



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98811553.0

[43] 授权公告日 2003 年 1 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1100175C

[22] 申请日 1998.11.25 [21] 申请号 98811553.0

[30] 优先权

[32] 1997.11.27 [33] EP [31] 97203712.1

[86] 国际申请 PCT/EP98/07548 1998.11.25

[87] 国际公布 WO99/28547 英 1999.6.10

[85] 进入国家阶段日期 2000.5.25

[71] 专利权人 贝克特股份有限公司

地址 比利时茨维夫格姆

[72] 发明人 克萨维尔·德沃斯 伊万·利彭斯

阿伯特·萨莫斯 弗兰斯·范吉尔

[56] 参考文献

EP0619398A 1994.01.12 D07B

US2274699A 1942.03.03 D07B

审查员 柴毅敏

[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

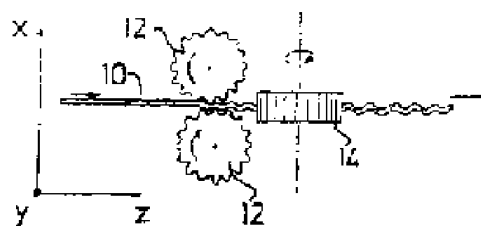
代理人 何腾云

权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图 4 页

[54] 发明名称 有波纹元件的钢索

[57] 摘要

一种钢结构适于作为弹性体增强件,所述钢增强件包括一根或者多根钢丝(10)。至少一根所述钢丝(10)有第一波纹和第二波纹。该第一波纹位于与第二波纹所在平面不同的平面上。通过两对齿轮(12,14)能够高效地产生这两种波纹,这两对齿轮并不是由外部驱动的。通过这些波纹,可以增强橡胶向钢结构中的渗透或者增加钢结构断裂时的延伸率。



1. 一种适于作为弹性体增强件的钢结构(24, 28, 30, 32, 34), 所述钢结构包括一个或者多个钢元件,

所述钢结构是一根钢丝(10)、一束没有绞合的钢丝或者一股绞合钢丝构成的钢绞合线, 或者它们的任意组合,

所述钢丝(10)的直径在0.04mm至1.1mm之间,

所述钢丝(10)的钢成分中包括最少为0.60%的含碳量、从0.20%到0.90%的含锰量和从0.10%到0.90%的含硅量,

所述钢丝(10)覆盖有防腐蚀涂层, 或者有增强对橡胶的粘附性的涂层,

其特征在于:

至少一个所述钢元件(10)有第一波纹和第二波纹, 该第一波纹所在平面与第二波纹所在平面基本相异。

2. 根据权利要求1所述的钢结构, 其中: 所述钢元件有圆形的横截面。

3. 根据权利要求2所述的钢结构, 其中: 所述第一波纹有第一波纹幅值, 所述第二波纹有第二波纹幅值, 所述第一波纹幅值和所述第二波纹幅值在最小值 $1.05xd$ 和最大值 $5xd$ 之间变化, d 是钢元件的直径。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的钢结构, 其中: 所述的钢元件是钢丝。

5. 根据权利要求1所述的钢结构, 其中: 所述钢元件是钢丝绞合而成的钢绳。

6. 根据权利要求1所述的钢结构, 其中: 所述钢元件是没有绞合的钢丝组成的钢束。

7. 根据权利要求1所述的钢结构, 其中: 所述第一波纹有第一波纹波距, 所述第二波纹有第二波纹波距, 所述第一波纹波距与所述第二波纹波距相异。

8. 根据权利要求7所述的钢结构, 其中: 所述结构在拉伸实验中显示两种基本相异的弹性模量。

9. 根据权利要求3所述的钢结构, 其中: 所述第一波纹幅值与所述第二波纹幅值相异。

10. 根据权利要求1所述的钢结构, 其中: 所述结构包括不只一个钢元件。

11. 根据权利要求10所述的钢结构, 其中: 所述钢元件彼此绞合在一起。

12. 根据权利要求11所述的钢结构, 其中: 所述第一波纹波距和/或第二波纹波距小于所述结构中有所述波纹的元件的绞距。

13. 根据权利要求11至12中任一项所述的钢结构, 其中: 所述结构主要包括2到5根钢丝, 其中1到4根钢丝有第一和第二波纹, 以便使橡胶渗透。

14. 根据权利要求11至12中任一项所述的钢结构, 其中: 所述结构主要包括2到5根钢丝, 其中全部钢丝有第一和第二波纹, 以便增加断裂时的延伸率。

15. 根据权利要求11至12中任一项所述的钢结构, 其中: 所述结构包括中心钢丝和一层钢丝, 这一层钢丝环绕所述中心钢丝绞合起来, 所述中心钢丝包括一根或多根钢丝, 至少所述中心钢丝中的一根有所述第一和第二波纹, 以便使橡胶渗透到所述中心内。

16. 根据权利要求11至12中任一项所述的钢结构, 其中: 所述结构包括9到27根钢丝, 这些钢丝全部以相同的绞合方向和相同的绞距绞合在一起, 所述钢丝中的一部分有所述第一和第二波纹, 以便使橡胶渗透。

17. 根据权利要求16所述的钢结构, 其中: 所述结构包括中心元件, 所述中心元件有所述第一和第二波纹, 以便防止这些钢丝移动。

18. 根据权利要求16所述的钢结构, 其中: 所述结构包括4股绞合线, 各所述绞合线包括两根钢丝, 全部所述钢丝都有第一和第二波纹, 以便增加断裂时的延伸率。

有波纹元件的钢索

本发明的领域

本发明涉及一种适于用作弹性体的增强件的钢结构，该弹性体例如为橡胶传送带、橡胶轮胎、橡胶软管、橡胶调速带或者聚氨酯调速带。该钢增强件包括一根或多根钢丝。

本发明还涉及一种处理钢丝的方法，以便使该钢丝形成立体的波纹形式。

本发明的背景技术

这样的钢结构在现有技术中是公知的。

最近，现有技术的文献中披露了钢结构的这样一种发展趋势，其中的钢丝有一种或者另一种形式的波纹，即，除了绞合钢丝而产生的塑性变形外，该钢丝还有另一种塑性变形。这种另外的塑性变形是方便地预成形操作的结果，并在钢丝上产生了波纹形。

美国专利 5020312(Kokoku, 优先权为 1989 年)和 5111649(Kokoku)披露了包括三到五根钢丝的钢索结构。至少一根钢索有所谓的‘波纹’：这是一种有相对较尖角度的“之”字形，该尖锐角度取决于成形的工具。该波纹是平面波纹形式并由两个齿轮形成。由角度值产生的空隙增强了弹性体在该钢索结构中的渗透。

欧洲专利 0462716 (Tokusen, 优先权为 1990 年)披露了另一种波纹形式。根据该文献，钢索包括 3 到 27 根钢丝，25%到 67%的钢丝是螺线或者螺圆形。该塑性螺线变形是通过旋转预成形销形成的。其目的是增强弹性体向钢索结构中的渗透，并且不会增加所谓的部分负载延伸率 (PLE, 其定义见下文)。这些钢索是市场上的 SPACY®钢索。这一钢索的主要缺点是其制造消耗能量或效率不高，或者两个缺点都有。实际上，如果螺线的节距小于绞距，那么预成形销的转速必须大于下游的倍捻加捻机 (double-twister) 转速的两倍。

WOA95/16816 (Bekaert, 优先权为 1993 年) 中还披露了另一种波纹形式。根据该文献, 该钢结构包括钢丝, 至少一根钢丝预成形为折线。这是一种立体的波纹形式, 是由有着不同曲率的预成形装置产生的。这样的钢结构在市场上为 BETRU®。

本发明的介绍

本发明的一个目的是使钢结构的钢丝还产生另一种波纹形式。

本发明的另一目的是使钢丝产生一种波纹形式, 其中, 这种波纹形式优于现有的波纹形式。

本发明的还一目的是提供一种波纹形式, 该波纹形式有多种特定的形式, 这些特定形式取决于对该波纹形式的参数的选择。

本发明的又一目的是提供一种波纹形式, 该波纹形式的制造不需要消耗能量的工具。

本发明的再一目的是提供一种有椭圆形横截面的钢结构, 该椭圆形横截面是由于某些钢丝、例如中心的钢丝具有波纹形式的结果。

根据本发明, 提供了一种适于作为弹性体增强件的钢结构。该钢增强件包括一个或者多个钢元件。至少这些钢元件中的一个有第一波纹和第二波纹。该第一波纹所在的平面与第二波纹所在的平面不同。

这样, 不使用驱动的和耗能的预成形工具即可获得立体的波纹形式。

该钢结构的另一优点是可以形成多种波纹形式。实际上, 该第一波纹有第一波纹波距和第一波纹幅值。该第二波纹有第二波纹波距和第二波纹幅值。这意味着已有四个可以在一特定范围内独立变化的设计参数。

第一波纹波距可以等于或者不同于第二波纹波距。当波纹波距相等时可以得到圆形或者椭圆形的立体螺线。不过, 波纹波距不同时, 得到与螺线不同的立体形式。

第一波纹幅值可以等于或者不同于第二波纹幅值。当波纹幅值不同时, 如果有第一波纹和第二波纹的钢丝不绕其自身的轴线旋转, 则可以在最终的钢结构中获得椭圆形横截面的立体形式。

可以变化的另一参数是两平面的夹角。不过优选是，这两平面尽可能的错开，因此最优的选择是大约 90° 的最大错开值。

本发明钢结构的钢元件可以是一根钢丝、一束没有绞合的钢丝或者一股绞合钢丝构成的钢绞合线。本发明的钢结构也可以是它们的任意组合构成。

钢结构可以是一根或者多根钢丝组成的未绞合结构，这些钢丝彼此平行毗连，并通过另外的缠绕钢丝或者粘结剂相互束缚在一起，该粘结剂与要增强的弹性体是相容的。

一个可选实施例是：钢丝彼此几乎平行毗连，这可以是以相当大的绞距将这些钢丝绞合而成，例如：这些钢丝通过以相对高的线性速度通过绞合装置而被绞合起来，该绞合装置以合适的或者相对较低的转速旋转。

钢结构也可以是绞合结构，该绞合结构中有一些或者全部钢丝绞合成耦合结构 (Coherent structure)。

优选是，至少第一波纹波距和第二波纹波距中的一个小于有第一和第二波纹的钢丝的绞距。

在通用绞合结构中，本发明的第一用途是 $n \times 1$ 的钢索，即，钢索主要包括 2 到 5 根钢丝。

在第一实施例中，这些钢丝中的一些（不是全部）有第一和第二波纹，以便使橡胶渗透。一个实例是 4×0.28 的钢索中有一根或者两根钢丝有第一和第二波纹。这样的钢索用于轮胎的护胎带线网层。

在本发明的第二实施例中，全部钢丝有第一和第二波纹以及在断裂时的延伸率提高 5% 或更多。

一个实例是 5×0.38 的钢索中有 5 根具有第一和第二波纹。这样的钢索的附加优点是可以以相对较大的绞距（14mm 到 20mm）绞合，并且在断裂时基本不会减小延伸率。另一实例是 4×0.22 和 5×0.22 的钢索，其中全部钢丝有第一和第二波纹。这些有高延伸率的钢索适宜于增强摩托车的轮胎（与摩托车轮胎的赤道平面几乎成 0° 角）。

本发明的第二用途是所谓的 $1+m(+n)$ 钢索，包括一根/多根中心钢

丝和绞合环绕中心钢丝的一层 m 根钢丝。此外，第二层 n 根钢丝可以绞合环绕第一层 m 根钢丝。

一根或者多根的中心钢丝可以有第一和第二波纹，以便于：

- a) 增加弹性体向中心钢丝内的渗透；和/或
- b) 获得椭圆形横截面的中心钢丝，从而获得椭圆形横截面的整个钢索；和/或
- c) 防止中心钢丝移动到钢索的外面。

一个实例是 1+6 的结构，其中单个的中心钢丝有第一和第二波纹，以便使橡胶能够渗透和增强单个钢丝在钢索中的锚固作用，即防止中心钢丝移动。第一波纹幅值可以大于第二波纹幅值，以便获得椭圆形横截面。另一实例是 3+8+13 的结构，其中三根中心钢丝有第一和第二波纹，以便使橡胶渗透到三根中心钢丝的中间。

一个类似的实例是用 2×1 或者 3×1 的元件代替由 7×7 结构的绞合线的中心钢丝，在该 2×1 或者 3×1 的元件中，这两根或者三根钢丝是有第一和第二波纹的。

还一实例是用 $5x_{d_1}+9x_d+15x_d$ 的结构代替 $3x_d+9x_d+15x_d$ 的结构，在 $5x_{d_1}+9x_d+15x_d$ 的结构中，中心钢丝的钢丝直径 d_1 小于其它钢丝的直径 d 。该中心钢丝有第一和第二波纹。橡胶渗透作用和延伸率都增加而刚性(stiffness)降低。

本发明的第三用途是所谓 $n \times 1$ 的紧凑型钢索(compact cord)，该紧凑型钢索包括 n 根钢丝，这些钢丝彼此以同样的绞合方向(sense)和绞距绞合起来。一个实例是 $3 \times 0.365 | 9 \times 0.345CC$ (CC 即紧凑型钢索)，其中全部钢丝都有第一和第二波纹，以便使橡胶渗透和防止中心移动。

另一实例是 $12 \times 0.38CC$ ，其中全部 12 根钢丝都有的第一和第二波纹，以便获得高的延伸率。这样的钢索可以作为织物结构的纬线或者经线元件，该织物结构适用于增强橡胶传送带。

第四种用途是多股绞合线的钢索，该钢索包括两股或者多股绞合线，其中，各股绞合线包括两根或者多根钢丝。如果该绞合线在钢索中所绞合的方向与钢丝在绞合线中所绞合的方向一致(所谓的顺捻钢

索)，则可以获得很高的断裂延伸率。这时采用相对小的绞距。

在本发明中，如果一些或者优选全部钢丝有第一和第二波纹，那么可以采用较大的绞距，而不会使断裂拉伸减小，因此该钢索能够以更高的效率生产。

根据本发明，还可以将已有的较小绞距与全部钢丝都有第一和第二波纹相结合。这样可以获得更高的断裂延伸率。此时必然会造成的拉伸强度和断裂负载的损失可以通过采用附加的中心绞合线来补偿。这一中心绞合线的钢丝也可以有第一和第二波纹。

第五种用途是一种多股绞合线的钢索，例如用作传送带的增强件，其中该绞合线作为整体具有第一波纹和第二波纹，以便使橡胶在绞合线之间渗透。

根据本发明的另一方面，还提供了一种使钢丝产生立体波纹形式的方法。该方法包括以下步骤：

- a) 使所述钢丝产生第一波纹，所述第一波纹在第一平面上；
- b) 使所述钢丝产生第二波纹，所述第二波纹在与所述第一平面基本不同的第二平面上。

附图的简要说明

下面将参考附图并对本发明作更详细的说明，其中：

图 1 所示为如何在钢丝上产生第一和第二波纹的示意图

图 2 所示为钢丝上的第一波纹；

图 3 所示为钢丝上的第二波纹；

图 4 所示为 1x4 的钢索的横截面视图，其中两根钢丝有第一和第二波纹；

图 5 所示为 1x5 的钢索的横截面视图，其中全部 5 根钢丝都有第一和第二波纹；

图 6 所示为 1+6 的钢索的横截面视图，其中中心钢丝有第一和第二波纹；

图 7 所示为 12x1 的紧凑型钢索的横截面视图，其中中间的 3 根钢丝有第一和第二波纹；

图 8 所示为 4x2 的多股绞合线钢索的横截面视图, 其中全部钢丝都有第一和第二波纹;

图 9 所示为本发明的 5x0.38 的钢索的负载-延伸率曲线图。

本发明优选实施例的说明

图 1 所示为如何在钢丝 10 上产生第一和第二波纹。

钢丝 10 向下游朝着第一对齿轮 12 运动。齿轮 12 的旋转轴线与 y 轴平行, 该第一波纹是在平面 xz 上的平面波纹。

该有波纹的钢丝 10 再朝着第二对齿轮 14 运动。齿轮 14 的旋转轴线与 x 轴平行, 由齿轮 14 产生的第二波纹是在平面 yz 上的平面波纹。

显然, 钢丝 10 上产生的波纹不再是平面的, 而是立体的。

第一对齿轮 12 和第二对齿轮 14 都不需要由外部装置驱动。它们都是由经过的钢丝 10 驱动旋转的。

重要的是, 第二对齿轮 14 尽可能的靠近第一对齿轮 12, 以便防止第一波纹在第二波纹的影响下由 xz 平面向 yz 平面倾斜或者旋转。通常, 为了控制钢丝上产生的两个波纹, 折弯时间即产生两个波纹所需要的时间必须尽可能的少。可以是这样, 使第一波纹有较小的幅值, 只在后面的波纹产生较大的幅值。

通常, 扭转的时间即旋转钢丝所需要的时间应当尽可能的长, 因为在两次形成波纹的操作过程之间必须防止钢丝旋转。一种使扭转时间尽可能长的方法就是前述的使两对产生波纹的齿轮之间的距离最小。

在其它平面或者同一平面上可以有第三对和更多对的齿轮。这时, 通过一系列波纹操作所获得的立体结构可以有更大程度的优化和改变。

图 2 所示为 xz 平面上的第一波纹, 图 3 所示为 yz 平面上的第二波纹。

第一波纹有第一波纹幅值 A_1 , 该幅值 A_1 是从顶部到顶部测量的, 包括了钢丝直径 d 。该第一波纹有第一波纹波距 P_{c1} , 该波距 P_{c1} 等于两个第一波纹最低处之间的距离。

第二波纹有第二波纹幅值 A_2 ，该幅值 A_2 是从顶部到顶部测量的，包括了钢丝直径 d 。该第二波纹有第二波纹波距 P_{c2} ，该波距 P_{c2} 等于两个第二波纹最低处之间的距离。

图 2 中，位置 16 处以平行于钢丝 10 轴线的阴影线表示，第二波纹在此处达到其最大值，位置 18 处以垂直的阴影线表示，第二波纹在此处达到其最小值。

图 3 中，位置 20 处以平行于钢丝 10 轴线的阴影线表示，第一波纹在此处达到其最大值，位置 22 处以垂直的阴影线表示，第一波纹在此处达到其最小值。第一波纹幅值 A_1 和第二波纹幅值 A_2 都可以彼此独立变化。因此 A_1 可以等于 A_2 ，也可以不等于 A_2 。两个幅值都可以在最小值和最大值之间变化，该最小值稍微大于钢丝的直径（例如 $1.05xd$ ，这意味着几乎没有波纹），该最大值大约是 4 到 5 倍钢丝直径（ $4\sim 5xd$ ）。该最大值是由结构的稳定性确定的。

第一波纹波距 P_{c1} 和第二波纹波距 P_{c2} 都可以彼此独立变化。因此， P_{c1} 可以等于 P_{c2} ，也可以不等于 P_{c2} 。 P_{c1} 与 P_{c2} 的差值越大，越容易防止第一波纹倾斜。两个波距值都可以在最小值和最大值之间变化，该最小值大约是钢丝直径 d 的 5 倍（ $5xd$ ），该最大值大约是钢丝直径的 50 倍（ $50xd$ ）。优选是，在绞合结构中，波纹波距的至少一个小于钢丝的绞距，优选是两个都小于钢丝的绞距。

考虑到上述参数可以很自由的选择，即彼此是独立的，因此可以获得多种波纹形式。

第一实例是选择 A_1 等于 A_2 ， P_1 等于 P_2 ，并使第二波纹相对于第一波纹偏移四分之一波距，因此不需要驱动旋转预成形销即可以获得立体的螺旋形，至少是近似的螺旋形。

第二实例是旋转 A_1 大于 A_2 ，则可获得椭圆形的横截面。

有第一和第二波纹的钢丝 10 也可以作为单个钢丝使用，例如增强橡胶轮胎的护胎带线网层。

有第一和第二波纹的钢丝 10 也可以用于更复杂的钢结构，紧靠其它增强元件。这一更复杂的钢结构可以是未绞合的结构，也可以是绞

合的结构，在绞合的结构中，两根或者更多的钢丝彼此绞合在一起。

优选是，绞合结构可以以两种完全不同的方式制成。

第一种方式，有时也称为“捆绑”（cabling），是通过旋转管形捻合机实现的。根据该方法，单独的钢丝并不绕其自身的轴线旋转。借助显微镜，该钢丝可以由无旋转拉拔线材产生（由于最后在相当柔软的黄铜层中进行的冷拉拔步骤，该拉拔线材必然有缺陷；这些拉拔步骤优选是紧接在绞合步骤之前）。

第二种方式，有时也称为“聚束”（bunching），是通过倍捻加捻机实现的。根据该方法，单独的钢丝绕其自身的轴线旋转。钢丝可以由旋转拉拔线材产生。

这两种方法都是现有技术中公知的。

本发明人提出了如下方法，以检测钢丝上是否有本发明的第一波纹和第二波纹。

如果该结构是“捆绑”的，那么钢丝能简单地从钢结构中脱出。如果可能，通过显微镜可以发现脱开的钢丝上

- a) 两个波纹在不同的平面上，例如通过旋转钢丝；或者
- b) 两个波纹的波距不同；或者
- c) 两个波纹的幅值不同；或者
- d) a)、b)或者c)的任意组合，

那么该钢丝有本发明的第一波纹和第二波纹。

如果该结构是“聚束”的，那么该结构必须解开到这样的程度，不会再施加任何扭转，也没有残余的扭转。这样解开后，可以依照“捆绑”结构的处理方法继续处理。

当然，也可以采用其它的检测方法。

例如：专利 WO-A-95/16816 所披露的用 KEYENCELS 激光对钢丝扫描并进行 Fourier 分析。在“聚束”的情况下，该聚束频率能够被滤掉，两个波纹的频率和它们的更高的谐波则被保留。

图 4 至图 8 所示为绞合的钢结构的横截面，该钢结构包括一根或者多根有第一波纹和第二波纹的钢丝。有第一和第二波纹的钢丝都以

标号 10 表示，它们的横截面以交叉的剖面线表示，而如果有其它钢丝，那么它们的横截面则以单向的斜剖面线表示。

图 4 所示为 4x0.28 的钢索 24 的横截面。两根钢丝 10 有第一和第二波纹，这样，即使钢索 24 处在某一拉伸负载的情况下，橡胶也能够渗透到钢索 24 中。两根钢丝 26 没有这些波纹。

有波纹的钢丝的数量取决于钢索中钢丝的总数，该波纹是为了增强橡胶的渗透作用。钢丝的总数越多，有波纹的钢丝的数量也越多。

有波纹的钢丝的数量取决于波纹的幅值和波距，该波纹是为了增强橡胶的渗透作用。通常，幅值越大，波距越小，则能够渗透进越多的橡胶，有波纹的钢丝的数量也越少。

图 5 所示为 5x0.38 的钢索 28 的横截面，其中全部 5 根钢丝 10 都有两个波纹，以便获得高的断裂延伸率（结果见下面的表 5）。

图 6 所示为 1+6 的钢索 30 的横截面，其中单根的中心钢丝 10 有第一和第二波纹。环绕中心钢丝 10 的一层钢丝 26 没有那些波纹。中心钢丝上第一波纹的幅值大于第二波纹的幅值，因此钢索有椭圆形的横截面。当不希望该椭圆形状沿钢索的长度方向旋转时，在最终的绞合钢索中该中心钢丝也不能旋转。如果采用捆绑的方法，这样是没有问题的。如果是采用聚束的方法，可以采用 EP-A1-0676500 所披露的方法补偿中心钢丝绕其轴线的旋转。

在一种可选实施例中，中心钢丝有第一和第二波纹，外层的 6 根钢丝成 WO-A-95/16816 中披露的多边形形状。

在另一可选实施例中，中心钢丝和外层的 6 根钢丝都有第一和第二波纹。

图 7 所示为 12x0.20 的紧凑型钢索的横截面，其中 3 根中心钢丝 10 有第一和第二波纹。9 根外面的钢丝 26 没有这些波纹。根据波纹的幅值和波纹的波距，中心钢丝 10 的波纹形状可以使橡胶产生所必须的向紧凑型钢索的渗透，而不需要使中心钢丝比外部的钢丝更厚。如果橡胶的渗透还不能令人满意，或者需要更大的波纹幅值才能获得令人满意的橡胶渗透，那么外部的 9 根钢丝 26 也可以有第一和第二波纹。

图 8 所示为 $4 \times 2 \times 0.35$ 的拉伸钢索 34 的横截面, 其中全部钢丝 10 都有本发明的第一和第二波纹。在 2×0.35 绞合线中, 0.35 的钢丝的绞距可以从 3.5mm 增加到 6.0mm , 在 $4 \times 2 \times 0.35$ 钢索中, 4 根 2×0.35 的绞合线相互绞合的节距可以从 9mm 增加到 16mm , 且并不会降低断裂延伸率。

例 1

有第一波纹和第二波纹的第一钢丝直径为 0.28 , 该第一波纹的第一波纹幅值 $A_1 = 0.50\text{mm}$, 第一波纹波距 $P_{c1} = 5.0\text{mm}$, 该第二波纹的第二波纹幅值 $A_2 = 0.50\text{mm}$, 第二波纹波距 $P_{c2} = 3.0\text{mm}$ 。

有第一波纹和第二波纹的第二钢丝直径为 0.28 , 该第一波纹的第一波纹幅值 $A_1 = 0.75\text{mm}$, 第一波纹波距 $P_{c1} = 5.0\text{mm}$, 该第二波纹的第二波纹幅值 $A_2 = 0.50\text{mm}$, 第二波纹波距 $P_{c2} = 3.0\text{mm}$ 。

上述参数 A_1 、 A_2 、 P_{c1} 和 P_{c2} 是由形成波纹的齿轮调节的全部参数。可以由下文看出, 在钢丝上测量到的实际参数会偏离调节时所定的参数, 例如这是由于第二波纹影响了第一波纹的参数。在以后将钢丝绞合成钢索时也会影响波纹的幅值和波纹的波距。后面的操作通常减小了波纹的幅值和增加了波纹的波距。

这两种钢丝与作为参照物的没有波纹的 0.28mm 直径钢丝进行了比较。

表 1: 0.28mm 钢丝

	参照物钢丝	第一钢丝	第二钢丝
断裂负载 F_u (N)	157	145	145
断裂延伸率 (%)	1.5	4.1	6.0
钢丝上测量的 A_1 (mm)	0.280	0.455	0.796
钢丝上测量的 P_{c1} (mm)	0.000	5.319	5.265
钢丝上测量的 A_2 (mm)	0.280	0.420	0.467
钢丝上测量的 P_{c2} (mm)	0.000	3.126	3.119

第一钢丝和第二钢丝都是用于四个 4×0.28 钢索的本发明实施例, 其绞距 $P = 16.0\text{mm}$ 。

实施例 no. 1 包括 1 根有波纹的第一钢丝和 3 根没有波纹的钢丝。

实施例 no. 2 包括 2 根有波纹的第一钢丝和 2 根没有波纹的钢丝。

实施例 no. 3 包括 1 根有波纹的第二钢丝和 3 根没有波纹的钢丝。

实施例 no. 4 包括 2 根有波纹的第二钢丝和 2 根没有波纹的钢丝。

这四个实施例与作为参照物的 4x0.28 的开式钢索进行对比, 该开式钢索的绞距是 16.0mm。

表 2: 4x0.28 钢索

实施例 no.	1	2	3	4	参照物
断裂负载 F_b (N)	616	585	597	548	660
拉伸强度 R_m (MPa)	2526	2397	2444	2239	2657
弹性模量 (Mpa)	178586	162527	167564	144043	
最大负载延伸率参数 (%)	1.12	0.88	0.93	0.72	
断裂时总延伸率 (%)	2.5	2.4	2.4	2.3	
0.2%延伸率时的屈服强度 (Mpa)	2074	1976	2074	1902	
50N 时钢索的部分负载延伸率 (PLE) (%)	0.133	0.174	0.177	0.223	0.400
50N 时有波纹的钢索的部分负载延伸率 (PLE) (%)	0.840	0.874	1.179	1.210	
50N 时无波纹的钢索的部分负载延伸率 (PLE) (%)	0.590	0.584	0.602	0.548	
橡胶的渗透					
-%压力降	0	0	0	0	0-20
-钢索内的表面比例 (%)	55	56	50	58	

“50N 时钢元件 (钢索或者钢丝) 的部分负载延伸率或者 PLE” 是指钢元件承受 50 牛顿力而导致其长度的增加 - 是以钢元件在预拉紧的条件下 (例如 2.5 牛顿) 所测量的原长的百分数来表示的。

橡胶的渗透是以两种方法测量的。

第一种方法是方便的, 也是公知的压力降实验。

第二种方法是测定所谓的表面比例，即以下面的方法在中心钢丝上测量。绞合的钢索在与生产条件类似的情况下埋入橡胶内。然后将各钢丝散开，表面比例是特定钢丝上覆盖有橡胶的表面面积与该钢丝的总表面积的相比较，根据这样测量的表面比例，该结果数很大程度上取决于所用的橡胶类型。

例 2

有第一波纹和第二波纹的第一高拉伸（high-tensile）钢丝直径为 0.38，该第一波纹的第一波纹幅值 $A_1 = 1.0\text{mm}$ ，第一波纹波距 $P_{c1} = 5.2\text{mm}$ ，该第二波纹的第二波纹幅值 $A_2 = 0.75\text{mm}$ ，第二波纹波距 $P_{c2} = 3.2\text{mm}$ 。

有第一波纹和第二波纹的第二高拉伸钢丝直径为 0.38，该第一波纹的第一波纹幅值 $A_1 = 1.0\text{mm}$ ，第一波纹波距 $P_{c1} = 5.2\text{mm}$ ，该第二波纹的第二波纹幅值 $A_2 = 0.50\text{mm}$ ，第二波纹波距 $P_{c2} = 3.2\text{mm}$ 。

有第一波纹和第二波纹的第三高拉伸钢丝直径为 0.38，该第一波纹的第一波纹幅值 $A_1 = 0.75\text{mm}$ ，第一波纹波距 $P_{c1} = 5.2\text{mm}$ ，该第二波纹的第二波纹幅值 $A_2 = 0.75\text{mm}$ ，第二波纹波距 $P_{c2} = 3.2\text{mm}$ 。

上述参数 A_1 、 A_2 、 P_{c1} 和 P_{c2} 是由形成波纹的齿轮调节的全部参数。可以由下面的表 3 看出，在钢丝上测量到的实际参数会偏离调节时所定的参数，例如这是由于第二波纹影响了第一波纹的参数。在以后将钢丝绞合成钢索时也会影响波纹的幅值和波纹的波距。

表 3: 0.38mm 钢丝

	参照物 钢丝	第一 钢丝	第二 钢丝	第三 钢丝
断裂负载 F_b (N)	312	267	279	271
断裂延伸率 (%)	1.5	10.11	6.54	7.10
弹性模量 (MPa)	200000	44830	54777	80028
钢丝上测量的 A_1 (mm)	0.38	0.846	0.918	0.634
钢丝上测量的 P_{c1} (mm)	0	5.143	5.170	5.198
钢丝上测量的 A_2 (mm)	0.38	0.684	0.497	0.621
钢丝上测量的 P_{c2} (mm)	0	3.150	3.141	3.047

对于上述三种高拉伸的钢丝，根据表 4 制成了 9 种绞距为 14.0 的本发明的 5x0.38 钢索，其中全部钢丝都有第一和第二波纹。

表 4: 钢索的钢丝组分

钢索 no.	本发明的钢索 no.		
	没有附加的预成形	大量的附加预成形	部分附加的预成形
1	1	4	7
2	2	5	8
3	3	6	9

下面的表 5 是这 9 种本发明钢索的实验结果与参照物的对比，该参照物是绞距为 12.0mm 的 5x0.38 的高拉伸开式钢索。

表 5: 5 × 0.38 钢索

	参考钢索	本发明钢索								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
线性密度 (g/m)		4.543	4.498	4.493	4.484	4.471	4.467	4.495	4.462	4.482
最大直径 (mm)		1.495	1.239	1.236	1.412	1.402	1.296	1.334	1.277	1.310
50N 时钢索的部分负载延伸率 (%)		0.261	0.204	0.153	0.378	0.341	0.337	0.260	0.228	0.269
50N 时钢丝的部分负载延伸率 (%)		1.568	1.289	1.194	1.484	1.363	1.327	1.418	1.186	1.331
断裂负载 F_b (N)	1540	1308	1373	1331	1309	1408	1316	1305	1396	1347
拉伸强度 R_m (MPa)	2686	2262	2400	2329	2295	2475	2316	2281	2459	2362
弹性模量 (MPa)	193000	70773	98615	107267	105908	135309	138711	99710	155702	122695
最大负载时的永久延伸率 (%)	1.7	3.95	1.83	2.89	2.52	1.58	1.78	2.74	1.29	2.32
断裂时的延伸率 (%)	3.8	7.38	4.43	5.15	5.11	3.70	3.73	5.45	3.04	4.95
0.2%永久伸长时的屈服强度 (MPa)	93	48	66	59	60	73	69	56	78	62
橡胶的渗透 (压力降%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埋入橡胶中的断裂负载 F_{br} (N)	1667	1399	1508	1461	1376	1467	1356	1381	1506	1446
埋入橡胶中的断裂总延伸率 (%)	2.09	6.39	3.33	4.3	3.21	1.93	1.98	3.8	1.95	3.59
压缩模量 (MPa)	19000	26326	35590	65471	54423	65707	71853	54389	75526	64140
非稳态变形 w_k (%)	4.23	1.60	1.45	0.79	1.21	1.01	0.87	1.11	0.72	0.94

下面对通过压缩实验得出的值进行说明。由于钢索具有大的长度-直径比,因此没有抗压缩阻力。不过,一旦埋入橡胶中,钢索就产生了相当大的抗压缩阻力。因此提出了一种柱体实验,该实验提供了埋入橡胶内的钢索的压缩特性值。对于一个直径为 30mm,高度为 48.25mm 的橡胶柱,其正中心用测试的钢索增强。通过精确的铸模和在固化处理(Curing)过程中拉紧钢索,使得该钢索笔直和正好在柱体的轴线上。压缩实验记录了力与变形的关系曲线。 w_k 是在不稳定状态下或者弯曲时的变形。关于压缩实验的更详细的说明可以参阅 L. BOURGOIS 的“钢索机械特性的测定及其相关实验方法”, Special Technical Publication 694, ASTM, 1980。当 w_k 超过 3% 时,认为保护线网层的钢索有很好的压缩特性。

表 5 中所提到的 E-modulus 或者说弹性模量的值是平均值。当进行拉伸实验和记录负载-延伸率曲线时,可以观察到两个不同的弹性模量值。这两个不同的弹性模量值是由于两个波纹有不同的波纹波距。在拉伸实验中,有较小波纹波距的波纹影响在较小负载时的延伸率,而有较大波纹波距的波纹只在有较大负载时影响延伸率。正如图 9 所示,该图中给出的是前述表 5 中 no. 1 的本发明钢索的负载-延伸率曲线图。由点划线可以看出两个明显不同的弹性模量。

例 3

多根 0.22mm 的钢丝有第一和第二波纹。下面的表 6 将它们多个特性与作为参照物的 0.22mm 直钢丝进行了比较。

表 6: 0.22mm 钢丝

	第一钢丝		第二钢丝		第三钢丝	
	参照物	2x 波纹	参照物	2x 波纹	参照物	2x 波纹
断裂负载 (N)	117	103	118	103	117	101
拉伸强度 (Mpa)	3080	2711	3115	2705	3067	2669
0.05%延伸率时的 屈服强度 R_p (Mpa)	2617	2053	2525	2022	2539	1985
0.1%延伸率时的 R_p (Mpa)	2839	2202	2851	2133	2798	2109
0.2%延伸率时的 R_p (Mpa)	3005	2350	3029	2275	2975	2259
最大负载时的延伸 率 (%)	0.38	0.95	0.45	0.96	0.45	0.94
断裂时的总延伸率 (%)	1.88	3.48	1.9	4.3	1.91	3.84
A_1 (mm)	0	0.47	0	0.49	0	0.47
P_{c1} (mm)		5.20		5.16		5.31
A_2 (mm)	0	0.34	0	0.40	0	0.39
P_{c2} (mm)		3.04		3.04		3.12

例 4

一根 12x0.38 的紧凑型钢索由 12 根全部有两个波纹的钢丝制成。该钢索作为织物结构中的纬线元件，以便增强传送带。4 个 12x0.38 的紧凑型钢索 (CC) 的实施例与普通 4x7x0.25 的高拉伸 (HE) 钢索进行比较。4 个 12x0.38 的紧凑型钢索之间的区别如下：

- no. 1: 低缠绕应力，低聚束器转速；
- no. 2: 高缠绕应力，低聚束器转速；
- no. 3: 低缠绕应力，高聚束器转速；

no. 1: 高缠绕应力, 高聚束器转速;

表 7: 12x0.38 的紧凑型钢索

	12x0.38-本发明				4x7x0.25
	1	2	3	4	
敷设长度 (mm)	18S	18S	18S	18S	5/10SS
橡胶渗透压力降 (%)	0	0	0	0	100
光学直径					
$D_{\min}$	2.105	1.940	1.888	1.910	1.879
$D_{\max}$	2.439	2.285	2.334	2.399	2.131
线性密度 (g/m)	11.184	11.154	11.14	11.181	11.77
横截面表面积 (mm ²)	1.42	1.42	1.42	1.41	1.50
未埋入橡胶内的钢索的拉伸实验					
断裂负载 (N)	2856.7	2787.7	2840.7	2727.3	3149.7
拉伸强度 (Mpa)	2008	1965	2004	1928	2103
弹性模量 (Mpa)	44371	46998	49113	48907	101858
0.01%延伸率时的屈服强度 (Mpa)	630	708	661	688	1156
0.2%延伸率时的屈服强度 (%)	47	52	50	54	78
最大负载时的延伸率 (%)	3.35	2.94	3.29	2.79	2.45
断裂时的总延伸率 (%)	7.88	7.12	7.38	6.73	4.66
埋入橡胶内的钢索的拉伸实验					
断裂负载 (N)	3023.47	2750.4	2905.07	2747.73	3345.07
拉伸强度 (Mpa)	2122	1936	2047	1940	2231
弹性模量 (Mpa)	65373	70380	71446	71508	117420
0.2%延伸率时的屈服强度 (Mpa)	1153	1183	1200	1219	2044
0.2%延伸率时的屈服强度 (%)	54	61	59	63	92
最大负载时的延伸率 (%)	3.46	2.49	2.93	2.32	0.94
断裂时的总延伸率 (%)	6.71	5.24	5.8	5.05	2.91

例 5

4x0.30 钢索和 5x0.30 钢索由全部有两个波纹的 0.30mm 钢丝制成。第一波纹的幅值在齿轮上调节为 0.70mm，第一波纹的波距在齿轮上调节为 5.2mm，第二波纹的幅值在齿轮上调节为 0.55mm，第二波纹波距在齿轮上调节为 3.2mm。下面的表 8 总结了测得的特性。

表 8: 4x0.30 和 5x0.30

	4x0.30 本发明	5x0.30 本发明
钢索敷设长度 (mm)	12.5	12.5
线性密度 (g/m)	2.255	2.824
横截面表面积 (mm ²)	0.29	0.36
断裂负载 (N)	787	972.3
拉伸强度 (Mpa)	2743	2706
弹性模量 (Mpa)	115013	113222
0.01%延伸率时的屈服强度 (Mpa)	1099	1091
0.2%延伸率时的屈服强度 (Mpa)	1683	1707
0.2%延伸率时的屈服强度 (%)	61	63
最大负载时的延伸率 (%)	2.07	1.98
断裂时的总延伸率 (%)	4.46	4.37

除了上述特征和特性，本发明的钢索还有如下特点，使得该钢索能够作为弹性体、例如橡胶的增强件：

- 钢丝的直径在 0.04mm 至 1.1mm 之间，特别是从 0.15mm 到 0.60mm，例如，从 0.20mm 到 0.45mm；

- 钢的成分中，通常包括最少为 0.60% 的含碳量（例如至少 0.80%，最大为 1.1%）、从 0.20% 到 0.90% 的含锰量和从 0.10% 到 0.90% 的含硅量；硫和磷的含量优选低于 0.03%；其它元素如铬（0.2% 到 0.4%）、硼、钴、镍、矾等也可以添加进来；

-优选是钢丝覆盖有防腐蚀涂层，例如锌，或者有增强对橡胶的粘附性的涂层，例如黄铜或者三元黄铜，如铜-锌-镍合金（64%/35.5%/0.5%）和铜-锌-钴合金（64%/35.7%/0.3%），或者无铜（copper-free）的粘附层，例如锌-钴或者锌-镍。

本发明适于所有通用的和最终拉伸强度从 2150Mpa 到大约 3000Mpa 甚至更高的钢索。

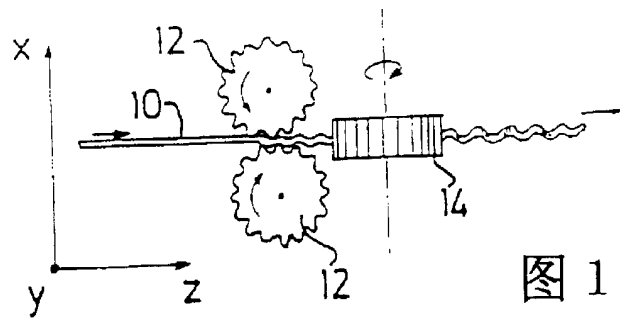


图 1

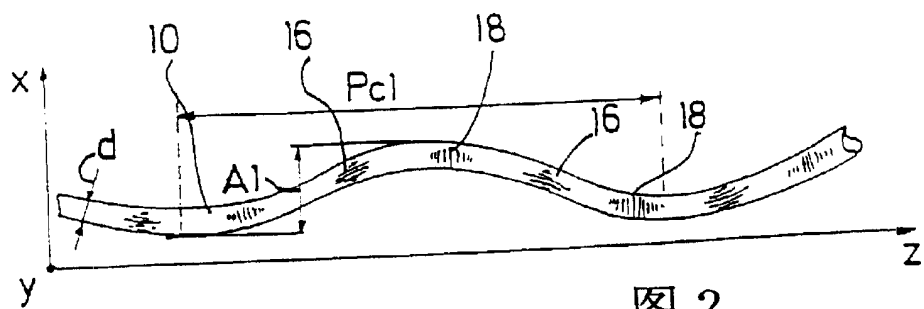


图 2

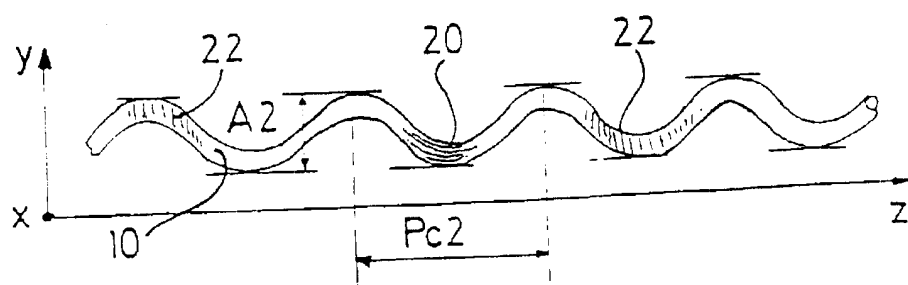


图 3

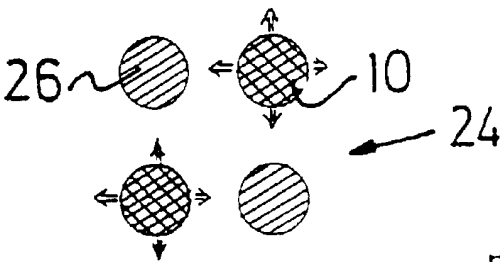


图 4

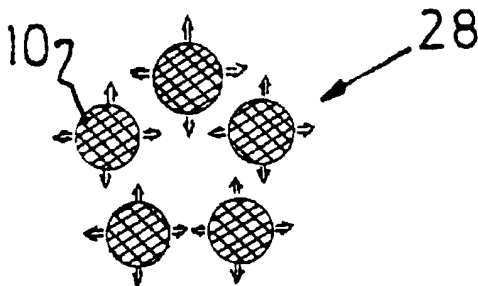


图 5

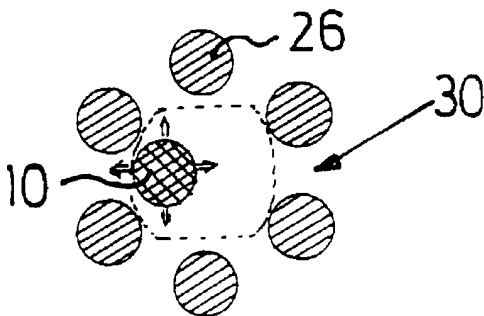


图 6

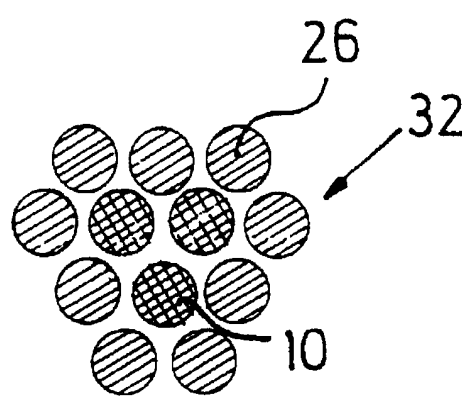


图 7

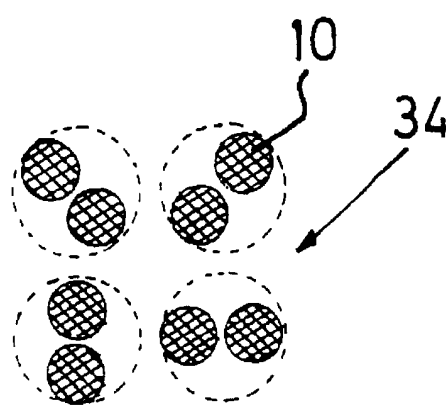


图 8

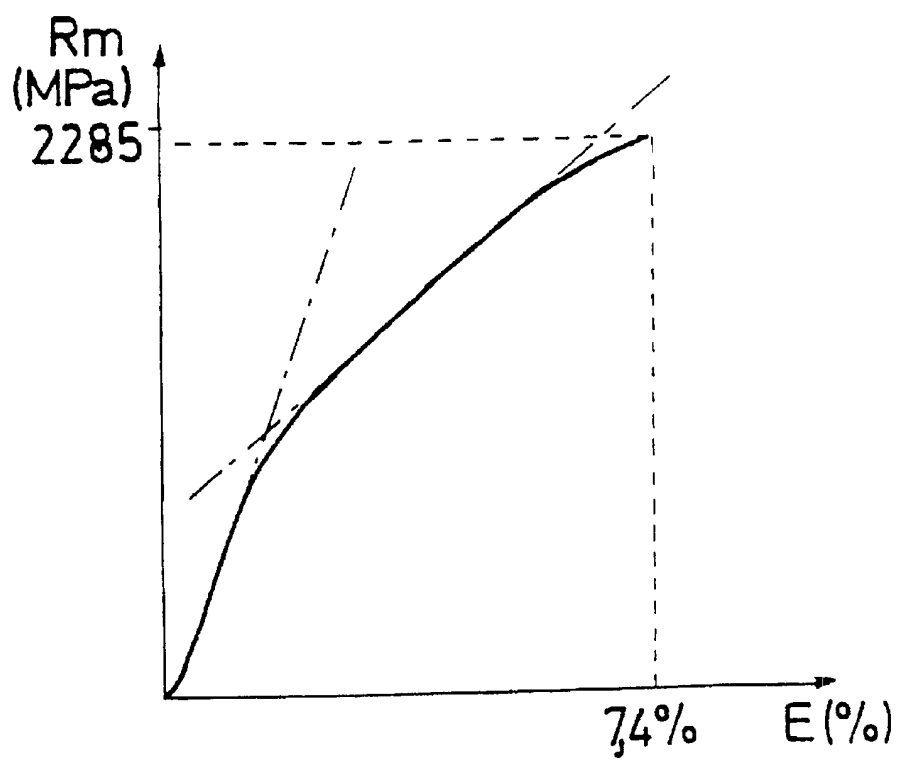


图 9