

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F01D 5/28 (2006.01)

C23C 4/10 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810001289.3

[43] 公开日 2008 年 7 月 23 日

[11] 公开号 CN 101225753A

[22] 申请日 2008.1.17

[21] 申请号 200810001289.3

[30] 优先权

[32] 2007.1.17 [33] US [31] 11/654182

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·G·罗维 T·E·麦戈文

J·A·墨菲 A·J·斯库格

W·R·斯托维尔 P·T·马克斯

L·德贝利斯 J·H·克莱尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 温大鹏 刘华联

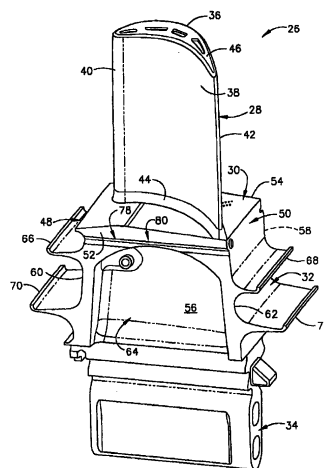
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 3 页

[54] 发明名称

用于涂覆燃气涡轮发动机的方法和设备

[57] 摘要

提供了一种用于燃气涡轮发动机(10)的叶片(26)。所述叶片(26)包括被施加到所述叶片的一部分上的第一涂层(100)、被喷涂在所述第一涂层的至少一部分上的第二涂层(102)，所述第二涂层在与所述叶片相距第一距离的位置处从喷涂装置中被喷涂出来、被喷涂在所述第二涂层的至少一部分上的第三涂层(106)，所述第三涂层在与所述叶片相距第二距离的位置处从喷涂装置中被喷涂出来，所述第二距离比所述第一距离更长，所述第三涂层具有比所述第二涂层的外表面光洁度更粗糙的外表面光洁度、和被施加在所述第三涂层的至少一部分上以便有利于减少所述叶片的手工抛光量的第四涂层(110)。



1、一种用于燃气涡轮发动机(10)的叶片(26)，所述叶片包括：
被施加到所述叶片的一部分上的第一涂层(100)；

被喷涂在所述第一涂层的至少一部分上的第二涂层(102)，所述第二涂层在与所述叶片相距第一距离的位置处从喷涂装置中被喷涂出来；

被喷涂在所述第二涂层的至少一部分上的第三涂层(106)，所述第三涂层在与所述叶片相距第二距离的位置处从喷涂装置中被喷涂出来，所述第二距离比所述第一距离更长，所述第三涂层具有比所述第二涂层的外表面光洁度更粗糙的外表面光洁度；和

被施加在所述第三涂层的至少一部分上以便有利于减少所述叶片的手工抛光量的第四涂层(110)。

2、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第一距离为约2英寸且所述第二距离为约6英寸。

3、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第二涂层(102)具有约18 mil的厚度。

4、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第三涂层(106)具有约2 mil的厚度。

5、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第一涂层(100)是粘结涂层。

6、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第二涂层(102)包括金属氧化物，所述金属氧化物的成分包括重量百分比介于6-8%之间的氧化钇和余量的氧化锆。

7、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第三涂层(106)包括与所述第二涂层(102)大体上相同的成分。

8、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第四涂层(110)包括散布在粘合剂基体内的氧化铝(Al_2O_3)的成分，所述粘合剂基体中包含二氧化硅(SiO_2)、硅酸盐和莫来石($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)中的至少一种。

9、根据权利要求8所述的叶片(26)，其中利用喷涂方法和流延成型方法中的至少一种方法将所述第四涂层(110)施加到所述第三涂层(106)上。

10、根据权利要求1所述的叶片(26)，其中所述第二涂层(102)

包括条带和狭窄区域，所述第三涂层（106）包括有利于将所述第三涂层粘附到所述条带和所述狭窄区域上的多孔性质。

用于涂覆燃气涡轮发动机的方法和设备

技术领域

本发明主要涉及燃气涡轮发动机，且更特别是，本发明涉及用于制造用于燃气涡轮发动机叶片的涂层的方法和设备。

背景技术

至少一些已公知的燃气涡轮发动机包括一个或多个涡轮转子，所述一个或多个涡轮转子包括转子盘和多个沿周向隔开的转子叶片，所述转子叶片有时也被称作叶片。已公知的叶片通常包括翼面、平台、柄杆和燕尾榫。每个燕尾榫被接收在于转子盘中限定出的狭槽或开口内以便将叶片紧固到转子盘上。翼面从转子盘延伸进入发动机内的燃烧气体流中并且将气体流的动能转化成旋转机械能。

当燃烧包含碱金属的燃料时，结果使得通常会发生结垢和表面性能劣化，所述碱金属在燃烧过程中与硫结合并且将低熔点的盐沉积在部件表面上。其它的污染物可能来自用于实现 NO_x 控制或功率提高的被吸入的空气和/或被注射的水。

为了有利于在发动机运行过程中对叶片进行保护，至少一些已公知的涡轮发动机叶片包括隔热涂层（TBC）。然而，已公知的隔热涂层有时具有相对粗糙的外表面，且因此使得一些隔热涂层可能易于受到侵蚀，所述侵蚀例如是由于污染物的粘附而导致产生的，所述污染物例如是低熔点的盐或者在燃烧过程中可能产生的其它污染物。隔热涂层的侵蚀可能降低隔热涂层的有效性和/或可能加剧进一步的侵蚀，这甚至可能会导致产生更进一步的性能劣化。

为了有利于减轻隔热涂层的粗糙外表面带来的效应，对至少一些隔热涂层进行手工抛光以便降低表面粗糙度并增加隔热涂层的耐侵蚀性。手工抛光可能增加涡轮叶片的制造中所涉及到的时间和/或精力，和/或可能增加在涡轮叶片的制造过程中出现人为错误的可能性。结果是，制造包括进行手工抛光的叶片的燃气涡轮发动机的总成本可能高于与制造非手工抛光的其它叶片相关的成本。

发明内容

提供了一种制造用于燃气涡轮发动机的部件的方法。所述方法包括将粘结涂覆层 (bond coat) 施加到所述部件的至少一部分上、利用被置于与所述部件相距第一距离的位置处的喷涂机构来将致密垂直开裂 (dense vertically cracked) 的 (DVC) 隔热涂层施加到所述粘结涂覆层的至少一部分上、并且通过被置于距所述部件第二距离的位置处以使得所述第二距离大于所述第一距离的喷涂机构而用软质涂覆层隔热涂层覆盖所述致密垂直开裂的隔热涂层的至少一部分。

提供了一种制造用于燃气涡轮发动机的叶片的方法。所述方法包括将粘结涂覆层施加到所述叶片的至少一部分上、利用被置于与所述叶片相距第一距离的位置处的喷涂机构来将致密垂直开裂 (DVC) 的隔热涂层施加到所述粘结涂覆层的至少一部分上、并且通过被置于距所述叶片第二距离的位置处以使得所述第二距离大于所述第一距离的喷涂机构而用软质涂覆层隔热涂层覆盖所述致密垂直开裂的隔热涂层的至少一部分。

提供了一种用于燃气涡轮发动机的叶片。所述叶片包括第一涂层, 所述第一涂层被施加到所述叶片的一部分上, 第二涂层在第一距离处被喷涂到所述第一涂层的至少一部分上, 所述第一距离是在喷涂机构与所述叶片之间限定出的, 第三涂层在第二距离处被喷涂到所述第二涂层的至少一部分上, 所述第二距离是在喷涂机构与所述叶片之间限定出的以使得所述第二距离大于所述第一距离, 在所述第二距离处喷涂所述第三涂层有利于制造具有比所述第二涂层的表面光洁度更粗糙的表面光洁度的所述第三涂层; 且第四涂层被施加到所述第三涂层的至少一部分上以便有利于减少所述叶片所需的手工抛光量。

附图说明

图 1 是一种典型的燃气涡轮发动机的剖面示意图;

图 2 是可与燃气涡轮发动机例如图 1 所示的燃气涡轮发动机一起使用的一种典型的转子叶片的透视图; 和

图 3 是可与图 1 所示的燃气涡轮发动机一起使用的包括第一涂层、第二涂层、第三涂层和第四涂层的一种典型的转子叶片的一部分的侧视图。

具体实施方式

图 1 是一种典型的燃气涡轮发动机 10 的示意图。在该典型实施例中,燃气涡轮发动机 10 包括压缩机 12、涡轮 14、涡轮 16 和燃烧室 18。压缩机 12 和涡轮 14 通过转子轴 20 被联接在一起。在该典型实施例中,涡轮 16 通过轴 22 被联接至外部负载,所述外部负载例如为,但不限于,发电机(未示出)或推进器(未示出)。在一些实施例中,发动机 10 是商业上可从 General Electric Company, Greenville, South Carolina 获得的燃气涡轮发动机。在运行中,空气流动通过压缩机 12 且经过压缩的空气被供应至燃烧室 18,其中经过压缩的空气与燃料混合并被点燃以便产生燃烧气体。从燃烧室 18 引导出来的燃烧气体驱动了涡轮 14 和 16,所述涡轮驱动了相应的轴 20 和 22 围绕纵向轴线 24 进行旋转以便分别为压缩机 12 和外部负载提供动力。

图 2 是可与燃气涡轮发动机例如燃气涡轮发动机 10 (如图 1 所示)一起使用的一种典型的转子叶片 26 的透视图。转子组件如涡轮 14 (如图 1 所示)可包括多个转子叶片 26,所述多个转子叶片被取向成使得每个转子叶片 26 被联接至转子盘(图 2 中并未示出)并且使得叶片 26 围绕转子盘的圆周而间隔开来,所述转子盘被联接至转子轴例如轴 20 (如图 1 所示)。每个转子叶片 26 包括翼面 28、平台 30、柄杆 32 和燕尾榫 34。翼面 28、平台 30、柄杆 32 和燕尾榫 34 有时被统称为轮叶(bucket)。在另一可选实施例中,叶片 26 包括顶罩(tip cap)。

每个翼面 28 包括相对的侧壁 36 和 38。侧壁 36 是凸出的且限定出翼面 28 的抽吸侧,且侧壁 38 是凹进的且限定出翼面 28 的压力侧。侧壁 36 和 38 在翼面 28 的前缘 40 处且在沿轴向隔开的后缘 42 处被联结在一起。更特别地,翼面后缘 42 以弦状方式与翼面前缘 40 隔开且位于所述翼面前缘的下游。侧壁 36 和 38 在从位于邻近平台 30 的位置处的叶片根部 44 至翼面顶端 46 的跨距范围内分别沿纵向或沿径向向外延伸。

平台 30 在翼面 28 与柄杆 32 之间进行延伸以使得翼面 28 从平台 30 沿径向向外延伸。柄杆 32 从平台 30 沿径向向内延伸至燕尾榫 34,且燕尾榫 34 从柄杆 32 沿径向向内延伸以便将转子叶片 26 联接至转子盘。平台 30 包括前缘侧 48 和相对的后缘侧 50,所述前缘侧和后缘侧通

过一对相对的侧壁 52 和 54 被连接在一起,所述前缘侧和后缘侧有时被分别称作压力侧和抽吸侧。

柄杆 32 包括大体上凹进的侧壁 56 和大体上凸出的侧壁 58,所述大体上凹进的侧壁和大体上凸出的侧壁在柄杆 32 的上游侧壁 60 和下游侧壁 62 处被连接在一起。因此,侧壁 56 分别相对于上游侧壁 60 和下游侧壁 62 是凹入的,以使得当叶片 26 被联接在转子组件内时,在相邻的转子叶片柄杆 32 之间限定出用于接收冷却气体的柄杆腔体 64。

在典型实施例中,前部的天使状翼 (angel wing) 66 和后部的天使状翼 68 分别从相应的侧壁 60 和 62 向外延伸以便有利于对在转子组件内限定出的前部和后部天使状翼的缓冲腔体 (未示出) 进行密封。此外,前部盖板 70 和后部盖板 72 也从相应的侧壁 60 和 62 向外延伸以便有利于在叶片 26 与转子盘之间进行密封。更特别地,盖板 70 和 72 在燕尾榫 64 与相应的天使状翼 66 和 68 之间分别从柄杆 32 向外延伸。

图 3 是可与如图 1 所示的燃气涡轮发动机一起使用的包括第一涂层、第二涂层、第三涂层和第四涂层的一种典型的转子叶片的一部分的侧视图。

在典型实施例中,第一涂层 100,即粘结涂层,被施加到基板上。在典型实施例中,第一涂层 100 被施加到基板的一部分上,特别是被施加到叶片 26 的一部分上。此外,在典型实施例中,第一涂层 100 被施加到 E 级 (E-class) 叶片 26 上。在另一可选实施例中,第一涂层 100 被施加到 F 级 (F-class) 叶片 26 上。另一种可选方式是,第一涂层 100 被施加到转子叶片 26 的翼面 28 (如图 2 所示)、柄杆 32 (如图 2 所示) 和/或燕尾榫 34 (如图 2 所示),但并不限于上述部件,中的至少一个的一部分上。在典型实施例中,利用热喷涂工艺将第一涂层 100 施加到叶片 26 的一部分上。

第一涂层 100 被施加到基板上以便促进第二涂层 102 与基板的粘结。第一涂层 100 例如可包括已公知的金属合金的等离子体喷涂涂层,所述金属合金的首字母缩略词 MCrAlY 表明了合金所包括的元素,其中 M 是 Ni、Co 或 Ni 和 Co 的组合。

在典型实施例中,第二涂层 102 被施加到第一涂层 100 的至少一部分上。在典型实施例中,第二涂层 102 是有利于对叶片 26 进行热保护的致密垂直开裂 (DVC) 隔热涂层。第二涂层 102 由等离子体喷涂的陶

瓷材料形成,但不限于所述等离子体喷涂的陶瓷材料。在典型实施例中,该陶瓷材料是金属氧化物,如氧化钇稳定的氧化锆,所述氧化钇稳定的氧化锆的成分包括重量百分比介于6-8%之间的氧化钇和余量的氧化锆。可利用钙、二氧化铈、氧化镁或者其它氧化物,但并不限于上述物质,中的至少一种对氧化锆进行稳定。在典型实施例中,利用喷枪将第二涂层102喷涂到基板和/或第一涂层100上,所述第二涂层形成了层104。在典型实施例中,喷枪被用于商业上可从Sultzer Metco得到的7MB枪中。在另一可选实施例中,通过任何其它适当的喷涂机构来将第二涂层102喷涂到第一涂层100和/或基板的一部分上。

特别地,利用空气等离子体喷涂(APS)工艺将第二涂层102喷涂到基板和/或第一涂层100上。空气等离子体喷涂工艺主要用于以氧化物涂覆金属。层104还可被称作“单独的层(individual layer)”或“陶瓷层”。在典型实施例中,层104具有由初级层和子层限定的厚度。特别地,为了覆盖基板和/或第一涂层100的整个表面并且获得第二涂层102的所需厚度,通常希望在沉积第二涂层102时使喷枪和基板相对于彼此进行移动。这可采取移动枪、移动基板或移动二者的形式,且与用于进行喷漆的工艺是类似的。这种移动与给定的喷枪喷涂出一定图案的事实相结合导致产生了被沉积在初级层和子层中以便形成层104的第二涂层102。在典型实施例中,第二涂层102是致密的低孔隙率表面,所述致密的低孔隙率表面限制了涂层与第二涂层102的粘附。

在另一可选实施例中,利用众所周知的方法和设备来将本发明的第二涂层102施加到第一涂层100和/或基板的至少一部分上。特别地,在该可选实施例中,可利用高速氧-燃料(HVOF)工艺、高速空气-燃料(HVAF)工艺、重力辅助的喷丸(GASP)、真空压力等离子体喷涂工艺、低压等离子体喷涂工艺、空气等离子体喷涂工艺、金属丝电弧工艺和火焰喷涂工艺,但不限于上述工艺,中的至少一种工艺来将第二涂层102喷涂到第一涂层100和/或基板上。在又一可选实施例中,利用扩散工艺、包层工艺和预烧结钎焊预成形工艺来将第二涂层102施加到粘结涂覆层和/或叶片26的一部分上,所利用的工艺不限于上述工艺。在又一可选实施例中,可利用任何其它适当的工艺将第二涂层102施加到第一涂层100和/或基板的一部分上。

在典型实施例中,第三涂层106被施加到第二涂层102的至少一部

分上。在典型实施例中，第三涂层 106 由与第二涂层 102 大体上相同的成分制成。在典型实施例中，利用喷枪将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 的至少一部分上且所述第三涂层形成了层 108。在典型实施例中，用于将第三涂层 106 施加到第二涂层 102 上的喷枪是用于将第二涂层 102 施加到第一涂层 100 的至少一部分上的相同的喷枪。特别地，利用空气等离子体喷涂（APS）工艺将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 的至少一部分上。

在另一可选实施例中，利用众所周知的方法和设备来将本发明的第三涂层 106 施加到第二涂层 102 的至少一部分上。特别地，在该可选实施例中，可利用高速氧-燃料（HVOF）工艺、高速空气-燃料（HVOF）工艺、重力辅助的喷丸（GASP）、真空压力等离子体喷涂工艺、低压等离子体喷涂工艺、金属丝电弧工艺和火焰喷涂工艺，但不限于上述工艺，中的至少一种工艺来将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 上。在又一可选实施例中，利用扩散工艺、包层工艺和预烧结钎焊预成形工艺来将第三涂层 106 施加到第二涂层 102 上，所利用的工艺不限于上述工艺。在又一可选实施例中，可利用任何其它适当的工艺将第三涂层 106 施加到第二涂层 102 的一部分上。

通常情况下，在典型实施例中，第三涂层 106 具有比第二涂层 102 更为粗糙的表面光洁度并且有利于提高耐侵蚀性。第三涂层 106 即软涂层是多孔涂层。第三涂层 106 的性质和孔隙率有利于将第三涂层 106 粘附到第二涂层 102 上。特别地，第三涂层 106 粘附到第二涂层 102 的带条和狭窄区域上。在另一可选实施例中，第三涂层 106 具有有利于减轻基板的劣化和/或有利于降低产生表面结垢的敏感性的任何表面光洁度。

在典型实施例中，第四涂层 110 被施加到第三涂层 106 的至少一部分上。在另一可选实施例中，第四涂层 110 并未被施加到第三涂层 106 上。在典型实施例中，第四涂层 110 是 ETBC® 涂层（即光滑涂层）。ETBC® 是位于 Schenectady, New York 的 General Electric Company 的注册商标。在典型实施例中，第四涂层 110 具有悬浮在乙醇浆料中的氧化铝的成分，并且通常是基于氧化铝的结合二氧化硅（silica-bound）的陶瓷材料。更特别地，第四涂层 110 包含散布在包括二氧化硅（ SiO_2 ）、硅酸盐和/或莫来石（ $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ）的粘合剂基体内的氧化铝（ Al_2O_3 ）

颗粒, 所述二氧化硅 (SiO_2)、硅酸盐和/或莫来石 ($3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$) 的相对量将根据第四涂层 110 的温度和所述第四涂层所经历的随后的工作温度而产生改变, 且在更高的温度下形成了更大量的莫来石。氧化铝颗粒构成了第四涂层 110 重量百分比的至少 5-85%。可根据第四涂层 110 所需要的性质而调整第四涂层 110 中的氧化铝和基于二氧化硅的基体材料的相对量。

在典型实施例中, 利用流延成型 (tape cast) 方法将第四涂层 110 施加到第三涂层 106 上。第四涂层 110 粘附到第三涂层 106 上并且有利于降低表面粗糙度。第四涂层 110 的光滑度基本上消除了对叶片 26 进行手工抛光的需要。此外, 第四涂层 110 减少了积聚在叶片 26 上的腐蚀物的量。特别地, 第四涂层 110 使得与其中并未施加第四涂层 110 的其它已公知叶片相比, 耐侵蚀性提高了三倍。此外, 已公知的手工抛光工艺需要大约 1 小时来对叶片 26 进行完全的手工抛光。在典型实施例中, 当施加第四涂层 110 时, 对叶片 26 进行完全的手工抛光的时间减少了 50%, 即手工抛光需要约 30 分钟。此外, 第四涂层 110 在红外热量范围内并不是可透过的, 从而使得第四涂层 100 有利于对第一涂层 100、第二涂层 102 和第三涂层 106 以及叶片 26 进行冷却。

在组装过程中, 第一涂层 100 被施加到基板的一部分上以便对叶片 26 进行热保护, 所述基板包括转子叶片 26 的平台 30、翼面 28、柄杆 32 和/或燕尾榫 34, 但并不限于上述部件, 中的至少一个。另一种可选方式是, 第一涂层 100 可被施加到发动机 10 的任何适当部分上。在又一可选实施例中, 转子叶片 26 可设有第一涂层 100。一旦第一涂层 100 被施加到基板上, 则第二涂层 102 被施加到第一涂层 100 的至少一部分上。在另一可选实施例中, 第二涂层 102 被直接施加到基板上。

可通过将第二涂层 102 喷涂到第一涂层 100 的一部分上而将第二涂层 102 施加到粘结涂覆层和/或叶片 26 的一部分上。特别地, 利用空气等离子体喷涂 (APS) 工艺并通过被置于离开基板第一距离的位置处的机构 (未示出) 来将第二涂层 102 喷涂到粘结涂覆层和/或基板的一部分上。在典型实施例中, 喷枪将第一粉末流中的第二涂层 102 喷涂到粘结涂覆层和/或基板的一部分上, 其中喷枪被加热至第一温度。第二涂层 102 在第一速度下被喷涂到粘结涂覆层和/或基板上。此外, 枪被置于与基板相距第一距离的位置处从而位于枪至工件的第一距离处。该枪

至工件的第一距离是在喷枪的头部（即顶部）与基板之间测得的。特别地，在典型实施例中，喷枪被加热至介于约 750 至 1000 华氏温度范围之间的第一温度，用于将第二涂层 102 喷涂到第一涂层 100 和/或基板上的第一枪速度在约 590 mm/sec 至 610 mm/sec 的范围内，且枪至工件的第一距离在约 0-3 英寸的范围内。此外，当将第二涂层 102 喷涂到粘结涂覆层和/或基板的一部分上时，第二涂层 102 被施加以使得层 104 具有约 18 mil 的厚度。在另一可选实施例中，第二涂层 102 可被施加以便具有任何适当厚度。

在典型实施例中，在第二涂层 102 被施加到叶片 26 的一部分上之后，通过将第三涂层 106 施加到其中施加了第二涂层 102 的表面区域的至少一部分上而将第三涂层 106 覆盖到第二涂层 102 上。在典型实施例中，利用空气等离子体喷涂（APS）工艺并通过被置于离开基板第二距离的位置处的机构（未示出）来将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 上。特别地，在典型实施例中，利用与上述用于将第二涂层 102 施加到粘结涂覆层和/或基板上的喷枪和技术相同的喷枪和大体上相同的技术来将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 的一部分上。在另一可选实施例中，利用不同的喷涂机构将第三涂层 106 施加到第二涂层 102 上。在典型实施例中，喷枪将第二粉末流中的第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 的一部分上，其中喷枪被加热至第二温度。第二粉末流多于第一粉末流。第三涂层 106 在第二速度下被喷涂到第二涂层 102 上。此外，枪被置于与基板和/或第二涂层 102 相距第二距离的位置处从而位于枪至工件的第二距离处。在典型实施例中，该枪至工件的第二距离大于用于将第二涂层 102 喷涂到第一涂层 100 上的枪至工件的第一距离，这导致第三涂层 106 比第二涂层 102 更多孔。特别地，在典型实施例中，喷枪被加热至约 850 华氏温度的第二温度，用于将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 上的第二枪速度在约 300 mm/sec 至 500 mm/sec 的范围内，且枪至工件的第二距离在约 3-7 英寸的范围内。此外，当将第三涂层 106 喷涂到第二涂层 102 的一部分上时，第三涂层 106 被施加以便具有约 2 mil 的厚度。在另一可选实施例中，第三涂层 106 可被施加以便具有任何适当厚度。

通过增加枪至工件的距离，第三涂层 106 比第二涂层 102 更为多孔（即软涂覆层）。由于第三涂层 106 比第二涂层 102 更为多孔，因此第

三涂层 106 具有增加的粘附性质从而有利于将第三涂层 106 粘附到第二涂层 102 上。第三涂层 106 粘附到第二涂层 102 的狭窄区域和带条上。

就缩短制造时间和降低废品率而言,第三涂层 106 有利于降低制造成本,原因在于第三涂层 106 与第二涂层 102 相比更不易于脱落。特别地,可能通过减少降低表面粗糙度所需的手工抛光量而对涂层的表面光洁度进行更为精密地控制,原因在于手工抛光机可能将厚度减耗至使得需要对叶片进行再涂覆的程度。此外,控制涂层的厚度防止了对第三涂层 106 的磨蚀。

一旦第三涂层 106 已被施加到第二涂层 102 的至少一部分上,则第四涂层 110 被施加到第三涂层 106 的至少一部分上以便有利于减少热传递。在典型实施例中,第四涂层 110 被施加到第三涂层 106 的一部分上且具有约 0.5-4 mil 的厚度。热传递的减少有利于增加叶片 26 的持久性且叶片 26 将更不易于产生表面结垢。此外,提高了叶片 26 的总的空气动力学性能。此外,涂层 100、102、106 和 110 具有标称重量以使得涂层 100、102、106 和 110 不会对发动机效率产生负面影响。

本文详细地描述和/或阐述了方法和涂层的典型实施例。该方法和涂层并不限于本文所述的特定实施例,而是,可与本文所述的其它步骤和/或组分相独立且分开地利用每种方法的步骤和每种涂层的组分。每种方法步骤和组分还可与其它方法步骤和/或组分相结合地使用。

当介绍本文所描述和/或所阐述的方法和阻尼器销的元件/部件/步骤/等时,冠词“a”、“an”、“the”、“所述(said)”和“至少一个(at least one)”旨在意味着存在一个或多个元件/部件/步骤/等。术语“包括(comprising)”、“包括(including)”和“具有(having)”旨在具有包括性且意味着除了列举的一个或多个元件/部件/步骤等以外还存在附加的一个或多个元件/部件/步骤/等。

尽管已经结合多个特定实施例对本发明进行了描述,但本领域的技术人员将认识到:可通过落入权利要求书的精神和范围内的变型来实践本发明。

零件表

10	发动机
12	压缩机
14	涡轮
18	燃烧室
18	燃烧室
20	转子轴
22	轴
24	纵向轴线
26	叶片
28	翼面
30	平台
32	柄杆
34	燕尾榫
36	侧壁
38	侧壁
40	翼面前缘
42	翼面后缘
44	叶片根部
46	翼面顶部
48	前缘侧
50	后缘侧
52	相对侧壁
54	相对侧壁
56	凹进侧壁
58	凸出侧壁
60	上游侧壁
62	下游侧壁
64	柄杆腔体
66	前部天使状翼
68	后部天使状翼

70	盖板
72	后部盖板
100	第一涂层
102	第二涂层
104	层
106	第三涂层
108	层
110	第四涂层

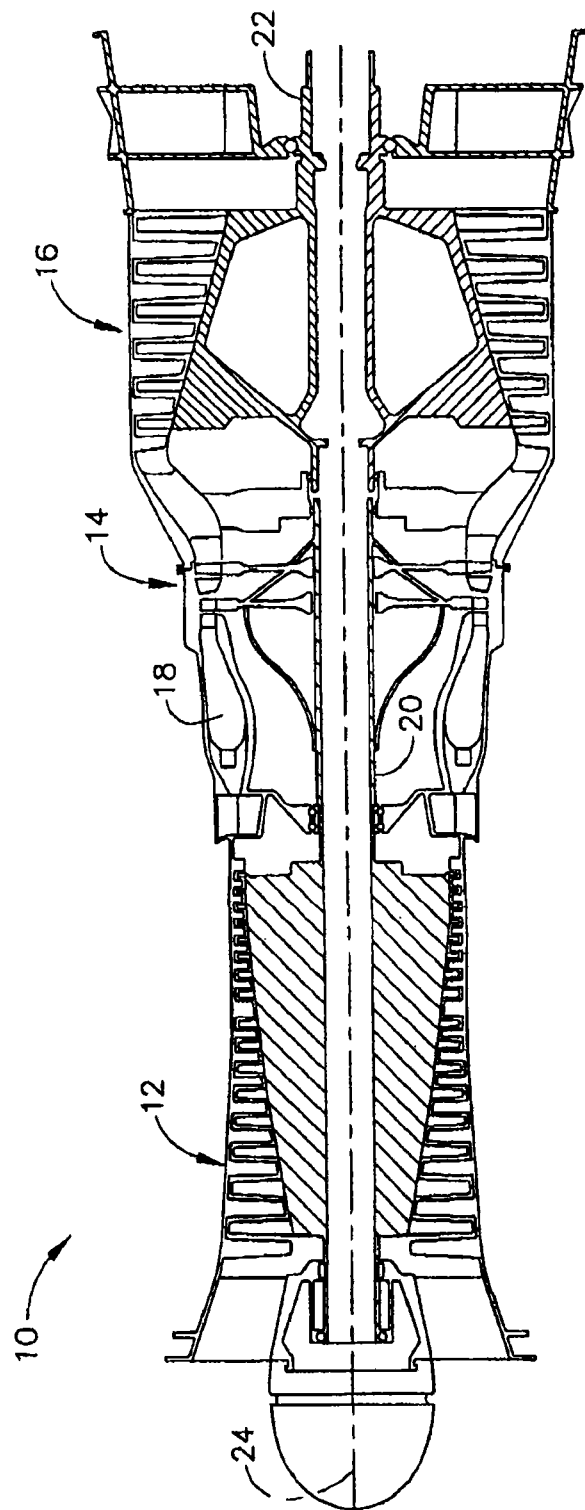


图 1

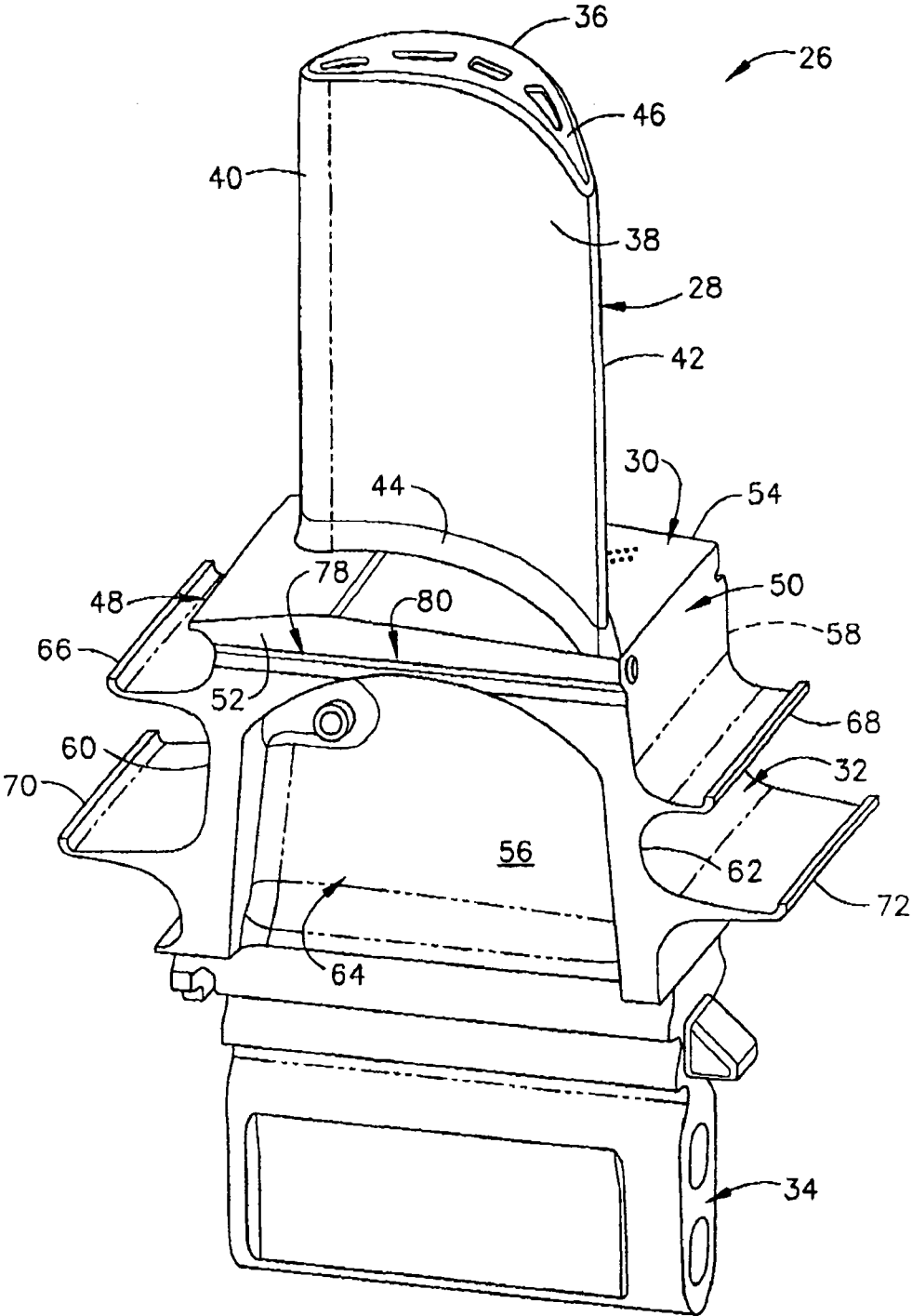


图 2

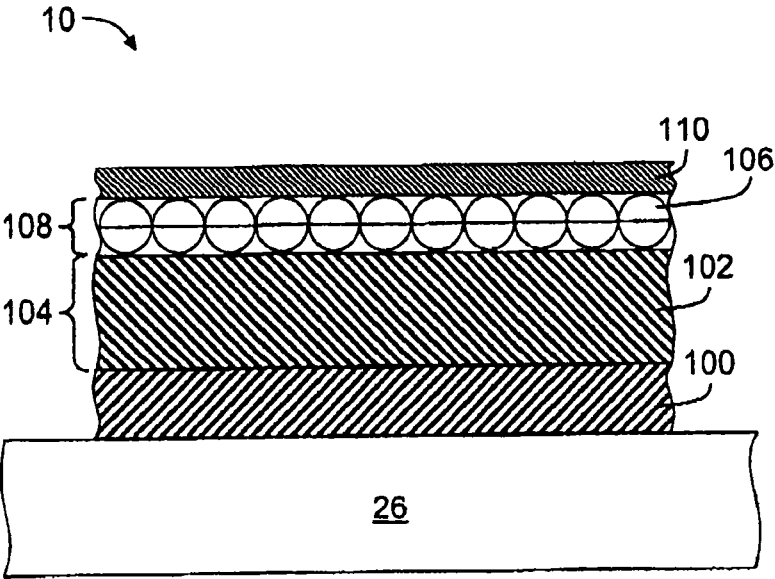


图 3