

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02816570.5

[51] Int. Cl.

B21F 9/00 (2006.01)

B25B 25/00 (2006.01)

B66F 3/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 1 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1296155C

[22] 申请日 2002.7.16 [21] 申请号 02816570.5

[30] 优先权

[32] 2001. 7.16 [33] US [31] 60/305,931

[86] 国际申请 PCT/US2002/022840 2002.7.16

[87] 国际公布 WO2003/008702 英 2003.1.30

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.24

[73] 专利权人 空运物流公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 罗比·J·舍斯泰特

[56] 参考文献

US3877523A 1975.4.15 B32B5/12

US4223869A 1980.9.23 B66F3/08

US4901775A 1990.2.20 B21F9/02

US4275537A 1981.6.30 E04C3/10

审查员 高晓颖

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 王彦斌

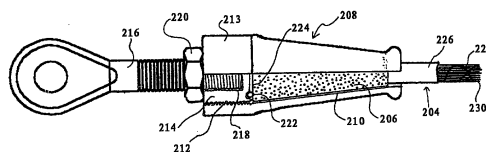
权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图 13 页

[54] 发明名称

复合抗张部件和制造这种部件的方法

[57] 摘要

一种复合抗张部件。该抗张部件由多个分别具有两个端部的复合条构成。围绕复合条的端部形成楔形塞。该楔形塞插入到具有终端接头主体的终端接头中，该接头主体具有在近端的用于接收复合条束的孔，并具有内腔，该内腔从近端到远端向外张开，从而可以紧贴地接收其中嵌入复合条的楔形塞。采用封闭的螺帽将该楔形塞固定在终端接头主体上。本发明还提供一种制造复合抗张部件的方法。



1. 一种复合抗张部件，包括：

多个复合条，每个复合条具有两个端部；

围绕复合条至少一个端部形成的楔形塞；

至少一个终端接头，该终端接头具有终端接头主体，该接头主体具有在近端的用于接收一束复合条的孔，并具有内腔，该内腔从近端到远端向外张开，从而可以紧贴地接收该楔形塞；以及

加压部件，该加压部件连接在终端接头主体上，将楔形塞固定在内腔中。

2. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件，其特征在于，该加压部件是环形螺帽，该环形螺帽具有螺纹孔，该孔用于将复合抗张部件连接于其它物体。

3. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件，其特征在于，该楔形塞用树脂形成，多个复合条在楔形塞内稍微张开。

4. 如权利要求 3 所述的复合抗张部件，其特征在于，可用纤维和颗粒填充剂中的至少一种增强该树脂。

5. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件，其特征在于，该楔形塞的尺寸和形状定为可以紧贴地嵌入到终端接头主体的内腔中。

6. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件，其特征在于，该楔形塞为切头锥体塞。

7. 如权利要求 6 所述的复合抗张部件，其特征在于，该切头锥体塞的侧壁分开约 15° 。

8. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件，其特征在于，该终端接头主体用金属形成，并且至少局部地包裹增强环箍强度的材料。

9. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件，其特征在于，用合成材料包裹多个复合条，将多个大体平行取向的复合条紧箍成束，该束由材料保护层覆盖。

10. 如权利要求 9 所述的复合抗张部件，其特征在于，该材料保

护层形成翼形断面。

11. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件, 其特征在于, 在复合抗张部件达到其最后形成的断面时, 多个复合条是平行的, 并大体处于相同的张紧状态。

12. 如权利要求 1 所述的复合抗张部件, 其特征在于, 该复合条选自一组材料, 这组材料包括碳纤维和树脂、玻璃纤维和树脂以及合成材料和树脂。

13. 一种复合抗张部件, 包括:

多个扎成束的复合条, 每个束具有两个端部;

具有终端接头主体的终端接头, 该接头主体具有在近端的用于接收复合条束的孔, 并具有内腔, 该内腔从近端到远端向外张开;

一种喇叭形的装置, 该装置的尺寸定为可以嵌入到内腔中, 以便使多个复合条在内腔中张开;

将喇叭形装置固定在内腔中的装置;

配置在喇叭形装置、终端接头主体和复合条之间空间中的树脂, 以便将复合条刚性固定就位。

14. 如权利要求 13 所述的复合抗张部件, 其特征在于, 终端接头主体在其远端有螺纹, 固定喇叭形装置的装置适合于用螺纹拧在终端接头主体上。

15. 如权利要求 13 所述的复合抗张部件, 其特征在于, 该喇叭形装置选自嵌入圆锥和嵌入球。

16. 如权利要求 13 所述的复合抗张部件, 其特征在于, 固定喇叭形装置的装置是封闭的环形螺帽。

17. 一种制造复合抗张部件的方法, 该抗张部件具有要求的长度、抗张强度和断面特征, 该方法包括以下步骤, 这些步骤的顺序不是一定的:

(a) 形成多个复合条;

(b) 形成终端接头, 该接头具有切头锥体内腔;

(c) 将多个复合条插入到终端接头中, 并将复合条的端部插入到

具有切头锥体内腔的模具中；

(d) 使复合条稍微张开在模具的内腔中，并注入树脂，形成切头锥体塞；

(e) 沿一个路线配置该束复合条，该路线是最后形成的抗张部件所走的路线，该路线包括任何弯曲部分；

(f) 将相同的张力加在条束中的每个复合条上；

(g) 重复步骤(c)、(d)；以及

(h) 沿该条束形成保护层。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，还包括在步骤(h)之前用强度大的合成材料包裹该复合条束的步骤。

19. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，将多个复合条配置成水平取向，将相同张力加在条束中每个复合条上的步骤是这样完成的，即在复合条上形成切头锥体塞的步骤期间，将挂有同等重物的绕过滑轮的连接线连接于复合条的端部。

20. 一种多个复合抗张部件的组件，包括：

多个抗张部件，每个抗张部件包括：多个分别具有两个端部的复合条；围绕复合条至少一个端部形成的楔形塞；具有终端接头主体的至少一个终端接头，该接头主体具有在近端的用于接收复合条束的孔，并具有内腔，该内腔从近端到远端向外张开，从而可以紧贴地接收该楔形塞；加压部件，该加压部件拧在终端接头主体上，从而将该楔形塞固定在内腔内；

收集板，该板具有固定在其上面的元件，该元件用于连接终端接头；

用于包裹在多个抗张部件上的材料，以便将这些抗张部件紧束在一起。

21. 如权利要求 20 所述的多个复合抗张部件的组件，其特征在于，该收集板具有固定在该板上的挂钩连接件。

复合抗张部件和制造这种部件的方法

技术领域

本发明涉及一种复合抗张部件和制造这种部件的方法，具体涉及一种复合抗张部件，这种抗张部件由多个平行的复合纤维条构成，这些纤维条在中间复合绳索部分被扎成束，该纤维条或者用圆锥张开，形成终端接头，并用粘接剂和摩擦力固定在该接头上，或者这些纤维条嵌入到一个楔形件或者切头锥体插塞中，该楔形件或者锥体塞在嵌入到终端的接头中。

背景技术

有很多方面需要强度大的而重量轻的抗张部件，例如帆船用的静索部件，工业构件的拉线，升降绳索，海上钻井平台用的停泊缆以及桥梁用的预应力筋等，上面只列举了一些。

在操作性能敏感的领域例如竞争性的帆船比赛中，能够提供高抗张强度的重量轻而截面小的抗张部件是特别有吸引力的，因为降低船只甲板上的重量和减少索具的断面将会降低空气阻力，因而使帆船更有利于竞赛。现在，在游艇领域，广泛使用索具例如不锈钢绳和不锈钢条，用于保持桅杆向上，使桅杆达到要求的直度或者弯曲度。当制作不锈钢绳索的帆船索具时，通常采用机械夹紧方法或者挤压方法将绳索端部的每个股线固定在终端接头上。虽然不锈钢绳和不锈钢条强度相当大，但是它们具有各种缺点。首先，不锈钢强度相当大但是重量相当重。第二，不锈钢绳和不锈钢条容易被拉伸（或者发生弹性形变或者发生永久形变）。第三，通常会发生这样的情况，即不锈钢绳和不锈钢条不是沿完全直的路径拉紧，而在某些点必须弯曲。这些弯曲部分形成强度变小的局部区域。例如在帆船应用中，通常用穿行的某些不锈钢绳和不锈钢条作连续的桅杆上部侧支索，此时这些侧支索绕过桅杆的撑开器，并在这些区域形成角度。在这些情况下，不锈钢

缆和不锈钢条在绕过撑开器端部的地方强度将变弱，因此损害了连续的上部桅杆侧支索的强度。

不锈钢索具的其它问题是容易腐蚀和工作硬化。约在 20 年前，用作静索具的不锈钢钢丝绳是标准件。然而金属钢丝绳受到“永久性拉伸”，这种永久性的拉伸是在初次加上负载时，由缆索中金属丝的拉紧造成的。虽然在金属钢丝绳制造工艺期间，可以除去一些永久性的拉伸，但是在使用一定时间后，总是需要重新拉紧由金属钢丝绳作的抗张部件。因为这些问题，已经改变成用不锈钢条作帆船和其它驱动作业用的缆索。和不锈钢缆索相比，不锈钢条的优点是不容易拉伸，这是因为不锈钢条对于同样的直径具有大的横截面材料，因而没有金属丝绞合缆索的拉伸作用。然而当改用不锈钢条索具时也存在多个故障。主要有两个原因造成不锈钢索具故障。首先，雾气和盐水将浸入到终端接头内，造成应力腐蚀破裂。其次还可能发生工作硬化疲劳断裂，这些疲劳断裂是由于不锈钢条索具在终端接头不像钢丝绳那样灵活造成的。因此在桅杆端部连接变为硬接的地方，不锈钢条被连续地来回弯曲。其它一些人已经在不锈钢条索具的端部形成活动连接，设法解决这一问题，并取得了一些成功。但是与不锈钢相比，碳复合物具有更长的疲劳寿命，并且不会受到应力腐蚀破裂。

用金属索具的其它问题是在索具最终失效前这些索具便开始发生低水平的形变。相反，碳复合物可以保持接收的负载，并按设计运行，几乎不发生形变，直到其断裂。

方向性的复合材料例如碳纤维、玻璃纤维，Kevlar®纤维，芳族聚酰胺纤维或者其它纤维与聚合物树脂基质相结合可以提供比常规金属材料更高的抗张强度和更小的重量，用适当尺寸的复合部件制造单体的条形部件来承受例如帆船桅杆所需的张力负载的方法已经提出一些时候。然而，这种方法很难将终端接头固定在大的单一复合条上。将终端接头固定在钢索具上的常规方法例如挤压方法对于复合材料是不起作用的，因为挤压操作将会压碎单体的复合材料条。在索具每个端部用粘接剂粘接方法将单体的复合材料条固定在终端接头上不能形

成充分大的抗张强度，除非用小直径的复合条（例如3毫米直径（1/8英寸）或者更小），在此时，复合条的抗张强度不超过所用粘接剂的强度。另外，在抗张部件局部弯曲的状态下，强度将降低。因此仍然需要解决这些问题。

发明内容

本发明提供一种复合抗张部件，包括：多个复合条，每个复合条具有两个端部；围绕复合条至少一个端部形成的楔形塞；至少一个终端接头，该终端接头具有终端接头主体，该接头主体具有在近端的用于接收一束复合条的孔，并具有内腔，该内腔从近端到远端向外张开，从而可以紧贴地接收该楔形塞；以及加压部件，该加压部件连接在终端接头主体上，将楔形塞固定在内腔中。

本发明还提供一种复合抗张部件，包括：多个扎成束的复合条，每个束具有两个端部；具有终端接头主体的终端接头，该接头主体具有在近端的用于接收复合条束的孔，并具有内腔，该内腔从近端到远端向外张开；一种喇叭形的装置，该装置的尺寸定为可以嵌入到内腔中，以便使多个复合条在内腔中张开；将喇叭形装置固定在内腔中的装置；配置在喇叭形装置、终端接头主体和复合条之间空间中的树脂，以便将复合条刚性固定就位。

本发明还提供一种多个复合抗张部件的组件，包括：多个抗张部件，每个抗张部件包括：多个分别具有两个端部的复合条；围绕复合条至少一个端部形成的楔形塞；具有终端接头主体的至少一个终端接头，该接头主体具有在近端的用于接收复合条束的孔，并具有内腔，该内腔从近端到远端向外张开，从而可以紧贴地接收该楔形塞；加压部件，该加压部件拧在终端接头主体上，从而将该楔形塞固定在内腔内；收集板，该板具有固定在其上面的元件，该元件用于连接终端接头；用于包裹在多个抗张部件上的材料，以便将这些抗张部件紧束在一起。

上述终端接头包括终端接头主体，该主体由强度大的材料例如不锈钢、钛和其它金属构成。该终端接头主体具有切头锥形的内腔，该

内腔具有较小直径的近端和较大直径的远端。复合条束穿过较小直径近端。复合条束的端部稍微向外张开，铸成切头锥体形的插塞，该切头锥体插塞由环氧树脂增强纤维、填充剂和其它高强度树脂构成。该切头锥塞的尺寸和形状可以定为配合在终端接头主体的切头锥体内腔中。当抗张部件受到张力作用时，该切头锥体塞进一步被拉到终端接头主体的切头锥体内腔中。这样便可进一步压缩切头锥体塞，并使压缩力作用在复合条上，这样便增加了复合条与切头锥体塞的叠接剪切粘接力。切头锥体的模量也随部件上的张力负载增加。

该终端接头主体通过张力负载卡住和保持切头锥体树脂塞。该终端接头主体还形成一种装置，将抗张部件端部固定在由抗张部件保持约束的任何装置上。在游艇复合静索具的情况下，该终端接头主体连接于桅杆和/或船的硬件上。

终端接头还包括由高强度材料例如不锈钢、钛和铝作的终端接头主体，该主体具有复合条束进入的近端和多个条伸入的内部喇叭形内腔。可以利用金属锥形嵌入球或者模具，使多个复合条向外张开，紧贴于内部喇叭形内腔，并形成一种粘接表面区域，可以用保持装置例如封闭的环形螺帽将金属圆锥嵌入件固定在内腔中，使多个复合条张开。形成注入口，以便将粘合剂注入到金属圆锥嵌入件和终端接头主体内腔之间的空间中。粘合剂通过该注入口注入，由此将每个条粘接在切头锥体嵌入件的表面上和喇叭形内腔的内表面上，由此将复合条彼此粘接在一起，并粘接在终端接头主体上。也可以通过将粘接剂注入到模具中而模制该切头锥体。该封闭的环形螺帽将金属圆锥或者切头锥体固定就位，该封闭的环形螺帽具有啮合装置例如螺纹，从而安装紧线器或者其它连接装置的耳钩。另外，该封闭的环形螺帽本身也可以具有连接装置，例如与其形成一体的耳钩。

该终端接头最好加在复合缆部分的两个端部。中间缆部分具有多个捆成束的小直径复合条，该中间缆部分最好由一种装置覆盖，以便将复合条紧束成要求的横截面断面，例如圆形断面、大体翼型断面，泪滴形断面或者其它要求的断面。或者，可以将复合条捆成大体圆形

断面和要求的形状，并将大体翼型的包套挤压在或者固定在复合条束上。通过用由多个轴向准直的小复合条构成的复合缆索部分来代替单体的复合条可以使终端接头牢固固定在抗张部件的每个端部，这种小的复合条可以稍微张开在终端接头内的树脂切头锥体内。

本发明还提供一种制造复合抗张部件的方法，该抗张部件具有要求的长度、抗张强度和断面特征，该方法包括以下步骤，这些步骤的顺序不是一定的：（a）形成多个复合条；（b）形成终端接头，该接头具有切头锥体内腔；（c）将多个复合条插入到终端接头中，并将复合条的端部插入到具有切头锥体内腔的模具中；（d）使复合条稍微张开在模具的内腔中，并注入树脂，形成切头锥体塞；（e）沿一个路线配置该束复合条，该路线是最后形成的抗张部件所走的路线，该路线包括任何弯曲部分；（f）将相同的张力加在条束中的每个复合条上；（g）重复步骤（c）、（d）；以及（h）沿该条束形成保护层。

本发明复合抗张部件的抗张强度是常规不锈钢缆或者条的抗张强度的两倍，而重量约为其 1/4，断面较小。减小帆船索具重量例如可以使用较小的龙骨重量，来平衡高处的重量。总重量的降低使得帆船航行更快。另外，因为索具的强度大于钢，所以对于快艇设计人员存在选择性，以便减小索具部件的直径和断面，由此减小风阻和快艇的阻力。在需要高的强度重量比和抗腐蚀的其它应用中，例如海上石油钻井平台的系留缆和桥梁预应力缆中，本发明提供了很大的改进。

附图说明

图 1 是分解图，示出本发明终端接头的实施例。

图 2 是部分横截面图，示出构成复合缆抗张部件中间复合缆部分的复合条束。

图 3 是横截面图，示出图 2 的复合条束，示出了所有的复合条。

图 4 是平面图，示出本发明抗张部件的实施例。

图 5 是详细横截面图，示出与终端接头相连接的复合条束。

图 6 是沿图 5 的线 6-6 切取的横截面图，示出各别复合条、圆锥嵌入件和终端主体之间的相互连接。

图 7 是图 6 的细节图，示出粘接在终端外壳和切头圆锥上的复合条。

图 8 是平面图，示出选择性组合的环形螺母/环形螺母组件。

图 9 是平面图，示出选择性组合的环形嵌入件/连接接头。

图 10 是横截面图，示出复合条束的另一断面。

图 11 是流程图，示出制造本发明抗张部件的方法。

图 12 是顶视平面图，示出本发明复合抗张部件组装前的终端接头端部的另一实施例。

图 13 是局部露出的顶视平面，示出图 12 的组装后的终端接头，该接头与耳钩结合。

图 14 是横截面图，示出沿图 12 的视线 14-14 截取的切头锥体塞。

图 15 是顶视平面图，示出用于制造切头锥体塞的一部分模具以及锁定在其中的嵌入的复合条。

图 16 是示意图，示出用于制造本发明复合抗张部件的水平装置。

图 17 是示意图，示出用于形成复合抗张部件的装置，该复合抗张部件沿缆部分的长度具有强度不减弱的弯曲部分。

图 18 是顶视平面图，示出用高强度包套件覆盖的终端接头，由此形成增强的箍紧强度。

图 19 是顶视平面图，示出终端接头和缆部分，该缆部分为单一的复合条结构。

图 20 是图 19 所示终端接头一部分的细节图。

图 21 是顶视平面图，示出本发明的组装后的复合抗张部件。

图 22 是图 21 所示终端接头一部分的细节图。

图 23 是顶视平面图，示出装有紧线器的本发明另一组装后的复合抗张部件。

图 24 是流程图，示出制造本发明抗张部件的方法。

图 25 是局部分解截面图，示出复合抗张部件终端接头的另一实施例。

图 26 是顶视平面图，示出本发明的实施例，其中多个复合抗张

部件连接于锁销挂钩连接件。

图 27 是顶视平面图，示出该锁销挂钩连接件的集合板。

图 28 是细节图，示出将一个抗张部件连接于集合板的转动装置。

具体实施方式

图 1 示出终端接头端部 10 的分解图，该端部包括终端接头主体 12、偏转装置或者张开装置例如圆锥嵌入件 14 和固定圆锥嵌入件的装置 16，例如封闭的环形螺帽 16，该封闭的环形螺帽 16 具有外螺纹 18 和内螺纹孔 20。紧线器部分的螺纹耳钩部分 22 的尺寸和螺纹被定为被可以螺纹啮合封闭环形螺帽的内螺纹 20。圆锥嵌入件 14 最好用强度大的刚性材料如不锈钢、铝、钛和其它一些高强度材料制作。终端接头主体 12 具有近端 24，轴向孔 26 穿过该近端。终端接头的中间部分 28 具有喇叭形的内腔 30，该内腔从其近端 32 到其远端 34 向外张开，形成切头圆锥形空腔。该终端外壳具有远端 36，该远端具有连接装置 38，例如阴螺纹，该阴螺纹与封闭环形螺帽 16 的外螺纹 18 互补。或者，可以在远端 36 上形成位于外面的螺纹，用螺母取代封闭的环形螺帽，或者可以采用其它的连接装置（未示出）。如图 1 和 5 所示，圆锥嵌入件 14 其张角大于终端接头主体 12 中间部分 28 内腔 32 的张角。该终端接头主体 12 最好具有在中间部分 28 一端形成的粘接剂注入孔 40 和在中间另一端形成的通气孔 42。粘接剂注入孔和通气孔的相对数目和位置如果需要可以大于 1。在制造终端接头主体 12 和圆锥嵌入件 14 时，可以处理喇叭形内腔 30 的内壁表面 44 和圆锥嵌入件 14 的外表面 46，以便增强粘接力，方法是，利用喷砂法或者粗糙砂磨法进行处理，并且随后在该表面上涂上一层环氧树脂粘接剂薄层，然后再将该薄层划破，形成增强的粘接表面。虽然使每个复合条在内腔中偏转是一种增强表面接触面积的最好方法，但是也可以采用其它方法来增加多个复合条和终端外壳之间的粘接表面积，使得剪切负载可以分布在较大的表面区域上，一般说来，终端接头主体具有内腔和一种装置，该内腔的粘接剂粘接区域具有较大的表面粘接区域，以便将多个复合条粘接在较大的粘接表面区域上，该装置可以偏转每个复合

条,使得这些复合条可以紧邻较大的粘接表面区域,其中,在复合条和外壳之间的粘合剂粘接强度至少和复合条的强度一样大。

图2是部分露出的横截面图,示出复合条束60末端部分。用碳纤维、树脂纤维、玻璃纤维和环氧树脂以及其它的已知纤维和已知树脂造复合条。图3是横截面图,示出多个复合条62,采用束紧线64和66捆住该复合条,该束紧线以反螺旋形方式绕在复合条62上。为清楚起见,图2中仅示出两根反螺旋方向绕的线,并且在图2中只示出两根复合条62。用线束紧的复合条62上包一层防风雨和防水的层68,例如包一层聚氯丁橡胶层或者硅树脂层,或者包一层聚四氟乙烯膜,以防止风雨和防止受到损害。该线最好包括强度大的材料例如Kevlar[®] (poly-para-paraphenylene terephthalamide) 纤维线。或者也可以用其它的高强度包材料包括芳族聚酰胺纤维(合成聚酰胺纤维)。也可以用条形包裹件来代替强度大的线,并在抗张部件的中间部分涂上可收缩的包裹材料和/或永久的涂层。

图4是复合抗张缆部件80的顶视平面图,示出连接于复合条束60的终端接头10。如图所示,可将紧线器的有眼螺栓22连接于终端主体12上。图中未示出紧线器的其余部分。从终端接头主体12伸出的有眼螺栓的距离“D”是可调的,因此可用来改变作用在复合抗张缆索部件80上的张力。在用单独的紧线器或者其它调节装置来拉紧复合抗张缆索部件80时,可以使用其它连接装置。

图5是局部露出的视图,示出结合于终端接头主体12的复合条束60。为清楚起见,图5仅示出一些复合条。实际上,该复合条的缆索部分60具有如图3所示的高密度条,并且完全充满空间90。如图所示,个别复合条62穿过近端24的孔26。并且向外张开,在嵌入圆锥14的外表面46和内腔30的内表面44之间形成复合条的接收空间90。可以看到,由于圆锥嵌入件14和张开的内腔30具有不同的倾斜角,所以在杆的接收壁44和46之间的空间在前部分92比较宽,在空间90的后部分94该空间较窄。这样做的原因是杆的密度在靠近多个复合条进入空腔90的地方大于其远端的密度。

图 6 是沿图 5 的视线 6-6 切取的截面图，示出圆锥嵌入件 14 和与内腔 30 内壁 44 和圆锥嵌入件 14 外壁表面 46 紧贴的复合条 62。粘接剂 96 使复合条 62 彼此粘接，并粘接在终端主体的圆锥嵌入件 14 和内壁 44 上。粘合剂注入孔 40 最好有螺纹，以便形成加油管式的接头，由此可以利用压力将粘接剂注入到空间 90 中，以充满在每个复合条 62 与终端外壳和截头锥体壁之间的间隙，由此形成粘合力。然后拧入封闭的环形螺帽，使其推压圆锥嵌入件 14，使每个复合条 62 摩擦啮合终端外壳和嵌入接头锥体。另外，当在压力下粘接剂 96 充满空间 90 时，该粘接剂将使内部充满，形成粘接剂和复合条的大体切头锥形块。这种芯块不仅可以用由环形螺母 16 加压的嵌入芯块作用的压力使其粘接就位，而且可以形成不能从终端外壳拉出来的构件，由此可以在复合条束和终端外壳 10 之间形成极端牢固的结合。

尽管图 6 示出在空间 90 内形成的复合条的单一环，该环最好位于复合条 62 的末端。但是约靠近终端外壳的近端时，该复合条的密度较高，因为复合条是向外张开的。

图 7 是细节图，示出用粘接剂 96 分别粘接于终端接头主体 12 和圆锥嵌入件 14 的壁 44 和 46 的条 62。

图 8 示出芯/环形螺帽的组合件 100，其中嵌入芯部分 102 与环形螺帽部分 104 形成一体，该环形螺帽部分 104 最好具有外螺纹 106 和内螺纹孔 108，该螺纹孔用于连接紧线器的有眼螺栓或者其它的连接装置。

图 9 示出圆锥嵌入件/环形铁组件的另一实施例 120，该组件具有圆锥嵌入部分 122、中间螺纹部分 124 和有眼的部分 126。

虽然图中终端接头被示为具有接头主体 12，该外壳具有阴螺纹的远端和外螺纹的环形螺帽，但是也可以采用其它装置来加压摩擦啮合装置，该摩擦啮合装置包括在内腔中的截头锥体或者其它结构，由此可以加压多个复合条，将其固定在内腔中，并向外张开。

除具有圆形断面的复合条束 60 外，该束还可以具有其它断面，例如如图 10 所示的泪滴形断面 130，这种断面是考虑到空气动力学而

形成的，例如用在比赛帆船上。

图 11 是流程图，说明制造本发明抗张部件的工艺。在第一步骤 140 中形成多个具有预定直径的复合条。例如，直径为 0.97mm (0.038 英寸) 的约 75-80 根复合条将形成直径为 9.5mm (0.375 英寸) 的复合条束。根据具体的设计，可以改变复合条的数目、尺寸和特性。还可以用不相同的复合条和/或其它类型的材料来形成中间缆索。

在第二步骤 142 中形成终端接头，该接头具有张开的内腔和嵌入芯固定装置。

在第三步骤 144 中，将多个复合条捆成束，并插入终端接头的喇叭形内腔中，然后在内腔中插入嵌入芯，使每个复合条向外张开而彼此接触，并接触插入芯的内表面和终端接头的内腔接触，再利用锁定装置例如封闭的环形螺母将插入芯和张开的复合条固定就位。

在第四步骤 146 中，将粘合剂注入到粘合芯和终端外壳之间形成的内腔中，使多个复合条彼此粘接，并粘接在嵌入芯和终端外壳的内表面上。

在第五步骤 148 中，如果需要，使多个复合条轴向准直并加上张力。或者还可以将复合条绞合成绞合缆的形状。

在第六步骤 150 中，重复第三至第五步骤，将第二终端接头固定于复合条束的第二端部。

在第七步骤 152 中，将多个复合条扎成束，例如用 Kevlar[®]线沿两个相反向螺旋方向捆住。为了形成另外的防风雨和防损害的装置，可以再加一层覆盖层。

通过向使用人提供复合条和各种终端接头的卷筒，本发明的抗张部件可以作成任何需要的长度，因此使用人可以定做要求长度的抗张部件和要求特性的抗张部件。对于要求极长部分抗张部件的应用，例如深海海上采油平台的系留缆，抗张部件的末端最好可以牢固地结合在一起（例如用螺纹结合或者其它装置结合，以便使很长长度的抗张部件可以束在一起（未示出）。实际上，在海上石油井架的系留缆应用中，该系留缆的长度太长，使得缆绳本身在缆绳上施加了太大的应

力，因而基本上不能用来支承井架。本发明的抗张部件对于这种用途是理想的。

如上所述，小的复合条元件提供一种可以将终端接头连接于复合抗张部件的高强度装置。该复合条元件的表面积和抗张强度具有相关关系。这种关系使得复合条可以以相当的强度粘接在树脂终端塞上。例如，1.0mm（0.038 英寸）的碳/环氧树脂复合条其最后张力强度为225kg（496 英磅）。用环氧树脂粘接，典型的叠接剪切粘合强度值为 280533kg/m^2 （4000 英磅/平方英寸）。因此碳复合条与环氧树脂的接触面积，或者碳复合条插入终端塞中的接触面积必须至少为 8.0mm^2 （0.124 英寸²），才能保持碳条的强度（例如，用 280533kg/m^2 除以 225kg（或者用 4000 英磅/平方英寸除以 496 英磅））。1.0mm（0.038 英寸）的碳条必须具有至少 2.64cm（1.039 英寸）的插入长度才能达到至少 8.0mm^2 （0.124 平方英寸）的叠接剪切面积。如果人们想制造 9.5mm（3/8 英寸）直径的碳复合缆，则最后的抗张强度接近于 17270kg（38000 英磅），然而终端接头不可能压接、挤压或者粘接在单一整体的 9.5mm（3/8 英寸）直径的复合碳抗张部件上，该抗张部件与 17270kg（3/8 英寸）的缆索强度相当。另外，用粘合剂的粘接来承受 17270kg（38000 英磅）的应力也是作不到的。在理论上，通过将 9.5mm（3/8 英寸）直径条的 20.3cm（8 英寸）的长度粘接在终端中，可以承受 17270kg（38000 英磅）的负载。然而在条粘接在终端的点上，将发生应力集中。这种局部应力集中大于可能达到的叠接剪切粘合力。因此，可能发生叠接剪切破裂，这种破裂将沿粘接长度扩散。这类似于一页一页撕电话本与一起撕所有页发生的现象。1.0mm（0.038 英寸）直径条具有同样的应力集中，然而应力集中小于粘接剂的叠接剪切强度。因此，如果用直径分别为 1.0mm（0.038 英寸）的条制作缆索，并捆扎在一起，形成 9.5mm（3/8 英寸）直径缆索，则可以达到充分强度的终端接头。将单根 1.0mm（0.038 英寸）直径的碳复合条粘接在终端接头可以达到该复合条理论极限强度的约 90%。利用多个小复合条元件来制造较大缆索部件或者抗张部件也使得人们可以通过改变复合

条元件数目，相对于其重量细调或者调整最后制品的强度。上面已经说明本发明的理论基础，下面说明本发明的其它实施例。

图 12 是顶视平面图，示出组装前本发明复合抗张部件终端接头的另一实施例 200。由多个复合条构成的缆索 202 具有嵌入到截头锥体塞 206 的末端 204。形成终端接头外壳 208，该接头具有形成在其中的切头锥体开孔 210，该开孔 210 的尺寸定为可以紧贴地接收切头锥体塞 206。该终端接头外壳 208 具有位于外壳远端 213 的远螺纹端 212，用于接收环形螺母 214。该环形螺帽 214 的作用是将切头锥体塞 206 和其连接的缆索 202 牢固地固定在终端接头外壳的切头锥体开孔 210 中。也可以采用其它装置将切头锥体塞 206 固定就位。

图 13 是局部外露的顶视平面图，示出图 12 所示的组装后的终端接头，该接头连接于耳钩 216，该耳钩与环形螺帽 214 的螺纹孔 218 螺纹啮合，采用锁定螺母 220 将有眼耳钩 216 固定在环形螺纹螺母 214 上。加压 O 形环，使得切头锥体固定就位，该 O 形环不是密封环。O 形环 222 放在切头锥体塞 206 的远端 224，从而有助于该切头锥体塞保持就位。示出的缆索 204 具有包套 226，局部除去该包套便可以露出捆在多个复合条 230 上使复合条捆成束的约束线 228 并且在组装复合抗张部件期间，允许每个复合条 230 进行必要的滑动。

图 14 是沿图 12 的视线 14-14 截取的切头锥体塞 206 的横截面图。示出的多个复合条 230，上面没有覆盖任何包裹件和包套，该多个复合条形成复合缆部分 202，该复合条从较窄的近端 232 稍微张开，该近端处，这些复合条进入切头锥体塞 206，伸到较宽的远端 234。需要稍微张开的原因是使得在所有的单独复合条 230 和树脂材料 236（例如环氧树脂）之间形成良好接触，该切头锥体塞 206 用该树脂材料形成。在每个复合条 230 和切头锥体塞材料之间的良好接触可以达到很高的强度，并可以防止复合条 230 与切头锥体塞脱开，即使在使复合缆绳断裂的张力作用下也是如此，因此可以防止复合抗张部件与终端接头的断开。也可以将切断的或者磨细的玻璃纤维或者颗粒纤维加入到圆锥塞的环氧树脂中，以便增强锥体塞材料的强度。

当在缆索组件上加上张力负载时，该截头锥体塞便向下拉到接头中，因为接头具有很大的箍紧强度，并且是刚性的，所以作用在切头锥体塞上的张力负载便造成作用在截头锥体塞的压力垂直于圆锥楔角。作用在切头锥体塞上的压力也产生作用在小复合条上的压力，该压缩力增加了复合条与切头锥体塞的叠接剪切粘合力，该切头锥体塞必须准确地贴合接头，以便在锥形塞和嵌入的复合条上作用均匀的压缩力。该切头树脂塞可以在切头锥体接头中滑动，从而产生楔力。因为用现在容易得到的材料制作的本发明的例示性截头锥体塞其最大压缩强度仅为约 4500 英磅/平方英寸，所以需要将该截头锥体塞做得充分大，以便它能够承受加在上面的压力。截头锥体塞必须这样设计，使得截头锥体塞的表面积与缆索的最大张力之比在截头锥体树脂塞可能达到的压强度范围内。接头的夹角对产生的楔力产生很大影响，因为复合抗张部件受到张力的作用。该夹角越大，压缩负载或者楔形作用越小，较小的楔角在截头锥体树脂塞上形成较大的压力。另外，较大的夹角产生较大的和较重的接头，而较小的夹角产生较小的和更轻的接头。本发明人已经发现，约 15° 的夹角（每侧的角 α 约为 7.5° ）是使终端达到最大强度和使缆绳组件重量轻之间的最好折中，在约 15° 的夹角时，垂直于截头锥体楔形件表面的力显著大于作用在整个抗张部件组件上的张力负载（约为 1.6 倍于张力负载）。该楔力在截头锥体楔形件上产生很大的压力：极大地增加了碳复合小条在截头锥体楔形件内的粘接力。

如上所述，该截头锥体树脂塞可以用结构性的环氧树脂制作。该截头锥体树脂塞是抗张部件终端的重要结构部件。然而，环氧树脂的压缩强度、剪切强度和模量或者低于碳复合抗张部件条或者金属接头的压缩强度、剪切强度和模量。该张力负载从碳复合条传到树脂塞，然后传到金属截头上，在抗张部件上增加张力时，作为弱强度材料的环氧树脂传送负载能力的关键因素是增强机械特性。因为截头锥体树脂塞装在承受压力的金属截头中，所以它能承受压力。作用在塑料上的紧压压力增加了塑料的机械特性。在压力作用下的塑料变得更为致

密，由此提高了其强度和模量。

图 15 是顶视平面图，示出一部分模具 240，该模具用于制造其中嵌入复合条或者多个复合条的截头锥体塞 206。如图所示，每个复合条 230 的束 242 配置在模具 240 中，该模具具有用于接收复合条束的沟道 244。每个复合条 230 穿过梳理板 246，该梳理板与模具相结合，并使复合条 230 的远端分开。然后使另一部分模具（未示出）结合于第一部分模具 240，并将树脂通过入口 248 注入，使得用树脂充满复合条 236 之间的空间，从而封装碳复合条，形成切头锥体树脂塞。该模具可以加热，使树脂固化。在树脂固化后，从模具上取下缆绳，浇铸的树脂塞和梳理板 246，然后剪去超过切头锥体树脂塞远端的复合条。采用结构性的环氧树脂可以取得良好的结果。所用的环氧树脂可以加入磨细的玻璃纤维（加入量例如为 10% 体积），以增加其压缩强度。该环氧树脂可以用真空去气，以便在将树脂注入模具之前除去树脂混合物中存在的空气泡。作为一种选择，最好在要注射锥形树脂塞之前，在复合条上涂上拉伸率特别高的树脂混合物。这种特殊的树脂混合物包括一份 Epon™828 号树脂和高到 1.5 份的 Epicure™3140 号固化剂，二者均可以从德克萨斯州 houston 市的 Resolution Performance Products 公司买到。这种特别树脂混合物其拉伸率约为 100%。然而也可以用其它产品。也可以将烘烤过的石英以 1:1 的体积比加入到树脂混合物中。因为加入烘烤的石英，所以这种特殊的树脂混合物具有触变性。可以用小刷子将这种特殊的混合物涂在碳复合条上。这种特殊的树脂混合物涂在碳复合条表面上，涂层厚度约为 1-2 密尔，这种特殊树脂混合物的特性是，通过降低复合条进入接头锥体树脂塞处的局部压力集中，增加碳复合条在接头锥体树脂塞中的保持强度。本发明人已经发现，该复合条应当嵌入到约 15°切头锥体塞中，以便尽可能减小弯曲或者张开。换言之，复合条最好应当靠近切头锥体塞的中心轴线，以保持最大强度。在模制切头锥体塞的工艺中，需将小复合条稍微张开，以便在复合条的周围使树脂流动。然而，复合条最好尽可能没有弯曲部分，因为这种弯曲将降低每个条的最后强度。

现在已经有一些普通的钢丝绳索的终端接头，这种接头与注入的树脂塞相结合，这种树脂塞在概念上类似于本发明人的复合切头锥体塞。然而，有一些显著的差别。在钢丝绳中该金属丝无序地向外弯曲，与其位置无关。在钢丝绳中不需要均匀地拉伸钢丝元件。聚脂树脂围绕钢丝元件浇筑，而接头位于垂直位置。该聚脂树脂浇筑成接头本身，将钢丝绳索元件锁定在接头上。在本发明人的复合缆工艺中，可以相对于嵌入到接头锥体塞中复合条的位置和相对于复合条的张力准确控制该复合条元件。在接头锥体塞中，复合条的准确位置和复合条的均匀张紧对于得到具有最大强度的可靠抗张终端接头是很重要的。

图 16 是示意图，示出制造本发明复合抗张部件的装置。水平轨道 260 支承模具 240。使一束复合条 262 进入模具 240，并使多个复合条 230 的远端穿过放在水平轨道 260 上的第二梳理板 264。在靠近复合条 230 终端附近配置夹具 266，该夹具 266 连接在线绳 268 上。为了在制造切头锥体树脂塞时在每个复合条 230 上达到均匀的张力，将同样的重物 270 挂在线绳 268 上，例如经过滑轮 272 挂上。也可以采用产生同样张力的弹簧来代替这些重物，使得在复合条束中的所有复合条达到相等的张力。这种水平组装装置的一优点是，它能制造长度很长的复合抗张部件。因为复合条具有很高的抗张强度，而且不容易拉伸，如果一些条比另一些承受更大的张力，则这些杆容易提前断裂，由此降低了缆索的强度，因此在制造切头锥体塞的过程中，重要的是每个条必须受到同等的张力，由此可以避免一些条比另一些条受到更大张力的情况出现。

图 17 是示意图，示出正在制造复合抗张部件 290，该部件在缆索部分长度上具有强度最小弱化的弯曲部 292。在缆索的一端形成切头锥体塞，该束复合条用型件 294 弯曲，以形成在安装时复合抗张部件所形成的形状，一个例子是用复合抗张部件作帆船的上部侧支索，此时该上部侧支索绕过从桅杆伸出的撑开器。当该束复合条在型件 294 上弯曲时，允许复合条束中每个复合条 230 可以彼此相对滑动，弯曲部的外侧具有较长的长度，而弯曲部的内侧具有较短的长度。取决于

弯曲的程度和最后形成的条束的直径,每个条长度的差别是相当大的。然后,在终端上形成最后的切头锥体塞。这样便使组成复合抗张部件的不同复合条上受到完全均匀的力。这使缆索和条形成鲜明的对比,在缆索和条的弯曲情况下,在弯曲区域产生应变,这种应变使弯曲区域的强度变弱。每个碳复合条可以沿其自然路径,使得在加上负载时,所有的碳复合杆可以同等地分摊负载。与此相反,在做成直的然后在扩张器上弯曲的缆索中,一些条将松弛,因此外部条必须承载所有负载。对于特定的撑开器几何形状,只能采用对该撑开器特有的具有不同长度复合条的缆索。

复合缆绳最好具有包在外面的保护外套。保护外套的用途是防止复合条束受到损坏,防止受到紫外线的照射,紫外线长时间的照射将使复合条的特性下降。通常将塑料或者橡胶外套挤压在复合缆束上,像工业上制造电线那样。然后在安装终端接头区域局部剥去挤压的外套。然而对于这种应用,挤压外套是不理想的,因为必须制造不同长度的缆索,而且复合条必须具有同样长度,在装上终端接头时必须受到同样的张力。挤压的外套可能使复合条彼此相对滑动,并且不确保每个条是直的并受到相同的张力。因此,需要在制造和组装终端接头后,在缆绳上加上保护套。在形成终端接头后加上保护套可以容易地确保保护套紧贴在终端接头上。本发明人已经提出在终端接头之间形成保护套的方法。一种代表性的方法是用重量轻的合成纤维束紧缆索束,例如用芳族聚酰胺纤维线或者 Kevlar[®]纤维线将复合条紧紧捆成圆筒形状。接着在缆绳束的外面涂上一层未硫化的 B 级聚氯丁橡胶,轴向覆盖缝隙。典型的未硫化橡胶厚度约为 0.76mm (0.030 英寸)。接着在复合缆索组件上放上拼合的硅橡胶管,该硅橡胶管起均衡压力覆盖板的作用,但是成管子形状。然后在硅橡胶管、未硫化的橡胶外套和缆绳束上加一层螺旋包裹的尼龙紧缩膜。接着将该缆索放在很长的隧道炉中。加热到约 148℃ (300 华氏度),加热一小时。这种加热将使尼龙膜紧缩在硅橡胶管上和未硫化的橡胶上,并围绕复合缆压缩该橡胶。加热使未硫化的橡胶硫化。在组件冷却,并从炉子中取出后,

除去紧缩膜和硅橡胶管。结果在缆索的外面形成耐用的保护涂层，该涂层紧密地贴合终端接头。在固化橡胶外套期间，也可以采用尼龙真空袋来代替紧缩膜，将压力加在硅橡胶管上和缆索组件上。也可以采用未硫化的硅橡胶作缆索外套。另外，如果需要，在未硫化的橡胶片上加上很细的玻璃纤维织物或者其它强度大的纤维，以便额外增加缆索外套的抗破损能力。

图 18 是顶视平面图，示出终端接头 300，在该接头上覆盖一层高强度的复合材料，例如碳纤维或者 Kevlar[®] 纤维或者玻璃纤维，来提高紧箍强度。该包裹材料可以包裹在终端外壳的切头锥体部分 304 上，因为该处是紧箍应力最大的地方。该金属接头也形成一种装置，这种装置将抗张部件端部固定在由该抗张部件保持或者约束的任何装置上。在快艇静复合索具的情况下，金属接头连接于桅杆和/或者船的硬件上。金属接头受到两种基本负载。第一种负载是张力负载。第二种负载是在应力作用下切头锥体塞楔入接头时，作用在接头上的环箍负载。终端的基本几何形状通常可以保证由适当的金属料来承受张力负载。然而，在接头设计中，需要更大的金属厚度来承受张力作用在绳索上和切头锥体塞楔入接头时所施加的环箍应力。金属接头很重要的是要具有很高的环箍刚性，以便使终端接头起作用。如果在切头锥体塞楔入接头时，金属接头发生形变（弹性形变或者永久形变），则在切头锥体塞上不产生压缩力，这样便不能得到使复合条紧箍在树脂塞中的有利作用。为此，本发明人提出一种碳纤维增强接头，以便在金属接头上形成很高的环箍硬度，而又不过度增加重量。将碳复合纤维包裹在金属接头的锥形塞的区域上，以增强该接头。该碳纤维包裹件可以变化，以适合特定尺寸接头的强度要求。按照这种设计，可以优化接头的金属部分尺寸，使其能承受张力负载，同时又可以利用重量较轻强度较高的碳纤维包裹层来承载环箍负载。混合的金属/复合物终端接头装置与只用金属的装置相比，重量很轻。最好在碳纤维的外包裹层和金属接头之间包含环氧树脂粘合剂薄膜层，以增强复合物和金属接头之间的粘接性，并形成一种介电层，以防止缆索浸入海水中时，

在不同材料之间发生电解损害的可能性。

图 19 是顶视平面图，示出另一种终端接头 310，缆索部分 312 具有整体的复合条。连接件 314 连接于终端外壳 316。在图 20 中以放大的比例示出区域 318 的细节，该区域示出外壳 322 中的一部分切头锥体树脂塞 320 和连接装置 314 的端部，该连接装置与终端外壳 316 用螺旋拧在一起。可以用 O 形环 324 使组件固定在一起，组件的部件之间不会松动。在制造时，可以将聚氨酯涂在形成缆索部分 312 的单体复合条上，以避免需要另外的包裹材料。如前所述，这种单体复合条最适合于直径为 3.18mm（1/8 英寸）和更小直径的小型轻负载抗张部件。对于小帆船和作业筏，这种复合条也是适用的。

图 21 是顶视平面图，示出组装后的本发明复合抗张部件的实施例 340，该抗张部件具有缆索部分 342 以及固定在缆索部分两端的终端接头 344 和 346。该终端 344 具有耳钩 348，而终端 346 具有吊环 350。在图 22 中以放大比例示出区域 352 的细节，该区域示出外壳 356 中的一部分切头锥体树脂塞 354 和与外壳 356 拧在一起的环螺帽 358。采用 O 形环 360 来密封该装置。

图 23 是顶视平面图，示出本发明的另一组装后的抗张部件 370，采用紧线器 372 来桥接一个终端外壳 374 和条形架 376。球形头螺钉 378 拧在另一接头外壳 380 上。

图 24 是流程图 40，示出制造本发明复合抗张部件的方法。在第一步骤 402 中，形成多个复合条。在第二步骤 404 中，形成具有切头锥体内腔的终端接头。在第三步骤 406 中，将多个复合条插入终端接头，并使复合条的端部插入具有切头锥体内腔的模具中，该切头锥体内腔与终端接头的内腔一致。在第四步骤 408 中，使复合条稍微张开在模具的内腔中，注入环氧树脂，形成接头锥体塞。在第五步骤 410 中，将复合条束配置在最后抗张部件所沿的路线上，该路线包括任何弯曲部分。在第六步骤 412 中，将同样的张力加在每个复合条上。在第七步骤 414 中，重复第三和第四步骤。在第八步骤 416 中，将强度大的合成材料包裹在复合条束上。在第九步骤 418 中，在复合条上形

成保护外套。

图 25 是局部露出的截面图，示出复合抗张部件终端接头的另一实施例 450，该接头具有终端外壳 452 和内腔 454，金属球 456 插入该内腔中。多个复合条 458（图中仅示出少许复合条）被加压而与球 456 接触，并用环箍强度大的包套复合纤维材料 458 捆住。该系条 458 捆在球 456 上，以便将条锁定就位。该球和条没有占据的空间充满树脂，用环形螺帽 460 将球 456 固定就位。

图 26 是顶视图，示出本发明的实施例，其中多个复合抗张部件 470 连接于挂钩连接件 472。每个复合抗张部件 470 具有终端接头 474，该接头用转动装置 478 连接于收集板 476。挂钩延伸部 480 从收集板 476 的后部伸出，而挂钩板 482 从约束装置 484 伸出。销钉 486 穿过挂钩延伸部 480 和挂钩板 482 上的孔（未示出），从而使得挂钩连接件可以相对于约束装置 484 转动。用复合包裹件 485 缠在多个复合抗张部件 470 上，由此形成复合抗张部件的束 487。

图 27 是顶视平面图，示出收集板 476，该收集板具有多个从收集板上伸出的吊耳 486。

图 28 是细节图，示出转动装置 488，该转动装置用于将一个抗张部件 470 装在收集板上。每个转动装置 488 可转动地连接吊耳 486，并具有螺杆 490，该螺杆拧在终端接头 474 上。

虽然已利用切头锥体塞来固定单体的复合条或者多个复合条，并以这种方式说明本发明，但是该锥体塞可以为其它形状，例如为扁平的切头锥体塞、棱形塞或者其它形状。

虽然已经说明本发明的例示性实施例，但是技术人员应当明白，上述说明仅仅是例示性的，在本发明的范围内可以有各种其它的替代装置、改变和改型。文中公开的实施例可以认为在所有方面均是例示性的，不具有限制性。本发明的范围由所附的权利要求书确定，而不是由上述说明确定，意在包括符合权利要求书含意和等价范围内的所有变化。

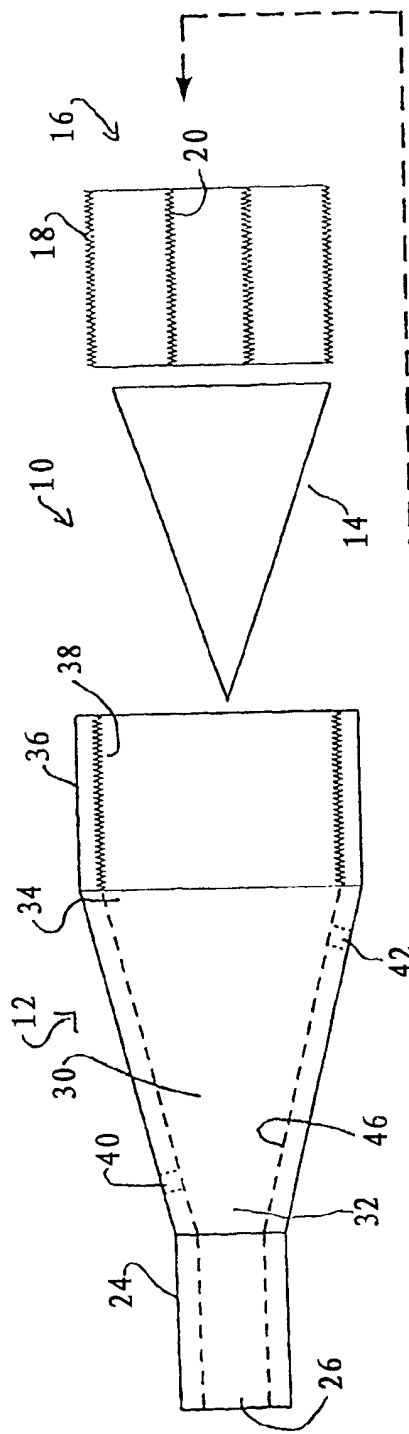


图1

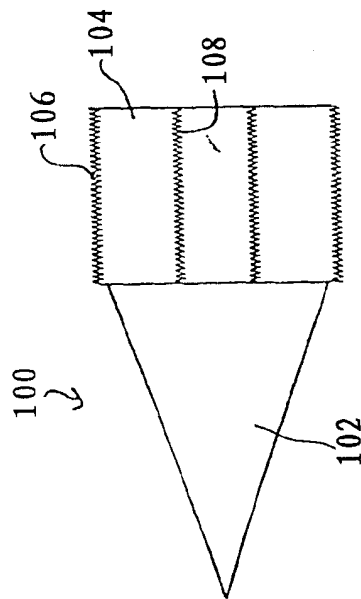
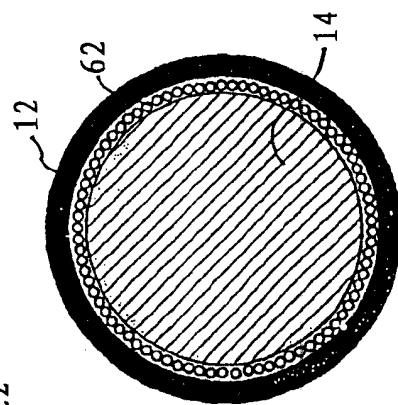
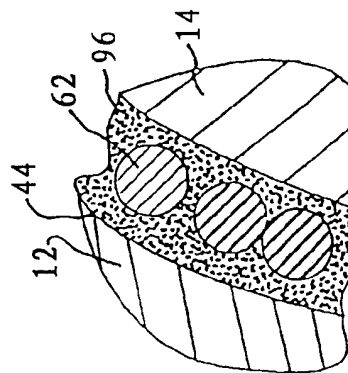
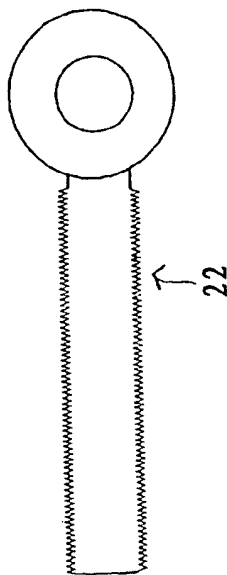
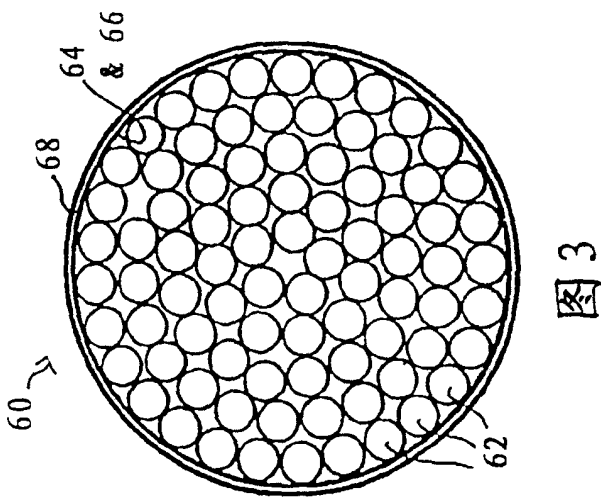
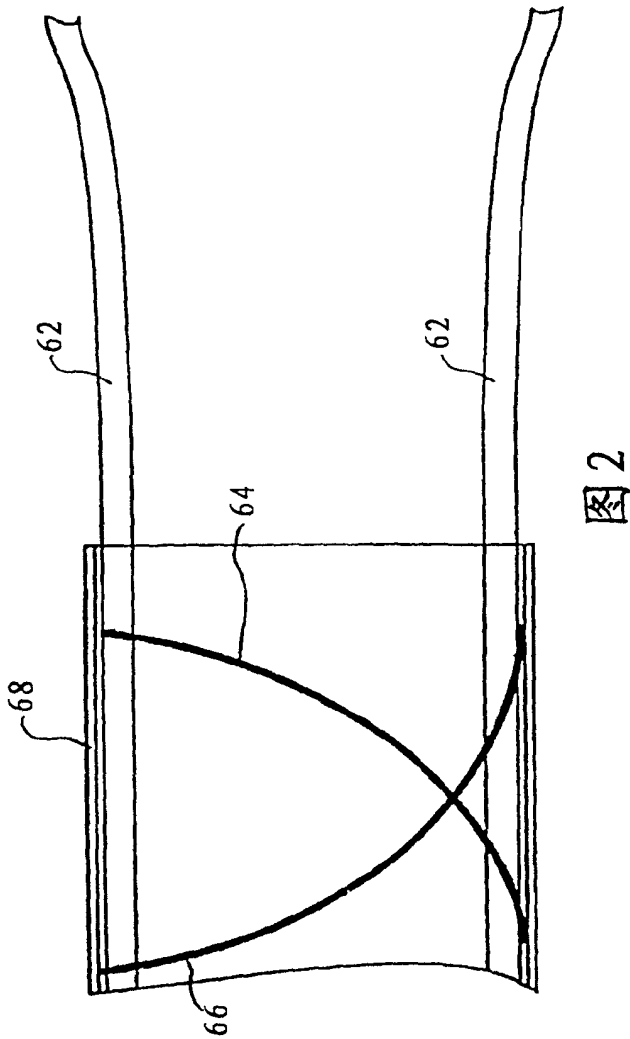
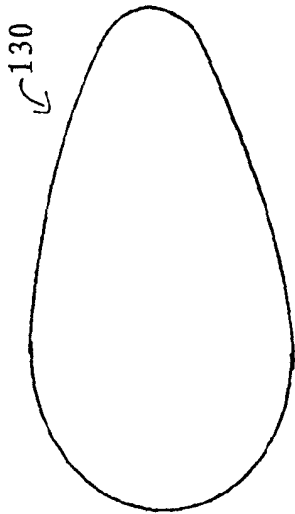
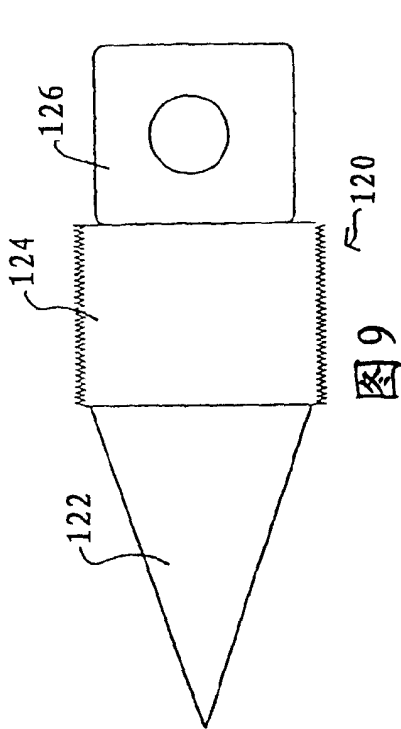


图6

图7

图8



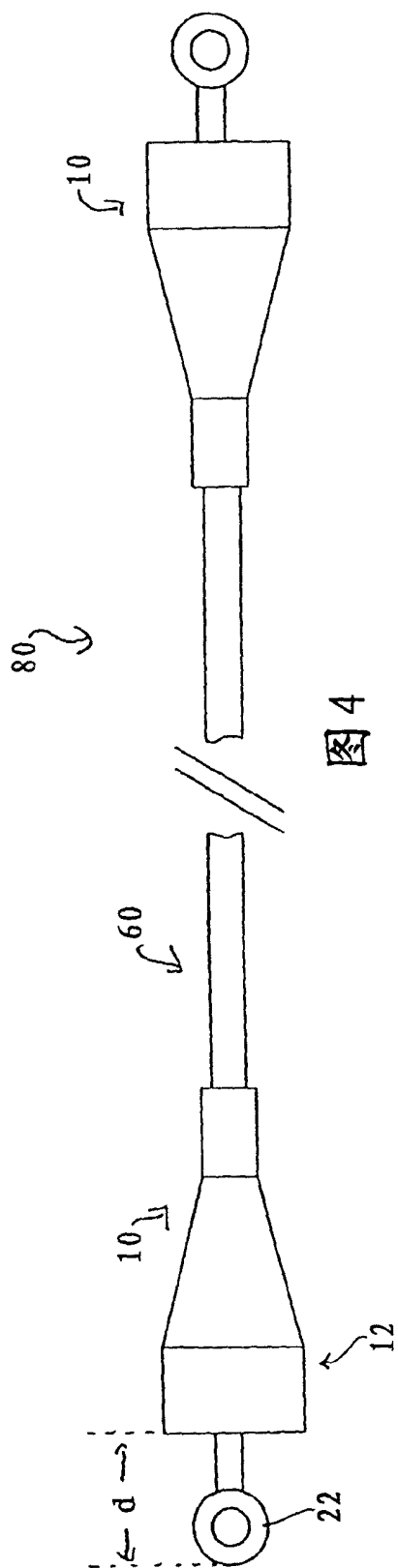


图 4

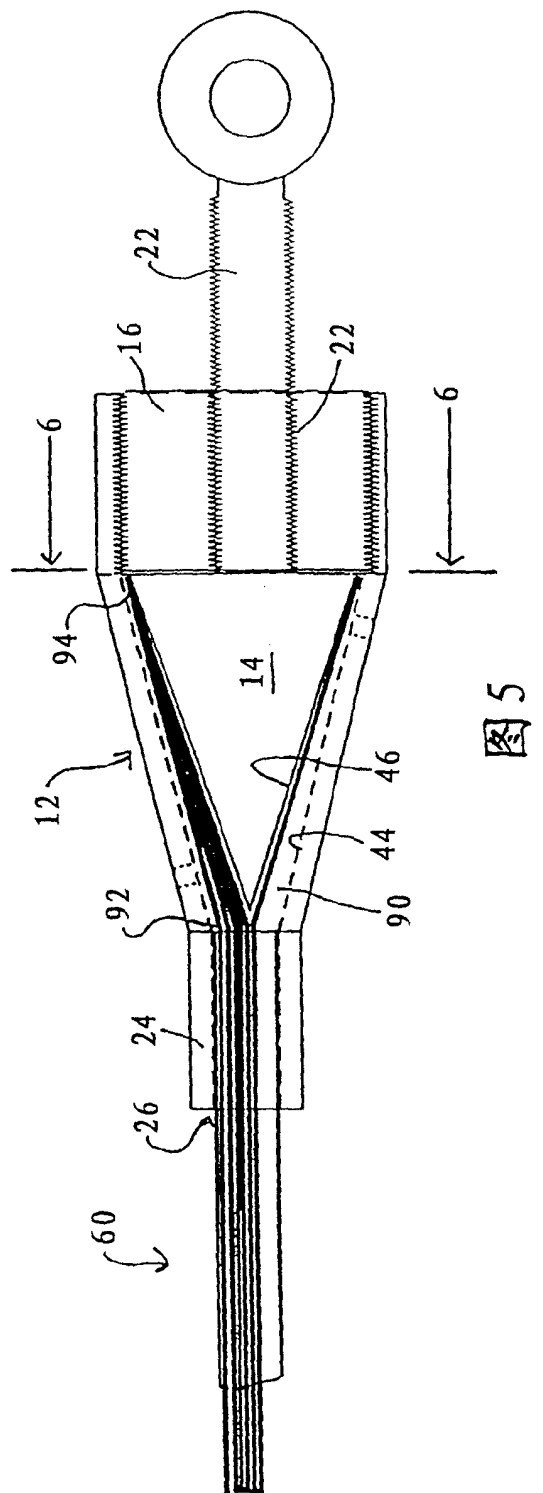


图 5

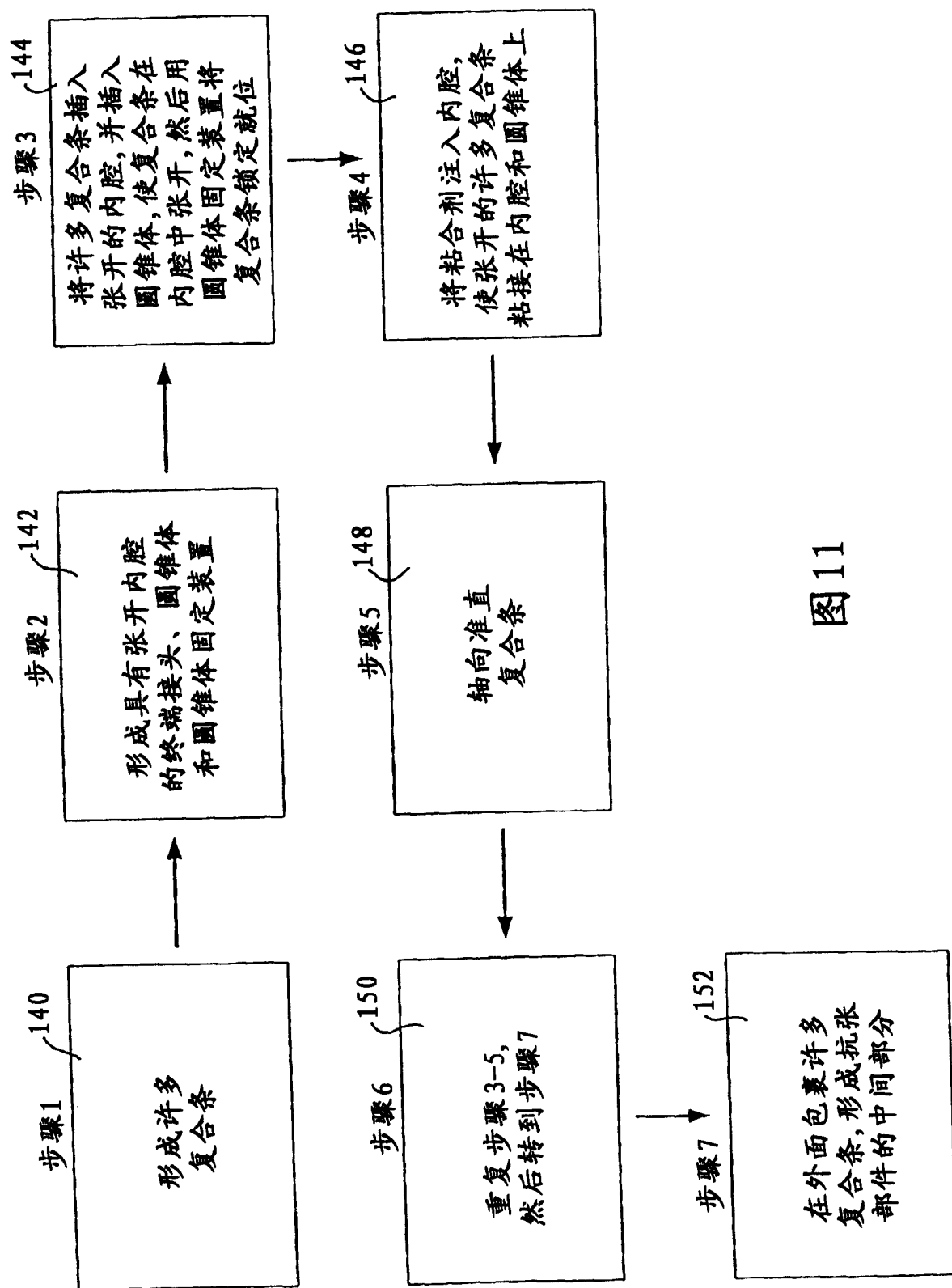


图11

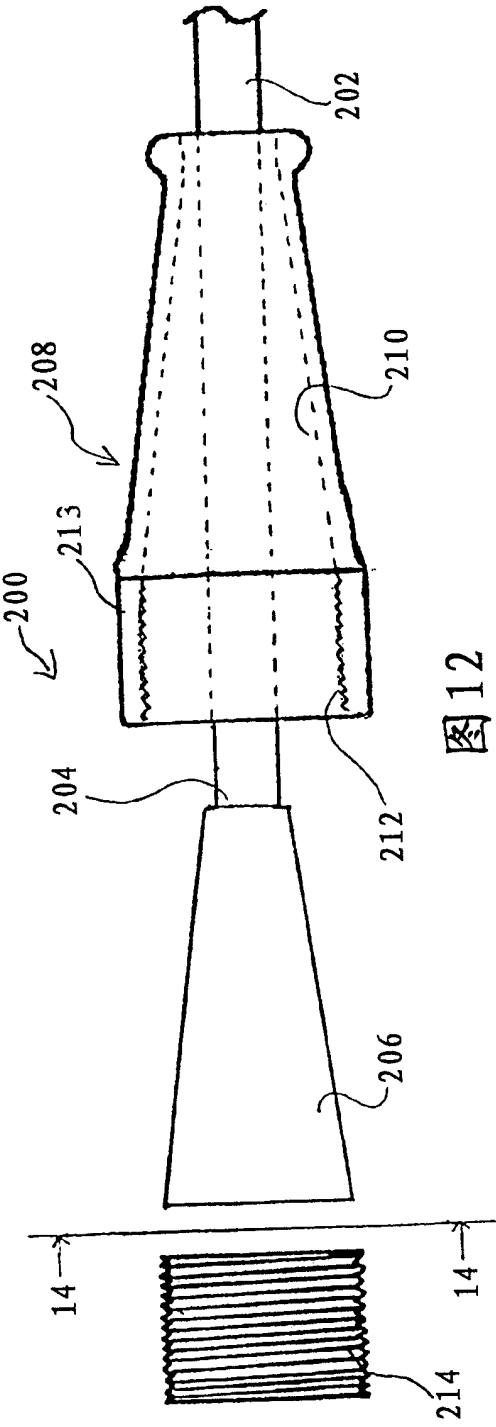


图 12

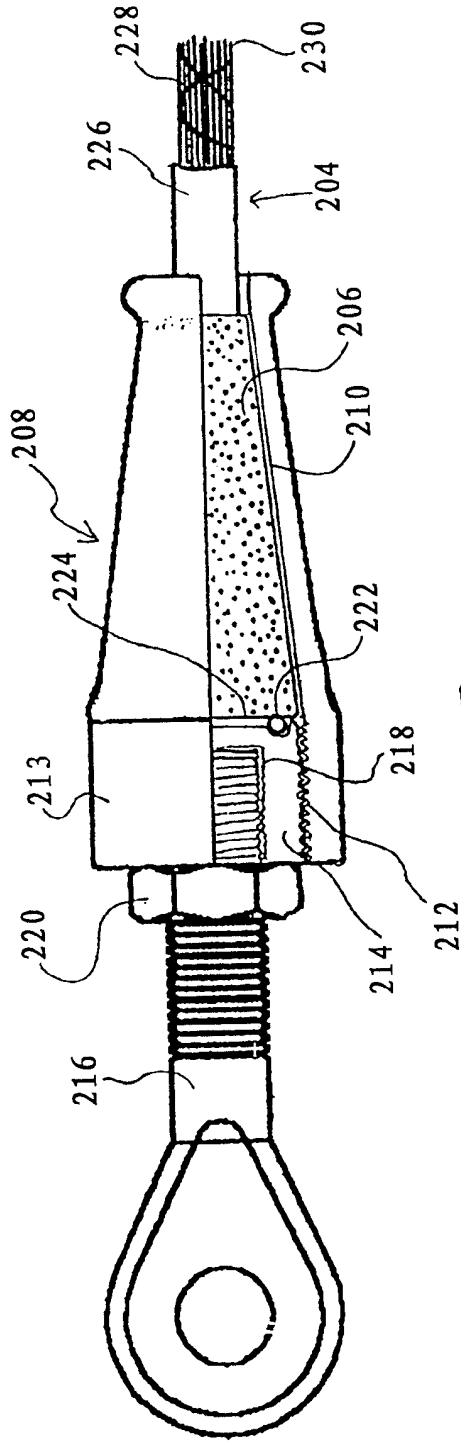


图 13

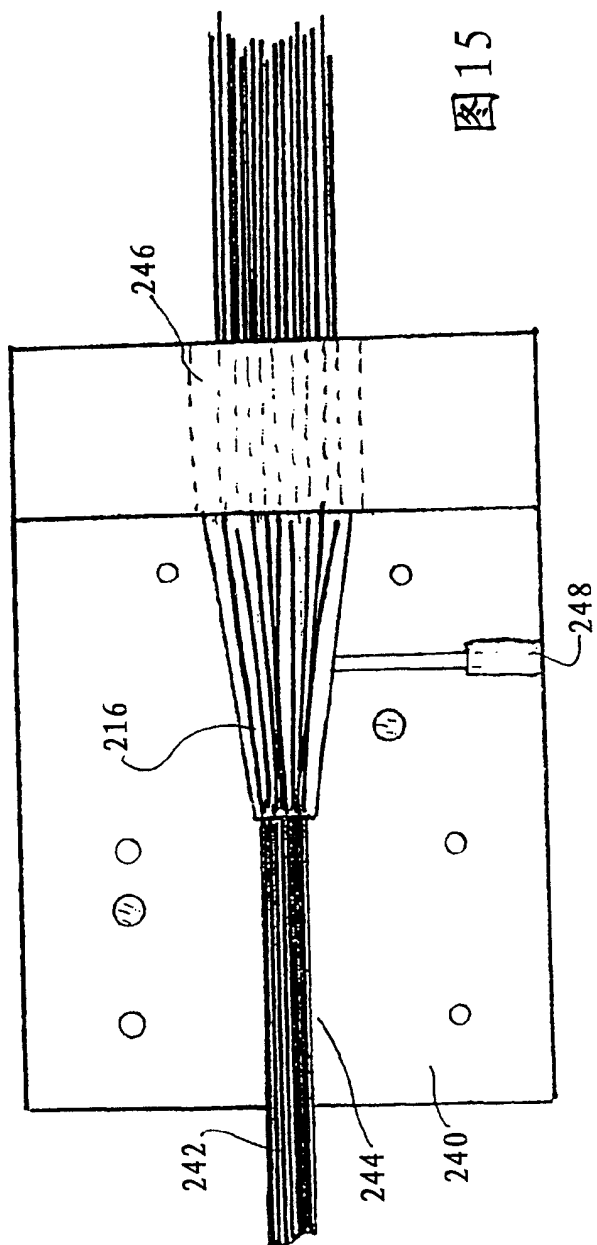


图15

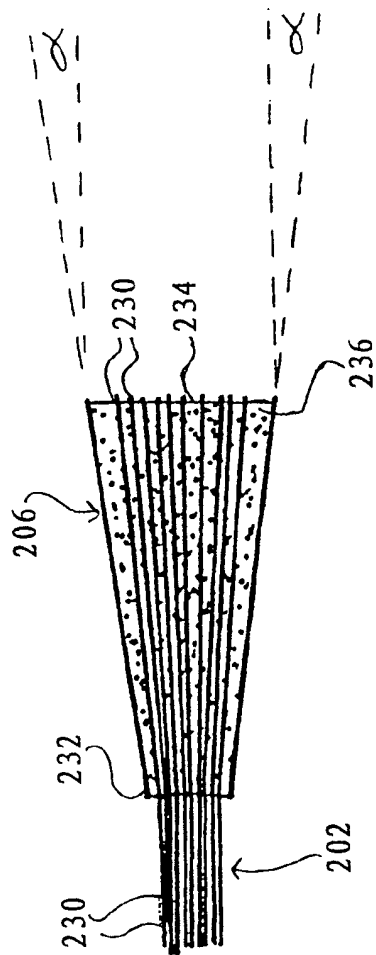
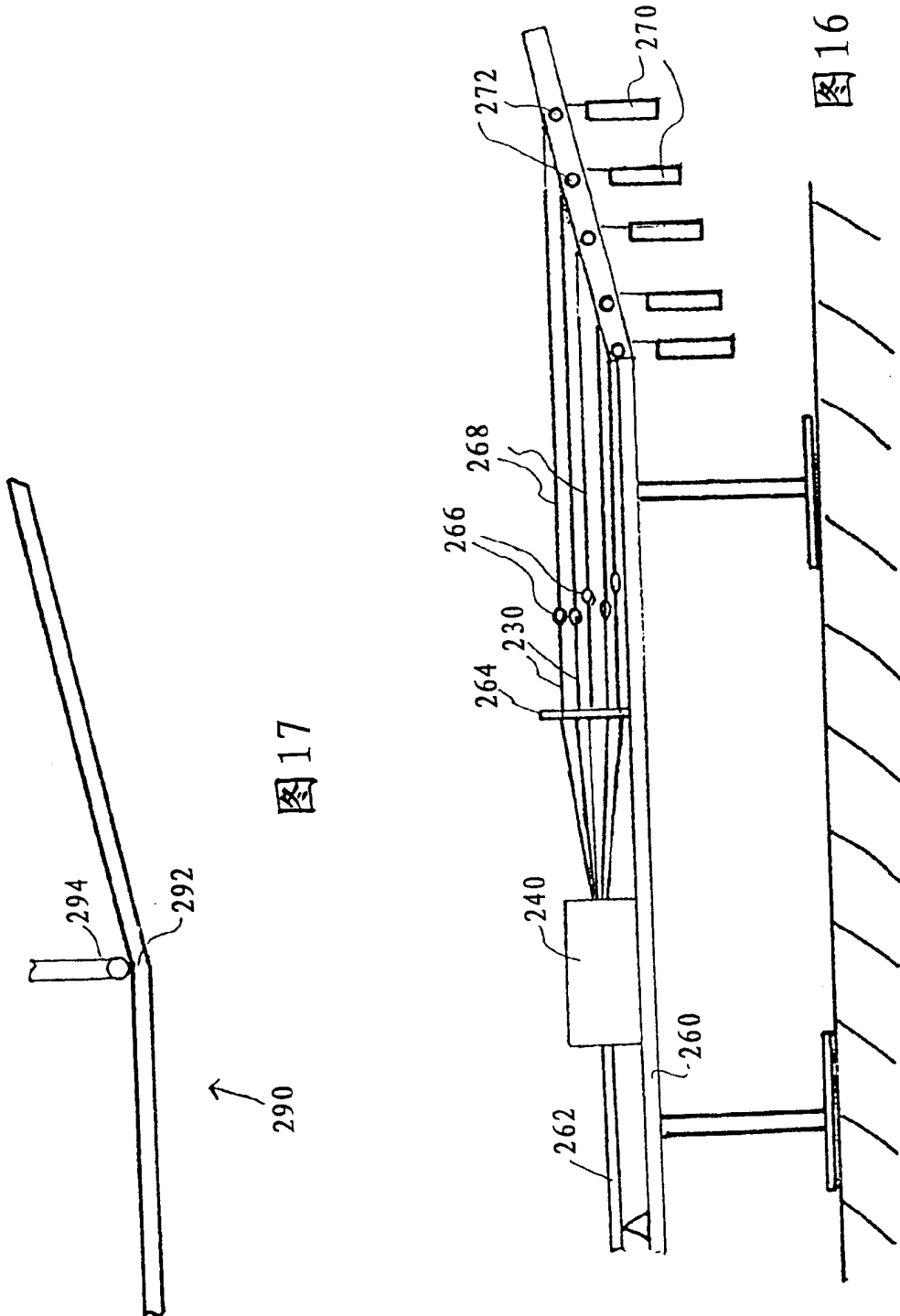
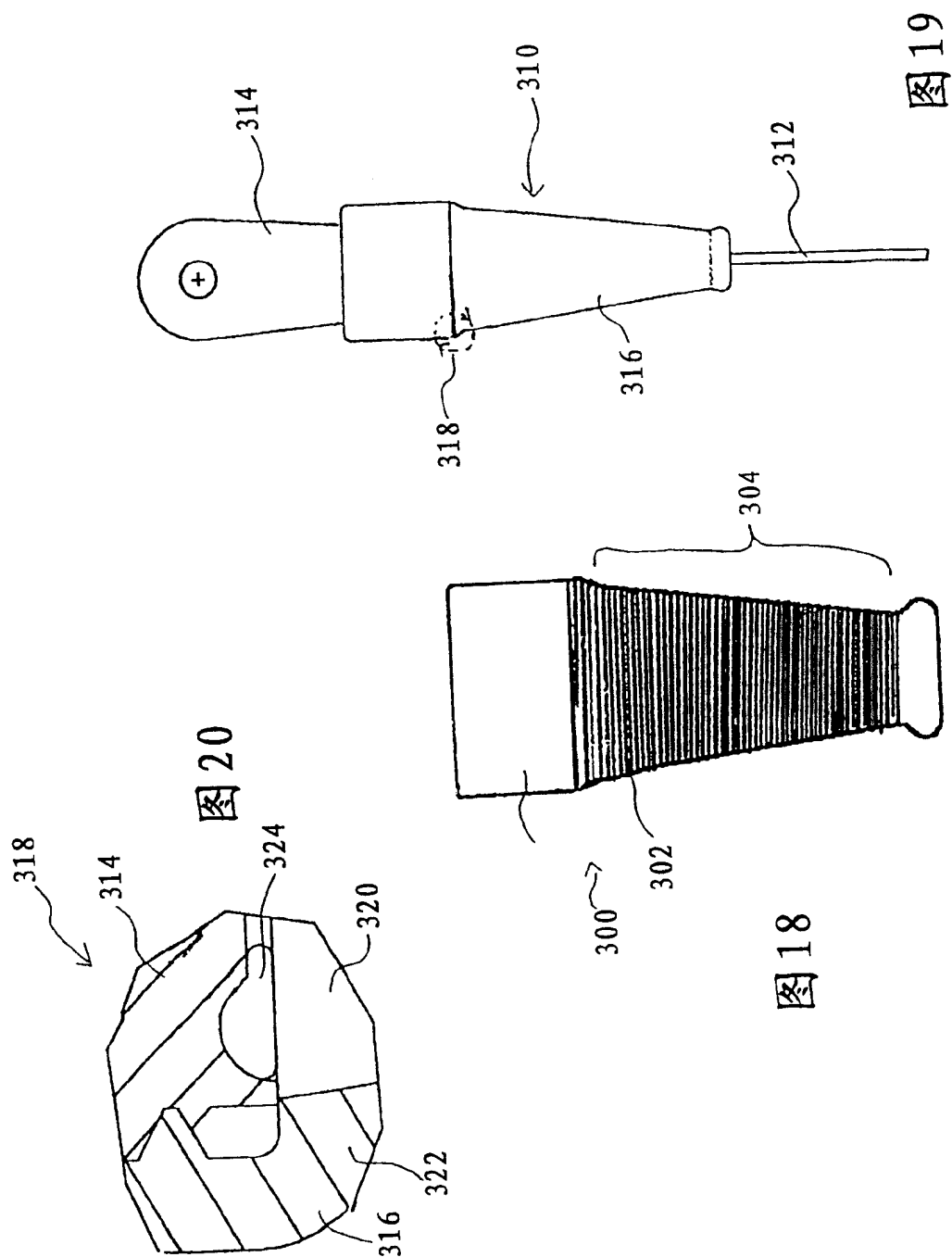


图14





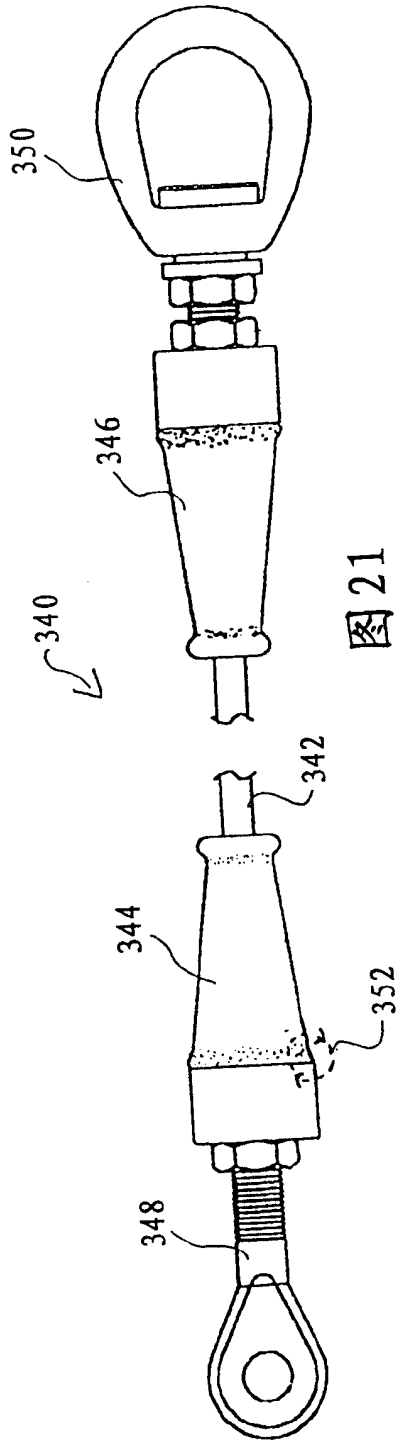


图 21

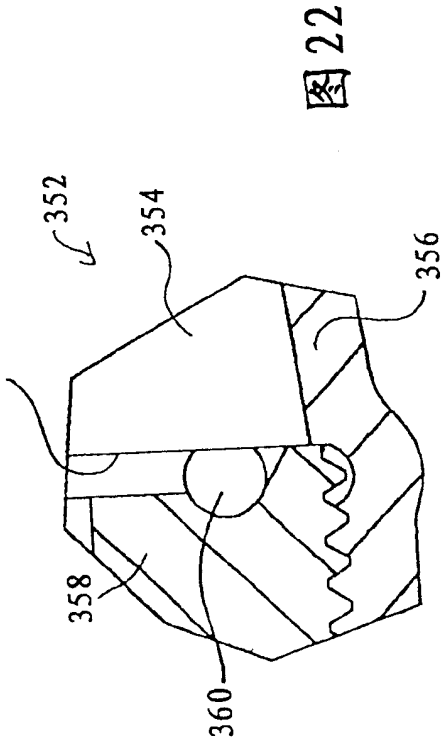


图 22

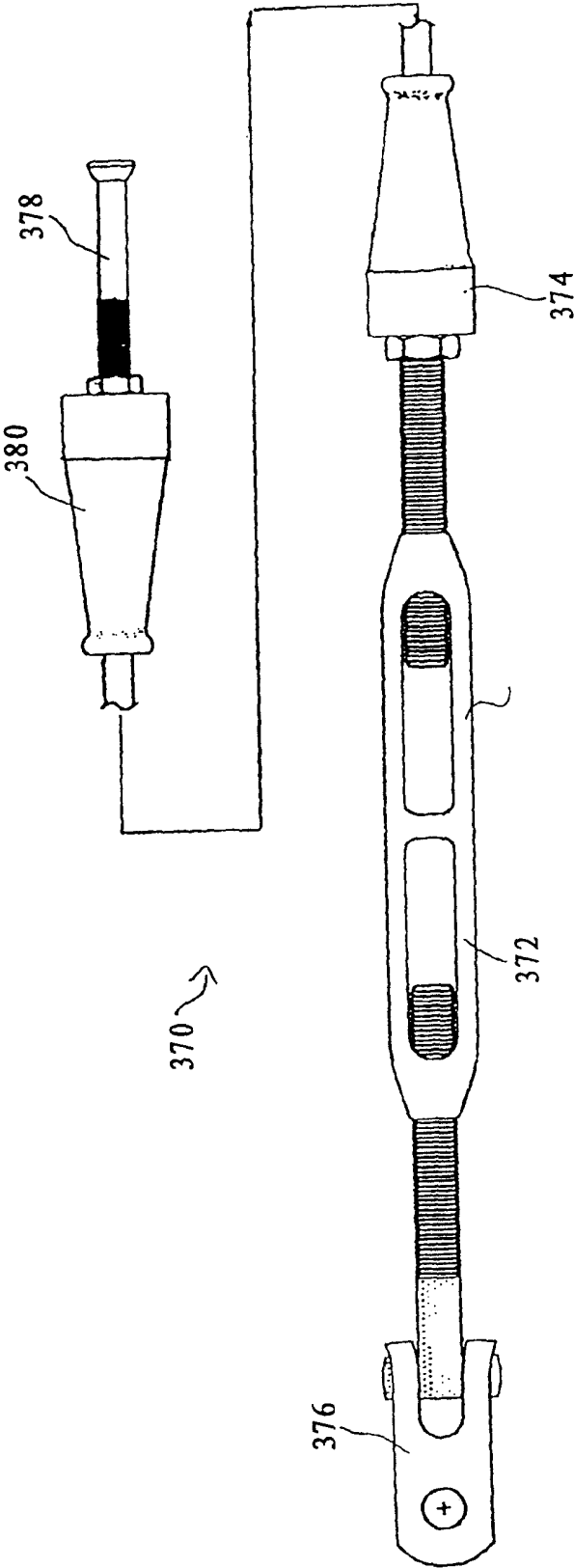


图 23

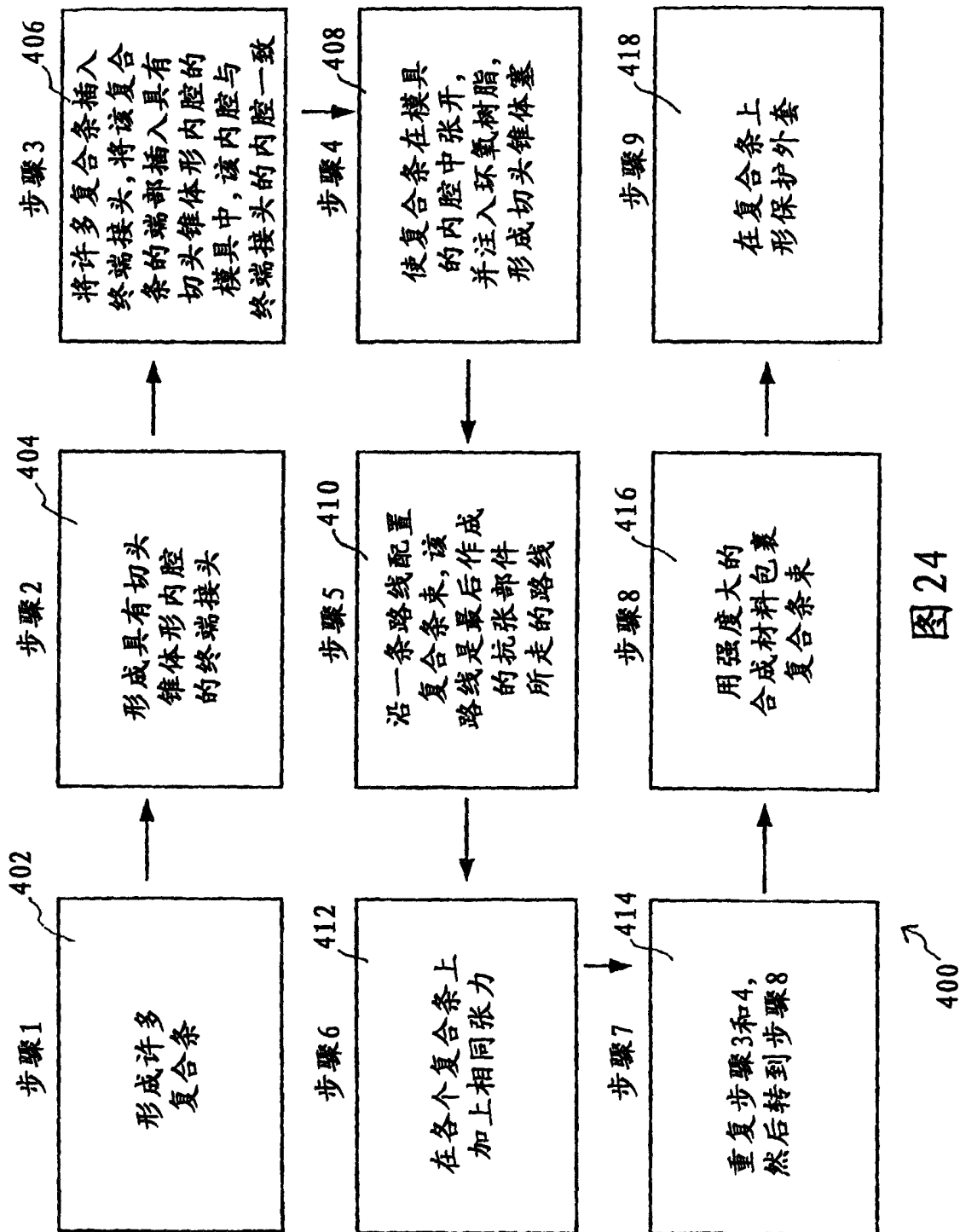


图 24

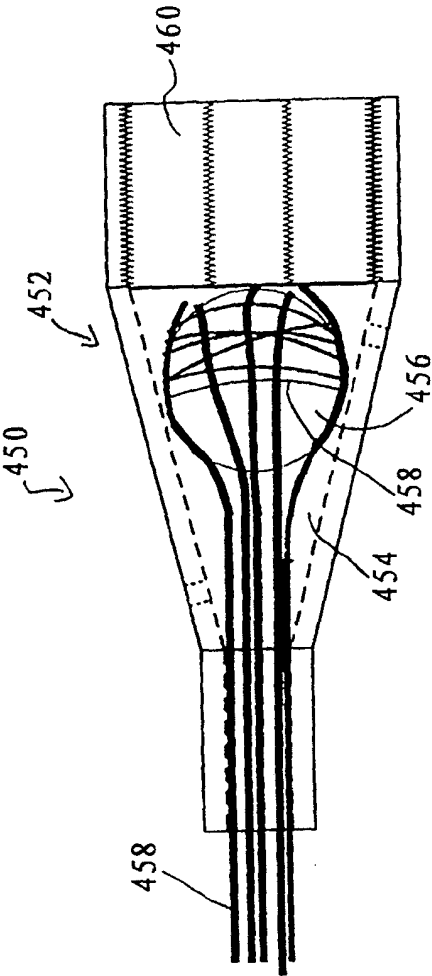


图 25

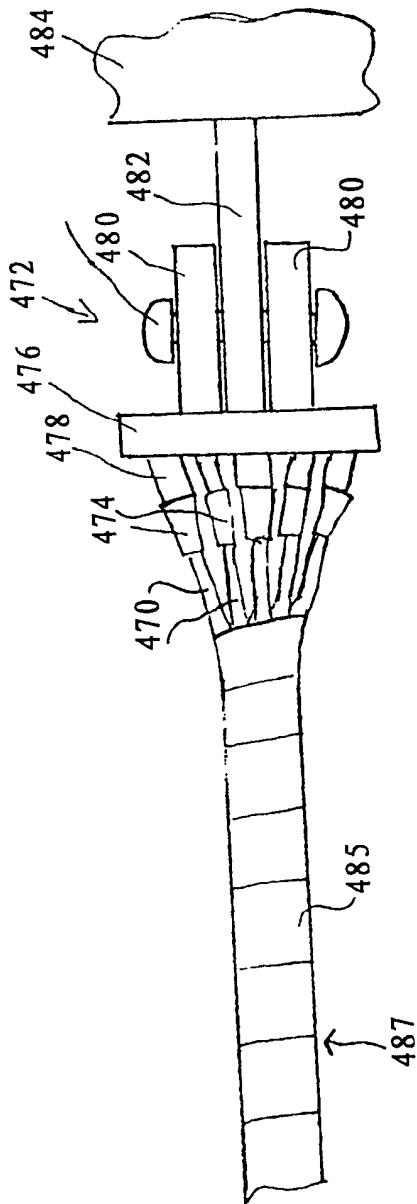


图 26

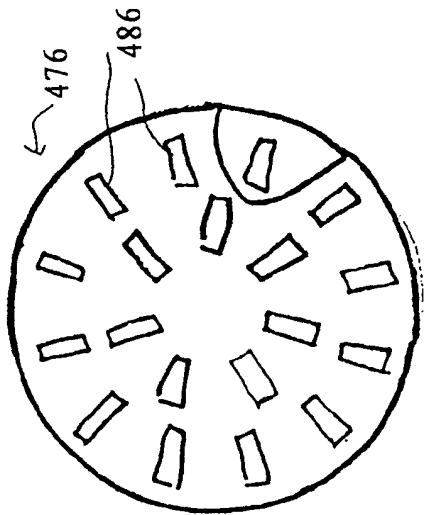


图 27

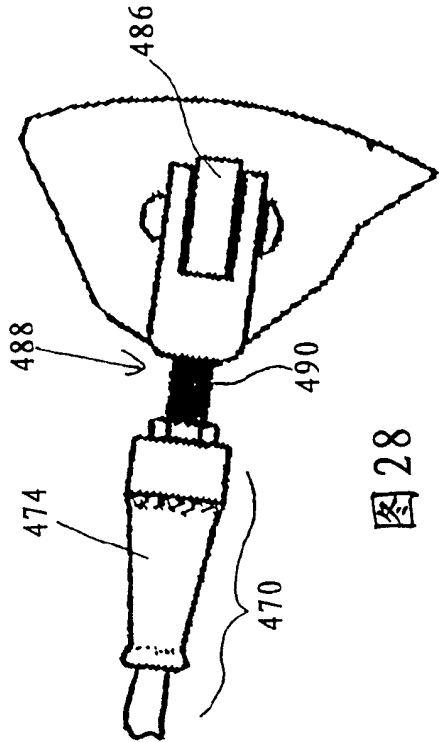


图 28