

短纤维补强技术在橡胶工业中的应用

张立群 金日光 周彦豪* 耿海萍 钦焕宇

(北京化工大学 100029)

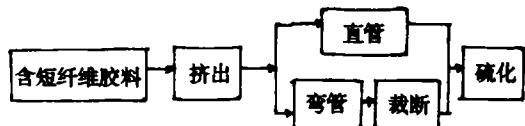
摘要 分析了短纤维补强技术的发展背景以及在我国的发展现状,并从胶料配合要求、加工方式、产品性能、外观和成本等方面详细论述了短纤维补强技术在轮胎、胶管、V带等主要橡胶制品中应用的原理及优越性,同时介绍了短纤维补强技术在其它橡胶制品中的应用情况、潜力及特点。

关键词 短纤维,补强,橡胶

70年代初,孟山都公司第一个发表了短纤维增强胶管的专利^[1],短纤维补强技术开始受到世人瞩目。近二、三十年,其理论研究逐步深入,开发数量多且发展速度快。短纤维橡胶复合材料(简称SFRC)具有独特而优良的物理机械性能和加工性能,已广泛应用于胶管、V带、轮胎及其它制品中。目前,我国已在黑龙江富锦市橡胶厂建立了第一套年产300t预处理短纤维的生产装置^[2],能为橡胶工业提供各种品种及长径比的预处理短纤维。我国已开发了短纤维输水胶管^[3]、声系软管和吸引胶管^[4,5]、含短纤维的压缩层切边V带^[6,7]等制品,但尚未普及,且种类有限。为进行更深层次的理论研究并对实际应用中存在的问题作深入探讨,我们就短纤维补强技术在胶管、胶带以及轮胎中的应用作详细的介绍,并概述其在其它制品中的应用情况。

1 短纤维补强技术在胶管中的应用

短纤维补强胶管是SFRC最早的应用领域之一,采取独特的挤出口型使短纤维按设计方向取向排列,一步成型,达到所需的物理机械性能和外形。其工艺程序如下:



这种短纤维补强技术的优点是:(1)代替了传统的胶管成型工艺,易实现生产的连续化和自动化,设备投资少(减少了许多成型设备),厂房占地面积小,工人数少,边角料可回收利用,不污染环境(无刷涂胶浆工序),生产易管理,生产成本低;(2)挤出半成品的尺寸稳定性好,不蠕变,出口膨胀小,可以实现连续硫化;(3)挤出半成品的表面一般不需要再进行处理,若颜色和光洁度有特殊和较高的要求,可采取共挤出技术;(4)可以生产三维、二维弯曲的胶管,无需采取插芯定型、硫化、抽芯等复杂工序;(5)可以应用于高压胶管的内层胶成型,提高内层的强度和刚度,在缠绕或编织钢丝帘线时,对外加变形和刺透的抵抗能力增强,因而可实现无芯缠绕或编织,或无需冷冻;(6)短纤维补强胶管的生产成本较低,使其在价格上也有一定优势。正因为如此,西方发达国家在中、低压胶管行业中已广泛应用短纤维补强技术,产品有:园艺胶管、输水胶管、耐热管、加热器管、耐油管、医用胶管、汽车弯管等,品种繁多。

影响SFRC胶管性能的主要因素是取向机头设计和胶料配方设计。北京化工大学机械系和青岛橡胶工业研究所对直管取向机头的设计原理和制造作了深入的研究并取得成功,弯管机头的设计也已基本完成。短纤维取

* 现在广东工学院材料系,510090。

向机头的设计是基于短纤维在流场中运动时的数学模型^[8]。最佳的取向度主要取决于取向角、面积比等内部控制参数,但也依赖于纤维模量、长径比、直径及纤维含量、胶料粘度等因素。短纤维取向机头示意图见图1。采用传统的挤出口型得到的是纤维沿长度方向(轴向)取向的胶管,一般不需要纤维的这种取向;阻流口型挤出的胶管中短纤维沿径向排列,这种口型适合于连续硫化和对挺性要求严格的胶管;扩张口型挤出胶管中短纤维沿胶管周向排列,这大大提高了胶管的爆破压力,应用很普遍;综合型口型则可得到短纤维沿管壁周向、径向及一般方向的综合取向分布。胶管生产厂家为适应市场要求,经常要改换胶管生产品种,因而要求挤出口型能挤出具有一定爆破压力且管径变化范围较大的系列胶管。

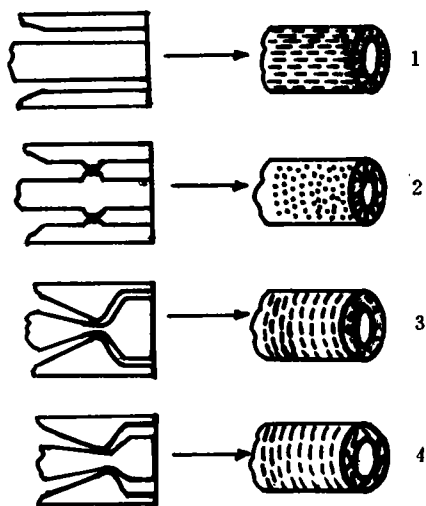


图1 几种短纤维取向机头口型及短纤维取向示意图

1—传统口型;2—阻流口型;3—扩张口型;4—综合口型

一般较大管径的胶管挤出口型设计比较容易,而管径很小的胶管挤出口型设计比较困难。采用综合型口型可制得内径为6mm的耐油胶管。另外,北京化工大学机械系正在研究一种气膜润滑的剪切取向机头,可以用于生产管径较小的胶管。在这种机头中,芯棒

是转动的,由此造成周向的拖动流使短纤维沿周向取向,而且芯棒后端能产生一层气膜,起良好的润滑作用,逐渐减弱胶料原有的旋转运动,直至完全消失为止,具体结构见图2。

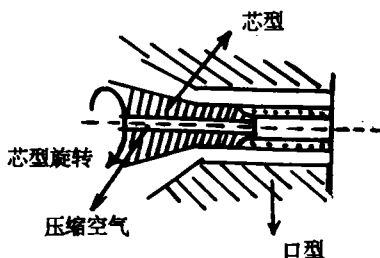


图2 气膜润滑剪切取向机头简图

短纤维增强弯管机头口型的设计原理是在扩张机头的基础上,由数控装置控制压力器来操纵口型中的外芯型,使其在胶管需要弯曲时发生位移,与主轴线产生偏心距,导致内芯型周围的挤出物料量发生变化,形成弯管(见图3)。从图3可以看出,胶管在弯曲部位的薄侧有较高的短纤维周向取向度,因而弯曲胶管的爆破强力与直管(不产生偏心)的非常接近,这一结果令人满意。

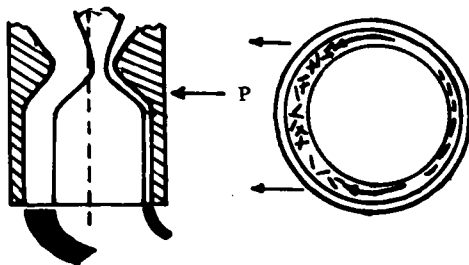


图3 弯管机头口型运动及纤维取向示意图

短纤维胶管配方决定着产品和半成品的物理机械性能、成本,并对产品外观有重要影响。在胶管配方设计时,短纤维的选择和用量是非常关键的,对短纤维的要求如下:(1)短纤维的最佳长径比为100—200,但由于加工过程中短纤维断裂使其初始长径比下降,因此可选择更长一些的短纤维;(2)短纤维在橡胶中的分散和粘合是必须考虑的,对短纤维进行预处理可以兼顾二者,否则应当强化混

炼手段,如减小混炼辊距、延长混炼时间等,另外必须加入粘合剂;(3)短纤维的断裂率应当低一些,较粗的短纤维无助于取向和补强,还可能造成表面粗糙;(4)短纤维的模量应稍低,这有利于产品表面光滑;(5)短纤维的直径要小,它对加工、分散、粘合、产品表面光滑都有益;(6)短纤维用量越大,纤维的取向度越高^[8],半成品挺性好,但成本提高,外观光洁度下降,加工困难,短纤维用量一般应为10%—30%(重量百分比)^[9]。胶料的扯断伸长率应在60%以内,扯断伸长率过大,会导致胶管产生较大的定压膨胀率和较低的爆破压力。

胶管基质胶配方设计须把握几个准则:(1)应适当减少炭黑等填料的填充量,以避免胶料粘度太大;(2)即使基质胶的强度较低,短纤维的补强也可以提高胶料强度^[10],因而合成橡胶和再生胶以及半补强性填料所占的比例可以加大;(3)较高的基质模量有助于减弱剪切场的作用而使取向度提高;(4)对于汽车弯管中的散热器管等,要求基质胶的硬度较低,若加入油等软化剂,则会降低爆破压力,而采用低门尼粘度和窄分子量分布的三元乙丙橡胶(EPDM)可以获得满意效果^[11];(5)胶管的承受压力要求越低,胶料的设计要求也越低。

虽然胶管外观并不影响胶管的使用效果,但SFRC胶管的表面还是比传统胶管差一些。实验证明^[12],基质胶料的硬度(屈服强度)越高,胶管表面越光滑。从口型设计的角度讲,能挤出使厚度可以扩张的口型,所得到的挤出物表面更光滑一些。较长的口型流道可以松弛拉伸应力,挤出较光滑的表面。升高口型温度、降低挤出速率、采用共挤出和挂外胶等都可以有效改善胶管表面光滑程度。

例如,一个SFRC胶管配方为^[11]: EPDM 100;炭黑 200;油 105—150; Santoweb-H 系列短纤维(美国孟山都公司) 65;氧化锌 5;硬脂酸 2;硫黄 2;硫化

助剂 3.8;六次甲基四胺 1。其纤维含量为12.3%—13.4%;L向拉伸强度为11.1—13.8MPa;扯断伸长率为12.5%—17.5%。用此配方胶料制做的尺寸为38mm×5.1mm(直径×壁厚)、曲率半径为62mm的汽车弯管的爆破压力为1.05—1.5MPa;用类同于此配方胶料所做的加热器直管,在当温度从常温升到100℃时,爆破压力由1.79MPa变为1.26MPa,仅下降了29%。

由于设计合理的短纤维胶管质量轻、生产成本低,因而其每米价格比传统胶管便宜12%,甚至20%^[8,9]。

2 短纤维补强技术在V带中的应用

包布V带和切边V带的压缩层胶料都可以应用短纤维。V带在使用时,带体在带轮轮槽内受拉力的作用使强力层中部芯绳下陷,导致中部芯绳受拉力减小,两侧则始终处于张紧状态,承受大部分拉力,这种受力不均现象,易使V带出现早期损坏^[13]。V带中使用短纤维,并使其沿垂直于带侧方向排列,则可极大地提高带体的横向刚度和承受侧压的能力,有效地限制V带受力时的凹状变形,且能使V带具有良好的纵向耐弯曲疲劳性能,单纯调整配方是无法取得这种效果的。有资料表明^[14],使用短纤维后,切边V带的使用寿命提高了3—4倍。

在西方发达国家,压缩层填充短纤维的V带已非常普及。在我国,虽然应用这种技术的V带生产厂家仍较少,但应用技术已趋于成熟。

在短纤维增强胶带生产中,短纤维的取向和胶料配方影响着胶带的物理机械性能和加工条件。压缩层胶料中,短纤维必须有较高的取向度,否则侧面刚度不足而纵向又太僵硬,因而达不到提高胶带使用寿命的效果。从理论上讲,压延比挤出更能获得较高的取向度,所以采用压延机即可使压缩层胶片中的短纤维取向,但热炼时不应采用开刀翻胶的

操作方法, 辊筒间的堆积胶应尽量少, 使大量的短纤维在热炼时即先行取向, 压延时进一步取向。实验结果表明, 短纤维的取向取决于辊距的大小而与过辊次数关系不大, 为此, 短纤维填充的压缩层或支承胶片的厚度宜为 0.5—1.5mm, 越薄效果越好。另外, 应避免胶料沿辊筒轴向流动, 否则会造成取向度损失。

在压缩层胶料的配方设计中, 纤维的选择和用量仍是两个关键因素。相对于尼龙短纤维来说, 聚酯和玻璃短纤维的尺寸稳定性稍好一些, 但与基质胶的粘合性较差, 棉纤维较易与基质胶粘合但在基质中很难分散。采用预处理的尼龙和聚酯短纤维仍是最佳选择。短纤维长度越大, 侧向刚度越高, 但纵向屈挠性能下降^[15], 同时由于分散等原因使压延胶片的表面不光滑。选择模量较低的短纤维, 有利于屈挠性能和胶片的光滑性, 但侧向刚度要有所降低。较细、较短、模量适中、在基质中的分散性和与基质的粘合性均较好的短纤维最符合应用要求。短纤维掺入量一般为 9%—20%, 随着短纤维用量的增加, 侧向刚性增加, 取向程度也提高, 而纵向屈挠性下降, 胶片光滑性能降低。短纤维用量与长度之间存在最佳值, 长度较大的短纤维用量可以减少, 反之用量要加大。

在 V 带的伸张层和覆盖胶中也可以使用 SFRC, 使其刚度、抗裂口增长性能得到明显改善。SFRC 还能应用于运输带的带芯或覆盖胶中, 全部或部分替代织物骨架材料。

尽管 SFRC 的 V 带生产成本有所提高, 但其性能卓越, 因而在市场上特别是在汽车行业具有强大的生命力和竞争力。

3 短纤维补强技术在轮胎中的应用

SFRC 可以应用到包括胎面胶在内的轮胎的所有部件中^[16,17]。

当短纤维在胶料中含量为 1%—3% 时, 胶料强力以及弹性仅稍低于未补强胶料^[18],

撕裂性能和抗裂口增长的能力却大大提高(短纤维必须达到一定的长径比), 这种特性被成功地应用到轮胎特别是工程轮胎的胎面胶料中。Walker 等人^[19]将 2.5 份短纤维加入到工程轮胎胎面胶料中, 提高了抗崩花掉块能力, 降低了裂口扩展速度, 预计寿命可达 3600h, 而未加短纤维的寿命只有 2000h。J. R. Beatty 和 P. Hamed^[20]在天然橡胶(NR)、丁苯橡胶(SBR)以及充油 SBR/顺丁橡胶(BR)3 种工程轮胎胎面胶料中加入短纤维进行评价试验, 结果表明, 短纤维加入后(用量不大于 2%), 这 3 种胎面胶的抗裂口扩展能力都大大提高了, 抗崩花掉块能力也有所改善。1971 年, 就有轮胎公司^[21]将切短的微细玻璃纤维应用到工程轮胎上并取得了较好的效果。在这之前, 有些轮胎翻修公司^[22]将切短的玻璃纤维掺入到胎面修补胶料中(用量 2%—3%), 明显改善了翻新轮胎的耐刺穿能力, 提高了轮胎使用寿命。

当短纤维在胎面胶中沿轮胎径向取向时, 会获得最佳的耐磨性^[23], 而当填充量很小时(1%—3%), 即使采用阻流形挤出型也难获得理想的取向度^[8], 而且这种纤维排列方式对胎面耐刺穿能力也没有好处。实践证明^[20], 因为短纤维含量很小, 耐磨性也只有轻微的下降, 因此对于 SFRC 胎面胶, 可以不考虑其取向问题。

短纤维应用于胎面时的另一个优点体现在加工上, 即可使挤出物的尺寸稳定性提高, 因而汽车、拖拉机、航空轮胎等都已经或正在尝试使用 SFRC 做胎面。

值得指出的是, 由于轮胎寿命的影响因素十分复杂, 因此实验时不能仅凭一项或几项物性指标的些许降低就断定配方的失败, 最客观的方法是直接用成品检验, 当然它的成本也是昂贵的。

轮胎的胎圈包布、胎肩垫胶、胎圈胶芯都已成功地应用了 SFRC^[12]。在胎圈包布和胎肩垫胶中, 通过填加 5%—15% 的短纤维代

替了传统的织物增强,而且它们可以很容易地通过挤出和压延制得。在胎圈胶芯中使用 SFRC 可以满足子午线轮胎对胎圈部位的刚性要求。加入 5%—10% 的短纤维,便可在保证加工粘度和焦烧安全的前提下获得满意的刚性,这大大克服了添加高硬度树脂(如高苯乙烯树脂)所造成的加工困难及温度升高硬度迅速下降的弊病。SFRC 应用于胎圈部件中,可以提高生产效益,改善使用性能,降低成本。SFRC 胶芯的厚度可减小一半而不损失刚性。

近来有专利报道^[24],将碳纤维和芳纶短纤维用于胎侧中,可改善轮胎的行驶性能和乘坐舒适性;普利司通公司也曾将短纤维应用到轮胎胎侧中以提高其抗冲击、耐切割性能;Boustany 等^[25]就 SFRC 在轮胎其它部件的应用做了专门评述。

4 短纤维补强技术在其它橡胶制品中的应用

对纤维素短纤维补强热塑性聚异戊二烯橡胶做鞋底材料及补强 EPDM 做汽车的一些部件,人们都作过研究。高度各向异性的 SFRC 能够在不降低弹性的情况下极好地限制溶胀^[10,26,27],因此,SFRC 耐油制品显示出优异的使用性能。有专利报道^[28],短纤维补强 NBR 制作的超小型轴承用的高硬度密封件,即使在 100℃ 的热油中,经过 70h,其硬度变化也很小($<-5\%$)。也有人用碳纤维作补强剂制作高定伸应力的氟橡胶密封件。用芳族聚酰胺 SFRC 制作的密封件,可大大改善工艺性、密封性和蠕变性能^[29]。短纤维用于印刷胶辊的覆盖胶中,既可保持胶辊的弹性,又可保持形状的稳定。由于短纤维可以提高橡胶的耐压缩永久变形性能,故可用于制造吸能减震器、汽车用抗冲击柔性盘和离合器等^[30]。用短纤维补强的橡胶筛网具有缓冲性好、不易变形、耐磨和不堵塞的优点,据专利报道^[31],日本三星胶带公司发明的这种不使

用钢丝绳抗拉体的新型筛网效果非常好。美国的孟山都公司以及布拉德·雷根公司联合为军方提供纤维素短纤维以及 Kevlar 短纤维 SFRC 制作的坦克履带垫^[32],可降低每年约 1 亿美元的更换履带垫的费用;此胶料具有非常高的杨氏模量、较好的耐切割性、耐渗透性、抗弯强度以及良好的撕裂性能。SFRC 还被用来制作中空圆形船坞和护舷^[33]。用 SFRC 制作的泡沫橡胶可提高发泡体的刚性、耐磨性、尺寸稳定性以及强度^[34]。此外,SFRC 也被应用于胶鞋^[35]、汽车仪表盘^[36]、矿工帽^[37]、板片^[38,39]等橡胶制品中。

5 结语

SFRC 几乎可以应用于所有橡胶工业制品中。目前,国外在已取得成绩的基础上继续完善 SFRC 应用技术并开拓新的应用领域,随着新型聚合物及其产品的出现,Kevlar 短纤维、碳纤维、晶须、液晶、液体橡胶、热塑性弹性体成为新的主要的研究对象,功能性复合材料(如导电材料等)将成为人们关注的又一个热点^[40—44]。虽然国内 SFRC 的开发应用才刚刚起步,但通过广大科技人员及工程技术人员努力,相信会赶上国外的发展水平。

参考文献

- 1 Boustany K, Coran A Y. Int Cl: C08 161/59 USP 3697364, 1972—01—17
- 2 王进文. 特种橡胶制品, 1994; 15(1): 54
- 3 周彦豪. 短纤维/橡胶复合材料的进展与我国短纤维/丁苯或丁腈共沉胶的开发. 合成橡胶工业, 1992; 15(3): 129—130
- 4 马培瑜, 袁立群. 短纤维橡胶复合体在声系软管中的应用. 特种橡胶制品, 1989; 36(2): 44—46
- 5 马培瑜. 短纤维橡胶复合体钢丝铠装吸引胶管. 橡胶工业, 1991; 38(10): 637
- 6 吴贻珍. 切边 V 带的结构与制造工艺. 橡胶工业, 1989; 36(8): 463—469
- 7 姜发启, 苏华强. 引进 V 带生产技术中实现原材料国产化的试验. 橡胶工业, 1992; 39(11): 654—657

- 8 Goettler L A, Leib R I, Lambright A J. Short fiber reinforced hose—A new concept in production and performance. *Rub. Chem. Technol.*, 1979; 52: 838—863
- 9 Monsanto Company Rubber Chemicals Division. Basic concepts of the Monsanto composite hose process. Technical Report, TR. 48, Belgium; 1976; 01—14
- 10 张立群, 周彦豪, 李东红等. 尼龙和聚酯短纤维新预处理方法及其对复合材料性能的影响. *橡胶工业*, 1994; 41(3): 132—137
- 11 Goettler L A, Lambright A J, Leib R I *et al.* Extrusion-shaping of curved hose reinforced with short cellulose fibers. *Rub. Chem. Technol.*, 1981; 54: 277—301
- 12 Goettler L A, Sezna J A, Dimauro P J. Short fiber reinforcement of extruded rubber profiles. *Rubber World*, 1982; 187(1): 33—41
- 13 李延林, 吴宇方, 翟祥国. *橡胶工业手册第五分册*. 北京: 化学工业出版社, 1990: 198
- 14 日本专利, 公开特昭 57-204352, 1982
- 15 Rogers J W. The use of fibers in V-belt compounds. *Rubber World*, 1981; 183(6): 27—31
- 16 Setua D K. Short fiber-rubber composites. *Polymer Science and Technology*, 1986; 33: 275—285
- 17 De S K, Murty V M. Short fiber-rubber composites. *Polym. Eng. Rev.*, 1984; 4(4): 313—343
- 18 张立群, 周彦豪, 李东红等. 尼龙和聚酯短纤维用量对其与天然橡胶和氯丁橡胶复合材料性能的影响. *橡胶工业*, 1994; 41(5): 267—274
- 19 Walker L A, Harber J B. Improved durability in OTR mining tires. *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 1985; 38(6): 494—498
- 20 Beatty J R, Hamed P. Effect of treated cellulose fibers on cut growth, cutting and chipping characteristics of rubber compounds. *Elastomerics*, 1978; 110: 27
- 21 Anon. See more use of mini-glass fibers in off-road treads. *Rubber World*, 1971; 163(4): 51—52
- 22 Anon. How chopped-glass fibers help one retreader. *Rubber World*, 1971; 163(4): 52
- 23 Andrew P F. Reinforcement of rubber compounds with short, individual fibers. *Rubber World*, 1987; 196(2): 19—26
- 24 日本专利, 公开特许平成 02-162101, 1990
- 25 Boustany K, USP 3802478, 1974
- 26 Coran A Y, Boustany K, Hamed P. Short-fiber-composites; the properties of oriented cellulose-fiber-elastomer composites. *Rub. Chem. Technol.*, 1974; 47: 396—410
- 27 Goettler L A, USP 4248743, 1981
- 28 大森护, 日本专利, 公开特昭 60-200191, 1985
- 29 小曾山博, 日本专利, 公开特昭 61-200190, 1986
- 30 日本专利, 公开特许平成 01-22941, 1989
- 31 桥本健次郎, 日本专利, 公开特昭 57-20868, 1982
- 32 徐学忠译. 坦克履带垫的纤维补强材料. *国外橡胶工业动态*, 1986; (10): 9—12
- 33 Anon. *Mater Tech (法文)*, 1985; 73(6): 299—302
- 34 Crairer D, USP 4572917, 1986
- 35 安元保真, 日本专利, 公开特昭 61-225380, 1986
- 36 Sheeler W. J. *Elastomers Plast.*, 1977; 9(31): 267
- 37 马培瑜. 短纤维橡胶复合体新型矿工安全帽研制成功(快讯). *橡胶工业*, 1990; 37(11): 698
- 38 日本专利, 公开特许平成 02-20587, 1990
- 39 Haussling R. USP 4828910, 1989
- 40 Kutty Sunil K N, Nando Golok B. Effect of processing parameters on the mechanical properties of short Kevlar aramid fiber-thermoplastic polyurethane composite. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 1993; 19: 105—110
- 41 Jana P B, De S K. Short carbon fiber filled poly-chloroprene. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 1992; 17: 43—49
- 42 Roy D, Bhattacharya A K, Gupta B R. Rheological behaviour of short carbon fiber filled thermoplastic elastomeric blends of natural rubber and high density polyethylene. *Journal of Elastomers and Plastics*, 1993; 25: 46—58
- 43 Jana P B. Short carbon fiber filled polychloroprene composites; electrical conduction. *Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications*, 1993; 20: 107—118
- 44 Weber Mark E, Kamal M R. Mechanical and microscopic investigation of whisker-reinforced silicone rubber. *Polymer Composites*, 1992; 13(2): 133—145

收稿日期 1994-07-25

(下转第 190 页)

和大陆有关当局审批。

ERJ,176[12],2(1994)

来函照登

《橡胶工业》编辑:

你好,我读了《橡胶工业》1994年第41卷第5期夏小俭同志的《橡胶及塑料模具新放大系数》一文,感到文中提到的“新放大系数”的概念并无新意,其推算过程不过是对橡胶硫化收缩率的反面解释,概括成“新放大系数”还易造成概念上的混乱。

橡胶模压制品硫化收缩率“ k ”的概念在橡胶行业内早已有明确定义,如何正确理解并在橡胶模具设计中合理运用,前人早已有相当精辟的论述。陕西科学技术出版社1987年出版、由吴生绪同志1983年编写完成的《橡胶模具设计与制造手册》一书的第2章第六节中对此已做了全面详细的介绍。其中一种确定模具型腔尺寸的公式为 $D_{\text{模}} = D_{\text{制}} / (1 - k)$ 与新放大系数所要表达的实质完全一样,没有必要再标新立异;其二是工程中常用的计算公式: $D_{\text{模}} = (1 + k) D_{\text{制}}$,其计算精度与制品本身的允许误差以及其它多种因素造成

的误差相比甚微。如认为后式精度不够,自然可以选用前式。

我认为《橡胶及塑料模具新放大系数》一文不宜刊登在90年代的《橡胶工业》期刊上。以上意见得到我厂总工李建德同志的认同。

(梧州市橡胶厂 王瑞文)

《橡胶原材料手册》

《橡胶原材料手册》1995年4月将由化学工业出版社正式出版。

该书由于清溪主编,作者均为国内橡胶专家。内容包括橡胶、弹性体、配合材料、骨架材料和配合加工材料等组成,并附生产厂家及地址。全书共计120万字左右。可供橡胶及相关行业的供销人员、贸易人士、生产技术人员以及大专院校师生参考使用。

该书定价70.00元,精装。需要订购者,请与化工部北京橡胶工业研究设计院温桂春联系。

地址 北京西郊半壁店

邮编 100039

电话 8212211-2143

(上接第174页)

Application of Short-fiber Reinforcement Technology in Rubber Industry

Zhang Liqun, Jin Riguang, Zhou Yanhao, Geng Haiping and Qin Huanyu

(Beijing University of Chemical Technology 100029)

Abstract The background of the development of short-fiber reinforcement technology and its present status in China were described. The principle and advantage of its application in the main rubber products, such as tire, V-belt, hose and so on were discussed in details in terms of compounding, processing technology, performance and appearance of product, and cost. The present status, potential and features of the application of short-fiber reinforcement technology in other rubber products were also introduced.

Keywords short-fiber, reinforcement, rubber