

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
D04B 1/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00817912.3

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1238581C

[22] 申请日 2000.12.27 [21] 申请号 00817912.3

[30] 优先权

[32] 1999.12.30 [33] FR [31] 99/16842

[86] 国际申请 PCT/EP2000/013290 2000.12.27

[87] 国际公布 WO2001/049926 法 2001.7.12

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.28

[71] 专利权人 米其林技术公司

地址 法国克莱蒙-费朗

共同专利权人 米其林研究和技术股份有限公司

[72] 发明人 F-J·科多尼耶 A·多明戈

H·巴尔盖 L·T·A·武

审查员 朱正强

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 程伟

权利要求书 3 页 说明书 27 页 附图 2 页

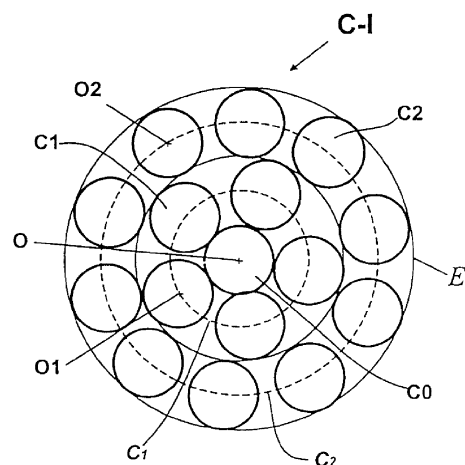
[54] 发明名称

用于轮胎胎体的多层钢缆

[57] 摘要

一种具有不饱和外层的多层缆线，用作轮胎胎体加强件的加强元件，具有直径为 d_0 的一芯线 (C0)，该芯线被一中间层 (C1) 围绕，该中间层是螺距为 P_1 的螺旋线形式绕在一起的直径为 d_1 的 4 或 5 根线材 ($M=4$ 或 5)，该层 (C1) 本身又被一外层 (C2) 围绕，该外层 (C2) 是螺距为 P_2 的螺旋线形式绕在一起的直径为 d_2 的 N 根线材， N 比围绕该层 C1 能够绕一层的线材最大数目 $N_{\max}$ 小 1 至 3，该钢缆具有下述特性 (d_0 、 d_1 、 d_2 、 p_1 和 p_2 以 mm 单位)：(i) $0.08 < d_0 < 0.28$ ；(ii) $0.15 < d_1 < 0.28$ ；(iii) $0.12 < d_2 < 0.25$ ；(iv) 对于 $M=4$ ： $0.40 < (d_0/d_1) < 0.80$ 对于 $M=5$ ： $0.70 < (d_0/d_1) < 1.10$ (v) $4.8\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 5.6\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$ (vi) 层 C1 和 C2 的钢丝在相同方向缠绕。本发明进一步涉及用这种多层缆线加强的塑性材料和/或橡胶制造的制

品或半成品，特别是用于工业车辆的轮胎，更特别用于重载车辆轮胎及其胎体加强帘布层。



1. 一种具有不饱和外层的多层缆线，用作轮胎胎体加强件的加强元件，包括直径为 d_0 的一芯线 (C0)，该芯线被一中间层 (C1) 围绕，该中间层是以螺距为 P_1 的螺旋线形式绕在一起的直径为 d_1 的 4 或 5 根线材 ($M=4$ 或 5)，该层 (C1) 又被一外层 (C2) 围绕，该外层 (C2) 是以螺距为 P_2 的螺旋线形式绕在一起的直径为 d_2 的 N 根线材， N 比围绕该层 C1 能够绕一层的线材的最大数目 $N_{\max}$ 小 1 至 3，该缆线具有下述特性 (d_0 、 d_1 、 d_2 、 p_1 和 p_2 以 mm 单位)：

- (i) $0.08 < d_0 < 0.28$;
- (ii) $0.15 < d_1 < 0.28$;
- (iii) $0.12 < d_2 < 0.25$;
- (iv) 对于 $M=4$: $0.40 < (d_0/d_1) < 0.80$
对于 $M=5$: $0.70 < (d_0/d_1) < 1.10$
- (v) $4.8\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 5.6\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$
- (vi) 层 C1 和 C2 的钢丝在相同缠绕方向缠绕。

2. 根据权利要求 1 的缆线，其特征在于，具有 $(1+M+N)$ 结构，其芯线由单根线材构成。

3. 根据权利要求 2 的缆线，其特征在于，其缆线的结构选自 $(1+4+8)$ 、 $(1+4+9)$ 、 $(1+4+10)$ 、 $(1+5+9)$ 、 $(1+5+10)$ 和 $(1+5+11)$ 。

4. 根据权利要求 2 或 3 的缆线，其特征在于，结构是 $(1+5+N)$ 。

5. 根据权利要求 4 的缆线，其特征在于，结构是 $(1+5+10)$ 或 $(1+5+11)$ 。

6. 根据权利要求 1 的缆线，其特征在于，该螺距 p_1 和 p_2 在 5 至 15mm 范围内。

7. 根据权利要求 1 的缆线，其特征在于，满足下述关系：

$$0.15 < d_2 < 0.25。$$

8.根据权利要求 7 的缆线，其特征在于，满足下述关系：

- $0.14 < d_0 < 0.25;$
- $d_2 > 0.17;$
- $d_1 \leq 0.26;$

9.根据权利要求 1 的缆线，其特征在于，它是一种钢质缆线。

10.根据权利要求 9 的缆线，其特征在于，该钢是碳钢。

11.根据权利要求 1 的缆线，其特征在于，满足下述关系：

$$5.0\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 5.0\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)。$$

12.根据权利要求 11 的缆线，其特征在于，满足下述关系：

$$5.3\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 4.7\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)。$$

13.根据权利要求 1 的缆线，其特征在于，该比率 (d_1/d_2) 在 1.05 和 1.30 之间。

14.根据权利要求 13 的缆线，其特征在于，该比率 (d_1/d_2) 在 1.10 和 1.20 之间。

15.根据权利要求 1 至 14 中任一项的缆线，用作塑性材料的和/或橡胶的制品或半成品的加强元件。

16.根据权利要求 1 至 14 中任一项的缆线，用作工业车辆轮胎胎体加强件的加强元件，该车辆选自货车、重载车辆、农业机械或工程机械、飞机以及其他运输或搬运车辆。

17.一种重载车辆轮胎，其特征在于，其胎体加强件包括权利要求 1 至 14 中任一项的缆线。

18.一种用于重载车辆轮胎胎体加强件的组合织物，其特征在于，包括用权利要求 1 至 14 中任一项的缆线加强的橡胶组分基质。

19.根据权利要求 18 的织物，其特征在于，其缆线密度在每分米织物上为 40 至 100 根之间。

20.根据权利要求 19 的织物，其特征在于，其缆线密度在每分米织物上为 50 至 80 根之间。

21.根据权利要求 18 至 20 中任一项的织物，其特征在于，在两相邻的缆线之间该胶料桥宽度 λ 在 0.35 至 1mm 之间。

22.根据权利要求 21 的织物，其特征在于，该胶料桥宽度 λ 在 0.4 至 0.8mm 之间。

23.根据权利要求 18 的织物，其特征在于，该橡胶组分在硫化后的正割拉伸模量 M10 小于 8Mpa。

24.根据权利要求 23 的织物，其特征在于，该橡胶组分在硫化后的正割拉伸模量 M10 在 4 和 8Mpa 之间。

25. 根据权利要求 18 的织物，其特征在于，该橡胶是天然橡胶。

26.一种重载车辆轮胎，其特征在于，其胎体加强件包括作为加强帘布层的至少一种根据权利要求 18 至 25 中任一项的织物。

用于轮胎胎体的多层钢缆

技术领域

本发明涉及一种钢缆（“钢制帘线”），用于加强诸如轮胎的橡胶制品，特别涉及被称为“分层”钢缆，用于加强工业车辆轮胎的，例如“重型车辆”轮胎的胎体加强件。

背景技术

用于轮胎的钢丝通常用珠光碳钢（或亚铁珠光碳钢）的钢丝制造，以下称为“碳钢”，该碳钢的含碳量通常是在 0.2% 和 1.2% 之间，这种钢丝的直径通常在 0.10 和 0.40mm（毫米）之间。这种钢丝需要很高的拉伸强度，通常大于 2000MPa，最好大于 2500Mpa，该强度是由该钢丝加工硬化过程中产生的结构硬化得到的，然后这种钢丝被组合成钢缆或钢丝束，它要求所用的钢具有足够的延展性，以承受各种缆线绞合（cabling）操作。

为了加强重载轮胎的胎体加强件，现今更多地使用所谓的“分层”钢缆（“分层帘线”）或“多层”钢缆，由一中心芯体和绕该芯体布置的一个或多个同心钢丝层形成。首先因为有很高的紧密度，其次对微振磨损引起的磨损不敏感，这种有助于增大该钢丝之间接触长度的分层钢缆，称为老式“多股绞合”钢缆（“多股帘线”）。在分层钢缆中，特别在已知方式中，其区别在于紧密结构的钢缆和具有管形或圆筒形层的钢缆。

非常广泛地用于重载轮胎胎体中的分层钢缆是结构式为（L+M）或（L+M+N）的钢缆，后者通常用于最大的轮胎。这种以已知方式制造的钢缆用由至少一层 M 钢丝包裹的 L 钢丝芯线构成，该 M 钢丝本身由一外层 N 钢丝包裹，通常 L 从 1 到 4 变化，M 从 3 到 12 变化，N 从 8 到 20 变化；如果适合，该组件可以用外部包裹钢丝以螺旋线缠绕最后一层的方式缠绕。

这种可用于加强径向轮胎特别是重载车辆轮胎的胎体加强件的分层钢缆已在大量的公开文献中描述。具体参照下述文献：US-A-3,922,841，US-A-4,158,946，US-A-4,488,587、EP-A-0 168 858，

EP-A-0 176 139 或 US-A-4,651,513, EP-A-0 194 011, EP-A-0 260 556 或 US-A-4,756,151, EP-A-0362 570, EP-A-0 497 612 或 US-A-5285836, EP-A-0568271, EP-A-0648891, EP-A-0669421 或 US-A-5595057, EP-A-0675223, EP-A-0709236 或 US-A-5,836,145, EP-A-0719889 或 US-A-5,697,204 , EP-A-0744490 或 US-A-5,806,296 , 或 US-A-5,822,973, EP-A-0779390 或 US-A-5,802,829, EP-A-0834613, 或 US-A-6,102,095, WO98/41682, RD(研究公开)No.34054, 1992 年 8 月, 624-33 页, RD No.34370, 1992 年 11 月, 857-59 页。

为了实现其作为径向轮胎胎体加强件的功能, 分层钢缆首先必须全部具有好的柔韧性和在柔软状态下的抗疲劳度, 这意味着其钢丝相对小的直径, 名义上小于 0.28mm, 特别是小于用于轮胎胎冠加强件常规钢缆的钢丝直径。

这种分层钢缆进一步承受在轮胎运行时的主要应力, 特别是重复的弯曲或曲率变化, 这在该钢丝的平面产生摩擦, 特别是相邻层之间的接触, 及由此产生的磨损和疲劳; 它们必须对所谓的“疲劳 - 微振磨损”现象具有高耐力。

最后, 对于它们非常重要是尽可能渗透橡胶, 并且这材料渗透入构成该钢缆的钢丝之间的所有空间, 因为如果不能有效的渗入, 会沿该钢缆形成空的通道, 诸如水的腐蚀剂渗入该轮胎, 例如可导致切口, 沿着这些通道移动并进入该轮胎胎体。与在干燥空气中使用相比, 这种潮气的渗入在腐蚀和加速上述损坏 (所谓的“疲劳渗透”现象) 过程方面起重要作用。

通常被归入“疲劳 - 磨损 - 腐蚀”这一总的述语的所有这些疲劳现象是该钢缆机械特性逐步恶化的起源, 并在恶劣行驶状态下对其寿命有负面影响。

为了改善在重载车辆轮胎胎体中的分层钢缆的耐疲劳度, 其中在已知方式中该加强件的重复的弯曲应力可能是特别剧烈的, 长期以来试图改变该结构, 以便增加其, 特别是, 被橡胶渗入的能力, 并由此限制腐蚀和疲劳腐蚀的危险。

EP-A-0168858, EP-A-0176139, EP-A-0497612, EP-A-0669421,

EP-A-0709236, EP-A-0744490 和 EP-A-0779390 提出和描述了例如结构为 (3+9) 或 (3+9+15) 的分层钢缆, 他们由 3 根钢丝的芯和围绕该芯的 9 钢丝的第一层构成, 并切如果需要, 可以有 15 根钢丝的第二层。该芯线钢丝的直径与它层的钢丝相同或不相同。这些钢缆不能被渗透到该芯线, 由于在该三芯线钢丝中间存在通道或毛细管, 在用橡胶浸后它仍然是空的, 由此有利于腐蚀介质, 例如水的扩散。

公开的 RD No.34370 描述了例如紧密类型或具有同心管形层类型的 (1+6+12) 结构的钢缆, 它由一单根钢丝构成的芯线和围绕该芯线的 6 根钢丝的中间层和围绕该中间层的 12 根钢丝的外层所构成。橡胶渗透钢缆的能力可由各层之间甚至在同一层中使用不同直径的钢丝来改善。(1+6+12) 结构的钢缆的渗透性能由于适当选择该钢丝的直径而被改善, 特别是使用较大直径芯线钢丝, 这种钢缆已在例如 EP-A-0648891 和 WO98/41682 中描述。

相对于这种常规钢缆, 为了进一步改善在该钢缆中橡胶的渗入, 已提出或描述了多层钢缆, 该钢缆具有由至少两个同心层围绕的中心芯线, 特别是 (1+M+N) 结构的钢缆, (例如 (1+5+10)), 其外层是不饱和 (不完整) 的, 这样保证了橡胶的更好的渗透性能 (见, 例如, 前述专利申请 EP-A-0675223、EP-A-0719889、EP-A-074490 或 WO98/41682)。所提出的结构能够省略该包覆钢丝, 因为橡胶经该外层更好地渗入并形成自包覆; 然而, 经验显示用橡胶渗透不能达到中心, 并且无论如何是不充分的。

在任何情况下, 对橡胶渗透性能的改善不能有效地保证足够的性能水平。当它们用于加强轮胎胎体加强件时, 该钢缆不仅必须阻止腐蚀, 有些时候也需要满足许多矛盾的标准, 特别是韧性、抗磨损性能、橡胶高度粘性、均匀性、柔软性、在重复弯曲或拉伸下的耐久性、在相当柔软下的稳定性, 等等。

因此, 对于上述所有原因, 尽管近来对如此这般的给定指标采取了各种改进措施, 但现在用于重载车辆轮胎胎体加强件的最好的钢缆仍限于紧密型或具有圆筒形层类型的常规结构的分层少的分层钢缆, 具有饱和 (完整) 外层; 如前述的 (3+9)、(3+9+15) 或 (1+6+12)

结构钢缆。

发明内容

现在本申请人经研究发现一种具有未饱和外层的新颖分层钢缆，出人意料地进一步改进已知的用于重载车辆轮胎胎体加强件的最好的分层钢缆的整个性能。本发明的这种钢缆由于一种特殊结构，不仅具有被橡胶渗透的优良性能，限制了腐蚀的问题，而且其抗疲劳磨损性能与现有技术的钢缆相比明显地改善。

重载车辆轮胎及其胎体加强件的使用寿命因此大大地改善。

因此，本发明的一个方面是一种具有不饱和外层的多层钢缆，用作轮胎胎体加强件的加强元件，具有直径为 d_0 的一芯线 (C0)，该芯线被一中间层 (C1) 围绕，该中间层是螺旋地绕在一起直径为 d_1 的 4 或 5 根钢丝 ($M=4$ 或 5)，其螺距为 P_1 ，这个层 (C1) 本身被一外层 (C2) 围绕，该层是直径为 d_2 的 N 根钢丝螺旋地缠绕绕在一起，其螺距为 P_2 ， N 比围绕该层 (C1) 绕一层的最大钢丝数目 $N_{\max}$ 少 1 至 3，该钢缆的特征在于具有下述特性 (d_0 、 d_1 、 d_2 、 p_1 和 p_2)：

- (i) $0.08 < d_0 < 0.28$;
- (ii) $0.15 < d_1 < 0.28$;
- (iii) $0.12 < d_2 < 0.25$;
- (iv) 对于 $M=4$: $0.40 < (d_0/d_1) < 0.80$;
对于 $M=5$: $0.70 < (d_0/d_1) < 1.10$;
- (v) $4.8\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 5.6\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;
- (vi) 层 C1 和 C2 的钢丝在相同方向缠绕。

本发明还涉及将本发明的钢缆用于加强由塑性材料和/或橡胶制造的半成品或产品，例如，帘布层、管、带、传送带和轮胎，特别是用于通常使用金属胎体加强件的工业车辆轮胎。

本发明的钢缆特别适合用作工业车辆轮胎胎体加强件的加强元件，该车辆选自货车、“重载车辆”，即地铁、公共汽车、公路运输机械 (卡车、拖拉机、拖车)、越野车辆，农业机械或工程机械，飞机，以及其他运输或搬运车辆。

本发明还涉及用本发明的钢缆加强的塑性材料和/或橡胶制造的产品或半成品，特别是用于上述工业车辆的轮胎，更特别是重载车辆

轮胎，以及其胎体加强件帘布层。

附图说明

本发明及其优点借助于下面的实施例的实例和说明容易理解，图1至3分别涉及并示出这些实例：

- 根据本发明（1+5+10）结构的钢缆的剖面视图（图1）；
- 现有技术紧密结构的钢缆的剖面视图（图2）；
- 具有径向胎体加强件的重载车辆轮胎的径向剖视图（图3）。

具体实施方式

I. 测量与测试

I -1. 测力测量

就所涉及的金属丝或金属缆线而言，破坏载荷 F_m （以 N 为单位最大载荷）、拉伸强度 R_m （以 MPa 为单位）和在断裂时的伸长 A_t （以%表示的总延长）的测量根据 1984 年的 ISO 标准 6892 在拉伸下进行。就所涉及的橡胶组分而言，模量的测量根据 1988 年 9 月的标准 AFNOR-NFT-46002 在拉伸下进行：该标称的正割模数（或表观应力，以 MPa 为单位）在二次拉伸（即在一积累循环之后）伸长 10% 的条件下测量，称为 M_{10} （根据 1979 年 11 月的 AFNOR-NFT-40101 标准在通常温度和湿度条件下）。

I -2. 透气性试验

该透气性试验使其能够测量透气性相对指标“ Pa ”。它是间接测量橡胶组分渗透钢缆的渗透度的简单方法。它是通过从被其加强的硫化橡胶帘布层的剥离，在直接取出的钢缆上完成的，因而它被固化的橡胶渗透。

该试验在给定长度（例如 2cm）的钢缆上如下地进行：空气在给定的压力（例如 1 巴）下送入该钢缆入口，并在出口处用流量计测量空气的量，测量期间，该钢缆的样品在密封中锁定，使得只有沿其纵轴从一端到另一端经过该钢缆的空气量通过测量被计入。该所测到的流量越低，渗透到该钢缆中的橡胶量越高。

I -3. 带束层（belt）试验

该“带束层”试验是已知的疲劳试验，例如在上述提到的申请 EP-A-0 648 891 或 WO98/41682 中已有描述，该被测试的钢缆被结合

到已硫化的橡胶制品中。

其原理如下：该橡胶产品是用已知橡胶基混合物制造的无端带束层，类似于那些用在径向轮胎胎体中的带束层。每个钢缆的轴线设置在该带束层的纵向上，并且该钢缆由约 1mm 厚的橡胶与后者表面分开。当该带束层被布置成一回转的圆筒形时，该钢缆构成绕与该圆筒相同的轴线的螺旋线（例如螺距等于 2.5mm）。

这个带束层随后经受下述应力：该带束层绕过两个滚轮滚动，使该钢缆的每个基本部分都承受初始断裂载荷的 12% 的拉力，并经受通过从无限大的曲率半径到 40mm 曲率半径的曲率变化的循环，并超过 5 千万次循环。该试验在控制的大气环境中进行，与该带束层接触的空气其温度为 20°C 并且湿度保持在约 60% 相对湿度。每个带束层的应力的持续时间是三周这样一个量级。在这些应力的后期，用剥离方式从该带束层中取出该钢缆，并测量疲劳钢缆的钢丝的剩余断裂载荷。

此外，制造一个与前述带束层同样的带束层，并以前述的同样方法剥离，但这次不使钢缆经受疲劳试验。这样测量不疲劳钢丝的初始断裂载荷。

最后，通过将该剩余断裂载荷与该初始断裂载荷相比较，计算出疲劳后断裂载荷的降低（称为 ΔF_m ，以 % 计）。

这个降低 ΔF_m 是由于以已知的方式钢丝的疲劳和磨损所至，这疲劳和磨损是由多个机械应力以及来自潮湿空气的水分综合作用产生的，这些条件与加强件钢缆在轮胎胎体中经受的条件相类似。

I -4. 波动牵引试验

该“波动牵引”试验对本专业技术人员是已知的疲劳试验，其中被测试的材料是纯粹单轴向拉伸（拉伸-拉伸）疲劳，也就是说没有压应力。

其原理如下：一被测试的钢缆样品，由以拉伸机械的两个夹爪夹住其两端，施加以拉力或拉伸应力，其强度 σ 在平均值（ σ_{avg} ）上下循环和对称（ $\sigma_{avg} \pm \sigma_2$ ）变化，在一给定的载荷率“R”=（ $\sigma_{min}/\sigma_{max}$ ）下，该平均值在两个极限值 σ_{min} （ $\sigma_{avg} - \sigma_2$ ）和 σ_{max} （ $\sigma_{avg} + \sigma_2$ ）之间。因此

该平均值应力 σ_{avg} 通过关系式 $\sigma_{avg} = \sigma_2 (1+R) / (1-R)$ 与该载荷率 R 和幅值 σ_a 相联系。

实际上该测试如下地进行：选择应力 σ_a 的第一幅值（通常在该钢缆的阻力 R_m 的 $1/4$ 至 $1/3$ 的范围中），并开始最大数值为 10^5 循环（频率 30Hz）的该疲劳试验，该载荷率 R 设定为 0.1。根据所获得的结果，即在 10^5 循环后断裂或未断裂，一个新的幅值 σ_a （分别小于或大于前面的幅值）用于一个新的测试件，根据所谓的分步法（Dixon & Mood; Journal of the American Statistical Association, 43, 1948, 109-126）改变该幅值 σ_a 。实施总共 17 次迭代，由分步法确定的该测试的统计处理得到一耐疲劳度极限 σ_d 的确定，它相应于在 10^5 次疲劳循环后该钢缆 50% 的断裂概率。

对于这种测试，使用 Schenck 制造的拉伸疲劳机械（型号 PSA）；在两夹爪之间的长度是 10cm；该测量是在控制的干燥空气（相对湿度小于或等于 5%，温度 20°）中进行的。

I -5. 在轮胎中耐疲劳度试验

在疲劳磨蚀条件下该钢缆的耐疲劳度在重载车辆轮胎的胎体帘布层中经一个很长周期的运行试验而评价。

为此，制造重载车辆轮胎，该轮胎胎体加强件用由被检测的钢缆加强的单层橡胶帘布层构成。这种轮胎安装在已知的适合的轮辋上，并用具有饱和水汽的空气充气到相同的压力（相对正常压力的超压力），然后这些轮胎在自动运行机械上以很高的载荷（相对正常载荷的超载荷）并以同样的速度运行给定的公里数。在运行后段，剥开该轮胎胎体取出该钢缆，并测量疲劳的钢丝和钢缆剩余的断裂载荷。

此外，与前面轮胎同样制造的轮胎并以前述相同的方式剥离，但这次不使其运行，这样在剥开后测量该钢丝和钢缆不疲劳的初始断裂载荷。

最后，通过将该剩余断裂载荷与该初始断裂载荷相比较，计算出疲劳后的断裂载荷的降低（称为 ΔF_m ，以 % 计），这个降低 ΔF_m 是由于该钢丝的疲劳和磨损（横截面减小）所至，这种疲劳和磨损是由多种机械应力，特别是在该钢丝之间的强烈的工作接触力，以及来自环

境空气的水分综合作用产生的，换言之，是由于轮胎在运行中该轮胎上的钢缆所经受的疲劳磨蚀所至。

还可以选定进行运行试验，直至由于胎体帘布断裂或更早发生其他破坏（例如胎面损害）而导致该轮胎受力解体。

II.本发明的详细描述

II-1.本发明的钢缆

该术语“配方”或“构造”，当在本发明的说明书中用来描述该钢缆时，指的是这些钢缆的结构。

本发明的钢缆是多层钢缆，具有直径为 d_0 的一芯线（C0），一个直径为 d_1 的 4 或 5 根钢丝的（ $M=4$ 或 5）中间层（C1），以及一个直径为 d_2 的 N 根钢丝的不饱和外层（C2）， N 比绕该中间层 C1 绕一层的最多钢丝数目 $N_{\max}$ 少 1 至 3。

在本发明的这个分层的钢缆中，该芯线、层 C1 和 C 钢丝 2 的直径、该螺旋线螺距（和角度）以及不同层的缠绕方向由下述所有特征（ d_0 、 d_1 、 d_2 、 p_1 和 p_2 ，单位 mm）确定：

- (i) $0.08 < d_0 < 0.28$;
- (ii) $0.15 < d_1 < 0.28$;
- (iii) $0.12 < d_2 < 0.25$;
- (iv) 对于 $M=4$: $0.40 < (d_0/d_1) < 0.80$;
对于 $M=5$: $0.70 < (d_0/d_1) < 1.10$;
- (v) $4.8\pi (d_0+d_1) < P_1 < P_2 < 5.6\pi (d_0+2d_1+d_2)$;
- (vi) 层 C1 和 C2 的钢丝以相同方向缠绕。

上述特征 (i) 至 (vi) 的组合，能够立即获得：

- 在 C0 和 C1 之间足够的但被限定的接触力，有利于降低磨损和减少 C1 层钢丝的疲劳；

- 减小了层 C1 和 C2 钢丝之间的腐蚀磨损，尽管层 C1 和 C2 之间的螺距不同（ P_1 P_2 ）；

- 特别因为该直径比率（ d_0/d_1 ）和层 C1 和 C2 钢丝构成的螺旋角的最优化，优化了该橡胶穿过层 C1 和 C2 以及到达中心 C0 的渗透，

这首先保证了很好地防腐蚀或可能的扩散，其次将该钢缆在高弯曲应力下的结构破坏减到最小。

由此，由于本发明的钢缆的特殊结构，它已经自包覆，不需要通常用于绕着该层 C2 的外缠绕线，这种优点有效地解决了该钢缆最外层的钢丝与该缠绕钢丝之间的磨损。

但是，当然本发明的钢缆还可以具有一外包覆，例如（至少一个）由单根钢丝以螺旋线形式缠绕在该最外层 C2 外面而构成，其螺旋螺距最好小于该层 C2 的旋螺距，其缠绕方向与该最外层 C2 的方向相反或相同。

为了进一步加强该层 C2 的特定缠绕效果，本发明的钢缆，特别是当没有外缠绕钢丝时，最好满足下述特征：

$$(vii) \quad 5.0\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 5.0\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)。$$

特征 (v) 和 (vi)，螺距 P_1 和 P_2 不同以及 C1 和 C2 在相同方向上缠绕，意味着，以已知方式，层 C1 和 C2 的钢丝基本设置成两个相邻的、同心的圆筒形（即管形）层上。所谓的“管形”或“圆筒形”分层钢缆可被理解为，钢缆由一芯线（即芯体部分或中间部分）和一个或多个同心层构成，每个管形绕该芯线设置，使得至少在静止的钢缆中，每一层的厚度基本上等于构成它的钢丝的直径；结果该钢缆的截面具有一个基本上为圆形的轮廓或壳体 (E)，如图 1 所示的实例。

本发明的具有圆筒形或管形层的钢缆特别不许与所谓“紧密”层钢缆相混淆，它们是以相同螺距和相同方向缠绕的钢丝组件；在这种钢缆中，该紧密度使得看不到明显区分的特别层的钢丝；结果是这种钢缆截面的轮廓不再是圆形，而是多边形，如图 2 实例所示。

该外层 C2 是称之为“未饱和”或“不完全”的 N 根钢丝的管形层，这就是说，通过定界，在这个管形层 C2 上有足够的间隔来至少加入第 (N+1) 根直径为 d_2 的钢丝，该 N 根钢丝的若干根可以彼此接触。相反，如果在这层中没有足够的间隔加入第 (N+1) 根直径为 d_2 的钢丝，这种管形层 C2 称为“饱和的”或“完全的”。

最好是，本发明的钢缆是结构为 (1+M+N) 分层的钢缆，就是说其芯线是由一根单独的钢丝构成，例如，如图 1 所示 (C-I 标示的

钢缆)。

图1示出一垂直于该钢缆和该钢丝轴线(O)的截面,该钢缆被假定是直的和静止。可以见到,该芯线C0(直径 d_0)由一根单独的钢丝构成;它被直径为 d_1 的5根钢丝的中间层C1围绕并接触,该5根钢丝以螺距为 P_1 的螺旋线形式缠绕在一起;其厚度基本等于 d_1 的该层C1,又被直径为 d_2 的10根钢丝的外层C2围绕并接触,该10根钢丝以螺距为 P_2 的螺旋线形式缠绕在一起。围绕该芯线C0缠绕的钢丝设置成两相邻的同心的管形层(层C1的厚度基本等于 d_1 ,层C2的厚度基本等于 d_2)。可以看到,层C1的钢丝具有由虚线标示的在第一圆 C_1 上的轴线(O_1),而层C2的钢丝也具有由虚线标示的在第二圆 C_2 上的轴线(O_2)。

为了更好地兼顾结果,特别是由橡胶渗透该钢缆的性能,和不同层之间的接触力,最好满足上述关系(vii),换言之,本发明的钢缆用或不用外缠绕钢丝缠绕。

为了相同的原因,本发明的钢缆最好符合下述关系式:

$$(viii) \quad 5.3\pi(d_0+d_1) < P_1 < P_2 < 4.7\pi(d_0+2d_1+d_2)$$

通过这些螺距的位移(offseting)及因此一方面在层C1上的钢丝之间的接触角度的位移和另一方面在层C2上的钢丝之间的接触角度的位移,可以注意到,通过用于渗透的两层之间的通道的表面积被增加,该钢缆被渗透的能力被进一步改善,同时优化了其疲劳-磨损性能。

在此使人回想起,根据已知的定义,螺距表示平行于该钢缆轴线O测量的长度,在该螺距的端部具有该长度的钢丝绕钢缆轴线O完整的一圈;因此如果该轴线O用两个垂直该轴线O的平面切割,该两平面分开的距离等于两层C1或C2之一的钢丝螺距的长度,该钢丝的轴线(分别为 O_1 或 O_2)在该两平面上在对应于所述该钢丝的层C1或C2的两圆上具有相同的位置。

根据本发明的钢缆中,一最佳实施例具有在5至15mm之间选择的螺距 P_1 和 P_2 ,特别是 P_1 在5至10mm之间, P_2 在10至15mm之间。

最好满足下述关系式，特别是当本发明的钢缆没有外缠绕钢丝时：

$$6 < P1 < P2 < 14$$

一个具体的最佳实施例具有在 6 至 10mm 之间的 P1，和在 10 至 14mm 之间的 P2。

在根据本发明的钢缆中，层 C1 和 C2 的所有的钢丝以相同方向上缠绕，就是说在 S 方向上（“S/S”布置）或在 Z 方向上（“Z/Z”布置）。层 C1 和 C2 的这种布置与大多数分层钢缆（L+M+N）的常规结构多少有些相反，特别是（3+9+15）结构，它们需要两层 C1 和 C2 频繁交叉（或“S/Z”或“Z/S”布置），以便使层 C2 的钢丝围绕层 C1 的钢丝。层 C1 和 C2 以相同方向上缠绕使得在根据本发明的钢缆中，能将两层 C1 和 C2 之间的摩擦力降到最小，因此将构成它们的钢丝的磨损降到最小。

在本发明的钢缆中，根据该层 C1 钢丝的数目 M（4 或 5），该比率（ d_0/d_1 ）必须设定在一给定的限度中。这个比率值太低，不利于该层 C1 的钢丝与该芯线之间的磨损，这个比率值太高，对该钢缆的紧密度效果不利，达到一最终没有明显变化的阻力以及其柔软度；过大的直径 d_0 将使该芯线的刚性的增加，这将不利于该钢缆使用时的柔韧性。

层 C1 和 C2 的钢丝具有彼此相同或不同的直径，最好使用相同直径（ $d_1=d_2$ ）的钢丝，特别利于简化钢缆制造和降低成本，例如，如图 1 所示。

围绕层 C1 的能够绕一个单个的饱和层的钢丝最大数目 $N_{\max}$ ，当然是多个参数（该芯线的直径 d_0 、该层 C1 的钢丝直径 d_1 和 M 数值、层 C2 钢丝的直径 d_2 ）的函数，举例来说，如果 $N_{\max}$ 等于 12，N 可以从 9 到 11 变化（例如（1+M+9）、（1+M+10）、（1+M+11）结构）；如果 $N_{\max}$ 等于 11，N 可以从 8 到 10 变化（例如（1+M+8）、（1+M+9）、（1+M+10）结构）。

最好是在该层 C2 的钢丝的数目 N 比最大数值 $N_{\max}$ 小 1 至 2。在大多数情况下，这能够在钢丝之间形成足够的间隔，使橡胶组分能够

渗透过层 C2 的钢丝之间并到达层 C1。本发明的优选实施选自下述结构的钢缆：(1+4+8)、(1+4+9)、(1+4+10)、(1+5+9)、(1+5+10) 或 (1+5+11)。

例如，根据本发明的钢缆，将会提到具有下述结构的钢缆，并且在它们之中，优选的钢缆至少满足上述关系式 (vii) 和 (viii) 之一：

- (1+4+8) $d_0=0.100\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.200\text{mm}$;
- (1+4+8) $d_0=0.120\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.225\text{mm}$;
- (1+4+9) $d_0=0.120\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.200\text{mm}$;
- (1+4+9) $d_0=0.150\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.225\text{mm}$;
- (1+4+10) $d_0=0.120\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.175\text{mm}$;
- (1+4+10) $d_0=0.150\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.225\text{mm}$;
- (1+5+9) $d_0=0.150\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.175\text{mm}$;
- (1+5+9) $d_0=0.175\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.200\text{mm}$;
- (1+5+10) $d_0=0.150\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.175\text{mm}$;
- (1+5+10) $d_0=d_1=d_2=0.200\text{mm}$;
- (1+5+11) $d_0=d_2=0.200\text{mm}$; 并且 $d_1=0.225\text{mm}$;
- (1+5+11) $d_0=0.200\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.225\text{mm}$;
- (1+5+11) $d_0=d_1=d_2=0.225\text{mm}$;
- (1+5+11) $d_0=0.240\text{mm}$ 并且 $d_1=d_2=0.225\text{mm}$;
- (1+5+11) $d_0=d_2=0.225\text{mm}$; $d_1=0.260\text{mm}$ 。

可以注意到，在这些钢缆中，在三层 (C1, C2, C3) 的至少两层具有相同直径 (分别为 d_0 、 d_1 、 d_2) 的钢丝。

在用于重载车辆轮胎的胎体中时，本发明较好用 (1+5+N) 结构的钢缆实施，更好是用 (1+5+9)、(1+5+10) 或 (1+5+11) 结构的钢缆，再更好是用 (1+5+10) 或 (1+5+11) 结构的钢缆。

对于 (1+5+N) 结构，本发明的一个最佳实施例，如图 1 所示，用于芯线和层 C1、C2 至少一层的钢丝具有相同的直径，或者两层 (在这种情况下， $d_0=d_1=d_2$)。

然而，为了进一步增强该钢缆的橡胶渗透性能，该层 C1 的钢丝可

选择大于该层 C2 钢丝的直径，其比率 (d_1/d_2) 例如最好在 1.05 和 1.30 之间。

出于强度、工业可行性和成本的原因，该芯线的直径 d_0 最好在 0.14 和 0.28mm 之间。

此外，一方面更好地兼顾该钢缆的强度、工业可行性和弯曲强度，另一方面橡胶组分的渗透能力，该层 C2 的钢丝直径最好在 0.15 至 0.25mm 之间。

对于重载轮胎的胎体加强件，该直径 d_1 最好小于或等于 0.26mm，该直径 d_2 最好大于 0.17mm。小于或等于 0.26mm 的该直径 d_1 能够降低在钢缆弯曲时钢丝承受主要变化的应力水平，选择大于 0.17mm 的该直径 d_2 是为了钢丝强度和工业成本的原因；当 d_1 和 d_2 在最佳范围中选择时，该芯线的直径 d_0 最好在 0.14 和 0.25mm 之间。

本发明可用任何类型的钢质钢丝实施，例如，如上述 EP-A-0648891 或 WO98/41682 中所描述碳钢钢丝或不锈钢丝，最好使用碳钢，但当然可以使用其他钢和其他合金。

当使用碳钢时，其碳含量（钢重量的%）较好在 0.50%和 1.0%之间，更好在 0.68%和 0.95%之间；这些含量很好地兼顾了用于轮胎所需的机械性能和该钢丝的可行性。应当注意到，在不需要最高机械强度的使用场合可使用碳钢，可以利用有利的碳钢，其含碳量在 0.50%和 0.68%之间，特别是从 0.55%到 0.60 %变化，这种钢最终成本较低，因为它很容易拉伸。本发明的另一个有利的实施例还可具有根据具体应用场合使用含碳量低的钢，例如在 0.2%和 0.5 %之间，因为成本更低和更容易拉伸。

当本发明的钢缆用于加强工业车辆的轮胎胎体加强件时，其钢丝最好具有大于 2000Mpa 的拉伸强度，最好大于 3000Mpa。在轮胎的尺寸很大的情况下，特别是该钢丝的拉伸轻度被选择在 3000Mpa 至 4000Mpa 之间。本专业技术人员知道，如何调节该钢的碳含量和最终加工硬化率 (ϵ)，制造具有这种强度的碳钢钢丝。

本发明的该钢缆可具有一外包覆层，由例如单根金属或非金属线螺旋线围绕该钢丝缠绕而成，其螺距短于该外层的螺距，其缠绕方向

与该外层相反或相同。

然而，由于本发明的钢缆的特殊结构，它已经自包覆，通常不需要外缠绕线，这有效地解决了该包覆与最外层钢缆之间的磨损问题。

但是，如果使用包覆钢丝，通常情况下层 C2 的钢丝用碳钢制造，有利的是，包覆的不锈钢钢丝可被选择来减小与该不锈钢包覆接触的碳钢的磨损，如上述申请 WO98/41682 所公开的，不锈钢丝可用类似方法以复合钢丝替代，只有其表皮是不锈钢，芯体是碳钢，如专利申请 EP-A-0976541 所述，。

II-2. 本发明的织物和轮胎

本发明还涉及工业车辆的轮胎，特别是重载车辆轮胎以及用做这些重载车辆轮胎胎体加强帘布层的涂有橡胶的织物。

图 3 以举例方式示意地示出具有径向胎体加强件的重载车辆轮胎 1 的径向截面，在这种一般表示中，它可以是或不是本发明的。该轮胎 1 具有一胎冠 2、两侧壁 3 和两胎圈 4，每个胎圈 4 用一胎圈钢丝 5 加强。被胎面（未示出）覆盖的胎冠 2 以已知方式用由至少两个重叠交叉帘布层构成的胎冠加强件 6 加强，而该帘布层用已知金属缆线加强。胎体加强件 7 绕每个胎圈 4 中的两个胎圈钢丝 5 缠绕，该加强件 7 的翻转 8 被设置成例如朝向该轮胎 1 的外边，这里所示的轮胎 1 安装在轮辋 9 上。该胎体加强件 7 由至少一个所谓的“径向”钢缆加强的帘布层构成，就是说这些钢缆被设置成彼此平行，并从一胎圈延伸到另一胎圈，使其与中间圆周面（垂直于该轮胎的旋转轴线的平面，它位于两胎圈 4 中间并经过该胎冠加强件 6 的中央）形成在 80° 至 90° 之间的夹角。

根据本发明的轮胎的特征在于其胎体加强件 7 具有至少一个胎体帘布层，其径向钢缆是根据本发明的多层钢质缆线。

在这个胎体帘布层中，根据本发明的钢缆的密度较好是每 dm（分米）径向帘布层在 40 至 100 根/之间，更好在 50 至 80 根/dm 之间，径向相邻两钢缆之间从轴线到轴线的距离较好在 1.0 和 2.5mm 之间，最好在 1.25 和 2.0mm 之间。根据本发明的钢缆最好布置成使两相邻

钢缆之间的橡胶料桥的宽度(“ λ ”) 在 0.35 和 1mm 之间, 这个宽度 λ 以已知的方式表示压延间隔(在橡胶层结构中该钢缆的布置间隔) 与该钢缆的直径之间的差。低于所说的该最小值, 该橡胶料桥太窄, 有导致该帘布层在工作中机械性能降低的危险, 特别是在由拉伸或剪切在其平面上产生的变形的过程中。超出所说的最大值, 导致在轮胎侧壁外表产生裂纹或由于在钢缆之间穿孔而物体穿透的危险。为了相同的原因, 最好是该宽度“ λ ”选择在 0.4 和 0.8mm 之间。

上述提出的该钢缆的密度、相邻钢缆之间的距离以及橡胶桥的宽度“ λ ”的值是在未硫化状态下(即在结合在轮胎中之前) 在织物上及在轮胎自身测量的值, 在后一种情况下在该轮胎的胎圈钢丝的下面测量。

用于该胎体帘布层胶布层的橡胶组分, 在硫化后(即固化后), 具有小于 8Mpa 的正割弹性模量 M10, 最好是在 4 至 8Mpa 之间。在这个模量范围中, 一方面最好地兼顾了本发明的钢缆的耐疲劳度, 另一方面兼顾了由这种钢缆加强的胶布。

制造本发明的轮胎, 以举例的方式说明, 其步骤如下: 上述分层钢缆通过压延而结合在橡胶织物上, 该橡胶织物的构成成分为已知的天然橡胶和加强填料碳黑, 它通常用于径向重载车辆轮胎的胎体加强件帘布层的制造中。然后以已知的方式制造并如图 3 示意地示出的该轮胎已经描述, 该胎体加强件 7, 例如, 由上述浸渍橡胶的织物构成的单一径向帘布层构成, 本发明的径向钢缆与中间圆周平面成 90° 角设置。该胎冠加强件 6 以已知方式由两个交叉重叠的工作帘布层构成, 该帘布层由倾斜 22° 的金属钢缆加强, 这两个工作帘布层用由“弹性”金属钢缆(即高延伸钢缆) 加强的胎冠防护帘布层所覆盖, 在每个胎冠加强帘布层中, 所使用的金属缆线是已知的常规缆线, 它们大体上彼此平行设置, 并且其倾斜角度是相对于中间圆周平面测量的。

III. 本发明实施例的实例

III-1. 所用钢丝的性质和特性

为了制造根据本发明或不根据本发明的钢缆的样品,使用如上述申请 EP-A-0648891 或 WO98/41682 所述的方法制备的细碳钢钢丝,从初始直径大约于 1mm 的商品钢丝开始。所用的钢是一种已知的碳钢(美国标准 AISI1069),其碳含量约 0.7%,包括大约 0.5%的锰和 0.2%的硅,其余是铁和炼钢过程的无法避免的杂质。

在随后的加工之前,该起始的商品钢丝首先经过已知的去油和/或酸洗处理,在这个步骤中,其拉伸强度等于约 1150Mpa,其断裂延伸率约 10%。然后在室温下电解给钢丝镀铜,随后镀锌,并且该钢丝用 540°C 的焦尔效应热处理,通过铜和锌的扩散获得黄铜,其重量比率(α 相)/(α 相+ β 相)大约等于 0.85。一旦获得黄铜镀层则该钢丝热处理就不再进行。

然后通过具有拉伸润滑剂的湿介质中冷拉,在每个钢丝上实现所谓的“最终”加工硬化(即在最后的热处理后),该介质是在水中的乳化液形式。为了获得最终加工硬化率(ϵ),以已知方式完成该湿法拉丝,从上述初始直径估算该起始商品钢丝。

通过定义,加工硬化的比率 ϵ 由公式给出, $\epsilon = \ln(S_i/S_f)$, 其中 $\ln$ 是纳氏(Naperian)对数, S_i 是加工硬化前钢丝的初始截面, S_f 是加工硬化后钢丝的最终截面。

通过调节最终加工硬化率,制备两组不同直径的钢丝,即平均直径 ϕ 大约 0.200mm ($\epsilon=3.2$) 的第一组钢丝,指标为 1 (标记 F1 的钢丝),和平均直径 ϕ 大约 0.175mm ($\epsilon=3.5$) 的第二组钢丝,指标为 2 (标记 F2 的钢丝)。

这样拉伸的钢丝的机械特性列于表 1。

表 1

钢丝	ϕ (mm)	Fm(N)	At(%)	Rm(Mpa)
F1	0.200	82	1.8	2700
F2	0.175	62	2.1	2860

所述的钢丝伸长 At 是钢丝断裂的总的伸长,包括伸长的弹性部分(虎克定律)和伸长的塑性部分。

钢丝周围的黄铜镀层厚度很小,大大小于 1 微米,例如 0.15 到

0.30 μm ，与该钢丝直径相比可以忽略。当然钢丝的钢的各种组份（例如 C、Mn、Si）与初始钢丝一样。

使人回想起在制造该钢丝的过程中，黄铜镀层有助于拉伸该钢丝，以及钢丝粘附于橡胶。当然，该钢丝可涂覆黄铜之外的薄金属层，例如 Co、Ni、Zn、Al 或 Cu、Zn、Al、Ni、Co、Sn 的两个或多个组分的合金，该薄金属层具有例如改善该钢丝防腐和/或粘附于橡胶的功能。

III-2.钢缆的制造

上述钢丝然后被组装成本发明（1+5+10）结构的分层钢缆（钢缆 C-I）、现有技术结构（1+6+12）的钢缆（钢缆 C-II）；该钢丝 F1 用于构成该钢缆 C-I 和钢缆 C-II 的芯线 C0，以及本发明钢缆 C-I 的钢缆层 C1 和 C2，同时该钢丝 F2 用于构成控制钢缆 C-II 的钢缆层 C1 和 C2。

利用制缆装置（Barmag cabler）和本专业技术人员众所周知的方法制造钢缆，为了简化说明没有描述该方法。用单一的缆线绞合（cabling）操作（ $P_1=P_2$ ）制造钢缆 C-II，而该钢缆 C-I 由于螺距 P_1 和 P_2 不同，需要两个连续的操作（制造（1+5）钢缆，然后绕该（1+5）钢缆绞合最后层），这两个操作在生产线上可用两个顺序地设置的制缆机完成。

根据本发明的该钢缆 C-I 具有如下特征：

- （1+5+10）结构
- $d_0 = d_1 = d_2 = 0.200$ ；
- $d_0/d_1 = 1.00$ ；
- $P_1 = 8$ （Z）； $P_2 = 11$ （Z）。

该控制钢缆 C-II 具有如下特征：

- （1+6+12）结构
- $d_0 = 0.200$ ；
- $d_1 = d_2 = 0.175$ ；
- $(d_0/d_1) = 1.14$ ；
- $P_1 = 10$ （Z）； $P_2 = 10$ （Z）。

无论那个钢缆，层 C1 和 C2 的钢丝 F_2 在相同的方向上绞合（Z 方向）。

被测试的两种钢缆没有包覆层，并该钢缆 C-I 具有约 1.0mm 的直径，钢缆 C-II 具有约 0.9mm 的直径，该钢缆芯线的直径 d_0 与该单一的钢丝 F_2 的直径相同，其上没有扭力。

本发明的钢缆 C-I 是具有如图 1 所示截面的管形层的钢缆，对其已进行了评述，它与现有常规钢缆的不同为，特别是该中间层 C1 和外层 C2 比常规钢缆分别少 1 和 2 根钢丝，并且其螺距 P_1 和 P_2 不同，同时还满足上述关系式（v）。在钢缆 C-I 中，N 比能围绕层 C1 缠绕单一饱和层的该钢丝最大数（在此 $N_{\max}=12$ ）小 2。

该控制钢缆 C-II 是如图 2 所示紧密分层的钢缆，从图 2 的截面可以清楚地看出，钢缆 C-II 虽然其结构非常类似，由于其缆线绞合方法（钢丝在相同方向上缠绕，螺距 P_1 和 P_2 相等）具有比钢缆 C-I 更紧密结构；结果看不出是管形层钢丝，该钢缆 C-II 的截面轮廓 E 不再是圆形而是六边形。

应当注意到本发明的钢缆 C-I（ $M=5$ ）有如下特性：

- (i) $0.08 < d_0 < 0.28$;
- (ii) $0.15 < d_1 < 0.28$;
- (iii) $0.12 < d_2 < 0.25$;
- (iv) 对于 $M=4$: $0.40 < (d_0/d_1) < 0.80$;
对于 $M=5$: $0.70 < (d_0/d_1) < 1.10$;
- (v) $4.8\pi (d_0 + d_1) < P_1 < P_2 < 5.6\pi (d_0 + 2d_1 + d_2)$;
- (vi) 层 C1 和 C2 的钢丝以相同方向缠绕。

该钢缆 C-I 进一步满足下列最佳关系：

- $d_2 > 0.17$;
- $d_1 > 0.26$;
- $0.14 < d_0 < 0.25$;
- $4 < P_1 < P_2 < 14$ 。

此外，它满足上述每个关系式 (vii) 和 (viii)。

该钢缆 C-I 和 C-II 的机械特性在下面的表 2 中给出：

表 2

钢缆	Fm(N)	At(%)	Rm(Mpa)
C- I	1250	2.6	2650
C- II	1255	2.8	2750

所给出的该钢丝的延伸率 At 是在该钢丝断裂时的总延伸率，就是说是下述的综合：弹性部分延伸（虎克定律）、塑性部分延伸和所谓的结构部分延伸，它是被测试的钢缆特定的形状所固有的。

III-3.耐疲劳度试验（带试验）

上述分层钢缆通过压延结合在基于天然橡胶和加强填料炭黑的已知组分构成的橡胶布上，该橡胶布通常被用来制造径向重载车辆轮胎的胎体帘布层（在固化后模量 M10 等于约 6Mpa）。这个组分除了弹性体和加强填料外，主要有抗氧化剂、硬脂酸、增量油、作为增粘剂的环烷酸钴，以及硫化系统（硫、促凝剂、ZnO）。在橡胶布上，该钢缆用已知方式以每分米帘布层 63 根的密度平行设置，考虑到该钢缆的直径，该密度等于该橡胶料桥的宽度“ λ ”，在两相邻的钢缆之间对于本发明的钢缆约为 0.60mm，而控制钢缆的约为 0.70mm。

这样制造的织物进行 I -3 节所述的带测试，在疲劳后，进行剥离，就是说从该带中抽出该钢缆。然后对钢缆进行拉伸试验，根据该钢丝在钢缆中的位置，每次测量每种钢丝的剩余断裂载荷（钢缆是从疲劳后的轮胎中抽出的）并将它和初始断裂载荷（钢缆是从新带中抽出）进行比较。

表 3 以%给出的平均减少 ΔFm ；计算了芯线钢丝（C0）和层 C1 和 C2 的钢丝。总的减少 ΔFm 还在钢缆上进行了测量。

表 3

钢缆	$\Delta Fm(\%)$			
	C0	C1	C2	钢缆
C- I	14	11	7	8
C- II	26	19	10	14

在阅读表 3 时,应当注意到,对钢缆(芯线 C0、层 C1 或 C2)的范围进行分析,最好的结果发生在本发明的钢缆 C-I。虽然该减少 ΔF_m 就外层 C2 来讲保持相似(虽然在本发明的钢缆上较小),应当注意到,该钢缆渗透越深(层 C1 和芯线 C0),该间隙越有利于本发明的钢缆;本发明钢缆芯线和层 C1 的减少 ΔF_m 小 2 倍,本发明钢缆总的减少 ΔF_m 大大小于该控制钢缆(8%而不是 14%)。

与上述结果相关,不同钢缆的目视检查表明,由于钢丝彼此反复摩擦导致的磨损或磨蚀现象(在接触点材料的磨损),与该钢缆 C-II 2 相比,在钢缆 C-I 上的明显减小。

这些结果是意想不到的,本专业技术人员预期,选择本发明钢缆的不同的螺旋线螺距 P_1 和 P_2 ,并且因而使层 C1 和 C2 之间有不同的接触角度——其作用是减小层 C1 和 C2 的钢丝的接触表面并因而增加接触压力——相反将导致摩擦增加并因而增加钢丝之间的磨损,最终将对钢缆产生不利影响。情况却不是这样。

III-4 透气性测试

上述耐疲劳性结果与橡胶渗透该钢缆的量密切相关,解释如下。

该未疲劳的钢缆 C-I 至 C-II(从新轮胎中抽出),通过测量 1 分钟内经过钢缆的空气量(10 次测量的平均),进行如 I-2 节所述的透气性试验。所获得的透气性指标 Pa 列于表 4(以相对单位):所列的数值所对应取自该带的不同点的 10 个样品,该基数 100 用于控制钢缆 C-II。

表 4

钢缆	Pa 平均值
C-I	17
C-II	100

应当注意到,根据本发明的钢缆具有的透气指数 Pa 明显低于(系数接近 5)该控制钢缆 C-II,并因此橡胶的渗透量明显大。

在该轮胎的模制和/或固化时,其特殊结构能够使橡胶实际上完全渗入该钢缆,直至该钢缆的中间,而不形成空的通道。由橡胶提供

了不透气性的该钢缆防止了氧气和潮气从该轮胎的侧壁或胎面进入该胎体加强件区域，通常在那里的钢缆承受最强烈的机械作用。

III-5.其它钢缆和疲劳测试（波动拉伸测试和带测试）

在这个一新的测试系列中，制备了具有（1+5+10）结构的分三层的钢缆，用 C-III到 C-V 标示，这些钢缆是或不是本发明的钢缆，随后进行（I-4 节）波动牵引疲劳试验。

这些钢缆用上述钢丝 F1 制造，具有下述所述特征：

- 钢缆 C-III（根据本发明）

- （1+5+10）结构
- $d_0 = d_1 = d_2 = 0.200$;
- $d_0/d_1 = 1.00$;
- $P_1 = 8$ (S); $P_2 = 11$ (S)。

- 钢缆 C-IV（控制）

- （1+5+10）结构
- $d_0 = d_1 = d_2 = 0.200$;
- $d_0/d_1 = 1.00$;
- $P_1 = 5.5$ (S); $P_2 = 11$ (S)。

- 钢缆 C-V（控制）

- （1+5+10）结构
- $d_0 = d_1 = d_2 = 0.200$;
- $d_0/d_1 = 1.00$;
- $P_1 = 7.5$ (S); $P_2 = 15$ (S)。

钢缆 C-III具有类似前述被测试的钢缆钢缆 C-I 的结构。

（1+5+10）结构的钢缆接近或类似于上述控制钢缆 C-IV或 C-V，除了螺距 P_2 两倍于螺距 P_1 之外，这是本专业技术人员已知的，它们已在上述专利申请 EP-A-0675223 或 EP-A-0744490 中描述，这些已知的钢缆全部不满足本发明钢缆的特征（i）至（vi），特别是螺距 P_1 和螺距 P_2 之间基本特性（v）。

三个被测试的钢缆没有缠绕，其性能列于下面的表 5：

表 5

钢缆	Fm(N)	At(%)	Rm(Mpa)
C-III	1234	2.4	2560
C-IV	1213	2.3	2530
C-V	1220	2.0	2545

这三个钢缆在断裂处具有非常类似的结构和机械特性：其结构在三方面相似：N 是比围绕层 C1 可单独绕一饱和层的最大钢丝数 $N_{\max}$ （在此 $N_{\max}=12$ ）小 2；它们都是图 1 所示的管状层结构；在每个钢缆中螺距 P_1 和 P_2 不同。

但是只有钢缆 C-III 满足上述关系式 (v) 和最佳特性关系式 (vii) 和 (viii)。

在波动牵引疲劳试验中，这三种钢缆得出的结果列在表 6 中， σ_d 以 Mpa 和相对单位 (r.u.) 表示，基数 100 用于本发明的钢缆 C-III。

表 6

钢缆	σ_d (Mpa)	σ_d (r.u.)
C-III	665	100
C-IV	600	92
C-V	565	86

应当注意到，尽管这些钢缆具有非常相似的结构，本发明的钢缆 C-III 的疲劳强度明显大于该控制钢缆，特别是大于该控制钢缆 C-IV，只是螺距 P_1 不同（8mm 代替 5.5mm）。

这个测试的三个钢缆进行前述用于钢缆 C-I 至 C-II 试验（I-4 节），它们多表现出良好的性能，接近于钢缆的总降低（ ΔF_m 最大 10%）。然而，在本发明的钢缆中，层 C2 的钢丝磨损最低；这种改善的结果的突出是由于，在这种钢缆中，该层 C2 具有最大数量的钢丝，并承受大部分载荷。

总之，与具有相似结构的控制钢缆 C-IV和 C-V比较，本发明钢缆 C-III所有改善的耐疲劳性，首先和最主要的，是由于构成层 C1 和 C2 的钢丝的优化螺旋角比率（该螺距 P_1 和 P_2 之间的间隔）。因此，考虑到橡胶对该钢缆渗透性能以及不同层之间的接触力，本发明的钢缆获得较好的折衷的结果。

III-6.该轮胎的耐疲劳度

一运行测试在被安装在平座轮辋上尺寸为 12.00R20XZE 的重载车辆轮胎上进行。

所有被测试的轮胎是相同的，除了加强其胎体加强件 7 的分层钢缆之外（见图 3）。

用于该胎体加强件 7 的钢缆具有如下特性：

- 钢缆 C-VI（根据本发明-17 根钢丝+1 根缠绕钢丝）

- （1+5+11）结构

- $d_0 = d_2 = 0.230$;

- $d_1 = 0.260$;

- $(d_0/d_1) = 0.88$;

- $P_1 = 7.5$ (S); $P_2 = 15$ (S)。

- 钢缆 C-VII（控制-17 根钢丝+1 根缠绕钢丝）

- （3+9+15）结构

- $d_0 = d_1 = d_2 = 0.230$;

- $P_0 = 6.5$ (S); $P_1 = 12.5$ (S); $P_2 = 18.0$ (Z)。

本发明钢缆 C-VI由直径为 0.23mm 的芯线钢丝构成，以 7.5mm 螺距的螺旋线（S 方向）的 5 根钢丝缠绕在一起的中间层缠绕该芯线钢丝，然后以 15mm 螺距的螺旋线（S 方向）的 11 根钢丝缠绕在一起的外层缠绕该芯线钢丝。该钢缆 C-VI用单根的 0.15mm 直径的钢丝以 5mm 螺距的螺旋线（Z 方向）缠绕而被包裹。在本发明的这种钢缆中，N 是比围绕该层 C1 可绕一单独的饱和层的最大钢丝数量 $N_{\max}$ （在此 $N_{\max} = 12$ ）小 1，它满足上述关系式（v），但不满足最佳关系式（vii）和（viii）。为了进一步增加橡胶的渗透性能，钢缆层 C1 钢丝

的直径在最佳比率 (d_0/d_1) 1.10 和 1.20 之间选成大于层 C2 钢丝的直径, 该钢缆的直径 (总体上的) 等于约 1.49mm。

除了包裹钢丝 (含碳量为 0.7%) 之外, 钢缆 C-VI 的所有钢丝 (在表 7 和下面称之为 F_3 和 F_4) 由高碳钢 (对于控制钢缆是 0.82 而不是 0.71), 为了通过增加钢的强度部分地减少钢丝数目以增加渗透性。

钢缆 C-VII 选择为这个运行实验的控制钢缆, 由于被用于大直径重载车辆轮胎加强件其性能已被本专业技术人员公知。同样的或类似结构的钢缆已经被描述, 例如上述申请: EP-A-0497612、EP-A-0669421、EP-A-0675223、EP-A-0709236 或 EP-A-0779390, 说明了本领域的现有技术。该钢缆 C-VII 有 27 根相同直径 0.23mm 的钢丝 (在表 7 中称为 F_5) 构成, 3 根芯线钢丝以螺距 6.5mm 缠绕 (S 方向) 成螺旋线, 该芯线被 9 根螺距为 12.5mm 的螺旋线 (Z 方向) 的中间层包裹, 然后由 15 根螺距为 18mm 的螺旋线 (S 方向) 的外层包裹。这个钢缆被螺距为 3.5mm 的螺旋线 (S 方向) 直径 0.15mm 的单根钢丝缠绕。该钢缆的直径 (总体上的) 等于约 1.65mm。

该钢丝 F_3 、 F_4 和 F_5 是镀铜钢丝, 以 III-1 节所述的已知制造钢丝 F_1 和 F_2 方法制备, 该两种钢缆及其构成钢丝的机械性能列于表 7 中。

表 7

钢丝或钢缆	ϕ (mm)	Fm(N)	At(%)	Rm(Mpa)
F3	0.23	125	1.8	3100
F4	0.26	165	1.8	3070
F5	0.23	115	1.8	2840
C-VI	1.49	2195	2.8	2830
C-VII	1.65	2870	2.7	2580

被测试的轮胎胎体加强件 7 由单一的径向帘布层构成, 它由用于前述的带测试相同的橡胶布构成 (前述 III-3 节): 基于天然橡胶和炭黑的组分, 其 M10 等于约 6Mpa。

该加强件 7 或者由本发明的钢缆 C-VI, 或者由控制钢缆 C-VII 加强。根据本发明的织物每分米帘布层具有 53 根钢缆, 两相邻径向钢

缆之间的距离均等，从轴线到轴线约为 1.9mm，胶料桥的宽度 λ 约为 0.41mm。该控制织物每分米帘布层具有 45 根钢缆，两相邻径向钢缆之间的距离均等，从轴线到轴线大约为 2.2mm，胶料桥的宽度 λ 约为 0.55mm。

根据本发明轮胎的胎体加强件金属质量，相对于该控制轮胎，减小了 23%，同时明显减小了重量。但是，由于钢缆 C-VI 的钢丝使用了“HR”型钢材（含碳 0.82%），根据本发明的织物在强度上只减少 13%。

当用于胎冠加强件 6 时，以已知的方式构成（i）两个交叉重叠的工作帘布层，用倾斜 22° 的金属钢缆加强，这两个工作帘布层被（ii）一个由倾斜 22° 的弹性金属钢缆加强的防护胎冠帘布层覆盖。在每个胎冠加强帘布层中，所用的金属钢缆是已知常规钢缆，它们基本彼此平行设置，并且所有倾斜角度是相对中间圆周面测量的。

一个两轮胎的系列（P-1 表示）用钢缆 C-VI 加强，另一个两轮胎的系列（P-2 表示）用控制钢缆 C-VII 加强。在每个系列中一个轮胎用于行驶，另一轮胎用于在新轮胎上剥离。轮胎 P-1 是本发明构成的系列，而轮胎 P-2 是控制系列。

这些轮胎进行了如 I-5 节所述的严格的运行试验，总行程达 150000 公里。每个轮胎所用的该距离对于轮胎来说是很大的；这等于连续行驶越 3 个月和 5 千万个疲劳循环。

尽管行驶条件非常恶劣，直到该测试的终点这两个被测试的轮胎也没有损坏，特别是胎体帘布层的钢缆没有断裂；对本专业技术人员来说，这说明该两轮胎，包括该控制轮胎的高性能。

在行驶后，进行剥离，就是说从该轮胎抽出该钢缆。然后对每个被测试钢缆进行拉伸试验，根据该钢丝在钢缆中的位置，每次测量每种钢丝的初始断裂载荷（钢缆是从新轮胎中抽出的）和剩余断裂载荷（钢缆从行驶后的轮胎中抽出）。表 8 m 通过计算了芯线钢丝（C0）和层 C1 和 C2 的钢丝以 % 给出的平均减少 ΔF 。总的减少 ΔF_m 还在钢缆上进行了测量。

表 8

钢缆	$\Delta F_m(\%)$			
	C0	C1	C2	钢缆
C-VI	7	11	18	15
C-VII	7	22	16	17

在阅读表 8 时，可以注意到，尽管根据本发明的胎体加强件被明显地减轻，而且加强它的本发明钢缆明显减小，但仍具有与控制方案相等的耐疲劳性，此外本发明的另一个优点是该层 C1 的钢丝磨损小（减小一半）；层 C1 钢丝的这种磨损减小是由于本发明钢缆的优化结构，换言之，该层 C1 和 C2 在同方向（在此为 S/S）的缠绕，而与控制钢缆的该层 C1 和 C2 的交叉结构（S/Z）相反。

该未疲劳钢缆 C-VI 和 C-VII（从新轮胎中抽出）进一步进行空气渗透试验（I-2 节），表 9 的结过清楚的显示，如果需要，本发明钢缆的优越性；该透气性指标 Pa 以相对单位表示，该基数 100 相对于上述的表 4 没有改变（基数 100 用于控制钢缆 C-II）。

表 9

钢缆	Pa 平均值
C-VI	1
C-VII	>370

总之，如上述多个测试所表明，本发明的钢缆能够明显降低轮胎胎体加强件疲劳 - 磨损腐蚀现象，特别是重载车辆轮胎，并因此改善了该轮胎和加强件的寿命。

这样，对于一等效的寿命，本发明能够减小该钢缆的尺寸，并由此减小了轮胎和胎体加强件的重量。

当然，本发明不限于上述实施例。

例如本发明的该钢缆的芯线 C0 可以由非圆形截面的钢丝构成，例如可以塑性变形，特别是基本为椭圆或多边形截面，例如三角形、方形或矩形；该芯线 C0 还可以具有一预制钢丝，无论是否是圆形，

例如波浪形或螺旋形钢丝,或绞合成螺旋线或之字形。在这种情况下,应当当然明白,该芯线 C0 的直径 d_0 是为绕着该芯线钢丝回转的假想圆柱形的直径(整体直径),而不是该芯线钢丝自己的直径(或其它横向尺寸,假如其横向截面不是圆形)。如果该芯线 C0 不是如上述实例由单根钢丝构成,而是多个钢丝组合在一起,例如两根钢丝彼此平行布置或交替绞合缠绕在一起,其绞合方向可以是或不是该中间层 C1 的方向,这同样适用。

出于工业可行性、成本和整体性能的原因,本发明最好是用圆形截面的单根的常规的直的芯线钢丝。

此外,由于在钢缆制作操作时芯线钢丝受到的应力比其他钢丝所受到的应力小,记住它在钢缆中的位置,它不需要使用该钢丝,例如在扭转中提供高延展性的钢组分;最好是可使用任何类型的钢,例如不锈钢,如 WO98/41682 所描述,混合钢的(1+5+10)或(1+5+11)结构钢缆,在中间具有一不锈钢丝和环绕它的 15 或 16 根碳钢钢丝。

当然,该两层 C1 和/或 C2 之一的(至少)一直的钢丝还可用一预成形和变形的钢丝替代,或更通常地用不同于直径为 d_1 和/或 d_2 的其它钢丝截面的钢丝,例如为了进一步改善该钢缆的橡胶或其它材料的渗透能力,该替代物钢丝的总体直径可以小于、等于或大于构成该层(C1 和/或 C2)的其它钢丝的直径(d_1 和/或 d_2)。

不改变本发明的精神,所有或部分构成本发明钢缆的钢丝可以用除钢丝以外的线材,不论是否是金属的,特别是具有好机械强度的有机或无机材料线材,例如在申请 WO92/12018 中描述的液晶有机聚合物的单丝。

本发明还涉及任何多股钢缆(“多股缆绳”),其结构至少包含了根据本发明分层钢缆的基本线束。

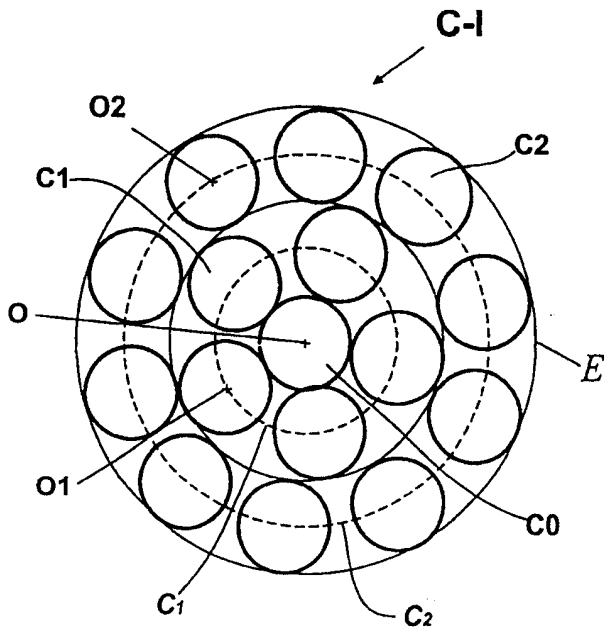


图 1

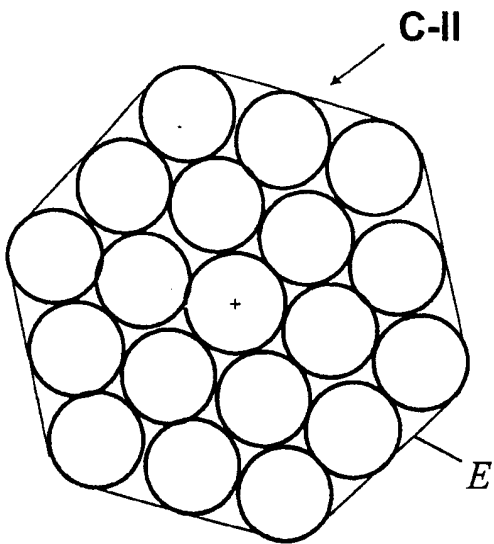


图 2

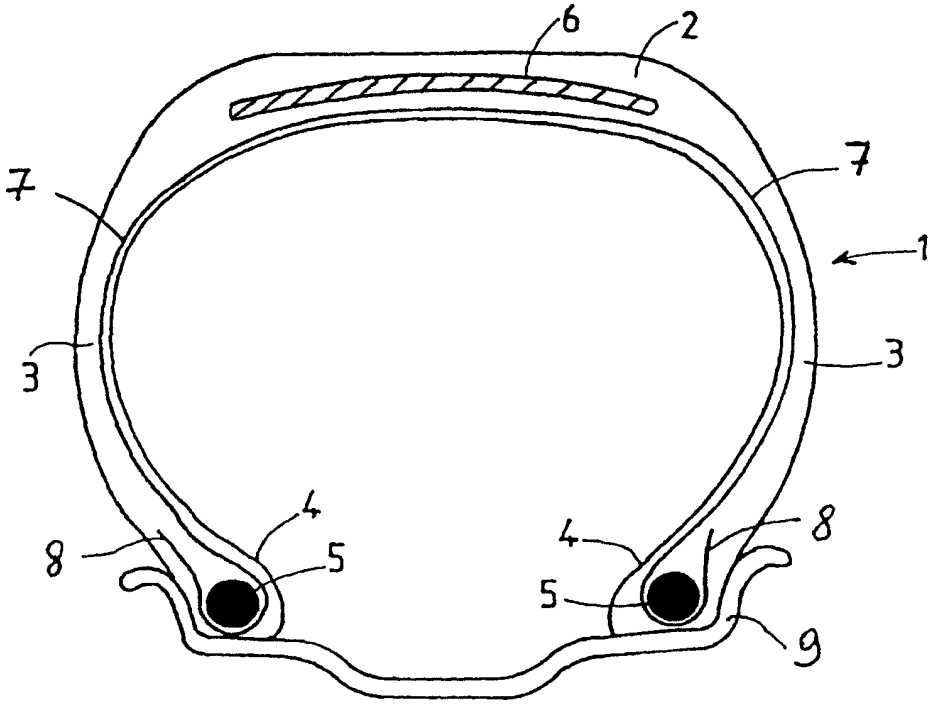


图 3