



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118166246 A

(43) 申请公布日 2024.06.11

(21) 申请号 202410592913.0

G22B 7/00 (2006.01)

(22) 申请日 2024.05.13

(71) 申请人 小米汽车科技有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区科创十街15号院5号楼6层618室

(72) 发明人 龚俊川 张兴孟

(74) 专利代理机构 北京英创嘉友知识产权代理有限公司 (普通合伙) 11447

专利代理师 董琳

(51) Int. Cl.

G22C 21/02 (2006.01)

G22C 1/03 (2006.01)

G22C 1/06 (2006.01)

G22B 21/00 (2006.01)

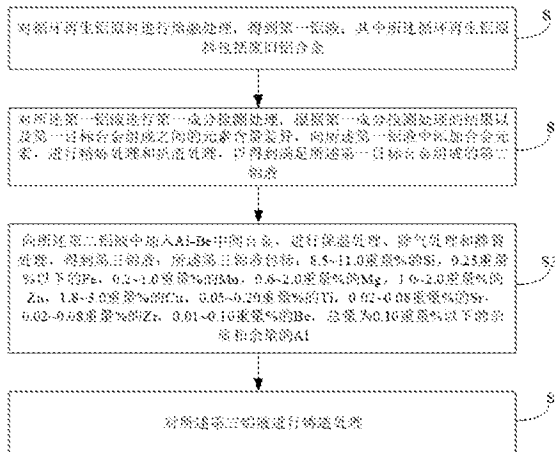
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种循环再生铝合金及其制备方法

(57) 摘要

本公开涉及一种循环再生铝合金及其制备方法,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.5~11.0重量%的Si, 0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。本公开能够利用循环再生铝材料制作铝锭,其性能达到原铝铝锭的要求,实现降低原材料成本和碳排放的目的。



1. 一种循环再生铝合金,其特征在于,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

2. 根据权利要求1所述的循环再生铝合金,其特征在于,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.8~10.0重量%的Si,0.22重量%以下的Fe,0.2~0.8重量%的Mn,0.6~1.8重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.5~2.5重量%的Cu,0.06~0.15重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.03~0.08重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

3. 根据权利要求1所述的循环再生铝合金,其特征在于,在所述循环再生铝合金中,以元素的含量计,Fe/Be的值为15以下。

4. 根据权利要求1所述的循环再生铝合金,其特征在于,在所述循环再生铝合金中,以元素的含量计,Ti/Be的值为1~10。

5. 根据权利要求1所述的循环再生铝合金,其特征在于,所述循环再生铝合金的本体性能包括:屈服强度为200MPa以上,抗拉强度为300MPa以上,延伸率为1.5%以上。

6. 一种制备循环再生铝合金的方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、对循环再生铝原料进行熔融处理,得到第一铝液;其中所述循环再生铝原料包括废旧铝合金;

S2、对所述第一铝液进行第一成分检测处理,根据第一成分检测处理的结果以及第一目标合金组成之间的元素含量差异,向所述第一铝液中添加合金元素,进行精炼处理和扒渣处理,以得到满足所述第一目标合金组成的第二铝液;

S3、向所述第二铝液中加入Al-Be中间合金,进行保温处理、除气处理和静置处理,得到第三铝液;所述第三铝液包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al;

S4、对所述第三铝液进行铸造处理。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第一目标合金组成包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr。

8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,该方法还包括:

将废旧铝合金进行清理处理、清洗处理、破碎处理和磁选处理,得到所述循环再生铝原料;

其中所述废旧铝合金选自废旧1系变形铝合金、废旧6系变形铝合金和废旧AlSi系铸造铝合金中的一种或几种。

9. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,步骤S1中,所述熔融处理的条件包括:熔融温度为730~760℃,熔融时间为2~10h;

步骤S2中,所述精炼处理的条件包括:在710~720℃下,加入精炼剂进行精炼,同时伴随

搅拌,静置10~20min;

步骤S3中,所述保温处理的条件包括:保温温度为640~680°C,保温时间为0.1~10h;所述除气处理的条件包括:除气温度为710~720°C,除气时间10~20min;所述静置处理的条件包括:静置温度为650~670°C,静置时间为10~20min;

步骤S4中,所述铸造处理的条件包括:铸造压力为60~80MPa,高速速度为 $4.5 \pm 0.1$ m/s,真空度为40~50mbar,铝液温度为650~670°C,模具喷涂后温度为150~160°C,压射延迟时间为 $1 \pm 0.1$ s。

10. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,步骤S3包括:

对保温处理后的第二铝液进行第二成分检测处理;当第二成分检测处理的结果符合第二目标合金组成,使所述第二铝液进行所述除气处理和静置处理,

其中所述第二目标合金组成包括:第二铝液包括8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

## 一种循环再生铝合金及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及循环再生铝合金材料开发技术领域,具体地,涉及一种循环再生铝合金及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 目前众多行业在低碳、循环利用方面寻求突破,尤其是再生能源和再生材料方向,各个主机厂都在探索研究。但是在循环再生铝材料的应用方向上,仍然存在不足。例如:采用废旧合金制备得到的循环再生铝合金的抗拉强度和屈服强度等性能不能满足压铸件的要求;以及现有循环再生工艺未对铝合金中的铁杂质影响进行处理,当铁含量过高时(例如0.2重量%以上),会使铸件产生脆性,对再生合金性能产生不利影响。

### 发明内容

[0003] 本公开的目的是提供一种循环再生铝合金及其制备方法,利用循环再生铝材料制作铝锭,其性能达到100%原铝铝锭的要求,实现降低原材料成本和碳排放的目的。

[0004] 为了实现上述目的,本公开第一方面提供一种循环再生铝合金,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

[0005] 可选地,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.8~10.0重量%的Si,0.22重量%以下的Fe,0.2~0.8重量%的Mn,0.6~1.8重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.5~2.5重量%的Cu,0.06~0.15重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.03~0.08重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

[0006] 可选地,在所述循环再生铝合金中,以元素的含量计,Fe/Be的值为15以下。

[0007] 可选地,在所述循环再生铝合金中,以元素的含量计,Ti/Be的值为1~10。

[0008] 可选地,所述循环再生铝合金的本体性能包括:屈服强度为200MPa以上,抗拉强度为300MPa以上,延伸率为1.5%以上。

[0009] 本公开第二方面提供一种制备循环再生铝合金的方法,包括以下步骤:

S1、对循环再生铝原料进行熔融处理,得到第一铝液;其中所述循环再生铝原料包括废旧铝合金;

S2、对所述第一铝液进行第一成分检测处理,根据第一成分检测处理的结果以及第一目标合金组成之间的元素含量差异,向所述第一铝液中添加合金元素,进行精炼处理和扒渣处理,以得到满足所述第一目标合金组成的第二铝液;

S3、向所述第二铝液中加入Al-Be中间合金,进行保温处理、除气处理和静置处理,得到第三铝液;所述第三铝液包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的

Ti, 0.02~0.08重量%的Sr, 0.02~0.08重量%的Zr, 0.01~0.10重量%的Be, 总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al;

S4、对所述第三铝液进行铸造处理。

[0010] 可选地, 所述第一目标合金组成包括: 8.5~11.0重量%的Si, 0.25重量%以下的Fe, 0.2~1.0重量%的Mn, 0.6~2.0重量%的Mg, 1.0~2.0重量%的Zn, 1.8~3.0重量%的Cu, 0.05~0.20重量%的Ti, 0.02~0.08重量%的Sr, 0.02~0.08重量%的Zr。

[0011] 可选地, 该方法还包括:

将废旧铝合金进行清理处理、清洗处理、破碎处理和磁选处理, 得到所述循环再生铝原料;

其中所述废旧铝合金选自废旧1系变形铝合金、废旧6系变形铝合金和废旧AlSi系铸造铝合金中的一种或几种。

[0012] 可选地, 步骤S1中, 所述熔融处理的条件包括: 熔融温度为730~760°C, 熔融时间为2~10h;

步骤S2中, 所述精炼处理的条件包括: 在710~720°C下, 加入精炼剂进行精炼, 同时伴随搅拌, 静置10~20min;

步骤S3中, 所述保温处理的条件包括: 保温温度为640~680°C, 保温时间为0.1~10h; 所述除气处理的条件包括: 除气温度为710~720°C, 除气时间10~20min; 所述静置处理的条件包括: 静置温度为650~670°C, 静置时间为10~20min;

步骤S4中, 所述铸造处理的条件包括: 铸造压力为60~80MPa, 高速速度为 $4.5 \pm 0.1$  m/s, 真空度为40~50mbar, 铝液温度为650~670°C, 模具喷涂后温度为150~160°C, 压射延迟时间为 $1 \pm 0.1$  s。

[0013] 可选地, 步骤S3包括:

对保温处理后的第二铝液进行第二成分检测处理; 当第二成分检测处理的结果符合第二目标合金组成, 使所述第二铝液进行所述除气处理和静置处理,

其中所述第二目标合金组成包括: 第二铝液包括8.5~11.0重量%的Si, 0.25重量%以下的Fe, 0.2~1.0重量%的Mn, 0.6~2.0重量%的Mg, 1.0~2.0重量%的Zn, 1.8~3.0重量%的Cu, 0.05~0.20重量%的Ti, 0.02~0.08重量%的Sr, 0.02~0.08重量%的Zr, 0.01~0.10重量%的Be, 总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

[0014] 通过上述技术方案, 本公开提供一种循环再生铝合金及其制备方法, 使用循环再生材料同时保证材料强度和韧性不变弱, 同时解决铁杂质高的影响问题; 本公开在合金中加入Be元素, 能使铝合金中脆性的铁金属间化合物晶体由粗大针状和层状转变成细小的等轴物, 改善铸件的强度和韧性, 从而得到较高强度和良好塑性的优质铸件; 采用循环再生铝代替电解铝, 能够有效节省成本以及电耗, 减少二氧化碳排放, 实现降低原材料成本和碳排放的目的; 并且本公开中循环再生铝合金的性能来自电驱壳体本体取样, 能够满足电驱壳体的本体性能需求。

[0015] 本公开的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

## 附图说明

[0016] 附图是用来提供对本公开的进一步理解, 并且构成说明书的一部分, 与下面的具

体实施方式一起用于解释本公开,但并不构成对本公开的限制。在附图中:

图1示出了本公开提供的制备循环再生铝合金方法的工艺流程图。

### 具体实施方式

[0017] 以下结合附图对本公开的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本公开,并不用于限制本公开。

[0018] 本公开第一方面提供一种循环再生铝合金,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.5~11.0重量%的Si(硅),0.25重量%以下的Fe(铁),0.2~1.0重量%的Mn(锰),0.6~2.0重量%的Mg(镁),1.0~2.0重量%的Zn(锌),1.8~3.0重量%的Cu(铜),0.05~0.20重量%的Ti(钛),0.02~0.08重量%的Sr(锶),0.02~0.08重量%的Zr(锆),0.01~0.10重量%的Be(铍),总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al(铝)。

[0019] 本公开提供一种循环再生铝合金,使用循环再生铝材料,同时能够保证材料强度和韧性不变弱,同时解决铁杂质高的影响问题;本公开在合金中加入Be元素,能使铝合金中脆性的铁金属间化合物晶体由粗大针状和层状转变成细小的等轴物,改善铸件的强度和韧性,从而得到较高强度和良好塑性的优质铸件;采用循环再生铝代替电解铝,能够有效节省成本以及电耗,减少二氧化碳排放,实现降低原材料成本和碳排放的目的;并且本公开中循环再生铝合金的性能来自电驱壳体本体取样,能够满足电驱壳体的本体性能需求。

[0020] Si(硅),Al-Si合金系富铝部分在共晶温度577°C时,硅在固溶体中的最大溶解度为1.65%,其溶解度随温度降低而减少,Al-Si系合金一般无法通过热处理强化。本公开提供的循环再生铝合金中,具有8.5~11.0重量%的Si的铝硅合金具有极好的铸造性能和抗蚀性能。

[0021] 铁(Fe),铝合金中含有少量的铁会降低铝合金在压铸过程中的粘模,但是铝合金中铁含量不能过高,本公开中控制铝合金中Fe含量为0.25重量%以下,能够避免铝和铁产生 $FeAl_3$ , $Fe_2Al_7$ 和Al-Si-Fe等片状或针状组织存在于合金中,降低力学性能(特别是导致铝合金出现脆性)的现象。

[0022] 铍(Be),铍加入铝合金中可改善氧化膜的结构,减少熔铸时的烧损和夹杂。Be元素会促进在熔体表面生成一层可以减少熔渣的氧化膜从而提高合金产量和纯度,这种氧化膜还可以改善熔体流动性。Be还可以提高除气效率。Be能使铝合金中脆性的 $FeAl_3$ , $Fe_2Al_7$ 和Al-Si-Fe由层状和针状转变为细小的等轴状,进而提升铝合金的强度和塑性,从而使得铝合金对Fe的容忍度大大提高。本公开控制铝合金中0.01~0.10重量%的Be能够使循环再生铝合金中具有优异性能。

[0023] 锰(Mn),铝合金中锰的存在能形成的 $MnAl_6$ 能够溶解杂质铁,减少铁的危害影响,因为锰能使合金中铁的片状或针状晶体组织变为细密的晶体形状,且本合金的铁含量较低,不利于脱模,但锰的加入能改善这一现象;本公开的循环再生铝合金中加入0.2~1.0重量%的Mn,能避免合金中锰含量高引起偏析的现象。

[0024] 镁(Mg),高硅铝合金中加入少量(如0.2~0.3重量%)的镁可提高合金的强度极限、弹性极限、疲劳极限及硬度;但镁的存在会增加合金在熔炼和保温过程中的氧化倾向。镁是一个显著提升强度的元素,本公开发明人针对镁含量展开了重点研究,过高的镁会导致延伸率较低,本公开提供的铝合金中镁含量在0.6~2.0重量%,能够使铝合金在延伸率符合电

机壳体的基本需求后,尽可能地提高铝合金的强度。

[0025] 锌(Zn),有较好的铸造成型性能和力学性能,但也使合金的热裂倾向增加,而耐蚀性有所降低,本公开中的循环再生铝合金加入1.0~2.0重量%的Zn,能够使铝合金具有优异性能。

[0026] 铜(Cu),能够和铝组成固溶体,铜含量的增加可提高合金的流动性、抗拉强度和硬度,但降低了耐蚀性和塑性,热裂倾向增大。本公开发明人研究发现,铜含量控制在1.8~3.0重量%之间,能够同时兼顾铝合金的耐腐蚀性能,使其优于常规合金A380及ADC12。

[0027] 钛(Ti),能起到细晶强化的作用,而且本公开发明人发现Be的加入能够与Ti起到意想不到的协同细化效果。本公开添加0.05~0.20重量%的Ti能够在循环再生铝合金中发挥优异效果。

[0028] 锶(Sr),是一种有效的共晶硅球化剂,本公开中加入0.02~0.08重量%的Sr就可以使共晶硅由针状转变为纤维状,有利于提高铝合金的性能。

[0029] 锆(Zr),在合金中易形成 $(Al, Si)_3Zr$ 粒子,易成为 $\alpha-Al$ 的异质形核点,起到细化晶粒的作用,合金强度延伸率同步改善;但Zr加入过多时, $(Al, Si)_3Zr$ 粒子易粗化,对性能反而会产生不利影响,本公开控制铝合金中Zr的含量为0.02~0.08重量%,能够避免Zr加入过多对铝合金性能产生的负面影响。

[0030] 一种优选实施方式中,以所述循环再生铝合金的总重量为基准,所述循环再生铝合金包括:8.8~10.0重量%的Si,0.22重量%以下的Fe,0.2~0.8重量%的Mn,0.6~1.8重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.5~2.5重量%的Cu,0.06~0.15重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.03~0.08重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。本实施方式提供的循环再生铝合金具有更优异的本体性能。

[0031] 本公开发明人发现,在循环再生铝合金中,Be对Fe的优化效果与其比例息息相关。本公开控制Fe/Be的值为15以下,能够使得铝合金中Fe容忍度达到0.25重量%时,产品的性能仍可满足产品要求,实现降碳降本的目的。

[0032] 本公开发明人发现,控制铝合金中Ti/Be的重量比,能够实现更加优异的Be与Ti的协同细化效果;当Ti/Be的重量比为1~10,可以具有更优异的细化晶粒和改善共晶硅的技术效果,实现降碳降本的目的。

[0033] 一种具体实施方式中,所述循环再生铝合金的本体性能包括:屈服强度为200MPa以上,抗拉强度为300MPa以上,延伸率为1.5%以上;优选地,屈服强度为230MPa以上,抗拉强度为320MPa以上,延伸率为2%以上。本公开提供的循环再生铝合金的本体性能能够达到100%原铝铝锭的要求(100%原铝铝锭的性能要求包括:屈服强度为200MPa以上,抗拉强度为300MPa以上,延伸率为1.5%以上)。

[0034] 本公开中,循环再生铝合金的本体性能是指:在实际应用的零件上取出符合要求的拉伸试样,并做拉伸试验得到的零件本体上的强度性能。可以通过以下方法进行本体取样:首先通过压铸工艺得到零件本体,将符合拉伸试样的区域标注出来,随后通过切割得到前面标注出来的样块,利用线切割慢走丝的方式从上述样块中得到标准拉伸试样。

[0035] 本公开第二方面提供一种制备循环再生铝合金的方法,包括以下步骤:

S1、对循环再生铝原料进行熔融处理,得到第一铝液;其中所述循环再生铝原料包括废旧铝合金;

S2、对所述第一铝液进行第一成分检测处理,根据第一成分检测处理的结果以及第一目标合金组成之间的元素含量差异,向所述第一铝液中添加合金元素,进行精炼处理和扒渣处理,以得到满足所述第一目标合金组成的第二铝液;

S3、向所述第二铝液中加入Al-Be中间合金,进行保温处理、除气处理和静置处理,得到第三铝液;所述第三铝液包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al;

S4、对所述第三铝液进行铸造处理。

[0036] 其中,步骤S2中合金元素加入的控制方法包括:通过第一成分检测处理获得第一铝液的各元素组成含量,并与第一目标合金组成的元素含量范围进行比较,当某些元素的含量低于目标含量,则加入相应的中间合金(例如加入Al-Si中间合金、Al-Mn中间合金、Al-Mg中间合金、Al-Zn中间合金、Al-Cu中间合金、Al-Ti中间合金、Al-Sr中间合金、Al-Zr中间合金);若存在元素含量高于目标含量,则可以加入纯铝进行调控。

[0037] 一种具体实施方式中,所述第一目标合金组成包括:8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr。

[0038] 一种实施方式中,该方法还包括:

将废旧铝合金进行清理处理、清洗处理、破碎处理和磁选处理,得到所述循环再生铝原料;其中清理处理、清洗处理、破碎处理和磁选处理为本领域常规操作;

其中所述废旧铝合金选自废旧1系变形铝合金、废旧6系变形铝合金和废旧AlSi系铸造铝合金中的一种或几种。其中废旧1系变形铝合金包括:铝线、电解铝母线、铝排及阳极导杆;废旧6系变形铝合金包括:6005、6082、6061、6063挤压铝型材及铝模板;废旧AlSi系铸造铝合金包括:A356.2、ZL101、ASi7轮毂。采用本实施方式提供的废旧铝合金能够避免向循环再生铝合金材料中引入其他杂质元素。

[0039] 一种实施方式中,步骤S1中,所述熔融处理的条件包括:熔融温度为730~760°C,熔融时间为2~10h;优选地熔融温度为740~750°C,熔融时间为3~9h。

[0040] 一种实施方式中,步骤S2中,所述精炼处理的条件包括:在710~720°C下,加入精炼剂进行精炼,同时伴随搅拌,静置10~20min;优选地,在714~720°C下,加入精炼剂进行精炼,同时伴随搅拌,静置15~20min,其中精炼剂为本领域常规种类。

[0041] 一种实施方式中,步骤S3中,所述保温处理的条件包括:保温温度为640~680°C,保温时间为0.1~10h;优选地,保温温度为650~670°C,保温时间为2~10h;

所述除气处理的条件包括:除气温度为710~720°C,除气时间10~20min;

所述静置处理的条件包括:静置温度为650~670°C,静置时间为10~20min。

[0042] 一种实施方式中,步骤S4中,所述铸造处理的条件包括:铸造压力为60~80MPa,高速速度为 $4.5 \pm 0.1$ m/s,真空度为40~50mbar,铝液温度为650~670°C,模具喷涂后温度为150~160°C,压射延迟时间为 $1 \pm 0.1$ s。

[0043] 一种具体实施方式中,步骤S3包括:

对保温处理后的第二铝液进行第二成分检测处理;当第二成分检测处理的结果符

合第二目标合金组成,使所述第二铝液进行所述除气处理和静置处理,

其中所述第二目标合金组成包括:第二铝液包括8.5~11.0重量%的Si,0.25重量%以下的Fe,0.2~1.0重量%的Mn,0.6~2.0重量%的Mg,1.0~2.0重量%的Zn,1.8~3.0重量%的Cu,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.08重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0.01~0.10重量%的Be,总量为0.10重量%以下的杂质和余量的Al。

[0044] 一种具体实施方式中,在步骤S4中,在对第三铝液进行铸造处理之前,还包括对第三铝液进行在线除气和过滤,其中在线除气和过滤采用本领域常规操作。

[0045] 本公开提供的循环再生铝合金或者采用本公开提供的方法制备得到的循环再生铝合金能够应用于汽车发动机壳体、变速器壳体和电机壳体等领域。

[0046] 以下通过实施例进一步详细说明本公开。实施例中所用到的原材料均可通过商购途径获得。

[0047] 在以下实施例和对比例中所采用的废旧铝合金包括废旧1系变形铝合金、废旧6系变形铝合金和废旧AlSi系铸造铝合金中的一种或几种。

[0048] 在以下实施例和对比例中,铝液中的元素含量参考GB/T 7999《铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法》方法测试得到。

[0049] 实施例1~5

按照下表1中列出的循环再生铝合金的组成含量配比,并按照以下方法得到压铸铝合金材料:

(1)将铝废料进行清理、清洗、破碎、磁选后,得到循环再生铝原材料;

(2)将循环再生铝原材料进行装炉熔融处理,熔融温度为745°C,熔融时间为6h;搅拌至全部熔化后,形成第一铝液;

(3)检测第一铝液中的各元素成分含量,然后按比例添加主要合金元素,熔化均匀后进行精炼、扒渣形成第二铝液;其中精炼处理的条件包括:在715°C下,加入精炼剂进行精炼,同时伴随搅拌,静置15min;扒渣处理包括利用扒渣工具去除浮渣;

(4)向第二铝液中加入AL-Be中间合金含量进行调节,660°C保温2h,并检测其成分是否符合要求,合格后进行除气、静置,除气温度为715°C,除气时间15min;静置处理的条件包括:静置温度为660°C,静置时间为15min,得到第三铝液;

(5)最后进行在线除气、过滤,然后进行铸造参数控制,水平轮带式铸造,即得到成品;铸造处理的条件包括:铸造压力为70MPa,高速速度为 $4.5 \pm 0.1$ m/s,真空度为45mbar,铝液温度为660°C,模具喷涂后温度为155°C,压射延迟时间为 $1 \pm 0.1$ s。

[0050] 对比例1~6

按照实施例1中的制备方法制备循环再生铝合金产品,与实施例1的不同之处在于:采用下表1中列出的铝合金组分含量配比。

[0051] 比较例7

按照实施例1中的制备方法制备循环再生铝合金产品,与实施例1的不同之处在于:不加入Be,其余过程与实施例1相同,铝合金组分含量配比列于表1中。

[0052] 表1

编号	Si, 重量 %	Fe, 重量 %	Cu, 重量 %	Mn, 重量 %	Mg, 重量 %	Zn, 重量 %	Ti, 重量 %	Sr, 重量 %	Zr, 重量 %	Be, 重量 %	Fe/B e	Ti/B e	余量
实施例 1	9.32	0.11	2.08	0.54	1.20	1.71	0.13	0.03	0.04	0.05	2.2	2.6	Al
实施例 2	9.32	0.23	2.08	0.54	1.20	1.71	0.13	0.03	0.04	0.01	23	13	Al
实施例 3	9.32	0.11	2.08	0.54	1.20	1.71	0.13	0.03	0.04	0.01	11	13	Al
实施例 4	9.32	0.23	2.08	0.54	1.20	1.71	0.09	0.03	0.04	0.01	23	9	Al
实施例 5	8.5	0.11	3.0	1.0	0.6	1.5	0.13	0.02	0.08	0.05	2.2	2.6	Al
对比例 1	9.32	0.26	2.21	0.46	1.23	1.74	0.12	0.03	0.04	-	-	-	Al
对比例 2	7.5	0.18	-	0.05	0.44	0.03	0.12	0.02	-	-	-	-	Al
对比例 3	0.63	0.68	0.17	1.2	0.23	0.13	-	-	-	0.09	7.5	-	Al
对比例 4	11.0	0.41	2.42	0.34	0.33	-	0.21	-	-	-	-	-	Al
对比例 5	12.0	0.6	0.25	0.50	0.40	0.50	0.30	0.04	0.30	-	-	-	Al
对比例 6	9.32	0.11	2.08	0.54	1.20	1.71	0.13	0.03	0.04	0.15	0.73	0.86	Al
对比例 7	9.32	0.11	2.08	0.54	1.20	1.71	0.13	0.03	0.04	-	-	-	Al

[0053] 测试例

本测试例用于对以上实施例、比较例和对比例制备所得产品进行本体取样并进行力学性能测试。

[0054] 进行本体取样的方法为：首先通过压铸工艺得到零件本体，将符合拉伸试样的区域标注出来，随后通过切割得到前面标注出来的样块，利用线切割慢走丝的方式从上述样块中得到标准拉伸试样；样品规格为按ASTM E8的小尺寸试验，厚度为本体实际厚度，约5~6mm，取拉伸试样。

[0055] 本体试样的屈服强度、抗拉强度和延伸率的测试方法参照标准GB/T 228.1-2021金属材料拉伸试验第1部分：室温试验方法。测试结果列于下表2。

[0056] 表2

本体性能测试结果	屈服强度 /Mpa	抗拉强度 /Mpa	延伸率 /%
实施例 1	256	346	3.0
实施例 2	247	321	2.5
实施例 3	253	331	3.0
实施例 4	251	326	2.5
实施例 5	231	309	2.0
对比例 1	221	314	2.0
对比例 2	182	203	10.2
对比例 3	204	256	4.3
对比例 4	160	300	5.0
对比例 5	190	315	3.0
对比例 6	198	295	1.5
对比例 7	202	301	1.5
ADC12 铝锭 本体性能	162	246	1.5

[0057] 根据上表1~2中的数据可以看出：

与常规ADC12铝锭本体性能相比，实施例1~5制备得到的循环再生铝合金材料具有更优的屈服强度、拉伸强度和延伸率，说明本公开提供的利用废旧铝合金材料制备得到的循环再生铝合金能够达到常规铝锭的本体性能，甚至优于常规铝锭的本体性能；

与对比例1~6相比，实施例1~5中按照本公开提供的循环再生铝合金的组分含量配体得到的铝合金压铸材料的本体性能更优异，屈服强度、拉伸强度和延伸率综合性能最好；

将实施例1与对比例7进行比较可知，实施例1中的循环再生铝合金材料引入了金属Be，实施例1的再生铝合金具有更高的屈服强度、拉伸强度和延伸率，说明向循环再生铝合金材料中引入金属Be，能够有效提升铝合金的本体性能；

将实施例2与实施例3~4进行比较，实施例3的循环再生铝合金材料的Fe/Be在15以下，实施例4的循环再生铝合金材料的Ti/Be的值在1~10范围内，相比于实施例2，实施例3~4的铝合金材料具有更高的强度性能；

将实施例1与实施例2~4进行比较，实施例1中铝合金的组分含量在本公开提供的优选的范围内，并且 $Fe/Be \leq 15$ ， $Ti/Be$ 在1~10范围内，实施例1得到的铝合金产品具有更高的屈服强度、拉伸强度和延伸率；

将实施例1与实施例5进行比较，实施例1中的循环再生铝合金材料的组成在本公开优化的含量范围内，实施例1得到的铝合金产品具有更高的屈服强度、拉伸强度和延伸率。

[0058] 以上结合附图详细描述了本公开的优选实施方式，但是，本公开并不限于上述实施方式中的具体细节，在本公开的技术构思范围内，可以对本公开的技术方案进行多种简单变型，这些简单变型均属于本公开的保护范围。

[0059] 另外需要说明的是，在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征，在不矛盾的情况下，可以通过任何合适的方式进行组合，为了避免不必要的重复，本公开对各种可

能的组合方式不再另行说明。

[0060] 此外,本公开的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本公开的思想,其同样应当视为本公开所公开的内容。

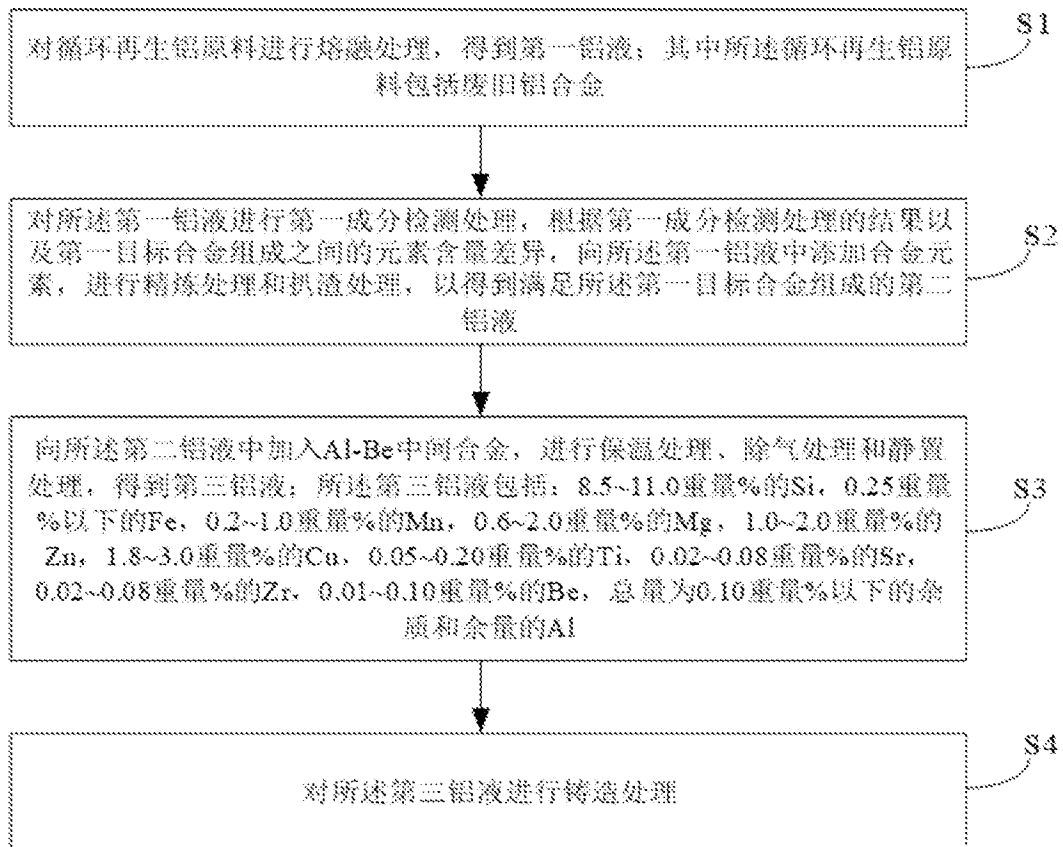


图1