



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116287891 A

(43) 申请公布日 2023.06.23

(21) 申请号 202310604165.9

(22) 申请日 2023.05.25

(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 吴新星 程天杰 张兴孟 尹茸

(74) 专利代理机构 北京英创嘉友知识产权代理事务所(普通合伙) 11447

专利代理师 杨月

(51) Int. Cl.

G22C 21/04 (2006.01)

G22C 1/03 (2006.01)

G22C 1/06 (2006.01)

B62D 29/00 (2006.01)

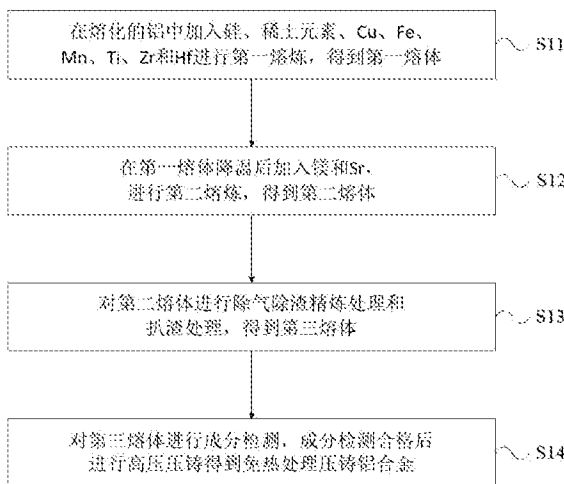
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

## (54) 发明名称

一种免热处理压铸铝合金及其制备方法和应用

## (57) 摘要

本发明涉及一种免热处理压铸铝合金,以压铸铝合金总重量为基准,压铸铝合金中包括:6.5~8.3重量%的Si,0.2~0.4重量%的Mg,0.25~0.50重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.8重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.04重量%的Sr,0.01~0.1重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al;其中,所述稀土元素包括La、Ce和Y中的至少一种;Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比小于或等于22。本发明提供的免热处理压铸铝合金在获得超高强性能实现优异轻量化的同时,具有良好的抗热裂倾向和良好的耐蚀性能。



1. 一种免热处理压铸铝合金,其特征在于,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:

6.5~8.3重量%的Si,0.2~0.4重量%的Mg,0.25~0.50重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.8重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.04重量%的Sr,0.01~0.1重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al;

其中,所述稀土元素包括La、Ce和Y中的至少一种;

Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比小于或等于22。

2. 根据权利要求1所述的免热处理压铸铝合金,其特征在于,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:

6.5~7.8重量%的Si,0.23~0.40重量%的Mg,0.25~0.48重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.76重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.037重量%的Sr,0.01~0.10重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

3. 根据权利要求1所述的免热处理压铸铝合金,其特征在于,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:

6.5~7.8重量%的Si,0.23~0.40重量%的Mg,0.25~0.48重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.76重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.035重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.20重量%的Zn,小于或等于0.08重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

4. 根据权利要求1所述的免热处理压铸铝合金,其特征在于,Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比小于或等于20。

5. 根据权利要求1-4任意一项所述的免热处理压铸铝合金,其特征在于,所述压铸铝合金的极限抗拉强度为270~320MPa,屈服强度为135~170MPa,断裂延伸率不低于10%,抗热裂倾向的参数HHcs不大于50,耐蚀性能的参数UF不大于3.5mm。

6. 一种适用于权利要求1-5任意一项所述的免热处理压铸铝合金的制备方法,其特征在于,包括:

将铝置于熔炼炉中熔化并加入硅、锌、含稀土元素原料、含Cu原料、含Fe原料、含Mn原料、含Ti原料、含Zr原料、含Hf原料进行第一熔炼,得到第一熔体;

在所述第一熔体降至第二熔炼的温度,并加入镁和含Sr原料进行第二熔炼,得到第二熔体;

对所述第二熔体进行除气除渣精炼处理和扒渣处理,得到第三熔体;

将所述第三熔体进行成分检测,成分检测合格后进行高压压铸得到免热处理压铸铝合金;

其中,所述含稀土元素原料选自含La原料、含Ce原料和含Y原料中的至少一种。

7. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述含Cu原料为Al-Cu系合金;所述含Fe原料为Al-Fe系合金;所述含Mn原料为Al-Mn系合金;所述含Ti原料为Al-Ti系合金;所述含Zr原料为Al-Zr系合金;所述含Hf原料为Al-Hf系合金;所述含Sr原料为Al-Sr系合金;所述含Ce原料为Al-Ce系合金;所述含La原料为Al-La系合金;所述含Y原料为Al-Y系合金。

8. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述第一熔炼的温度为750~770℃,所述第二熔炼的温度为730~750℃。

9. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述除气除渣精炼处理包括:采用旋转喷吹设备向所述第二熔体中通入带有精炼剂粉末的惰性气体气氛或氮气;所述惰性气体为氩气;

其中,所述惰性气体气氛或氮气的压力为0.4~0.6MPa,流量25~30L/min,除气转速540~560r/min,除气时间10~30min,温度710~740℃。

10. 一种汽车车身结构件,其特征在于,包括压铸铝合金,所述压铸铝合金为权利要求1-5任意一项所述的免热处理压铸铝合金或通过权利要求6-9任意一项所述的制备方法制备得到的免热处理压铸铝合金。

## 一种免热处理压铸铝合金及其制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及铝合金技术领域,具体地,涉及一种适用于汽车车身结构件的高强韧、抗热裂倾向的免热处理压铸铝合金及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着新能源汽车的快速发展,汽车公司对于续航里程要求的愈发重视,轻量化要求越来越高,通过压铸工艺制备的铝合金复杂薄壁零件,已经在汽车行业得到了广泛的应用,成为汽车轻量化的重要支撑。

[0003] 传统汽车车身用铸件有减震塔、前后纵梁等零件,合金牌号主要是可热处理的AlSi10MnMg,该合金通过进行T7热处理(固溶+过时效)获得较好强韧性的同时,但热处理工序在增加零件成本的同时还会引起零件变形需进行矫形应对。随着特斯拉成功的推出一体式后地板大压铸零件,免热处理铝合金的应用掀起了一阵浪潮。理想的后地板大铸件合金需具备以下几个方面特点:①良好的流动性以实现零件充填成型;②较高的强度以实现较好的轻量化效果;③较高的韧性,满足SPR连接使用需求;④良好的制造性能,避免明显的粘模和热裂倾向;⑤良好的耐腐蚀性能;⑥高可回收性能。特斯拉后地板合金是主机厂追逐高强度、极致轻量化效果的典型代表,其主体成分为AlSi7CuMg合金(参见专利文献W02021150604A1),合金中Cu、Mg含量分别约为0.65%和0.35%,合金在获得很高的强度的同时,延伸率较差,SPR(Semi-Tubular Punch Riveting,半空心自冲铆接)开裂时有发生(图2中a);此外,超高Cu的添加,零件的制造过程还出现了较明显的热裂倾向(图2中b)同时零件耐蚀性能也较差。

[0004] 专利文献CN115505795A公开了一种免热处理合金,合金中Cu、Mg含量进一步提升至0.95%-4.0%和0.4%-1.44%,合金在获得超高强度( $YS \geq 170\text{MPa}$ ,  $UTS \geq 320\text{MPa}$ )的同时,合金延伸率超低( $\sim 2\%$ ),显然无法满足一体式大铸件零件使用需求,同时该技术方案并未关注到该合金的制造性能(如热裂)和应用性能(SPR连接、防腐)等问题。类似情况也存在于专利文献CN115125420中。

[0005] 专利文献CN105463269B,公开了一种高强、高耐腐蚀铸造铝合金及其压力铸造制备方法,虽然通过引入Cu、Mg、Zn和部分的稀土元素,制备的合金较常规缸体或缸盖用A380、A360合金,强度和腐蚀性能均有提高,但延伸率均很低(约3%)。通过该方案制备的零件主要面向对象也是和A380、A360一样的对延伸率几乎没有要求的常规非结构件,显然无法满足一体式大铸件零件使用需求。此外,该专利文献中Fe含量0.4-0.6%,并且明确记录维持高Fe含量主要是利于脱模,基于压铸常识,可以判断该合金也是采用与A380、A360类似的常规普通压铸工艺,这也与制造一体式车身压铸件的真空压铸工艺不一致。另外需要指出的是,该合金在突出高强、高耐蚀性的同时,并未提及合金的压铸热裂倾向。开发一体式车身铸件需要从材料成分和压铸工艺方面进行全面的优化,以获得综合的力学性能、制造性能和应用性能,三者缺一不可。

[0006] 而与上述方案呈极端的方案,如专利文献CN114293058A和CN115198149A,通过主

要添加强化元素Mg,限制强化元素Cu、Zn等,虽然能获得较好的延伸率,满足SPR要求和对应制造问题,但合金强度(尤其是抗拉强度)小于260MPa,轻量化效果有限。

[0007] 在推动新能源汽车发展的道路上,开发超高强度大型一体化压铸件的免热处理铝合金材料以实现显著的安全和轻量化效果是各主机厂和材料开发商的研究热点之一。本领域亟需一种非热处理的超高强度高韧压铸铝合金,在兼顾其制作性能和使用性能的同时,能够有效避免制造热裂性能和易腐蚀倾向。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的在于针对现有的高强免热处理合金通过添加过量的Cu、Mg来实现强度而带来的合金延伸率低、制造热裂倾向明显和耐蚀性能差等问题,提供一种新型的免热处理压铸铝合金,在兼顾其制作性能和使用性能的同时,具有良好的抗热裂倾向和良好的耐蚀性能。

[0009] 为了实现上述目的,本发明的第一方面提供一种免热处理压铸铝合金,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:6.5~8.3重量%的Si,0.2~0.4重量%的Mg,0.25~0.50重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.8重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.04重量%的Sr,0.01~0.1重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al;其中,所述稀土元素包括La、Ce和Y中的至少一种;Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比小于或等于22。

[0010] 本发明的发明人出乎意料的发现通过少量Zn的添加,在提升合金强度的同时对合金延伸率影响较小,据此可适当降低Cu、Mg等强化元素的含量,同时配合稀土元素对晶界净化作用,有效抑制合金电化学腐蚀倾向,提高耐蚀性;通过Zr和Hf的复合微合金化作用,不仅有效的细化了晶粒组织,还有有效的降低沿晶界分布的Al<sub>2</sub>Cu、Mg<sub>2</sub>Si等低熔点第二相尺寸和分布,基于本发明建立的Cu、Mg与Zr、Hf添加量的关系,可实现良好的抗热裂倾向。本发明提供的免热处理压铸铝合金在获得超高强性能实现优异轻量化的同时,兼顾良好的抗热裂倾向和良好的耐蚀性能。

[0011] 可选地,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:6.5~7.8重量%的Si,0.23~0.40重量%的Mg,0.25~0.48重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.76重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.037重量%的Sr,0.01~0.1重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0012] 可选地,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:6.5~7.8重量%的Si,0.23~0.40重量%的Mg,0.25~0.48重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.76重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.37重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.2重量%的Zn,小于或等于0.08重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0013] 可选地,Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比为小于或等于20。

[0014] 可选地,所述压铸铝合金的极限抗拉强度为270~320MPa,屈服强度为135~170MPa,断裂延伸率不低于10%,抗热裂倾向的参数 $H_{HCS}$ 不大于50,耐蚀性能的参数UF不大于3.5mm。

[0015] 本发明的第二方面提供一种免热处理压铸铝合金的制备方法,包括:  
将铝置于熔炼炉中熔化并加入硅、锌、含稀土元素原料、含Cu原料、含Fe原料、含Mn原料、含Ti原料、含Zr原料、含Hf原料进行第一熔炼,得到第一熔体;  
在所述第一熔体降至第二熔炼的温度,并加入镁和含Sr原料进行第二熔炼,得到第二熔体;  
对所述第二熔体进行除气除渣精炼处理和扒渣处理,得到第三熔体;  
将所述第三熔体进行成分检测,成分检测合格后进行高压压铸得到免热处理压铸铝合金;

其中,所述含稀土元素原料选自含La原料、含Ce原料和含Y原料中的至少一种。

[0016] 可选地,所述含Cu原料为Al-Cu系合金;所述含Fe原料为Al-Fe系合金;所述含Mn原料为Al-Mn系合金;所述含Ti原料为Al-Ti系合金;所述含Zr原料为Al-Zr系合金;所述含Hf原料为Al-Hf系合金;所述含Sr原料为Al-Sr系合金;所述含Ce原料为Al-Ce系合金;所述含La原料为Al-La系合金;所述含Y原料为Al-Y系合金。

[0017] 可选地,所述第一熔炼的温度为750~770℃,所述第二熔炼的温度为730~750℃。

[0018] 可选地,所述除气除渣精炼处理包括:采用旋转喷吹设备向所述第二熔体中通入带有精炼剂粉末的惰性气体气氛或氮气;所述惰性气体为氩气;其中,所述惰性气体气氛或氮气的压力为0.4~0.6MPa,流量25~30L/min,除气转速540~560r/min,除气时间10~30min,温度710~740℃。

[0019] 本发明的第三方面提供一种汽车车身结构件,包括压铸铝合金,所述压铸铝合金为前述的免热处理压铸铝合金或前述的制备方法制备得到的免热处理压铸铝合金。

[0020] 通过上述技术方案,本发明提供的免热处理压铸铝合金在获得超高强性能实现优异轻量化的同时,兼顾良好的抗热裂倾向和良好的耐蚀性能,能够满足汽车行业对结构件的性能要求,特别适用于生产汽车车身大型结构薄壁件。

[0021] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本发明。

## 附图说明

[0022] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本发明的实施例,并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0023] 图1示出了本公开的免热处理压铸铝合金的制备方法的工艺流程图。

[0024] 图2是常见高Cu、Mg免热处理合金易出现的问题;其中,图2中a示出了延伸率偏低导致的SPR铆接开裂问题,图2中b示出了制造过程产生的热裂问题。

[0025] 图3是本发明用到的验证合金充填性能的“S”模式示意图和对应的C1-D1取样位置。

[0026] 图4是本发明对比例6零件充填不足照片。

[0027] 图5是本发明中Hf与Zr复合作用对合金抗热裂倾向改善机制。

## 具体实施方式

[0028] 以下对本发明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发明,并不用于限制本发明。

[0029] 本发明提供一种免热处理压铸铝合金,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:6.5~8.3重量%的Si,0.2~0.4重量%的Mg,0.25~0.50重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.8重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.04重量%的Sr,0.01~0.1重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al;其中,所述稀土元素包括La、Ce和Y中的至少一种;Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比小于或等于22。

[0030] 针对现有的高强免热处理合金通过添加过量的Cu、Mg来实现强度的同时,带来的铝合金延伸率低、制造热裂倾向明显和耐蚀性能差等问题。本发明在现有的Al-Si-Cu-Mg合金体系上,通过维持中等含量的Cu、Mg含量,引入少量的Zn元素。一方面可使铝合金获得进一步的固溶强化效果,避免过量的Cu、Mg元素添加;另一方面Zn以固溶状态存在于基体中,不会出现Cu、Mg等添加产生的粗大Mg<sub>2</sub>Si、Al<sub>2</sub>Cu第二相,对合金延伸率影响较小,但却可以减少低熔点粗大第二相在晶界的富集,降低合金热裂倾向和提高腐蚀性能;同时由于少量Zn的添加,有助于促进共晶Si相的球化,提升合金韧性。

[0031] 本发明中通过严格控制Si的含量,在保证零件流动性(充填性能)的前提下,尽量避免Si高引起的共晶硅含量增加,带来对延伸率的损害;为解决Cu、Mg等元素的加入,在晶界处富集的粗大低熔点第二相对合金热裂性的影响,本发明还创造性的引入了Hf和Zr元素,通过Hf与Zr复合微合金化形成的纳米级弥散分布析出相,细化晶粒的同时,还可以控制第二相长大,从而获得细小均匀分布的第二相,提高铝合金性能和抗热裂倾向。进一步的,本发明的发明人发现通过一定量的稀土元素添加,在有利于共晶Si变质的同时,还可显著抑制铝合金的电化学腐蚀,提高铝合金的耐蚀性。

[0032] 本发明的一种示例性的实施方式,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:6.5~7.8重量%的Si,0.23~0.40重量%的Mg,0.25~0.48重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.76重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.037重量%的Sr,0.01~0.10重量%的Zr,小于或等于0.05重量%的Hf,小于或等于0.25重量%的Zn,小于或等于0.1重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。通过上述优选的实施方式,进一步调整Si、Mg、Cu和Sr的含量,可以进一步在满足本发明基本要求基础上,优化性能,实现最大的材料强度和韧性平衡。

[0033] 本发明的一种示例性的实施方式,以所述压铸铝合金总重量为基准,所述压铸铝合金中包括:6.5~7.8重量%的Si,0.23~0.40重量%的Mg,0.25~0.48重量%的Cu,0.09~0.25重量%的Fe,0.5~0.76重量%的Mn,0.05~0.20重量%的Ti,0.02~0.035重量%的Sr,0.02~0.08重量%的Zr,0~0.05重量%的Hf,小于或等于0.20重量%的Zn,小于或等于0.08重量%的稀土元素,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。该实施方式,进一步调整Zn和Zr的含量,适当范围内的Zn含量能够避免过多的Zn添加量与Al、Mg等形成粗大第二相;适当范围内的Zr含量能够避免第二相因Zr粒子过多而呈现的晶界偏聚倾向,并且能够提升与Hf的复合效果,进而提升合金性能。

[0034] 本发明的一种优选的实施方式,Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比小于或等于20。本发明通过Zr和Hf的复合微合金化作用,不仅有效的细化了晶粒组织,还有有效的降低沿晶界分布的Al<sub>2</sub>Cu、Mg<sub>2</sub>Si等低熔点第二相尺寸和分布,基于本发明建立的Cu、Mg与Zr、Hf添加量的关系,可实现良好的抗热裂倾向。

[0035] 根据本发明,所述压铸铝合金的极限抗拉强度可以为270~320MPa,屈服强度可以为135~170MPa;可选地,本发明中的压铸铝合金的断裂延伸率不低于10%,抗热裂倾向的参数 $H_{HCS}$ 不大于50,耐蚀性能的参数UF不大于3.5mm。本发明中合金的热裂性能采用常规的约束试棒法来评价(热裂棒模具和评价方法参考文献[Mg-Gd-Y-Zr合金的热裂性能]),热裂大小用HHCS值表示,HHCS值越大代表热裂倾向越大;本发明中合金耐蚀性能采用耐丝状腐蚀试验方法评价(利用划痕刻刀在S模样片上进行划痕,然后参考DIN EN ISO 9227标准CASS试验规定的循环腐蚀盐雾箱进行24h试验),腐蚀大小用UF值表示,UF值越大,合金腐蚀性能越差。

[0036] 本发明的高强韧、抗热裂倾向免热处理合金,在获得超高强性能实现优异轻量化的同时,兼顾良好的抗热裂倾向和良好的耐蚀性能,能够满足汽车行业对结构件的性能要求,特别适用于生产汽车车身大型结构薄壁件。

[0037] 本发明的第二方面提供一种免热处理压铸铝合金的制备方法,包括:

将铝置于熔炼炉中熔化并加入硅、锌、含稀土元素原料、含Cu原料、含Fe原料、含Mn原料、含Ti原料、含Zr原料、含Hf原料进行第一熔炼,得到第一熔体;

在所述第一熔体降至第二熔炼的温度,并加入镁和含Sr原料进行第二熔炼,得到第二熔体;

对所述第二熔体进行除气除渣精炼处理和扒渣处理,得到第三熔体;

将所述第三熔体进行成分检测,成分检测合格后进行高压压铸得到免热处理压铸铝合金;

其中,所述含稀土元素原料选自含La原料、含Ce原料和含Y原料中的至少一种。

[0038] 本发明的免热处理压铸铝合金的制备方法无需进行热处理工序就可以取得优异的性能,这不仅能够解决铸件因热处理发生变形和气泡的问题,还有助于简化一体化压铸工艺、提升成品率。

[0039] 本发明中,将熔炼过程涉及的熔炼炉、中转包、定量炉炉底清理干净和进行烘炉后,按照成分配比进行配料,其中,所述含Cu原料可以为Al-Cu系合金;所述含Fe原料可以为Al-Fe系合金;所述含Mn原料可以为Al-Mn系合金;所述含Ti原料可以为Al-Ti系合金;所述含Zr原料可以为Al-Zr系合金;所述含Hf原料可以为Al-Hf系合金;所述含Sr原料可以为Al-Sr系合金;所述含Ce原料可以为Al-Ce系合金;所述含La原料可以为Al-La系合金;所述含Y原料可以为Al-Y系合金。

[0040] 本公开的一种示例性的实施方式,Al-Cu系合金为Al-50Cu中间合金;Al-Fe系合金为Al-5Fe中间合金;Al-Mn系合金为Al-20Mn中间合金;Al-Ti系合金为Al-5Ti中间合金;Al-Zr系合金为Al-5Zr中间合金;Al-Hf系合金为Al-10Hf中间合金;Al-Sr系合金为Al-5Sr中间合金;Al-Ce系合金为Al-10Ce中间合金;Al-La系合金为Al-10La中间合金;Al-Y系合金为Al-5Y中间合金。

[0041] 根据本发明,所述第一熔炼的温度可以为750~770℃;所述第二熔炼的温度可以为730~750℃。

[0042] 根据本发明,所述除气除渣精炼处理可以包括:采用旋转喷吹设备向所述第二熔体中通入带有精炼剂粉末的惰性气体气氛或氮气;所述惰性气体为氩气;其中,所述惰性气体气氛或氮气的压力为0.4~0.6MPa,流量25~30L/min,除气转速540~560r/min,除气时间10

~30min,温度710~740℃。

[0043] 本发明中涉及的扒渣处理可以为本领域所通用的方法,例如,扒渣处理的具体操作可以为采用铁质扒渣工具进行人工扒渣。

[0044] 本发明的第三方面提供一种汽车车身结构件,包括压铸铝合金,所述压铸铝合金为前述的免热处理压铸铝合金或前述的制备方法制备得到的免热处理压铸铝合金。

[0045] 以下通过实施例进一步详细说明本发明。实施例中所用到的原材料均可通过商购途径获得。

[0046] 实施例和对比例中涉及的铝合金的制备方法具体包括以下步骤:

1) 熔炼前准备:将熔炼过程涉及的熔炼炉、中转包、定量炉炉底清理干净和进行烘炉;

2) 配料:基于成分配比进行配料,准备纯铝锭、工业硅、金属镁、金属锌、铁剂、Al-Cu中间合金、Al-Mn中间合金、Al-Ti中间合金和Al-Sr中间合金,以及可选地准备稀土元素中间合金、Al-Zr中间合金和Al-Hf中间合金;

3) 合金熔炼:设置熔炼温度为750-770℃,先将纯铝锭投入熔炼炉,待铝锭全部熔化后,再加入工业硅、Al-Mn中间合金、Al-Ti中间合金、金属锌,以及可选地加入稀土元素中间合金、Al-Zr中间合金和Al-Hf中间合金;然后降低温度至730℃,加入金属镁和Al-Sr中间合金。

[0047] 4) 精炼除气:采用旋转喷吹设备向熔体中通入带有精炼剂粉末的高纯氮气做喷粉精炼,高纯N<sub>2</sub>压力0.4-0.6MPa,流量25-30L/min,除气转速550±10r/min,除气时间900s,温度控制720-730℃;除渣、除气后,静置10-20min,进行扒渣处理,得到精炼后的熔体;

5) 中转包转运:将经精炼除气后的成分合格铝液通过中转包转运中压铸机旁边的定量炉,开始合金压铸;

6) 合金压铸:采用布勒CARAT 180 compact压机,铸造压力70MPa,真空度40mbar,模具温度控制在160℃,模具填充时间统一设置100ms,所用模具为自研的“S”型流动模。

[0048] 实施例1

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0049] 实施例2

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.15wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0050] 实施例3

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.30wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,Ce:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0051] 实施例4**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.48wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,Ce:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0052] 实施例5**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.38wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0053] 实施例6**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.48wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,Y:0.08wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0054] 实施例7**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.02wt.%,Zr:0.05wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0055] 实施例8**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.8wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0056] 实施例9**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.50wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,Ce:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0057] 实施例10**

本实施例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.1wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

**[0058] 对比例1**

本对比例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:6.4wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质

元素和余量的Al。

[0059] 对比例2

本对比例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.60wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0060] 对比例3

本对比例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.45wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0061] 对比例4

本对比例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.40wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.28wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,La:0.05wt.%,Hf:0.005wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0062] 对比例5

本对比例中制备的免热处理压铸铝合金的化学组分为:Si:7.2wt.%,Fe:0.15wt.%,Cu:0.48wt.%,Mg:0.30wt.%,Zn:0.04wt.%,Mn:0.65wt.%,Ti:0.12wt.%,Sr:0.025wt.%,Ce:0.05wt.%,Zr:0.035wt.%,小于或等于0.05重量%的其他杂质元素和余量的Al。

[0063] 表1记录了实施例1-10和对比例1-5制备的铝合金化学成分,其中R值表示Cu和Mg的总重量与Zr和Hf的总重量之比。

[0064] 表1

组别	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti	Sr	RE	Hf	Zr	R值
实施例1	7.20	0.15	0.40	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	17.5
实施例2	7.20	0.15	0.40	0.30	0.15	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	17.5
实施例3	7.20	0.15	0.30	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	Ce 0.05	0.005	0.035	15
实施例4	7.20	0.15	0.48	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	Ce 0.05	0.005	0.035	19.5
实施例5	7.20	0.15	0.40	0.38	0.02	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	19.5
实施例6	7.20	0.15	0.40	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	Y 0.08	0.005	0.035	19.5
实施例7	7.20	0.15	0.40	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.02	0.05	10
实施例8	7.30	0.15	0.40	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	17.5
实施例9	7.20	0.15	0.50	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	Ce 0.05	0.005	0.035	20
实施例10	7.20	0.15	0.40	0.30	0.04	0.85	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.1	6.67
对比例1	6.40	0.15	0.40	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	17.5
对比例2	7.20	0.15	0.60	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	22.5
对比例3	7.20	0.15	0.40	0.45	0.04	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	21.25
对比例4	7.20	0.15	0.40	0.30	0.28	0.65	0.12	0.025	La 0.05	0.005	0.035	17.5
对比例5	7.20	0.15	0.40	0.30	0.04	0.65	0.12	0.025	Ce 0.05	-	0.035	22.29

测试例1

对实施例1-10和对比例1-5制备的铝合金进行性能测试,测试结果见表2。

[0065] 表2

案例	屈服强度	抗拉强度	伸长率	热裂性 $H_{500}$	耐蚀性 UF	S 模充填
	MPa	MPa	%	-	mm	
实施例 1	141	284	12.4	38	2.4	OK
实施例 2	149	292	12.0	40	2.7	OK
实施例 3	133	276	13.8	31	2.0	OK
实施例 4	150	295	11.5	43	3.0	OK
实施例 5	153	289	10.9	44	3.1	OK
实施例 6	152	296	11.7	43	2.5	OK
实施例 7	143	288	12.9	32	2.4	OK
实施例 8	152	293	10.8	36	2.4	OK
实施例 9	152	296	10.7	45	3.0	OK
实施例 10	141	283	12.1	38	2.4	OK
对比例 1	125	266	14.3	39	2.4	NO
对比例 2	160	308	9.8	52	3.7	OK
对比例 3	150	294	9.4	51	3.6	OK
对比例 4	165	312	8.7	46	3.2	OK
对比例 5	148	293	11.2	51	3.0	OK

通过实施例1和实施例2可以看出,通过增加Zn的添加量,合金强度的提高明显,而延伸率、耐蚀性仅稍有下降,同时热裂性提高也不明显;通过实施例1、实施例4和实施例5的对比可以看出,一定范围内添加Cu、Mg对合金延伸率、耐蚀性和热裂性的恶化相比于添加Zn更明显;通过实施例4和实施例6可以发现,通过提高合金在稀土元素含量,合金耐蚀性改性明显;通过实施例1和实施例7可以看到,提高Hf和Zr的含量,合金热裂倾向明显降低,具有更高的抗热裂性能;而对于不在本发明成分范围内的合金,如对比例1, Si含量过低,合金具有优异延伸率,但成型性能不足, S模零件充填不满;而对比例2和对比例3中, Cu、Mg含量过高时,带来合金延伸率急剧下降的同时,合金热裂倾向明显增加、耐蚀性下降;对比例4中由于Zn过量,会带来合金延伸率急剧下降,但热裂倾向和耐蚀性下降倾向稍低于Cu、Mg;对比实施例4和对比例5可以看到,微量Hf的添加及其与Zr的交互作用,可以很好抑制合金热裂倾向。

[0066] 本领域技术人员在考虑说明书及实践本发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本发明旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本发明未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由下面的权利要求指出。

[0067] 应当理解的是,本发明并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本发明的范围仅由所附的权利要求来限制。

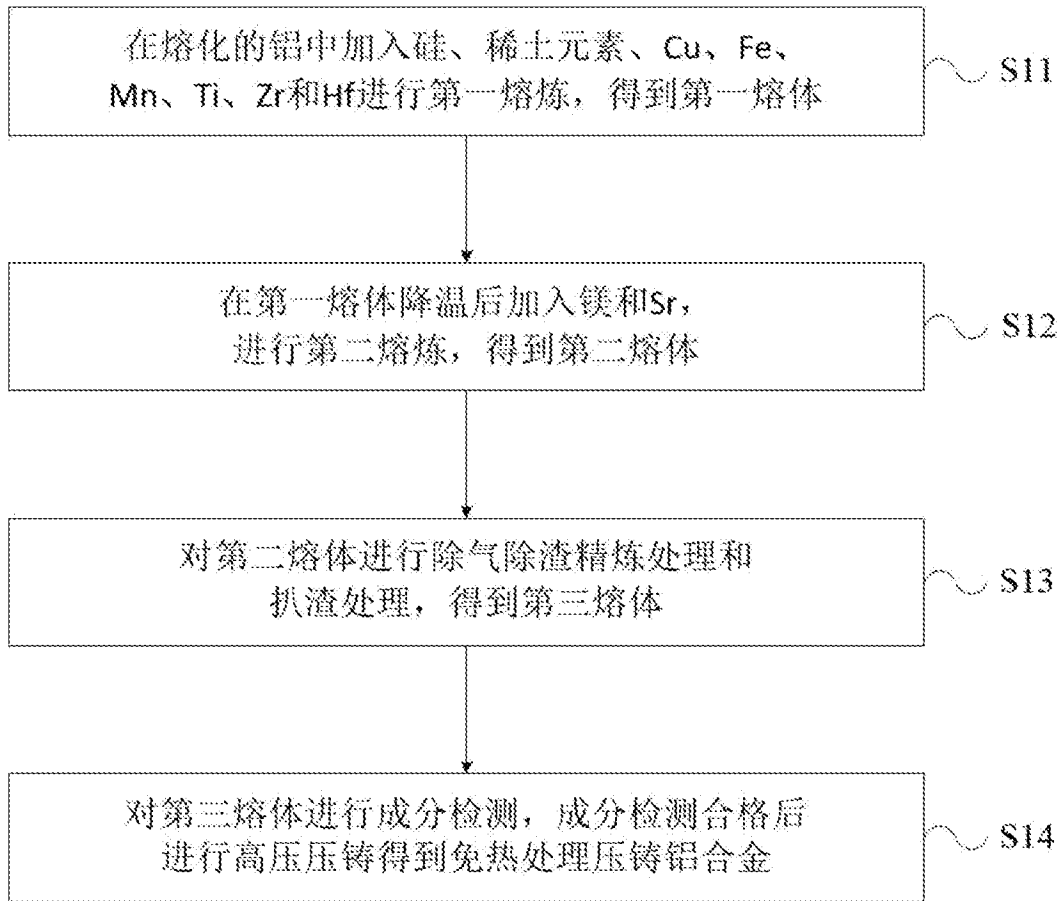


图1

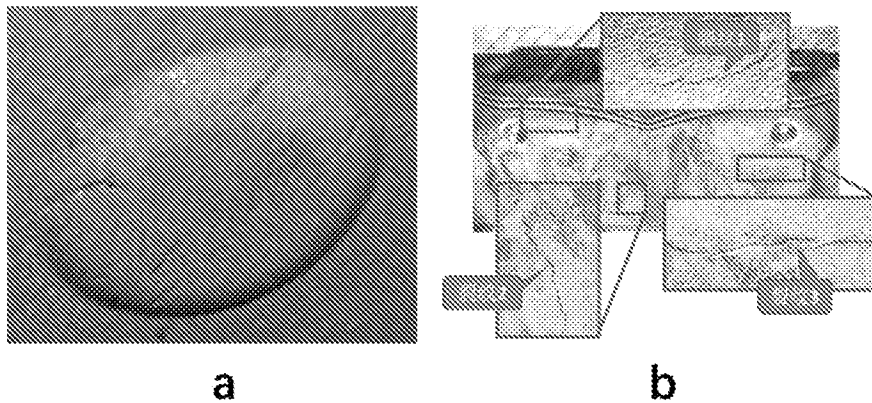


图2

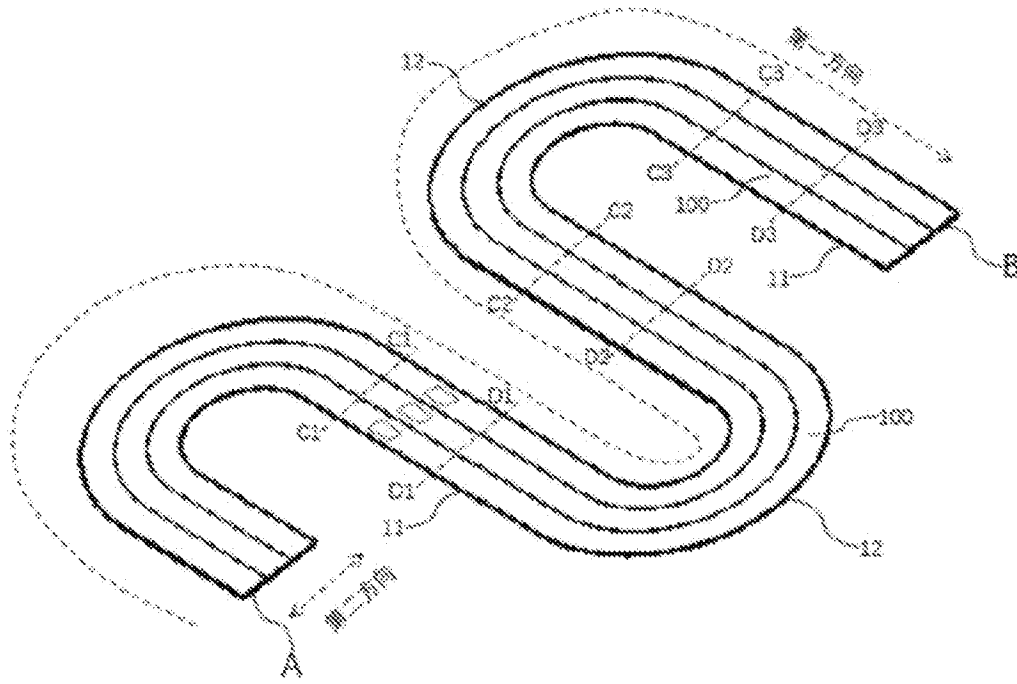


图3

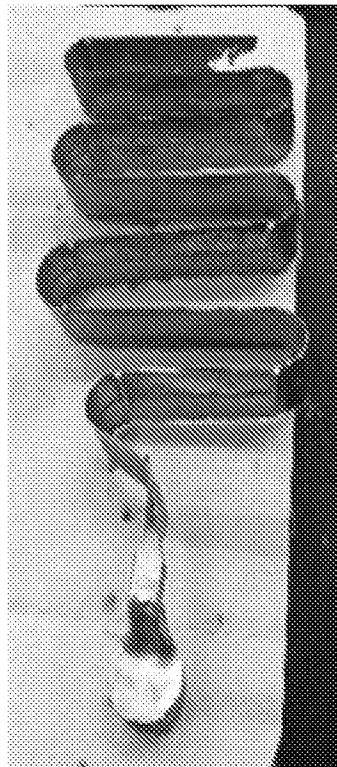


图4

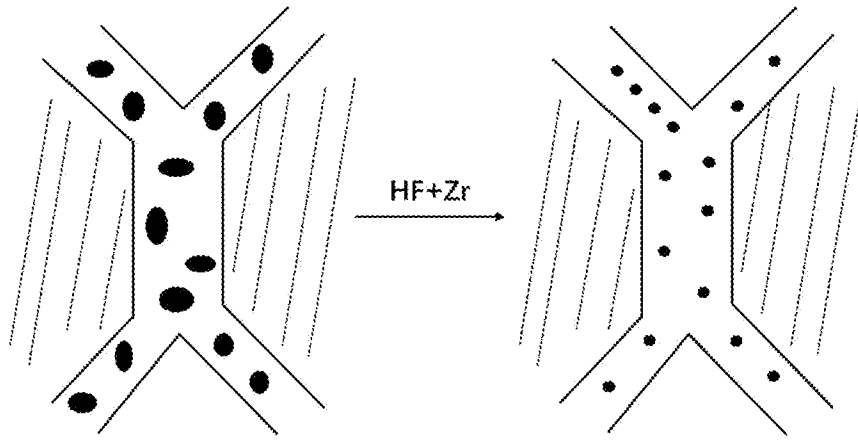


图5