



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107447144 A

(43)申请公布日 2017.12.08

(21)申请号 201710679643.7

(22)申请日 2017.08.10

(71)申请人 辽宁忠大铝业有限公司

地址 114001 辽宁省鞍山市经济开发区

(72)发明人 刘艳辉 马旭 袁柱桐 李龙林

孙远志

(74)专利代理机构 鞍山贝尔专利代理有限公司

21223

代理人 颜伟

(51) Int. Cl.

G22C 21/10(2006.01)

G22C 1/03(2006.01)

G22F 1/053(2006.01)

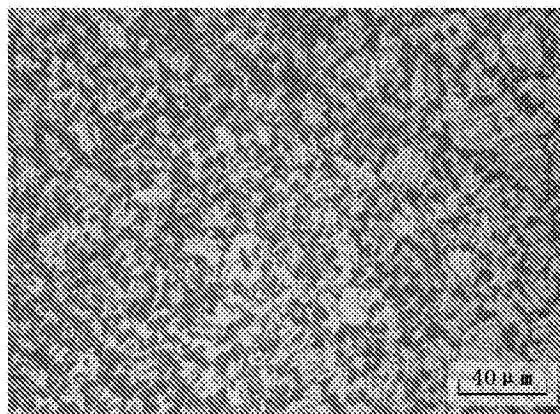
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种耐热稀土铝合金及其制备方法

(57)摘要

本发明的目的是为了解决现有技术中稀土铝合金存在的问题,提供了一种耐热稀土铝合金及其制备方法,属于金属材料技术领域。耐热稀土铝合金各组分的质量百分比组成为:5~6% Zn,2~3%Mg,1~2%Cu,0.3~0.5%Gd,0.1~0.2%Nd,杂质元素总量小于0.1%,余量为Al。制备方法为各组分经过加热熔化,浇铸和热处理。本发明的稀土铝合金Al-Zn-Mg-Cu-Gd-Nd具有良好的综合力学性能,经固溶处理和时效处理后具有强度高、塑性好,各项性能相对稳定的特点,能够满足其在航空航天、军工、汽车及其它行业中的要求。



1. 一种耐热稀土铝合金,其特征在于,各组分的质量百分比组成为:5~6%Zn,2~3%Mg,1~2%Cu,0.3~0.5%Gd,0.1~0.2%Nd,杂质元素总量小于0.1%,余量为Al。

2. 根据权利要求1所述的耐热稀土铝合金,其特征在于,所述耐热稀土铝合金组分中的Nd和Gd的质量百分比之和为0.4~0.7%。

3. 根据权利要求1所述的耐热稀土铝合金,其特征在于,所述耐热稀土铝合金由铝、锌、镁和中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd为原料熔炼而成。

4. 根据权利要求1所述的耐热稀土铝合金,其特征在于,所述耐热稀土铝合金的金相组织主要由 α -Al基体和共晶(α -Al+ β -Al₂Mg₃Zn₃+ β -Al₂Cu)组成。

5. 权利要求1至4所述的耐热稀土铝合金的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

①将铝、锌、铝、铜和中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd按上述比例配比并预热;

②将铝、锌、铜和镁加热熔化后,在熔体温度为700~720℃时加入中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd,并保持该温度;

③当物料全部熔化后,将熔体温度升至750~770℃,并停止加热;

④待熔体温度降至680~710℃时进行浇铸,得到铸态铝合金;

⑤将铸态铝合金进行热处理后得到耐热稀土铝合金。

6. 根据权利要求5所述的耐热稀土铝合金的制备方法,其特征在于,步骤①所述的预热温度为120~150℃。

7. 根据权利要求5所述的耐热稀土铝合金的制备方法,其特征在于,步骤④所述的浇铸还需将模具预热至200~250℃。

8. 根据权利要求5所述的耐热稀土铝合金的制备方法,其特征在于,步骤⑤所述的热处理方法为:将得到的铸态铝合金依次进行固溶处理和时效处理。

9. 根据权利要求8所述的耐热稀土铝合金的制备方法,其特征在于,所述的固溶处理的处理温度为450~550℃,处理时间为6~16小时;所述的时效处理的处理温度为150~250℃,处理时间为12~24小时。

一种耐热稀土铝合金及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料技术领域,特别涉及一种耐热稀土铝合金及其制备方法。

背景技术

[0002] 铝是轻质的金属结构材料,在航空航天、军工、汽车等领域应用日益增多,但铝合金的强度和耐热性欠佳严重影响其在航空航天、军工、汽车及其它行业中的应用,因此提高铝合金的强度和耐热性能是发展铝合金材料的重要课题。

[0003] 现有的耐热铝合金的开发主要从限制位错运动和强化晶界入手,通过适当的合金化,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强度和耐热性的目的。

[0004] 中国的稀土资源丰富,稀土铝合金的研究近年来不断增多和深入。到目前为止,在稀土铝合金的设计、制备和应用过程中仍存在许多不足之处:首先,稀土元素的含量对最终的稀土铝合金的各项性能影响较大,难以控制。过少的稀土量不足以提高合金的耐热性,过高的稀土量会由于稀土与氧、氢反应生成夹杂,在铸造过程中易产生热裂。其次,可供选择的稀土元素较多,而且多种稀土元素之间的相互作用较为复杂。目前可供选择的实际应用的耐热稀土铝合金种类较少,其高温性能不能完全满足其在航空航天、军工、汽车及其它行业中的要求。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有技术中耐热稀土铝合金开发中存在的问题,提供了一种耐热稀土铝合金及其制备方法。本发明的稀土铝合金Al-Zn-Mg-Cu-Gd-Nd具有良好的综合力学性能,经固溶处理和时效处理后具有强度高、塑性好,各项性能相对稳定的特点,特别是具有良好的耐热性能,能够满足其在航空航天、军工、汽车及其它行业中的要求。

[0006] 一种耐热稀土铝合金,各组分的质量百分比组成为:5~6%Zn,2~3%Mg,1~2%Cu,0.3~0.5%Gd,0.1~0.2%Nd,杂质元素总量小于0.1%,余量为Al;

[0007] 较好的,所述耐热稀土铝合金组分中的Nd和Gd的质量百分比之和为0.4~0.7%;

[0008] 较好的,所述耐热稀土铝合金是由铝、锌、镁和中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd为原料熔炼而成;

[0009] 较好的,铝、锌、镁、铜的纯度为99.9%,中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd的纯度为99.5%;

[0010] 较好的,所述耐热稀土铝合金金相组织主要由 α -Al基体和共晶(α -Al+ β -Al₂Mg₃Zn₃+ β -Al₂Cu)组成;合金的平均晶粒尺寸为40-50 μ m;

[0011] 较好的,所述耐热稀土铝合金性能为:室温的抗拉强度>600MPa,延伸率>10%,150℃的抗拉强度>560MPa,延伸率>16%,200℃的抗拉强度>530MPa,延伸率>18%,250℃的抗拉强度>460MPa,延伸率>22%。

[0012] 上述耐热稀土铝合金的制备方法,包括如下步骤:

[0013] ①将铝、锌、铝、铜和中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd按上述比例配比并预热；

[0014] ②将铝、锌、铜和镁加热熔化后，在700~720℃加入中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd，并保持该温度；

[0015] ③当物料全部熔化后，将温度升至750~770℃后停止加热；

[0016] ④待温度降至680~710℃时进行浇铸，得到铸态铝合金；

[0017] ⑤将铸态铝合金进行热处理后得到耐热稀土铝合金。

[0018] 较好的，上述稀土铝合金的制备方法的步骤①所述的预热温度为120~150℃。

[0019] 较好的，上述稀土铝合金的制备方法的步骤④所述的进行浇铸，还需将模具预热至200~250℃。

[0020] 较好的，上述稀土铝合金的制备方法的步骤⑤所述的热处理方法为：将得到的铸态铝合金依次进行固溶处理和人工时效处理。

[0021] 较好的，步骤⑤所述的固溶处理的处理温度为450~550℃，处理时间为6~16小时。

[0022] 较好的，步骤⑤所述的时效处理的处理温度为150~250℃，处理时间为12~24小时。

[0023] 本发明的原理为：

[0024] 本发明稀土铝合金的组分为Al-Zn-Mg-Cu-Gd-Nd。目前，稀土元素是提高铝合金耐热性能最有效的合金元素，稀土元素在铝合金中除了具有除气、除杂、提高铸造流动性、耐腐蚀性能以外，同时大部分稀土元素在铝中具有较大的固溶度，而且随温度下降，固溶度急剧减少，可以得到过饱和铝合金固溶体，在人工时效过程中析出弥散的、高熔点的稀土相。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，在高温时仍能钉扎晶内位错和晶界滑移，提高铝合金的高温强度。同时，稀土元素在铝基体中的扩散速率较慢，这使得稀土铝合金适于在较高温度环境下长期工作。本发明采用的重稀土Gd在铝中的最大固溶度为0.82%，是稀土元素中固溶度较大的元素。在铝-稀土二元合金中，Al-Gd合金的高温强度与蠕变性能表现最显著，合金中的析出平衡相是Al₂Gd，具有较高的熔点，对铝合金的室温及高温力学性能产生较好的强化效果；铝合金中加入的Nd元素能与主强化元素Gd产生协同作用，使得主强化元素对铝合金的室温及高温力学性能产生更好的强化效果。

[0025] 锌、镁和铜是铝合金中重要的合金元素，锌、镁在铝基体中有较大的固溶能力，固溶度分别为12.7wt%、8.3wt%，在铝基体中加入锌、镁元素后形成β-Al₂Mg₃Zn₃、β-Al₂Cu相，并以离异共晶的形式存在，锌、镁和铜在铝合金中起到强化作用主要体现在两个方面，一是通过形成β-Al₂Mg₃Zn₃、β-Al₂Cu相的第二相强化，二是锌、镁原子在铝基体中的固溶强化。但是含量过高的β-Al₂Mg₃Zn₃、β-Al₂Cu相会影响铝合金的耐热性，因此在铝合金中的锌、镁含量控制在6wt%以下，然而含量过低的锌、镁会损害铝合金的铸造性能，锌、镁的含量不应低于5wt%。

[0026] 与现有技术相比，本发明的优势在于：

[0027] 本发明的稀土铝合金Al-Zn-Mg-Cu-Gd-Nd的具有良好的综合力学性能，经固溶处理和时效处理后具有强度高、塑性好，各项性能相对稳定的特点，特别是具有良好的耐热性能，室温的抗拉强度>600MPa，延伸率>10%，150℃的抗拉强度>560MPa，延伸率>16%，

200℃的抗拉强度>530MPa,延伸率>18%,250℃的抗拉强度>460MPa,延伸率>22%,能够满足其在航空航天、军工、汽车及其它行业中的要求。

附图说明

- [0028] 图1、实施例1稀土铝合金的时效试样图片；
[0029] 图2、对比例1稀土铝合金的时效试样图片；
[0030] 图3、对比例2稀土铝合金的时效试样图片。

具体实施方式

[0031] 本发明实施例中涉及的原料纯铝、锌、镁、铜和中间合金Mg-Gd、Mg-Nd均为市售的产品,所述市售原料的纯度为99.9% (Al、Zn、Mg、Cu) 和99.5% (Mg-30Gd、Mg-25Nd)。

[0032] 以下实施例和对比例的稀土铝合金按照国家标准GB6397-86《金属拉伸实验试样》加工成标准拉伸试样。在高温下的拉伸试样需要在试样两端加工螺纹,以满足高温拉伸试样的夹持装置的要求。电子拉伸在日本岛津AG-I250KG精密万能实验机上进行,拉伸速度为1mm/min。而高温拉伸时,在相应温度下对拉伸试样保温10分钟,温度波动±1℃,然后进行拉伸。

[0033] 实施例1

[0034] 本实施例的稀土铝合金是由以下质量百分比的组分组成:5%Zn,2%Mg,1%Cu,0.3%Gd,0.1%Nd,杂质元素的总量小于0.1%,余量为Al。

[0035] 本实施例的稀土铝合金的制备方法为:

[0036] 按照上述的配比制备合金,采用中频感应炉、高纯石墨增锅熔炼。先将纯铝、锌、镁、铜及中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd预热至150℃,钢制浇口杯预热至600℃,备用;然后将纯铝、锌、镁、铜放入预热到500℃左右的坩埚中,大功率快速加热,待纯铝、锌、镁、铜熔化后,在700℃加入中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd,待其全部熔化采用后,去除表面浮渣,小功率缓慢加热,铝液温度升至750℃时,关闭主控电路、静置;待铝液降温至710℃后,进行浇铸,浇铸用钢制模具预先加热至250℃,最后得到Al-Zn-Mg-Cu-Gd-Nd铸态合金;再将得到的铸态合金进行热处理,首先在500℃下保温8小时,出炉水淬,然后在180℃下保温16小时,出炉后空冷,得到稀土铝合金。

[0037] 图1为本实施例所制得的稀土铝合金的时效试样图片,合金铸态组织主要由α-Al基体和共晶(α-Al+β-Al₂Mg₃Zn₃+β-Al₂Cu)组成,晶界上分布着不连续的“树枝状”金属间化合物,枝晶偏析明显,由于采用的是金属模具,凝固较快,初生枝晶刚形成,温度就降至共晶反应温度,形成共晶相。此时液相含量很多,共晶相含量较大,呈现断续网状分布。固溶态合金组织由α-Al基体和少量沿着晶界分布的块状或长条不规则形状未溶相组成,铸态组织中的偏析基本消除。时效态合金组织晶界清晰有块状、颗粒状析出相分布在晶界、晶内。经截线法测量,固溶时效后,合金的平均晶粒尺寸为40-50μm。

[0038] 经测试,其室温抗拉强度为602MPa,延伸率为11.5%,150℃的抗拉强度为571MPa,延伸率为16.1%,200℃的抗拉强度为553MPa,延伸率为18.9%,250℃的抗拉强度为468.2MPa,延伸率为22.3%。

[0039] 对比例1

[0040] 本实施例的稀土铝合金是由以下质量百分比的组分组成:5%Zn,2%Mg,1%Cu,0.4%Gd,杂质元素的总量小于0.1%,余量为Al。

[0041] 制备方法同实施例1。

[0042] 图2为本对比例所制得的稀土铝合金的时效试样图片,合金组织晶界清晰有块状、颗粒状析出相分布在晶界、晶内,分布不均匀,固溶时效后的合金平均晶粒尺寸约为55-60 μ m。其室温抗拉强度为580MPa,延伸率为11.2%,150℃的抗拉强度为472MPa,延伸率为15.1%,200℃的抗拉强度为439MPa,延伸率为17.9%,250℃的抗拉强度为403MPa,延伸率为22.5%。

[0043] 对比例2

[0044] 本实施例的稀土铝合金是由以下质量百分比的组分组成:5%Zn,2%Mg,1%Cu,0.4%Nd,杂质元素的总量小于0.1%,余量为Al。

[0045] 制备方法同实施例1。

[0046] 图3为本对比例所制得的稀土铝合金的时效试样图片,合金组织晶界仅有少量颗粒状析出相分布,分布不均匀,固溶时效后的合金平均晶粒尺寸约为65-70 μ m。

[0047] 经测试,其室温抗拉强度为587MPa,延伸率为10.3%,150℃的抗拉强度为501MPa,延伸率为13.4%,200℃的抗拉强度为461MPa,延伸率为18.2%,250℃的抗拉强度为411MPa,延伸率为20.5%。

[0048] 实施例2

[0049] 本实施例的稀土铝合金是由以下质量百分比的组分组成5.5%Zn,2.5%Mg,1.5%Cu,0.4%Gd,0.15%Nd,杂质元素总量小于0.02%,余量为Al。所述的稀土元素Gd、Nd的质量百分比之和为0.55%。

[0050] 本实施例的稀土铝合金的制备方法同实施例1,区别在于:

[0051] 1) 纯铝、锌、镁、铜及中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd预热至135℃;

[0052] 2) 在710℃加入中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd;

[0053] 3) 铝液温度升至760℃;

[0054] 4) 铝液降温至695℃后,进行浇铸;

[0055] 5) 浇铸用钢制模具预先加热至230℃

[0056] 6) 铸态合金进行热处理,在450℃下保温16小时,出炉水淬,在150℃下保温24小时,出炉后空冷。

[0057] 经测试,本实施例所制得的稀土铝合金,其室温抗拉强度为611MPa,延伸率为10.9%,150℃的抗拉强度为561MPa,延伸率为17.6%,200℃的抗拉强度为537.6MPa,延伸率为20.5%,250℃的抗拉强度为477.2MPa,延伸率为25.1%。

[0058] 实施例3

[0059] 本实施例的稀土铝合金是由以下质量百分比的组分组成6%Zn,3%Mg,2%Cu,0.5%Gd,0.2%Nd,杂质元素总量小于0.02%,余量为Al。所述的稀土元素Gd、Nd的质量百分比之和为0.7%。

[0060] 本实施例的稀土铝合金的制备方法同实施例1,区别在于:

[0061] 1) 纯铝、锌、镁、铜及中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd预热至120℃;

[0062] 2) 在720℃加入中间合金Mg-30Gd、Mg-25Nd;

[0063] 3) 铝液温度升至770℃;

[0064] 4) 铝液降温至680℃后,进行浇铸;

[0065] 5) 浇铸用钢制模具预先加热至200℃

[0066] 6) 铸态合金进行热处理,在550℃下保温6小时,出炉水淬,在250℃下保温12小时,出炉后空冷。

[0067] 经测试,本实施例所制得的稀土铝合金,其室温抗拉强度为617MPa,延伸率为12.1%,150℃的抗拉强度为593MPa,延伸率为17.3%,200℃的抗拉强度为552MPa,延伸率为22.1%,250℃的抗拉强度为488.2MPa,延伸率为29.1%。

[0068] 最后所应说明的是:以上实例仅用于说明而非限制本发明的技术方案,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,依然可以对本发明进行修改或者等同替换,而不脱离本发明的精神和范围的任何修改或局部替换,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

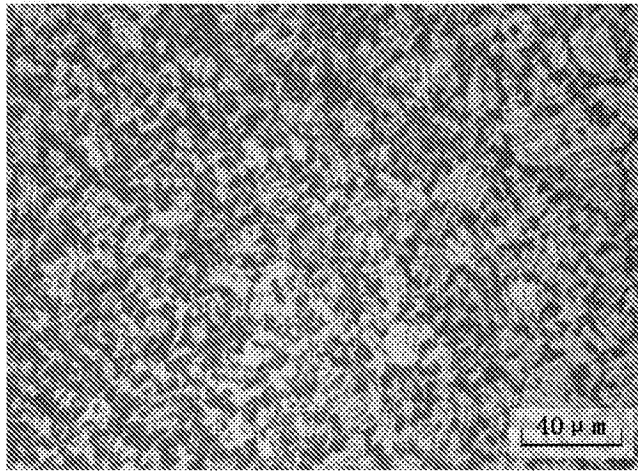


图1

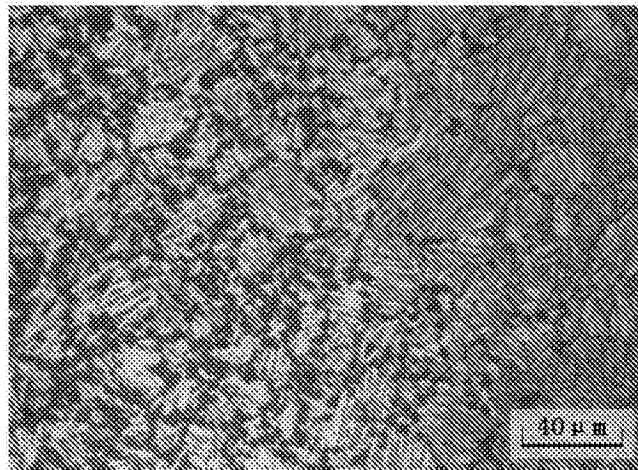


图2

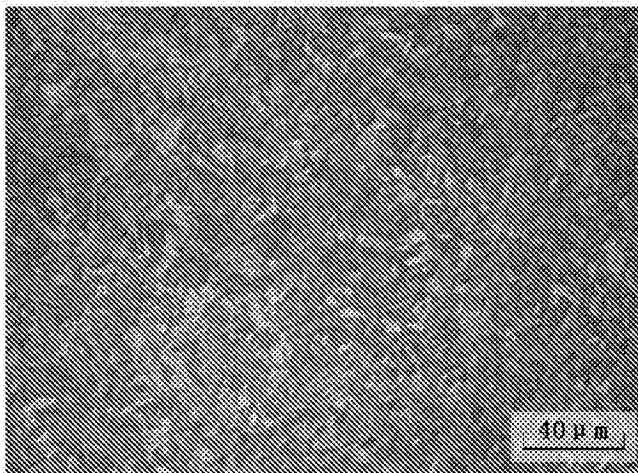


图3