

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
D07B 1/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 98803250.3

[45] 授权公告日 2006 年 7 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1265053C

[22] 申请日 1998.3.13 [21] 申请号 98803250.3
[30] 优先权
[32] 1997. 3. 14 [33] FR [31] 97/03324
[86] 国际申请 PCT/EP1998/001462 1998. 3. 13
[87] 国际公布 WO1998/041682 法 1998. 9. 24
[85] 进入国家阶段日期 1999. 9. 10
[71] 专利权人 米什兰集团总公司
地址 法国克莱蒙费朗
[72] 发明人 弗朗索瓦 - 雅克 · 科多尼耶
埃里克 · 德普拉泰尔
审查员 朱明慧

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 甘 玲

权利要求书 3 页 说明书 23 页

[54] 发明名称

用于轮胎的混合钢制帘线 and 该钢制帘线的应用方法以及子午线轮胎

[57] 摘要

本发明涉及一种混合钢制帘线，包含与一或多根碳素钢丝接触的至少一根不锈钢丝，该不锈钢丝的微观结构含有低于 20% 的马氏体(体积百分比)。本发明还涉及在含有碳素钢丝的钢制帘线中至少一根不锈钢丝的应用，该不锈钢丝通过接触来提高所述的碳素钢丝的抗疲劳 - 磨损 - 腐蚀能力，因此提高了该钢制帘线自身的耐久性能。本发明还涉及用于增强塑料和/或橡胶制品的帘线，用这样的帘线来增强的塑料和/或橡胶制品，尤其是轮胎胎面或者这样的轮胎胎面的帘布层。

1. 混合钢制帘线，其特征在于它包含至少一根与一根或多根碳素钢丝相接触的不锈钢丝，该不锈钢丝的微观结构含有低于20%体积的马氏体。
2. 如权利要求1所述的帘线，其特征在于该不锈钢的微观结构含有低于5%体积的马氏体，或者不含有马氏体。
3. 如权利要求1或2所述的帘线，其特征在于该碳素钢含有重量比例在0.69%和0.95%之间的碳。
4. 如权利要求1所述的帘线，其特征在于该不锈钢含有重量比例低于0.2%的碳，在16%和20%之间的铬，低于10%的镍和低于2%的钼。
5. 如权利要求4所述的帘线，其特征在于该不锈钢含有重量比例低于0.12%的碳，在17%和19%之间的铬，低于8%的镍。
6. 如权利要求5所述的帘线，其特征在于该不锈钢至多含有重量比例为0.08%的碳。
7. 如权利要求1所述的帘线，其特征在于其中每一根钢丝的直径在0.12和0.35mm之间。
8. 如权利要求7所述的帘线，其特征在于其中每一碳素钢丝的最终变形率 ϵ 大于2。
9. 如权利要求8所述的帘线，其特征在于其中每一碳素钢丝的拉伸强度至少等于2000MPa。
10. 如权利要求9所述的帘线，其特征在于其中每一碳素钢丝的拉伸强度在2500MPa以上。
11. 如权利要求1所述的帘线，其特征在于其中的不锈钢丝涂有一层镍。
12. 如权利要求1所述的帘线，其特征在于其中的碳素钢或不锈钢钢丝涂有一层黄铜。

13. 如权利要求1所述的帘线,其特征在于其中的每一碳素钢丝与至少一根不锈钢丝相接触。

14. 如权利要求1所述的帘线,其特征在于其中至少50%数量的钢丝是碳素钢丝。

15. 如权利要求14所述的帘线,其特征在于它是基本的绞合线类型的帘线,该结构由扭转在一起成螺旋的一组N根钢丝所组成,其中 $N \geq 2$,每根碳素钢丝与至少一根不锈钢丝相接触。

16. 如权利要求14所述的帘线,其特征在于它是层状类型的,该结构是:由X根钢丝构成的一芯线,芯线由至少一个由Y根钢丝构成的第一层所包围,其本身可能被由Z根钢丝构成的第二层来包围。

17. 如权利要求16所述的帘线,其特征在于X从1至4, Y从3至12, Z从8至20。

18. 如权利要求16所述的帘线,是层状类型的,其特征在于其中的中心芯线由一根或多根不锈钢丝所组成,被至少一个碳素钢的第一层所包围并接触。

19. 如权利要求18所述的帘线,其特征在于该结构的中心芯线由一根不锈钢丝所构成,该钢丝被6根碳素钢丝的第一层所包围并接触,且其本身又被分别由11或12根碳素钢丝的第二层所包围。

20. 用来提高钢制帘线中一根或多根碳素钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力的方法,其特征在于在所述帘线的制造过程中,至少置入一根不锈钢丝以便与所述的碳素钢丝接触。

21. 如权利要求20所述的方法,其特征在于该不锈钢的微观结构含有体积比例低于20%的马氏体。

22. 如权利要求21所述的方法,其特征在于该不锈钢的微观结构含有体积比例低于5%的马氏体,或不含有马氏体。

23. 在钢制帘线中的至少一根不锈钢丝的应用方法,该钢丝通过接触来提高一根或多根碳素钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力。

24. 如权利要求23所述的应用方法，其特征在于该不锈钢的微观结构含有体积比例低于20%的马氏体。

25. 如权利要求24所述的应用方法，其特征在于该不锈钢的微观结构含有体积比例低于5%的马氏体，或不含有马氏体。

26. 将帘线用作轮胎增强件的方法，其中所述帘线包含至少一根与一根或多根碳素钢丝相接触的不锈钢丝，该不锈钢丝的微观结构含有体积比例低于20%的马氏体。

27. 塑料和/或橡胶制品，其由如权利要求1所述的帘线增强。

28. 如权利要求27所述的塑料和/或橡胶制品，由用于轮胎胎面的胎体增强帘布层所构成。

29. 如权利要求27所述的塑料和/或橡胶制品，由轮胎胎面所构成。

30. 一种工业用车的子午线轮胎，其胎体增强件通过权利要求1所述的帘线增强。

用于轮胎的混合钢制帘线和该钢 制帘线的应用方法以及子午线轮胎

技术领域

本发明涉及钢制帘线，特别是用于增强塑料和/或橡胶制成的物品，尤其是轮胎胎面(tyre envelopes)的钢制帘线。它还尤其涉及用于增强这种轮胎胎面的胎体(carcase)的帘线。

更确切地说，本发明涉及混合钢制帘线，即包含不同类型钢丝的帘线，该所述帘线具有高于轮胎的常规钢制帘线的耐久性。

背景技术

轮胎的常规钢制帘线已在大量的文献中描述。众所周知，它们由珠光体（或铁素体-珠光体）碳素钢丝构成，下文称作“碳素钢”，碳的含量通常在0.2%和1.2%（重量百分比）之间，其直径通常在0.10至0.50mm（毫米）的范围内。这样的钢丝需要具有非常高的拉伸强度，通常至少为2000MPa且优选高于2500MPa，这是由于在冷拉过程中发生的组织硬化而达到的。然后该钢丝以缆或绳的形式组合起来，因此采用的钢也必须具有足够的扭转延展性。

众所周知，在轮胎滚动时这些钢制帘线承受巨大的应力，尤其是重复的弯曲或曲率的变化，这使得钢丝互相摩擦而经受磨损和疲劳（用术语“疲劳—磨损”来总结的现象）。此外，与在干燥环境中的应用相比，水分的存在起很重要的作用，它通过诱导腐蚀而加速了上述的退化过程（“疲劳—腐蚀”的现象）。所有这些周知的的疲劳现象，在下文中总结为“疲劳—磨损—腐蚀”，导致该帘线的机械性能的过度恶化，在最为恶劣的滚动条件下，可影响它们的寿命。

为了提高具有金属胎壳的轮胎胎面的寿命，其中重复的弯曲应力可能非常严重，专利申请EP-A-648891提出了具有改良的耐久性和抗腐蚀能

力的钢制帘线，该帘线由不锈钢丝构成，其成分和微观结构赋予这些不锈钢丝代替碳素钢丝所需要的拉伸强度和扭转延展性；特别是，该不锈钢的微观结构含有至少20%且优选是至少50%体积的马氏体。

与常规的碳素钢制成的帘线相比，由于不锈钢丝抗疲劳-磨损-腐蚀能力好于碳素钢丝所显示出的抗疲劳-磨损-腐蚀能力，由这样的具有至少20%体积马氏体的不锈钢丝制成的帘线具有改进的耐久性。这种改进的抗疲劳-磨损-腐蚀能力显著增加了轮胎的寿命。

然而，与所述的常规的碳素钢制帘线相比，根据EP-A-648891的帘线具有成本昂贵的缺点，这是由于该钢的成分和获得这种钢丝的工艺所致；而且，在该所述申请中，简短地暗示为降低成本，应当采用混合钢制帘线，该帘线仅包括部分至少具有20%体积的马氏体的不锈钢丝，而其余部分可由碳素钢丝构成。

这些特殊的不锈钢丝的成本是很高的，主要是由于为了得到具有高的马氏体成分的微观结构而需要额外的通过冷拉来进行的转化阶段。此外，众所周知的是不锈钢变形越严重，特别是通过拉拔，它将硬化得越严重且在随后的每一阶段变得越难变形；这可导致拉丝模问题，特别是更快的模具磨损，从而增加了拉丝的成本。

所有这些缺点，结合在一起，当然对轮胎自身的成本有不利的影响。

发明目的

本发明的目的是通过提出一种新的钢制帘线来减少上述的缺点，该帘线与常规的仅仅含有碳素钢丝的帘线相比，其耐久性有相当的提高，根据本发明的帘线的耐久性非常接近根据前面提及的EP-A-648891中的帘线，该帘线采用特定的不锈钢丝来形成，但是可以以明显降低的成本来得到。

申请人在研究过程中意外地发现，在包含碳素钢丝的钢制帘线中采用至少一根不锈钢丝提高了与该不锈钢丝接触的碳素钢丝的抗疲劳-磨

损-腐蚀能力。因此钢制帘线自身的耐久性能整体上得到了提高，并且，采用这样的帘线增强的轮胎的寿命也提高了。

由于该不锈钢的这种出乎意料的作用，本发明的混合帘线可包含大部分的碳素钢丝，来承担绝大部分的载荷，而仅仅有限数量的不锈钢丝，或者甚至仅一根，其作用是通过简单地与碳素钢丝接触来提高它们的抗疲劳-磨损-腐蚀能力。

此外，因为该不锈钢丝不再必须承重，与在上述的申请EP-A-648891中的帘线的钢丝不同，总的优点是该最初的不锈钢丝不再需要进行严重的变形来获得高马氏体含量的微观结构；也不需要冷拉后能够给出高马氏体的微观结构的特定的不锈钢丝。因此，可有利地利用通过较低成本的加工方法获得的不锈钢丝。

因此，本发明的第一个目的是提供一种混合钢制帘线，包括至少一根不锈钢丝，与一根或多根碳素钢丝接触，该不锈钢丝的微观结构含有少于20%体积的马氏体。

本发明的第二目的是提供一种应用，在一钢制帘线中，至少一根不锈钢丝通过接触来提高一根或多根碳素钢丝的抗疲劳-磨损-腐蚀能力，这种应用适于任何类型的不锈钢丝，不仅限于尤其是其微观结构含有少于20%体积的马氏体的不锈钢丝。

本发明的另一个目的是提供一种方法，用来在一钢制帘线中提高一根或多根碳素钢丝的抗疲劳-磨损-腐蚀能力，其特征在于在所述帘线的制造过程中，通过增加或替换将至少一根不锈钢丝包括进该帘线中，从而该所述的不锈钢丝与所述的碳素钢丝接触。

本发明还涉及该帘线的应用，用来增强塑料和/或橡胶制成的物品，例如管、带、轮胎胎面，以及特别是设计用来增强这样的胎面的胎冠或胎体的增强层。

本发明还涉及采用本发明的帘线来增强的由塑料和/或橡胶制成的所述物品本身，尤其是轮胎胎面及其胎体增强帘布层，特别是当用于商

用车时比如厢式货车、卡车、拖车、地下交通工具，及用于运输、维护或土木工程的设备。

具体实施方式

本发明从下面的描述和实施例中将容易理解。

I. 定义与试验

I-1. 拉力测试(Dynamometric measurements)

按照1978年6月的NF A 03-151的AFNOR方法，用拉伸的方法进行用 F_m (N) 表示的断裂力、拉伸强度 R_m (MPa) 和断裂后的伸长率 A (%) 的测量。

I-2. 冷拉

按照定义，变形率 ε 由下式给出：

$$\varepsilon = \ln(S_i / S_f)$$

其中 $\ln$ 是自然对数， S_i 是在变形前的钢丝的初始截面积， S_f 是其变形后的最终截面积。

I-3. 钢的微观结构

采用公知的X射线衍射技术来进行钢的微观结构的识别和量化。

这种方法在于确定该钢的每一相的总的衍射强度，特别是 α' -马氏体、 ε -马氏体和 γ -奥氏体，将所有这些所述相的衍射峰的积分强度相加，从而能够计算每一相相对于该钢中存在的所有相的总和的百分比。借助铬对阴极，用测角仪测定所研究的钢丝部分的X射线衍射光谱。扫描能得到存在的每一相的特征线。在前述的三个相（两个马氏体和一个奥氏体）的情况下，从50到160度进行扫描。

为了确定峰积分强度，必须分离出干涉线。下面的关系式适用于任一相的每一个峰值：

$$I_{int} = (L_{mh} \times I_{max}) / P$$

其中：

- I_{int} : 峰积分强度
- L_{mh} : 峰半高宽 (度)
- I_{max} : 峰强度 (每秒的次数)
- P : 峰的测量步长 (例如 $2\theta = 0.05$ 度)

例如, 有如下的特征线:

γ -奥氏体	线 (111)	$2\theta = 66.8$
	线 (200)	$2\theta = 79.0$
	线 (220)	$2\theta = 128.7$
α' -马氏体	线 (110)	$2\theta = 68.8$
	线 (200)	$2\theta = 106$
	线 (211)	$2\theta = 156.1$
ϵ -马氏体	线 (100)	$2\theta = 65.4$
	线 (002)	$2\theta = 71.1$
	线 (101)	$2\theta = 76.9$
	线 (102)	$2\theta = 105.3$
	线 (110)	$2\theta = 136.2$

角 2θ 是以度表示的入射束和衍射束之间的总的夹角。

上述相的晶体结构如下:

- γ -奥氏体: 面心立方
- α' -马氏体: 体心立方或四方
- ϵ -马氏体: 密排六方

这样, 通过如下的关系式就能计算出任一给定的相 “i” 的体积百分比:

$$\text{“i” 相 \%} = I_i / I_t$$

其中: - I_i = 该 “i” 相的所有峰的积分强度之和

- I_t = 钢的所有衍射相的积分强度之和。

因而, 特别是:

$$\alpha'\text{-马氏体}\% = I_{\alpha'}/I_t$$

$$\epsilon\text{-马氏体}\% = I_{\epsilon}/I_t$$

$$\text{全部马氏体}\% = (I_{\alpha'} + I_{\epsilon}) / I_t$$

$$\gamma\text{-奥氏体}\% = I_{\gamma}/I_t$$

其中 $I_{\alpha'}$ = 所有 α' 马氏体峰的积分强度

I_{ϵ} = 所有 ϵ 马氏体峰的积分强度

I_{γ} = 所有 γ 奥氏体峰的积分强度。

在下述的部分，涉及钢的微观结构的相的百分比都是用体积来表示的，术语“马氏体”或“马氏体相”覆盖了 α' 和 ϵ 马氏体的总和。因此，术语“马氏体%”表示所有这两种马氏体相的总体积百分比，术语“奥氏体”表示 γ 奥氏体。如上确定的各个相的体积百分比以大约是5%的绝对精度得到。这意味着，例如，低于5%体积的马氏体的钢的微观结构实际上可认为不含有马氏体。

I-4. 回转弯曲试验

回转弯曲试验（“Hunter疲劳试验”）是一种公知的疲劳试验，在US-A-2435772中描述且在EP-A-220766中作为例子来测试用于轮胎胎面增强的金属丝的抗疲劳-腐蚀能力。

该试验通常用于单根的钢丝。在本说明中，该试验不是在孤立的一根丝上进行，而是在整个帘线上进行，从而可测试该帘线对疲劳-腐蚀的总的抵抗能力。此外，该帘线不是如在上述的EP-A-220766中作为例子所描述的沉浸在水中，而是暴露在外界空气中在一个控制湿度（相对湿度60%且温度20℃）的大气氛围中，因为这些条件接近于帘线用在轮胎胎面中所遇到条件。

该试验的原理如下：一给定长度的要测试的帘线的样品，由两个平行的夹子在其每一端固定。在一夹子处该帘线可自由转动，而在第二个夹子中紧紧固定，该第二个夹子是自身电动机驱动的。该帘线的弯曲能使一给定的弯曲应力 σ 施加到帘线上，其强度根据施加的曲率半径而变

化，其本身是该样品的有效长度（例如从70到250mm）和在该两夹子之间的距离（例如30至115mm）的函数。

为了这样测试预应力的帘线的耐久性，该带电动机的夹子被启动，使帘线经受很多个绕其自身的轴线的旋转周期，从而在其截面周围的每一点承受或者是拉力或者是压力（ $+\sigma$ ； $-\sigma$ ）。

实际上该试验按如下的方式进行：选取第一应力 σ ，以每分钟3000转来进行最多为 10^5 转的疲劳测试。依据通过该最多为 10^5 转的试验结束所得的结果—帘线的断裂或不断裂，向新的样品施加一新的力 σ （分别比前面的低或高），根据所谓的“往复”法("up-and-down" method) (Dixon & Mood: 美国统计学会杂志, 43, 1948, 109—126) 改变应力 σ 。这样进行总共17个反复。在该 10^5 次疲劳周期的最后，通过对该往复法所确定的试验的统计处理，能够确定一耐久限度—标为 σ_d —相当于50%的帘线断裂机率。例如，在这一系列反复的过程中施加的应力 σ ，对于含有三根直径大约0.18mm的钢丝的帘线结构(如下面实施例中的帘线C—1至C—7)，范围可从200到1500MPa。

为进行该试验，采用一由Bekaert制造的，RBT类型的回转弯曲试验机，该机装有一电子断裂检测器。“帘线的断裂”意指至少一根构成帘线的钢丝断裂。

计算应力 σ 的公式如下：

$$\sigma = 1.198E\phi/C$$

其中E是该材料的杨氏模量 (MPa)， ϕ 是断裂钢丝的直径 (mm)，C是两夹子之间的距离 (mm) ($C = L_o/2.19$ ， L_o 是该样品的有用长度)。

I-5. 皮带试验(Belt test)

“皮带”试验是一种已知的疲劳试验，例如在申请EP-A-362570中或在上述的EP-A-648891中已有描述。该被测试的钢制帘线被加入一橡胶制品中，然后硫化该制品。

其原理如下：该橡胶制品是一由已知的、橡胶基的混合物制成的环

形带，该混合物类似于现在用于轮胎胎面胎体的材料。每一帘线的轴线朝向皮带的纵向，且该帘线与皮带的表面以大约1mm深度的橡胶来相分开。当布置好皮带以致形成一个回转体的柱面时，该帘线形成一有与该柱面同样的轴线的螺旋线圈（例如以大约2.5mm的螺旋线的螺距）。

然后所述的皮带经受如下的应力：皮带绕两个滑轮转动，以便使每一帘线的各基本部分经受为最初的断裂力的12%的张力，并经受由曲率半径无限长到曲率半径40mm，共 50×10^6 转的曲率变化周期。该试验在控制的气氛中，大约20℃和60%的相对湿度中进行。对于每一皮带施加应力的持续时间大约为3周。在该施加应力过程结束后，帘线通过剥除而从皮带中取出，确定该疲劳的帘线钢丝的残留断裂力。

此外，制造一条同样的皮带，采用与前述相同的方法剥离出帘线，但是这次帘线没有经过疲劳试验。这些用来确定没有疲劳的帘线的钢丝的初始断裂力。

最后，通过比较该残留的和最初的断裂力来计算疲劳后的断裂力的下降值（用 ΔF_m 以%表示）。

就已知方式而言，该降低值 ΔF_m 是由于来自周围空气的水分和应力的共同作用所引起的疲劳和磨损造成的，这些条件与轮胎胎面胎体中的增强帘线所经受的条件相似。因此皮带试验是一种测量构成皮带中帘线的钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力的方式。

II. 实施例

在下面的描述中，除特别指明外，所有的百分比都指的是重量百分比。

II-1. 钢丝的性质和性能

为了制造出符合或不符合本发明的帘线的样品，采用直径 ϕ 在大约0.17和0.20mm之间变化的细的拉拔钢丝，该所述钢丝或者是碳素钢或者是不锈钢。

最初的钢的化学成分在下面的表1中给出，标为“T”的钢是碳素钢，

一种已知的有0.7%的碳的珠光体钢（美国标准AISI 1069），标为“A”、“B”或“C”的那些是不同类型的不锈钢（美国标准AISI 316、202或302）。标识每一元素（C, Cr, Ni, Mn, Mo, Si, Cu, N）的数值是以重量百分比表示的，余量是铁和一般不可避免的杂质，表1中的短划线（—）是指相应的元素如果有的话，也则仅以残量存在。在整个表中，“不锈钢”是指含有至少11%的铬和至少50%的铁（不锈钢的全部重量的百分比）的钢。

从上述的四种钢（T、A、B和C）开始，通过改变钢丝的最终拉延比制得具有不同直径的两组钢丝：一组钢丝的平均直径大约是0.200mm，标为钢丝1（钢丝T1、A1、B1和C1），第二组钢丝的平均直径大约为0.175mm，标为钢丝2（钢丝T2、A2、B2和C2）。

为了制备上述的钢丝，可采用公知的方法比如那些在上述申请EP-A-648891中作为例子描述的方法，从商品钢丝开始，其最初直径大约是钢A为0.8mm、钢B为0.6mm、钢C和T为1mm。

所有这些钢丝在随后的使用之前进行公知的去油污和/或酸洗过程，此外不锈钢丝电镀一层大约0.3 μ m（微米）厚的镍层。

在这个阶段，钢丝的拉伸强度大约是675MPa（钢A）、975MPa（钢B）、790MPa（钢C）和1150MPa（钢T）。其断裂后的伸长率对于不锈钢丝是35—45%，对于碳素钢大约是10%。

然后在环境温度下对每一钢丝电镀一层铜，再镀一层锌，随后通过焦耳效应将其加热到540℃，通过铜和锌之间的相互扩散作用而得到黄铜，重量比 $[\alpha\text{相}/(\alpha\text{相}+\beta\text{相})]$ 大约是0.85。一旦得到黄铜镀层后就不再进行处理了。

然后在有以已知的方式存在于水乳化液形式中的脂膏的湿介质中对每一钢丝进行最后的冷拉（即在最后的热处理之后）。该湿法拉拔以已知的方式进行，来得到表2所示的最终变形度 ϵ ，该 ϵ 从前面所示的原始商品钢丝的最初直径计算出。

这样拉拔出的钢丝具有表2所示的机械性能，其直径范围在0.171至0.205mm之间。包围在该钢丝周围的黄铜镀层（加镍层，如果有的话）实际上很薄，无疑低于1微米，例如，在0.15至0.30 μm （镍层大约是0.05 μm ，如果有的话）的数量级，与钢丝直径 ϕ 相比可忽略不计。

钢丝A1和B1是一组，A2和B2是另一组，都不含有马氏体或者含有低于5%的马氏体（体积）。钢丝C1和C2有高的马氏体含量（超过60%的体积），相当于上述的EP-A-648891中的不锈钢丝。当然，该最终的钢丝在其元素（如C、Cr、Ni、Mn、Mo）组成方面与最初的钢丝的组成是相同的。

应当明白的是在该钢丝的制造过程中，黄铜镀层有利于钢丝的拉拔，且使得当将此钢丝用于橡胶制品、尤其是轮胎胎面中时，可提高钢丝与橡胶的粘合力。至于镍镀层，可使黄铜层与不锈钢丝有良好的粘合力。

II-2. 帘线的制造

当在本说明中用来描述帘线时，术语“构成”或“结构”指的是帘线的结构。

然后上述钢丝组合起来以形成帘线，或者是以基本绞合线的形式或者以层状帘线形式。无论是否符合本发明的帘线，对那些熟悉本领域的人员来说都是用已知的工艺以及扭转或制缆设备来制备，为简便起见在此不再描述。

a) 帘线（1 $\times$ 3）

从表2的钢丝T2、A2、B2、C2开始，采用已知的扭转方法来制得7根已知结构或构造的标为（1 $\times$ 3）的帘线，每一根帘线由一束基本绞合线组成，该基本绞合线具有三根钢丝，在一步中，即在单次扭转操作的过程中，三根钢丝被扭转成螺距为10mm的螺旋（S方向）。

这些帘线标为C-1到C-7，采用表3中方括号内所示的各种组合来制备。这些帘线C-1至C-7的机械性能也在表3中示出。

结构为[3T2]（即由3根T2钢丝组成）的帘线C-1是仅有的全部由碳

素钢丝构成的帘线，因此不符合本发明。所以，它成为本系列帘线的“对照”帘线。为了制造包含1或2根不锈钢丝的帘线，与该对照帘线相比，可简单地将1或2根T2碳素钢丝用1或2根不锈钢丝来替换，使得后者的表面处于与其它构成该帘线的碳素钢丝T2的表面相接触的位置。

因此帘线C-2至C-7全都是混合的钢制帘线，它们或者包含一根不锈钢丝（帘线C-2、C-3和C-4），或者包含两根不锈钢丝（帘线C-5、C-6和C-7）。例如，帘线2的构成（2T2+1A2）是2根碳素钢丝T2与一根不锈钢（AISI 316）A2钢丝相接触而形成的，而帘线C-7的构成[1T2+2C2]由一根碳素钢丝T2，与两根不锈钢（AISI 302）钢丝C2接触构成的。

混合帘线一组为C-2和C-3，另一组为C-5和C-6，都是符合本发明的帘线，因为它们的不锈钢丝的微观结构含有低于20%体积的马氏体。

同样符合本发明的是帘线C-2至C-7中的每一根不锈钢丝（A2、B2或C2）的应用，该钢丝通过接触来提高碳素钢丝（T2）的抗疲劳—磨损—腐蚀能力，因为实际上本发明覆盖了任何类型的不锈钢丝的应用，包括微观结构含有超过70%体积的马氏体的钢丝C2。

b) 帘线（1+6+12）

从前面的两组钢丝（T1、A1、B1和C1是一组，T2是另一组）开始，用制缆机制成4根已知结构的标为（1+6+12）的层状帘线(layered cords)，由一根钢丝构成的中心芯线被第一层的、内层的六根钢丝所包围并接触，而该内层钢丝又被第二层的、外层的12根钢丝所包围并接触。

这种类型的层状帘线是专为工业轮胎胎面的增强而设计的。它由总共19根钢丝的一股所组成，一根作为芯线，其余的18根在两个相邻的同心层中绕这根芯线扭转。这样的帘线结构的特定例子在上述的申请EP-A-362570中有过描述。

在这些帘线中，仅仅该芯部钢丝的性质变化，或者是不锈钢或者是

碳素钢。该芯部钢丝的直径大约是0.200mm，相当于1号钢丝。包围该芯线的两层具有同样的10mm的螺距和同样的缠绕方向(Z)，且包含总共18根直径为0.175mm的碳素钢丝(钢丝T2)。

因此，对于每一帘线的芯线，相当于表1中的一个钢的变量。这些帘线标为C-11至C-14，根据表4中的方括号中所示的各种结构制备。结构为[1T1+6T2+12T2]的帘线C-11是仅有的全部由碳素钢丝构成的帘线，因此是本系列帘线的“对照”帘线。帘线C-12至C-14是有不锈钢芯线的混合钢制帘线：例如，结构为[1A1+6T2+12T2]的帘线C-12是这样形成的，一根不锈钢(AISI 316) A1钢丝与6根碳素钢T2钢丝相接触，这六根钢丝形成第一层、内层，且本身又被12根T2钢丝的第二层、外层所包围。

这些钢丝的机械性能也在表4中显示出来。可看出不同的缆线的断裂力大致相同，即使不锈钢丝(钢丝A和B)的强度较低也是如此。这是由于所用的不锈钢丝的比例很小(在总共19根钢丝中仅仅一根不锈钢丝)。

该混合缆线C-12和C-13符合本发明，其钢丝中不锈钢丝的微观结构含有低于20%体积的马氏体。

还与本发明一致的是帘线C-12至C-14中的任一不锈钢丝(A1、B1或C1)的应用，该钢丝通过接触来提高形成内层的碳素钢丝T2的抗疲劳-磨损-腐蚀能力，因为实际上本发明覆盖了微观结构含有超过60%体积的马氏体的钢丝C1的应用。

提高在钢制帘线C-12至C-14中内层碳素钢丝T2的抗疲劳-磨损-腐蚀能力的方法也符合本发明，因为该方法在于使所述的缆线通过置入了不锈钢丝芯线来代替碳素钢丝芯线，从而使不锈钢丝芯线的表面与包围该不锈钢丝芯线的6根T2碳素钢丝的表面接触。

c) 帘线(1+6+11)

从前面的钢丝组(T1和B1是一组，T2是另一组)开始，用前述的制

缆机来制成2根已知结构(1+6+11)的层状帘线,也是特为工业轮胎胎面的增强而设计的,其中由一根钢丝组成的中心芯线被六根钢丝的第一层、内层的所包围并接触,而该内层钢丝又被11根钢丝的第二层、外层的所包围并接触。这些层状帘线由总共18根钢丝的一股所组成,一根作为芯线,其余的17根在两邻接的同心层中绕这根芯线扭转,其最终产品称为是不饱和的。

在这些帘线中,仅仅该芯部钢丝的性质变化,或者是不锈钢(芯B1)或者是碳素钢(芯T1)。该芯部钢丝的直径大约是0.200mm,相当于1号钢丝。包围该芯线的第一层的螺距是5.5mm而第二层(外部)的螺距是11mm;这两层沿同样的方向(Z)扭转,且由总共17根直径为0.175mm的碳素钢丝(T2)所组成。

这些帘线标为C-15至C-16,根据表4中的方括号中所示的各种结构制备。结构为[1T1+6T2+11T2]的帘线C-15是仅有的全部由碳素钢丝构成的帘线,因此是本系列帘线的对照帘线。标为C-16的混合钢制帘线的结构[1B1+6T2+11T2]是这样形成的,一根B1不锈钢(AISI 202)钢丝与6根碳素钢T2钢丝相接触,这六根钢丝形成第一层、内层,其本身由11根T2钢丝形成的第二层、外部的且不饱和的层所包围。这些帘线的机械性能也在表4中显示出来,实际上它们是相同的,这是由于所用的不锈钢丝的比例很小(在总共18根钢丝中仅仅一根不锈钢丝)。

帘线C-16符合本发明,因为其芯线钢丝的不锈钢的微观结构含有低于5%体积的马氏体。同样符合本发明的是帘线C-16中的不锈钢丝(B1)的应用,该钢丝通过接触来提高形成内层的碳素钢T2的钢丝的抗疲劳-磨损-腐蚀能力。提高在帘线C-16中的内层的碳素钢丝T2的抗疲劳-磨损-腐蚀能力的方法也符合本发明,因为该方法在于使所述的帘线置入了不锈钢丝来代替碳素钢丝芯线,从而使不锈钢丝与包围该不锈钢丝芯线的6根T2碳素钢丝接触。

II-3. 帘线的耐久性

A) 回转弯曲试验

本试验的目的是证明混合钢制帘线的改进的耐久性，特别是在潮湿的环境中，当它们部分由不锈钢丝而其余部分由碳素钢丝构成时。帘线C-1至C-7经受在I-4部分描述的回转弯曲试验。结果在表5中示出；可以看出在所有的情况中断裂的是碳素钢丝。

应力 σ_d 是相当于在试验条件下50%的断裂机率的耐久极限：它以绝对单位（MPa）和相对单位（r.u.）给出。可以看出符合本发明的所有实施例有明显的提高，在帘线C-2至C-7中比在只含有碳素钢丝的对照帘线C-1中 σ_d 高出10至20%。此外，在所有情况下，对试验的帘线中的各种钢丝的目测检查表明，在所有情况下，几乎不存在磨损现象，因此该提高的结果归因于碳素钢丝的抗疲劳-腐蚀能力的提高。

此外，在试验之后，在帘线C-2至C-7中在与不锈钢丝接触的碳素钢丝上没有观察到特定的腐蚀痕迹：这种结果对熟悉本领域的人员来说是预料不到的，他们可能害怕在这样潮湿的环境中加速的且有很大损害的腐蚀将影响碳素钢丝，恰恰因为不锈钢丝的存在，可导致所谓的“电化”或“双金属”作用，这在冶金学领域是众所周知的。

本试验在基本的3钢丝绞合线上进行，但不必说本发明涉及任何类型的构成为（1×N）的基本绞合线，该绞合线由一组N根（ $N \geq 2$ ）在一次成缆操作中扭转成螺旋的钢丝所组成，且至少一根不锈钢丝与一或多根碳素钢丝相接触，该不锈钢丝的微观结构含有低于20%体积的马氏体。在这样的一股中，N也许可达到数十根钢丝，例如20至30根钢丝或更多；最好是，N的范围从2到5。

当然，本发明还涉及任何单一构成（即含有较少数目的钢丝）的（P+Q）类型的绞合帘线(stranded cord)， $P \geq 1$ ， $Q \geq 1$ ，且最好P+Q的范围从3至6，通过组合至少一束基本绞合线（或单根钢丝）与至少另一束基本绞合线（或单根钢丝）而获得，在这样的（P+Q）构成的多股帘线中的钢丝不是在一次绞合操作过程中扭转在一起成为螺旋，这与前面描述的

基本的 $(1 \times N)$ 绞合线不同；例如，可涉及构成为 $(2+1)$ 、 $(2+2)$ 、 $(2+3)$ 或甚至 $(2+4)$ 的绞合线。

本发明还涉及任何至少一束绞合线符合本发明的钢制多束帘线(multi-strand cord)（几束绞合线的组件），还涉及在这样的多束帘线中不锈钢丝的应用，该钢丝通过接触来提高碳素钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力。

B) 皮带试验

本试验的目的是证明在混合钢制缆中的碳素钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力的提高是由于碳素钢丝和不锈钢丝的接触，其中该混合钢制帘线由碳素钢丝和不锈钢丝制成。

这里应当注意的是在不锈钢丝或碳素钢丝上可有各种非常薄的镀层，比如前面所述的镍和/或黄铜镀层，这些镀层对皮带试验的结果不会产生影响，因为所述的镀层在起初的几个钢丝之间的摩擦循环中很快就被去掉了。

1) 帘线 $(1+6+12)$

帘线C-11至C-14进行在I-5部分所述的皮带试验，依据帘线中的钢丝的位置且对每一试验的帘线进行，来确定每种类型的钢丝的初始和残余断裂力（平均值）。芯部钢丝（标记为N0的层），第一层、内层的钢丝（标记为N1的层）和第二层、外层的钢丝（标记为N2的层）的降低值 ΔF_m 在表6中以百分比形式给出。帘线自身的而不是孤立的钢丝的总的降低值 ΔF_m 也确定了。

对表6的研究揭示如下内容：

— 不锈钢芯部钢丝（层N0； $\Delta F_m=0-5.1\%$ ）的退化比碳素钢芯部钢丝（ $\Delta F_m=29.4\%$ ）的退化小；无论应用的是哪一种不锈钢丝，即甚至当该不锈钢丝的微观结构实际上不含有马氏体（对于帘线C-12和C-13低于5%体积）时，这种结果都能观测到，这是预料之外的结果。

— 更令人意外的是，内层（N1层）的碳素钢丝—在帘线中与不锈

钢芯部钢丝接触—更好地经受了试验：它们的降低值 ΔF_m （8.7至10.4%）平均低于对照帘线C—11的同样层（N1）的钢丝的降低值（23.7%）60%；这里也同样证明不管应用的是什么类型的不锈钢丝，即无论不锈钢丝中是否含有马氏体，提高大致上是相同的；

— 所有上述提高通过帘线自身的性能和耐久性反映出来；帘线C—12至C—14的总的降低值 ΔF_m （8.4—10.4%）低于对照帘线的降低值（15.2%）30%；

— 最后，无论测试哪根帘线，在第二层（层N2）中的钢丝的退化基本上相同（ ΔF_m 在8.8%和11%之间），正如所料，因为无论测试哪根帘线，那些钢丝的环境是相同的。

与上述的结果相关，各种钢丝的目测检查显示，在帘线C—12至C—14中由钢丝之间互相反复摩擦而产生的磨损现象明显地减少；这不仅对具有高马氏体含量的不锈钢芯部钢丝是正确的，而且对其它的其微观结构中实际上不含有马氏体的不锈钢芯部钢丝也是正确的；而且，令人惊讶的是，发现在内层（N1）的碳素钢丝上磨损同样减轻，该碳素钢丝与不锈钢芯部钢丝接触。

2) 帘线（1+6+11）

帘线C—15至C—16在如前所述的同样条件下进行皮带试验。芯部钢丝（层N0），第一层、内层的钢丝（N1）和第二层、外层的钢丝（N2）的降低值 ΔF_m 在表6中以百分比形式给出。帘线自身的而不是孤立的钢丝的总的降低值 ΔF_m 也确定了。

对表6的检查显示出与前面一样好的结果，即：

— 不锈钢芯部钢丝（层N0； $\Delta F_m=3.7\%$ ）的退化远低于碳素钢芯部钢丝（ $\Delta F_m=15.8\%$ ）；

— 内层（N1）的碳素钢丝—在帘线中与不锈钢芯部钢丝接触—更好地经受了试验：它们的降低值 ΔF_m （8.3%）平均低于对照帘线C—15的碳素钢芯部钢丝同样N1层钢丝的降低值（15.5%）一半；

— 最后, 无论测试哪根帘线, 第二层(层N2)的退化基本上相同($\Delta F_m = 9\%$ 或 11%), 正如所料, 因为无论帘线是否符合本发明, 那些钢丝的环境是相同的。

如在前面试验中所述, 各种钢丝的目测检查显示, 在帘线C-16中由钢丝之间互相反复摩擦而产生的磨损现象与帘线C-15相比明显减少; 这不仅适用于其微观结构中实际上不含有马氏体的不锈钢芯部钢丝, 而且, 令人惊讶的是, 也适用于在内层(N1)的与不锈钢芯部钢丝接触的碳素钢丝。

因此, 不锈钢芯部钢丝的存在, 出乎意料地减轻了芯部钢丝和第一层钢丝之间的疲劳现象, 提高了该钢制帘线的整体性能。而且, 芯部钢丝和第一层钢丝之间减轻的磨损有助于降低钢丝之间的阻断危险和作为结果而产生的张力的不平衡。

这些试验描述了结构为(1+6+12)和(1+6+11)的层状帘线, 但是本发明还涉及所有类型的层状帘线, 无论是否包裹, 只要该帘线含有至少一根其微观结构含有低于20%体积的马氏体的不锈钢丝, 该不锈钢丝与一或多根碳素钢丝接触, 这样的层状帘线具有普通结构(X+Y+Z), 有X根钢丝构成的一芯线, 芯线由至少一个由Y根钢丝构成的第一层所包围并接触, 该第一层本身可能被由Z根钢丝的第二层来包围, 这里优选的是视情况而定, X从1至4, Y从3至12, Z从8至20。

例如, 在这样的帘线中, 如果X=1, 第一层(饱和或不饱和)可以为Y=4、5或6, 如果X=2, 则Y=6、7或8, 如果X=3, 则Y=8、9或10, 如果X=4, 则Y=9、10或11, 且该第一层可以是仅有的一层(当Z=0时)或者, 与之不同, 它可能被含有Z根钢丝的第二层(饱和或不饱和)来包围, 例如, 如果Y=6, 则Z=11或12, 如果Y=7, 则Z=12或13, 如果Y=8, 则Z=13或14, 如果Y=9, 则Z=14或15, 并且钢丝的螺距和/或扭转方向和/或直径从一层到另一层是相同的或者是不同的, 如果需要, 这样的缆也可被一钢丝绕最后层螺旋状缠绕。

在这种分层帘线中，根据本发明的优选实施方案，中心芯线由一或多根不锈钢丝构成，外围有至少一个第一层碳素钢丝包围并接触。尤其是，应当强调芯线由一根不锈钢丝组成的层状帘线，比如具有在前面的试验中所述的(1+6+12)或(1+6+11)构成的帘线的优点：因为该芯部钢丝，由于其在帘线中的位置，在帘线的制造过程中受较小的应力，所以不必采用特殊的具有较高扭转延展性的不锈钢的化学成分。

关系到不锈钢丝在帘线中应用的另一已知的问题涉及到这样一个事实，即用来提高帘线与橡胶的粘合力的黄铜层通常在不锈钢丝上形成沉积比在碳素钢丝上更难，这就是为什么需要沉积一层中间层，例如一层镍。现在，对于仅有一根不锈钢芯线的层状帘线，该钢丝通常不直接与橡胶接触，因此镀黄铜和镍的操作可省略，这就降低了不锈钢丝的制造和应用的成本。这样该钢丝可在矿物油中进行简单地干法拉拔或湿法拉拔。

C) 轮胎中试验

该试验的目的是表示在钢制帘线中仅仅一根不锈钢丝的应用，它与两根碳素钢丝接触，来提高碳素钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力，因此提高帘线自身的耐久性，使得轮胎胎体胎面的寿命有明显的提高，而无论该不锈钢的微观结构是否含有马氏体。

在该试验中，制造四个轮胎胎面P-1、P-2、P-3和P-4，其子午线轮胎胎体含有单个子午线排列帘线层，分别由帘线C-1、C-2、C-3和C-4来增强。这样，胎面P-1就成为这些试验中的对照胎面。将胎面置于已知的且同样的轮辋上，并用水分饱和的空气充气到同样的压力。然后胎面在同样的载荷下以同样的速度在自动滚动机上滚动，直到帘线断裂（胎体增强件破裂）。

这样发现各种胎面已经运行的距离如下（对照胎面的距离作为基数100）：

P-1: 100

P-2: 220

P-3: 280

P-4: 220

因此根据本发明增强的胎面运行的距离几乎比对照胎面的多2至接近3倍。

因此，如前面所述的各个实施方案所示，本发明可显著提高用于增强塑料和/或橡胶制品、特别是轮胎胎面的钢制帘线的耐久性，并提高了这些物品自身的使用寿命。在所述的钢制帘线中，通过使碳素钢丝的表面与不锈钢丝的表面接触，即使当在钢丝的表面只有非常薄或超薄的镀层时，可出乎意外地提高该碳素钢丝的抗疲劳—磨损—腐蚀能力。

因此这也提供了一种提高轮胎的钢制帘线的寿命和轮胎的寿命的手段，它们以较低的成本且实际上在某些情况下可忽略不计的额外成本进行增强。

然而在EP-A-648891中，不锈钢丝的使用是因为钢丝本身的特定的拉伸强度和抗疲劳及腐蚀性，而根据本发明的不锈钢丝的应用是通过接触来提高与其共同形成帘线的其它碳素钢丝的抗疲劳性能。

因此本发明的这些帘线的拉伸强度可基本上由优选占大多数的碳素钢丝来承担。不锈钢丝自身仅对帘线的拉伸强度有轻微的或几乎可忽略不计的贡献，因此不锈钢丝的机械性能不必苛求。该不锈钢丝的化学组成和微观结构不再需要象按现有技术用不锈钢丝来制造帘线时需要用机械强度来规定，在此意义上，对这些不锈钢丝是不必苛求的。因此很大范围的不锈钢成分都是可能的，从而涉及成本和获得这些钢丝的方法的制约可得到优化。

优选地，本发明的用于帘线的钢丝的钢具有至少一个下面的特征：

— 碳素钢含有0.5%和1.0%之间，优选是0.68%和0.95%之间的碳，这些百分含量代表了在轮胎所需要的机械性能和钢丝的可行性之间的一个较好的折衷；应当说明的是在实际应用中机械强度不必尽可能地高，

无论是否用在轮胎中都是这样，有利的是，所用的碳素钢可含有从0.50%和0.68%之间的碳，尤其是0.55%至0.60%，并且，最终这样的钢成本较低，因为更容易拉丝；

— 不锈钢含有低于0.2%的碳（有利于变形），在16%和20%之间的铬（在钢丝的成本与其抗腐蚀性能之间的较好的折衷），低于10%的镍和低于2%的钼（以便限制钢丝的成本）；

— 最优选的是，不锈钢含有低于0.12%的碳，在17%和19%之间的铬，低于8%的镍，碳含量更优选的是等于0.08%（原因同上）。

优选的是，本发明的帘线具有至少一个下面的特征：

— 不锈钢的微观结构含有低于10%，最优选是低于5%的马氏体或根本没有（体积百分比），因为这样的钢成本较低且更容易变形；

— 作为在强度、弯曲耐久性和可行性之间的较好的折衷，当帘线用于增强轮胎胎面时，钢丝的直径 ϕ 在0.10和0.45mm之间，更优选是在0.12和0.35mm之间；尤其更优选的是，当帘线用于增强轮胎胎面的胎体时，钢丝直径 ϕ 最好在0.15至0.25mm的范围内；

— 碳素钢丝的最终变形率 ϵ 大于2.0，优选是大于3.0；

— 碳素钢丝的拉伸强度至少等于2000MPa，优选是大于2500MPa；

— 至少50%且优选是大多数钢丝是碳素钢丝；更为有利的是，至少2/3的钢丝是碳素钢丝；

— 每一碳素钢丝与至少一根不锈钢丝接触。

对于工业轮胎胎体的增强，本发明最好采用结构为（1+6+12）或（1+6+11）的帘线，特别是当仅仅芯部钢丝是由不锈钢制成时。

当然，本发明不仅限于上述的实施方案。

例如，本发明涉及任何多股的混合钢索，其结构中含有的至少一股符合本发明，特别是至少一股具有前面所述类型的构成，即（1×N）、（P+Q）或（X+Y+Z）。

本发明还涉及任何多股的混合钢索，其中至少一股由不锈钢制成（即

由不锈钢丝构成)且与一或多股碳素钢丝接触(即由碳素钢丝构成),本发明还涉及在这样的多股钢索中至少一根不锈钢股的应用,通过接触来提高形成其它的股的碳素钢丝的疲劳—磨损—腐蚀耐久性。

在上述实施例中,在最终的拉丝之前不锈钢丝镀有一镍层,还镀有黄铜,但是其它的制造方法也是可行的,例如镍可用其它一些金属来代替,比如铜、锌、锡、钴或这些中的一种或多种的合金。另一方面,镍层沉积相对较厚(拉拔前大约为 $0.3\mu\text{m}$),但是超薄的一层就足够了,例如通过所谓的“快速(flash)”沉积来获得(例如拉拔前厚度为 0.01 至 $0.03\mu\text{m}$,拉拔后厚度为 0.002 至 $0.006\mu\text{m}$)。

最后的拉拔也可以以“光亮(bright)”钢丝,即没有金属涂层的钢丝来进行,而不论是不锈钢或碳素钢丝。已经发现皮带试验和回转弯曲试验的结果基本上相同,而无论不锈钢丝或碳素钢丝是否光亮或正相反涂有各种涂层。

当然,碳素钢丝也可涂敷一薄层不是黄铜的金属层,其作用是例如将提高它们的抗腐蚀能力和/或它们对橡胶的粘合力,例如一薄层Co、Ni、Zn、Al、Al-Zn合金,或者是两种或两种以上的元素Cu、Zn、Ni、Co、Sn的合金,比如含有尤其是5至15%的镍的三相Cu-Zn-Ni合金,所述的金属层通过前面所述的“快速”沉积技术获得。

另一方面,本发明的混合钢制帘线可含有不同直径和性质的钢丝,例如不同化学组成的不锈钢丝和不同化学组成的碳素钢丝,而没有脱离本发明的范围;它们还可含有除碳素钢丝和不锈钢丝之外的其它金属丝,或者甚至是非金属纤维比如矿物或有机纤维。本发明的帘线还可含有预成形的钢丝,比如波状弯曲以使帘线结构松散到较大或较小的程度,提高它们被塑料和/或橡胶材料的渗透性,且这些丝的预成形或卷曲的间隔可小于、等于或大于帘线自身的扭合节距。

表1

钢种	AISI	C	Cr	Ni	Mn	Mo	Si	Cu	N
T	1069	0.7	-	-	0.5	-	0.2	-	-
A	316	0.03	17.5	12.6	0.7	2.4	0.5	0.2	0.03
B	202	0.08	18.1	5.4	9.2	-	0.6	-	0.03
C	302	0.08	18.4	8.8	0.8	0.2	0.7	0.4	0.05

表2

钢丝	钢种	ε	ϕ	马氏体 (%)	Fm (N)	A (%)	Rm (MPa)
T ₁	T	3.2	0.200	0	82	1.0	2625
A ₁	A	2.7	0.205	<5	61	1.7	1839
B ₁	B	2.2	0.203	<5	67	2.4	2057
C ₁	C	3.2	0.199	>60	78	1.1	2502
T ₂	T	3.5	0.175	0	69	1.0	2876
A ₂	A	3.1	0.174	<5	43	1.6	1793
B ₂	B	2.5	0.173	<5	50	2.1	2118
C ₂	C	3.5	0.171	>70	62	1.0	2876

表3

帘线	结构	Fm (N)	A (%)	Rm (MPa)
C-1	[3T2]	202	1.9	2835
C-2	[2T2+1A2]	177	1.5	2489
C-3	[2T2+1B2]	185	2.0	2595
C-4	[2T2+1C2]	197	1.8	2760
C-5	[1T2+2A2]	146	1.6	2209
C-6	[1T2+2B2]	168	1.9	2368
C-7	[1T2+2C2]	191	1.8	2680

表4

帘线	结构	Fm (N)	A (%)	Rm (MPa)
C-11	[1T1+6T2+12T2]	1237	1.8	2628
C-12	[1A1+6T2+12T2]	1243	1.6	2635
C-13	[1B1+6T2+12T2]	1245	1.9	2680
C-14	[1C1+6T2+12T2]	1275	1.9	2705
C-15	[1T1+6T2+11T2]	1177	2.2	2683
C-16	[1B1+6T2+11T2]	1116	1.8	2536

表5

帘线	σ_d (MPa)	σ_d (r.u.)
C-1	400	100
C-2	454	114
C-3	438	110
C-4	445	111
C-5	475	119
C-6	468	117
C-7	478	120

表6

帘线	ΔF_m (%)			
	N0	N1	N2	帘线
C-11	29.4	23.7	9.4	15.2
C-12	5.1	8.7	9.4	9
C-13	0	9.3	8.8	8.4
C-14	0.6	10.4	11	10.4
C-15	15.8	15.5	8.4	11.1
C-16	3.7	8.3	10.1	9.1