



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113020552 B

(45) 授权公告日 2021.09.17

(21) 申请号 202110588502.0

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2021.05.28

B22D 1/00 (2006.01)

B22D 7/12 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113020552 A

审查员 张瑞红

(43) 申请公布日 2021.06.25

(73) 专利权人 北京科技大学

地址 100082 北京市海淀区学院路30号

专利权人 中航上大高温合金材料股份有限公司

(72) 发明人 杨树峰 杨曙磊 王宁 赵朋

刘威 高锦国 刘猛 李爱民

杨会泽

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务

所(特殊普通合伙) 11463

代理人 王闯

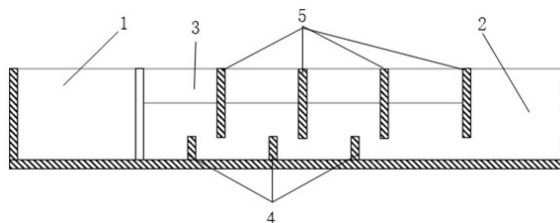
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

用于金属浇铸的流槽和利用返回料冶炼GH4169合金的方法

(57) 摘要

本申请提供一种用于金属浇铸的流槽和利用返回料冶炼GH4169合金的方法。用于金属浇铸的流槽,包括流槽本体,流槽本体设置有进液端和出液端,进液端和出液端之间设置有用于容置金属液体的腔体,腔体内设置有至少一组用于抑制金属液体湍流运动的第一阻拦部件和第二阻拦部件。利用返回料冶炼GH4169合金的方法,包括:将GH4169合金的返回料进行预处理,所述预处理之后的返回料与新料进行熔炼、精炼和合金化处理;通过用于金属浇铸的流槽浇铸至铸模。本申请提供的流槽,能够有效阻拦渣料进入铸模,提高合金的纯净度;本申请提供的利用返回料冶炼GH4169合金的方法,能够充分利用返回料,降低合金生产成本。



1. 一种利用返回料冶炼GH4169合金的方法,其特征在于,包括:

将GH4169合金的返回料进行预处理,所述预处理之后的返回料与GH4169合金的新料进行熔炼、精炼和合金化处理,其中,所述合金化处理的过程中加入预熔渣;所述熔炼包括:将所述新料中的Ni和Fe与部分返回料混合,熔清后加入剩余返回料,继续熔清后加入所述新料中的C、Cr、Mo和Co;所述部分返回料占所述返回料的总质量的25%-35%;所述精炼包括:向所述熔炼之后的体系中加入所述新料中的Ti和Nb,控制精炼温度为1400℃-1420℃、真空度小于等于0.1Pa,精炼20min-30min;所述合金化处理包括:在所述精炼之后的体系中加入所述新料中的Al、B和Mg,然后加入所述预熔渣,搅拌5min-10min后静置5min-10min;

通过用于金属浇铸的流槽浇铸至铸模中得到所述GH4169合金;

所述用于金属浇铸的流槽包括流槽本体,所述流槽本体设置有进液端和出液端,所述进液端和所述出液端之间设置有用以容置金属液体的腔体,所述腔体内设置有至少一组用于抑制所述金属液体湍流运动的第一阻拦部件和第二阻拦部件;所述第一阻拦部件设置在所述腔体的底部,所述第二阻拦部件设置在所述腔体的上部,所述第一阻拦部件和所述第二阻拦部件沿所述进液端至所述出液端方向错位设置;所述腔体内设置有凸台,所述凸台用于限制所述金属液体在所述腔体内的液流宽度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述预处理包括机械处理、酸洗和乙醇超声波处理中的至少一种。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述机械处理包括:对尺寸大于预设值的大块返回料进行抛丸处理,对尺寸小于等于所述预设值的小块返回料进行滚筒研磨处理;

所述预设值为15cm-25cm;

所述酸洗包括:使用盐酸对返回料进行酸洗30min-50min;

所述乙醇超声波处理包括:将返回料放入乙醇中超声波处理20min-30min。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述预熔渣符合以下条件中的至少一个:

a. 所述预熔渣以质量百分比计算包括:

CaF₂ 35%-44%、CaO 25%-30%、Al₂O₃ 18%-21%、MgO 10%-13%和TiO₂ 3%-5%;

b. 所述预熔渣的粒度为15mm-25mm。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的方法,其特征在于,所述浇铸的速度为130kg/min-150kg/min;

所述浇铸之后,合金在所述铸模中冷却的时间为10h-15h。

用于金属浇铸的流槽和利用返回料冶炼GH4169合金的方法

技术领域

[0001] 本申请涉及冶金领域,尤其涉及一种用于金属浇铸的流槽和利用返回料冶炼GH4169合金的方法。

背景技术

[0002] GH4169合金(具体成分参见CB/T 14992-2005)在700℃高温下仍具有较高的抗拉强度、抗疲劳、抗蠕变以及抗热腐蚀性能,被应用范围应用于航空发动机、舰船发动机、地面燃气轮机涡轮盘、涡轮叶片、燃烧室等热端部件,已经成为镍基变形高温合金中使用量最大,应用范围最广的变形高温合金。

[0003] GH4169合金中含有各种贵重金属资源,如Ni、Co、Cr、Nb等,大多数元素都属于稀缺性资源。由于高温合金零件的最终重量往往仅占原投入熔炼合金重量的30%,某些形状复杂的零件甚至只占10%,造成高温合金生产量的70%以上都以料头、浇道、冒口、报废零件和切屑等形式存在,这些统称为返回料。如果不能够回收利用这些返回料,将会造成极大的浪费。然而由于返回料中杂质元素,如:O、N、S等含量较多,导致合金铸锭纯净度较低,直接导致合金品质降低。

[0004] 由于现有的真空感应熔炼炉不具备脱硫的能力,所以部分研究人员考虑使用渣料进行杂质元素的脱除,但是现有设备无法避免渣料随金属熔体进入铸模,带入新的杂质;此外,现有的真空感应熔炼法本身也存在缺陷,导致真空感应熔炼法无法得到纯净度较高的铸锭。

发明内容

[0005] 本申请的目的在于提供一种用于金属浇铸的流槽和利用返回料冶炼GH4169合金的方法,以解决上述问题。

[0006] 为实现以上目的,本申请采用以下技术方案:

[0007] 一种用于金属浇铸的流槽,包括流槽本体,所述流槽本体设置有进液端和出液端,所述进液端和所述出液端之间设置有用以容置金属液体的腔体,所述腔体内设置有至少一组用于抑制所述金属液体湍流运动的第一阻拦部件和第二阻拦部件;

[0008] 所述第一阻拦部件设置在所述腔体的底部,所述第二阻拦部件设置在所述腔体的上部,所述第一阻拦部件和所述第二阻拦部件沿所述进液端至所述出液端方向错位设置。

[0009] 优选地,所述腔体内设置有凸台,所述凸台用于限制所述金属液体在所述腔体内的液流宽度。

[0010] 一种利用返回料冶炼GH4169合金的方法,包括:

[0011] 将GH4169合金的返回料进行预处理,所述预处理之后的返回料与GH4169合金的新料进行熔炼、精炼和合金化处理,其中,所述合金化处理的过程中加入预熔渣;

[0012] 通过所述的用于金属浇铸的流槽浇铸至铸模中得到所述GH4169合金。

[0013] 优选地,所述预处理包括机械处理、酸洗和乙醇超声波处理中的至少一种。

- [0014] 优选地,所述机械处理包括:对尺寸大于预设值的大块返回料进行抛丸处理,对尺寸小于等于预设值的小块返回料进行滚筒研磨处理;
- [0015] 所述预设值为15cm -25cm;
- [0016] 所述酸洗包括:使用盐酸对返回料进行酸洗30min -50min;
- [0017] 所述乙醇超声波处理包括:将返回料放入乙醇中超声波处理20min-30min。
- [0018] 优选地,所述熔炼包括:将所述新料中的Ni和Fe与部分返回料混合,熔清后加入剩余返回料,继续熔清后加入所述新料中的C、Cr、Mo和Co;
- [0019] 所述部分返回料占所述返回料的总质量的25%-35%。
- [0020] 优选地,所述精炼包括:在所述熔炼之后的体系中加入所述新料中的Ti和Nb,控制精炼温度为1400℃-1420℃、真空度小于等于0.1Pa,精炼20min-30min。
- [0021] 优选地,所述合金化处理包括:在所述精炼之后的体系中加入所述新料中的Al、B、Mg,然后加入所述预熔渣,搅拌5min-10min后静置5min-10min。
- [0022] 优选地,所述预熔渣符合以下条件中的至少一个:
- [0023] a.所述预熔渣以质量百分比计算包括:
- [0024] CaF_2 35%-44%、 CaO 25%-30%、 Al_2O_3 18%-21%、 MgO 10%-13%和 TiO_2 3%-5%;
- [0025] b.所述预熔渣的粒度为15mm-25mm。
- [0026] 优选地,所述浇铸的速度为130kg/min -150kg/min;
- [0027] 所述浇铸之后,合金在所述铸模中冷却的时间为10h-15h。
- [0028] 与现有技术相比,本申请的有益效果包括:
- [0029] 本申请提供的用于金属浇铸的流槽,通过在腔体内、沿着进液端至出液端方向错位设置挡墙和挡坝,抑制金属液体的湍流运动,从而实现使得熔渣和夹杂物可以在流槽内有效上浮,对合金熔体起到保温效果的同时将杂质有效拦截,提高金属铸锭的纯净度;
- [0030] 本申请提供的利用返回料冶炼GH4169合金的方法,经过预处理去除返回料表面的杂质,然后与新料一起经过熔炼、精炼和合金化处理,并在合金化处理过程中通过预熔渣脱除杂质,然后通过流槽阻拦预熔渣,获得高纯净度和高质量的合金铸锭,并实现返回料的回收利用,返回料使用比例可达65%-80%,降低了合金生产成本。

附图说明

- [0031] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对本申请范围的限定。
- [0032] 图1为实施例1提供的流槽的纵向截面示意图;
- [0033] 图2为实施例1提供的流槽的俯视示意图;
- [0034] 图3为实施例1提供的流槽的横向截面示意图;
- [0035] 图4为实施例2得到的铸锭中的夹杂物的示意图;
- [0036] 图5为对比例1得到的铸锭中的夹杂物的示意图。
- [0037] 附图标记:
- [0038] 1-进液端;2-出液端;3-腔体;4-挡坝;5-挡墙;6-凸台。

具体实施方式

[0039] 如本文所用之术语：

[0040] “由……制备”与“包含”同义。本文中所用的术语“包含”、“包括”、“具有”、“含有”或其任何其它变形，意在覆盖非排它性的包括。例如，包含所列要素的组合物、步骤、方法、制品或装置不必仅限于那些要素，而是可以包括未明确列出的其它要素或此种组合物、步骤、方法、制品或装置所固有的要素。

[0041] 连接词“由……组成”排除任何未指出的要素、步骤或组分。如果用于权利要求中，此短语将使权利要求为封闭式，使其不包含除那些描述的材料以外的材料，但与其相关的常规杂质除外。当短语“由……组成”出现在权利要求主体的子句中而不是紧接在主题之后时，其仅限定在该子句中描述的要素；其它要素并不被排除在作为整体的所述权利要求之外。

[0042] 当量、浓度、或者其它值或参数以范围、优选范围、或一系列上限优选值和下限优选值限定的范围表示时，这应当被理解为具体公开了由任何范围上限或优选值与任何范围下限或优选值的任一配对所形成的所有范围，而不论该范围是否单独公开了。例如，当公开了范围“1~5”时，所描述的范围应被解释为包括范围“1~4”、“1~3”、“1~2”、“1~2和4~5”、“1~3和5”等。当数值范围在本文中被描述时，除非另外说明，否则该范围意图包括其端值和在该范围内的所有整数和分数。

[0043] 在这些实施例中，除非另有指明，所述的份和百分比均按质量计。

[0044] “质量份”指表示多个组分的质量比例关系的基本计量单位，1份可表示任意的单位质量，如可以表示为1g，也可表示2.689g等。假如我们说A组分的质量份为a份，B组分的质量份为b份，则表示A组分的质量和B组分的质量之比a:b。或者，表示A组分的质量为aK，B组分的质量为bK(K为任意数，表示倍数因子)。不可误解的是，与质量份数不同的是，所有组分的质量份之和并不受限于100份之限制。

[0045] “和/或”用于表示所说明的情况的一者或两者均可能发生，例如，A和/或B包括(A和B)和(A或B)。

[0046] 一种用于金属浇铸的流槽，包括流槽本体，所述流槽本体设置有进液端和出液端，所述进液端和所述出液端之间设置有利于容置金属液体的腔体，所述腔体内设置有至少一组用于抑制所述金属液体湍流运动的第一阻拦部件和第二阻拦部件；

[0047] 所述第一阻拦部件设置在所述腔体的底部，所述第二阻拦部件设置在所述腔体的上部，所述第一阻拦部件和所述第二阻拦部件沿所述进液端至所述出液端方向错位设置。

[0048] 在一个可选的实施方式中，所述腔体内设置有凸台，所述凸台用于限制所述金属液体在所述腔体内的液流宽度。

[0049] 凸台的设置，限制了金属液体在腔体内的液流宽度，在两个凸台之间形成狭窄的流道，使得金属液体的上表面更容易超出凸台的上表面，进而使得熔渣具有足够的空间漂浮在流槽上表面而被挡墙阻拦，保证不被冲入合金液内，从而保证金属铸锭的纯净度。

[0050] 一种利用返回料冶炼GH4169合金的方法，包括：

[0051] 将GH4169合金的返回料进行预处理，所述预处理之后的返回料与GH4169合金的新料进行熔炼、精炼和合金化处理，其中，所述合金化处理的过程中加入预熔渣；

[0052] 通过所述的用于金属浇铸的流槽浇铸至铸模中得到所述GH4169合金。

[0053] 需要说明的是,本申请所指的新料为按照GH4169合金配方比例准备的原料,包括Ni、Fe、C、Cr、Mo、Co、Ti、Nb、Al、B和Mg。

[0054] 在一个可选的实施方式中,所述预处理包括机械处理、酸洗和乙醇超声波处理中的至少一种。

[0055] 在一个可选的实施方式中,所述机械处理包括:对尺寸大于预设值的大块返回料进行抛丸处理,对尺寸小于等于预设值的小块返回料或结构复杂的返回料进行滚筒研磨处理;

[0056] 所述预设值为15cm -25cm;

[0057] 所述酸洗包括:使用盐酸对返回料进行酸洗30-50min;

[0058] 所述乙醇超声波处理包括:将返回料放入乙醇中超声波处理20min-30min。

[0059] 机械处理、酸洗和乙醇超声波处理的目的是为了去除返回料表面的杂质。

[0060] 可选的,所述预设值可以为15cm、20cm、25cm以及15cm-25cm之间的任一值;酸洗的时间可以为30min、40min、50min以及30-50min之间的任一值;超声波处理的时间可以为20min、25min、30min以及20min-30min之间的任一值。

[0061] 在一个可选的实施方式中,所述熔炼包括:将所述新料中的Ni和Fe与部分返回料混合,熔清后加入剩余返回料,继续熔清后加入所述新料中的C、Cr、Mo和Co;

[0062] 所述部分返回料占所述返回料的总质量的25%-35%。

[0063] 该部分返回料,优先选择大块的返回料(短边边长大于20cm的返回料);先加入大块返回料可保证合金料能完全熔清。

[0064] Ni、Fe第一批加入可充当溶剂,降低熔体熔点,促进合金快速熔化;优先加入返回料可增加返回料的在炉时间,使得返回料在化料阶段尽可能的去除杂质元素。

[0065] 在一个可选的实施方式中,所述精炼包括:向所述熔炼之后的体系中加入所述新料中的Ti和Nb,控制精炼温度为1400℃-1420℃、真空度小于等于0.1Pa,精炼20min - 30min。

[0066] Ti和Nb属于固氮元素,精炼期加入该原料,一方面可以在化料阶段尽可能去除其余原料中的N,又可以在精炼期去除该原料中的N,以达到最大程度的脱氮。

[0067] 较低的精炼温度可提高N在合金熔体中的活度,从而通过低真空度去除。

[0068] 可选的,精炼的温度可以为1400℃、1410℃、1420℃以及1400℃-1420℃之间的任一值,精炼的时间可以为20min、25min、30min以及20min-30min之间的任一值。

[0069] 在一个可选的实施方式中,所述合金化处理包括:在所述精炼之后的体系中加入所述新料中的Al、B和Mg,然后加入所述预熔渣,搅拌5min -10min后静置5min -10min。

[0070] Al、B、Mg属于易氧化烧损的元素,精炼后加入该原料,可提高该元素的收得率。

[0071] 可选的,搅拌的时间可以为5min、6min、7min、8min、9min、10min以及5min-10min之间的任一值,静置的时间可以为以及5min-10min之间的任一值。

[0072] 在一个可选的实施方式中,所述预熔渣符合以下条件中的至少一个:

[0073] a.所述预熔渣以质量百分比计算包括:

[0074] CaF_2 35%-44%、 CaO 25%-30%、 Al_2O_3 18%-21%、 MgO 10%-13%和 TiO_2 3%-5%;

[0075] b.所述预熔渣的粒度为15mm-25mm。

[0076] 该碱性预熔渣具有极强的脱硫能力;一定配比的 TiO_2 ,可保证合金中的Al、Ti等元

素不被烧损；一定配比的MgO可减少坩埚的侵蚀。

[0077] 一定的粒度,既可以保证熔渣在熔体中有效上浮,避免卷渣,又可快速熔化达到脱硫的效果;预熔渣覆盖在熔体上表面,可有效吸附夹杂物。

[0078] 可选的,所述预熔渣以质量百分比计算,CaF₂的含量可以是35%、36%、37%、38%、39%、40%、41%、42%、43%、44%以及35%-44%之间的任一值,CaO的含量可以是25%、26%、27%、28%、29%、30%以及25%-30%之间的任一值,Al₂O₃的含量可以是18%、19%、20%、21%以及18%-21%之间的任一值,MgO的含量可以是10%、11%、12%、13%以及10%-13%之间的任一值,TiO₂的含量可以是3%、4%、5%以及3%-5%之间的任一值。

[0079] 在一个可选的实施方式中,所述浇铸的速度为130kg/min -150kg/min;

[0080] 所述浇铸之后,合金在所述铸模中冷却的时间为10h -15h。

[0081] 浇铸速度的控制,是为了保证流槽能够最大限度的阻挡预熔渣进入铸模,保证合金的纯净度;冷却时间的控制是为了保证合金的质量。

[0082] 可选的,所述浇铸的速度为130kg/min、140kg/min、150kg/min以及130kg/min-150kg/min之间的任一值;合金在所述铸模中冷却的时间为10h、11h、12h、13h、14h、15h以及10h-15h之间的任一值。

[0083] 下面将结合具体实施例对本申请的实施方案进行详细描述,但是本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本申请,而不应视为限制本申请的范围。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0084] 实施例1

[0085] 如图1所示,本实施例提供一种用于金属浇铸的流槽,该流槽整体呈长方体形状,包括进液端1、出液端2以及设置在两者之间的腔体3。

[0086] 腔体3底部设置有第一阻拦部件,第一阻拦部件为挡坝4,单个挡坝4沿着腔体3的宽度方向延伸,3个挡坝4沿着腔体3的长度方向(由进液端1至出液端2的方向)分布。在其他的实施方式中,挡坝4的数量是可以变化的,如1个、2个、4个、5个等;挡坝4的数量主要考虑腔体3的长度和挡坝4的数量。

[0087] 腔体3的上部设置有第二阻拦部件,第二阻拦部件为挡墙5,单个挡墙5沿着腔体3的宽度方向延伸,4个挡墙5沿着腔体3的长度方向(由进液端1至出液端2的方向)分布。在其他的实施方式中,挡墙5的数量是可以变化的,如1个、2个、3个、5个等;挡墙5的数量主要考虑腔体3的长度和挡坝4的数量。

[0088] 挡坝4和挡墙5沿着由进液端1至出液端2的方向错位设置。

[0089] 需要说明的是,第一阻拦部件和第二阻拦部件除了可以设置成挡坝4和挡墙5的形式外,还可以在形状上进行变形,例如设置成曲线形式,还可以在其上设置孔道等;只要能够实现抑制金属液体湍流运动、阻拦夹杂物和预熔渣的功能即可。

[0090] 使用时,金属液体从进液端1进入,然后流经腔体3,在挡坝4和挡墙5的作用下,抑制金属液体的湍流作用,挡坝4和挡墙5的共同作用下,将随着金属液体一起进入流槽的预熔渣和夹杂物等杂质拦截在腔体3的上部,而纯净度较高的金属液体从下方流过,经出液端2进入铸模,冷却得到高质量、高纯净度的铸锭。

[0091] 如图2(图1为图2的A向视图)和图3(图3为图2的B向视图)所示,在一个优选的实施

方式中,为了进一步保证预熔渣和夹杂物等杂质始终浮在腔体3的上部且始终(尤其是浇铸后期,金属液体量减少的情况下)被挡墙5拦截,在腔体3的长度方向的两个侧壁内侧均设置凸台6,使得腔体3在底部形成狭窄的流道供金属液体流动,而预熔渣和夹杂物等杂质始终浮在腔体3的上部。

[0092] 实施例2

[0093] 本实施例提供一种利用返回料冶炼GH4169合金的方法,包括:将GH4169合金的返回料进行预处理,预处理之后的返回料与GH4169合金的新料进行熔炼、精炼和合金化处理,合金化处理的过程中加入预熔渣;通过实施例1提供的用于金属浇铸的流槽浇铸至铸模中得到GH4169合金。

[0094] 在本实施例中,上述预处理包括:将短边大于20cm表面较为平整的大块返回料进行抛丸处理,短边小于等于20cm返回料进行滚筒自滚磨处理。机械处理后,采用重量百分比5%的盐酸统一酸洗返回料,酸洗时间为30min。随后将返回料放入无水乙醇中进行超声波处理,处理时间为30min,以去除返回料的表面杂质。

[0095] 在其它的实施例中,可以采用筛分、水洗、有机溶剂洗涤等手段进行预处理,以达到去除返回料表面的杂质的目的,并不局限于上述处理方式。

[0096] 需要说明的是,对于返回料大小的区分界限,可以在15cm-25cm范围内变化,也可以根据实际情况进行调整;盐酸的重量浓度是可以变化的,如8%、10%等。

[0097] 新料按GH4169合金配方比例称量分配,待用。

[0098] 在可选的实施方式中,熔炼(装料与化料)可以采用以下方法:第一批次加入新料中所有的Ni、Fe以及部分大块返回料,该部分返回料的重量为返回料总重量的30%,开始送电熔炼。熔清后,第二批加入剩余所有返回料,熔清后,第三批加入新料中的C、Cr、Mo、Co。

[0099] 在其它的实施方式中,第一批加入的返回料的量是可以变化的,加料的顺序也是可以根据实际情况进行调整的。

[0100] 在可选的实施方式中,精炼可以采用以下方法:全熔后,加入新料中的Ti和Nb,精炼期温度控制在1400℃,真空度 $\leq 0.1\text{Pa}$,精炼时间为30min。

[0101] 在其它的实施方式中,精炼的温度可以在1400℃至1420℃范围内变化,精炼时间可以在20min-30min。

[0102] 在可选的实施方式中,合金化处理可以采用以下方法:精炼结束后,加入新料中的Al、B和Mg,随后加入预熔渣,大功率(170kw-190kw)搅拌8min,静置7min。

[0103] 在其它的实施方式中,搅拌的时间和静置的时间可以各自独立的在5min-10min内变化。

[0104] 预熔渣的配比按重量百分比为 $\text{CaF}_2:\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{MgO}:\text{TiO}_2 = 35\%:30\%:21\%:10\%:4\%$ 。预熔渣粒度为15mm-25mm。

[0105] 在本实施例中,浇铸及脱模包括以下操作:将上述流槽送入浇铸台,带电浇铸,浇铸速度为130kg/min。合金熔体在锭模中炉冷15h后脱模取锭。

[0106] 得到的铸锭的氧化物夹杂的SEM图如图4所示。

[0107] 实施例3

[0108] 本实施例所用流槽与实施例1相同。

[0109] 本实施例还提供一种利用返回料冶炼GH4169合金的方法,具体包括如下步骤:

[0110] 1) 原料预处理

[0111] 将短边大于20cm表面较为平整的大块返回料进行抛丸处理,短边小于等于20cm或结构复杂的零件等返回料进行滚筒自滚磨处理。机械处理后,采用重量百分比5%的盐酸统一酸洗返回料,酸洗时间为50min。随后将返回料放入无水乙醇中进行超声波处理,处理时间为20min,以去除返回料的表面杂质。

[0112] 新料按GH4169合金配方比例称量分配,待用。

[0113] 2) 装料与化料

[0114] 第一批次加入新料中所有的Ni、Fe以及部分大块返回料,该部分返回料的重量为返回料总重量的35%,开始送电熔炼。熔清后,第二批加入剩余所有返回料,熔清后,第三批加入新料中的C、Cr、Mo、Co。

[0115] 3) 精炼

[0116] 全熔后,加入新料中的Ti和Nb,精炼期温度控制在1420℃范围内,真空度 $\leq 0.1\text{Pa}$,精炼时间为20min。

[0117] 4) 合金化处理

[0118] 精炼结束后,加入新料中的Al、B、Mg,随后加入预熔渣,大功率搅拌5min,静置10min。

[0119] 预熔渣的配比按重量百分比为 $\text{CaF}_2:\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{MgO}:\text{TiO}_2 = 36\%:28\%:20\%:11\%:5\%$ 。预熔渣粒度为15mm-25mm。

[0120] 5) 浇铸及脱模

[0121] 将上述流槽送入浇铸台,带电浇铸,浇铸速度为150kg/min。合金熔体在锭模中炉冷10h后脱模取锭。

[0122] 实施例4

[0123] 本实施例所用流槽与实施例1相同。

[0124] 本实施例还提供一种利用返回料冶炼GH4169合金的方法,具体包括如下步骤:

[0125] 1) 原料预处理

[0126] 将短边大于20cm表面较为平整的大块返回料进行抛丸处理,短边小于等于20cm或结构复杂的零件等返回料进行滚筒自滚磨处理。机械处理后,采用重量百分比5%的盐酸统一酸洗返回料,酸洗时间为40min。随后将返回料放入无水乙醇中进行超声波处理,处理时间为25min,以去除返回料的表面杂质。

[0127] 新料按GH4169合金配方比例称量分配,待用。

[0128] 2) 装料与化料

[0129] 第一批次加入新料中所有的Ni、Fe以及部分大块返回料,该部分返回料的重量为返回料总重量的25%,开始送电熔炼。熔清后,第二批加入剩余所有返回料,熔清后,第三批加入新料中的C、Cr、Mo、Co。

[0130] 3) 精炼

[0131] 全熔后,加入新料中的Ti和Nb,精炼期温度控制在1410℃范围内,真空度 $\leq 0.1\text{Pa}$,精炼时间为25min。

[0132] 4) 合金化处理

[0133] 精炼结束后,加入新料中的Al、B、Mg,随后加入预熔渣,大功率搅拌10min,静置

5min。

[0134] 预熔渣的配比按重量百分比为 $\text{CaF}_2:\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{MgO}:\text{TiO}_2 = 44\%:25\%:18\%:10\%:3\%$ 。预熔渣粒度为15mm-25mm。

[0135] 5) 浇铸及脱模

[0136] 将上述流槽送入浇铸台，带电浇铸，浇铸速度为140kg/min。合金熔体在锭模中炉冷12h后脱模取锭。

[0137] 实施例2-4所得铸锭中O、N、S含量以及铸锭中夹杂物数量密度和最大夹杂物尺寸，见表1。

[0138] 对比例1

[0139] 与实施例2不同的是，采用的流槽不具有凸台3、挡墙5和挡坝4。

[0140] 检测所得铸锭中O、N、S含量，统计铸锭中夹杂物数量密度和最大夹杂物尺寸，见表1，典型夹杂物如图5所示。

[0141] 从图5中可以看出，对比例1获得的铸锭中夹杂物尺寸较大。

[0142] 对比例2

[0143] 与实施例2不同的是，在合金熔炼的合金化阶段不加入预熔渣，经原料预处理、装料与化料、精炼、合金化、浇铸和脱模后，检测铸锭中O、N、S含量，统计铸锭中夹杂物数量密度和最大夹杂物尺寸，见表1。

[0144] 表1 检测结果

[0145]

编号	O (ppm)	N (ppm)	S (ppm)	夹杂物数量密度 (个/mm ²)	最大夹杂物尺寸 (μm)
实施例2	9	32	11	83.3	4.6
实施例3	10	35	9	89.6	5.1
实施例4	10	33	8	85.3	4.5
对比例1	23	89	47	273.9	33.8
对比例2	21	67	45	192.8	20.7

[0146] 由表1可知，使用本申请提供的流槽和冶炼方法，能够有效降低铸锭中氧、氮、硫的含量以及夹杂物的数量，减小最大夹杂物的尺寸，从而实现对GH4169合金返回料的最大限度的利用，获得合格的合金。

[0147] 最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

[0148] 此外，本领域的技术人员能够理解，尽管在此的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征，但是不同实施例的特征的组合意味着处于本申请的范围之内并且形成不同的实施例。例如，在上面的权利要求书中，所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。公开于该背景技术部分的信息仅仅旨在加深对本申请的总体背景技术的理解，而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域技术人员所公知的现有技术。

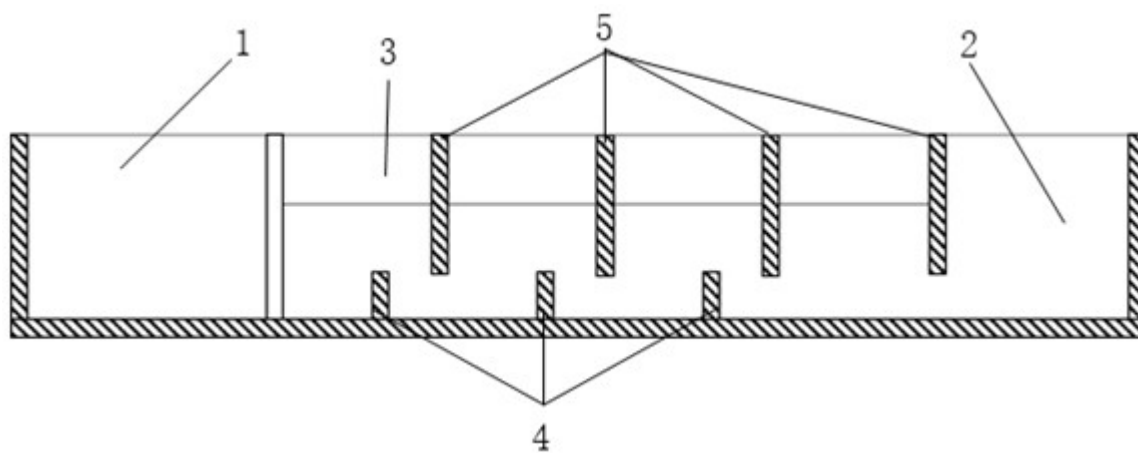


图1

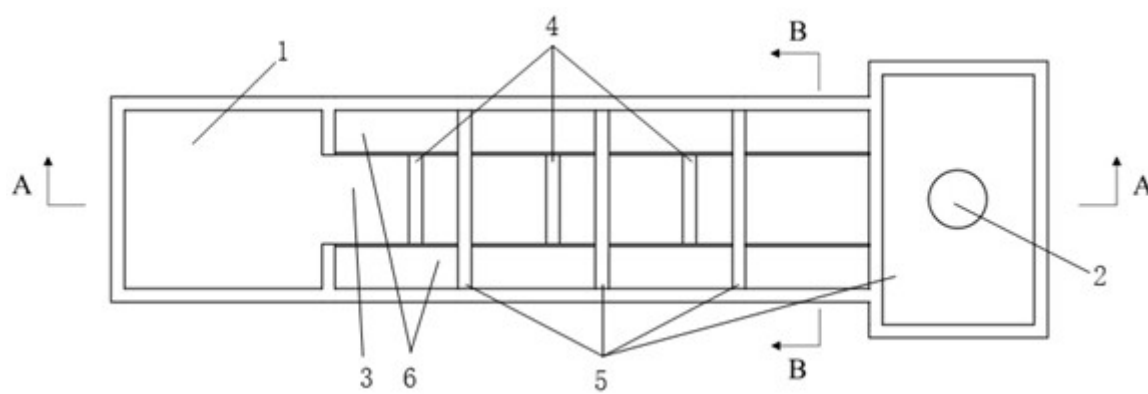


图2

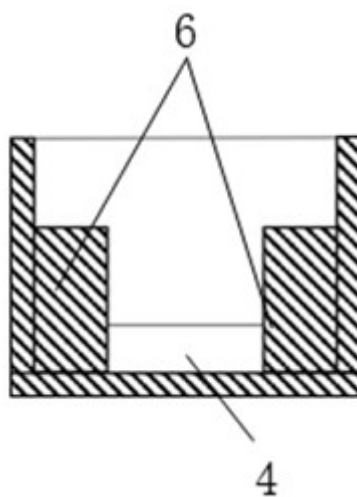


图3

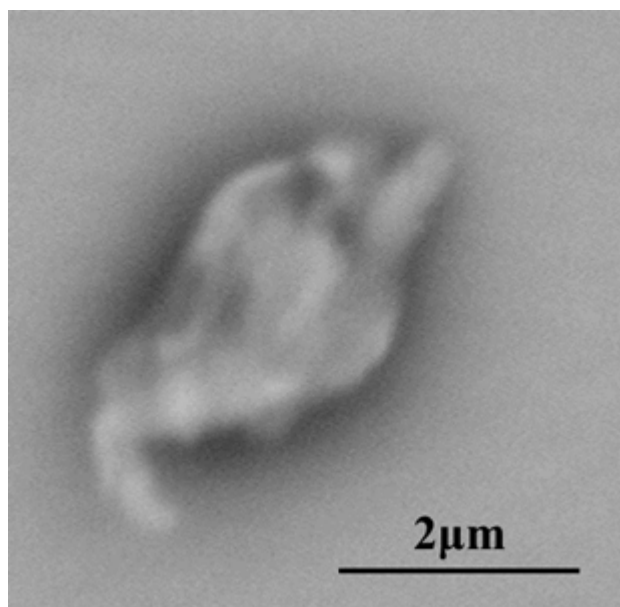


图4

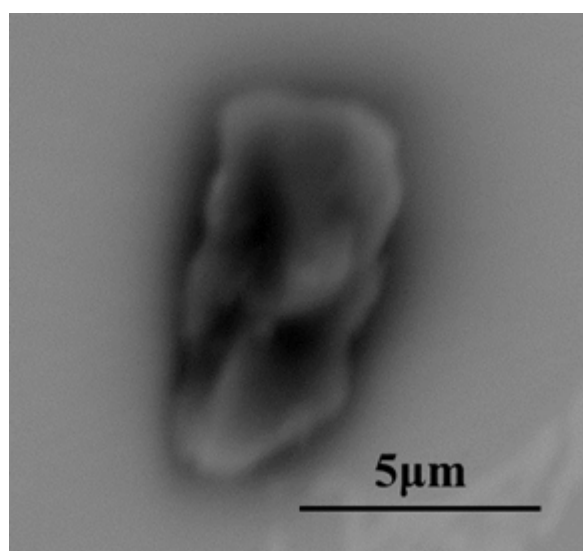


图5