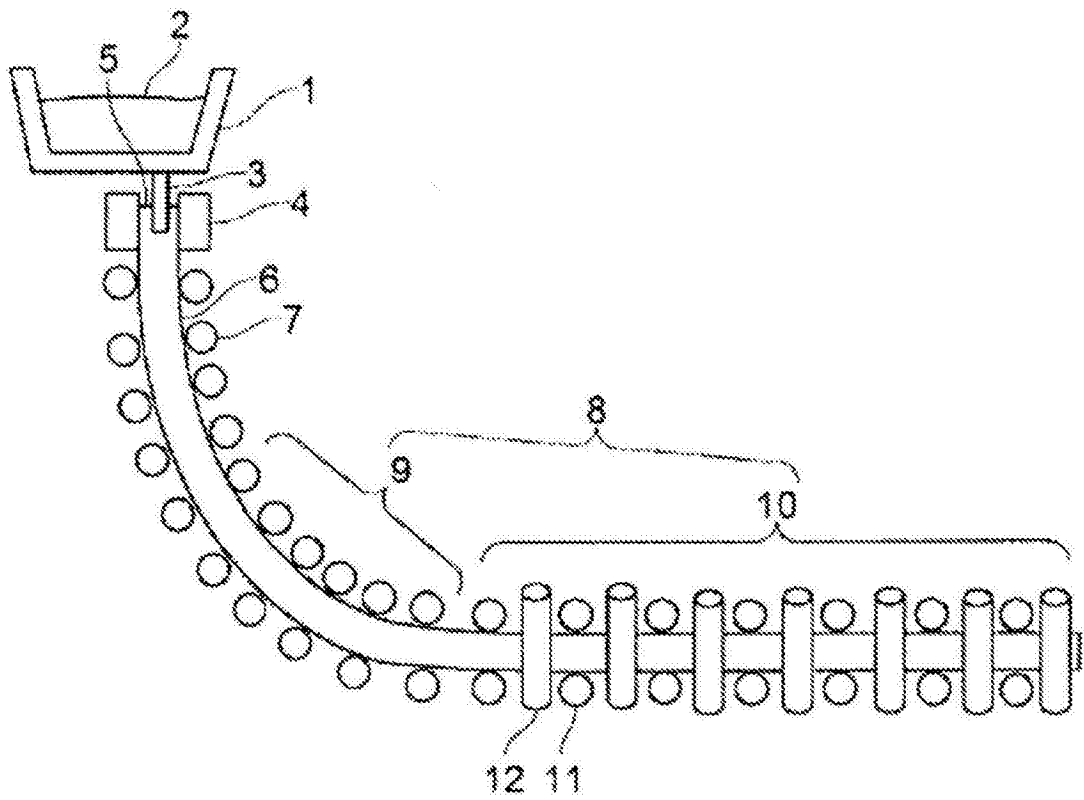


图2

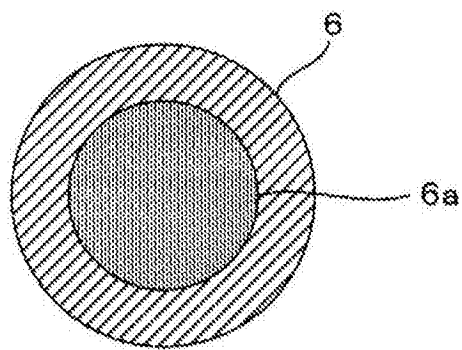


图3

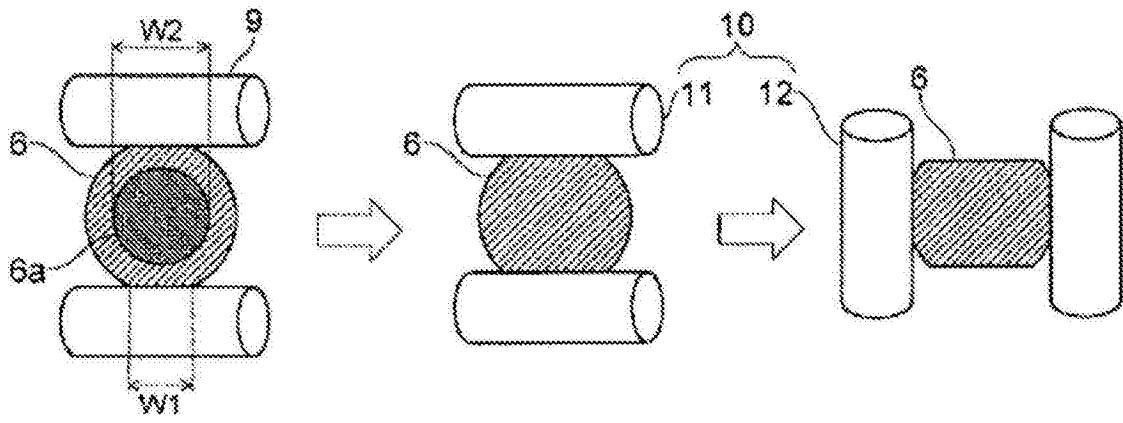


图4