(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103502491 B
(45)授权公告日 2015.11.25

(21)申请号 201280021958.8
(22)申请日 2012.04.04
(30)优先权数据
61/471,323 2011.04.04 US
61/486,035 2011.05.13 US
13/438,525 2012.04.03 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.11.05
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/032181 2012.04.04
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2012/138767 EN 2012.10.11
(73)专利权人 艾默生环境优化技术有限公司
地址 美国俄亥俄州
(72)发明人 瓦伦·G·威廉森
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 顾晋伟 全万志
(51)Int.Cl.
C22C 21/02(2006.01)
B22D 21/04(2006.01)
(56)对比文件
EP 0724077 A1 ,1996.07.31, 全文.
JP 特開 2003-213354 A ,2003.07.30,
JP 特開 2009-24265 A ,2009.02.05, 全文.
JP 特開平 9-125181 A ,1997.05.13, 全文.
US 2004/0170523 A1 ,2004.09.02, 全文.
US 2006/0011321 A1 ,2006.01.19, 全文.
审查员 刘春涛

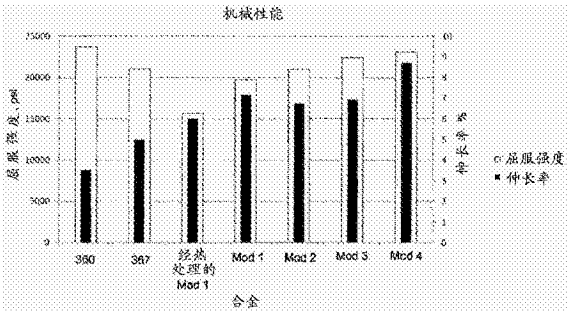
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

铝合金组合物及其压铸方法

(57)摘要

本发明提供具有改进的流动性和伸长率以及模具焊接自由度的铝合金。所述铝合金特别适合于结构件的压铸。所述铝合金包含约 8 重量 % 至约 11 重量 % 的硅、约 0.8 重量 % 至约 1.9 重量 % 的锰、约 0.1 重量 % 至约 0.5 重量 % 的铁、约 0.2 重量 % 至约 0.7 重量 % 的镁、约 0.002 重量 % 至约 0.15 重量 % 的硼、约 0.006 重量 % 至约 0.017 重量 % 的锶、小于约 0.25 重量 % 的铜、小于约 0.35 重量 % 的锌、小于约 0.25 重量 % 的钛以及余量的铝。本发明还提供了与所述铝合金相关的方法。



CN 103502491 B

1. 一种形成用于涡旋式压缩机的结构件的方法，其包括：

铸造熔融的铝合金材料以形成固体涡旋式压缩机部件，其中所述铝合金材料包含：

大于 8 重量％至小于 10 重量％的所述铝合金材料的硅；

大于或等于 0.8 重量％至小于或等于 1.9 重量％的所述铝合金材料的锰；

大于或等于 0.1 重量％至小于或等于 0.5 重量％的所述铝合金材料的铁；

大于或等于 0.2 重量％至小于或等于 0.7 重量％的所述铝合金材料的镁；

大于或等于 0.002 重量％至小于或等于 0.15 重量％的所述铝合金材料的硼；

大于或等于 0.006 重量％至小于或等于 0.017 重量％的所述铝合金材料的锶；

小于或等于 0.25 重量％的所述铝合金材料的铜；

小于或等于 0.35 重量％的所述铝合金材料的锌；

小于或等于 0.25 重量％的所述铝合金材料的钛；以及余量的所述铝合金材料为铝；和

对所述固体涡旋式压缩机部件进行退火，其中在所述退火之后，所述固体涡旋式压缩机部件的硬度为大于或等于 75HRH 至小于或等于 90HRH。

2. 权利要求 1 所述的方法，其中所述压缩机部件的伸长率百分比为大于或等于 7％。

3. 权利要求 1 所述的方法，其中所述压缩机部件的伸长率百分比为大于或等于 9％。

4. 权利要求 1 所述的方法，其中所述压缩机部件的拉伸强度为大于或等于 262Mpa。

5. 权利要求 1 所述的方法，其中所述压缩机部件的拉伸强度为大于或等于 276Mpa。

6. 权利要求 1 所述的方法，其中所述铝合金材料包含小于或等于所述铝合金材料的 0.05 重量％的不大于痕量杂质量的镍。

7. 权利要求 1 所述的方法，其中所述铸造是压铸工艺，其中所述熔融的铝合金材料在所述压铸工艺期间通过模具。

8. 权利要求 1 所述的方法，其还包括在所述退火之后对所述固体压缩机部件进行机械加工。

9. 权利要求 1 所述的方法，其中所述锰占所述铝合金材料的大于或等于 1 重量％至小于或等于 1.9 重量％。

10. 一种形成用于涡旋式压缩机的结构件的方法，其包括：

a. 压铸包含协同量的锰和硅的铝合金，其中所述硅占所述铝合金的大于 8 重量％至小于或等于 10 重量％，并且所述锰占所述铝合金材料的大于或等于 0.8 重量％至小于或等于 1.9 重量％；

b. 使所述铝合金凝固以形成用于涡旋式压缩机的固体结构件，其中所凝固的铝合金的伸长率为大于或等于 7％，并且拉伸强度为大于或等于 262Mpa；

c. 通过暴露于热源对所述固体结构件进行加热，所述热源的保持温度为大于或等于 260℃至小于或等于 427℃；和

d. 在所述保持温度下对所述铝合金退火大于或等于 5 小时，使得所述固体结构件的硬度为大于或等于 75HRH 至小于或等于 90HRH。

11. 权利要求 10 所述的方法，其中所述铝合金还包含：

大于或等于 0.1 重量％至小于或等于 0.5 重量％的所述铝合金的铁；

大于或等于 0.2 重量％至小于或等于 0.7 重量％的所述铝合金的镁；

大于或等于 0.002 重量％至小于或等于 0.15 重量％的所述铝合金的硼；

大于或等于 0.006 重量%至小于或等于 0.017 重量%的所述铝合金的锶；

小于或等于 0.25 重量%的所述铝合金的铜；

小于或等于 0.35 重量%的所述铝合金的锌；

小于或等于 0.25 重量%的所述铝合金的钛；以及

余量的所述铝合金为铝。

12. 权利要求 11 所述的方法，其中所述铝合金包含大于或等于 1 重量%至小于或等于 1.2 重量%的所述铝合金的锰和大于或等于 9 重量%至小于或等于 10 重量%的所述铝合金的硅。

13. 权利要求 12 所述的方法，其中所述铝合金包含小于或等于所述铝合金的 0.05 重量%的不大于痕量杂质量的镍。

14. 权利要求 12 所述的方法，其中所述铝合金包含小于或等于所述铝合金的 0.05 重量%的不大于痕量杂质量的铜。

15. 权利要求 10 所述的方法，其中所述伸长率为大于或等于 9%。

16. 权利要求 10 所述的方法，其中所述拉伸强度为大于或等于 276Mpa。

17. 权利要求 10 所述方法，其中用于涡旋式压缩机的所述结构件用于制冷装置；或者加热、通风与空气调节装置。

18. 权利要求 10 所述的方法，其还包括通过暴露于热源对所述固体结构件进行加热，所述加热的加热速率为大于或等于 10℃每小时至小于或等于 93℃每小时，直至达到大于或等于 260℃至小于或等于 427℃的保持温度。

19. 铝合金，其基本上由以下组成：

a. 大于或等于 8 重量%至小于 10 重量%的所述铝合金的硅；

b. 大于或等于 0.8 重量%至小于或等于 1.9 重量%的所述铝合金的锰；

c. 大于或等于 0.1 重量%至小于或等于 0.5 重量%的所述铝合金的铁；

d. 大于或等于 0.2 重量%至小于或等于 0.7 重量%的所述铝合金的镁；

e. 大于或等于 0.002 重量%至小于或等于 0.15 重量%的所述铝合金的硼；

f. 大于或等于 0.006 重量%至小于或等于 0.017 重量%的所述铝合金的锶；

g. 小于或等于 0.25 重量%的所述铝合金的铜；

h. 小于或等于 0.35 重量%的所述铝合金的锌；

i. 小于或等于 0.25 重量%的所述铝合金的钛；以及

j. 余量的铝。

20. 权利要求 19 所述的铝合金，其中所述硅以大于或等于 9 重量%至小于 10 重量%的所述铝合金存在。

21. 权利要求 19 所述的铝合金，其中所述锰以大于或等于 0.8 重量%至小于或等于 1.2 重量%的所述铝合金存在。

铝合金组合物及其压铸方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2012年4月3日提交的美国专利申请No.13/343,525、2011年4月4日提交的美国临时申请No.61/471,323以及2011年5月13日提交的美国临时申请No.61/486,035的优先权和权益。上述每个申请的全部公开内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及铝压铸合金组合物，更具体地，涉及使用该铝合金来制造用于制冷和/或加热通风与空气调节(HVAC)系统的结构件。

背景技术

[0004] 该部分说明仅提供与本公开相关的背景信息，可不构成现有技术。

[0005] 金属合金可用于多种应用，包括制冷；加热、通风与空气调节(HVAC)；以及其它机械或机电应用。主要合金金属和其它合金剂基于工业标准或惯例、所期望的成品件的结构完整性以及形成成品件的期望方法来选择。

[0006] 一种示例性金属合金是铝基合金。铝基合金可通过锻造工艺或者通过铸造技术(例如压铸、砂铸、永久型铸造和半永久型铸造、石膏型铸造以及熔模精密铸造来形成。铸件(cast parts)一般通过将熔融的金属倒入铸模来形成，所述铸模在熔融的材料冷却和凝固时为其提供形状。铸件凝固后，将铸件随后与铸模分离。当铸造合金时，尽管工业标准决定包括哪些合金材料和量，但是仍然持续需要现有合金的改进的铸造性、流动性、伸长率以及其它性质。此外，从铸模中移除铸件的需要指导合金材料的选择，这种需要往往成为打破关于合金组分及所述组分的相对量之选择的存在已久的惯用准则的阻碍。

发明内容

[0007] 在多个方面中，提供了形成结构件的方法。铝合金材料被铸造形成固体结构件。所述铝合金包含：约8重量％至约11.6重量％的硅、约0.8重量％至约1.9重量％的锰、约0.1重量％至约0.5重量％的铁、约0.2重量％至约0.7重量％的镁、约0.002重量％至约0.15重量％的硼、约0.006重量％至约0.017重量％的锶、小于约0.25重量％的铜、小于约0.35重量％的锌、小于约0.25重量％的钛以及余量的铝。在所选择的方面中，硅大于或等于铝合金的10重量％，锰为大于或等于铝合金的1重量％。

[0008] 在本教导的另一些特征中，形成用于压缩机构件的结构件的方法包括：将具有协同量的锰和硅的铝合金材料铸造成该结构件的形状，以及使该铝合金凝固为具有大于或等于7％的伸长率和大于或等于38000psi的拉伸强度。在多个方面中，所述伸长率大于或等于9％。在又一些方面中，所述拉伸强度大于或等于40000psi。在多个方面中，所述结构件可用于压缩机；制冷装置；或者加热、通风与空气调节装置。

[0009] 在又一些方面中，铝合金基本上由以下组成：8重量％至11.6重量％的硅、0.8重量％至1.9重量％的锰、0.1重量％至0.5重量％的铁、0.2重量％至0.7重量％的镁、0.002

重量％至0.15重量％的硼、0.006重量％至0.017重量％的锶、小于约0.25重量％的铜、小于约0.35重量％的锌、小于约0.25重量％的钛以及剩余重量百分比的铝。

[0010] 其它可应用领域将从本文所提供的描述变得明显。本概述中的描述和特定实例仅旨在举例说明的目的，而无意于限制本公开的范围。

附图说明

[0011] 本文所述附图仅用于举例说明的目的，而无意于以任何方式限制本公开的范围。

[0012] 图1是根据本教导的多个方面的涡旋机(scroll machine)的截面图；

[0013] 图2是示出根据本教导的多个方面的受试样品之机械性能的图表；

[0014] 图3是示出根据本教导的多个方面的受试样品之延展性比较的图表；

[0015] 图4是示出根据本教导的多个方面的受试样品之相对拉伸强度和铁含量的图表；

[0016] 图5是示出根据本教导的多个方面的受试样品之相对延展性和铁含量的图表；以及

[0017] 图6是示出根据本教导的多个方面的铝合金之热处理的图表。

发明内容

[0018] 以下描述在性质上只是举例说明，而无意于限制本公开、应用或用途。应理解，在所有附图中，相应的附图标记代表相同或相应的部件和特征。

[0019] 本教导涉及用于压铸的铝合金。所述铝合金可用于多种应用，包括铸造制冷和/或加热、通风与空气调节(HVAC)装置中压缩机或另一构件的构件。一种示例性压缩机是如图1所描绘的涡旋式压缩机10。应理解，尽管在本公开中使用涡旋式压缩机10作为主要实例，但是这些教导也适合其它类型的压缩机(例如往复压缩机)。此外，本公开原理也适合其它机械装置或机电装置，包括与加热、通风与空气调节(HVAC)系统、制冷系统以及其它系统相关的发动机、泵和包括以下的其它装置：密封件和相关构件，例如下密封板、欧氏联轴节(Oldham couplings)、轴承、配件、紧固件、多种流体通道等等。为了清楚起见，首先提供示例性涡旋式压缩机10的描述，然后提供铝合金的详述。

[0020] 涡旋机

[0021] 参照图1，涡旋机10包含气密性壳12、压缩机段14和发动机驱动段16。气密性壳12促进“气密性地密封”所述装置使其不透气。气密性壳12一般为所示圆柱形。气密性壳12包含焊接在其上端的帽18和焊接在其下端的底座20。帽18包含制冷剂排放配件22，该配件22中可具有排放阀(未示出)。气密性壳12还包含吸入口配件66以产生吸入室63。底座20包含与其整体式形成的安装脚(未示出)。气密性壳12还可包含横向延伸的隔板24，该隔板24焊接在帽18焊接到气密性壳12的同一点的周围处。

[0022] 压缩机段14包含压缩机构25、非轨道涡旋构件26、密封组合件27、轨道涡旋构件28和轴承箱30。非轨道涡旋构件26包含具有从其延伸的螺旋缠绕件(spiral wrap)36的端板32。非轨道涡旋构件26固定至轴承箱30，并且可包含多个导向套管40(sleeve guides)，所述导向套管40通过多个螺栓42将非轨道涡旋构件26连接至轴承箱30。密封组合件27包含下密封板29，并且可靠近非轨道涡旋端板32。

[0023] 轨道涡旋构件28包含端板50和从端板50竖直延伸的螺旋缠绕件52。螺旋缠绕

件 52 啮合非轨道涡旋构件 26 的螺旋缠绕件 36，从而形成可与排放口 60 流体连通的压缩室 54。排放口 60 与任选地由延伸隔板 24 和帽 18 形成的排放室 62 连通。

[0024] 发动机驱动段 16 包含驱动构件，例如接合至轨道涡旋构件 28 以驱动压缩机构的曲柄轴 68。曲柄轴 68 以转动方式安装在轴承箱 30 中的轴承 72 中，并且包含偏心轴部分 74。偏心轴部分 74 通过驱动衬套和轴承组合件 76 接合至轨道涡旋构件 28。曲柄轴 68 由其下端的发动机驱动段 16 支承，由此，曲柄轴 68 的下端包含同心轴部分 78。

[0025] 曲柄轴 68 的下端包含同心孔 80，所述同心孔 80 与从其向曲柄轴 68 的顶部向上延伸的沿径向倾斜的孔 82 连通。润滑剂抛油环 84 设置在孔中，以将设置在油槽 85 中或气密性壳下端（例如底座 20 中）的流体通过孔 80、82 泵送至压缩机段 14 和涡旋机 10 的需要润滑的其它部分。润滑剂抛油环 84 是共有的美国专利 No. 7,179,069 中公开的类型，其公开内容通过引用并入本文。

[0026] 上配重 86 和下配重 88 通过转子 100 连接至曲柄轴 68。另外，还提供了配重护罩 90 以减少由下配重 88 与设置在气密性壳 12 中的润滑剂接触引起的功损失。配重护罩 90 可以是共有的美国专利 No. 5,064,356 和 No. 7,413,423 中所公开的类型，其公开内容通过引用并入本文。

[0027] 发动机驱动段 16 包含发动机组合件 92 和下轴承支承构件 94。发动机组合件 92 牢固地安装在气密性壳 12 中，并且可包含定子 96、绕组 98 和转子 100。定子 96 压合在气密性壳 12 中，而转子 100 压合在曲柄轴 68 上。当发动机组合件 92 通电时，定子 96、绕组 98 和转子 100 一起工作以驱动曲柄轴 68，从而使轨道涡旋构件 28 相对于非轨道涡旋构件 26 转动。

[0028] 应理解，作为非限制性实例，支承构件 94 可以是轴承组合件的一部分，所述轴承组合件包含多种子构件（未示出）（例如下轴承和止推垫圈），如共有的美国专利 No. 4,850,819 中详述的，其通过引用并入本文。支承构件 94 连接至气密性壳 12 并且以转动方式支承由支承构件 94 和下轴承限定的围绕竖直轴 102 转动的曲柄轴 68。

[0029] 支承构件 94 以任何合适的方式连接至气密性壳 12。例如，支承构件 94 可通过与共有的美国专利 No. 5,267,844（其公开内容通过引用并入本文）所述相类似的方式桩固（stake）至壳。可替选地或者另外地，可使用多个紧固件（未示出）将支承构件 94 连接至气密性壳 12。

[0030] 材料和方法

[0031] 在一个方面中，本教导提供铝基合金组合物，其为铸造（特别是压铸）提供良好的流动性和伸长率。“铝基”意为所述组合物主要由铝构成，一般大于 80 重量 %。本文中使用的术语“组合物”广泛地指至少含有所优选的金属元素或化合物的物质，但其任选地包含额外的物质或化合物，包括添加剂和杂质。术语“材料”也广泛地指包含优选的化合物或组合物的物质。

[0032] 本公开还涉及用多种铝基合金铸造结构件的方法。本文中使用的“结构件”包括系统中有助于装置的运行或者安置的装置结构或工作部件。作为非限制性实例，所述结构件适合其它机械或机电装置，包括与加热、通气与空气调节（HVAC）系统、制冷系统以及其它系统相关的发动机、泵和包括以下的其它装置：密封件和相关构件，例如下密封板、欧氏联轴节、轴承、配件、紧固件、多个流体通道等等。如上文所详述的压缩机 10 的构件是结构件

的非限制性实例。

[0033] “铸造”(如其一般已知的)涉及将熔融的金属合金倒入铸模中,以基本上形成凝固的接近成品的铸件。将熔融的金属合金倒入铸模中,金属合金在铸模中冷却后凝固形成铸件。本教导的铝基合金适合用于铸造,包括压铸、砂铸、永久型铸造和半永久型铸造、石膏型铸造和熔模精密铸造。在多个方面中,所述铝合金特别适合用于压铸工艺,在压铸工艺中,熔融的铝合金材料在铸造过程中进入铸模腔时通过限定一个或更多个孔(orifice)或开口(aperture)的口模(die)。应理解,在一些示例中,尽管本文公开的是铸造技术,但是所述铝基合金也可用于本领域中已知的锻造工艺。在一些变体中,固体铸件形成结构件,所述结构件具有一个或更多个在铸造和凝固之后被进一步机械加工的表面。

[0034] 作为非限性实例,本教导的本发明铝合金在伸长率和屈服强度方面表现出特别有利的性质。在这样的实施方案中,例如根据发明名称为“Standard Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum-and Magnesium-Alloy Products”的ASTM B557-10 (其通过引用整体并入本文)来测量伸长率和屈服强度。

[0035] 本教导提供铝基合金的制剂,其有时表示为数值(例如百分比)。当术语“约”用于本教导中使用的这些值或百分比时,表示计算或测量允许值出现一些轻微的不精确(包括接近精确值或者近似地或合理地接近该值)。如果出于一些原因由“约”提供的不精确在本领域中并未理解为该通常含义,那么本文中使用的“约”表示所述值的多至5%的可能偏差(variation),即与常规方法的测量结果具有5%的方差。例如,约10重量%的组分可以为10-0.5重量%至10+0.5重量%不等,因此为9.5重量%至10.5重量%。应理解,本文中给出的所有百分比都根据本教导中各铝合金的总重量百分比。

[0036] 另外,范围的公开内容包括整个范围内的所有值以及进一步划分的范围,包括针对这些范围给出的端点。因此,例如,范围“1至2”或“约1至约2”包括数值1和2。特定参数(例如温度、分子量、重量百分比等)的值的公开内容和值的范围不排除可用于本文的其它值和值范围。设想给定参数的两个或更多个特定示例性值可限定可对该参数提出权利要求之值范围的端点。例如,如果参数X在本文中示例性地具有值A并且也示例性地具有值Z,则设想参数X可具有约A至约Z的值范围。

[0037] 在许多个实施方案中,铝基合金组合物包含约85重量%至约90重量%的铝,包括所有子范围。在另一些方面中,铝基合金组合物包含约88重量%至约90重量%的铝,包括所有子范围。选择铝基合金的组分和工艺参数以提供合适的拉伸强度、密度、延展性、可形成性、可使用性、焊接性以及耐蚀性(作为有限实例)。显然,本教导的铝基合金具有改进的整体延展性,这是在铝基合金或其它含铝合金中难以和/或不易于发现的特征。

[0038] 在多个实施方案中,铝基合金包含约8重量%至约11.6重量%(包括所有子范围)的硅作为合金组分。在另一些方面中,铝基合金包含约9重量%至约10重量%(包括所有子范围)的硅。硅改进合金的流动性、抗高温撕裂性(hot tear resistance)和进料性质(feeding characteristic)。此外,含硅的铝基合金抗凝固裂纹或该部件在凝固末期产生的沿晶界的裂纹。有益的是防止末期裂纹以防止在准备铸造部件时花费的人力和伴随资源的损失。

[0039] 本教导的铝基合金还包含锰作为合金组分。锰提供改进的流动性和伸长率,同时保持合理的屈服强度、极限拉伸强度以及合适的可铸性。

[0040] 本发明合金中锰的含量大于传统已知的上限或 0.8 重量％的限制。相反，本教导的一些方面将锰的量显著提高至约 0.8 重量％至约 1.5 重量％（包括所有子范围）的水平。在许多个实施方案中，该水平高至约 1.9 重量％或出于溶解性目的合金中锰的理论最大值。在另一些实施方案中，该水平为约 1 重量％至约 1.25 重量％，包括所有子范围。如上所述，锰的该水平显著大于常规铝合金（例如称为 A360 和 A367 的常规铝合金）中锰的水平。

[0041] 铝合金 A360 包含超过 1 重量％的铁，这不足以解决模具焊接难题。另外，A360 伸长率低，这使制品（例如本教导的结构件）的形成变得复杂。至于 A367，因为 A367 铝合金是锶含量高的汞合金，所以其过于昂贵。此外，如在下文中详述的，A367 未解决模具焊接问题，并且其伸长率与本教导许多个方面的铝合金相比也有不足。在下文的实施例部分中更加详细的提供了显示主题铝合金与这些标准品相比的惊人益处。

[0042] 除了以异常高的量并入合金中的锰之外，排除限制锰的量的以前常规的模型也有益处。作为一个非限制性实例，认为硅和锰的组合以当前量为合金提供协同益处。本文中使用的“协同”量是一起递送时提供比单独的每种合金组分之累加效应更大影响的量。如实施例部分所示，这种与传统教导相反的协同组合和新的量在伸长率和流动性方面提供意想不到的益处，并且还提供了良好的可铸性。在一些方面中，协同量的锰和硅包含约 0.8 重量％至约 1.9 重量％的锰和约 8 重量％至约 11.6 重量％的硅，包括所有子范围。在另一些方面中，协同量的锰和硅包含约 1 重量％至约 1.2 重量％的锰和约 9 重量％至约 10 重量％的硅，包括所有子范围。

[0043] 硅和锰的高水平以及协同组合为现有已知合金（例如 A360）提供改进，所述现有已知合金被认为侵蚀工具并且缺乏最佳铸造应用所必需的流动性。此外，由于铸件易于从模具移除并且铸件与模具的“粘附（stick）”最小化，所以与 A360（作为一个实例）相比，使用本教导的铝合金提高了工具使用寿命。此外，本教导的合金和方法适合用于砂铸或永久型铸造。

[0044] 其它添加剂任选地包括约 0.1 重量％至约 0.5 重量％的铁。认为铁可改进本发明铝合金的机械性能。如实施例所示，铁的该重量％范围改进铸造，并且进而改进本发明铝合金的屈服强度和伸长率或延展性。显然，在一些方面中，认为当超过铁的上限时，锰和铁的组合相互作用可能会使本发明铝合金材料的伸长率性质变差。

[0045] 在多个实施方案中，本发明的铝合金组合物还任选地包含约 0.2 重量％至约 0.7 重量％（包括所有子范围）的镁。镁用作低成本添加剂，其在一系列温度范围内（特别在较低温度下）提供相对高的强度。

[0046] 另一些任选的添加剂包括约 0.002 重量％至约 0.015 重量％的硼，包括所有子范围。在许多个实施方案中，硼可用作晶粒细化剂或者为合金赋予耐热性。另一种添加剂是锶，在许多个实施方案中任选地包含约 0.006 重量％至约 0.017 重量％（包括所有子范围）的锶。在许多个实施方案中，锶通过共晶改性（eutectic modification）为合金提供改进的机械性能和耐蠕变性。本文中使用的“共晶”是指对应于共晶点的化合物或元素的混合物，单液相在共晶点等温地并且可逆地转变为两种或更多种固相。共晶化学组合物一般在比混合物中任意单独成分的凝固温度低的温度下凝固。铝合金组合物中还有有限程度的杂质或微量元素。示例性杂质包括约 0.0 重量％至约 0.25 重量％的铜、约 0.0 重量％至约 0.35 重量％的锌、和小于约 0.05 重量％（优选小于或等于约 0.01 重量％以及甚至更优选地小于

或等于约 0.001 重量 %)的其它痕量物质。例如,锌限于防止所铸结构件中的微孔隙和表面裂纹。然而,也有考虑如工业中已知的锌提供天然时效硬化(natural age hardening)。

[0047] 在许多个实施方案中,任选地添加少量钛作为晶粒细化剂。在这样的实施方案中,钛以大于或等于 0.0 重量 % 至小于或等于 0.25 重量 %、优选大于 0.1 重量 % 至小于或等于 0.15 重量 % 的总铝合金材料存在。

[0048] 在一些实施方案中,完全排除其它复合材料,铝基合金基本上由精确的配方组成。在这样的一些实施方案中,认为该范围内的制剂基于相对量和其它组分的排除在延展性和伸长率方面提供特定益处。例如,在一些实施方案中,本教导中排除超过痕量水平的镍。

[0049] 在这样的一些实施方案的一个实例中,所述铝基合金可基本上由以下组成 :8 重量 % 至 11.6 重量 % 的硅、0.8 重量 % 至 1.9 重量 % 的锰、0.1 重量 % 至 0.5 重量 % 的铁、0.2 重量 % 至 0.7 重量 % 的镁、0.002 重量 % 至 0.15 重量 % 的硼、0.006 重量 % 至 0.017 重量 % 的锶、0.0 重量 % 至 0.25 重量 % 的铜、0.0 重量 % 至 0.35 重量 % 的锌、0.0 重量 % 至约 0.25 重量 % 的钛、小于约 0.1 重量 % 的每种其它痕量材料,剩余的为铝,每种所列组分都包括各自的子范围。作为实例,根据本教导,在这样的一个实施方案中,锰可以为 0.8 重量 % 至 1.2 重量 %。

[0050] 本公开的许多个实施方案采用使用某些铝合金组合物形成铸造的结构件的方法,所述铝合金组合物优化了硅和锰的含量以在压铸工艺中提高流动性、抵抗模具焊接以及提高伸长率。将铝合金加热至合适的温度以促使其分配入铸模中。在铸件凝固后,铝合金呈铸模内部的形状。然后从铸模移除铸件,制备用作结构件,例如上文中详述的那些。

[0051] 总之,在许多个方面中,提供了形成结构件的方法。将铝合金材料熔化至合适的温度用于铸造。所述铝合金包含 :约 8 重量 % 至约 11.6 重量 % 的硅、约 0.8 重量 % 至约 1.9 重量 % 的锰、约 0.1 重量 % 至约 0.5 重量 % 的铁、约 0.2 重量 % 至约 0.7 重量 % 的镁、约 0.002 重量 % 至约 0.15 重量 % 的硼、约 0.006 重量 % 至约 0.017 重量 % 的锶、小于约 0.25 重量 % 的铜、小于约 0.35 重量 % 的锌、小于约 0.25 重量 % 的钛、以及余量的铝。在选择的方面中,硅大于或等于铝合金的 10 重量 %,锰为大于或等于铝合金的 1 重量 %。

[0052] 在多个方面中,所述铝基合金可用在铸造工艺中,例如压铸。在铸造期间,铝合金液化成熔融态。铸件(例如结构件)一般通过将熔融的铝合金倒入铸模腔(常常由几个一起限定打开腔的铸模件形成,具有结构件的形状,其还可包括一个或更多个型芯)来形成。熔融的材料进入铸模从而填充铸模腔。随着熔融的材料冷却和凝固,其具有对应于所述腔的形状(并且还任选地由型芯的存在限定)。凝固之后,将结构件与铸模分离,然后可对所述结构件进行进一步处理(例如机械加工)。本公开的铝合金特别适合用于压铸,在压铸中,熔融的金属在引入铸模腔之前通过至少一个具有一个或更多个孔或开口的模具。本公开的铝合金表现出与模具焊接有关的特别有益的优点。模具焊接是发生在铝压铸中的不利压铸现象,其中,铸造金属(铝合金)通过几种机制中的任一种粘附至模具(或铸模)或者与模具(铸模)接合。当铝合金接触或通过模具或者铸模壁时,其可在部件凝固和脱模(ejection)后仍然非期望地粘附至铸模或模具。最后,为了清洁必须中断铸造铝合金材料的累积和产生。然而,发现本公开的铝合金组合物有利地表现出最低的模具焊接行为。

[0053] 在某些变体中,本教导还包括任选地用热处理工艺(例如退火工艺)来处理铝合金或者处理由所述铝合金形成的结构件。退火工艺是指加热金属材料至合适的温度并将该金

属材料保持在该合适的温度，然后冷却。例如，退火工艺可缓慢加热金属材料至允许金属合金微结构改性（例如发生重结晶）的温度。退火工艺可以改进结构件后续可机械加工性和冷却工作，如果需要的话，还改进结构件的机械性能。

[0054] 在退火工艺中，将结构件放置在热源（例如炉或烘箱）（为方便起见，本文中将热源称为烘箱）附近。烘箱具有初始温度，所述初始温度可以是结构件可暴露于其中而不改变结构件完整性的任意合适的温度。作为非限制性实例，起始温度接近室温（25℃或 72 ℉）或者等于或小于约 100 ℉（或 37℃）。应理解，根据烘箱所处的周围环境条件或者根据结构件的储存条件，烘箱中的起始温度或结构件的起始温度可能较高或较低。

[0055] 将结构件放在烘箱中之后，将烘箱加热至最终保持温度，该温度取决于待处理合金组合物的特定性质和退火工艺所期望达到的所得微结构。例如，在一些变体中，最终保持温度为约 500 ℉（260℃）至约 800 ℉（427℃），包括所有子范围。在另一些方面中，最终保持温度为小于或等于约 700 ℉（371℃），包括所有子范围。在另一些方面中，最终保持温度为 640 ℉（338℃）至 660 ℉（349℃），包括所有子范围。在另一些方面中，最终保持温度小于或等于约 650 ℉（343℃），包括所有子范围。

[0056] 在某些变体中，加热结构件并且因此热源或烘箱以慢速运行以达到最终保持温度。例如，热源的加热速率可以为大于或等于约 50 ℉（10℃）每小时至小于或等于约 200 ℉（93℃）每小时，任选地大于或等于约 75 ℉（24℃）每小时至小于或等于约 175 ℉（79℃）每小时，任选地大于或等于约 100 ℉每小时至小于或等于约 150 ℉（66℃）每小时。此外，该速率可随时间而变化，不必然在达到最终保持温度的加热过程中恒定。

[0057] 参照作为示例的图 6，烘箱中的温度在数小时内逐渐升高直至达到最终保持温度。达到最终保持温度所需的时间量取决于烘箱的容积、烘箱中结构件的数目、烘箱中的空气循环以及烘箱中的任何温度变化。例如，与只含 2 个结构件的烘箱相比，只含 10 个结构件的烘箱具有较短的到达最终保持温度升温时间。这是由于烘箱中的热分布和结构件的相对加热。如图 6 可见，在开始时，在从室温加热开始的第一个小时期间，加热速率接近 175 ℉每小时。当烘箱接近预定最终保持温度时，加热速率逐渐降低，因此在经过时间的 6 至 8 小时期间，加热速率接近约 50 ℉每小时。

[0058] 作为非限制性实例，将烘箱从初始温度加热至最终保持温度所需的总时间量为大于或等于 1 小时至小于或等于 2 天，包括所有子范围。在一些方面中，加热烘箱所需的时间为约 3 小时至约 15 小时，包括所有子范围。在另一些方面中，加热烘箱所需的时间为约 5 小时至约 10 小时。如本领域技术人员所理解的，可以根据烘箱的容积、烘箱中结构件的数目、烘箱中的空气循环以及烘箱中的任何温度变化来改变加热烘箱所需的时间量。

[0059] 在达到最终保持温度时，将烘箱及烘箱中的结构件在该温度保持一段处理时间。当在烘箱中加热结构件时，烘箱中的结构件可与周围温度达到平衡，即烘箱内的温度与结构件的温度相同。在许多个方面中，烘箱中温度达到最终保持温度。在另一些方面中，结构件的温度达到最终保持温度。

[0060] 此外，应理解，最终保持温度有少量的偏差是可以容忍的并且可以注意到，这是由于控制系统的预定温度设定点的固有偏差，以及由于烘箱或测量烘箱中温度的温度计无效。最好将任何温度偏差保持为最大为期望的最终保持温度的 10%；任选地最大为期望的最终保持温度的 5%；任选地在期望的最终保持温度的 1% 以内，并且在一些方面中，任选地

在期望的最终保持温度的 0.5% 以内。

[0061] 在多个方面中，结构件在烘箱中保持在最终保持温度下的处理时间为大于或等于约 1 小时至小于或等于约 24 小时，包括所有子范围。在另一些方面中，结构件在烘箱中于最终保持温度下的处理时间为小于或等于约 18 小时。在另一些方面中，结构件在烘箱中保持在最终保持温度下的处理时间为约 5 小时至约 15 小时，包括所有子范围。在另一些方面中，结构件在烘箱中保持在最终保持温度下的处理时间为约 8 小时至约 10 小时，包括所有子范围。

[0062] 退火过程使结构件改性。在一些方面中，由主题铝合金制成并且未经历上述退火过程的结构件之硬度为约 95 至约 105HRH(罗氏硬度 H 级)。在另一些变体中，由主题铝合金制成并且经历了上述退火过程的结构件之硬度比未经历所述退火过程的比较结构件之硬度低。例如，由主题铝合金制成并且经历了退火过程的结构件之硬度为约 75 至约 90HRH，包括所有子范围。在一些变体中，由本发明的铝合金制成并且经历了退火过程的结构件之标称硬度为约 88HRH，其中所述硬度可以为大于或等于约 84.5 至小于或等于约 91.5HRH，包括所有子范围。在另一些变体中，由本发明的铝合金制成并且经历了退火过程的结构件之标称硬度为约 87.25HRH，其中所述硬度可以为大于或等于约 81.5HRH 至小于或等于约 93HRH，包括所有子范围。这种导致硬度降低的热处理或退火过程可在结构部件方面具有特定优点。在另一些方面中，由主题铝合金制成并且经历了上述退火过程的结构件之硬度为约 81 至约 88HRH，包括所有子范围。在另一些方面中，由主题铝合金制成并且经历了上述退火过程的结构件之平均标称硬度为约 85HRH。

[0063] 在加热结构件用于退火过程之后，将其冷却。然后，将冷却的结构件并入更大的系统(例如作为非限制性实例的压缩机 10)。

[0064] 在多个方面中，将铝合金材料铸造成结构件的形状。在一些方面中，铸造在多个实施方案中通过使用一个或更多个模具和一个或更多个铸模的压铸技术来实现。铝合金被凝固成压缩机之固体结构件的形状。

[0065] 在多个方面中，通过铸造工艺形成的固体构件之伸长率百分比为大于或等于 7%。在一些方面中，通过铸造工艺形成的固体构件之伸长率百分比为大于或等于 8%。在另一些方面中，所述构件的伸长率百分比为大于或等于约 9%。在一些实施方案中，由这样的工艺中形成的构件之拉伸强度为大于或等于约 38,000psi 或者在一些变体中为大于或等于约 40,000psi。

[0066] 任选地，镍在合金中的量可限于大于杂质或痕量(例如，不大于约 0.5 重量％的合金组合物)。在另一些实施方案中，镍含量为小于约 3 重量％，优选地大于 0.5 重量％至小于 1.5 重量％。认为这样的实施方案可适合用于高温应用，例如作为非限制性实例的活塞或轴承。

[0067] 在本教导的又一些特征中，形成结构件的方法包括：制备具有协同量的锰和硅的铝合金，将所述铝合金铸造成结构件的形状，并且将铝凝固为具有大于或等于 7% 的伸长率和大于或等于 38000psi 的拉伸强度。在一些方面中，伸长率百分比为大于或等于 8%。在多个方面中，伸长率为大于或等于 9%。在另一些方面中，拉伸强度为大于或等于 40000psi。在多个方面中，所述结构件用于压缩机、制冷装置、或者加热、通风与空气调节装置。

[0068] 在这样的另一些特征中，所述铝合金包含约 8 重量％至约 11.6 重量％的硅、约 0.8

重量％至约 1.9 重量％的锰、约 0.1 重量％至约 0.5 重量％的铁、约 0.2 重量％至约 0.7 重量％的镁、约 0.002 重量％至约 0.15 重量％的硼、约 0.006 重量％至约 0.017 重量％的锶、小于约 0.25 重量％的铜、小于约 0.35 重量％的锌、小于约 0.25 重量％的钛以及余量的铝。在另一些方面中，协同量的锰和硅包含约 1 重量％至约 1.2 重量％的锰和约 9 重量％至约 10 重量％的硅。这样的实施方案的铝合金基本上不含大于痕量杂质水平的其它组分，例如镍或铜。

[0069] 在又一些方面中，铝合金基本上由以下组成：8 重量％至 11.6 重量％的硅、0.8 重量％至 1.9 重量％的锰、0.1 重量％至 0.5 重量％的铁、0.2 重量％至 0.7 重量％的镁、0.002 重量％至 0.15 重量％的硼、0.006 重量％至 0.017 重量％的锶、小于约 0.25 重量％的铜、小于约 0.35 重量％的锌、小于约 0.25 重量％的钛以及剩余重量百分比的铝。在另一些相关特征中，硅以 9 重量％至 10 重量％存在。在另一些相关特征中，锰以 0.8 重量％至 1.2 重量％存在。

[0070] 在本教导的另一些特征中，形成结构件的方法包括：制备铝合金；将所述铝合金铸造成结构件的形状；将具有结构件形状的铝在约 600 ℉（316℃）至约 700 ℉的温度下退火。在又一些方面中，将铝凝固为具有大于或等于 7％的伸长率和大于或等于 38000psi 的拉伸强度。

[0071] 在另一些方面中，退火进行约 1 小时至约 24 小时。在又一些方面中，退火进行小于或等于 18 小时。在又一些方面中，退火进行约 8 小时至约 10 小时。在另一些方面中，退火进行的温度为约 640 ℉至约 650 ℉。

[0072] 在又一些方面中，在退火之后冷却结构件。所得结构件的硬度与未经退火的结构件之硬度相比降低。所得结构件的硬度比未经退火的比较结构件的硬度低 5 至 30HRH。在所选择的方面中，经历了退火过程的结构件之硬度为约 81 至约 88HRH。在又一些方面中，所述结构件的硬度为约 85HRH。

[0073] 在另一些特征中，所述铝合金包含约 8 重量％至约 11.6 重量％的硅、约 0.8 重量％至约 1.9 重量％的锰、约 0.1 重量％至约 0.5 重量％的铁、约 0.2 重量％至约 0.7 重量％的镁、约 0.002 重量％至约 0.15 重量％的硼、约 0.006 重量％至约 0.017 重量％的锶、小于约 0.25 重量％的铜、小于约 0.35 重量％的锌、小于约 0.25 重量％的钛以及余量的铝。在一些方面中，这样的实施方案的铝合金基本上不含大于痕量杂质水平的其它组分，例如镍或铜。

[0074] 此外，在多个方面中，所述伸长率为大于或等于 7％。在另一些方面中，所述伸长率为大于或等于 9％。在又一些方面中，所述拉伸强度为大于或等于 38,000psi。此外，在又一些方面中，所述拉伸强度为大于或等于 40,000psi。在多个方面中，所述结构件用于压缩机；制冷装置；或者加热、通风与空气调节装置。

[0075] 又一些特征提供将铝合金材料（包含协同量的硅和锰）铸造成结构件形状的方法。在某些方面中，铸造在许多实施方案中通过使用一个或更多个模具和一个或更多个铸模的压铸技术来实现。铝合金被凝固成压缩机固体结构件的形状。在热源中加热凝固的形状以在约 600 ℉至约 700 ℉的温度下退火。在多个方面中，随后对固体形状进行机械加工。

[0076] 在又一些方面中，加热以退火进行大于或等于约 1 小时至小于或等于约 72 小时。在又一些方面中，退火进行小于或等于 18 小时。在又一些方面中，退火进行约 8 小时至约 10 小时。在多个方面中，退火进行的温度为低于约 700 ℉。在另一些方面中，退火进行的温

度为约 640 ℉至约 650 ℉。

[0077] 在又一些方面中，在退火之后冷却结构件。所得结构件具有与未经加热 / 退火过程的比较结构件相比降低的硬度。所得结构件的硬度比未经退火的比较结构件的硬度低 5 至 30HRH。在所选择的方面中，经历了退火过程的结构件之硬度为约 81 至约 88HRH。在又一些方面中，所述结构件的硬度为约 85HRH。

[0078] 在另一些特征中，所述铝合金包含约 8 重量％至约 11.6 重量％的硅、约 0.8 重量％至约 1.9 重量％的锰、约 0.1 重量％至约 0.5 重量％的铁、约 0.2 重量％至约 0.7 重量％的镁、约 0.002 重量％至约 0.15 重量％的硼、约 0.006 重量％至约 0.017 重量％的锶、小于约 0.25 重量％的铜、小于约 0.35 重量％的锌、小于约 0.25 重量％的钛以及余量的铝。在另一些方面中，协同量的锰和硅包含约 1 重量％至约 1.2 重量％的锰和约 9 重量％至约 10 重量％的硅。这样的实施方案的铝合金基本上不含大于痕量杂质水平的另一些组分，例如镍或铜。

[0079] 在多个方面中，所述凝固的合金的伸长率为大于或等于 7%。在某些方面中，所述凝固的合金的伸长率为大于或等于 8%。在另一些方面中，所述凝固的合金的伸长率为大于或等于 9%。在又一些方面中，所述拉伸强度为大于或等于 38000psi。在又一些方面中，所述拉伸强度为大于或等于 40000psi。在多个方面中，所述结构件用于压缩机；制冷装置；或加热、通风与空气调节装置。

实施例

[0080] 使用多种铝合金和比较标准品合金（A360 和 A367）进行实验。如下表 1（所有的值以重量百分比表示）所详述的，标记为经热处理 Mod1 和 Mod1 的制剂包含 92.333 重量％的铝、0.17 重量％的锰和 6.70 重量％的硅。标记为 Mod2 的制剂包含 91.768 重量％的铝、0.51 重量％的锰和 6.88 重量％的硅。标记为 Mod3 的制剂包含 90.003 重量％的铝、1.04 重量％的锰和 8.02 重量％的硅。标记为 Mod4 的制剂包含 88.567 重量％的铝、1.11 重量％的锰和 8.02 重量％的硅。其它合金组分详见表 1。

[0081] 表 1- 合金制剂与组分量（重量百分比）

[0082]

组分	A360	A367	经热处理的 Mod 1 制剂	Mod 1 制剂	Mod 2 制剂	Mod 3 制剂	Mod 4 制剂
Al	88.051	89.171	92.333	92.333	91.768	90.003	88.567
Mn	0.16	0.48	0.17	0.17	0.51	1.04	1.11
Si	9.43	9.16	6.70	6.70	6.88	8.02	9.34
Cr	0.061	0.006	0.031	0.031	0.037	0.051	0.068
Cu	0.169	0.039	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005
Fe	1.30	0.24	0.28	0.28	0.31	0.39	0.41
Mg	0.45	0.58	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33
Ni	0.023	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Sn	0.001	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Zn	0.243	0.039	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003
Sr	0.001	0.164	0.009	0.009	0.012	0.011	0.012
Pb	0.010	0.006	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
B	0.004	0.015	0.004	0.004	0.006	0.010	0.013
Zr	0.0030	0.0060	0.0010	0.0010	0.0013	0.0020	0.0023
Ti	0.096	0.079	0.135	0.135	0.138	0.141	0.143
总重量百分比	100	100	100	100	100	100	100

[0083] 在所有样品中，标记为 Mod3 和 Mod4 的铝基合金组合物具有最大重量百分比的硅和锰。根据本教导，锰的量显著大于传统教导的最大值 0.8 重量 %。Mod3 包含 1.04 重量 % 的锰，Mod4 包含 1.11 重量 % 的锰。有趣的是，通过提高与较高水平的硅一起的锰的量，观察到了协同益处。下表 2 提供了多种样品的平均拉伸强度（psi）、屈服强度（psi）和伸长率百分比的概述。平均拉伸强度、屈服强度和伸长率百分比通过在使用各合金制剂形成的铸件中央和外周的断裂位置处进行各测量来计算。。

[0084] 表 2 - 拉伸强度、屈服强度和平均伸长率百分比的比较

[0085]

	A360	A367	经热处理的 Mod 1 制剂	Mod 1 制剂	Mod 2 制剂	Mod 3 制剂	Mod 4 制剂
平均拉伸强度 (psi)	37114	35667	25881	35406	37437	38023	41353
平均屈服强度 (psi)	23734	21059	15667	19746	20972	22414	22234
平均伸长率百分比	4	5	6	7	7	7	9

[0086] 显然，A360 和 A367 标准品的平均伸长率百分比分别为 4% 和 5%。如上所述，这些标准品避免高水平（大于 0.8 重量 %）的锰并且分别包含 0.16 重量 % 和 0.48 重量 %。合金 Mod4 的伸长率百分比最高，为约 9%。这几乎是 A360 和 A367 标准品之伸长率百分比的两倍。此外，Mod4 的平均拉伸强度比 A360 和 A367 高出约 10%。

[0087] 此外，如图 1 中所示，描绘了多种制剂的相对屈服强度和伸长率百分比。合金 Mod4 的伸长率百分比最高，为约 8.75%，而标准品合金 A360 的伸长率百分比为小于 4%。锰浓度从 A360 中的 0.16 重量 % 提高至制剂 Mod4 中的 1.11% 表明高水平的锰几乎使伸长率百分比翻倍。

[0088] 同样如图 1 所描绘的，一般趋势是随着锰浓度提高，伸长率百分比也提高。这有悖于不鼓励或制止组合物包含大于 0.8 重量 % 的锰的常规知识。

[0089] 图 2 描绘了合金制剂的相对拉伸强度。显然，制剂 Mod4 的拉伸强度为约 37000psi 至 42000psi，而制剂比较标准品 A360 为约 33000psi 至小于 40000psi。Mod3（其具有 10.4 重量 % 的锰浓度）具有所有样品中第二高的拉伸强度并且提供约 42500psi 的最大拉伸强度。

[0090] 图 3 示出多种样品的伸长率百分比。标记为 Mod4 的合金制剂具有最高的伸长率百分比，平均为 9%。Mod4 的多个伸长率数据点都在 7.2% 至 9.6% 之间。标记为 Mod3 的合金制剂具有第二高的伸长率百分比，平均为 7%。Mod3 的多个伸长率数据点都在 5.5% 至 9% 之间。比较标准品 A360 的平均伸长率百分比仅为 4%。比较标准品 A360 的最低数据点仅为 3%。因此，使用本发明的铝合金时，伸长率百分比提高为多至 300%。类似地，如图 5 所示，与多种合金中的铁含量水平相比较的伸长率百分比也证实协同的且高水平的硅和锰有助于显著提高本发明合金的伸长率。

[0091] 图 4 示出与铁的百分比相比较的多种样品的强度。一般来说，所有样品（A360 除外）的铁含量为约 0.1 重量 % 至约 0.4 重量 %。含高的且协同水平的硅和锰的样品 Mod3 和 Mod4 显示出最高的拉伸强度。标准品 A360 和 A367 具有相似的拉伸强度，但 A360 的铁含量

为 1.3 重量 %，而 A367 的铁含量为 0.24 重量 %。

[0092] 一种示例性退火工艺如下。使用根据本教导一些方面的铝合金制备二十四(24)个结构件。退火过程在内部尺寸为 8 英尺 ×7 英尺 ×6 英尺并且具有三个风扇以促进热分布的烘箱中进行。因此，将二十四个结构件放在烘箱中。将烘箱经 9 小时的时间逐渐加热至 650 ℉的最终保持温度。将结构件在加热至 650 ℉的烘箱中保持 7.5 小时。结构件的平均硬度为 85HRH。

[0093] 本领域技术人员现在可从前述讨论中理解，本公开的广泛教导可以以多种形式实施。应理解，本教导的前述描述在性质上仅为举例说明，因此，不脱离本教导主旨的变体旨在本教导的范围内。这些变体不应被视为脱离本教导的精神和范围。

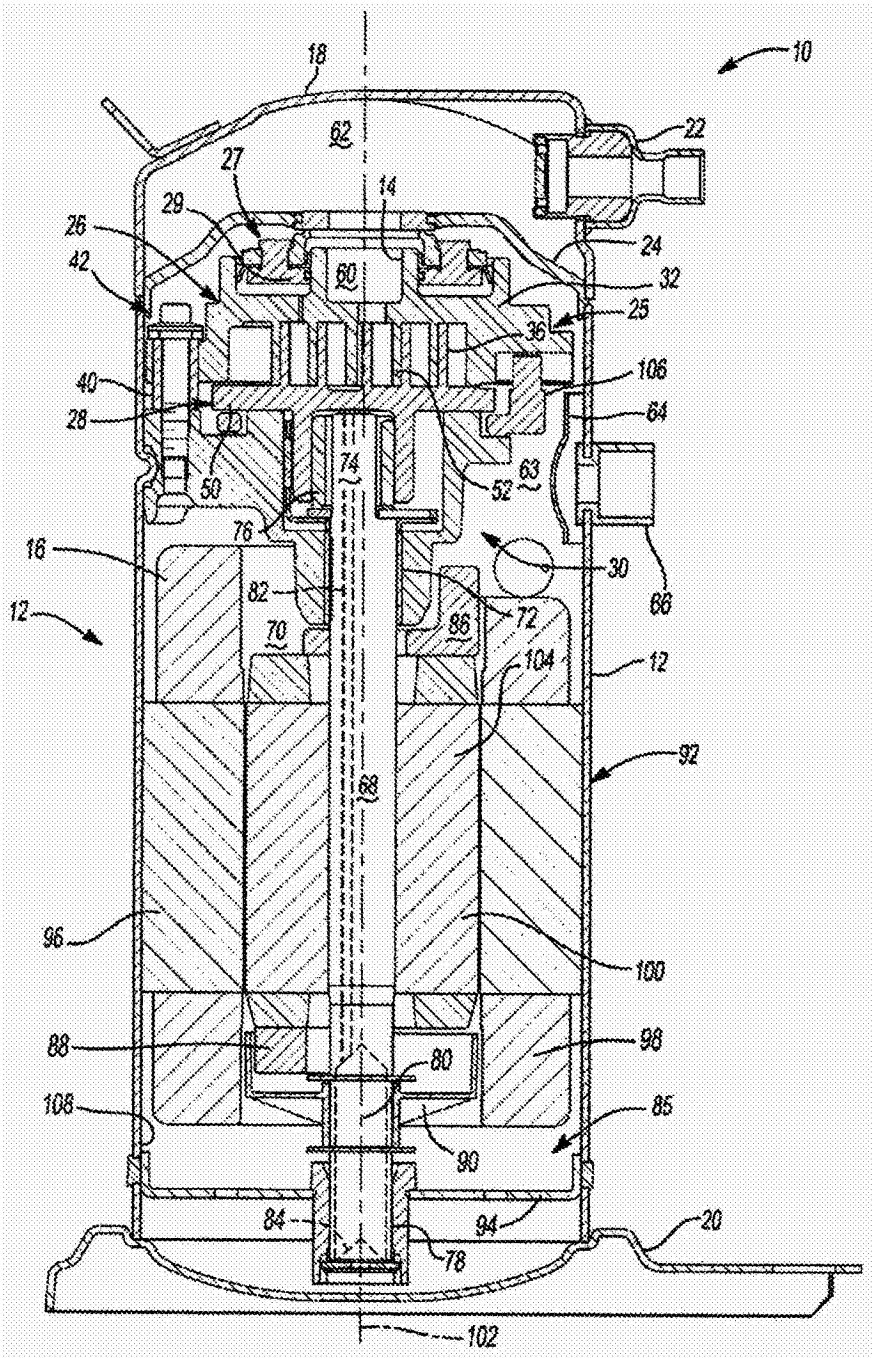

10
18
62
22
27
14
29
26
24
42
60
32
25
36
106
40
64
28
74
63
50
52
76
16
30
66
82
72
12
70
86
104
12
92
68
96
100
88
98
80
108
85
90
84
94
20
78
102

图 1

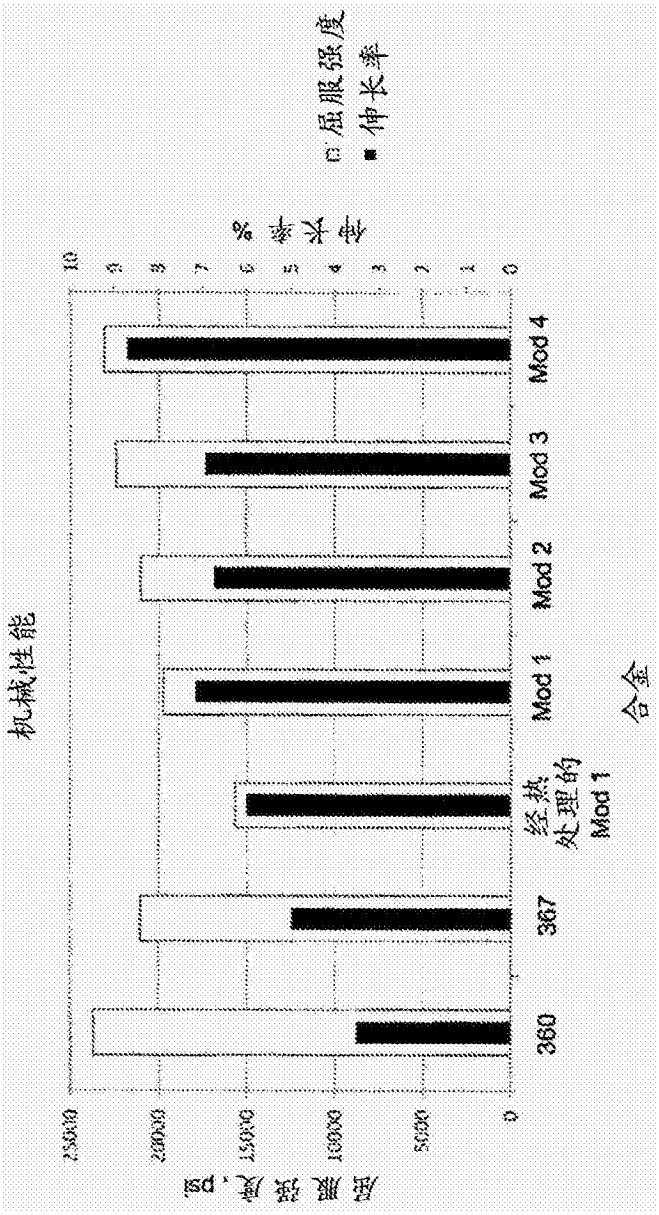

机械性能
屈服强度, psi
250000
200000
150000
100000
50000
0
伸长率, %
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
屈服强度
伸长率
360
367
经热处理的 Mod 1
Mod 1
Mod 2
Mod 3
Mod 4
合金

图 2

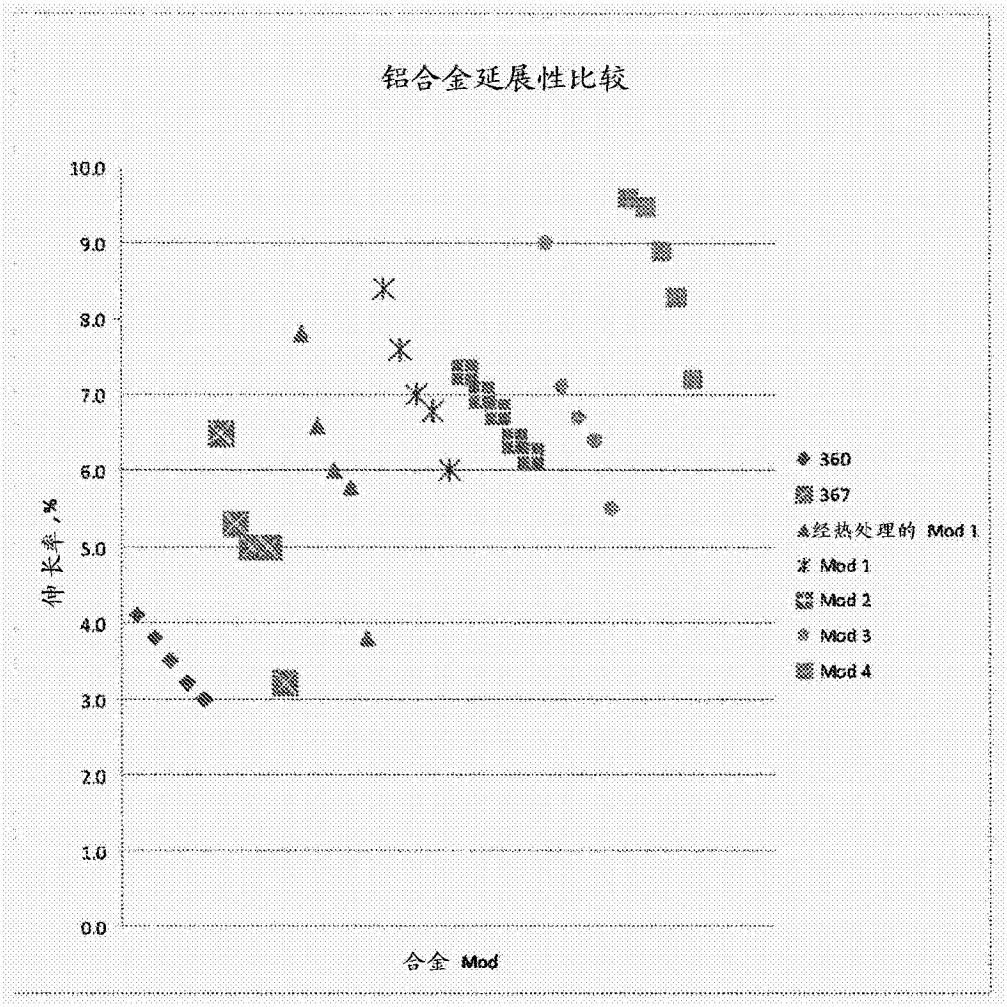

铝合金延展性比较
伸长率，%
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
合金 Mod
360
367
经热处理的 Mod 1
Mod 1
Mod 2
Mod 3
Mod 4

图 3

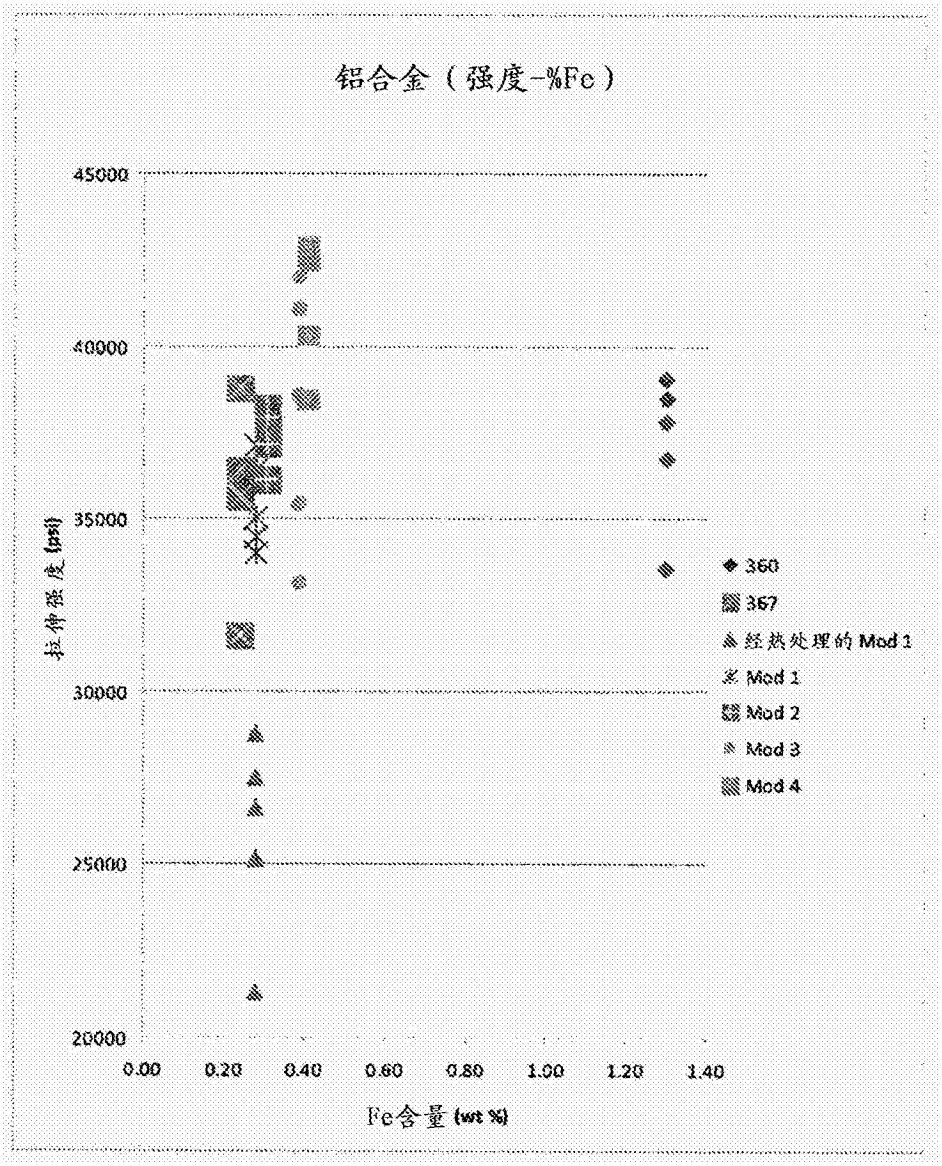

铝合金（强度-%Fe）
45000
40000
35000
30000
25000
20000
拉伸强度 (psi)
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
1.20
1.40
Fe含量 (wt %)
360
367
经热处理的 Mod 1
Mod 1
Mod 2
Mod 3
Mod 4

图 4

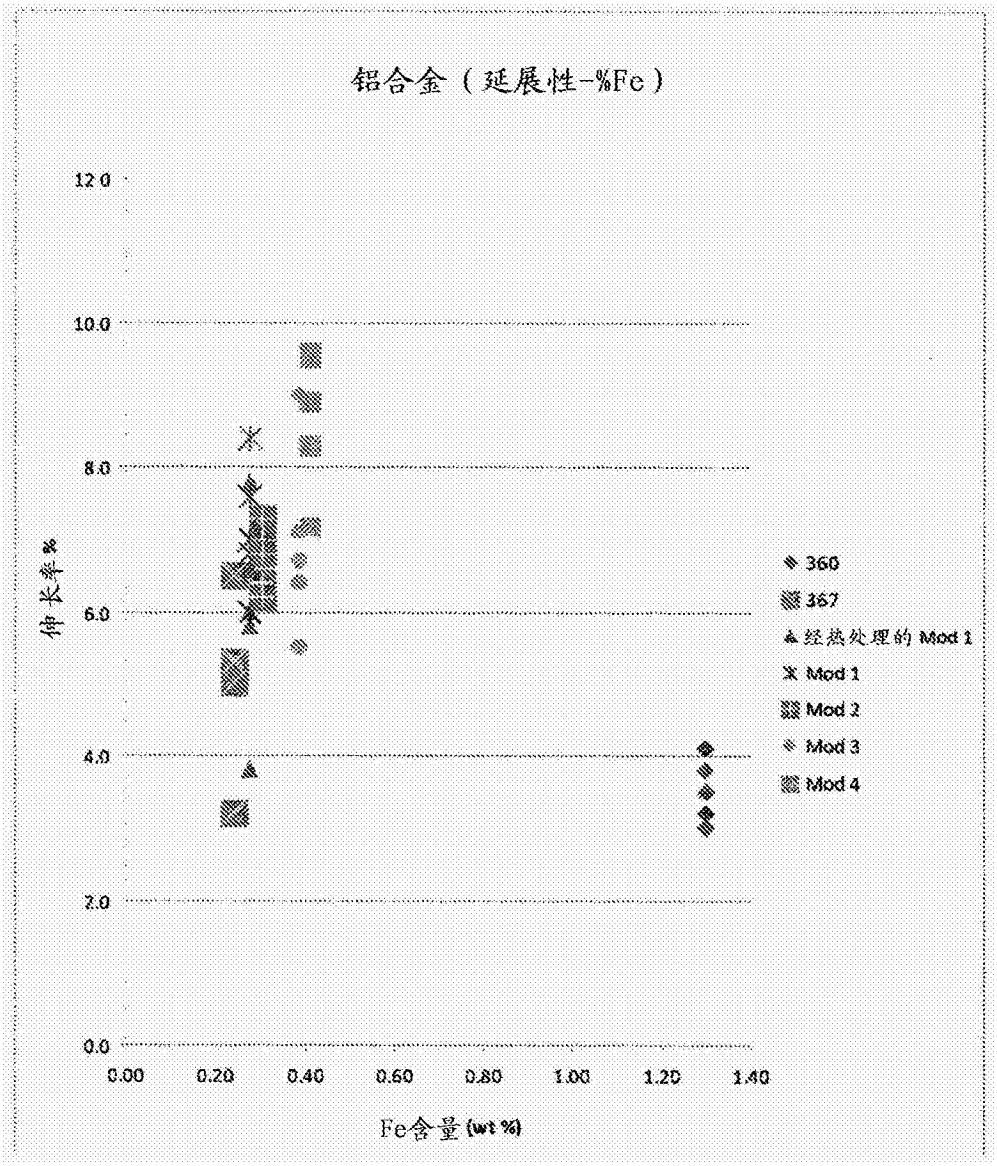

铝合金（延展性-%Fe）
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
伸长率%
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
1.20
1.40
Fe含量 (wt %)
360
367
经热处理的 Mod 1
Mod 1
Mod 2
Mod 3
Mod 4

图 5

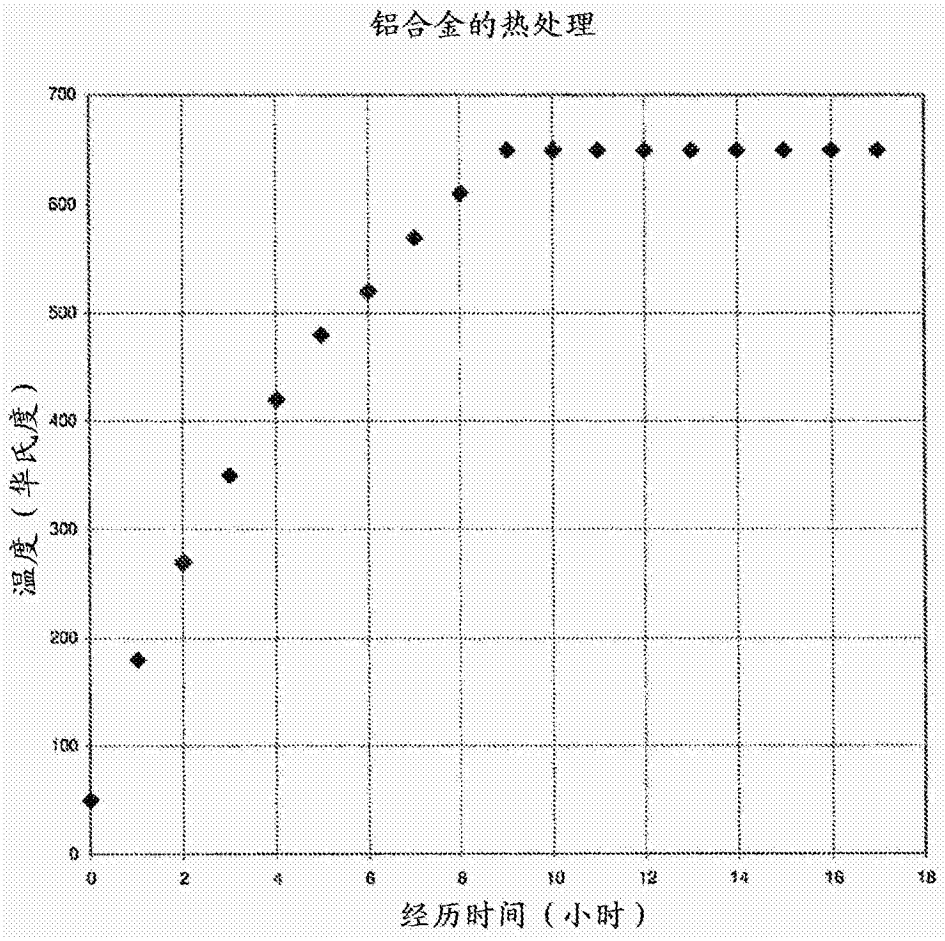

铝合金的热处理
温度（华氏度）
经历时间（小时）
0
100
200
300
400
500
600
700
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18

图 6