



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102852559 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201210296458. 7

US 5155330 A, 1992. 10. 13,

(22) 申请日 2012. 06. 29

US 2004025819 A1, 2004. 02. 12,

(30) 优先权数据

CN 1209464 A, 1999. 03. 03,

13/172943 2011. 06. 30 US

审查员 王君宇

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S·甘什 S·L·布雷滕巴赫

R·C·施万特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 严志军 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F01D 5/02(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 2149690 A2, 2010. 02. 03,

US 6499946 B1, 2002. 12. 31,

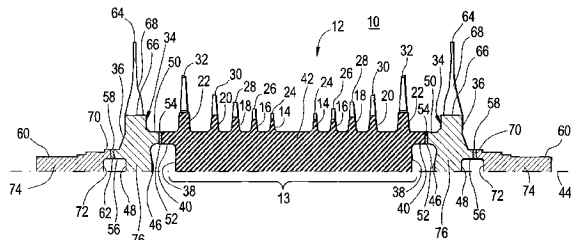
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

涡轮盘预制件、其制成的焊接涡轮转子及制造它们的方法

(57) 摘要

本发明涉及涡轮盘预制件、其制成的焊接涡轮转子及制造它们的方法。具体而言,公开了一种制造涡轮转子的方法。该方法包括:形成具有盘轴线的末级盘预制件,该预制件具有转子面和相反的轴面,转子面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的转子肋部,轴面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部,该盘预制件包括盘预制件材料。该方法还包括连接转子肋部到转子预制件以形成转子接合处,该转子预制件包括转子预制件材料。该方法还包括连接轴肋部到轴以形成轴接合处,该轴包括轴材料,其中,盘预制件材料不同于转子预制件材料和轴材料。



1. 一种制造涡轮转子 (12) 的方法 (100), 包括:

形成具有盘轴线 (44) 的末级盘预制件 (36), 所述预制件具有转子面 (46) 和相反的轴面 (48), 所述转子面 (46) 具有从其伸出的周向的、轴向延伸的转子肋部 (50), 所述轴面 (48) 具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部 (56), 所述盘预制件包括盘预制件材料 (76);

连接所述转子肋部 (50) 到转子预制件 (13) 以形成转子接合处 (52), 所述转子预制件包括转子预制件材料 (42); 以及

连接所述轴肋部 (56) 到轴 (60) 以形成轴接合处 (58), 所述轴包括轴材料 (74), 其中, 所述盘预制件材料 (76) 不同于所述转子预制件材料 (42) 和所述轴材料 (74)。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 连接所述转子肋部 (50) 到所述转子预制件以形成所述转子接合处包括焊接。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 焊接包括使用焊丝的单丝焊接, 所述焊丝包括所述盘预制件材料 (76)、所述转子预制件材料 (42) 或者具有介于所述盘预制件材料 (76) 的成分和所述转子预制件材料 (42) 的成分之间的成分的转子接合材料 (78)。

4. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 焊接包括使用第一焊丝和第二焊丝的双丝焊接, 所述第一焊丝包括位于所述盘预制件附近的所述盘预制件材料 (76), 所述第二焊丝包括位于所述转子预制件附近的所述转子预制件材料 (42)。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 连接所述轴肋部 (56) 到所述轴 (60) 以形成所述轴接合处 (58) 包括焊接。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 焊接包括使用焊丝的单丝焊接, 所述焊丝包括所述盘预制件材料 (76)、所述轴材料 (74) 或者具有介于所述盘预制件材料的成分和所述轴材料的成分之间的成分的轴接合材料 (80)。

7. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 焊接包括使用第一焊丝和第二焊丝的双丝焊接, 所述第一焊丝包括位于所述盘预制件附近的所述盘预制件材料 (76), 所述第二焊丝包括位于所述轴附近的所述轴材料 (74)。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 形成包括在连接所述转子肋部 (50) 到所述转子预制件或者连接所述轴肋部 (56) 到所述轴 (60) 之前将所述盘预制件 (36) 锻造成锻后状态; 并且该方法还包括, 在连接所述转子肋部到所述转子预制件且连接所述轴肋部到所述轴之后:

所述盘预制件、转子接合处以及轴接合处的固溶热处理; 和

所述盘预制件、转子接合处以及轴接合处的老化热处理。

9. 一种用于涡轮 (10) 的末级盘预制件 (36), 包括:

具有盘轴线 (44) 的末级盘预制件 (36), 所述预制件具有转子面 (46) 和相反的轴面 (48), 所述转子面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的的转子肋部 (50), 所述转子肋部 (50) 构造成用于形成转子接合处 (52), 所述轴面 (48) 具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部 (56), 所述轴肋部 (56) 构造成用于形成轴接合处 (58); 所述盘预制件包括盘预制件材料 (76)。

10. 根据权利要求 9 所述的盘预制件 (36), 其特征在于, 所述涡轮 (10) 包括蒸汽涡轮, 其具有由转子接合处 (52) 连接到所述盘预制件的涡轮转子预制件 (13) 和由轴接合处 (58)

连接到所述盘预制件的轴 (60)。

## 涡轮盘预制件、其制成的焊接涡轮转子及制造它们的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮盘预制件、其制成的焊接涡轮转子及制造它们的方法。

### 背景技术

[0002] 如众所周知的,工业涡轮,特别是蒸汽涡轮,通过采用在一系列涡轮级中围绕转子的周边设置的涡轮叶片而将热气(例如蒸汽)的能量转化为旋转机械能。为了提高涡轮的转化效率,期望增加涡轮的各个级中的叶片的长度。为了增加叶片的长度,特别是在涡轮的末级或“L-0”级,通常有必要采用轻质材料,例如钛,以便避免必须在转子合金上做出显著改变,转子合金典型地为NiCrMoV钢合金,因为在长叶片构造中较重叶片材料(例如高强度钢)的使用通常形成超过这些转子合金的工作极限的应力。虽然在涡轮转子中可使用较高强度的材料,但它通常是不期望的,因为较高强度的材料典型地对于合金材料本身和由这些材料制备转子所需的工艺而言均具有显著更高的成本。

[0003] 因此,期望开发构造成在末级涡轮中采用高强度钢叶片而不需要改变典型地用于形成涡轮转子的NiCrMoV钢合金的涡轮。

### 发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,公开了一种制造涡轮转子的方法。该方法包括形成具有盘轴线的末级盘预制件,该预制件具有转子面和相反的轴面,转子面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的转子肋部,轴面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部,该盘预制件包括盘预制件材料。该方法还包括将转子肋部连接到转子预制件以形成转子接合处,该转子预制件包括转子预制件材料,其具有比盘预制件材料更低的强度。该方法还包括将轴肋部连接到轴以形成轴接合处,该轴包括轴材料,其中,预制件材料不同于转子预制件材料和轴材料。

[0005] 根据本发明的另一方面,公开了一种用于涡轮的末级盘预制件。该末级盘预制件具有盘轴线。该预制件还具有转子面和相反的轴面,转子面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的转子肋部,该转子肋部构造成用于形成转子接合处,轴面具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部,该轴肋部构造成用于形成轴接合处。该盘预制件包括盘预制件材料。

[0006] 根据结合了附图的下列描述,这些和其它的优势和特征将变得更加显而易见。

### 附图说明

[0007] 作为说明书的结论,在权利要求书中特别地指出并清楚地主张了被视为本发明的主题。根据结合了附图的下列详细描述,本发明的前述和其它的特征及优势是显而易见的,在附图中:

[0008] 图1是包括由本文公开的末级涡轮盘预制件(preform)连接的涡轮转子和轴的涡轮的示意截面图;

[0009] 图2是本文公开的末级盘预制件的示意横截面图;

- [0010] 图 3 是示出了制造本文公开的涡轮转子的方法的示例性实施例的流程图；
- [0011] 图 4 是本文公开的转子接合处的示例性实施例的示意横截面图；以及
- [0012] 图 5 是本文公开的轴接合处的示例性实施例的示意横截面图；
- [0013] 详细的描述参照附图以示例的方式解释了本发明的实施例，以及优势和特征。
- [0014] 附图标记：
- [0015] 10 涡轮
- [0016] 12 转子
- [0017] 13 转子预制件
- [0018] 14 盘段
- [0019] 16 盘段
- [0020] 18 盘段
- [0021] 20 盘段
- [0022] 22 合金钢盘
- [0023] 24 叶片
- [0024] 26 叶片
- [0025] 28 叶片
- [0026] 30 叶片
- [0027] 32 叶片
- [0028] 34 (L-0) 级盘
- [0029] 36 盘预制件
- [0030] 38 端部
- [0031] 40 伸出肋部
- [0032] 42 转子材料
- [0033] 44 轴线
- [0034] 46 转子面
- [0035] 48 轴面
- [0036] 50 转子肋部
- [0037] 52 转子接合处
- [0038] 54 焊缝
- [0039] 56 轴肋部
- [0040] 58 轴接合处
- [0041] 60 轴
- [0042] 62 轴焊缝
- [0043] 64 钢叶片
- [0044] 66 周边
- [0045] 68 钢叶片
- [0046] 70 肋部
- [0047] 72 端部
- [0048] 74 轴材料

[0049]	76	盘预制件材料
[0050]	78	转子接合材料
[0051]	80	轴接合材料
[0052]	82	压应力层
[0053]	84	压应力层
[0054]	100	包括将相异合金、末级转子盘预制件 36 焊接到转子预制件的端部 38 的方法
[0055]	110	形成 110 具有盘轴线的末级盘预制件 36
[0056]	120	将转子肋部 50 连接到转子预制件
[0057]	130	将轴肋部 56 连接到轴 60 以形成轴接合处
[0058]	140	在转子接合处的表面上形成压应力层 82(图 4)
[0059]	150	在轴接合处 58 的表面上形成压应力层 84(图 5)
[0060]	160	将多个高强度钢合金叶片 64 附接至周边

### 具体实施方式

[0061] 参照图 1-图 5,公开了一种涡轮 10,其具有焊接的相异合金低压(LP)转子 12。LP 转子 12 包括使用盘预制件 36 制成的末级(L-0)盘 34,盘预制件 36 由高合金、高强度钢(例如各种马氏体钢)制成,其焊接于可包括 NiCrMoV 低合金钢盘 22 的转子预制件 13 或转子区段。该转子 12 的构造有利地使得能够用较低成本的高强度钢叶片 64 来代替钛末级叶片。这在制造中提供了显著的成本节省,并且也使得能够在末级涡轮中使用高强度钢叶片 64,其具有比当前用于该应用中的那些叶片更长的长度,包括具有大约 40 到大约 80 英寸的长度的那些,这增加了工作效率并扩展了涡轮 10 的设计灵活性。转子 12 的构造使得能够使用较长的钢叶片,同时它还有利地将可用于末级涡轮的钛叶片的尺寸扩展到大于约 80 英寸,从而进一步扩展了涡轮 10 的设计灵活性。所公开的焊接的相异合金 LP 转子 12 可通过以下方式制造:由高合金、高强度钢制备锻造的、热处理的且机械制造的 L-0 级预制件 36,然后在一个面上将盘预制件 36 焊接到 NiCrMoV 钢转子预制件 13,其可包括单个涡轮级或多个涡轮级,以及将另一个面焊接到轴或轴颈 60,其也可包括 NiCrMoV 钢合金。所使用的焊接工艺可包括任何已知的丝焊工艺,包括钨极惰性气体(TIG)、金属惰性气体(MIG)、电弧和电子束(EB)焊接工艺,并且可利用冷丝焊接技术、热丝焊接技术或两者。此外,可使用单丝或双丝焊接工艺来实现焊接。单丝材料可为与 NiCrMoV 钢转子或轴 60 相容的各种强度水平的合金钢,或者可包括与高合金、高强度 L-0 盘预制件材料 76 相容的高合金、高强度钢。双丝工艺可利用两种焊丝类型,即低合金钢和高合金钢,其中低强度低合金丝可熔化到低合金钢接合面上,而高合金高强度丝可以靠着盘预制件材料 76 的高合金高强度材料熔化。所描述的两种丝焊方法提供了避免越过该焊接的急剧化学梯度的优势。所使用的焊丝还可为 NiCrMoV 低合金钢转子材料 42 和高合金高强度钢盘预制件材料 76 之间的中间化学性质之一。高合金高强度钢盘预制件 36 可在完全热处理和硬化状态下或在固溶退火状态下焊接,紧接着焊接后老化热处理,或者可在锻后(as-forged)状态下焊接,紧接着焊接后固溶和老化热处理。焊接后应力释放处理可在炉子中或经由局部加热(例如感应加热)进行。将高合金高强度钢盘预制件连接到转子 12 或轴 60 的完成的焊缝可通过在它们的表面

中通过诸如喷丸加工、滚光等的过程赋予相对较深的压应力层而被进一步保护。

[0062] 参照图 1 和图 2,公开了一种具有焊接的相异金属转子 12 的涡轮 10。转子 12 可用于任何类型的涡轮发动机中,并且特别好地适用于发电涡轮(例如蒸汽涡轮)中。涡轮 10 可具有任何合适的单涡轮构造,或者可具有如图 1 所示的双涡轮结构,其具有在共用转子预制件 13 的相反端连接的两个末级转子盘预制件 36。转子预制件 13 可包括单件转子或者可包括多个盘段(例如盘段 14、16、18、20、22)的组件,这些盘段彼此组装在一起而形成转子预制件 13,并且限定出多个涡轮级。在结合到转子 12 中后,转子预制件 13 适于接纳与各个涡轮级和盘区段相关联的多个周向间隔开的叶片,例如分别设置在盘或转子段 14、16、18、20、22 上的叶片 24、26、28、30、32。转子 12 还包括末级(L-0)盘 34,其由焊接于转子预制件 13 的端部 38 的盘预制件 36 形成。转子盘预制件 36 可通过任何合适的机械连接而连接到转子预制件 13,包括通过将盘预制件 36 焊接到从转子预制件 13 的端部 38 伸出的环状伸出肋部 40。转子预制件 13 可由任何合适的转子材料 42 形成。转子材料 42 可包括各种等级的钢,特别是各种等级的 NiCrMoV 钢,例如频繁地用作转子材料 42 的 3.5% NiCrMoV 钢,并且更特别地包括表 1 中所描述的 3.5% NiCrMoV 钢成分。

[0063] 表 1

[0064]

元素	转子材料	转子盘预制件材料			
		NiCrMoV 钢 (重量%)	高强度钢(重量%)		
	<b>3.5 Ni</b>	<b>17-4 PH</b>	<b>17-7PH</b>	<b>A-286</b>	
C	0.20-0.35	0.07	0.09	0.04	
Mn	0.2-0.05	1.00	1.00	0.20	
Si	0.02-0.5	1.00	1.00	0.20	
S	残余	0.03	0.03	0.002	
Ni	3.0-4.0	3.0-5.0	6.5-7.75	25.0	17%-19%
Cr	1.50-3.00	15.5-17.5	16.0-18.0	14.5	
Mo	0.42-0.80	-	-	1.25	3%-5%
V	0.01-0.4	-	-	0.30	
P	残余	0.04	0.04	0.15	
Al	0.02 最大	-	0.75-1.5	0.15	
Sn	残余	-	-	-	
As	残余	-	-	-	
Sb	残余	-	-	-	
Nb+Ta	-	0.15-0.45	-	-	
Cu	-	3.0-5.0	-	-	
Ti	-	-	-	2.10	1.6%
B	-	-	-	0.006	
Co					8%-12%
Fe	余量	余量	余量	余量	余量

[0065] 参照图 2, 末级盘预制件 36 具有盘轴线 44, 其对应于转子 12 的纵向轴线 44。盘预制件 36 包括圆柱形盘。盘预制件 36 具有面向转子 12 的转子面 46 和背向转子预制件 13 且朝向轴 60 的相反轴面 48。转子面 46 具有从该转子面 46 伸出的周向的、轴向延伸的转子肋部 50。转子肋部 50 构造成例如与从转子预制件 13 的端部 38 延伸的环状端肋 40 对准, 使得转子接合处 52 可形成于它们之间。转子接合处 52 可包括转子预制件 13 和盘预制件 36 之间的任何合适的机械连接, 并且特别适于形成为连接转子预制件 13 和转子盘预制件 36 的转子焊缝 54。轴面 50 具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部 56。轴肋部 56 构造成用于形成到轴 60 的轴接合处 58。轴接合处 58 可为用于连接盘预制件 36 和轴 60 的任何合适的机械连接, 并且特别好地适于形成为轴焊缝 62, 其通过将轴肋部 56 焊接到轴 60 且特别是到从轴 60 的端部 72 伸出的周向的、轴向延伸的环状肋部 70 而形成。转子盘预制件 36 构造成接纳围绕其周边 66 设置的周向间隔开的叶片 64。叶片 64 可包括由合适的高强度钢叶片材料形成的任何钢叶片 68。

[0066] 转子盘预制件 36 可由任何合适的盘预制件材料 76 制成。合适的材料包括各种等

级的高强度钢,特别是具有比转子材料 42 更大的抗张强度的高强度钢,包括马氏体钢。在一个示例性实施例中,转子盘预制件材料 76 可包括各种等级的析出硬化钢,例如 17-4PH, 17-7PH 和 A286,或者马氏体时效钢,如表 1 中所描述的。

[0067] 轴 60 可具有任何合适的尺寸和形状,并且可包括设置在面向转子盘预制件 36 的端部 72 上的周向、轴向延伸的轴肋部 70。轴 60 可由任何合适的轴材料 74 形成,并且更特别地可由与转子材料 42 相同的材料形成,所述材料包括各种不同等级的钢,并且更特别地各种 NiCrMoV 钢。

[0068] 参照图 1-图 3,涡轮转子 12 可通过方法 100 制成,该方法包括将相异合金、末级转子盘预制件 36 焊接到转子预制件 13 的端部 38。该方法 100 包括:形成 110 具有盘轴线 44 的末级盘预制件 36,该盘预制件 36 具有转子面 46 和相反的轴面 48,转子面 46 具有从其伸出的周向的、轴向延伸的转子肋部 50,轴面 48 具有从其伸出的周向的、轴向延伸的轴肋部 56,该盘预制件 36 包括盘预制件材料 76;例如在盘段 22 处连接 120 转子肋部 50 到转子预制件 13 以形成转子接合处 52,转子预制件 13 包括转子预制件材料 42;以及连接 130 轴肋部 56 到轴 60 以形成轴接合处 58,轴 60 包括轴材料 74,其中,盘预制件材料 76 不同于转子预制件材料 42 和轴材料 74。

[0069] 形成 110 末级盘预制件 36 可通过任何合适的成形方法来进行,例如在将转子肋部 50 连接到转子预制件 13 或将轴肋部 56 连接到轴 60 之前将盘预制件 36 锻造为锻后状态。锻后状态可为近净形 (near-net shape) 或者可为可另外通过各种完工操作(例如机械加工、研磨等)成形为最终形状的形状。锻后状态是指在热处理操作以实现最终的冶金和机械性能并通过固溶热处理释放由锻造操作引入微观结构中的应力或通过老化或析出热处理使微观结构变硬之前所锻造的微观结构的状态。转子肋部 50、轴肋部 56 或两者可在形成 110 期间通过如本文所述的锻造或后续完工操作来形成。转子肋部 50 的连接 120 和轴肋部 56 的连接 130 可在转子盘预制件 36 处于锻后状态的同时或者在该预制件已被热处理而获得最终的机械和冶金性能之后进行。本文中描述的热处理,包括固溶热处理和老化热处理,可通过任何合适的热处理方法来进行,包括将所述构件(例如盘预制件 36、转子接合处 52 或轴接合处 58)放置在合适的炉子中或通过局部加热(例如感应加热)来进行。

[0070] 在方法 100 的一个实施例中,形成 110 包括在将转子肋部 50 连接到转子预制件 13 或将轴肋部 56 连接到轴 60 之前锻造盘预制件 36 到锻后状态。在该实施例中,方法 100 还包括在连接 120 转子肋部 50 到转子预制件且连接 130 轴肋部 56 到轴 60 之后对盘预制件 36、转子接合处 52 以及轴接合处 58 的固溶热处理,紧接着对盘预制件 36、转子接合处 52 以及轴接合处 58 的老化热处理。

[0071] 在方法 100 的另一个实施例中,形成 100 包括:在连接 120 转子肋部 50 到转子预制件 13 或连接 120 轴肋部 56 到轴 60 之前,锻造盘预制件 36 以提供锻后盘预制件,固溶退火该锻后盘预制件以提供固溶退火的盘预制件,以及老化该固溶退火的盘预制件以提供老化且硬化的盘预制件。在该实施例中,方法 100 还包括:在连接 120 转子肋部 50 到转子预制件 13 且连接 130 轴肋部 56 到轴 60 之后,进行盘预制件 36、转子接合处 52 以及轴接合处 58 的老化热处理。

[0072] 在方法 100 的又一个实施例中,形成 110 包括:在连接转子肋部到转子预制件或连接轴肋部到轴段之前,锻造盘预制件 36 以提供锻后盘预制件,以及固溶退火该锻后盘预制

件以提供固熔退火的盘预制件。在该实施例中,方法 100 还包括在连接 120 转子肋部 50 到转子预制件 13 且连接 130 轴肋部 56 到轴 60 之后对盘预制件、转子接合处以及轴接合处的老化热处理。

[0073] 方法 100 还可包括附接 160 多个高强度钢合金叶片 64 到盘预制件 36 的周边以形成转子 12。由用于末级盘的转子盘预制件 36 的高合金、高强度钢组成的相异合金焊接转子的使用也使得能够使用高强度钢叶片 64 来代替常规的钛末级叶片。带有等于或大于钛的比强度(强度/密度)的长的高强度钢叶片可代替钛叶片。然而,由于钢相比钛更大的密度,长的实心钢叶片将显著地增加支承该长钢叶片的盘预制件 36 上的应力。低合金 NiCrMoV 钢转子材料在其通常使用状态下将不会满足长钢叶片的强度要求;因此,盘预制件材料 76 被选择为具有比转子材料 42 更高的强度。为了满足盘预制件 36 的高强度、韧性以及耐蚀性的组合,盘预制件材料可包括具有比钢转子材料(例如低合金 NiCrMoV 钢转子材料)的强度更大的强度的高合金钢,例如析出硬化(PH)钢或马氏体时效钢。然而,由于制备这种高强度、高合金钢的单块转子通常是不实际的或不具成本效益的,因而本文公开的转子 12 的焊接构造使用高合金、高强度钢仅仅用于高应力的末级盘,即转子盘预制件 36,并且使用较低成本的低合金 NiCrMoV 钢材料用于转子 12 的剩余部分。与盘预制件 36 一起使用的叶片 64 也可由高强度钢合金制成,包括析出硬化的钢合金或马氏体时效钢合金,如本文所描述的。

[0074] 连接 120 转子肋部 50 到转子预制件 13 以形成转子接合处 52 可包括任何合适的焊接形式,例如本文公开的 TIG、MIG、子弧和 EB 焊接工艺,并且可利用冷丝焊接技术、热丝焊接技术或两者。此外,转子接合处焊接可使用单丝或双丝焊接工艺来实现。

[0075] 在一个示例性实施例中,连接 120 可包括使用焊丝的单丝焊接,该焊丝包括盘预制件材料 76、转子材料 42 或者具有介于盘预制件材料 76 的成分和转子材料 42 的成分之间的成分的转子接合材料 78(图 4)。如本文使用的,中间成分将包括一种或两种材料的组成,其是这些材料的中间物,在组成量上介于这些材料的组成量之间。使用低合金钢填料的单丝焊接提供了通过具有比基底金属和热影响区(HAZ)更软的焊接区而在热影响区中避免狭窄软层的应变异常的优势。

[0076] 在另一个示例性实施例中,连接 120 可包括使用第一焊丝和第二焊丝的双丝焊接,第一焊丝包括位于盘预制件 36 附近的盘预制件材料 76,第二焊丝包括位于转子 22 附近的转子预制件材料 42。双丝焊接是有利的,因为它通过熔化高合金焊丝靠着化学性能相似的高合金盘接合面以及熔化低合金钢焊丝靠着低合金钢接合面而避免了急剧化学梯度的形成和不期望的冶金相和微观结构的可能性。

[0077] 连接 130 轴肋部 56 到轴 60 以形成轴接合处 58 也可包括任何合适的焊接形式,例如本文公开的 TIG、MIG、子弧和 EB 焊接工艺,并且可利用冷丝焊接技术、热丝焊接技术或两者。此外,轴接合处焊接可使用单丝或双丝焊接工艺来实现。

[0078] 在一个示例性实施例中,连接 130 是使用焊丝的单丝焊接,该焊丝包括盘预制件材料 76、轴材料 74 或者轴接合材料 80(图 5),该轴接合材料 80 具有介于盘预制件材料 76 的成分和轴材料 74 的成分之间的成分。

[0079] 在另一个示例性实施例中,连接 130 可包括使用第一焊丝和第二焊丝的双丝焊接,第一焊丝包括位于盘预制件 36 附近的盘预制件材料 76,第二焊丝包括位于轴 60 附近的

轴材料 74。

[0080] 如图 3- 图 5 所示, 在一个实施例中, 方法 100 还可包括在转子接合处 52 的表面上形成 140 压应力层 82( 图 4), 或者在轴接合处 58 的表面上形成 150 压应力层 84( 图 5), 或两者。压应力层 82 的形成 140 和压应力层 84 的形成 150 可通过喷丸加工或滚光或者它们的组合来 进行。

[0081] 根据本文公开的方法 100, 使用高合金、高强度钢转子盘预制件 36 的相异合金转子 12 是有利的, 因为它通过选择对冷却速率有较低敏感度的合金和经由模制改进工艺条件而允许制备具有高合金、高强度末级盘的转子和具有高于当前工业实践的尺寸的叶片。方法 100 包括具有不同热膨胀和机械性能的相异合金钢焊缝的焊接。该焊接可通过改进焊丝成分和焊接后热处理来进行, 以提供高的抗损伤性并避免应变异常( 狭窄软点) 的形成。焊接后热处理可用于实现焊缝及 HAZ 中的期望的应力释放和硬度而不危及 L-0 盘的强度, 包括使用局部加热( 例如感应加热) 用于焊接后应力释放。

[0082] 虽然已结合仅仅有限数量的实施例描述了本发明, 但是应当容易理解, 本发明并不限于这种公开的实施例。而是, 可修改本发明, 以并入迄今未描述但与本发明的精神和范围一致的任何数量的变形、变更、代替或者等同布置。此外, 虽然已描述了本发明的各种实施例, 但是将会理解, 本发明的方面可包括仅仅其中一些所描述的实施例。因此, 该发明不应视为由前述描述限定, 而是仅由所附权利要求的范围限定。

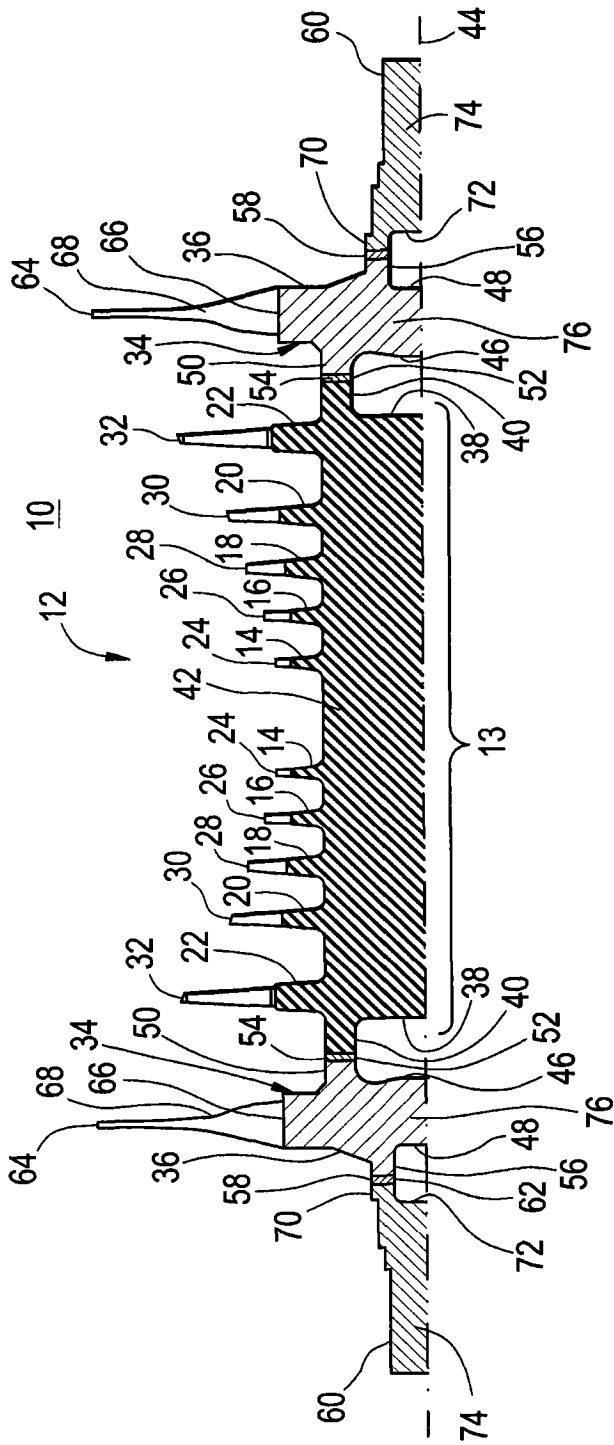


图1

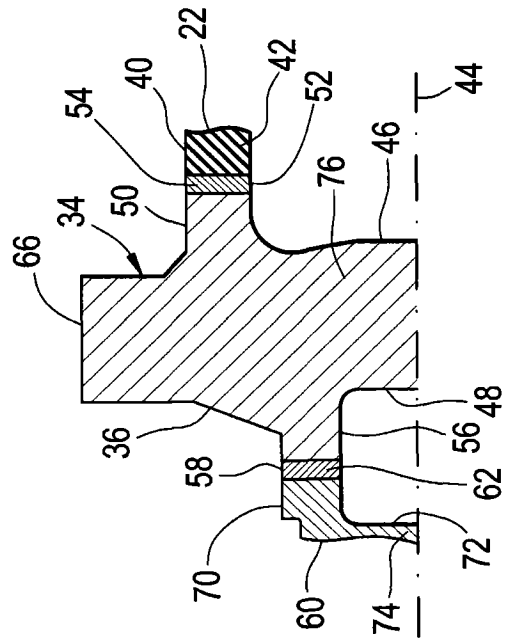


图2

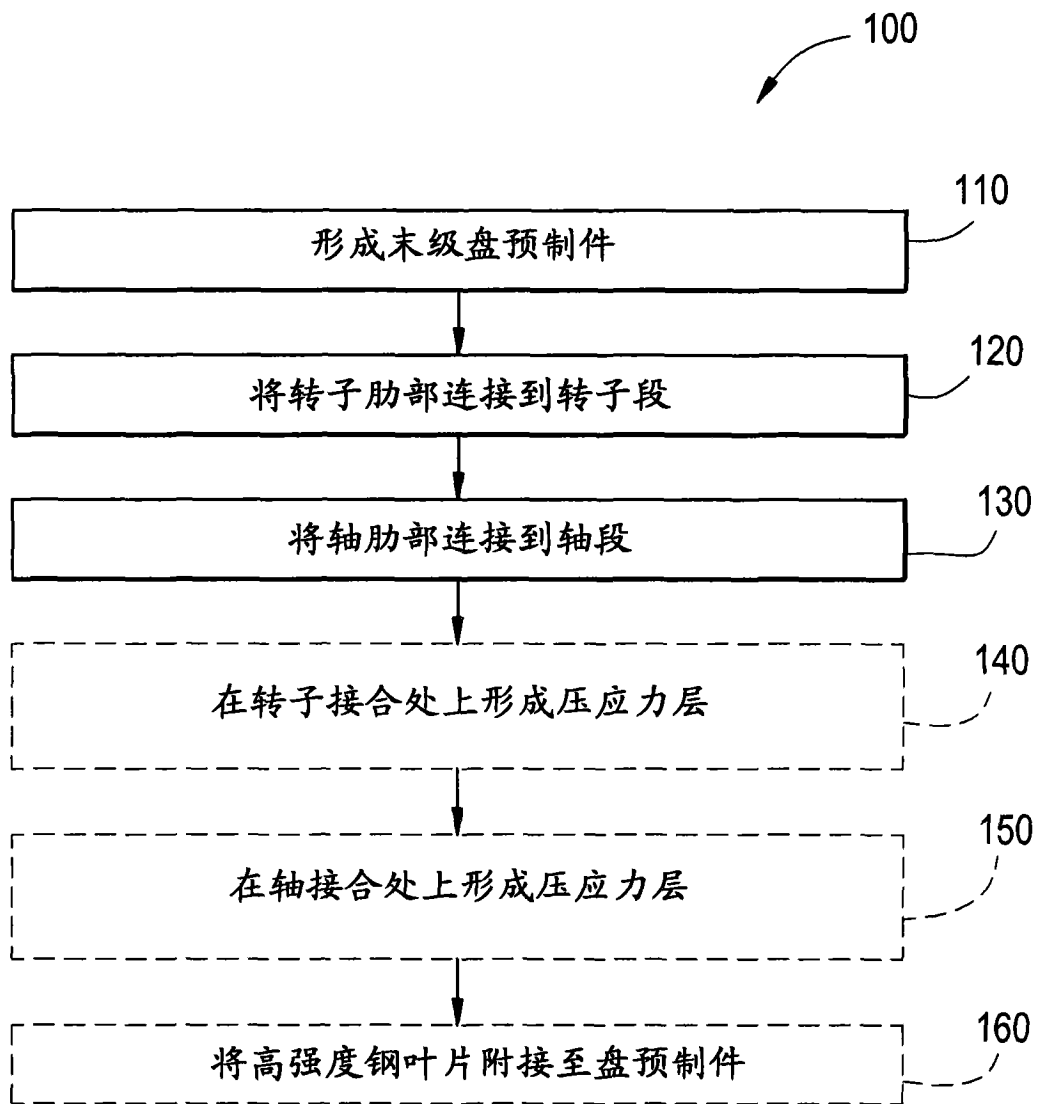


图 3

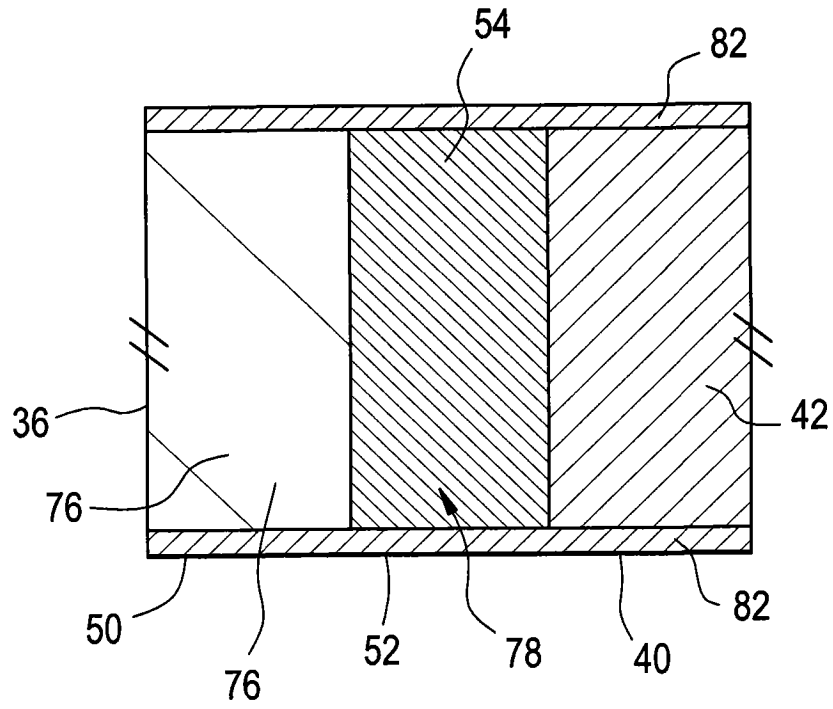


图 4

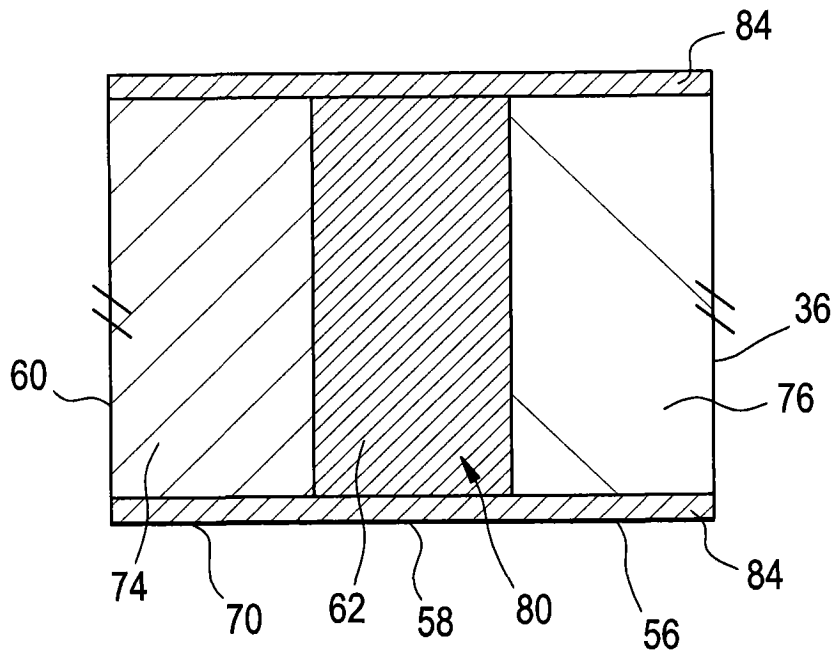


图 5