(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114717455 A
(43)申请公布日 2022.07.08

(21)申请号 202210418545.9

(22)申请日 2022.04.20

(71)申请人 北京车和家汽车科技有限公司
地址 101399 北京市顺义区高丽营镇恒兴路4号院1幢107室(科技创新功能区)
申请人 中铝材料应用研究院有限公司

(72)发明人 张俊超 钟鼓 刘俊东 贵星卉 付裕 李虎田 邱楚 周玉立 钱坤 马会君 卢琦 汤靖

(74)专利代理机构 中国有色金属工业专利中心 11028
专利代理师 范威

(51)Int.Cl.
C22C 21/04(2006.01)
C22C 1/02(2006.01)
C22C 1/03(2006.01)

权利要求书2页 说明书9页

(54)发明名称

一种免热处理高强韧压铸铝合金及其制备方法

(57)摘要

一种免热处理高强韧压铸铝合金及其制备方法，该合金包括：Si 7.5～9.5wt.%，Ni0～1.5wt.%，Mn 0.4～0.8wt.%，Mg 0～0.4wt.%，Cr 0.08～0.3wt.%，Zr 0.01～0.15wt.%，Ti0.03-0.1wt.%，Sr 0.005～0.025wt.%，其余为铝和不可避免杂质元素。本发明压铸铝合金的热稳定性良好，在不高于150℃保持1000h后力学性能变化不超过10%，具有压铸态屈服强度大于120MPa，伸长率大于14%的优异力学性能，无需进行后续热处理即可满足车身压铸结构件的性能要求，可大幅提升薄壁压铸结构件产品的合格率，降低汽车零件使用成本。

CN 114717455 A

1.一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,所述铝合金包括下述质量百分比含量的组分:Si 7.5～9.5wt.%,Ni 0～1.5wt.%,Mn 0.4～0.8wt.%,Mg 0～0.4wt.%,Cr 0.08～0.3wt.%,Zr 0.01～0.15wt.%,Ti 0.03-0.1wt.%,Sr 0.005～0.025wt.%,其余为铝和不可避免杂质元素,所述不可避免杂质元素中Fe≤0.18wt.%,其他单个杂质元素含量≤0.05wt.%,且其他杂质总量≤0.3wt.%。

2.根据权利要求1所述的一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,控制Si/Ni的含量比值不低于7:1,Mn/Cr的含量比值为3:1～4:1,Cr/Zr的含量比值为2:1～3:1。

3.根据权利要求1所述的一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,第二相尺寸＜20μm。

4.根据权利要求1所述的一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,所述不可避免杂质元素中包括Cu、V、P、Ca、Zn。

5.根据权利要求1所述的一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,所述Mn 0.4～0.6wt.%,Mg 0.05～0.25wt.%,Cr 0.08～0.25wt.%,Zr 0.03～0.12wt.%,Sr 0.01～0.025wt.%。

6.根据权利要求1所述的一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,所述Ni 0～1.2wt.%,Mn 0.4～0.55wt.%,Mg 0.05～0.20wt.%,Cr 0.08～0.18wt.%,Zr 0.03～0.12wt.%,Ti 0.03～0.08wt.%,Sr 0.01～0.02wt.%,Fe≤0.15wt.%,其中,控制Si/Ni的含量比值不低于7:1,Mn/Cr的含量比值为3.5:1～4:1,Cr/Zr的含量比值为2.5:1～3:1,不可避免杂质元素中其他单个杂质元素含量≤0.03wt.%,且其他杂质总量≤0.2wt.%。

7.根据权利要求1所述的一种免热处理高强韧压铸铝合金,其特征在于,所述Si 7.5～9.0wt.%,Ni 0～1.2wt.%,Mn 0.44～0.53wt.%,Mg 0.05～0.20wt.%,Cr 0.1～0.2wt.%,Zr 0.05～0.12wt.%,Ti 0.05～0.1wt.%,Sr 0.01～0.02wt.%,Fe≤0.12wt.%,其中控制Mn/Cr的含量比值为3.5:1～4:1,Cr/Zr的含量比值为2.5:1～3:1,不可避免杂质元素中其他单个杂质元素含量≤0.03wt.%,且其他杂质总量≤0.2wt.%。

8.一种如权利要求1-7任一所述铝合金的制备方法,其特征在于,所述方法包括:

(1)将铝、硅、镍、锰、Sr、铬、锆、钛、镁原料预热至150～200℃;

(2)根据上述组分配比,先将经步骤(1)处理得到的铝原料投入工业熔炼炉中,加热到760～800℃,然后加入锰、铬、锆、镍、钛和硅原料在熔炼炉中熔解,温度控制在740～780℃,最后将镁原料加入并搅拌至完全熔化,得到合金熔体;

(3)向经步骤(2)得到的合金熔体中加入除渣剂,合金熔体温度控制在730～750℃;

(4)对经步骤(3)得到的合金熔体进行检测,成分合格后,加入Sr原料,合金熔体温度控制在720～740℃,搅拌后静置5-10min,然后加入铝钛碳硼细化剂,所述细化剂重量占合金熔体总量的0.3-0.8wt.%,合金熔体温度控制在720～740℃;

(5)向经步骤(4)得到的合金熔体在0-2min内加入覆盖剂后直接精炼除气,保证时间在5～20分钟,温度控制在720～730℃;

(6)对精炼得到的合金熔体进行成分检测、密度检测和含渣检测,检测合格后,静置降温至690～720℃,获得免热处理高强韧压铸铝合金。

9.根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,所述铝原料采用纯铝或电解铝,硅原料采用铝硅中间合金或工业硅或速溶硅,镍原料采用铝镍中间合金或纯镍,锰原料采用铝

锰中间合金或锰剂,Sr原料采用Al-10Sr中间合金,铬原料采用纯铬或铝铬中间合金,锆原料采用纯锆或铝锆中间合金,钛原料采用纯钛或钛剂或铝钛中间合金,铝钛碳硼细化剂采用铝钛碳硼中间合金线杆,镁原料采用纯镁。

10.根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(4)加入的Sr原料重量占合金熔体总量的0.1～0.3wt.%,加入的铝钛碳硼细化剂重量占合金熔体总量的0.4～0.7wt.%。

11.根据权利要求10所述的制备方法,其特征在于,所述铝钛碳硼细化剂中,钛元素的质量百分比为4～6wt.%,碳元素的质量百分比0.09～0.1wt.%,硼元素的质量百分比为0.08～0.12wt.%。

12.根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(3)加入的除渣剂重量占合金熔体总量的0.1～0.3wt.%,加入的除渣剂为无钠精炼剂;所述步骤(5)覆盖剂为无钠覆盖剂,加入量0.05-0.1wt.%,精炼除气通入氩气或高纯氮气,通入压力0.18～0.25MPa。

13.根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(6)合金熔体检测合格标准为:成分合格,密度值不低于2.61g/cm^3,K模值不高于1/20。

14.根据权利要求8所述的制备方法,其特征在于,获得的铝合金可通过真空压铸成形方法制成汽车受力结构件或底盘件。

一种免热处理高强韧压铸铝合金及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料技术领域，具体涉及一种热稳定性优异、高强韧的免热处理压铸铝合金及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来，随着轻量化发展战略的实施和压铸设备、工艺技术的迅速发展，采用高真空压铸制备的汽车受力结构件成为新能源汽车实现轻量化的重要途径。目前，铝合金压铸结构件普遍采用AlSiMnMg系合金配合热处理来实现零件的强韧化。热处理通常会导致薄壁结构件的变形和成本的提高。为了提高薄壁结构件的成品率降低成本，采用免热处理高强韧铝合金制备薄壁结构件是重要发展方向。这就要求免热处理铝合金不仅具有高屈服强度、高韧性和高疲劳强度等综合力学性能，还具有优异的铸造流动性、尺寸稳定性和比刚度。根据其材料特性，免热处理铝合金压铸结构件易通过胶结和自穿刺与其它零件连接，相比钢制件大幅降低零件重量，提高新能源汽车的里程数和操控性能。随着新能源汽车结构件的集成化程度越来越高，免热处理压铸铝合金材料成为其唯一选择。

[0003] 汽车车身结构件用压铸铝合金合金综合性能优良，需同时具备优良的压铸性能、高屈服强度、高韧性和优异热稳定性。压铸性能一般通过添加Si来满足，铸态下的高强度则需添加固溶强化元素，而高韧性则需尽量降低第二相体积分数，减少晶格畸变，这三者难以统筹兼顾。此外，车身结构件需与其它零件连接，在烤漆和服役过程中要保持尺寸和性能稳定，就要求新合金具有优异的热稳定性能。

[0004] 目前，有多家生产企业和研究单位公开了一些免热处理压铸铝合金，如CN 104471090 B、CN105316542 A、CN10548365B、CN 106636787B和CN 110079712 A等，这些专利通过添加Si、Mg、Cu、V、Zr、稀土和Sr等合金元素来保证合金的高流动性、高强度和高韧性，但对合金的热稳定性能均未提及。热稳定性能是车身零件一项主要性能指标，主机厂对结构件的要求是150℃×1000h后力学性能波动不超过10％，尤其伸长率和屈服强度仍需在性能指标范围内，其影响因素主要包括晶粒均匀性、Mg、Cu、Zn等强化相元素含量和第二相种类和形貌特征等。因此，为保障汽车轻量化的顺利发展，亟需开发新型的满足热稳定性优异和高强韧要求的免热处理压铸铝合金及其制备工艺。

发明内容

[0005] 针对上述已有技术存在的不足，本发明提供一种免热处理流动性好的高强度、高韧性、热稳定优异的压铸Al-Si-Mn-Mg-X铝合金及其制备方法。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的。

[0007] 一种免热处理高强韧压铸铝合金，其特征在于，所述铝合金包括下述质量百分比的含量的组分：Si 7.5～9.5wt.％，Ni 0～1.5wt.％，Mn 0.4～0.8wt.％，Mg 0～0.4wt.％，Cr 0.08～0.3wt.％，Zr 0.01～0.15wt.％，Ti 0.03-0.1wt.％，Sr 0.005～0.025wt.％，其余为铝和不可避免杂质元素，所述不可避免杂质元素中Fe≤0.18wt.％，其他单个杂质元素

含量≤0.05wt.%,且其他杂质总量≤0.3wt.%。

[0008] 进一步地,控制Si/Ni的含量比值不低于7:1,Mn/Cr的含量比值为3:1～4:1,Cr/Zr的含量比值为2:1～3:1。

[0009] 进一步地,第二相(除初生铝相外的其它元素单质相或富其它合金元素相,例如共晶硅相、铝铁锰硅相、Mg_2Si相等)尺寸＜20μm。

[0010] 进一步地,所述不可避免杂质元素中包括Cu、V、P、Ca、Zn。

[0011] 进一步地,所述Mn 0.4～0.6wt.%,Mg 0.05～0.25wt.%,Cr 0.08～0.25wt.%,Zr 0.03～0.12wt.%,Sr 0.01～0.025wt.%。

[0012] 进一步地,所述Ni 0～1.2wt.%,Mn 0.4～0.55wt.%,Mg 0.05～0.20wt.%,Cr 0.08～0.18wt.%,Zr 0.03～0.12wt.%,Ti 0.03～0.08wt.%,Sr 0.01～0.02wt.%,Fe≤0.15wt.%,其中,控制Si/Ni的含量比值不低于7:1,Mn/Cr的含量比值为3.5:1～4:1,Cr/Zr的含量比值为2.5:1～3:1,不可避免杂质元素中其他单个杂质元素含量≤0.03wt.%,且其他杂质总量≤0.2wt.%。

[0013] 进一步地,所述Si 7.5～9.0wt.%,Ni 0～1.2wt.%,Mn 0.44～0.53wt.%,Mg 0.05～0.20wt.%,Cr 0.1～0.2wt.%,Zr 0.05～0.12wt.%,Ti 0.05～0.1wt.%,Sr 0.01～0.02wt.%,Fe≤0.12wt.%,其中控制Mn/Cr的含量比值为3.5:1～4:1,Cr/Zr的含量比值为2.5:1～3:1,不可避免杂质元素中其他单个杂质元素含量≤0.03wt.%,且其他杂质总量≤0.2wt.%。

[0014] 一种上述铝合金的制备方法,其特征在于,所述方法包括:

[0015] (1)将铝、硅、镍、锰、Sr、铬、锆、钛、镁原料预热至150～200℃;

[0016] (2)根据上述组分配比,先将经步骤(1)处理得到的铝原料投入工业熔炼炉中,加热到760～800℃,然后加入锰、铬、锆、镍、钛和硅原料在熔炼炉中熔解,温度控制在740～780℃,最后将镁原料加入并搅拌至完全熔化,得到合金熔体;

[0017] (3)向经步骤(2)得到的合金熔体中加入除渣剂,所述除渣剂重量占合金熔体总量的0.1～0.3wt.%,合金熔体温度控制在730～750℃;

[0018] (4)对经步骤(3)得到的合金熔体进行检测,成分合格后,加入Sr原料,合金熔体温度控制在720～740℃,搅拌后静置5-10min,保证加入的原料充分熔化,然后加入铝钛碳硼细化剂,所述细化剂重量占合金熔体总量的0.3-0.8wt.%,合金熔体温度控制在720～740℃;

[0019] (5)向经步骤(4)得到的合金熔体在0-2min内加入覆盖剂后直接精炼除气,加入量0.05-0.1wt.%,精炼除气通入氩气或高纯氮气,通入压力0.18～0.25MPa,保证时间在5～20分钟,温度控制在720～730℃;

[0020] (6)对精炼得到的合金熔体进行成分检测、密度检测和含渣检测,检测合格后,静置降温至690～720℃,获得免热处理高强韧压铸铝合金。

[0021] 进一步地,所述铝原料采用纯铝或电解铝,硅原料采用铝硅中间合金或工业硅或速溶硅,镍原料采用铝镍中间合金或纯镍,锰原料采用铝锰中间合金或锰剂,Sr原料采用Al-10Sr中间合金,铬原料采用纯铬或铝铬中间合金,锆原料采用纯锆或铝锆中间合金,钛原料采用纯钛或钛剂或铝钛中间合金,铝钛碳硼细化剂采用铝钛碳硼中间合金线杆,镁原料采用纯镁。

[0022] 进一步地，所述步骤(4)加入的Sr原料重量占合金熔体总量的0.1～0.3wt.％，加入的铝钛碳硼细化剂重量占合金熔体总量的0.4～0.7wt.％。

[0023] 进一步地，所述铝钛碳硼细化剂中，钛元素的质量百分比为4～6wt.％，碳元素的质量百分比0.09～0.1wt.％，硼元素的质量百分比为0.08～0.12wt.％。

[0024] 进一步地，所述步骤(3)加入的除渣剂为无钠精炼剂，所述步骤(5)覆盖剂为无钠覆盖剂。

[0025] 进一步地，所述步骤(6)合金熔体合格标准为：成分合格，采用减压凝固法获得试样密度值不低于2.61g/cm^3，K模值不高于1/20。

[0026] 进一步地，获得的铝合金可通过真空压铸成形方法制成包括副车架、减震器支座等的汽车受力结构件或底盘件。

[0027] 该热稳定性优异、高强韧免热处理压铸铝合金中各元素的作用如下：

[0028] 硅元素的结晶潜热远大于铝，在铝合金中可显著提高铝合金的压铸流动性，同时还能提高铝合金的强度和机械加工性能。硅含量越高，共晶组织越多，铝合金的压铸流动性越好，但硅相的尺寸越大，压铸铝合金的韧性会下降，为保证压铸铝合金的流动性和高韧性，硅元素含量需在7～10wt.％以内。

[0029] 镍元素不但可显著提高铝合金的流动性能，还可以形成热稳定性较强的富Ni相，从而提高铝合金的热稳定性。但Ni含量过高，会形成粗大的Al3Ni相，导致铝合金的韧性显著下降，为保证压铸铝合金的高韧性，Ni含量限制在1.5wt.％以下。

[0030] 镁元素在铝硅压铸铝合金中一方面固溶到铝合金中形成固溶强化，另一方面与硅形成Mg_2Si强化相，增强压铸铝合金的强度，镁含量越高，压铸铝合金的强度也越高，但韧性会逐渐下降，为了保证压铸铝合金的强度、韧性，Mg的重量百分比含量范围可以限定为0.6wt.％以内。

[0031] 铁元素显著提高压铸铝合金的抗粘模性能，但少量的铁就会在压铸铝合金中形成粗大的针状β-Al_5FeSi相，严重割裂铝合金基体，导致传统压铸铝合金强度和韧性较低，为此Fe的含量控制在0.18wt.％以内。

[0032] 锰和铬元素对压铸铝合金的强度影响不大，不过锰和铬将针状β-Al_5FeSi相转变为块状或汉字状的$Al_{15}(Mn,Cr,Fe)_3Si_2$相，从而提高合金的韧性。此外，锰和铬元素还能改善压铸铝合金的粘模性能。但锰和铬元素过高会形成大尺寸的富锰和铬相，影响合金的韧性。同时添加Cr和Mn不但可降低Mn含量，从而在保证脱模性能同时减小AlFeMnCrSi相尺寸，从而有效提升铸态伸长率。一般锰含量在0.8wt.％以内，Cr含量在0.3wt.％以内。

[0033] 锆元素在铝基体的固溶度极小，在凝固时会优先析出细小稳定的Al_3Zr，在高温时会钉扎晶界移动而显著提高合金的热稳定性能，但过量添加会导致该相尺寸粗大，失去了作为形核核心和钉扎晶界的作用。为保证热稳定效果Zr含量限制在0.15wt.％以下。

[0034] 锶元素在压铸铝合金中主要作用是将粗大、细长的共晶硅相变质为短纤维状、短棒状或蠕虫状，显著提高压铸铝合金的强度和韧性。但锶含量增加会导致合金的吸气性增加，提高合金中的含气量，因此锶含量范围可以限定为0.005～0.03wt.％，但存在硼元素时会造成锶中毒现象。

[0035] 钛和硼元素在铝基体的固溶度极小，在凝固时会优先析出细小稳定的TiB_2，作为α-Al的形核核心，细化晶粒尺寸，提高组织均匀性，但添加时硼元素会与锶元素发生毒害，

导致细化变质作用消失。当钛元素完全以纯钛或钛剂或铝钛中间合金的形式添加，不能保证细化的效果，因此在保证钛添加一定量的同时，将一部分钛和硼元素以铝钛碳硼中间合金的形式添加，则可同时保证细化和变质效果，铝钛碳硼中间合金添加量为熔体总重量的0.3-0.8wt.％。

[0036] 本发明的有益技术效果：本发明提供一种免热处理高强韧压铸铝合金及其制备方法，通过复合变质/细化工艺来保证合金中的晶粒尺寸细小均匀的同时共晶硅变质效果良好，并避免锶中毒现象。本发明压铸铝合金的热稳定性良好，在不高于150℃保持1000h后的力学性能变化不超过10％，该合金具有压铸态屈服强度大于120MPa，伸长率大于14％的优异力学性能，无需进行后续热处理即可满足车身压铸结构件的性能要求，适用于生产大型薄壁压铸结构件，可大幅提升薄壁压铸结构件产品的合格率，降低汽车零件使用成本。

具体实施方式

[0037] 下面将结合具体实施例来详细说明本发明，在此本发明的示意性实施例以及说明，用来解释本发明，但是对实施例的描述均不是对本发明方案的限制，任何依据本发明构思所做出的仅仅为形式上的而非实质性的等效变换都应视为本发明的技术方案范畴。

[0038] 实施例1

[0039] 一种免热处理高强韧压铸铝合金，该合金属于Al-Si-Mn-Mg-X合金，包括以下质量百分比的组分：Si 7.56wt.％，Ni 1.5wt.％，Mn 0.59wt.％，Mg 0.05wt.％，Cr 0.1wt.％，Zr 0.05wt.％，Ti 0.1wt.％，Sr 0.011wt.％，其余为铝和不可避免杂质，其中不可避免杂质中Fe 0.13wt.％，其他单个杂质元素含量≤0.003wt.％，且其他杂质总量≤0.01wt.％。第二相尺寸小于20μm。

[0040] (1)首先将纯铝、铝硅中间合金、铝镍中间合金、锰剂、铝铬中间合金、铝锆中间合金、铝钛中间合金、Al-10Sr中间合金、纯镁预热至200℃。

[0041] (2)根据预期的合金成分计算所需各原料的重量，先将经步骤(1)处理后的纯铝投入工业熔炼炉中，加热到760℃～780℃，然后加入锰剂、铝铬中间合金、铝锆中间合金、铝钛中间合金、铝镍中间合金和铝硅中间合金在工业熔炉中熔解，温度控制在740～750℃，最后将纯镁加入并搅拌至完全熔化，得到合金熔体；

[0042] (3)在经步骤(2)处理得到的合金熔体中加入除渣剂，具体为无钠精炼剂，其重量占熔体总量的0.3wt.％，合金熔体温度控制在730℃。

[0043] (4)对步骤(3)得到的合金熔体进行成分检测，确保成分合格后转入渣包中，在熔体中加入Al-10Sr中间合金，其重量占熔体总量的0.13wt.％，合金溶液温度控制在730～740℃，搅拌后静置6min，保证中间合金充分熔化，然后加入铝钛碳硼中间合金线杆，其重量占熔体总量的0.4wt.％，合金溶液温度控制在720～740℃。

[0044] (5)对步骤(4)得到的熔体在1min加入占熔体0.07wt.％无钠覆盖剂后直接通入氩气精炼除气，精炼除气分两次进行，第一次时间为10分钟，第二次时间为5分钟，通气压力0.19MPa，温度控制在720-730℃。

[0045] (6)精炼得到的熔体进行成分检测、密度检测和含渣检测，熔体合格标准为：成分在设计范围内，密度值为2.632g/cm^3，K模值为不高于0/20。静置降温至690℃，随后通过真空压铸工艺制备标准拉伸试棒，其中真空度控制在30-50mbar，压铸温度为680-700℃，压射

速度为2m/s,铸造压力为104MPa。

[0046] 实施例2

[0047] 一种免热处理高强韧压铸铝合金,该合金属于Al-Si-Mn-Mg-X合金,包括以下质量百分比的组分:Si 8.01wt.%,Ni 1.25wt.%,Mn 0.63wt.%,Mg 0.1wt.%,Cr 0.12wt.%,Zr 0.15wt.%,Ti 0.07wt.%,Sr 0.015wt.%,其余为铝和不可避免的微量杂质,其中不可避免的微量杂质中Fe 0.11wt.%,其他单个杂质元素含量≤0.003wt.%,且其他杂质总量≤0.01wt.%。确保第二相尺寸小于20μm。

[0048] (1)首先将电解铝、速溶硅、纯镍、铝锰中间合金、纯镁、纯铬、纯锆、纯钛和Al-10Sr中间合金预热至185℃。

[0049] (2)根据预期的合金成分计算所需各原料的重量,先将经步骤(1)处理后的电解铝投入工业熔炼炉中,加热到770℃～790℃,然后加入铝锰中间合金、纯铬、纯锆、纯镍、纯钛和速溶硅在工业熔炉中熔解,温度控制在750～770℃,然后将纯镁加入并搅拌至完全熔化,得到合金熔体。

[0050] (3)在经步骤(2)得到的熔体中加入除渣剂,具体为无钠精炼剂,其重量占熔体总量的0.2wt.%,合金熔体温度控制在740℃。

[0051] (4)对步骤(3)得到的熔体进行成分检测,确保成分合格后转入渣包中,在处理后的熔体中加入Al-10Sr中间合金,其重量占熔体总量的0.15wt.%,合金溶液温度控制在720～730℃,搅拌后静置8min,保证中间合金充分熔化,然后加入铝钛碳硼中间合金线杆,其重量占熔体总量的0.5wt.%,合金溶液温度控制在720～730℃。

[0052] (5)对步骤(4)处理后的熔体在1.5min内加入占熔体0.09wt.%覆盖剂后直接通入氩气精炼除气,精炼除气分两次进行,第一次时间为10分钟,第二次时间为5分钟,通气压力0.2MPa,温度控制在720～730℃。

[0053] (6)精炼后的熔体进行成分检测、含气检测和含渣检测,熔体合格标准为:成分在设计范围内,密度值为2.643g/cm^3,K模值为不高于0/20。静置降温至700℃,随后浇注成合金锭,即得到本实施例期望的合金。随后通过真空压铸工艺制备标准拉伸试棒,其中真空度控制在30～50mbar,压铸温度为680～700℃,压射速度为2m/s,铸造压力为104MPa。

[0054] 实施例3

[0055] 一种免热处理高强韧压铸铝合金,该合金属于Al-Si-Mn-Mg-X合金,包括以下质量百分比的组分:Si 8.94wt.%,Ni 0.78wt.%,Mn 0.47wt.%,Mg 0.15wt.%,Cr 0.17wt.%,Zr 0.08wt.%,Ti 0.09wt.%,Sr 0.025wt.%,其余为铝和不可避免的微量杂质,其中不可避免的微量杂质中Fe 0.10wt.%,其他单个杂质元素含量≤0.01wt.%,且其他杂质总量≤0.1wt.%。确保第二相尺寸小于20μm。

[0056] (1)首先将纯铝、铝硅中间合金、铝镍中间合金、锰剂、铝铬中间合金、铝锆中间合金、铝钛中间合金、纯镁和Al-10Sr中间合金预热至175℃。

[0057] (2)根据预期的合金成分计算所需各原料的重量,先将经步骤(1)处理后的纯铝投入工业熔炼炉中,加热到790℃～800℃,然后加入锰剂、铝镍中间合金、铝铬中间合金、铝锆中间合金、铝钛中间合金和铝硅中间合金在工业熔炉中熔解,温度控制在770-780℃,然后将纯镁加入并搅拌至完全熔化,得到合金熔体。

[0058] (3)在经步骤(2)得到的熔体中加入除渣剂,具体为无钠精炼剂,其重量占熔体总

量的0.1wt.%，合金熔体温度控制在750℃。

[0059] (4)对步骤(3)得到的熔体进行成分检测，确保成分合格后转入渣包中，在处理后的熔体中加入Al-10Sr中间合金，其重量占熔体总量的0.18wt.%，合金熔体温度控制在730～740℃，搅拌后静置7min，保证中间合金充分熔化，然后加入铝钛碳硼中间合金线杆，其重量占熔体总量的0.6wt.%，合金溶液温度控制在720～740℃。

[0060] (5)对步骤(4)处理后的熔体在2min内加入占熔体0.06wt.%的无钠覆盖剂后直接通入高纯氮气精炼除气，精炼除气分两次进行，第一次时间为10分钟，第二次时间为8分钟，通气压力0.18MPa，温度控制在720～730℃。

[0061] (6)精炼后的熔体进行成分检测、含气检测和含渣检测，熔体合格标准为：成分在设计范围内，密度值为2.611g/cm^3，K模值为不高于0/20。静置降温至710℃，随后通过真空压铸工艺制备标准拉伸试棒，其中真空度控制在30-50mbar，压铸温度为680-700℃，压射速度为2m/s，铸造压力为104MPa。

[0062] 实施例4

[0063] 一种免热处理高强韧压铸铝合金，该合金属于Al-Si-Mn-Mg-X合金，包括以下质量百分比的组分：Si 8.48wt.%，Ni 0.05wt.%，Mn 0.45wt.%，Mg 0.19wt.%，Cr 0.12wt.%，Zr 0.07wt.%，Ti 0.06wt.%，Sr 0.011wt.%，其余为铝和不可避免的微量杂质，其中不可避免的微量杂质中Fe 0.11wt.%，其他单个杂质元素含量≤0.01wt.%，且其他微量杂质总量≤0.1wt.%。确保第二相尺寸小于20μm。

[0064] (1)首先将纯铝、铝硅中间合金、锰剂、纯铬、纯锆、纯钛、纯镁、铝镍中间合金和Al-10Sr中间合金预热至190℃。

[0065] (2)根据预期的合金成分计算所需各原料的重量，先将经步骤(1)处理后的纯铝投入工业熔炼炉中，加热到790℃～800℃，然后加入锰剂、纯铬、纯锆、纯钛、铝镍中间合金和铝硅中间合金在工业熔炉中熔解，温度控制在770-780℃，然后将纯镁加入并搅拌至完全熔化，得到合金熔体。

[0066] (3)在经步骤(2)处理后的熔体中加入除渣剂，具体为无钠精炼剂，其重量占熔体总量的0.1wt.%，合金熔体温度控制在730℃。

[0067] (4)对步骤(3)处理后的熔体进行成分检测，确保成分合格后转入渣包中，在处理后的熔体中加入Al-10Sr中间合金，其重量占熔体总量的0.2wt.%，合金溶液温度控制在730～740℃，搅拌后静置10min，保证中间合金充分熔化，然后加入铝钛碳硼中间合金线杆，其重量占熔体总量的0.6wt.%，合金熔体温度控制在720～740℃。

[0068] (5)对步骤(4)处理后的熔体在0.5min内加入占熔体0.1wt.%的无钠覆盖剂后直接通入氩气精炼除气，精炼除气分两次进行，第一次时间为8分钟，第二次时间为3分钟，通气压力0.25MPa，温度控制在720～730℃。

[0069] (6)精炼后的熔体进行成分检测、含气检测和含渣检测，熔体合格标准为：成分在设计范围内，密度值为2.619g/cm^3，K模值为不高于0/20。静置降温至700℃，随后通过真空压铸工艺制备标准拉伸试棒，其中真空度控制在30-50mbar，压铸温度为680-700℃，压射速度为2m/s，铸造压力为104MPa。

[0070] 实施例5

[0071] 一种免热处理高强韧压铸铝合金，该合金属于Al-Si-Mn-Mg-X合金，包括以下质量

百分比的组分:Si 9.47wt.%,Ni 0.81wt.%,Mn 0.53wt.%,Mg 0.1wt.%,Cr 0.11wt.%,Zr 0.05wt.%,Ti 0.07wt.%,Sr 0.015wt.%,其余为铝和不可避免的微量杂质,其中不可避免微量杂质中Fe0.11wt.%,其他单个杂质元素含量≤0.003wt.%,且其他微量杂质总量≤0.01wt.%。确保第二相尺寸小于20μm。

[0072] (1)首先将纯铝、工业硅、铝镍中间合金、锰剂、铝铬中间合金、铝锆中间合金、铝钛中间合金、纯镁和Al-10Sr中间合金预热至150℃。

[0073] (2)根据预期的合金成分计算所需各原料的重量,先将经步骤(1)处理后的纯铝投入工业熔炼炉中,加热到770℃～790℃,然后加入锰剂、铝铬中间合金、铝锆中间合金、铝钛中间合金、铝镍中间合金和工业硅在工业熔炉中熔解,温度控制在750～760℃,然后将纯镁加入并搅拌至完全熔化,得到合金熔体。

[0074] (3)在经步骤(2)得到后的熔体中加入除渣剂,具体为无钠精炼剂,其重量占熔体总量的0.3wt.%,合金熔体温度控制在740℃。

[0075] (4)对步骤(3)处理后的熔体进行成分检测,确保成分合格后转入渣包中,在处理后的熔体中加入Al-10Sr中间合金,其重量占熔体总量的0.25wt.%,合金熔体温度控制在730～740℃,搅拌后静置8min,保证中间合金充分熔化,然后加入铝钛碳硼中间合金线杆,其重量占熔体总量的0.7wt.%,合金熔体温度控制在720～740℃。

[0076] (5)对步骤(4)处理后的熔体在2min内加入占熔体0.08wt.%的无钠覆盖剂后直接通入高纯氮气精炼除气,精炼除气分两次进行,第一次时间为12分钟,第二次时间为5分钟,通气压力0.23MPa,温度控制在720～730℃。

[0077] (6)精炼后的熔体进行成分检测、含气检测和含渣检测,熔体合格标准为:成分在设计范围内,密度值为2.625g/cm^3,K模值为不高于0/20。静置降温至700℃,随后浇注成合金锭,即得到本实施例期望的合金。随后通过真空压铸工艺制备标准拉伸试棒,其中真空度控制在30～50mbar,压铸温度为680～700℃,压射速度为2m/s,铸造压力为104MPa。

[0078] 实施例6

[0079] 一种免热处理高强韧压铸铝合金,该合金属于Al-Si-Mn-Mg-X合金,包括以下质量百分比的组分:Si 8.17wt.%,Ni 0.51wt.%,Mn 0.43wt.%,Mg 0.09wt.%,Cr 0.13wt.%,Zr 0.06wt.%,Ti 0.07wt.%,Sr 0.014wt.%,其余为铝和不可避免的微量杂质,其中不可避免微量杂质中Fe0.12wt.%,其他单个杂质元素含量≤0.003wt.%,且其他微量杂质总量≤0.01wt.%。确保第二相尺寸小于20μm。

[0080] (1)首先将纯铝、铝硅中间合金、铝镍中间合金、锰剂、铝铬中间合金、铝钛中间合金、纯锆、纯镁和Al-10Sr中间合金预热至190℃。

[0081] (2)根据预期的合金成分计算所需各原料的重量,先将经步骤(1)处理后的纯铝投入工业熔炼炉中,加热到770℃～780℃,然后加入锰剂、铝镍中间合金、铝铬中间合金、铝钛中间合金、纯锆和铝硅中间合金在工业熔炉中熔解,温度控制在740-750℃,然后将纯镁加入并搅拌至完全熔化,得到合金熔体。

[0082] (3)在经步骤(2)处理后的熔体中加入除渣剂,具体为无钠精炼剂,其重量占熔体总量的0.2wt.%,合金熔体温度控制在740℃。

[0083] (4)对步骤(3)处理后的熔体进行成分检测,确保成分合格后转入渣包中,在处理后的熔体中加入Al-10Sr中间合金,其重量占熔体总量的0.3wt.%,合金熔体温度控制在

730～740℃，搅拌后静置6min，保证中间合金充分熔化，然后加入铝钛碳硼中间合金线杆，其重量占熔体总量的0.7wt.％，合金熔体温度控制在720～740℃。

[0084] (5)对步骤(4)处理后的熔体在2min内加入占熔体0.05wt.％的无钠覆盖剂后直接通入高纯氮气精炼除气，精炼除气分两次进行，第一次时间为8分钟，第二次时间为2分钟，通气压力0.24MPa，温度控制在720～730℃。

[0085] (6)精炼后的熔体进行成分检测、含气检测和含渣检测，熔体合格标准为：成分在设计范围内，密度值为2.623g/cm^3，K模值为不高于0/20。静置降温至705℃，随后浇注成合金锭，即得到本实施例期望的合金。随后通过真空压铸工艺制备标准拉伸试棒，其中真空度控制在30～50mbar，压铸温度为680～700℃，压射速度为2m/s，铸造压力为104MPa。

[0086] 本发明制备的新型铝合金压铸件的性能与普通压铸铝合金A380和ADC12压铸件及目前汽车结构件用进口Silafont-36铝合金压铸件的力学性能对比如表1所示。

[0087] 表1不同牌号合金压铸件的力学性能

[0088]

合金牌号	处理状态	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/wt.%

[0089]

实施例 1	F	276	123	15.5
	150 ℃×1000h	281	121	15.8
实施例 2	F	298	138	14.7
	150 ℃×1000h	289	141	14.5
实施例 3	F	282	136	15.6
	150 ℃×1000h	301	143	14.8
实施例 4	F	294	139	16.4
	150 ℃×1000h	311	145	16.2
实施例 5	F	295	141	16.5
	150 ℃×1000h	305	145	16.0
实施例 6	F	297	139	17.4
	150 ℃×1000h	298	142	16.9
Silafont-36	F	275	146	8.1
	150 ℃×1000h	309	175	6.5
Castasil-37	F	256	115	8.8
	150 ℃×1000h	248	107	8.7
A380	F	316	146	3.1
	150 ℃×1000h	311	179	1.7
ADC12	F	329	166	2.6
	150 ℃×1000h	318	198	1.1

[0090] 可见，本发明提供的实施例，压铸态和高温处理后的力学性能变化值在5-9wt.%之间，均能满足常用高强韧结构压铸件的要求，其热稳定性能和综合力学性能尤其伸长率明显高于典型高强韧Silafont-36和Castasil-37铝合金和普通压铸铝合金。

[0091] 综上所述，本发明针对目前Al-Si系合金压铸件强度和韧性较差，需热处理，热稳定较差等问题，研究了一种热稳定优异、高强韧的新型铝合金，不增加成本的前提下，提高压铸状态下铸件的力学性能尤其伸长率，同时流动性能与传统压铸合金相当，满足现有的工业生产要求，可以在现有压铸生产线上快速实现，无需大量投资。

[0092] 本发明是通过实施例来描述的，但并不对本发明构成限制，参照本发明的描述，所公开的实施例的其他变化，如对于本领域的专业人士是容易想到的，这样的变化应该属于本发明权利要求限定的范围之内。