



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102478039 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 30

(21) 申请号 201110375539. 1

(22) 申请日 2011. 11. 23

(30) 优先权数据

12/952246 2010. 11. 23 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作有限  
公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 E. J. 伯格 P. H. 富斯  
L. C. 莱夫 J. T. 卡特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公  
司 72001

代理人 曹小刚 杨思捷

(51) Int. Cl.

F16B 5/04(2006. 01)

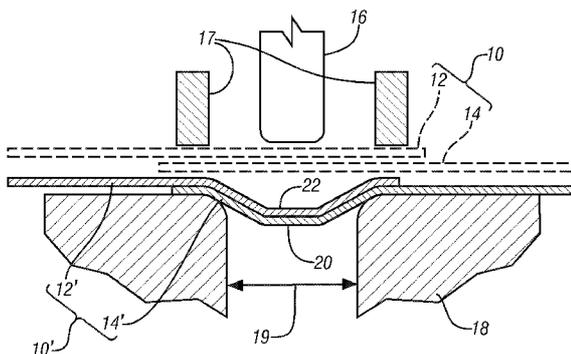
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 7 页

(54) 发明名称

用增强的聚合物复合紧固件结合镁

(57) 摘要

本发明涉及用增强的聚合物复合紧固件结合镁。公开了用于在多个重叠薄金属片工件(其至少之一包括至少 85wt% 镁片)中形成防腐蚀接头的方法。该紧固件是纤维增强聚合物杆,其形状和尺寸适于插入每一片中形成的同轴开口内并随后在每一端镦锻以形成头部。在至少一些接头加载样式下,工件片变形以形成协同补偿该紧固件强度的机械干扰特征。该方法可以用于其他工件和紧固件组成。



1. 用于在两个或更多个重叠片的组合件中形成耐腐蚀接头的方法,其中至少一个所述片包括包含至少 85wt% 镁的镁合金,每一片具有顶表面和底表面,所述方法包括:

组装所述片以具有平坦的重叠区域,其中一个片的底表面与重叠片的顶表面面对面接触,所述平坦的重叠区域具有一个片的顶表面和另一片的底表面;

使所述片在所述重叠区域的至少一部分上变形以将重叠的片材料移置到所述重叠平坦区域的平面之外,并在所述移置的材料中形成孔,由此所述移置的片材料具有互锁特征,所述互锁特征在机械上阻碍所述变形的片沿其接触面滑动,所述孔具有形状和尺寸;

将细长的可变形的纤维增强聚合物物体插入通过所述孔,所述聚合物物体具有长度、形状与所述孔的形状互补的横截面、和小于所述孔尺寸的横截面尺寸;

将所述可变形的聚合物物体定位在所述孔中,以使所述物体长度的适合部分在所述变形的片的任一侧延伸,以提供用于连接所述重叠片的连接材料;和

锻造所述可变形物体的端部以形成两个头部,各自位于所述可变形物体的一个端部上,每一头部具有下侧面;和

连续锻造所述可变形的纤维增强聚合物物体的端部,直至一个头部的下侧面接触所述重叠区域的顶表面且所述第二头部的下侧面接触所述重叠区域的底表面。

2. 权利要求 1 的方法,其中形成所述互锁特征的方法包括:

在所述重叠区域中形成通过所有片的孔;

对所述重叠区域的顶表面施加具有形状和尺寸的平底冲头,同时用具有与所述冲头互补形状的模具支撑所述重叠区域的底表面,所述模具具有尺寸大于所述冲头尺寸的模孔;和

将所述片移置到所述模孔内以在每一片的底表面上形成凸起并在每一片的顶表面上形成互补的凹陷,如此进行的尺寸化使得接触的片的所述凸起和凹陷特征嵌套在一起。

3. 权利要求 1 的方法,其中形成所述互锁特征的方法包括:

在所述重叠区域中形成开口并延伸通过所述重叠区域中的所有片,所述开口具有中心线且每个片具有围绕所述开口的切割边缘;

将每一片围绕中心位于所述开口中心线上的弯曲线弯曲,以在每个片中形成从每个片的顶表面沿着从所述片的顶表面到所述片的底表面的方向延伸并终止在所述片切割边缘的凸缘,接触片的凸缘是嵌套的;和

由最上面的片中的重叠区域的顶表面形成的内凸缘表面限制了用于插入所述纤维增强聚合物物体的孔,所述孔延伸通过所述重叠区域中的所有片;且其中:

延伸到所述重叠区域的底表面以外的所述纤维增强聚合物物体的长度经选择以能将每一片的切割边缘嵌入所述可变形的纤维增强聚合物物体的第二锻造头部中。

4. 权利要求 3 的方法,进一步包括进一步变形所述嵌套凸缘以形成翻转凸缘的步骤。

5. 权利要求 1 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是热塑性材料,且包括由以下构成的组中之一:聚酯、聚酰胺或聚丙烯、聚邻苯二甲酰胺、聚苯硫醚、聚酰胺-酰亚胺、聚醚砜和聚亚芳基酮;和

进一步包括在锻造之前将所述聚合物物体加热到高于其玻璃态转化温度的温度并在锻造之后将所述聚合物物体冷却到低于其玻璃态转化温度的温度的步骤。

6. 权利要求 1 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是部分固化的或以其它方式增稠

的热固性材料,且包括由以下构成的组中之一:环氧树脂、聚酯树脂和乙烯基酯树脂;和进一步包括在锻造之后固化所述热固性材料的步骤。

7. 权利要求 1 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是由由韧皮、玻璃、芳族聚酰胺和石墨构成的组的纤维之一增强的。

8. 权利要求 1 的方法,其中所述开口是非圆形的。

9. 权利要求 1 的方法,其中所述孔是圆形的且具有直径,所述纤维增强聚合物物体是直径为所述开口直径的 85-99% 的圆柱体,且所述聚合物物体延伸到所述重叠区域的顶表面和底表面以外约为所述开口直径的 1.2-2 倍的距离。

10. 权利要求 1 的方法,其中将至少所述镁片加热到约 250℃ 的温度。

## 用增强的聚合物复合紧固件结合镁

### 技术领域

[0001] 本发明涉及使用纤维增强热塑性或热固性紧固件与通过将薄片金属部件变形而形成的机械干涉结构相合作,在所述薄片金属部件中形成高搭接剪切强度接头的方法,该薄片金属部件的一个或多个可以是镁合金。

### 背景技术

[0002] 高强度重量比材料越来越多的应用是在越来越高的汽车燃料经济性的寻求中采用的几个策略之一,现有的汽车引入了各种这种材料,包括高强度钢、高性能铝合金和镁合金。在这各种较高强度重量比材料中,镁及其合金是有吸引力的,因为镁的低密度以及其在适当加工时能够实现可接受的高强度。

[0003] 镁是最具化学活性的常用汽车结构金属,且除非受到保护,否则在暴露于水溶液时其容易腐蚀,特别是在该水溶液与其他金属接触或包含金属离子时。已经开发了使汽车镁合金的这些腐蚀趋势最小化的处理和工艺,但在将镁合金结合到不同金属时,在含水电解质存在下可能建立原电池。在该电池中,该镁组分将是阳极且优先腐蚀。

[0004] 在使用机械紧固件(例如铆钉、螺栓或螺钉)时可以建立该电池。这些紧固件几乎普遍都是由其他材料或合金(最通常是铁,或者较不通常是铝)制备的,且与镁紧密接触。因此,薄壁或片状镁部件通过穿透入该镁制品或穿过该镁制品的机械紧固件的任何结合,或者通过穿透入该镁制品或穿过该镁制品的机械紧固件而至所述薄壁或片状镁部件的任何结合,可能产生电解质进入通道并促进在该紧固件附近的局部腐蚀。即使用阻挡涂层涂覆该镁部件以抑制整体腐蚀或者即使将一个镁合金制品与另一镁制品连接,也可能发生这种腐蚀。

[0005] 因此,需要用于将镁合金制品(特别是薄的或片状制品)与其他片状材料(包括其他镁基合金)连接的改进方法和紧固件。

### 发明内容

[0006] 可以使用聚合物紧固件以能在两个或更多个重叠薄工件(特别是片金属工件)中进行搭接,该工件的至少一个是包含超过 85wt% 镁的镁合金。这种紧固件在该紧固件和镁之间不产生电化腐蚀电势。但是形成在通常平坦的工件中的该搭接头的搭接剪切强度主要取决于该紧固件的强度,尺寸类似于金属紧固件的未增强的聚合物可能不提供足够的强度。

[0007] 本发明的目的是提供高搭接剪切强度接头。可以使用优选结合使用的两种方法。第一种使用纤维增强聚合物紧固件优先于未增强的聚合物紧固件;第二种方法需要将该工件变形以使其彼此机械啮合。

[0008] 可以通过将通过挤出或 pultrusion 并切割到适合长度形成的杆状物体或嵌条的端部锻造而制备包括用纤维增强件增强的聚合物的聚合物紧固件。最通常物体的横截面将是圆形的,但其他横截面的物体也可以不加限制使用。该纤维增强件可以是连续纤维或对

齐的短纤维,通常与该物体的轴共轴取向且均匀或不均匀分布在该物体横截面内。

[0009] 该紧固件的聚合物基体可以是热塑性材料,使得在高于其玻璃态转化温度的温度时可以将其容易成形,而在环境温度或约 25°C 保持最大强度。适合的基体可以包括较低性能的热塑性材料,例如聚酰胺或聚丙烯,但在经历汽车油漆焙烧循环(160-200°C 至少 20 分钟)的结构中,尤其优选具有较高玻璃态转化或结晶温度的高性能热塑性材料,例如聚邻苯二酰胺、聚苯硫醚、聚酰胺-酰亚胺、聚醚酮和聚亚芳基酮。

[0010] 也可以使用热固性聚合物(热固性材料)。热固性材料可以提供比热塑性材料更高的抗蠕变性和尺寸稳定性,且可以优选用于包括高温暴露的应用。优选这些将是 B 阶环氧树脂或低于其  $T_g$  可交联的热固性材料。B 阶环氧树脂是其中在该树脂和硬化剂之间仅发生有限反应以使得该产物是半固化、高粘性的但可变形的状态的那些。在适度提高温度时可以有利的变形。根据其配比,该 B 阶环氧树脂的部分固化可以发生在室温,约 25°C,或在更高的温度。优选固化温度更高的热固性材料。适合的实例包括:环氧树脂,例如用胺、酸酐或咪唑固化剂固化的基于双酚 A 二缩水甘油基醚的树脂(例如 Hexion Epon 828)或基于酚醛清漆的树脂(例如 Hexion Epon SU-2.5);用过氧化物固化且任选地用氧化镁增稠的不饱和聚酯树脂,例如基于丙二醇的那些;和用过氧化物固化且任选地用氧化镁增稠的乙烯基酯树脂(例如 Ashland Derakane)。因此可以将由该热固性材料形成的紧固件加热以在该热固性材料中产生全强度。这可以使用加热灯或通过将该组装部件通过烘箱而进行。可替代地,可以通过暴露于紫外光或电子束而促进固化。

[0011] 适合的纤维增强材料可以包括玻璃和芳族聚酰胺纤维。倘若其能够与该镁确实隔离,那么碳纤维也可以是适合的。也可以使用混合纤维,纤维可以是编织的或以其它方式成组或结合的,或者以各个纤维形式引入该基体中。例如,碳纤维可以位于编织芳族聚酰胺或玻璃纤维套筒的内部以确保该碳纤维的隔离。纤维通常可以在该物体横截面上均匀分布或者可以选择性定位,例如以提供选择性增强或有利于以最小纤维损伤锻造,或者如在碳纤维的情况中那样,以将其定位与该工件不可能接触。也可以使用天然纤维,例如韧皮纤维,包括大麻和黄麻。

[0012] 该紧固件可以优选通过将该纤维增强聚合物的短杆状长度或物体插入在由重叠片形成的工件堆中共同形成的孔中而在面内形成。该孔可以通过钻孔或刺孔产生。可以通过将至少该镁片加热到约 250°C 以提高其延展度而进行刺孔。可以加热到高于环境温度的纤维增强聚合物的直径的尺寸应当适合容易进入该孔中,同时在其和该物体之间提供最小的间隙。可以斜切该物体以容易插入。

[0013] 在插入该孔中之后,可以使该物体前进直至其从该堆的顶表面和底表面延伸出,优选在该堆的任一侧上延伸出约相等的量。该延伸部分的长度应当优选为该孔直径的约 1.2-2 倍。因此,对于通常圆柱形的物体,该物体的长度应当优选基本上等于该工件堆的厚度加上等于该孔直径的 2.4-4 倍的距离。然后可以将该物体的凸起部分锻造以在该堆的每侧上形成其尺寸超过该孔的头部以将该堆的元件固定在一起。该锻造可以同时进行以在该物体的每个端部施加大约相等的相反负荷,或者倘若适合施加与该锻造力相反的反作用力,该锻造可以顺序进行。

[0014] 对于热塑性材料,优选将该物体预加热到至少高于该热塑性材料的玻璃态转化温度的温度,然后再插入该孔中。对于无定形聚合物,仅略微高于该玻璃态转化温度的温度可

以是适合的,而具有更多结晶特征的聚合物可能需要接近熔化温度的温度。对整个物体的预加热将有利于锻造并在锻造过程中促进由该工件包围的该物体部分中的变形。可以将热固性材料插入并在室温变形,但固化将通常需要将至少该紧固件加热,例如使用加热灯或将该组合件通过炉子或加热器。在一些应用中,固化可以在使用约 160°C -200°C 温度的油漆固化烘箱中或用紫外或电子束固化进行。

[0015] 由该锻造操作形成的头部应当延伸明显超出该片开口的边缘,以有效拒绝水或盐水溶液进入由该制孔工艺暴露出的清洁金属表面。该头部可以成形为简单形状,例如盘状或穹顶状,或者如果其更好地保证增强纤维在从柄部到头部的连续性,那么也可以使用更复杂的头部形状。

[0016] 优选该物体直径(如果是圆柱形)的尺寸为该孔直径的 85%-95%,以能够容易插入该物体并促进在锻造过程中由该工件堆包围的物体的部分或多或少的均匀压缩而不会弯曲。在负载下,通常均匀压缩的物体将横向膨胀并向外伸展。因此,位于该工件堆开口中的物体部分将膨胀以紧密啮合该清洁金属孔边缘并再次拒绝电解质进入。该物体的初始直径越大,填充该孔所需的变形就越小,因此 93%-95% 的更大物体尺寸是更优选的。如果可以实现更精确的物体定位,和 / 或如果该物体能够承受更大的插入力,那么可以使用高达该孔直径的 99% 的更大物体以得到接近干涉的配合并使得对于该物体部分在该孔开口中的任何膨胀的需要最小化。在形成该孔之后在该片开口上施加阻挡涂层(例如转化涂层)也可以是优选的。

[0017] 可以通过将该物体的端部锻造与该堆中工件的选择性共同变形相结合而实现接头强度的进一步提高。

[0018] 在第一实施方案中,可以组装两个或更多个片,带有通常共平面的重叠区域,其中至少一个片是包含超过 85wt% 镁的镁合金。可以将该重叠区域的至少一部分变形以在片中提供延伸到该片的平面外的配合凸起特征,且在负载在该片面内时抵抗其被拉开。为了提高该镁合金片的延展性,该变形可以在高于约 250°C 的温度进行。将该片加热到该温度可以通过电阻加热或任何其他方便的方法(例如电感加热、摩擦加热或激光加热)实施。如果如刚刚所述将该配合凸起刺孔并用聚合物物体连接在一起,那么将使该工件凸起紧密啮合。该啮合凸起将在机械上干扰,产生相互支持并促进搭接剪切接头强度的提高。

[0019] 该凸起可以具有任何常规形状和尺寸,但平底几何形状(其能使物体锻造简化)是优选的。

[0020] 在第二实施方案中,首先在重叠工件(其至少之一是镁合金)的堆中制备孔,钻的或刺的。然后对该孔凸缘化,优选在高于约 250°C 的温度进行,以提高该镁合金片的延展性。可以通过用以该孔为中心的环形模具支撑该工件堆的一侧并将圆柱状成形工具从该工件堆的另一侧驱入该孔中,而实施凸缘化。该圆柱状成形工具可以具有锥形端部,其尺寸适合进入该孔。该环形模具经过尺寸设计以具有基本上等于该圆柱形工具的直径再加上该堆的厚度两倍的开口。当该成形工具完全插入时,该孔周围的工件层的每一弯曲 90° 并形成垂直凸缘。每一垂直凸缘紧密啮合相邻工件中形成的凸缘以产生一系列嵌套的互锁凸缘。

[0021] 在第一和第二实施方案中,通过将经锻造和适当尺寸化以排出前述电解质的纤维增强聚合物物体插入,来完成该接头。在测试该接头时,该嵌套凸缘可能相互干扰,并为该接头提供显著的强度,这种贡献是紧固件的贡献以外的贡献。当测试该接头的搭接剪切时

该嵌套凸缘贡献可能最大。

[0022] 可以使用其他更复杂横截面的成形工具与互补几何形状的支撑模具的结合,以产生非圆形轮廓的凸缘。例如为了将片的相对转动限制在所述片的平面内,可以使用椭圆形、三角形或矩形轮廓。将该堆中的片在升高温度(大于 250°C)变形以提高该镁合金片的延展性可以是优选的。

[0023] 在第三实施方案中,可以通过将嵌套的凸缘再弯曲 90° 弯曲度以形成 180° 的总弯曲度以将其弯到自身上,而使第二实施方案的嵌套凸缘几何形状进一步变形。在本结构中,将该堆的下片圈闭在该上片的下侧和该上片的弯折凸缘部分之间。

[0024] 该凸缘可以以可预测的一致方式弯曲,优选使用 2 部分式工具。该第一部分支撑并引导第二部分,第二部分前进将该凸缘边缘啮合在双曲型的模具表面上,并进一步逐渐前进将该边缘向外张开以将其辊压并弯曲到所需的 180° 弯曲度。再次,可以优选通过将该嵌套凸缘区域加热到至少 250°C 而提高至少该镁合金片的延展度。可以通过插入被镦锻并经尺寸化以排出如前所述的电解质的纤维增强聚合物物体而完成该接头。

[0025] 在测试这种接头时,该折叠的凸缘可以彼此干扰,并且为接头提供显著的强度,这是增强聚合物紧固件贡献之外的贡献。对于该第二实施方案,可以期望搭接剪切强度的很大提高。但是,由于变形更复杂,该接头可以预期在更宽范围的施加负载条件(包括张力和剥落)下具有提高的强度。

[0026] 在该第三实施方案的一个方面中,该孔形成工具可以形成具有一个或多个径向延伸槽的孔,所述槽延伸到该凸缘的弯曲线以将该凸缘分隔成一系列弧形段。在该第三实施方案的第二方面中,该凸缘啮合工具可以引入切割边缘以将该凸缘分隔成一系列弧形段。这些方面的弧形段可以能够独立变形以使该凸缘中的周向应变最小化。

[0027] 该实施和工艺可以适用于由聚合物或金属紧固件固定的其他金属和聚合物工件,以促进该工件和该紧固件之间的合作作用并由此产生更牢固的接头。

[0028] 本发明进一步体现在如下方面:

1. 用于在两个或更多个重叠片的组合件中形成耐腐蚀接头的方法,其中至少一个所述片包括包含至少 85wt% 镁的镁合金,每一片具有顶表面和底表面,所述方法包括:

组装所述片以具有平坦的重叠区域,其中一个片的底表面与重叠片的顶表面面对面接触,所述平坦的重叠区域具有一个片的顶表面和另一片的底表面;

使所述片在所述重叠区域的至少一部分上变形以将重叠的片材料移置到所述重叠平坦区域的平面之外,并在所述移置的材料中形成孔,由此所述移置的片材料具有互锁特征,所述互锁特征在机械上阻碍所述变形的片沿其接触面滑动,所述孔具有形状和尺寸;

将细长的可变形的纤维增强聚合物物体插入通过所述孔,所述聚合物物体具有长度、形状与所述孔的形状互补的横截面、和小于所述孔尺寸的横截面尺寸;

将所述可变形的聚合物物体定位在所述孔中,以使所述物体长度的适合部分在所述变形的片的任一侧延伸,以提供用于连接所述重叠片的连接材料;和

镦锻所述可变形物体的端部以形成两个头部,各自位于所述可变形物体的一个端部上,每一头部具有下侧面;和

连续镦锻所述可变形的纤维增强聚合物物体的端部,直至一个头部的下侧面接触所述重叠区域的顶表面且所述第二头部的下侧面接触所述重叠区域的底表面。

[0029] 2. 方面 1 的方法,其中形成所述互锁特征的方法包括:

在所述重叠区域中形成通过所有片的孔;

对所述重叠区域的顶表面施加具有形状和尺寸的平底冲头,同时用具有与所述冲头互补形状的模具支撑所述重叠区域的底表面,所述模具具有尺寸大于所述冲头尺寸的模孔;和

将所述片移置到所述模孔内以在每一片的底表面上形成凸起并在每一片的顶表面上形成互补的凹陷,如此进行的尺寸化使得接触的片的所述凸起和凹陷特征嵌套在一起。

[0030] 3. 方面 1 的方法,其中形成所述互锁特征的方法包括:

在所述重叠区域中形成开口并延伸通过所述重叠区域中的所有片,所述开口具有中心线且每个片具有围绕所述开口的切割边缘;

将每一片围绕中心位于所述开口中心线上的弯曲线弯曲,以在每个片中形成从每个片的顶表面沿着从所述片的顶表面到所述片的底表面的方向延伸并终止在所述片切割边缘的凸缘,接触片的凸缘是嵌套的;和

由最上面的片中的重叠区域的顶表面形成的内凸缘表面限定了用于插入所述纤维增强聚合物物体的孔,所述孔延伸通过所述重叠区域中的所有片;且其中:

延伸到所述重叠区域的底表面以外的所述纤维增强聚合物物体的长度经选择以能将每一片的切割边缘嵌入所述可变形的纤维增强聚合物物体的第二锻锻头部中。

[0031] 4. 方面 3 的方法,进一步包括进一步变形所述嵌套凸缘以形成翻转凸缘的步骤。

[0032] 5. 方面 2 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是热塑性材料,且包括由以下构成的组中之一:聚酯、聚酰胺或聚丙烯、聚邻苯二甲酰胺、聚苯硫醚、聚酰胺-酰亚胺、聚醚砜和聚亚芳基酮;和

进一步包括在锻锻之前将所述聚合物物体加热到高于其玻璃态转化温度的温度并在锻锻之后将所述聚合物物体冷却到低于其玻璃态转化温度的温度的步骤。

[0033] 6. 方面 3 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是热塑性材料,且包括由以下构成的组中之一:聚酯、聚酰胺或聚丙烯、聚邻苯二甲酰胺、聚苯硫醚、聚酰胺-酰亚胺、聚醚砜和聚亚芳基酮;和

进一步包括在锻锻之前将所述聚合物物体加热到高于其玻璃态转化温度的温度并在锻锻之后将所述聚合物物体冷却到低于其玻璃态转化温度的温度的步骤。

[0034] 7. 方面 4 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是热塑性材料,且包括由以下构成的组中之一:聚酯、聚酰胺或聚丙烯、聚邻苯二甲酰胺、聚苯硫醚、聚酰胺-酰亚胺、聚醚砜和聚亚芳基酮;和

进一步包括在锻锻之前将所述聚合物物体加热到高于其玻璃态转化温度的温度并在锻锻之后将所述聚合物物体冷却到低于其玻璃态转化温度的温度的步骤。

[0035] 8. 方面 2 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是部分固化的或以其它方式增稠的热固性材料,且包括由以下构成的组中之一:环氧树脂、聚酯树脂和乙烯基酯树脂;和

进一步包括在锻锻之后固化所述热固性材料的步骤。

[0036] 9. 方面 3 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是部分固化的或以其它方式增稠的热固性材料,且包括由以下构成的组中之一:环氧树脂、聚酯树脂和乙烯基酯树脂;和

进一步包括在锻锻之后固化所述热固性材料的步骤。

- [0037] 10. 方面 4 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是部分固化的或以其它方式增稠的热固性材料,且包括由以下构成的组中之一:环氧树脂、聚酯树脂和乙烯基酯树脂;和进一步包括在镦锻之后固化所述热固性材料的步骤。
- [0038] 11. 方面 2 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是由由韧皮、玻璃、芳族聚酰胺和石墨构成的组的纤维之一增强的。
- [0039] 12. 方面 3 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是由由韧皮、玻璃、芳族聚酰胺和石墨构成的组的纤维之一增强的。
- [0040] 13. 方面 4 的方法,其中所述纤维增强聚合物物体是由由韧皮、玻璃、芳族聚酰胺和石墨构成的组的纤维之一增强的。
- [0041] 14. 方面 3 的方法,其中所述开口是非圆形的。
- [0042] 15. 方面 4 的方法,其中所述开口是非圆形的。
- [0043] 16. 方面 2 的方法,其中所述孔是圆形的且具有直径,所述纤维增强聚合物物体是直径为所述开口直径的 85-99% 的圆柱体,且所述聚合物物体延伸到所述重叠区域的顶表面和底表面以外为所述开口直径的约 1.2-2 倍的距离。
- [0044] 17. 方面 3 的方法,其中所述孔是圆形的且具有直径,所述纤维增强聚合物物体是直径为所述开口直径的 85-99% 的圆柱体,且所述聚合物物体延伸到所述重叠区域的顶表面以外为所述开口直径的约 1.2-2 倍的距离。
- [0045] 18. 方面 4 的方法,其中所述孔是圆形的且具有直径,所述纤维增强聚合物物体是直径为所述开口直径的 85-99% 的圆柱体,且所述聚合物物体延伸到所述重叠区域的顶表面以外为所述开口直径的约 1.2-2 倍的距离。
- [0046] 19. 方面 1 的方法,其中将至少所述镁片加热到高于约 25°C 的温度。
- [0047] 20. 方面 1 的方法,其中将至少所述镁片加热到约 250°C 的温度。

#### 附图说明

- [0048] 图 1 显示了适于在多个重叠金属片上形成嵌套凸起的冲头和模具的截面。
- [0049] 图 2 显示了图 1 的凸起的截面,示意性地描述了经定位以镦锻插入在该凸起中制备的孔中的纤维增强聚合物物体的第一设计的上下镦锻工具。
- [0050] 图 3 显示了在该物体的端部已经镦锻以形成接头之后与图 2 中所示的接头相同的截面。
- [0051] 图 4 显示了具有锥形冲头已经部分插入的开口两个重叠金属片的截面。所述片支撑在以该冲头和该片中的开口为中心的模具上。
- [0052] 图 5 显示了在该冲头冲程末端处的重叠金属片的结构截面视图,且显示了多个连续嵌套凸缘的形成。
- [0053] 图 6 显示了在插入和镦锻纤维增强聚合物物体之后图 5 的金属片结构。
- [0054] 图 7 以横截面显示了图 5 的嵌套凸缘的进一步变形以形成多个嵌套的翻转凸缘。
- [0055] 图 8 显示了在图 4 的片中形成的开口几何形状的一个方面的平面图。
- [0056] 图 9 显示了图 4 中所示的开口几何形状的第二方面的平面图。
- [0057] 图 10 显示了使用第二设计的镦锻工具来镦锻放置在重叠片(具有翻转嵌套凸缘)中形成的孔内的纤维增强聚合物物体。

[0058] 图 11 显示了通过用图 8 中所示的镦锻工具来镦锻制备的成形纤维增强聚合物物体。

### 具体实施方式

[0059] 镁及其合金的易腐蚀性需要使用特别方法以防止或抑制在含镁结构中的腐蚀。在将镁合金与另一金属在水溶液存在下电接触的情况下这是特别重要的。例如，在例如机动车辆门的应用中，该门的下部将暴露于道路喷洒物，其可能包含除冰盐或其他化学物质。

[0060] 对于至少一些应用，可以用一些惰性阻挡层覆盖该镁或将该镁与较不易腐蚀的金属分隔开。然而，在该镁合金与该较不易腐蚀的金属的结合位置处，将会发生金属与金属的直接接触。实际上，因为镁合金的优选结合方案是通过使用机械紧固件（例如尤其是螺栓、螺钉、铆钉）进行的，因此即使这些紧固件也可能会促进电化腐蚀，因为这些紧固件典型是由钢或铝制备的。因此，即使在其中要将一种镁合金结合到另一镁合金上的情况中，使用机械紧固件也可能需要特别考虑。

[0061] 由于紧固件而造成的镁合金腐蚀的一种抑制方法是使用不易腐蚀的聚合物紧固件，其可以是纤维增强的以提高强度。对于薄镁制品，特别是镁片制品，优选的结合装置是纤维增强的聚合物物体，插入一堆工件中的配合孔中并在各端镦锻以形成头部或类似结构，其下部与对接的工件表面接触。

[0062] 然后各头部的下侧面将该堆夹在一起。在形成该头部的同时，将该物体在该孔内的部分（更通常称作柄部）压缩并膨胀以填充该孔。该物体的端部可以基本上同时或顺序镦锻以形成头部。

[0063] 该物体的尺寸应当选择以确保该柄部不弯曲且形成的镦锻头部对该工件的固定最好。这可以用具有其直径在孔直径的约 85-95%，更优选 93-95% 范围内且其延伸到该工件表面以外的距离是该孔直径 1.2-2 倍的柄部的物体实现。

[0064] 因为该头部是在将该物体插入该孔中之后形成的，因此优选将该纤维增强的聚合物物体（如果其包括热塑性聚合物基体）加热到高于其玻璃态转化温度的温度。可以将适合的热固性材料（例如 B 等级环氧树脂）在环境温度下插入；其他的可交联热固性材料也可以，前提是其保持低于其  $T_g$  或玻璃态转化温度。适合的 B 等级环氧树脂的特别实例可以包括：环氧树脂，例如用胺或咪唑固化剂固化的双酚 A 基树脂的二缩水甘油醚；或者用过氧化物固化且任选地用氧化镁增稠的聚酯或乙烯基酯树脂。

[0065] 通过将热塑性物体加热到高于其玻璃态转化温度并使其在塑性状态变形可以使该热塑性物体可靠地变形而不会断裂或破裂。一旦冷却到低于其玻璃态转化温度，该热塑性材料将再次获得其较高的强度并适宜地将该工件保持在该堆中。该热塑性材料可以是较低性能的热塑性材料，例如聚酰胺或聚丙烯。但是，在其中该热塑性材料将会暴露于热循环（例如用于固化车体油漆的热循环，典型地 160-200°C 至少 20 分钟）的应用中，具有较高玻璃态转化或结晶温度的高性能热塑性材料（例如聚邻苯二甲酰胺或聚苯硫醚）是优选的，但也可以使用其他的，包括聚酰胺-酰亚胺、聚醚砜和聚亚芳基酮。

[0066] 热固性聚合物的物体可能需要升高温度固化以使得可以在室温或约 25°C 将其插入并镦锻。在插入和镦锻之后，至少对该紧固件局部加热将能使聚合物固化并得到最大的紧固件强度。这种固化可以通过例如加热灯或可以通过使用加热工具或通过将该紧固件

(和组合件)放入炉子或烘箱(例如油漆烘焙炉)中而促进。应当认识到本领域中已知的任何固化工艺都可以使用,包括暴露于紫外辐射或暴露于电子束。

[0067] 该物体的尺寸应当选择以增强接头强度同时使该物体的尺寸和质量最小化。优选可以用纤维(短纤维或更优选的连续纤维)增强该热塑性材料。适合制备的纤维可以包括玻璃或芳族聚酰胺纤维。在其将不会直接接触任何镁片的情况下,也可以使用碳纤维。也可以使用混合纤维,且可以将纤维各个引入或者可以将其组合成编织或纺织形式以提高纤维之间的合作作用。纤维可以通常均匀分布在该物体横截面上,或者可以选择性定位,例如以提供选择性增强或便于在使纤维损伤最小的情况下进行锻造。例如,在本发明的一个方面中,碳纤维可以位于沿该物体的长度延伸的编织的芳族聚酰胺纤维或玻璃纤维套筒内部以确保将该碳纤维与该工件隔离开。

[0068] 也可以使用天然纤维,例如韧皮纤维。韧皮纤维的特征为长的强纤维束,其包括茎的外部且包括亚麻、大麻、洋麻、印度麻、苧麻和黄麻。这种纤维具有较高的抗张强度和 0.28-0.62 的较低比重的结合以产生特别高的比强度(即强度与重量比)。

[0069] 可以使用 pultrusion 或挤出以形成延长长度的纤维增强材料并然后切割该延长长度以形成适当长度的物体而容易地形成纤维增强物体。尽管该物体的横截面可以优选为圆形,但如果优选,那么 pultrusion 和挤出都适用于制备横截面不是圆形(包括不规则横截面)的物体。

[0070] 图 1 显示了本发明的第一实施方式的横截面视图。用平底冲头 16 将由模具 18 支撑的由以重影显示的部分重叠的片工件 12 和 14 构成的工件堆 10 压出凹痕。平底冲头 16 位于模具 18 的喉口或模孔 19 上的中心。随着冲头 16 前进,首先与该工件接触,然后进入模具喉口 19 中,该工件变形到该片的平面以外。典型地通过使用与模具 18 相对定位的粘结剂 17 将抑制该片的弯曲。片 12 和 14 的这种面外变形可以在由片 12' 和 14' 构成的变形的工件堆 10' 中形成嵌套的平底斜壁特征 20 和 22。冲头 16 和模具喉头 19 具有互补的横截面,将认识到如果冲头 16 和模孔 19 的横截面都是圆形时,该平底斜壁特征 20 和 22 将具有锥形杯的形状。然而,可以为了包装或其他原因所需或优选而使用其他的冲头和喉头横截面。

[0071] 片 12 和 14 至少一个可以是镁合金。镁合金的室温可模锻性或延展性通常比汽车车体中所用的铝合金和大多数钢铁都要差。因此,在该工件堆中形成的凹陷的最大深度 'D' (图 2) 通常将受到该镁合金元件可以忍受而不会断裂的最大变形的限制。优选深度 'D' 至少等于且优选超过该片厚度的两倍。如果该镁片的室温延展性不足以实现特别设计的深度 'D',那么可以通过在成形之前将该变形区域至少局部加热到至少 250°C 而增强该镁合金片的延展性。

[0072] 这种加热可以通过使用单独电极的电阻加热而实现,或者如果图 1 的模具元件可能是电绝缘的,可以通过将电流在冲头 16 和模具 18 之间通过而实现。也可以通过将适合几何形状的线圈放在将变形的区域附近而使用电感加热。也可以采用其他方法,例如通过旋转冲头 16 而使用摩擦加热或通过将激光辐射直接作用于片 14 的下部而使用激光加热。

[0073] 在图 2 中,已经通过例如钻孔、刺孔、激光切割或其他适合的方法在嵌套特征 20 和 22 中制造对齐的基本相同尺寸的孔 24 和 26。如图所示,在该片经过面外变形之后制造孔 24 和 26,但该步骤顺序并不是必需的。孔 24 和 26 也可以在该片经过面外变形之前制备。

在使用机械工艺(例如刺孔或钻孔)时,可以将该镁合金首先加热到高于 250℃以使该孔周围的边缘裂纹最少化。

[0074] 将由沿其长轴对齐的纤维 27 增强的聚合物物体 28 插入该孔中。用于锻造该物体并形成以为该锻造的头部引入通常圆顶形状的工具示为上部工具 30 和下部工具 32。该物体(如果是热塑性材料)可以加热到高于该热塑性材料的玻璃态转化温度的温度。这可以使用例如聚焦辐射(例如加热灯或激光)或更简单地通过在将其插入孔中之前预加热该物体而进行。该物体在达到所需温度之后可以然后迅速锻造以在该物体 28' 的端部形成头部 34 和 36,如图 3 中所示。为了简化举例说明,该头部 34 和 36 中的纤维取向显示为平行于该物体部分 28' 中的纤维取向。然而将认识到该头部 34 和 36 中的聚合物的流动将是复杂的,且促进纤维在该物体头部部分中的较不规则分布。

[0075] 为了方便且容易表示,用仅由两个工件片构成的工件堆显示这种和其他实施方案。然而,本领域技术人员将认识到所述的实施和工艺可以容易地延伸到包含多于两个工件片的工件堆。

[0076] 图 4 中显示了本发明的第二实施方案,其显示了由工件片 42 和 44(其至少一个是镁合金)构成的工件堆 40 的横截面视图。通过前述方法之一在该片中制备对齐的尺寸基本上相同的由切割边界 48 和 46 限制的开口,工件堆 40 位于模具 60 上,由切割边界 48 和 46 限制的开口位于模具喉部 62 中的中央。

[0077] 冲头 50 由柄部 56、锥部 54 和端部 52 构成,沿位于模具喉部的中心并基本上垂直于该片表面的对称轴 58 以箭头 62 所示方向前进。冲头 50 的端部 52 的尺寸和结构使得其就像锥形冲头部分 54 的一部分那样通过该开孔。然而,冲头、模孔和片堆厚度的相对尺寸使得冲头 50 的连续前进将造成锥形部分 54 首先啮合该开口边缘 46 和 48 并然后向下使其凸缘化。当冲头 50 完全啮合时,即柄部 56 与凸缘 66 接触时,如图 5 中所示,在片 44 和 42 中形成完全成形的基本上垂直的凸缘 64 和 66。此外,凸缘 64 和 66 嵌套并干扰以抑制变形片 42' 和 44' 的横向运动。

[0078] 任选地,可以使用粘合剂 68,其中心与模具 60 的中心同轴,以箭头 62 方向在片 42' 和 44' 上施加压力以使片 42' 和 44' 的无凸缘部分上的弯曲和差的片嵌套最小化。当由切割边缘 46 和 48 限制的开口位于距该片的边缘少于 1 或 2 个孔径时,粘结剂 68 的使用将是最优选的。

[0079] 冲头 50 和形状互补的模具喉部 62 可以具有圆形的横截面,但也可以使用其他规则和不规则几何形状的横截面。将认识到非圆形横截面冲头和模具喉部的使用除了抑制横向运动之外还将为变形片 42' 和 44' 的相对运动提供阻力。再次,由于镁合金的室温延展性有限,因此将该镁合金加热到高于 250℃ 的温度以避免裂缝可以是有利的。

[0080] 类似于图 3 中所示的工序,可以将由此处示为短的不连续的且纤维方向平行于聚合物物体的轴的纤维 71 增强的可以是热塑性材料(图 6)的该聚合物物体 70 插入由最里面的凸缘 66 的内壁 67 限定的孔中,加热并使用成形模具锻造以形成由柄部 73 连接的头部 72 和 74。优选地,聚合物物体 70 的定位使其充分延伸到该凸缘的端部(切割边缘 46、48)以外以为头部 74 提供足以包围切割边缘 46、48 的材料。更优选地,如图 6 中所示,该流足够广泛以完全包围该凸缘区域并密封片 44' 的下侧面,以使得在该纤维增强聚合物头部和片 44' 的下侧面之间不产生裂缝。

[0081] 与图 3 相反,图 6 中所示的纤维 71 的图案更容易使该纤维增强的聚合物物体在锻造过程中经过复杂流动。然而,这种描述并不意于代表可以实现的任何特定的纤维分布。

[0082] 图 7-9 中描述了第三实施方案。图 7 描述了由成形工具 76 的成形表面 82 造成的凸缘 64 和 66 (图 5)的进一步变形,成形表面 82 进一步将该凸缘弯曲以将其自身向回弯曲以形成嵌套的翻转凸缘 64' 和 66'。该成形工具 76 的端部 81 当如箭头 84 所示朝向时,其尺寸和结构使其进入由内凸缘 66 的内壁 67 形成的孔(图 6)中,以使得该切割边缘 46 和 48 接触工具 80 的弯曲成形表面 82。工具 76 的连续运动将赋予凸缘 64 和 66 力矩,将其向回卷曲或弯曲以形成翻转的凸缘。背衬板 75 支撑该工件堆的相反表面,且可以任选地包括特征例如凸起 78,以与工具 76 的空腔 80 啮合用于引导工具 76。

[0083] 将认识到用于形成该翻转凸缘所需的变形是相当大的,且在该工件片上将施加显著的应变,特别是在切割表面 46 和 48 处。已知切割边缘(例如 46 和 48)在小于未切割部分中产生裂缝所需的抗张应变下可能断裂。因此再次优选至少将该镁合金片加热到高于 250°C 的温度以提高其延展性。任选地,如在图 5 所示的工艺中对带槽开口 47 或分段开口 49 (例如图 8 和 9 中所示的)进行凸缘化以降低切割边缘处的应变并降低边缘断裂可能性可以是优选的。

[0084] 如图 8 中所示,开口 47 的边缘 90 包括多个弓形段 92 (此处未加限制地示为圆弧)和多个终点在该凸缘的弯曲位置 96 处(显示在重影中)的径向槽 94。该凸缘因此将分段成一系列通常对接的凸缘段,例如段 98,而不是连续的。在图 9 中,形成边缘 90' 的开口 49 的弓形段 92' 的数量减少,间隙 94' (类似于图 8 的“槽”94)的程度也明显提高。因此通过沿弯曲线 96' 弯曲而对例如 98' 的段的凸缘化将导致仅几个凸缘段。然而,图 8 和图 9 的结构都将产生一系列独立的不相连接的凸缘段,并由此容许该凸缘应变一定程度的松弛。凸缘应变的降低将有助于实施方案 2 和实施方案 3 的实施。开口 47 和 49 由于其非圆形的形状,因此将优选通过用成形工具刺孔而形成。优选地,可以将镁片加热到约 250°C 以提高其延展性并抑制开裂。

[0085] 对开口 47 和 49 凸缘化之后形成的孔的形状的考虑表明其将是不规则形状的。为了确保该纤维增强的聚合物物体(例如图 2 中的 28)完全膨胀以充满该开口,使用欠尺寸的互补形状横截面物体可以是适合的,需要该物体适合地朝向该开口。

[0086] 图 10 显示了由纤维 103 增强的聚合物物体 102 (其可以是热塑性材料),其插入由嵌套的翻转凸缘 64' 和 66' 形成的开口中(图 7 中所示)。预期在将该物体(如果是热塑性材料)加热到高于其玻璃态转化温度之后,将使用成形工具 106 和 104 锻造该物体的端部。如果增强的聚合物物体 102 的基体是需要升温固化的热固性材料,其玻璃态转化温度将高于室温且这种热固性材料也将在锻造之前需要一些加热。室温固化的热固性材料可以在室温变形。

[0087] 成形工具 104 和 106 与图 2 中所示的成形工具 30 和 32 的不同之处在于其除了引入该工具 30 和 32 的成形空腔的通常圆顶形式之外还引入从该空腔的约中心处向外延伸的尖端锥形凸起。工具 104 和 106 形状的这种变化意于是解释性的而非限制性的。可以使用宽范围的头部工具几何形状以使物体 102 的纵向纤维 103 在锻造之后在该头部内更好地重新分布。

[0088] 该物体或柄部的增强纤维与该物体的轴线对齐。如果如图 2 中所示,在锻造该物

体的端部中使用具有通常穹顶形凹槽的头部成形工具 30 和 32, 那么该可流动的聚合物基体将对称变形为与该穹顶形凹槽互补的形状。然而所得到的增强纤维的移置将是更随意的且将取决于该纤维的性质、纤维密度、特定纤维的位置和纤维是纺织还是编织的或者以其它方式彼此合作相关。工具 104 和 106 (图 10) 的形状寻求为纤维引入适度向外的倾斜, 而不诱发明显纤维断裂以使得至少一些纤维可以保持连续。理想地, 优选甚至悬挂在该孔的边缘上的外部纤维通常都保持连续, 如图 11 中示意性所示, 其中纤维 103' 从头部 108 通过柄部 102' 到相对头部 110 是连续的。再次, 这种表示意于是建议性的而非代表性的可用更复杂形状的工具实现的纤维分布。尽管结合该第三实施方案的实施描述, 但设计用于提高该头部中的纤维分布 (包括但不局限于所示的几何形状) 的控制的锻造工具可以适用于所有实施方案中。

[0089] 图 11 的构造能使工件片之间产生机械干扰, 其抵抗面外负荷 (例如沿该紧固件的柄部轴施加的抗张负荷) 并合作支持该增强热塑性紧固件抵抗该负荷。

[0090] 所述实施和工艺能使该紧固件和工件之间产生合作相互作用以产生更牢固的接头。已经通过公开一些优选实施方案描述了本发明的实施, 特别是其中一个或多个待连接的工件是镁合金的实施方案。这些示例性的实施方案并不意于限制本发明的范围, 其可适用于其他接头, 例如在使用金属紧固件连接其他工件层叠时或在使用聚合物紧固件连接聚合物片时。

[0091] 例如, 在铝合金中产生高强度接头可能是需要的。典型的铝合金可以在室温 (或约 25°C) 变形。三个所述实施方案各自都可以通过使铝合金堆叠的片适当变形而实施在这种铝合金堆叠上。然后通过锻造金属或纤维增强的聚合物物体而保护该铝片堆。该物体可以是适于室温变形的铝合金。

[0092] 类似地, 可以将热塑性聚合物片加热到高于其玻璃态转化温度并依照本发明的实施而变形。可以将该变形的聚合物片冷却到室温并使用如前所述的锻造金属或聚合物或增强聚合物物体对其加固。

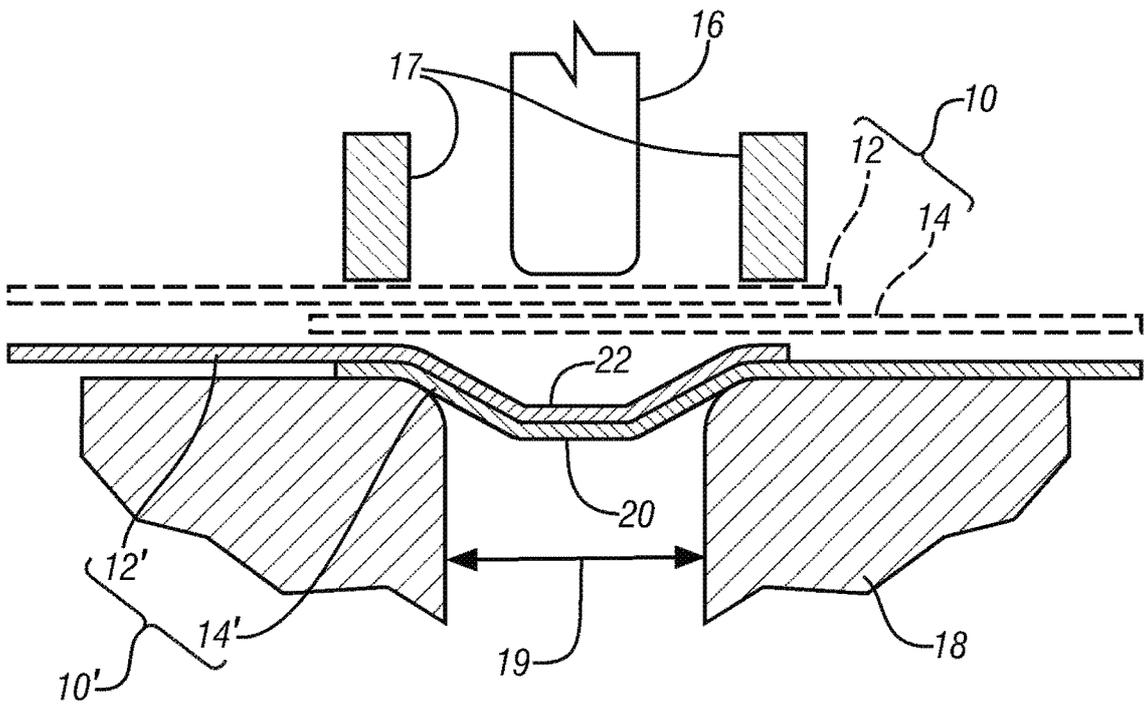


图 1

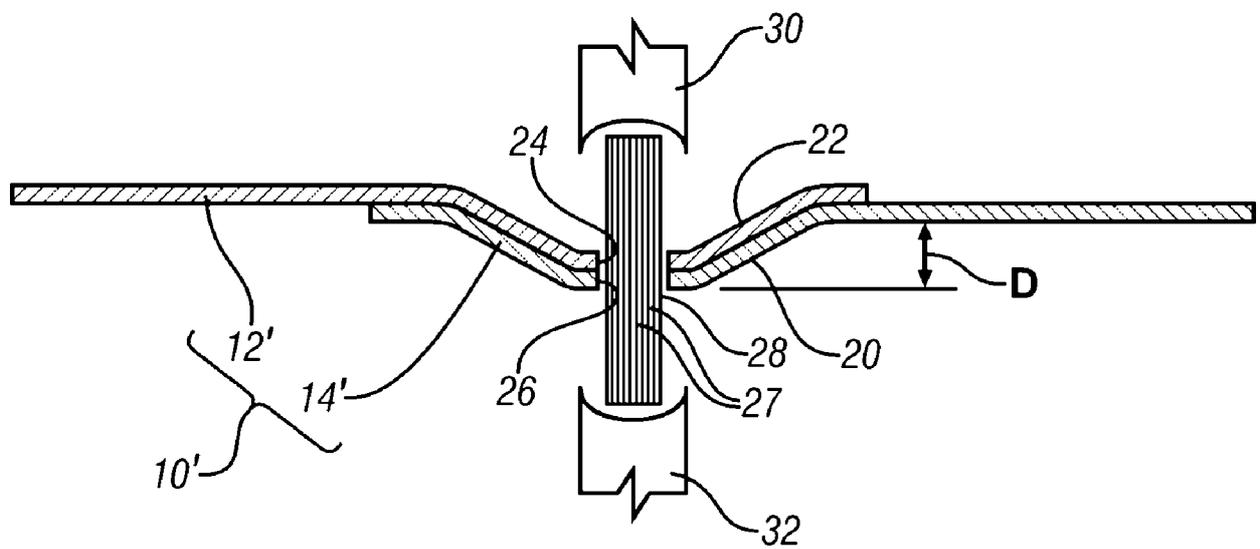


图 2

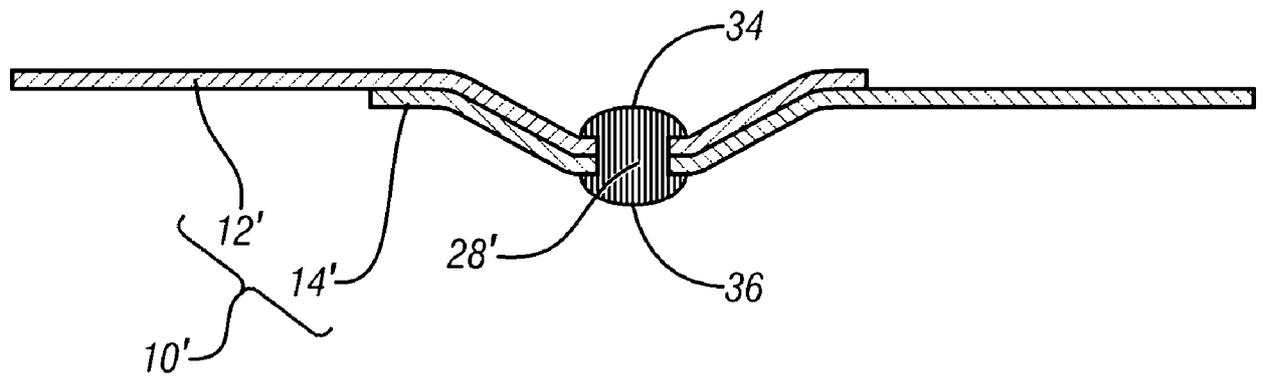


图 3

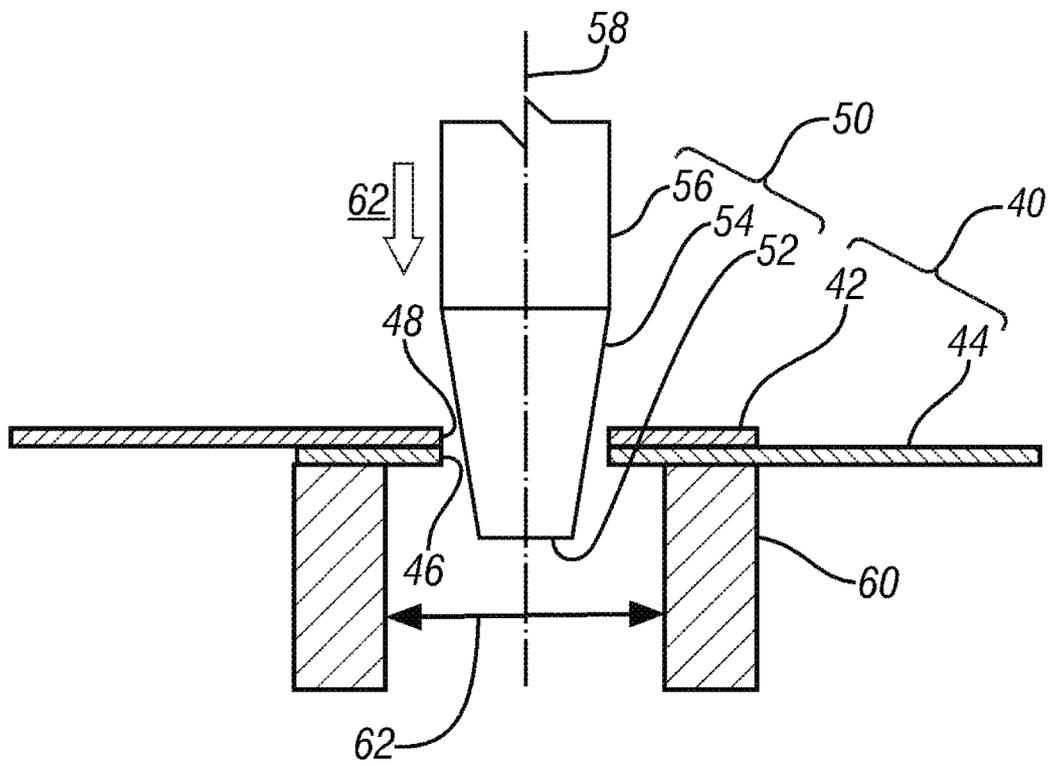


图 4

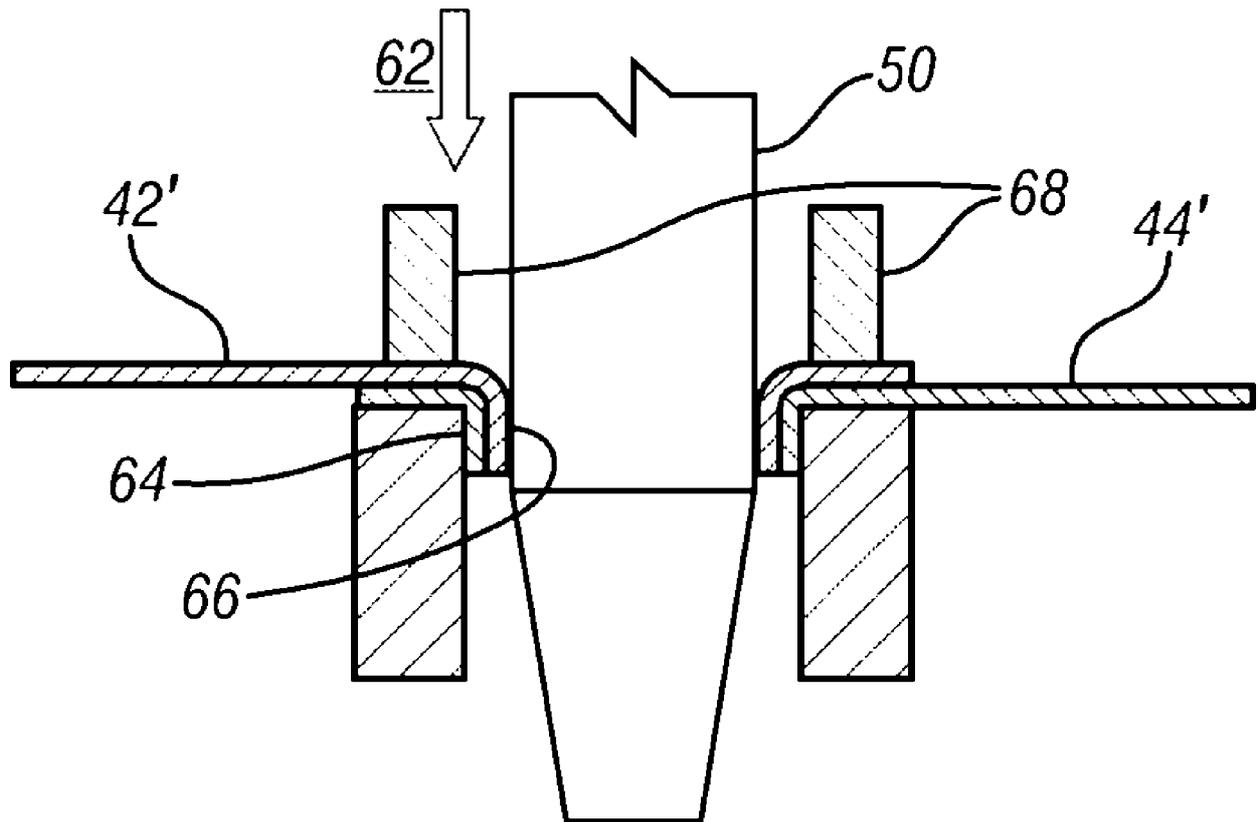


图 5

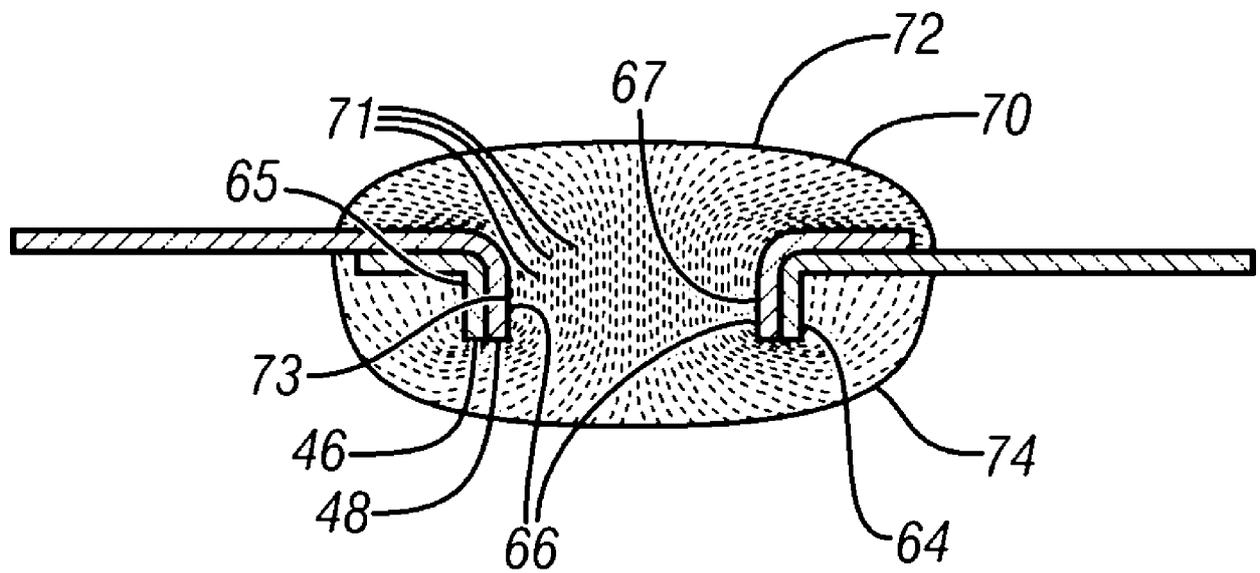


图 6

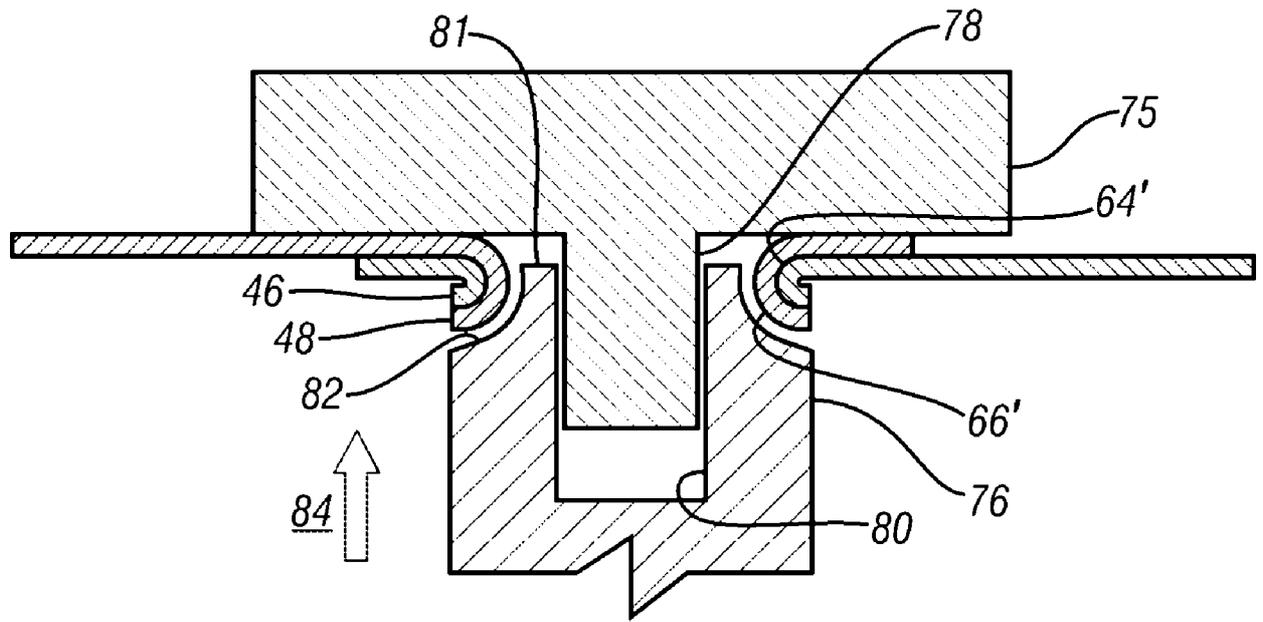


图 7

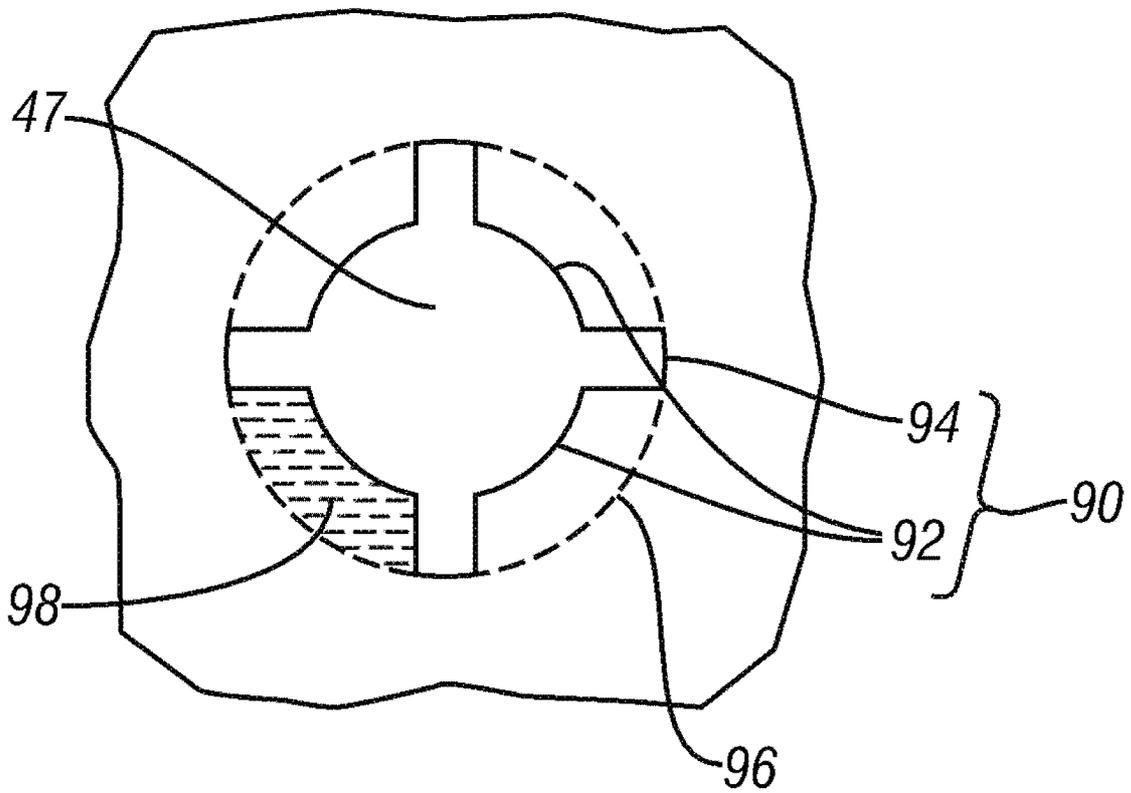


图 8

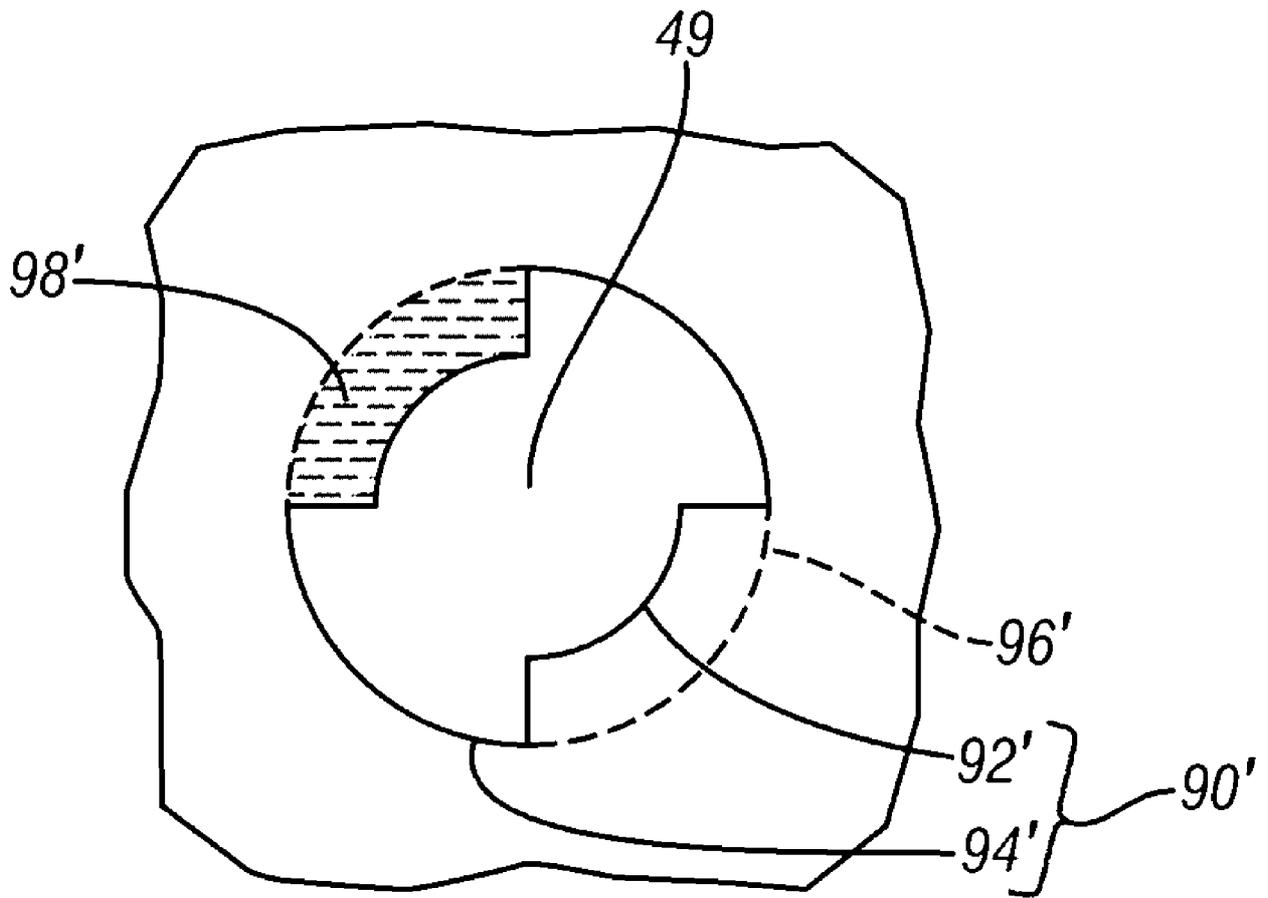


图 9

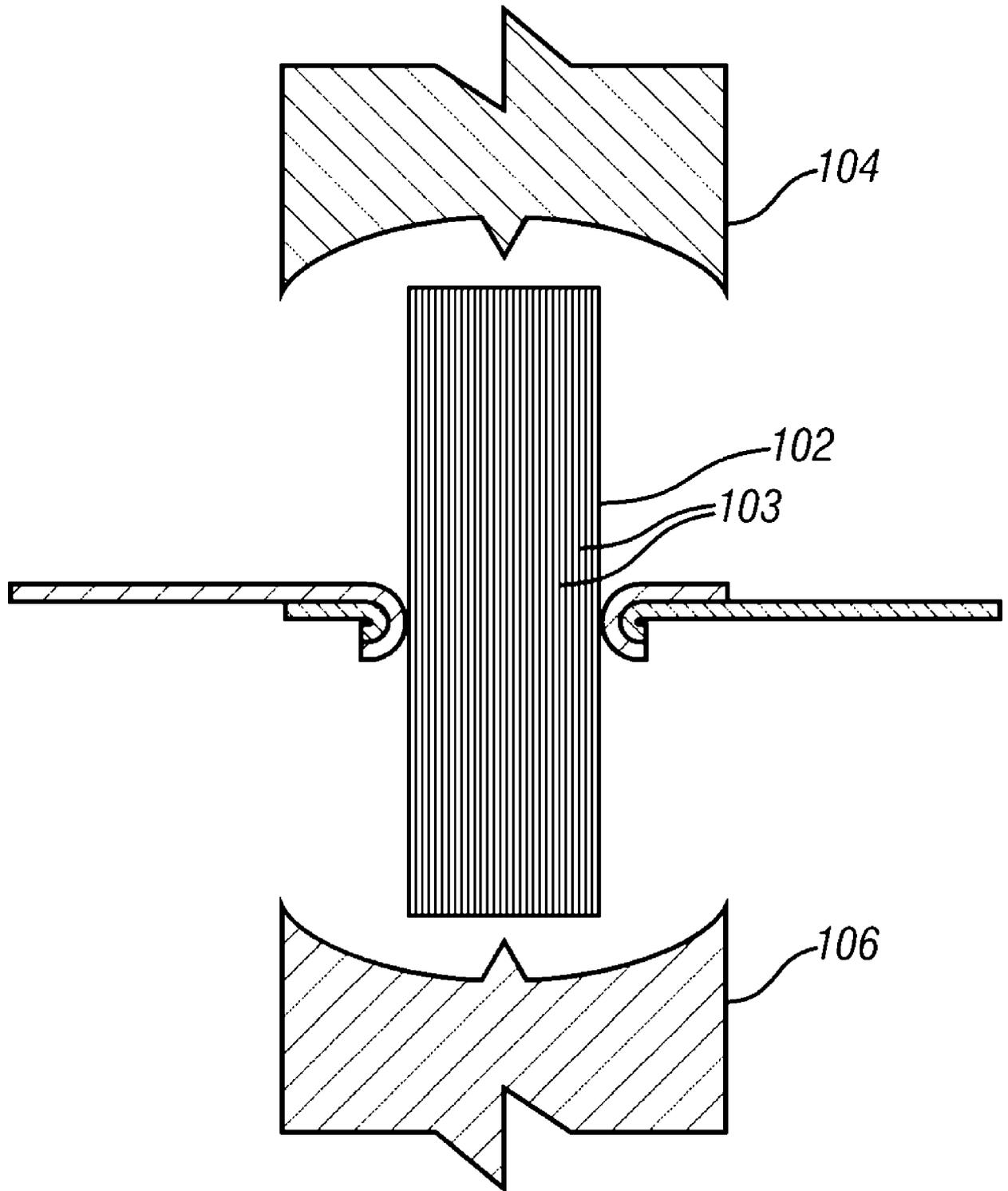


图 10

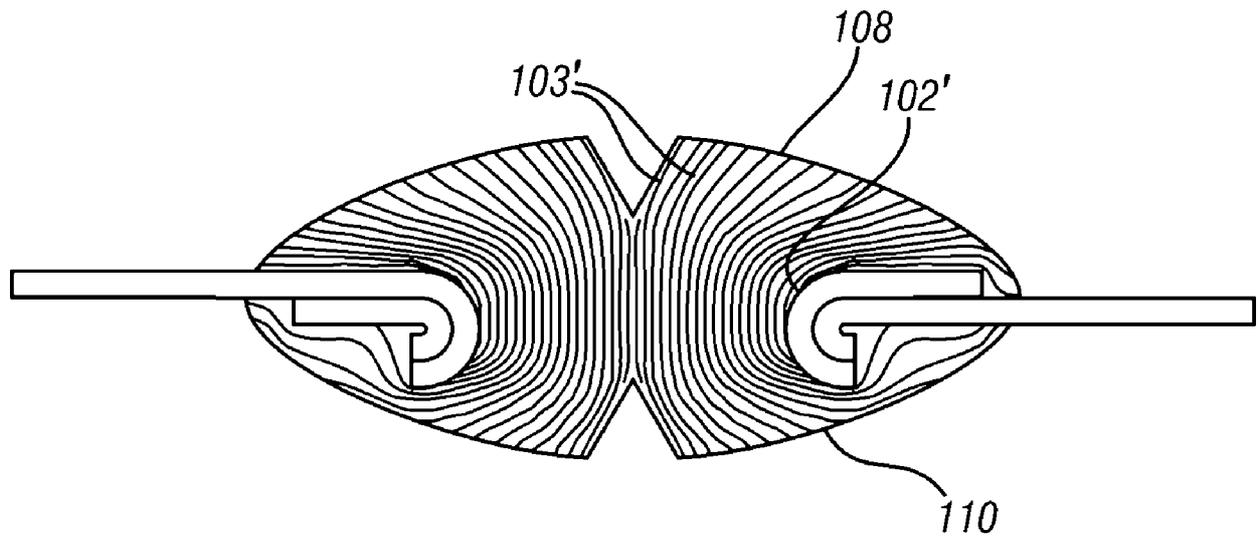


图 11