



## (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205874480 U

(45)授权公告日 2017.01.11

(21)申请号 201620875219.0

(22)申请日 2016.08.12

(73)专利权人 安徽工业大学

地址 243002 安徽省马鞍山市花山区湖东路59号

(72)发明人 张成博 岳强 裴晓航 张炯  
张龙

(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207  
代理人 蒋海军

(51)Int.Cl.  
C21C 7/10(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

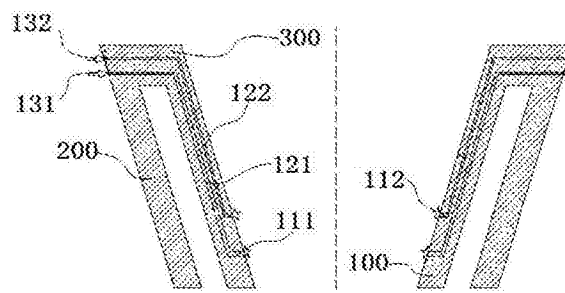
权利要求书1页 说明书11页 附图4页

### (54)实用新型名称

一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管

### (57)摘要

本实用新型公开了一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,属于钢水炉外精炼技术领域。本实用新型包括上升管和下降管,其中上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,所述的外套管为倒圆台状空心管,外套管的上底面的面积大于下底面的面积,中心管的顶部通过固定梁与外套管相固连,且中心管和外套管为同一轴心;其中:中心管为上升管,且中心管为倒圆台状空心管,中心管的上底面的面积大于下底面的面积;中心管与外套管构成的环形套管为下降管。本实用新型增大了钢液中气体流量的饱和点,不仅提高了循环流量,而且改善了气体在钢液流场中的分布,从而提高钢液的精炼效果。



1. 一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:包括上升管和下降管,其中上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,所述上升管水平截面的面积是关于上升管轴向高度的连续函数。

2. 根据权利要求1所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:包括中心管(100)和外套管(200),所述的外套管(200)为倒圆台状空心管,外套管(200)的上底面的面积大于下底面的面积,所述的中心管(100)的顶部通过固定梁(300)与外套管(200)相固连,且中心管(100)和外套管(200)为同一轴心;其中:所述的中心管(100)为上升管,且中心管(100)为倒圆台状空心管,中心管(100)的上底面的面积大于下底面的面积;中心管(100)与外套管(200)构成的环形套管为下降管。

3. 根据权利要求2所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的中心管(100)的锥角为 $5-30^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求2所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的外套管(200)的上部与固定梁(300)水平对应位置的外壁上设置有下层进气口(131)和上层进气口(132),其中下层进气口(131)位于上层进气口(132)的下方;中心管(100)内壁设置有下层喷嘴(111)和上层喷嘴(112),所述的下层喷嘴(111)和上层喷嘴(112)位于两个不相同的水平面上,且下层喷嘴(111)所在的水平面位于上层喷嘴(112)所在水平面的下方,所述的下层进气口(131)通过下层导气管(121)与下层喷嘴(111)相连通,上层进气口(132)通过上层导气管(122)与上层喷嘴(112)相连通。

5. 根据权利要求4所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的中心管(100)内壁圆周上均匀的分布有2-6个下层喷嘴(111),中心管(100)内壁圆周上均匀的分布有6-10个上层喷嘴(112)。

6. 根据权利要求5所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的中心管(100)内设置有下环形导气管(141)和上环形导气管(142),所述的下环形导气管(141)与下层喷嘴(111)位于同一水平面上,下层导气管(121)通过下环形导气管(141)与下层喷嘴(111)相连通,所述的上环形导气管(142)与上层喷嘴(112)位于同一水平面上,上层导气管(122)通过上环形导气管(142)与上层喷嘴(112)相连通。

7. 根据权利要求6所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的下层喷嘴(111)距上底面的距离为距下底面距离的5-8倍。

8. 根据权利要求4-7任意一项所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的下层喷嘴(111)和上层喷嘴(112)为三孔式喷嘴,且孔与孔之间的夹角 $b$ 为 $120^{\circ}$ 。

9. 根据权利要求8所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的三孔式喷嘴包括2个下气孔(151)和1个上气孔(152),且下气孔(151)的直径为3-5mm,上气孔(152)的直径为4-6mm。

10. 根据权利要求9所述的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,其特征在於:所述的固定梁(300)设置为4-8个。

## 一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及钢水炉外精炼技术领域,更具体地说,涉及一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管。

### 背景技术

[0002] RH法是西德鲁尔钢铁公司(Ruhrstahl)和赫拉欧斯(Heraeus)共同设计开发的一种钢液炉外精炼方法<sup>[1]</sup>。RH法是炉外精炼的重要手段,其具有脱气、脱碳、脱氧以及均匀钢液成分与温度,促进非金属夹杂物上浮等作用。RH真空精炼炉下部设置有浸渍管,RH真空精炼炉精炼钢液的过程中,先将下部的浸入管插入钢包钢液面下部中,并对真空室进行抽真空,而后在上升管的下部向钢液中吹入氩气作为驱动气体,使得上升管中钢液的表现密度比下降管中的密度小,并在氩气气泡的带动下,上升管中的钢液随氩气气泡上升进入真空室,从而进行脱气、脱碳、脱氧反应,在真空室中精炼完成后,真空室中的钢水在重力作用下从下降管回流到钢包中。

[0003] 由于RH真空精炼过程中,钢液是由钢包中不断进入真空室再循环至钢包中进行循环精炼。因此,RH真空精炼炉的循环流量是衡量精炼效果的重要指标。循环流量直接影响着钢液脱气、脱碳、脱硫等精炼反应的速度与效果,并限制着钢液成分和温度均匀化,所以循环流量是限制RH真空精炼炉精炼效果的关键环节。现有的研究人员主要是通过提高精炼炉的循环流量来提高RH真空精炼炉的精炼效果。循环流量(Q)可由以下经验公式表示:

$$[0004] \quad Q = 114 \times G^{\frac{1}{3}} \times d^{\frac{4}{3}} \times \left[ \ln \frac{p_0}{p} \right]^{\frac{1}{3}}$$

[0005] 其中:G为供气流量(单位:m<sup>3</sup>/min);d为浸渍管直径(单位:m);P<sub>0</sub>为大气压力(单位:Pa);P为真空室残余压力(单位:Pa)。

[0006] 由经验公式可以得出,循环流量与供气流量和浸渍管直径成正相关,即循环流量随着供气流量和浸渍管直径的增大而增大;循环流量与真空室残余压力成负相关,循环流量随真空室残余压力的减小而增大。因此,增大供气流量、浸渍管直径和降低真空室残余压力是增大RH真空精炼炉循环流量的主要途径。但是,上述途径存在以下问题:1)增大供气流量虽然在一定程度上增大循环流量,但是当供气流量较大时,气体体积占的比例较大,使得气泡的抽引效率下降,反而降低钢液的循环流量;2)浸渍管直径受到钢包尺寸的限制,当钢包尺寸已经确定,那么浸渍管直径就难以进一步增大;3)真空室抽真空需要消耗大量的能源,如果继续通过降低真空室残余压力来提高循环流量是不经济的。上述的技术问题限制着RH真空精炼炉钢液循环流量的增大,迫切需要从技术和经济的角度上寻求适宜的解决方案,从而提高RH真空精炼炉的精炼效果,达到钢液高效率 and 低成本精炼的双重目的。

[0007] 经检索,已经有相关的技术方案公开。其中:RH真空精炼装置的一体式浸渍管(专利号:ZL201320106192.5,公告日:2013.07.31)<sup>[2]</sup>,通过取消浸渍管的上升管与下降管的耐火衬之间的间隙,使得在保持RH真空精炼装置的主体尺寸不变的条件下,增大上升管与下降管的内径,进而增大循环流量。但是,该方法对循环流量的增加极其有限。另外,发明创造

的名称:RH真空精炼装置所用的浸渍管(专利号:ZL201410091028.0,公布日:2014.06.04),RH真空精炼装置所用套筒式浸渍管(专利号:ZL201410090574.2,公告日:2014.06.18)<sup>[3-4]</sup>,上述技术方案将浸渍管设置为套筒式,从而来增大浸渍管的直径,以增加循环流量。由文献检索可以发现,为了提高RH真空精炼炉的精炼效果,现有的技术人员已经形成了通过增大浸渍管的直径来提高循环流量的思维定式。

[0008] 参考文献:

[0009] [1]王鹏.RH炉外精炼的应用和研究[C]//中国金属学会青年学术年会.2010。

[0010] [2]中冶赛迪工程技术股份有限公司.RH真空精炼装置的一体式浸渍管:中国,ZL201320106192.5[P].2013.07.31。

[0011] [3]东北大学.RH真空精炼装置所用的浸渍管:中国,ZL201410091028.0[P].2014.06.04.。

[0012] [4]东北大学.RH真空精炼装置所用套筒式浸渍管:中国,ZL201410090574.2[P].2014.06.18。

### 实用新型内容

[0013] 1.实用新型要解决的技术问题:

[0014] 本实用新型的目的在于克服现有技术中,循环流量是限制RH真空精炼炉精炼效果的关键环节,现有的方法难以有效地提高RH精炼法的循环流量的不足,提供一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,实现RH真空精炼炉的循环流量显著增大,并显著提高RH真空精炼炉的精炼效果。

[0015] 2.技术方案

[0016] 为达到上述目的,本实用新型提供的技术方案为:

[0017] 本实用新型的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,包括上升管和下降管,其中上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,所述上升管水平截面的面积是关于上升管轴向高度的连续函数。上述方案具有如下技术效果:

[0018] 上升管上底面的面积大于下底面的面积,从而在不改变现有RH真空精炼装置对钢包适 应条件的情况下,增大RH真空精炼炉浸渍管钢液的流通面积,从而增大真空循环脱气装置RH的循环流量,以改善RH真空精炼炉的精炼效果。

[0019] 更进一步地,包括中心管和外套管,所述的外套管为倒圆台状空心管,外套管的上底面的面积大于下底面的面积,所述的中心管的顶部通过固定梁与外套管相固连,且中心管和外套管为同一轴心;其中:所述的中心管为上升管,且中心管为倒圆台状空心管,中心管的上底面的面积大于下底面的面积;中心管与外套管构成的环形套管为下降管。上述方案具有如下技术效果:

[0020] 1)中心管和外套管构成套筒浸渍管,中心管为上升管,中心管与外套管构成的环形套管为下降管,浸渍管设置为套筒形并与钢包口适配,从而充分利用了钢包口的直径,增大了浸渍管的直径,以提高RH真空精炼炉的循环流量;

[0021] 2)中心管为倒圆台状空心管,中心管的上底面的面积大于下底面的面积,从而使得上升管的上底面的面积大于下底面的面积,增大浸渍管钢液的流通面积,因而可增加真

空循环脱气装置RH的循环流量；且由下到上沿着中心管轴线方向，上升管的水平截面的面积逐渐增大，使得钢液中的气体在上升过程中受到钢液的压力逐渐减小，钢液中气体形成的气泡的体积逐渐增大，从而增大了钢液中气体流量的饱和点，不仅提高了循环流量，而且改善了气体在钢液流场中的分布，从而促进了钢液发生脱气、脱碳、脱氧反应；

[0022] 3)中心管为倒圆台状空心管，从而使得上升管的下细上粗，钢液在上升管中的流通面积由下至上逐渐增大，从上升管到真空室中产生了从中心到边缘的循环流场，从而使得上升管的钢液的流场分布更加合理，使得气泡在钢液中成弥漫分布，增大了气泡和钢液的接触面积，气泡在钢液上升的过程中满足钢液脱气的动力学条件，为钢液脱气、脱碳、脱氧反应提供保证，为非金属夹杂物上浮等反应创造良好的动力学条件；另外，大大减少了真空室内死区面积，使得钢液成分和温度均匀稳定。

[0023] 4)中心管的上底面的面积大于下底面的面积，钢液由上升管上升到顶部的过程中，由于上升管的截面面积逐渐增大，从而使得钢液在浸渍管顶部的流速较小，从而减弱了钢液对中心管壁面的冲刷，提高了浸渍管的使用寿命。

[0024] 更进一步地，所述的中心管的锥角为 $5-30^{\circ}$ 。上述方案具有如下技术效果：

[0025] 中心管的锥角为 $5-30^{\circ}$ ，恰当的锥角使得上升管的上底面的面积大于下底面的面积，从而使得上升管的钢液的流场分布更加合理，满足钢液精炼的动力学条件。

[0026] 更进一步地，所述的外套管的上部与固定梁水平对应位置的外壁上设置有下层进气口和上层进气口，其中下层进气口位于上层进气口的下方；中心管内壁设置有下层喷嘴和上层喷嘴，所述的下层喷嘴和上层喷嘴位于两个不相同的水平面上，且下层喷嘴所在的水平面位于上层喷嘴所在水平面的下方，所述的下层进气口通过下层导气管与下层喷嘴相连通，上层进气口通过上层导气管与上层喷嘴相连通。上述方案具有如下技术效果：

[0027] 中心管内壁设置有下层喷嘴和上层喷嘴，且下层喷嘴和上层喷嘴分别通过导气管与下层进气口和上层进气口相连通，使得下层喷嘴和上层喷嘴可根据精炼条件的不同，采用不同的供气制度，并通过改变下层喷嘴和上层喷嘴的供气制度，可有效的控制上升管中的流场分布，在提升循环流量的同时，可以进一步控制钢液中的流场分布，从而改善钢液精炼过程中的反应条件。

[0028] 更进一步地，所述的中心管内壁圆周上均匀的分布有2-6个下层喷嘴，中心管内壁圆周上均匀的分布有6-10个上层喷嘴。上述方案具有如下技术效果：

[0029] 下层喷嘴数量少于上层喷嘴的数量，从而充分的利用浸渍管内的空间，显著提升气体流量饱和点，显著增加上升管中的气体流量，且这种供气方式显著延长了气泡在钢液中的流动行程，提高气体的搅拌功率。

[0030] 更进一步地，所述的中心管内设置有下环形导气管和上环形导气管，所述的下环形导气管与下层喷嘴位于同一水平面上，下层导气管通过下环形导气管与下层喷嘴相连通，所述的上环形导气管与上层喷嘴位于同一水平面上，上层导气管通过上环形导气管与上层喷嘴相连通。

[0031] 下环形导气管和上环形导气管分别为下层喷嘴和上层喷嘴供气，从而保证了供气的均匀性，使得中心管内壁的下层喷嘴和上层喷嘴中的气体可以均匀、稳定地喷射入上升管中，从而保证了下层喷嘴和上层喷嘴的气体对钢液的均匀搅拌，并防止上升管中的钢液发生偏流。

[0032] 更进一步地,所述的下层喷嘴距上底面的距离为距下底面距离的5-8倍。

[0033] 下层喷嘴设置在中心管内壁下部,从而有效地推动上升管中的钢液向真空室中运动,提高了RH真空精炼炉的循环流量,加快了RH真空精炼炉的冶炼速度,改善了冶炼效果。

[0034] 更进一步地,所述的下层喷嘴和上层喷嘴为三孔式喷嘴,且孔与孔之间的夹角 $b$ 为 $120^\circ$ 。

[0035] 更进一步地,所述的三孔式喷嘴包括2个下气孔和1个上气孔,且下气孔的直径为3-5mm,上气孔的直径为4-6mm。

[0036] 不同直径的三孔式喷嘴能细化吹入钢液中的气泡,并使钢液在上升管中上升的同时作旋转运动,从而减少了上升管和真空室内死区面积,改善了精炼效果。

[0037] 更进一步地,所述的固定梁设置为4-8个。

[0038] 3.有益效果

[0039] 采用本实用新型提供的技术方案,与已有的公知技术相比,具有如下显著效果:

[0040] (1)本实用新型的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,中心管为倒圆台状空心管,中心管的上底面的面积大于下底面的面积,从而使得上升管的上底面的面积大于下底面的面积,增大浸渍管钢液的流通面积,因而可增加真空循环脱气装置RH的循环流量;且由下到上沿着中心管轴线方向,上升管的水平截面的面积逐渐增大,使得钢液中的气体在上升过程中受到钢液的压力逐渐减小,钢液中气体形成的气泡的体积逐渐增大,从而增大了钢液中气体流量的饱和点,不仅提高了循环流量,而且改善了气体在钢液流场中的分布,促进了钢液发生脱气、脱碳、脱氧反应;

[0041] (2)本实用新型的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,中心管为倒圆台状空心管,从而使得上升管的下细上粗,钢液在上升管中的流通面积由下至上逐渐增大,从上升管到真空室中产生了从中心到边缘的循环流场,从而使得上升管的钢液的流场分布更加合理,使得气泡在钢液中成弥漫分布,增大了气泡和钢液的接触面积,使得气泡在钢液上升的过程中满足钢液脱气的动力学条件,为钢液脱气、脱碳、脱氧反应,为非金属夹杂物上浮等反应创造良好的动力学条件;另外,大大减少了真空室内死区面积,使得钢液成分和温度均匀稳定;

[0042] (3)本实用新型的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,中心管内壁设置有下层喷嘴和上层喷嘴,且下层喷嘴和上层喷嘴分别通过导气管与下层进气口和上层进气口相连通,使得下层喷嘴和上层喷嘴可根据精炼条件的不同,采用不同的供气制度,并通过改变下层喷嘴和上层喷嘴的供气制度,可有效的控制上升管中的流场分布,在提升循环流量的同时,可以进一步控制钢液中的流场分布,从而改善钢液精炼过程中的反应条件。下层喷嘴数量少于上层喷嘴的数量,从而充分的利用浸渍管内的空间,显著提升气体流量饱和点,显著增加上升管中的气体流量,且这种供气方式显著延长了气泡在钢液中的运动行程,从而提高气体的搅拌功率;

[0043] (4)本实用新型的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管,下环形导气管和上环形导气管分别为下层喷嘴和上层喷嘴供气,从而保证了供气的均匀性,使得中心管内壁的下层喷嘴和上层喷嘴中的气体可以均匀、稳定地喷射入上升管中,从而保证了下层喷嘴和上层喷嘴的气体对钢液的均匀搅拌,并防止上升管中的钢液发生偏流。

## 附图说明

[0044] 图1为本实用新型的圆台形套筒浸渍管的立体结构示意图；

[0045] 图2为本实用新型的圆台形套筒浸渍管的剖面结构示意图；

[0046] 图3为本实用新型的中心管在下层喷嘴处的水平截面图；

[0047] 图4为本实用新型的中心管在上层喷嘴处的水平截面图；

[0048] 图5为本实用新型的下层喷嘴的结构示意图；

[0049] 图6为本实用新型的下层喷嘴的剖面结构示意图；

[0050] 图7为本实用新型的RH真空精炼系统的整体结构示意图；

[0051] 图8为本实用新型的RH真空精炼炉的结构示意图；

[0052] 图9为本实用新型的钢液精炼方法的流程图。

[0053] 示意图中的标号说明：

[0054] 100、中心管；111、下层喷嘴；112、上层喷嘴；121、下层导气管；122、上层导气管；131、下层进气口；132、上层进气口；141、下环形导气管；142、上环形导气管；151、下气孔；152、上气孔；200、外套管；300、固定梁；400、真空室；401、法兰；500、钢包座；501、钢包；610、第一供气装置；611、下层供气阀；620、第二供气装置；621、上层供气阀；700、真空泵；701、真空阀；702、抽气管；800、合金料斗。

## 具体实施方式

[0055] 为更进一步了解本实用新型的内容，下面结合实施例对本实用新型作进一步的描述。

[0056] 实施例1

[0057] 结合图1、图2、图3、图4、图5、图6、图7、图8和图9所示，本实施例的一种RH真空精炼炉用圆台形套筒浸渍管，包括上升管和下降管，其中上升管上底面的面积大于下底面的面积，其中所述的上升管上底面为上升管顶部的水平截面，上升管下底面为升管底部的水平截面，且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大，上升管水平截面的面积是关于上升管轴向高度的连续函数，下降管上底面的面积大于下底面的面积，同样下降管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大。浸渍管包括中心管100和外套管200，所述的外套管200为倒圆台状空心管，外套管200的上底面的面积大于下底面的面积，所述的中心管100的顶部通过固定梁300与外套管200相固连，所述的固定梁300设置为4个，固定梁300之间的夹角为 $90^\circ$ ，且中心管100和外套管200为同一轴心，且中心管100的锥角为 $20^\circ$ ，外套管200的锥角也为 $20^\circ$ ，上述的锥角为中心管100和外套管200轴截面两条母线之间的夹角；其中：所述的中心管100为上升管，且中心管100为倒圆台状空心管，中心管100的上底面的面积大于下底面的面积；中心管100与外套管200构成的环形套管为下降管。从而使得上升管上底面的面积大于下底面的面积，从而在不改变现有RH真空精炼炉对钢包501适应条件的情况下，增大RH真空精炼炉浸渍管钢液的流通面积，从而增大真空循环脱气装置RH的循环流量，以改善RH真空精炼炉的精炼效果。

[0058] 中心管100和外套管200构成套筒浸渍管，中心管100为上升管，中心管100与外套管200构成的环形套管为下降管，浸渍管设置为套筒形并与钢包501口适配，从而充分利用

了钢包501口的直径,在钢包501直径相同的情况下,最大程度的增大了浸渍管的直径,以提高RH真空精炼炉的循环流量。中心管100为倒圆台状空心管,中心管100的上底面的面积大于下底面的面积,从而使得上升管的上底面的面积大于下底面的面积,增大浸渍管钢液的流通面积,因而可增加真空循环脱气装置RH的循环流量;且由下到上沿着中心管100轴线方向,上升管的水平截面的面积逐渐增大,使得钢液中的气体在上升过程中受到钢液的压力逐渐减小,钢液中气体形成的气泡的体积逐渐增大,从而增大了钢液中气体流量的饱和点,不仅提高了循环流量,而且改善了气体在钢液流场中的分布,从而促进了钢液脱气、去夹杂反应的发生;钢液在上升管中的流通面积由下至上逐渐增大,从上升管到真空室400中产生了从中心到边缘的循环流场,从而使得上升管的钢液的流场分布更加合理,使得气泡在钢液上升的过程中满足钢液脱气的动力学条件,为钢液脱气、脱碳、脱氧、非金属夹杂物上浮等反应创造良好的动力学条件;另外,大大减少了真空室400内死区面积,使得钢液成分和温度均匀稳定。

[0059] 此外,中心管100的上底面的面积大于下底面的面积,钢液由上升管上升到顶部的过程中,由于上升管的截面面积逐渐增大,使得钢液在浸渍管顶部的流速较小,从而减弱了钢液对中心管100壁面的冲刷,从而提高了浸渍管的使用寿命。中心管100与外套管200构成的环形套管为下降管,下降管上底面的面积大于下底面的面积,使得下降管的液面下降与上升管保持配合,改善了气体在钢液流场中的分布,促进了钢液发生脱气、脱碳、脱硫反应。

[0060] 本实施例的外套管200的上部与固定梁300水平对应位置的外壁上设置有下层进气口131和上层进气口132,其中下层进气口131位于上层进气口132的下方;中心管100内壁设置有下层喷嘴111和上层喷嘴112,所述的下层喷嘴111和上层喷嘴112位于两个不相同的水平面上,且下层喷嘴111所在的水平面位于上层喷嘴112所在水平面的下方,所述的下层进气口131通过下层导气管121与下层喷嘴111相连通,上层进气口132通过上层导气管122与上层喷嘴112相连通。中心管100内壁设置有下层喷嘴111和上层喷嘴112,且下层喷嘴111和上层喷嘴112分别通过导气管与下层进气口131和上层进气口132相连通,即下层喷嘴111通过导气管与下层进气口131相连通,上层喷嘴112通过导气管与上层进气口132相连通。使得下层喷嘴111和上层喷嘴112可根据精炼条件的不同,采用不同的供气制度,并通过下层喷嘴111和上层喷嘴112的供气制度,有效地控制上升管中的流场分布,在提升循环流量的同时,可以进一步控制钢液中的流场分布,改善钢液精炼过程中的反应条件。

[0061] 本实施例的中心管100内壁圆周上均匀的分布有4个下层喷嘴111,中心管100内壁圆周上均匀的分布有8个上层喷嘴112,下层喷嘴111距中心管100上底面的距离为距下底面距离的7倍,下层喷嘴111与上层喷嘴112之间的垂直距离为200mm。而且,下层喷嘴111和上层喷嘴112交错分布,即下层喷嘴111和上层喷嘴112在下底面上的投影是交错分布的,且任意下层喷嘴111和任意上层喷嘴112的连线都不经过投影面的圆心。下层喷嘴111数量少于上层喷嘴112的数量,且下层喷嘴111的供气压力大于上层喷嘴112,下层喷嘴111数量少、供气压力大,为上升管底部的钢液提供强有力的上升动力,推动着钢液由上升管底部迅速上升至真空室400,从而增大了循环流量。8个上层喷嘴112的供气压力较小,从而使得上层喷嘴112喷出的气体可以充分的弥漫在钢液中,从而显著增大钢液中的饱和吹气量,并增大RH的循环流量。8个上层喷嘴112与上述的4个下层喷嘴111交错分布,在提升循环流量的同时,可以进一步控制钢液中的流场分布,改善钢液精炼过程中的反应条件。



[0062] 中心管100内设置有下环形导气管141和上环形导气管142,所述的下环形导气管141与下层喷嘴111位于同一水平面上,下层导气管121通过下环形导气管141与下层喷嘴111相连通,上环形导气管142与上层喷嘴112位于同一水平面上,上层导气管122通过上环形导气管142与上层喷嘴112相连通。下环形导气管141和上环形导气管142分别为下层喷嘴111和上层喷嘴112供气,保证了供气的均匀性,使得中心管100内壁的下层喷嘴111和上层喷嘴112中的气体可以均匀、稳定地喷射入上升管中,保证了下层喷嘴111和上层喷嘴112的气体对钢液的均匀搅拌,并防止上升管中的钢液发生偏流。

[0063] 本实施例的下层喷嘴111为三孔式喷嘴,其包括2个下气孔151和1个上气孔152,且下气孔151的直径为4mm,上气孔152的直径为5mm,且孔与孔之间的夹角 $b$ 为 $120^\circ$ ,三孔式喷嘴上的下气孔151和上气孔152均匀分布,上层喷嘴112和下层喷嘴111的结构完全相同。三孔式喷嘴有利于在上升管中形成合理的流场分布,孔式喷嘴能细化吹入钢液中的气泡,为脱气、脱碳提供有利条件;此外,上气孔152与水平方向的夹角 $c$ 为 $20^\circ$ ,并倾斜向上。吹气的过程中氩气由上气孔152喷入钢液中,沿着与水平方向成 $20^\circ$ 的夹角方向,斜向上喷入上升管的钢液中,从而为钢液提供上升到动力,并推动着上升管中的钢液快速向上,从而提高了循环流量。下气孔151为水平方向,气体由151中吹入钢液中,下气孔151和上气孔152的搭配使用使得钢液产生旋转力,从而使钢液在上升管中上升的同时作旋转运动,促进了钢液的搅拌,减少了上升管和真空室400内死区面积,延长了气泡在钢液中的流动行程,加快精炼速度。

[0064] 本实施例的一种RH真空精炼系统,包括RH真空精炼炉、钢包座500、第一供气装置610、第二供气装置620、真空泵700和合金料斗800,RH真空精炼炉下部设置有钢包座500,钢包座500上设置有钢包501,所述的RH真空精炼炉通过气体管道分别与第一供气装置610和第二供气装置620相连,真空泵700通过抽气管702与RH真空精炼炉上部相连,所述的合金料斗800通过加料管与RH真空精炼炉顶部相连。

[0065] 上述的RH真空精炼炉,包括真空室400和浸渍管,真空室400的底部设有法兰401,所述的真空室400底部设置有上法兰盘,浸渍管顶部设置有与上述上法兰盘相适配的下法兰盘,真空室400底部通过法兰401与浸渍管顶部相连,浸渍管包括中心管100和外套管200,所述的外套管200为倒圆台状空心管,外套管200的上底面的面积大于下底面的面积,所述的中心管100的顶部通过固定梁300与外套管200相固连,且中心管100和外套管200为同一轴心;其中:中心管100为上升管,且中心管100为倒圆台状空心管,中心管100的上底面的面积大于下底面的面积;中心管100与外套管200构成的环形套管为下降管。

[0066] 真空泵700通过抽气管702与真空室400上部相连,第一供气装置610通过气体管道与下层进气口131相连,第二供气装置620通过气体管道与上层进气口132相连。第一供气装置610和第二供气装置620分别对应的为下层喷嘴111和上层喷嘴112供气,第一供气装置610为下层喷嘴111提供氩气,第二供气装置620为上层喷嘴112提供氩气。可以有效地调控下层喷嘴111和上层喷嘴112的供气流量,并且通过调控下层喷嘴111的供气流量大于上层喷嘴112的供气流量,使得下层喷嘴111和上层喷嘴112喷入的氩气泡弥漫在钢液中,增大了钢液的饱和吹气量。

[0067] 真空泵700与真空室400之间的抽气管702上设置有真空阀701,第一供气装置610与下层进气口131之间的气体管道上设置有下层供气阀611,所述的第二供气装置620与上

层进气口132之间的气体管道上设置有上层供气阀621。真空阀701用以控制真空室400的抽真空过程,下层供气阀611和上层供气阀621分别用以控制第一供气装置610和第二供气装置620的供气流量。

[0068] 以IF钢为例,如图9所示,本实施例的一种采用RH真空精炼系统的钢液精炼方法,具体的步骤为:

[0069] 步骤一:预处理

[0070] (1)打开下层供气阀611,通过第一供气装置610为下层喷嘴111提供氩气,氩气由第一供气装置610进入下层进气口131,经下层导气管121到达下层喷嘴111,并由下层喷嘴111喷入钢液中,且第一供气装置610的氩气供气流量为: $0.4\text{m}^3/\text{min}$ ;打开上层供气阀621,通过第二供气装置620为上层喷嘴112提供氩气,氩气由第二供气装置620进入上层进气口132,经上层导气管122到达上层喷嘴112,并由上层喷嘴112喷入钢液中,且第二供气装置620的氩气供气流量为: $0.2\text{m}^3/\text{min}$ ;

[0071] (2)钢包501随钢包座500的推动不断抬升,并将浸渍管浸入钢液液面以下,浸渍管浸入钢液液面以下的深度为600mm,其中钢液中C质量浓度为 $350 \times 10^{-6}$ ,O质量分数为 $600 \times 10^{-6}$ ,钢水平均温度为 $1590^\circ\text{C}$ 。

[0072] 步骤二:真空精炼

[0073] (1)打开抽气管702的真空阀701,采用真空泵700对RH真空精炼炉的真空室400进行抽真空处理;

[0074] (2)继续抽真空,当RH真空精炼炉的真空室400的压力为5000Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为: $0.8\text{m}^3/\text{min}$ ;第二供气装置620的氩气供气流量为: $0.5\text{m}^3/\text{min}$ ;当RH真空精炼炉的真空室400的压力为1500Pa时,真空度稳定后,调节第一供气装置610的氩气供气流量为: $1.2\text{m}^3/\text{min}$ ;第二供气装置620的氩气供气流量为: $0.8\text{m}^3/\text{min}$ ;上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,钢液在氩气的驱动下由上升管中的不断的流入真空室400,在重力的作用下真空室400的钢液由下降管中不断地回流至钢包501中,使钢液产生循环;

[0075] 脱碳:钢液在钢包501与真空室400循环的过程中,钢液中的碳和氧反应形成CO,并通过真空泵700排出,如果钢液中的氧含量不够,可通过RH真空精炼炉的氧枪进行吹氧,并提供氧气脱碳;脱氧:脱碳结束时,由合金料斗800向真空室400的钢液中加入铝粒进行脱氧。

[0076] 步骤三:合金化

[0077] 脱氧结束后由合金料斗800向真空室400的钢液中加入合金原料进行合金化。

[0078] 合金化过程中加入的合金原料为钛铁矿,合金化完成之后,检测钢液成分为中C含量为 $30 \times 10^{-6}$ ,O含量为 $20 \times 10^{-6}$ ,Ti含量为 $200 \times 10^{-6}$ 时,钢液达到目标成分和温度则完成钢液精炼,停止真空泵700抽真空进行破真空,同时真空室400复压,重新处于大气压状态,钢包座500慢慢下移,钢包501随着钢包座500逐渐下降,完成钢液精炼。

[0079] 本实施例的RH真空精炼装置(如图8所示),钢包501的内径D3为3212mm,本实用新型的真空室400的内径D2为2409mm;浸渍管外套管200的内径D1为1506mm;中心管100的内径D0为750mm;外套管200壁厚为260mm,中心管100壁厚为200mm,中心管100和外套管200的高度为1000mm;本实施例RH真空精炼炉的供气流量(G)为 $2.0\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,即第一供气装置610和

第二供气装置620的供气流量(G)之和为 $2.0\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,其中第一供气装置610的供气流量为 $1.2\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,第二供气装置620的供气流量为 $0.8\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,循环流量(Q)为 $190\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ ,脱碳时间为 $22.0\text{min}$ 。由于上升管上底面的面积大于下底面的面积,从而在不改变现有RH真空精炼装置对钢包501适应条件的情况下,增大RH真空精炼炉浸渍管钢液的流通面积,从而增大真空循环脱气装置RH的循环流量,以改善RH真空精炼炉的精炼效果。上升管的水平截面的面积逐渐增大,使得钢液中的气体在上升过程中受到钢液的压力逐渐减小,钢液中气体形成的气泡的体积逐渐增大,从而增大了钢液中气体流量的饱和点,不仅提高了循环流量,而且改善了气体在钢液流场中的分布,从而促进了钢液发生脱碳反应的速率,降低了脱碳的时间,缩短了冶炼周期。

[0080] 对比例1

[0081] 对比例1的RH真空精炼炉的上升管和下降管是分开设置,即为一般的RH真空精炼炉,钢包501的内径D3为 $3012\text{mm}$ ,浸渍管上升管内径为 $550\text{mm}$ ,现有RH真空精炼炉的供气流量(G)为 $2.0\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,真空室400的压力为 $500\text{Pa}$ 时,循环流量(Q)为 $130\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ ,脱碳时间为: $30.0\text{min}$ 。

[0082] 对比例2

[0083] 对比例2的基本内容通实施例1,其不同之处在于:RH真空精炼炉的上升管和下降管为圆筒状,RH真空精炼炉的浸渍管包括中心管100和外套管200,中心管100内上升管,中心管100和外套管200的中间区域为下降管,即上升管和下降管的上底面和下底面的面积相同,钢包501的内径D3为 $3012\text{mm}$ ,浸渍管上升管内径为 $750\text{mm}$ ,RH真空精炼炉的供气流量(G)为 $2.0\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,真空室400的压力为 $500\text{Pa}$ 时,循环流量(Q)为 $160\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ ,脱碳时间为: $27.8\text{min}$ 。

[0084] 对比例3

[0085] 对比例3的基本内容通实施例1,其不同之处在于:下层喷嘴111和上层喷嘴112数量相同,下层喷嘴111和上层喷嘴112均为4个。钢包501的内径D3为 $3012\text{mm}$ ,浸渍管上升管内径为 $750\text{mm}$ ,RH真空精炼炉的供气流量(G)为 $2.0\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,第一供气装置610和第二供气装置620的供气流量(G)之和为 $2.0\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,其中第一供气装置610的供气流量为 $1\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,第二供气装置620的供气流量为 $1\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ,真空室400的压力为 $500\text{Pa}$ 时,循环流量(Q)为 $175\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ ,脱碳时间为: $25.6\text{min}$ 。

[0086] 通过实施例1与对比例1、对比例2和对比例3对比可以发现,可以得到以下结论:

[0087] (1)相比对比例1可以看出,实施例1和对比例2的循环流量都显著增大,特别是对比例2的循环流量由 $130\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ 增大到 $160\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ ,脱碳时间由传统的 $30\text{min}$ 减少到 $27.8\text{min}$ 。其原因在于:采用圆筒形的浸渍管,增大了上升管的直径,从而显著的提高了循环流量;

[0088] (2)对比例3和对比例2进行对比发现,对比例3采用圆台形的浸渍管,循环流量由 $160\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ 增大到 $175\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ ,脱碳时间由 $27.8\text{min}$ 减少到 $25.6\text{min}$ 。其原因在于:上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,增大浸渍管钢液的流通面积,因而可增加真空循环脱气装置RH的循环流量。

[0089] (3)实施例1和对比例3进行对比发现,实施例1采用圆台形的浸渍管,中心管100内壁圆周上均匀的分布有4个下层喷嘴111,8个上层喷嘴112,循环流量由 $175\text{t} \cdot \text{min}^{-1}$ 增大到

190t·min<sup>-1</sup>;脱碳时间由25.6min减少到22.0min。实施例1与对比例1进行对比发现,循环流量由130t·min<sup>-1</sup>增大到190t·min<sup>-1</sup>;脱碳时间由30.0min减少到22.0min。其原因在于:1)中心管100设置4个下层喷嘴111、8个上层喷嘴112,且下层喷嘴111的喷气流量大于上层喷嘴112,使得上层喷嘴112数量较多,提高了钢液的循环流量;2)上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,本实用新型的浸渍管设置为圆台形套筒形状,从而充分利用了真空室400底面面积,增加了浸渍管钢液流通面积,配合着上层喷嘴112喷入的较小氩气气泡,从而进一步增大了钢液中的气体饱和量,在增大气泡对钢液的推动力的同时,改善了气体在钢液流场中的分布。

[0090] 申请人创造性的提出了通过上下截面面积不同的上升管,来改善上升管中钢液的流场分布,提高了钢液的循环流量和精炼效果。打破了现有技术中,常规的技术人员仅仅通过改善浸渍管直径来提高循环流量的技术偏见,具有非显而易见性。

[0091] 实施例2

[0092] 本实施例的基本内容同实施例1,其不同之处在于:本实施例的钢液精炼方法,步骤二中:继续抽真空,当RH真空精炼炉的真空室400的压力为6000Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为:0.8m<sup>3</sup>/min;第二供气装置620的氩气供气流量为:0.5m<sup>3</sup>/min;当RH真空精炼炉的真空室400的压力为1500Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为:1.8m<sup>3</sup>/min;第二供气装置620的氩气供气流量为:1.0m<sup>3</sup>/min;上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,钢液在氩气的驱动下由上升管中的不断的流入真空室400,在重力的作用下真空室400的钢液由下降管中不断地回流至钢包501中,使钢液产生循环,循环流量(Q)为205t·min<sup>-1</sup>。

[0093] 对比例4

[0094] 本对比例的RH真空精炼炉的上升管和下降管是分开设置,即为一般的RH真空精炼炉,钢包501的内径D3为3012mm,浸渍管上升管内径为550mm,现有RH真空精炼炉的供气流量(G)为2.8m<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>,真空室400的压力为500Pa时,循环流量(Q)为125t·min<sup>-1</sup>。

[0095] 通过实施例1、实施例2、对比例1和对比例4进行对比可以发现:

[0096] (1)实施例1与实施例2进行对比可以发现,当本发明的氩气流量由2.0m<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>增大到2.8m<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>,随着上升管中压气流量的进一步增大,循环流量由190t·min<sup>-1</sup>进一步增加到205t·min<sup>-1</sup>;

[0097] (2)实施例2与对比例4对比可以发现,相同的氩气流量的情况下,采用本实用新型的一种RH真空精炼炉,循环流量远大于传统的RH真空精炼炉,从而显著的提高了RH真空精炼炉的冶炼效果;

[0098] (3)对比例1与对比例4进行,当氩气流量由2.0m<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>增大到2.8m<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>,循环流量反而由130t·min<sup>-1</sup>减小到125t·min<sup>-1</sup>。

[0099] 上述问题困扰着申请人,经过一系列的研究,申请人通过长时间的研究探索发现,现有的RH真空精炼炉浸渍管的上升管中吹气量较大时,气泡在上升管分布稠密,气泡体积占了较大比例,并且当吹气量增大到一定程度时,循环流量会达到饱和,此时如果继续增大气体流量,气体体积占的比例很大,由于液/气比过低,易造成气泡形成气流直接由喷嘴进入真空室400,并形成气体“短路”,致使气泡对钢液的抽引效率急剧下降,反而造成钢液的循环流量变小。而且申请人发现上升管的截面面积由下至上逐渐增大,从而为气泡弥漫在

钢液中提供了有利条件,钢液中的气体在上升过程中受到钢液的压力逐渐减小,从而增大了钢液的饱和吹气量,而且由于中心管100设置4个下层喷嘴111、8个上层喷嘴112,且下层喷嘴111的喷气流量大于上层喷嘴112,使得上层喷嘴112数量较多,喷入的氩气气泡较小,较小气泡充分的弥漫在钢液中,增大了钢液中气体流量的饱和点,饱和点的增大,避免了气泡直接由底部流到真空室400而产生气泡“短路”的现象,提高上升管中气体对钢液的抽引效率。申请人打破了现有技术中,常规的技术人员仅仅通过增大供气流量来提高循环流量的技术偏见,具有突出的实质性特点和显著的进步。

#### [0100] 实施例3

[0101] 本实施例的基本内容同实施例1,其不同之处在于:本实施例的钢液精炼方法,步骤二中:继续抽真空,当RH真空精炼炉的真空室400的压力为6000Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为:0.8m<sup>3</sup>/min;第二供气装置620的氩气供气流量为:0.5m<sup>3</sup>/min;当RH真空精炼炉的真空室400的压力为1500Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为:2.0m<sup>3</sup>/min;第二供气装置620的氩气供气流量为:1.2m<sup>3</sup>/min;上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,钢液在氩气的驱动下由上升管中的不断的流入真空室400,在重力的作用下真空室400的钢液由下降管中不断地回流至钢包501中,使钢液产生循环,循环流量(Q)为195t·min<sup>-1</sup>。

[0102] 中心管100内壁圆周上均匀地分布有2个下层喷嘴111,中心管100内壁圆周上均匀的分布有6个上层喷嘴112。固定梁300设置为6个,固定梁300之间的夹角为60°。中心管100的锥角为5°。下层喷嘴111距中心管100上底面的距离为距下底面距离的5倍。所述的三孔式喷嘴包括2个下气孔151和1个上气孔152,且下气孔151的直径为3mm,上气孔152的直径为4mm。

#### [0103] 实施例4

[0104] 本实施例的基本内容同实施例1,其不同之处在于:本实施例的钢液精炼方法,步骤二中:继续抽真空,当RH真空精炼炉的真空室400的压力为6000Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为:0.8m<sup>3</sup>/min;第二供气装置620的氩气供气流量为:0.5m<sup>3</sup>/min;当RH真空精炼炉的真空室400的压力为1500Pa时,调节第一供气装置610的氩气供气流量为:1.0m<sup>3</sup>/min;第二供气装置620的氩气供气流量为:0.8m<sup>3</sup>/min;上升管上底面的面积大于下底面的面积,且上升管水平截面的面积沿着其轴向由下至上逐渐增大,钢液在氩气的驱动下由上升管中的不断的流入真空室400,在重力的作用下真空室400的钢液由下降管中不断地回流至钢包501中,使钢液产生循环,循环流量(Q)为185t·min<sup>-1</sup>。

[0105] 中心管100内壁圆周上均匀的分布有6个下层喷嘴111,中心管100内壁圆周上均匀的分布有10个上层喷嘴112。固定梁300设置为8个,固定梁300之间的夹角为45°。中心管100的锥角为30°。下层喷嘴111距中心管100上底面的距离为距下底面距离的8倍。三孔式喷嘴包括2个下气孔151和1个上气孔152,且下气孔151的直径为5mm,上气孔152的直径为6mm。

[0106] 以上示意性的对本实用新型及其实施方式进行了描述,该描述没有限制性,附图所示的也只是本实用新型的实施方式之一,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,在不脱离本实用新型创造宗旨的情况下,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,均应属于本实用新型的保护范围。

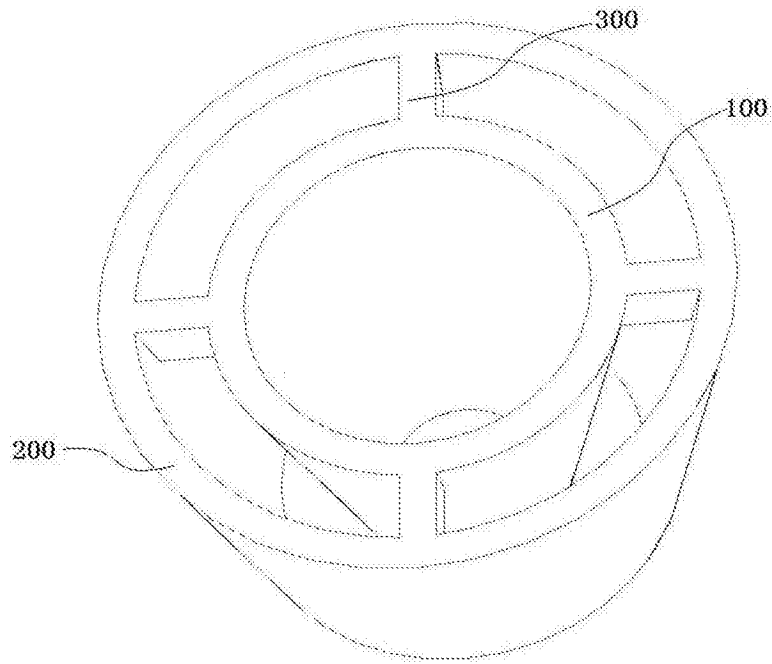


图1

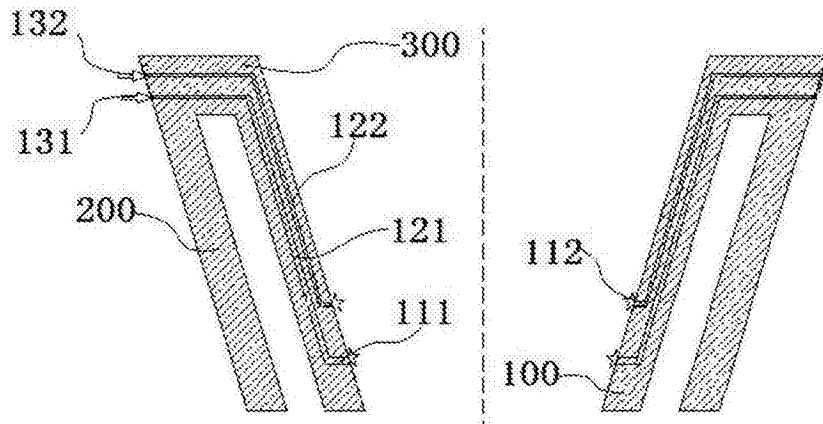


图2

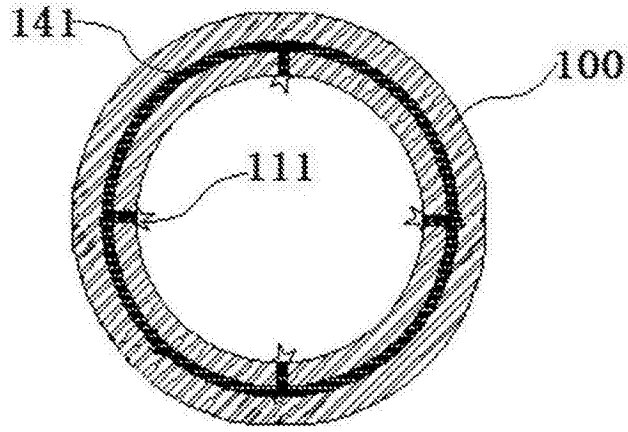


图3

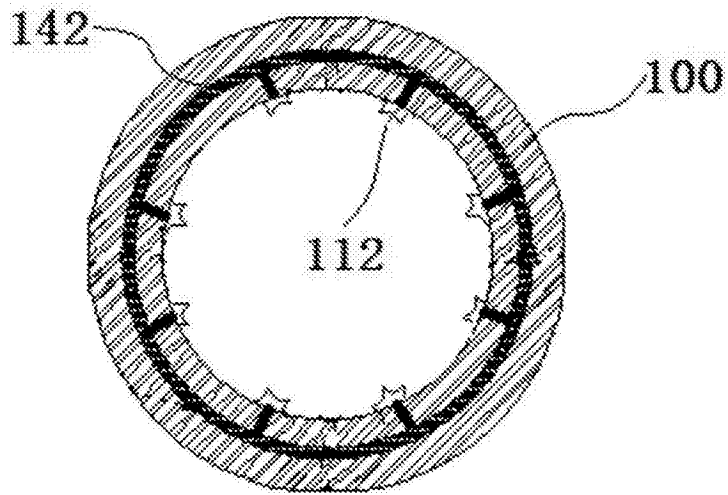


图4

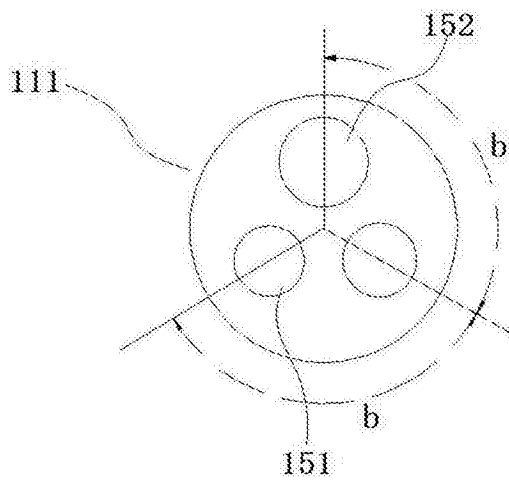


图5

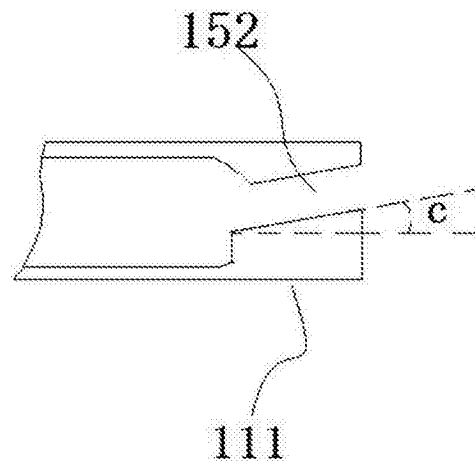


图6

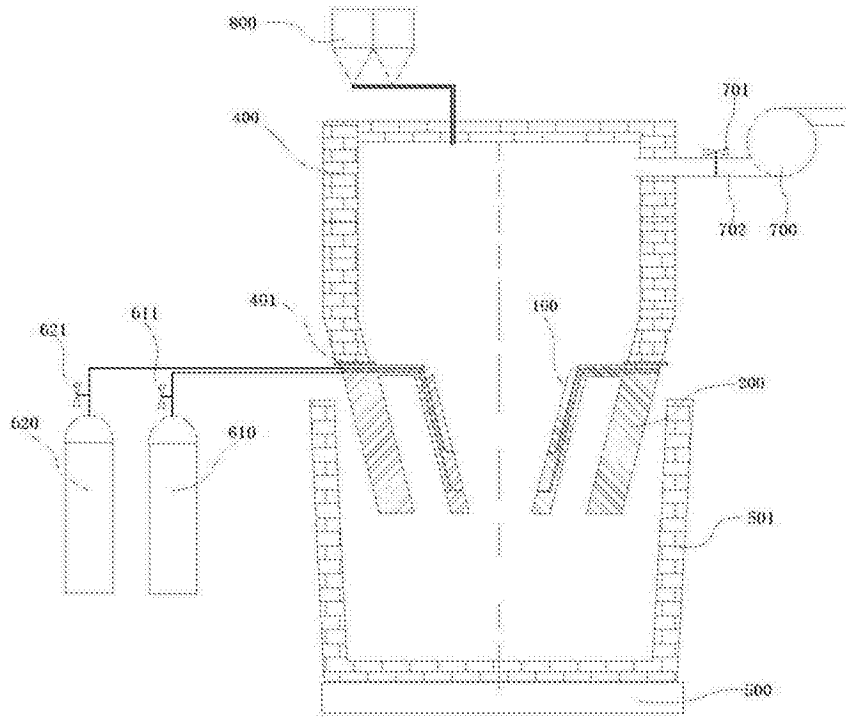


图7

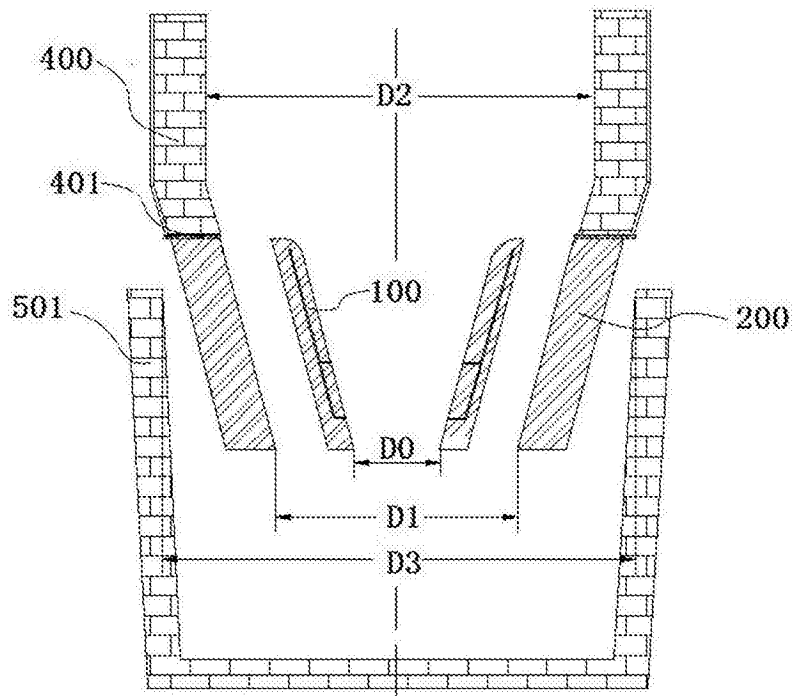


图8



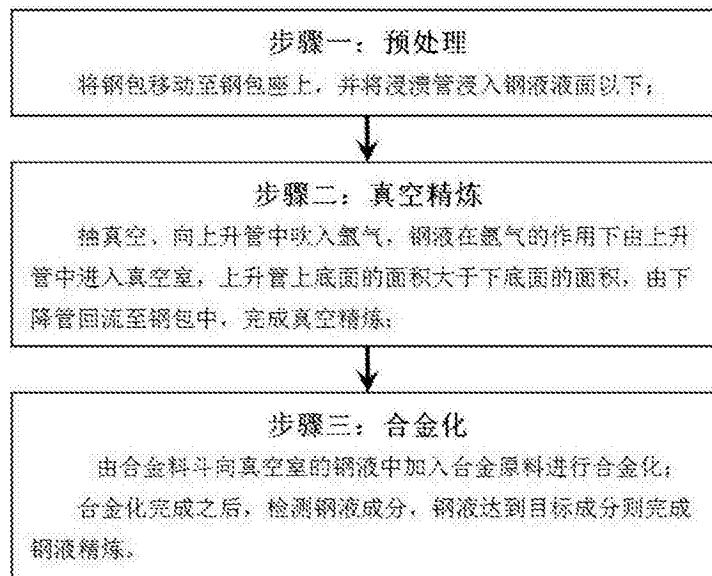


图9