



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113015587 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 27

(21) 申请号 201980073360.5

(22) 申请日 2019.11.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113015587 A

(43) 申请公布日 2021.06.22

(30) 优先权数据
2018-211623 2018.11.09 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.05.07

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/043434 2019.11.06

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/095932 JA 2020.05.14

(73) 专利权人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 荒牧则亲 伊藤阳一 小田垣智也

(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 盛曼 金龙河

(51) Int.Cl.
B22D 11/055 (2006.01)
B22D 11/04 (2006.01)
B22D 11/059 (2006.01)

审查员 陈晨

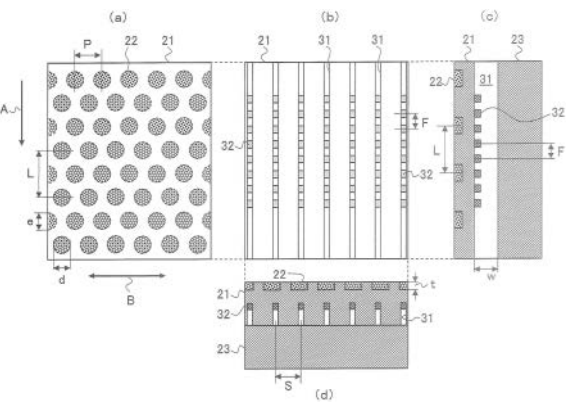
权利要求书2页 说明书14页 附图3页

(54) 发明名称

钢的连续铸造用铸模和钢的连续铸造方法

(57) 摘要

对于形成有异种物质填充部的连续铸造用铸模而言,与现有技术相比使铸模的使用次数显著延长。本发明的钢的连续铸造用铸模1是具备表面形成为铸模内壁面且背面形成有冷却水路31的铜合金制铸模板21和以覆盖上述冷却水路的方式安装在上述铸模板上的垫板23的连续铸造用铸模,其中,在上述铸模板的表面的至少形成在包含弯月面的区域的凹部形成有异种物质填充部22,所述异种物质填充部填充有热导率与上述铸模板的热导率不同的异种物质,在与形成有上述异种物质填充部的区域对应的上述铸模板的背面的冷却水路中,形成有搅乱水流并且使上述冷却水路的表面积增大的水流搅乱部32。



1. 一种钢的连续铸造用铸模,其具备表面形成铸模内壁面且背面形成有冷却水路的铜合金制铸模板和以覆盖所述冷却水路的方式安装在所述铸模板上的垫板,其中,

在所述铸模板的表面的至少形成在包含弯月面的区域的凹部形成有异种物质填充部,所述异种物质填充部填充有热导率与所述铸模板的热导率不同的异种物质,

在与形成有所述异种物质填充部的区域对应的所述铸模板的背面的冷却水路中,形成有搅乱水流并且使所述冷却水路的表面积增大的水流搅乱部,

所述异种物质填充部包含两个以上圆形凹部或模拟圆形凹部,并且形成有两个以上,

所述水流搅乱部由沿着所述水流的流动方向配置两个以上的突起构成,

所述异种物质填充部和所述冷却水路以满足下述(1)式~下述(3)式中的条件的方式形成,

$$d < P \leq S \quad \cdots \cdots (1)$$

$$e \leq L \leq 1000 \times V_c / f \quad \cdots \cdots (2)$$

$$F \leq L \quad \cdots \cdots (3)$$

在此,(1)式~(3)式中,各符号表示以下含义,

d:铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度、单位为mm、

P:异种物质填充部中相邻的异种物质填充部之间的铸模宽度方向上的间隔距离、单位为mm、

S:两个以上形成在铸模板的背面的冷却水路中相邻的冷却水路之间的铸模宽度方向上的间隔距离、单位为mm、

e:铸片拉拔方向上的异种物质填充部的宽度、单位为mm、

L:异种物质填充部中相邻的异种物质填充部之间的铸片拉拔方向的间隔距离、单位为mm、

V_c :钢的连续铸造工序中的铸片拉拔速度、单位为m/分钟、

f:钢的连续铸造工序中的连续铸造用铸模的振动频率、单位为1/分钟、

F:配置在冷却水路中的突起中相邻的突起之间的铸片拉拔方向的间隔距离、单位为mm。

2. 如权利要求1所述的钢的连续铸造用铸模,其中,所述水流搅乱部由沿着所述冷却水路的铸模宽度方向和冷却水路的厚度方向上扩展的突起构成。

3. 如权利要求1所述的钢的连续铸造用铸模,其中,所述水流搅乱部由在所述冷却水路中以交错排列的方式配置两个以上的突起构成。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的钢的连续铸造用铸模,其中,

在所述铸模板的表面的从两个以上异种物质填充部的上端到下端的区域,以使从铸模内壁面朝向所述冷却水路的铸模内壁面处的热通量周期性地变化的方式形成所述两个以上异种物质填充部。

5. 如权利要求1~3中任一项所述的钢的连续铸造用铸模,其中,所述异种物质填充部以满足下述(4)式的条件的方式形成,

$$0.5 \leq t \leq d \quad \cdots \cdots (4)$$

在此,(4)式中,各符号表示以下含义,

t:异种物质填充部中的异种物质的填充深度、单位为mm、

d:铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度、单位为mm。

6.如权利要求4所述的钢的连续铸造用铸模,其中,所述异种物质填充部以满足下述(4)式的条件的方式形成,

$$0.5 \leq t \leq d \quad \cdots \cdots (4)$$

在此,(4)式中,各符号表示以下含义,

t:异种物质填充部中的异种物质的填充深度、单位为mm、

d:铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度、单位为mm。

7.如权利要求1~3中任一项所述的钢的连续铸造用铸模,其中,以覆盖所述异种物质填充部的方式,在所述铸模板的表面形成有镀层。

8.如权利要求4所述的钢的连续铸造用铸模,其中,以覆盖所述异种物质填充部的方式,在所述铸模板的表面形成有镀层。

9.如权利要求5所述的钢的连续铸造用铸模,其中,以覆盖所述异种物质填充部的方式,在所述铸模板的表面形成有镀层。

10.如权利要求6所述的钢的连续铸造用铸模,其中,以覆盖所述异种物质填充部的方式,在所述铸模板的表面形成有镀层。

11.一种钢的连续铸造方法,其是使用权利要求1~10中任一项所述的钢的连续铸造用铸模的钢的连续铸造方法,其中,以使水流在冷却水路中的形成有水流搅乱部的位置处变为湍流的方式向所述连续铸造用铸模供给冷却水。

钢的连续铸造用铸模和钢的连续铸造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及防止凝固壳的不均匀冷却所引起的铸片表面裂纹、并且铸模的使用次数比现有技术增加的连续铸造用铸模,另外,涉及使用该连续铸造用铸模的钢的连续铸造方法。

背景技术

[0002] 在钢的连续铸造中,注入到铸模内的钢水通过水冷式铸模被冷却,在与铸模的接触面,钢水凝固而生成凝固层(也称为“凝固壳”)。将以该凝固壳为外壳且使内部为未凝固的钢水的铸片利用设置在铸模下方的铸片支撑辊支撑,并且一边利用水喷雾、气水喷雾来冷却,一边连续地向铸模下方拉拔,使其凝固至中心部,从而制造钢铸片。

[0003] 当铸模中的凝固壳的冷却变得不均匀时,凝固壳的厚度在铸片拉拔方向和铸模宽度方向上变得不均匀。凝固壳本身的收缩、变形所引起的应力作用于凝固壳。该应力集中于凝固壳的薄壁部,由于集中的应力而在凝固初期的凝固壳的表面产生裂纹。该裂纹由于之后的热应力、连续铸造机的弯曲应力和矫正应力等外力而扩大,成为大的表面裂纹。铸片的表面裂纹在下一工序的热轧工序中成为钢制品的表面缺陷。因此,为了防止钢制品的表面缺陷的产生,需要对铸片表面进行火焰表面清理或者进行磨削、在铸片阶段除去该表面裂纹。

[0004] 铸模内的不均匀凝固特别容易在碳含量为0.08~0.17质量%的钢(称为“中碳钢”)中发生。对于中碳钢而言,在凝固时发生包晶反应。认为铸模内的不均匀凝固起因于由包晶反应引起的从 δ 铁(铁素体)向 γ 铁(奥氏体)的相变时的体积收缩所致的相变应力。即认为,由于包晶反应时的相变应力所引起的应变,凝固壳发生变形,由于该变形而使凝固壳从铸模内壁面分离。从铸模内壁面分离开的部位的基于铸模的冷却下降,该从铸模内壁面分离开的部位的凝固壳厚度变薄。认为凝固壳厚度变薄时,上述应力集中在该部分,产生表面裂纹。

[0005] 因此,以防止伴随包晶反应的钢的铸片表面裂纹为目的,提出了多种方案。例如,在专利文献1中提出了如下连续铸造用铸模:其在铸模内壁面具有热导率与构成铸模板(也称为“铸模铜板”)的铜合金不同的部位、即各自独立地形成了两个以上的异种物质填充部。在专利文献1中记载了:通过使用该铸模,能够有效地防止凝固初期的凝固壳的不均匀冷却所致的铸片的表面裂纹。特别是记载了:能够有效地防止伴随包晶反应的碳钢中的、由从 δ 铁向 γ 铁的相变引起的凝固壳厚度变得不均匀所致的铸片的表面裂纹。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2017-39165号公报

发明内容

[0009] 发明所要解决的问题

[0010] 在专利文献1记载的钢的连续铸造用铸模中,在铸模板上形成有作为与铸模板不同的材料的异种物质填充部,因此,在铸模板与异种物质填充部的热膨胀率不同,热应力容易集中于它们的边界部位。结果,在铸模表面容易产生裂纹。另外,在专利文献1中,以抑制热历程所致的铸模表面的裂纹为目的,优选在铸模内壁面设置覆盖异种物质填充部的镀层,由此,能够实现铸模的长寿命化。但是,即使在铸模内壁面设置有镀层,对于在铸模板与异种物质填充部产生热应力差而言也没有变化,形成有异种物质填充部的铸模存在使用寿命短的倾向。即,期望延长专利文献1中记载的铸模的使用寿命的技术。

[0011] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供形成有异种物质填充部的钢的连续铸造用铸模中与现有技术相比能够使铸模的使用次数显著延长的连续铸造用铸模。另外,提供使用上述连续铸造用铸模的钢的连续铸造方法。

[0012] 用于解决问题的方法

[0013] 本发明人为了解决上述问题进行了深入研究。其结果得出如下见解:使与形成有异种物质填充部的区域对应的冷却水路和从该冷却流路通过的水流的传热系数增大,有效地对上述区域的铸模板进行除热是有效的。这是因为,通过有效地对形成有异种物质填充部的区域的铸模板进行除热,异种物质填充部和铸模板的温度下降,由此铸模板与异种物质填充部的边界部位的热应力降低。

[0014] 本发明是基于上述见解而完成的,其主旨如下所述。

[0015] [1]一种钢的连续铸造用铸模,其具备表面形成为铸模内壁面且背面形成有冷却水路的铜合金制铸模板和以覆盖上述冷却水路的方式安装在上述铸模板上的垫板,其中,

[0016] 在上述铸模板的表面的至少形成在包含弯月面的区域的凹部形成有异种物质填充部,所述异种物质填充部填充有热导率与上述铸模板的热导率不同的异种物质,

[0017] 在与形成有上述异种物质填充部的区域对应的上述铸模板的背面的冷却水路中,形成有搅乱水流并且使上述冷却水路的表面积增大的水流搅乱部。

[0018] [2]如上述[1]所述的钢的连续铸造用铸模,其中,上述水流搅乱部由沿着上述水流的流动方向配置两个以上并且在上述冷却水路的铸模宽度方向和冷却水路的厚度方向上扩展的突起构成。

[0019] [3]如上述[1]所述的钢的连续铸造用铸模,其中,上述水流搅乱部由在上述冷却水路中以交错排列的方式配置两个以上的突起构成。

[0020] [4]如上述[1]~上述[3]中任一项所述的钢的连续铸造用铸模,其中,

[0021] 上述异种物质填充部包含两个以上圆形凹部或模拟圆形凹部,并且形成有两个以上,

[0022] 在上述铸模板的表面的从两个以上异种物质填充部的上端到下端的区域,以使从铸模内壁面朝向上述冷却水路的铸模内壁面处的热通量周期性地变化的方式形成上述两个以上异种物质填充部。

[0023] [5]如上述[4]所述的钢的连续铸造用铸模,其中,

[0024] 上述异种物质填充部和上述冷却水路以满足下述(1)式~下述(3)式中的至少一个条件的方式形成。

[0025] $d < P \leq S \cdots \cdots (1)$

[0026] $e \leq L \leq 1000 \times V_c / f \cdots \cdots (2)$

[0027] $F \leq L \cdots \cdots (3)$

[0028] 在此, (1) 式~ (3) 式中, 各符号表示以下含义。

[0029] d: 铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度 (mm)

[0030] P: 异种物质填充部中相邻的异种物质填充部之间的铸模宽度方向上的间隔距离 (mm)

[0031] S: 两个以上形成在铸模板的背面的冷却水路中相邻的冷却水路之间的铸模宽度方向上的间隔距离 (mm)

[0032] e: 铸片拉拔方向上的异种物质填充部的宽度 (mm)

[0033] L: 异种物质填充部中相邻的异种物质填充部之间的铸片拉拔方向的间隔距离 (mm)

[0034] V_c : 钢的连续铸造工序中的铸片拉拔速度 (m/分钟)

[0035] f: 钢的连续铸造工序中的连续铸造用铸模的振动频率 (1/分钟)

[0036] F: 配置在冷却水路中的突起中相邻的突起之间的铸片拉拔方向的间隔距离 (mm)

[0037] [6] 如上述 [4] 或上述 [5] 所述的钢的连续铸造用铸模, 其中, 上述异种物质填充部以满足下述 (4) 式的条件的方式形成。

[0038] $0.5 \leq t \leq d \cdots \cdots (4)$

[0039] 在此, (4) 式中, 各符号表示以下含义。

[0040] t: 异种物质填充部中的异种物质的填充深度 (mm)

[0041] d: 铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度 (mm)

[0042] [7] 如上述 [1] ~ 上述 [6] 中任一项所述的钢的连续铸造用铸模, 其中, 以覆盖上述异种物质填充部的方式, 在上述铸模板的表面形成有镀层。

[0043] [8] 一种钢的连续铸造方法, 其是使用上述 [1] ~ 上述 [7] 中任一项所述的钢的连续铸造用铸模的钢的连续铸造方法, 其中, 以使水流在冷却水路中的形成有水流搅乱部的位置处变为湍流的方式向上述连续铸造用铸模供给冷却水。

[0044] 发明效果

[0045] 对于本发明的钢的连续铸造用铸模而言, 在与形成有异种物质填充部的区域对应的范围的冷却水路中, 设置有搅乱水流并且使冷却水路的表面积增大的水流搅乱部。由此, 在该范围的冷却水路中, 水流与冷却水路的传热系数变大, 对流传热量增大, 能够有效地除去形成有异种物质填充部的区域的铸模板的热。通过有效地冷却异种物质填充部和铸模板, 能够有效地抑制在铸模板与异种物质填充部的边界部位产生的热应力。结果, 能够防止伴随包晶反应的钢种的铸片表面裂纹并且实现形成有异种物质填充部的铸模的使用次数的延长、即长寿命化。

附图说明

[0046] 图1是钢的连续铸造用铸模的立体图。

[0047] 图2是表示构成本发明的实施方式的铸模长边的铸模板的表面的一例的图。

[0048] 图3是表示图2的被四边形 (□) 包围的部位的铸模长边的结构的图。

[0049] 图4是表示本发明的另一实施方式的铸模板的背面的图。

[0050] 图5是本发明的另一实施方式的铸模长边的垂直剖面图。

具体实施方式

[0051] 以下,参考附图对本发明进行具体说明。

[0052] 在说明本发明之前,先简单地说明钢的连续铸造方法。图1中示出连续铸造用铸模的立体图。用于连续铸造板坯铸片的连续铸造用铸模1(以下也简记为“铸模1”)具有相对的一对铸模长边2和被铸模长边2夹持且相对的一对铸模短边3。在铸模1的上方配置有收容钢水4的中间包(未图示),在中间包的底部设置有浸渍喷嘴5。利用一对铸模长边2和一对铸模短边3,在铸模1中形成有矩形的内部空间,在该内部空间中插入有浸渍喷嘴5。如后所述,铸模长边2和铸模短边3的与钢水4接触的一侧由铜合金制铸模板构成,在该铸模板的背面配置有垫板。

[0053] 对于构成铸模长边2和铸模短边3的铜合金制铸模板而言,在与钢水4接触的面的背侧的面上形成有冷却水路,使冷却水从该冷却水路通过从而冷却铸模1。在钢的连续铸造作业中,经由浸渍喷嘴5向铸模1的内部空间注入钢水4,通过铸模1来冷却钢水4使其凝固,在与铸模1的接触面上形成凝固壳。将以该凝固壳作为外壳且使内部为未凝固的钢水4的铸片沿成为垂直方向下方的铸片拉拔方向A从铸模1连续地拉拔,从而制造钢的板坯铸片。对于铸模1而言,由于与钢水4和高温的铸片接触,铸模板的表面温度(与钢水接触的一侧的温度)升高,在铸模内的弯月面M(铸模内钢水液面)的位置附近显示出最高值。在图1中,用点划线示出弯月面M的位置。

[0054] 虽然也取决于钢种,但特别优选在铸模内壁面的弯月面M的位置从凝固壳在铸片拉拔方向A和铸模宽度方向B上进行均匀的除热。这是因为能够促进凝固壳厚度的均匀生长。在此,铸片拉拔方向A与铸模宽度方向B正交。另外,作为铸模板,使用对热应力的变形阻力高、并且能够提高基于冷却水的冷却效果的热导率高的铜合金。

[0055] 在铸模1的下方配置有两个以上铸片支撑辊(未图示),并且,在相邻的铸片支撑辊之间配置有水喷嘴或气雾喷嘴。一边经由水喷嘴或气雾喷嘴向铸片表面喷吹冷却水而对铸片进行冷却,一边用铸片支撑辊支撑铸片并拉拔,使凝固完成至铸片的中心部,然后将铸片切割成规定长度。

[0056] 以上述方式制造成为下一工序的热轧的对象的规定长度的钢铸片。

[0057] 本发明通过在对设置有异种物质填充部的铸模板进行冷却的冷却水路中设置搅乱水流并且使冷却水路的表面积增大的构件,由此使冷却水路与冷却水的传热系数增大,有效地对铸模板进行除热。由此,能够降低异种物质填充部及其周围的铸模板的温度,抑制在铸模板与异种物质填充部的边界部位产生的热应力,实现连续铸造用铸模的长寿命化。

[0058] 对本发明的连续铸造用铸模的实施方式的一例进行说明。构成连续铸造用铸模1的铸模长边2和铸模短边3分别具有表面形成为铸模内壁面且在背面形成有冷却水路的铸模板和利用螺栓和螺母安装在该铸模板上的垫板。

[0059] 将构成铸模长边2的铸模板的表面的一例示于图2中。在铸模板21的表面,在形成在包含弯月面M的区域的凹部(凹陷部)形成有异种物质填充部22,所述异种物质填充部22填充有热导率与铸模板21不同的异种物质。异种物质填充部22至少在包含弯月面M的弯月面附近的铸片拉拔方向A和铸模宽度方向B上形成。也可以将异种物质加工成嵌合于凹部的形状从而嵌入凹部而填充异种物质,但也可以通过镀覆手段、喷镀手段等在凹部填充异种物质。在通过镀覆手段、喷镀手段等在凹部填充异种物质的情况下,能够防止在凹部与异种

物质之间产生空隙。

[0060] 在铸模板21的表面形成两个以上圆形状凹部,将异种物质填充于圆形状凹部,形成相互独立的两个以上异种物质装入部22。这种情况下,优选以从铸模内壁面朝向冷却水路的铸模内壁面处的热通量周期性地变化的方式,使各异种物质装入部22规则地排列。

[0061] 通过在包含弯月面M的附近的区域中排列两个以上异种物质填充部22,包含弯月面M的附近的区域的铸片拉拔方向A和铸模宽度方向B上的铸模板21的热阻规则且周期性地增减。由此,从弯月面M的附近、即凝固初期的凝固壳朝向铸模板21的热通量规则且周期性地增减。通过热通量的规则且周期性的增减,由从 δ 铁向 γ 铁的相变而产生的应力、热应力降低,因这些应力而产生的凝固壳的变形减小。通过使凝固壳的变形减小,使凝固壳的变形所引起的不均匀的热通量分布均匀化,并且,产生的应力被分散而使各自的应变变量减小。其结果是,可防止凝固壳表面处的表面裂纹的产生。

[0062] 需要说明的是,凹部在铸模板21的表面的形状也可以不是完全的圆形(称为“圆形凹部”)而为模拟圆形(称为“模拟圆形凹部”)。模拟圆形是指例如椭圆形、使角部为圆或椭圆的正方形或长方形等不具有角部的形状。此外,也可以是花瓣图案那样的形状。

[0063] 为了使铸模内壁面处的热通量的变化可靠地呈周期性,优选相邻的异种物质填充部22的间隔相同。另外,相对于构成铸模长边2和铸模短边3的铸模板的热导率,异种物质的热导率优选为80%以下或125%以上。需要说明的是,异种物质的热导率随着气氛温度的变化而变化。因此,异种物质和铸模板的热导率以铸模的制造时的室温(常温)时为基准。在室温时,如果异种物质的热导率相对于铸模板的热导率存在约20%的差异,则通过铸模内壁面处的热通量的规则且周期性的增减,能够降低由从 δ 铁向 γ 铁的相变而产生的应力、热应力。但是,只要能够降低由上述相变而产生的应力等从而防止铸片的表面裂纹即可,因此,异种物质的热导率不一定需要为上述范围,异种物质填充部22彼此的间隔也不一定需要相同。

[0064] 作为热导率相对于铸模板的热导率为80%以下的异种物质的例子,可以使用容易镀覆或喷镀的Ni(热导率:约90W/(m×K))和Ni合金(热导率:约40~90W/(m×K))。铸模板可以使用铜合金(热导率:约100~385W/(m×K)),例如可以使用高导热型铜合金(热导率:约318W/(m×K))、电磁搅拌用的低导热型铜合金(热导率:约119~239W/(m×K))。但是,异种物质和铸模板可以使用Ni合金、铜合金以外的金属。

[0065] 作为铸模板,可以使用纯铜(热导率:约398W/(m×K))、上述铜合金。特别是在进行铸模内钢水的电磁搅拌的情况下,为了不使从线圈到钢水中的磁场强度衰减,优选使用添加了几质量%的铜成分以外的成分、电导率降低的铜合金。与纯铜相比,铜合金的热导率降低。即,优选根据铸模1的用途适当选择异种物质和/或铸模板的材料来调整异种物质和铸模板的热导率。

[0066] 在省略了图示和说明的铸模短边3的表面,也可以与铸模长边2同样地形成异种物质填充部。但是,对于板坯铸片而言,由于其形状,容易在长边面侧的凝固壳发生应力集中,容易在长边面侧产生表面裂纹。因此,在板坯铸片用的连续铸造用铸模的铸模长边需要设置异种物质填充部,但在铸模短边不一定需要设置异种物质填充部。

[0067] 考虑到对初期凝固的影响,优选在从与稳定铸造时的弯月面M的位置相隔距离Q的上方的位置起到与弯月面相隔距离R的下方的位置为止的铸模内壁面的区域中设置异种物

质填充部22。距离Q是大于零的任意值。距离R可以由下述(5)式算出。

[0068] $R(\text{mm}) = 2 \times V_c \times 1000 / 60 \cdots \cdots (5)$

[0069] 在此, V_c 为钢的连续铸造工序中的铸片拉拔速度(m/分钟)。

[0070] 距离R与凝固开始后的凝固壳(铸片)从形成有异种物质填充部22的区域通过的时间相关。凝固壳(铸片)优选从凝固开始后起在设置有异种物质填充部22的区域内滞留至少2秒钟。为了使凝固壳(铸片)从凝固开始后起在设置有异种物质填充部22的区域中存在至少2秒钟,需要将异种物质填充部22设置到与弯月面M相隔由(5)式求出的距离R以上的下方为止。

[0071] 如果确保凝固开始后的铸片在设置有异种物质填充部22的区域内滞留的时间为2秒以上,则能够充分地得到基于异种物质填充部22的、从铸模内壁面朝向冷却水路的热通量的周期性变化所带来的效果。即,通过使凝固壳在异种物质填充部22的区域内滞留时间为2秒以上,即使在容易产生表面裂纹的高速铸造时、中碳钢的铸造时,也能够得到防止铸片表面裂纹的效果。但是,为了稳定地得到基于异种物质填充部22的热通量的周期性变化的效果,作为凝固壳从设置有异种物质填充部22的区域通过的时间,更优选确保4秒以上。另一方面,在薄板坯连续铸造机的情况下,铸片拉拔速度快,因此,距离R变大,应设置异种物质填充部22的铸片拉拔方向A的范围变大,有时铸模的加工成本增大。即使在这样的情况下,如果确保上述的从异种物质填充部22通过的时间为1秒以上,也可以得到与该时间相符的热通量的周期性变化效果。

[0072] 形成有异种物质填充部22的区域的上端只要为弯月面M的上方就没有特别限定。因此,距离Q为超过零的任意值。但是,在铸造中,弯月面M在上下方向上变动,因此,优选以异种物质填充部22的区域的上端始终成为弯月面M的上方位置的方式形成异种物质填充部22,直至弯月面M的上方约10mm的位置为止。优选设定为直至上方约20mm的位置为止。弯月面M的位置一般设定为自铸模长边2的上端起60~150mm下方的位置,与此相应地决定形成异种物质填充部22的区域即可。

[0073] 在钢的连续铸造工序中,将高温的钢水注入到铸模的内部空间中,因此铸模板的温度升高。因此,在构成铸模长边和铸模短边的铸模板中形成有冷却水路,使冷却水从该冷却水路通过从而使铸模板冷却,由此维持铸模的形态。但是,异种物质填充部22的热膨胀率与铸模板21的热膨胀率不同,因此,有可能因集中于它们的边界处的热应力而在铸模板的表面(铸模内壁面)产生裂纹。

[0074] 因此,在本发明中,在铸模板21的与形成有异种物质填充部22的区域对应地进行冷却的冷却水路的范围内,形成搅乱水流并且使冷却水路的表面积增大的水流搅乱部,使该部位的冷却水路与水流的传热系数增大。由此,促进形成有异种物质填充部22的区域的铸模板的除热。

[0075] 对水流搅乱部进行说明。图3中示出图2所示的被四边形(□)包围的部位的铸模长边的结构。在图3中,(a)是表示铸模板的表面的平面图,(b)是表示铸模板的背面的平面图。(c)是上述部位的铸模长边的垂直剖面图,(d)是上述部位的铸模长边的水平截面图。需要说明的是,如图3(c)和图3(d)所示,在铸模板21的背面,以覆盖形成在铸模板21的冷却水路31的方式安装垫板23。

[0076] 如图3(b)所示,在铸模板21的背面形成有冷却水路31。冷却水路31由沿着铸片拉

拔方向A伸长的纵长形状的两个以上槽构成,该两个以上槽在铸模宽度方向B上对齐排列。通过为纵长形状,即使减少向冷却水路31中的水的供给流量,也能够容易地加快冷却水路31中的线流速,容易将水流的温度抑制得较低,能够高效地冷却铸模板21。

[0077] 对于本发明的连续铸造用铸模1而言,在与形成有异种物质填充部22的区域对应的铸模板21的背面的冷却水路31中,形成有搅乱水流的水流搅乱部。水流搅乱部例如如图3(b)~(d)所示可以由在冷却水路31的铸模宽度方向B和冷却水路31的厚度方向上扩展设置的突起32构成。即,突起32在冷却水路31的铸模宽度方向B和冷却水路31的厚度方向上扩展设置,以便缩小冷却水路31的流路面积,相对于在冷却水路31中流动的水流而成为障碍物。

[0078] 为了进一步搅乱冷却水路内的水流并且使冷却水路31的表面积进一步增大,优选沿着水流的流动方向(铸片拉拔方向A的反方向)在冷却水路31中配置两个以上该突起32。突起32可以通过如下方式设置:嵌入设置于冷却水路31的槽(未图示)中;通过焊接与铸模板21接合;利用胶粘剂与铸模板21接合;等。

[0079] 在冷却水路31中流动的水流与突起32碰撞而被搅乱,设置有突起32的区域中的水流的湍流程度增加,与冷却水路31接触的水流(湍流)的边界层的厚度变薄。其结果是,从冷却水路31向水流的传热系数变大,能够有效地冷却形成有异种物质填充部22的区域的铸模板21。另外,通过突起32,冷却水与铸模板21接触的表面积变大,因此能够更有效地冷却形成有异种物质填充部22的区域的铸模板21。

[0080] 在此,突起32优选在铸模宽度方向B上设定为冷却水路31的宽度(铸模宽度方向的长度)的1/3以上、铸模宽度方向整体以下的长度。另外,优选在冷却水路31的厚度方向上设定为自铸模板21的背面(冷却水路31的底面)起1mm以上、冷却水路31的厚度w的1/2以下的高度(长度)。需要说明的是,在图3中,突起32形成在与形成有异种物质填充部22的区域对应的铸模板21的背面的位置,但也可以在从铸模板21的上端到下端的冷却水路31中设置突起32。另外,图3示出以覆盖冷却水路31的铸模宽度方向整体的方式形成突起32的例子。

[0081] 在冷却水路31中流动的水流的湍流程度或水流是否为层流可以以公知的雷诺数Re作为指标来判断。通常,可以根据水流的密度(kg/m^3)、水流的线速度(m/s)、水流流动的距离等特征长度(m)和水流的粘性系数($\text{Pa} \times \text{s}$)来算出雷诺数Re。对于本发明的连续铸造用铸模而言,采用没有突起32时的冷却水路31的厚度w(参照图3(c))作为“特征长度(m)”来算出雷诺数Re即可。如果在假设没有突起32而算出的雷诺数Re超过2300的条件下向冷却水路31供给冷却水,则在形成有突起32的区域中,冷却水路31的厚度因突起32而变小,可以视为与突起32碰撞的水流变为湍流。

[0082] 对于本发明的连续铸造用铸模而言,优选异种物质填充部22和冷却水路31以满足下述(1)式~(3)式中的至少一个条件的方式形成在铸模板21。

[0083] $d < P \leq S \cdots \cdots (1)$

[0084] $e \leq L \leq 1000 \times V_c / f \cdots \cdots (2)$

[0085] $F \leq L \cdots \cdots (3)$

[0086] 在此,(1)式~(3)式中,各符号表示以下含义。

[0087] d:铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度(mm)

[0088] P:异种物质填充部中相邻的异种物质填充部之间的铸模宽度方向上的间隔距离(mm)

[0089] S:两个以上形成在铸模板的背面的冷却水路中相邻的冷却水路之间的铸模宽度方向上的间隔距离(mm)

[0090] e:铸片拉拔方向上的异种物质填充部的宽度(mm)

[0091] L:异种物质填充部中相邻的异种物质填充部之间的铸片拉拔方向的间隔距离(mm)

[0092] V_c :钢的连续铸造工序中的铸片拉拔速度(m/分钟)

[0093] f:钢的连续铸造工序中的连续铸造用铸模的振动频率(1/分钟)

[0094] F:配置在冷却水路中的突起中相邻的突起之间的铸片拉拔方向的间隔距离(mm)

[0095] 需要说明的是,“间隔距离”是指各部位的相邻的两个部位在铸片拉拔方向A或铸模宽度方向B上的中心间距离(参照图3)。

[0096] 另外,对于本发明的连续铸造用铸模而言,优选异种物质填充部22以满足下述(4)式的条件的方式形成在铸模板21。

[0097] $0.5 \leq t \leq d \cdots \cdots (4)$

[0098] 在此,(4)式中,t为异种物质填充部中的异种物质的填充深度(mm),d为铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度(mm)。

[0099] 在连续铸造用铸模中,在铸模板21的背面形成有冷却水路31,因此,铸模板21中,与远离冷却水路31的部位相比,靠近冷却水路31的部位更加被冷却,存在铸模板21的表面的冷却程度变得不均匀的倾向。为了抑制基于冷却水路31的冷却对异种物质填充部22所引起的热阻的周期性增减量的影响,优选满足(1)式。即,优选将异种物质填充部22的铸模宽度方向B上的间隔距离P设定为大于异种物质填充部22的宽度d且冷却水路31的间隔距离S以下(参照图3(d))。

[0100] 另外,由于利用在铸模板21的背面的冷却水路31中流动的冷却水对铸模板21进行冷却,因此,铸模板21从冷却水路31以放射状被除热。因此,在铸模板21的表面,在靠近冷却水路31的部位与远离冷却水路31的部位产生冷却不均。为了通过异种物质填充部22所引起的热阻的周期性增减进一步发挥使由从 δ 铁向 γ 铁的相变而产生的应力、热应力降低的效果,优选以比冷却水路31的间隔距离S小的间隔产生热通量差。因此,优选满足(1)式,即使异种物质填充部22的铸模宽度方向B的间隔距离P为冷却水路31的间隔距离S以下,优选异种物质填充部22的宽度d小于间隔距离P。

[0101] 异种物质填充部22的宽度d优选设定为2~20mm。在异种物质填充部22为模拟圆形的情况下,作为宽度d,可以采用由下述(6)式求出的等效圆直径。

[0102] 等效圆直径 $= (4 \times S / \pi)^{1/2} \cdots \cdots (6)$

[0103] 在此,(6)式中,S为异种物质填充部22的面积(mm^2)。

[0104] 通过使宽度d或等效圆直径为2mm以上,容易将异种物质通过镀覆手段、喷镀手段填充到圆形、模拟圆形的凹部中。另一方面,通过使宽度d和等效圆直径为20mm以下,容易抑制异种物质填充部22中的热通量的降低,即,容易抑制异种物质填充部22处的凝固延迟,防止该位置处的向凝固壳的应力集中,从而防止凝固壳的表面裂纹产生。

[0105] 另外,在钢的连续铸造方法中,在向铸模注入钢水时,为了防止钢水向铸模上的粘砂,通常在向钢水液面上投入保护渣的同时使铸模振动。已知因该振动而在铸片的表面在铸片拉拔方向A上周期性地形成振痕,存在铸片的厚度在铸片拉拔方向A上周期性地变化的

倾向。

[0106] 通过使异种物质填充部22的宽度 e (mm)、相邻的异种物质填充部22的间隔距离 L (mm)、铸片拉拔速度 V_c (m/分钟) 和铸模的振动频率 f (1/分钟) 满足 (2) 式, 能够抑制铸片的横裂纹。即, 如果铸片拉拔方向A的异种物质填充部22的宽度 e 小于振痕所引起的铸片的增减的厚度在铸片拉拔方向A上的一个周期的长度 (间距), 则能够抑制铸片的横裂纹。

[0107] 相邻的突起32的间隔距离 F 与相邻的异种物质填充部22的铸片拉拔方向A的间隔距离 L 满足 (3) 式意味着在与铸片拉拔方向A上相邻的异种物质填充部22之间的部位对应的位置形成突起32。由此, 该部分的冷却水路的表面积以突起的表面积的程度变大, 在冷却水路中水流容易变为湍流。其结果是, 能够更有效地进行铸模板21的除热。

[0108] 需要说明的是, 为了满足 (4) 式, 优选使异种物质的填充深度 t 为0.5mm以上且 d mm以下。异种物质填充部22的填充深度 t (参照图3 (d)) 小于0.5mm时, 有可能异种物质填充部22中的热通量的变动量变得不充分。另一方面, 填充深度 t 过大时, 难以向凹部填充异种物质。因此, 填充深度 t 优选设定为铸模宽度方向上的异种物质填充部的宽度 d (mm) 以下。另外, 填充深度 t 优选最大设定为10mm。这是因为, 填充深度 t 超过10mm时, 难以填充异种物质。

[0109] 如图4所示, 可以在冷却水路31中以交错排列的方式配置两个以上突起42。由此, 与图3的情况同样地, 设置有突起42的冷却水路31的水流容易变为湍流。如果将突起42形成为例如将橄榄球切成一半而形成的椭圆体状, 则水流的湍流程度更强, 铸模板21与水流的传热系数变高, 能够有效地冷却形成有异种物质填充部22的铸模板21的区域。在此, “交错排列” 是指, 在铸模宽度方向B上并排配置的突起42的组相对于在铸片拉拔方向A上相邻的上段和/或下段的在铸模宽度方向B上并排配置的突起42的组而配置在突起42的组的宽度方向间距的一半的位置。需要说明的是, 在本说明书中, 在铸模宽度方向B上并排配置的突起42为一个的情况也称为“组”。

[0110] 在图3中, 在冷却水路31的铸模板21侧、即冷却水路31的底面侧设置突起32, 但也可以在冷却水路31的垫板23侧设置突起32。这种情况下, 虽然面向冷却水的铸模板21的表面积变小, 但对于在冷却水路中水流容易变为湍流而言没有变化, 能够更有效地进行铸模板21的除热, 充分地发挥本发明的效果。

[0111] 如图5所示, 可以以覆盖异种物质填充部22的方式在铸模板21的表面形成镀层51。由此, 能够抑制凝固壳所致的磨损、热历程所致的铸模表面的裂纹。镀层51可以通过将通常使用的镍或含有镍的合金、例如镍-钴合金 (Ni-Co合金) 或镍-铬合金 (Ni-Cr合金) 等进行镀覆处理或喷镀处理来形成。

[0112] 使用以上说明的连续铸造用铸模, 以使水流在冷却水路中的形成有水流搅乱部的位置处变为湍流的方式向连续铸造用铸模供给冷却水来铸造铸片, 通过进行这样的钢的连续铸造, 特别是在钢水为中碳钢的情况下, 能够有效地防止铸片表面裂纹并且使用同一铸模进行长时间的连续铸造作业。

[0113] 实施例1

[0114] 虽然有如图2所记载那样的在铸模内壁面形成有异种物质填充部的连续铸造用铸模, 但准备在冷却水路中没有形成图3 (b) ~ (d) 所示的突起32的连续铸造用铸模, 使用该铸模进行钢的连续铸造作业 (比较例)。所准备的连续铸造用铸模是具有铸模长边的长度为2.1m、铸模短边的长度为0.22m的矩形的内面空间的铸模, 利用室温下的热导率为约380 (W/

($m \times K$) 的铜合金来制作构成铸模长边和铸模短边的铸模板。

[0115] 作为连续铸造的对象钢种,设定为化学成分为C:0.08~0.17质量%、Si:0.10~0.30质量%、Mn:0.50~1.20质量%、P:0.010~0.030质量%、S:0.005~0.015质量%、Al:0.020~0.040质量%、余量为Fe和不可避免的杂质的中碳钢。1次装料的钢水质量为300吨。在比较例中,一边将中碳钢的钢水注入到准备的铸模中,一边使铸模沿铸片拉拔方向振动,同时将铸模冷却而形成凝固壳,将该凝固壳进行拉拔而铸造出板坯铸片。铸片拉拔速度 V_c 设定为2.0(m/分钟)。

[0116] 在连续铸造作业中,向振动中的铸模内的钢水上投入保护渣,防止铸模的钢水的粘砂。作为保护渣,使用碱度((质量%CaO)/(质量%SiO₂))为1.1、熔融温度为1210℃、1300℃下的粘度为0.15Pa×s的保护渣。

[0117] 在连续铸造作业中,以不更换铸模而进行3000次装料的连续铸造为目标,在每100次装料的铸造结束时,调查铸模长边的表面裂纹。通过目视调查在铸模长边的表面是否存在裂纹,在能够确认到裂纹的情况下,在该时刻中止连续铸造作业。对于全部连续铸造,每个都调查铸片的表面裂纹。关于铸片的表面裂纹,通过目视对实施了渗透探伤试验(着色探伤)的铸片表面进行调查,对沿着铸片拉拔方向的纵裂纹、沿着铸片宽度方向的横裂纹进行确认。

[0118] 在比较例的铸模中,在构成铸模长边的铸模板上形成两个以上圆形凹部,在其内部利用镀覆手段填充作为异种物质的镍合金(室温下的热导率:80(W/($m \times K$))),形成异种物质填充部。另外,在铸模内壁面设置有如图5所示的镀层51。其材料也使用与异种物质相同的镍合金。

[0119] 另外,准备如图2所示在铸模板21的表面形成有异种物质填充部22、在冷却水路中形成有如图3所示的突起32的连续铸造用铸模,使用该铸模进行钢的连续铸造作业(本发明例1)。本发明例1中,将异种物质的填充深度 t 设为1mm,以满足(1)式、(2)式、(3)式的方式设置有异种物质填充部22和突起32。

[0120] 在本发明例1的铸模中,与比较例同样地设置有镀层51,其材料也与比较例同样地使用镍合金。在本发明例1中,除了所使用的连续铸造用铸模以外,在与比较例相同的条件下进行钢的连续铸造作业。例如,比较例中的冷却水向铸模的供给速度是在没有形成突起的铸模中冷却水路的水流的雷诺数 Re 变为湍流的速度,在本发明例1中,也以与比较例中的冷却水的供给速度相同的速度向铸模供给冷却水。

[0121] 另外,在本发明例1中,以不更换铸模而进行3000次装料的连续铸造为目标,与比较例同样地,在每100次装料的铸造结束时,调查铸模长边的表面裂纹,在铸模长边的表面确认到裂纹的情况下,在该时刻中止连续铸造。另外,对于每个连续铸造调查铸片的表面裂纹。

[0122] 在比较例中,在2400次装料的铸造结束时刻,在构成铸模长边的铸模板发现了表面裂纹。与此相对,在本发明例1中,即使在3000次装料的铸造结束时刻也没有在构成铸模长边的铸模板产生表面裂纹。即,在本发明例1中,能够进行目标次数的连续铸造而不会在构成铸模长边的铸模板产生表面裂纹。

[0123] 在比较例中,对于铸模的寿命,在2400次装料的连续铸造结束后的调查中,可知在构成铸模长边的铸模板产生了表面裂纹。另一方面,在本发明例1中,能够不更换铸模地进

行目标次数的3000次装料的连续铸造,与比较例相比能够提高铸模的使用寿命。认为这是因为,利用突起32(水流搅乱部),能够使水流成为与比较例的情况相比更混乱的湍流,而且使冷却水路的表面积增大,能够更高效地冷却铸模。

[0124] 需要说明的是,虽然对比较例和本发明例1的铸片是否产生表面裂纹进行了调查,但在任意一例中都没有确认到表面裂纹。对于任意一个铸模都能够利用异种物质填充部有效地防止由于中碳钢铸造中发生的从 δ 铁向 γ 铁的相变所引起的凝固壳厚度不均匀而产生的表面裂纹,预想能够防止铸片的表面裂纹。

[0125] 实施例2

[0126] 通过与上述实施例1同样的方法进行钢的连续铸造作业(本发明例2~21)。在实施例2中,将一个本发明例中的铸造装料数设为5次装料。另外,在本发明例2~21各例中,改变图3所示的、异种物质填充部22的铸模宽度方向上的宽度d(mm)、异种物质填充部22的铸模宽度方向上的间隔距离P(mm)、铸片拉拔方向A上的异种物质填充部22的宽度e(mm)等,并且改变振动频率(1/分钟)、铸片拉拔速度Vc(m/分钟)。

[0127] 在各作业中,将5次装料的连续铸造作业进行一次,在所使用的铸模中,在弯月面M附近的两个以上异种物质填充部22各处和相邻的异种物质填充部22的中间点各处埋入热电偶,利用热电偶测定它们的温度。以1秒间隔测定温度,记录其温度数据。从热电偶的测温点到铸模板21的钢水侧表面的距离为15mm。基于传热模型,由测定的温度数据算出铸模板21的表面温度。

[0128] 在除本发明例19以外的本发明例中,如图3所示,在冷却水路31的铸模板21侧设置有突起32。另一方面,在本发明例19中,在冷却水路31的垫板23侧设置有突起32。

[0129] 将本发明例2~21中的宽度d、间隔距离P(mm)等、算出的温度示于表1中。

[0130]

[表 1]

项目	宽度 ^d (mm)	间隔 距离 ^P (mm)	宽度 ^e (mm)	间隔 距离 ^L (mm)	振动 频率 ^f (1/分钟)	铸片拉拔 速度 ^{V_c} (m/分钟)	1000 × V _c /f (mm)	填充 深度 ^t (mm)	间隔 距离 ^S (mm)	间隔 距离 ^F (mm)	(1)式 (-)	(2)式 (-)	(3)式 (-)	纵裂纹 产生率 (%)	横裂纹 产生率 (%)	弯月面 位置温度 (°C)	最大温 度振幅 (°C)
本发明例2	1	3	2	5	146	1.6	11	0.5	20	2	○	○	○	0	0	250	35
本发明例3	2	5	2	5	146	1.6	11	1	20	2	○	○	○	0	0	278	30
本发明例4	5	6	5	8	146	1.6	11	5	20	3	○	○	○	0	0	278	31
本发明例5	5	6	5	9	146	1.6	11	5	20	4	○	○	○	0	0	275	32
本发明例6	10	7	6	9	146	1.6	11	5	20	5	○	○	○	0	0	277	33
本发明例7	10	10	6	9	146	1.6	11	5	20	6	○	○	○	0	0	272	34
本发明例8	20	10	8	8	146	1.6	11	10	20	7	○	○	○	0	0	274	35
本发明例9	18	20	8	9	146	1.6	11	10	20	8	○	○	○	0	0	273	31
本发明例10	5	10	5	10	183	2	11	3	20	5	○	○	○	0	0	290	38
本发明例11	5	10	5	10	183	2	11	5	20	5	○	○	○	0	0	292	37
本发明例12	5	10	5	10	210	2.3	11	5	20	5	○	○	○	0	0	296	40
本发明例13	3	25	2	5	146	1.6	11	1	20	2	×	○	○	14	0	275	20
本发明例14	5	22	5	12	146	1.6	11	5	20	3	×	×	○	8	12	267	22
本发明例15	5	6	5	15	146	1.6	11	12	20	4	○	×	○	0	10	308	45
本发明例16	10	12	6	12	146	1.6	11	0.3	20	5	○	×	○	0	8	294	15
本发明例17	10	10	6	5	146	1.6	11	17	20	7	○	○	×	0	0	325	45
本发明例18	1	3	2	5	146	1.6	11	0.3	20	6	○	○	×	12	0	275	22
本发明例19	5	6	5	9	146	1.6	11	5	20	4	○	○	○	0	0	281	35
本发明例20	5	10	5	15	146	1.6	11	3	20	5	○	×	○	0	10	298	23
本发明例21	5	10	5	10	146	1.6	11	5	20	11	○	○	×	0	0	312	44

[0131] 在表1中,设置了(1)~(3)式的项目。在(1)~(3)式的各项目为“○”的情况下,满足各项式的条件,在为“×”的情况下,意味着不满足该条件。

[0132] 另外,在表1中,算出由在两个以上异种物质填充部22和两个以上中间点测定的温度数据基于传热模型得到的铸模板21的表面温度的平均温度,接着,利用5次装料的连续铸造的稳定作业时间内的数据样品数对上述平均温度进一步进行平均,将由此算出的值记载为“弯月面位置温度”。此外,在表1中,将在5次装料的连续铸造的稳定作业时间内由在两个以上异种物质填充部22和两个以上中间点测定的温度数据同样算出的铸模板21的表面温度与“弯月面位置温度”之差的绝对值中的最大值记载为“最大温度振幅”。

[0133] 表1的“弯月面位置温度”越低,意味着弯月面M的位置处的铸模板的表面越被冷却,另外,“最大温度振幅”越小,意味着在弯月面M的位置处的铸模宽度方向上冷却不均越被抑制。

[0134] 在实施例2中,也对于全部连续铸造作业每个都调查铸片的表面裂纹。通过1次装料的连续铸造作业能够制造10张板坯铸片,在一个本发明例中,进行了5次装料的连续铸造,因此,在一个本发明例中制造出50张板坯铸片。对于该全部铸片实施渗透探伤试验,通过目视调查实施了渗透探伤试验的铸片表面,调查铸片表面裂纹。在铸片的表面发现了横裂纹和/或纵裂纹的情况下,对该铸片进行计数,将发现了裂纹的铸片的总数相对于钢坯总数(=50)的百分率按纵裂纹和横裂纹以“纵裂纹产生率”(%)和“横裂纹产生率”(%)的形式示于表1中。即使在该裂纹产生率不为零(=0)的情况下,由于即使在通过目视发现了非常细的裂纹的情况下也将该铸片进行计数,因此,裂纹产生率为15%以下时,实质上也没有问题。

[0135] 如果弯月面位置温度为300℃以下并且最大温度振幅为40℃以下,则可以说能够大致稳定地冷却。另外,如果在铸模表面形成有异种物质填充部,则在大多数情况下能够防止铸片的表面裂纹。

[0136] 在满足(1)~(3)式的本发明例2~12中,在通过一次连续铸造作业得到的全部铸片中能够防止表面裂纹。另外,对于铸模能够确认到,弯月面位置温度为300℃以下并且最大温度振幅为40℃以下,因此能够更有效地冷却铸模。

[0137] 在本发明例13~16中可知,虽然满足(3)式,冷却能够大致有效地进行,但是,由于不满足(1)式和/或(2)式,因此在50张板坯铸片中的几张中产生了纵裂纹和/或横裂纹。

[0138] 在本发明例17中可知,由于满足(1)式和(2)式,因此没有产生了表面裂纹的铸片,但是,由于不满足(3)式,因此,弯月面位置温度超过300℃,冷却效果比本发明例3等差。在本发明例18中,最大温度振幅为22℃,与本发明例3相比沿着铸模宽度方向的冷却不均小。但是,与本发明例3相比弯月面位置温度升高,对于弯月面的冷却,比本发明例3差。另外,在本发明例18中,填充深度 t 小于0.5mm,因此,周期性的热阻的变动量小于其它本发明例的情况,虽然满足(1)式,但产生了纵裂纹。

[0139] 在本发明例19中,除了在垫板23侧设置有突起32以外,在与本发明例5相同的条件下进行了钢的连续铸造。在本发明例19中,虽然与本发明例5同样地铸片的表面裂纹产生率为零,但是,与本发明例5相比,弯月面位置温度略升高。推测这是因为,由于在垫板23侧设置有突起32,因此面向冷却水路31的铸模板21的表面积小于本发明例5的情况。

[0140] 在满足(3)式的本发明例20中,最大温度振幅小于本发明例3。但是,本发明例20的弯月面位置温度高于本发明例3。弯月面位置温度变高意味着在沿着铸模宽度方向的任意一个位置温度都高,推测其结果是,最大温度振幅(最高温度或最低温度与平均温度之差)

变小。本发明例21中,不满足(3)式,因此弯月面位置温度仍超过300℃、最大温度振幅仍超过40℃。

[0141] 根据以上结果可以确认:通过本发明,能够抑制中碳钢的铸片的表面裂纹的产生,并且能够有效地降低形成有异种物质填充部的弯月面部附近的铸模板的温度。通过本发明,能够实现形成有异种物质填充部的铸模的长寿命化。

[0142] 符号说明

[0143] 1 连续铸造用铸模

[0144] 2 铸模长边

[0145] 3 铸模短边

[0146] 4 钢水

[0147] 5 浸渍喷嘴

[0148] 21 铸模板

[0149] 22 异种物质填充部(圆形)

[0150] 23 垫板

[0151] 31 冷却水路

[0152] 32 突起(水流搅乱部)

[0153] 42 突起(水流搅乱部)

[0154] 51 镀层

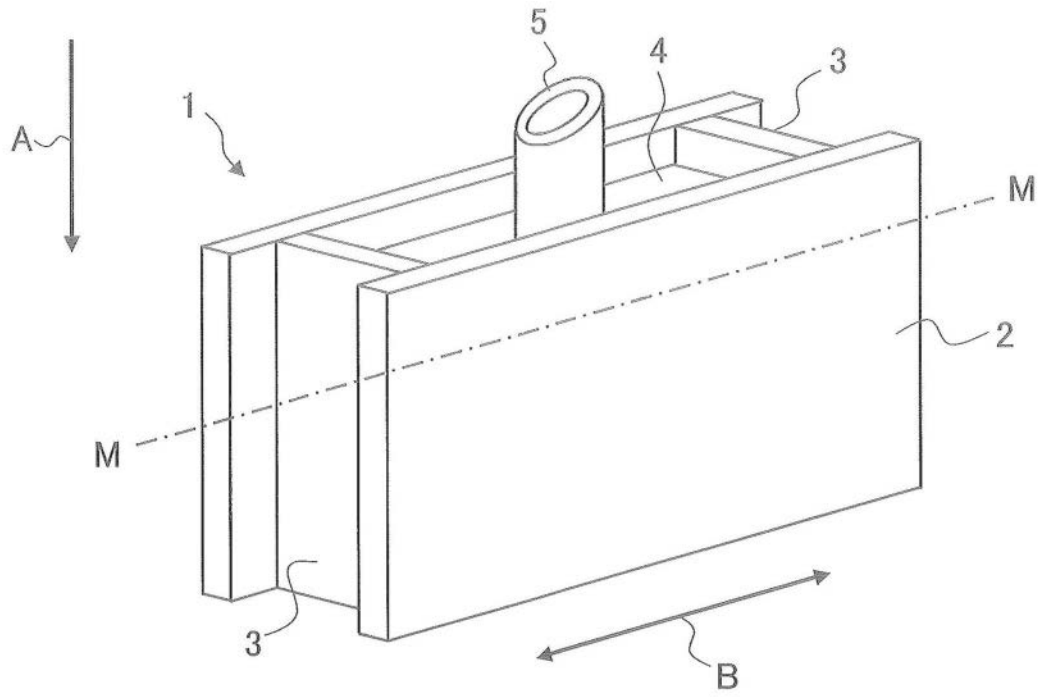


图1

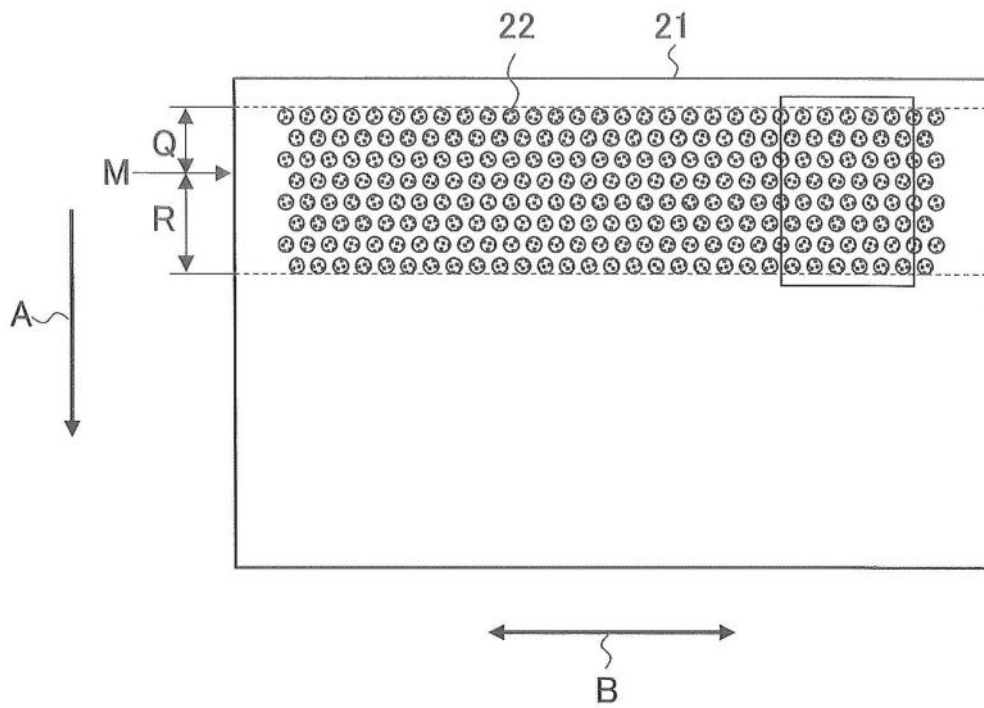


图2

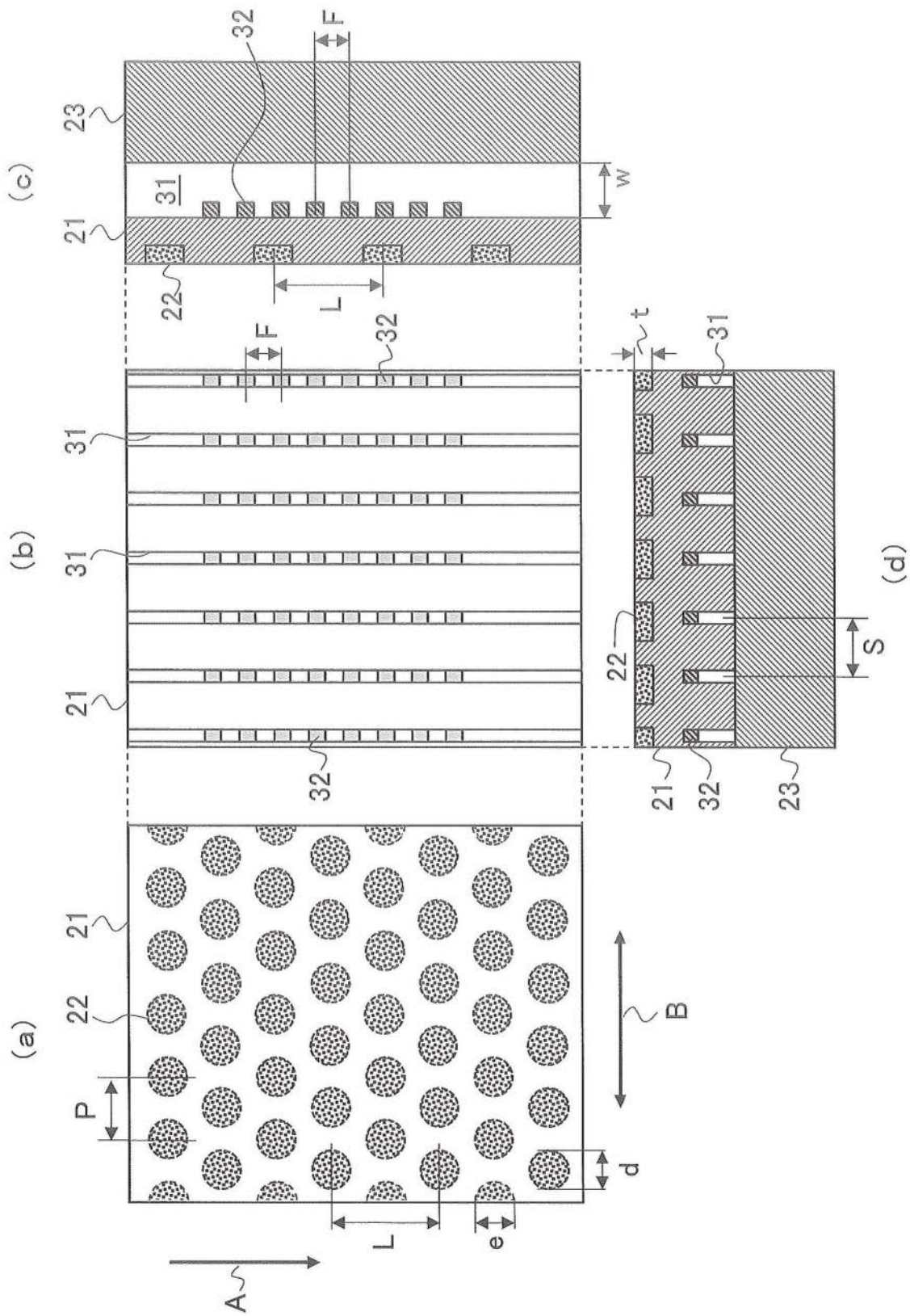


图3

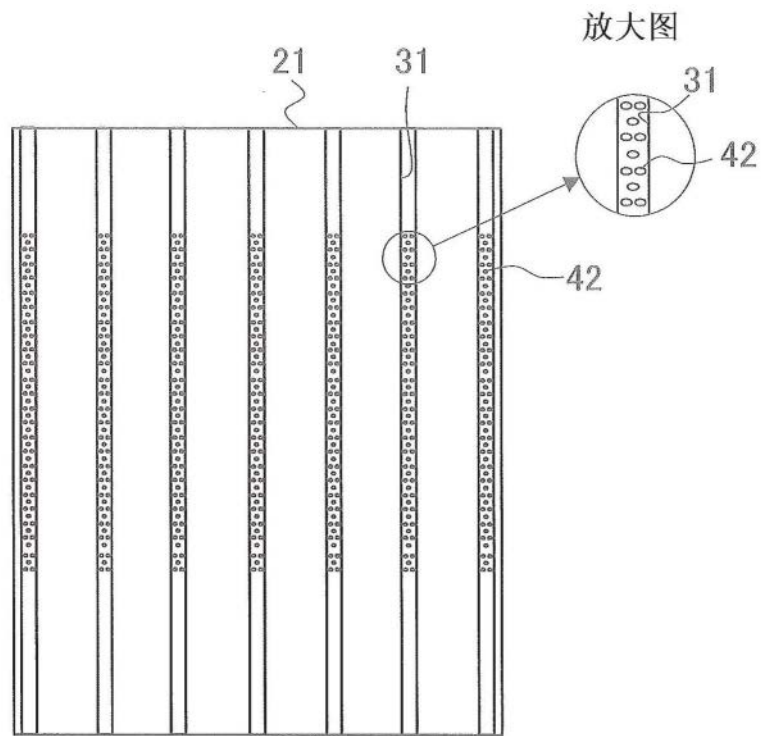


图4

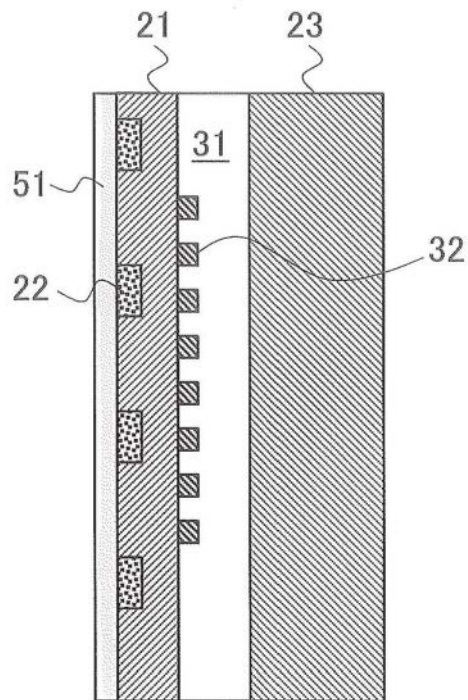


图5