



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110777261 A

(43)申请公布日 2020.02.11

(21)申请号 201911013813.3

(22)申请日 2019.10.23

(71)申请人 云南钛业股份有限公司

地址 651209 云南省楚雄彝族自治州禄丰
县土官镇

(72)发明人 杨超 钟海 肖永江 张晓锋
曾益平

(74)专利代理机构 昆明正原专利商标代理有限
公司 53100

代理人 徐玲菊 于洪

(51)Int.Cl.

G22B 9/22(2006.01)

G22B 34/12(2006.01)

G22C 1/02(2006.01)

B22D 11/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的
表面裂纹控制办法

(57)摘要

本发明涉及一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法,该方法包括首先准备钛或钛合金料,装料、抽空和预热,使其达到熔炼条件;熔炼过程中,控制电子束冷床炉的液压缸每15~25s向上推动1次,每次3~5mm;控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1500~1900L/min间;并控制熔速及拉锭速度;熔炼结束后,冷却4h后出锭,得到铸锭。本发明生产过程简单,容易操作实现,通过控制反推距离、反推频率、熔炼速度等参数,消除了铸锭表面裂纹,提高了铸锭成材率,易于推广应用。

1. 一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤一: 准备原料海绵钛或钛合金料, 之后装入阿基米德旋转进料器中并对初炼冷床和精炼冷床铺入钛或钛合金料, 并对电子束冷床熔炼炉抽真空, 当真空度达到 9×10^{-3} 百帕以下后对电子束冷床熔炼炉进行预热, 当预热至炉室初炼冷床和精炼冷床内钛或钛合金料充分融化开, 此时钛液温度在 $1700^{\circ}\text{C} \sim 1900^{\circ}\text{C}$ 间且真空稳定在 9×10^{-3} 百帕以下, 开始进行下料熔炼;

步骤二: 熔炼过程中, 控制电子束冷床炉的液压缸每15~25s向上推动1次, 每次3~5mm;

控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1500~1900L/min间;

并控制熔速 $M_{\text{熔速}} = 4.51 \times W \times L \times V$; 其中, 钛或钛合金密度以 $4.51\text{g}/\text{cm}^3$ 计, W 为结晶器宽, 单位为mm; L 为结晶器长, 单位为mm; V 为每分钟锭子实际熔炼速度, 单位为mm/min;

同时控制拉锭速度 $V_{\text{实际拉速}} = (V+9)\text{mm}/\text{min}$;

步骤三: 熔炼结束后, 冷却4h后出锭, 得到铸锭。

2. 根据权利要求1所述的电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法, 其特征在于, 步骤一中, 将合金料压块后再装入阿基米德旋转进料器。

3. 根据权利要求1所述的电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法, 其特征在于, 所述的 $M_{\text{熔速}}$ 在500kg~800kg/h之间。

一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法

技术领域

[0001] 本发明属于钛及钛合金铸锭制备技术领域,具体涉及一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法。

背景技术

[0002] 钛及钛合金具有密度小,耐海洋大气腐蚀性好等特点,生产实践证明:钛及钛合金因熔体黏度较大,流动性不好,在采用铜结晶器坩埚浇铸拉锭时,由于冷却(比如冷却水压过小、水温过高、结晶器长期工作水垢过厚致使导热性降低)、功率和拉速等因素导致凝壳较薄,且铸锭在浇铸过程中由于与结晶器内壁存在摩擦力,具有极强的拉裂倾向,拉裂轻微时,会使铸锭产生横向裂口,增加铣面量;拉裂严重时,裂口较大,无法铣面和修磨消除,生产出废锭,损失较大,因此如何克服现有技术的不足是目前钛及钛合金铸锭制备技术领域亟需解决的问题。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决现有技术的不足,提供一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法,以消除钛及钛合金铸锭表面裂纹,提高铸锭成材率。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法,包括如下步骤:

步骤一:准备原料海绵钛或钛合金料,之后装入阿基米德旋转进料器中并对初炼冷床和精炼冷床铺入钛或钛合金料,并对电子束冷床熔炼炉抽真空,当真空度达到 9×10^{-3} 百帕以下后对电子束冷床熔炼炉进行预热,当预热至炉室初炼冷床和精炼冷床内钛或钛合金料充分融化开,此时钛液温度在 $1700^{\circ}\text{C} \sim 1900^{\circ}\text{C}$ 间且真空稳定在 9×10^{-3} 百帕以下,开始进行下料熔炼;

步骤二:熔炼过程中,控制电子束冷床炉的液压缸每15~25s向上推动1次,每次3~5mm;

控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1500~1900L/min间;

并控制熔速 $M_{\text{熔速}} = 4.51 \times W \times L \times V$;其中,钛或钛合金密度以 $4.51\text{g}/\text{cm}^3$ 计,W为结晶器宽,单位为mm;L为结晶器长,单位为mm;V为每分钟锭子实际熔炼速度,单位为mm/min;

同时控制拉锭速度 $V_{\text{实际拉速}} = (V+9)\text{mm}/\text{min}$;

步骤三:熔炼结束后,冷却4h后出锭,得到铸锭。

[0005] 进一步,优选的是,步骤一中,将合金料压块后再装入阿基米德旋转进料器。

[0006] 进一步,优选的是,所述的 $M_{\text{熔速}}$ 在500kg~800kg/h之间。

[0007] 本发明与现有技术相比,其有益效果为:

1、本发明生产过程简单,容易操作实现,通过控制反推距离、反推频率、熔炼速度等参数,消除了铸锭表面裂纹,提高了铸锭成材率,易于推广应用。

[0008] 2、现有技术熔炼出的钛及钛合金容易产生裂纹(裂纹深度 $>4\text{mm}$),铣床铣面深度达

到5mm以上才能铣净表面缺陷,裂纹较深时表面缺陷不能消除,大大降低了产品质量和成材率,本发明制得的铸锭无铸造缺陷,经过经过铣床的简单铣面(铣面深度 $\leq 3\text{mm}$),即可使用,可获得明显的经济效益。

具体实施方式

[0009] 下面结合实施例对本发明作进一步的详细描述。

[0010] 本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本发明,而不应视为限定本发明的范围。实施例中未注明具体技术或条件者,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用材料或设备未注明生产厂商者,均为可以通过购买获得的常规产品。

[0011] 实施例1

一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法,包括如下步骤:

步骤一:准备原料海绵钛或钛合金料,之后装入阿基米德旋转进料器中并对初炼冷床和精炼冷床铺入钛或钛合金料,并对电子束冷床熔炼炉抽真空,当真空度达到 9×10^{-3} 百帕以下后对电子束冷床熔炼炉进行预热,当预热至炉室初炼冷床和精炼冷床内钛或钛合金料充分融化开,此时钛液温度在 $1700^{\circ}\text{C} \sim 1900^{\circ}\text{C}$ 间且真空稳定在 9×10^{-3} 百帕以下,开始进行下料熔炼;

步骤二:熔炼过程中,控制电子束冷床炉的液压缸每15s向上推动1次,每次3mm;

控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1500~1700L/min间;

并控制熔速 $M_{\text{熔速}} = 4.51 \times W \times L \times V$;其中,钛或钛合金密度以 $4.51\text{g}/\text{cm}^3$ 计,W为结晶器宽,单位为mm;L为结晶器长,单位为mm;V为每分钟锭子实际熔炼速度,单位为mm/min;

同时控制拉锭速度 $V_{\text{实际拉速}} = (V+9)\text{mm}/\text{min}$;

步骤三:熔炼结束后,冷却4h后出锭,得到铸锭。

[0012] 实施例2

一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法,包括如下步骤:

步骤一:准备原料海绵钛或钛合金料,之后装入阿基米德旋转进料器中并对初炼冷床和精炼冷床铺入钛或钛合金料,并对电子束冷床熔炼炉抽真空,当真空度达到 9×10^{-3} 百帕以下后对电子束冷床熔炼炉进行预热,当预热至炉室初炼冷床和精炼冷床内钛或钛合金料充分融化开,此时钛液温度在 $1700^{\circ}\text{C} \sim 1900^{\circ}\text{C}$ 间且真空稳定在 9×10^{-3} 百帕以下,开始进行下料熔炼;

步骤二:熔炼过程中,控制电子束冷床炉的液压缸每25s向上推动1次,每次5mm;

控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1700~1900L/min间;

并控制熔速 $M_{\text{熔速}} = 4.51 \times W \times L \times V$;其中,钛或钛合金密度以 $4.51\text{g}/\text{cm}^3$ 计,W为结晶器宽,单位为mm;L为结晶器长,单位为mm;V为每分钟锭子实际熔炼速度,单位为mm/min;

同时控制拉锭速度 $V_{\text{实际拉速}} = (V+9)\text{mm}/\text{min}$;

步骤三:熔炼结束后,冷却4h后出锭,得到铸锭。

[0013] 步骤一中,将合金料压块后再装入阿基米德旋转进料器。

[0014] 所述的 $M_{\text{熔速}}$ 在500kg~800kg/h之间。

[0015] 实施例2

一种电子束冷床炉制备钛及钛合金铸锭的表面裂纹控制办法,包括如下步骤:

步骤一:准备原料海绵钛或钛合金料,之后装入阿基米德旋转进料器中并对初炼冷床和精炼冷床铺入钛或钛合金料,并对电子束冷床熔炼炉抽真空,当真空度达到 9×10^{-3} 百帕以下后对电子束冷床熔炼炉进行预热,当预热至炉室初炼冷床和精炼冷床内钛或钛合金料充分融化开,此时钛液温度在1700℃~1900℃间且真空稳定在 9×10^{-3} 百帕以下,开始进行下料熔炼;

步骤二:熔炼过程中,控制电子束冷床炉的液压缸每20s向上推动1次,每次4mm;

控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1500~1900L/min间;

并控制熔速 $M_{\text{熔速}} = 4.51 \times W \times L \times V$;其中,钛或钛合金密度以 4.51g/cm^3 计,W为结晶器宽,单位为mm;L为结晶器长,单位为mm;V为每分钟锭子实际熔炼速度,单位为mm/min;

同时控制拉锭速度 $V_{\text{实际拉速}} = (V+9) \text{mm/min}$;

步骤三:熔炼结束后,冷却4h后出锭,得到铸锭。

[0016] 步骤一中,将合金料压块后再装入阿基米德旋转进料器。

[0017] 所述的 $M_{\text{熔速}}$ 在500kg~800kg/h之间。

[0018] 应用实例

以200*1250mm结晶器熔炼8000mm钛合金为例

步骤一:熔炼前准备工作,更换200mm*1250mm结晶器、准备钛或钛合金料(合金料进行压块)、装料、抽空和预热,并达到熔炼条件;

具体为:准备原料——海绵钛或钛合金料(为保证元素偏析小合金料需压块),之后装入阿基米德旋转进料器中并对初炼冷床和精炼冷床铺入钛或钛合金料,并对电子束冷床熔炼炉抽真空,当真空度达到 9×10^{-3} 百帕以下后对电子束冷床熔炼炉进行预热(用1#、2#、3#枪低功率扫射精炼冷床和初炼冷床中的原料消除炉室水分),当预热至炉室初炼冷床和精炼冷床内钛或钛合金料充分融化开,此时钛液温度在1700℃~1900℃间且真空稳定在 9×10^{-3} 百帕以下,开始进行下料熔炼;

步骤二:通过PLC程序改动,控制伺服阀油路流动方向和油量大小,实现液压缸反推,消除摩擦力和二次冷却,增大凝壳厚度,每分钟实现3次向上推动、每次3mm(每20s推一次);

步骤二:控制电子束冷床炉的1号枪功率在400~550kw、2号枪功率在400~550kw、3号枪功率在350~450kw、4号枪功率在250~350kw、水流量控制在1500~1900L/min间,保证熔速: $M_{\text{熔速}} = 1.1275 \times V$; (W为结晶器宽200mm、L为结晶器长1250mm)

以600kg/h为准得出: $V = 8.87 \text{mm/min}$, $V_{\text{实际拉速}} = 17.87 \text{mm/min}$,

步骤三:按照上述熔炼要求,15小时左右熔炼结束,之后后冷却4h后出锭,得到表面质量优异的铸锭。

[0019] 本发明通过研究发现,拉锭速率与冷却速率的比值要在0.1以上,标志着能量守恒的稳定,最终保证熔炼过程的稳定,但通过实践证明稳定的拉速的确能减少裂纹数量和减小裂纹严重程度,由于熔炼还存在一些其他因素(炉室挥发物,枪的聚焦稳定程度、结晶器与锭壳不可避免产生摩擦等),裂纹不能完全消除。

[0020] 之后通过实验调整铸造速度且保持稳定速度、恒定功率、恒定水流量,更改PLC程序控制伺服阀的进油和回油量和油量大小,从而控制液压缸实现每15~25s固定时间间隔反向推1次,每次向上推3~5mm,主要消除摩擦力和铸锭二次冷却增加凝壳厚度,不易产生裂纹,采用此方法生产出来的铸锭表面质量好,无铸造缺陷,经过铣床的简单铣面,即可使用,大大提高了铸锭的成材率,可获得明显的经济利益。

[0021] 目前技术熔炼正常拉锭下,由于锭壳与结晶器的摩擦力,铸锭脱模为拉应力脱模,易产生裂纹,尤其设备长时间工作,结晶器冷却性能下降和表面光滑度变差,导致凝壳变薄摩擦力增大,熔炼出的钛及钛合金更容易产生裂纹(裂纹深度>4mm),铣床铣面深度达到5mm以上才能铣净表面缺陷,裂纹较深时表面缺陷不能消除,大大降低了产品质量和成材率,本发明在稳定的拉速下,通过向上反推,铸锭脱模为压应力脱模,二次锭壳冷却拉锭不会产生裂纹,现有设备即便在上述所述外因条件下也可制得的铸锭无铸造缺陷,经过经过铣床的简单铣面(铣面深度 $\leq 3\text{mm}$),即可得到成品率较高和质量较好的产品。

[0022] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。