



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110669969 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201910898976.8

(22)申请日 2019.09.23

(71)申请人 山东南山铝业股份有限公司

地址 264000 山东省烟台市龙口市南山工业园

(72)发明人 程仁策 隋来智 程仁寨 隋信磊
马旭 张小刚 王兆斌 陈吉龙
郑卓阳

(74)专利代理机构 北京一格知识产权代理事务所(普通合伙) 11316

代理人 韩后良

(51)Int.Cl.

G22C 21/16(2006.01)

G22C 1/03(2006.01)

G22F 1/057(2006.01)

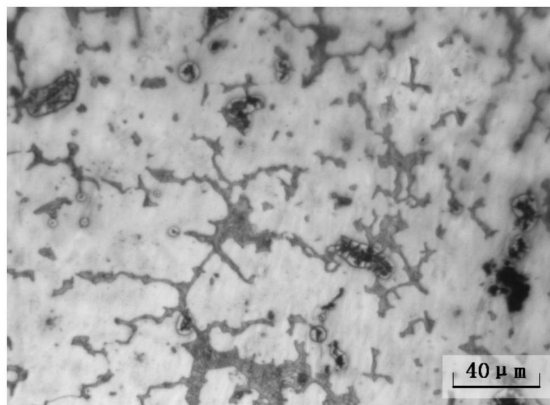
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种低稀土高强铝合金及其制备方法

(57)摘要

本发明提供一种低稀土高强铝合金及其制备方法,主要涉及合金技术领域。一种低稀土高强铝合金,由以下质量百分比的组分组成:5.5~6.5%Cu,0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。主要经过合金熔炼、铸造、均匀化处理、固溶处理与时效处理工艺制造而成。本发明的有益效果在于:本发明的低稀土高强铝合金经固溶和时效处理后具有优异的室温和高温强度,室温抗拉强度不低于600MPa,250℃时抗拉强度不低于280MPa,降低了稀土铝合金的制造成本。



1. 一种低稀土高强铝合金,其特征在於,由以下质量百分比的组分组成:5.5~6.5%Cu, 0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

2. 一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在於,加工步骤如下:

S1:合金熔炼、精炼:按照权利要求1所述的组分含量配制原料,在炉温升到740℃时,向坩埚中加入纯Al,待Al全部熔化之后加入纯Ag和中间合金Al-50Cu、Al-20Nd,并加入溶剂覆盖,保温40min;待中间合金全部熔化之后,采用六氯乙炔除气剂进行除气,除渣后采用钟罩法加入纯Mg,静置10min后进行第二次除气,搅拌,扒渣,静置处理;

S2:铸造:将S1步骤得到的熔融状态合金采用水冷铜模激冷技术进行浇铸,得到铸态合金;

S3:均匀化处理:将S2步骤得到的铸态合金加热到 $420 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温4-8h,然后将其加热到 $515 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温16-20h;

S4:固溶处理:将S3步骤经过均匀化处理的铸态合金加热到 $525 \pm 5^\circ\text{C}$ 保温2h;

S5:时效处理:将S4步骤经过固溶处理的铸态合金加热到 $185 \pm 5^\circ\text{C}$,保温6-8h。

3. 根据权利要求2所述的一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在於:所述步骤S1中,合金熔炼、精炼中使用的坩埚为石墨坩埚,加热炉为中频感应加热炉。

4. 根据权利要求2所述的一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在於:所述步骤S3中,均匀化处理过程为将S2步骤得到的铸态合金加热到420℃保温6h,然后将其加热到515℃保温18h。

5. 根据权利要求2-4任一权利要求所述的一种低稀土高强铝合金的制备方法制备的铝合金,其由以下质量百分比的组分组成:5.5~6.5%Cu,0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

一种低稀土高强铝合金及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及合金技术领域,具体是一种低稀土高强铝合金及其制备方法。

背景技术

[0002] 铝及铝合金是工程应用中轻质的金属结构材料,在许多领域应用都有十分显著的优势,但是,普通铝合金的耐热性能不佳,当温度超过150℃时,铝合金的强度迅速下降,严重阻碍其在航天航空工业中的应用。

[0003] 现有的耐热铝合金研究主要从限制位错运动和强化晶界入手,通过适当的合金化,通过引入热稳定性高的第二相、降低元素在铝基体中的扩散速率或者改善晶界结构状态和组织形态等手段,来实现提高铝合金高温性能的目的。目前,在所有合金元素中,稀土(RE)是提高铝合金高温性能最有效的合金元素。大部分稀土元素在铝中具有较高的固溶度极限,而且随温度下降,固溶度逐渐下降,从而在随后的时效过程中析出弥散的、高熔点的稀土化合物相;稀土元素还可以细化晶粒、提高室温强度,而且分布在晶内和晶界(主要是晶界)的弥散的、高熔点稀土化合物,在高温时仍能对晶内位错运动和晶界滑移起到钉扎作用,从而提高铝合金的高温性能;同时,稀土元素在铝基体中的扩散速率较慢,这使得含稀土铝合金适于在较高温度环境下工作。Al-Cu系合金是重要的低成本耐热铝合金系,具有良好的铸造性能和室温力学性能,加入适量稀土元素后,其高温力学性能可进一步提高。含稀土Al-Cu系成为发展低成本耐热铝合金的一个重要合金系。

[0004] 作为铝和稀土资源大国,中国关于含稀土铝合金的研究近年来不断增多和深入,稀土铝合金的成功研发将有助于我们利用这一优势。目前发展较为成功的商业稀土铝合金,其存在的主要不足是稀土含量过高,导致成本过高,其应用受到严重的限制。因此低稀土耐热铝合金的开发具有十分重要的意义。

发明内容

[0005] 为解决现有技术的不足,本发明提供了一种低稀土高强铝合金及其制备方法,本发明的低稀土高强铝合金经固溶和时效处理后具有优异的室温和高温强度,室温抗拉强度不低于600MPa,250℃时抗拉强度不低于280MPa,可满足航天航空工业中对耐热温度要求不是很高的零部件的要求,降低了稀土铝合金的制造成本。

[0006] 本发明为实现上述目的,通过以下技术方案实现:

一种低稀土高强铝合金,其特征在于,由以下质量百分比的组分组成:5.5~6.5%Cu,0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

[0007] 2、一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在于,加工步骤如下:

S1:合金熔炼、精炼:按照权利要求1所述的组分含量配制原料,在炉温升到740℃时,向坩埚中加入纯Al,待Al全部熔化之后加入纯Ag和中间合金Al-50Cu、Al-20Nd,并加入溶剂覆盖,保温40min;待中间合金全部熔化之后,采用六氯乙炔除气剂进行除气,除渣后采用钟罩法加入纯Mg,静置10min后进行第二次除气,搅拌,扒渣,静置处理;

S2:铸造:将S1步骤得到的熔融状态合金采用水冷铜模激冷技术进行浇铸,得到铸态合金;

S3:均匀化处理:将S2步骤得到的铸态合金加热到 $420\pm 10^{\circ}\text{C}$ 保温4-8h,然后将其加热到 $515\pm 10^{\circ}\text{C}$ 保温16-20h;

S4:固溶处理:将S3步骤经过均匀化处理的铸态合金加热到 $525\pm 5^{\circ}\text{C}$ 保温2h;

S5:时效处理:将S4步骤经过固溶处理的铸态合金加热到 $185\pm 5^{\circ}\text{C}$,保温6-8h。

[0008] 3、根据权利要求2所述的一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在于:所述步骤S1中,合金熔炼、精炼中使用的坩埚为石墨坩埚,加热炉为中频感应加热炉。

[0009] 4、根据权利要求2所述的一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在于:所述步骤S3中,均匀化处理过程为将S2步骤得到的铸态合金加热到 420°C 保温6h,然后将其加热到 515°C 保温18h。

[0010] 5、根据权利要求2-4任一权利要求所述的一种低稀土高强铝合金的制备方法制备的铝合金,其由以下质量百分比的组分组成:5.5~6.5%Cu,0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

[0011] 对比现有技术,本发明的有益效果是:

本发明合金组分为Al-Cu-Mg-Ag-Nd。本发明采用Cu为第一组分,为保证合金具有良好的铸造性能和综合力学性能,Cu的加入量定为5.5~6.5wt%。为了降低合金成本,稀土等其他元素的含量均严格控制,遵循的原则是多元微量。因此,Mg、Ag、Nd元素的含量均低于1wt%。Nd在Al中的最大固溶度为11wt%,为保证合金得到良好的固溶强化和时效析出强化效果,同时考虑成本,Nd的加入量定为0.2~0.4wt%;采用合金元素Ag与稀土Nd组合使用,Ag可以降低Nd在Al中的固溶度,从而增加Nd的时效析出强化效应;Ag在Al中的最大固溶度为5.6wt%,为了保证强化效果而又尽量降低稀土总含量,因此本发明的Ag加入量定为0.4~0.6wt%;加入少量的Mg,可以在基体中析出热稳定性高的AlCuMgNd相,在高温下有效地强化基体,抑制高温下晶界的滑移,但Mg量会影响铸造性能和力学性能,因此本发明的Mg加入量定为0.6~0.8wt%;综合利用稀土元素Nd和其他元素Ag、Mg的强化作用,进一步提高合金的室温和高温强度。

[0012] 本发明的低稀土高强铝合金,稀土用量低于1%,成本较低,室温和高温强度较高,在航天航空工业中有着广阔的应用前景。

附图说明

[0013] 附图1是本发明实施例1铸态铝合金铸造后显微组织;

附图2是本发明实施例1铝合金均匀化处理后显微组织;

附图3是本发明实施例1铝合金时效处理后显微组织。

具体实施方式

[0014] 结合附图和具体实施例,对本发明作进一步说明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所限定的范围。

[0015] 如图1-3所示,本发明所述一种低稀土高强铝合金,其特征在于,由以下质量百分

比的组分组成:5.5~6.5%Cu,0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

[0016] 2、一种低稀土高强铝合金的制备方法,其特征在于,加工步骤如下:

S1:合金熔炼、精炼:按照权利要求1所述的组分含量配制原料,本发明低稀土高强铝合金的原料为高纯Al(99.99%)、纯Mg(99.95%)、纯Ag(99.9%)和中间合金Al-50Cu、Al-20Nd。在炉温升到740℃时,向坩埚中加入纯Al,待Al全部熔化之后加入纯Ag和中间合金Al-50Cu、Al-20Nd,并加入溶剂覆盖,保温40min;待中间合金全部熔化之后,采用六氯乙炔除气剂进行除气,除渣后采用钟罩法加入纯Mg,静置10min后进行第二次除气,搅拌,扒渣,静置处理;

S2:铸造:将S1步骤得到的熔融状态合金采用水冷铜模激冷技术进行浇铸,得到铸态合金;

S3:均匀化处理:采用双级均匀化处理,首先将S2步骤得到的铸态合金加热到 420 ± 10 ℃保温4~8h,然后将其加热到 515 ± 10 ℃保温16~20h;

S4:固溶处理:将S3步骤经过均匀化处理的铸态合金加热到 525 ± 5 ℃保温2h;

S5:时效处理:将S4步骤经过固溶处理的铸态合金加热到 185 ± 5 ℃,保温6~8h。

[0017] 本发明的低稀土高强铝合金经固溶处理和时效处理,使其具有更为优异的室温和高温强度。

[0018] 优选的,所述步骤S1中,合金熔炼、精炼中使用的坩埚为石墨坩埚,加热炉为中频感应加热炉。

[0019] 优选的,所述步骤S3中,均匀化处理过程为将S2步骤得到的铸态合金加热到420℃保温6h,然后将其加热到515℃保温18h。

[0020] 优选的,一种低稀土高强铝合金的制备方法制备的铝合金,其由以下质量百分比的组分组成:5.5~6.5%Cu,0.6~0.8%Mg,0.4~0.6%Ag,0.2~0.4%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

[0021] 实施例1:

本实施例的低稀土高强铝合金是由以下质量百分比的组分组成:6%Cu,0.7%Mg,0.5%Ag,0.3%Nd,杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%,余量为Al。

[0022] 按上述成分配制合金,其加工工艺为:采用石墨坩埚、中频感应炉中熔炼,炉温升到740℃时,加入铝块;待铝全部熔化之后加入Ag和中间合金Al-50Cu、Al-20Nd,并加入溶剂覆盖,保温40min。待中间合金全部熔化之后,采用六氯乙炔除气剂进行除气,除渣后采用钟罩法加入Mg。静置10min后进行第二次除气,搅拌,扒渣,静置处理。采用水冷铜模激冷技术进行浇铸,得到Al-6Cu-0.7Mg-0.5Ag-0.3Nd铸态合金,随后进行热处理:双级均匀化处理($420^\circ\text{C} \times 6\text{h}$) + ($515^\circ\text{C} \times 18\text{h}$) → 固溶处理($525^\circ\text{C} \times 2\text{h}$) → 时效处理($185^\circ\text{C} \times 7\text{h}$)。

[0023] 将所得稀土铝合金进行拉伸试验,试验方法为:按照国家标准GB6397-86《金属拉伸实验试样》加工标准拉伸试样,在岛津AG-I 250kN电子拉伸试验机上进行拉伸,试验温度为室温和250℃,拉伸速率为1mm/min。

[0024] 本实施例所得的稀土铝合金,室温抗拉强度为603MPa,250℃时抗拉强度为382MPa。

[0025] 实施例2

本实施例的低稀土高强铝合金是由以下质量百分比的组分组成:6.5%Cu,0.8%Mg,0.6%

Ag, 0.4%Nd, 杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%, 余量为Al。稀土Nd的质量百分比为0.4%。

[0026] 本实施例的低稀土高强铝合金的熔炼、铸造、均匀化处理、固溶处理、时效处理和拉伸试验方法同实施例1。

[0027] 本实施例所得的稀土铝合金, 室温抗拉强度为612MPa, 250℃时抗拉强度为390MPa。

[0028] 实施例3

本实施例的低稀土高强铝合金是由以下质量百分比的组分组成: 5.5%Cu, 0.6%Mg, 0.4%Ag, 0.2%Nd, 杂质元素Si、Fe、Mn、Ni总量小于0.2%, 余量为Al。稀土Nd的质量百分比为0.2%。

[0029] 本实施例的低稀土高强铝合金的熔炼、铸造、均匀化处理、固溶处理、时效处理和拉伸试验方法同实施例1。

[0030] 本实施例所得的稀土铝合金, 室温抗拉强度为601MPa, 250℃时抗拉强度为380MPa。

[0031] 综上所述, 本发明通过特定的固溶与时效处理, 使低稀土含量的铝合金室温强度与高温强度均得到有效提高, 降低了稀土铝合金中稀土的占比, 降低了成本。

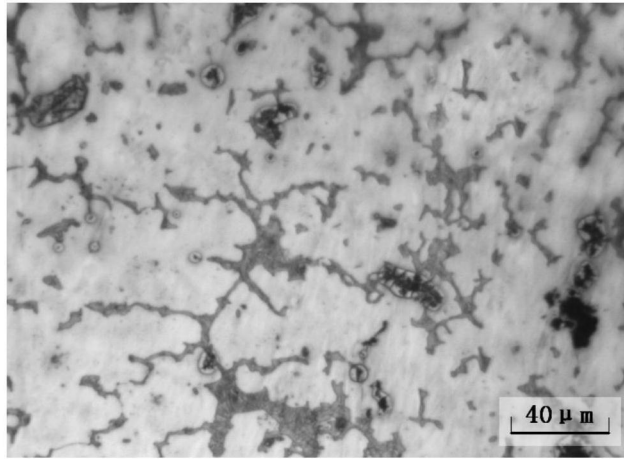


图1

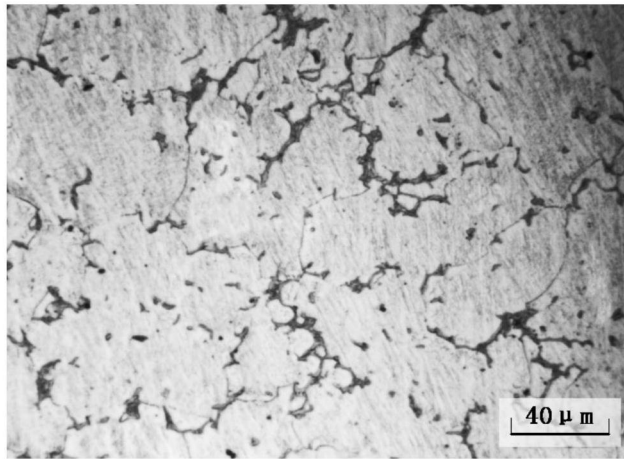


图2

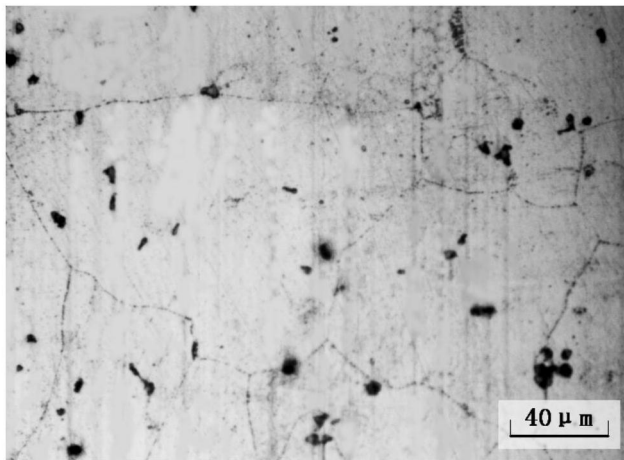


图3