



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109182865 A

(43)申请公布日 2019.01.11

(21)申请号 201811384339.0

G22C 1/03(2006.01)

(22)申请日 2018.11.20

G22F 1/08(2006.01)

(71)申请人 浙江海洋大学

地址 316000 浙江省舟山市普陀海洋科技
产业园普陀展茅晓辉工业区c2—10地
块

(72)发明人 冷哲 石学智 周英棠 陈立桥
龙运前 余璇 于晓明 张挥球
蔡璐

(74)专利代理机构 杭州浙科专利事务所(普通
合伙) 33213

代理人 吴秉中

(51)Int.Cl.

G22C 23/06(2006.01)

G22C 23/00(2006.01)

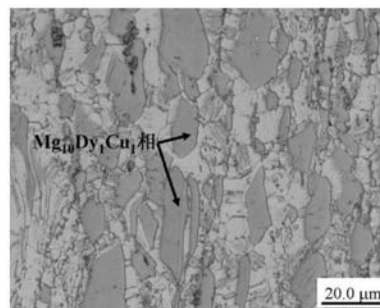
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种高强度稀土-镁合金材料及其制备方法

(57)摘要

本发明提供一种高强度稀土-镁合金材料及其制备方法,属于金属结构材料领域,该稀土-镁合金材料包含3.0-8.0wt%的Dy元素,2.0-5.0wt%的Cu元素和0.5-2.0wt%的Sn元素。其制备方法包括,将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金;将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理;将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压。本发明稀土-镁合金材料的成分配比及制备方法能使合金内部能够形成高体积分数的新型强化相(Mg₁₀Dy₁Cu₁相),该相可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能。本发明制备的稀土镁合金材料具有高强度和耐高温的特性。



1. 一种高强度稀土-镁合金材料, 包含Dy元素和Cu元素, 其特征在于: 所述Dy元素的含量为3.0-8.0wt%, Cu元素的含量为2.0-5.0wt%。

2. 根据权利要求1所述的一种高强度稀土-镁合金材料, 其特征在于: 所述稀土-镁合金材料还包含0.5-2.0wt%的Sn元素。

3. 根据权利要求2所述的一种高强度稀土-镁合金材料, 其特征在于: 所述稀土-镁合金材料的成分及质量百分比如下: Sn: 0.5-2.0wt%; Dy: 3.0-8.0wt%; Cu: 2.0-5.0wt%, 其余为Mg和不可避免的杂质; 所述稀土-镁合金材料中不可避免的杂质的含量 \leq 0.03wt%。

4. 根据权利要求1所述的一种高强度稀土-镁合金材料, 其特征在于: 所述稀土-镁合金材料中Dy元素和Cu元素的重量比为1:0.3-0.6。

5. 根据权利要求1或2或3或4所述的一种高强度稀土-镁合金材料, 其特征在于: 所述稀土-镁合金材料的屈服强度为360-400MPa, 抗拉强度为390-420MPa, 延伸率6.0-9.0%。

6. 根据权利要求1或2或3或4所述的一种高强度稀土-镁合金材料, 其特征在于: 所述稀土-镁合金材料在300℃下的屈服强度为280-320MPa, 抗拉强度为300-340MPa, 延伸率12.0-16.0%。

7. 一种如权利要求书1-7任一项所述的高强度稀土-镁合金材料的制备方法, 其特征在于: 包括,

将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金;

将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理;

将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压。

8. 根据权利要求7所述的一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法, 其特征在于: 所述铸造的具体步骤为: 在保护气的作用下, 将Mg、Cu、Mg-Sn中间合金和Mg-Dy中间合金熔融后浇铸, 得到稀土-镁合金铸件。

9. 根据权利要求7所述的一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法, 其特征在于: 所述匀质化处理温度为220-250℃, 保温时间为8-10h。

10. 根据权利要求7所述的一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法, 其特征在于: 所述热挤压的挤压温度为250-300℃, 挤压速率1.0-1.5m/min, 挤压比为20-25%。

一种高强度稀土-镁合金材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属结构材料领域,具体涉及一种高强度稀土-镁合金材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着汽车制造、航空航天、武器装备以及电子3C等领域的迅猛发展,我国对高性能结构减重材料的需求更加紧迫。作为最轻的金属结构材料,镁合金凭借着高的比强度、比刚度以及良好的电磁屏蔽性能在上述领域中展现了巨大的优势和潜力。然而,随着镁合金的应用范围不断扩大,其相对较低的绝对强度逐渐成为限制其发展的瓶颈。在过去的几十年中,传统的铸造镁合金,特别是AZ、AM系列镁合金,由于它们良好的铸造性能,已被广泛应用于航空发动机零件、飞机壁板、汽车变速箱和离合器壳等结构件中。目前AZ和AM两个系列的镁合金约占汽车工业用镁合金的90%,他们虽然具有很好的比强度,但是其绝对强度仍然不高,特别是当使用温度超过120℃时,合金的强度随温度的升高而大幅度下降,因此该类合金不宜在较高的温度下长时间使用。镁合金的绝对强度低,高温性能差等缺点都极大的限制着镁合金的实际应用。因此,开发高性能镁合金具有重要的意义。

[0003] 为了提高镁合金的强度和改善其耐热性能。研究表明在镁合金中加入稀土后可以通过固溶强化、弥散强化和时效沉淀强化等手段显著提高镁合金的强度和耐热性能。稀土是开发新型高性能镁合金最具开发潜力和实用价值的合金化/微合金化元素。稀土镁合金是指含有稀土元素的镁合金,由于大部分稀土元素与镁的原子尺寸半径相差在±15%范围内,在镁中有较大固溶度,因而具有良好的固溶强化和沉淀强化的作用,可以有效地改善合金组织和微观结构,增强合金耐蚀性和耐热性,提高合金室温及高温的力学性能。同时稀土元素原子扩散能力差,对提高镁合金再结晶温度和减缓再结晶过程有显著作用。此外,稀土元素还有很好的时效强化作用,可以析出非常稳定的弥散相粒子,从而大幅度提高镁合金的高温强度和蠕变抗力。稀土镁合金中稀土含量较高的WE系、Mg-Gd-Y-Zr系、Mg-Y-Gd-Zn-Zr系等合金因具有良好的高温力学性能,因此在航空航天领域里得到了广泛的关注。

发明内容

[0004] 本发明的一个目的在于提供一种通过合理选择合金元素并控制其含量和配比,使合金内部能够形成高体积分数的新型强化相,提高镁合金的室温及高温力学性能的高强度稀土-镁合金材料。

[0005] 本发明为实现上述目的所采取的技术方案为:

[0006] 一种高强度稀土-镁合金材料,包含Dy元素和Cu元素,其中,Dy元素的含量为3.0-8.0wt%,Cu元素的含量为2.0-5.0wt%。通过特定的工艺可生成新型强化相($Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相),该相可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能。

[0007] 作为优选,稀土-镁合金材料还包含0.5-2.0wt%的Sn元素。Sn元素的加入可有效地促进 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相的生成。

[0008] 更为优选,稀土-镁合金材料的成分及质量百分比如下:Sn:0.5-2.0wt%;Dy:3.0-8.0wt%;Cu:2.0-5.0wt%,其余为Mg和不可避免的杂质;所述稀土-镁合金材料中不可避免的杂质的含量 $\leq 0.03\text{wt}\%$ 。本发明通过合理选择合金元素并控制其含量和配比,使合金内部能够形成高体积分数的 $\text{Mg}_{10}\text{Dy}_1\text{Cu}_1$ 相,该相是镁合金体系中的一种新型强化相,可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能,制备出了高强度的超轻稀土-镁合金材料,同时Sn元素的加入可有效地促进 $\text{Mg}_{10}\text{Dy}_1\text{Cu}_1$ 相的生成,显著提高镁合金的室温及高温力学性能。

[0009] 作为优选,稀土-镁合金材料中Dy元素和Cu元素的重量比为1:0.3-0.6,稀土-镁合金材料中Dy元素和Cu元素的合理重量比能够在铸造过程中最大限度地将 $\text{Mg}_{10}\text{Dy}_1\text{Cu}_1$ 相引入到合金基体中,另外,Dy元素在固溶时还会发生原子的替代,合金相中原子位置也会发生相互取代,能够获得过饱和的固溶体,形成较为细小的颗粒,起到了弥散强化的效果,提高合金材料的强度,极大推动稀土-镁合金材料合金的工程应用,同时可以有效净化熔体中的H、O、S等元素,并能与熔体中的有害金属Fe、Ni、Cu等元素形成金属间化合物,形成高密度的金属间化合物,该化合物的密度比合金熔体的密度大,沉积在熔体底部,减少了合金中杂质元素Fe、Ni、Cu等元素的含量,从而达到去除杂质和提高合金耐腐蚀性能的目的。

[0010] 作为优选,稀土-镁合金材料的屈服强度为360-400MPa,抗拉强度为390-420MPa,延伸率6.0-9.0%。

[0011] 作为优选,稀土-镁合金材料在300℃下的屈服强度为280-320MPa,抗拉强度为300-340MPa,延伸率12.0-16.0%。

[0012] 本发明的另一个目的在于提供一种能使合金内部能够形成高体积分数的新型强化相($\text{Mg}_{10}\text{Dy}_1\text{Cu}_1$ 相),显著提高镁合金的室温及高温力学性能的高强度稀土-镁合金材料的制备方法。

[0013] 本发明为实现上述目的所采取的技术方案为:

[0014] 一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法,包括,

[0015] 将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金;

[0016] 将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理;

[0017] 将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压。

[0018] 作为优选,铸造的具体步骤为:

[0019] 在保护气的作用下,将Mg、Cu、Mg-Sn中间合金和Mg-Dy合金,熔融后浇铸,得到稀土-镁合金铸件。

[0020] 作为优选,匀质化处理温度为220-250℃,保温时间为8-10h。稀土-镁合金冷凝后的组织处于不同程度的非平衡状态,主要存在晶内偏析,影响稀土-镁合金的性能,进行均匀化处理时,合金中的元素进行固态扩散,可以消除或减轻合金的缺陷,以使合金的化学成分和组织均匀化,从而改善稀土-镁合金的性能。

[0021] 作为优选,热挤压的挤压温度为250-300℃,挤压速率1.0-1.5m/min,挤压比为20-25%。在热挤压过程中,可以改善铸造过程中产生的组织缺陷(如缩松、缩孔、气孔等),增加合金的致密度,消除部分在铸造过程中产生的偏析,同时根据particle stimulated nucleation原理, $\text{Mg}_{10}\text{Dy}_1\text{Cu}_1$ 强化相在热挤压过程中能够促进合金中细小的动态再结晶晶粒的生成,进一步提高了该稀土-镁合金材料的强度和塑性。

[0022] 本发明的有益效果为:1) 本发明稀土-镁合金材料的成分配比及制备方法相互配

合,能使合金内部能够形成高体积分数的 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相相,该相是镁合金体系中的一种新型强化相,可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能;2)本发明稀土-镁合金材料中Sn元素的添加可以促进新型强化相 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相的生成。

[0023] 本发明采用了上述技术方案提供一种高强度稀土-镁合金材料及其制备方法,弥补了现有技术的不足,设计合理,操作方便。

附图说明

[0024] 图1为本发明实施例1的挤压态稀土-镁合金的显微组织图。

具体实施方式

[0025] 本文中所述的术语“包括”、“包含”、“具有”、“有”、“含有”或其任何其他变体意在涵盖非排它性的包括。例如,包含一系列要素的组合物、工艺、方法、制品或设备并不一定只限于那些要素,而是还可以包含这些组合物、工艺、方法、制品或设备所未明确列举的要素或所固有的其他要素。

[0026] 术语“包含”旨在包括术语“基本上由...组成”和“由...组成”所涵盖的实施方案。类似地,术语“基本上由...组成”旨在包括术语“由...组成”所涵盖的实施方案。

[0027] 当以范围、优选范围或一系列上限优选值和下限优选值给出数量、浓度或其他数值或参数时,应理解其具体公开了由任何较大的范围限值或优选值和任何较小的范围限值或优选值的任何一对数值所形成的所有范围,而无论这些范围是否分别被公开。例如,当描述“1至5”的范围时,所描述的范围应解释为包括“1至4”、“1至3”、“1至2”、“1至2和4至5”、“1至3和5”等范围。除非另有说明,在本文描述数值范围之处,所述的范围意图包括范围端值和范围内的所有整数和分数。

[0028] 体现发明特征与优点的典型实施例将在以下的说明中详细叙述。应理解的是本发明能够在不同的实施例上具有各种的变化,其皆不脱离本发明的范围,且其中的描述在本质上是当作说明之用,而非用以限制本发明。

[0029] 本申请公开的一种高强度稀土-镁合金材料,包含Dy元素和Cu元素,其中,Dy元素的含量为3.0-8.0wt%,Cu元素的含量为2.0-5.0wt%。通过特定的工艺可生成新型强化相($Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相),该相可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能。

[0030] 上述稀土-镁合金材料还包含0.5-2.0wt%的Sn元素。Sn元素的加入可有效地促进 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相的生成。

[0031] 上述稀土-镁合金材料的成分及质量百分比如下:Sn:0.5-2.0wt%;Dy:3.0-8.0wt%;Cu:2.0-5.0wt%,其余为Mg和不可避免的杂质;所述稀土-镁合金材料中不可避免的杂质的含量 $\leq 0.03wt\%$ 。本发明通过合理选择合金元素并控制其含量和配比,使合金内部能够形成高体积分数的 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相,该相是镁合金体系中的一种新型强化相,可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能,制备出了高强度的超轻稀土-镁合金材料,同时Sn元素的加入可有效地促进 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相的生成,显著提高镁合金的室温及高温力学性能。

[0032] 上述稀土-镁合金材料中Dy元素和Cu元素的重量比为1:0.3-0.6,稀土-镁合金材料中Dy元素和Cu元素的合理重量比能够在铸造过程中最大限度地将 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相引入到合金 α 相基体中,另外,Dy元素在固溶时还会发生原子的替代,合金相中原子位置也会发生相

互取代,能够获得过饱和的固溶体,形成较为细小的颗粒,起到了弥散强化的效果,提高合金材料的强度,极大推动稀土-镁合金材料合金的工程应用,同时可以有效净化熔体中的H、O、S等元素,并能与熔体中的有害金属Fe、Ni、Cu等元素形成金属间化合物,形成高密度的金属间化合物,该化合物的密度比合金熔体的密度大,沉积在熔体底部,减少了合金中杂质元素Fe、Ni、Cu等元素的含量,从而达到去除杂质和提高合金耐腐蚀性能的目的。

[0033] 上述稀土-镁合金材料的屈服强度为360-400MPa,抗拉强度为390-420MPa,延伸率6.0-9.0%。

[0034] 上述稀土-镁合金材料在300℃下的屈服强度为280-320MPa,抗拉强度为300-340MPa,延伸率12.0-16.0%。

[0035] 本申请还公开一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法,包括,

[0036] 将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金;

[0037] 将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理;

[0038] 将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压。该申请成分配比及制备方法能使合金内部能够形成高体积分数的 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相,该相是镁合金体系中的一种新型强化相,可以显著提高镁合金的室温及高温力学性能,制备出了高强度的超轻稀土-镁合金材料。

[0039] 上述铸造的具体步骤为:

[0040] 在保护气的作用下,将Mg、Cu、Mg-Sn中间合金和Mg-Dy中间合金加入熔炉中,升温至750-770℃,熔融1-2h后进行浇铸,得到稀土-镁合金铸件。

[0041] 上述匀质化处理温度为220-250℃,保温时间为8-10h。稀土-镁合金冷凝后的组织处于不同程度的非平衡状态,主要存在晶内偏析,影响稀土-镁合金的性能,进行均匀化处理时,合金中的元素进行固态扩散,可以消除或减轻合金的缺陷,以使合金的化学成分和组织均匀化,从而改善稀土-镁合金的性能。

[0042] 上述热挤压的挤压温度为250-300℃,挤压速率1.0-1.5m/min,挤压比为20-25%。在热挤压过程中,可以改善铸造过程中产生的组织缺陷(如缩松、缩孔、气孔等),增加合金的致密度,消除部分在铸造过程中产生的偏析,同时根据particle stimulated nucleation原理, $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 强化相在热挤压过程中能够促进合金中细小的动态再结晶晶粒的生成,进一步提高了该稀土-镁合金材料的强度和塑性。

[0043] 以下结合实施例对本发明作进一步详细描述:

[0044] 实施例1:

[0045] 一种高强度稀土-镁合金材料,包含如下重量百分比的成分:Sn:0.5wt%;Dy:3.8wt%;Cu:2.0wt%,其余为Mg和不可避免的杂质;稀土-镁合金材料中不可避免的杂质的含量 $\leq 0.03wt\%$ 。

[0046] 上述稀土-镁合金材料的屈服强度为378MPa,抗拉强度为396MPa,延伸率8.9%;在300℃下的屈服强度为290MPa,抗拉强度为315MPa,延伸率15.8%。

[0047] 一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法,包括,

[0048] 1)将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金,具体为:

[0049] 在保护气的作用下,将Mg、Cu、Mg-Sn中间合金和Mg-Dy中间合金熔融后浇铸,得到稀土-镁合金铸件;

[0050] 2)将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理,匀质化处理温度为220℃,保温时间

为8h;

[0051] 3) 将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压, 挤压温度为250℃, 挤压速率1.0m/min, 挤压比为20%, 挤压态合金的显微组织照片如图1所示, 从图中可明显观察到高体积分数 $Mg_{10}Dy_1Cu_1$ 相,

[0052] 实施例2:

[0053] 一种高强度稀土-镁合金材料, 包含如下重量百分比的成分: Sn: 1.5wt%; Dy: 5.0wt%; Cu: 3.5wt%, 其余为Mg和不可避免的杂质; 稀土-镁合金材料中不可避免的杂质的含量 $\leq 0.03wt\%$ 。

[0054] 上述稀土-镁合金材料的屈服强度为386MPa, 抗拉强度为412MPa, 延伸率6.8%; 在300℃下的屈服强度为306MPa, 抗拉强度为320MPa, 延伸率12.5%。

[0055] 一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法, 包括,

[0056] 1) 将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金, 具体为:

[0057] 在保护气的作用下, 将Mg、Cu、Mg-Sn中间合金和Mg-Dy中间合金熔融后浇铸, 得到稀土-镁合金铸件;

[0058] 2) 将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理, 匀质化处理温度为235℃, 保温时间为9h;

[0059] 3) 将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压, 挤压温度为270℃, 挤压速率1.2m/min, 挤压比为22%。

[0060] 实施例3:

[0061] 一种高强度稀土-镁合金材料, 包含如下重量百分比的成分: Sn: 2.0wt%; Dy: 8.0wt%; Cu: 5.0wt%, 其余为Mg和不可避免的杂质; 稀土-镁合金材料中不可避免的杂质的含量 $\leq 0.03wt\%$ 。

[0062] 上述稀土-镁合金材料的屈服强度为396MPa, 抗拉强度为420MPa, 延伸率7.8%; 在300℃下的屈服强度为318MPa, 抗拉强度为336MPa, 延伸率16.0%。

[0063] 一种高强度稀土-镁合金材料的制备方法, 包括,

[0064] 1) 将预热后的金属原料熔融铸造得铸态稀土-镁合金, 具体为:

[0065] 在保护气的作用下, 将Mg、Cu、Mg-Sn中间合金和Mg-Dy中间合金熔融后浇铸, 得到稀土-镁合金铸件;

[0066] 2) 将所得到的铸态稀土-镁合金匀质化处理, 匀质化处理温度为250℃, 保温时间为10h;

[0067] 3) 将匀质化处理后的稀土-镁合金进行热挤压, 挤压温度为300℃, 挤压速率1.5m/min, 挤压比为25%。

[0068] 上述实施例中的常规技术为本领域技术人员所知晓的现有技术, 故在此不再详细赘述。

[0069] 以上实施方式仅用于说明本发明, 而并非对本发明的限制, 本领域的普通技术人员, 在不脱离本发明的精神和范围的情况下, 还可以做出各种变化和变型。因此, 所有等同的技术方案也属于本发明的范畴, 本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

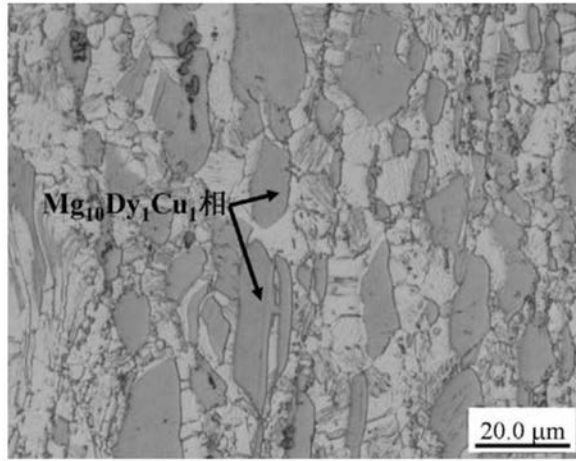


图1