



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103639375 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 19

(21) 申请号 201310701597. 8

(22) 申请日 2013. 12. 18

(71) 申请人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路 30 号

(72) 发明人 毛卫民 康燕 郑志凯 陈艺骏

王伟番 岳锐

(74) 专利代理机构 北京金智普华知识产权代理

有限公司 11401

代理人 皋吉甫

(51) Int. Cl.

B22D 1/00(2006. 01)

B22D 17/00(2006. 01)

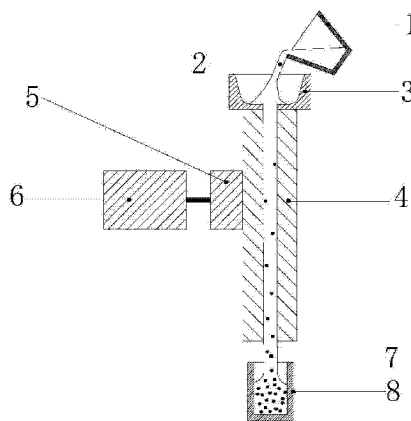
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法及装置,属于半固态金属成形技术领域。将具有一定过热度的金属液浇入一带有机械振动特性的垂直直管通道的上口内,在机械振动的作用下,过热金属液沿垂直直管通道的内壁向下流动,直至垂直直管通道的下出口,获得半固态金属。装置包括浇包、过热金属液、浇口杯、垂直直管通道、电激机械振动器、电激振动控制器、半固态金属、收集容器、压室、冲头、定型、动型。本发明优点在于:利用电激机械振动装置促进垂直直管通道内金属液的冷却、形核和晶粒游离,垂直直管通道内壁的挂料数量下降,清理难度降低,金属回炉数量和熔化能耗减少,设备构造简单,生产成本低,适合半固态金属的制备。



1. 一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法,其特征在于:

将过热金属液(2)浇入带有机械振动特性的垂直直管通道(4)的上口内,过热金属液(2)在机械振动中沿着垂直直管通道(4)的内壁向下流动,直至垂直直管通道(4)的下出口,最终流入收集容器(8)中或流入流变成形设备的料室或压室(9)中,获得半固态金属(7)。

2. 根据权利要求1所述的一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法,其特征在于:过热金属液的温度预先控制在该金属液相线温度以上 $1 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法,其特征在于:在浇注过程中,垂直直管通道(4)一直处于机械振动中,直至半固态金属(7)制备过程结束。

4. 根据权利要求1所述的一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法,其特征在于:收集容器(8)和垂直直管通道(4)中,能够通入保护气体来减少该金属熔体的氧化,该保护气体是氩气或含 SF_6 的气体。

5. 根据权利要求1所述的一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法所用的振动垂直直管通道装置,其特征在于:该装置由浇包(1)、过热金属液(2)、浇口杯(3)、垂直直管通道(4)、电激机械振动器(5)、电激振动控制器(6)、半固态金属(7)、收集容器(8)、压室(9)、冲头(10)、定型(11)和动型(12)组成;

其中,浇包(1)与过热金属液(2)衔接,过热金属液(2)与浇口杯(3)衔接,浇口杯(3)与垂直直管通道(4)衔接,垂直直管通道(4)与电激机械振动器(5)衔接,电激机械振动器(5)与电激振动控制器(6)衔接,垂直直管通道(4)与半固态金属(7)衔接,半固态金属(7)与收集容器(8)衔接;或者半固态金属(7)直接与压室(9)衔接,压室(9)与冲头(10)衔接,冲头(10)与定型(11)衔接,定型(11)与动型(12)衔接。

6. 根据权利要求5所述的一种制备半固态金属的振动垂直直管通道装置,其特征在于:电激机械振动器(5)的振幅为 $0.01\text{mm} \sim 10\text{mm}$,振动频率为 $0.1\text{Hz} \sim 50\text{kHz}$ 。

7. 根据权利要求5所述的一种制备半固态金属的振动垂直直管通道装置,其特征在于:垂直直管通道(4)的高度为 $200 \sim 1500\text{mm}$,垂直直管通道(4)的内径为 $10 \sim 100\text{mm}$ 。

一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于半固态金属成形技术领域,特别提供了一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法及装置。

背景技术

[0002] 20 世纪 70 年代初,美国麻省理工学院(MIT)的 Flemings 等人发明了半固态金属成形技术,引起各国学者和工业界的广泛关注,随后各国学者对此进行了深入和广泛的基础理论和技术研究。由研究和实际应用可知,在半固态金属成形技术中,半固态金属的制备始终处于关键位置。据文献“Behavior of metal alloys in the semisolid state”(M C Flemings, Metall Trans, 1991, 22A:957-981)、“半固态金属浆料先进制备技术的研究进展”(毛卫民,铸造,2012, 61(8): 1-13)和《半固态金属成形技术》(毛卫民,北京:机械工业出版社,2004. 6)报道,获得半固态金属的方法很多,如机械搅拌法、电磁搅拌法、应变引起的熔体激活法(strain induced melt activation, 简称为 SIMA)、紊流效应法、单螺旋搅拌法、双螺旋搅拌法、低过热度倾斜板浇注法、低过热度浇注和弱电磁搅拌法、压室电磁搅拌法、低过热度浇注和弱机械搅拌法、连续流变转换法(Continuous rheoconversion process, 简称 CRP)、偏旋热焓平衡法(Swirled enthalpy equilibration device, 简称为 SEED)、旋转倾斜圆管法、波浪板形浇注法、超声振动法、控制浇注高度法、自孕育法、气泡搅拌法、倒锥形通道浇注法、蛇形通道浇注法、转桶机械剪切法、环状电磁搅拌法等。但是,为了降低半固态金属的制备成本或者为了改善半固态金属的制备工艺过程,世界各国的学者和专家仍然不断探索新的半固态金属的制备方法和制备装置。

[0003] 中国专利 ZL200410009296. X、ZL200410009295. 5 和文献“Influence of process parameters on microstructure of semisolid A356 alloy slug cast through vertical pipe (YANG Xiao-rong, MAO Wei-min, PEI Sheng. Trans Nonferrous Met Soc China, 2008, 18(1): 99-103)”提出了半固态金属的垂直直管通道浇注制备技术。在垂直直管通道浇注制备技术中,首先将金属液的过热度控制到预定的浇注过热度,然后将金属液浇注到一个垂直直管通道中,金属液顺序向下流过垂直直管通道的内壁;在金属液流经垂直直管通道时,金属液会向垂直直管通道不断传热,引起接触通道内壁的金属液层的过冷,因而该过冷金属液会沿着垂直直管通道内壁发生初生晶粒的形核和长大;在这些初生晶粒形核和长大的过程中,初生晶粒根部产生溶质富集,同时初生晶粒又承受金属液的连续冲刷,部分初生晶粒会不断发生游离而离开垂直直管通道内壁并进入金属熔体中;由于金属熔体不断向垂直直管通道内壁散热和流动熔体的混合作用,最初浇入的过热金属熔体会逐渐进入整体过冷状态,从垂直直管通道内壁游离并进入金属熔体中的大量初生晶粒会存活下来;金属熔体中的这些大密度的存活下来的初生晶粒会发生溶质场和温度场的相互干涉,从而抑制枝晶生长,这些初生晶粒逐渐长大为球状;当金属熔体到达垂直直管通道出口处时,金属熔体已经处于固液两相区,内部包含有大量游离的球状初生晶粒,这就是半固态金属。这种半固态金属可以直接进行流变压铸成形、或流变挤压成形、或流变锻造成形,也可以将这

些半固态金属收集到一个容器中,再经过适当的冷却凝固,可进一步提高半固态金属中的固相分数,用于流变成形高致密性的零件。总之,从上述制备技术的总体上看,垂直直管通道浇注制备技术的过程比较简单,是一种低成本的半固态金属的制备方法。但在半固态金属制备过程中,由于沿着垂直直管通道内壁形核的初生晶粒不能发生全部游离,剩余晶粒会不断长大,常常会堵塞垂直直管通道,被迫终止半固态金属的制备过程,降低了垂直直管通道的每次制备的半固态金属容量,不利于流变成形较大的零件。在半固态金属制备过程中,即使不会完全堵塞垂直直管通道,也会在垂直直管通道内产生大量挂料,挂料数量可占浇注金属重量的 10% ~

20%,这大大增加了清理挂料的难度,也大大增加了金属回炉的数量和熔化能耗。因此,需要采取新的措施或方法大幅度减慢垂直直管通道挂料的速度,大幅度减少垂直直管通道内壁的挂料数量,以便简化清理工艺和降低清理工作难度及金属的回炉数量,也有利于流变成形较大型的零件。

[0004]

发明内容

[0005] 本发明的目的在于:提供一种制备半固态金属的振动垂直直管通道方法及装置。利用电激机械振动促进垂直直管通道内金属液的冷却、形核和晶粒游离,减少垂直直管通道内壁的金属挂料,简化清理工艺和降低清理工作难度及金属的回炉数量。

[0006] 本发明的具体工艺特征如下:

1、产生过热的金属液,将该过热金属液的温度预先控制在其液相线温度以上 1 ~

250℃,将该过热金属液浇入一带有机械振动特性的垂直直管通道的上口内;在不断产生机械振动的过程中,该过热金属液沿着该垂直直管通道内壁向下流动,直至该垂直直管通道的下出口,此时该金属熔体处于其固液两相区,即此时该金属熔体已经是半固态金属浆料;该浆料再流入相对磁导率约为 1 的金属或非金属的收集容器中,当金属浆料积累到一定的数量时即可进行后续的流程成形,或该金属浆料直接流入流变成形设备中而再流变成形。

[0007] 2、带有机械振动特性的垂直直管通道的高度为 200 ~ 1500mm;该垂直直管通道的内径为 10 ~ 100mm;该垂直直管通道的材质可以是非金属或金属;在浇注该过热金属液时,该垂直直管通道的温度低于该金属液的固相线温度。

[0008] 3、在该过热金属液的浇注过程中,该垂直直管通道持续处于机械振动的作用下;该机械振动的振动频率为 0.1Hz ~ 50kHz、振幅为 0.01mm ~ 10mm。

[0009] 4、在该收集容器和该垂直直管通道中,可以通入保护气体来减少该金属熔体的氧化;该保护气体可以是氩气或含 SF₆ 的气体。

[0010] 本发明涉及一种制备半固态金属的振动垂直直管通道装置,该装置分为两种形式:

附图 1 为第一种形式,装置由浇包 1、过热金属液 2、浇口杯 3、垂直直管通道 4、电激机械振动器 5、电激振动控制器 6、半固态金属 7、收集容器 8 构成。其中,浇包 1 与过热金属液 2 衔接,过热金属液 2 与浇口杯 3 衔接,浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接,垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接,电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接,垂直直管通道 4

与半固态金属 7 衔接,半固态金属 7 与收集容器 8 衔接。

[0011] 附图 2 为第二种形式,装置由浇包 1、过热金属液 2、浇口杯 3、垂直直管通道 4、电激机械振动器 5、电激振动控制器 6、半固态金属 7、压室 9、冲头 10、定型 11 和动型 12 构成。其中浇包 1 与过热金属液 2 衔接,过热金属液 2 与浇口杯 3 衔接,浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接,垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接,电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接,垂直直管通道 4 与半固态金属 7 衔接,半固态金属 7 与压室 9 衔接,压室 9 与冲头 10 衔接,冲头 10 与定型 11 衔接,定型 11 与动型 12 衔接。

[0012] 收集容器的形状为圆柱形容器或多边棱柱形容器,该收集容器的材质为相对磁导率约为 1 的金属或非金属。

[0013] 本发明的优点在于:在电激机械振动装置的作用下,促进了垂直直管通道内壁初生晶粒的形核和游离,明显增加了金属熔体中初生晶粒的密度,细化了半固态金属中初生晶粒的尺寸,也促使垂直直管通道内壁挂料速度的明显下降,垂直直管通道内壁的挂料数量大幅度减少,挂料数量可下降到浇注金属重量的 3% 以下,大大降低了清理工作的难度和工作量,也大大减少了金属回炉的数量和熔化能耗,每次浇注制备的半固态浆料的数量也大幅度提高,非常适合半固态金属的制备。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明的第一种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道装置示意图。

[0015] 图 2 是本发明的第二种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道装置示意图。

[0016] 其中,1、浇包,2、过热金属液,3、浇口杯,4、垂直直管通道,5、电激机械振动器,6、电激振动控制器,7、半固态金属,8、收集容器,9、压室,10、冲头,11、定型,12、动型。

[0017]

具体实施方式

[0018] 实施例 1:

参照图 1,这是按上述技术特点提供的第一种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道工艺流程及装置。该振动垂直直管通道装置设置一浇包 1,该浇包 1 与过热的 ZL101A 铝合金液 2 (即亚共晶 Al-7wt%Si-0.45wt%Mg 铝合金,相当于美国牌号 A356 铝合金)衔接;该过热的 ZL101A 铝合金液 2 与浇口杯 3 衔接;浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接,垂直直管通道 4 的高度为 1500mm、内径为 100mm,垂直直管通道 4 由石墨制作;垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接,电激机械振动器 5 的振幅为 4mm、振动频率为 10Hz;电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接;垂直直管通道 4 与半固态 ZL101A 铝合金 7 衔接;半固态 ZL101A 铝合金 7 与收集容器 8 衔接,该收集容器 8 由奥氏体型不锈钢制作,该收集容器 8 的内部尺寸为 $\Phi 80 \times 200\text{mm}$,浇注前该收集容器 8 处于室温。将过热度为 250°C 的 ZL101A 铝合金液 2 直接浇入到该垂直直管通道 4 上口内,并沿着该垂直直管通道 4 的内壁流入收集容器 8 中,得到半固态 ZL101A 铝合金 7,制备半固态 ZL101A 铝合金 7 的工艺流程结束后,振动垂直直管通道 4 内壁的挂料数量占浇注 ZL101A 铝合金 2 重量的 0%,大大降低了清理工作的难度和工作量,大大减少了 ZL101A 铝合金回炉重熔的数量和熔化能耗。

[0019] 实施例 2:

参照图 1,这是按上述技术特点提供的第一种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道工艺流程及装置。该振动垂直直管通道装置设置一浇包 1,该浇包 1 与过热的 ZL101A 铝合金液 2 (即亚共晶 Al-7wt%Si-0.45wt%Mg 铝合金,相当于美国牌号 A356 铝合金)衔接;该过热的 ZL101A 铝合金液 2 与浇口杯 3 衔接;浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接,垂直直管通道 4 的高度为 500mm、内径为 20mm,垂直直管通道 4 由石墨制作;垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接,电激机械振动器 5 的振幅为 10mm、振动频率为 0.1Hz;电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接;该垂直直管通道 4 与半固态 ZL101A 铝合金 7 衔接;半固态 ZL101A 铝合金 7 与收集容器 8 衔接,收集容器 8 由奥氏体型不锈钢制作,该收集容器 8 的内部尺寸为 $\Phi 200 \times 400\text{mm}$,浇注前该收集容器 8 处于室温。将过热度为 65°C 的 ZL101A 铝合金液直接浇入到该垂直直管通道 4 上口内,并沿着该垂直直管通道 4 的内壁流入收集容器 8 中,得到半固态 ZL101A 铝合金 7,制备半固态 ZL101A 铝合金 7 的工艺流程结束后,振动垂直直管通道 4 内壁的挂料数量占浇注 ZL101A 铝合金 2 重量的 1%,大大降低了清理工作的难度和工作量,大大减少了 ZL101A 铝合金回炉重熔的数量和熔化能耗。

[0020] 实施例 3:

参照图 1,这是按上述技术特点提供的第一种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道工艺流程及装置。该振动垂直直管通道装置设置一浇包 1,该浇包 1 与过热的 AZ91 镁合金液 2 (即 Mg-9wt%Mg-0.45wt%Zn 镁合金)衔接;该过热的 AZ91 镁合金液 2 与浇口杯 3 衔接;浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接,垂直直管通道 4 的高度为 300mm、内径为 10mm,垂直直管通道 4 由石墨制作;垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接,电激机械振动器 5 的振幅为 4mm、振动频率为 5Hz;电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接;垂直直管通道 4 与半固态 AZ91 镁合金 7 衔接;半固态 AZ91 镁合金 7 与收集容器 8 衔接,收集容器 8 由奥氏体型不锈钢制作,该收集容器 8 的内部尺寸为 $\Phi 200 \times 400\text{mm}$,浇注前该收集容器 8 处于室温。将过热度为 1°C 的 AZ91 镁合金液 2 直接浇入到该垂直直管通道 4 上口内,并沿着该垂直直管通道 4 的内壁流入收集容器 8 中,得到半固态 AZ91 镁铝合金 7,制备半固态 AZ91 镁合金 7 的工艺流程结束后,振动垂直直管通道 4 内壁的挂料数量占浇注 AZ91 镁合金 2 重量的 3%,大大降低了清理工作的难度和工作量,大大减少了 AZ91 镁合金回炉重熔的数量和熔化能耗。

[0021] 实施例 4:

参照图 2,这是按上述技术特点提供的第二种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道工艺流程及装置。该振动垂直直管通道装置设置一浇包 1,该浇包 1 与过热的 ZL114A 铝合金液 2 (即亚共晶 Al-7wt%Si-0.6wt%Mg 铝合金,相当于美国牌号 A35,7 铝合金)衔接;该过热的 ZL114A 铝合金液 2 与浇口杯 3 衔接;浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接,垂直直管通道 4 的高度为 500mm、内径为 30mm,垂直直管通道 4 由纯铜制作;垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接,电激机械振动器 5 的振幅为 0.01mm、振动频率为 50kHz;电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接;垂直直管通道 4 与半固态 ZL114A 铝合金 7 衔接;半固态 ZL114A 铝合金 7 与压室 9 衔接;压室 9 与冲头 10 衔接;冲头 10 与定型 11 衔接;定型 11 与动型 12 衔接。将过热度为 65°C 的 ZL114A 铝合金液 2 直接浇入到该垂直直管通道 4 上口内,并沿着该垂直直管通道 4 的内壁流入压室 9 中,得到半固态 ZL114A 铝合金 7,制备半固态 ZL114A 铝合金 7 的工艺流程结束后,振动垂直直管通道 4 内壁的挂料数量占浇注 ZL114A 铝合金 2

重量的 0.5%，大大降低了清理工作的难度和工作量，大大减少了 ZL114A 铝合金回炉重熔的数量和熔化能耗。

[0022] 实施例 5：

参照图 2，这是按上述技术特点提供的第二种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道工艺流程及装置。该振动垂直直管通道装置设置一浇包 1，该浇包 1 与过热的 7075 铝合金液 2（即 Al-5.5wt%Zn-2.5wt%Mg-1.6wt%Cu-0.2wt%Cr 铝合金）衔接；该过热的 7075 铝合金液 2 与浇口杯 3 衔接；浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接，垂直直管通道 4 的高度为 600mm、内径为 20mm，垂直直管通道 4 由纯铜制作；垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接，电激机械振动器 5 的振幅为 0.2mm、振动频率为 100Hz；电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接；垂直直管通道 4 与半固态 7075 铝合金 7 衔接；半固态 7075 铝合金 7 与压室 9 衔接；压室 9 与冲头 10 衔接；冲头 10 与定型 11 衔接；定型 11 与动型 12 衔接。将过热度为 55℃ 的 7075 铝合金液 2 直接浇入到该垂直直管通道 4 上口内，并沿着该垂直直管通道 4 的内壁流入压室 9 中，得到半固态 7075 铝合金 7，制备半固态 7075 铝合金 7 的工艺流程结束后，振动垂直直管通道 4 内壁的挂料数量占浇注 7075 铝合金 2 重量的 2%，大大降低了清理工作的难度和工作量，大大减少了 7075 铝合金回炉重熔的数量和熔化能耗。

[0023] 实施例 6：

参照图 2，这是按上述技术特点提供的第二种形式的制备半固态金属的振动垂直直管通道工艺流程及装置。该振动垂直直管通道装置设置一浇包 1，该浇包 1 与过热的 7075 铝合金液 2（即 Al-5.5wt%Zn-2.5wt%Mg-1.6wt%Cu-0.2wt%Cr 铝合金）衔接；该过热的 7075 铝合金液 2 与浇口杯 3 衔接；浇口杯 3 与垂直直管通道 4 衔接，垂直直管通道 4 的高度为 400mm、内径为 20mm，垂直直管通道 4 由纯铜制作；垂直直管通道 4 与电激机械振动器 5 衔接，电激机械振动器 5 的振幅为 2mm、振动频率为 10Hz；电激机械振动器 5 与电激振动控制器 6 衔接；垂直直管通道 4 与半固态 7075 铝合金 7 衔接；半固态 7075 铝合金 7 与压室 9 衔接；压室 9 与冲头 10 衔接；冲头 10 与定型 11 衔接；定型 11 与动型 12 衔接。将过热度为 65℃ 的 7075 铝合金液 2 直接浇入到该垂直直管通道 4 上口内，并沿着该垂直直管通道 4 的内壁流入压室 9 中，得到半固态 7075 铝合金 7，制备半固态 7075 铝合金 7 的工艺流程结束后，振动垂直直管通道 4 内壁的挂料数量占浇注 7075 铝合金 2 重量的 1%，大大降低了清理工作的难度和工作量，大大减少了 7075 铝合金回炉重熔的数量和熔化能耗。

[0024] 为实施该发明的装置既适合于铝基合金的半固态金属的制备，也适合于镁基合金、锌基合金、铜基合金、镍基合金、钴基合金和铁基合金的半固态金属的制备。

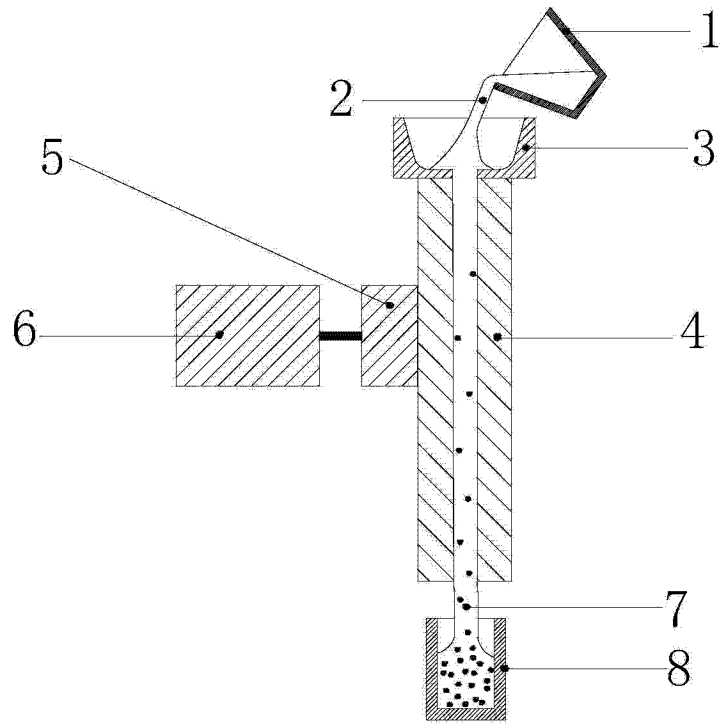


图 1

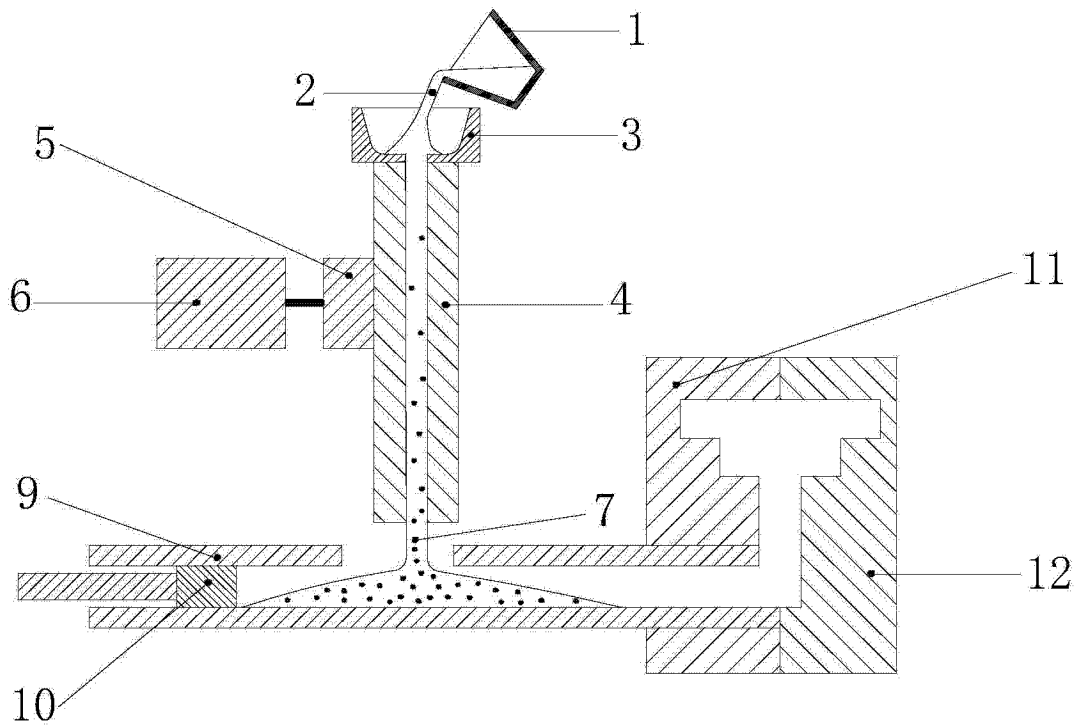


图 2