



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116669880 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 29

(21) 申请号 202180084730.2

(22) 申请日 2021.11.29

(30) 优先权数据

2020-216099 2020.12.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.06.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/043677 2021.11.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/138002 JA 2022.06.30

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 涩田直哉 大山智史 田中芳幸

松井章敏

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

专利代理师 满凤 金龙河

(51) Int.Cl.

B22D 11/00 (2006.01)

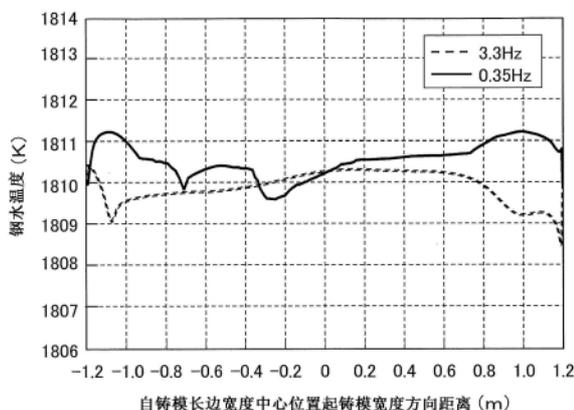
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

钢的连铸方法

(57) 摘要

本发明提供即使是极厚板坯铸片、使用垂直未凝固型连铸机也能够更高速地连铸并且在确保所得到的板坯铸片的内部品质的同时防止表面裂纹的钢的连铸方法。本发明的钢的连铸方法为使用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片的钢的连铸方法,其中,利用铸模内电磁搅拌装置对铸模内的钢水施加沿铸模宽度方向移动的交流移动磁场,在上述钢水中诱发旋流,在搅拌钢水的同时进行连铸,此时,由下述(1)式计算出的上述交流移动磁场的行进速度为0.20~1.50m/秒。在此,在(1)式中,U为交流移动磁场的行进速度(m/秒), τ 为铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距(m),f为对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率(Hz)。 $U=2\tau f\cdots\cdots(1)$



1. 一种钢的连铸方法,其是使用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片的钢的连铸方法,其中,

利用铸模内电磁搅拌装置对铸模内的钢水施加沿铸模宽度方向移动的交流移动磁场,在所述钢水中诱发旋流,在搅拌所述钢水的同时进行连铸,此时,

由下述(1)式计算出的所述交流移动磁场的行进速度为0.20~1.50m/秒,

$$U=2\tau f \cdots \cdots (1)$$

在(1)式中,U为交流移动磁场的行进速度(m/秒), τ 为铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距(m), f 为对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率(Hz)。

2. 根据权利要求1所述的钢的连铸方法,其中,对所述铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率为0.2~1.0Hz。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的钢的连铸方法,其中,在铸模高度方向位置为所述铸模内电磁搅拌装置的线圈的高度方向的中心位置且铸模厚度方向位置为距铸模长边的内表面15mm的位置的铸模内,所述交流移动磁场的磁通密度的铸模厚度方向成分的有效值以铸模宽度方向的平均值计为0.008T以上。

4. 根据权利要求1~权利要求3中任一项所述的钢的连铸方法,其中,被连铸的板坯铸片的厚度为360mm以上且540mm以下。

5. 根据权利要求1~权利要求3中任一项所述的钢的连铸方法,其中,被连铸的板坯铸片的厚度为400mm以上且500mm以下。

6. 根据权利要求4或权利要求5所述的钢的连铸方法,其中,铸片拉拔速度为0.3~0.8m/分钟。

7. 根据权利要求1~权利要求6中任一项所述的钢的连铸方法,其中,在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm的位置处的板坯铸片的凝固界面的钢水的平均流速为0.08~0.3m/秒。

钢的连铸方法

技术领域

[0001] 本发明涉及利用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片的钢的连铸方法,详细而言,涉及在对铸模内的钢水施加交流移动磁场而在钢水中诱发旋流的同时进行连铸的钢的连铸方法。

背景技术

[0002] 在锅炉用钢板、压力容器用低合金钢钢板、海洋结构物、工业机械用高强度钢钢板等中有板厚超过100mm、作为重要构件使用的钢板(高品质极厚钢板)。就这些高品质极厚钢板而言,从使用性能方面考虑,有时内部品质成为问题,因此以往采用如下改善高品质极厚钢板的内部品质的制造方法:使用铸锭法制造大型铸锭,通过以充分的压下比轧制或锻造该大型铸锭来制造高品质极厚钢板。

[0003] 另一方面,由于上述铸锭法的生产率低,因此也尝试了使用连铸法制造铸片厚度厚的所谓“极厚板坯铸片”的方法。但是,在利用连铸法得到的极厚板坯铸片中,在铸片厚度的中心部容易产生中心偏析、被称为孔隙的铸片缺陷。即,在由通过连铸法得到的极厚板坯铸片制造高品质极厚钢板时,由于不能确保充分的压下比,因此铸片的内部缺陷残留,有时高品质极厚钢板的内部品质成为问题。在此,“孔隙”表示在晶粒间生成由气泡等形成的空隙、晶粒未紧密地填充的状态。

[0004] 另外,在利用连铸法连铸极厚板坯铸片时,由于连铸设备的设备长度的限制、铸片的隆起防止等,一般进行极低速铸造。在极厚板坯铸片的低速铸造中,每单位时间向铸模的钢水注入量少,铸模内钢水液面(以下也称为“弯液面”)处的钢水的温度降低,因而钢水凝固,铸模内钢水液面容易发生结皮。在发生这样的结皮的情况下,由于以润滑剂和保温剂等为目的向铸模内钢水液面投入的保护渣的卷入以及结皮部向铸片内部的带入,在极厚板坯铸片中发生内部缺陷。

[0005] 专利文献1中公开了在连铸厚度为400mm以上的极厚板坯铸片时对铸模内的钢水实施电磁搅拌、从而对弯液面附近的钢水赋予旋流速度的方法。根据专利文献1,通过对弯液面附近的钢水赋予旋流速,能够实现防止弯液面的结皮、抑制在弯液面附近的凝固壳的生长,并且能够解决因上述铸模内的弯液面处的钢水的温度降低而产生的问题。

[0006] 专利文献2中公开了:作为使用垂直型连铸机以0.2m/分钟以下的铸片拉拔速度连铸铸片厚度为380mm以上的极厚板坯铸片的方法,将浸渍喷嘴设置在相对于实质铸片厚度的中央部进行连铸,使中间包内钢水相对于液相线温度的过热度为10℃~50℃而进行连铸,以及使用铸模内电磁搅拌在搅拌铸模内钢水的同时进行连铸。

[0007] 根据专利文献2,通过上述的连铸方法,在钢水中生成大量等轴晶的核,使在极厚板坯铸片的中心部产生的等轴晶的粒径微细化,抑制孔隙的产生,由此能够改善钢板制品的韧性。另外,专利文献2中还公开了:使用铸模内电磁搅拌在搅拌铸模内钢水的同时进行连铸时,使等轴晶的粒径微细化的效果提高。

[0008] 现有技术文献

- [0009] 专利文献
[0010] 专利文献1:日本特开平11-277197号公报
[0011] 专利文献2:日本特开2007-229736号公报

发明内容

[0012] 发明所要解决的问题

[0013] 近年来,即使是上述极厚板坯铸片,也要求以更高的速度进行连铸,提高生产率。

[0014] 但是,在专利文献1中,仅示出了在极厚板坯铸片的厚度为400mm时将铸片拉拔速度设定为0.25m/分钟的例子,另外,关于铸模内电磁搅拌的条件,仅记载了以弯液面附近处的钢水的旋流速为0.2~0.4m/秒的方式实施电磁搅拌。

[0015] 专利文献2中,使用垂直型连铸机,在垂直型连铸机中,由于连铸设备的设备长度的关系,与垂直未凝固弯曲型连铸机相比,不得不减慢铸片拉拔速度,因此,仅示出了在极厚板坯铸片的厚度为380mm时铸片拉拔速度为0.15~0.16m/分钟的例子。另外,关于此时的铸模内电磁搅拌的条件,没有记载。

[0016] 因此,以往在使用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸极厚板坯铸片时,没有发现用于更高速地铸造极厚板坯铸片的铸模内电磁搅拌的施加条件。另外,作为极厚板坯铸片的对象的钢种包括亚包晶钢等在铸片表面容易产生表面裂纹的钢种,因此,增加铸片拉拔速度时,容易发生铸模内初始凝固的不均匀,极厚板坯铸片的表面裂纹的产生风险显著提高。

[0017] 即,关于极厚板坯铸片的品质,以往主要考虑内部品质,但是随着极厚板坯铸片的铸片拉拔速度的增加,需要设定还考虑了防止表面裂纹的铸造条件。

[0018] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供即使是极厚板坯铸片、使用垂直未凝固弯曲型连铸机也能够更高速地连铸、并且在确保所得到的板坯铸片的内部品质的同时防止表面裂纹的钢的连铸方法。

[0019] 用于解决问题的方法

[0020] 用于解决上述问题的本发明的主旨如下。

[0021] [1]一种钢的连铸方法,其是使用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片的钢的连铸方法,其中,

[0022] 利用铸模内电磁搅拌装置对铸模内的钢水施加沿铸模宽度方向移动的交流移动磁场,在上述钢水中诱发旋流,在搅拌上述钢水的同时进行连铸,此时,

[0023] 由下述(1)式计算出的上述交流移动磁场的行进速度为0.20~1.50m/秒。

[0024]
$$U=2\tau f \dots \dots (1)$$

[0025] 在(1)式中,U为交流移动磁场的行进速度(m/秒), τ 为铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距(m),f为对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率(Hz)。

[0026] [2]根据上述[1]所述的钢的连铸方法,其中,对上述铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率为0.2~1.0Hz。

[0027] [3]根据上述[1]或[2]所述的钢的连铸方法,其中,在铸模高度方向位置为上述铸模内电磁搅拌装置的线圈的高度方向的中心位置且铸模厚度方向位置为距铸模长边的内表面15mm的位置的铸模内,上述交流移动磁场的磁通密度的铸模厚度方向成分的有效值以铸模宽度方向的平均值计为0.008T以上。

[0028] [4]根据上述[1]~上述[3]中任一项所述的钢的连铸方法,其中,被连铸的板坯铸片的厚度为360mm以上且540mm以下。

[0029] [5]根据上述[1]~上述[3]中任一项所述的钢的连铸方法,其中,被连铸的板坯铸片的厚度为400mm以上且500mm以下。

[0030] [6]根据上述[4]或上述[5]所述的钢的连铸方法,其中,铸片拉拔速度为0.3~0.8m/分钟。

[0031] [7]根据上述[1]~上述[6]中任一项所述的钢的连铸方法,其中,在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm的位置处的板坯铸片的凝固界面的钢水的平均流速为0.08~0.3m/秒。

[0032] 发明效果

[0033] 根据本发明,在利用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片时,通过适当地确定铸模内电磁搅拌的条件,能够以更高速的铸片拉拔速度的铸造条件连铸即使是极厚板坯铸片、内部品质也良好且没有表面裂纹的板坯铸片。

附图说明

[0034] 图1为示出数值计算结果的一例的图,是调查施加在线圈上的电流的频率对铸模内钢水温度分布的影响的结果。

具体实施方式

[0035] 以下,对本发明的实施方式具体地进行说明。

[0036] 本发明的钢的连铸方法为利用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片的方法,其中,在具有一对铸模长边和一对铸模短边并且由上述铸模长边与上述铸模短边形成矩形的内部空间的连铸用铸模的上述一对铸模长边的背面配置夹着铸模长边相对的一对磁极。该磁极设置在覆盖利用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸的板坯铸片的最大宽度的铸模宽度方向的范围内。从该磁极产生磁场的移动方向为铸模宽度方向的交流移动磁场,对铸模内的钢水施加交流移动磁场,在铸模内的钢水中诱发旋流,在搅拌铸模内的钢水的同时进行连铸。

[0037] 对铸模内的钢水施加交流移动磁场时,交流移动磁场作用的范围的铸模内的钢水沿着铸片长边的凝固界面在交流移动磁场的移动方向上移动。通过将夹着一对铸模长边相对的一对磁极施加的交流移动磁场的移动方向分别设为相反方向,相对的铸片长边的凝固界面附近的钢水分别向铸模宽度方向的相反方向移动,因此在铸模内诱发沿铸模宽度方向旋转的钢水的旋流。由此,在铸模内钢水中形成具有沿水平方向旋转的流速成分的钢水的搅拌流。

[0038] 对于交流移动磁场的移动方向而言,只要从一对磁极施加的交流移动磁场的移动方向分别为相反方向,则从铸模的正上方观察时的磁场的移动方向可以为顺时针方向,也可以为逆时针方向,哪种方向都可以。无论是顺时针方向还是逆时针方向,效果都是相同的。需要说明的是,从相对于铸模长边相同背面侧的磁极施加相同移动方向的交流移动磁场。

[0039] 在此,“垂直未凝固弯曲型连铸机”是指铸模和铸模的下方数m的范围垂直、即铅直

(垂直部)、垂直部的下方弯曲成圆弧状(弯曲部)、然后沿水平方向(水平部)拉拔出铸片的连铸机。即,是在铸片的内部存在未凝固相的状态下将铸片从垂直部向弯曲部拉拔的连铸机。

[0040] 本发明人对在利用如上所述的交流移动磁场进行铸模内钢水的流动控制的连铸方法中连铸铸片厚度为400mm~500mm、铸片宽度为1900mm~2450mm的极厚板坯铸片的情况进行了关于铸模内的钢水流动状况的调查。在此,“极厚板坯铸片”是指板坯铸片的厚度为360mm以上的板坯铸片。极厚板坯铸片的宽度通常为约1000mm以上,但是在以高品质极厚钢板为对象的情况下,优选增大极厚板坯铸片的每单位长度的质量,在此情况下,铸片宽度为1600mm以上。

[0041] 在该调查中,主要通过数值计算,使铸片拉拔速度与交流移动磁场的施加条件的组合变化,反复求出铸模内钢水的流速分布。需要说明的是,用于从中间包向铸模内注入钢水的浸渍喷嘴的条件设定为:排出孔为横向65mm、纵向75mm的矩形的2个孔,排出孔的排出角度为从水平方向向下 15° ~ 25° ,浸渍深度为200mm。在此,“浸渍喷嘴的浸渍深度”是指从弯液面到浸渍喷嘴排出孔上端的长度(距离)。

[0042] 其结果发现,通过在由下式(1)计算出的交流移动磁场的行进速度满足0.20~1.50m/秒的条件下进行连铸,即使在将铸片拉拔速度设定为0.3m/分钟以上的铸造条件下,也能够得到缺陷少的高品质的极厚板坯铸片。

[0043]
$$U=2\tau f \cdots \cdots (1)$$

[0044] 在(1)式中,U为交流移动磁场的行进速度(m/秒), τ 为铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距(m), f 为对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率(Hz)。

[0045] 铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距(磁极距) τ 通常不能变化,一旦导入铸模内电磁搅拌装置的设备,就被固定为恒定值。因此,为了将由上述(1)式计算出的交流移动磁场的行进速度控制在0.20~1.50m/秒的范围内,与所设置的铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距 τ 相对应地调节对线圈施加的电流的频率。例如,如果线圈的磁极间距 τ 为700mm,则通过使施加在线圈上的电流的频率在0.143Hz到1.071Hz的范围内,使由(1)式计算出的交流移动磁场的行进速度U为0.20~1.50m/秒。即,在线圈的磁极间距 τ 为700mm时,如果将施加在线圈上的电流的频率设定在0.2~1.0Hz的范围内,则由(1)式计算出的交流移动磁场的行进速度U在0.20~1.50m/秒的范围内。

[0046] 由(1)式计算出的交流移动磁场的行进速度小于0.20m/秒时,交流移动磁场的行进速度过慢,不能控制铸模内钢水的流动。另一方面,由(1)式计算出的交流移动磁场的行进速度超过1.50m/秒时,利用交流移动磁场在钢水中诱发的水平方向的旋流仅在铸模内表面附近(在铸模厚度中央附近的钢水难以诱发旋流),其结果是,铸模内钢水液面处的钢水温度的分布变得显著。即,与铸模厚度中央附近的钢水的温度相比,铸模内表面附近的钢水的温度降低,铸模内钢水液面处的钢水的温度差变大,对板坯铸片的品质产生不良影响。这是因为,对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率越大,由于表皮效应,交流移动磁场越难以向铸模厚度中央方向渗透。

[0047] 图1中示出数值计算结果的一例。图1为调查以0.6m/分钟的铸片拉拔速度连铸铸片厚度为460mm、铸片宽度为2400mm的极厚板坯铸片时施加在线圈上的电流的频率对距铸模长边表面2.5mm的位置处的钢水温度分布的影响的结果。线圈的磁极间距 τ 均为700mm。

[0048] 在施加在线圈上的电流的频率为3.3Hz时,由式(1)计算出的交流移动磁场的行进速度为4.6m/秒,不满足本发明的范围。此时,如图1所示,钢水温度的最大值与最小值之差为2.0℃。另外,在铸模短边的附近形成有钢水温度低的部位。认为这表示交流移动磁场引起的旋流没有到达作为温度高的钢水的供给源的浸渍喷嘴存在的铸模厚度中央,仅铸模内表面附近的较低温度的钢水由于交流移动磁场发生旋转。

[0049] 另一方面,在施加在线圈上的电流的频率为0.35Hz时,由式(1)计算出的移动磁场的行进速度为0.49m/秒,满足本发明的范围。此时,如图1所示,可知钢水温度的最大值与最小值之差为1.6℃,与对线圈施加频率为3.3Hz的电流时相比,温度差变小,铸模内钢水的温度分布更接近均匀。另外,不存在施加在线圈上的电流的频率为3.3Hz时确认到的低温部,施加在线圈上的电流的频率为0.35Hz时大部分的铸模宽度方向上钢水温度高。认为这表示交流移动磁场引起的旋流到达了铸模厚度中央的结果,从浸渍喷嘴供给的高温钢水被供给到铸模内整体。由此,在极厚板坯的连铸中,即使增加铸片拉拔速度,也不易发生铸模内初始凝固的不均匀,能够降低极厚板坯铸片的表面裂纹产生的风险。

[0050] 需要说明的是,在铸模高度方向位置为铸模内电磁搅拌装置的线圈的高度方向的中心位置且铸模厚度方向位置为朝向铸模厚度中央距铸模长边的内表面15mm的位置的铸模内,交流移动磁场的磁通密度的铸模厚度方向成分的有效值以铸模宽度方向的平均值计优选为0.008T以上。在该位置,如果能够确保满足上述条件的磁通密度,则能够通过由交流移动磁场在钢水中诱发的旋流来实现适当的铸模内钢水流动。另外,交流移动磁场的磁通密度越强,则越容易在钢水中诱发旋流,因此不需要设置磁通密度的上限。

[0051] 但是,为了增强磁通密度,需要增加施加在线圈上的电流密度,如果考虑用于形成对高电流密度能够耐用的设备的设备成本、因施加高电流而导致的电力成本的增大,则只要交流移动磁场的磁通密度的铸模厚度方向成分的有效值以铸模宽度方向的平均值计为0.030T以下,在实用上就是充分的。

[0052] 另外,更优选在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm的位置处的板坯铸片的凝固界面的钢水的平均流速为0.08~0.3m/秒。在此,平均流速是指将钢水流速的时间平均值在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm且固相率 $f_s=0.5$ 的位置处进行空间平均而得到的值。该值可以通过考虑了钢水的凝固的数值流动分析求出。例如,只要对在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm处的固相率 $f_s=0.5$ 的计算网格中的各流速的时间平均值的大小(三维流速矢量的大小)进行算术平均而求出即可。

[0053] 在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm的位置处的板坯铸片的凝固界面处的钢水的平均流速比0.08m/秒慢时,悬浮在钢水中的非金属夹杂物等容易被凝固壳捕捉,在板坯铸片中产生缺陷的风险提高。另一方面,在铸造方向上从铸模内钢水液面往下50mm的位置处的板坯铸片的凝固界面处的钢水的平均流速超过0.3m/秒时,钢水流以高速冲击凝固壳,凝固壳再溶解,产生连铸中的断裂的风险。

[0054] 本发明人在上述的例子的基础上,在铸片的厚度为360mm以上且540mm以下的范围内追加条件进行数值计算,确认了以下的倾向。

[0055] 本发明的钢的连铸方法在被连铸的板坯铸片的厚度为360mm以上且540mm以下的极厚板坯铸片时能够更适当地享受其效果。板坯铸片的厚度小于360mm时,板坯铸片薄,因此即使由交流移动磁场在钢水中诱发的旋流仅在铸模内表面附近,也对铸模内钢水整体产

生搅拌效果,通过应用本发明得到的效果小。板坯铸片的厚度超过540mm时,为了使交流移动磁场渗透到铸模厚度方向中央附近,需要使铸模内电磁搅拌装置大型化,铸模内电磁搅拌装置的设备成本上升。需要说明的是,被连铸的板坯铸片的厚度为400mm以上且500mm以下时更优选。

[0056] 此外,在被连铸的板坯铸片的厚度为360mm以上且540mm以下的极厚板坯铸片时,将本发明应用于将铸片拉拔速度设定为0.3m/分钟~0.8m/分钟的连铸作业时,其效果更显著地发挥,因此优选。根据本发明,在极厚板坯铸片的连铸中,能够实现利用以往的垂直型连铸机难以实现的铸片拉拔速度为0.3m/分钟以上的高速铸造化。需要说明的是,在极厚板坯铸片的连铸中,铸片拉拔速度超过0.8m/分钟时,需要延长连铸设备的设备长度、增强供给钢水的精炼工序的能力,因此在实用上铸片拉拔速度在0.8m/分钟以下就足够。

[0057] 如以上说明的那样,根据本发明,在利用垂直未凝固弯曲型连铸机连铸板坯铸片时,通过适当地确定铸模内电磁搅拌的条件,能够实现以更高速的铸片拉拔速度的铸造条件连铸即使是极厚板坯铸片、内部品质也良好且没有表面裂纹的板坯铸片。

[0058] 实施例1

[0059] 使用垂直部为4.5m的垂直未凝固弯曲型连铸机以0.8m/分钟的铸片拉拔速度连铸铸片厚度为410mm、铸片宽度为1900mm、碳含量为0.12质量%的碳钢的极厚板坯铸片时,应用本发明。

[0060] 所使用的浸渍喷嘴为在浸渍喷嘴的左右分别具有横向65mm、纵向75mm的矩形排出孔的双孔型浸渍喷嘴,将排出孔的排出角度(相对于水平方向的角度)设定为向下15°,将浸渍深度设定为200mm。

[0061] 所使用的铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距 τ 为700mm,在该铸模内电磁搅拌装置中,在铸模高度方向位置为铸模内电磁搅拌装置的线圈的高度方向的中心位置且铸模厚度方向位置为距铸模长边的内表面15mm的位置的铸模内,交流移动磁场的磁通密度的铸模厚度方向成分的有效值以铸模宽度方向的平均值计为0.008T。

[0062] 在本发明例1中,将对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率 f 设定为0.4Hz(交流移动磁场的行进速度 $U=0.56$ m/秒)进行连铸。

[0063] 另外,为了进行比较,还进行了在不对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加电流的条件、即不进行电磁搅拌的条件(比较例1)以及将对铸模内电磁搅拌装置的线圈施加的电流的频率 f 设定为3.3Hz(交流移动磁场的行进速度 $U=4.62$ m/秒)的条件(比较例2)下的连铸。

[0064] 在连铸后,对制造的极厚板坯铸片的内部品质和表面品质进行了调查。内部品质通过研磨后的铸片截面的盐酸腐蚀试验和硫印调查中心偏析、孔隙和内部裂纹。关于表面品质,通过喷丸除去铸片表面的氧化膜等,然后通过渗透试验调查铸片表面的纵向裂纹、横向裂纹和夹杂物的卷入。

[0065] 本发明例1中,极厚板坯铸片的内部品质和表面品质均未发生缺陷。与此相对,在比较例1中,发生了中心偏析和孔隙。在比较例2中,内部品质是可靠的,但是在铸片表面产生了纵向裂纹。

[0066] 实施例2

[0067] 使用垂直部为4.5m的垂直未凝固弯曲型连铸机以铸片拉拔速度0.6m/分钟连铸铸片厚度为460mm、铸片宽度为2200mm、碳含量为0.16质量%的碳钢的极厚板坯铸片时,应用

本发明。

[0068] 所使用的浸渍喷嘴为在浸渍喷嘴的左右分别具有横向65mm、纵向75mm的矩形排出孔的双孔型浸渍喷嘴,将排出孔的排出角度(相对于水平方向的角度)设定为向下 15° ,将浸渍深度设定为200mm。

[0069] 所使用的铸模内电磁搅拌装置的线圈的磁极间距 τ 为700mm,在该铸模内电磁搅拌装置中,在铸模高度方向位置为铸模内电磁搅拌装置的线圈的高度方向的中心位置且铸模厚度方向位置为距铸模长边的内表面15mm的位置的铸模内,交流移动磁场的磁通密度的铸模厚度方向成分的有效值以铸模宽度方向的平均值计为0.008T。

[0070] 在本发明例2中,将施加在铸模内电磁搅拌装置的线圈上的电流的频率 f 设定为0.4Hz(交流移动磁场的行进速度 $U=0.56\text{m/秒}$)进行连铸。

[0071] 另外,为了进行比较,还进行了在将施加在铸模内电磁搅拌装置的线圈上的电流的频率 f 设定为3.3Hz(交流移动磁场的行进速度 $U=4.62\text{m/秒}$)的条件(比较例3)下的连铸。

[0072] 在连铸后,对制造的极厚板坯铸片的内部品质和表面品质进行了调查。对于内部品质,通过研磨后的铸片截面的盐酸腐蚀试验和硫印调查了中心偏析、孔隙和内部裂纹。关于表面品质,通过喷丸除去铸片表面的氧化膜等,然后通过渗透试验调查铸片表面的纵向裂纹、横向裂纹和夹杂物的卷入。

[0073] 在本发明例2中,极厚板坯铸片的内部品质和表面品质均未发生缺陷。与此相对,在比较例3中,内部品质可靠,但是在铸片表面产生夹杂物的卷入。

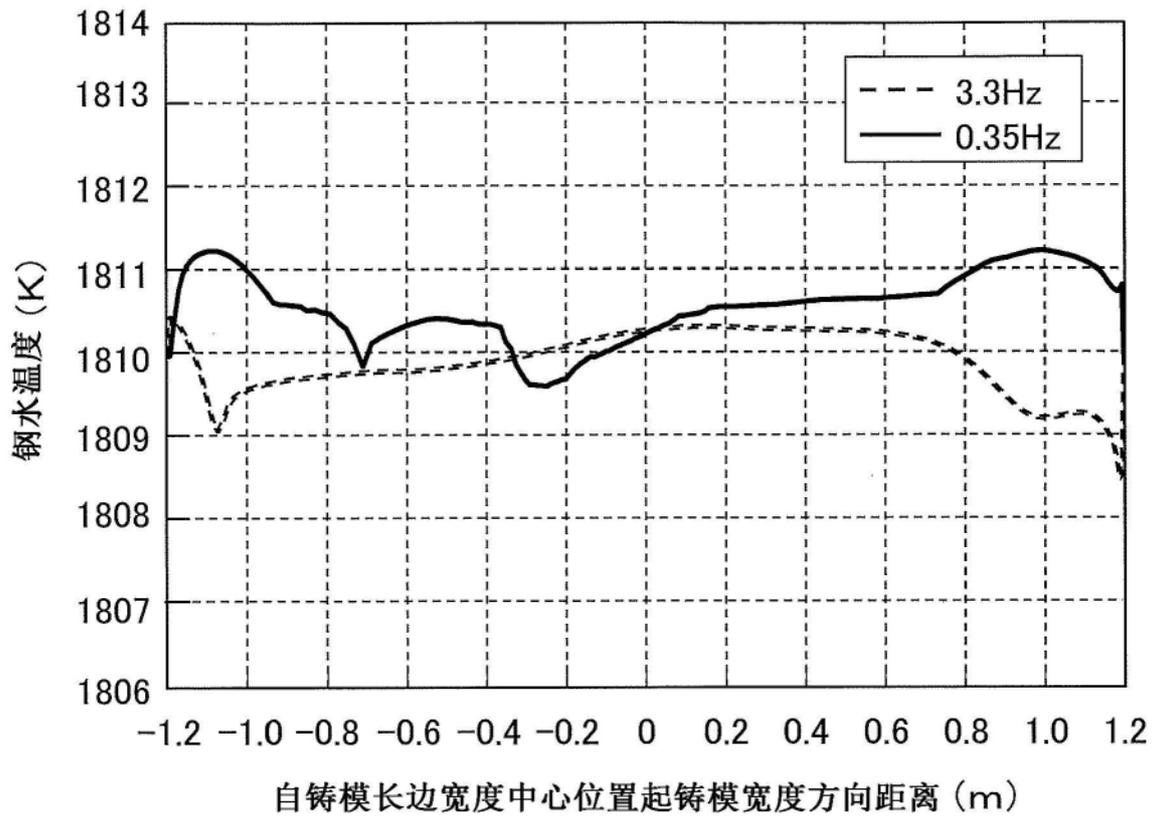


图1