

未来炭黑发展趋势

Locatelli J L 等著 涂学忠摘译

中图分类号: TQ330.38⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1006-8171(2000)02-0073-03

轮胎的发展是在克服汽车厂提出的相互矛盾的要求,使以下性能达到最佳平衡的不断斗争中实现的: 轮胎操纵性能,在干、湿路面上的抓着力; 滚动阻力; 耐磨性能; 乘坐舒适性; 噪声。

这不仅是要折衷的问题,而且还必须要扩大轮胎性能范围,改善均匀性,减小轮胎质量,降低成本。

1 性能要求

降低轮胎滚动阻力仍然是不久的将来各轮胎公司面临的主要问题。大幅度降低轮胎滚动阻力的同时满足对其它性能的苛刻要求,加重了轮胎设计和配方技术的承受力。白炭黑胶料是为降低轮胎滚动阻力和全面提高轮胎使用性能所开发的新技术的一个实例。

不断改善燃油经济性的要求,向轮胎公司施加了要不断降低轮胎滚动阻力的压力,同时要求湿牵引性、舒适性和噪声等其它性能指标均获得进一步改善。例如米其林宣布正在研制一种超低滚动阻力(ULRR)轮胎,该轮胎利用了各种新技术,将大大降低滚动阻力。

普通轿车轮胎的滚动阻力为 $10.5 \text{ kWh} \cdot (100 \text{ km})^{-1}$,当代绿色轮胎 PAX 将滚动阻力降至 $8.6 \text{ kWh} \cdot (100 \text{ km})^{-1}$,而安装在电动汽车上的 ULRR 轮胎的滚动阻力只有 $3.9 \text{ kWh} \cdot (100 \text{ km})^{-1}$ 。轮胎质量已从目前的 9 kg 降至 ULRR 轮胎的 6.5 kg 。影响轮胎滚动阻力的主要设计变量有:

(1) 胎面胶粘弹性。滞后应尽可能低,而胶料定伸应力应根据胎面花纹优化。

(2) 充气压力。提高气压可降低能耗(规定

气压不超过一定限度)。

(3) 所有轮胎部件(胎面除外)的厚度和材料滞后。这一方面有可能降低能耗,但幅度不大。

(4) 轮胎几何形状优化。精心设计帘布层排列和细调胎面及带束层宽度,有利于降低轮胎滚动阻力,但改善幅度不会太大。

上述每个因素都会影响轮胎总体性能,有时会产生不利影响。因此,设计人员降低轮胎滚动能耗的自由受到要满足其它性能指标要求的制约。

2 影响能耗的因素

由于施加应变的机理,胎面基部也与能耗有关。胎面和胎面基部的总能耗通常几乎与气压无关。

为低滚动阻力轮胎优化的胎面花纹沟/块比非常小,大花纹块上有许多细小的刀槽花纹。这些刀槽花纹有利于接地印痕前后缘处胎面的柔软性,但在靠近接地印痕本身范围内,橡胶因静压响应处于压缩状态而使胎面变得非常刚硬。这样可使胎面能耗降至最低,而且设计人员可以使用比较软的胶料,不会因施加的负荷提高能耗。

谈到胎面对能耗的影响,必须明确采用低滞后胎面胶可以大幅度降低滚动阻力。因此,开发这种胶料是降低轮胎能耗中最重要的单项课题。在胎侧中,能量是通过屈挠和剪切耗散的。

关于单位距离的能量损耗,屈挠消耗能量比剪切机理消耗的能量低 $2/3 \sim 3/4$ 。最大平面内剪切应力和应变点分布在接地印痕前后缘

处。

为了降低胎侧内的能量耗散可采取的合理措施包括:

(1) 加大轮胎直径。在同样的负荷和充气压力下,加大轮胎直径可以减小胎侧变形。

(2) 降低胎体刚度。通过采用较窄的轮辋,而断面宽不变,或提高断面宽,断面高、带束层和胎面不变来实现。

(3) 减小胎侧厚度,提高断面高度。

(4) 使用低 G 胎侧胶。

所有这些改进措施,除了减小胎侧厚度以外,都对转向力有不利影响。

3 轮胎操纵性能和耐磨性能

轮胎每个设计目标的合格水平都取决于拟用于车辆品种和市场总的要求,而市场要求在欧洲、美国和世界其它地方都不尽相同。

欧洲市场趋向高性能化。例如,湿路面上操纵性能、制动性能、抓着力和抗水滑性都是轮胎的重要指标。由于欧洲驾驶风格比较追求时尚,通常采用夏季轮胎作原配胎,而当司机必须要在雪地地区行驶时则使用雪地轮胎。北美广泛采用全天候轮胎,这就向配方设计人员提出了挑战,在冬季极端低温下要保持良好的牵引性能,同时要满足在夏季气温下其它性能要求。

轮胎磨耗(总里程和偏磨)仍将是重点加以关注的,因为它们是用户最优先考虑的。某些速度级轮胎的耐切割和耐崩花掉块性能是一些德国汽车公司十分关注的。

4 轮胎噪声、舒适性和平点

降低轮胎允许噪声水平使轮胎路面噪声成为轮胎检验中的一项重要指标。未来的目标是轮胎行驶噪声极低,而又不影响其它性能,特别是湿牵引性和耐磨性。

对改善乘坐舒适性的关注引发了另一长期研究开发的课题。

轮胎长时间在静止的汽车上将产生不易消失的平点。这一问题与轮胎尼龙冠带层有关,但也与轮胎在静负荷下长时间搁置时胎面腹的永久变形有关。

5 轮胎的演变

尽管轮辋规格不断增加,但是轮胎直径加大、断面高宽比下降的趋势没有改变。用户要求提高安全保障以及通过取消备胎、减小汽车质量和增大车箱内空间的努力对开发跑气保用轮胎是非常重要的。

6 填充剂性能

填充剂可使弹性体的动态性能发生相当大的变化。一种能够满足轮胎要求的理想材料应在中等温度(50~70)下赋予胎面胶低 \tan 值,以降低轮胎滚动阻力;而在低温(0~10)下赋予胎面胶高 \tan 值,以获得高湿抓着力。

胶料的动态滞后性能及其对温度的依赖关系受到比表面积、粒径、结构和表面特性等填充剂参数的影响。这意味着填充剂网络是决定硫化胶滞后的主要因素。实际上在硫化胶中填充剂网络形成不够充分,因此需要:

(1) 加强聚合物和填充剂表面之间的相互作用;

(2) 提高胶料中填充剂的初始分散度;

(3) 减小胶料存放和硫化过程中填充剂絮凝作用;

(4) 将具有不同表面特性的填充剂并用。

7 白炭黑的挑战

白炭黑胶料的发展给轮胎用户带来了巨大的利益,不仅提高了安全性(湿抓着力),降低了油耗(滚动阻力),而且耐磨性能与炭黑胶料类似。但是从轮胎生产厂的角度考虑,情况则大不相同,白炭黑胶料不仅大大改变了配料、混炼和成型工艺,而且还显著提高了生产成本。

确实,为了完全获得白炭黑给轮胎性能带来的优点,必须使用所谓“高分散”品级白炭黑,同时使用硅烷偶联剂。这样做有两个基本作用:白炭黑表面憎水性提高了它与弹性体基材的相容性,结合到弹性体基材网络上降低了滞后性;填充剂与弹性体之间的反应必须得到充分控制才能使胶料获得最终所需要的性能。结果是混炼工艺的精度大为提高,而且必须把密炼机看作温度受到精确控制的化学反应器。

此外,白炭黑活性提高使配合剂被吸附而发生损耗。因此,需要对胶料配方加以调整,加大硫化促进剂、硬脂酸和氧化锌的用量。

白炭黑胶料加大了生产成本与白炭黑的磨蚀性(加重了加工器具的磨损)、热绝缘性和电绝缘性(修改轮胎硫化周期时间、消除静电累积)等有关。

总之,即使最终用户从白炭黑技术的发展获取相当大的利益,轮胎厂也一直面临着一系列要求各种巨额投资(用于研究、机械等)的新制约。

白炭黑胶料的发展对填充剂的要求提出了新理念。一种填充剂必须(与弹性体基材)有化学上的相互作用,不仅是物理上的,而且必须成为网络一分子部分,同时必须保留炭黑在材料成本和配合方面的优点。

8 与白炭黑的较量

白炭黑为炭黑生产厂提供了发展和革新的重大机会。已有若干厂家试图生产性能与白炭黑接近的炭黑。对炭黑的真正挑战是如何逃避“魔三角”法则,即滚动阻力、湿抓着力和磨耗三者密不可分,改善其中一项性能必将伤及其它两项。

目前轮胎工业使用的先进炉法炭黑由初始粒子的聚集体构成,初始粒子表面碳原子有两种排列方式:晶态微区和非晶态微区。这些炭黑的表面活性比白炭黑低,而且主要来源于结晶粒子的边棱。结晶粒子的边棱是供弹性体吸附的高能点。这类炭黑表面官能团的数量是有限的,不可能象表面被硅烷醇基覆盖的白炭黑一样与弹性体基材形成足够的化学键。因此,炭黑与聚合物的相互作用主要是物理相互作用,其稳定性主要取决于炭黑的表面形态(结构)。炭黑胶料中缺乏与弹性体稳定的键是它们在高温下滞后性较高的主要原因之一,而滞后性与滚动阻力密切相关。低滚动阻力仍然是汽车公司最主要的要求。

提高炭黑粒子表面活性的途径之一是干扰其生长,以增大结晶粒子边棱,亦即弹性体吸附点的数量。干扰粒子生长的方法有以下两种:

(1) 改变炭黑反应炉工艺参数,从而得出“低滚动阻力”即“低滞后”炭黑,炭黑粒子表面粗糙度提高,而化学性质不变。

(2) 在炭黑反应炉供气段加入某些不仅可以干扰粒子生长,而且还能改变粒子表面化学性质的添加剂。结果得到一种碳原子基质被添加剂岛覆盖的双相材料。

还有人提出采用湿化学处理或干物理处理法(等离子气体或臭氧)制造氧化炭黑。最后,还有几家炭黑厂提出将炭黑预分散在弹性体中制成胶粉或母炼胶。由于在这种情况下炭黑是混入胶乳的,因此达到的分散水平远比干混工艺高。此外,这些产品对于新一代全集成轮胎加工非常有价值。

虽然这些新一代炭黑有了明显改进,但是与今天作为参比的白炭黑相比,这些改进仍然是有限的。在所有炭黑表面化学得到改性的实例中,都必须使用特制的助剂(炭黑用偶联剂)或官能化聚合物才能获得改性带来的好处。因此,除了新炭黑增加了成本外,重新设计胶料配方和改变混炼周期也要提高成本。目前的趋势是将它们与白炭黑并用,使轮胎生产成本降低到接近成本较低的白炭黑的水平。

9 赛车轮胎用炭黑

赛车轮胎的要求与普通轮胎完全不同。赛车轮胎在高温下的操纵性和抓着力必须得到保障,而滚动阻力和耐磨性能就没那么重要了,似乎在赛车世界某些法则发生了变化。赛车轮胎胶料使用的炭黑非常细,比表面积高于 200(吸碘值),结构也高(DBP 吸附值为 150),有利于在极端苛刻行驶条件下的操纵性能和力学稳定性。比表面积较高的新产品的发展将与低表面积炭黑相结合。

迄今,白炭黑在赛车轮胎中的应用仍很有限,而且主要针对解决湿操纵性能。在这种情况下,将炭黑与白炭黑并用,以利用白炭黑的亲水性。但是轮胎结构和花纹远比胶料重要。

一个用于赛车轮胎令人感兴趣的产品是炭黑预分散胶粉,它有利于添加大量“滞后载体”

(下转第 88 页)

(上接第 75 页)

的混炼。因此,对于优异操纵性能需要高滞后的赛车轮胎,炭黑仍是不可替代的。

10 填充剂的未来

白炭黑技术使轮胎胶料,特别是胎面胶料发生了深刻变化。它促进炭黑生产厂开发除普通炭黑以外的新产品。试图使炭黑性能达到白炭黑水平的努力已导致对炭黑表面形态和化学

的改性,炭黑现已成为有化学活性的填充剂。

研究开发中的新炭黑前景光明,而且将为轮胎性能的改善提供机会,但是不会取代另有所长的白炭黑。取代白炭黑不是正确目标。

炭黑在未来轮胎生产中仍起着重要作用,但新一代适用于更复杂的新型弹性体的填充剂,例如沸石、陶土、淀粉等,将用于胶料开发。

译自英国“Tire technology International
1999”,P50~55