



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101713764 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 09

(21) 申请号 200910206128. 2

(22) 申请日 2009. 10. 09

(30) 优先权数据

08105469. 4 2008. 10. 01 EP

(73) 专利权人 阿尔斯托姆科技有限公司

地址 瑞士巴登

(72) 发明人 R·B·斯卡林 A·皮尔谢尔

M·赫佐格

(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 刘华联

(51) Int. Cl.

G01N 29/04 (2006. 01)

G01N 23/18 (2006. 01)

F01D 5/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1246579 A, 2000. 03. 08, 说明书第 1 页

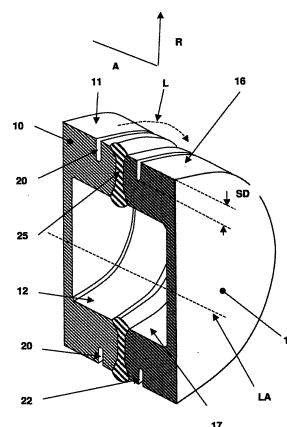
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

转子盘焊缝检测方法及布置

(57) 摘要

本发明提供一种用于检测使第一转子盘 (10) 连接到第二转子盘 (15) 上的焊缝 (25) 的方法, 其中, 第一转子盘由镍合金制成, 且具有与转子的纵向轴线 (LA) 同心的内表面 (12) 和外表面 (11), 第二转子盘包括与转子的纵向轴线同心的内表面 (17) 和外表面 (16)。由镍合金制成的焊缝填充转子盘 (10, 15) 间的径向间隙, 且具有与转子盘 (10, 15) 中的任何一个转子盘不同的微结构, 该方法包括以下步骤: 在第一转子盘中形成至少一个槽 (20), 该至少一个槽延伸通过第一转子盘的内表面或外表面, 终止在第一转子盘中; 以及将检测信号从第一槽传播到焊缝, 以便检测焊缝的缺陷 (27)。



1. 一种用于检测焊缝 (25) 的方法,

所述焊缝 (25) 使第一转子盘 (10) 连接到第二转子盘 (15) 上, 所述第一转子盘 (10) 由镍合金制成, 且具有与转子的纵向轴线 (LA) 同心的内表面 (12) 和外表面 (11), 所述第二转子盘 (15) 包括与所述转子的纵向轴线 (LA) 同心的内表面 (17) 和外表面 (16),

其中, 由镍合金制成的所述焊缝 (25) 填充所述第一转子盘和第二转子盘 (10, 15) 之间的径向间隙, 所述焊缝 (25) 具有与所述第一转子盘和第二转子盘 (10, 15) 中的任何一个转子盘不同的微结构, 所述方法的特征在于以下步骤:

a) 在所述第一转子盘 (10) 中形成至少一个槽 (20), 所述至少一个槽 (20) 从所述第一转子盘 (10) 的所述内表面 (12) 或所述外表面 (11) 部分地通过所述第一转子盘 (10); 以及

b) 将检测信号从所述槽 (20) 传播到所述焊缝 (25), 以便检测所述焊缝 (25) 的缺陷 (27);

其中, 将所述槽到焊缝径向中点 (26) 的距离设置成小于所述表面 (12, 17, 11, 16) 中的任何一个表面和所述焊缝径向中点 (26) 之间的距离。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述第一转子盘 (10) 和所述第二转子盘 (15) 的原子结构是不同的。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 步骤 a) 还包括在所述第二转子盘 (15) 中形成至少一个第二槽 (22), 所述至少一个第二槽 (22) 通过所述第二转子盘 (15) 的所述内表面 (17) 或所述外表面 (16) 部分地延伸通过所述第二转子盘 (15)。

4. 根据权利要求 1 或 3 所述的方法, 其特征在于, 多个槽 (20) 形成于所述第一转子盘 (10)、所述第二转子盘 (15) 或者所述第一转子盘 (10) 和所述第二转子盘 (15) 两者中。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在步骤 b) 之后包括用焊缝填充物至少部分地填充所述槽 (20) 或各所述槽 (20) 的步骤。

6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述槽 (20) 或各所述槽 (20) 延伸不超过径向焊缝深度 (WD) 的一半。

7. 根据权利要求 1 至 3 中的任何一项所述的方法, 其特征在于, 所述检测信号是超声波。

8. 根据权利要求 1 至 3 中的任何一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一转子盘 (10) 具有面心原子结构。

9. 根据权利要求 1 或 3 所述的方法, 其特征在于, 所述第二转子盘 (15) 具有体心原子结构。

10. 根据权利要求 1 至 3 中的任何一项所述的方法, 其特征在于, 所述第一转子盘和第二转子盘 (10, 15) 是蒸汽轮机转子盘 (10, 15)。

11. 一种涡轮转子, 包括:

第一转子盘 (10), 包括与所述涡轮转子的纵向轴线 (LA) 同心的内表面 (12) 和外表面 (11),

第二转子盘 (15), 包括与所述涡轮转子的纵向轴线 (LA) 同心的内表面 (17) 和外表面 (16),

填充所述第一转子盘和第二转子盘 (10, 15) 之间的径向间隙且具有与所述第一转子

盘和第二转子盘(10,15)不同的微结构和径向深度(WD)的焊缝(25),

其中,所述涡轮转子的特征在于至少一个槽(20,22),所述至少一个槽(20,22)从所述第一转子盘或第二转子盘的相应表面(12,17,11,16)部分地延伸到所述第一转子盘或第二转子盘中,且构造成容纳检测信号源(30,35),其中,所述槽到焊缝径向中点(26)的距离小于所述表面(12,17,11,16)中的任何一个表面和所述焊缝径向中点(26)之间的距离。

## 转子盘焊缝检测方法及布置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及焊缝检测方法及适当的布置。

[0002] 发明背景

[0003] 通常通过将多个盘焊接在一起来形成转子,特别是较大型的涡轮机中的转子。因为在这些机器的运行期间所经受的轴向温度梯度,因此盘在沿着转子轴线的不同位置处由不同的材料制成。例如,在其中需要高的抗蠕变强度的转子的最高温区段中,可以使用具有面心(face-centred)立方原子结构和高比例的铬的镍合金。可使用诸如钼、钨和钒的其它合金元素来额外地提高抗蠕变强度。因此在这个区域中的转子可以包括由镍合金制成的焊缝焊接在一起的多个镍合金盘。

[0004] 在其中可使用具有高屈服强度和刚度的较低成本的材料的高温区段中,转子可由具有体心(body-centred)立方原子结构的铁素体-马氏体钢制成。因此在这个区域中的转子可以包括由钢制成的焊缝焊接在一起的多个钢盘。

[0005] 在高温和较低温区域之间的界面势垒处,可使用镍合金的焊缝来将镍合金盘和钢盘焊接在一起。

[0006] 特别是在大型蒸汽轮机或燃气轮机的转子的情况下,单个转子盘之间的焊缝的质量对于确保转子的机械完整性而言是至关重要的。因此,非常需要的是使用诸如超声波或同位素检测的非破坏性检测方法,尽可能精确地且分辨率尽可能高地对焊缝进行缺陷检测。这可能涉及使检测信号传播通过朝连接焊缝成角度或通过连接焊缝的转子的外表面。

[0007] 与同位素方法相比,超声波检测方法具有显著的优点。但是,超声波检测信号的衰减可能会降低检测方法的分辨率,特别是在远离检测信号源的焊缝的检测点处,从而使检测方法失效。有许多导致衰减的原因。其中一个原因是一些材料(例如镍合金)中的高衰减。反射和折射是另一个原因,而且当超声波传播通过具有不同的原子结构的两种材料时最为明显,例如从具有低衰减特性的钢进入镍合金制成的焊缝中时。虽然与穿过原子结构边界的程度不同,但是另外的衰减也可能会发生在整个微结构界面上,例如在镍合金盘和镍焊缝之间。

[0008] 在盘的制造期间,为了确保最优的机械特性,盘会经历大量热处理和准备步骤。相反,虽然焊缝可能具有与盘相同的材料成分,但是焊缝不会经历相同的热处理步骤。因此,在盘和焊缝之间会产生伪锻铸边界和因此产生的微结构差异,其中焊缝金属显示出“铸造”特性,而盘则显示出“锻造”特性。由于超声波检测信号从镍合金盘传播通过镍焊缝,所以在盘/焊缝微结构界面处发生衰减。

[0009] 虽然使用同位素放射的检测方法不会经受与使用超声波的检测方法相同的衰减和反射/折射问题,但已知的是同位素放射的角度从正被检测的焊缝的径向中心线仅偏离几度。因此,同位素检测方法在确定任何缺陷的尺寸和深度的能力方面受到限制。由于修复缺陷焊缝的正常过程是仅将有缺陷的焊缝部分移除,缺陷的不精确的定位使得必将移除比必需的量更多的焊缝。

## 发明内容

[0010] 本公开提供了用于检测连接转子盘的焊缝中的缺陷的改进的检测方法。

[0011] 通过独立权利要求的主题来解决此问题。从属权利要求中给出了有利的实施例。

[0012] 本公开是基于这样的总体构思的,即:最大程度地减小检测信号必须传播的距离,以便通过在转子盘中设置槽来检测焊缝的全部长度,可在槽中容纳检测信号源。

[0013] 本公开的一个方面提供用于检测使第一转子盘连接到第二转子盘上的焊缝的方法,第一转子盘由镍合金制成,并且具有与转子的纵向轴线同心的内表面和外表面,第二转子盘包括与转子的纵向轴线同心的内表面和外表面。由镍合金制成的焊缝填充转子盘之间的径向间隙,且具有与转子盘中的任何一个转子盘不同的微结构。该方法包括以下步骤:

[0014] a) 在所述第一转子盘中形成至少一个槽,该至少一个槽从所述第一转子盘的所述内表面或所述外表面部分地通过所述第一转子盘;以及

[0015] b) 将检测信号从所述第一槽传播到焊缝,以便检测焊缝的缺陷。

[0016] 与其中检测信号源自转子的外表面的方法相比,槽允许减小检测信号流路径长度。当检测信号为超声波检测装置时,由盘的镍合金所造成的检测信号衰减效应以及在焊缝-盘边界处的微结构界面的反射/折射得到减轻。

[0017] 就同位素放射应用而言,同位素源可设置在一个盘的槽中,而同位素膜则可设置在另一个盘的槽中,或者备选地设置在其它盘的表面上。在此布置中,当放射从同位素源传播到同位素膜时,放射穿过焊缝的至少部分,从而使得能够交叉定位缺陷,与通过焊缝的径向深度且没有轴向方向的构件的检测相比,能够改进定位缺陷的能力。另外,避免了接近焊缝的两个径向端的需要。这样就避免了在一个焊缝端定位同位素源,且在另一个焊缝端处定位同位素膜的需要。这是特别有利的,因为通常不可能接近焊缝的内侧端。

[0018] 在检测焊缝金属之后,可将槽结合到转子盘的其它特征中,例如用于涡轮叶片根部的安装通道。在这个情况下,在检测连接焊缝之后,槽仅可部分地填充有焊缝填充物,以恢复转子局部厚度,否则槽可能被全部填满。这样,转子盘的所需的金属厚度和强度可在检测之后恢复,从而使得转子盘的工作性能不会受槽形成的损害。

[0019] 如果槽的深度太深,以致转子盘的机械强度受损,使得需要用于填充槽的焊缝填充物的完整性来执行结构性功能。在这种情况下,填充物本身也会受到检测。为了避免额外的检测步骤,本发明的另一个方面提供的是,槽或各个槽延伸通过不超过槽形成于其中的径向盘区深度的一半。

[0020] 另一方面包括使多个槽形成于第一转子盘,第二转子盘,或者第一和第二转子盘两者中。这种布置使得在需要考虑机械完整性之前就增加了槽深度。在一方面中,多个槽是孔的形式。

[0021] 本公开的又一方面提供了涡轮转子,包括:第一转子盘,包括与转子的纵向轴线同心的内表面和外表面;第二转子盘,包括与转子的纵向轴线同心的内表面和外表面;以及填充所述转子盘之间的径向间隙且具有与转子盘不同的微结构的焊缝。涡轮转子的特征在于至少一个槽,该至少一个槽构造成容纳检测信号源,该槽从转子盘的外表面或内表面部分地延伸通过盘,且在该盘中终止,其中,焊缝径向中点和槽之间的距离小于焊缝径向中点与转子表面中的任何一个表面之间的距离。这使得能够通过改善信号衰减问题来减小焊缝检测信号路径长度。

[0022] 根据结合附图的以下描述,本公开的其它目的和优点将变得清楚,其中以说明和实例的方式对本公开的实施例进行公开。

[0023] 附图简述

[0024] 下文参照附图以实例的方式对实施例进行了更加完整的描述,其中:

[0025] 图 1 是显示了根据本公开的实施例的带有槽的转子盘的两个焊接后的转子盘的截面图;

[0026] 图 2 是显示了根据本公开的实施例的带有多个槽的转子盘的两个焊接后的转子盘的截面图;

[0027] 图 3 是显示了焊缝正被超声波检测的图 1 或图 2 的转子盘的展开图;

[0028] 图 4 是显示了焊缝正被同位素放射检测的图 1 或图 2 的转子盘的展开图;

[0029] 图 5 是显示了填充后的焊缝的根据本公开的实施例的带有槽的转子盘的展开图。

[0030] 部件列表

[0031] 10 第一转子盘

[0032] 11 第一转子盘的外表面

[0033] 12 第一转子盘的内表面

[0034] 15 第二转子盘

[0035] 16 第二转子盘的外表面

[0036] 17 转子盘的内表面

[0037] 20 第一转子盘中的槽

[0038] 22 第二转子盘中的槽

[0039] 24 填充后的槽

[0040] 25 带有连接转子盘的焊缝填充物的焊缝

[0041] 26 焊缝径向中点

[0042] 27 焊缝缺陷

[0043] 30 超声波检测装置

[0044] 32 超声波

[0045] 35 同位素源

[0046] 37 同位素膜

[0047] 38 同位素放射

[0048] A 轴向方向

[0049] R 径向方向

[0050] L 焊缝长度

[0051] LA 转子和转子盘纵向轴线

[0052] SD 槽深度

[0053] WD 径向焊缝深度

## 具体实施方式

[0054] 现在参照附图对本公开的优选实施例进行描述,其中相同的标号始终用来指相同元件。在以下描述中,出于说明目的,对许多特定细节进行阐述,以便提供对本公开的全面

理解。但是,显而易见的是可在没有这些特定细节的情况下实施本公开。

[0055] 图 1 显示了第一转子盘 10 焊接到第二转子盘 15 上,其中焊缝 25 填充两个转子盘 10、15 之间的径向间隙。第一转子盘 10 和焊缝 25 两者均由镍合金制成,但是,由于它们在制造期间的不同热处理,第一转子盘和焊缝具有不同的微结构。第一转子盘 10 具有通常由锻造产生的微结构,而焊缝 25 则具有通常由铸造产生的微结构。尽管图 1 还显示了具有不同原子结构的转子盘 10、15,例如,第一转子盘 10 由镍合金制成,且具有面心原子结构,而第二转子盘 15 由钢合金制成,且具有体心原子结构,但盘 10、15 两者均可由镍合金构造。

[0056] 第一转子盘 10 具有与转子的纵向轴线 LA 同心的内表面 12 和外表面 11。在图 1 所示的实施例中,槽 20 形成于第一转子盘 10 中,槽 20 从外表面 11 延伸到转子盘 10 中,且在转子盘 10 中终止,以便仅部分地延伸通过转子盘 10 的深度。槽 20 还围绕转子盘 10 周向地延伸。然而,槽 20 还可从内表面 12 延伸,或者备选地在第一转子盘 10 的内表面 12 和外表面 11 两者中延伸,而始终不延伸通过转子盘 10 的全部深度,即,槽 20 仅部分地延伸到转子盘 10 中。

[0057] 第二转子盘 15 也具有与转子的纵向轴线 LA 同心的内表面 17 和外表面 16。在图 1 所示的实施例中,槽 22 形成于第二转子盘 15 中,槽 22 从外表面 16 延伸到转子盘 15 中,且在转子盘 15 中终止,以便仅部分地延伸通过转子盘 15 的深度。槽 22 还围绕转子盘 15 周向地延伸。然而,槽 22 还可形成于内表面 17 中,或者备选地形成于第二转子盘 15 的内表面 17 和外表面 16 两者中,而始终不延伸通过第二转子盘 15 的全部深度。

[0058] 焊缝 25 通过填充和跨越两个转子盘 10、15 之间的径向间隙来连接第一转子盘 10 和第二转子盘 15,且焊缝 25 由类似于盘 10、15 的具有最高的温度级别的镍合金制成。

[0059] 当焊缝 25 由镍合金制成,且通过超声波来检测,而且槽 20 和两个转子盘 10、15 分别由镍合金和钢制成时,槽 20 优选地仅形成于第一转子盘 10 中。在此布置中,超声波 32 不会经历在槽 22 形成于第二转子盘 15 中而且要求超声波 32 穿过在第二转子盘 15 的钢和焊缝 25 的镍合金之间形成的原子结构边界的情况下会发生的衰减水平。

[0060] 图 2 显示了焊接在一起的图 1 的两个转子盘 10、15。图 2 还显示了根据另一个实施例的形成于转子盘中的槽 20、22。形成于第一转子盘 10 的外表面 11 中的槽 20 和第二转子盘 15 的外表面 16 中的槽 22 包括多个孔,这些孔从转子盘 10、15 的外表面 11、16 延伸到转子盘 10、15 中,沿转子盘 10、15 周向地分布。虽然显示了槽 20、22 从转子盘 10、15 的外表面 11、16 延伸,但是多个槽 20、22 还可形成于内表面 12、17 中,或者备选地形成于转子盘 10、15 的内表面 12、17 和外表面 11、16 中,而始终不延伸通过转子盘 10、15 的全部深度。

[0061] 取决于检测焊缝缺陷 27 所使用的检测方法的要求,孔形式的槽 20 可仅形成于转子盘 10、15 中的一个盘中。这是例如当检测装置为结合了源和检测器两者的超声波检测装置 30 时的情况。

[0062] 图 3 显示了插入本公开的实施例的第一转子盘 20 中的槽中的超声波检测装置 30。从超声波检测装置 30 中发射出的超声波 32 从槽 20 传播到焊缝 25。超声波检测装置 30 由穿过径向焊缝深度 WD 的超声波 32 的反射来检测焊缝缺陷 27。

[0063] 图 4 显示了插入第一转子盘 10 的槽 20 中的同位素源 35 和插入第二转子盘 15 的槽 22 中的同位素膜 37。还显示了通过使同位素放射 38 从同位素源 35 发射,通过焊缝 25 到达插入第二盘 15 的槽 22 中的同位素膜 37,来检测焊缝 25 的缺陷 27。

[0064] 图 5 显示了在检测焊缝 25 之后被填充的槽 24。

[0065] 在各个示例的实施例中,槽的深度 SD 优选地不超过通过槽 20、22 被制成的区域的转子盘 10、15 的径向深度的一半深度。这确保槽 20、22 不会对盘 10、15 的完整性产生主要的材料作用。另外,虽然槽 20、22 优选地设置在焊缝 25 附近,以便最大程度地减小检测信号的衰减,但是槽 20、22 不应该太靠近焊缝 25,以致槽 20、22 可能会影响焊缝完整性。在示例性实施例中,通过使焊缝径向中点 26 和槽 20、22 之间的距离小于焊缝径向中点 26 和转子表面中的任何一个表面之间的距离来实现这一点。这使得能够通过改善信号衰减问题来减小焊缝检测信号路径长度。另外,槽 20、22 还可采用任何适当的形式,包括腔体、孔和凹槽,而且在各种情况下,槽 20、22 构造成能够容纳检测信号源,例如同位素源 35 或超声波检测装置 30 和 / 或检测信号膜,例如同位素膜 37。

[0066] 虽然本文已经在设想为最实际和优选的实施例中对本公开进行了显示和描述,但是应当认识到,可在本公开的范围内进行变型,此范围不限于本文所述的细节,而是与权利要求书的完全范围一致,以便包括任何和所有等效装置和设备。例如,虽然本公开特别适于蒸汽轮机,因为蒸汽轮机具有相对厚的转子,但是本公开的特征也可应用于其它机器例如燃气轮机的转子。



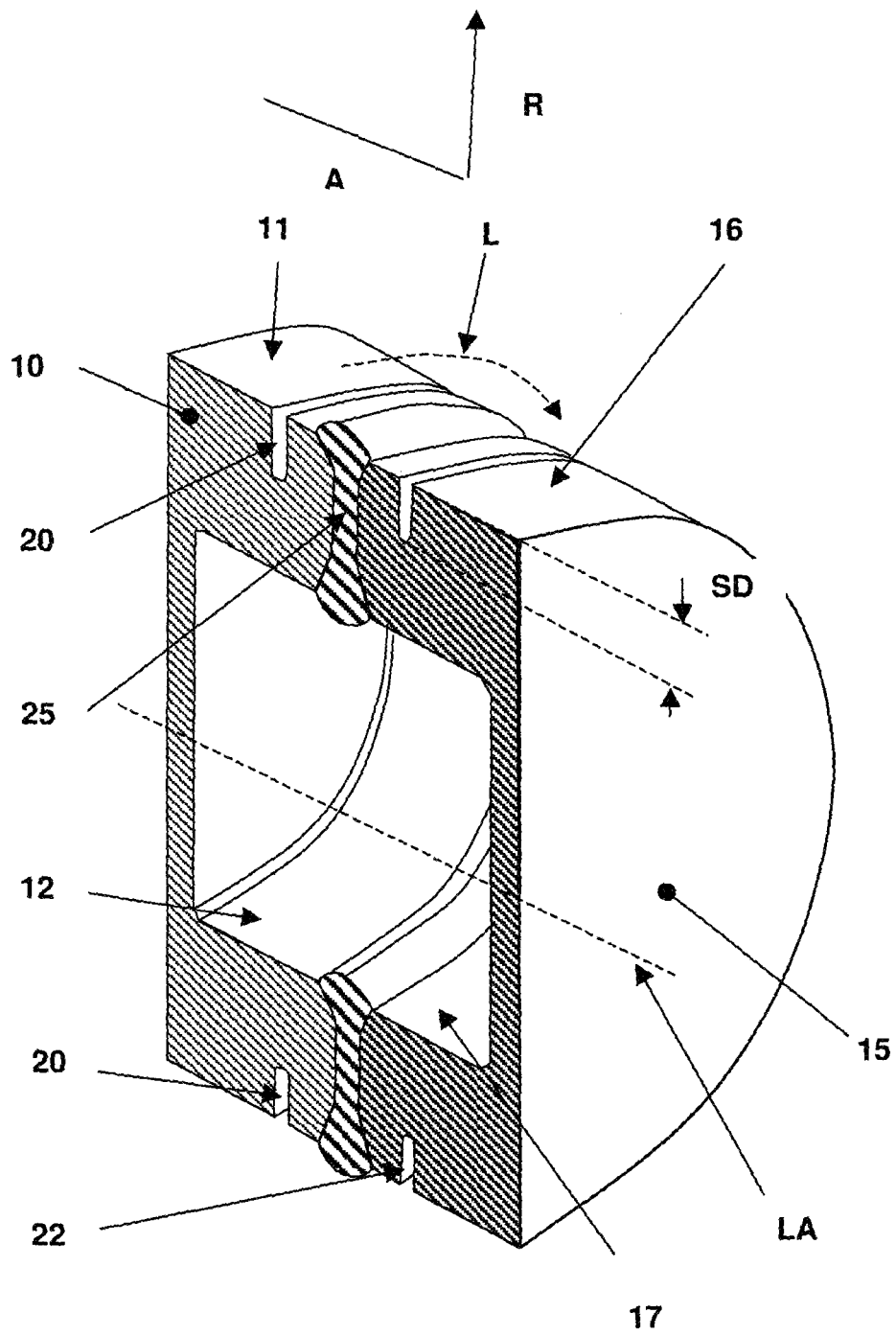


图 1



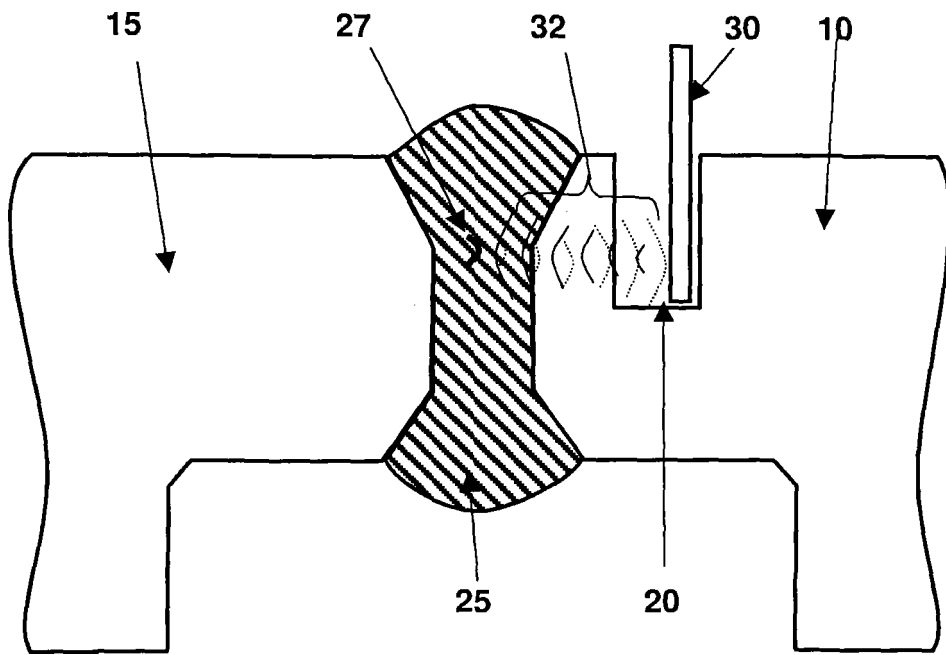


图 3

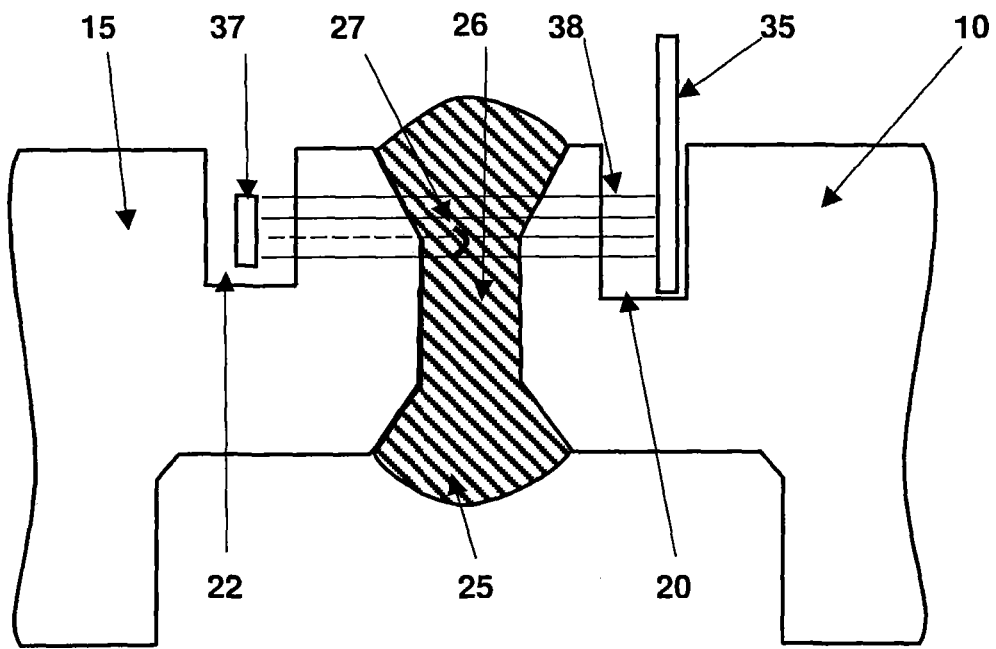


图 4

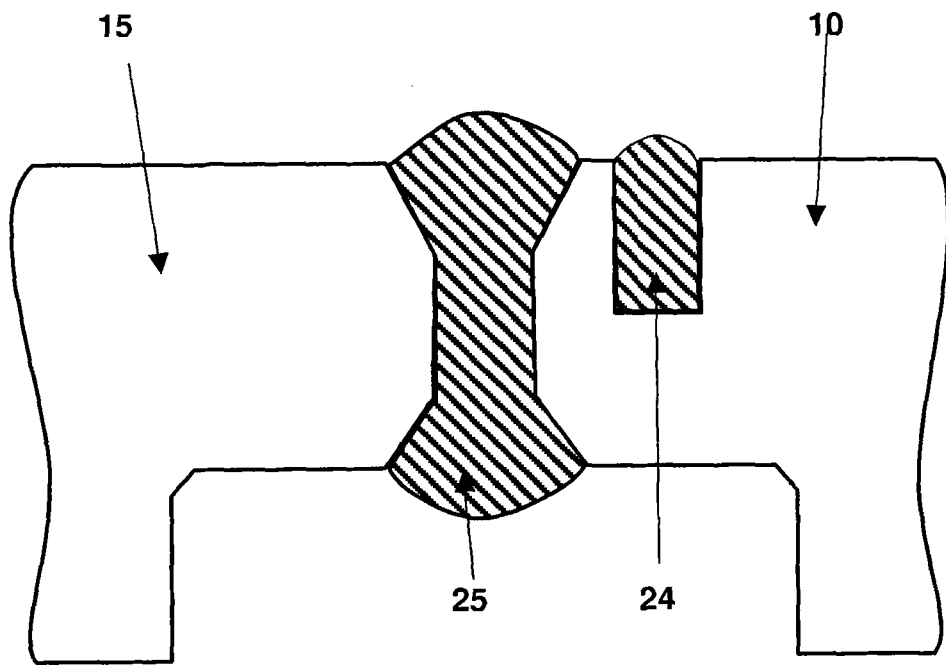


图 5