

聚酯短纤维/橡胶复合材料 及其在轮胎中的应用概况

侯美连,张德伟,孟光振,汪传生,毛世明

(青岛科技大学机电工程学院,山东 青岛 266061)

摘要:简介聚酯短纤维/橡胶复合材料(SFRC)在制备过程中聚酯短纤维在橡胶基体中的混合与分散、聚酯短纤维的取向方法及短纤维用量对 SFRC 性能的影响,阐述 SFRC 在轮胎中的应用进展。

关键词:聚酯短纤维;复合材料;轮胎;分散;短纤维取向

聚酯的特定大分子结构赋予其很好的可熔融加工性及纤维较高的初始模量。在橡胶中添加聚酯纤维后,可以降低胶料的挤出膨胀率,提高硫化胶的弹性模量、拉伸强度、硬度及抗割口增长性能,还可以减小硫化胶的蠕变和在溶剂中的溶胀率。聚酯短纤维/橡胶复合材料(SFRC)能够有效地将纤维纵向刚性的与橡胶的柔韧性有机地结合起来,既保持了橡胶的高弹性又通过纤维纵向刚性的补强作用提高了橡胶制品的模量,使其具有高强度、高硬度、高耐磨、抗切割、抗刺扎、耐疲劳及尺寸稳定等优良的性能。因此,近几年聚酯短纤维在橡胶制品中已开始得到广泛应用。

1 SFRC 的制备

1.1 聚酯短纤维的混合与分散

聚酯短纤维在橡胶中的混合与分散可以像其他配合剂一样在常规橡胶加工设备如开炼机和密炼机上进行。

在开炼机上直接混炼 SFRC 时,可通过改变混炼条件如辊距或混炼时间等制取不同混炼程度的胶料。由于短纤维易结团,难以分散,需要较高

的剪切力才能将其分散和混合,但过高的剪切力会使纤维断裂,严重影响短纤维的补强效果,因此初始时应用大辊距混炼,最后用小辊距下片。

在密炼机中混炼可以使配合剂和短纤维获得最佳的分散效果。在一般的混炼时间内,短纤维不会发生断裂或降解。但是由于短纤维的存在,会增大混炼时的剪切力,使胶料发热量增大。为避免混炼期间胶料温度过高或焦烧,进料量必须减至普通胶料的 90%,而且应改用低速混炼。如果短纤维用量较小(1%~2%)时,则无需做调整。

既要使短纤维分散均匀,又要保证短纤维的长径比,这对于密炼机尤其是密炼机的转子提出了更高的要求。密炼机转子种类繁多,目前橡胶工业使用的密炼机主要可分为 2 种,即剪切型和啮合型。与剪切型转子相比,啮合型转子具有剪切作用小、混炼时间较长、升温慢等特点。剪切型转子中的同步转子的剪切捏炼作用特别强,适合于轮胎尤其是子午线轮胎胶料混炼,是轮胎行业首选混炼设备。很多单位正在积极开发适合 SFRC 混炼的新型转子,青岛科技大学开发了新型六棱同步转子,通过验证效果不错。

1.2 短纤维取向方法

据报道,轮胎胎面胶中的短纤维取向(排列)有3种:(1)径向取向,即短纤维沿轮胎半径方向取向,垂直于路面;(2)周向取向,即短纤维沿轮胎圆周方向取向;(3)轴向取向,即短纤维沿轮胎轴向取向,也就是沿垂直于周向取向。原则上可通过压延机(甚至开炼机)和挤出机使短纤维取向。

(1)压延法

一般来说,通过压延机可使短纤维沿胶料流动方向(压延方向)取向,然后根据各部件对取向的要求,对压延胶片进行不同处理,得到所需要的短纤维取向。如要呈轴向取向,把短纤维增强的压延胶片沿压延方向,按轮胎部件宽度裁切,然后将裁切后的胶片转动 90° 再贴合成型即可;如要呈周向取向,把短纤维增强的压延胶片沿压延方向,按轮胎部件的长度(及宽度)裁切,然后将裁切后的胶片沿轮胎圆周方向贴合成型即可;如要呈径向取向(例如胎面胶),把短纤维增强的压延胶片沿压延方向,按胎面断面形状冲切,然后向上翻转,再把这些薄胶片贴合到胎面胶所需要的长度。

(2)挤出法

目前多使用特殊设计的挤出成型机头口型使短纤维取向。短纤维增强胶料通过不同挤出机口型,可使短纤维沿不同方向取向,包括轴向(沿挤出流动方向)、周向、径向以及混合取向(含周向与径向2种取向)。

① 轴向取向:纤维在流体动力的作用下,沿流向排列,即得到轴向取向。

② 周向取向:可借用制短纤维增强胶管的扩张型口型使短纤维周向取向。该扩张型口型半径扩张比为 $3\sim 5$,扩张角为 $60\sim 75^\circ$ 。短纤维胶料先通过收敛的环形流道,流至口型直径最小处之后,在保持流道“厚度”(即胶管壁厚)不变的情况下,突然扩张“膨胀”,环形半径增大,使短纤维由沿挤出方向(轴向)取向,变为沿管壁周向(环向)取向。挤出短纤维周向取向的胶筒后,再将其纵向剖开(如有较大的挤出机能挤出轮胎部件要求直径的胶筒,则不必纵向剖开,直接使用即可),然后沿短纤维取向方向按轮胎部件宽度裁切再贴合即可。当然,用挤出机使短纤维增强胶料通过

缝模挤出窄胶带(短纤维沿流动方向取向),再沿轮胎周向缠绕成型也可以。

③ 径向取向:需要利用带有“坝”的阻滞型口型。这种口型通过收缩流道的“厚度”(即管壁厚度)而形成“坝”,靠坝状的阻滞来收缩壁厚,从而使短纤维径向取向。挤出短纤维径向取向的胶筒后,再将其纵向剖开(如能用较大挤出机挤出轮胎部件要求直径的胶筒则不必纵向剖开),然后沿挤出方向按部件要求的宽度裁切,再贴合成胎面长度即可。

④ 混合取向:采用综合口型,其流道半径和厚度均随口型轴向的位置而逐渐增大。该口型一方面通过口型半径的扩张而使短纤维有一定程度的周向取向,另一方面通过流道厚度逐渐增大而使短纤维有一定程度的径向取向,以取得介于扩张型口型与阻滞型口型之间的效果。

1.3 聚酯短纤维用量对胶料性能的影响

加入聚酯短纤维后,胶料的拉伸强度、撕裂强度、拉断伸长率等物理性能均明显改善,但随着短纤维用量的增大,均呈先升后降的趋势,胶料硬度则随短纤维用量的增大而增大。

若在胎面胶中加入适量(3份)的短纤维,短纤维易在胶料中混合、分散均匀,且与橡胶基体的浸润性良好,黏合强度高。如果胎面胶被破坏,短纤维多数表现为断裂,并且短纤维周围的胶料凸起,这是由于此处的胶料受到短纤维对其向外的拉力,说明了短纤维对胶料起到了比较理想的补强作用。

当胎面胶中短纤维用量较小(小于3份)时,虽然短纤维和橡胶基体的黏合性能比较好,但短纤维对胶料的补强作用减小,所以胎面胶的物理性能呈降低趋势。

若在胎面胶中加入过量(10份)的短纤维,短纤维与橡胶基体的浸润性变差,黏合强度下降,橡胶基体向短纤维传递较大载荷的几率比较小。若胎面胶被破坏,短纤维多数表现为被拉出而不是断裂,这是因为随着胎面胶中短纤维用量的增大,其混炼难度增大,短纤维在胶料中的分散效果差,短纤维易出现结团现象,产生应力集中,使胎面胶的物理性能明显下降。

2 SFRC 在轮胎中的应用

(1) 胎面

加入少量短纤维(3~6份,或取代一部分炭黑),在改善胎面胶抗撕裂、抗崩花掉块等性能的同时,可降低滚动阻力和生热。这与短纤维的取向有密切关系。3种短纤维取向均可使胎面的滚动阻力降低10%~17%,其中,径向取向既可获得最佳的耐磨性能,又能大大降低生热,而且由于径向取向可使轮胎有较高的横向刚度,故能改善驾驶的灵活性。但是应当指出,由于短纤维取代了部分炭黑,炭黑用量有所减小,可能会影响轮胎的抓着性能,尤其是对湿路面的抓着力。解决这个问题可采用双层结构胎面:上层胎面用普通胎面胶,下层胎面则用短纤维径向取向的胎面胶。

(2) 胎肩

目前国内运输业超载现象相当普遍,导致斜交轮胎胎肩空爆破等问题增多。可考虑在胎肩部位采用周向取向的SFRC,像“带束层”一样把轮胎箍住,使轮胎不易变形,耐磨性能和行驶稳定性提高。

(3) 胎侧

胎侧胶如采用周向取向或径向取向的SFRC,可大幅提高轮胎刚度,甚至减小胎侧胶的厚度,同时改善轮胎的驾驶灵活性,提高乘坐舒适性,减小质量。

(4) 胎圈

SFRC硬度较高,用于制造钢丝圈填充胶条时,短纤维取向以周向取向和径向取向为宜。这样可固定胎体,使轮胎具有很好的刚性和较好的驾驶灵活性,而且由于有短纤维增强,填充胶条的体积可减小,从而使轮胎质量减小。

(5) 气密层

SFRC用于子午线轮胎气密层胶,可提高胶料的强度,防止气密层被刺伤,从而起到保护气密层的作用。

(6) 胎圈包布

SFRC用作胎圈包布,效果相当于锦纶胎圈包布,甚至更好,因为锦纶胎圈包布的耐磨性能不好,而SFRC的耐磨性能好,强度高,成本低。

3 前景分析

据报道,SFRC若在轮胎工业中推广应用,按生产100万套轮胎计算,每年可节约原材料成本405万元,经济效益十分显著,市场前景相当广阔。

但是目前将SFRC应用于轮胎生产中有很多问题有待解决:(1)胶料混炼困难,能耗和成本高;(2)在加工过程中,加入短纤维会使胶料的流动性变差,特别是用开炼机混炼时,短纤维会严重阻碍割胶的正常进行,甚至带来一些安全隐患;(3)现有的加工工艺难以使短纤维在最终产品中的分布和取向达到较理想的状况;(4)在性能表征方面,由于SFRC的性能影响因素比较复杂,目前仍缺乏一套简便而且行之有效的性能表征手段。

4 结语

我国的轮胎企业要想在竞争中立于不败之地,必须关注全球轮胎行业发展动态,加大科研投资力度,进行技术优化创新。在当前形势下开展短纤维在轮胎中的应用研究意义深远。

行业动态

韩泰向美国市场投放绿色轮胎

韩泰轮胎北美公司将推出3款新轮胎,其中包括一种混合动力车和其他燃料动力车用的低滚动阻力轮胎。这款轮胎被称为生态轮胎,其胎面胶采用合成橡胶,白炭黑含量较大,轮胎的低滚动阻力降低。该款轮胎于2008年在韩国推出,2009年投放日本和澳大利亚市场,2010年投放中国市

场。此次投放美国市场的生态轮胎有轮辋直径15英寸的4种规格产品和轮辋直径16英寸的1种规格产品。另外2款新轮胎,一种是商品名为Dynapro HT的全季节轻型卡车、厢式货车和越野高性能轮胎,另一种是商品名为Optimo H426的全季节旅游车高性能轮胎。 芦笛