



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102409188 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 11

(21) 申请号 201110368937. 0

(22) 申请日 2011. 11. 21

(71) 申请人 南昌航空大学

地址 330000 江西省南昌市红谷滩新区丰和南大道 696 号

(72) 发明人 韩言言 周全 陈乐平

(74) 专利代理机构 南昌洪达专利事务所 36111

代理人 刘凌峰

(51) Int. Cl.

C22C 1/00 (2006. 01)

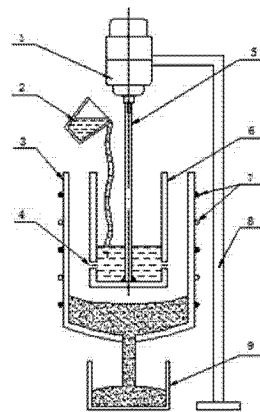
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

离心激冷制备半固态合金的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种半固态合金制备方法, 具体为离心激冷制备球状初晶半固态合金的方法。先将合金熔化至一定的温度, 然后将熔体浇注在离心桶里, 经离心力旋转后甩到激冷桶内壁上, 熔体受到离心力和激冷的双重作用, 在离心桶混合对流和外桶大量形核与枝晶破碎的共同作用下, 最终得到初生相为球状或颗粒状的非枝晶半固态合金坯料或浆料。本发明具有设备简单、生产效率高、适合合金范围宽、所得半固态组织初生相细小圆整等特点, 可用在金属半固态合金制备和成形的生产中。



1. 一种离心激冷制备半固态合金的方法,其特征在于具体步骤如下:

第一步,在熔化炉内,进行合金的熔化与精炼;

第二步:预热激冷桶,其预热温度范围为室温~500℃;

第三步:将熔体浇注到离心桶内,合金熔体的过热度范围为10℃~100℃;

第四步:开启电机,调整离心桶转速,离心桶转速范围为100~1200 r/min,熔体在离心桶做离心运动后甩到激冷桶内壁;

第五步:收集合金熔体,降温冷却成半固态坯料或制成半固态浆料。

2. 根据权利要求1所述的一种离心激冷制备半固态合金的方法,其特征在于上述的半固态合金可以是铝合金、镁合金或锌合金的一种。

离心激冷制备半固态合金的方法

技术领域

[0001] 本发明属于半固态金属加工技术领域,尤其涉及一种离心激冷制备半固态合金的方法。

背景技术

[0002] 自 20 世纪 70 年代, Flemings 教授创立了半固态金属成形的概念、理论和技术以来,半固态金属加工技术受到国际材料界的广泛关注,已成为当今最活跃的研究领域之一。这种方法不仅可以降低成本,提高铸件质量与成品率,同时具有高效、节能、利于环保的优点。目前一些发达国家已开始应用于汽车制造业、通讯、电器、计算机及其辅助设备领域、航空航天等领域,并具有广阔的发展前景。金属及合金半固态成形技术一般分两类,一类是半固态金属或合金触变成形,即先让球状初晶的金属或合金半固态浆料完全凝固成坯料,再对适当长度的坯料进行半固态重熔加热,将处于固液两相区的半固态坯料送至压铸机或锻造机进行成形;另一类是将球状初晶的金属或合金半固态浆料直接送至压铸机或锻造机进行直接成形,即流变成形。无论是流变成形还是触变成形,其中半固态(或称非枝晶组织)合金的制备是整个过程的基础与关键,其目的是获得适于半固态成型的初生相为球状或颗粒状的非枝晶组织,保证半固态金属材料的供给。国内外研究者在此方面作了大量研究工作,提出了许多制备方法与思想。其中主要包括:

①机械搅拌法。此法是最早采用的方法,主要用于研究金属的流变学性质与流变铸造。美国专利第 3902544、3948650 和 3954455 号公开了几种制备金属半固态浆料的机械搅拌方法,该方法利用旋转叶片或搅拌棒将凝固中的初生固相枝晶打碎,获得球状或粒状初晶的金属半固态浆料。机械搅拌法存在下列缺点:1) 搅拌室和搅拌棒的寿命不长,金属更易于氧化和污染,金属内部质量很低;2) 存在搅拌死角,影响浆料均匀性;3) 设备笨重、操作困难、生产效率低,固相分数只能限定在 30% ~ 60% 范围内。

[0003] ②电磁搅拌法。为了克服机械搅拌法的诸多缺点,发展了电磁搅拌法。美国专利第 4229210、4434837 号公开了几种制备金属半固态浆料或连铸坯料的电磁搅拌方法,利用强烈的电磁感应力抑制初生枝晶的析出,制备球状或粒状初晶半固态金属浆料,然后利用连铸技术生产出球状晶半固态金属的连铸坯料。电磁搅拌技术相对比较成熟,已在工业化生产得到了应用。但该制备方法中金属液的过热度一般都在 50℃ 以上,要求必须进行强烈的电磁搅拌,即电磁搅拌所产生的剪切速率一般在 $500 \sim 1500\text{s}^{-1}$,在这样的剪切速率下,被搅拌金属液的旋转速度很高,一般都超过 500 r/min,这时才能获得细小和球状初晶的半固态金属浆料。如果剪切速率小于 500s^{-1} ,初晶的形态变差,多为蔷薇状初晶,而且连铸坯料表面的枝晶层较厚,这种坯料的触变性不良,不适于半固态成形。为了进行强烈的电磁搅拌,电磁搅拌设备庞大,投资过高,而且电磁搅拌功率很大、效率很低、耗能很大,因此球状或粒状初晶半固态金属连铸坯料的成本较高,不适用大规格($\Phi > 150\text{mm}$)坯料的制备,亦不能直接制成零件。

[0004] ③倾斜板技术(中国专利 ZL 200410009295.5, ZL200710176134.9 及 ZL

02145565.5)。在非搅拌条件下,将略高于液相线温度的熔融金属倒在倾斜板上,由于倾斜板的冷却作用,在倾斜板上会有细小的晶粒形核长大,这些晶粒由于自重作用和熔融金属流体的冲击会从倾斜板上脱落、翻转并落入容器中,通过合理的控制容器温度,即可制得含有一定固相体积分数的半固态浆料,随后可进行流变成形和触变成形。该技术已由传统所用的平直冷却板发展到波浪形的斜板以及对倾斜板振动、加热等。目前该技术主要应用于铝合金和镁合金半固态浆料的制备。

[0005] ④阻尼冷管法(杨浩强. 半固态镁合金浆料制备及连续铸轧过程的数值模拟研究[D],博士学位论文,北京:北京有色金属研究总院,2006)。将液相线温度以上几度的合金熔体通过一个阻尼冷管,利用管子的阻尼搅拌作用获得理想的半固态浆料,获得的半固态浆料可直接进行流变铸造或流变成形,也可制成坯料,目前已连续铸轧出 AZ91D 镁合金板带。但该方法要求金属液的浇注温度非常接近该金属液的液相线温度,这使得金属熔体温度的控制变得十分困难;此外,该设备较为复杂,影响因素较多,获得半固态合金需要一定的压头高度,即熔体液面必须高度稳定,且具体的液面高度与合金及工艺要求相关,尚需实验验证,这一点在实验中很难控制,直接影响了此种方法的应用。

[0006] ⑤应变诱导熔体活化技术 (Strain-induced melt Activation Process),简称 SIMA (美国专利第 4415374 号),是除电磁搅拌法外,目前工业上用于生产半固态浆料的另一种方法。该技术是将常规铸造枝晶组织在高温下进行挤压变形,破碎枝晶组织,再施加足够的冷变形量后,加热到两相区。在加热过程,合金首先发生再结晶形成亚晶粒和亚晶界,随后晶界处低熔点溶质元素和低熔点相熔化,导致近球形固相被低熔点液相包围,形成半固态浆料。该技术对制备较高熔点的非枝晶组织合金具有独特的优越性,已成功地应用于不锈钢、工具钢、铜合金等系列。但该方法增加了一道预变形工序,提高了坯料生产成本,同时它仅适用于小规格坯料,亦不能直接成形零件。

[0007] ⑥喷射沉积法(英国专利 GB2172900A 号)。通过气体喷射器将液体金属雾化为液滴,在喷射气体作用下,部分凝固的金属微粒以半固态沉积到冷却靶上。靠半固态微粒的冲击产生足够的剪切力打碎其内部枝晶,形成非枝晶组织。经再加热后,获得具有球形颗粒固相的半固态金属浆料。目前该方法已应用到工业生产,晶粒尺寸可小至 $20\ \mu\text{m}$ 。但该方法生产成本较高,只适用于某些特殊产品。

[0008] ⑦熔体分散混合法(曾怡丹,石力开,张志峰,等. 熔体分散混合法制备半固态浆料[J]. 中国有色金属学报. 2008,18(4):630-636)。采用强制均匀凝固技术制备半固态浆料。该方法通过制浆室内旋转的熔体分散器,将大体积金属液体均匀分散到低温的制浆室筒壁上,形成向下流动的厚度极小的液膜,利用筒壁对其进行冷却,均匀形核;到达制浆室底部时,被分散冷却的熔体汇聚到一起,形成含大量晶核的大体积浆料。使用该方法获得足够的冷却作用需要流层很薄,要严格控制浇注速度和盘梯转速在一定的范围内;得到均匀的浆料要保证晶核在均匀的温度场内生长,要控制液膜具有稳定的温降。目前该方法仅对 Al-Si 合金进行了实验验证。

[0009] ⑧其它方法。除上述方法外,还有许多制浆技术处于研究或开发之中。如粉末冶金法,即通过粉末冶金技术制成锭坯后,经再加热使低熔点成分熔化后获得半固态浆料,这种方法特别适用于难熔合金(Ti-Co)。此外,还有紊流效应法、晶粒细化法、超声波处理法、剪切-冷却-轧制法(Shearing-Cooling-Rolling)、弯曲管通道浇注法、被动搅拌法等。这

些方法目前均处于实验室研究阶段,尚未投入工业生产。

[0010] 离心激冷是在熔体分散混合法、电磁搅拌法、倾斜板法以及阻尼冷管法等技术的基础上开发的一种新型的制备半固态合金的方法。离心激冷制备半固态合金的过程中,熔体既可以受到熔体分散混合法中强制的均匀凝固,强烈的混合对流作用,也可以受到类似于倾斜板法、阻尼冷管法中桶壁的激冷作用,因此更易得到细小、均匀的颗粒状初生相。

发明内容

[0011] 本发明目的是提供一种离心激冷制备半固态合金的方法,该方法采用设备简单、操作方便、适用范围宽广、可得到细小均匀初生相的半固态合金的制备方法。

[0012] 半固态合金的组织希望初生相为细小而均匀的球状或颗粒状的非枝晶组织,而在通常条件下,几乎所有工业应用合金的组织,均以枝晶的形态存在。本发明的原理:利用离心桶的离心作用与激冷桶的冷却作用来使初生晶粒细化及球化。熔体经浇包浇注在离心桶里,经离心力旋转,一方面将引起强烈的混合对流作用,使熔体内的热量和物质快速混合,从而在整体上温度和成分相对均匀,使初生枝晶臂发生熔断;另一方面,晶粒在随熔体混合对流运动的同时自身也快速旋转运动,这时的晶粒可以看成是自由晶粒,这就使其处于一个相对稳定的生长环境中而且在不断的改变自身的位置,消除了初生相产生枝晶的条件,在这种情况下的晶粒长大,没有哪一个方向可以有明显的优先生长,故而晶粒在各个方向上均匀长大,最终生长成为圆整的非枝晶组织。当熔体受到足够大的离心力后,将通过离心桶上的小孔甩到激冷桶的内壁上,一方面激冷桶的冷却作用可使熔体大量形核,并且起到异质形核作用,形成细小的晶粒;另一方面,熔体会受到较大的冲击力,使其大的枝晶破碎,破碎成小的晶粒,起到晶核的增殖作用。熔体是由于离心力被甩到激冷桶内壁上的,因此离心桶内熔断的初生枝晶臂和激冷桶内壁上的初生晶核在整个熔体内都比较分散,熔体热流梯度相对较小,初生晶核容易发生细化和球化。

[0013] 本发明按以下步骤实现,具体步骤如下:

第一步,在熔化炉内,进行合金的熔化与精炼;

第二步:预热激冷桶,其预热温度范围为室温~500℃;

第三步:将熔体浇注到离心桶内,合金熔体的过热度范围为10℃~100℃;

第四步:开启电机,调整离心桶转速,离心桶转速范围为100~1200 r/min,熔体在离心桶做离心运动后甩到激冷桶内壁;

第五步:收集合金熔体,降温冷却成半固态坯料或制成半固态浆料。

[0014] 所述半固态合金可以是铝合金、镁合金或锌合金的一种。

[0015] 本发明主要工艺参数:

1) 离心转速。半固态组织球形结构的最终形成需要足够的转速,转速一般控制在100~1200r/min,转速越大,晶粒越细小、均匀。

[0016] 2) 浇注温度。得到组织比较细小、均匀的组织必须要有合适的浇注温度,温度过高过低都会有晶粒长大的趋势,合金熔体的过热度范围为10℃~100℃。

[0017] 3) 激冷桶预热温度。激冷桶预热温度决定着合金受离心力作用后得到的冷却能力,影响这合金的形核与生长过程。激冷桶的预热温度范围为室温~500℃。

[0018] 本发明的半固态合金制备方法具有下列优点:①工艺简单、操作方便、易于控制;

②不是传统意义上的搅拌,熔体无液穴,可有效避免金属的吸气与夹渣,提高产品的质量;③熔体通过离心力被甩到激冷桶内壁上,离心桶内熔断的初生枝晶臂和激冷桶内壁上的初生晶核在整个熔体内部都比较分散,熔体热流梯度比较小,初生晶核容易发生细化和球化,分布比较均匀;④可以生产大规格锭坯。目前,当锭坯直径超过 150mm 时,由于电磁场分布的不均匀性,电磁搅拌法无法获得组织均匀的坯料。而该法的控制机制是离心转速和激冷桶预热温度的控制,因此容易实现大铸锭的铸造;⑤晶粒细化效果显著、适用合金范围宽;⑥生产方式灵活。既可以单件生产半固态坯料又可以连续生产半固态成形所需的浆料,在该装置后可连接挤压、压铸等半固态成形设备,进行连铸生产。

附图说明

[0019] 图 1 所示为离心激冷方法制备半固态合金的装置结构示意图。

[0020] 图 2 为离心激冷装置下制备的半固态 ZL203 合金的初生相形态。

具体实施例

[0021] 从图 1 可以看出,本发明采用的离心激冷装置主要由三部分构成:第一部分是离心装置,此部分装置主要由离心桶 6、调速电机 1、离心孔 4 和连杆 5 组成。在工作时,熔体浇注在离心桶内,启动调速电机,设置其转速,离心桶经连杆作用发生旋转,带动熔体做旋转离心运动。第二部分为激冷装置,主要由激冷桶 3 和其外壁上的温控元件 7 组成,此部分主要作用是通过温控元件改变激冷桶的温度,以此来改变激冷桶的激冷能力,当熔体受到旋转桶足够大的离心力后,将通过离心孔“甩”到激冷桶的内壁上,使熔体同时受到离心力和激冷的作用。第三部分为附属装置,主要包括浇包 2、支撑杆 8 和坩埚 9,浇包主要起浇注熔体至离心桶的作用,支撑杆起支撑作用,坩埚起收集合金熔体的作用。

[0022] 下面结合具体的实施例对本发明的实施方式做进一步说明:

实施例 1:将商业用 ZL203 合金熔化,同时分别预热激冷桶、离心桶到 250℃和 600℃;当熔体温度下降到 700℃时,浇入离心桶内,开启电机,并调节离心转速至 1000r/min,制备半固态合金。制备的浆料经坩埚收集后冷却至室温。由图 2 可知,采用离心激冷法制备铸锭的微观组织为细小、均匀的颗粒状非枝晶组织。

[0023] 实施例 2:将 AZ91D 镁合金熔化,激冷桶预热至 230℃,离心桶预热至 600℃;当熔体温度下降至 680℃时,浇入离心桶内,开启调速电机,并调节转速至 800r/min,收集的浆料经坩埚收集后冷却至室温。

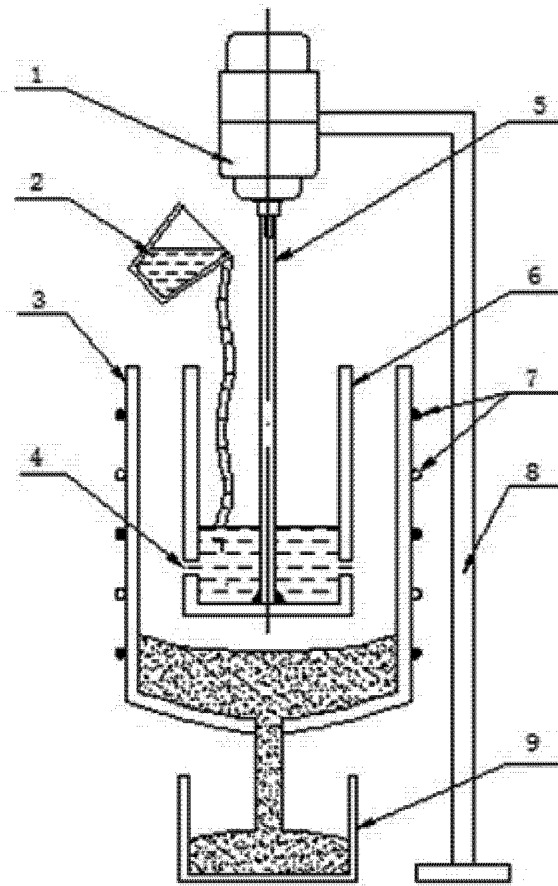


图 1

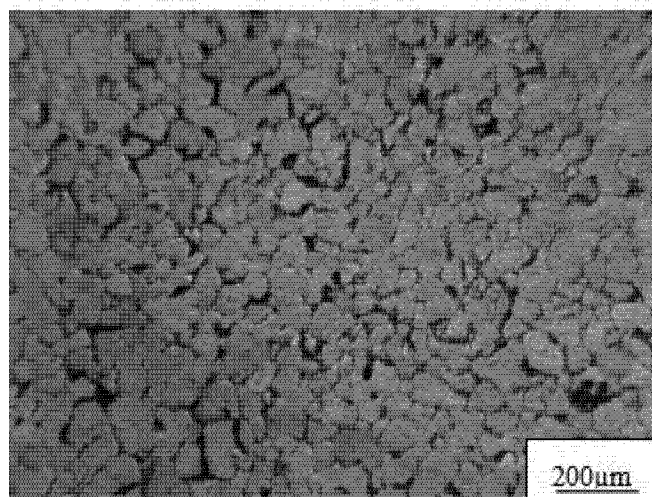


图 2