

[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 200910176247.8

[51] Int. Cl.

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 5/30 (2006.01)

[43] 公开日 2010年3月17日

[11] 公开号 CN 101672199A

[22] 申请日 2009.9.8

[21] 申请号 200910176247.8

[30] 优先权

[32] 2008.9.8 [33] US [31] 12/205940

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 M·S·里亚兹 V·菲利亚耶夫

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 严志军 刘华联

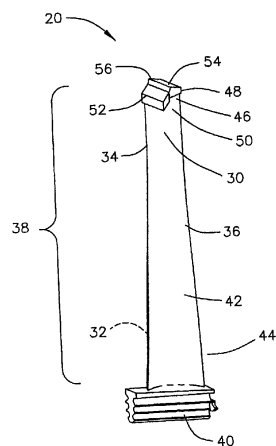
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

[54] 发明名称

用于蒸汽轮机发动机的低压段的蒸汽轮机旋转叶片

[57] 摘要

本发明涉及用于蒸汽轮机发动机的低压段的蒸汽轮机旋转叶片。公开了一种用于蒸汽轮机发动机(10)的低压段的蒸汽轮机旋转叶片(20)。蒸汽轮机旋转叶片(20)包括翼型部分(42)。根部段(44)附连到翼型部分(42)的一个端部上。鸠尾榫段(40)自根部段(44)凸出,其中,鸠尾榫段(40)包括斜的轴向进入鸠尾榫。顶部段(46)在与根部段(44)相对的端部处附连到翼型部分(42)上。罩(48)一体地形成成为顶部段(46)的一部分。叶片(20)包括大约 30.5ft^2 (2.83m^2) 或更大的出口环面积。



1. 一种蒸汽轮机旋转叶片(20), 其包括:

翼型部分(42);

附连到所述翼型部分(42)的一个端部上的根部段(44);

自所述根部段(44)凸出的鸠尾榫段(40), 其中, 所述鸠尾榫段(40)包括斜的轴向进入鸠尾榫;

在与所述根部段(44)相对的端部处附连到所述翼型部分(42)上的顶部段(46);

一体地形成为所述顶部段(46)的一部分的罩(48); 以及

其中, 所述叶片(20)包括大约 $30.5\text{ft}^2(2.83\text{m}^2)$ 或更大的出口环面积。

2. 根据权利要求1所述的蒸汽轮机旋转叶片(20), 其特征在于, 所述斜的轴向进入鸠尾榫(40)包括25度的斜角。

3. 根据权利要求1所述的蒸汽轮机旋转叶片(20), 其特征在于, 所述斜的轴向进入鸠尾榫(40)包括阻止所述叶片(20)中的轴向运动的轴向保持钩(41)。

4. 根据权利要求1所述的蒸汽轮机旋转叶片(20), 其特征在于, 所述罩(48)是V形的, 所述V形罩(48)具有悬于所述翼型部分(42)的压力侧(30)之上的第一部分(52)和悬于所述翼型部分(42)的吸力侧(32)之上的第二部分(54), 所述V形罩(48)的、在所述罩(48)的所述第一部分(52)和所述第二部分(54)相接的地方处的顶点(56)自所述翼型部分(42)的前缘(34)延伸到所述翼型部分(42)的后缘(36)。

5. 根据权利要求4所述的蒸汽轮机旋转叶片(20), 其特征在于, 所述第一部分(52)包括成角度的表面, 且所述第二部分(54)包括平的表面, 其中, 所述第一部分(52)的所述成角度的表面相对于所述压力侧(30)向下成角度, 且所述第二部分(54)的所述平的表面相对于所述吸力侧(32)是平的。

6. 根据权利要求4所述的蒸汽轮机旋转叶片(20), 其特征在于, 所述第一部分(52)包括构造成以便在蒸汽轮机叶片(20)的级中与相邻的罩(48)接触的接触面(64), 且所述第二部分(54)包括构造成以便在蒸汽轮机叶片(20)的所述级中不与相邻的罩(48)接触的非接触面(62)。

7. 根据权利要求4所述的蒸汽轮机旋转叶片(20), 其特征在于, 所述罩(48)包括位于所述顶点(56)上的应力消除部(66), 以防止高应力产生。

8. 一种蒸汽轮机(10)的低压涡轮机段, 其包括:

设置在涡轮机转子叶轮(18)周围的多个较后级蒸汽轮机叶片(20), 其中, 所述多个较后级蒸汽轮机叶片(20)中的各个包括:

具有 18.5 英寸(46.99 厘米)或更大的长度的翼型部分(42);

附连到所述翼型部分(20)的一个端部上的根部段(44);

自所述根部段(44)凸出的鸠尾榫段(40), 其中, 所述鸠尾榫段(40)包括斜的轴向进入鸠尾榫;

在与所述根部段(44)相对的端部处附连到所述翼型部分(42)上的顶部段(46);

一体地形成所述顶部段(46)的一部分的罩(48); 以及

其中, 所述多个较后级蒸汽轮机叶片(20)包括大约 $30.5\text{ft}^2(2.83\text{m}^2)$ 或更大的出口环面积。

9. 根据权利要求8所述的低压涡轮机段, 其特征在于, 所述多个较后级蒸汽轮机叶片(20)以从大约 1500 转/分至大约 3600 转/分的范围内的速度运行。

10. 根据权利要求8所述的低压涡轮机段, 其特征在于, 所述多个较后级蒸汽轮机叶片(20)的所述罩(48)以与相邻的罩(48)具有公称间隙的方式来组装。

用于蒸汽轮机发动机的低压段的蒸汽轮机旋转叶片

相关申请的交叉引用

本专利申请涉及共同转让的名称为“STEAM TURBINE ROTATING BLADE FOR A LOW PRESSURE SECTION OF A STEAM TURBINE ENGINE”(“用于蒸汽轮机发动机的低压段的蒸汽轮机旋转叶片”)的序列号为 12/205,942 的美国专利申请以及名称为“STEAM TURBINE ROTATING BLADE FOR A LOW PRESSURE SECTION OF A STEAM TURBINE ENGINE”(“用于蒸汽轮机发动机的低压段的蒸汽轮机旋转叶片”)的序列号为 12/205,941 的美国专利申请,它们都与本申请同时提交。

技术领域

本发明大体涉及用于蒸汽轮机的旋转叶片,且更具体地涉及具有能够增加用于在蒸汽轮机的低压段的较后级中使用的运行速度的几何结构的旋转叶片。

背景技术

蒸汽轮机的蒸汽流径大体由固定的壳体和转子形成。在该构造中,许多固定的机叶以周边排列的形式附连到壳体上,且向内延伸到蒸汽流径中。类似地,许多旋转叶片以周边排列的形式附连到转子上,且向外延伸到蒸汽流径中。固定机叶和旋转叶片设置成交错的排,从而使得一排机叶和紧接在下游的叶片排形成级。机叶用来引导蒸汽流,从而使得蒸汽流以正确的角度进入下游的叶片排。叶片的翼型从蒸汽中汲取能量,从而产生驱动转子和附连到转子上的负载所必需的动力。

当蒸汽流过蒸汽轮机时,其压力经过各个随后的级而下降,直到

获得期望的排出压力。因此，诸如温度、压力、速度和水分含量等蒸汽属性在排与排之间变化，因为蒸汽会通过流径而膨胀。所以，各个叶片排采用具有针对与该排相关联的蒸汽条件进行了优化的翼型形状的叶片。

除了蒸汽条件之外，叶片还设计成将在运行期间经受的离心负载考虑在内。特别地，高离心负载由于转子的高旋转速度而施加在叶片上，而高离心负载又使叶片产生应力。减小叶片上的应力集中是一个设计挑战，尤其是在其中叶片由于大尺寸而更大和更重且由于蒸汽流中的水分而易受应力腐蚀影响的蒸汽轮机低压段的较后排叶片中。

与设计用于涡轮机的低压段的旋转叶片相关联的这个挑战由于这样的事实而加重：即叶片的翼型形状通常确定施加到叶片上的力、叶片的机械强度、叶片的共振频率以及叶片的热动性能。这些考虑对叶片的翼型形状的选择施加了限制。因此，用于给定排的叶片的最优翼型形状是在与形状相关联的机械和空气动力学属性之间进行折衷的问题。

发明内容

在本发明的一个方面中，提供了一种蒸汽轮机旋转叶片。该旋转叶片包括翼型部分。根部段附连到翼型部分的一个端部上。鸠尾榫段自根部段凸出，其中，鸠尾榫段包括斜的轴向进入鸠尾榫。顶部段在与根部段相对的端部处附连到翼型部分上。罩一体地形成顶部段的一部分。叶片包括大约 30.5ft^2 (2.83m^2) 或更大的出口环面积。

在本发明的另一方面中，提供了一种蒸汽轮机的低压涡轮机段。在本发明的该方面中，多个较后级蒸汽轮机叶片设置在涡轮机转子叶轮周围。该多个较后级蒸汽轮机叶片中的各个均包括具有大约 18.5 英寸 (46.99 厘米) 或更大的长度的翼型部分。根部段附连到翼型部分的一个端部上。鸠尾榫段自根部段凸出，其中，鸠尾榫段包括斜的轴向进入鸠尾榫。顶部段在与根部段相对的端部处附连到翼型部分上。罩一

体地形成顶部段的一部分。该多个较后级蒸汽轮机叶片包括大约 30.5ft^2 (2.83m^2) 或更大的出口环面积。

附图说明

图 1 是蒸汽轮机的透视局部剖面图；

图 2 是根据本发明的一个实施例的蒸汽轮机旋转叶片的透视图；

图 3 是根据本发明的一个实施例的、图 2 的叶片中显示的轴向进入鸠尾榫的放大的透视图；

图 4 是显示了根据本发明的一个实施例的、图 2 中所描绘的罩的放大视图的透视侧视图；以及

图 5 是显示了根据本发明的一个实施例的相邻的罩的相互关系的透视图。

部件列表：

10 蒸气轮机

12 转子

14 轴

18 转子叶轮

20 旋转叶片

22 机叶

24 蒸气

26 入口

30 压力侧

32 吸力侧

34 前缘

36 后缘

38 径向长度

40 鸠尾榫段

- 41 轴向保持钩
- 42 翼型部分
- 44 根部段
- 46 顶部段
- 48 罩
- 50 罩和顶部段之间的圆角半径
- 52 罩的第一部分
- 54 罩的第二部分
- 56 罩的顶点
- 58 根部段与鸠尾榫段之间的圆角半径
- 60 平台
- 62 非接触面
- 64 接触面
- 66 应力消除槽

具体实施方式

以下参照本发明的至少一个实施例结合蒸汽轮机发动机的应用以及蒸汽轮机发动机的运行对本发明的该至少一个实施例进行了描述。另外，以下参照公称大小且包括一组公称尺寸而对本发明的至少一个实施例进行了描述。但是，对本领域的以及由本文的教导指导的技术人员将显而易见的是，本发明同样可应用于任何适当的涡轮机和/或发动机。另外，对本领域的以及由本文的教导指导的技术人员将显而易见的是，本发明同样可应用于该公称大小和/或公称尺寸的各种比例。

参看附图，图 1 显示了蒸汽轮机 10 的透视局部剖面图。蒸汽轮机 10 包括转子 12，转子 12 包括轴 14 和多个轴向地隔开的转子叶轮 18。多个旋转叶片 20 以机械的方式联接到各个转子叶轮 18 上。更特别地，叶片 20 设置成在各个转子叶轮 18 周围沿周边延伸的排。多个

固定机叶 22 在轴 14 周围沿周边延伸,且轴向地定位在相邻的叶片 20 排之间。固定机叶 22 与叶片 20 合作,以形成涡轮机级并且限定通过涡轮机 10 的蒸汽流径的一部分。

在运行中,蒸汽 24 进入涡轮机 10 的入口 26,且被引导穿过固定机叶 22。机叶 22 对着叶片 20 向下游引导蒸汽 24。蒸汽 24 穿过剩余的级,从而对叶片 20 施加力,致使轴 14 旋转。涡轮机 10 的至少一个端部可轴向地延伸远离转子 12,且可附连到负载或机器(未示出)-例如但不限于发电机和/或另一个涡轮机上。因此,大型蒸汽轮机单元实际上可包括全部共轴地联接到相同的轴 14 上的几个涡轮机。这样的单元可例如包括联接到中压涡轮机上的高压涡轮机,中压涡轮机联接到低压涡轮机上。

在本发明的且如图 1 所示的一个实施例中,涡轮机 10 包括五级,被称为 L0、L1、L2、L3 和 L4。级 L4 是第一级,且为五级中最小的(在径向方向上)级。级 L3 是第二级,且为在轴向方向上的下一级。级 L2 是第三级,且显示为在五级中的中间。级 L1 是第四级,且为在最后一级附近的级。级 L0 是最后一级,且为最大的(在径向方向上)级。将理解的是,五级作为一个实例而示出,且低压涡轮机可具有不止五级或少于五级。

图 2 是根据本发明的一个实施例的蒸汽轮机旋转叶片 20 的透视图。叶片 20 包括在前缘 34 和后缘 36 处连接在一起的压力侧 30 和吸力侧 32。叶弦距离是在沿径向长度 38 在任一点处从后缘 36 到前缘 34 测量得到的距离。在一个示例性实施例中,径向长度 38 或叶片长度为大约 18.5 英寸(46.99 厘米)。虽然这个示例性实施例中的叶片长度为大约 18.5 英寸(46.99 厘米),但是本领域技术人员将理解,本文的教导可应用于这个公称大小的各种比例。例如,本领域技术人员可按诸如 1.2、2 和 2.4 等比例因子来按比例确定叶片 20,以分别产生 22.20 英寸(56.39 厘米)、37.0 英寸(93.98 厘米)和 44.4 英寸(112.78 厘米)的叶片长度。

叶片 20 形成有鸠尾榫段 40、翼型部分 42 和在鸠尾榫段 40 与翼型部分 42 之间延伸的根部段 44。翼型部分 42 自根部段 44 径向地向外延伸到顶部段 46。罩 48 一体地形成顶部段 46 的一部分，且有圆角半径 50 位于罩 48 和顶部段 46 之间的过渡区处。如图 2 所示，罩 48 是 V 形的，且具有悬于压力侧 30 之上的第一部分 52 和悬于吸力侧 32 之上的第二部分 54。V 形罩 48 包括顶点 56，罩 48 的第一部分 52 和第二部分 54 在该顶点 56 处相接。顶点 56 自前缘 34 延伸到后缘 36。在一个示例性实施例中，鸠尾榫段 40、翼型部分 42、根部段 44、顶部段 46 和罩 48 全部由 12% 铬不锈钢材料制造成整体的构件。在该实施例中，叶片 20 通过鸠尾榫段 40 联接到涡轮机转子叶轮 18(如图 1 所示)上，且自转子叶轮 18 径向地向外延伸。

图 3 是根据本发明的一个实施例的、图 2 的叶片中所示的鸠尾榫段 40 的放大的透视图。在这个实施例中，鸠尾榫段 40 包括接合限定在涡轮机转子叶轮 18(如图 1 所示)中的配合狭槽的、具有大约 25 度斜角的斜的轴向进入鸠尾榫。在一个实施例中，斜的轴向进入鸠尾榫包括三个钩设计，该三个钩设计具有构造成以便与涡轮机转子叶轮 18(如图 1 所示)接合的六个接触面。斜的轴向进入鸠尾榫是优选的，以便获得平均和局部应力的分布、在超速条件期间的保护以及足够的低循环疲劳(LCF)界限，以及容纳翼型根部段 44。图 3 还显示了鸠尾榫段 40 包括阻止叶片 20 中的轴向运动的轴向保持钩 41。本领域技术人员将了解，斜的轴向进入鸠尾榫可具有不止三个钩或少于三个钩。2007 年 11 月 16 日提交的名称为“DOVETAIL ATTACHMENT FOR USE WITH TURBINE ASSEMBLIES AND METHODS OF ASSEMBLING TURBINE ASSEMBLIES”(“用于与涡轮机组件一起使用的鸠尾榫附连件和组装涡轮机组件的方法”)的共同转让的美国专利申请 No. 11/941,751(GE 文档 226002 号)提供了对轴向进入鸠尾榫的更加详细的讨论。

除了提供鸠尾榫段 40 的进一步细节之外，图 3 还显示了过渡区

域的放大视图，鸠尾榫段 40 在该过渡区域处自根部段 44 凸出。特别地，图 3 显示了在根部段 44 过渡到鸠尾榫段 40 的平台 60 的位置处的圆角半径 58。

图 4 显示了具有根据本发明的一个实施例的、图 2 中所描绘的罩 48 的放大视图的透视侧视图。如以上所提到的，罩 48 是 V 形的，其具有悬于压力侧 30 之上的第一部分 52 以及悬于吸力侧 32 之上的第二部分 54。第一部分 52 和第二部分 54 在顶点 56 处相接。如图 4 所示，第一部分 52 包括成角度的表面，且第二部分 54 包括平的表面。更具体地，第一部分 52 的成角度的表面相对于压力侧 30 向下成角度，而第二部分 54 的平的表面相对于吸力侧 32 是平的。图 4 还显示了罩 48 包括在相邻的罩之间没有接触的非接触面 62，以及在相邻的罩之间有接触的接触面 64。此外，防止产生高应力的应力消除槽 66 位于顶点 56 上。

图 5 是显示了根据本发明的一个实施例的相邻的罩 48 的相互关系的透视图。通常，在最初的组装期间和/或在零速度条件下，罩 48 设计成在相邻的罩之间在非接触面 62 处具有间隙或干涉，且在接触面 64 处接触。应力消除槽 66 防止在罩之间产生高应力。当涡轮机转子叶轮 18(如图 1 所示)旋转时，叶片 20 开始扭开。当叶片 20 的每分钟转数(RPM)接近运行水平时，叶片由于离心力而扭开，接触面 64 处的间隙闭合，且变得彼此对齐，从而使得存在与相邻的罩的公称干涉。结果是叶片形成单个持续地联接的结构。互锁罩提供改进的叶片刚度、改进的叶片阻尼，以及在叶片 20 的外部径向位置处的改进的密封。

在一个示例性实施例中，叶片 20 的运行水平为 3600RPM，但是，本领域技术人员将理解，本文的教导可应用于这个公称大小的各种比例。例如，本领域技术人员可按诸如 1.2、2 和 2.4 等比例因子来按比例确定运行水平，以产生分别在 3000RPM、1800RPM 和 1500RPM 下运行的叶片。

根据本发明的一个实施例的叶片 20 优选用于蒸汽轮机低压段的在最后一级附近的级或 L1 级中。但是,叶片也可用于其它级或其它段中(例如高压段或中压段)。如以上所提到的,用于叶片 20 的一个优选长度为大约 18.5 英寸(46.99 厘米)。这个叶片长度可提供大约 30.5ft^2 (2.83m^2)的 L1 级出口环面积。这个放大的且改进的出口环面积可减小蒸汽在其离开最后一级附近的级 L1 的叶片时经受的动能损失。这种更低的损失提供增大的涡轮机效率。

如上所述,本领域技术人员将认识到,如果叶片长度按比例缩放成另一叶片长度,则这个比例将产生也按比例缩放的出口环面积。例如,如果利用诸如 1.2、2 和 2.4 等比例因子来分别产生 22.20 英寸(56.39 厘米)、37.0 英寸(93.98 厘米)和 44.4 英寸(112.78 厘米)的叶片长度,则将分别导致大约 43.88ft^2 (4.08m^2)、 121.89ft^2 (11.32m^2)和 175.52ft^2 (16.31m^2)的出口环面积。

虽然已经结合本公开的优选实施例特别地显示和描述了本公开,但是将理解,本领域技术人员将想到变型和修改。因此,将理解的是所附的权利要求书意图覆盖落入本公开的真实精神内的所有这样的修改和变更。

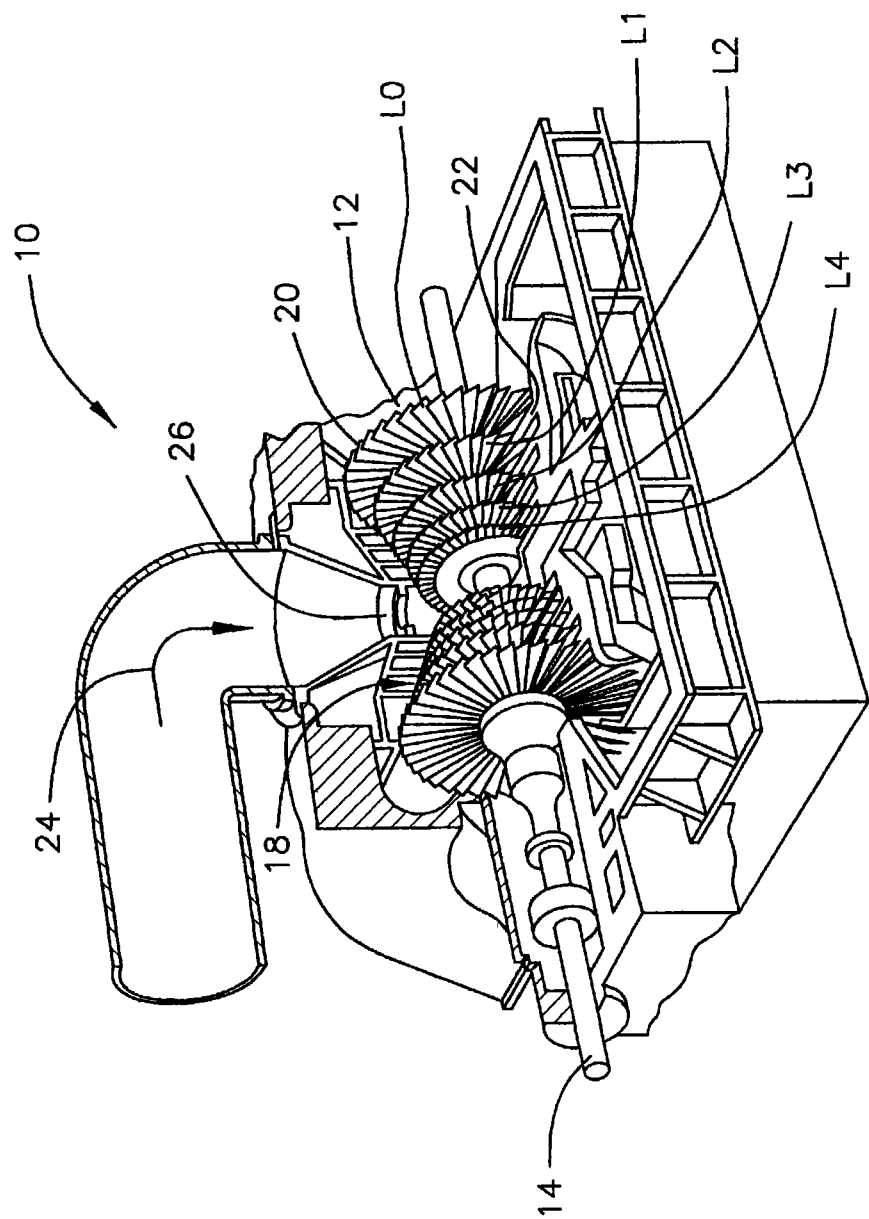


图1

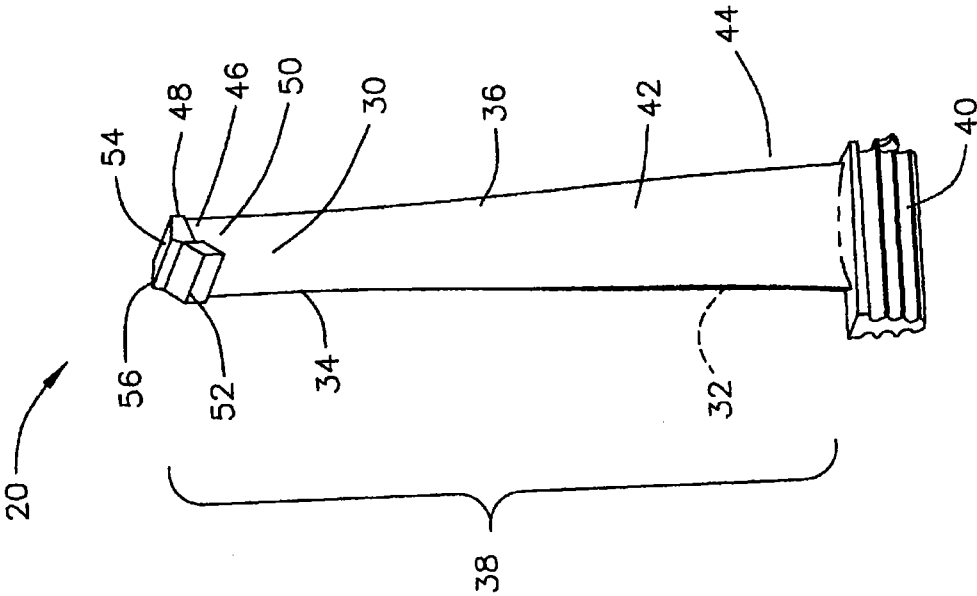


图 2

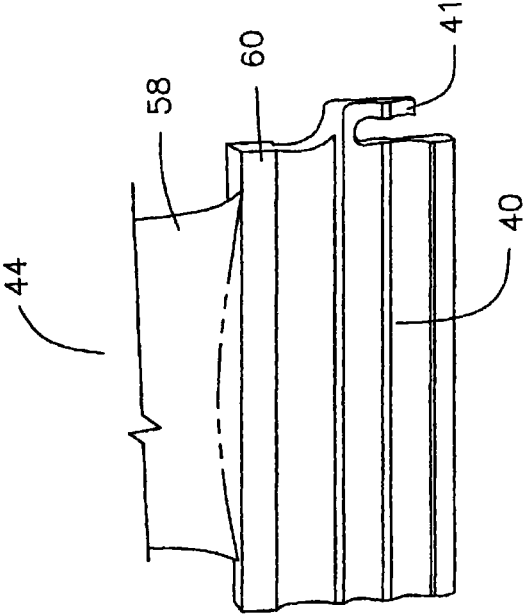


图 3

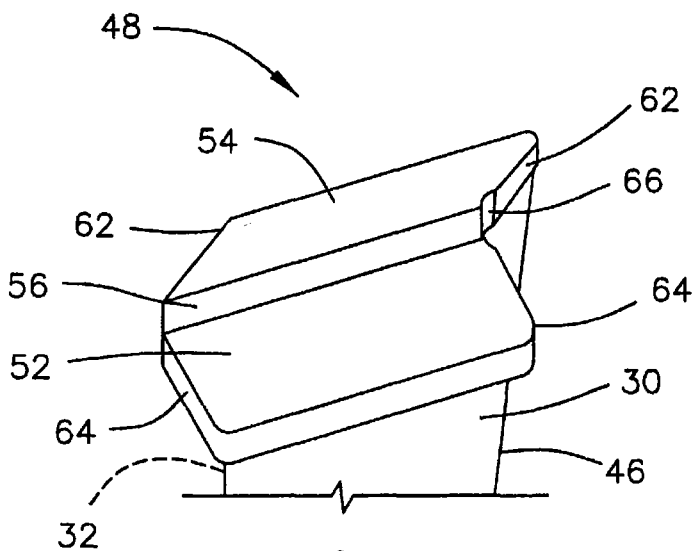


图 4

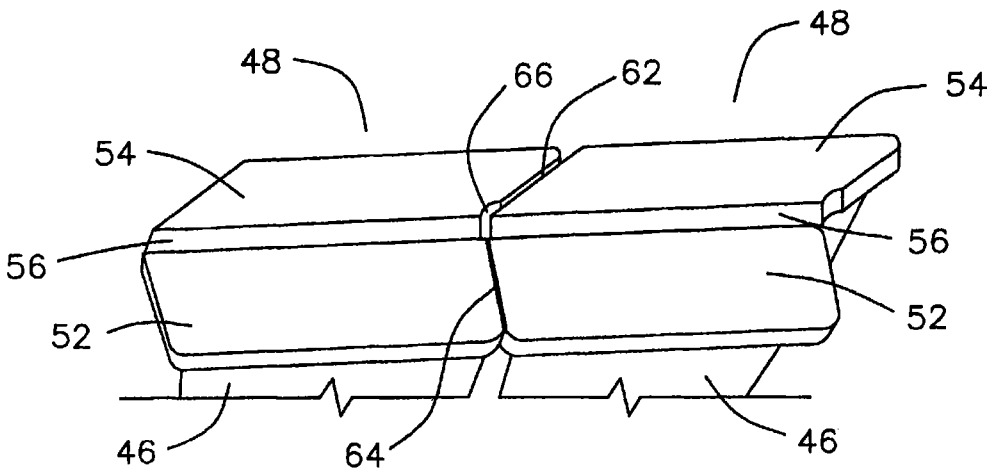


图 5