

芳纶纤维及其复合材料的研究进展

姚利丽^{1,2},周志嵩^{1,2},朱晨露^{1,2},周洁^{1,2},华欣^{1,2},姜志美^{1,2}

(1.江苏兴达钢帘线股份有限公司,江苏兴化 225721;2.江苏省结构与功能复合材料重点实验室,江苏兴化 225721)

摘要:介绍芳纶纤维的性能和研究现状、芳纶纤维复合材料的应用以及芳纶复合帘线的开发和性能改进。芳纶纤维具有多种独特性能,国内外对芳纶纤维进行了广泛研究,芳纶纤维制备与应用技术难题不断被攻克,芳纶纤维的应用越来越广泛。芳纶纤维生产现主要集中在美国、日本和欧洲,近年来我国芳纶纤维的产业化发展迅速。芳纶纤维复合材料在军用和民用领域均得到广泛应用。芳纶复合帘线主要分为合股复合帘线和芯皮结构复合帘线。芳纶复合帘线改进的性能主要有耐压缩疲劳性能、拉伸性能和粘合性能。

关键词:芳纶纤维;复合材料;复合帘线

中图分类号:TQ330.38⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-5448(2018)03-05-07

1 芳纶纤维的种类及性能

1.1 种类

芳纶纤维的全称是芳香族聚酰胺纤维,是一类新型的特种用途合成纤维。目前已经有多种芳纶问世,并进行了工业化生产。芳纶的分类方法有多种,按结构,芳纶可分为对位芳纶、间位芳纶和邻位芳纶;按聚合单体种类,芳纶可分为芳纶I型、芳纶II型、芳纶III型和杂环芳纶。芳纶中最具实用价值的品种分别为分子链呈锯齿状的间位芳纶1313和分子链呈直线状的对位芳纶1414。

1.2 性能

在现有的高性能纤维中,对位芳纶纤维是综合性能优异的有机纤维,除了具有高强度、高模量和耐高温的特点外,还具有阻燃、绝缘、耐磨、耐化学腐蚀、抗切割、耐疲劳、柔韧以及尺寸稳定等性能。

1.2.1 物理性能

相关资料^[1]显示,芳纶纤维的拉伸强度为3.0~5.5 GPa,弹性模量为80~160 GPa,断裂伸长率为3%左右,芳纶纤维具有拉伸强度高、弹性模量大和断裂伸长率小的特点,可作为增强材料应用于要求高强度和高模量的复合材料。同时,芳纶纤维还具有特别好的抗冲击性能,尤其是与碳

纤维混合用于复合材料时,复合材料的抗冲击性能大大提高,因此芳纶纤维可应用于防弹衣等要求高抗冲击性能的制品。

芳纶纤维具有良好的热稳定性和低温性能,耐火而不熔,可燃氧指数小,能长期在180℃下使用;在低温-60℃不发生脆化、不降解^[1]。芳纶纤维的热膨胀系数很小^[2],具有各向异性的特点:纵向热膨胀系数为 $-4 \times 10^{-6} \sim -2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,横向热膨胀系数为 $5.9 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。因此,将热膨胀系数为负值的芳纶纤维与热膨胀系数为正值的材料复合,可使复合材料的热膨胀系数为零,从而能很好利用模具进行复合材料制品的生产。

芳纶纤维用于增强热塑性基体时,其润滑性能表现优异。芳纶纤维可以提高复合材料的摩擦因数稳定性并减少磨损,随着复合材料中芳纶纤维含量的增大,复合材料的磨损速率显著下降,同时还可减少被磨面的磨损^[3]。利用芳纶纤维的优良耐磨性能,可将其应用于特种轮胎、刹车片等耐磨橡胶制品的制造^[4]。

此外,芳纶纤维相对密度和质量小,具有很好的电绝缘性。

1.2.2 化学性能

芳纶纤维易受各种酸碱的腐蚀^[1,5-6],尤其耐强酸、耐水和耐光性能较差,溶解性能不够好,横向压缩模量较低等。随着研究的深入,芳纶纤维的这些不足也将逐渐被克服。

作者简介:姚利丽(1976—),女,四川绵阳人,江苏兴达钢帘线股份有限公司工程师,硕士,主要从事钢丝帘线的技术研发工作。

2 国内外芳纶纤维的发展状况

2.1 国外芳纶纤维的发展

目前芳纶纤维的产能主要集中在美国、日本、欧洲^[7],对位芳纶纤维主要有美国杜邦公司的Kevlar、日本Teijin公司的Technora、荷兰阿克苏·诺贝尔公司(已被Teijin公司合并)的Twaron、俄罗斯的Terlon等;间位芳纶纤维有美国杜邦公司的Nomex、日本Teijin公司的Conex等。

美国杜邦公司芳纶纤维的产能约占全球总产能的80%。杜邦公司是目前世界上最大的芳纶纤维生产企业,20世纪60年代成功开发对位芳纶纤维并于70年代初进行了工业化生产后,产能逐渐扩大,目前除了在美国有较大的生产基地外,在日本和英国也建有生产装置。

荷兰阿克苏·诺贝尔公司从1987年开始工业化生产对位芳纶纤维Twaron,虽然2000年该公司被日本Teijin公司收购,但是对于芳纶纤维的开发生产并没有停止,在被收购后还进行了多次大规模扩能。

俄罗斯在20世纪80年代中期开发了对位芳纶纤维Terlon,俄罗斯化纤研究院在20世纪80年代末期至90年代初期成功研发了芳纶纤维Rusar。俄罗斯对芳纶纤维的研究和生产主要集中在杂环芳纶纤维方面。

韩国Kolon公司早在20世纪70年代末开始开发对位芳纶纤维,但是直到2005年才开始商业化生产,产品商品名称为Heracron,之后其发展也较迅速。

韩国晓星公司于2009年开始对位芳纶纤维的工业化生产,目前生产能力相对较大。

2.2 国内芳纶纤维的发展

我国对芳纶纤维的研发始于20世纪70年代,虽然通过投入大量的人力、物力和财力,取得了一些成果,但在很多关键技术上还较落后。另外,由于国内芳纶纤维的短缺,我国芳纶纤维领域的技术进步和产业升级在很大程度上受到了制约。近年来,随着芳纶纤维技术关键问题的不断攻破,我国芳纶纤维的产业化迅速发展^[8]。目前,国内已经有10多家企业正在进行芳纶纤维产业化生产。

晨光化工研究院有限公司在芳纶Ⅱ及其纤维和杂环芳纶Ⅲ及其纤维的研究开发方面取得了

重要进展,在国内芳纶纤维研究领域处于领先地位。通过对连续聚合和高速干湿法液晶纺丝关键技术难题的攻克,晨光化工研究院已经建成相应的芳纶Ⅱ纤维中试生产线。此外,经过多年的技术攻关及积累,杂环芳纶Ⅲ纤维也已经实现稳定生产,在一些型号的武器上成功取代进口芳纶纤维,实现了国产化。

烟台氨纶股份有限公司是目前中国最大的特种纤维生产基地,在对位芳纶纤维的研究方面有较大的进展。该公司自2004年开始启动对位芳纶长丝及浆粕的中试技术开发至今,陆续建成百吨级、千吨级的对位芳纶纤维生产线,并通过对关键技术的突破,拥有了丰富的技术积累,具有自己的知识产权。目前,该公司已成为国内可以规模化生产芳纶纤维的基地。

东华大学在2000年开始展开对位芳纶纤维的研究工作,之后与其他企业合作建成了上海艾麦达纤维科技有限公司,并且在江苏常熟拥有百吨级规模的中试生产装置。

河南平煤神马集团于2008年生产出各项性能指标均接近国际先进水平的对位芳纶纤维。

中国石化仪征化纤股份有限公司于2008年建成 $3\ 000\ \text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ 的对位芳纶生产装置、 $3\ 000\ \text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ 对位芳纶长丝纺丝装置和 $3\ \text{万}\ \text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ 的溶剂回收装置。

此外,国内还有一批企业,包括河北硅谷化工有限公司、广东彩艳股份有限公司、苏州兆达特纤科技有限公司以及河南平煤神马集团等正在或规划建设芳纶及其纤维生产装置。

3 芳纶纤维复合材料的应用与开发

3.1 芳纶纤维复合材料的应用

芳纶纤维的产品形态包含有捻纱、无捻粗纱、布、带、毡以及短切原丝等,芳纶纤维复合材料主要有纤维与纤维缠绕复合材料和纤维与树脂或橡胶复合材料两类^[9]。通常,与芳纶纤维匹配的纤维有碳纤维、锦纶纤维和钢丝等,与芳纶纤维匹配的树脂有环氧树脂、酚醛树脂、不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂、聚酰亚胺树脂和聚对苯二甲酸丁二酯等。

随着芳纶技术的发展,芳纶纤维成为材料领

域研究的热点和重点。芳纶纤维在复合材料中作为增强体使用时,主要有短纤维、丝状、网状、2D编织和3D编织等形态^[7]。最初由于生产成本较高,芳纶纤维主要应用于军事领域,但随着工艺技术的日趋成熟,芳纶纤维的生产成本降低,逐渐推广应用于民用领域。

由于具有高强度和高弹性模量等特性,目前芳纶纤维主要应用于航空航天材料和体育用品材料,其用量约占芳纶纤维用量的40%;在轮胎骨架材料和输送带骨架材料等方面的芳纶纤维用量约占20%;在高强绳索等方面的芳纶纤维用量约占13%;在防弹衣、头盔等方面的芳纶纤维用量约占7%。

芳纶纤维复合材料在航空航天领域应用时经常与碳纤维复合材料配合使用,除了在飞机翼盒、壁板和蒙皮^[10],波音系列飞机结构的轻量零部件,以及固体火箭发动机壳体中应用外,在航天器的太阳翼基板、天线^[11]和隔热结构^[12]中也有应用。

在武器装备领域,由于具有良好的抗冲击力和抗穿刺能力,芳纶纤维复合材料在防弹背心、防弹头盔、防弹车体、装甲车辆防护^[13]、排爆服、高强度降落伞、抗刺抗割服以及高速列车^[14]等中已有很好的应用效果。

在电子电器相关领域,日本松下电器公司在浸渗高耐热的环氧树脂固化芳纶无纺布上贴合铜箔而制成印刷线路基板^[15]。

在体育器械领域,芳纶纤维复合材料应用于滑雪板、高尔夫球杆、赛艇、网球拍和可折叠式自行车等中。

在建筑领域,芳纶纤维可以作为骨架材料替代钢筋,用于桥梁、幕墙、道路等中,从而降低飓风和地震等自然灾害对这些工程结构的危害^[16]。如日本阪神大地震后,采用芳纶纤维增强材料修复建筑物,使其抗震能力提高约10倍;羽田国际机场的混凝土路面采用碳纤维和芳纶纤维进行加固。

采用芳纶纤维复合材料制备的压缩天然气罐和潜水用呼吸器等与相应的钢制品相比,更加轻便、结实,同时也更加安全。

在汽车领域,芳纶纤维增强热塑性复合材料

已应用在汽车刹车器、离合器和换向器等^[17]中,芳纶帘线替代传统的钢丝帘线增强轮胎,可以降低轮胎的滚动阻力,使得汽车在行驶过程中更加平稳、安静,同时轮胎的抗刺扎性能提高。

3.2 芳纶复合帘线的开发

芳纶复合帘线主要分为合股复合帘线和芯皮结构复合帘线。合股复合帘线是由2股或多股股线捻合而成的帘线,芯皮结构复合帘线是由芯线和缠绕芯线的皮层构成的帘线。

专利^[18]指出,采用1股以上芳纶股线与1股以上钢丝股线可以捻合成芳纶/钢丝复合帘线,其中芳纶股线由多根芳纶长丝捻合而成,钢丝股线为单根钢丝。该专利的复合帘线结构见图1。将芳纶/钢丝复合帘线用于带束层,可使胎面刚度和沿压缩力方向的帘线强度提高,同时减小了轮胎质量。

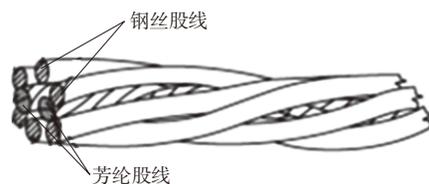


图1 复合帘线结构示意图

复合帘线的发展品种是芯皮结构复合帘线^[19]。用合成纤维与钢丝进行复合也可以生产复合帘线^[20]。芯皮结构复合帘线一般采用若干根钢丝或若干股纤维股线作芯线,用若干股纤维股线或钢丝缠绕芯线构成皮层,皮层可以是1层或2层。

文献^[21]报道,以单根钢丝作芯线,可在其外面缠绕1层纤维层、再缠绕1层钢丝层而构成芯皮层结构复合帘线,其中缠绕层可以由若干股聚乙烯纤维股线、锦纶纤维股线、芳纶纤维股线或聚酯纤维股线缠绕而成,最外层的缠绕层为7—11股直径为0.12~0.20 mm的钢丝缠绕而成。另一种芯皮结构复合帘线^[20]由1根钢丝作芯线,由单股或多股非金属长丝股线缠绕而形成第1层,由4—12根钢丝缠绕而形成第2层,如图2所示。

为满足高功率和高负荷汽车高速行驶的稳定性能和耐久性能要求,目前已经设计出了由芳纶纤维等高弹性纤维与锦纶纤维等低弹性纤维捻合而成的复合帘线作为胎体帘布层的高性能充气子

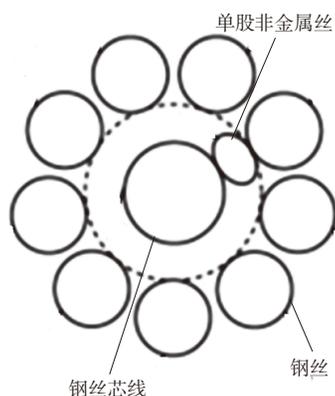


图2 芯皮结构复合帘线断面示意

午线轮胎,复合帘线不仅可以保证轮胎行驶的稳定性能、高速性能和耐久性能,同时也减小了轮胎质量。专利^[22]指出,由1股锦纶46纤维与2股芳纶纤维捻合而成的复合帘线与由锦纶66纤维和锦纶6纤维捻合而成的复合帘线相比,可以使轮胎克服在行驶中产生振动的“平点”现象。也有专利^[23]报道了芳纶/人造丝复合帘线在轻载子午线轮胎和轿车轮胎中的应用。

目前,很多全球知名的轮胎企业在芳纶复合帘线的开发和应用方面走在了前列。美国固特异轮胎公司为了减小轮胎质量、降低油耗、提高操纵稳定性和乘坐舒适性,采用芳纶纤维与锦纶纤维、芳纶纤维与单根钢丝复合的帘线作为轮胎增强材料,同时将芳纶纤维与锦纶纤维或聚酯纤维复合的帘线替代钢丝帘线用于子午线轮胎带束层^[24]。美国通用轮胎公司开发了芳纶/锦纶复合帘线,命名为阿洛纶,并将其应用于工程机械轮胎缓冲层。采用阿洛纶缓冲层的轮胎抗刺扎性能以及使用寿命与采用锦纶帘线缓冲层的轮胎相比均得到了大幅提升。法国米其林轮胎公司将芳纶/锦纶复合帘线用于低断面高性能子午线轮胎的冠带层,轮胎的高速性能得到了大幅提升。

4 芳纶复合帘线性能改进

芳纶纤维虽然有很多的优点,但是其存在价格昂贵、耐压缩疲劳性能差、不易粘合等问题,制约了其广泛应用。目前芳纶纤维复合帘线性能改进主要有以下几个方面。

4.1 耐压缩疲劳性能

在轮胎等常规橡胶制品中,相邻帘线之间接

触部分经受往复应变而磨损,帘线弯曲导致的相对移动及相互之间的压迫,使其耐疲劳性能下降。轮胎带束层边缘附近的帘线在转弯时承受很大的往复压缩,这种压缩疲劳会造成帘线较大的抗拉强度损失。通过在芳纶分子主链中引入第三组分或将芳纶纤维与其他纤维并捻制成复合帘线可以减小高应力下帘线之间的接触压力,从而在一定程度上提高帘线的耐疲劳性能^[21],而且芳纶纤维与其他纤维复合有利于提高帘线的粘合性能和降低成本。

4.2 拉伸性能

在捻线过程中,由于芳纶工业丝的模量高、伸长率小,在纤维捻回扭曲时单丝内分子链间受到剪切作用,使得纤维沿轴向劈裂而受损,从而造成帘线的抗拉强度损失较大。

捻度、捻比、加捻过程及捻制速度等对芳纶及其复合帘线的抗拉强度保持率均有影响。研究^[25]表明,1670dtex芳纶帘线制备时,在初捻加捻速度为 $4\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、复捻加捻速度为 $5\ 000\ \text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 、捻度为 $40\ \text{捻} \cdot \text{dm}^{-1}$ 、加捻时选用光环气圈环等条件下,有效解决了芳纶帘线在加捻过程中的抗拉强度损失问题,使其抗拉强度保持率由60.4%提高到81.2%。

4.3 粘合性能

由于芳纶大分子是高结晶、高取向的刚性苯环结构,分子链中活性官能团少,因此芳纶帘线很难与橡胶粘合。国内外学者对芳纶及其复合帘线的粘合性问题展开了较为普遍的研究,目前解决芳纶及其复合帘线与橡胶粘合问题的方法主要有以下几种。

4.3.1 等离子体表面改性

等离子体处理技术是利用等离子体引发高聚物发生自由基反应的技术。近年来国内外对此技术进行研究^[26-28]发现,在一定的时间、功率和气氛下通过等离子体在芳纶表面引入极性官能团,可使纤维比表面积和表面能增大,润湿能力提高。用等离子体处理过的芳纶帘线再用RFL浸渍液浸渍,可以获得较好的粘合效果。但该方法也存在缺点,如刻蚀作用会使纤维的强度有少量损失,且随着时间的延长,浸渍帘线的粘合强度逐渐衰减。

4.3.2 表面接枝改性

表面接枝改性是一种研究最多的芳纶化学改性方法。B. Ramazan等^[29]研究了不同硝化介质和还原剂处理方法对芳纶帘线粘合性能的影响。芳纶表面酰胺基团的一H可以被其他亲电基团取代而引入极性基团,从而改善其纤维表面状态。L. S. Penn等^[30]研究了芳纶纤维与二异氰酸酯反应而在其表面生成接枝己胺,发现由于界面附近基体的模量提高和界面处起始裂纹的尺寸减小,改性后的芳纶纤维粘合性能提高。

4.3.3 氟气体处理

氟气体处理是指将纤维束丝通过含有氟气和氮气的处理器,且控制后采用RFL浸渍液处理^[31]。氟气体浓度和处理速度决定了该方法的处理效果,氟气体浓度越高,处理速度越慢,浸渍处理后的芳纶帘线的粘合性能越好,但耐疲劳性能越差。经氟气体刻蚀的芳纶纤维表面活化点的复原倾向小于等离子体处理方法。

4.3.4 超声波处理

国内外对超声波处理的芳纶及其复合帘线研究报道^[32-33]也较多。超声波处理主要起两方面的作用,一方面是作用于浸渍液,促进浸渍液活性提高;另一方面是清除纤维表面的污物,使纤维表面均匀浸渍,减少粘合时的弱边界层。

4.3.5 γ 射线辐射处理

γ 射线辐射处理方法有两种:一种是使纤维的表层与芯层之间发生交联反应;另一种是辐射接枝,利用 γ 射线促进芳纶与表面涂覆物发生自由基反应,增加纤维表面极性基团,使芳纶纤维的湿润性得到提高,从而改善界面状况。

4.3.6 水溶性聚氨酯粘合剂处理

利用易溶于水的离子型聚氨酯粘合剂处理的芳纶帘线具有粘合活性^[34],同时具有一定的硬度和柔韧性。该粘合剂以水为介质,生产过程产生的污染较少,但是高温时释放出酸性蒸汽,对浸渍设备有腐蚀作用,并且售价较高。

4.3.7 一浴法浸渍处理

经过表面处理过的芳纶帘线采用传统的RFL浸渍液一浴法浸渍处理可以获得较好的粘合效果,未经过表面改性处理的芳纶帘线采用在RFL浸渍液中加入氯苯酚-甲醛树脂、封闭异氰酸酯分散

体等,也可以通过一浴法浸渍处理获得一定的粘合效果。

4.3.8 二浴法浸渍处理

二浴法浸渍处理是目前生产浸胶芳纶及其复合帘线普遍采用的一种方法。该方法是指在采用RFL浸渍液浸渍前增加一次浸渍。第一次浸渍液一般为环氧树脂或异氰酸酯溶液,但是异氰酸酯对潮湿比较敏感,且其粒径和解封温度对最终帘线的粘合性能有较大的影响。

4.3.9 三浴法浸渍处理

三浴法浸渍技术是指在二浴法浸渍处理的基础上再增加专用的酚醛树脂为增粘剂的第三浴浸渍液浸渍^[35]。经过三浴法浸渍处理过的芳纶及其复合帘线在粘合性能和硬化效果方面都很好,其粘合强度明显高于采用二浴法浸渍处理的帘线。

5 结语

由于芳纶纤维具有多种独特的优异性能,近年来国内外对芳纶纤维进行了广泛的研究,芳纶纤维的制备与应用技术难题不断被攻克,应用越来越广泛。我国芳纶纤维产业化发展迅速,但在芳纶纤维领域的技术目前还不成熟,与国际先进水平还存在较大差距。因此,我们应该加大芳纶纤维研究的投入,加强芳纶纤维生产企业与科研院所的合作,尽快提高我国芳纶纤维生产与应用技术水平。

参考文献:

- [1] 王荣国, 武卫莉, 谷万里. 复合材料概论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1999.
- [2] 郑志清, 钱咸成, 吴小红, 等. 芳纶1313的结构与性能[J]. 合成纤维工业, 1993, 6(6): 18-21.
- [3] 马保吉, 朱钧, 高嵩, 等. 芳纶纤维增强摩擦材料的摩擦学性能研究[J]. 摩擦学学报, 2000, 20(4): 260-263.
- [4] 曹乾坤, 梁磊, 姚安佑, 等. Kevlar增强新型制动摩擦材料研究[J]. 非金属材料, 2000(3): 16, 49-50.
- [5] 王睦铿. 芳纶一步法新工艺及其聚合物反应新应用[J]. 化工新型材料, 1993(12): 10, 15-20.
- [6] 邢晓东. 直纺型改性聚对苯二甲酰对苯二胺的研制[J]. 合成树脂与塑料, 1999, 16(6): 11-14.
- [7] 孔海娟, 张蕊, 周建军, 等. 芳纶纤维的研究现状与进展[J]. 中国材料进展, 2013, 32(11): 676-684.

- [8] 晓铭. 对位芳纶的开发及应用前景[J]. 精细化工原料及中间体, 2012(6): 11-14.
- [9] 夏于旻. 芳纶复合材料的性能、制备及应用[J]. 内蒙古石油化工, 2006(9): 16-18.
- [10] 张菊霞, 田卫. 碳纤维、芳纶纤维、蜂窝芯零件数控加工刀具的选用[J]. 航空制造技术, 2010(15): 71-73.
- [11] 靳武刚. 芳纶纤维复合材料在天线工程中的应用[J]. 电子机械工程, 2003, 19(1): 36-40.
- [12] 陈烈民. 航天器结构与机构[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.
- [13] 魏忠仁, 杜文泽, 钟蔚华, 等. 芳纶复合材料对球形弹丸的抗贯穿性能研究[J]. 兵工学报, 2010, 31(4): 458-463.
- [14] 王明猛, 肖守纳, 罗丹. 芳纶纤维复合材料在高速试验列车设备舱底板上的应用研究[J]. 铁道车辆, 2013, 51(5): 8-11.
- [15] 张珊珊. Kevlar纤维的表面处理及其复合材料界面研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [16] 李晔. 对位芳纶的发展现状、技术分析 & 展望[J]. 合成纤维, 2009(9): 1-5.
- [17] 吴松林. 芳纶纤维及其复合材料的最新进展[J]. 宇航材料工艺, 1993(4): 83-84.
- [18] Komatsuki, Masato. Pneumatic Tyre[P]. European: EP 0621143A1, 1994-10-26.
- [19] Joanna K. Money PEN Polyester: Potential for Fibers Derived from Naphthalene Dicarboxylate[J]. Journal of Coated Fabrics, 1995, 25(7): 24-38.
- [20] Nguyen, Gia V, Boisflearg D, et al. Hybrid Cord [P]. USA: USP 6 658 836, 2003-12-09.
- [21] 张清水. 芳纶复合帘线的加工、粘合与应用[J]. 轮胎工业, 2006, 26(10): 594-597.
- [22] Makoto Ozaki, Shinya Harikae. Pneumatic Radial Tire[P]. European: EP 2065223, 2009-06-03.
- [23] Oebele P. Vander Werff. Reinforcement Cord for Elastomeric Articles, Shaped Articles of Reinforced Elastomeric Material, More Particularly Pneumatic Tires for Vehicles, and a Process for the Manufacture of Reinforcement Cord and a Process for the Manufacture of Vehicle Tires[P]. USA: USP 4 389 839 A, 1983-06-28.
- [24] Komat Suki M. Pneumatic Tire with Hybrid Steel/Aramid Belt Cord [P]. USA: USP 5 551 498, 1996-09-03.
- [25] 王莹. 加捻工艺对芳纶帘线性能的影响[J]. 科技信息, 2011(2): 397-398.
- [26] Lawton EL. Adhesion Improvement of Tire Cord Induced by Gas Plasma [J]. Journal of Applied Polymer Science, 1974, 18(1): 557.
- [27] Luo S, Wirn J, Ooij V. Surface Modification of Tire Cords by Plasma Polymerization for Improvement of Rubber Adhesion[A]. The 157th Meeting of Rubber Division[C]. Chicago: American Chemical Society, 1999: 62-68.
- [28] Devid A B, Pleizier G. Application of the Micro Bond Technique IV: Improved Fiber-Matrix Adhesion by RF Plasma Treatment of Organic Fiber[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1993, 47(5): 883-894.
- [29] Ramazan B, Giuliana T C. Effect of Surface-limited Reaction on the Properties of Kevlar Fibers [J]. Textile Research Journal, 1990, 10(7): 334-344.
- [30] Penn L S, Jutis B. The Effect of Pendant Groups at the Fibers Surface on Interfacial Adhesion[J]. Journal of Adhesion, 1989, 30(1-4): 67-81.
- [31] Doherty M A, Rijpkema R, Weening W. Promoting Aramid Rubber Adhesion without Epoxides—an Alternative Approach[J]. Rubber World, 1995, 212(6): 21.
- [32] Liu L, Huang Y D, Zhang Z Q. Ultrasonic Modification of Aramid Fiber/Epoxy Interface[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2001, 81(10): 2764-2768.
- [33] 严志云, 刘安华, 贾德民. 超声波处理对芳纶帘线表面形态与胶料粘合性能的影响[J]. 橡胶工业, 2004, 51(6): 325-329.
- [34] Henk A A, Aalten V. Aramid Fibers and Adhesion to Elastomers: Ionothane Structures and Performance[A]. The 148th Meeting of Rubber Division[C]. Ohio: American Chemical Society, 1995: 69-74.
- [35] 廖颖芳, 申明霞, 蒋林华. 改善芳纶与橡胶粘合性能的处理方法[J]. 高科技纤维与应用, 2005, 30(3): 32-35.

收稿日期: 2017-08-31

Research Progress in Aramid Fiber and Its Composites

YAO Lili^{1,2}, ZHOU Zisong^{1,2}, ZHU Chenlu^{1,2}, ZHOU Jie^{1,2}, HUA Xin^{1,2}, JIANG Zhimei^{1,2}

(1. Jiangsu Xingda Steel Cord Co., Ltd, Xinghua 225721, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Structural and Functional Composites, Xinghua 225721, China)

Abstract: The properties and research status of aramid fiber are introduced. The application of aramid fiber composite material and the development and performance improvement of aramid fiber composite cord are presented. Aramid fiber has a variety of unique properties which has been widely studied at home and

abroad. The technical problems in the preparation and application of aramid fiber have been continuously broken through, and so it is used in more and more applications. The manufacturing of aramid fiber is mainly in the United States, Japan and Europe. However, the development and production of aramid fiber in China is moving forward rapidly. Aramid fiber composites are widely used in military and civil fields. Aramid fiber composite cords are mainly divided into two types: multiply cord, and core-shell cord. With aramid fiber composite cord, the compression fatigue resistance, tensile properties and adhesion properties of the composites are improved.

Key words: aramid fiber; composite material; composite cord

科力达自主开发智能型轮胎 内胎垫带装填技术

中图分类号:TQ336.1;TQ330.4 文献标志码:D

青岛科力达机械制造有限公司自主开发的智能型轮胎内胎垫带装填技术日前通过中国石油和化学工业联合会科技成果鉴定,该公司还成功研制了智能型内胎垫带装填机。

智能型轮胎内胎垫带装填技术和装填机填补了世界橡胶工业在该领域的空白,将改变载重轮胎制造过程中人工装填内胎垫带的生产方式,为全球轮胎工业4.0的推进和发展注入了新动力。

自汽车充气轮胎生产以来,全世界载重轮胎内胎垫带一直采用人工装填,目前人工完成一个内胎垫带装填需耗时3 min左右,该工序效率低,成本高,甚至有导致操作人员职业病的风险。

智能型内胎垫带装填机专用于成品载重轮胎成品入库前或出厂前将垫带和内胎自动装入外胎腔内,分为单机型和复合型两种。其中,单机型装填机装填速率为每小时100条;复合型(又称双机型)装填机装填速率为每小时200条,且两种机型全机操作人员仅需1名。

该装填机具备智能识别功能,通过自动扫描轮胎上的电子标签,就可实现不同规格轮胎的随机装填功能。该装填机既可连接轮胎输送分拣线,又可单机独立使用。同时,该装填机配备MES接口,可对接各种主流ERP系统和自动仓库管理SMT系统。

凭借高生产效率,该装填机一经问世就被国

内知名轮胎企业购买,并陆续接到多个订单,显示出良好的发展前景和强大的市场竞争力。

(本刊编辑部)

华勤集团第1条自主品牌轿车轮胎正式下线

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

2018年1月22日,华勤橡胶工业集团(简称华勤集团)神州公司第1条陆通品牌轿车轮胎正式下线,这标志着我国自主品牌轿车轮胎进入了新时代,开启了高质量发展的新征程。

神州公司年产1 000万套高性能轿车轮胎项目总投资35亿元,建成厂房面积35万m²,项目采用全球领先的高性能轿车轮胎生产技术,与国内外顶级的设备生产厂商合作,按照设计工艺技术路线需要定制专有高端设备。该工厂是目前国内装备水平最高、技术最先进、一次性建成厂房面积最大的轿车轮胎工厂。项目于2017年3月18日正式开工建设,经过仅10个月的时间,一期工程就全线正式运行,实现了当年开工、当年建成、当年投产,创造了全球轮胎行业的新纪录。

华勤集团表示,该项目的高质量、高速度建成再次彰显了华勤集团的凝聚力、战斗力和团队精神。在经济不景气的大背景下,集团投资60亿元新上了轿车轮胎和卡客车轮胎两大项目,位列全球轮胎行业年度投资前3位,充分显示了华勤集团的战略眼光和雄厚实力。集团下一步将以高品质、高性价比的产品抢占市场,打造中国轮胎行业的世界知名品牌。

(王 雯)

欢迎在《橡胶科技》《橡胶工业》《轮胎工业》上刊登广告