



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117066468 A

(43) 申请公布日 2023. 11. 17

(21) 申请号 202311040099.3

(22) 申请日 2023.08.17

(71) 申请人 天津荣程联合钢铁集团有限公司  
地址 300000 天津市津南区葛沽镇冶金工业园区

(72) 发明人 林在旭 薄井全 赵长春 李俊峰  
刘和家 高立明

(51) Int. Cl.  
B22D 11/22 (2006.01)  
B22D 2/00 (2006.01)

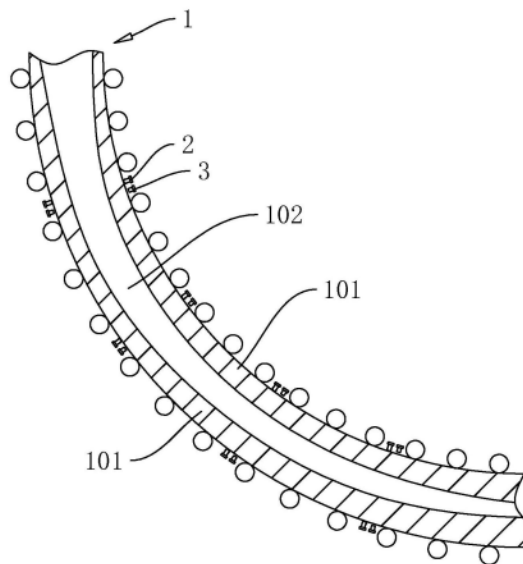
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

连铸二冷区冷却效果的控制方法及装置

## (57) 摘要

本申请涉及一种连铸二冷区冷却效果的控制方法及装置,连铸二冷区冷却效果的控制方法包括以下步骤:A、将环境要素输入至分析处理单元,通过分析处理单元计算出理想冷却效果;B、对二冷区内不同分段交界处的铸坯温度进行测量;C、对二冷区内不同分段交界处,横波在铸坯内的传播时间进行测量;D、分析处理单元根据实时接收的温度信息和时间信息,计算出铸坯的坯壳厚度;E、分析处理单元结合环境要素和铸坯的坯壳厚度分析实际冷却效果,并将实际冷却效果与理想冷却效果进行对比;F、根据对比结果,调节二冷区内不同分段的冷却水输出状态。本申请具有提高成品质量的效果。



1. 一种连铸二冷区冷却效果的控制方法,包括以下步骤

A、将环境要素输入至分析处理单元,通过分析处理单元计算出理想冷却效果;

B、通过温度检测单元对二冷区内不同分段交界处的铸坯温度进行测量,并将测得的温度信息发送至分析处理单元;

C、通过横波收发单元对二冷区内不同分段处的交界处,横波在铸坯(1)内的传播时间进行测量,并将测得的时间信息发送至分析处理单元;

D、分析处理单元实时接收温度检测单元送来的温度信息和横波收发单元送来的时间信息,计算出二冷区内不同分段交界处的铸坯(1)的坯壳(101)厚度;

E、分析处理单元结合步骤D中计算出的二冷区内不同分段交界处的铸坯(1)的坯壳(101)厚度得到二冷区内不同分段的实际冷却效果,并将实际冷却效果与理想冷却效果进行对比;

F、根据步骤E中的对比结果,分析处理单元调节二冷区内不同分段的冷却水输出状态以调节连铸二冷区的冷却效果使得实际冷却效果贴近理想冷却效果。

2. 根据权利要求1所述的连铸二冷区冷却效果的控制方法,其特征在于:所述步骤A中的环境要素包括铸坯(1)的横截面积和铸坯(1)的拉速,所述步骤A中的理想冷却效果由二冷区不同分段处的铸坯(1)的理想坯壳(101)的厚度体现。

3. 根据权利要求1所述的连铸二冷区冷却效果的控制方法,其特征在于:所述步骤D中是利用横波在铸坯(1)中的传播时间和铸坯温度来计算出铸坯(1)的坯壳(101)的厚度;设横波收发单元发出横波的时间为 $T_1$ ,收到反射回来的横波的时间为 $T_2$ ,通过材料试验得知横波在钢种内传播的速度温度函数为 $f(T)$ ,那么坯壳(101)厚度 $d$ 为:
$$d = \frac{T_2 - T_1}{2} f(T)$$
。

4. 根据权利要求1所述的连铸二冷区冷却效果的控制方法,其特征在于:所述步骤F中冷却水的输出状态包括冷却水的温度和冷却水的流速;设传热过程中喷水冷却部分的热流为 $\Phi$ ,对热流进行调节即对冷却效果进行调节,传热系数为 $h$ ,铸坯温度为 $T_s$ ,冷却水温度为 $T_w$ ,冷却水的喷雾面积为 $A$ ,那么 $\Phi = (T_s - T_w)hA$ ,又由于传热系数 $h$ 正比于水流密度 $W$ ,所以影响热流的要素为铸坯温度 $T_s$ 、冷却水的温度 $T_w$ 、冷却水的喷雾面积 $A$ 以及水流密度 $W$ ,由于冷却水的喷雾面积 $A$ 和铸坯温度 $T_s$ 不便于动态调整,所以实际影响热流的要素为冷却水的温度 $T_w$ 和水流密度 $W$ ,水流密度 $W$ 指单位时间单位面积上所接受的冷却水量,由于冷却水的喷雾面积 $A$ 不便于动态调整,那么影响水流密度 $W$ 的要素为冷却水的流速,最终能够影响热流的要素为冷却水的温度 $T_w$ 和冷却水的流速。

5. 一种连铸二冷区冷却效果的控制装置,其特征在于,包括温度检测单元、横波收发单元和分析处理单元,所述温度检测单元用于测量对二冷区内不同分段的铸坯温度,所述横波收发单元用于测量对二冷区内不同分段的坯壳(101)的厚度,所述分析处理单元与所述温度检测单元、所述横波收发单元和二冷区的冷却系统信号连接。

6. 根据权利要求5所述的连铸二冷区冷却效果的控制装置,其特征在于:所述温度检测单元包括多个感温探头,多个所述感温探头设置在二冷区内不同分段的交界处的铸坯(1)的上下两侧。

7. 根据权利要求6所述的连铸二冷区冷却效果的控制装置,其特征在于:所述感温探头为滚轮式感温探头(2),所述滚轮式感温探头(2)的滚轮用于与铸坯(1)相接触以测量铸坯

(1)的表面温度。

8.根据权利要求6所述的连铸二冷区冷却效果的控制装置,其特征在于:所述横波收发单元包括多个电磁超声探头(3),所述电磁超声探头(3)的数量与所述感温探头的数量相同,所述电磁超声探头(3)设置在所述感温探头的临近区域。

9.根据权利要求8所述的连铸二冷区冷却效果的控制装置,所述电磁超声探头(3)包括外壳(301),所述外壳(301)内设有永磁体(302)和处理电路,所述永磁体(302)靠近铸坯(1)的一侧设有高频电磁发射线圈(303)和高频电磁接收线圈(304),所述高频电磁发射线圈(303)和所述高频电磁接收线圈(304)同时与所述处理电路相连,所述处理电路与所述分析处理单元信号连接,所述高频电磁发射线圈(303)和所述高频电磁接收线圈(304)外包覆有绝缘层(305),所述外壳(301)外靠近铸坯(1)的一侧覆盖有耐温层(306)。

10.根据权利要求5所述的连铸二冷区冷却效果的控制装置,其特征在于:所述分析处理单元为PLC或单片机。

## 连铸二冷区冷却效果的控制方法及装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及连续铸造的领域,尤其是涉及一种连铸二冷区冷却效果的控制方法及装置。

### 背景技术

[0002] 连铸过程中,铸坯在二冷区经过喷水冷却,随着铸坯冷却过程的增加,铸坯的凝固坯壳不断增厚,液芯不断减小。铸坯坯壳厚度或液芯的大小和位置对整个连铸过程的操作和对铸坯质量的控制至关重要,比如,要获得良好的铸坯,避免由于冷却不足发生起鼓或冷却过度产生表面裂纹等质量缺陷,就要控制在特定位置铸坯的坯壳厚度(或凝固速率)等关键参数。在连铸过程中,由于无法控制每批转炉中钢水的组分完全相同,所以在二冷区内铸坯坯壳厚度或液芯的大小和位置是在实时变化的,如果不对二冷区的冷却效果进行动态调节,那么产出的成品质量也会参差不齐。

### 发明内容

[0003] 为了提高成品质量,本申请提供一种连铸二冷区冷却效果的控制方法及装置。

[0004] 第一方面,本申请提供一种连铸二冷区冷却效果的控制方法,包括如下的步骤:

A、将环境要素输入至分析处理单元,通过分析处理单元计算出理想冷却效果;

B、通过温度检测单元对二冷区内不同分段交界处的铸坯温度进行测量,并将测得的温度信息发送至分析处理单元;

C、通过横波收发单元对二冷区内不同分段交界处,横波在铸坯内的传播时间进行测量,并将测得的时间信息发送至分析处理单元;

D、分析处理单元实时接收温度检测单元送来的温度信息和横波收发单元送来的时间信息,计算出二冷区内不同分段交界处的铸坯的坯壳厚度;

E、分析处理单元结合环境要素和步骤D中计算出的二冷区内不同分段交界处的铸坯的坯壳厚度分析二冷区内不同分段的实际冷却效果,并将实际冷却效果与理想冷却效果进行对比;

F、根据步骤E中的对比结果,分析处理单元调节二冷区内不同分段的冷却水输出状态以调节连铸二冷区的冷却效果使得实际冷却效果贴近理想冷却效果。

[0005] 通过采用上述技术方案,在连铸过程中利用温度检测单元和横波收发单元采集铸坯相关数据,利用分析处理单元处理采集到的数据得到实际冷却效果,并将实际冷却效果与理想冷却效果进行对比,根据对比结果调整冷却水输出状态使实际冷却效果贴近理想冷却效果,以提高成品质量。

[0006] 可选的,所述步骤A中的环境要素包括铸坯的横截面积和铸坯的拉速,所述步骤A中的理想冷却效果由二冷区不同分段处的铸坯理想坯壳厚度体现。

[0007] 通过采用上述技术方案,参考环境要素中的铸坯的横截面积和铸坯的拉速能够计算出铸坯在二冷区不同分段处的理想放热量即理想冷却效果,利用二冷区不同分段处的铸

坏理想坯壳厚度体现理想冷却效果能够减少计算的复杂度。

[0008] 可选的,所述步骤D中是利用横波在铸坯中的传播时间和铸坯温度来计算出铸坯的坯壳厚度;设横波收发单元发出横波的时间为 $T_1$ ,收到反射回来的横波的时间为 $T_2$ ,通过材料试验得知横波在钢种内传播的速度温度函数为 $f(T)$ ,那么坯壳厚度 $d$ 为:  
$$d = \frac{T_2 - T_1}{2} f(T)$$
。

[0009] 通过采用上述技术方案,利用横波在铸坯中的传播速度为温度速度函数的特征,测量铸坯的温度,并计算铸坯的传播时间,即可计算出铸坯坯壳的厚度。

[0010] 可选的,所述步骤F中冷却水的输出状态包括冷却水的温度和冷却水的流速;设传热过程中喷水冷却部分的热流为 $\Phi$ ,对热流进行调节即对冷却效果进行调节,传热系数为 $h$ ,铸坯温度为 $T_s$ ,冷却水温度为 $T_w$ ,冷却水的喷雾面积为 $A$ ,那么 $\Phi = (T_s - T_w)hA$ ,又由于传热系数 $h$ 正比于水流密度 $W$ ,所以影响热流的要素为铸坯温度 $T_s$ 、冷却水的温度 $T_w$ 、冷却水的喷雾面积 $A$ 以及水流密度 $W$ ,由于冷却水的喷雾面积 $A$ 和铸坯温度 $T_s$ 不便于动态调整,所以实际影响热流的要素为冷却水的温度 $T_w$ 和水流密度 $W$ ,水流密度 $W$ 指单位时间单位面积上所接受的冷却水量,由于冷却水的喷雾面积 $A$ 不便于动态调整,那么影响水流密度 $W$ 的要素为冷却水的流速,最终能够影响热流的要素为冷却水的温度 $T_w$ 和冷却水的流速。

[0011] 通过采用上述技术方案,能够通过调整冷却水的温度和冷却水的流速来调整热流,最后达成调整冷却效果的目的。

[0012] 另一方面,本申请提供一种连铸二冷区冷却效果的控制装置,采用如下的技术方案:一种连铸二冷区冷却效果的控制装置,包括温度检测单元、横波收发单元和分析处理单元,所述温度检测单元用于测量对二冷区内不同分段的铸坯温度,所述横波收发单元用于测量对二冷区内不同分段的坯壳厚度,所述分析处理单元与所述温度检测单元、所述横波收发单元和二冷区的冷却系统信号连接。

[0013] 通过采用上述技术方案,利用温度检测单元能够对二冷区内不同分段的铸坯温度进行测量,利用横波收发单元能够对二冷区内不同分段处,横波在铸坯内的传播时间进行测量,利用分析处理单元能够对测得的信号进行处理,并根据处的得到的结果对二冷区的冷却水输出状态进行调节。

[0014] 可选的,所述温度检测单元包括多个感温探头,多个所述感温探头设置在二冷区内不同分段的交界处的铸坯的上下两侧。

[0015] 通过采用上述技术方案,由于二冷区,铸坯两侧的表面温度不一定相同,所以在二冷区内不同分段的交界处的铸坯的上下两侧分别设置多个感温探头能够避免仅在一侧设置导致的数据误差。

[0016] 可选的,所述感温探头为滚轮式感温探头,所述滚轮式感温探头的滚轮用于与铸坯相接触以测量铸坯表面温度。

[0017] 通过采用上述技术方案,利用滚轮式感温探头的滚轮,直接与铸坯表面进行接触,能够使测得的数据更加准确。

[0018] 可选的,所述横波收发单元包括多个电磁超声探头,所述电磁超声探头的数量与所述感温探头的数量相同,所述电磁超声探头设置在所述感温探头的临近区域。

[0019] 通过采用上述技术方案,通过将电磁超声探头设置在感温探头附近的区域能够使

横波传递路径处的温度贴近感温探头所测得的温度,减少由于距离过远导致温度的测定值与实际值的差值过大,导致判断错误。

[0020] 可选的,所述电磁超声探头包括外壳,所述外壳内设有永磁体和处理电路,所述永磁体靠近铸坯的一侧设有高频电磁发射线圈和高频电磁接收线圈,所述高频电磁发射线圈和所述高频电磁接收线圈同时与所述处理电路相连,所述处理电路与所述分析处理单元信号连接,所述高频电磁发射线圈和所述高频电磁接收线圈外包覆有绝缘层,所述外壳外靠近铸坯的一侧覆盖有耐温层。

[0021] 通过采用上述技术方案,处理电路控制高频电磁发射线圈搭配永磁体发出横波,并利用高频电磁接收线圈接收信号,处理电路计算出发出横波与接收信号之间的时间差并将其发送至分析处理单元处,同时由于铸坯温度过高,耐温层能够保护探头,减少探头受到高温的影响。

[0022] 可选的,所述分析处理单元为PLC或单片机。

[0023] 通过采用上述技术方案,能够利用在PLC或单片机中提前设置的程序对采集到的数据进行处理,并根据处理结果生成控制指令,将指令传达至二冷区的冷却系统,以改变冷却系统中冷却水的输出状态。

[0024] 综上所述,本申请包括以下至少一种有益技术效果:

1.能够实时在线检测连铸过程中铸坯的表面温度和坯壳厚度,并根据铸坯的状态实时对二冷区的冷却水输出状态进行调节,使实际冷却效果贴近理想冷却效果,避免由于冷却不足发生起鼓或冷却过度产生表面裂纹等质量缺陷,提高产品质量;

2.利用二冷区不同区段交界处的铸坯的坯壳厚度体现传热效果能够减少计算量,便于数据采集和计算。

## 附图说明

[0025] 图1是本申请实施例的结构示意图;

图2是本申请实施例中电磁超声探头的内部结构示意图。

[0026] 附图标记说明:1-铸坯;101-坯壳;102-液芯;2-滚轮式感温探头;3-电磁超声探头;301-外壳;302-永磁体;303-高频电磁发射线圈;304-高频电磁接收线圈;305-绝缘层;306-耐温层。

## 具体实施方式

[0027] 以下结合附图1-2对本申请作进一步详细说明。

[0028] 本申请实施例公开一种连铸二冷区冷却效果的控制方法,包括如下的步骤:A、将环境要素输入至分析处理单元,通过分析处理单元计算出理想冷却效果。为了要控制二冷区的冷却效果,首先要获取理想的冷却效果,即铸坯1在二冷区的具体放热量,根据热平衡试验的要求,采集铸坯1的横截面积和铸坯1的拉速可以计算出铸坯1在二冷区不同分段处的理想放热量,得到铸坯1在二冷区不同分段处的理想放热量后,可以根据连铸坯1凝固传热数学模型,将其转化为铸坯1理想坯壳101的厚度,连铸坯1凝固传热数学模型以及计算过程中所需的钢种的热物性参数可以查阅相关参考文献获得,本申请不再赘述。最后得出二冷区不同分段处铸坯1理想坯壳101的厚度,该数值是一个范围,当实际坯壳101的厚度处于

理想坯壳101的厚度范围内即证明实际冷却效果满足理想冷却效果。

[0029] B、通过温度检测单元对二冷区内不同分段交界处的铸坯温度进行测量,并将测得的温度信息发送至分析处理单元。温度检测单元一方面可以实时检测二冷区内不同分段交界处的铸坯温度,还能为后续计算二冷区内不同分段交界处的铸坯1的坯壳101的厚度提供数据支持。

[0030] C、通过横波收发单元对二冷区内不同分段处交界处,横波在铸坯1内的传播时间进行测量,并将测得的时间信息发送至分析处理单元。电磁超声横波的特点是不能穿透连铸液芯102,仅能在铸坯1的坯壳101内传播,横波收发单元发射的横波,沿发射路径一路前进,当前进到固液相分界线时产生超声回波,利用这一特性可以通过横波收发单元对横波在铸坯1内的传播时间进行测量,并将测得的数据传送给分析处理单元,为后续计算二冷区内不同分段交界处的铸坯1的坯壳101的厚度提供数据支持。

[0031] D、分析处理单元实时接收温度检测单元送来的温度信息和横波收发单元送来的时间信息,计算出二冷区内不同分段处铸坯1的坯壳101的厚度。设横波收发单元发出横波的时间为 $T_1$ ,收到反射回来的横波的时间为 $T_2$ ,通过材料试验得知横波在钢种内传播的速度温度函数为 $f(T)$ ,那么在该横波收发单元处的坯壳101的厚度 $d$ 为:
$$d = \frac{T_2 - T_1}{2} f(T)。$$

[0032] E、分析处理单元结合环境要素和步骤D中计算出的二冷区内不同分段处铸坯1的坯壳101的厚度分析二冷区内不同分段的实际冷却效果,并将实际冷却效果与理想冷却效果进行对比。由于步骤A中将理想冷却效果由理想坯壳101的厚度体现,所以在步骤E中只需根据测得的数据计算出实际坯壳101的厚度即可,利用实际坯壳101的厚度体现出实际冷却效果并与理想冷却效果即理想坯壳101的厚度进行对比,以对比结果作为依据,为后续的调节提供数据支持。

[0033] F、根据步骤E中的对比结果,分析处理单元调节二冷区内不同分段的冷却水输出状态以调节连铸二冷区的冷却效果使得实际冷却效果贴近理想冷却效果。连铸二冷区的冷却效果即为铸坯1在二冷区的传热量,铸坯1在二冷区的热量传走方式包括向空气辐射、与辊进行热交换以及经过喷水冷却,向空气辐射传走的部分热量由室温决定,这一部分实际很难对其进行控制,与辊进行热交换传走的部分热量由辊的排布和铸坯1的横截面积有关,而辊的排布与连铸机型号有关,无法轻易更改,铸坯1的横截面积则与结晶器的型号有关,也无法轻易更改,所以均属于环境要素,实际上能人为进行控制的只有喷水冷却这一部分。

[0034] 设传热过程中喷水冷却部分的热流为 $\Phi$ ,对热流进行调节即对冷却效果进行调节,传热系数为 $h$ ,铸坯温度为 $T_s$ ,冷却水温度为 $T_w$ ,冷却水的喷雾面积为 $A$ ,那么 $\Phi = (T_s - T_w)hA$ ,实际上,二冷区是一个复杂的传热过程,影响传热系数 $h$ 的要素包括水流密度 $W$ 、水滴速度、水滴直径以及喷嘴状态等等,由于实际生产过程中,水滴速度、水滴直径以及喷嘴状态等参数很难在生产过程中进行实时调节,所以可以将影响传热系数 $h$ 的要素简化为:传热系数 $h$ 正比于水流密度 $W$ ,所以影响热流的要素为铸坯温度 $T_s$ 、冷却水的温度 $T_w$ 、冷却水的喷雾面积 $A$ 以及水流密度 $W$ ,由于冷却水的喷雾面积 $A$ 和铸坯温度 $T_s$ 不便于动态调整,所以实际影响热流的要素为冷却水的温度 $T_w$ 和水流密度 $W$ ,水流密度 $W$ 指单位时间单位面积上所接受的冷却水量,由于冷却水的喷雾面积 $A$ 不便于动态调整,那么影响水流密度 $W$ 的要素为冷却水的流速,最终能够影响热流的要素为冷却水的温度 $T_w$ 和冷却水的流速。

[0035] 根据实际冷却效果来调节冷却水的温度 $T_w$ 和冷却水的流速以改变实际冷却效果,例如,当实际坯壳101的厚度小于理想坯壳101的厚度时,即证明实际冷却效果小于理想冷却效果,分析处理单元控制二冷区的冷却系统,适当的增加冷却水的流速或减少冷却水的温度,随着流速的增加或温度的逐渐减少,温度检测单元和横波收发单元测得的数据也在不断变化,分析处理单元根据温度检测单元和横波收发单元传来的数据所得出的实际坯壳101的厚度也在不断变换,当实际坯壳101的厚度满足理想坯壳101的厚度范围时,分析处理单元控制二冷区的冷却系统保持冷却水的流速和冷却水的温度不变。

[0036] 本申请实施例还公开一种连铸二冷区冷却效果的控制装置。

[0037] 由于铸坯1的表面温度从连铸机的上部至下部是逐渐降低的,因而二冷区的冷却效果也应沿连铸机的上部至下部连续递减,但是实际上这在控制上是很难实现的,所以将二冷区分为多个分段,令每个分段的冷却效果逐级递减,是现有的生产加工中常用的一种方式。在本实施例中将二冷区分为五个区段。

[0038] 一种连铸二冷区冷却效果的控制装置包括温度检测单元、横波收发单元和分析处理单元。

[0039] 如图1所示,温度检测单元包括多个设置在二冷区内不同分段的交界处的铸坯1的上下两侧的感温探头。由于在本实施例中二冷区被分为五个区段,所以温度检测单元包括八个感温探头。由于铸坯1的表面温度较高,所以感温探头可以为滚轮式感温探头2,滚轮式感温探头2耐高温,能够保证在测量高温物体时也能保证准确度,滚轮式感温探头2的本体与机架相连,滚轮式感温探头2的滚轮用于与铸坯1直接接触以测量铸坯1的表面温度。

[0040] 如图1和图2所示,横波收发单元包括多个设置在感温探头的临近区域的电磁超声探头3。电磁超声探头3包括外壳301,外壳301内设有永磁体302和处理电路(处理电路图中未示出),永磁体302靠近铸坯1的一侧设有高频电磁发射线圈303和高频电磁接收线圈304,高频电磁发射线圈303与处理电路相连,处理电路中包括计算模块,计算模块控制高频电磁发射线圈303在铸坯1表面产生高频变化的感应电流,并同时记录下产生高频变化的感应电流的时间为 $T_1$ ,在永磁体302的磁场强度作用下,高频变化的感应电流产生横向高频变化的洛伦兹力,在铸坯1的坯壳101内部形成横向振动的剪切波,即电磁横波。当电磁横波前进到固液相分界线时产生超声回波,超声回波在电磁感应的逆效应作用下在高频电磁接收线圈304中产生高频电流信号,经由处理电路中信号放大模块、匹配模块、滤波模块等处理后,可得到接收信号,计算模块记录下接收信号的时间为 $T_2$ ,由计算模块得出发射横波和接收横波的时间差 $T_2 - T_1$ ,并将其发送至分析处理单元处。

[0041] 如图2所示,为了使高频电磁发射线圈303和高频电磁接收线圈304不互相干扰,高频电磁发射线圈303和高频电磁接收线圈304外可以包覆有绝缘层305,绝缘层305可以是EPDM绝缘胶,EPDM绝缘胶具有耐高温的特点可以在高温环境下使用,同时为了减少电磁超声探头3受到高温的影响,外壳301外靠近铸坯1的一侧可以覆盖有耐温层306,耐温层306可以是耐温陶瓷。

[0042] 为了计算处理温度检测单元和横波收发单元传来的数据,并根据数据对二冷区的冷却系统进行反馈调节,分析处理单元可以包括plc或单片机,利用提前在plc或单片机中输入的程序能够对温度检测单元和横波收发单元传来的数据进行处理,并根据处理结果对二冷区的冷却系统进行反馈调节。

[0043] 本申请实施例一种连铸二冷区冷却效果的控制装置的实施原理为:测定环境要素,并将环境要素输入至分析处理单元,通过分析处理单元计算出理想冷却效果;通过温度检测单元对二冷区内不同分段交界处的铸坯温度进行测量,并将测得的温度信息发送至分析处理单元;通过横波收发单元对二冷区内不同分段交界处,横波在铸坯1内的传播时间进行测量,并将测得的时间信息发送至分析处理单元;分析处理单元实时接收温度检测单元送来的温度信息和横波收发单元送来的时间信息,计算出二冷区内不同分段交界处的铸坯1的坯壳101的厚度;分析处理单元结合预先输入的环境要素和计算出的二冷区内不同分段交界处的铸坯1的坯壳101的厚度分析二冷区内不同分段的实际冷却效果,并将实际冷却效果与理想冷却效果进行对比;根据对比结果,分析处理单元调节二冷区内不同分段的冷却水输出状态以调节连铸二冷区的冷却效果使得实际冷却效果贴近理想冷却效果。

[0044] 以上均为本申请的较佳实施例,并非依此限制本申请的保护范围,故:凡依本申请的结构、形状、原理所做的等效变化,均应涵盖于本申请的保护范围之内。

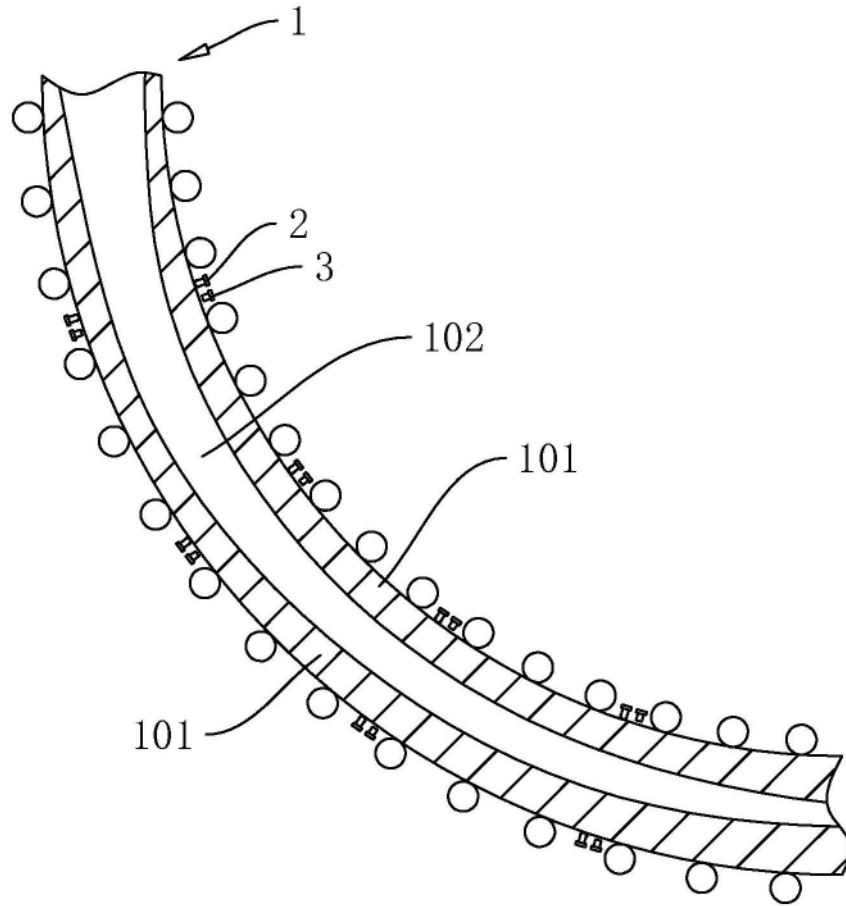


图1

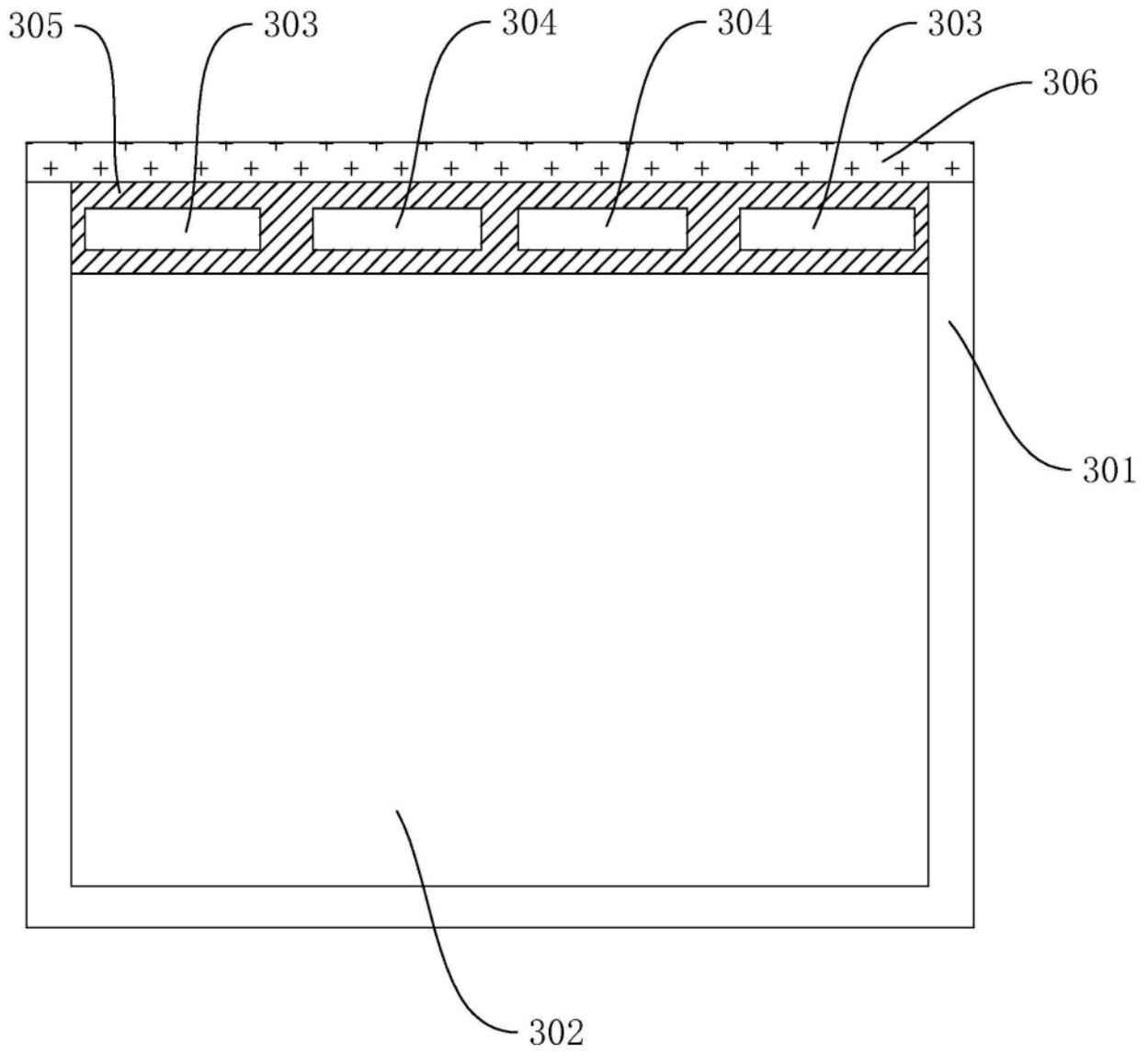


图2