

提高纤维性能的研究与开发活动

Gregory S. Rogowski 著 宋文玲译 涂学忠校

摘要 自从100多年以前第1条充气轮胎问世以来,轮胎技术不断演变,以适应不断发展的汽车技术的要求以及变化多端的汽车用户的要求。要实现这些目标,轮胎公司与他们的原材料供应商——纤维增强材料和制造轮胎用的其它原材料生产商以及汽车制造公司建立了非常密切的合作关系。轮胎工业与原材料工业和汽车工业的这种合作关系帮助他们开发了一系列具有高性能和高安全性的轮胎,在不断改善使用性能/价格比的基础上提供给用户。

本文将叙述应用有利于环保加工技术的轮胎增强纤维材料的研究与开发。

轮胎公司不断积极地从事轮胎研究和开发计划,研制改善了行驶性能和操纵性能、提高了高速耐久性和均匀性并通过降低滚动阻力提高了燃料效率的轮胎。

胎体帘布层结构特点,可以极大地影响整个轮胎使用性能(图1,略)。纤维工业为满足轮胎公司需求进行的努力,促进了轮胎增强技术的重大进步。

为了满足轮胎行驶条件苛刻度日益提高的要求,增强材料年复一年地加以改进。对任意一种增强材料的基本要求之一,是它必须具有特制的平衡强力、模量和尺寸稳定性。

在美国聚酯已成为轿车子午线轮胎和轻型载重轮胎主要的增强材料,并正迅速地打入西欧,替换人造丝纤维。聚酯能占领轮胎工业帘线市场,是由于它具有高模量和极好的尺寸稳定性,而且也是世界轮胎市场几个主要发展趋势的结果:

(1)子午线轮胎已大量取代斜交轮胎,而且比例越来越大,特别是在轿车轮胎和轻型载重轮胎中已经以子午线轮胎为主。

(2)新型轮胎结构设计和改进材料相结合,生产出均匀性更好的轮胎。由于减小了径向力变化,明显改善了轮胎的操纵性能和高速性能。

(3)与多层胎体轮胎相比,单层胎体轮胎的滚动阻力较低,重量较轻。在90年代,单层

胎体轮胎比例将继续增长,尤其是如果市政当局的平均节油标准出台,促使汽车厂提高其汽车的节油指标,则单层胎体轮胎的增长将进一步加快。

大多数原配轿车子午线轮胎均采用单层帘布层胎体(图2,略),而采用单层胎体结构的轻型载重子午线轮胎也日益增多。与多层胎体结构相比,单层胎体要求聚酯增强纤维提供的性能更高。在轻型载重子午线轮胎中的情况尤为如此,由于加大了载荷要求和充气压力($60-80$ 磅·英寸⁻²,即 $0.414-0.552$ MPa),帘线最大强度变得极为重要。纤维还必须在较低的帘线收缩率下具有较高的定伸负荷以及较高的耐疲劳性能。

为进一步改善轮胎使用性能,轮胎工业求助纤维生产厂家来解决,纤维工业以新一代聚酯纤维作为回答,这种纤维称为尺寸稳定型聚酯纤维(英文缩写DSP)。Allied Signal公司提供的这种产品的商品名为DSP™,而Hoechst Celanese公司产品的商品名为HMLS。

1 新一代纤维

Allied Signal公司为90年代轮胎市场开发了新一代DSP纤维。下一代纤维的特点是比较上述DSP纤维具有更高的尺寸稳定性且纤度较高,可高达2000D,使得轮胎和纺织工

程师有较大的灵活性来满足轮胎,特别是轻型载重子午线轮胎一系列的强度要求。

与普通聚酯相比,改进后的 DSP 纤维不断提高的尺寸稳定性向轮胎行业 and 用户提供了许多好处,其中包括:

- (1)由于生热低,所以轮胎有较长的使用寿命和较高的燃料经济性。
- (2)取消了子午线轮胎生产中的硫化后充气工序,使轮胎生产更经济。

- (3)改善了轮胎的均匀性。
- (4)由于帘线有较高的定伸负荷,改善了车辆的操纵性能。
- (5)减少了胎体帘布层接头处的胎侧凹痕,满足了汽车工业对轮胎质量标准的要求。

Allied Signal 公司的聚酯轮胎帘线性能比较见表 1。其中 1X30 和 1X40 型纤维比第 1 代 DSP 纤维的定伸长负荷高 20%和 50%,但 1X40 型纤维的强力稍差,见图 3。

表 1 Allied Signal 公司聚酯轮胎帘线性能比较

项 目	标准聚酯 浸胶帘线 1W70	DSP 浸胶 帘 线		改进后的 DSP 浸胶帘线		
		1W90	1X90	实际		目标
				1X30	1X40	A350
强力	100	93	98	103	90	100
模量	100	100	105	125	155	155
收缩率	100	50	50	50	50	50
商品化年代	1972	1985	1988	1991	1992	1994
主要优点	无平点	用于单层胎体	改善热稳定性 DSP	改善强力及尺寸稳定性	取代人造丝	超高模量及强力

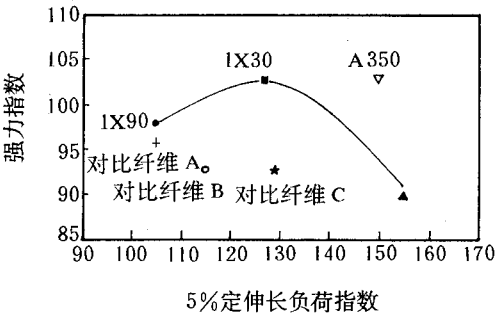


图 3 美国/欧洲工业用轮胎帘线自由收缩率 4%

2 纤维性能的预测

纤维技术上取得突破性进展的关键一步是通过纤维的试验预测轮胎在动态条件下帘线的性能。这是 Allied Signal 公司的主要变化,因为从前研究和开发都集中在单纱线和浸胶帘线性能方面。但是很快就弄清楚了任何有重要意义的突破性进展都将需要在并没有制造轮胎和进行实际使用试验的情况下了

解帘线在轮胎中的动态性能如何。我们的着眼点转向设几个不同的实验室模拟试验,以帮助我们准确预测聚酯帘线在轮胎中的性能。对硫化和硫化启模过程中帘线与从硫化后并经过行驶的轮胎中取出帘线的 LASE(规定伸长下负荷)、收缩率和强力进行对比,对于制造具有优异性能轮胎纱线是十分重要的。这样做不但节省了大量研制时间,而且还缩短了使优选出的产品实现工业化生产所需的时间。

在实验室模拟试验中所用轮胎帘线是按照标准胎体织物生产工艺和条件(图 4,略)经捻合、浸胶和拉伸而成的。然后使浸胶帘线经受模拟硫化、硫化出模和轮胎使用中的条件。这种模拟硫化和行驶中轮胎的 SC/RT 程序是一种典型的 3 步程序:

- (1)时间为 0 时,施加相当于帘线在 177℃下产生的收缩力的负荷,然后将温度从室温提高到 177℃,并保持 20min,以模拟

硫化过程。

(2)烘箱关闭后,冷却 30min,使帘线冷却到室温。由于在接头区和非接头区的收缩造成帘线长度的缩短,是硫化出模阶段的典型现象。

(3)帘线冷却后,对帘线施加负荷以模拟轮胎充气时帘线的伸张。测量了各种伸张下的净收缩率后,把帘线加热到 100℃,以模拟在恶劣条件下使用的轮胎。

在所有约束条件下(ASTM 标准或自由收缩),改进后的 DSP 帘线的 LASE 均优于传统的聚酯帘线,甚至也优于标准的 DSP 帘线(见图 5 和 6)。

一旦浸胶帘线经过了上述 SC/RT 程序。我们应用这些帘线进行几项模拟试验以预测这些帘线在轮胎中使用时的性能,其中包括:预测胎侧凹陷的模拟试验,轮胎操纵性能试验及轮胎耐久性的模拟试验。下面简单介绍这些主要的试验和预测程序。

2.1 胎侧凹陷

当轮胎充气膨胀时,胎体帘布层的接头和非接头部位负荷不均造成胎侧凹陷。单层帘布结构的轮胎需要采用强力和模量较高的帘线。

已提出一种模型,它可以用轮胎几何形状和帘线伸张来描述 SWI(胎侧凹陷)深度。对于给定的单层帘布胎体轮胎,其关系式可简化为: $D=r^0(\Delta e)$,其中 r^0 为未充气轮胎断面半径; Δe 为在非接头处和接头处不同张力的帘线伸长率的差。

从这个模型可以看出,SWI 与帘线模量成反比。1X40 型尺寸稳定型聚酯的 SWI 比普通聚酯浅 37%。

2.2 均匀性

轮胎均匀性是在转鼓试验机上根据轮胎径向变化而测定的。尽管有许多因素,例如结构设计和胶料性能会影响轮胎均匀性,但是通过改进胎体帘布也可以有助于降低胎体径向变化。

实验室试验已证明,在硫化 and 硫化出模过程中,胎体纤维经受的温度不均匀,可引起胎体帘布各部位产生不同的收缩率。根据 SC/RT 试验测定,以热和尺寸稳定的 1X30 和 1X40 型聚酯制造的帘线在高温硫化过程中的收缩率最小,因此,在轮胎后充气冷却期间,纤维弹性模量变化极小,见图 7。

图 7 表明,整个轮胎断面硫化温度变化为 10℃,标准 1W70 聚酯的收缩率和模量的变化显著高于 1X30 和 1X40。由于径向力直接关系到轮胎进行机床试验或道路试验时,

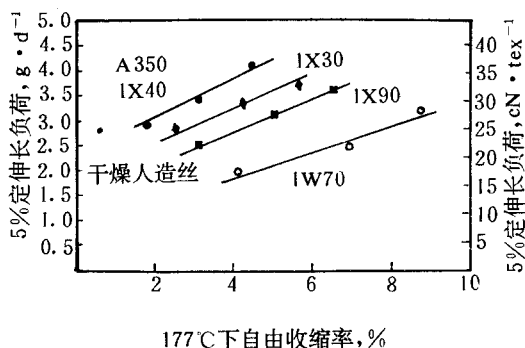


图 5 浸胶帘线的尺寸稳定性

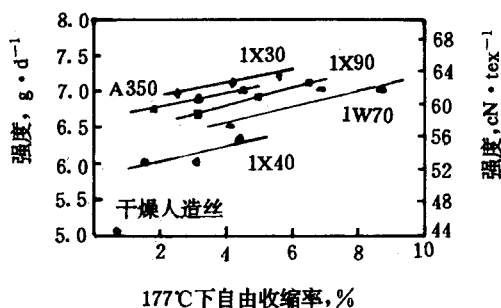


图 6 浸胶帘线强力

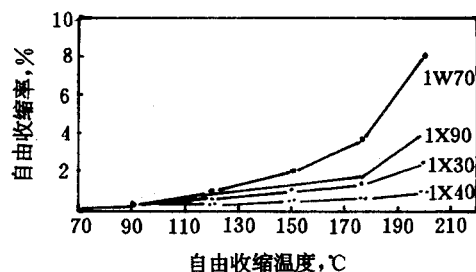


图 7 轮胎中的帘线自由收缩率与温度的关系

轮胎断面的变形性,使用改进的 DSP,减小模量变化对于轮胎均匀性有积极作用。

2.3 轮胎操纵性能

由于胎侧是路面和汽车底盘之间重要的一环,所以给定骨架材料提高高速下操纵性能的能力归因于这种骨架材料在高温下仍能保持较高的模量的能力。使用 100℃ 下 LASE 作为轮胎在极高速下行驶时操纵性能的指标,改进的 DSP 纤维在低应变(2%)下类似于轮胎内人造丝帘线,而在高应变(5%)下优于后者。

这对正在寻找高性能速度级轮胎中人造丝纤维的替换材料的工程技术人员来说是十分重要的。

2.4 高速缓冲性能

提出了一种考虑到生产、疲劳和高温影响的计算方法用以评价高里程聚酯和人造丝轮胎以高速撞击路面时的安全倍数。可以应用下列公式测定帘线在苛刻条件下的疲劳强度:

苛刻条件下疲劳强度 = 成品胎强度 × 圆盘疲劳试验后强力保持率 × 100℃ 下强力保持率

根据这个公式的计算结果,1X30 具有最高的疲劳强度,以下依次是 1W70, 1X90, 1X40 和人造丝帘线,所有聚酯帘线都明显优于人造丝帘线。

3 技术的研究与开发

Allied Signal 公司纤维分公司在 1972 年首次推出 1W70 型标准聚酯纤维,该纤维最后于 1985 年被第 1 代 DSP(1W90 型)所取代。

改进的 DSP 是 1990 年推出的,因此,新一代纤维的开发只有 5 年,使用第 1 代 DSP 纤维的使用期还不到 1W70 型的使用期的一半。

任何与轮胎工业有关的行业,其中包括钢丝帘线、弹性体、化学助剂供应厂、轮胎厂

以及汽车厂未来发展和成功的关键是是否愿意与上游供应厂和下游用户建立工作关系。

在过去几年中,随着全球性竞争加剧,这些伙伴关系对于从原材料供应厂通过各层加工环节直到最终生产厂始终保持高质量水平是必不可少的。

目前正在进行一些研究与开发活动以改善轮胎公司所要求的疲劳性、尺寸稳定性和均匀性。更多的研究工作是为了更准确地预测轮胎中以及行驶了不同里程轮胎中帘线的性能,同时正在积极开发具有独特性能从而可以提高轮胎使用性能的新型聚合物。一个很有前途的聚合物中间试制工厂已生产出模量比标准聚酯模量高一个数量级的纤维,而且其浸胶帘线强度超过了尼龙浸胶帘线。直接目标是提高纤维强度,同时保持目前 DSP 的高模量/低收缩特性。

4 未来技术

今天世界上竞争激烈的轮胎市场有一些基本的,但是具有挑战性的要求。这些要求是质量稳定、成本低和研制周期短。为了能够实现这些目标,在近几年内轮胎工业已经经历了一场重大的变革。

轮胎生产厂正在评价新的纤维技术、新型加工设备和先进的加工工艺。这些变化是轮胎工业原材料供应商促成的,但毫无疑问,他们也受到了轮胎公司引起的快速变化以及根据工业规划刚刚萌发的变化的影响。

目前,北美和日本生产的大部分轿车轮胎都使用某种聚酯帘线。在欧洲,聚酯目前仅占轿车子午线轮胎增强材料市场的 15%,该市场以人造丝为主。轮胎生产厂不能忽视这种新型尺寸稳定型聚酯帘线的显著优点。在美国,生产的轿车子午线轮胎 50% 以上都采用尺寸稳定型或高模量低收缩聚酯帘线,并且该纤维已渗透到轻型载重轮胎市场。据西欧工业专家估计,聚酯的年增长率达 22%,

(下转第 231 页)

(上接第 225 页)

而人造丝消费量每年下降 15%。

欧洲轮胎市场的增长比美国快得多,西欧使用的车辆、行驶里程和轮胎产量的增长速度均比美国市场高 1 倍。由于轿车和轻型载重车辆用的速度级轮胎和其它高性能轮胎

越来越普及,所以对轮胎增强材料的要求越来越高。

参考文献(略)

译自美国“Rubber & Plastics News”,
1993,8,13,P57—59