

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610103974.8

[51] Int. Cl.

B23K 15/00 (2006.01)

B23P 6/00 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

[43] 公开日 2007年1月31日

[11] 公开号 CN 1903494A

[22] 申请日 2006.7.28

[21] 申请号 200610103974.8

[30] 优先权

[32] 2005.7.29 [33] FR [31] 0508151

[71] 申请人 斯奈克玛

地址 法国巴黎

共同申请人 斯奈克玛服务公司

[72] 发明人 博纳德·博伊特 斯坦弗尼·科内斯

克劳德·安德鲁·查尔斯·派格诺

埃里克·克里斯汀·让·皮托

[74] 专利代理机构 中国商标专利事务所有限公司

代理人 万学堂

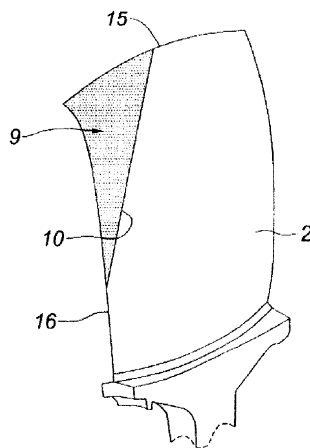
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

[54] 发明名称

涡轮机单片转子叶片的维修方法和实施该方法的测试片

[57] 摘要

为了维修叶片(2)，通过电子束焊接一补丁。该方法开始是机加工受损区以获得具有确定形状的要修理区域(10)；把与补丁相应的第二测试片元件焊接到与具有确定形状的叶片(2)相应的第一测试片元件；验证该测试片的质量，如果它与可接受的维修标准相一致，就使用相同的电子束焊接不改变操作参数把补丁焊接到要修理的区域(10)，修理过的区域通过机加工重新修正。



1. 使用电子束焊接机器电子束焊接补丁(11)修理包括至少一个受损区域的涡轮机单片叶盘(1)的叶片(2)的方法,包括准备受损区、电子束焊接补丁(11)和重新机加工修理过的区域的步骤,特征在于:

- 准备步骤包括机加工受损区域以获得规定轮廓的要修补的区域(10);
- 使用焊接机在与叶片(2)相对应的具有规定轮廓(20)的第一测试片(18)上进行焊接,焊接机的工作参数预先设定,在与补丁(11)相对应的具有补丁的特性的第二测试片(19)上进行焊接,以获得“起始”测试片;
- 在焊接后检测起始测试片的质量,如果测试片的质量与可接受修理标准一致,
- 使用相同的电子束焊接机不改变工作参数地把补丁(11)焊接到要修理的区域(10);
- 通过机加工再加工修理过的区域。

2. 如权利1所述的方法,其特征为:受损区域的机加工通过沿切线(10)切削出一标准化部分(9)来完成,标准化的部分包括受损区域。

3. 如权利2所述的方法,其特征为:补丁(11)包括一切线(12),其轮廓与叶片(2)的切线(10)规定的轮廓相应,且补丁(11)具有超量的厚度。

4. 如权利3所述的方法,其特征为:超量的厚度大约为1mm,切线(10)的每一侧各超出0.5mm,对于厚度在0.5到6mm变化的叶片来说,超量的厚度最好在0.7到3.45之间。

5. 如权利1到4任意一项所述的方法,其特征为:当焊接补丁(11)时,电子束稍微向有补丁(11)的一侧偏移。

6. 如权利1到5任意一项所述的方法,其特征为:至少提供了一个垫块(13,14)附着在补丁(11)上。

7. 如权利1到6任意一项所述的方法,其特征为:在补丁(11)焊接到叶片(2),本方法包括一焊接的步骤,在与叶片(2)相应的具有叶片(2)轮廓的第一测试片(18)上和在与补丁(11)相应的具有补丁(11)的特性的第二测试片(19)上,使用同一电子束焊接机不改变操作参数地进行焊接,以获得“終了”测试片,以及包括一检测終了测试片的步骤。

8. 如权利1到7任意一项所述的方法,其特征为:该方法包括一调试电子束焊接机的步骤,在该过程中先通过在与叶片(2)相应的具有叶片(2)轮廓的第一测试片

(18) 上和在与补丁 (11) 相应的具有补丁 (11) 的特性的第二测试片 (19) 上焊接来预先设定参数, 以获得随后要进行非破坏性和/或破坏性测试的称之为“调试测试片”的东西。

9. 如权利 7 或 8 所述的方法, 其特征为: 起始测试片、终了测试片和调试测试片的第一元件 (18) 和第二元件 (19) 一样。

10. 如权利 7 或 8 或 9 所述的方法, 其特征为: 在模仿叶片 (2) 的重量环境的手段下进行焊接测试片, 以模仿热抽运。

11. 如权利 1 到 10 任意一项所述的方法, 其特征为: 该维修方法还包括一验证材料/机器对的步骤, 在该步骤中由叶片 (2) 材料制成的至少具有与叶片的规定的轮廓最大厚度厚度相同的两片焊接在一起, 获得验证机械完整性的测试片 (24), 至少在该测试片 (24) 上进行循环疲劳测试, 验证机械完整性。

12. 如权利 1 到 11 任意一项所述的方法, 其特征为: 用于修理叶片尖端 (8)、前缘或后缘角 (6, 7)、前缘 (4) 或后缘 (5) 中至少一个要修理的区域。

13. 如权利 1 到 12 任意一项所述的方法, 其特征为: 叶片 (2) 由称之为 Ti17 的钛制成。

14. 如权利 1 到 13 任意一项所述的方法, 其特征为: 涡轮机为涡轮喷气飞机。

15. 用于实施权利要求 9 的方法的起始、终了和调试测试片元件, 具有切线 (20), 该元件轮廓与叶片 (2) 的规定的轮廓相同, 且用与叶片 (2) 相同的材料制成。

16. 用于实施权利要求 9 的方法的起始、终了和调试测试片元件, 具有补丁 (11) 的特性。

涡轮机单片转子叶片的维修方法和实施该方法的测试片

技术领域

本发明涉及一种维修涡轮机单片转子叶片的维修方法,以及实施该方法的起始、终了和调试测试片。

背景技术

一个涡轮机包含几个转子,这些转子绕着它们的轴转动。这些转子包含有转盘,转盘的边缘安装着叶片。以往,叶片由其根部保持在一个用于该目的的卡座中。为了满足引擎日益增加的性能要求,这些转子现在是单片转子,称之为单片叶盘,或叫做整体叶盘。在整体叶盘中,叶片与转盘只构成一个部件。为了达到该目的,机加工锻造的毛坯来生成转盘,叶片绕其圆周径向延伸,但仍然是一个独体元件。也可以焊接特定部件,也可以生成单片元件的整体转盘。单片转子有很多优点,尤其是在质量上。

由于引擎中会吸入异物,或者由于气流带进的灰尘会微粒的腐蚀,叶片会产生受损区,部分出现裂痕或磨损,损害涡轮喷气飞机的效率。涉及的部分通常是尖端、前缘或后缘侧的角、以及前缘与后缘。要修理整体叶盘的叶片绝非易事,因为不能拆下进行修理。

不管是磨损还是损坏,如果不能修理,只能是替换有缺陷的部件。现在,对于整体转盘而言,叶片的替换将涉及整个整体叶盘的替换。

文件 US 6, 238, 187 公开了一种维修叶片的方法。该方法中,绕损坏区域将叶片的一部分切下,所述部分标准化,这样只要标准化的部分属于问题部分,就可以用该方法替换任何形状和尺寸的受损区域。替换部件,通常成为补丁,然后焊接在叶片上。该补丁的尺寸要比叶片切除的区域大一些,然后机加工,还原叶片的原来的形状。

文件 US 6, 568, 077 公开了使用电子束焊接方法执行上述方法焊接补丁的步

骤，电子束焊接具有高焊接速率和能够焊接的厚度大的优点。

但是，在称为 Ti17 的钛合金制成的转子中出现了问题。这种合金在专利申请 EP 1 340 832 中提及，涉及一种由这种材料制成的产品，如叶片，它焊接起来相当困难，因为它熔化时，焊接中会产生气体挥发，会在热作用区（HAZ）生成微孔或气孔，这将会导致焊接区的机械性能的下降。这种下降可能使机械强度下降 80%。这种由于电子束焊接产生的下降在航空应用中是不能容忍的。此外，在 Ti17 转子的情形，以往使用的 TIG 或微等离子技术和航空工业中常用的作业不能够提供可接受的结果。

此外，最近的叶片具有复杂的三维形状，它们的壁厚变化，使用电子束焊接方法非常困难，电子束焊接需要精确的参数。每种故障情况的这些参数必须定义好，标准化很难完成。

发明内容

本发明的目的是提出一种修理形状和厚度逐渐变化的单片转子的叶片的方法，所述方法包括电子束焊接的步骤。

本发明涉及一种通过电子束焊接机电子束焊接补丁来修理至少包含一个受损区的涡轮机单片叶盘的叶片的方法，其包括预备受损区、电子束焊接补丁和通过机加工重新加工修理过的区域的步骤，特征在于：

- 准备步骤包括机加工受损区域以获得规定轮廓的要修补的区域；
- 使用焊接机在与叶片相对应的具有规定轮廓的第一测试片上进行焊接，工作参数预先设定，在与补丁相对应的具有补丁的特性的第二测试片上进行焊接，以获得“起始”测试片；
- 在焊接后检测起始测试片的质量，确定测试片的质量与可接受修理标准是否一致，
- 使用相同的电子束焊接机，不改变工作参数，把补丁焊接到要修理的区域；
- 通过机加工再加工修理过的区域。

由于可以控制电子束焊接机,本发明具有可以以产业规模修理单片叶盘的优点。一旦验证焊接机并设置好参数,剩下的工作就是提前把与补丁相对应的第二测试片焊接到具有叶片轮廓的第一测试片来检测参数正确且没有发生漂移。令人惊奇的是,该方法在修理象整体转盘这样复杂的元件时可以达到极大的稳定性。预先检测足以保证在同一的转盘上多个叶片的修理。

依照另外一个特征,为了以补充方式确保操作正确的执行,在补丁焊接到叶片或补丁焊接到接连的叶片上时,本方法包括一焊接的步骤,在与叶片相应的具有叶片轮廓的第一测试片上和在与补丁相应的具有补丁的特性的第二测试片上,使用同一电子束焊接机不改变操作参数地进行焊接,以获得“终了”测试片,以及包括一检测终了测试片的步骤。

该步骤具有能提供该焊接方法在一轮焊接结束时的执行状态的好处,此时装置参数可能发生漂移。如果终了测试片的质量可以接受,就此可以推断出在起始测试片焊接和终了测试片焊接间的所有维修都正确地得到执行。一方面,这样可以简化维修方法,另一方面,不用在整体叶盘上进行直接检测,由于空间限制,直接在整体叶盘上进行检测绝非易事,甚至根本不可能进行。

该方法尤其适用于构成材料是钛合金,尤其是 Ti17 的情况,但申请人不是仅把权利范围限定于该种应用之内。

本方法可用于机翼尖端、前缘或后缘角以及前缘和后缘其中至少一个要维修的区域。

依照另外一个特征,该单片叶盘的维修方法包括一调试电子束焊接机的步骤,在该过程中先通过在与叶片相应的具有叶片轮廓的第一测试片上和在与补丁相应的具有补丁的特性的第二测试片上焊接来预先设定参数,以获得随后要进行非破坏和/或破坏性测试的称之为“调试测试片”的东西。

起始测试片、终了测试片和调试测试片的第一元件和第二元件一样。

依照另外一个特征,该维修方法还包括一验证材料/机器对的步骤,在该步骤中由叶片材料制成的至少具有与叶片的规定的轮廓最大厚度厚度相同的两个片焊接在

一起，获得验证机械完整性的测试片，至少在该测试片上进行循环疲劳测试，验证机械完整性。

本发明还涉及用于实施该方法的起始、终了和调试测试片。

附图说明

参照附图，通过对本发明优选实施例的描述，将会对本发明有一个更清晰的理解，其中：

图 1 单片叶盘的局部立体图，其中一个叶片可使用本发明方法维修；

图 2 是图 1 所示的叶盘的一个叶片的立体示意图，灰色部分所示为在该发明方法的准备阶段除去的叶片部分；

图 3 是带有根部的用于实施本发明方法的补丁的立体示意图；

图 4 是与叶片对应的、用于实施本发明方法的起始或终了或调试测试片的第一测试元件的立体示意图；

图 5 是与补丁对应的、用于实施本发明方法的起始或终了或调试测试片的第二测试元件的立体示意图；

图 6 是用于实施本发明方法的验证焊接的机械完整性的测试片的立体示意图；

图 7 是图 6 所示的测试片的立体示意图，切下来用于作疲劳测试。

具体实施方式

参照图 1，该发明方法涉及维修叶片 2，叶片 2 从单片叶盘 1（整体叶盘 1）边缘 3 的圆周上径向延伸，此处叶盘由 Ti17 钛制成。由于冲击或磨损，该叶片具有一损坏区域。易于损坏的区域有前缘 4，后缘 5，前缘角 6，后缘角 7 和叶片尖端 8 的线，此处以已知方式形成有厚度较薄的部分，密封唇口。

在叶片上预先定义的是标准化部分，要维修的受损部分位于标准化部分中，该部分与为了修理而从叶片上切下来的叶片部分相应。该方法的第一步为检查叶片的

受损区域是否位于这一区域中。图 2 图示了叶片 2 和这样的标准化的区域 9，用灰色表示。此处该部分 9 为叶片 2 前缘的角。

如果情况是这样，标准化部分就使用机器切出。该切出操作的参数预设且与任何一个类型的叶片相同。一方面，标准化部分 9 的切线 10 这样定义，以使变化尽可能缓慢，不会出现太突出的弯曲点或角，这样能使切割和接下来的焊接容易些，另一方面，切割线 10 延伸进入叶片的作业压力最小的区域，至少不是最大的区域，这样要焊接的区域接下来才不会在焊接线上承受过大的压力。切割部分的最大尺寸依照所使用的引擎定义，并要考虑叶片 2 承载的空气动力负载。叶片 2 上包含在部分 9 中的瑕疵不管其形状和性质，都是通过切掉该部分 9 替代以标准化补丁 11 来维修的，标准化补丁 11 如图 3 所示，将在下面描述。切割操作执行同时要要进行表面加工，以确保与期望的焊接质量相应。

这样在叶片 2 上得到的是具有规定的轮廓的切线。

当使用机器进行该切割时，叶片 2 和其切线 10 要进行清洁，尤其是切线 10，为焊接步骤作准备。

在把补丁 11 焊接到切割的叶片上前，先焊接起始测试片，起始测试片的第一元件和第二元件见图 4 和图 5，该过程将会在后面详述。

补丁 11 随后与叶片 2 的切线 10 接触。该接触操作通过设备来把叶片 2 和补丁 11 卡住在适当位置。该设备此处没有描述，但该设备必须允许这些元件相对彼此精确定位，其能够适用于每个叶片。最好地，当切出标注化部分 9 时，叶片 2 用同样的设备卡在适当的位置。这样可以保持同样的参数，而且使焊接平面与切割平面相同。

补丁 11 由与叶片相同的材料制成，此处为 Ti17 钛，补丁 11 具有一沿着切线 12 的轮廓，与叶片 2 切线所定义出的轮廓完全吻合，补丁 11 厚度超过叶片大约 1mm，在叶片的一侧和另一侧分别超出 0.5mm，对于厚度在 0.5 和 6mm 间变化的叶片来说超出厚度最好在 0.7 和 3.45mm 之间。补丁 11 沿其切线 12 在其整个区域，厚度随沿着切线 10 并覆盖着去除的相应部分的轮廓的变化和叶片厚度的变化而变化，并且厚度有富余。换而言之，补丁 11 的表面形状相应于叶片 2 被切除的表面部分 9，尺

寸稍微大一些。

在切线 12 每端的延长线上, 补丁 11 具有垫块 13、14, 它们从切线 12 的表面突出并延伸, 这样当把补丁 11 与叶片 2 接触时, 补丁 11 不会干涉叶片 2。更准确的说, 每块垫块 13、14 与叶片 2 的从切线 10 延伸出的边缘 15、16 的形状相匹配, 此处, 边缘对应于尖端线 15 和前缘 16, 它们构成叶片 2 的前缘角。垫块 13、14 用于焊接的开始和结束, 如后面看到的那样。垫块 13、14 可与补丁 11 生成于同一个部件上, 也可以是附着在补丁 11 上。如果它们是制成与补丁一体的, 它们可使操作者夹住补丁 11 移动。垫块也可以附着在叶片 2 上。

补丁 11 的切线 12 因此可使用前面提到的设备与叶片 2 的切线 10 接触, 该接触操作必须精确执行, 这样补丁 11 的轮廓才能与叶片 2 的轮廓准确地吻合, 现有技术中补丁厚度恒定, 远远大于叶片的最大厚度。由于补丁 11 变化的厚度, 避免了叶片 2 和补丁 11 之间的巨大的大小和厚度差距, 因此简化了后面的需要非常精确地执行的电子束焊接过程, 保证了更好的质量。这样可以减少焊接造成的瑕疵。把叶片 2、补丁 11, 如果垫块 13、14 没有与补丁 11 结合在一起, 还可能卡持垫块 13、14 卡持在适当位置的卡持设备因此必须能够三维定位。

随后, 通过电子束焊接机进行电子束焊接。为了这个目的, 叶片 2 和补丁 11 套件置于惰性气体中, 典型地在真空中, 机器的电子枪向焊缝上喷射电子束, 喷到叶片 2 和补丁 11 的切线 10、12 间的接口上, 电子的运动能量把工件加热, 使它们焊在一起。改变该焊接步骤中的参数, 特别是电子束能量 (典型地在 50 到 200kW 之间)、由加速电压设定的电子束速度、电子束密度、聚焦电流, 可以调整焦点深度、电子束绕其轴的振动幅度、形状和频率、以及电子束移动速度, 这些参数通过与起始测试片相类似的调试测试片上实验来提前定义。

使用电子束焊接的优点在于沿相对较窄的焊缝可以获得较快的焊接速度和较好的焊接质量。

焊接首先从垫块 13 上开始, 这是因为使用电子束焊接会在焊接的开始在工件上产生瑕疵和孔。这些缺点不会对叶片 2 造成影响, 因为它们被限制在垫块 13 上了。此外, 首先在垫块 13 上焊接使得电子束到达叶片 2 和补丁 11 的结合面时达到满功

率，一直到叶片 2 的切线 10 末端一直保证这个功率。整个沿叶片 2 的切线 10 进行的把补丁 11 焊接到叶片 2 的操作在焊枪“稳定状态”下完成。应该注意在特定情况下，焊缝是端部敞开型的。该焊接继续，且在相对的垫块 14 上结束，这样，这个阶段同样会产生的瑕疵和孔就被限制在该垫块 14 上了。

电子束不是直接导向结合面而是向补丁 11 那边稍稍偏移一点，因为在焊缝周围会出现“咬边”，就是说一个区域，由于朝着焊缝的材料损耗，其厚度相对于其初始厚度减小了。因为补丁 11 比叶片 2 厚，材料趋向与越过焊缝填充叶片 2 侧的焊接咬边。可能在补丁 11 侧形成的咬边将在随后的加工步骤中消除。因此电子束在补丁 11 侧的偏移防止了在维修过的叶片 2 上形成咬边。

最好通过让参数以实时方式逐渐地沿切线 10 依照焊缝的几何形状自动调整来改善电子束焊接机的这些参数，这样，这些参数依照叶片 2 的切线 10 的几何形状来自动调整。焊缝因此获得较好的质量。

应该注意到使用垫块 13、14 的另外一个好处。叶片 2 沿其尖端线 15 包括一与补丁 11 上的唇口 17 相应的密封唇口。由于其厚度很小，该唇口不可以直接进行电子束焊接，因为如果焊接会产生坍塌。因此，在现有技术中，经常不是焊接唇口，而是在后面的建造过程中生成一唇口，例如，通过激光，这样会增加成本。垫块 13 置于叶片 2 和补丁 11 的唇口 10 下，这里轮廓延续变得更宽，在唇口构成超量的厚度。因此，唇口部分焊接的区域不会太薄，这些部分可以用电子束焊接来焊接，这样确保了叶片 2 的唇口维修后的连续。

电子束焊接操作执行完毕后，对焊接着补丁 11 的叶片 2 进行热处理，以减小焊接中产生的拉伸应力。还要进行超声冲击处理。进行一定检查以确保焊接质量。这些检查是可视检查，由焊接起始测试片为焊接带来的保证，视觉检查证实焊接是正确的，基本上没有产生瑕疵。为了达到这个目的，视觉地检查由于隔离气体屏蔽低下造成的氧化痕迹、结合不充分、裂缝（在双目显微镜下）以及没有熔化的材料。

如果依照该检查或这些总的检查，结果令人满意的话，就对补丁 11 机加工销去额外的部分恢复精确的形状，几乎与完好的叶片 2 一致。要进行几道机加工工序，每次切除一点材料直到叶片的尺寸比最终尺寸稍微大一点，也就是说得到的尺寸与

初始叶片一致。这些就是被切去的部分 9 和用补丁 11 替换的尺寸，叶片 2 的其余部分不作机加工处理，因为它必须与初始的叶片 2 的其余部分保持一样。

叶片 2 的维修通过手工抛光来改善和完成，这样得到与初始叶片 2 相同的叶片 2。

本发明的特征尤其在于在补丁焊接到叶片 2 之前，先对起始测试片进行焊接。为了这个目的，两个测试片元件，即第一元件 18 和第二元件 19 焊接在一起，第一元件 18 如图 4 所示，与叶片 2 相应，第二元件 19 如图 5 所示，与补丁 11 相应。与叶片 2 相应的第一测试片元件 18 称为术语“第一元件 18”，与补丁 11 相应的第二测试片元件 19 称为术语“第二元件 19”。术语“测试片”与焊接后的测试片相应，即两焊接在一起的元件 18、19。

第一元件 18 具有切线 20，切线 20 的轮廓与叶片 2 的切线 10 的规定的轮廓相同。该元件由同种材料制成，此处为 Ti17 钛，从它的熔炼到它的使用，它经历与叶片 2 一样的处理，并且具有相同的表面特性和相同的金属属性，而且以相同方式机加工。最好它是取自于锻造叶盘坯件，因此确保了特性的一致。它包括与垫块 13、14 相应的部分，即使没有图示出。

类似地，第二元件 19 具有切线 21，切线 21 的轮廓与补丁 11 的切线 12 的轮廓相同，且象前面那样具有相同的特性。它的厚度比补丁 11 厚度大，部分 22、23 与垫块 13、14 相应。

第一元件 18 和第二元件 19 通过用于焊接叶片 2 和补丁 11 的机器焊接在一起，机器参数为该次焊接预设。参数的预设可通过下面描述的方法得到。使用相同的卡持设备。因此，在补丁 11 焊接到叶片 2 之前，一个非常类似的焊接过程把元件 18、19 焊接在一起，得到初始测试片，

为了更能代表补丁 11 与叶片 2 的焊接，还可以提供手段模仿叶片 2 的重量和体积。这是因为，由于叶片 2 周围的重量，尤其是叶片 2 附近为了保持叶片 2 支撑边缘 3 的榫，在焊接中会产生热抽运效应。注入定位点的焊接热量，即焊缝，具有分散的趋势，该分散随着焊缝而不同。焊接起始测试片时考虑的叶片 2 的环境可以使用卡持设备的装置模仿，它应该比需要的重量要大一些。

当两个元件 18、19 焊接在一起时，就得到了真正的起始测试片。然后检查起始测试片的焊接质量。由于要求，可能仅进行视觉检查或者在双目显微镜下检查，或者在结合面切开纵向和横向的切面以进行冶金检查。

如果该检查或这些检查发现焊接质量低下，调整参数可选择地进行进一步的起始测试片焊接，如此直至得到一片认为是良好的起始测试片，这样机器的参数就得到验证，认为它们符合可接受的修理标准。

当机器的参数得到验证后，使用相同的参数把补丁 11 焊接到叶片 2 上以维修叶片 2。先前对起始测试片的检查足以保证同一个叶盘甚至多个相同叶盘上的多个相同叶片 2 的修理。

注意电子束焊接机的参数是预设的。但是，为了获得良好的焊接，即使这些参数已经预设，起始测试片还是确保这些参数一直正确，因为磨损、热等影响机器精度的因素不能被完全排除。

根据本发明方法的一个特征，在叶盘的叶片 2 修理完后，焊接一终了测试片。该测试片与前面介绍的起始测试片相同，也有两个元件 18、19。焊接以完全相同的方式进行，在用于维修叶片 2 的经过起始测试片验证的参数下进行。类似地，在终了测试片上进行一个或多个检查，以验证对叶片 2 的维修是否有效。最好地，终了测试片用例如冶金检查的方法精确检查气孔，气孔是金属放出的气体形成的。在 Ti17 钛的情况时，这些气孔小到 5 到 100 μm ，无法用简单的射线照片检查。在冶金检查中观察到的微孔的密度将是接受维修的关键因素。因此，通过焊接起始测试片和终了测试片并检查它们，可以验证整个过程，也就是说叶盘的维修过程，因为如果过程开始和结束时正确，整个维修过程就可以认为得到验证。

当终了测试片焊接完和检查完后，最好也在终了测试片上执行叶片 2 焊接好后要进行的操作（热处理、超声冲击等）。

根据本发明的一个特点，在与起始测试片和终了测试片相同的所谓的调试测试片上预设机器参数。由于这些调试测试片，实验地确定了用于维修特定类型具有确定形状的叶片 2 焊接机器参数。该参数的产生在维修者收到机器后完成，或者由叶盘制造商提前生成，然后把这些应用于叶片 2 的参数提供给叶盘维修者。由于起始

测试片带来的好处，使得即使是在不相同的机器上实施也仍然只需对参数作稍微的调整即可。

这样实施，本发明的方法不仅可以维修现有技术不可能完成的 Ti17 钛叶盘，而且能标准化这些维修。制造商提供其维修者这些维修叶盘 2 的参数，进行焊接并检查一片或多片起始测试片以验证这些参数，维修一个或多个叶盘然后作总的检查，或者不进行检查，随后焊接和检查终了测试片验证该维修。

根据本发明的另一个特点，焊接机使用如图 6 的称为机械结合验证测试片的测试片 24 预先验证。为了这个目的，两至少与叶盘 2 最到厚度相应的板件使用预设参数电子束焊接，因为大部分瑕疵是在焊接叶片的过程中产生的，所以得到具有结果焊线 25 的机械结合的验证测试片 24。

横着焊线 25，从机械结合的验证测试片 24 切下一片 26，机加工以获得棒 27，棒 27 中间部分具有焊线 25，与棒 27 横交。该机加工执行的目的是在棒 27 的端部留出更宽的区域 28、29，区域 28、29 用于被进行循环疲劳测试的设备卡爪抓住。这些测试在不同的温度下施加连续的拉伸或压缩力，如在室温下或在叶片 2 的工作温度下。测试片 24 也可用于执行多种测试，如前面描述的那些测试，而且还可以横向和纵向切割进行冶金检查。

因此，机械结合的验证测试片 24 使得可以验证机器/材料对，由此确定典型维修在材料上的冲击和对其机械性能的降低。

有益地，在实施维修方法和在焊接起始测试片之前，在每个机器上执行这种机械结合验证。因此该验证不是相对于材料而言执行，而是相对于机器和材料而言执行。

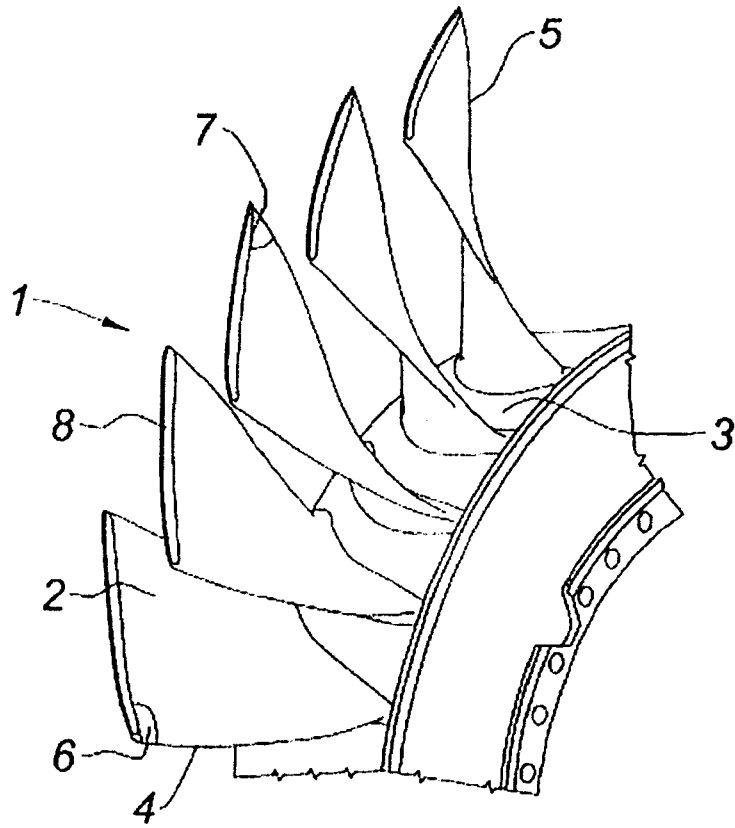


图1

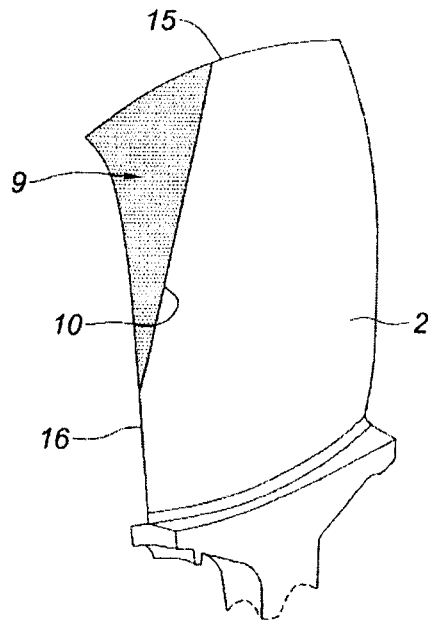


图2

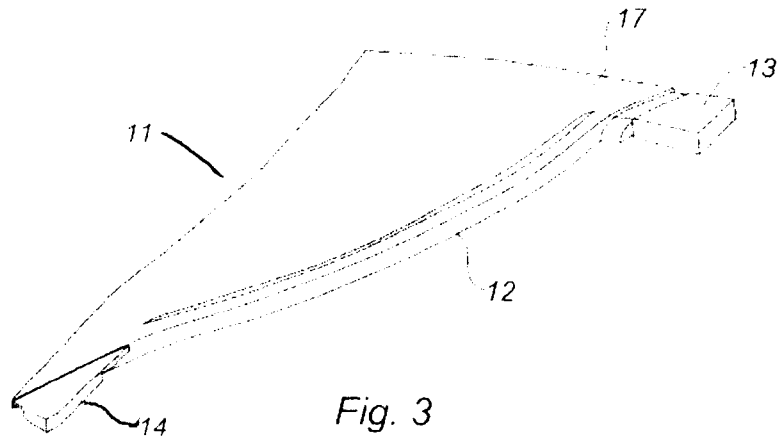


Fig. 3

图 3

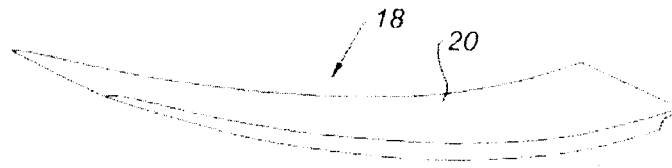


图 4

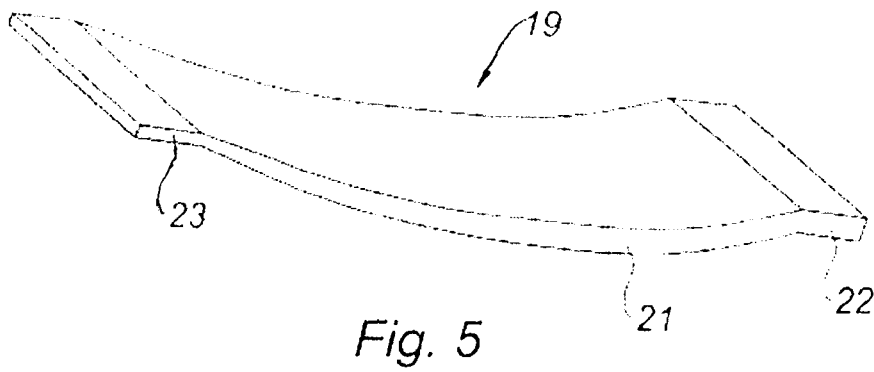


Fig. 5

图 5

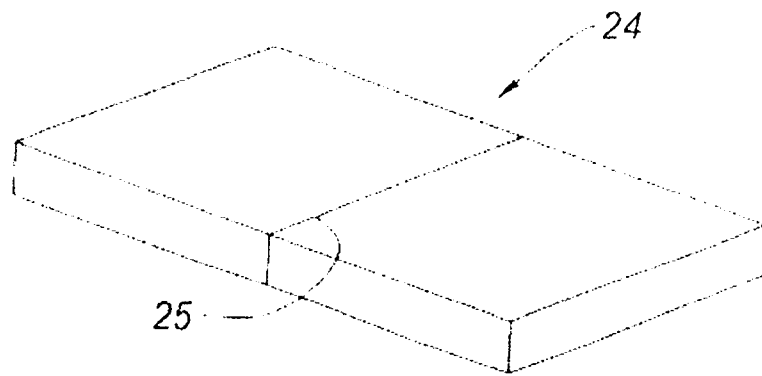


图 6

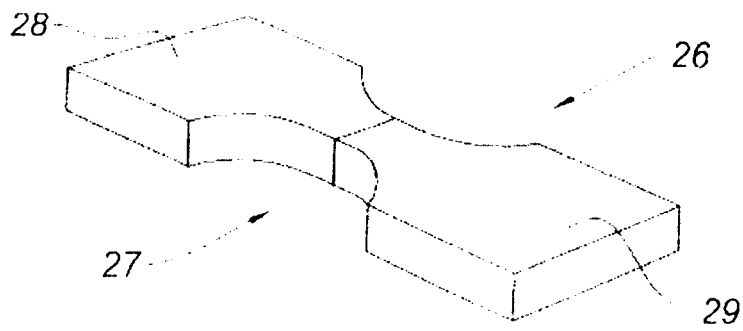


图 7