



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112276025 B

(45) 授权公告日 2022.03.08

(21) 申请号 202011172856.9

(22) 申请日 2020.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112276025 A

(43) 申请公布日 2021.01.29

(73) 专利权人 安徽工业大学
地址 243002 安徽省马鞍山市湖东路59号
专利权人 河北敬业高品钢科技有限公司

(72) 发明人 岳强 余慧 胡睿 康志伟
曾岳飞 杨泽曦

(74) 专利代理机构 安徽知问律师事务所 34134
代理人 平静

(51) Int.Cl.
B22D 1/00 (2006.01)
B22D 41/50 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 108500228 A, 2018.09.07
- CN 107983928 A, 2018.05.04
- CN 1718322 A, 2006.01.11
- CN 203155966 U, 2013.08.28
- CN 107000046 A, 2017.08.01
- CN 1392810 A, 2003.01.22
- CN 102688994 A, 2012.09.26
- JP S63140745 A, 1988.06.13
- CN 105890870 A, 2016.08.24
- CN 110102220 A, 2019.08.09

审查员 郭志鹏

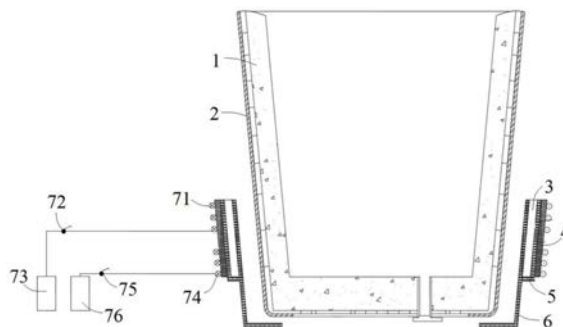
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置及方法,属于冶金技术领域。本发明的装置包括环绕在钢包周向的两组电磁线圈,及为电磁线圈供电的电源;两组电磁线圈环绕在设置于底座上端的隔热板上,隔热板与底座之间通有冷却水。底座上设置升降机构,辅助电磁线圈上下移动。本发明通过对钢水形成旋涡的临界高度进行计算,使电磁线圈准确位于旋涡产生的临界高度,起到抑制旋涡的作用;同时利用电磁线圈对钢液进行加热,补充浇注末期钢包内钢液的温降,使钢液产生上下对流,将钢水内部的夹杂物带到液面上,达到去除夹杂物的作用,提高金属液的洁净度和提升金属收得率,使钢液温度得到稳定控制,显著提升产品性能。



1. 一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置,包括钢包(1),其特征在于:还包括电磁机构,所述的电磁机构包括第一电磁线圈(71)、第一电源(73)、第二电磁线圈(74)和第二电源(76);所述的第一电磁线圈(71)和第二电磁线圈(74)沿钢包(1)周向环绕,第一电磁线圈(71)和第二电磁线圈(74)沿竖直方向上下分布;第一电磁线圈(71)与第一电源(73)连接,第二电磁线圈(74)与第二电源(76)连接;该装置还包括底座(6),所述的钢包(1)安放在底座(6)上;所述的底座(6)上设置有升降机构,该升降机构固定端与底座(6)连接,移动端与第一电磁线圈(71)和第二电磁线圈(74)连接。

2. 根据权利要求1所述的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置,其特征在于:所述的钢包(1)外侧设置有隔热板(5),该隔热板(5)外侧包裹有保温棉(4),所述的第一电磁线圈(71)和第二电磁线圈(74)环绕在保温棉(4)上。

3. 根据权利要求2所述的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置,其特征在于:所述的隔热板(5)设置在底座(6)上部。

4. 根据权利要求3所述的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置,其特征在于:所述的隔热板(5)与底座(6)之间设置有间隙,该间隙内通入冷却水(3)。

5. 根据权利要求4所述的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置,其特征在于:所述的第一电磁线圈(71)和第一电源(73)之间设置有第一开关(72);第二电磁线圈(74)和第二电源(76)之间设置有第二开关(75);所述的钢包(1)外表面包裹一层无磁性钢(2)。

6. 利用权利要求1-5任一项所述的装置抑制钢包水口形成旋涡的方法,其特征在于,其步骤为:

步骤一、根据水口(12)的直径和偏心率计算旋涡形成的临界高度,并将钢包(1)放置于电磁线圈中,可调节电磁线圈高度,使其上部线圈位于旋涡形成的临界高度处;

步骤二、实时记录钢包(1)质量,并计算出钢液液面高度;

步骤三、当钢液液面达到临界高度时,打开第一开关(72)和第二开关(75),使第一电磁线圈(71)和第二电磁线圈(74)通电,产生洛伦兹力使钢水运动;

步骤四、钢包(1)浇注结束后,断开第一开关(72)和第二开关(75)。

7. 根据权利要求6所述的利用装置抑制钢包水口形成旋涡的方法,其特征在于:所述的步骤一中,利用式(5)计算得出旋涡形成的临界高度,

$$h = 65.276 + 1.427d - 76.778\varepsilon \quad (5)$$

式中,h为临界高度,d为水口(12)直径, ε 为水口(12)偏心率。

8. 根据权利要求7所述的利用装置抑制钢包水口形成旋涡的方法,其特征在于:所述的步骤二中,利用公式(3)计算钢液液面高度,

$$h = \frac{M-m}{\pi r^2 \rho} \quad (3)$$

其中,M为钢包(1)整体质量,m为空包质量,r为钢包(1)下底半径, ρ 为钢液密度,h为钢液液面高度。

9. 根据权利要求8所述的利用装置抑制钢包水口形成旋涡的方法,其特征在于:所述的步骤三中,调节两电磁线圈功率,对钢液施加径向电磁力 F_r ,径向电磁力 F_r 通过式(4)计算,

$$F_r = \frac{\mu_e I_{\text{rms}}^2}{4\sqrt{2}\pi^2 r^3} f(\xi, R) \quad (4)$$

其中, I 为施加的交变电流, μ_e 为磁导率, r 为距径向距离, R 为无量纲径向距离, $f(\xi, R)$ 是关联函数;

同时, 利用电磁线圈产生的热能对浇注末期的温降进行补偿, 感应加热的电功率根据式 (6) 进行计算,

$$P = \lambda \cdot f^2 \cdot B_m \cdot V_2 \quad (6)$$

其中, P 为涡流功率, f 为电流频率, B_m 为最大磁感应强度, λ 为铁芯材料的电阻系数, V_2 为铁芯材料的体积。

一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金技术领域,更具体地说,涉及一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置及方法。

背景技术

[0002] 钢包是盛储钢水的容器,又是精炼设备的组成部分,而钢包浇注末期所出现的汇流旋涡,会引起一系列的负面影响,比如卷渣下渣等现象,产生的钢流卷渣不但降低了钢水的纯净度,同时也会对包衬和水口的使用寿命产生不利影响,严重影响浇注过程的顺利进行。随着炼钢技术的不断发展,对钢液质量的要求也越来越高,为了获得洁净钢,需要尽可能的去除钢中的非金属夹杂物的颗粒,并且还要避免钢液与空气中的氧接触形成二次氧化。

[0003] 钢包内钢水浇注末期,当液面下降到一定程度时,会在钢包底部处形成汇流旋涡,汇流旋涡逐渐演变至贯通排出口。此时,不但会卷入空气,形成二次氧化,还会把液面上的渣卷入钢液内部,增加钢中夹杂物的含量,恶化钢的质量。同时,随着钢包里面的钢液量降低,钢液的热量会出现大量的损失,钢包包壁也会有一定的吸热,并且中间包钢液面的热辐射影响等都会产生热损失,最终导致中间包钢水温度显著降低。因此,在钢包浇注后期,需要有效地补充钢水温降,实现低过热度恒温浇注。

[0004] 目前为了抑制汇流旋涡的形成,工业上用的最多的办法是:当汇流旋涡达到贯通排出口的临界高度时停止浇注,此方法可以避免旋涡对钢液质量的影响,但是临界高度以下的钢液会被剩余,增大了钢液的成本,造成生产成本的提高。

[0005] 经检索,中国专利申请号ZL201510590403.0,发明名称为:一种减少中间包下渣量的方法,申请公布日为:2017年3月29日,该申请案在中间包外的浸入式水口附近施加制动磁场,制动磁场降低浸入式水口附近钢液的旋转速度,进而减少旋涡的深度,避免卷渣。在高温环境中工作,电磁制动磁场发生器设置有水冷系统,保证其能正常工作。但该申请案仅简单的在中间包下部设置磁场,减缓旋涡的形成的作用不是很强,不能有效地补充浇注末期钢水的温度,无法保证钢水的清洁度与质量。

发明内容

[0006] 1. 发明要解决的技术问题

[0007] 鉴于现有的钢包在浇注末期易出现汇流旋涡,从而卷入空气,形成二次氧化,还会把液面上的渣卷入钢液内部,增加钢中夹杂物的含量,进而导致钢坯质量恶化,以及浇注末期钢液温降较大的问题,本发明提供了一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置及方法,利用电磁场在钢液中产生感生电流,感生电流与加入的电磁场相互作用产生洛伦兹力,驱使钢液运动,进而使旋涡的形成减弱,并有效解决钢水温降,解决了旋涡带来的一系列问题。

[0008] 2. 技术方案

[0009] 为达到上述目的,本发明提供的技术方案为:

[0010] 本发明的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置,包括钢包,还包括电磁机构,所述的电磁机构包括第一电磁线圈、第一电源、第二电磁线圈和第二电源;所述的第一电磁线圈和第二电磁线圈沿钢包周向环绕,第一电磁线圈和第二电磁线圈沿竖直方向上下分布;第一电磁线圈与第一电源连接,第二电磁线圈与第二电源连接。

[0011] 更进一步地,所述的钢包外侧设置有隔热板,该隔热板外侧包裹有保温棉,所述的第一电磁线圈和第二电磁线圈环绕在保温棉上。

[0012] 更进一步地,还包括底座,所述的钢包安放在底座上;所述的隔热板设置在底座上部。

[0013] 更进一步地,所述的隔热板与底座之间设置有间隙,该间隙内通入冷却水。

[0014] 更进一步地,所述的底座上设置有升降机构,该升降机构固定端与底座连接,移动端与第一电磁线圈和第二电磁线圈连接。

[0015] 更进一步地,所述的第一电磁线圈和第一电源之间设置有第一开关;第二电磁线圈和第二电源之间设置有第二开关;所述的钢包外表面包裹一层无磁性钢。

[0016] 本发明的一种利用上述装置抑制钢包水口形成旋涡的方法,其步骤为:

[0017] 步骤一、根据钢包水口的直径和偏心率计算旋涡形成的临界高度,并将钢包放置于电磁线圈中,可调节电磁线圈高度,使其上部线圈位于旋涡形成的临界高度处;

[0018] 步骤二、实时记录钢包质量,并计算出钢液液面高度;

[0019] 步骤三、当钢液液面达到临界高度时,打开第一开关和第二开关,使第一电磁线圈和第二电磁线圈通电,产生洛伦兹力使钢水运动;

[0020] 步骤四、钢包浇注结束后,断开第一开关和第二开关。

[0021] 更进一步地,所述的步骤一中,利用式(5)计算得出旋涡形成的临界高度,

$$[0022] \quad h = 65.276 + 1.427d - 76.778\varepsilon \quad (5)$$

[0023] 式中,h为临界高度,d为水口(12)直径, ε 为水口(12)偏心率。

[0024] 更进一步地,所述的步骤二中,利用公式(3)计算钢液液面高度,

$$[0025] \quad h = \frac{M-m}{\pi r^2 \rho} \quad (3)$$

[0026] 其中,M为钢包整体质量,m为空包质量,r为钢包下底半径, ρ 为钢液密度,h为钢液液面高度。

[0027] 更进一步地,所述的步骤三中,调节两电磁线圈功率,对钢液施加径向电磁力 F_r ,径向电磁力 F_r 通过式(4)计算,

$$[0028] \quad F_r = \frac{\mu_e I_{rms}^2}{4\sqrt{2}\pi^2 r^3} f(\xi, R) \quad (4)$$

[0029] 其中,I为施加的交变电流, μ_e 为磁导率,r为距径向距离,R为无量纲径向距离,f(ξ, R)是关联函数;

[0030] 同时,利用电磁线圈产生的热能对浇注末期的温降进行补偿,感应加热的电功率根据式(6)进行计算,

$$[0031] \quad P = \lambda \cdot f^2 \cdot B_m \cdot V_2 \quad (6)$$

[0032] 其中,P为涡流功率,f为电流频率, B_m 为最大磁感应强度, λ 为铁芯材料的电阻系

数, V_2 为铁芯材料的体积。

[0033] 3. 有益效果

[0034] 采用本发明提供的技术方案, 与已有的公知技术相比, 具有如下显著效果:

[0035] (1) 鉴于现有的钢包在浇注末期易出现汇流旋涡, 从而引起卷渣等问题, 影响钢水质量, 本发明的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置, 在钢包外缠绕两组电磁线圈, 通过电源对两组电磁线圈的调节, 形成电磁场, 电磁场在钢液中产生感生电流, 进而驱使钢液运动, 使旋涡的形成减弱, 进而抑制旋涡的形成; 同时两组电磁线圈可以通过对电源的相互调节, 来达到改变旋涡强度以及旋涡方向的结果。

[0036] (2) 本发明的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置, 在隔热板与底座之间设置有间隙, 该间隙内通入冷却水, 防止电磁线圈过热而被熔断; 底座上设置有升降机构, 用来调节线圈高度, 保证钢包的汇流旋涡的临界高度与线圈环绕的最高点处于同一位置, 保证最大程度的抑制旋涡形成。

[0037] (3) 本发明的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的方法, 利用公式计算汇流旋涡的临界高度, 保证线圈能够与临界高度平齐, 最大程度的抑制旋涡的形成; 调节电磁线圈的功率, 利用电磁线圈产生的热量对浇注末期进行热补偿, 钢液在浇注过程中被感应加热, 使钢液存在向上流动的趋势, 将夹杂物也带到液面渣层, 达到去除夹杂物的作用, 提高了金属液的洁净度和提升了金属收得率; 同时使钢液温度得到有效补偿, 为后续顺利浇注提供了保证。

附图说明

[0038] 图1为本发明装置的整体结构示意图;

[0039] 图2为钢包的结构示意图;

[0040] 图3为本发明中线圈的结构示意图。

[0041] 示意图中标号说明:

[0042] 1、钢包; 11、钢包主体; 12、水口; 2、无磁性钢; 3、冷却水; 4、保温棉; 5、隔热板; 6、底座; 71、第一电磁线圈; 72、第一开关; 73、第一电源; 74、第二电磁线圈; 75、第二开关; 76、第二电源。

具体实施方式

[0043] 为进一步了解本发明的内容, 结合附图和实施例对本发明作详细描述。

[0044] 实施例1

[0045] 结合图1, 本实施例的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的装置, 包括钢包1和电磁机构, 所述的钢包1由钢包主体11和水口12组成, 水口12位于钢包1的底部(参看图2)。其外表面包裹一层无磁性钢2, 该无磁性钢2为奥氏体不锈钢, 在电磁线圈工作的时候抑制钢包1外壳的感应发热, 减少不必要的消耗。所述的钢包1顶部设置有摄像头, 用于拍摄钢液高度及旋转方向。

[0046] 结合图3, 所述的电磁机构包括第一电磁线圈71、第一电源73、第二电磁线圈74和第二电源76; 所述的第一电磁线圈71和第二电磁线圈74沿钢包1周向环绕, 第一电磁线圈71和第二电磁线圈74沿竖直方向上下分布; 第一电磁线圈71与第一电源73电连接, 第二电磁

线圈74与第二电源76电连接,所述的第一电磁线圈71和第一电源73之间设置有第一开关72;第二电磁线圈74和第二电源76之间设置有第二开关75。本实施例在钢包1外缠绕两组电磁线圈,通过电源对两组电磁线圈的调节,使金属液中形成电磁场,电磁场在钢液中产生感生电流,进而驱使钢液运动,进而抑制旋涡的形成;两组电磁线圈可进行独立地调节,由于钢包1浇注末期,钢包1底部和自由液面位置处的钢液受力不同,底部流体受到了钢包1底部的摩擦作用以及出流口较大的抽吸作用,而自由液面处涉及到空气、渣和钢液的三相作用,顶部和底部的旋转作用不同,涡旋强度也不同。顶部和底部钢液的温度也不同,从温度补偿以及旋涡控制的角度来看,二者都是不同的。因此,采用上下部感应加热的方式来对钢包1出流产生的汇流旋涡进行控制。

[0047] 本实施例中,钢包1外侧设置有隔热板5,该隔热板5外侧包裹有保温棉4,所述的第一电磁线圈71和第二电磁线圈74环绕在保温棉4上。该隔热板5设置在底座6上部。所述的底座6设置在钢包1下方,用于安放钢包1。隔热板5与底座6之间设置有间隙,该间隙内通入冷却水3。本实施例利用冷却水3冷却电磁线圈,防止电磁线圈过热而被熔断,保证了设备的安全。本实施例中,上下部电磁线圈环绕匝数若为5匝,其内部铜线的直径为30mm,隔热板5高度为400mm,隔热板5的直径为1600mm,材料为陶瓷纤维。底座6整体形状为圆台形,整个结构堆砌成座砖的形式。

[0048] 所述的底座6上还设置有升降机构,该升降机构固定端与底座6连接,移动端与第一电磁线圈71和第二电磁线圈74连接。升降机构移动带动电磁线圈上下移动,通过调节电磁线圈的高度,保证钢包1的汇流旋涡的临界高度与线圈环绕的最高点处于同一位置,保证最大程度的抑制旋涡形成。本实施例中,升降机构为气缸。当钢包1移至底座6时,计算出的旋涡临界高度,调节升降机构,控制电磁线圈的位置,保证钢包1的汇流旋涡的临界高度与线圈环绕的最高点处于同一位置,保证最大程度的抑制旋涡形成;

[0049] 本实施例的一种通过加入电磁场抑制钢包水口形成旋涡的方法,其步骤为:

[0050] 步骤一、根据水口12的直径和偏心率计算旋涡形成的临界高度,并将钢包1放置于电磁线圈中,保证电磁线圈位于旋涡形成的临界高度处:利用式(5)计算得出旋涡形成的临界高度,该高度与摄像记录的高度相近,

$$[0051] \quad h = 65.276 + 1.427d - 76.778\varepsilon \quad (5)$$

[0052] 式中,h为临界高度,d为水口12直径, ε 为水口12偏心率。

[0053] 步骤二、实时记录钢包1质量,并计算出钢液液面高度;

[0054] 由于钢包1的整体质量是实时计算的,我们可以以此计算出钢液的液面高度:

$$[0055] \quad V_1 = \frac{M-m}{\rho} \quad (1)$$

[0056] 当钢液高度下降到一定程度时,钢包1底部半径为r,体积近似为圆柱体,则有:

$$[0057] \quad V_1 = \pi r^2 h \quad (2)$$

[0058] 则此时液面高度为:

$$[0059] \quad h = \frac{M-m}{\pi r^2 \rho} \quad (3)$$

[0060] 其中M为钢包1整体质量,m为空包质量。r为钢包1下底半径, ρ 为钢液密度, V_1 为钢液体积,h为钢液液面高度。

[0061] 步骤三、当钢液液面达到临界高度时,打开第一开关72和第二开关75,使第一电磁

线圈71和第二电磁线圈74通电,产生洛伦兹力使钢水运动:

[0062] 由于在金属液下降过程中,形似旋涡的旋转强弱以及旋转方向是不确定的,因此在钢包1顶部设置一个摄像头,通过摄像头来记录下降过程中钢液的旋转方向,从而开启电磁场并施加不同强度的电磁场来抑制汇流旋涡的形成。当感应线圈和钢包1参数一定的时,电磁力的大小和感应电流以及空间位置有关,通过调节输入电流可以改变电磁场的强度进而改变作用于钢液上的时均径向电磁力,径向电磁力 F_r 的根据式(4)进行计算,其中 I 为施加的交变电流, μ_e 为磁导率, r 为距径向距离, R 为无量纲径向距离, $f(\xi, R)$ 是关联函数,

$$[0063] \quad F_r = \frac{\mu_e I_{rms}^2}{4\sqrt{2}\pi^2 r^3} f(\xi, R) \quad (4)$$

[0064] 同时,调节两电磁线圈功率,利用电磁线圈产生的热能对浇注末期的温降进行补偿。感应加热的电功率根据式(6)进行计算,

$$[0065] \quad P = \lambda \cdot f^2 \cdot B_m \cdot V_2 \quad (6)$$

[0066] 其中, P 为涡流功率, f 为电流频率, B_m 为最大磁感应强度, λ 为铁芯材料的电阻系数, V_2 为铁芯材料的体积。

[0067] 步骤四、钢包1浇注结束后,断开第一开关72和第二开关75。

[0068] Luca Cristofano等人将自由表面旋涡的形成过程分为四个阶段。出钢过程中,产生卷渣现象都出现在旋涡的第四阶段,即旋涡底部到达水口12位置。当钢液高度临近汇流旋涡临界高度时,通过启动第一电源73对第一电磁线圈71进行通电,计算作用于钢液上的时间均电磁力,调节第一电源73使得钢液表面旋涡的凹陷程度不足以达到贯通水口12,之后通过调节第二电源76对旋涡的抑制达到更精确的控制,根据计算的电流强度以及第一电源73所施加的电流强度,调节第二电源76,使得旋涡的表现形式为第一阶段或者第二阶段,即表面凹陷或者水滴状旋转,从而抑制旋涡的形成。

[0069] 本实施例的方法,利用电磁场抑制旋涡形成的同时,对金属液形成一个感应加热,弥补后期钢液的温降。钢液在浇注过程中被感应加热,钢液的温度升高同时钢液密度降低,进入中间包后在密度差的作用下形成浮力,从而会有向上流动的趋势,避免了对包壁的冲刷和短路流的形成。同时,上升的钢液将夹杂物带到液面上,达到去除夹杂物的作用,提高了金属液的洁净度和提升了金属收得率,使钢液温度得到稳定控制,显著提升了产品性能。

[0070] 以上示意性的对本发明及其实施方式进行了描述,该描述没有限制性,附图中所示的也只是本发明的实施方式之一,实际的结构并不局限于此。所以,如果本领域的普通技术人员受其启示,在不脱离本发明创造宗旨的情况下,不经创造性的设计出与该技术方案相似的结构方式及实施例,均应属于本发明的保护范围。

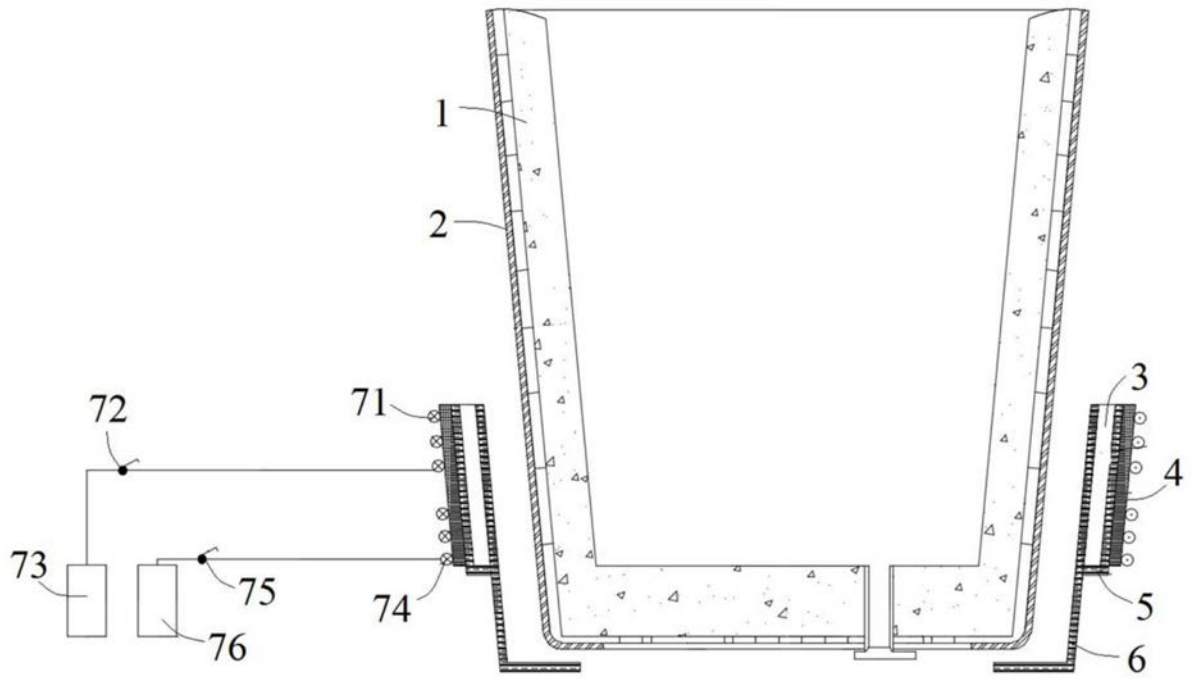


图1

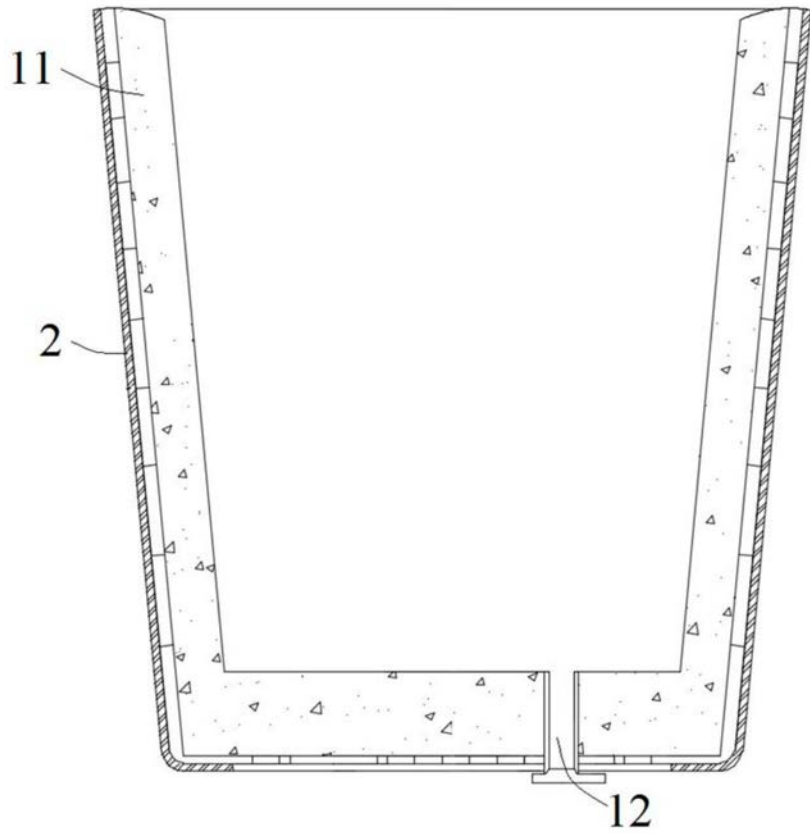


图2

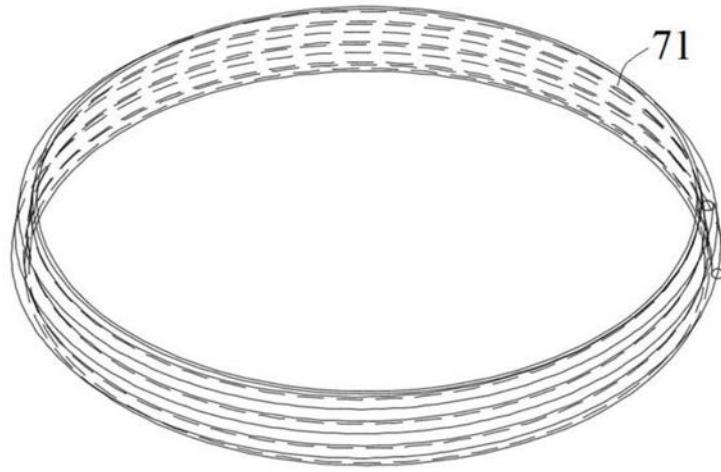


图3