

# 用矩形钢丝制造全钢载重无内胎子午线轮胎钢丝圈

王兴安, 石磊, 康晓波

(东风轮胎集团有限公司, 湖北十堰 442053)

**摘要:**介绍了用矩形钢丝制造的斜底15°矩形钢丝圈特点及生产工艺,并对我国轮胎制造业及国家有关部门提出了几点建议。与用挂胶圆形钢丝制造的斜底15°六角形钢丝圈相比,用矩形钢丝制造的斜底15°矩形钢丝圈具有轮胎行驶时各层钢丝受力均匀、能以较小的横截面积获得与斜底15°六角形钢丝圈相等的承载力、可简化全钢载重无内胎子午线轮胎胎圈的制造工艺等优点。建议国家有关部门尽快制定矩形钢丝的行业或国家技术标准以及斜底15°矩形钢丝圈的生产技术标准。

**关键词:**全钢载重无内胎子午线轮胎;矩形钢丝;钢丝圈

**中图分类号:**U463.341+.6;TQ330.38+9 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2002)02-0073-04

钢丝圈是轮胎的重要部件,它使轮胎能紧箍轮辋,胎内的气体不外泄,保证胎体承受车辆的静载荷和动载荷,以确保车辆安全平稳运行。1993年我们在斯洛伐克最大的轮胎厂——布霍夫橡胶厂培训学习期间,看到该厂购进一种成品断面为矩形的钢丝圈直接用于胎坯成型,这种钢丝圈采用横断面为矩形(断面尺寸为3 mm × 1.5 mm)的钢丝多股、多层紧密缠绕成型、薄钢带环沿圆周4等分箍紧制成,制造钢丝圈用的单股矩形钢丝表面没有覆胶,可以看到其表面镀层颜色与国内现用的圆形钢丝镀层颜色一致。1994年在解剖法国米其林公司生产的11R22.5全钢载重无内胎子午线轮胎的时候,同样发现了该轮胎的钢丝圈也是用横断面为矩形(断面尺寸为2 mm × 1.3 mm)的钢丝多股、多层紧密缠绕而成,钢丝排列为5层,每层8根钢丝,该钢丝圈的截面尺寸为16 mm × 6.5 mm,据调查是比利时贝卡尔钢铁公司提供的。目前这种钢丝圈在国内轮胎制造业还从未有过应用,而且国内在这方面的文献介绍很少<sup>[1]</sup>,我们对它的认识也不是很多,在此只想

做一个简单的介绍和探讨。

## 1 用矩形钢丝制造的斜底15°矩形钢丝圈特点

### 1.1 保证轮胎行驶过程中钢丝圈各层钢丝受力均匀

目前国内生产的全钢载重无内胎子午线轮胎均使用轮胎厂自行制造的斜底15°六角形钢丝圈,其断面情况如图1所示。

斜底15°六角形钢丝圈在轮胎硫化过程中,每根钢丝的覆胶要发生流动,钢丝圈的整体形状很难保持,即原本的六角形有可能变为多角形,另外在轮胎行驶过程中,钢丝层与层、根与根之间的胶料,由于钢丝不断地伸缩受力而被不断地拉伸、挤压,造成钢丝圈疲劳应力加大,严重时会对胎圈与轮辋之间的箍紧力产生不良影响,这种情况对承受重载而且要求高速性能优良的全钢载重无内

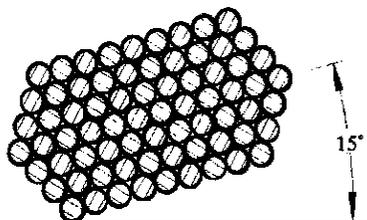


图1 斜底15°六角形钢丝圈截面

**作者简介:**王兴安(1947-),男,北京人,东风轮胎集团有限公司高级工程师,从事轮胎工业及建材工业用异形钢丝、轿车子午线轮胎一次法成型机等的研究开发工作,现任明拓科技有限公司总工程师。

胎子午线轮胎来讲尤其不利,因为胎圈对轮辋的箍紧力减小不但影响高速行驶的汽车功率的正常传递以及导致胎圈部位的疲劳损坏<sup>[2]</sup>,而且还可能造成全钢载重无内胎子午线轮胎发生漏气、负荷能力下降或其它事故。

用矩形钢丝制造斜底 15° 矩形钢丝圈时,不在矩形钢丝的外表面覆胶,而是直接用光面矩形钢丝多层、多股紧密缠绕,薄钢带捆扎而成,其断面情况如图 2 所示。制成的胎坯经硫化后,该钢丝圈就被一圈邵尔 A 型硬度大于 90 的胶料牢牢地固定住。在轮胎行驶过程中,由于钢丝圈各层钢丝之间没有可被挤压变形的胶料,而且各层钢丝之间是平面接触,钢丝层与层、根与根之间根本不可能错位,因此,各层钢丝会同时进入受力状态,这样胎圈对轮辋的箍紧力就相当稳定,不仅能可靠地传递汽车功率,最大限度地减小胎圈部位的疲劳应力,而且又保证了胎圈与轮辋之间良好的气密性,其安全性和可靠性对全钢载重无内胎子午线轮胎而言是圆断面钢丝制成的斜底 15° 六角形钢丝圈所无法比拟的。

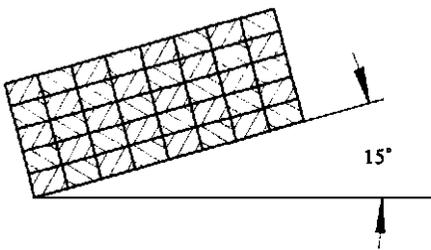


图 2 斜底 15° 矩形钢丝圈截面

## 1.2 以较小的横截面积获得同等的承载力

子午线轮胎钢丝圈承载力  $T$  的计算公式<sup>[1]</sup>

如下:

$$T = \frac{P \cdot (R_k^2 - R_m^2) \cdot K}{2} \quad (1)$$

式中  $P$ ——轮胎使用气压,MPa;

$R_k$ ——内轮廓半径,mm;

$R_m$ ——最宽点半径,mm;

$K$ ——计算因数。

欲满足钢丝圈承载力  $T$ ,其钢丝根数  $N$  为:

$$N = FT/S \quad (2)$$

式中  $F$ ——安全倍数;

$S$ ——单根钢丝破断力,N。

从式(2)得到钢丝圈承载力的另一表达式:

$$T = NS/F \quad (3)$$

我们知道,钢丝破断力  $S = BA$ ,  $B$  为钢丝抗拉强度(MPa), $A$  为钢丝横断面面积( $\text{mm}^2$ ),则公式(3)可演变为:

$$T = NAB/F \quad (4)$$

式中  $NA$ ——钢丝圈横截面积, $\text{mm}^2$ ;

$NAB$ ——钢丝圈理论破断力,N。

从式(4)又可得到如下表达式:

$$F = NAB/T \quad (5)$$

下面通过一个实例来对上述各公式做一简要分析说明。表 1 所示为对意大利倍耐力公司和法国米其林公司各自生产的 11R22.5 全钢载重无内胎子午线轮胎钢丝圈所做的解剖分析结果。

表 1 对 11R22.5 全钢载重无内胎子午线轮胎钢丝圈的解剖分析结果

| 项 目                     | 倍耐力全钢                       | 米其林全钢              |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------|
|                         | 生产技术 <sup>1)</sup>          | 生产技术 <sup>2)</sup> |
| 类型                      | 斜底 15° 六角形                  | 斜底 15° 矩形          |
| 钢丝排列结构形式                | 9-10-11-12-11-10-9<br>共 7 层 | 5 × 8<br>共 5 层     |
| 钢丝数量/根                  | 72                          | 40                 |
| 横截面积/ $\text{mm}^2$     | 153.7                       | 104.0              |
| 质量/kg                   | ~ 2.5                       | ~ 1.5              |
| 单根钢丝尺寸                  | 1.65 mm <sup>3)</sup>       | 2 mm × 1.3 mm      |
| 单根钢丝横截面积/ $\text{mm}^2$ | 2.14                        | 2.60               |
| 单根钢丝抗拉强度/MPa            | 1 789                       | 1 796              |
| 单根钢丝破断力/kN              | 3.825                       | 4.669              |
| 单根钢丝断裂伸长率/%             | 4.10                        | 4.14               |
| 理论破断力/kN                | 275.4                       | 186.8              |

注:1)数据来自东风轮胎集团有限公司设计资料;2)数据来自北京橡胶工业研究设计院 1994 年轮胎解剖交流资料;3)覆胶后为 1.8 mm。

从表 1 可见,对 11R22.5 全钢载重无内胎子午线轮胎而言,采用圆钢丝制造的斜底 15° 六角形钢丝圈与采用矩形钢丝制造的斜底 15° 矩形钢丝圈相比,钢丝圈的理论破断力相差 47.4%,若不考虑路面和超载等因素,从公式(5)可知,斜底 15° 六角形钢丝圈的设计选用了较大的安全倍数  $F$ ,而斜底 15° 矩形钢丝圈的设计则选用了较小的安全倍数  $F$ ,显然从轮胎结构设计角度而言,斜底

15°矩形钢丝圈的结构要比斜底15°六角形钢丝圈优化得多。从公式(4)可知,在对这两种钢丝圈材料的要求基本一致的情况下,二者的抗拉强度 $B$ 相差无几。由于斜底15°矩形钢丝圈的设计选用了较小的安全倍数 $F$ ,因此用矩形钢丝制造的钢丝圈能以较小的横截面积 $NA$ 获得同等的钢丝圈承载力 $T$ ,事实上从表1的分析也可知两种钢丝圈的横截面积相差47.8%,同时采用矩形钢丝制造的钢丝圈质量较小,这也使得米其林公司生产的11R22.5全钢载重无内胎子午线轮胎优质轻量化程度明显提高,符合当今绿色环保轮胎的需要,经济效益和社会效益均很显著。

### 1.3 简化全钢载重无内胎子午线轮胎胎圈制造工艺

目前国内全钢载重无内胎子午线轮胎胎圈的制造过程为:覆胶圆形钢丝制造的斜底15°六角形钢丝圈用网状织布间隔而稀疏地整圈缠绕扎紧,或者只在钢丝圈搭接的头、尾端部用稀疏的织物紧固,钢丝圈上端的三角胶由两种不同硬度要求的胶料组成<sup>[1]</sup>。意大利倍耐力公司生产的全钢载重无内胎子午线轮胎胎圈的制造工艺流程如下:

胶料、尼龙帘布→帘布压延机→胶片→一裁三纵裁机→多刀纵裁机 TG600→重绕机→螺旋包布机。

胶料、外购钢圈丝钢丝→六角形钢丝缠绕挤出成型机→斜底15°六角形钢丝圈→存放→螺旋包布机→卧式硫化罐预硫化(专用小车存放)→浸胶浆→干燥→钢丝圈(专用小车存放)、三角胶→单鼓型扁平三角胶贴合机→胎圈(专用小车存放)→成型机扣圈盘。

可以看出,轮胎厂制造斜底15°六角形钢丝圈的工艺流程十分复杂,不仅要配备各类专用设备、各种专用工器具和专门生产人员,而且需要多种专用原辅材料为其配套,导致原材料消耗过大、生产和辅助工人增加、生产成本提高、生产工艺调度和现场文明生产管理难度加大。

采用矩形钢丝制造斜底15°矩形钢丝圈的优点是不必覆胶,可以由钢丝生产专业厂按轮胎厂的技术要求制成钢丝圈,并经外观处理和包装后送到轮胎厂,此前胎圈三角胶可以打卷存放,并在

成型机主供料架上导开后,在主成型鼓上与已放置在成型鼓上的钢丝圈直接复合,这样轮胎厂可以节省大量的设备投资和人力物力消耗,能够极大地提高生产效率和经济效益。因此,采用矩形钢丝制造工艺对未来轮胎厂的发展极具潜力,也是当今世界轮胎巨头米其林公司长期致力于轮胎钢丝圈的研究,并把以矩形钢丝制造的钢丝圈率先用于生产实践和大力推广的最主要因素。

## 2 用矩形钢丝制造斜底15°矩形钢丝圈的生产工艺

用矩形钢丝制造轮胎钢丝圈的关键是矩形钢丝本身的制造,经过十几年的理论研究和生产实践,并借鉴先进的钢丝冷轧辊拉工艺,已设计出一整套成熟的矩形钢丝制造工艺流程,同时对采用矩形钢丝制造的斜底15°矩形钢丝圈的工艺流程和生产流水线也做了不少有意义的探索。

矩形钢丝制造工艺流程如下:外观和物理性能符合设计要求的光面圆断面钢丝→原材料检验→张力放线→导向→校直→导向→冷轧→随机检验→除油→储料及张力控制→导向→冷轧→随机检验→除油→储料及张力控制→冷拔→随机检验→除水→牵引→收线→终检→包装入库。

采用该生产线制造的矩形钢丝的公差能够得到严格控制,宽度公差为 $\pm 0.05$  mm,厚度公差为 $\pm 0.025$  mm。此外,一般要求全钢载重无内胎子午线轮胎钢丝圈的钢丝断裂伸长率应达到3.5%~5.0%<sup>[1]</sup>,只要用于制造矩形钢丝的光面圆断面钢丝是高伸长钢丝,这一要求就完全能够满足。

根据斜底15°矩形钢丝圈的结构特点,专为全钢载重无内胎子午线轮胎使用而设计的斜底15°矩形钢丝圈的生产工艺流程如下:多工位矩形钢丝导开→整经→牵引→储料→预弯→缠绕→裁断→扁钢带捆扎→卸圈→扁钢带捆扎→终检→表面处理→干燥→包装入库。

在本工艺路线中,应特别注意以下3点:

(1)预弯。由于本工序的存在,钢丝在缠绕成圈之前产生一定的弯曲变形,这样在成圈过程中,钢丝的弯曲变形不仅要靠压辊和卷曲力来完成,

以最大限度地保证钢丝圈层与层之间的紧密度,而且又便于搭头部位的捆扎,但本工序不利于钢丝自动送头。

(2) 捆扎搭头部位。由于矩形钢丝的外表面没有覆胶,钢丝圈不会自动缠绕定型,因此在卸圈之前,必须完成第一道捆扎,即搭头部位的捆扎,否则钢丝圈离开缠绕盘将会松散,失去原有的几何形状,而得不到合格的钢丝圈,要求在成圈盘上只完成搭头部位的捆扎,其它3个部位的捆扎在卸圈后完成即可。

(3) 斜底 15°。这是本生产线设计的关键,必须在牵引装置和缠绕盘上做相应设计。

用矩形钢丝制造的钢丝圈的内周长公差范围一定要严格控制,钢丝圈在生产过程中要用周长量规定量抽查检验,钢丝圈开始卷成操作前要用游标尺测量,以校正卷成圈的底部宽度<sup>[1]</sup>。钢丝圈具体的技术要求如下:内周长公差为  $\pm 1$  mm;搭头长度公差为  $\pm 5$  mm;每层宽度公差为  $\pm 0.5$  mm,厚度公差为  $\pm 0.05$  mm。

### 3 结语

随着我国高速公路通车里程的急剧增加,子午线轮胎迎来了一个高速发展的新时期,全钢载重无内胎子午线轮胎消除了汽车行驶过程中内胎与外胎内表面的摩擦,降低了轮胎温升,更能保证安全行驶;同时,车轮质量减小,降低了滚动阻力,更能节省燃料;无内胎轮胎节省制造材料而且有利于轮胎修补<sup>[3]</sup>。我国即将加入 WTO,大力发展全钢载重无内胎子午线轮胎,以加快促进我国轮胎产品更新换代的步伐,并积极参与国际市场的竞争已是迫在眉睫。由于用矩形钢丝制造的斜

底 15° 矩形钢丝圈比用圆断面钢丝制造的斜底 15° 六角形钢丝圈具有较好的结构稳定性、较强的抗疲劳性以及较小的质量,使得轮胎在行驶过程中更可靠、更安全、更耐用,因此研究开发斜底 15° 矩形钢丝圈以替代斜底 15° 六角形钢丝圈,并尽快将其应用在全钢载重无内胎子午线轮胎的生产上是大有作为的事,为此建议国家有关部门应立即着手解决以下问题:

(1) 制定钢丝圈生产专用矩形钢丝的行业或国家技术标准,以指导全钢载重无内胎子午线轮胎钢丝圈专用矩形钢丝的小批量生产。

(2) 制定矩形钢丝制造的斜底 15° 矩形钢丝圈的生产技术标准,以指导该种钢丝圈形成小批量生产规模。

(3) 对已生产出的小批量斜底 15° 矩形钢丝圈应积极组织鉴定,并安排在国内某一轮胎企业生产的全钢载重无内胎子午线轮胎上进行试用,然后对制成的轮胎进行必要的性能测试和与国外同类产品做对比检验,最终使斜底 15° 矩形钢丝圈的生产形成产业化规模,进而为国内在全钢载重无内胎子午线轮胎的生产过程中逐步淘汰斜底 15° 六角形钢丝圈并全部采用斜底 15° 矩形钢丝圈做积极准备。

### 参考文献:

- [1] 郑正仁,王洪士. 子午线轮胎技术及应用[M]. 北京:中国科技大学出版社,1994. 64-65,117-119.
- [2] 俞淇,周锋,丁建平. 充气轮胎性能与结构[M]. 广东:华南理工大学出版社,1998. 286-287.
- [3] 陈志宏. 跨入 21 世纪的中国轮胎工业[J]. 轮胎工业,2000, 20(1):1-3.

第 11 届全国轮胎技术研讨会论文

## 轮胎模具防粘镀层

中图分类号:TQ330.4+1 文献标识码:D

英国《亚洲塑料和橡胶》2001年16卷106期28页报道:

英国 Poeton 工业公司开发了一系列专用镀层,从而使轮胎厂无需在轮胎模型上涂敷脱模剂。该公司说,Apticote 200,350,450 和 460 镀层具有优异的脱模性能,提高了劳动生产率和机器运行速度,同时改善了胶料的耐高温、耐化学药品和耐

磨性能。

Apticote 镀层降低了具有标准胎面轮胎的生产成本,提高了模具的使用寿命。它们还减少了使用喷涂硅油对人体造成的健康和安全危害。

对于使用胎侧板(模型)的较大规格轮胎的生产,Apticote 镍/铬复合镀层意味着可以提高耐磨和抗撕裂性能,减轻热和含碳气造成的模型局部腐蚀。

(涂学忠摘译)