



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108690926 A

(43)申请公布日 2018.10.23

(21)申请号 201810313813.4

C22C 1/02(2006.01)

(22)申请日 2018.04.10

B22D 18/06(2006.01)

(30)优先权数据

15/484,288 2017.04.11 US

(71)申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 A·E·曼 A·H·贝克

R·米什拉 S·帕拉尼韦尔

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 张全信 尚晓芹

(51)Int.Cl.

C22C 21/14(2006.01)

C22C 21/16(2006.01)

C22C 21/18(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

铝合金和制造其的方法

(57)摘要

本发明涉及铝合金和制造其的方法。一种铝合金,其包括铝,约1.8至约5.6重量百分比的铜,约0.6至约2.6重量百分比的锂,和下列中的至少一种:至多约1.5重量百分比的镧,至多约1.5重量百分比的铈,至多约1.5重量百分比的铈和至多约1.5重量百分比的镨。

1. 一种铝合金,其包括:
铝;
约1.8至约5.6重量百分比的铜;
约0.6至约2.6重量百分比的锂;和
以下至少一种:
至多约1.5重量百分比的镧;
至多约1.5重量百分比的铈;
至多约1.5重量百分比的铈;和
至多约1.5重量百分比的镨。
2. 根据权利要求1所述的铝合金,其包括所述镧、所述铈、所述铈和所述镨中的至少两种。
3. 根据权利要求1或2所述的铝合金,进一步包括以下中的至少一种:
至多约0.20重量百分比的非零量的硅;
至多约0.30重量百分比的非零量的铁;
至多约0.6重量百分比的非零量的锰;
至多约1.9重量百分比的非零量的镁;
至多约0.10重量百分比的非零量的铬;
至多约1.0重量百分比的非零量的锌;
至多约0.15重量百分比的非零量的钛;
至多约0.7重量百分比的非零量的银;和
至多约0.16重量百分比的非零量的铅。
4. 根据权利要求1-3中任一项所述的铝合金,进一步包括下列中的至少一种:至多约0.05重量百分比的镍,至多约0.05重量百分比的镓和至多约0.05重量百分比的钒。
5. 根据权利要求1-4中任一项所述的铝合金,进一步包括:
至多约1.9重量百分比的非零量的镁;
至多约0.16重量百分比的非零量的铅;和
至多约0.7重量百分比的非零量的银。
6. 根据权利要求1-5中任一项所述的铝合金,进一步包括:
至多约1.9重量百分比的非零量的镁;
至多约0.16重量百分比的非零量的铅;
至多约0.7重量百分比的非零量的银;
至多约0.6重量百分比的非零量的锰;
至多约1.0重量百分比的非零量的锌;和
至多约0.15重量百分比的非零量的钛。
7. 一种用于制造铝合金的方法,其包括以下步骤:
称重起始材料以获得具有权利要求1所述的组成的材料团;
将所述起始材料装载至坩埚中;
将所述坩埚插入腔室中;
将所述腔室抽空至预定的真空度;

熔融所述起始材料以形成熔融体；和
将所述熔融体浇铸到模具中。

8. 根据权利要求7所述的方法，其中所述预定的真空度为最多约0.05托，并且其中所述腔室用惰性气体回填。

9. 根据权利要求7或8所述的方法，其中：

将所述熔融体浇铸到模具中；

使所述熔融体冷却以形成固体块；

使所述固体块均匀化和水淬以获得铸块；

将所述铸块剥皮和热轧；

所述铸块被溶液处理、冷轧和拉伸中的至少一种；和

使所述铸块老化。

10. 根据权利要求7-9中任一项所述的方法，其中所述铸块在约300至约320°F下被人工老化约29至约35小时；或其中所述称重包括称重稀土金属混合物作为所述镧、所述铈、所述钍和所述镨中的所述至少一种的来源。

铝合金和制造其的方法

技术领域

[0001] 本申请涉及铝合金,并且更具体地涉及添加铜、锂和至少一种碱土金属或稀土金属的铝合金。

背景技术

[0002] 摩擦搅拌焊接(FSW)是固态连接过程,其使用非消耗工具来连接两个相对的工件而不会熔融工件材料。摩擦搅拌焊接在绝对地固态连接过程期间通常产生足够的热量输入以粗化并甚至溶解许多铝合金中的主要强化相。主要沉淀物的粗化和溶解最终导致跨越焊接点的可测量的强度下降,通常通过典型的W型硬度分布来体现。

[0003] 因此,本领域技术人员继续在铝合金领域的研究和开发努力。

发明内容

[0004] 在一个实施方式中,公开的铝合金包括铝,约1.8至约5.6重量百分比的铜,约0.6至约2.6重量百分比的锂,和下列中的至少一种:至多约1.5重量百分比的镧、至多约1.5重量百分比的铈、至多约1.5重量百分比的钕和至多约1.5重量百分比的镨。

[0005] 在另一个实施方式中,公开的铝合金包括铝,约1.8至约5.6重量百分比的铜,约0.6至约2.6重量百分比的锂,每种至多约1.5重量百分比的非零量的镧、铈、钕和镨中的至少一种,至多约1.9重量百分比的非零量的镁,至多约0.16重量百分比的非零量的锆,和至多约0.7重量百分比的非零量的银。

[0006] 在又另一个实施方式中,公开的铝合金包括铝,约1.8至约5.6重量百分比的铜,约0.6至约2.6重量百分比的锂,每种至多约1.5重量百分比的非零量的镧、铈、钕和镨中的至少一种,至多约1.9重量百分比的非零量的镁,至多约0.16重量百分比的非零量的锆,至多约0.7重量百分比的非零量的银,至多约0.6重量百分比的非零量的锰,至多约1.0重量百分比的非零量的锌,和至多约0.15重量百分比的非零量的钛。

[0007] 在一个实施方式中,公开的用于制造铝合金的方法包括以下步骤:(1)称重起始材料以获得材料团,其包括铝,约1.8至约5.6重量百分比的铜,约0.6至约2.6重量百分比的锂,以及下列中的至少一种:至多约1.5重量百分比的镧、至多约1.5重量百分比的铈、至多约1.5重量百分比的钕和至多约1.5重量百分比的镨;(2)将材料装载至坩埚中;(3)将坩埚插入腔室中;(4)将腔室抽空至预定的真空度;(5)熔融材料以形成熔融体;和(6)将熔融体浇铸到模具中。

[0008] 公开的铝合金组合物和方法的其它实施方式将从以下详细描述、附图和所附权利要求书变得显而易见。

附图说明

[0009] 图1是飞行器制造和维修方法的流程图;和

[0010] 图2是飞行器的方框图。

具体实施方式

[0011] 公开了铝合金,其已经通过添加镧(La)、铈(Ce)、锶(Sr)、镨(Pr)、其它稀土或碱土金属、其它镧系元素和稀土金属混合物(mischmetal)形式的稀土金属,连同传统上用于铝合金的各种其它元素被改善。例如,已经通过添加La、Ce、Sr、Pr、其它稀土或碱土金属,以及稀土金属混合物形式的稀土矿石改善了由美国铝业协会(Aluminum Association)登记的来自2xxx系列Al-Cu-Li合金的铝合金。公开的铝合金被设计为产生材料对摩擦搅拌焊接(FSW)过程的动态响应。不受任何具体理论限制,认为添加的元素具有改善公开的铝合金的性质的三个主要的热力学和物理标准,如下所阐释。

[0012] T1相(Al-Cu-Li系统中的主要强化相)有利于用于成核的扭曲的晶格位点。因此,由这些添加的元素产生的高度应变错配将刺激T1相的成核。结合起来,本文描述的标准产生T1相在FSW过程期间的成核和后续再沉淀的理想方案。所产生的效果将是焊接区域中强度和其它固有材料性质的显著改善。最后,添加的元素将消除跨越焊接区域通常观察到的可测量的强度下降。这将产生新类别的铝合金,其可以在更关键的设计空间中实施,并且更经得起(amenable to)期望的和有效的制造过程(例如,FSW)。

[0013] 公开的铝合金的一个一般实例具有表1中显示的组成。

[0014] 表1

[0015]	元素	量(wt.%)
	铜	1.8–5.6
	锂	0.6–2.6
	La、Sr、Ce 和 Pr 中的至少一种	非零—每种 1.5
	其它元素	零至 6.0
	铝	余量

[0016] 因此,表1中的铝合金包括约1.8至约5.6重量百分比的铜,约0.6至约2.6重量百分比的锂,至多约1.5重量百分比的非零量的镧、铈、锶和镨中的至少一种,其中镧、铈、锶和镨中的至少一种的每一种可以以至多约1.5重量百分比的非零量存在,并且余量基本上是铝。La、Sr、Ce和Pr中的至少一种可以来源于稀土金属混合物。稀土金属混合物是稀土金属矿石混合物,通常以Ce和La为主,以及少量的Pr、Sr和钕(Nd),但是可能地包含其它镧系元素。因此,低水平的其它镧系元素也可以存在于公开的铝合金中。

[0017] 第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.20重量百分比的非零量或约0.05至约0.20重量百分比的硅。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.30重量百分比的非零量或从约0.07至约0.30重量百分比的铁。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.6重量百分比的非零量或约0.03至约0.6重量百分比的锰。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约1.9重量百分比的非零量或约0.05至约1.9重量百分比的镁。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.10重量百分比的非零量的铬。第一实施方式的

铝合金可以进一步包括至多约1.0重量百分比的非零量或约0.03至约1.0重量百分比的锌。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.15重量百分比的非零量或约0.07至约0.15重量百分比的钛。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.7重量百分比的非零量或约0.05至约0.7重量百分比的银。第一实施方式的铝合金可以进一步包括至多约0.16重量百分比的非零量或约0.04至约0.16重量百分比的锆。第一实施方式的铝合金可以进一步包括每种至多约0.05重量百分比的非零量的镍、镓和钒中的至少一种。

[0018] 本领域技术人员将认识到,还可以存在基本上不影响第一实施方式的铝合金的物理性质的各种杂质,并且这类杂质的存在将不导致与本公开内容的范围的背离。

[0019] 公开的铝合金的另一个一般实例具有表2中显示的组成。

[0020] 表2

[0021]

元素	量 (wt. %)
Si	0.05-0.20
Cu	1.8-5.6
Fe	0.07-0.30
Mn	0.03-0.6
Mg	0.05-1.9
Cr	0-0.10
Ni	0-0.05
Zn	0-1.0
Ti	0-0.15
Ag	0-0.7
Li	0.6-2.6
Zr	0-0.16
La	0-1.5
Sr	0-1.5
Ce	0-1.5
Pr	0-1.5
Al	大体余量

[0022] 表2中的铝合金包括列出的元素并且余量是铝或大体上是连同各种杂质的铝。在表2的一般实例中,La、Sr、Ce和Pr中的至少一种必须以非零量存在。

[0023] 公开的铝合金的一个具体的非限制性实例具有表3中显示的组成。

[0024] 表3

[0025]

元素	目标(wt.%)
铜	4.0
锂	1.0
镁	0.4

[0026]

铅	0.13
银	0.35
铈	0.5
铝	93.62

[0027] 公开的铝合金的另一个具体的非限制性实例具有表4中显示的组成。

[0028] 表4

[0029]

元素	目标 (wt.%)
Cu	4.07
Fe	0.07
Mn	0.04
Mg	0.37
Zn	0.04
Ti	0.08
Zr	0.13
Ag	0.24
Li	0.94
Sr	0.30
La	<0.01
Al	余量

[0030] 公开的铝合金的又另一个具体的非限制性实例具有表5中显示的组成。

[0031] 表5

[0032]

元素	目标(wt.%)
Cu	4.0
Fe	0.07
Mn	0.04
Mg	0.36
Zn	0.04
Ti	0.08
Zr	0.13
Ag	0.23
Li	0.93

[0033]	La	0.13
	Sr	<0.01
	Al	余量

[0034] 公开的铝合金可以通过各种技术制造。用于制造公开的铝合金的一种方法包括以下步骤：(1) 称重起始材料以获得铝合金的组合物内的材料团，铝合金包括约1.8至约5.6重量百分比的铜，约0.6至约2.6重量百分比的锂，每种至多约1.5重量百分比的非零量的镧、锶、铈和镨中的至少一种，以及铝；(2) 将材料装载至坩埚中；(3) 将坩埚插入腔室中；(4) 将腔室抽空至预定的真空度，其中所述腔室被任选地用惰性气体回填；(5) 熔融材料以形成熔融体；和(6) 将熔融体浇铸到模具中。一旦将熔融体浇铸到模具中，熔融体被冷却以形成固体块，将固体块均匀化和水淬以获得铸块，将铸块剥皮 (scalp) 和热轧，并且铸块被溶液处理和水淬、冷轧或拉伸，并且人工或以其它方式自然老化以获得铝合金。

[0035] 称重出起始材料的步骤可包括使用稀土金属混合物作为每种至多约1.5重量百分比的非零量的镧、锶、铈和镨中的至少一种的来源。稀土金属混合物是稀土金属矿石混合物，通常以Ce和La为主，以及少量的Pr、Sr和Nd，但是可能地包含其它镧系元素。稀土金属混合物是可以在本发明中使用以降低成本的有成本效益的稀土元素。稀土元素是相对昂贵的，因为稀土元素的成本的较大贡献者是分离稀土元素的步骤。通过利用稀土金属混合物，避免了分离步骤，因此最终产物将是不太昂贵的但是同样有效的。

[0036] 在公开的方法的一个具体的非限制性实例中，称重出进料 (charge) 材料并且装载在石墨坩埚中。然后将腔室抽空至低于约0.05托的真空度并且用惰性气体 (例如，氩) 回填至约760托的分压。将进料熔融并浇铸在石墨模具中并且允许空气冷却。然后可以在约840°F下使铸造的铸块均匀化约24小时并且水淬。然后可以在约900°F将铸块剥皮并且热轧至厚度。然后在950°F下溶液处理约1小时并且水淬。最后，将进行冷轧，减少约5%并且人工老化。其可以在约310°F下被人工老化约32小时，获得本发明的铝合金。

[0037] 本公开内容的实例可以在如图1中所显示的飞行器制造和维修方法100和如图2中所显示的飞行器102的背景中描述。在预生产期间，飞行器制造和维修方法100包括例如飞行器102的规格和设计104和材料采购106。在生产期间，进行飞行器102的组件/子部件制造108和系统集成110。其后，飞行器102可以通过认证和交付112以便投入使用114。当由客户使用时，飞行器102被安排用于日常维护和服务116，其还可以包括改进、重新配置、翻新等。

[0038] 方法100的每个过程可以由系统集成商、第三方和/或运营商 (例如，客户) 执行或进行。为了描述的目的，系统集成商包括但不限于任何数量的飞行器制造商和主系统分包商；第三方包括但不限于任何数量的供货商、分包商和供应商；并且运营商可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等等。

[0039] 如图2中所显示，由实例方法100产生的飞行器102包括例如具有多个系统120的机身118和内部122。多个系统120的实例包括推进系统124、电气系统126、液压系统128和环境系统130中的一个或多个。可以包括任何数量的其它系统。

[0040] 公开的铝合金组合物和由其形成的制品可以在飞行器制造和维修方法100的任何一个或多个阶段期间被采用。作为一个实例，对应于组件/子部件制造108、系统集成110和/或维修和服务116的组件或子部件可以使用公开的铝合金组合物被加工或制造。作为另一

个实例,机身118可以使用公开的铝合金组合物被构造。而且,例如通过大幅度加速飞行器102比如机身118和/或内部122的装配或降低其成本,可以在组件/子部件制造108和/或系统集成110期间使用一个或多个装置实例、方法实例或其组合。类似地,系统实例、方法实例或其组合中的一个或多个可以在飞行器102服务时使用,例如并且不限于维修和服务116。

[0041] 根据下述条款描述了进一步方面:

[0042] 条款1.一种铝合金,其包括:

[0043] 铝;

[0044] 约1.8至约5.6重量百分比的铜;

[0045] 约0.6至约2.6重量百分比的锂;和

[0046] 以下至少一种:

[0047] 至多约1.5重量百分比的镧;

[0048] 至多约1.5重量百分比的铈;

[0049] 至多约1.5重量百分比的铈;和

[0050] 至多约1.5重量百分比的镨。

[0051] 条款2.条款1的铝合金,其包括所述镧、所述铈、所述铈和所述镨中的至少两种。

[0052] 条款3.条款1或2的铝合金,进一步包括以下至少一种:

[0053] 至多约0.20重量百分比的非零量的硅;

[0054] 至多约0.30重量百分比的非零量的铁;

[0055] 至多约0.6重量百分比的非零量的锰;

[0056] 至多约1.9重量百分比的非零量的镁;

[0057] 至多约0.10重量百分比的非零量的铬;

[0058] 至多约1.0重量百分比的非零量的锌;

[0059] 至多约0.15重量百分比的非零量的钛;

[0060] 至多约0.7重量百分比的非零量的银;和

[0061] 至多约0.16重量百分比的非零量的锆。

[0062] 条款4.条款1-3中任一项的铝合金,进一步包括下列中的至少一种:至多约0.05重量百分比的镍、至多约0.05重量百分比的镓和至多约0.05重量百分比的钒。

[0063] 条款5.条款1-4中任一项的铝合金,进一步包括:

[0064] 至多约1.9重量百分比的非零量的镁;

[0065] 至多约0.16重量百分比的非零量的锆;和

[0066] 至多约0.7重量百分比的非零量的银。

[0067] 条款6.条款1-5中任一项的铝合金,其包括所述铈。

[0068] 条款7.条款1-6中任一项的铝合金,其包括所述镧。

[0069] 条款8.条款1-7中任一项的铝合金,其包括所述铈。

[0070] 条款9.条款1-8中任一项的铝合金,其包括所述镨。

[0071] 条款10.条款1-9中任一项的铝合金,进一步包括:

[0072] 至多约1.9重量百分比的非零量的镁;

[0073] 至多约0.16重量百分比的非零量的锆;

[0074] 至多约0.7重量百分比的非零量的银;

- [0075] 至多约0.6重量百分比的非零量的锰；
- [0076] 至多约1.0重量百分比的非零量的锌；和
- [0077] 至多约0.15重量百分比的非零量的钛。
- [0078] 条款11.一种用于制造铝合金的方法，其包括以下步骤：
- [0079] 称重起始材料以获得具有条款1的组成的材料团；
- [0080] 将所述起始材料装载至坩埚中；
- [0081] 将所述坩埚插入腔室中；
- [0082] 将所述腔室抽空至预定的真空度；
- [0083] 熔融所述起始材料以形成熔融体；和
- [0084] 将所述熔融体浇铸到模具中。
- [0085] 条款12.条款11的方法，其中所述预定的真空度为最多约0.05托，并且其中所述腔室用惰性气体回填。
- [0086] 条款13.条款11或12的方法，其中：
- [0087] 将所述熔融体浇铸到模具中；
- [0088] 使所述熔融体冷却以形成固体块；
- [0089] 使所述固体块均匀化和水淬以获得铸块；
- [0090] 将所述铸块剥皮和热轧；
- [0091] 所述铸块被溶液处理、冷轧和拉伸中的至少一种；和
- [0092] 使所述铸块老化。
- [0093] 条款14.条款11-13中任一项的方法，其中使所述铸块在约300至约320°F下被人工老化约29至约35小时。
- [0094] 条款15.条款11-14中任一项的方法，其中所述称重包括称重稀土金属混合物作为所述镧、所述铈、所述铈和所述镨中的所述至少一种的来源。
- [0095] 在飞行器的背景中描述了公开的铝合金组合物和由其形成的制品；然而，本领域普通技术人员将容易认识到，公开的铝合金组合物和由其形成的制品可用于各种应用。例如，公开的铝合金组合物和由其形成的制品可以在各种类型的交通工具中实施，包括例如直升机、客轮、汽车、海洋产品（船、马达等）和类似物。
- [0096] 尽管已经显示和描述了公开的铝合金组合物和由其形成的制品的各种实施方式，但是本领域技术人员在阅读说明书之后可以想到改进。本申请包括这样的改进并且仅由权利要求的范围限定。

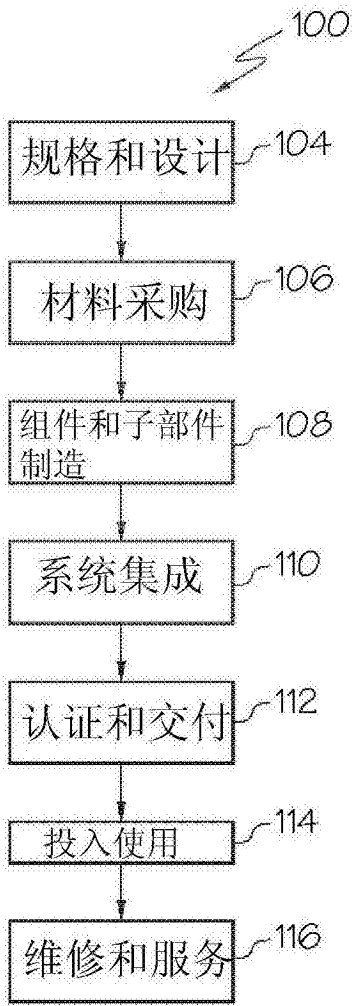


图1

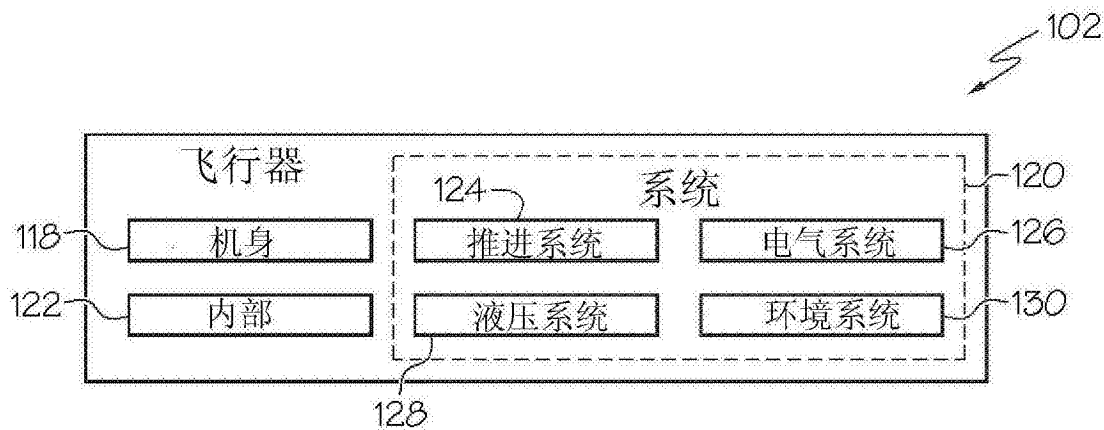


图2