



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104313412 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201410562876. 5

G22C 1/06 (2006. 01)

(22) 申请日 2014. 10. 21

B22D 11/00 (2006. 01)

(71) 申请人 东北轻合金有限责任公司

地址 150060 黑龙江省哈尔滨市平房区新疆
三道街 11 号

(72) 发明人 李欣斌 吕新宇 郑力 刘超
殷云霞 贾宁 姜德俊 武子原
陈雷

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 牟永林

(51) Int. Cl.

G22C 21/04 (2006. 01)

G22C 1/03 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书4页

(54) 发明名称

一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心
圆铸锭的制造方法

(57) 摘要

一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心
圆铸锭的制造方法, 它涉及一种高 Si 铝合金实心
圆铸锭的制造方法。本发明的目的是要解决现有
制造方法存在不能制造出耐蚀耐热耐磨大规格高
Si 铝合金实心圆铸锭的问题。步骤: 一、称料; 二、
制备铝合金熔液; 三、加入 Al-Be 中间合金; 四、铸
造; 五、半连续铸造, 得到直径尺寸为 482mm 的耐
蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭。本
发明制备的直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大
规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的抗拉强度 $\geq 360\text{N}/$
 mm^2 , 屈服强度 $\geq 290\text{N}/\text{mm}^2$, 断裂伸长率 $\geq 2.5\%$ 。
本发明可获得一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝
合金实心圆铸锭的制造方法。

1. 一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在於一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法具体是按以下步骤完成的:

一、称料:按质量分数为 11%~13.5% Si、0.5%~1.3% Cu、0.8%~1.3% Mg、0.5%~1.3% Ni 和余量铝称取纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭;

二、制备铝合金熔液:依次将步骤一称取的纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭加到燃气炉炉内,在温度为 750℃~800℃和搅拌速度为 10r/min~20r/min 的条件下搅拌熔体 10min~20min,得到铝合金熔液 A;

三、加入 Al-Be 中间合金:将步骤二得到的铝合金熔液 A 导入到电阻反射炉中,在温度为 750℃~800℃的条件下加入 Al-Be 中间合金,再在搅拌速度为 10r/min~15r/min 的条件下搅拌熔体 10min~20min,得到铝合金熔液 B;

步骤三中所称的 Al-Be 中间合金与铝合金熔液 A 的质量比为 (1~3):9000;

四、铸造:将步骤三得到的铝合金熔液 B 导入到静置炉中,再向静置炉中通入氩气,在氩气气氛和温度为 750℃~800℃的条件下精炼 10min~20min,再静置 10min~30min,再加入变质剂,在温度为 760℃~790℃和搅拌速度为 10r/min~15r/min 的条件下进行搅拌 5min~10min,得到铸造熔体;

步骤四中所称的变质剂为 NaF、KCl、NaCl 和 Na_3AlF_6 的混合物;其中所述的 NaF 的质量为变质剂总质量的 40%;所述的 KCl 的质量为变质剂总质量的 30%;所述的 NaCl 的质量为变质剂总质量的 20%;所述的 Na_3AlF_6 的质量为变质剂总质量的 10%;

步骤四中所称的变质剂与铝合金熔液 B 的质量比为 (4~8):1000;

五、半连续铸造:将步骤四得到的铸造熔体在温度为 750℃~790℃、铸造速度为 15mm/min~30mm/min 和冷却水压为 0.03MPa~0.10MPa 的条件下进行半连续铸造,得到直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭。

2. 根据权利要求 1 所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在於步骤一中按质量分数为 11.5%~12.5% Si、0.6%~1.1% Cu、0.9%~1.2% Mg、0.6%~1.2% Ni 和余量铝称取纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭。

3. 根据权利要求 1 所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在於步骤二中依次将步骤一称取的纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭加到燃气炉炉内,在温度为 760℃~800℃和搅拌速度为 10r/min~15r/min 的条件下搅拌熔体 15min~20min,得到铝合金熔液 A。

4. 根据权利要求 1 所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在於步骤三中将步骤二得到的铝合金熔液 A 导入到电阻反射炉中,在温度为 760℃~800℃的条件下加入 Al-Be 中间合金,再在搅拌速度为 10r/min~15r/min 的条件下搅拌熔体 15min~20min,得到铝合金熔液 B。

5. 根据权利要求 1 所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在於步骤四中将步骤三得到的铝合金熔液 B 导入到静置炉中,再向静置炉中通入氩气,在氩气气氛和温度为 760℃~800℃条件下精炼 15min~20min,再静置 10min~15min。

6. 根据权利要求1所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高Si铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在于步骤四中再加入变质剂,在温度为760℃~770℃和搅拌速度为10r/min~15r/min的条件下进行搅拌5min~10min,得到铸造熔体。

7. 根据权利要求1所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高Si铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在于步骤五中铸造熔体的温度为760℃~780℃。

8. 根据权利要求1所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高Si铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在于步骤五中铸造速度为25mm/min~30mm/min。

9. 根据权利要求1所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高Si铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在于步骤五中冷却水压为0.05MPa~0.10MPa。

10. 根据权利要求1所述的一种耐蚀耐热耐磨大规格高Si铝合金实心圆铸锭的制造方法,其特征在于步骤五中采用自动控温系统控制半连续铸造的温度,自动控温系统的温度控制精度为±5℃。

一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法。

背景技术

[0002] 铝合金具有密度小、比强度高优点,在很多领域具有重要的应用价值。铝硅系铝合金具有良好的耐蚀、耐热、耐磨等优点,是制造发动机活塞及其它耐热零件的合金材料。高 Si 圆铸锭主要用于加工发动机活塞,随着用户对产品性能要求的提高,需要铸锭坯料性能也随之提高,对熔铸厂的压力也在增加。高 Si 圆铸锭铸锭内外层温差大,铸造速度慢,熔体停留时间长,铸锭成型及冶金质量都难以保证。因此,研究大规格铝合金圆铸锭的熔铸工艺,满足市场需求,迫在眉睫。

发明内容

[0003] 本发明的目的是要解决现有制造方法存在不能制造出耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的问题,而提供一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法。

[0004] 一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法,具体是按以下步骤完成的:

[0005] 一、称料:按质量分数为 11%~13.5% Si、0.5%~1.3% Cu、0.8%~1.3% Mg、0.5%~1.3% Ni 和余量铝称取纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭;

[0006] 二、制备铝合金熔液:依次将步骤一称取的纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭加到燃气炉炉内,在温度为 750℃~800℃和搅拌速度为 10r/min~20r/min 的条件下搅拌熔体 10min~20min,得到铝合金熔液 A;

[0007] 三、加入 Al-Be 中间合金:将步骤二得到的铝合金熔液 A 导入到电阻反射炉中,在温度为 750℃~800℃的条件下加入 Al-Be 中间合金,再在搅拌速度为 10r/min~15r/min 的条件下搅拌熔体 10min~20min,得到铝合金熔液 B;

[0008] 步骤三中所述的 Al-Be 中间合金与铝合金熔液 A 的质量比为 (1~3):9000;

[0009] 四、铸造:将步骤三得到的铝合金熔液 B 导入到静置炉中,再向静置炉中通入氩气,在氩气气氛和温度为 750℃~800℃的条件下精炼 10min~20min,再静置 10min~30min,再加入变质剂,在温度为 760℃~790℃和搅拌速度为 10r/min~15r/min 的条件下进行搅拌 5min~10min,得到铸造熔体;

[0010] 步骤四中所述的变质剂为 NaF、KCl、NaCl 和 Na_3AlF_6 的混合物;其中所述的 NaF 的质量为变质剂总质量的 40%;所述的 KCl 的质量为变质剂总质量的 30%;所述的 NaCl 的质量为变质剂总质量的 20%;所述的 Na_3AlF_6 的质量为变质剂总质量的 10%;

[0011] 步骤四中所述的变质剂与铝合金熔液 B 的质量比为 (4~8):1000;

[0012] 五、半连续铸造：将步骤四得到的铸造熔体在温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 790^{\circ}\text{C}$ 、铸造速度为 $15\text{mm}/\text{min} \sim 30\text{mm}/\text{min}$ 和冷却水压为 $0.03\text{MPa} \sim 0.10\text{MPa}$ 的条件下进行半连续铸造，得到直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭。

[0013] 本发明的优点：

[0014] 一、本发明制备的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭中的 $\text{Fe} < 0.3\%$ ，其余单个杂质 $\leq 0.05\%$ ，全部杂质的范围为 $\leq 0.15\%$ ，在此范围内的杂质对本发明制备的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的铸造成型和冶金质量没有影响；

[0015] 二、本发明填补铝硅系某铝合金大规格圆铸锭熔铸工艺的空白；本发明选择合理的熔铸工艺流程，通过燃气炉、电阻反射炉、静置炉三台炉子的不同作用，使铝合金熔体成分更加均匀，熔化和铸造更有效率；通过加入 Be 元素，在熔体表面形成致密的氧化膜，减少 Mg 元素的烧损；通过使用炉外在线除气，减少熔体中的气体和夹杂物，避免铸锭内部组织缺陷的产生；通过铸造开始时使用纯铝铺底，降低铸锭底部裂纹的倾向；通过对铸造过程中速度、温度和水压三大参数的合理控制，生产出了无裂纹、内部质量合格的耐蚀、耐热、耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭，可应用于国防、汽车制造和船舶等领域；

[0016] 三、本发明制备的直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的抗拉强度 $\geq 360\text{N}/\text{mm}^2$ ，屈服强度 $\geq 290\text{N}/\text{mm}^2$ ，断裂伸长率 $\geq 2.5\%$ 。

[0017] 具体实施方式一：本实施方式是一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法具体是按以下步骤完成的：

[0018] 一、称料：按质量分数为 $11\% \sim 13.5\%$ Si、 $0.5\% \sim 1.3\%$ Cu、 $0.8\% \sim 1.3\%$ Mg、 $0.5\% \sim 1.3\%$ Ni 和余量铝称取纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭；

[0019] 二、制备铝合金熔液：依次将步骤一称取的纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭加到燃气炉炉内，在温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 和搅拌速度为 $10\text{r}/\text{min} \sim 20\text{r}/\text{min}$ 的条件下搅拌熔体 $10\text{min} \sim 20\text{min}$ ，得到铝合金熔液 A；

[0020] 三、加入 Al-Be 中间合金：将步骤二得到的铝合金熔液 A 导入到电阻反射炉中，在温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 的条件下加入 Al-Be 中间合金，再在搅拌速度为 $10\text{r}/\text{min} \sim 15\text{r}/\text{min}$ 的条件下搅拌熔体 $10\text{min} \sim 20\text{min}$ ，得到铝合金熔液 B；

[0021] 步骤三中所述的 Al-Be 中间合金与铝合金熔液 A 的质量比为 $(1 \sim 3):9000$ ；

[0022] 四、铸造：将步骤三得到的铝合金熔液 B 导入到静置炉中，再向静置炉中通入氩气，在氩气气氛和温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 的条件下精炼 $10\text{min} \sim 20\text{min}$ ，再静置 $10\text{min} \sim 30\text{min}$ ，再加入变质剂，在温度为 $760^{\circ}\text{C} \sim 790^{\circ}\text{C}$ 和搅拌速度为 $10\text{r}/\text{min} \sim 15\text{r}/\text{min}$ 的条件下进行搅拌 $5\text{min} \sim 10\text{min}$ ，得到铸造熔体；

[0023] 步骤四中所述的变质剂为 NaF、KCl、NaCl 和 Na_3AlF_6 的混合物；其中所述的 NaF 的质量为变质剂总质量的 40% ；所述的 KCl 的质量为变质剂总质量的 30% ；所述的 NaCl 的质量为变质剂总质量的 20% ；所述的 Na_3AlF_6 的质量为变质剂总质量的 10% ；

[0024] 步骤四中所述的变质剂与铝合金熔液 B 的质量比为 $(4 \sim 8):1000$ ；

[0025] 五、半连续铸造：将步骤四得到的铸造熔体在温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 790^{\circ}\text{C}$ 、铸造速度为 $15\text{mm}/\text{min} \sim 30\text{mm}/\text{min}$ 和冷却水压为 $0.03\text{MPa} \sim 0.10\text{MPa}$ 的条件下进行半连续铸造，得到直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭。

[0026] 本实施方式步骤五中半连续铸造之前是采用纯铝铺底的,在步骤四得到的铸造熔体注入结晶器之前,在结晶器底座和结晶器内注入液态纯铝,在纯铝未完全凝固前浇入步骤四得到的铸造熔体;本实施方式采用纯铝铺底的目的是为了防止底部裂纹,这是因为纯铝塑性好,线收缩系数大,能以有效变形来抵抗底部的拉应力;本实施方式纯铝铺底的温度为 $700^{\circ}\text{C}\sim 740^{\circ}\text{C}$,铺底的纯铝厚度不小于 50mm ;铺底铝浇入结晶器中,打出氧化夹杂,待铺底铝周边凝固 20mm 时浇入步骤四得到的铸造熔体。

[0027] 本实施方式步骤五中半连续铸造的过程中使用在线除气装置进行除气。

[0028] 本实施方式的优点:

[0029] 一、本实施方式制备的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭中的 $\text{Fe} < 0.3\%$,其余单个杂质 $\leq 0.05\%$,全部杂质的范围为 $\leq 0.15\%$,在此范围内的杂质对本实施方式制备的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的铸造成型和冶金质量没有影响;

[0030] 二、本实施方式填补铝硅系某铝合金大规格圆铸锭熔铸工艺的空白;本实施方式选择合理的熔铸工艺流程,通过燃气炉、电阻反射炉、静置炉三台炉子的不同作用,使铝合金熔体成分更加均匀,熔化和铸造更有效率;通过加入 Be 元素,在熔体表面形成致密的氧化膜,减少 Mg 元素的烧损;通过使用炉外在线除气,减少熔体中的气体和夹杂物,避免铸锭内部组织缺陷的产生;通过铸造开始时使用纯铝铺底,降低铸锭底部裂纹的倾向;通过对铸造过程中速度、温度和水压三大参数的合理控制,生产出了无裂纹、内部质量合格的耐蚀、耐热、耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭,可应用于国防、汽车制造和船舶等领域;

[0031] 三、本实施方式制备的直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的抗拉强度 $\geq 360\text{N}/\text{mm}^2$,屈服强度 $\geq 290\text{N}/\text{mm}^2$,断裂伸长率 $\geq 2.5\%$ 。

[0032] 具体实施方式二:本实施方式与具体实施方式一不同点是:步骤一中按质量分数为 $11.5\%\sim 12.5\%$ Si、 $0.6\%\sim 1.1\%$ Cu、 $0.9\%\sim 1.2\%$ Mg、 $0.6\%\sim 1.2\%$ Ni 和余量铝称取纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭。其他步骤与具体实施方式一相同。

[0033] 具体实施方式三:本实施方式与具体实施方式一或二之一不同点是:步骤二中依次将步骤一称取的纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭加到燃气炉炉内,在温度为 $760^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 和搅拌速度为 $10\text{r}/\text{min}\sim 15\text{r}/\text{min}$ 的条件下搅拌熔体 $15\text{min}\sim 20\text{min}$,得到铝合金熔液 A。其他步骤与具体实施方式一或二相同。

[0034] 具体实施方式四:本实施方式与具体实施方式一至三之一不同点是:步骤三中将步骤二得到的铝合金熔液 A 导入到电阻反射炉中,在温度为 $760^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 的条件下加入 Al-Be 中间合金,再在搅拌速度为 $10\text{r}/\text{min}\sim 15\text{r}/\text{min}$ 的条件下搅拌熔体 $15\text{min}\sim 20\text{min}$,得到铝合金熔液 B。其他步骤与具体实施方式一至三相同。

[0035] 具体实施方式五:本实施方式与具体实施方式一至四之一不同点是:步骤四中将步骤三得到的铝合金熔液 B 导入到静置炉中,再向静置炉中通入氩气,在氩气气氛和温度为 $760^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 条件下精炼 $15\text{min}\sim 20\text{min}$,再静置 $10\text{min}\sim 15\text{min}$ 。其他步骤与具体实施方式一至四相同。

[0036] 具体实施方式六:本实施方式与具体实施方式一至五之一不同点是:步骤四中再加入变质剂,在温度为 $760^{\circ}\text{C}\sim 770^{\circ}\text{C}$ 和搅拌速度为 $10\text{r}/\text{min}\sim 15\text{r}/\text{min}$ 的条件下进行搅拌

5min ~ 10min, 得到铸造熔体。其他步骤与具体实施方式一至五相同。

[0037] 具体实施方式七: 本实施方式与具体实施方式一至六之一不同点是: 步骤五中铸造熔体的温度为 760°C ~ 780°C。其他步骤与具体实施方式一至六相同。

[0038] 具体实施方式八: 本实施方式与具体实施方式一至七之一不同点是: 步骤五中铸造速度为 25mm/min ~ 30mm/min。其他步骤与具体实施方式一至七相同。

[0039] 具体实施方式九: 本实施方式与具体实施方式一至八之一不同点是: 步骤五中冷却水压为 0.05MPa ~ 0.10MPa。其他步骤与具体实施方式一至八相同。

[0040] 具体实施方式十: 本实施方式与具体实施方式一至九之一不同点是: 步骤五中采用自动控温系统控制半连续铸造的温度, 自动控温系统的温度控制精度为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。其他步骤与具体实施方式一至九相同。

[0041] 采用以下试验验证本发明的有益效果:

[0042] 试验一: 一种耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的制造方法具体是按以下步骤完成的:

[0043] 一、称料: 按质量分数为 12% Si、0.95% Cu、1.0% Mg、1.0% Ni 和余量铝称取纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭;

[0044] 二、制备铝合金熔液: 依次将步骤一称取的纯铝锭、Al-Si 中间合金、Al-Cu 中间合金、Al-Ni 中间合金和 Mg 锭加到燃气炉炉内, 在温度为 770°C 和搅拌速度为 15r/min 的条件下搅拌熔体 15min, 得到铝合金熔液 A;

[0045] 三、加入 Al-Be 中间合金: 将步骤二得到的铝合金熔液 A 导入到电阻反射炉中, 在温度为 770°C 的条件下加入 Al-Be 中间合金, 再在搅拌速度为 15r/min 的条件下搅拌熔体 15min, 得到铝合金熔液 B;

[0046] 步骤三中所述的 Al-Be 中间合金与铝合金熔液 A 的质量比为 2:9000;

[0047] 四、铸造: 将步骤三得到的铝合金熔液 B 导入到静置炉中, 再向静置炉中通入氩气, 在氩气气氛和温度为 775°C 的条件下精炼 15min, 再静置 20min, 再加入变质剂, 在温度为 780°C 和搅拌速度为 15r/min 的条件下进行搅拌 8min, 得到铸造熔体;

[0048] 步骤四中所述的变质剂为 NaF、KCl、NaCl 和 Na_3AlF_6 的混合物; 其中所述的 NaF 的质量为变质剂总质量的 40%; 所述的 KCl 的质量为变质剂总质量的 30%; 所述的 NaCl 的质量为变质剂总质量的 20%; 所述的 Na_3AlF_6 的质量为变质剂总质量的 10%;

[0049] 步骤四中所述的变质剂与铝合金熔液 B 的质量比为 6:1000;

[0050] 五、半连续铸造: 将步骤四得到的铸造熔体在温度为 780°C、铸造速度为 20mm/min 和冷却水压为 0.5MPa 的条件下进行半连续铸造, 得到直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭。

[0051] 本试验制备的直径尺寸为 482mm 的耐蚀耐热耐磨大规格高 Si 铝合金实心圆铸锭的抗拉强度为 415N/mm², 屈服强度为 396N/mm², 断裂伸长率为 2.9%。