



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101868314 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 22

(21) 申请号 200880116699. 0

(22) 申请日 2008. 11. 19

(30) 优先权数据
10-2007-0117930 2007. 11. 19 KR
10-2008-0114967 2008. 11. 19 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2010. 05. 19

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/KR2008/006816 2008. 11. 19

(87) PCT国际申请的公布数据
W02009/066929 EN 2009. 05. 28

(73) 专利权人 POSCO 公司
地址 韩国庆尚北道

(72) 发明人 任昌熙 元泳穆 朴重吉 权祥钦

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286
代理人 韩明星 王青芝

(51) Int. Cl.
B22D 11/16(2006. 01)

(56) 对比文件
JP 11267814 A, 1999. 10. 05,
CN 1449877 A, 2003. 10. 22,
JP 2000334552 A, 2000. 12. 05,

JP 2005103604 A, 2005. 04. 21,
JP 6126405 A, 1994. 05. 10,
CN 1176160 A, 1998. 03. 18,
CN 1631578 A, 2005. 06. 29,
朱苗勇等. 连铸坯的动态轻压下技术. 《2005年中国钢铁年会论文集》. 2005, 332 - 336.
L·K·Chiang. 用轻压下技术改善连铸板坯中心偏析. 《武钢技术》. 1991, 40-47.
朱苗勇等. 连铸坯的动态压下技术. 《2005年中国钢铁年会论文集》. 2005, 332-336.
林启勇等. 连铸坯动态轻压下的压下参数分析. 《材料与冶金学报》. 2004, 第3卷(第4期), 261-265.
苏亮等. 珠钢薄板坯连铸液芯压下对比试验研究. 《2006年薄板坯连铸连轧国际研讨会论文集》. 2006, 443-446.
Mikio Suzuki 等. 板坯中心偏析形成机理及“轻压下”技术的改善效果. 《2001中国钢铁年会论文集》. 2001, 624-630.

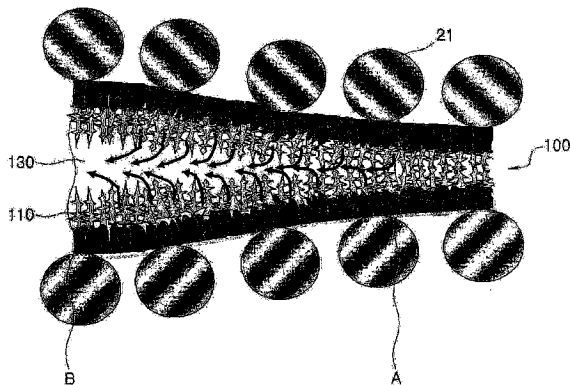
审查员 李星星

权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称
连铸坯及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种连铸坯及其制造方法, 其中, 在连铸工艺过程中, 具有非凝固层的铸坯的凝固层被彼此压缩, 以从根本上防止劣化铸坯质量的诸如中心偏析或疏松的缺陷的出现, 从而减少缺陷。一种通过从结晶器中拉出钢水来生产铸坯的连铸方法包括: 准备压缩单元; 用压缩单元压下去拉出的铸坯的至少一侧, 其中, 使溶质富集残余钢水沿与浇铸方向相反的方向流动回去。因此, 能够生产诸如中心偏析的缺陷被极大消除的铸坯。



1. 一种使用连铸机制造具有 100mm 或大于 100mm 的厚度的连铸坯的方法,通过冷却接收于结晶器中的钢水制造所述连铸坯,其中,当使用具有沿铸坯的厚度方向彼此面对的多个上辊子和下辊子的至少一个段对铸坯进行连铸时,沿铸坯的厚度方向压下在铸坯的中心部分中固相率的范围为第一值至第二值的区域,第一值在 0.05 ~ 0.2 的范围内,第二值在 0.3 ~ 0.6 的范围内,段的压下率设置为沿浇铸方向每 1m 的长度 5mm 至 20mm,通过段的铸坯的压下速度为 3mm / min 至 30mm / min,段的压下量沿浇铸方向的下游增加以使溶质富集剩余钢水沿与浇铸方向相反的方向流动回去,使得铸坯的中心部分具有负偏析。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,设置至少两个段,所述至少两个段具有相同的压下率或不同的压下率。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中,设置至少两个段,在所述至少两个段中,沿浇铸方向位于下游的段具有比沿浇铸方向位于上游的段的压下率更大的压下率。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中,段的最后的辊子具有 0.9 至 1.1 的压下比率。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中,当铸坯具有 0.3 至 0.6 的中心固相率时,被沿厚度方向压缩的铸坯的固相率为 0.9 或大于 0.9。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,在钢水被注入结晶器之前,钢水的过热温度小于 20°C。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中,铸坯的至少一个边缘被倒角。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其中,留在铸坯的具有 0.3 至 0.6 的固相率的中心部分中的溶质富集剩余钢水的至少一部分运动到具有 0.2 或小于 0.2 的固相率的中心部分的区域。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其中,在结晶器和段之间安装至少一个电磁搅拌单元,以通过电磁力来搅拌铸坯中的回流钢水。

10. 一种通过根据权利要求 1 所述的方法制造的连铸坯。

11. 如权利要求 10 所述的连铸坯,其中,所述连铸坯的中心部分具有 $C / C_0 < 1$ 的负偏析, C 是在铸坯中心部分的溶质的浓度, C_0 是在整个铸坯中溶质的浓度。

连铸坯及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种连铸坯及其制造方法,更具体地说,涉及一种这样的连铸坯及其制造方法,其中,在连铸工艺过程中具有非凝固层的铸坯的凝固层被彼此压缩,以从根本上防止劣化铸坯质量的诸如中心偏析或疏松的缺陷的出现,从而减少缺陷。

背景技术

[0002] 通常,铸坯用这样的方式来生产,所述方式是通过冷却单元来冷却接收于结晶器中钢水,如图 1 所示。连铸坯 10 在通过至少一个段 20 时被冷却,然后进行下面的工艺。当将铸坯轧制成厚钢板时,甚至在轧制后,铸坯的缺陷仍会残留,这会导致次品。例如,这样的缺陷可以是中心偏析和疏松。当连续浇铸铸坯时,在凝固的最后阶段富集在剩余钢水中的溶质的流动产生中心偏析。该流动的主要因素是铸坯鼓肚和剩余钢水的凝固收缩。然而,除了由力学因素引起的铸坯鼓肚外,对中心偏析影响最大的是凝固终点附近的凝固收缩引起的剩余钢水的流动。即,如果在连铸工艺中,富集有溶质的剩余钢水(被称为所谓的“溶质富集钢水”)在凝固终点附近集中在凝固收缩区域中,则形成中心偏析。如果凝固收缩区域未被填充而是作为空间留下,则形成中心疏松。

[0003] 用于减少诸如中心偏析和疏松的缺陷的代表技术是轻压下工艺。在连铸工艺过程中,轻压下通过段 20 将压下力施加到铸坯 10。铸坯 10 被压下了与凝固阶段终点的凝固收缩的量一样多的量,以从物理上压缩收缩孔,由此,限制了因凝固收缩而存在于柱状枝晶之间的溶质富集钢水,使其不能进入到铸坯的厚度中心区域,从而改善了铸坯的中心偏析。

[0004] 图 2 是示出在连铸工艺过程中沿浇铸方向的铸坯的剖视图。

[0005] 上述轻压下的本质是将微弱的压力施加到固相/液相共存区,即所谓的糊状区(具有从 0.3 ~ 0.4 到 0.7 ~ 0.8 的固相率),其中,集中在收缩孔中或收缩孔周围的剩余钢水在所述固相/液相共存区形成中心偏析,所述收缩孔在凝固工艺过程中形成。然而,施加在形成收缩孔的点处的轻压下具有以下问题。

[0006] 首先,轻压下技术允许小的压下量(总压下量:3 ~ 5mm),并使得等轴枝晶在凝固阶段终点容易形成在铸坯的厚度中心部分。在这种情况下,不容易将铸坯的表面区域处的压下力传递到铸坯的厚度中心区域(压下效率约为 20%),使得收缩孔没有被完全压缩。因此,富集有溶质的剩余钢水可集中在部分未压缩的收缩孔中以形成小的中心偏析,或在铸坯的厚度中心部分中留有疏松。此外,在连铸工艺过程中,连铸坯发生沿坯子宽度方向的不规则凝固,并且如果对铸坯轻压下,则压下力根据沿铸坯宽度方向的位置而改变,从而难以在整个铸坯上均匀地压缩收缩孔以消除缺陷。此外,压下力没有到达铸坯的中心部分,其中,在铸坯的边界部分(marginal portion)形成的凝固层的影响使所述铸坯的中心部分与铸坯的边缘分开预定的距离。因此,内部质量沿坯子宽度方向改变很大,中心偏析或中心疏松在坯子中心部分附近发生,从而缺陷集中出现在厚钢板的局部位置。

[0007] 由于上述原因,当单独使用现有的轻压下时,现有的轻压下在控制中心偏析方面具有局限性。为了改进,提出了下面的方法。

[0008] 首先,提出了这样一种方法,其中,在对具有从 0.3 ~ 0.4 到 0.7 ~ 0.8 的固相率的区域实施轻压下之后,将至少一对附加辊子安装在与 0.8 ~ 1.0 的固相率对应的凝固阶段的终点位置处并实施重轧 (heavy rolling)。在这个方法中,将现有的轻压下像以前一样实施,然后使用辊子轧制铸坯的随后区域,其中,中心偏析与现有的轻压下具有相同的水平。然而,在该方法中,当在坯子宽度方向上出现不规则凝固时,难以控制沿宽度方向的内部质量。此外,为了安装辊子需要进行设备改建,并且最终凝固部分应当布置在与辊子的安装位置相同的位置。因此,这个方法具有很大的局限性,也就是说其不能应对根据坯子宽度变化或诸如浇铸速度的其它工作条件的变化而变化的凝固终点的位置。

[0009] 在上述的传统技术中,使用附加辊对在凝固阶段终点处的厚铸坯进行重轧,从而由于需要大的压入力,所以实质上应当安装辊子。当用辊子压下铸坯时,铸坯的两端侧已处于完全凝固的固态。因此,当使用辊子执行压下时,对完全凝固的固体层进行压下,由此,需要大的压入力使得能够将压入力传递到铸坯的中心。

[0010] 此外,由于为了在具有 0.8 或更大的固相率的坯子中心部分减少疏松的出现,将 3mm 到 15mm 的大的压入力施加到铸坯(整个铸坯充分凝固),所以需要大的压入力。因此,如果使用未加固的辊子来施加大的压入力,则辊子会损坏。因此,作为对策,人们提出了通过将辊子直径从 300mm 增加到 450mm 来强化辊子刚度的技术。然而,这种方法也不能避免连铸坯的内部重量(内部裂纹的出现)根据连铸机的辊子节距(roll pitch)的增加而劣化。即,鼓肚对连铸坯的中心偏析与内部裂纹的出现具有大的影响,鼓肚与连铸机的辊子节距的四次幂成比例,并且如上所述用大直径辊子代替连铸机的辊子,从而当使用同一连铸机生产不同种类的普通钢时,由于浇铸速度的改变,所以在使用连铸机的这些辊子的浇铸条件下,连铸坯的质量必然劣化。此外,如果在实施轻压下之后使用辊子对铸坯进行重轧,则中心偏析更加富集。即,即使当实施轻压下时,中心偏析仍一定程度地残留在厚度中心部分,并且如果在这种情况下使用辊子对铸坯进行重轧,则中心偏析部分也被轧制,从而增加在中心偏析部分中溶质富集的程度并且还将剩余物形状改变成尖锐的线形。在这种情况下,在轧制工序之后,轧制的钢材的特性很容易劣化。

发明内容

[0011] 技术问题

[0012] 本发明提供了一种连铸坯及其制造方法,其中,通过在连铸工艺过程中沿与浇铸方向相反的方向推动铸坯的溶质富集剩余钢水来消除劣化铸坯质量的缺陷。

[0013] 技术方案

[0014] 提供了一种使用连铸机制造具有 100mm 或更大的厚度的连铸坯的方法,其中,当使用具有沿铸坯的厚度方向彼此面对的多个上辊子和下辊子的至少一个段对铸坯进行连铸时,沿铸坯的厚度方向压下在铸坯的中心部分中固相率在 0.05 ~ 0.2 至 0.3 ~ 0.6 的范围内的区域,段的压下率设置为沿浇铸方向每 1m 的长度 5mm 至 20mm,段的压下量沿浇铸方向的下流增加以使溶质富集剩余钢水沿与浇铸方向相反的方向流动回去,使得铸坯的中心部分具有负偏析。

[0015] 这里,可设置至少两个段,所述至少两个段可具有相同的压下率或不同的压下率。

[0016] 此外,可设置至少两个段,在所述至少两个段中,沿浇铸方向位于下游的段可具有

比沿浇铸方向位于上游的段的压下率更大的压下率。

[0017] 此外,段的最后的辊子可具有 0.9 至 1.1 的压下比率。当铸坯具有 0.3 至 0.6 的中心固相率时,被沿厚度方向压缩的铸坯的固相率可以为 0.9 或更大。

[0018] 此外,通过段的铸坯的压下速度可为 3mm/min 至 30mm/min。在钢水被注入结晶器之前,钢水的过热温度小于 20°C。

[0019] 此时,铸坯的至少一个边缘可以被倒角。

[0020] 此外,留在铸坯的具有 0.3 至 0.6 的固相率的铸坯的中心部分中的溶质富集剩余钢水的至少一部分可运动到具有 0.2 或更小的固相率的中心部分的区域。在结晶器和压下段之间可安装至少一个电磁搅拌单元,以通过电磁力来搅拌铸坯中的回流钢水。

[0021] 通过使用连铸机制造具有 100mm 或更大的厚度的连铸坯的方法制造根据本发明的连铸坯,在所述方法中,当使用具有沿铸坯的厚度方向彼此面对的多个上辊子和下辊子的至少一个段对铸坯进行连铸时,沿铸坯的厚度方向压下在铸坯的中心部分中固相率在 0.05 ~ 0.2 至 0.3 ~ 0.6 的范围内的区域,段的压下率设置为沿浇铸方向每 1m 的长度 5mm 至 20mm,段的压下量沿浇铸方向的下流增加以使溶质富集剩余钢水沿与浇铸方向相反的方向流动回去,使得铸坯的中心部分具有负偏析。

[0022] 这里,所述连铸坯的中心部分可具有 $C/Co < 1$ 的负偏析。

[0023] 有益效果

[0024] 根据本发明的连铸方法可在连铸工艺过程中减少形成在坯子中心部分处的、劣化铸坯内部质量的、诸如中心偏析或疏松的缺陷。即,在铸坯凝固的同时,诸如枝晶的固相被彼此压缩,以将存在于固相之间的溶质富集剩余钢水向结晶器所处的位置推动,从而消除诸如中心偏析的缺陷,因此,制得缺陷极大减少的铸坯。

[0025] 此外,所述连铸方法不需要对连铸机进行任何改建,例如,不需要另外安装辊子。此外,由于所述连铸方法是由连铸机段的单元实施的,所以即使在铸坯的宽度方向出现不规则凝固,也可控制整个宽度上的缺陷。此外,可响应于浇铸条件的变化引起的可变的凝固终点位置进行动态控制。

附图说明

[0026] 图 1 是示出连铸机的示意图。

[0027] 图 2 是示出在连铸工艺过程中沿浇铸方向的铸坯的剖视图。

[0028] 图 3 示意性地示出了根据本发明实施例的连铸方法。

[0029] 图 4 是示出发生在图 3 中的压下区中的现象的示图。

[0030] 图 5 比较地示出了根据传统示例和本发明实施例的铸坯的横截面。

[0031] 图 6 示出了在根据传统示例和本发明实施例制造的完全凝固的铸坯的横截面中的溶质浓度分布。

[0032] 图 7 示出了根据本发明的实施例和变型例的铸坯的横截面。

[0033] 图 8 比较地示出了本发明的实施例和横截面中的固相区域减小的变型例 1 的横截面。

具体实施方式

[0034] 在下文中,将参照附图来详细地描述根据本发明实施例的连铸坯及其制造方法。然而,本发明不限于下面的实施例,而是可以以各种方式来实现,下面的实施例仅用于完善发明的公开并使得本领域普通技术人员充分理解本发明的范围。

[0035] 使用连铸机制得的铸坯是通过冷却接收于结晶器中的钢水制造的。当将钢水从结晶器中拉出时,钢水具有预定的形状,并通过与空气接触的方式或另外的冷却方式沿拉坯方向逐渐冷却,将钢水制成固相铸坯。此时,铸坯从其块体的外侧(即,从其表面)凝固,并且铸坯具有存在液相钢水的区域。随着液相钢水在从结晶器中行进出来(即,沿浇铸方向行进)的过程中凝固,铸坯中这样的液相区域逐渐减小。最终,铸坯在其横截面中仅留有固相区域。在凝固完成之前,共存有固相和液相的糊状区存在于铸坯中,随着浇铸工序的进行糊状区凝固成固体。此时,在糊状区中,预定元素增浓的所谓的溶质富集剩余钢水凝固,并且随着液相凝固成固相,根据体积的减小产生了凝固收缩部分。

[0036] 此外,如果因由凝固收缩孔生成而引起的负压导致溶质富集剩余钢水进入到凝固收缩部分中,则可形成会作为缺陷的大的中心偏析。即使在凝固完成的凝固终点之后,凝固收缩孔和溶质富集剩余钢水还会像它们以前一样保留在铸坯的横截面中,从而导致诸如疏松或中心偏析的缺陷,这使得铸坯的性能不均匀,因此恶化了最终产品的质量。

[0037] 图 3 示意性地示出了根据本发明实施例的连铸方法,图 4 是示出发生在图 3 中的压下区中的现象的示意图。

[0038] 参照图 3,根据本发明实施例的连铸方法用于通过从结晶器拉出钢水来制造铸坯 100,根据本发明实施例的连铸方法包括准备压缩单元 21 的步骤和使用压缩单元 21 压下被拉出的铸坯 100 的至少一侧使得溶质富集剩余钢水沿与浇铸方向相反的方向流动回去的步骤。与传统的轻压下相比,将这种技术称为“段挤压压下(segment squeezing reduction)”。对于传统的轻压下,压下铸坯的固/液共存区以压缩产生的凝固收缩孔。然而,对于段挤压压下,压下液相区(即,固相率从 0.05 ~ 0.2 到 0.3 ~ 0.6 的区域,示出为图 3 中所示的压下区域),从而使溶质富集剩余钢水流动回去并根本上防止凝固收缩孔的出现。固相率从 0.05 ~ 0.2 到 0.3 ~ 0.6 的挤压压下区域位于沿连铸方向比在轻压下技术中施加压力的糊状区(具有从 0.3 ~ 0.4 到 0.7 ~ 0.8 的固相率)更靠后的位置,并且在这样的挤压压下区域中还未产生凝固收缩孔。

[0039] 即,在溶质富集剩余钢水浓缩/生长或引入到凝固收缩孔中之前,使溶质富集剩余钢水流动回到液相区,液相区通过钢水的自由流动(沿图 4 中 B 的方向)而相对允许均匀混合。换言之,使固相率 0.3 ~ 0.6 的区域中的溶质富集剩余钢水的至少一部分流动回到具有 0.2 或更小的固相率的钢水自由流动区域。通过在钢水中的均匀混合,使流动回到钢水自由流动区域的溶质富集剩余钢水分散,匀化的钢水又沿浇铸方向运动,然后凝固。因此,凝固结束时会产生诸如中心偏析的缺陷的溶质富集剩余钢水不存在于液相和固相共存的糊状区中,从而防止在糊状区凝固时任何缺陷的产生。

[0040] 为了可使溶质富集剩余钢水流动回到钢水可自由运动的液相区,铸坯 100 的至少一侧可被压下,如图 3 所示。如果通过铸坯 100 外部的某些设备来压缩铸坯 100,则溶质富集剩余钢水不是进入到凝固完成的区域中(即,沿浇铸方向),而是流向液相钢水(即,朝向结晶器),从而溶质富集剩余钢水沿与浇铸方向相反的方向(图 4 中的箭头方向)流动回去。为了溶质富集剩余钢水更好地回流,可从铸坯 100 中的液相/固相共存区域到液相区

来压下铸坯 100,即,可压下朝向结晶器的区域。这个区域示出为如图 3 中的压下区域,该区域在图 4 中覆盖大致从 A 到 B。此时,可在凝固收缩部分还未形成的区域中压下铸坯 100。如果通过使溶质富集剩余钢水流动回去来防止诸如中心偏析的缺陷的出现,并且在凝固收缩部分形成之前压缩铸坯 100,则可以防止或最小化伴随凝固引起的体积收缩而产生的凝固收缩部分的出现。

[0041] 如图 3 所示,在连铸工艺过程中,在收缩孔产生之前,通过压下铸坯 100 的压下区域,可将生长枝晶 110 的凝固层压缩为包含非凝固层 130,从而防止收缩孔的出现。此外,可使溶质富集剩余钢水流动回到朝向结晶器的钢水自由流动区域,从而即使在凝固终点之后也可基本上避免缺陷的产生。

[0042] 为了以更有效的方式防止铸坯 100 的缺陷的出现,可将至少一个搅拌单元安装在结晶器和压下区域之间的区域中,以搅拌回流钢水来确保溶质分布更加均匀。此时,搅拌单元可包括电磁搅拌单元,在这种情况下,利用电磁力来搅拌回流钢水。

[0043] 可在铸坯 100 的固相率(即,固相在横截面中所占的分数,更具体地说,铸坯 100 的中心部分中的固相在横截面中所占的分数)为从 0.05 ~ 0.2 到 0.3 ~ 0.6 的区域(图 4 中 A 的左侧区域)压下铸坯 100。为了防止缺陷的出现,应该在具有足够低的固相率的区域压下铸坯 100,使得溶质富集剩余钢水可容易地流动回去。即,如果压下一个区域,在该区域中铸坯的厚度中心部分具有 0.6 或更大的固相率,则由于液相溶质富集剩余钢水处于被固相包围的状态,所以仅在铸坯的形状方面使铸坯沿轧制方向延长,而钢水像以前一样残留,这成为中心偏析的缺陷。因此,优选地,在固相率小于 0.6 的区域中压下铸坯 100。

[0044] 此外,压下铸坯 100,由此可使溶质富集剩余钢水流动回到固相率小于 0.2 的区域(即,流动回到图 4 的 B 的左侧区域)。如果溶质富集剩余钢水流动回到固相率超过 0.2 的区域,则钢水不能在该区域中容易地流动,这会恶化溶质富集剩余钢水的均匀混合。因此,优选地,使溶质富集剩余钢水流动回到固相率小于 0.2 的区域。

[0045] 可使用连铸机的段 20(见图 1)来执行铸坯 100 的压下工序。即,可通过利用现有的连铸设备照目前情况来压下铸坯 100,这能够减少由诸如辊子的设备的增加引起的成本,并且还能够仅使用现有的连铸设备来生产具有充分减少的缺陷的铸坯。此时,根据生产的钢的类型、铸坯的厚度、凝固终点等,可使用具有多个(通常,5 至 9 个)辊子 21 的单个段或结合的多个段来压下铸坯 100,并且压下区域可改变。

[0046] 可通过布置安装到单个段的多个辊子 21,使得压下率(reduction gradient)沿浇铸方向相同;或者可通过将多个辊子布置为倾斜,使得压下率可彼此不同,来执行使用连铸机的段对铸坯 100 的压下。此外,可通过布置多个段,使得压下率沿浇铸方向相同;或者可通过将多个段布置为倾斜,使得压下率可彼此不同,来执行压下。例如,可将沿着浇铸方向位于下游的段设置为具有比位于上游的段更大的压下率。如果段沿浇铸方向具有更大的压下量,则当压下铸坯 100 时,可有效地防止溶质富集剩余钢水沿浇铸方向引入。

[0047] 借助于段,优选地,沿具有 100mm 或更大的厚度的铸坯 100 的浇铸方向,铸坯 100 具有每 1m 长的铸坯 1005 至 20mm 的压下率。如果压下率小于 5mm,则用于使溶质富集剩余钢水流动回去的驱动力不足,并且回流的溶质富集剩余钢水会被再引入。此外,如果压下率超过 20mm,则铸坯 100 会因过大的压下率而开裂。

[0048] 当借助段来压下铸坯 100 时,铸坯 100 的压下量可以为铸坯 100 的厚度的 3%至

40%，其中，铸坯 100 具有 100mm 或更大的厚度。例如，当铸坯 100 具有 100mm 或更大的厚度时，可压下 3mm 至 40mm。在压下量小于 3% 的情况下，溶质富集剩余钢水不会充分地流动回到钢水自由流动区域。如果施加了超过 40% 的压下量，则会过度减小铸坯 100 的厚度，这会对厚板的生产产生坏的影响。因此，优选地，压下量为铸坯 100 的厚度的 3% 至 40%。然而，压下量不限于此，而是可以根据所生产的铸坯 100 的种类而改变。当铸坯 100 具有 100mm 的厚度时，3mm 至 40mm 的压下量对应于两段中的每段的入坯辊和出坯辊之间的高度差为 20mm 且浇铸速度为 1.5m/min（其中，所述两段中的每段具有 1m 的长度且具有五个辊子）的情况，所以压下量可根据其它连铸条件而改变。

[0049] 使用段的铸坯 100 的压下速度 (reduction rate) 可以是 3mm/min 至 30mm/min。如果以小于 3mm/min 的压下速度来压下铸坯 100，则溶质富集剩余钢水不会轻易地流动回去而是残留下来，这会导致中心偏析。在压下速度超过 30mm/min 的情况下，压下量过度增大，从而铸坯厚度过度减小，这使得难以生产厚板。因此，压下速度不大于 30mm/min 是合适的。

[0050] 此外，优选地，多个段中的最后的段或单个段的最后的辊子具有 0.9 至 1.1 的压下比率 (reduction ratio)，所述压下比率即为压下量与非凝固厚度的比率。如果最后的辊子具有小于 0.9 的压下比率，则非凝固区域过度残留，使得在所述非凝固区域中的溶质富集剩余钢水或收缩孔会作为缺陷残留在铸坯 100 中。因此，最后的辊子的压下比率应该至少为 0.9，直到 1.1 的压下比率适合于完成压下，在压下比率为 1.1 的情况下压下量大于非凝固区域的厚度。在以超过 1.1 的压下比率来执行压下工序的情况下，由于铸坯 100 的两个凝固区域会碰撞，所以会出现裂纹。

[0051] 在其它情况下，优选地，压缩的铸坯 100 具有 0.9 或更大的固相率，所述压缩的铸坯 100 是通过具有 0.3 至 0.6 的中心固相率的区域进行压下来压缩的。在固相率小于 0.9 的情况下，非凝固区域过度残留，使得在所述非凝固区域中的溶质富集剩余钢水或收缩孔会作为缺陷残留在铸坯 100 中，或者在非凝固区域凝固之前，溶质富集剩余钢水会被再引入到非凝固区域。

[0052] 同时，当将钢水倾倒入结晶器中以执行连铸工艺时，优选地，钢水的过热温度小于 20°C。即，优选地，注入到结晶器中的钢水的温度不比钢水开始由液态凝固为固态的温度高 20°C。在注入到结晶器中的钢水的温度高 20°C 或者更高的情况下，会更容易产生内部裂纹。

[0053] 在下文中，对传统的示例和本发明的实施例进行比较。

[0054] 图 5 比较地示出了根据传统示例和本发明实施例的铸坯的横截面。传统示例 A 展示了未经过压下的铸坯，传统示例 B 展示了经过轻压下的铸坯，其中，左侧展示了凝固终点之前的状态，右侧展示了凝固终点之后的状态。

[0055] 参照图 5，如果执行连铸工艺时未对铸坯进行压下，如传统示例 A，则在糊状区中形成收缩孔，并且溶质富集剩余钢水被引入到收缩孔中，然后铸坯凝固，从而在凝固终点之后溶质富集剩余钢水作为中心偏析残留下来。

[0056] 在执行了轻压下的传统示例 B 中，通过压下力压缩了从铸坯的两端侧生长到铸坯中的枝晶，从而减小了中心偏析区域。然而，在这种情况下，由于压下铸坯是在溶质富集剩余钢水已经被引入到收缩孔中之后，所以中心偏析仍有部分残留。

[0057] 在本发明的实施例中，由于压下铸坯是在收缩孔产生之前，所以将生长有枝晶的

凝固层与非凝固层一起压缩,从而没有收缩孔产生。此外,由于溶质富集剩余钢水朝向结晶器流动回到钢水自由流动区域,所以即使在凝固终点之后也基本上没有缺陷产生。

[0058] 关于本发明的条件,以随着变化的段位置的大约 2.5mm/m 至 25mm/m 的压下率和 0.8m/min 至 2m/min 的浇铸速度来制造具有 100mm 至 140mm 的厚度的铸坯。图 6 示出了在根据传统示例和本发明实施例制备的凝固的铸坯的横截面中的溶质浓度分布。在图 6 中,以 3mm/min 至 10mm/min 的压下速度的条件来实施本发明的实施例。

[0059] 如图 6 所示,应该理解,在传统示例的厚度中心部分处 Mn 的浓度陡然增加。即,诸如 Mn 的溶质浓缩在铸坯中心部分,从而诸如 Mn 的溶质形成为较大的偏析。然而,在本发明的实施例中,可以得出,在铸坯的横截面中溶质分布相对均匀,具体地讲,溶质浓度在铸坯的中心部分有相当的降低,这称为负偏析。即,出现了这样的区域,在该区域中铸坯中心浓度 C 与整个铸坯浓度 (C_0) 的比值是 1 或更小 ($C/C_0 < 1$)。然而,如果压下率超过 20mm/m,则铸坯开始开裂。此外,如果压下速度是 3mm/min 或更小,则钢水难以流动回去,如果压下速度超过 30mm/min,则铸坯厚度过度减小,这会导致在实际工艺中难以生产厚板。

[0060] 使用这样的铸坯压下,能够极大地减少诸如中心偏析或疏松的缺陷。当如上所述压下铸坯时,作为对压下力的回应,压下抗力 (reduction resistance) 对铸坯起作用。即,由于在铸坯的外部凝固的状态下压下铸坯,所以需要更加有效的压下方法,以用更小的力来压下铸坯的已凝固区域。具体地说,为了照其目前的情况使用现有的连铸机的段,需要有效地将压下力传递到铸坯。为此,铸坯可具有部分修改的形状。

[0061] 图 7 示出根据本发明的实施例和变型例的铸坯的横截面。在这个实施例中,铸坯具有大体上在其中心部分的非凝固区域,并且铸坯外部边缘具有大体上的矩形形状。在这样的情况下,铸坯的两端侧具有凝固区域,而没有非凝固区域。因此,当压下铸坯时,施加到铸坯的压下力不是均匀地传递到整个铸坯,而是集中在铸坯的两端上,从而需要大的压下力来压下铸坯。

[0062] 在本发明的变型例 1 中,对铸坯的两端侧进行倒角处理,在本发明的变型例 2 中,对铸坯的两端侧进行倒圆处理。即,在本发明的变型例中,铸坯可具有与实施例的铸坯相比凝固区域有相当量的减小的横截面形状。如果如上所述端侧的凝固区域减小,则集中在两端侧的压下力会均匀地传递到整个铸坯。此外,当压下铸坯的表面时,压下抗力减小,因此与实施例的情况相比,可相当程度上进一步降低压下力。为了获得如图 7 的变型例所示的铸坯形状,可将连铸机的结晶器设计为与铸坯的形状相一致。即,连铸机的结晶器可具有这样的形状,即,在拉出的钢水其横截面的外观中,至少一个边缘被倒角或至少一个端部被倒圆。

[0063] 图 8 比较地示出了本发明的实施例和横截面中的固相区域减小的变型例 1 的横截面。在图 8 的实施例中,测量了具有大体上的矩形横截面的铸坯的压下力的变化。此外,在变型例 1 中,测量了根据铸坯的压下量的压下力的变化,在所述铸坯的横截面中每个边缘被倒角成高 20mm 宽 60mm。关于本发明的条件,以随着变化的段位置的大约 2.5mm/m 至 25mm/m 的压下率和 0.8m/min 至 2m/min 的浇铸速度来制造具有 100mm 至 140mm 厚度的铸坯。在变型例 1 中,为了制作倒角形状,使用与倒角形状一致的结晶器来连续铸造坯子。可基于任意单位来表示压下力。在曲线图中,虚线的右侧区域展示这样的区域,在所述区域中,在非凝固区域的两端侧处的凝固区域彼此接触,因此压下力陡然增大。在曲线图中,虚线的左侧

区域展示了这样的区域,在所述区域中,因铸坯的压下使非凝固区域被压缩。随着非凝固区域被压缩,铸坯的压下力逐渐增大。

[0064] 如图 8 所示,本发明的变型例 1 具有大约 20 或更小的最大压下力。应该理解,此最大压下力基本上是实施例的大约 40 的最大压下力的一半或更小。此外,与实施例中的压下力的压下率相比,将得出,变型例 1 中的压下力的压下率更小。即,在通过形成倒角形状等来减小铸坯的横截面中的固相区域之后来执行压下的情况下,可极大地减小压下力。减小的压下力防止了连铸机的段上的过大负荷,这使得可容易地执行连铸。此外,没有任何诸如辊子的附加设备,使用现有的连铸机可容易地压下铸坯,从而可使溶质富集剩余钢水容易地流动回去。

[0065] 尽管基于优选的实施例已经详细地描述了本发明的精神,但是实施例仅是出于举例说明的目的,而并不意图限制发明的范围。此外,本领域技术人员应该清楚,在由权利要求所限定的本发明的范围内,可对本发明做出修改和改变。

[0066] 具体地说,尽管在实施例中已经示出了使用连铸机的段来压缩铸坯,但是还可根据需要使用附加的辊子设备来使溶质富集剩余钢水沿与浇铸方向相反的方向流动回去。

[0067] 此外,尽管在实施例中已经示出了铸坯具有 100mm 至 140mm 的厚度,但是也可应用具有不同厚度的其它铸坯,并且也可相应地改变压下条件。具体地说,本发明的实施例中的数值是基于用于厚板的铸坯,在铸坯具有另一目的(诸如用于薄板)的情况下,可改变所述数值。

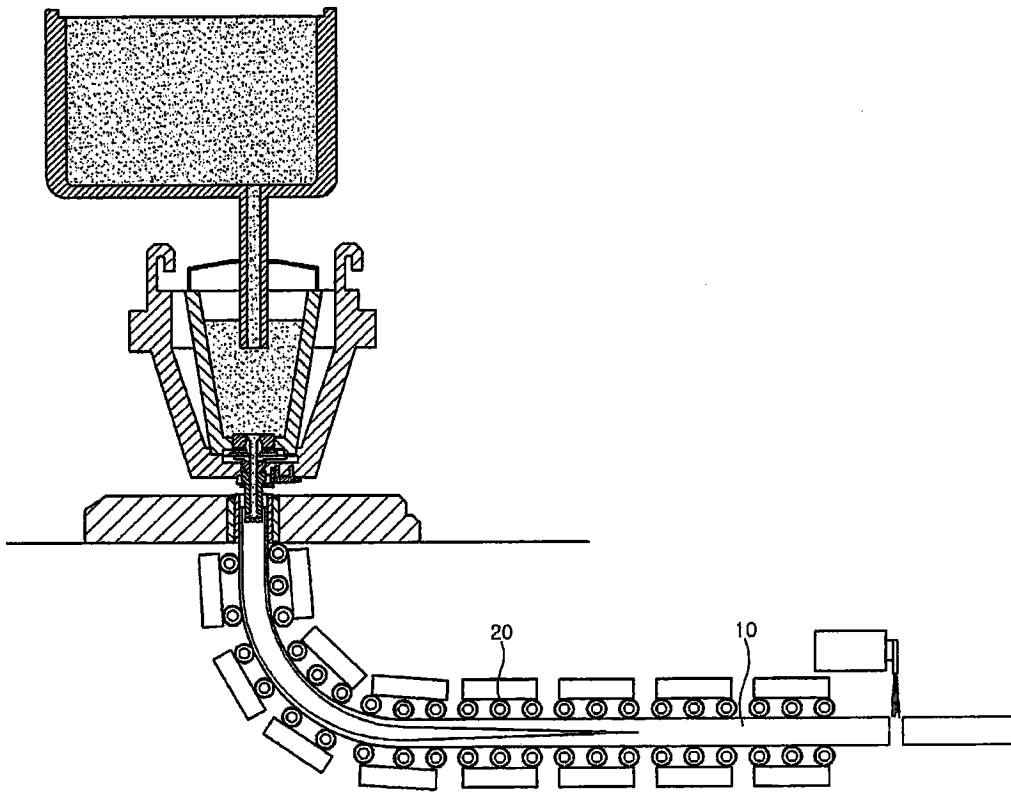


图 1

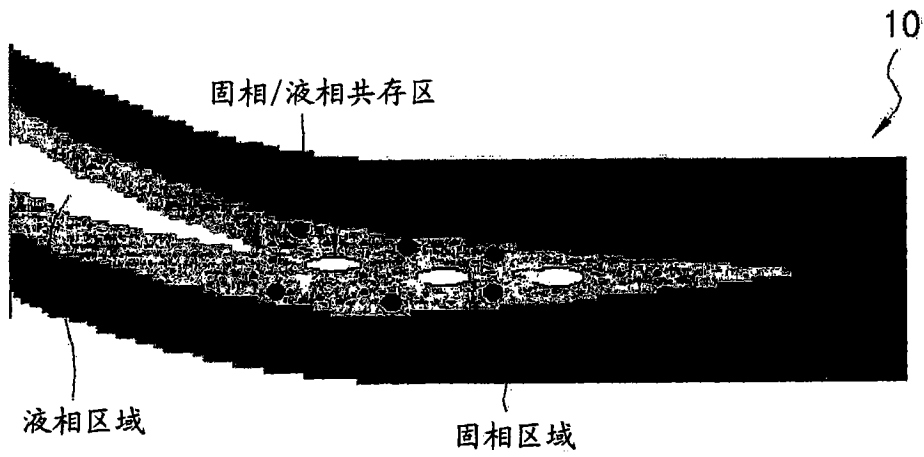


图 2

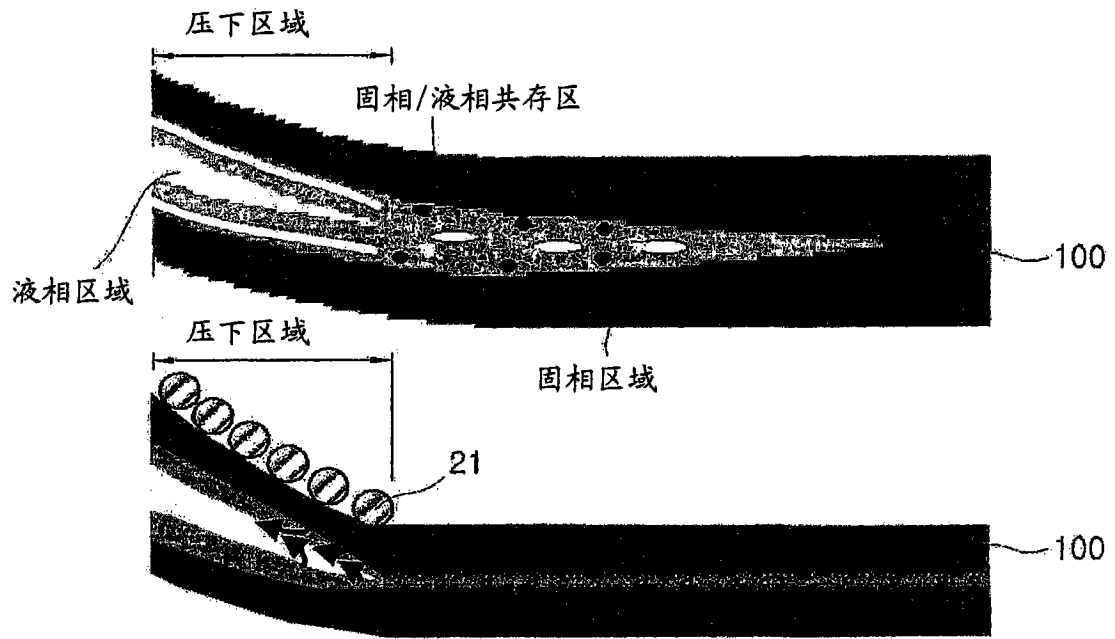


图 3

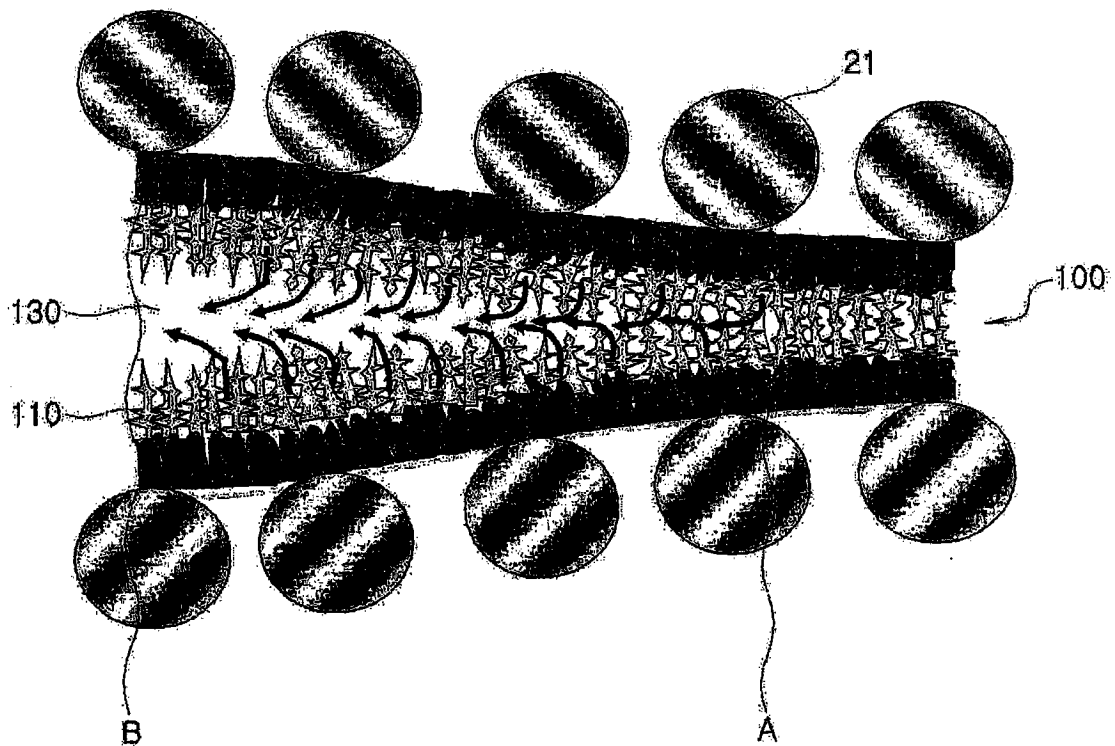
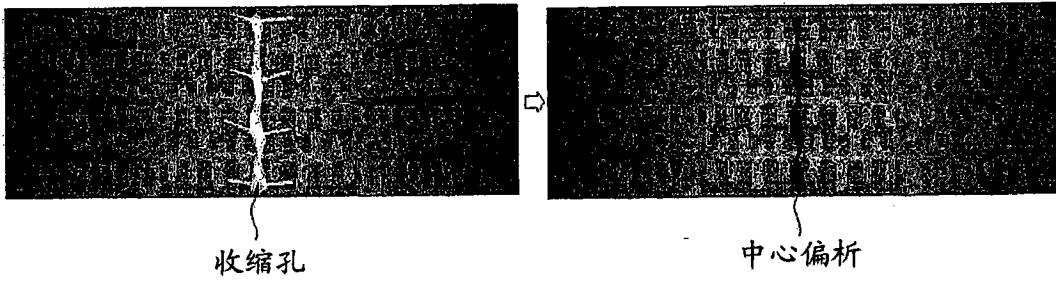
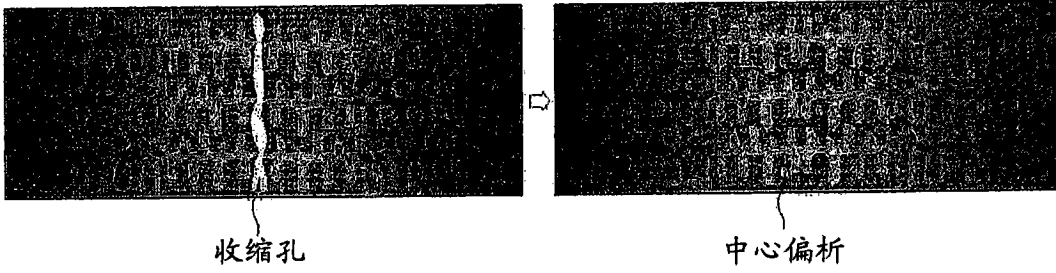


图 4

传统示例A



传统示例B



实施例

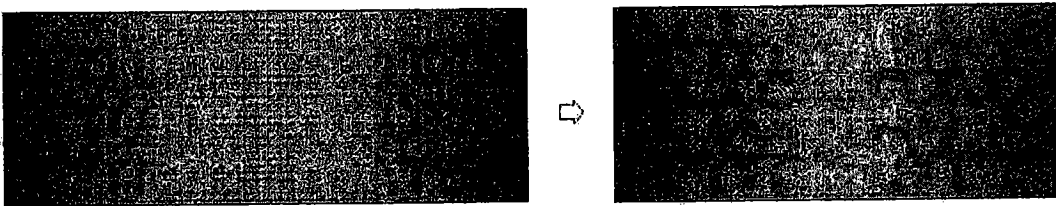


图 5

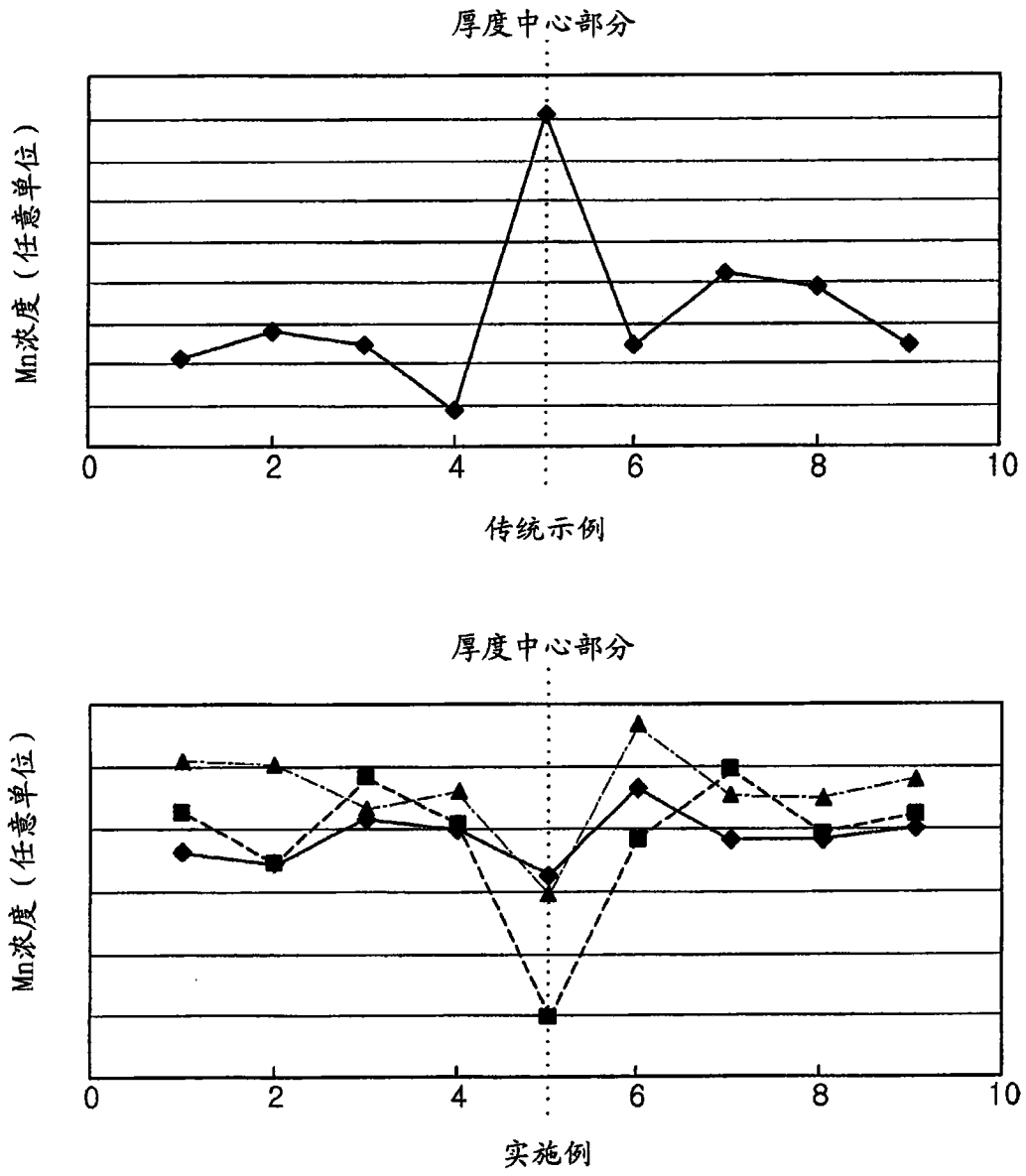


图 6

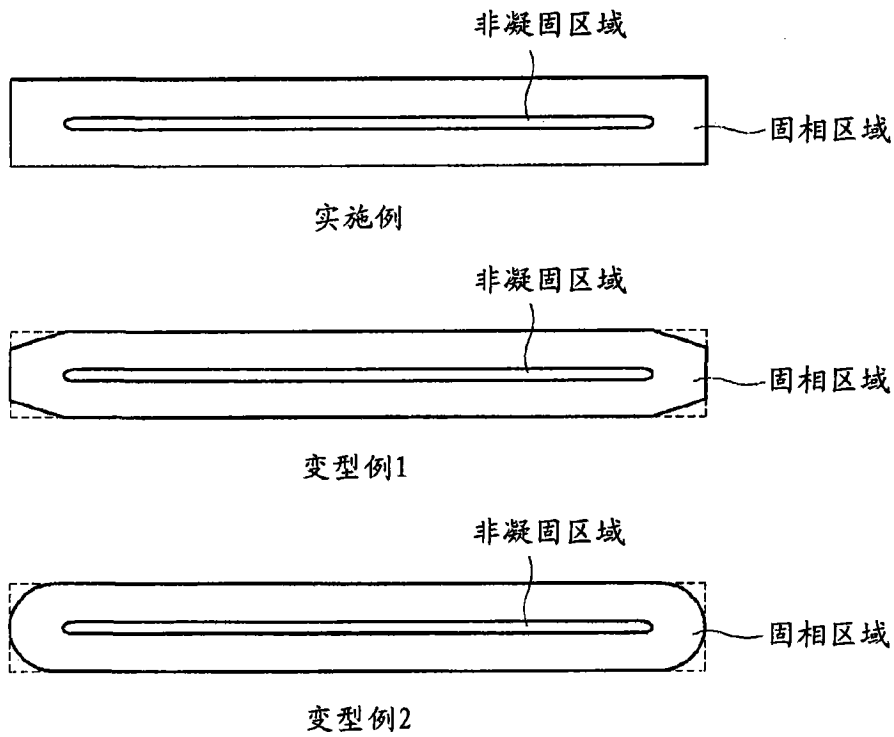


图 7

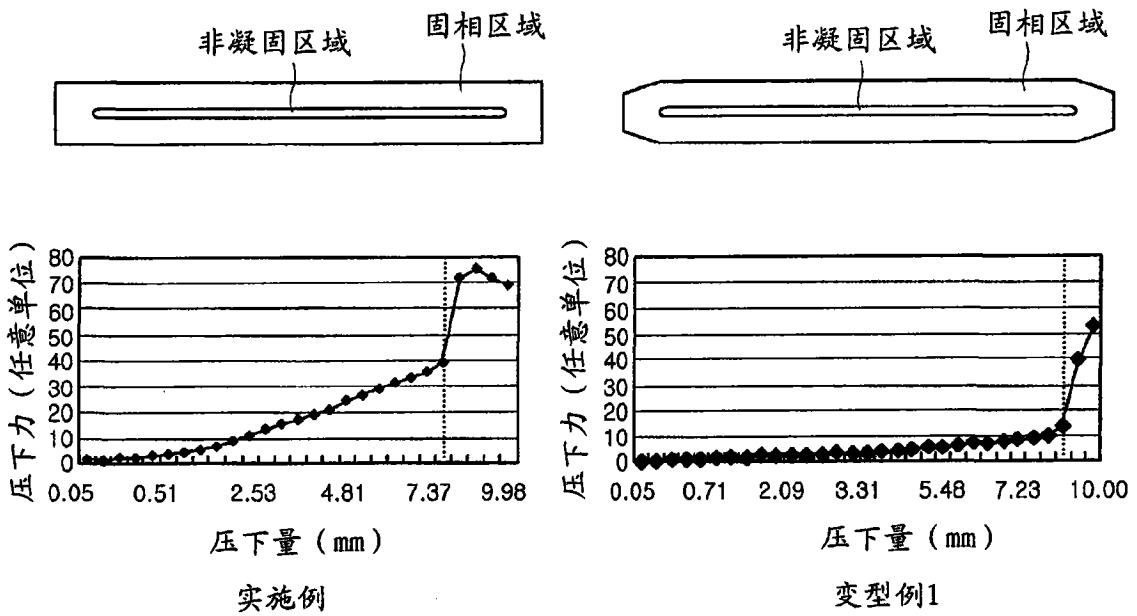


图 8