

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101595308 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 23

(21) 申请号 200880003354. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 01. 30

F04D 29/02(2006. 01)

F04D 29/28(2006. 01)

(30) 优先权数据

60/898, 598 2007. 01. 31 US

12/011, 684 2008. 01. 29 US

审查员 侯红梅

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 07. 29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/001240 2008. 01. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02008/094610 EN 2008. 08. 07

(73) 专利权人 卡特彼勒公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 杨楠 J·A·詹森

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 吴鹏 马江立

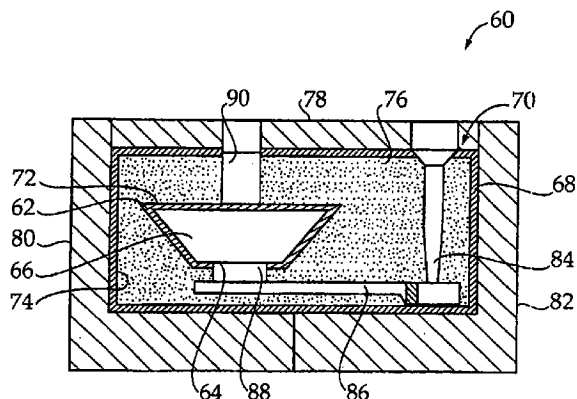
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

用于涡轮增压系统的压缩机叶轮

(57) 摘要

本发明涉及一种用于内燃机 (10) 的涡轮增压系统 (24), 包括至少一个压缩机叶轮 (46, 48)。单级或多级涡轮增压系统 (24) 的至少一个压缩机叶轮 (46, 48) 由铝金属基复合材料和包含至多达 5% 重量百分比的铈的铝合金中的至少一种例如通过压铸而形成。



1. 一种用于内燃机 (10) 的涡轮增压系统 (24), 包括:
至少一个压缩机叶轮 (46, 48); 且
其中所述至少一个压缩机叶轮 (46, 48) 由铝金属基复合材料形成, 所述铝金属基复合材料包括加强材料, 所述加强材料包括陶瓷颗粒、陶瓷纤维和陶瓷晶须中的至少一种。
2. 根据权利要求 1 所述的涡轮增压系统 (24), 其特征在于, 所述铝金属基复合材料包括选自包括 A206、A224 和 A354 的组的铝合金。
3. 根据权利要求 1 所述的涡轮增压系统 (24), 其特征在于, 所述铝金属基复合材料是基于包含至多达 5% 重量百分比的钪的铝合金。
4. 根据权利要求 1 所述的涡轮增压系统 (24), 其特征在于, 所述加强材料选自包括 SiC、Al₂O₃、SiO₂、AlN、BN、TiC、TiB₂、B₄C、W₂C、ZrO₂、Al₃Sc 和 Al₃Zr、Al₃Ti 的组。
5. 根据权利要求 1 所述的涡轮增压系统 (24), 其特征在于, 使用漩涡铸造、真空浇铸、离心铸造和加压铸造中的至少一种形成所述压缩机叶轮 (46, 48)。
6. 一种用于涡轮增压系统 (24) 的压缩机叶轮 (46, 48), 包括:
由铝金属基复合材料形成的所述压缩机叶轮 (46, 48), 所述铝金属基复合材料包括加强材料, 所述加强材料包括陶瓷颗粒、陶瓷纤维和陶瓷晶须中的至少一种。
7. 根据权利要求 6 所述的压缩机叶轮 (46, 48), 其特征在于, 所述铝金属基复合材料包括选自包括 A206、A224 和 A354 的组的铝合金。
8. 根据权利要求 6 所述的压缩机叶轮 (46, 48), 其特征在于, 所述铝金属基复合材料是基于包含至多达 5% 重量百分比的钪的铝合金。
9. 根据权利要求 6 所述的压缩机叶轮 (46, 48), 其特征在于, 所述加强材料选自包括 SiC、Al₂O₃、SiO₂、AlN、BN、TiC、TiB₂、B₄C、W₂C、ZrO₂、Al₃Sc 和 Al₃Zr、Al₃Ti 的组。
10. 一种用于涡轮增压系统 (24) 的压缩机叶轮 (46, 48) 的制造方法, 包括:
由消耗性材料制成压缩机叶轮 (46, 48) 的模型;
围绕所述模型形成壳型铸模 (62);
从壳型铸模 (62) 中去除所述模型;
将壳型铸模 (62) 定位于一外壳 (68) 中, 使得壳型铸模 (62) 的入口 (64) 与外壳 (68) 中的开口 (70) 连通;
提供基本充满壳型铸模 (62) 的外表面 (72) 和外壳 (68) 的内表面 (74) 之间的空的体积的支承材料 (76); 和
将包括铝金属基复合材料的熔融物料压铸通过所述入口 (64) 并进入壳型铸模 (62) 中, 其中所述铝金属基复合材料包括加强材料, 所述加强材料包括陶瓷颗粒、陶瓷纤维和陶瓷晶须中的至少一种。

用于涡轮增压系统的压缩机叶轮

技术领域

[0001] 本发明总体涉及一种用于涡轮增压系统的压缩机叶轮,更具体地涉及由铝金属基复合材料和包含至多达 5%重量百分比的钪的铝合金中的至少一种制成的压缩机叶轮。

背景技术

[0002] 铝合金由于质轻和易于铸造而通常用于内燃机的涡轮增压系统中。更具体地,铝合金通常用于形成单级和多级涡轮增压系统中的压缩机叶轮。但是,铸造铝合金具有有限的疲劳性能,这必然限制了涡轮增压器的耐久性。因此,在一些情况下,铝压缩机叶轮可以锻造而不是铸造。尽管锻造导致形成更强且更耐久的压缩机叶轮,但是产品的成本非常高。

[0003] 此外,由于在一些应用中,压缩空气的温度可达到约 200 摄氏度到 250 摄氏度之间,此增高的温度对后面的压缩机级的叶轮具有不利的作用。在此增高的温度下,包括铸造和锻造合金在内的铝合金不再保持足够的强度以满足涡轮增压系统的压缩机叶轮的材料属性需求。Shoji 等人的 U. S. 公开物 2005/0167009 示出铸造铝合金的一种这样的示例。

[0004] 存在两种公认的解决这个问题方法。一种方法包括根据授权于 Decker 的 U. S. 专利 6,588,485B1 或授权于 Decker 等人的 U. S. 专利 6,663,347B2 中的教导而使用钛合金代替铝合金来制造压缩机叶轮。尽管钛合金通常在至多达约 500 摄氏度的温度下保持其材料强度,但是钛合金的密度比铝合金大,这将导致涡轮增压器的灵敏度降低。此外,钛合金的成本明显高于铝合金,导致生产成本显著提高。

[0005] 另一公认的方法是如授权于 Crook 等人的 U. S. 专利 3,796,047 和 U. S. 专利 3,870,029、以及授权于 Choi 的 U. S. 专利 6,398,517B1 中描述的,在多级涡轮增压系统的各级之间使用中间冷却器。具体地,中间冷却器可通过降低涡轮增压系统各级之间的空气的温度而减少压缩机部件由于过热而发生的故障。但是,这种方法增加了多级涡轮增压系统的复杂性和体积,并极大地提高了总成本。这样,包括第一级和后面的级的压缩机叶轮仍需要由这样的材料制成,该材料足以满足所有材料属性需求,而不会过多地增加涡轮增压系统的总成本。

[0006] 本发明旨在解决上述一个或多个问题。

发明内容

[0007] 在一个方面中,用于内燃机的涡轮增压系统包括至少一个压缩机叶轮。该压缩机叶轮由铝金属基复合材料和包含至多达 5%重量百分比的钪的铝合金中的至少一种制成。

[0008] 在另一方面中,用于涡轮增压系统的压缩机叶轮由铝金属基复合材料和包含至多达 5%重量百分比的钪的铝合金中的至少一种形成。

[0009] 在又一方面中,一种用于涡轮增压系统的压缩机叶轮的制造方法包括由消耗性材料/可熔材料制成压缩机叶轮的模型的步骤。围绕该模型形成壳型铸模,然后从壳型铸模中去除模型。随后将该壳型铸模定位于一外壳中,使得壳型铸模的入口与外壳的开口相通。该方法还包括提供将壳型铸模的外表面和外壳的内表面之间的空的体积基本充满的支承

材料的步骤。将包括铝金属基复合材料和包含至多达 5% 重量百分比的铈的铝合金中的至少一种的熔融物料通过入口压铸到铸模中。

附图说明

[0010] 图 1 是包括根据本发明的涡轮增压系统的内燃机的示意图；和

[0011] 图 2 是用于制造图 1 的涡轮增压系统的压缩机叶轮的压铸设备的剖视图。

具体实施方式

[0012] 图 1 总体示出内燃机 10 的示例性实施例。为了进行说明而不是加以限制，发动机 10 是四冲程、压燃式发动机，且包括限定多个燃烧室或汽缸 14 的发动机组 12。在示例性发动机 10 中，示出六个燃烧室 14；但是，本领域技术人员可以理解，可使用任意数量的燃烧室 14。发动机 10 还包括进气歧管 16，该进气歧管和燃烧室 14 连通，并能够通过进气管道 18 向发动机 10 提供空气。排气歧管 20 也和燃烧室 14 连通并能够通过排气管道 22 将来自发动机组 12 的排气排出。

[0013] 发动机 10 还包括标准设计的涡轮增压系统，该系统总体用 24 表示。如图所示，涡轮增压系统 24 可包括单级涡轮增压系统或多级涡轮增压系统。根据一个实施例，涡轮增压系统 24 可包括第一涡轮增压器 26 和第二涡轮增压器 28。尽管示出两个涡轮增压器 26 和 28，但是应当理解，本发明可应用于使用一个或多个涡轮增压器的发动机 10。应当理解，第一涡轮增压器 26 通常包括通过轴 34 连接到涡轮机 32 的压缩机 30。类似地，第二涡轮增压器 28 包括通过轴 40 连接到涡轮机 38 的压缩机 36。

[0014] 在运行期间，离开排气歧管 20 的排气通过排气管道 22 并分别通到涡轮机 32 和 38 的叶轮 42 和 44 处以使得它们旋转。叶轮 42 和 44 的旋转使轴 34 和 40 转动，该轴 34 和 40 又分别旋转压缩机 30 和 36 的叶轮 46 和 48。压缩机叶轮 46 和 48 的旋转将周围空气通过进气导管 18 吸入并将其压缩。应当意识到，多级涡轮增压系统可包括如图所示的串联运行的压缩机叶轮，或可选地，包括并联地定位在共用轴上的多个压缩机叶轮。

[0015] 根据本发明，压缩机叶轮 46 和 48 中的一个或两个可由铝金属基复合材料制成。根据一个实施例，铝金属基复合材料可基于设计成具有例如增强的抗疲劳性、可在较高温度下运行的特性、增加的耐久性 or 本领域技术人员已知的其它特性的铝合金。这种铝合金例如可包括 A206、A224 和 A354，但是也可使用很多其它合金。此外可利用加强材料来加强铝金属基复合材料。

[0016] 根据一个实施例，可使用不连续的加强材料，例如陶瓷颗粒、陶瓷纤维和陶瓷晶须。更具体地，合适的加强材料可包括 SiC、Al₂O₃、SiO₂、AlN、BN、TiC、TiB₂、B₄C、W₂C、ZrO₂ 或金属间化合物，例如 Al₃Sc 或 Al₃Zr、Al₃Ti 或 Al₃(Sc, X)，这里 X 表示 Zr、Ti、Y、Hf 等。但是，本领域技术人员意识到，可使用其它不连续或连续的加强材料。根据一个实施例，加强材料被混合到铝金属基复合材料中、预成型且然后浸渗、从基体合金溶液中沉淀或在混合或浸渗期间进行现场反应。此外，适于使用体积百分比在约 10% 到约 20% 之间的加强材料。但是，可选择或改变使用的加强材料，包括用量、制造方法以及加强的位置及形状，以达到期望的机械属性。

[0017] 可选地，且又根据本发明，压缩机叶轮 46 和 48 中的一个或两个可由包含至多达

5%重量百分比的钪的铝合金制成。特别是在增高的温度下,通过例如 Al_3Sc 、 $Al_3(Sc, Zr)$ 等的金属间化合物的共格沉淀可极大地增强这种合金的属性。为便于加强和 / 或可铸造性,可根据需要改变包含至多达 5%重量百分比的钪的铝合金以及铝金属基复合材料。应当理解,如上所述,铝金属基复合材料可以基于包含至多达 5%重量百分比的钪的铝合金。

[0018] 本领域技术人员应当理解,可使用铸造、粉末冶金或喷射成形方法,然后使用任何所需的成形过程来制造上述的压缩机叶轮 46 和 48。用于压缩机叶轮 46 和 48 的优选的铸造方法可包括各种铸造工艺中的任一种,这些铸造工艺包括但不限于漩涡铸造 (vortex casting)、真空浇铸、离心铸造、加压铸造和压力铸造。但是,应当理解可使用任何已知的方法形成压缩机叶轮 46 和 48。

[0019] 根据一个实施例,可使用图 2 所示的压铸设备 60 形成压缩机叶轮 46 和 48。根据此实施例,压缩机叶轮 46 和 48 之一的模型 (未示出) 可由消耗性材料形成,该消耗性材料例如蜡、蜡混合物、聚苯乙烯、塑料、蒸发性泡沫材料 (evaporative foam) 或其它合适的材料。应当理解,压缩机叶轮模型 46 和 48 的尺寸可比压缩机叶轮 46、48 稍大,以解决铸造材料在凝固时的收缩 (问题)。

[0020] 一旦压缩机叶轮的模型已经形成,具有合适厚度的壳型铸模 62 包围该模型而形成。本领域技术人员应当理解,这种方法可包括制备浆体和重复地将压缩机叶轮模型浸入浆体中以形成多层壳型铸模 62。根据一个实施例,该浆体可包括耐火性的、基于陶瓷的氧化铝或氧化锆的粉末,但是也可考虑各种混合物。在形成壳型铸模 62 的过程中,壳型铸模 62 的入口部分 64 可不涂覆,以保留通向铸模的入口通道。

[0021] 一旦得到壳型铸模 62 的合适的厚度,允许干燥该壳型铸模 62。然后,例如通过加热将压缩机叶轮模型从壳型铸模 62 去除。加热可使得压缩机叶轮模型的消耗性材料熔化或蒸发,并还可烧结壳型铸模 62 的耐火性的、基于陶瓷的材料。壳型铸模 62 以及如下所述的任何需要的铸造部件在外壳 68 中定位成使得入口孔 64 与外壳 68 中的开口 70 连通。外壳 68 可由各种高强度材料,例如钢制成。一旦壳型铸模 62 和其它铸造部件定位于外壳 68 中,在壳型铸模 62 和其它铸造部件的外表面 72 与外壳 68 的内表面 74 之间会存在空的体积。

[0022] 支承材料 76 基本充满空的体积,使得壳型铸模 62 的所有表面都被支承材料 76 覆盖和支承。应当理解,支承材料 76 可向壳型铸模 62 提供结构性支承,并促进热量从壳型铸模 62 传导出去。支承材料 76 可包括低熔点金属合金,例如铅、铋和铈的合金,该合金以熔融的形式浇注到空的体积内并允许围绕壳型铸模 62 而凝固。可选地,支承材料 76 可包括颗粒状材料,例如碳颗粒、天然或合成的基于氧化铝的沙、基于氧化锆的沙和金属颗粒。也可将附加部件,例如那些用于真空抽吸支承材料 76 的部件结合到压铸设备 60 中。

[0023] 然后,将外壳 68 设置在压铸设备 60 的模块 78、80 和 82 之间。本领域技术人员应当理解,模块 78、80 和 82 为外壳 68 以及最终壳型铸模 62 提供支承。此外,模块 78、80 和 82 可包括必要的例如用于将铸造材料引入壳型铸模 62 中的开口。然后,将熔融形式的铝金属基复合材料和包含至多达 5%重量百分比的钪的铝合金中的至少一种压铸到壳型铸模 62 中。具体地,本领域技术人员应当理解,熔融物料被施压并通过浇注口 84、浇道 86 和内浇口 88 浇注到壳型铸模 62 中。此外,可设置冒口 90,以对熔融物料凝固时的内部收缩进行补偿。具体地,根据一个实施例,可向冒口 90 内插入陶瓷插杆 (未示出) 以向铸造材料施

加压力。也可设置例如过滤器和绝缘材料的附加部件,以进一步促进和 / 或改进铸造工艺。例如,且根据一个实施例,可将壳型铸模 62 预热以改进铸造工艺。

[0024] 应当理解,不论使用何种铸造材料,使用上述压铸方法制造的压缩机叶轮比使用其它已知方法制造的压缩机叶轮更具优点。具体地,本发明的压铸方法可提供和其它压缩机叶轮相比具有改进的耐久性和改进的抗疲劳性的压缩机叶轮。例如,尽管描述了具体的铸造材料,但是使用所描述的压铸方法由例如锻造铝合金的铝合金制成的压缩机叶轮和使用其它已知的方法制成的铝合金压缩机叶轮相比具有改进的机械属性。

[0025] 此外,本领域技术人员应当理解,涡轮机叶轮 42 和 44 可由与铝金属基复合材料和包含至多达 5% 重量百分比的铈的铝合金不同的材料制成。具体地,且因为涡轮机叶轮 42 和 44 受到温度远高于压缩机叶轮 46 和 48 的排气的的作用,涡轮机叶轮 42 和 44 可例如由超级合金或金属间化合物制成。此外,本领域技术人员可以理解,上述用于压缩机叶轮 46 和 48 的合金、加强材料以及制造方法的示例仅仅作作为示例,并不意在限制本发明的精神和范围。

[0026] 工业实用性

[0027] 本发明的压缩机叶轮可用于各种涡轮增压系统。尽管描述的是多级涡轮增压系统,应当理解,单级涡轮增压系统也可从本发明的压缩机叶轮获益。此外,所述压缩机叶轮可具体地应用于第一级压缩机叶轮和一个或多个后面的压缩机级的叶轮。

[0028] 结合图 1 和图 2,且在内燃机 10 的常规运行中,离开发动机 10 的排气歧管 20 的排气通过排气导管 22 并分别通到涡轮机 32 和 38 的叶轮 42 和 44 以便使它们旋转。叶轮 42 和 44 的旋转使得轴 34 和 40 转动,该轴 34 和 40 又分别旋转压缩机 30 和 36 的叶轮 46 和 48。压缩机叶轮 46 和 48 的旋转将周围的空气通过进气导管 18 吸入并将该空气压缩。由于压缩空气的温度可达到约 200 和 250 摄氏度之间,此增高的温度对后面的压缩机级的叶轮具有不利的作用。

[0029] 和常规压缩机叶轮相比,由铝金属基复合材料或包含至多达 5% 重量百分比的铈的铝合金制成的例如压缩机叶轮 46 和 48 之一的压缩机叶轮具有改进的耐久性、改进的抗疲劳性和可在较高温度下运行的特性。具体地,在约 200 摄氏度到 250 摄氏度之间,铝金属基复合材料或包含至多达 5% 重量百分比的铈的铝合金的强度几乎是其它铝合金的强度的两倍。此外,和钛合金相比,铝金属基复合材料或包含至多达 5% 重量百分比的铈的铝合金在增高的温度下可具有改进的瞬时响应,而不会增加生产成本。此外,由本发明的复合材料或合金制成的后面的压缩机级的叶轮可避免在多级涡轮增压器的级间使用中间冷却器的费用和复杂性。因此,应当理解,和单级涡轮增压系统以及多级涡轮增压系统的常规压缩机叶轮相比,本发明的压缩机叶轮提供了显著的优点。

[0030] 应当理解,以上描述仅用于说明的目的,且并不意在限制本发明的范围。从而,本领域技术人员将理解,可从附图、说明书和所附权利要求的研究中获得本发明的其它方面。

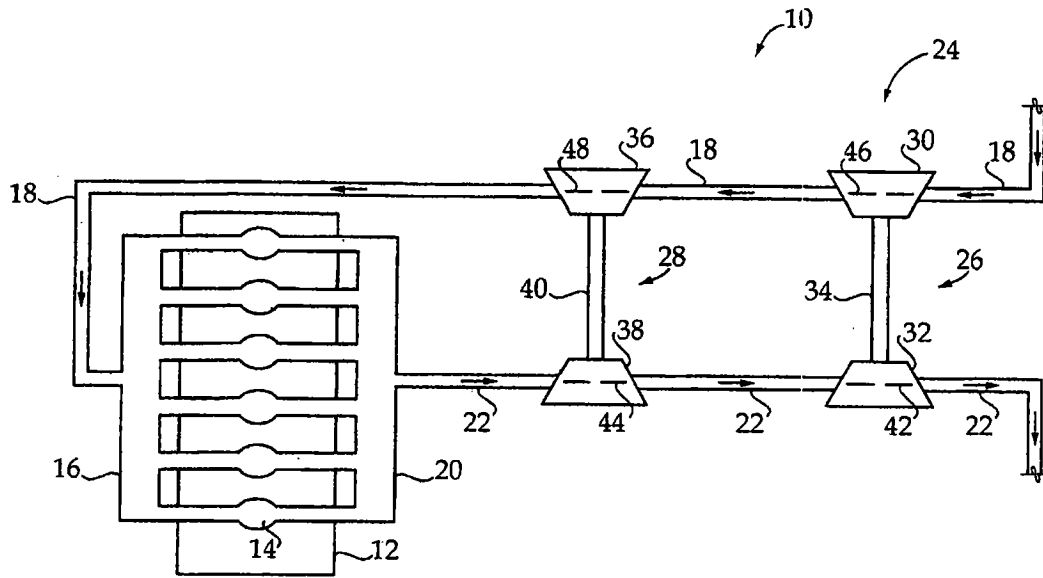


图 1

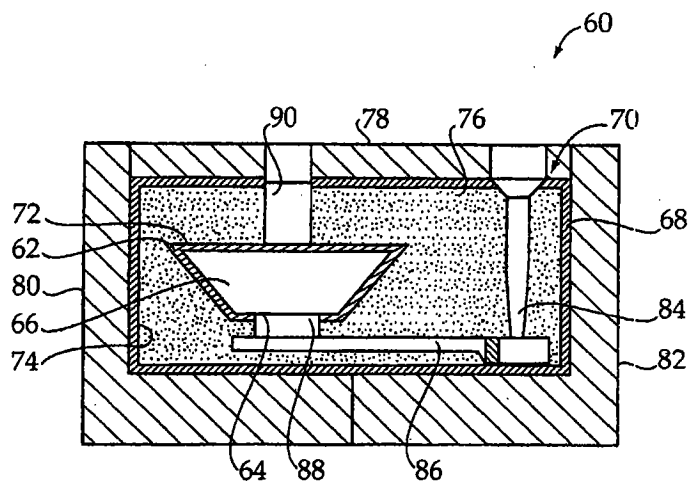


图 2