



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102312682 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 29

(21) 申请号 201110186147. 0

(22) 申请日 2011. 07. 05

(30) 优先权数据

1011228. 2 2010. 07. 05 GB

(73) 专利权人 复合材料技术及应用有限公司

地址 英国德比

(72) 发明人 D. I. 詹姆斯 N. M. 梅里曼

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 崔幼平

(51) Int. Cl.

F01D 5/12(2006. 01)

F01D 5/30(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5141400 A, 1992. 08. 25, 全文.

CN 1538037 A, 2004. 10. 20, 全文.

US 2008/0038113 A1, 2008. 02. 14, 全文.

US 2008/0075601 A1, 2008. 03. 27, 全文.

CN 101387205 A, 2009. 03. 18, 全文.

US 7637721 B2, 2009. 12. 29, 全文.

EP 2159378 A2, 2010. 03. 03, 全文.

审查员 朱云龙

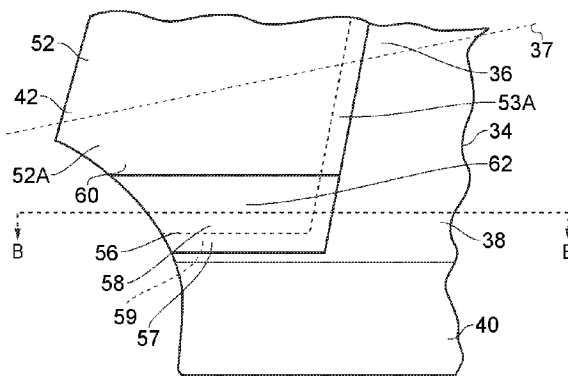
权利要求书2页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

复合涡轮机叶片和包括该叶片的涡轮机转子组件

(57) 摘要

本发明涉及复合涡轮机叶片。该复合涡轮机叶片包括复合材料,该复合材料包括在基体材料中的加强纤维,涡轮机叶片包括翼型部分、柄部分和根部部分。翼型部分具有前缘、后缘。复合涡轮机叶片还具有设置在涡轮机叶片的翼型部分的前缘的区域内的金属保护性构件。该金属保护性构件被黏附地粘结到所述复合涡轮机叶片的翼型部分的前缘的区域内的复合材料。金属保护性构件具有从该金属保护性构件朝向所述复合涡轮机叶片的根部部分延伸的至少一个金属突起。所述至少一个金属突起减少复合材料、粘结部和保护性构件内的局部峰值应力水平并增加复合材料、粘结部和保护性构件内的高周疲劳强度。



1. 一种复合涡轮机叶片,包括:复合材料,其包括在基体材料中的加强纤维,所述复合涡轮机叶片包括翼型部分、柄部分和根部部分,所述翼型部分具有远离所述柄部分的尖端、前缘、后缘、从所述前缘延伸到所述后缘的压力表面以及从所述前缘延伸到所述后缘的吸力表面,所述复合涡轮机叶片还具有设置在所述复合涡轮机叶片的所述翼型部分的所述前缘的区域内的保护性构件,该保护性构件被黏附地粘结到所述复合涡轮机叶片的所述翼型部分的所述前缘的所述区域内的所述复合材料,其特征在于,所述保护性构件具有从所述保护性构件朝向所述复合涡轮机叶片的所述根部部分延伸的至少一个突起,所述至少一个突起从所述保护性构件最靠近所述复合涡轮机叶片的所述根部部分的端部朝向所述复合涡轮机叶片的所述根部部分延伸,从而所述至少一个突起减少所述复合材料、粘结部和所述保护性构件内的局部峰值应力水平,从而增加所述复合材料、所述粘结部和所述保护性构件的高周疲劳强度。

2. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述至少一个突起延伸到所述复合涡轮机叶片的所述柄部分上。

3. 如权利要求 2 所述的复合涡轮机叶片,其中所述至少一个突起延伸到所述复合涡轮机叶片的所述根部部分上。

4. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述至少一个突起在厚度上朝向所述复合涡轮机叶片的所述根部部分变细。

5. 如权利要求 4 所述的复合涡轮机叶片,其中所述至少一个突起在厚度上朝向所述复合涡轮机叶片的所述根部部分逐渐地或以阶梯方式减小。

6. 如权利要求 1-5 中任一项所述的复合涡轮机叶片,其中所述保护性构件具有两个突起,所述突起中的第一突起被设置在所述复合涡轮机叶片的所述翼型部分的所述压力表面上,并且所述突起中的第二突起被设置在所述复合涡轮机叶片的所述翼型部分的所述吸力表面上。

7. 如权利要求 1-5 中任一项所述的复合涡轮机叶片,其中所述至少一个突起被设置在所述复合涡轮机叶片的所述翼型部分的所述压力表面上,或者所述至少一个突起被设置在所述复合涡轮机叶片的所述翼型部分的所述吸力表面上。

8. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述加强纤维包括碳纤维和 / 或玻璃纤维。

9. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述基体材料包括热固性树脂。

10. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述保护性构件是金属保护性构件并且所述至少一个突起是金属突起。

11. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述保护性构件从所述尖端到所述柄部分延伸所述翼型部分的整个长度。

12. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述保护性构件不延伸经过大部分所述柄部分的前缘。

13. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述至少一个突起是柔性的。

14. 如权利要求 1 所述的复合涡轮机叶片,其中所述复合涡轮机叶片是复合燃气涡轮发动机叶片。

15. 一种涡轮机转子组件,其包括涡轮机转子和多个沿周向隔开的径向延伸的如权利

要求 1 所述的复合涡轮机叶片。

## 复合涡轮机叶片和包括该叶片的涡轮机转子组件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及复合涡轮机叶片并且具体地涉及例如复合风扇叶片的复合燃气涡轮发动机叶片。

### 背景技术

[0002] 复合涡轮机叶片在涡轮机叶片的翼型部分的前缘上设有保护性片条,以便保护前缘免受由于小的外物(例如沙砾)而导致的侵蚀并且保护前缘免受大的外物(例如鸟)的撞击。

[0003] 保护性片条通常是金属保护性片条。保护性片条通常被黏附地粘结到复合涡轮机叶片的翼型部分的前缘。不过,保护性片条的径向内端处的剥落应力还没有被优化,从而导致在特定载荷条件下,例如由于一只或多只鸟撞击的条件下,保护性片条和复合涡轮机叶片的翼型部分的前缘之间的黏附性粘结的早期断裂。此外,减小了高周疲劳强度。保护性片条和复合涡轮机叶片的翼型部分的前缘之间的黏附性粘结的失效会意味着当承受特定载荷时复合涡轮机叶片将不能满足认证要求。此外,在涡轮机叶片的翼型部分的前缘上来自保护性片条的端部载荷会导致在复合涡轮机叶片内的应力集中,这会导致复合涡轮机叶片的失效或损坏。

### 发明内容

[0004] 因此,本发明试图提供减小、优选地克服上述问题的新颖的复合涡轮机叶片。

[0005] 因此,本发明提供一种包括复合材料的复合涡轮机叶片,该复合材料包括在基体材料中的加强纤维,该涡轮机叶片包括翼型部分、柄部分和根部部分,翼型部分具有远离柄部分的尖端、前缘、后缘、从前缘延伸到后缘的压力表面以及从前缘延伸到后缘的吸力表面,所述复合涡轮机叶片还具有设置在涡轮机叶片的翼型部分的前缘的区域内的保护性构件,该保护性构件被黏附地粘结到复合涡轮机叶片的翼型部分的前缘的区域内的复合材料,该保护性构件具有从保护性构件朝向复合涡轮机叶片的根部部分延伸的至少一个突起,该至少一个突起从保护性构件最靠近复合涡轮机叶片的根部部分的端部朝向复合涡轮机叶片的根部部分延伸,从而该至少一个突起减少复合材料内的局部峰值应力水平,粘结部和保护性构件增加了复合材料、粘结部和保护性构件的高周疲劳强度。

[0006] 该至少一个突起可以延伸到复合涡轮机叶片的柄部分上。该至少一个突起可以延伸到复合涡轮机叶片的根部部分上。

[0007] 该至少一个突起可以在厚度上朝向复合涡轮机叶片的根部部分变细。该至少一个突起可以在厚度上朝向复合涡轮机叶片的根部部分逐渐地或以阶梯方式减小。

[0008] 保护性构件可以具有两个突起,所述突起中的第一突起被设置在复合涡轮机叶片的翼型部分的压力表面上,并且所述突起中的第二突起被设置在复合涡轮机叶片的翼型部分的吸力表面上。

[0009] 加强纤维可以包括碳纤维和/或玻璃纤维。基体材料可以包括热固性树脂。

- [0010] 所述保护性构件可以是金属保护性构件并且所述至少一个突起是金属突起。
- [0011] 保护性构件可以从尖端到柄部分延伸翼型部分的整个长度。
- [0012] 保护性构件可以不延伸经过大部分柄部分的前缘。
- [0013] 所述至少一个突起可以是柔性的。
- [0014] 所述至少一个突起可以被设置在复合涡轮机叶片的翼型部分的压力表面上或者所述至少一个突起可以被设置在复合涡轮机叶片的翼型部分的吸力表面上。
- [0015] 复合涡轮机叶片可以是复合燃气涡轮发动机叶片。复合涡轮机叶片可以是风扇叶片。
- [0016] 涡轮机转子组件包括涡轮机转子和周向间隔开的径向延伸的多个复合涡轮机叶片。

### 附图说明

- [0017] 将参考附图通过示例方式更加全面地描述本发明,附图中:
- [0018] 图 1 是涡轮机上半部的横截面图,扇涡轮燃气涡轮发动机具有根据本发明的复合涡轮机叶片。
- [0019] 图 2 是根据本发明的复合涡轮机叶片的放大图。
- [0020] 图 3 是沿图 2 的箭头 A-A 方向的横截面图。
- [0021] 图 4 是沿图 2 的箭头 B-B 方向的横截面图。
- [0022] 图 5 是沿图 2 的箭头 C-C 方向的放大横截面图。
- [0023] 图 6 是图 2 所示的复合涡轮机叶片的一部分的进一步放大图。
- [0024] 图 7 是图 2 所示的复合涡轮机叶片的一部分的可替代实施例的进一步放大图。
- [0025] 图 8 是图 2 所示的复合涡轮机叶片的一部分的另一实施例的进一步放大图。

### 具体实施方式

[0026] 如图 1 所示的扇涡轮燃气涡轮发动机 10 沿流动序列包括进气口 11、风扇 12、中压压缩机 13、高压压缩机 14、燃烧室 15、高压涡轮 16、中压涡轮 17、低压涡轮 18 和排气口 19。高压涡轮 16 被设置成经由第一轴 26 驱动高压压缩机 14。中压涡轮 17 被设置成经由第二轴 28 驱动中压压缩机 13,并且低压涡轮 19 被设置成经由第三轴 30 驱动风扇 12。在工作期间,空气流入进气口 11 并且被风扇 12 压缩。空气的第一部分流动通过中压压缩机 13 和高压压缩机 14 并被其压缩,并且被供应到燃烧室 15。燃料被喷射到燃烧室 15 内并且在空气中燃烧从而产生热排气,该热排气流动通过并驱动高压涡轮 16、中压涡轮 17 和低压涡轮 18。离开低压涡轮 18 的热排气流动通过排气口 19 从而提供推力。空气的第二部分绕过主发动机来提供推力。

[0027] 风扇 12 包括风扇转子 32,该风扇转子 32 承载多个沿周向间隔开的径向向外延伸的风扇叶片 34。风扇叶片 34 是复合风扇叶片并且每个风扇叶片 34 均包括在基体材料中包括加强纤维的复合材料。

[0028] 如图 2、图 3、图 4、图 5 和图 6 所示,每个风扇叶片 34 均包括翼型部分 36、柄部分 38 和根部部分 40。翼型部分 36 具有前缘 42、后缘 44、从前缘 42 延伸到后缘 44 的压力表面 46、从前缘 42 延伸到后缘 44 的吸力表面 48 以及远离根部部分 40 的尖端 50。复合风扇

叶片 34 还包括金属保护性构件 52, 该金属保护性构件 52 被设置在风扇叶片 34 的翼型部分 36 的前缘 42 的区域 54 内。金属保护性构件 52 被黏附地粘结到复合风扇叶片 34 的翼型部分 36 的前缘 42 的区域 54 中的复合材料。因此, 金属保护性构件 52 具有分别黏附地粘结到复合风扇叶片 34 的翼型部分 36 的压力表面 46 和吸力表面 48 的部分 52A 和 52B。金属保护性构件 52 从尖端 50 到柄部分 38 延伸翼型部分 36 的整个长度。金属保护性构件 52 还具有两个金属突起 56 和 58, 所述突起 56 和 58 从金属保护性构件 52 最靠近根部部分 40 的端部(径向内端) 60 朝向复合风扇叶片 34 的根部部分 40 延伸。金属突起 56 和 58 减少了复合材料、粘结部和金属保护性构件内的局部峰值应力水平, 并且增加了复合材料、粘结部和金属保护性构件的高周疲劳强度。金属突起 56 和 58 如所示在 61 处分别被黏附地粘结到复合风扇叶片 34 的翼型部分 36 的压力表面 46 和吸力表面 48。金属保护性构件 52 仅在风扇叶片 34 的柄部分 38 上延伸相对短的距离并且不延伸到风扇叶片 34 的根部部分 40 上, 金属突起 56 和 58 延伸到柄部分 38 上且因而在柄部分 38 的前缘处仅存在相对少量的金属保护性构件 52。如图 4 和图 6 所示, 在大部分柄部分 38 的前缘处没有金属保护性构件 52。金属保护性构件 52 延伸到环形线 37 径向下方的位置, 环形线 37 限定了如下位置: 在该位置的径向外侧, 在操作期间工作流体被设置成流过风扇叶片 34 的翼型部分 36; 以及, 在该位置的径向内侧, 在操作期间工作流体被设置成不流过柄部分 38 和根部部分 40。因此, 柄部分 38 和根部部分 40 不具有空气动力学表面。

[0029] 金属突起中的第一突起 56 被设置在复合风扇叶片 34 的柄部分 38 的第一表面 62 上, 并且金属突起中的第二突起 58 被设置在复合风扇叶片 34 的柄部分 38 的第二表面 64 上。金属突起 56 和 58 分别从复合风扇叶片 34 的翼型部分 36 的压力表面 46 和吸力表面 48、从金属保护性构件 52 延伸到柄部分 38 的第一表面 62 和第二表面 64 上。金属突起 56 和 58 是柔性的、弹性的, 因为不存在围绕柄部分 38 的前缘延伸的金属互连部分。金属突起 56 和 58 有效地延伸了金属保护性构件 52 的端部 60, 并且复合风扇叶片 34 的根部部分 40 和金属保护性构件 52 之间的刚性变化变得较不急剧。这具有如下效果, 即减小了被鸟撞击期间的局部峰值应力并且增加了扇涡轮燃气涡轮发动机 10 在稳定工况下的高周疲劳强度。金属突起 56 和 58 增加了金属保护性构件 52 和复合风扇叶片 34 之间的黏附性粘结的面积。金属突起 56 和 58 最小化了金属保护性构件 52 和复合风扇叶片 34 之间的粘结区域内的应力并且将应力传递到环形线 37 的径向内部。

[0030] 金属突起 56 和 58 在厚度上朝向复合风扇叶片 34 的根部部分 40 变细, 并具有斜面 57 和 59。金属突起 56 和 58 可以在厚度上朝向复合风扇叶片 34 的根部部分 40 减小, 并且金属突起 56 和 58 可以在厚度上逐渐地或以阶梯方式减小。此外, 金属保护性构件 52 的部分 52A 和 52B 在朝向复合风扇叶片 34 的后缘 44 的方向上在厚度上变细从而具有斜面 53A 和 53B。金属突起 56 和 58 上的斜面 57 和 59 以及金属保护性构件 52 的部分 52A 和 52B 上的斜面 53A 和 53B 也有助于减小鸟撞击期间的局部峰值应力并且增加扇涡轮燃气涡轮发动机 10 的稳定工况期间的高周疲劳强度。

[0031] 图 2、图 3 和图 7 中示出了风扇叶片 34B 的可替代设置, 其类似于图 2、图 3 和图 6 所示并且类似部件使用类似附图标记来标识。风扇叶片 34B 的不同之处在于, 金属突起 56B 和 58B 延伸到且黏附地粘结于复合风扇叶片 34B 的根部部分 40。这种设置为闪电提供了从复合风扇叶片 34B 的翼型部分 36 的金属保护性构件 52 径向向内到风扇转子 32 的导电路

径,风扇转子 32 是金属的并且因而在使用中将闪电引导远离复合风扇叶片 34B。通过金属突起 56B 和 / 或 58B 和风扇转子 32 之间的接触,或者通过金属突起 56B 和 / 或 58B 和风扇转子 32 之间紧邻只有小间隙以便在闪击期间闪电可以跨过该小间隙,从而提供导电路径。

[0032] 图 2、图 3 和图 8 示出了风扇叶片 34C 的另一设置,其类似于图 2、图 3 和图 6 所示并且类似部件使用类似附图标记来标识。风扇叶片 34C 的不同之处在于,金属突起 56C 和 58C 具有局部导电引脚 70 和 72,其延伸到复合风扇叶片 34C 的根部部分 40 上且黏附地粘结于该根部部分 40。这种设置也为闪电提供了从复合风扇叶片 34C 的翼型部分 36 的金属保护性构件 52 径向向内到风扇转子 32 的导电路径,风扇转子 32 是金属的并且因而将闪电引导远离复合风扇叶片 34C。导电引脚 70 和 72 在使用中被电连接到风扇转子 32。

[0033] 风扇叶片 34 的根部部分 40 可以是燕尾型根部或枞树型根部以便位于风扇转子 32 内的对应成形的槽内。

[0034] 复合材料的加强纤维可以包括碳纤维和 / 或玻璃纤维,并且复合材料的基体材料可以包括热固性树脂,例如环氧树脂。加强纤维可以包括硼纤维、芳族聚酰胺纤维或者聚芳酰胺纤维,例如凯芙拉(RTM)或任何其他适当纤维。基体材料可以包括热塑性材料,例如 PEEK 聚醚醚酮。风扇转子可以包括钛合金或者任意其他适当金属或合金。金属保护性构件可以包括钛合金,例如 Ti-6-4,其由 6wt% 的铝、4wt% 的钒和余量钛以及微量添加物和附带杂质构成。金属保护性构件可以包括镍合金,例如 IN318,或钢或任意其他适当金属或合金。可以使用包括其他材料的保护性构件及相关突起。

[0035] 虽然已经参考复合扇涡轮燃气涡轮发动机风扇叶片描述了本发明,不过本发明能等同地应用于其他复合燃气涡轮发动机转子叶片,例如复合压缩机叶片。本发明能等同地应用于其他复合涡轮机转子叶片和复合涡轮机定子叶瓣。

[0036] 虽然已经参考在复合涡轮机叶片的各表面上从金属前缘延伸出的金属突起来描述本发明,不过能够仅在复合涡轮机叶片的一个表面上提供金属突起或者在复合涡轮机叶片的各表面上提供多于两个的金属突起。

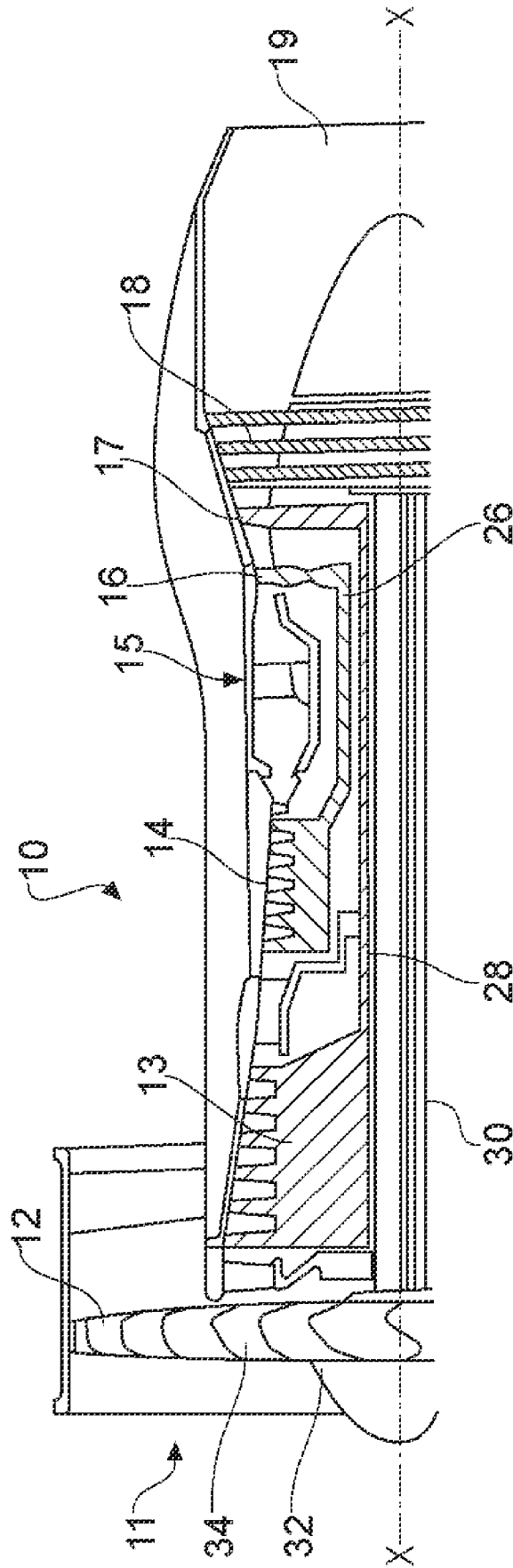


图 1



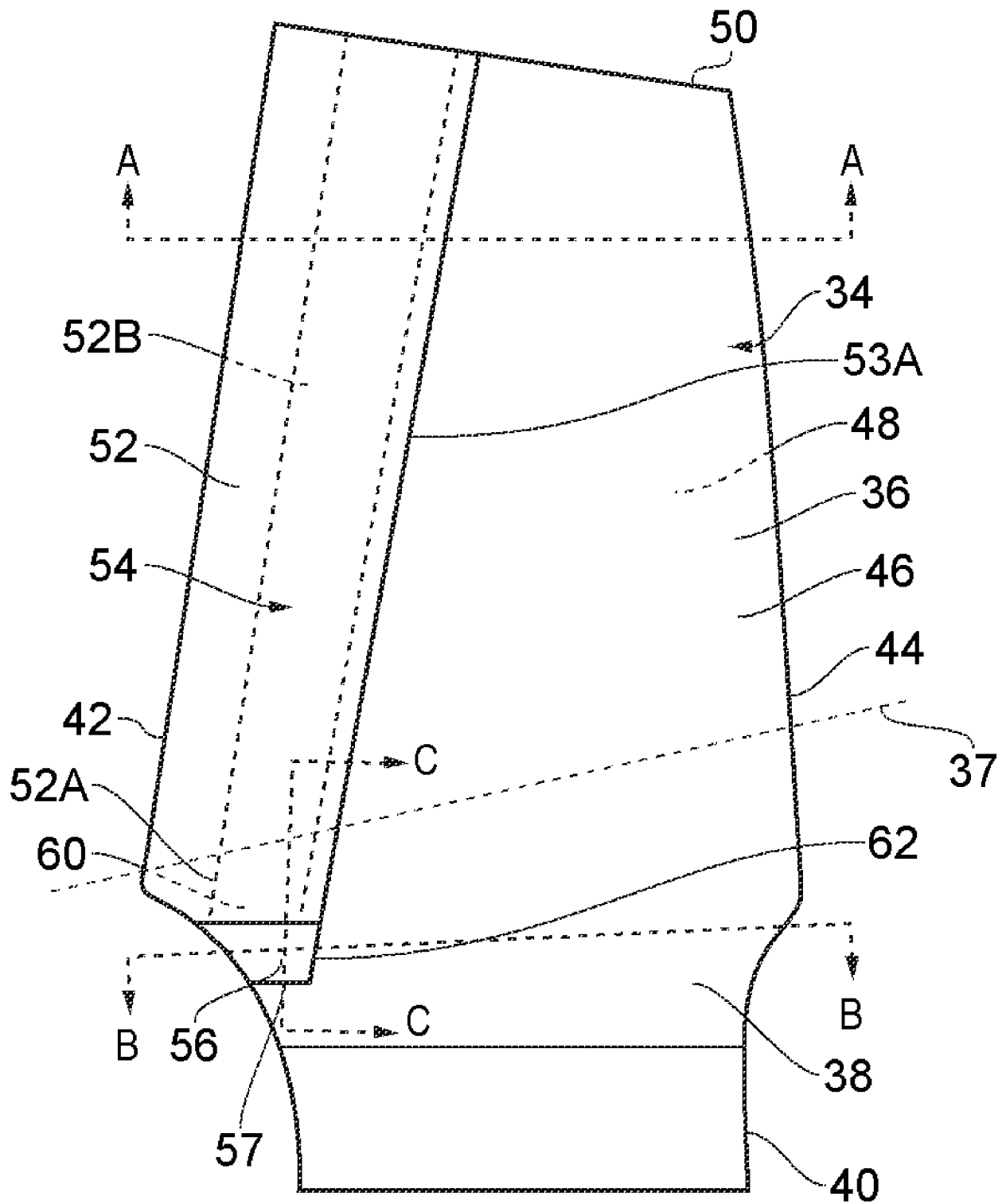


图 2

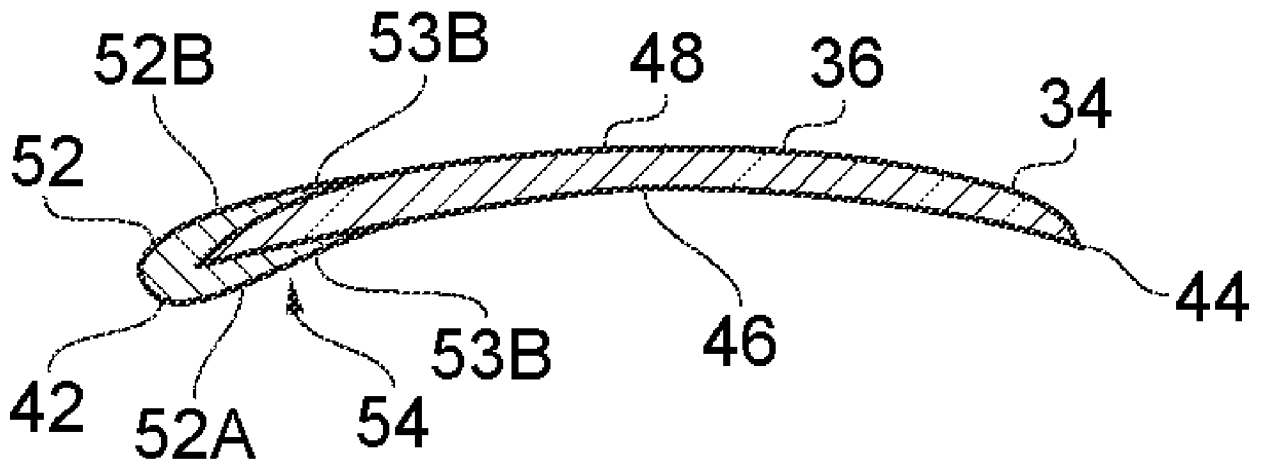


图 3

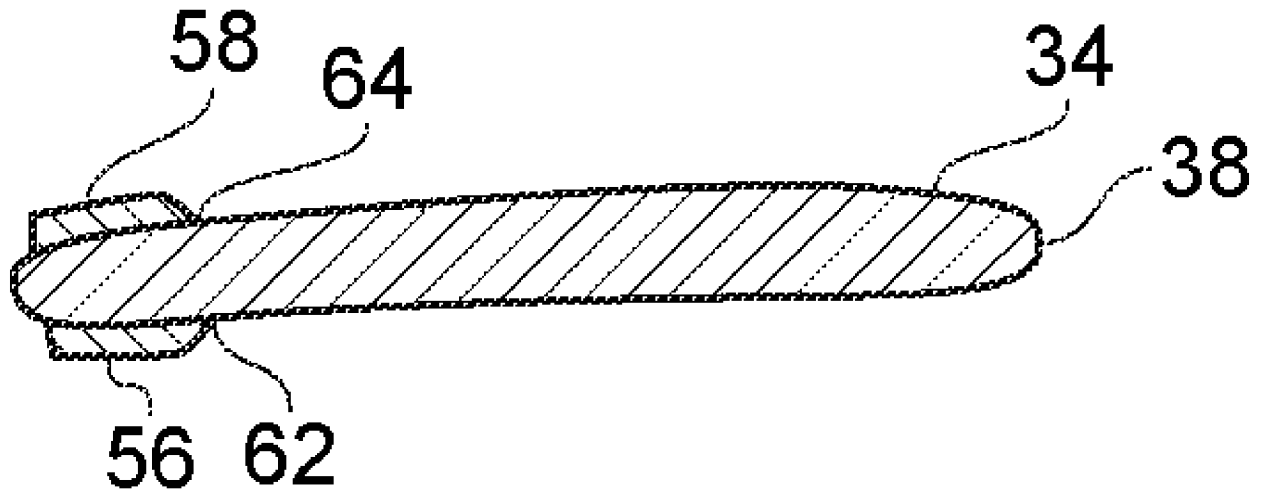


图 4

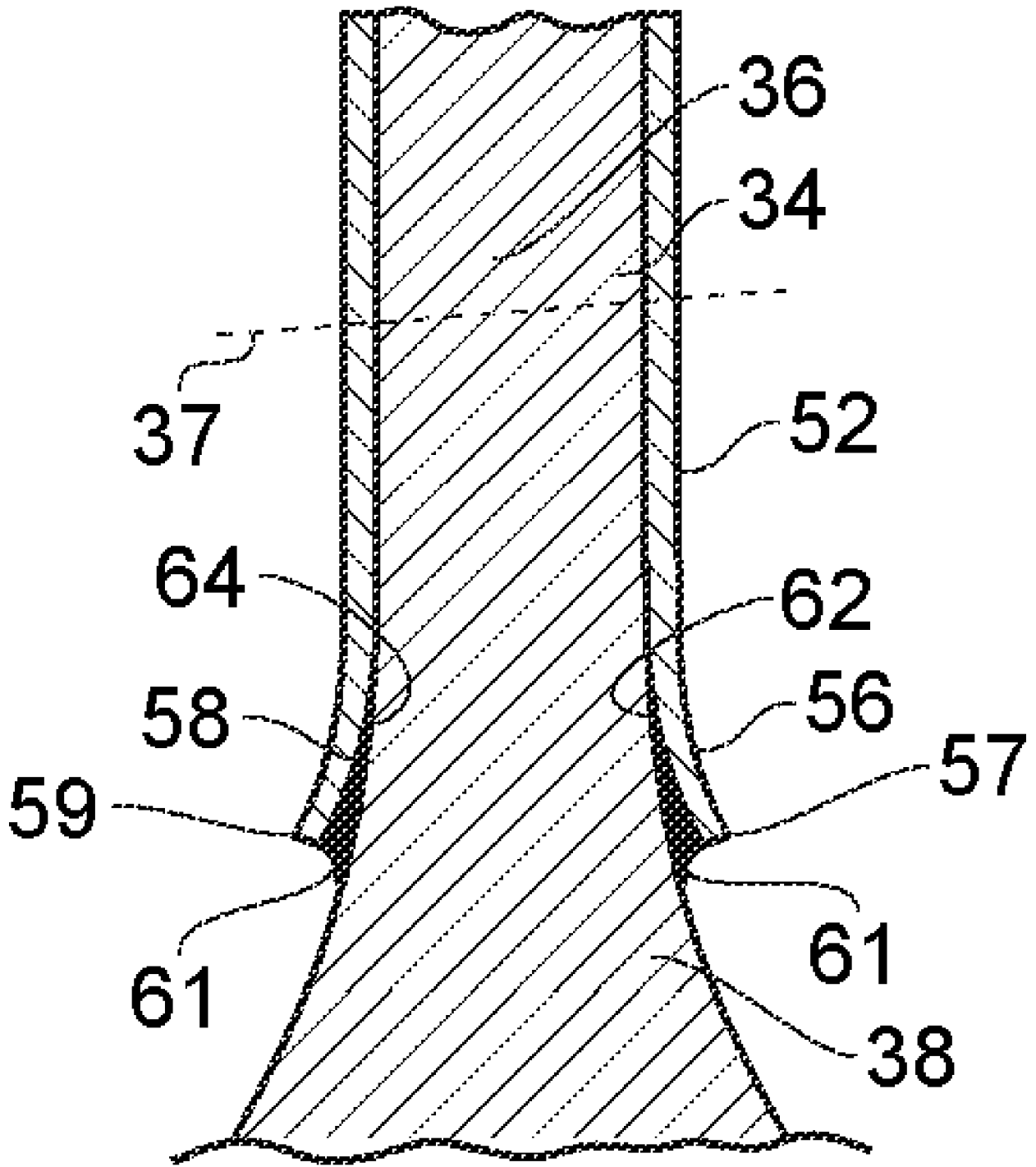


图 5

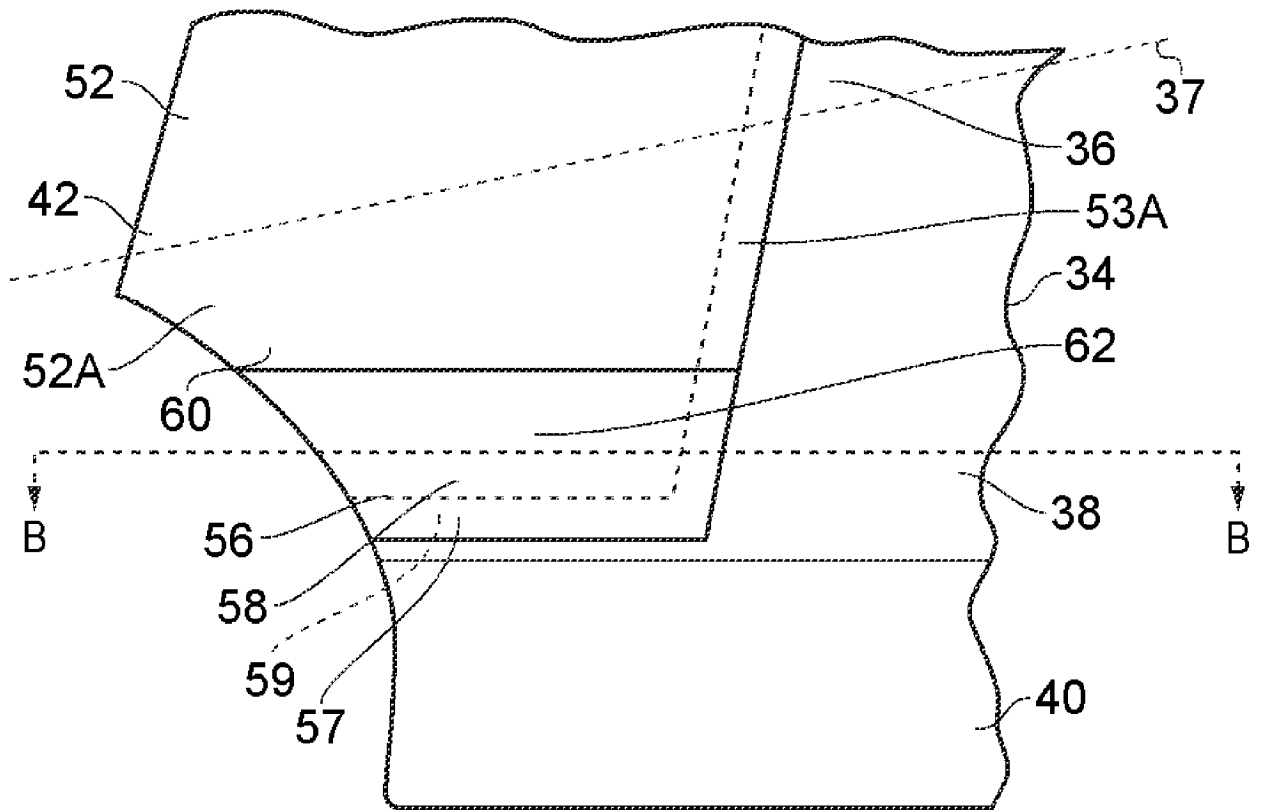


图 6

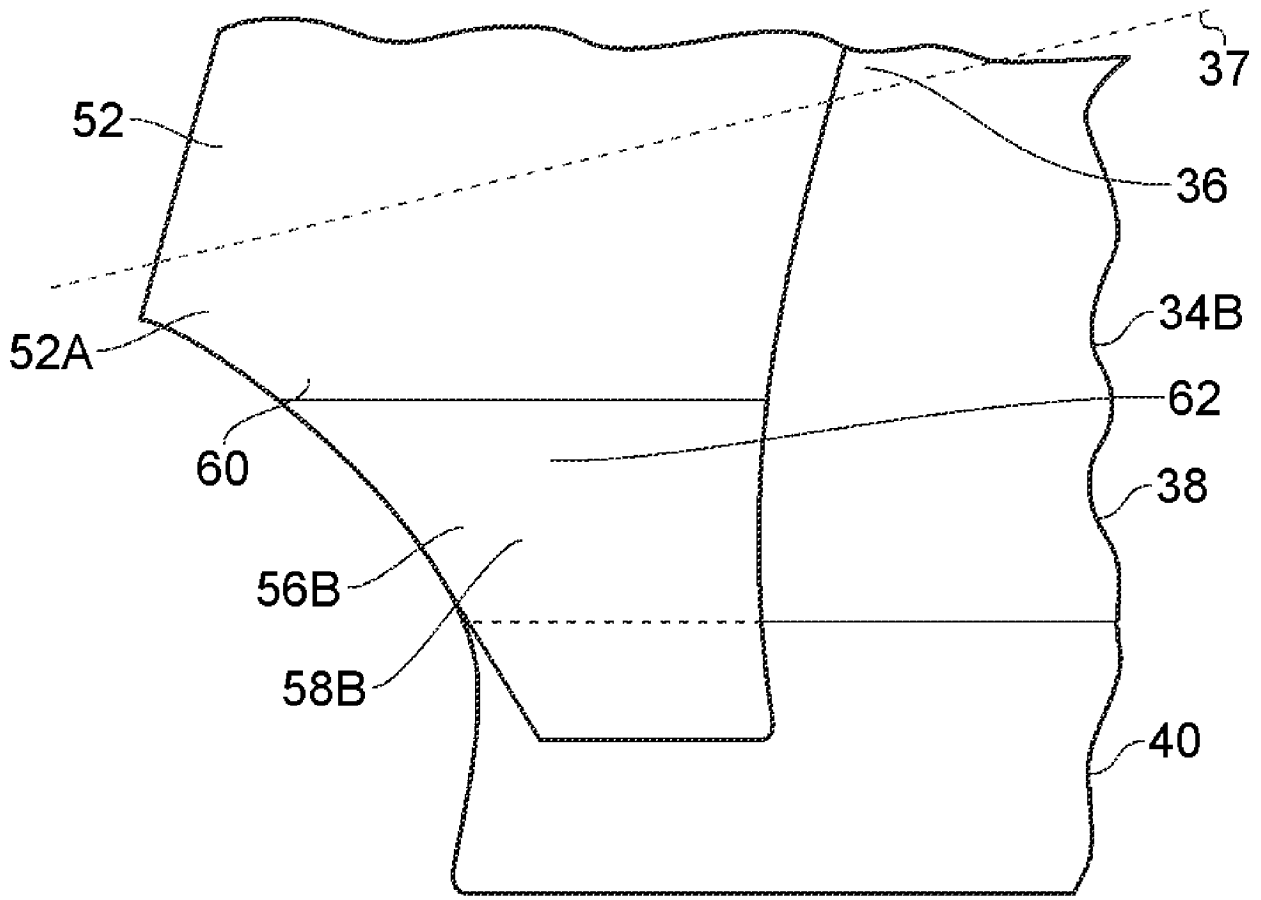


图 7

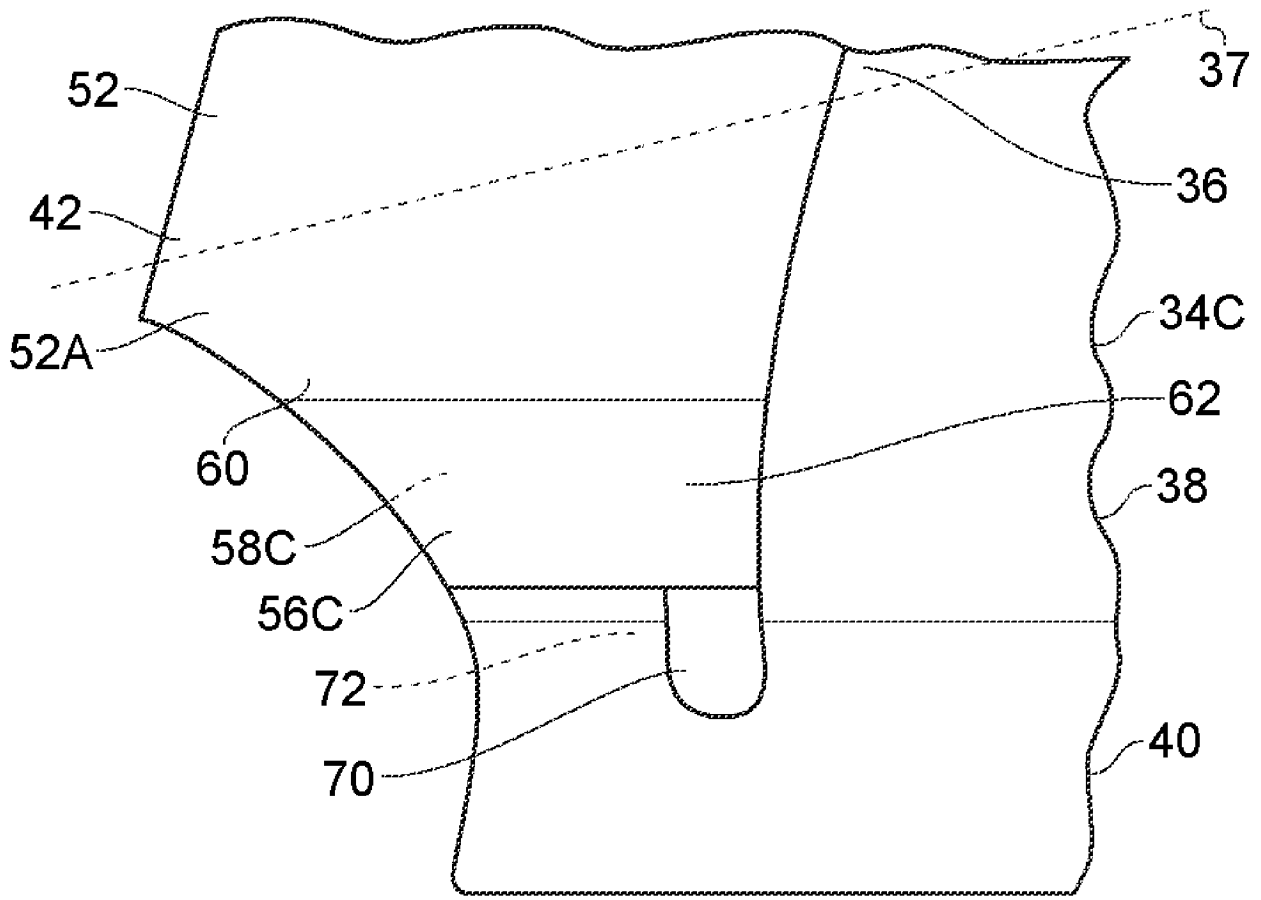


图 8