

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01B 5/10 (2006.01)

H01B 5/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02118662.6

[45] 授权公告日 2006年3月22日

[11] 授权公告号 CN 1246860C

[22] 申请日 1998.9.16 [21] 申请号 02118662.6

分案原申请号 98801436.X

[30] 优先权

[32] 1997.9.29 [33] JP [31] 263627/97

[32] 1997.10.20 [33] JP [31] 304832/97

[32] 1998.3.28 [33] JP [31] 100506/98

[71] 专利权人 古河电气工业株式会社

地址 日本国东京都

共同专利权人 关西电力株式会社

[72] 发明人 宗像武男 菊池直志 筱原敬

伴濑秀夫 金子隆雄 赤坂广二

会田幸胜 冈田哲哉 铃木为藏

下仓尚义 石洼雄二

审查员 孙克良

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 方晓虹

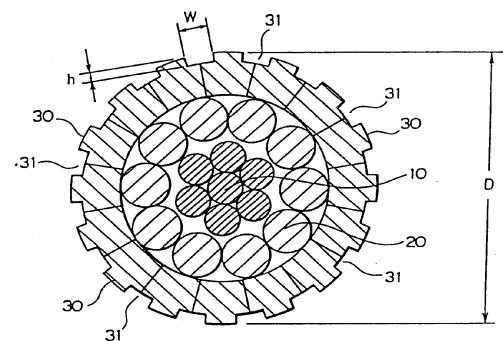
权利要求书 1 页 说明书 29 页 附图 24 页

[54] 发明名称

架空电线

[57] 摘要

一种架空电线，具有：分担张力的芯材、设在所述芯材外周的导电层、在所述导电层的外周将多根弓形导线束绞合后形成的最外层，其特征在于，形成所述最外层的弓形导线束包括薄壁弓形导线束和至少 1 根厚壁弓形导线束，在绞合后形成最外层的状态下，当设所述薄壁弓形导线束的外周表面与所述厚壁弓形导线束的外周表面之间的台阶为 H 、所述厚壁弓形导线束的中心角为 θ 、由所述薄壁弓形导线束划定的架空电线的电线外径为 D 时，满足 $0.01 < H/D < 0.10$ 且 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 。因此可以减轻风压阻力、风噪音等，还可防止绞合导线束的弹出和浮线等现象。



1. 一种架空电线，具有：

分担张力的芯材、

设在所述芯材外周的导电层、

在所述导电层的外周将多根弓形导线束绞合后形成的最外层，

其特征在于，形成所述最外层的弓形导线束包括薄壁弓形导线束和至少 1 根厚壁弓形导线束，

在绞合后形成最外层的状态下，当设所述薄壁弓形导线束的外周表面与所述厚壁弓形导线束的外周表面之间的台阶高度为 H 、所述厚壁弓形导线束的中心角为 θ 、由所述薄壁弓形导线束划定的架空电线的电线外径为 D 时，满足

$$0.01 < H/D < 0.10$$

$$\text{且 } 10^\circ < \theta < 90^\circ \text{。}$$

2. 根据权利要求 1 所述的架空电线，其特征在于，由所述多根弓形导线束形成的最外层在所述弓形导线束外周表面的局部或所述弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域，具有至少 1 条或沿架空电线的圆周方向间隔地形成的多条底部为矩形截面的凹状螺旋槽。

3. 根据权利要求 1 所述的架空电线，其特征在于，由所述多根弓形导线束形成的最外层在所述弓形导线束外周表面的局部或所述弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域，具有至少 1 条或沿架空电线的圆周方向间隔地形成的多条底部为矩形截面的凹状螺旋槽，

所述螺旋槽在设其宽度为 W 、深度为 h 时，满足 $1 < W/h < 16$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的架空电线，其特征在于，由所述多根弓形导线束形成的最外层在所述弓形导线束外周表面的局部或所述弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域，具有至少 1 条或沿架空电线的圆周方向间隔地形成的多条底部为矩形截面的凹状螺旋槽，

所述螺旋槽在其两端角部具有倾斜度为 10% 以下的倒角或架空电线的直径 D 的 1/2 以下曲率半径的倒角。

5. 根据权利要求 1 所述的架空电线，其特征在于，所述导电层由 1 层或多层构成。

6. 根据权利要求 1 所述的架空电线，其特征在于，所述导电层是由多根弓形导线束绞合形成的，所述弓形导线束为大致扇形截面。

架空电线

本案是申请日为 1998 年 9 月 16 日、申请号为 98801436.X (PCT/JP98/04153)、名称为“架空电线”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及降低风压的架空电线及降低风压和噪音的架空电线。

背景技术

有一种传统的架空电线，如美国专利第 5,711,143 号说明书所公开的，是将截面为大致梯形的弓形导线束绞合后形成最外层，并沿该最外层的圆周方向间隔地形成多条螺旋槽，以实现低风压化。然而，该美国专利说明书中公开的架空电线由于其螺旋槽的截面形状为圆弧状，故与未施加任何加工、表面平滑的架空电线相比，虽在低风速时的低风压效果优良，但当风速达 30m/s 以上时，则阻力系数（风压负荷）的减少得不充分，使在该范围内降低风压的效果不尽人意。

另外，日本发明专利公开 1996-273439 号公报公开了一种架空电线，是在截面为大致梯形的薄壁弓形导线束之间绞合厚壁弓形导线束，并设置从最外层的表面螺旋状地凸出的部分，以实现低噪音化。然而，该公报所公开的架空电线虽然具有显著的降低风噪音等的效果，但其阻力系数大，风压负荷大，降低风压的效果不尽人意。

另外，根据迄今为止的风洞试验结果，在为了降低风压而尽量将电线表面做得平滑、且形成多条规定形状的螺旋槽的场合，如果采用传统技术所示的最外层是将截面为大致梯形的弓形导线束绞合而成的电线，则预先成形再绞合的导线束会因其残余弹力而回弹，不能得到良好的电线表面，而且由于梯形的弓形导线束的侧面为直线状，故要对形成最外层的弓形导线束进行绞合时，导线束容易沿电线的径向错位，产生所谓肩凸出（肩立ち）或浮线（线浮き）现象，因此造成电线表面不平滑，不可能得到所需的低风压效果。

另外，如果采用前述的最外层是将薄壁与厚壁的弓形导线束绞合而成的电线，则在架设于铁塔上时，如果电线通过多个紧线滑轮，就要反复弯曲，结果使形成最外层的弓形导线束发生错位，会发生弹出或浮线，有损低风压效果。

另外，传统的绞合电线是在预先将拉线加工绞合前压延成形的形状各异的异形导线束之间进行绞合后用拉伸模等从外部挤压整形的，但由于通过拉伸模等后没有对各导线束的姿势进行控制的装置，故会在导线束之间形成台阶，或是发生导线束倾斜，对电线特性会形成恶劣影响，而且是导致外径变化的主要原因。

另外，在欧洲专利公开公报第 0379853 号中公开了一种架空电线，是将形成电线最外层的各弓形导线束的截面形状做成大致 S 形，再将各弓形导线束绞合而成。然而，这种架空电线是在相邻的弓形导线束中将设在一方弓形导线束侧面的凸出部与设在另一方弓形导线束的相对的侧面的凹部接合，故与直线状侧面的结构相比，其活动性受到一定限制，但在实施架线工程等时，电线表面容易变形，且会发生弓形导线束错位弹出或浮线的现象，会破坏降低风压的效果，而且该公报所公开的架空电线因其最外层的表面平滑，风噪音明显增大。

还有，采用上述传统的架空电线时，由于各弓形导线束的相邻接触部的接触长度较长，故接触磨擦大，缺乏柔软性，且不易操作，在绞合或放线过程中会对导线束施加过大的应力，会产生线状伤痕或毛刺等。

发明的公开

本发明的目的在于，提供一种能实现低风压化或降低风压及风噪音的架空电线。

本发明又一目的在于，提供一种最外层的弓形导线束在绞合时或通过架线的紧线滑轮时不会发生电线径向的错位、不会产生肩凸出、弹出或浮线等的低风压或风压、风噪音和放电噪音低的架空电线。

本发明再一目的在于，提供一种将绞合后的弓形导线束的相邻接触部的接触长度设定在规定长度以下、使电线具有柔软性、同时在绞合工序或架线时通过紧线滑轮时不会在绞合导线束上发生电线径向的错位、不会产生肩凸出、弹出或浮线现象的低风压或风压和风噪音低的架空电线。

即，本发明第 1 方案的架空电线由：分担张力的芯材、设在该芯材外周的导电层、在该导电层的外周将多根弓形导线束绞合形成的最外层构成，其特点是，在所述弓形导线束表面的局部或弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域，沿架空电线的圆周方向间隔地设置多条底部为矩形截面的凹状的螺旋槽。

采用本发明第 1 方案的架空电线时，由于把螺旋槽的截面形状做成其底部为矩形的形状，故可得到低风压效果良好的架空电线。

在上述方案中，最好在将底部为矩形截面的螺旋槽的宽度设为 W 、深度设为 h 时，满足 $1 < W/h < 16$ 的结构。

通过使上述 W 及 h 满足 $1 < W/h < 16$ ，可得到低风压效果更佳的架空电线。

上述第 1 方案的架空电线的较佳实施形态是在底部为矩形截面的螺旋槽的两端角部施行倾斜度 10% 以下的倒角或 $D/2$ 以下曲率半径 (D 为架空电线的直径) 的倒角。

采用上述实施形态，由于在螺旋槽的两端角部施行倾斜度 10% 以下的倒角或 $D/2$ 以下曲率半径 (D 为架空电线的直径) 的倒角，使螺旋槽内的搅动进一

步加剧，可进一步降低风压。即，由于在螺旋槽的两端角部施行倾斜度 10% 以下的倒角或 $D/2$ 以下曲率半径（ D 为架空电线的直径）的倒角，沿电线表面流动的气流就会积极地流入槽内，可在广泛的风速范围内加剧槽内的紊流化，其结果，可使紊流边界层的再附着位置处于更后方的位置，可进一步提高低风压效果。

上述第 1 方案的另一实施形态是，前述导电层不仅可由一层而且可由多层构成，并且将多根弓形导线束绞合形成前述导电层，而且该弓形导线束可采用大致扇形截面的结构。

采用上述实施形态，尤其在采用扇形截面的导线束时，能有效地确保导电层的通路面积，可以实现电线整体的小直径化。

本发明第 2 方案的架空电线由：分担张力的芯材、设在该芯材外周的导电层、在该导电层的外周将多根弓形导线束绞合形成的最外层构成，其特点是，使用薄壁弓形导线束和至少 1 根厚壁弓形导线束作为形成前述最外层的弓形导线束，当设薄壁弓形导线束与厚壁弓形导线束间的台阶为 H 、设厚壁弓形导线束的中心角为 θ 、设由薄壁弓形导线束构成的电线外径为 D 时，满足 $0.01 < H/D < 0.10$ 且 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 。

采用上述第 2 方案的架空电线，能得到有效降低噪音的架空电线。即，就从最外层凸出的部分而言，如果 H/D 小于 0.01，则台阶高度 H 过低，就没有由风引起的卡门涡旋的搅动效果，结果就不能发挥防止风噪音的效果，而如果 H/D 大于 0.10，则台阶过高，虽然能够防止风噪音，却使投影截面积增加，且会因为该投影截面积的增加而相应地增加风压负荷。另外，这种具有高台阶的电线一旦受到相对电线轴向而从斜向吹来的风，就会比传统的电线产生更大的风压负荷。从而， H/D 的值最好是在 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内选择。另外，如果 H/D 过大，就会在该台阶部发生电场的集中，会增大放电噪音，故 H/D 的值最好是在 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内选择。

另外，如果中心角 θ 小于 10° ，则不仅会在电线的下风侧形成卡门涡旋而影响降低风噪音的效果，而且在通过紧线滑轮时会使厚壁弓形导线束破损变形，另一方面，如果 θ 大于 90° ，则又会使投影截面积增加而使风压负荷增加。从而，中心角 θ 的值最好在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内选择。

上述第 2 方案的架空电线的又一实施形态是在前述弓形导线束表面的局部或弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域沿架空电线的圆周方向间隔地设置多条底部为矩形截面的凹状的螺旋槽，并且在设该螺旋槽的宽度为 W 、深度为 h 时满足 $1 < W/h < 16$ 。

采用上述形态，可得到不仅噪音低且有良好低风压效果的架空电线。

上述第 2 方案的架空电线的又一形态是在底部为矩形截面的凹状的螺旋槽的两端角部施行倾斜度 10% 以下的倒角或 $D/2$ 以下曲率半径（ D 为架空电线的

直径)的倒角,再一形态是,前述导电层不仅可由一层而且可由多层构成,并且将多根弓形导线束绞合形成前述导电层,而且该弓形导线束可采用大致扇形截面的结构。

本发明第3方案的架空电线由:分担张力的芯材、设在该芯材外周的导电层、在该导电层的外周将多根弓形导线束绞合形成的最外层构成,其特点是,前述多根弓形导线束为了在绞合形成最外层的状态下与相邻的弓形导线束相互嵌合,分别在架空电线的圆周方向相对的一对侧面中的一方侧面上设置凹部,同时在另一方侧面上设置凸部。

采用上述第3方案的架空电线,通过把相邻的各弓形导线束中的一方导线束的凹部与另一方导线束的凸部嵌入卡合而形成弓形导线束绞合层(最外层),可以防止相邻的弓形导线束相互在电线径向的错位、移动。因此,在将弓形导线束绞合形成最外层时,由于不存在弓形导线束在电线径向的错位,故不会发生肩凸出或浮线现象,在架线中电线通过紧线滑轮上时弓形导线束也不会发生电线径向错位,故不会发生导线束的弹出或浮线。

上述第3方案的架空电线的又一实施形态是在前述弓形导线束外周表面的局部或弓形导线束之间相邻的边界部的外周表面区域设置至少1条或沿架空电线的圆周方向间隔地设置多条呈凹状截面的螺旋槽。

采用上述形态,通过在弓形导线束绞合层(最外层)的外周表面设置凹状的螺旋槽,可以减轻风吹到架空电线上的风压负荷。

上述第3方案的架空电线的再一实施形态是,使从设于前述弓形导线束两侧面的凹部的槽底中心部P及凸部的顶端中心部Q到弓形导线束绞合层(最外层)的底面(内周面)的间隔G相对该底面与外周表面之间的厚度T满足 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)。

采用上述形态,在绞合弓形导线束而形成最外层时,能有效地防止弓形导线束在电线径向错位而产生的肩凸出或浮线现象。

上述第3方案的架空电线的又一形态是在前述多根弓形导线束之间绞合相邻的边界部中的至少1处设置0.1~1.0mm的间隙g。

采用上述形态,由于在最外层的各弓形导线束的相邻部中的至少1处形成0.1~1.0mm的间隙g,即使弓形导线束的尺寸有误差,也不会形成叠层,不会发生肩凸出或浮线。在将弓形导线束绞合形成最外层的场合,如果弓形导线束的尺寸有误差,譬如弓形导线束的宽度大于规定尺寸,就会成为叠层,外层的弓形导线束就不能与内层的导电层的绞合导线束紧密贴合,而是以浮动的状态绞合,一旦从电线外周施加侧压力,弓形导线束就会凹陷,不能形成平滑的外周面,而是成为凹凸的表面,会产生肩凸出或浮线现象,而如果如前述那样在相邻的弓形导线束之间形成间隙g,则在相邻弓形导线束的凸部嵌入绞合弓形导线束的凹部后将弓形导线束绞合时,即使弓形导线束的尺寸有一些误

差，该误差也会被间隙 g 吸收、调节，故可将两个凹、凸部可靠地进行嵌合，不会成为叠层，便于实行绞合工序，可以防止发生弓形导线束的肩凸出或浮线现象，形成平滑的外表面，并能得到可靠的低风压效果。另外，可利用该间隙 g 将进入电线内部的雨水迅速地排出。

为了得到低风压效果，要形成平滑的电线外周面，而且不能形成有害的间隙。因此，如上所述，最外层的绞合弓形导线束相互间采用凹部与凸部嵌合的结构，可防止绞合时的错位，同时在最外层的绞合弓形导线束的相邻部中的至少 1 处设置规定的间隙 g ，可以在电线外周面形成平滑的外表面。

上述第 3 方案的架空电线的又一形态是使在弓形导线束绞合层（最外层）的外周表面形成的螺旋槽的槽深度 a 与开口部的槽宽度 b 的关系满足 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 。

采用上述形态时，通过使在弓形导线束绞合层的外周表面形成的螺旋槽的槽深度 a 与槽宽度 b 满足 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ ，可以针对所需的设计风速选择最佳的阻力系数 C_d ，可增大低风压效果。前述槽宽度 b 一般为 2~10mm，最好是 5~7mm，这样槽深度 a 就在 0.25~0.35mm 以上。

上述第 3 方案的架空电线的又一形态是使用薄壁弓形导线束和至少 1 根厚壁弓形导线束作为形成最外层的弓形导线束绞合层，在设薄壁弓形导线束与厚壁弓形导线束的台阶为 H 、厚壁弓形导线束的中心角为 θ 、由薄壁弓形导线束构成的电线外径为 D 时，满足 $0.01 < H/D < 0.10$ 且 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 。

采用上述形态时，厚壁弓形导线束在电线外周面上形成凸出的螺旋状凸条，用该螺旋状凸条来搅动由风引起的卡门涡旋，以减轻风噪音。通过将薄壁弓形导线束的绞合层外周表面与厚壁弓形导线束外周表面之间的台阶高度 H 设定在与薄壁弓形导线束绞合层的外径 D 之比为 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内，可以减轻风压阻力，得到显著的低风压效果。如果该台阶高度 H 过小，就不具有对风引起的卡门涡旋进行搅动的作用，会丧失低噪音效果，而如果台阶高度 H 过大，又会使阻力系数升高，使风压阻力增大而破坏低风压效果。而且，台阶高度 H 过大，电场会集中于这部分，容易产生放电噪音。因此，台阶高度 H 应在 H/D 为 0.01~0.10 的范围内选定。

另外，通过在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内选定绞合在最外层的薄壁弓形导线束绞合层中的厚壁弓形导线束的中心角 θ ，可得到显著的低风压效果和低噪音效果，且在架线工程中电线通过紧线滑轮时不易发生厚壁弓形导线束的逆转或凸出部破损变形。该中心角 θ 如果小于 10° ，就容易在电线的下风侧形成卡门涡旋，会破坏低噪音效果，而且在进行架线工程中通过紧线滑轮时，在电线圆周面上呈螺旋状凸出地绞合在最外层的厚壁弓形导线束容易发生逆转，或凸出部破损变形。而中心角如果大于 90° ，则投影截面积会增加，使风压阻力增大，有损低风压效果。

上述第 3 方案的架空电线的又一形态是，前述导电层不仅可由一层，而且可由多层构成，再将多根弓形导线束绞合形成前述导电层，该弓形导线束可采用大致扇形截面的结构。

采用上述形态时，特别是在采用扇形截面的结构时，能有效地确保导电层的通路面积，可实现整个电线的小直径化。

本发明第 4 方案的架空电线由：分担张力的芯材、设在该芯材外周的导电层、在该导电层的外周将多根弓形导线束绞合形成的最外层构成，其特点是，前述多根弓形导线束为了在绞合形成最外层的状态下与相邻的弓形导线束相互嵌合，分别在架空电线的圆周方向相对的一对侧面中的一方侧面上设置凹部并在另一方侧面上设置凸部，使相邻的弓形导线束之间的一方弓形导线束侧面的凹部与另一方弓形导线束侧面的凸部嵌合后形成多个凹凸嵌合部，且将前述多个凹凸嵌合部中至少 1 处凹凸嵌合部的两个凹凸面在架空电线径向的接触长度 U 设定为前述凹凸嵌合部的凹凸嵌合面在所述径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

采用上述第 4 方案的架空电线，通过使弓形导线束绞合层的相邻的各弓形导线束中一方导线束的凹部与另一方导线束的凸部嵌合而形成弓形导线束绞合层（最外层），可以防止相邻的导线束相互在电线径向的错位和移动。因此，在将弓形导线束绞合形成最外层时，弓形导线束不会在电线径向错位，故可抑制肩凸出或浮线现象的发生，不会产生电线外径不匀的现象，在架线中电线通过紧线滑轮时，导线束也不会再在电线径向错位，故不会发生导线束弹出或浮线现象。

另外，通过将至少 1 处前述凹凸嵌合部的两个凹凸面在架空电线径向的接触长度 U 设定为该凹凸嵌合部的凹凸嵌合面在电线径向全长 $W1$ 的 10% 以下，在弓形导线束绞合层（最外层）相邻的弓形导线束之间的摩擦减轻，股线富于柔软性，不会对弓形导线束施加过大的应力，不会如传统的结构那样形成线状的伤痕或毛刺。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是在前述弓形导线束外周表面的局部或弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域也可设置至少 1 条或沿架空电线的圆周方向间隔地设置多条凹状截面的螺旋槽。

采用上述形态，通过在弓形导线束绞合层的外周表面设置螺旋槽，可以减轻风吹到架空电线上时的风压负荷。一旦有风从侧面吹到架空电线上，其气流就会沿电线表面形成薄边界层并沿电线表面流到下风侧，在圆弧面的凹槽内产生混合气流而促进紊流化，暂时从电线表面剥离的气流再次附着于后方的电线表面后在其下风侧从电线表面剥离。这样，由于边界层的剥离点移动到电线表面的后方，电线下风侧的伴流就会减少，风压阻力减轻。相反，如果是电线表面不设前述凹部的传统电线，则剥离后的气流不会再次附着，而是原封不动地流走，故电线下风侧的伴流很大，风压阻力不会减轻。至于螺旋槽的截面形状，

前述底部可以采用矩形或半圆形的结构。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是将设在各弓形导线束两侧面的凸部的顶端做成具有曲率半径 R_1 的圆弧面的顶端圆弧面部，将凹部的槽底做成具有曲率半径 R_2 的圆弧面的槽底圆弧面部，并使该顶端圆弧面部的曲率半径 R_1 和槽底圆弧面部的曲率半径 R_2 满足 $R_1 > R_2$ 。

采用上述形态时，通过使凸部的顶端面的曲率半径大于凹部的槽底面的曲率半径，可以将前述的相邻弓形导线束相互间的前述凹凸嵌合部的两个凹凸面在架空电线径向的接触长度 U 控制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 W_1 的 10% 以下。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是将设在各弓形导线束两侧面的凸部的顶端做成具有曲率半径 R_3 的圆弧面的顶端圆弧面部，将凹部的槽底做成具有曲率半径 R_4 的圆弧面的槽底圆弧面部，并使该顶端圆弧面部的曲率半径 R_3 和槽底圆弧面部的曲率半径 R_4 满足 $R_3 < R_4$ 。

采用上述形态时，通过使凸部的顶端面的曲率半径小于凹部的槽底面的曲率半径，可以将前述的相邻弓形导线束相互间的前述凹凸嵌合部的两个凹凸面在架空电线径向的接触长度 U 控制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 W_1 的 10% 以下。另外，凸部的顶端圆弧面部位于凹部的槽底圆弧面部的大致中心部，可防止绞合后的弓形导线束之间在电线径向错位。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是，从设在弓形导线束两个面的前述凹部的槽底圆弧面部的中心部 P 及前述凸部的顶端圆弧面部的中心部 Q 到弓形导线束绞合层（最外层）的底面的间隔 G 相对该底面与外周表面之间的厚度 T ，满足 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)。

采用上述形态时，在绞合弓形导线束形成最外层时，能有效地防止导线束在电线径向错位而产生的肩凸出或浮线现象。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是在前述多根弓形导线束之间绞合后相邻的边界部中至少 1 处设置 0.1~1.0mm 的间隙 g 。

采用上述形态，即使弓形导线束的尺寸有误差，也不会形成叠 layers，不会发生肩凸出或浮线，可得到与前述相同的低风压效果。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是使在弓形导线束绞合层的外周表面形成截面为凹状的螺旋槽，且使该螺旋槽的槽深度 a 与槽宽度 b 满足 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 。

采用上述形态时，通过使在弓形导线束绞合层的外周表面形成的螺旋槽的槽深度 a 与槽宽度 b 满足 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ ，可以得到与前述同样的低风压效果。

上述第 4 方案的架空电线的又一实施形态是使用薄壁弓形导线束和至少 1 条厚壁弓形导线束作为形成前述最外层的弓形导线束，在设薄壁弓形导线束与厚壁弓形导线束的台阶为 H 、厚壁弓形导线束的中心角为 θ 、薄壁弓形导线束

构成的电线外径为 D 时, 使之满足 $0.01 < H/D < 0.10$ 且 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 。

采用上述形态, 可得到与前述同样的低风压效果及低噪音效果。

上述第 4 方案的架空电线的又一形态是, 前述导电层不仅可由一层, 而且可由多层构成, 再将多根弓形导线束绞合形成前述导电层, 且该弓形导线束可采用大致扇形截面的结构。

采用上述形态时, 特别是在采用扇形截面的结构时, 能有效地确保导电层的通路面积, 可实现整个电线的小直径化。

对附图的简单说明

图 1 是本发明架空电线一实施形态的剖视图。

图 2 是说明本发明架空电线的低风压化的说明图。

图 3 是图 1 中主要部分的放大图。

图 4 是本发明架空电线又一实施形态的剖视图。

图 5 是图 4 中主要部分的放大图。

图 6 是表示风速与阻力系数之间关系的曲线图。

图 7 是表示台阶与主要噪音电平的关系的曲线图。

图 8 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 9 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 10 是本发明架空电线一实施形态的剖视图。

图 11 是图 10 所示实施形态的最外层绞合导线束部的放大图。

图 12 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 13 是表示本发明架空电线表面区域上的风气流边界层的说明图。

图 14 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 15 是图 14 所示实施形态的最外层绞合导线束部的放大图。

图 16 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 17 是对本发明架空电线与传统架空电线进行的风洞试验结果表明的阻力系数特性。

图 18 表示本发明架空电线与传统架空电线的噪音特性。

图 19 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 20 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 21 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 22 是本发明架空电线一实施形态的剖视图。

图 23 是图 22 所示架空电线的最外层绞合导线束部的放大剖视图。

图 24 是本发明弓形导线束绞合层的相邻弓形导线束的凹凸嵌合部的剖视图。

图 25 是本发明架空电线又一实施形态的剖视图。

图 26 是本发明架空电线的最外层绞合导线束部又一实施形态的放大剖视图。

图 27 是本发明弓形导线束绞合层的相邻弓形导线束的又一实施形态的凹凸嵌合部的剖视图。

图 28 是本发明架空电线又一实施形态的剖视图。

图 29 是图 28 所示实施形态的最外层绞合导线束部的放大剖视图。

图 30 是本发明又一实施形态的剖视图。

图 31 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 32 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 33 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

图 34 是本发明架空电线再一实施形态的剖视图。

实施发明的最佳形态

以下结合附图说明本发明第 1 及第 2 方案的架空电线的实施形态。

图 1 是本发明第 1 方案的架空电线一实施形态的剖视图。该架空电线是在作为分担张力的芯材的 7 根钢心股线 10 的外周，绞合 10 根圆形截面铝质导线束 20 作为导电层，再在其外周绞合 16 根扇形截面的弓形导线束 30 作为最外层。在弓形导线束 30 的两肩部设置台阶为 h 的槽，该弓形导线束 30 的 2 根相邻，形成底部为矩形截面的凹状螺旋槽 31。沿圆周方向形成 16 条该螺旋槽 31。而且该螺旋槽 31 在设其宽度为 W 、深度为 h 时，最好在 $1 < W/h < 16$ 的范围内形成。

即，如图 2 所示，一旦风 F 碰到具有底部为矩形截面的凹状螺旋槽 31 的架空电线时，该风就沿弓形导线束的外周面形成薄薄的边界层 B 。边界层 B_1 在通过螺旋槽 31 时在槽内被剧烈搅动，形成紊流，成为边界层 B_2 ，并在通过下风侧的角部时，边界层 B_3 暂时剥离，然后边界层 B_4 再度附着于弓形导线束的外周面，再然后边界层 B_5 从弓形导线束的外周面剥离。这样，就可使边界层 B_5 从弓形导线束 30 外周面剥离的剥离点 P 移动到弓形导线束的后方，故可得到显著低风压化的架空电线。尤其是，在设有底部为矩形截面的螺旋槽 31 时，槽内部的涡旋振动会使搅动加速，使边界层暂时剥离后再度附着于弓形导线束的外周面，然后再从弓形导线束的外周面剥离，故可使剥离点 P 移动到弓形导线束的后方。

本发明的较佳实施形态之所以采用 $1 < W/h < 16$ 的结构，是由于如果 W/h 小于 1，则边界层通过槽部时就不会在槽内被搅动，会减弱低风压化效果，而如果 W/h 大于 16，则在槽的两角产生的涡旋又会减弱紊流效果，使其特性接近具有平滑曲面的电线。即，通过设置满足 $1 < W/h < 16$ 的大致矩形截面的槽，可以促进气流的紊流化，能得到显著的低风压化效果。

表 1 中记载了有代表性的架空电线形成底部为矩形截面的凹状螺旋槽时的尺寸。试验证明, 采用这种槽部尺寸, 可以得到低风压效果。

表 1

尺寸 (mm ²)	D (mm)	h (mm)	W (mm)	W/h
ACSR160	18.2	0.2~0.5	0.2~3.0	1~15
ACSR240	22.4	0.2~0.5	0.2~3.0	1~15
ACSR330	25.2	0.3~0.6	0.3~3.0	1~10
ACSR410	28.5	0.3~0.8	0.3~4.0	1~13
ACSR810	38.4	0.3~1.0	0.3~4.0	1~13
ACSR1160	46.2	0.5~2.0	0.5~6.0	1~12
ACSR1520	52.8	0.5~2.0	0.5~6.0	1~12

如图 3 所示, 在螺旋槽 31 的两端角部 32 最好施行倒角。倒角的大小最好是倾斜度 10% 以下的倒角 ($q=y/L=10\%$ 以下) 或 $D/2$ 以下曲率半径 (D 为架空电线的直径) 的倒角。通过施行这样的倒角, 可进一步增大螺旋槽 31 内的搅动, 得到更佳的低风压效果。

如上所述, 通过对螺旋槽 31 两端角部 32 施行倾斜度 10% 以下的倒角, 或 $D/2$ 以下曲率半径 (D 为架空电线的直径) 的倒角, 沿电线表面流动的气流会积极地流入槽内, 可在广泛的风速范围内加剧紊流化, 其结果, 可使紊流边界的再附着位置更靠后方, 可进一步提高低风压效果。从而, 倒角的大小最好是 10% 以下倾斜度的倒角 ($q=y/L=10\%$ 以下) 或 $D/2$ 以下曲率半径 (D 为架空电线的直径) 的倒角。

图 4 及图 5 表示本发明第 1 及第 2 方案的架空电线一实施形态, 使用薄壁弓形导线束 33 和厚壁弓形导线束 35 作为形成最外层的弓形导线束 30。即, 该架空电线是在作为分担张力的芯材的 7 根钢心股线 10 的外周, 绞合 10 根圆形截面的铝质导线束 20 作为第 1 导电层, 再在其外周绞合 16 根圆形截面的铝质导线束 25 作为第 2 导电层, 再在其外周绞合 16 根薄壁弓形导线束 33 和 4 根厚壁弓形导线束 35 作为最外层。4 根厚壁弓形导线束 35 两两成对地设置在 180° 相对的位置上。

在各弓形导线束 33、35 的一侧肩部设置台阶 (深度) 为 h 的槽, 2 根设有该台阶为 h 的槽的弓形导线束 30 相邻, 形成 1 个底部为矩形截面的凹状螺旋槽 31。沿圆周方向形成 10 条该螺旋槽 31。该螺旋槽 31 在设其宽度为 W 、深度为 h 时, 在 $1 < W/h < 16$ 的范围内形成。

另外, 在螺旋槽 31 的两端角部 32 最好施行倾斜度 10% 以下的倒角 ($q=y/L$

=10%以下)或D/2以下曲率半径(D为架空电线的直径)的倒角。

在本发明中,在设薄壁弓形导线束33与厚壁弓形导线束35间的台阶为H、厚壁弓形导线束35的中心角为 θ 、薄壁弓形导线束33的外径为D时,设定为 $0.02 < H/D < 0.14$ 且 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 。

即,如果薄壁弓形导线束33与厚壁弓形导线束35间的台阶高度H过小,会破坏低噪音效果,而过大又会使阻力系数升高,破坏低风压效果。即,如果H/D(D:薄壁弓形导线束构成的外径)小于0.01,则由风形成的卡门涡旋的搅动效果就会减弱,使防噪音效果减弱,而如果H/D大于0.10,则虽然可以防止风噪音,台阶却过高,会使投影截面积增加,风压负荷也会相应增加。另外,具有这种高台阶的电线一旦相对电线轴向而从斜向受风,就会比传统的电线产生更大的风压负荷。从而,H/D的值最好在 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内选定。

另外,如果 θ 的范围小于 10° ,就容易在电线的下风侧形成卡门涡旋,不仅会破坏低噪音效果,而且当通过紧线滑轮等时容易使厚壁弓形导线束受损变形,而如果大于 90° ,则又会使投影面积增加,阻力系数升高,破坏低风压效果。从而,中心角 θ 的值最好在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内选定。采用上述结构,放电噪音也可保持非常低的程度。

又如图5所示,在各弓形导线束33、35的相邻部内侧设有间隙50,该间隙50用于在雨水进入电线内部时迅速排出以及调节电线的截面积。

图6是就各种结构的架空电线调查阻力特性的风洞试验结果,横轴表示风速(m/s),纵轴表示阻力系数Cd。考虑到台风时的暴风,风速(m/s)最大测定到80m/s。另外架空电线使用以下产品。

①传统的电线:外径38.4mm,表面平滑无槽。

②本发明的电线:外径38.4mm,槽尺寸为 $2W \times 1h$ (mm),台阶2mm,中心角 $\theta 45^\circ$ 对角2处,18条槽。

③本发明的电线:外径38.4mm,槽尺寸为 $2W \times 0.3h$ (mm),台阶1.4mm,中心角 $\theta 54^\circ$ 对角2处,18条槽。

④本发明的电线:外径36.6mm,槽尺寸为 $2W \times 1h$ (mm),无台阶,无中心角,12条槽。

⑤本发明的电线:外径36.6mm,槽尺寸为 $4.4W \times 0.3h$ (mm),无台阶,无中心角,28条槽。

⑥本发明的电线:外径36.6mm,槽尺寸为 $3.4W \times 0.3h$ (mm),无台阶,无中心角,12条槽。

以下来看图6中的阻力系数Cd,传统电线①如曲线CV1所示,在风速20m/s左右时为最小值,然后一旦风速提高,阻力系数Cd就略有增加,当风速达80m/s时阻力系数Cd大致为1。

而本发明的电线②则如曲线CV2所示,在风速30m/s左右时Cd为最小值,

然后逐渐增加，当风速达 80m/s 时阻力系数 C_d 为 0.88 左右。由于日本的输电线支承物风压负荷的设计风速为夏季台风时的 40m/s，故将该风速时的阻力系数与传统的电线相比，可知本发明的电线②下降到传统电线的 80% 左右。即，采用本发明的电线②，可以减轻铁塔等支承物的设计强度，经济效益显著。本发明的电线③如曲线 CV3 所示，也具有与本发明的电线②同样的倾向，阻力系数 C_d 的最小值是在风速 50m/s 附近，随着风速提高而略有升高。本发明的电线④是将槽的纵横比 (W/h) 定为 2 比 1，如曲线 CV4 所示，从低风速到高风速都显示出最佳特性，当风速为 40m/s 时，可降低 30% 以上。本发明的电线⑤是将槽的纵横比 (W/h) 定为 15 比 1，如曲线 CV5 所示，阻力系数 C_d 的最小值是在风速 25m/s 附近，然后逐渐增加，当风速达 80m/s 时，阻力系数 C_d 为 0.87 左右。如果槽的纵横比大、且槽的条数多。则电线表面粗糙度增大，会减弱高风速时的降低效果，但在风速达 80m/s 时，可降低 20% 以上。本发明的电线⑥与本发明的电线④相比，槽的纵横比增大到 11 比 1，在这种场合，如曲线 CV6 所示，在低风速一侧，阻力系数 C_d 的降低率较差。但阻力系数 C_d 的最小值在风速 40m/s 附近，阻力系数 C_d 为 0.69。

如上所述，根据对外周上设有或未设有台阶、槽数不同或槽的纵横比不同的各种架空电线的风速与阻力系数 C_d 的关系所作的试验结果，在 30m/s 到 40m/s 的高风速范围内，本发明的架空电线的阻力系数 C_d 与传统的电线相比，本发明的架空电线都具有降低 20% 以上的效果。另外，从试验结果可知，通过适当选择槽数和纵横比，可以针对所需的设计风速选择最佳的阻力系数 C_d 。

图 7 是在相对的位置上设置 2 处（2 条对角）及 4 处（4 条对角）中心角 θ 为 36° 的台阶、且使其台阶变化时的主要噪音电平变化的试验结果，横轴为台阶高度 H (mm)，纵轴为主要噪音电平 (dB(A))。

从图 7 可知，在电线周围 4 处设有台阶的 4 条对角的架空电线与 2 条对角的架空电线（曲线 A）相比，即使台阶较低，其主要噪音电平仍较低，效果更佳（曲线 B）。如果台阶低，则阻力系数的增加也受到抑制，故 4 条对角的结构比 2 条对角更能降低风噪音和降低风压。

图 8 和图 9 为又一实施形态，图 8 所示的架空电线是在作为分担张力的芯材的 7 根钢心股线 10 的外周，绞合 5 根大致扇形截面的铝质导线束 20a 作为形成导电层的弓形导线束，再在其外周绞合 16 根扇形截面的弓形导线束 30 作为最外层。图 9 所示的架空电线则是在作为分担张力的芯材的 7 根钢心股线 10 的外周，绞合 5 根大致扇形截面的铝质导线束 20a 作为形成第 1 导电层的弓形导线束，再在其外周绞合 8 根大致扇形截面的铝质导线束 25a 作为形成第 2 导电层的弓形导线束，再在其外周绞合扇形截面的 16 根薄壁弓形导线束 33 和 4 根厚壁弓形导线束 35 作为最外层。

固定的场合，与采用圆形截面的铝质导线束相比，可缩小电线的外径。

另外本发明的架空电线并不限于上述的实施形态，譬如也可以适当选择螺旋槽的条数等。根据各种试验结果，螺旋槽的条数最好是6条以上36条以下。另外，也可以使设于1根架空电线上的螺旋槽有不同尺寸、在1根架空电线上设置2种以上的螺旋槽。还可以不将螺旋槽设置在弓形导线束的绞合边界部，而是设置弓形导线束外周表面的局部。

如上所述，本发明第1方案的架空电线是在将弓形导线束绞合形成最外层的架空电线上，在前述弓形导线束外周表面的局部或弓形导线束绞合后相邻的边界部外周表面区域设置至少1条或沿架空电线圆周方向间隔地设置多条底部为矩形截面的凹状螺旋槽，这样就可用螺旋槽来搅动边界层，使边界层的剥离点移动到弓形导线束的后方。从而可得到低风压化效果显著的架空电线。

另外，在将上述截面的螺旋槽的宽度设为 W 、深度设为 h 时，通过设定为 $1 < W/h < 16$ ，可以得到低风压化效果更佳的架空电线。

上述第1方案的发明的又一实施形态通过在上上述螺旋槽的两端角部施行倾斜度10%以下的倒角或 $D/2$ 以下曲率半径（ D 为架空电线的直径）的倒角，可进一步增大螺旋槽内的搅动，得到更佳的低风压效果。

上述第1方案的发明的又一实施形态通过将大致扇形截面的多根弓形导线束绞合后形成导电层，可有效地确保导电层的导电通路面积，可实现整个电线的小直径化。

本发明第2方案的架空电线是使用薄壁弓形导线束和至少1根厚壁弓形导线束作为形成最外层的弓形导线束，且在将薄壁弓形导线束与厚壁弓形导线束间的台阶设为 H 、厚壁弓形导线束的中心角设为 θ 、薄壁弓形导线束构成的电线外径设为 D 时，满足 $0.01 < H/d < 0.10$ 且 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ ，因此可得到低噪音（风噪音及放电噪音）化效果显著的架空电线。

上述第2方案的发明的又一实施形态是在前述弓形导线束表面的局部或弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域设置至少1条或沿架空电线的圆周方向间隔地设置多条底部为矩形截面的凹状旋转槽，且在将该螺旋槽的宽度设为 W 、深度设为 h 时，使之满足 $1 < W/h < 16$ ，从而可以得到不仅低噪音化效果显著，且低风压化效果也显著的架空电线。

上述第2方案的发明的又一实施形态通过在上上述螺旋槽的两端角部施行倾斜度10%以下的倒角或 $D/2$ 以下曲率半径（ D 为架空电线的直径）的倒角，可进一步增大螺旋槽内的搅动，得到更显著的低风压效果。

上述第2方案的发明的又一实施形态通过将大致扇形截面的多根弓形导线束绞合后形成导电层，可有效地确保导电层的导电通路面积，可实现整个电线的小直径化。

以下结合附图说明本发明第3方案的架空电线的实施形态。图10是本发明

第3方案的架空电线的一实施形态，图11是放大表示其最外层的绞合导线束部分的剖视图。如图10所示，该架空电线在作为分担张力的芯材的钢心股线108的外周，绞合9根圆形截面的铝质导线束109作为第1导电层，再绞合15根圆形截面的铝质导线束109作为第2导电层，再在其外周绞合24根梯形截面的弓形导线束100作为最外层，外径为D

该弓形导线束100是用铝合金制、铜制等导体或表面为导体的导线束（譬如铝包覆钢线），本发明的架空电线不仅包括输电线，还包括架空地线。还有，前述铝质导线束109也可不用圆形截面的铝质导线束，而是如图12所示，采用扇形截面的弓形导线束、即铝质导线束109a、109b来提高截面密度、实现紧凑化，可以在同一外径下增加电流容量。

各弓形导线束100如图11所示，在沿电线径向相对的一对侧面中的一方侧面102上沿导线束的长度方向设置大致呈V字形（不过V字形的槽底不是尖角而是带有圆弧）开口的凹部103，在另一方侧面104上沿导线束的长度方向设置大致呈V字形凸出（不过V字形的凸起顶端不是锐角凸起，而是圆弧面凸起）的凸部105。该大致V字形的凹部103和凸部105在将弓形导线束100绞合形成最外层后，设在相邻的一方导线束100的侧面104上的凸部105的顶端嵌入设在相邻的另一方导线束100的侧面102上的凹部103。

这样，通过将设在电线径向的两侧面上设有凹部103和凸部105的弓形导线束100作为最外层绞合，使相邻的弓形导线束之间的凹部103与凸部105相互嵌合，故可防止各弓形导线束在电线径向的错位，防止肩凸出或浮线的效果显著。

上述凹部103和凸部105如图11所示，凹部103的槽底中心部P及凸部105的顶端中心部Q与弓形导线束绞合层（最外层）的底面106之间的间隔G相对弓形导线束100的厚度T（从该底面106到电线外周表面107的距离），构成 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ （mm）的范围。凹部103的槽底中心部P和凸部105的顶端中心部Q的位置比弓形导线束100的外周表面107更靠近内侧的底面106一侧时，防止肩凸出和浮线的效果显著，故最好将P点、Q点与底面106之间的间隔G相对导线束100的厚度T而设定在 $0.2T \sim 0.8T$ （mm）的范围内。该中心部P、Q的位置如果位于弓形导线束的外电线表面部，则当电线弯曲时，绞合的弓形导线束容易发生开裂和变形，有时这种开裂或变形会永久持续，难以形成平滑的电线表面，不能减轻风压阻力。

在上述弓形导线束绞合层（最外层）的表面，在各弓形导线束之间绞合后相邻的边界部的外周表面区域，设有截面为凹状的凹部，并沿电线的圆周方向以规定间隔形成螺旋槽110。该螺旋槽110如图11所示，由将相邻的各弓形导线束100侧面的靠电线外周一侧的肩部表面做成凹圆弧状的2个凹圆弧面110m、110n构成，其凹状凹部的截面形状呈半圆弧形或浅圆弧形。至于设在该

电线表面的螺旋槽 110 的数量, 是沿电线圆周方向间隔地设置多条, 至少设置 1 条。本实施形态是在形成最外层的弓形导线束 100 的各相邻边界部中每隔 1 个相邻边界部的外周一侧设置螺旋槽 110。当然也可设置在 1 根弓形导线束的外周表面上。另外, 螺旋槽 110 的截面, 也可是如前所述的底部成为矩形截面的凹槽。

如上所述, 通过在将弓形导线束 100 绞合后形成的最外层的表面形成螺旋槽 110, 可以减轻风吹到架空电线上时的风压负荷。即, 如图 13 所示, 当风 F 从侧面吹到用截面表示的架空电线 A 上时, 气流沿电线表面 S 形成薄边界层 B , 并按 $B1 \rightarrow B2 \rightarrow B3 \rightarrow B4$ 的顺序在电线表面流向下风侧, 在圆弧面的凹槽内产生混合气流, 促进紊流化, 在 70° 附近暂时从电线表面剥离的气流在 110° 附近再次附着于后方的电线表面, 并在其下风侧从电线表面剥离。这样, 通过使边界层的剥离点移动到电线表面后方, 可以减小电线下风侧的伴流, 减轻风压阻力。即, 采用电线表面没有前述凹部的传统电线时, 在 70° 附近剥离的气流会原封不动流走, 而不会再次附着, 故电线下风侧的伴流很大不能减轻风压阻力, 而本发明的架空电线是在螺旋槽 110 内产生气流的混合而促进紊流化, 从电线表面暂时剥离的气流会再度附着于后方的电线表面, 剥离点移到下风侧, 使电线下风侧的伴流减弱、风压阻力减轻。

关于上述螺旋槽 110 的尺寸, 如果设其深度为 a 、开口部的宽度为 b , 则该深度 a 与宽度 b 之比在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的范围内时有利于降低风压。槽宽 b 一般为 $2 \sim 10\text{mm}$, 最好为 $5 \sim 7\text{mm}$, 此时槽深度为 $0.25 \sim 0.35\text{mm}$ 以上。

如果前述 a/b 的值小于 0.05 , 则螺旋槽的深度过浅, 会大大丧失促进紊流化的效果。根据对紊流生成的可视化观察, 当 a/b 的值大于 0.05 时, 可看到气流的边界层在通过螺旋槽内时剧烈振动的状态, 这是有效地促进紊流化、减轻风压的原因。另一方面, 当前述 a/b 的值大于 0.5 (槽深度 a 为 $2.5 \sim 3.5\text{mm}$) 时, 螺旋槽的深度过深, 就不能充分地促进该槽内的紊流化, 而是使层流通过螺旋槽的上部, 故会在电线的上风侧产生气流的剥离, 结果, 不能充分地减轻风压阻力。

如图 11 所示, 在形成最外层的弓形导线束 100 之间的相邻部形成间隙 g , 该间隙 g 为 $0.1 \sim 1.0\text{mm}$, 在多个相邻部中的至少 1 处形成。由于该间隙 g 的存在, 即使弓形导线束 100 的尺寸略有误差, 也不会形成叠加层, 不会产生肩凸出和浮线现象。

图 14 是另一实施形态的剖视图。图 15 是放大表示其最外层的局部的剖视图, 凡与图 10 及图 11 相同的符号均表示相同的部分。本实施形态的架空电线与图 10 及图 11 所示的实施形态相同, 是在将弓形导线束 100 绞合形成外径为 D 的最外层时, 将具有比该弓形导线束 100 在电线径向的厚度 T 还大的径向厚度 d 的厚壁弓形导线束 111 夹在厚度 T 的薄壁弓形导线束 100 之间一同绞合而

度 d 的厚壁弓形导线束 111 夹在厚度 T 的薄壁弓形导线束 100 之间一同绞合而成，该厚壁弓形导线束 111 的在外表面一侧的一半在电线圆周面上呈螺旋状凸出。在形成最外层时，绞合至少 1 根厚壁弓形导线束 111。图 14 所示的实施形态是在直径线上绞合 1 对厚壁弓形导线束 111 的示例。

在图 14 和图 15 所示的实施形态的架空电线上，厚壁弓形导线束 111 是由分别与薄壁弓形导线束 100 同宽的左右 1 对厚壁弓形导线束 111m、111n 绞合而成的，如图 15 所示，在设于右侧厚壁弓形导线束 111m 的左侧面 102 上的凹部 103 中嵌入设于左侧厚壁弓形导线束 111n 的右侧面 104 上的凸部 105 的顶端，再在设于该左侧厚壁弓形导线束 111n 的左侧面 102 上的凹部 103 中嵌入左侧的相邻薄壁弓形导线束 100 的凸部 105 的顶端，再使设于右侧厚壁弓形导线束 111m 的右侧面 104 上的凸部 105 的顶端嵌入右侧的相邻薄壁弓形导线束 100 的凹部 103 中后绞合。在最外层的其他区域，将相邻的薄壁弓形导线束 100 之间相邻的凹部 103 与凸部 105 嵌合后绞合。

另外，上述凹部 103 的槽底中心部 P 及凸部 105 的顶端中心部 Q 与弓形导线束绞合层的底面之间的间隔 G 相对形成外径 D 的最外层的薄壁弓形导线束 100 的厚度 T 而设定为 $0.2T \sim 0.8T$ (mm) 的范围，关于设在厚壁弓形导线束 111 两侧面的凹部 103 和凸部 105 的槽底中心部 P 及顶端中心部 Q 与弓形导线束 100 的底面之间的间隔 G 的选定，也与前述相同。

如上所述，通过在薄壁弓形导线束 100 之间夹入厚壁弓形导线束 111 后绞合，如图 15 所示，就在绞合后的薄壁弓形导线束 100 的外周表面 107 与厚壁弓形导线束 111 的外周表面 112 之间形成台阶高度 H ，利用在电线圆周面上凸出的、台阶高度为 H 的厚壁弓形导线束 111 的凸出部 111d，在电线圆周面上就形成呈螺旋状凸出的螺旋状凸条。

如上述实施形态所示，将减轻风噪音电平用的螺旋凸条（凸起）设在较为平滑的表面的结构与设在电线外周面有深槽的粗糙表面的结构相比，其搅动卡门涡旋的效果更佳。换言之，表面粗糙的电线如果不设置比表面平滑的电线上所设的凸起高度更高的凸起，就不能有效地减轻噪音电平。从而，如本发明所示，为了用较低的凸起高度在不增加风压阻力的前提下减轻风噪音，最好采用将接近圆弧状平滑表面的浅槽与凸起相结合的结构。

将上述台阶高度 H 与用薄壁弓形导线束 100 形成的最外层的外径 D 的关系设定在 H/D 的值为 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内。该台阶高度 H 过小时会丧失降低噪音的效果，而过大又会增大风压阻力，有损降低风压的效果。根据试验，当台阶高度 $H < 0.01D$ 时，就会丧失降低噪音的效果，另一方面，为了得到比外径相等的传统电线的风压阻力减少 10~20% 的低风压效果，又必须是 $H < 0.1D$ 。还有，如果在电线圆周面上相对的 4 个部位设置前述的台阶高度 H ，则能以更低的台阶实现低风压化和低噪音化。

关于上述厚壁弓形导线束 111 两侧面间的宽度（图 15 中为右侧的厚壁弓形导线束 111m 的右侧面 104 与左侧的厚壁弓形导线束 111n 的左侧面 102 之间的宽度），是将电线中心 O 处的该导线束两侧面间的中心角 θ 设定在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内。如果该中心角 θ 小于 10° ，则容易在电线的下风侧形成卡门涡旋，不仅有损降低噪音的效果，而且在架线工程中通过紧线滑轮时，在电线圆周面上呈螺旋状凸出且绞合形成最外层的厚壁弓形导线束 111 会逆转或使凸出部 111d 破损变形，故该中心角 θ 最好大于 10° 。而如果中心角 θ 大于 90° ，则又会使投影截面积增加，从而使风压阻力增大，有损于降低风压的效果，故最好中心角 θ 小于 90° 。

本实施形态的架空电线也与前述实施形态的架空电线同样，在形成最外层的弓形导线束之间相邻的边界部的外周表面区域设置凹陷成圆弧状的凹槽，在电线外周面形成螺旋槽 110。沿电线圆周方向间隔地设置多条或至少 1 条这样的螺旋槽 110，并在与薄壁弓形导线束 110 相邻的厚壁弓形导线束 111 上，在厚壁弓形导线束 111 的凸出部 111d 下边缘的扇形肩部形成凹圆弧面，与相邻的薄壁弓形导线束 100 的凹圆弧面一同形成圆弧面的凹槽。

这样，通过在电线外周面形成螺旋槽 110，与前述的实施形态同样，一旦有风吹过，在电线表面流过的层流就会通过螺旋槽 110 而移动到下风侧，剥离点也移动到下风侧，使阻力系数减小，风压阻力减弱。另外，通过设置最佳的台阶高度 H，放电噪音也可减弱到非常低的程度。

另外，将该螺旋槽 110 的深度 a 与开口部的宽度 b 之比设定在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的范围内，并且在形成最外层的弓形导线束 100 之间的相邻边界部中至少 1 处形成 0.1~1.0mm 的间隙 g，这些都与前述的实施形态相同。

图 16 是表示又一实施形态的剖视图，凡与图 10、图 11 以及图 14、图 15 相同的符号均表示相同的部分。本实施形态的架空电线使用宽度等于前述图 10 及图 14 所示实施形态中的 2 根弓形导线束 100 的弓形导线束 121、122，将 10 根薄壁弓形导线束 121 与 2 根厚壁弓形导线束 122 绞合，构成由薄壁弓形导线束 121 划定的最外层的外径为 D、直径线上 2 根相对的厚壁弓形导线束 122 的电线。在本实施形态的架空电线上，是在各弓形导线束 121、122 相邻的每个边界部的外周表面区域设置凹圆弧状的凹槽，在电线的外周面上沿圆周方向间隔地形成多条螺旋槽 110。

本实施形态的架空电线也与前述实施形态的架空电线一样，是将设在薄壁弓形导线束 121 和厚壁弓形导线束 122 各自的两侧面上的凹部 103 与凸部 105 嵌合后绞合而成，并将凹部 103 的槽底中心部 P 和凸部 105 的顶端中心部 Q 的位置相对弓形导线束 100 的厚度 T 设定在 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm) 的范围内。

另外，本实施形态把厚壁弓形导线束 122 的中心角 θ 设定在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内，把薄壁弓形导线束 121 的外周表面和厚壁弓形导线束 122 的外周表

面之间的台阶高度 H 相对用薄壁弓形导线束 121 划定的最外层的外径 D 设定在 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内, 把螺旋槽 110 的深度 a 与宽度 b 之比设定在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的范围内, 并且在弓形导线束之间形成间隙 g , 这些均与前述的实施形态相同。

图 17 表示对本发明的架空电线和传统的电线 ACSR810mm² 进行风洞试验得到的阻力系数特性, 横轴表示风速 (m/s), 纵轴表示阻力系数 C_d , 考虑到台风时的暴风, 风速最大测定到 80m/s。试验时, ①是本发明的低风压电线 LP810 mm², ②是本发明的低风压低噪音电线 LN810 mm², ③是传统电线 ACSR810mm²。根据试验结果, 传统的电线③如图 17 中曲线 CV3 所示, 在风速为 20m/s 左右时阻力系数 C_d 最小, 然后一旦风速提高, 阻力系数 C_d 就略有增大, 当风速达到 80m/s 时, 阻力系数 C_d 几乎达到 1。而本发明的电线①、②在风速为 20m/s 左右时, 不太发挥螺旋槽 110 内的紊流作用, 但当风速达到 25m/s 以上时, 由于螺旋槽 110 内的紊流作用, 就使风压阻力急剧降低, 即使风速达到 80m/s, 仍保持这种状态。即, 本发明的低风压电线①如图 17 中曲线 CV1 所示, 在风速为 30m/s 左右时阻力系数 C_d 最小, 然后阻力系数 C_d 缓缓增大, 当风速达到 80m/s 时, 阻力系数 C_d 为 0.78 左右。由于日本的输电线支承物的风压负荷设计风速为夏季台风时的 40m/s, 故在该风速条件下是传统电线的 69% ($0.67/0.97=0.69$)。另外, 本发明的低风压低噪音的电线②如图 17 中曲线 CV2 所示, 在风速为 40m/s 时阻力系数 C_d 是 80% ($0.78/0.97=0.80$), 本发明电线①和②都能大幅度地减轻风压阻力、节省铁塔和基座等的建设费用, 经济效益十分显著。

如上述实施形态所示, 即使是电线外周表面设有螺旋凸条的台阶高度 H 的电线, 也将台阶高度 H 与电线外径 D 的比率 H/D 设定为前述 $0.01 < H/D < 0.10$ 范围内的适当值, 故 30~40m/s 的高风速范围内的阻力系数 C_d 与传统电线相比至少可减少 20% 以上。另外, 通过将在电线外周表面形成的螺旋槽 110 的形状做成其槽的深度 a 与宽度 b 之比为 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$, 可以针对所需的设计风速选择最佳的阻力系数 C_d , 而且可通过在规定范围内选定螺旋槽 110 的数量而选择最佳阻力系数 C_d 。

图 18 表示本发明的电线与传统电线在风噪音特性方面的测量结果, 横轴表示噪音频率 (Hz), 纵轴表示噪音电平 db (A)。在试验时, 作为架空电线, 分别采用: ①本发明的低风压电线 LP810mm², 外径为 37.2mm; ②本发明低风压·低噪音电线 LN8120mm², 外径 36.6mm, 台阶高度 H 为 2mm, 在电线圆周面凸出有中心角 θ 大约为 26° 的 1 对凸条; ③传统电线 ACSR810mm²。从图 18 可知, 仅降低风压的本发明的电线①如曲线 CV1 所示, 电线的外周表面比传统电线更平滑, 故风噪音略有升高倾向, 而具有低噪音效果的本发明的电线②

图 19 是表示又一实施形态的剖视图，凡与图 10、图 11 相同的符号均表示相同的部分。本实施形态的架空电线是将宽度等于图 10 所示 2 根弓形导线束 100 的弓形导线束 121 绞合形成最外层，设置在弓形导线束 121 侧面的凹部 103 和凸部 105 的角度比前述实施形态中的弓形导线束 100 的凹部 103 和凸部 105 更钝，将 12 根弓形导线束 121 绞合形成外径为 D 的最外层，在形成最外层的状态下，在各弓形导线束 121 之间相邻的每个边界部的外周表面区域就形成截面为圆弧状的凹槽，且在电线外周面沿圆周方向间隔地形成多条螺旋槽 110。

本实施形态也与前述的实施形态同样，从前述凹部 103 的槽底中心部 P 及凸部 105 的顶端中心部 Q 到弓形导线束 121 的底面为止的间隔 G 相对该底面与外周表面之间的厚度 T 满足 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)，并在弓形导线束 121 之间相邻的边界部中的至少 1 处形成 0.1~1.0mm 的间隙 g，并且使螺旋槽 110 的槽深度 a 与槽宽度 b 满足 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 。

图 20 是表示再一实施形态的剖视图，凡与图 10、图 11 相同的符号均表示相同的部分。本实施形态的架空电线与前述的实施形态相同，用宽度大的弓形导线束 121 绞合成最外层，设在弓形导线束 121 侧面的凹部 103 与凸部 105 不是形成大致 V 字形的截面，而是形成圆弧状的凹部 103 和凸部 105。本实施形态也与前述的实施形态同样，从凹部 103 及凸部 105 的中心部到弓形导线束 121 的底面为止的间隔 G 相对该底面与外周表面之间的厚度 T 定为 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)，在弓形导线束 121 之间相邻的边界部中的至少 1 处形成 0.1~1.0mm 的间隙 g，并且使螺旋槽 110 的槽深度 a 与槽宽度 b 满足 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 。

图 21 表示又一实施形态，本实施形态的架空电线是在作为分担张力的芯材的 7 根钢心股线 108 的外周，绞合 5 根大致扇形截面的铝质导线束 109a 作为形成第 1 导电层的弓形导线束，再在其外周绞合 9 根大致扇形截面的铝质导线束 109d 作为形成第 2 导电层的弓形导线束，再在其外周绞合大致梯形截面的 20 根薄壁弓形导线束 100 和 4 根厚壁弓形导线束 111 作为最外层。

这样，通过采用大致扇形截面的铝质导线束 109a、109d，当导电通路截面积不变时，与圆形截面的铝质导线束相比，可缩小电线的外径。

另外，图 10 到图 21 所示各实施形态的电线的绞合层数均为 4 层结构，当然也可根据电线的尺寸改变绞合层数。

以上所述的本发明第 3 方案的架空电线是在弓形导线束上设置凹部和凸部，并将相邻弓形导线束的凹、凸部嵌合后绞合，故不会如传统的电线那样在绞合时发生导线束相互错位，可防止架线中通过紧线滑轮时发生导线束弹出或

绞合时发生导线束相互错位，可防止架线中通过紧线滑轮时发生导线束弹出或浮线。

另外，在用弓形导线束形成的最外层的外周表面，至少设置1条或沿电线圆周方向间隔地设置多条凹状截面的螺旋槽，故当风吹到架空电线上时，流过电线表面的边界层的剥离点就移动到电线下风侧，使风压负荷减弱。

另外，从弓形导线束两侧面的凹部和凸部的中心部到弓形导线束的底面为止的间隔 G 相对弓形导线束的底面与外周表面之间的厚度 T 而构成 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)，故在将弓形导线束绞合后形成最外层时，能有效地防止弓形导线束在电线径向错位而形成肩凸出或浮线现象。

另外，通过在弓形导线束之间相邻的边界部中的至少1处形成 $0.1 \sim 1.0$ mm的间隙，在使相邻的弓形导线束的凸部嵌入弓形导线束的凹部以将弓形导线束绞合时，即使弓形导线束的尺寸略有误差，该误差也会被前述间隙吸收和调节，能使两个凹、凸部顺利地相互嵌合。而且还可利用该间隙迅速地排出进入电线内部的雨水。

另外，通过将在用弓形导线束形成的最外层的外周表面形成的螺旋槽的槽深度 a 与槽宽度 b 设定为 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ ，可以根据所需的设计风速选择最佳的阻力系数 C_d ，可增大低风压效果。

另外，通过将薄壁弓形导线束与至少1根厚壁弓形导线束绞合形成最外层，在薄壁弓形导线束的外周表面与厚壁弓形导线束的外周表面之间形成台阶高度 H ，并将该台阶高度 H 相对用薄壁弓形导线束划定的最外层外径 D 而设定为 $0.01 < H/D < 0.10$ ，可得到具有显著低风压效果的低风噪音电线。

还有，通过将厚壁弓形导线束的中心角设定为 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ ，不仅可得到显著的低风压效果和低噪音效果，还可防止在架线工程中通过紧线滑轮时发生厚壁弓形导线束的逆转和凸出部的破损、变形。由于这些效果，还可将放电噪音抑制在较低值。

以下结合附图说明本发明第4方案的架空电线的实施形态。图22是本发明一实施形态的剖视图，图23是放大表示其最外层的绞合弓形导线束局部的剖视图，图24是表示设在相邻的弓形导线束之间的侧面上的凹部与凸部嵌合的凹凸嵌合部的剖视图。如图22所示，本实施形态的架空电线是在作为分担张力的芯材的绞合钢心股线208的外周，绞合9根圆形截面的铝质导线束209作为第1导电层，再在其外周绞合15根铝质导线束209作为第2导电层，再在其外周绞合24根大致梯形截面的弓形导线束201形成外径为 D 的最外层。

如铝包覆钢线)，本发明架空电线不仅包括输电线，也包括架空地线。另外，前述的铝质导线束 209 也可不用圆形截面的铝质导线束，而是如图 25 所示，采用扇形截面的弓形导线束 209a、209b，这样可以提高截面密度、实现紧凑化，在同一外径下也可增加电流容量。

各弓形导线束 201 如图 23 所示，在电线径向相对的一对侧面中的一方侧面 202 上沿弓形导线束 201 的长度方向连续地设有大致 V 字形、槽底为圆弧面的凹部 203，在另一方侧面 204 上沿弓形导线束 201 的长度方向连续地设有大致 V 字形、顶端为圆弧面的凸部 205，关于该凹部 203 和凸部 205，在将弓形导线束 201 绞合形成最外层时，设在相邻的一方弓形导线束 201 的一个侧面 202 上的凹部 203 与设在另一方弓形导线束 201 的一个侧面 204 上的凸部 205 的顶端部嵌合。这样，通过将两个侧面上设有凹部 203 和凸部 205 的弓形导线束 201 绞合，就使相邻的弓形导线束 201 之间的凹部 203 与凸部 205 相互嵌合，故可以防止各弓形导线束 201 在电线径向的错位，防止肩凸出或浮线现象的效果显著。

如图 24 所示，在凹部 203 与凸部 205 相互嵌合的凹凸嵌合部 235，凹部 203 和凸部 205 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 是凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。因此，譬如可使凸部 205 的顶端圆弧面部 205a（见图 23）的圆弧面曲率半径 $R1$ 略大于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a（见图 23）的圆弧面曲率半径 $R2$ ，形成 $R1 > R2$ 。这样，通过使顶端圆弧面部 205a 的曲率半径 $R1$ 大于槽底圆弧面部 203a 的曲率半径 $R2$ ，就可将凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

在上述的架空电线上，所谓凹凸嵌合部的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 及凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 是指以下的长度。即，如图 24 所示，在电线最外层处的弓形导线束绞合层上相邻的弓形导线束 201 之间的相邻侧面中的一方凹部 203 与另一方凸部 205 嵌合而成的凹凸嵌合部 235，将相邻的弓形导线束 201 之间相邻的侧面在电线径向的切线作为 X-X 线（上下方向的点划线），将从该切线 X-X 线上升的凹部 203 和凸部 205 的上升点（横向点划线的位置）在电线外侧的（图中上方）的上升点作为 Y 点，在电线内侧（图中下方）的上升点作为 Z 点，并将该 Y 点与 Z 点之间的凹部 203 与凸部 205 嵌合的部分称为凹凸嵌合部 235。该凹凸嵌合部 235 的凹凸嵌合面虽然是大致圆弧曲面而不是直线面的，但由于它不是沿电线长度方向而是向着电线中心沿径向延伸的曲面，故把该凹凸嵌合面沿径向延伸的长度称为电线径向的长度。把前

述凹凸嵌合部 235 的凹凸嵌合面在电线径向的长度作为 $W1$ ，把该凹凸嵌合部 235 的凹部 203 和凸部 205 的两个凹凸面的接触面中处于电线外侧(图中上方)的接触部 $V1$ 在电线径向的接触长度作为 $\delta 1$ ，把处于电线内侧(图中下方)的接触面部 $V2$ 在电线径向的接触长度作为 $\delta 2$ ，把凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 作为 $\delta 1 + \delta 2$ 。不过，该接触长度 U 也包括当 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ 中的任一方为零的场合、即凹部 203 和凸部 205 只在前述凹凸嵌合部的上下两个接触面部 $V1$ 、 $V2$ 中上方或下方中的任一方接触面部进行接触的场合。本发明如前所述，对凹凸嵌合部 235 的凹凸嵌合面在电线径向的全长 $W1$ 和两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 作了定义，并将该凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 设定为凹凸嵌合面在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

关于在上述结构的凹凸嵌合部 235 上的接触长度 U ，是在相邻的弓形导线束 201 间形成的全部凹凸嵌合部 235 中至少 1 处凹凸嵌合部 235 上形成。这样，通过将凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 设定为凹凸嵌合面在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下，可以减少相邻的弓形导线束间的磨擦。因此可以得到富于柔软性的股线，不会对弓形导线束施加过大的应力，不会形成线状伤痕或毛刺。不过，如果接触长度 U 大于全长 $W1$ 的 10%，则股线不够柔软。

又如图 26 所示，在凹部 203 与凸部 205 相互嵌合的凹凸嵌合部 235，凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R3$ 略小于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R4$ ，形成 $R3 < R4$ 。这样，通过使顶端圆弧面部 205a 的曲率半径 $R3$ 小于槽底圆弧面部 203a 的曲率半径 $R4$ ，可以将凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下，同时可以将凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 置于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的大致中心部，可防止绞合后的弓形导线束 201 之间在电线径向的错位。

在这种架空电线上，所谓凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ ，与前述的一样，是指 Y 点与 Z 点之间的凹部 203 与凸部 205 相互嵌合的部分、即凹凸嵌合部 235 在电线径向的延伸长度，所谓凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 是指以下长度。即，如图 27 所示，当设凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 区域和凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 区域间的接触部 $V3$ 在电线径向的接触长度为 $\delta 3$ 时，该 $\delta 3$ 相当于两个凹凸面在电线径向的接

触长度 U。

上述凹部 203 和凸部 205 如图 23 及图 26 所示, 凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 以及凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 与弓形导线束 201 的底面 206 之间的间隔 G 相对弓形导线束 201 的厚度 T (从该底面 206 到电线外周表面 207 的距离) 构成 $0.2T \leq G \leq 0.08T$ (mm) 的范围。槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 和顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 的位置如果位于比弓形导线束 201 的外周表面 207 更靠内侧的底面 206 一侧, 就能有效地防止肩凸出或浮线, 故 P 点、Q 点与底面 206 之间的间隔 G 最好设定在以上的范围。如果该中心部 P、Q 的位置位于弓形导线束 201 的电线外表面, 则当电线弯曲时, 绞合的弓形导线束容易发生开裂和变形, 有时开裂或变形会永久持续, 难以形成平滑的电线表面, 不能减轻风压阻力。

在用上述弓形导线束 201 形成的最外层的表面, 各弓形导线束 201 相邻的边界部外周表面区域如图所示, 设有凹陷成凹圆弧状的凹槽, 在电线外周面上形成螺旋槽 210。该螺旋槽 210 由将相邻的各弓形导线束 210 侧面的电线外周一侧的肩部表面切削成凹圆弧状后形成的 2 个凹圆弧面 210m、210n (图 23 及图 26) 构成, 该凹陷状的凹圆弧形状为半圆弧形或浅圆弧形。设在该电线表面的螺旋槽 210 的数量至少有 1 条, 最好是沿电线圆周方向间隔地设置多条。图 22 是在弓形导线束 201 的各边界部中, 在每隔 1 个边界部的外周表面设置螺旋槽 210。该螺旋槽 210 也可以设置在 1 根弓形导线束 201 的外周表面, 而不是设在相邻的弓形导线束 201 的边界部。另外, 螺旋槽 210 的截面形状也可以是底部为矩形截面的凹槽。

如上所述, 通过在最外层形成螺旋槽 210, 一旦有风吹过, 在电线表面流过的气流就在螺旋槽 210 内产生混合气流而促进紊流化, 暂时从电线表面剥离的气流再度附着于后方的电线表面, 剥离点移到下风侧, 电线下风侧的伴流减弱, 风压阻力减轻。

关于上述槽 210 的尺寸, 如果设该凹槽 210 的深度为 a、开口部的宽度为 b, 则该深度 a 与宽度 b 之比在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的范围内时有利于降低风压。槽宽 b 一般为 2~10mm, 最好为 5~7mm, 此时槽深度 a 为 0.25~0.35mm 以上。

如图 23 及图 26 所示, 在形成最外层的弓形导线束 201 之间相邻的边界部形成间隙 g, 该间隙 g 为 0.1~1.0mm, 在多个边界部中的至少 1 处形成。由于该间隙 g 的存在, 即使弓形导线束 201 的尺寸略有误差, 也不会形成叠层, 不会产生肩凸出和浮线现象。

图 28 是表示又一实施形态的剖视图, 图 29 是放大表示形成其最外层的弓形导线束局部的剖视图, 凡与图 22、图 23、图 26 相同的符号均表示相同的部分。本实施形态的架空电线与图 22、图 23 及图 26 所示的实施形态同样, 是在

形导线束局部的剖视图，凡与图 22、图 23、图 26 相同的符号均表示相同的部分。本实施形态的架空电线与图 22、图 23 及图 26 所示的实施形态同样，是在将弓形导线束 201 绞合后形成外径为 D 的最外层时，将径向厚度 d 大于该弓形导线束 210 的径向厚度 T 的厚壁弓形导线束 211 夹在薄壁弓形导线束 201 之间一同绞合而成，该厚壁弓形导线束 211 的外表面一侧的一半在电线圆周面上呈螺旋状凸出。至少绞合 1 根该厚壁弓形导线束 211。图 28 表示在直径线上绞合 1 对厚壁弓形导线束 211 的例子。

本实施形态架空电线的厚壁弓形导线束 211 是由分别与薄壁弓形导线束 201 同宽的左右 1 对厚壁弓形导线束 211m、211n 绞合而成的，如图 29 所示，将右侧的厚壁弓形导线束 211n 的左侧面 202 上的凹部 203 与左侧的厚壁弓形导线束 211m 的右侧面 204 上的凸部 205 的顶端嵌合，再将该左侧的厚壁弓形导线束 211m 的左侧面 202 上的凹部 203 再与左侧相邻的薄壁弓形导线束 201 的凸部 205 的顶端嵌合，然后将前述右侧的厚壁弓形导线束 211n 的右侧面 204 上的凸部 205 的顶端与右侧相邻的薄壁弓形导线束 201 的凹部 203 嵌合后绞合。在最外层的其他区域，将相邻的薄壁弓形导线束 201 之间的凹部 103 与相邻的凸部 105 嵌合后绞合，这一点与前述的实施形态相同。

本实施形态的架空电线也与前述的实施形态同样，在各凹凸嵌合部 235 中的至少 1 个凹凸嵌合部 235 上，凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R1$ 略大于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R2$ ，形成 $R1 > R2$ ，将凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

本实施形态的架空电线也与前述的实施形态同样，在各凹凸嵌合部 235 中的至少 1 个凹凸嵌合部 235 上，凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R3$ 略小于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R4$ ，形成 $R3 < R4$ ，也可以将凹凸嵌合部 235 的两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

另外，薄壁弓形导线束 201 上的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 以及顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 与薄壁弓形导线束 201 的底面之间的间隔 G 相对薄壁弓形导线束 201 的厚度 T 而设定在 $0.2T \leq G \leq .08T$ (mm) 的范围内，厚壁弓形导线束 211 上的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 以及顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 与厚壁弓形导线束 211 的底面之间的间隔 G 相对薄壁弓形导线束 201 的厚度 T 而设定在 $0.2T \leq G \leq .08T$ (mm) 的范围内。

通过在薄壁弓形导线束 201 之间绞合厚壁弓形导线束 211，就如图 29 所示，在薄壁弓形导线束 210 的外周表面 207 与厚壁弓形导线束 211 的外周表面 212 之间形成台阶高度 H ，利用在电线圆周面上凸出的、台阶高度为 H 的厚壁弓形

导线束 211 的凸出部 211d 在电线圆周面上形成呈螺旋状凸出的螺旋凸条。

将上述台阶高度 H 相对用薄壁弓形导线束 201 划定的最外层的外径 D 而设定在 $0.01 < H/d < 0.10$ 的范围内。如果该台阶高度 H 过小，就会丧失降低噪音的效果，而过大又会增大风压阻力而有损低风压效果。根据试验，当台阶高度 H 为 $H < 0.01$ 时就会丧失降低噪音的效果，另一方面，为了在外径相等的条件下比传统电线的风压阻力降低 $10 \sim 20\%$ ，又必须是 $H < 0.10$ 。还有，如果在电线圆周面上相对的 4 个部位设置前述的台阶高度 H ，则可以用更低的台阶实现低风压化和低噪音化。

关于上述厚壁弓形导线束 211 两侧面间的宽度（图 29 中右侧的厚壁弓形导线束 211n 的右侧面 204 与左侧的厚壁弓形导线束 211m 的左侧面 202 之间的间隔宽度），将电线中心点 O 处的该两个导线束 211m、211n 的两侧面间的中心角 θ 设定在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内。如果该中心角 θ 小于 10° ，则容易在电线的下风侧形成卡门涡旋，不仅有损于低噪音效果，而且在架线工程中通过紧线滑轮时容易在电线外周面上呈螺旋状凸出，使绞合成最外层的厚壁弓形导线束 211 逆转或凸出部 211d 破损变形，故该中心角 θ 最好大于 10° 。而如果中心角超过 90° ，则又会使投影截面积增大，有损于低风压效果，故中心角最好小于 90° 。采用上述结构，还可将放电噪音抑制在非常低的值。

本实施形态的架空电线也与前述实施形态相同，在电线外周面、即最外层设置凹陷成圆弧状的凹槽、即螺旋槽 210。该螺旋槽 210 沿电线圆周方向间隔地设置多条或至少设置 1 条，并在与薄壁弓形导线束 201 相邻的厚壁弓形导线束 211 上，如图 28 所示，在厚壁弓形导线束 211 的凸出部 211d 下边缘的扇形肩部形成凹圆弧面，与相邻的薄壁弓形导线束 201 的凹圆弧面一同构成圆弧面的凹槽。本实施形态的架空电线也是由于在电线外周面形成螺旋状凹槽，当风吹过时，在电线表面流过的层流就通过螺旋槽 210 而移到下风侧，剥离点移动到下风侧，使阻力系数减小，风压负荷减轻。

另外，本实施形态的架空电线也将螺旋槽 210 的深度 a 与宽度 b 之比设定在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的范围内，并在薄壁弓形导线束 201 之间的边界部中至少 1 处形成 $0.1 \sim 1.0\text{mm}$ 的间隙 g 。

图 30 是表示又一实施形态的剖视图，与图 22、23、26 及 28 相同的符号表示相同的部分。本实施形态的架空电线使用宽度等于前述实施形态中的 2 根弓形导线束的弓形导线束 221、222，将 10 根薄壁弓形导线束 221 与 2 根厚壁弓形导线束 222 绞合后，由薄壁弓形导线束 221 划定的最外层的外径为 D ，在直径线上有 2 根厚壁弓形导线束 222 相对置。另外，在各弓形导线束相邻的每个边界部的外周表面区域设有凹圆弧状的凹槽，在电线外周面沿圆周方向间隔地形成螺旋槽 210。

另外，在弓形导线束之间的各凹凸嵌合部 235 中至少 1 个凹凸嵌合部 235

上,凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R1$ 略大于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R2$, 形成 $R1 > R2$, 并将两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

另外,在弓形导线束之间的各凹凸嵌合部 235 中至少 1 个凹凸嵌合部 235 上,使凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R3$ 略小于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R4$, 形成 $R3 < R4$, 也可以将其两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下。

另外,是将薄壁弓形导线束 201 侧面的凹部 203 与相邻的薄壁弓形导线束侧面的凸部 205 嵌合后绞合的,凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 与凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 的位置相对薄壁弓形导线束 201 的厚度 T 而设定在 $0.2T \leq G \leq .08T$ (mm) 的范围内。

又如图 30 所示,厚壁弓形导线束 222 的中心角 θ 设定在 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ 的范围内,薄壁弓形导线束 221 的外周表面与厚壁弓形导线束 222 的外周表面之间的台阶高度 H 相对由薄壁弓形导线束 221 划定的最外层外径 D 而设定在 $0.01 < H/D < 0.10$ 的范围内,将螺旋槽 210 的深度 a 与宽度 b 之比设定在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的范围内,并在弓形导线束 201 的相邻边界部中的至少 1 处形成 $0.1 \sim 1.0$ mm 的间隙 g 。

传统的电线在风速 20m/s 左右时阻力系数最大,然后随着风速升高,阻力系数也略有增加,在 80m/s 时阻力系数大致为 1。而本发明的电线由于在电线表面设有螺旋槽 210,使气流紊流化,下风侧的伴流减小,风压阻力显著降低,在风速为 20m/s 时螺旋槽 210 内不大发挥紊流化作用,但当风速达到 25m/s 以上时,螺旋槽 210 内的紊流化作用就会使风压阻力急剧降低,即使当风速达到 80m/s 时也是如此。本发明的电线能够大幅度地降低风压阻力,可节省铁塔和基座等建设费用,经济效益显著。

如上述实施形态所示,即使对外周上设有螺旋凸条台阶高度 H 的电线,也将台阶高度 H 与电线外径 D 之比 H/D 设定在 $0.01 < H/D < 0.10$ 范围内的适当值,这样,在 $30 \sim 40$ m/s 的高风速范围内,与传统的电线相比,阻力系数至少降低 20% 以上。另外,关于在电线表面形成的螺旋槽 210 的形状,通过在 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 的规定范围内选定凹槽的深度 a 与宽度 b 之比,可针对所需的设计风速来选择最佳的阻力系数,而且螺旋槽 210 的数量也在规定范围内选定,这样可选择最佳的阻力系数。

图 31 是又一实施形态的剖视图,与图 22、23、26 相同的符号表示相同的部分。本实施形态的架空电线是将宽度等于前述实施形态中 2 条弓形导线束

形导线束 221 的相邻的每个边界部的外周表面区域设有凹圆弧状的凹槽，在电线外周面沿圆周方向间隔地形成螺旋槽 210。

在本实施形态中，在各凹凸嵌合部 235 中至少 1 个凹凸嵌合部 235 上，为了将其两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下，凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R1$ 略大于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R2$ ，形成 $R1 > R2$ ，另外，将从凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 及凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 到弓形导线束 221 的底面的间隔 G 相对该底面与外周表面之间的厚度 T 而设定在 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm) 的范围内，在弓形导线束 221 之间相邻边界部中的至少 1 处形成 $0.1 \sim 1.0$ mm 的间隙 g ，而且将螺旋槽 210 的深度 a 与宽度 b 之比设定为 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 。

另外，在本实施形态中，在各凹凸嵌合部 235 中的至少 1 个凹凸嵌合部 235 上，为了将其两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下，也可以使凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R3$ 略小于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R4$ ，形成 $R3 < R4$ 。

图 32 是又一实施形态的剖视图，与图 22、23、26 相同的符号表示相同的部分。本实施形态的架空电线与前述的实施形态中同样，将宽幅的弓形导线束 221 绞合后形成最外层，并将设在形成该最外层的弓形导线束 221 侧面的凹部 203 和凸部 205 做成半圆弧状的凹部 203 和凸部 205。另外，在弓形导线束 221 上各凹凸嵌合部 235 中的至少 1 个凹凸嵌合部 235 上，为了将其两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下，凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R1$ 略大于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R2$ ，形成 $R1 > R2$ ，另外，将从前述凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的中心部 P 及凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的中心部 Q 到弓形导线束 221 的底面的间隔 G 相对该底面与外周表面之间的厚度 T 而设定为 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)，在弓形导线束 221 之间相邻的边界部中的至少 1 处形成 $0.1 \sim 1.0$ mm 的间隙 g ，而且将螺旋槽 210 的深度 a 与宽度 b 之比设定为 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ 。

另外，在本实施形态中，在各凹凸嵌合部 235 中的至少 1 个凹凸嵌合部 235 上，为了将其两个凹凸面在电线径向的接触长度 U 抑制在凹凸嵌合部在电线径向的全长 $W1$ 的 10% 以下，也可以使凸部 205 的顶端圆弧面部 205a 的圆弧面曲率半径 $R3$ 略小于凹部 203 的槽底圆弧面部 203a 的圆弧面曲率半径 $R4$ ，形成

$R3 < R4$ 。

图 33 及图 34 与图 30 及 31 所示的实施形态相比，是变化导电层的又一实施形态的剖视图，凡与图 30 及图 31 相同的符号均表示相同的部分。即，这两个实施形态的架空电线是在作为分担张力的芯材的绞合钢心股线 208 的外周绞合 6 根大致扇形截面的铝制弓形导线束 209c 作为第 1 导电层，再在其外周绞合 8 根铝制弓形导线束 209d 作为第 2 导电层，再在其外周绞合 12 根弓形导线束 221、222 形成外径为 D 的最外层。这样，通过采用扇形截面的弓形导线束 209c、209d，可以提高截面密度、实现紧凑化，在同一外径下能够增加容量。

另外，图 22 到图 34 所示的各实施形态的电线绞合层均为 4 层结构，当然该绞合层数可根据电线的尺寸而变化。

采用上述第 4 方案的架空电线，由于在弓形导线束绞合层的两侧设置凹部和凸部，并使相邻的弓形导线束之间的凹部与凸部嵌合后绞合形成最外层，并将这时得到的多个凹凸嵌合部中至少 1 处凹凸嵌合部的两个凹凸面在架空电线径向的接触长度 U 设定为该凹凸嵌合部在电线径向的全长 W1 的 10% 以下，故相邻的弓形导线束之间的摩擦减小，可得到富于柔软性的股线，容易处理，不会对弓形导线束施加过大的应力，不会如传统的电线那样形成裂痕，而且不会如传统的电线那样在绞合时发生导线束相互错位的现象，可防止架线过程中通过紧线滑轮时导线束弹出或浮线。

另外，由于在将弓形导线束绞合形成的最外层的表面设置至少 1 条或沿电线圆周方向间隔地设置多条螺旋槽，故在有风从侧面吹到架空电线上时，流过电线表面的边界层的剥离点移到电线下风侧，使风压阻力减轻。

另外，由于将设在弓形导线束侧面的凸部的顶端圆弧面部的曲率半径做成大于凹部的槽底圆弧面部的曲率半径，容易将相邻的弓形导线束之间的凹凸嵌合部的两个凹凸面在架空电线径向的接触长度控制在凹凸嵌合部在电线径向的全长度的 10% 以下。

另外，由于将设在弓形导线束侧面的凸部的顶端圆弧面部的曲率半径做成小于凹部的槽底圆弧面部的曲率半径，容易将相邻的弓形导线束之间的凹凸嵌合部的两个凹凸面在电线径向的接触长度控制在凹凸嵌合部在电线径向的全长的 10% 以下，同时可将凸部的顶端圆弧面部置于凹部的槽底圆弧面部的大致中心部，可防止绞合后的弓形导线束之间在电线径向错位。

另外，由于将从弓形导线束两侧面的凹部的槽底圆弧面部的中心部及凸部的顶端圆弧面部的中心部到弓形导线束底面的间隔 G 相对弓形导线束底面与外周表面之间的厚度 T 而设定为 $0.2T \leq G \leq 0.8T$ (mm)，故在将弓形导线束绞合形成最外层时，可以有效地防止弓形导线束在电线径向错位而产生肩凸出或浮线现象。

另外，由于在绞合后的弓形导线束之间相邻的边界部中的至少 1 处设置

形成最外层时，可以有效地防止弓形导线束在电线径向错位而产生肩凸出或浮线现象。

另外，由于在绞合后的弓形导线束之间相邻的边界部中的至少 1 处设置 0.1~1.0mm 的间隙 g ，即使弓形导线束的尺寸略有误差，该误差也会被前述间隙所吸收、调节，可以使两个凹、凸部无障碍地嵌合。而且可利用该间隙迅速地排出进入电线内部的雨水。

另外，由于将在弓形导线束绞合后形成的最外层的外周表面上形成的螺旋槽的槽深度 a 和槽宽度 b 设定为 $0.05 \leq a/b \leq 0.5$ ，可以针对所需的设计风速来选择最佳的阻力系数，可以增加降低风压的效果。

另外，通过在薄壁弓形导线束之间至少绞合 1 根厚壁弓形导线束形成最外层，就在薄壁弓形导线束的外周表面与厚壁弓形导线束的外周表面之间形成台阶高度 H ，将该台阶高度 H 相对由薄壁弓形导线束划定的最外层的外径 D 而设定为 $0.01 < H/D < 0.10$ ，就可得到低风压效果显著、低噪音及低放电噪音的电线。

还有，通过将厚壁弓形导线束的中心角 θ 设定为 $10^\circ < \theta < 90^\circ$ ，不仅可得到显著的低风压效果和低噪音效果，还可在架线工程中通过紧线滑轮时防止厚壁弓形导线束的逆转和凸出部的破损变形。

工业上利用的可能性

如上所述，本发明的架空电线既可降低风压阻力、风噪音及放电噪音，又可防止形成最外层的导线束弹出、浮线等，可作为大风速环境下的架空电线使用。

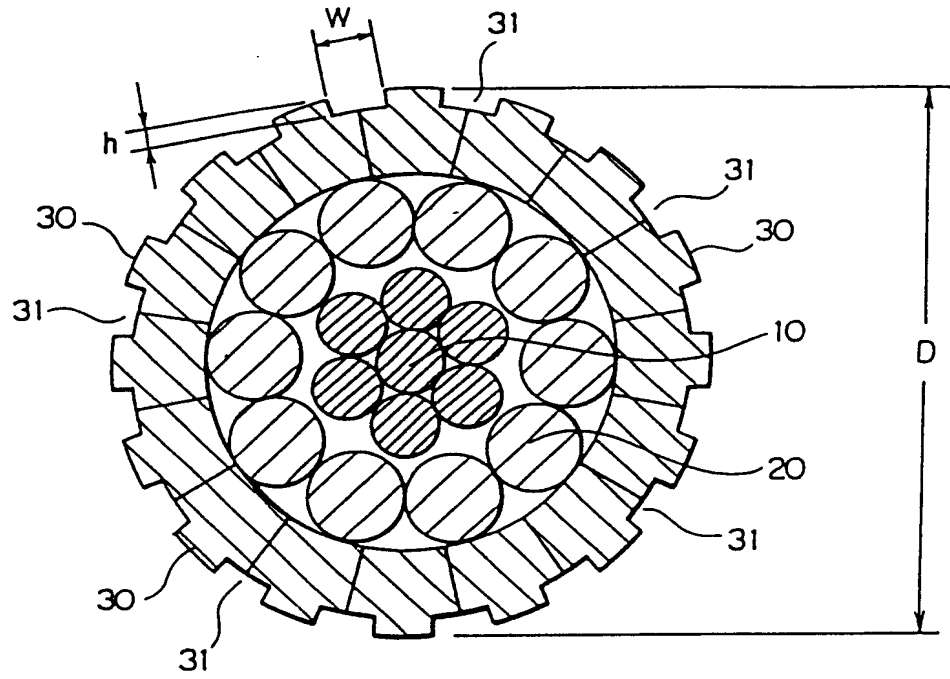


图 1

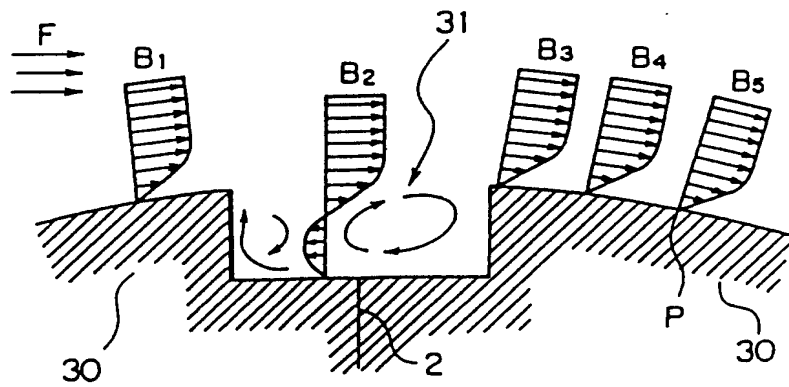


图 2

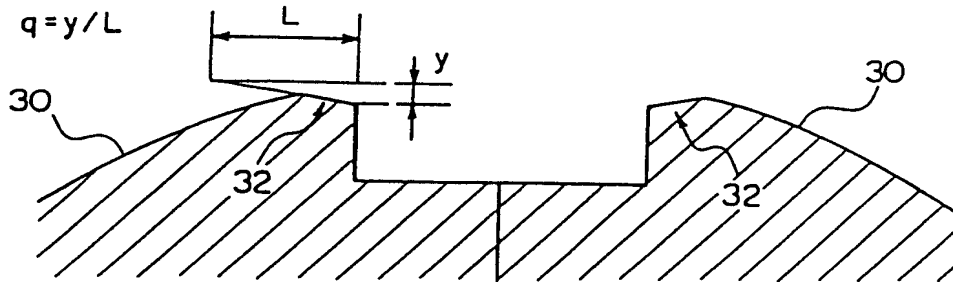


图 3

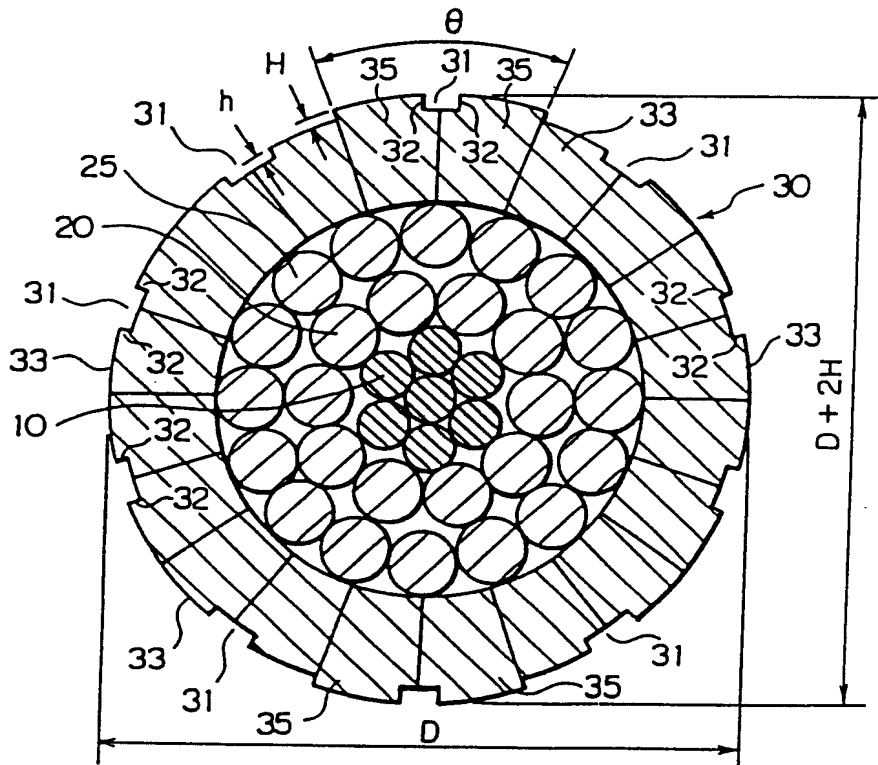


图 4

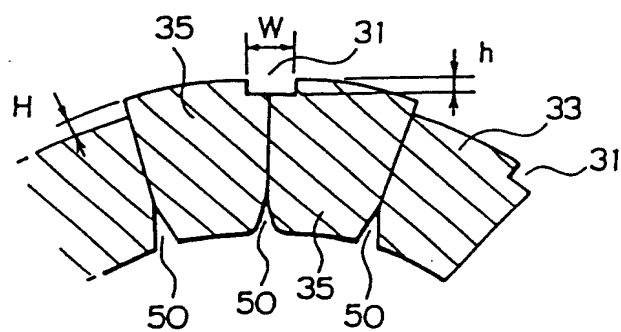


图 5

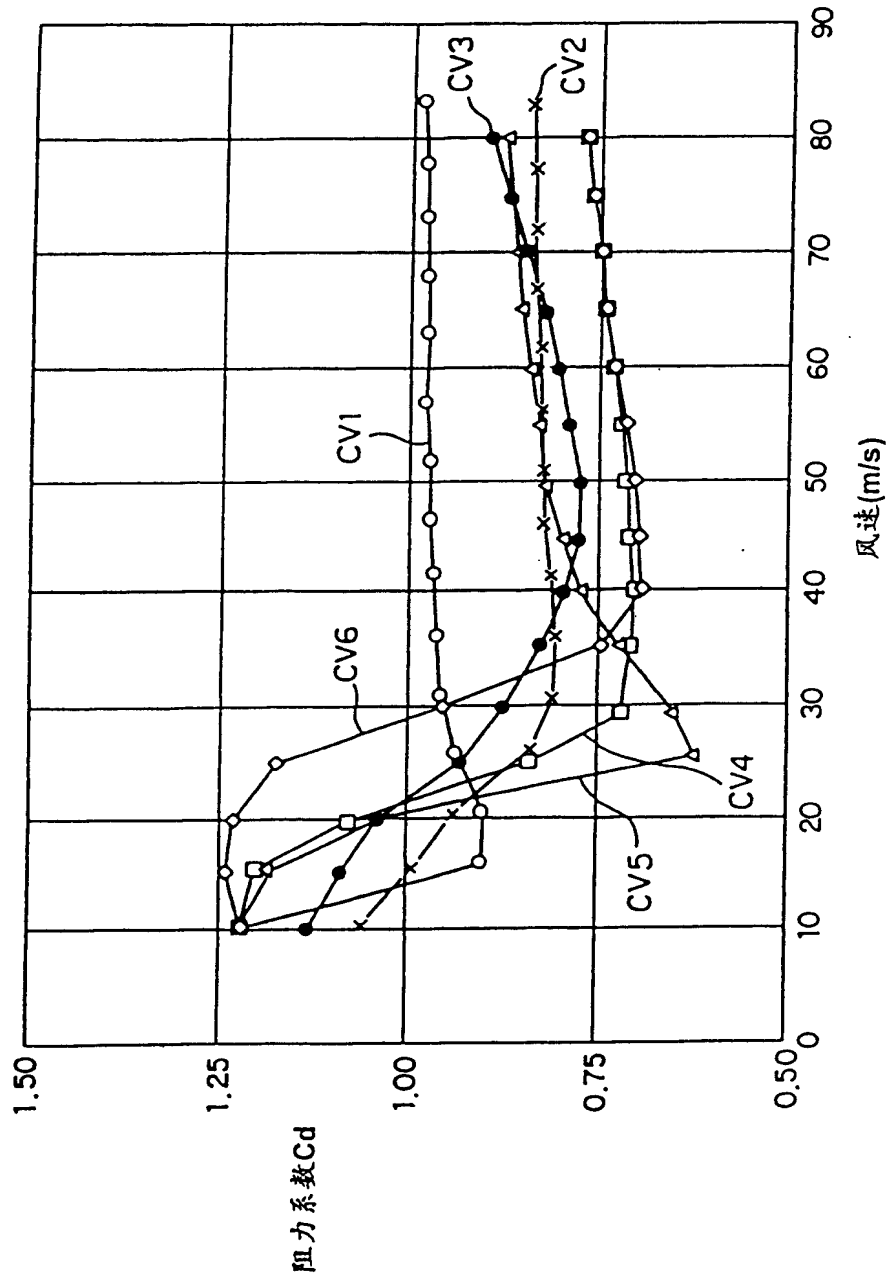


图 6

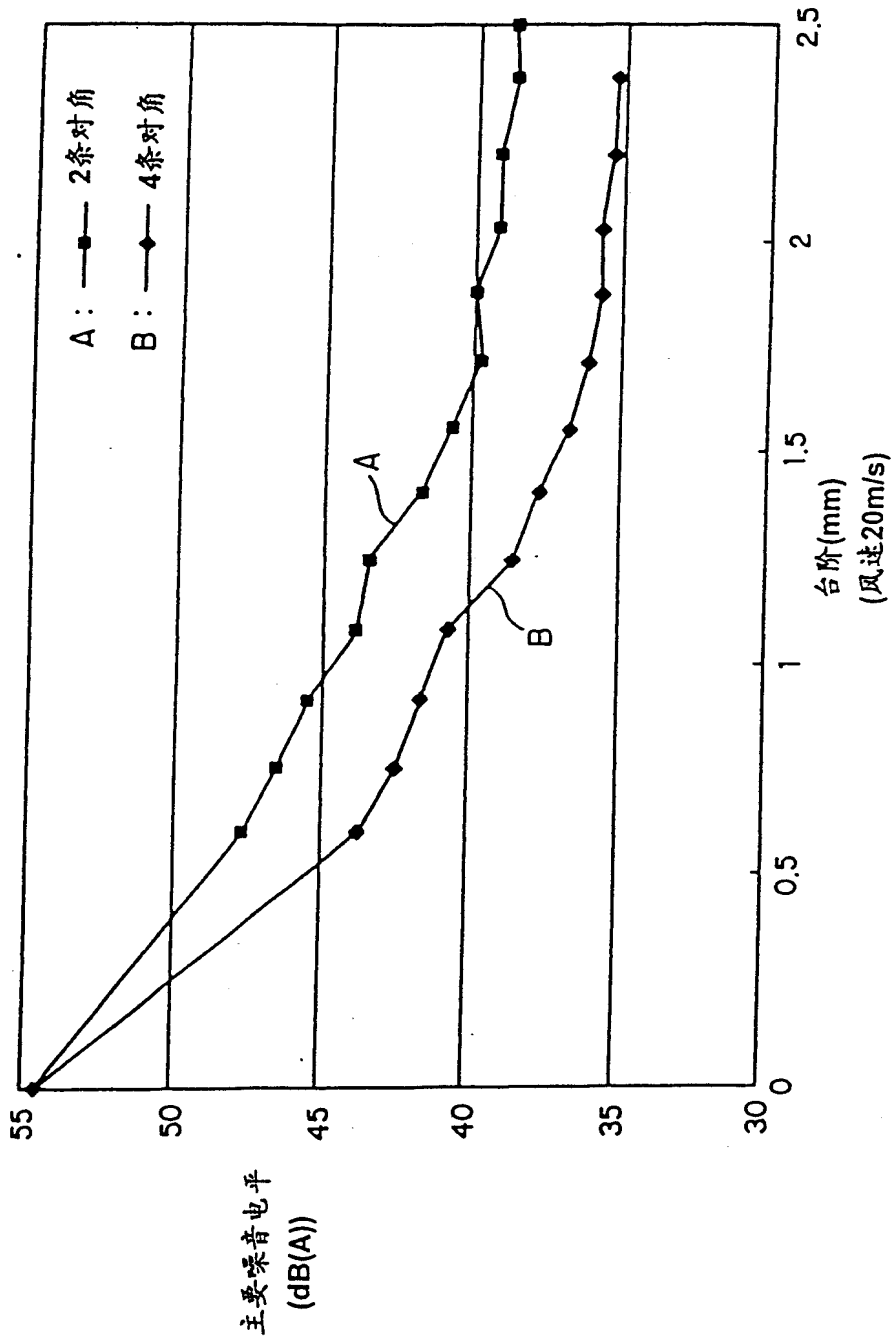


图 7

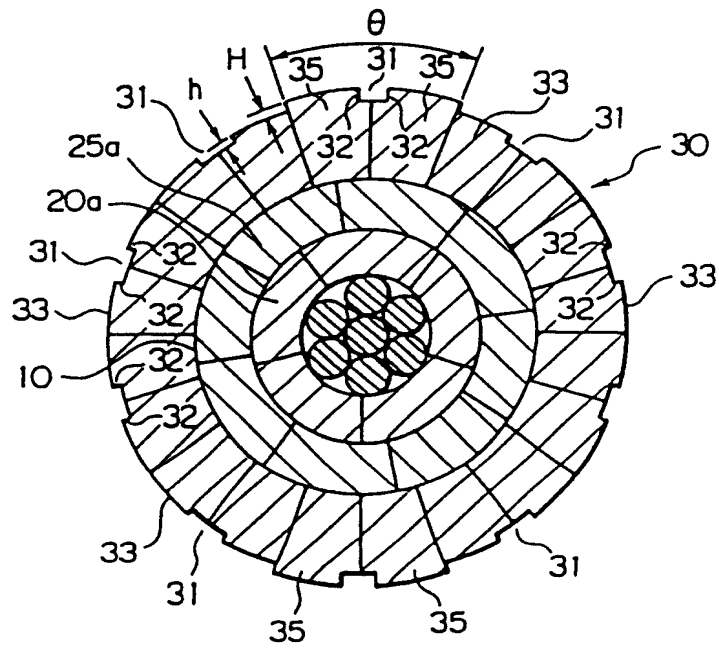


图 9

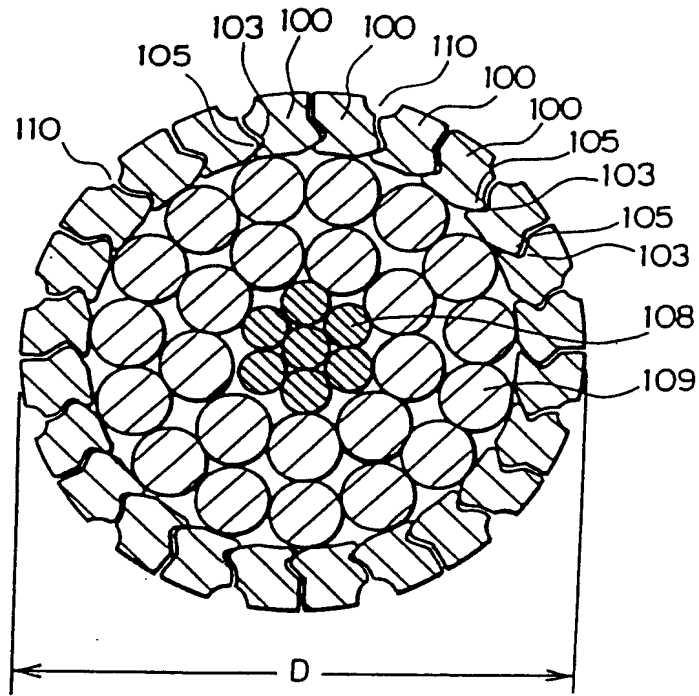


图 10

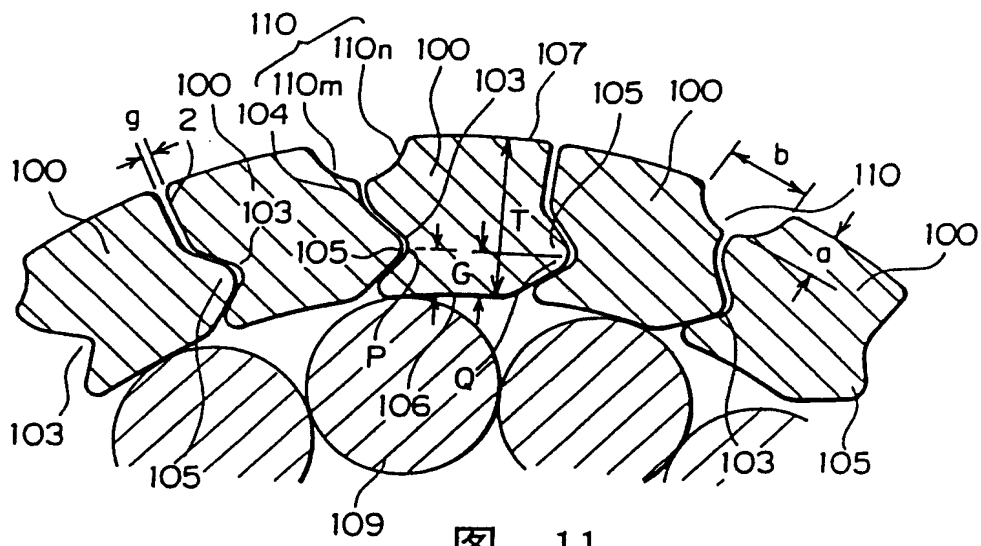


图 11

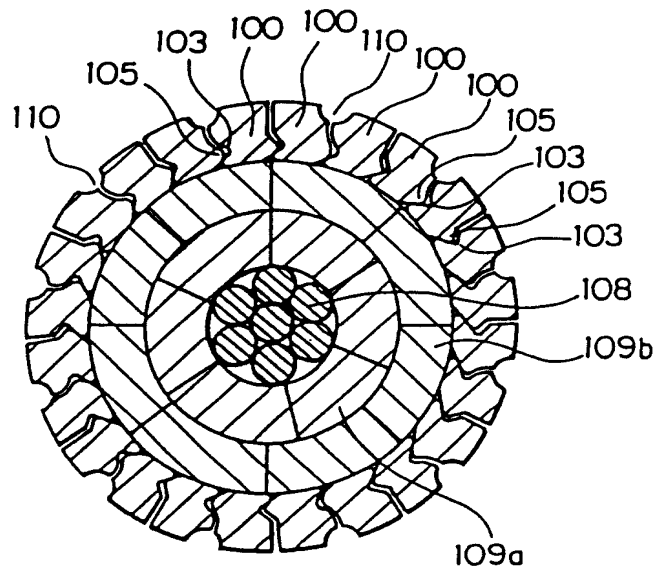


图 12

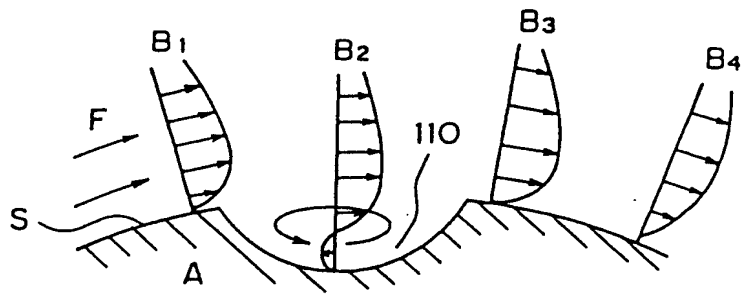


图 13

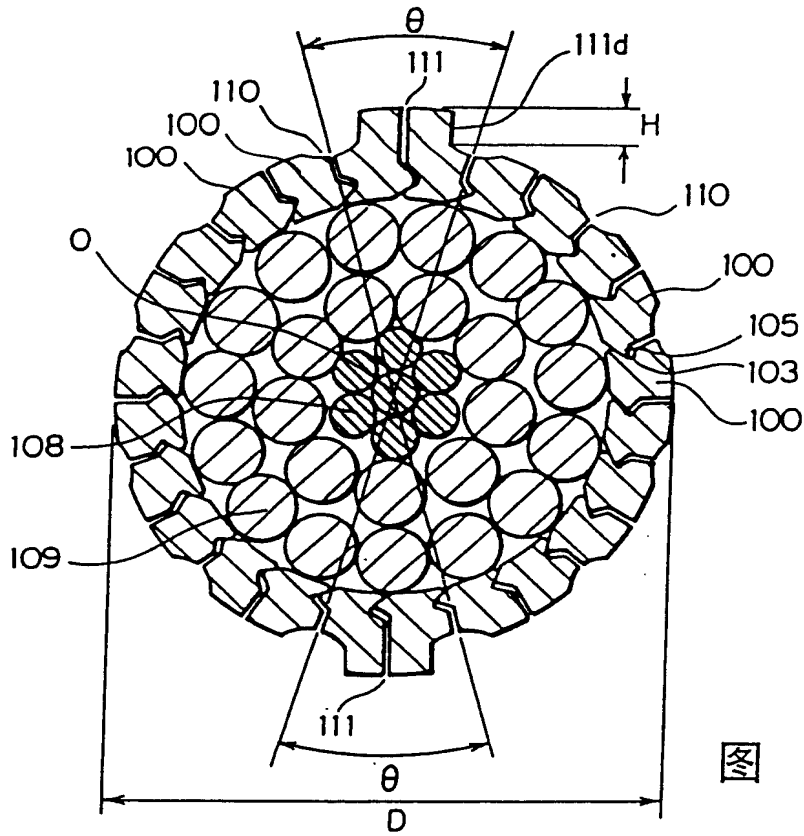


图 14

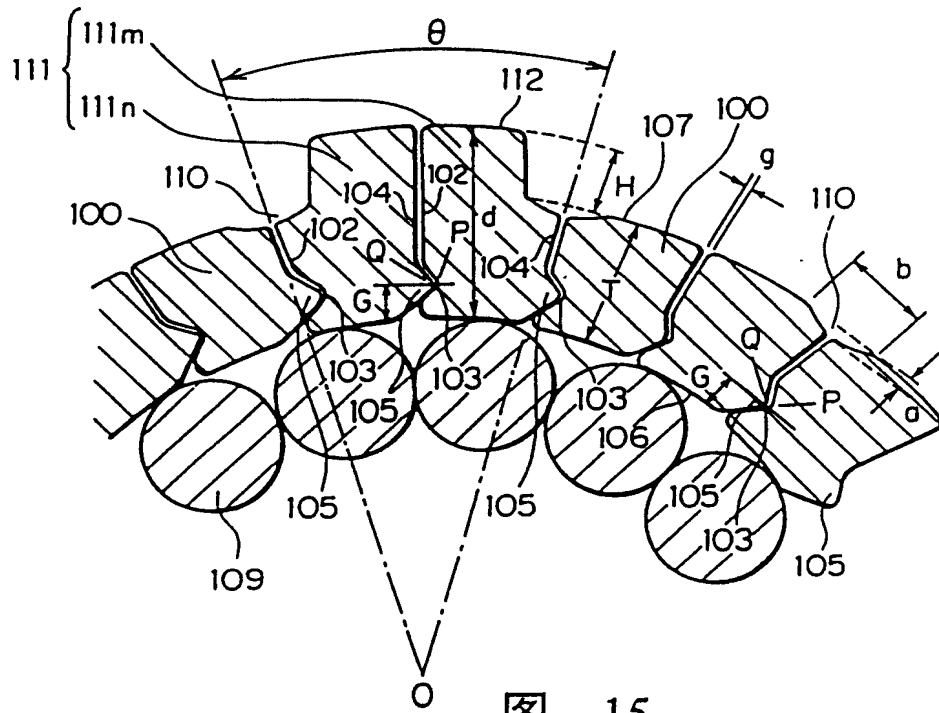


图 15

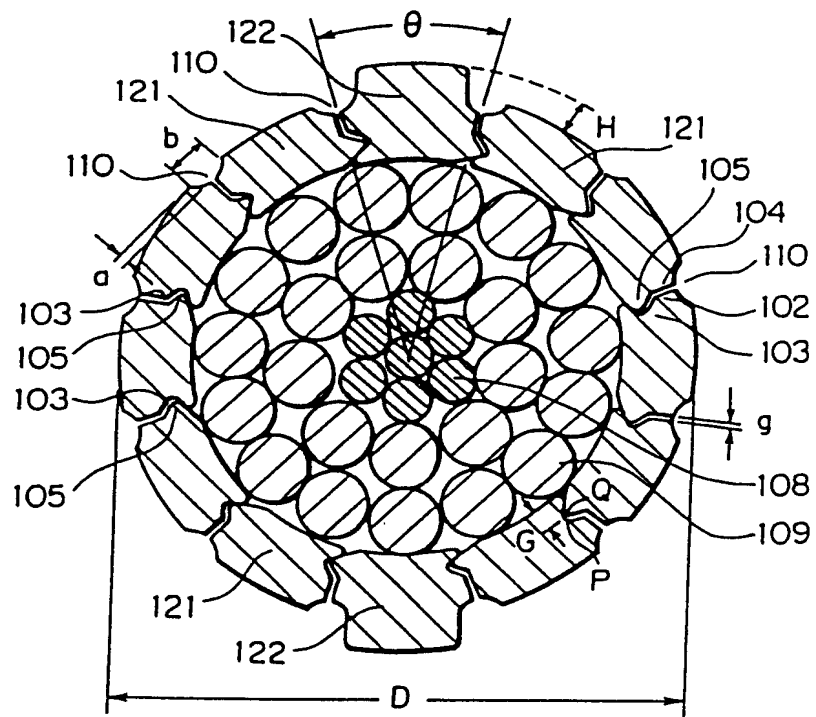


图 16

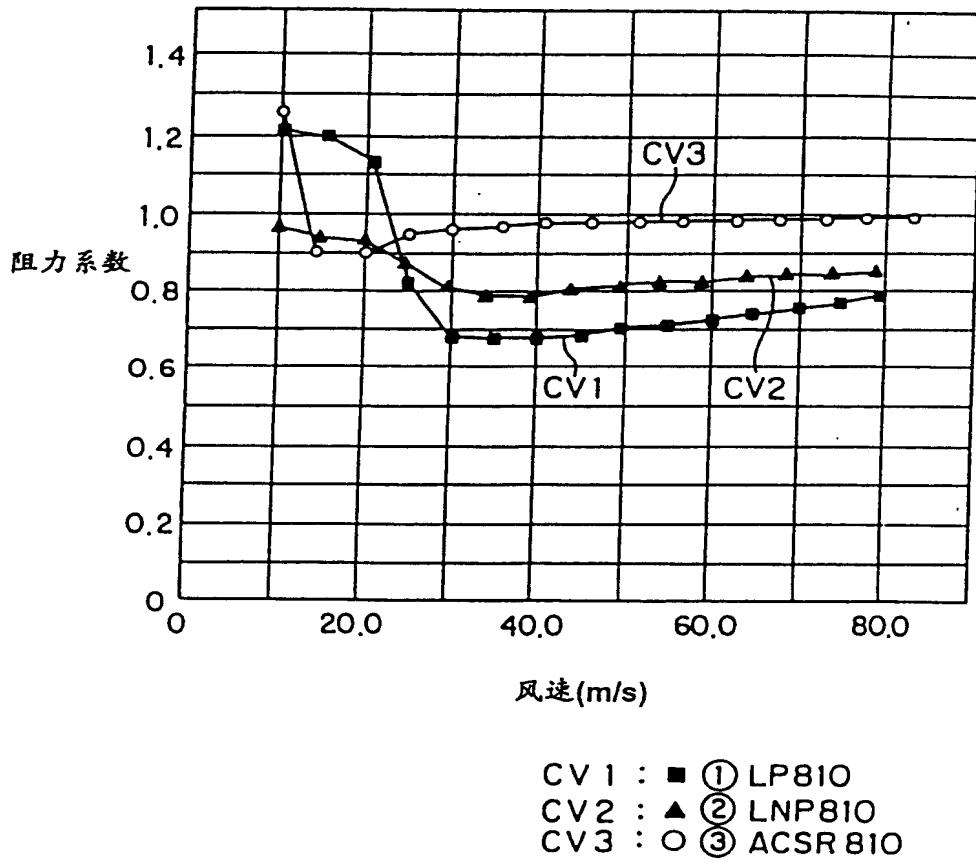


图 17

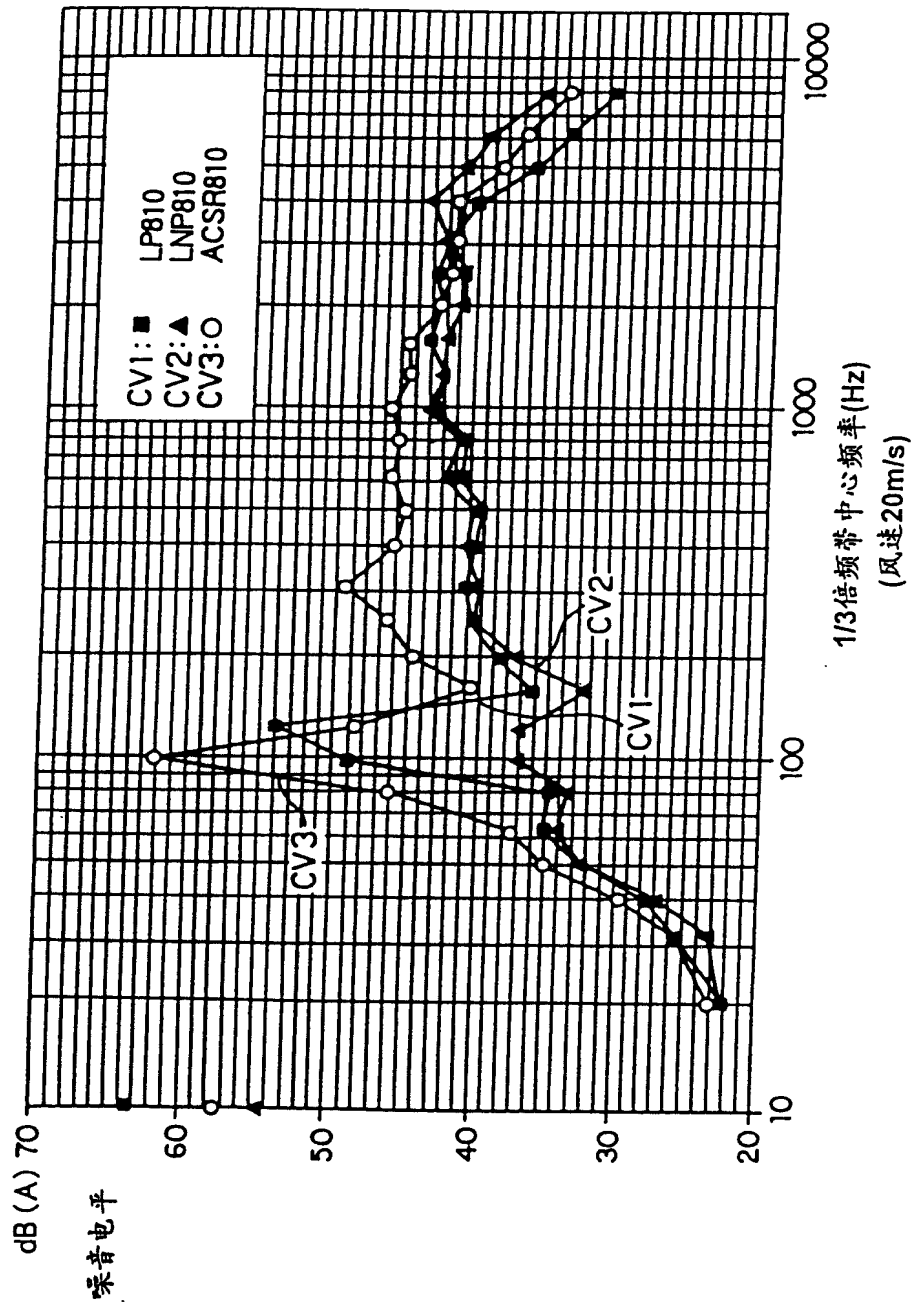


图 18

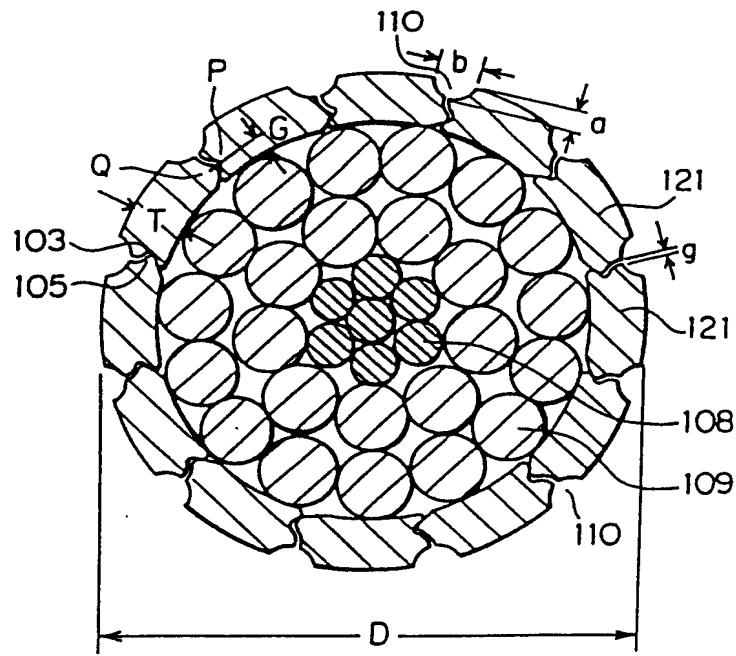


图 19

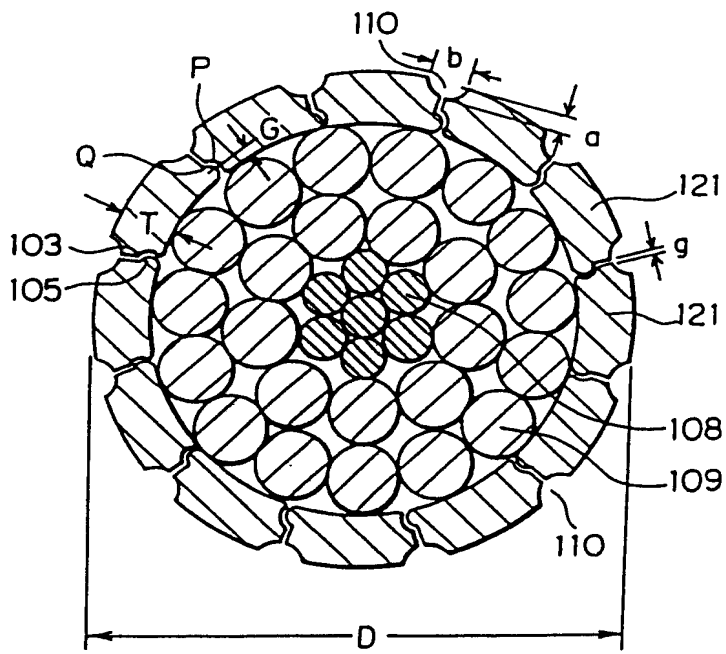


图 20

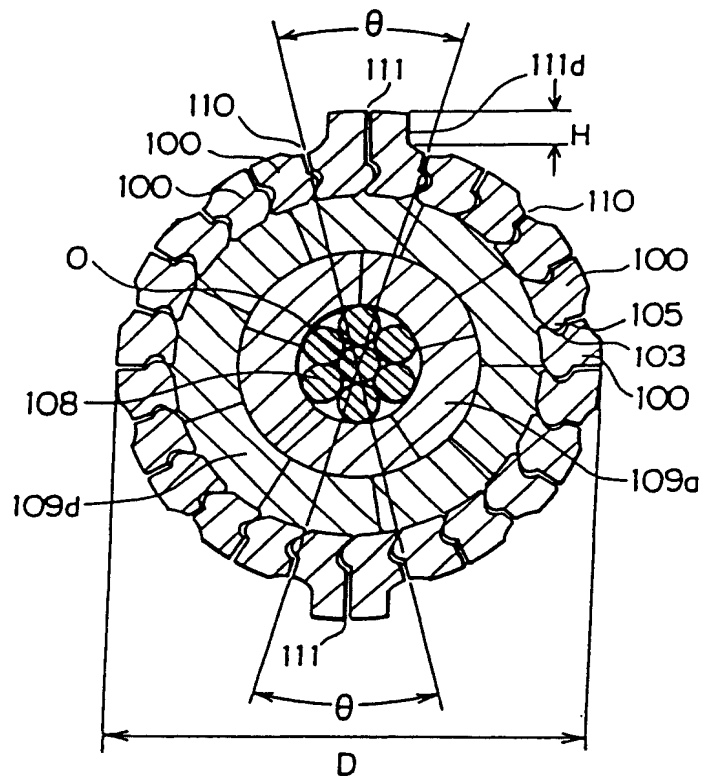


图 21

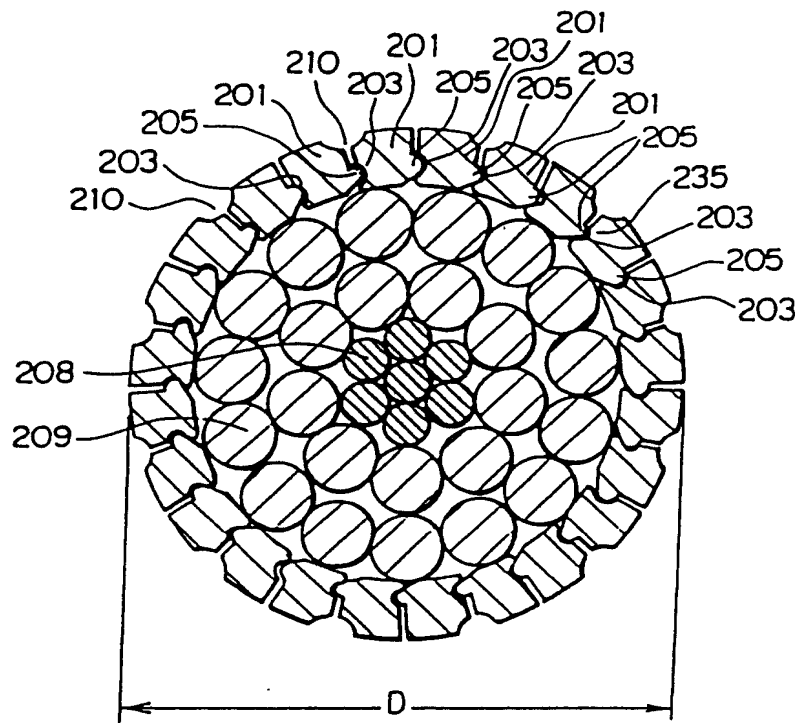


图 22

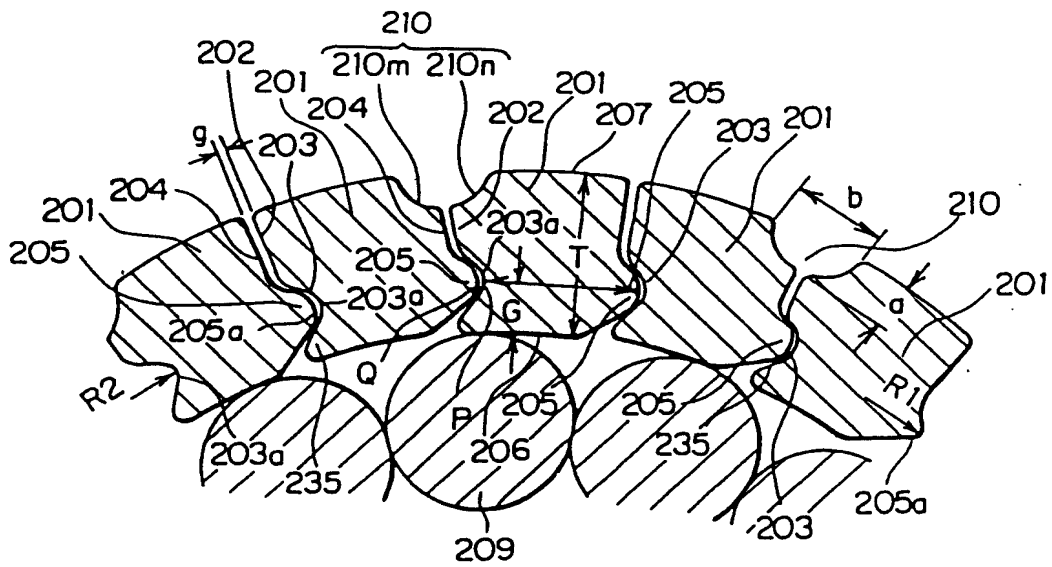


图 23

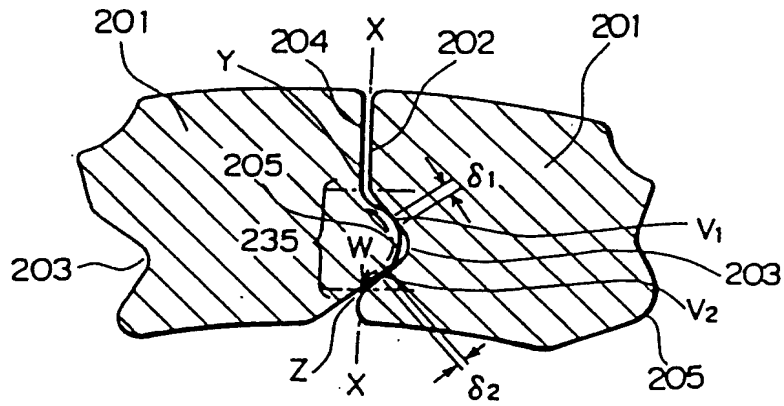


图 24

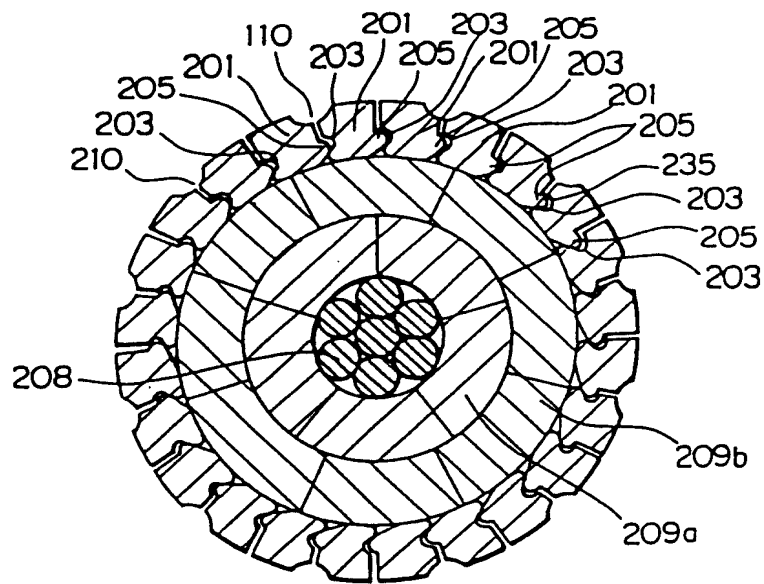


图 25

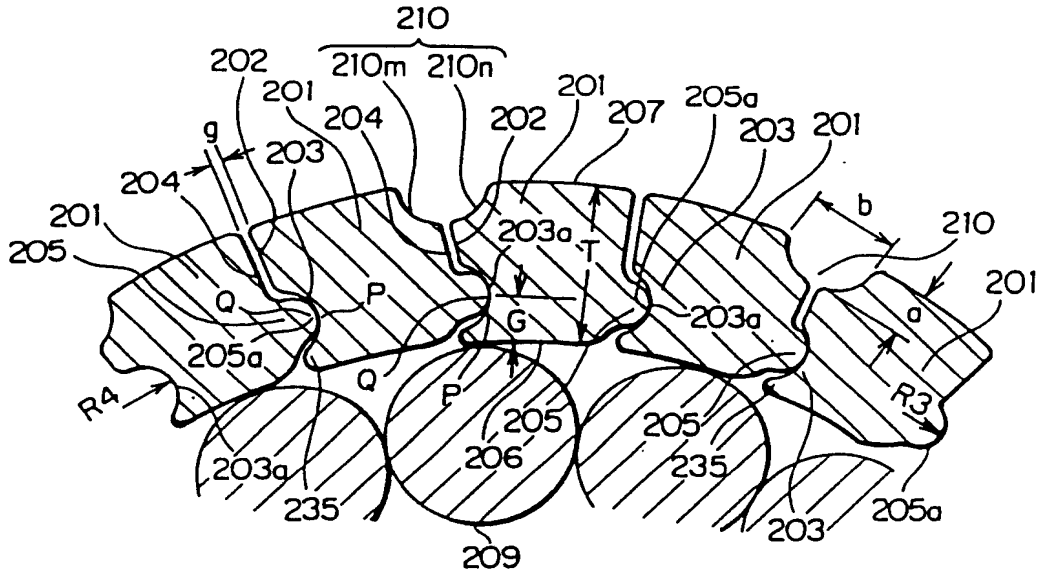


图 26

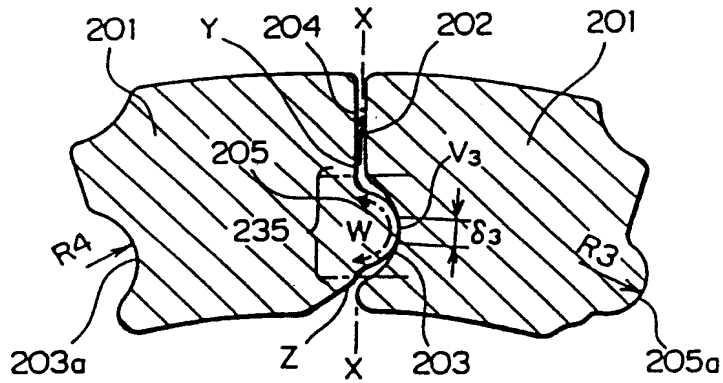


图 27

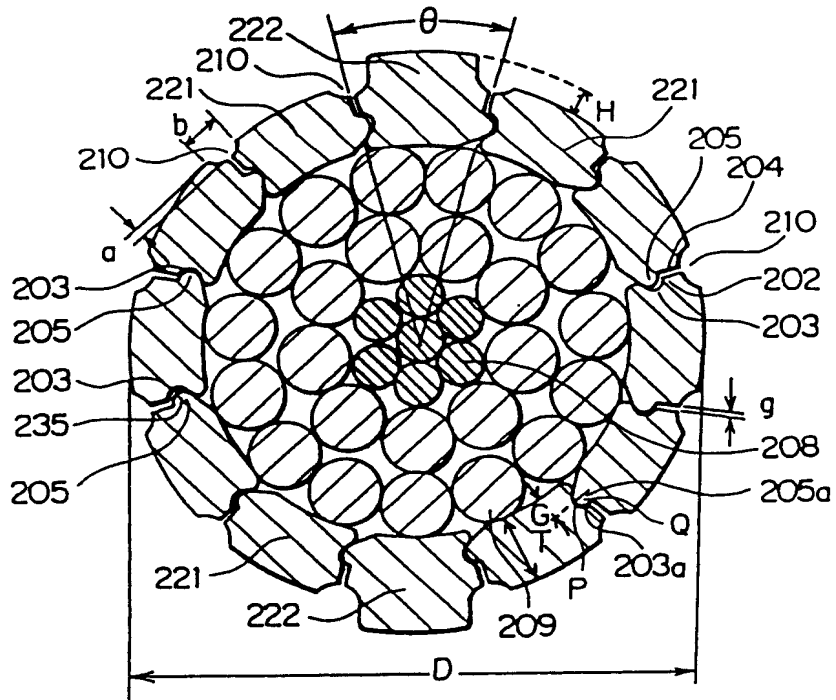


图 30

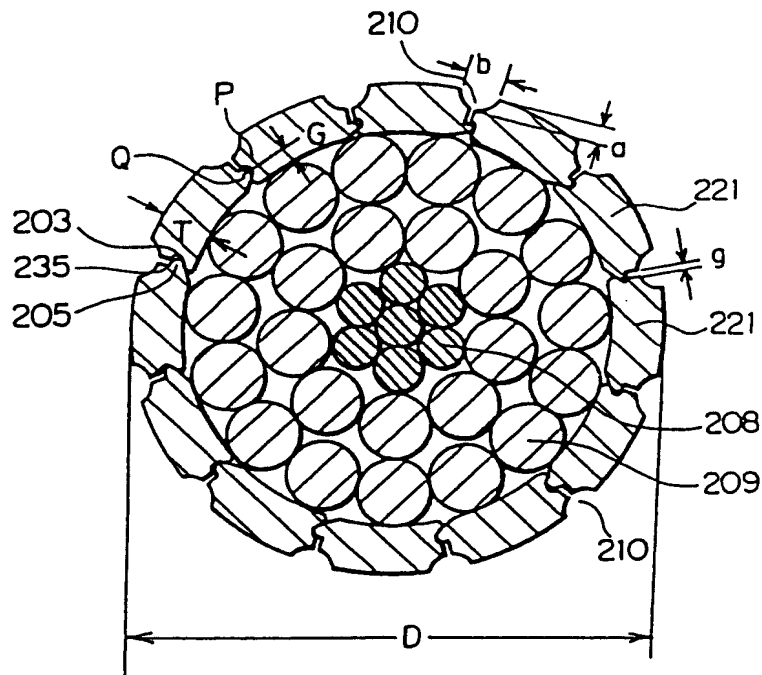


图 31

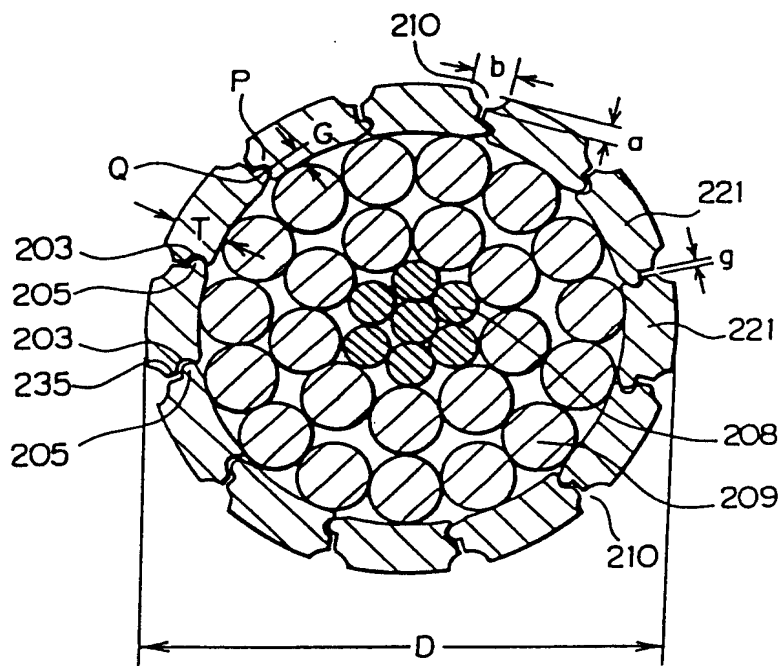


图 32

