



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113500167 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 15

(21) 申请号 202110586820.3

(22) 申请日 2021.05.27

(71) 申请人 中国航发南方工业有限公司

地址 412002 湖南省株洲市芦淞区董家墩

(72) 发明人 张龙飞 谢维 钟文惠 丁鹏飞

黄秋玉 盛俊英

(74) 专利代理机构 长沙智嵘专利代理事务所

(普通合伙) 43211

代理人 颜汉华

(51) Int. Cl.

B22C 9/08 (2006.01)

B22C 9/04 (2006.01)

B22C 9/20 (2006.01)

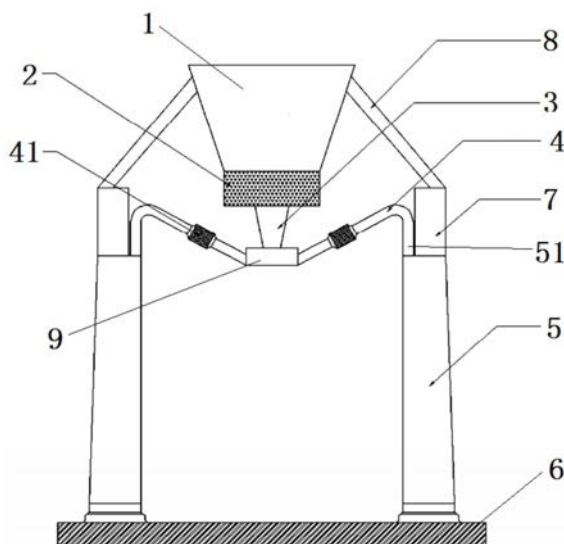
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统

(57) 摘要

本发明公开了一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其通过在浇口杯的下方设置一个上大下小结构的直浇道,会对落下的金属液产生越来越大的限流作用,有效地消除了一部分紊流,消除了飞溅效应,减少了夹杂和氧化物的产生。每个铸件型腔的顶部通过向上倾斜设置的内浇道与直浇道的底部连通,且内浇道布置了过滤网,形成了较大的上坡阻力,会进一步地降低金属液的流速,进一步消除了紊流,金属液中的夹杂物有很大的机会附着在内浇道的内壁上。并且,金属液从内浇道流入铸件型腔时会产生虹吸效应,再次限制了金属液的流速,避免在最后充型阶段金属液在重力作用下加速下落而与铸件型腔的底部产生碰撞而导致夹杂物再次产生,进一步降低了夹杂报废率。



1. 一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,包括浇口杯(1)、第一陶瓷滤网(2)、直浇道(3)、内浇道(4)、铸件型腔(5)和结晶器(6),多个所述铸件型腔(5)在所述结晶器(6)上沿圆周均匀分布,每个铸件型腔(5)的内浇口(51)通过一个所述内浇道(4)与所述直浇道(3)的底部连通,每个所述内浇道(4)向上倾斜设置,所述第一陶瓷滤网(2)设置在所述直浇道(3)的顶部,所述直浇道(3)为上大下小的结构,所述浇口杯(1)设置在所述第一陶瓷滤网(2)的顶部。

2. 如权利要求1所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,每个所述内浇道(4)的内部还设置有第二陶瓷滤网(41)。

3. 如权利要求1所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,每个所述铸件型腔(5)的顶部还设置有补缩冒口(7),且所述补缩冒口(7)与所述铸件型腔(5)的内浇口(51)分隔设置。

4. 如权利要求3所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,所述补缩冒口(7)的顶部还设置有排气通道(8)。

5. 如权利要求1所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,所述直浇道(3)的底部还设置有分流盘(9),每个所述内浇道(4)均与所述分流盘(9)连通。

6. 如权利要求5所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,所述内浇道(4)向上倾斜的角度为 $20^{\circ}\sim 60^{\circ}$,且所述内浇道(4)与所述内浇口(51)连接的一端的高度要高于所述分流盘(9)。

7. 如权利要求1所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,所述直浇道(3)的上端开口尺寸与下端开口尺寸的比例为 $1.5:1\sim 3:1$ 。

8. 如权利要求7所述的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其特征在于,所述直浇道(3)的上端开口尺寸为 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$,下端开口尺寸为 $10\text{mm}\sim 15\text{mm}$ 。

一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮叶片的熔模铸造技术领域,特别地,涉及一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统。

背景技术

[0002] 工业上,航空发动机燃气涡轮叶片的铸造通常在真空炉中进行,其铸型为耐火材料烧结而成的陶瓷型壳,采用熔模工艺制备。在真空炉中(残余大气压力约为 $1\sim 10\text{Pa}$),涡轮叶片的关键铸造过程依次为:模壳预热到一定温度、母合金在坩埚中感应重熔、坩埚倾转将金属液浇入模壳浇口杯、模壳内部的充型系统引导金属液进入零件型腔、零件型腔充型、零件凝固、模壳冷却。在倾倒金属液时,坩埚边沿到模壳浇口杯的高度距离通常大约在 0.5m 以上,在重力作用下,这样的高度会赋予金属液相当高的降落速度,导致金属液与静止的浇口杯内壁或其它部位接触时会产生显著的飞溅和紊流。这种飞溅和紊流一方面会显著增加模壳损坏的可能,导致模壳表层耐火材料可能解体而进入金属液成为夹杂,另一方面还会显著增加金属液与真空中残余大气反应的几率,由此会产生额外氧化物,它们被紊流卷入金属液后,会进一步损坏金属液的质量。这些夹杂与氧化物,即使尺寸小如约 0.1mm ,如果不加以控制而进入铸件型腔,就极有可能出现在技术条件不允许出现的部位,导致涡轮叶片铸件的报废。然而在实际工业生产中,受设备尺寸的影响,真空炉中如此高的倾倒高度无法避免。因此,将金属液从浇口杯引导进入叶片铸件型腔的充型系统就变得极为重要。也就是说,必须在充型系统中设置有效的夹杂物和氧化物控制措施,防止它们从浇口杯进入铸件型腔。然而,现行充型系统对此似乎并没有足够的重视。

[0003] 例如,图1为一种常见的定向涡轮叶片用模壳的顶注式充型系统的结构纵剖示意图。实际生产中,底部结晶器为圆盘状(直径约 $180\sim 300\text{mm}$)且水平放置,叶片铸件型腔通常有 $8\sim 16$ 个,在结晶器上表面沿圆周均匀分布。每个铸件型腔上方设置有补缩冒口,补缩冒口与中心浇口杯出口之间通过横浇道连接。此外,为加强模壳结构强度,相邻冒口之间通常还会相互连接。显而易见,对于该顶注式充型系统,高速的金属液流首先会冲击浇口杯内的陶瓷滤网导致飞溅,随后被滤网分散成较细的液流,从滤网下方喷射而出,然后冲入横浇道继续造成飞溅,继而通过补缩冒口,最终降落到铸件型腔底部开始充型。直到铸件型腔、补缩冒口和横浇道依次被充满,充型才结束。

[0004] 但是,这种顶注式充型模式导致了以下问题:(1)由于金属液流的高速冲击,夹杂并没有太多机会附着在滤网上,因此陶瓷滤网并不能发挥有效的夹杂过滤效果。(2)叶片型腔的优先充型会导致横浇道中金属液一直非常浅,即在叶片型腔被充满之前,横浇道顶面始终无法接触金属液,这会带来两个显著的不利效应:其一,由于金属液较浅,滤网下方喷射出的液流直接冲击底部的模壳面,增加模壳面分解产生夹杂的风险;其二,横浇道的顶面无法为金属液流动提供额外阻力,因此金属液在横浇道中不会被有效减速,高速降落产生的紊流无法被消除,从而被卷入的夹杂也难以因浮力而自动从金属液中分离。(3)紊乱的液流通过补缩冒口后,在重力的作用下继续加速进入铸件型腔,导致铸件的充型一直在混乱

中进行,加剧了缺陷发生的可能。(4)陶瓷模壳内部原本残存有气体,还有模壳受金属液加热的再次放气,这些气体在充型时需要排出。然而在这种自顶向下的充型模式下,气体只能逆着金属液的流向而寻找出路。逆行的气体倾向于加剧金属液的紊流,增加氧化物的额外形成,而未能成功排出的气体也倾向于残留在铸件中形成气孔。生产实践证明,由这样的顶注式充型系统制造的定向叶片铸件通常具有很高的报废率,其中夹杂是最常见的报废因素。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,以解决现有的顶注式充型系统制造出来的定向凝固涡轮叶片报废率高的技术问题。

[0006] 根据本发明的一个方面,提供一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,包括浇口杯、第一陶瓷滤网、直浇道、内浇道、铸件型腔和结晶器,多个所述铸件型腔在所述结晶器上沿圆周均匀分布,每个铸件型腔的内浇口通过一个所述内浇道与所述直浇道的底部连通,每个所述内浇道向上倾斜设置,所述第一陶瓷滤网设置在所述直浇道的顶部,所述直浇道为上大下小的结构,所述浇口杯设置在所述第一陶瓷滤网的顶部。

[0007] 进一步地,每个所述内浇道的内部还设置有第二陶瓷滤网。

[0008] 进一步地,每个所述铸件型腔的顶部还设置有补缩冒口,且所述补缩冒口与所述铸件型腔的内浇口分隔设置。

[0009] 进一步地,所述补缩冒口的顶部还设置有排气通道。

[0010] 进一步地,所述直浇道的底部还设置有分流盘,每个所述内浇道均与所述分流盘连通。

[0011] 进一步地,所述内浇道向上倾斜的角度为 $20^{\circ}\sim 60^{\circ}$,且所述内浇道与所述内浇口连接的一端的高度要高于所述分流盘。

[0012] 进一步地,所述直浇道的上端开口尺寸与下端开口尺寸的比例为 $1.5:1\sim 3:1$ 。

[0013] 进一步地,所述直浇道的上端开口尺寸为 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$,下端开口尺寸为 $10\text{mm}\sim 15\text{mm}$ 。

[0014] 本发明具有以下效果:

[0015] 本发明的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,通过在浇口杯的下方设置一个上大下小结构的直浇道,会对落下的金属液产生越来越大的限流作用,将会使被第一陶瓷滤网分散的喷射液流再次收敛成一束完整的液流,有效地消除了一部分紊流。并且,直浇道底部细小的截面设计产生的限流作用会促使直浇道快速被金属液充满,从而第一陶瓷滤网会被金属液快速淹没,此时,从坩埚倒下的高速金属液就会受到有效缓冲,不再与第一陶瓷滤网碰撞而产生飞溅,从而飞溅效应消失,也防止高速的金属液在倾倒时与浇口杯的内壁碰撞而导致模壳表面耐火材料解体产生夹杂,同时飞溅效应的消失,也会减少氧化物的产生,从而实现在金属液注入阶段就大幅减少了夹杂和氧化物的产生,大大降低了后续充型的夹杂报废率。并且,每个铸件型腔的顶部通过向上倾斜设置的内浇道与直浇道的底部连通,由于内浇道向上倾斜设置形成了较大的上坡阻力,会进一步地降低金属液的流速,进一步消除了紊流,并且由于金属液的流速进一步降低,金属液中的夹杂物有很大的机会附着在内浇道的内壁上,进一步去除了金属液中的夹杂物。并且,由于内浇道的倾斜结构设计,金属

液从内浇道流入铸件型腔时会产生虹吸效应,再次限制了金属液的流速,避免在最后充型阶段金属液在重力作用下加速下落而与铸件型腔的底部产生碰撞而导致夹杂物再次产生,进一步降低了夹杂报废率。

[0016] 除了上面所描述的目的、特征和优点之外,本发明还有其它的目的、特征和优点。下面将参照图,对本发明作进一步详细的说明。

附图说明

[0017] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0018] 图1是现有的顶注式充型系统的剖面结构示意图。

[0019] 图2是本发明优选实施例的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统的剖面结构示意图。

[0020] 附图标记说明

[0021] 1、浇口杯;2、第一陶瓷滤网;3、直浇道;4、内浇道;5、铸件型腔;6、结晶器;41、第二陶瓷滤网;7、补缩冒口;8、排气通道;51、内浇口;9、分流盘。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图对本发明的实施例进行详细说明,但是本发明可以由下述所限定和覆盖的多种不同方式实施。

[0023] 如图2所示,本发明的优选实施例提供一种定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,其包括浇口杯1、第一陶瓷滤网2、直浇道3、内浇道4、铸件型腔5和结晶器6,多个所述铸件型腔5在所述结晶器6上沿圆周均匀分布,每个铸件型腔5的内浇口51通过一个所述内浇道4与所述直浇道3的底部连通,每个所述内浇道4向上倾斜设置,所述第一陶瓷滤网2设置在所述直浇道3的顶部,所述直浇道3为上大下小的结构,所述浇口杯1设置在所述第一陶瓷滤网2的顶部。

[0024] 高速的金属液从所述浇口杯1注入后,与浇口杯1下方的第一陶瓷滤网2碰撞会产生短暂的飞溅,随后金属液通过第一陶瓷滤网2进入直浇道3。由于直浇道3采用上大下小的结构设计,会对落下的金属液产生越来越大的限流作用,将会使被第一陶瓷滤网2分散的喷射液流再次收敛成一束完整的液流,有效地消除了一部分紊流。并且,直浇道3底部细小的截面设计产生的限流作用会促使直浇道3快速被金属液充满,从而第一陶瓷滤网2会被金属液快速淹没,此时,从坍塌倒下的高速金属液就会受到有效缓冲,不再与第一陶瓷滤网2碰撞而产生飞溅,从而飞溅效应消失,也防止高速的金属液在倾倒时与浇口杯1的内壁碰撞而导致模壳表面耐火材料解体产生夹杂,同时飞溅效应的消失,也会减少氧化物的产生,从而实现在金属液注入阶段就大幅减少了夹杂和氧化物的产生,大大降低了后续充型的夹杂报废率。在直浇道3被逐渐充满的同时,金属液前沿也开始流入内浇道4,由于内浇道4向上倾斜设置形成了较大的上坡阻力,会进一步地降低金属液的流速,进一步消除了紊流,并且由于金属液的流速进一步降低,金属液中的夹杂物有很大的机会附着在内浇道4的内壁上。同时,内浇道4对金属液的减速效果会再次促进直浇道3的快速充满和第一陶瓷滤网2的快速淹没,直到浇口杯1内金属液的动能与直浇道3、内浇道4的阻碍作用达到动态平衡。随着金

属液的继续注入,浇口杯1内的金属液面上升,金属液前沿受静压力的作用最终通过内浇道4的最高点,然后开始缓慢降落,由于内浇道4的向上倾斜设计,金属液在降落时会存在虹吸效应,金属液的降落速度依然会受到限制而无法在重力作用下自然加速,因此,金属液将以较慢的速度从内浇口51进入铸件型腔5,随后沿着型腔壁滑落,最终达到型腔底部开始充型。直到铸件型腔5、内浇道4依次被充满,充型结束。

[0025] 可以理解,本实施例的定向凝固涡轮叶片的顶注式充型系统,通过在浇口杯1的下方设置一个上大下小结构的直浇道3,会对落下的金属液产生越来越大的限流作用,将会使被第一陶瓷滤网2分散的喷射液流再次收敛成一束完整的液流,有效地消除了一部分紊流。并且,直浇道3底部细小的截面设计产生的限流作用会促使直浇道3快速被金属液充满,从而第一陶瓷滤网2会被金属液快速淹没,此时,从坍塌倒下的高速金属液就会受到有效缓冲,不再与第一陶瓷滤网2碰撞而产生飞溅,从而飞溅效应消失,也防止高速的金属液在倾倒时与浇口杯1的内壁碰撞而导致模壳表面耐火材料解体产生夹杂,同时飞溅效应的消失,也会减少氧化物的产生,从而实现在金属液注入阶段就大幅减少了夹杂和氧化物的产生,大大降低了后续充型的夹杂报废率。并且,每个铸件型腔5的顶部通过向上倾斜设置的内浇道4与直浇道3的底部连通,由于内浇道4向上倾斜设置形成了较大的上坡阻力,会进一步地降低金属液的流速,进一步消除了紊流,并且由于金属液的流速进一步降低,金属液中的夹杂物有很大的机会附着在内浇道4的内壁上,进一步去除了金属液中的夹杂物。并且,由于内浇道4的倾斜结构设计,金属液从内浇道4流入铸件型腔5时会产生虹吸效应,再次限制了金属液的流速,避免在最后充型阶段金属液在重力作用下加速下落而与铸件型腔5的底部产生碰撞而导致夹杂物再次产生,同时也避免再次产生紊流,进一步降低了夹杂报废率。

[0026] 可以理解,每个所述内浇道4的内部还设置有第二陶瓷滤网41,具体位置可以设置在内浇道4的中段或者末段。由于内浇道4向上倾斜设置,金属液在内浇道4中缓慢向上流动以逐渐充满内浇道4,此时金属液的流速较慢,故而第二陶瓷滤网41可以有效地拦住高速金属液在倾倒时碰撞浇口杯1内壁产生的夹杂物,可以发挥有效的夹杂过滤效果,进一步降低了后续叶片充型过程中的夹杂物。同时,第二陶瓷滤网41对金属液流产生的摩擦阻力和阻碍作用会进一步降低金属液的流速,有利于进一步消除紊流。

[0027] 另外,作为优选的,每个所述铸件型腔5的顶部还设置有补缩冒口7,且所述补缩冒口7与所述铸件型腔5顶部的内浇口51分隔设置。由于补缩冒口7与内浇口51分开设置,在金属液从内浇口51流入并沿型腔壁流下时,铸件型腔5内的气体可以最终流入补缩冒口7内存储,一方面,防止气体残留在铸件内而导致形成气孔缺陷,另一方面,防止气体在上升过程中与落下的金属液碰撞而加剧金属液的紊流和氧化物的额外形成,进一步降低了充型阶段的夹杂报废率。进一步地,所述补缩冒口7的顶部还设置有排气通道8,所述排气通道8的顶部可以直接与外界连通,也可以与所述浇口杯1的上部侧壁连通,以防止外界环境中漂浮的异物从排气通道8落入铸件型腔5内而形成夹杂。通过在补缩冒口7的顶部设置排气通道8,铸件型腔5内的残留气体可以顺利排出,不会抵抗金属液的流入,而且由于补缩冒口7和内浇口51分割设置,残留气体在上升过程中不会与内浇口51流入的金属液形成对流,这保证了金属液在充型时不会由于排气而产生额外的紊流,减少了夹杂被卷入的机会,也不会增加新的氧化物。

[0028] 另外,在本发明的另一实施例中,所述直浇道3的底部还设置有分流盘9,每个所述

内浇道4均与所述分流盘9连通。通过在直浇道3的底部设置一个分流盘9,从直浇道3底部流出的金属液落入分流盘9中,在分流盘9内向四周的内浇道4均匀流动,一方面,可以进一步降低金属液的流速,有利于降低紊流,另一方面,也起到了均匀分流的作用。其中,每个所述内浇道4与所述分流盘9的连接位置可以位于分流盘9的侧边上部,待金属液在分流盘9内缓慢上升后再流入各个内浇道4,有利于降低金属液的流速,进一步降低紊流。当然,在本发明的其它实施例中,所述每个所述内浇道4与所述分流盘9的连接位置也可以位于分流盘9的侧边中部或者侧边底部。所述分流盘9的形状可以是圆形或者方形。

[0029] 可以理解,所述内浇道4的倾斜角度对于紊流的抑制尤为关键,在本发明的优选实施例中,所述内浇道4向上倾斜的角度为 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$,且所述内浇道4与所述内浇口51连接的一端的高度要高于所述分流盘9,从而确保从分流盘9流入内浇道4的金属液必须经过一段爬坡段进行减速。当然,在本发明的其它实施例中,所述内浇道4向上倾斜的角度也可以设置为 10° 、 15° 、 70° 或者其它角度。

[0030] 另外,所述直浇道3的结构尺寸设计对于夹杂的产生和卷入至关重要,因为在刚开始注入金属液时,高速的金属液与浇口杯1碰撞产生夹杂和卷入夹杂的概率较大,故而直浇道3的结构尺寸设计的优化有利于进一步降低夹杂的产生和卷入。在本发明的优选实施例中,所述直浇道3的上端开口尺寸与下端开口尺寸的比例为 $1.5:1 \sim 3:1$,进一步优选为 $2:1$ 。具体地,所述直浇道3的上端开口尺寸为直径 $20\text{mm} \sim 30\text{mm}$,进一步优选为 20mm ,下端开口尺寸为直径 $10\text{mm} \sim 15\text{mm}$,进一步优选为 10mm 。当然,在本发明的其它实施例中,所述直浇道3的上端开口尺寸也可以为直径 25mm 、 28mm 、 30mm 等,下端开口尺寸为直径 12mm 、 15mm 等。

[0031] 通过采用本发明的顶注式充型系统,金属液在进入铸件型腔5之前会受到有效的约束,从而显著地消除紊流和降低流速,降低了金属液卷入夹杂的可能,并且有效地吸附了金属液中的夹杂,并在金属液进入铸件型腔5时由于虹吸效应的存在,降低了金属液的充型流速,有效降低了紊流和夹杂的产生及卷入,最终达到显著降低叶片铸件产生夹杂缺陷的目的。

[0032] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

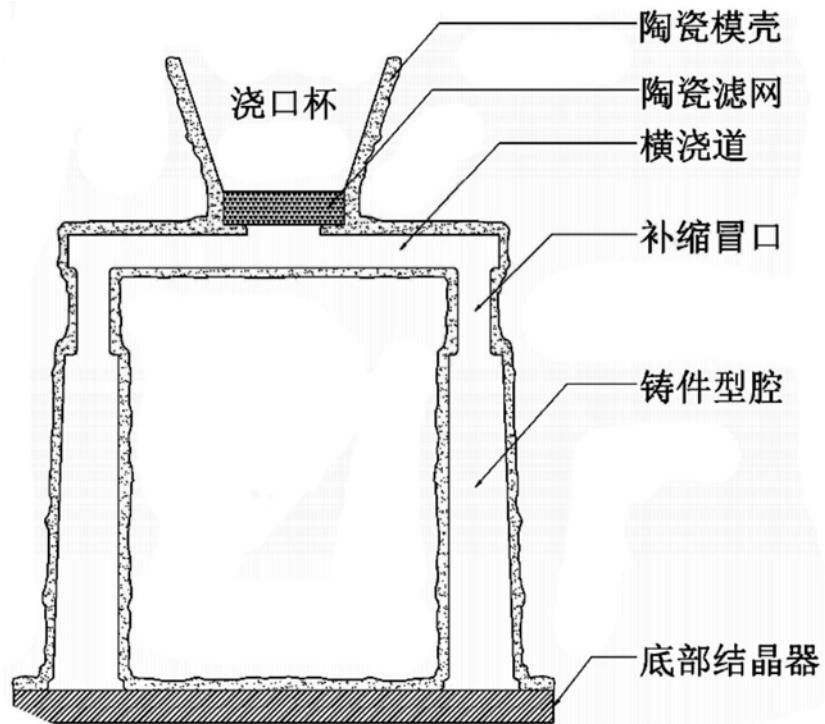


图1

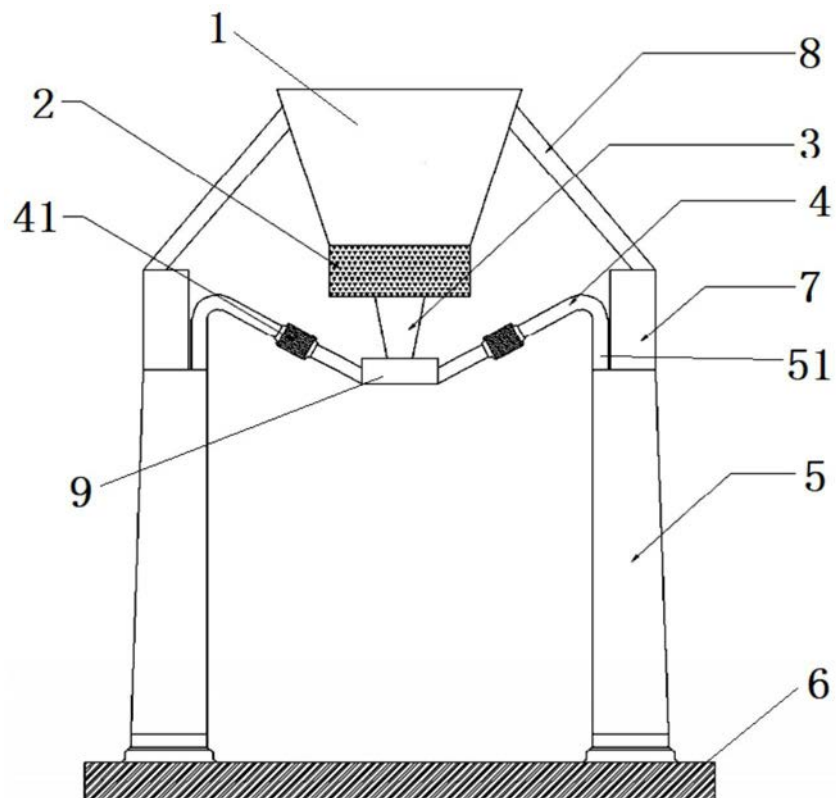


图2