

芳香族聚酰胺纤维在汽车胶管中的应用

齐亮,余旷

[帝人芳纶贸易(上海)有限公司 亚太技术中心,上海 200233]

摘要:介绍芳香族聚酰胺(芳纶)纤维在汽车胶管中的应用。芳纶纤维分为对位芳纶纤维和间位芳纶纤维,对位芳纶纤维具有强度大、模量高、耐高温性能好和质量小等特点,间位芳纶纤维主要具有耐高温的特性。芳纶纤维用于汽车冷却系统胶管、空调系统胶管、涡轮增压胶管、制动胶管、燃油胶管和动力转向胶管。汽车胶管的生产工艺包括针织工艺、编织工艺、缠绕工艺和夹布工艺。

关键词:芳香族聚酰胺纤维;汽车胶管;生产工艺

中图分类号:TQ330.38⁺9;TQ336.3

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2020)12-0954-05

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2020.12.0954



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着时代的发展,汽车在人们的生活中越来越普及。一辆汽车内部有成千上万个零部件,汽车胶管是其中的重要部分。2000年我国汽车年产量约200万辆,2018年增长到约2 900万辆,与此相匹配的汽车胶管产量也大幅增加。据不完全统计,以每辆汽车使用20 m胶管计算^[1],2018年我国汽车胶管的产量超过5亿m,产值超过200亿元。

本文主要介绍芳香族聚酰胺(芳纶)纤维在汽车胶管中的应用。

1 胶管的分类

胶管的定义非常广泛,可以按照覆盖胶种类、增强层(骨架)材料、加工工艺和应用分类,如图1所示。汽车胶管是胶管中的一种,而汽车胶管产量占胶管总产量的1/2以上^[2]。

2 芳纶纤维

汽车胶管一般是多层结构,内胶层与外胶层之间夹有增强层。增强层材料主要有钢丝、聚酯纤维、芳纶纤维和聚酰胺(尼龙)纤维等。

芳纶的分子主链由芳香环和酰胺键组成,其中至少85%的酰胺基直接键合在芳香环上,每个重复单元的酰胺基中的N原子和羰基均直接与芳香

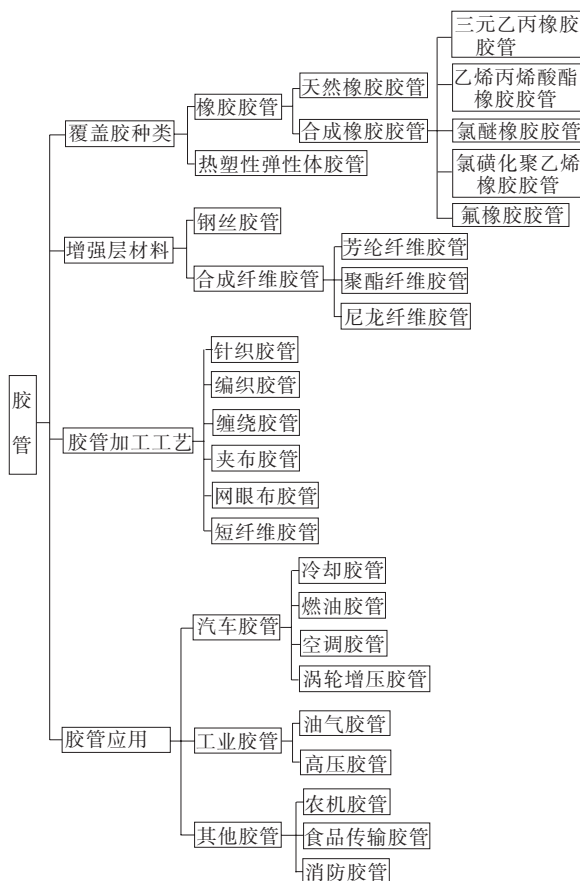


图1 胶管的分类

环中的C原子相连,并且置换芳香环中的一个H原子^[3-4]。根据酰胺基在芳香环上的位置,可以分为对位芳纶和间位芳纶^[5]。

自从1971年杜邦公司将Kevlar[®]芳纶纤维商

作者简介:齐亮(1982—),男,浙江舟山人,帝人芳纶贸易(上海)有限公司工程师,硕士,主要从事橡胶制品骨架材料的研究。

E-mail:Bright.Qi@Teijinaramid.com

品化以来, Kevlar[®]一直是对位芳纶纤维的知名品牌。帝人芳纶公司从1986年开始商业化生产高性能对位芳纶纤维, 并将其品牌确定为Twaron[®]。此后帝人芳纶公司一直是芳纶技术的领导者。

对位芳纶(俗称1414芳纶)纤维具有强度大(同等质量下强度是钢丝的5倍以上)、模量高、耐高温性能好和质量小等特点。Technora[®]芳纶纤维

则是帝人芳纶公司生产的另一种对位芳纶纤维产品, 其分子链以对位芳纶纤维分子链结构为主。

间位芳纶(俗称1313芳纶)纤维主要具有耐高温的特性。Teijinconex[®]是帝人芳纶公司生产的一种间位芳纶纤维产品。

表1所示为芳纶纤维与聚酯纤维、尼龙66纤维和钢丝的基本性能对比。

表1 芳纶纤维与聚酯纤维、尼龙66纤维和钢丝的基本性能对比

项 目	Twaron [®] 对位芳纶	Technora [®] 对位芳纶	Teijinconex [®] 间位芳纶	聚酯纤维	尼龙66纤维	钢丝
密度/(Mg · m ⁻³)	1.44~1.45	1.39	1.38	1.12	1.14	7.5~8.0
断裂强度/(mN · tex ⁻¹)	1 900~2 500	2 300~2 500	370~620	820	780	<350
拉断伸长率/%	2.3~4.2	3.9~4.5	28~45	13	20	<15
熔点或炭化温度/℃	500	500	>400	260	260	>1 400
热收缩率(160℃)/%	0	0	0.45	3	4	0

注:数据来自多份资料,测试方法和条件可能不同。

3 汽车胶管

3.1 冷却系统胶管

汽车冷却系统胶管连接引擎和散热器,通过冷却液传递热量。冷却系统胶管的增强层材料主要是对位芳纶纤维和聚酯纤维。

冷却系统胶管又可细分为散热器胶管(耐高温)和加热器胶管(耐高温和耐脉冲震动),通常工作水温为125℃。欧美系的车辆(如大众汽车)要求用150℃级别的散热器(VW TL 52361)^[6],其胶管工作的最高温度可达到165℃,采用对位芳纶纤维作为增强层材料。

通常对位芳纶纤维如帝人芳纶公司的Twaron[®]系列和杜邦公司的Kevlar[®]系列芳纶纤维的耐热性能较好,可长期在160℃的条件下工作。此外,帝人芳纶公司的Technora[®]系列芳纶能耐受更高的温度,长期使用温度可达190℃。

3.2 空调系统胶管

汽车空调系统在发展过程中,最早的冷媒(制冷剂)是R12(又称氟利昂),由于R12会破坏臭氧层,我国在2000年以后全面禁用,目前使用R134a作为制冷剂。R134a的分子更小,其空调系统胶管通常采用尼龙作为阻隔层材料,外胶层橡胶选用三元乙丙橡胶,而中间增强层材料选用聚酯纤维或聚乙烯醇缩醛(维纶)纤维,也少量使用芳纶纤维,在国内聚酯纤维的应用最广泛^[7]。

下一代的汽车空调系统制冷剂会采用二氧化碳。二氧化碳是环保性优异的制冷剂,但作为空调系统制冷剂需要在超临界条件下使用,从而对胶管提出了更高的耐温、耐压和耐渗透要求。采用二氧化碳作制冷剂的空调系统压力是目前采用R134a作制冷剂的空调系统的6~9倍^[8],同时又要考虑汽车的轻量化和NVH性能,使用对位芳纶纤维作为增强层材料是一种很好的选择,目前国内外的胶管生产企业已经对此技术进行研究。

3.3 涡轮增压胶管

随着环保要求的提高,我国已经在部分城市实施机动车国VI排放标准。该标准的实施会让更多的汽车制造商选择小排量的涡轮增压发动机来满足排放要求。

通常涡轮增压胶管可分为高温段胶管^[9]和通过中冷器后的低温段胶管。其中高温段胶管的使用温度较高,通常可达到210℃^[10],普通的增强层材料(如聚酯纤维和尼龙纤维)根本无法承受如此高温,帝人芳纶公司的Twaron[®]系列和Technora[®]系列芳纶纱线、杜邦公司的Kevlar[®]系列芳纶纱线等可长期耐受高温环境,普遍应用于涡轮增压胶管。另外,间位芳纶纤维的耐高温性能好,如帝人芳纶公司的Teijinconex[®]系列芳纶纤维能耐受更高的温度,通常用于载重汽车硅橡胶涡轮增压胶管中。

3.4 制动胶管

制动胶管是车辆重要的安全部件,对产品的

质量和稳定性要求非常高。制动胶管内外胶层的橡胶通常采用三元乙丙橡胶^[11],增强层材料多采用维纶纤维或芳纶纤维。制动胶管对高压条件下的膨胀变形有极其严格的要求,芳纶纤维的高强度和高模量特性可以充分满足低形变的要求。

3.5 燃油胶管

汽车燃油胶管包括燃油输送胶管和给发动机供应燃料的胶管,是比较重要的安全部件,对材料的性能要求也较多^[12]。传统的燃油胶管使用内胶层-增强层-外胶层的结构,胶层与胶层之间采用缠绕或编织工艺加入纤维增强层。燃油胶管的最高使用温度可达130℃。因此,很多燃油胶管采用耐高温性能好和伸长率小的芳纶纤维增强层。

3.6 动力转向胶管

汽车的动力转向胶管分为液压转向系统胶管和电子转向系统胶管。传统的液压转向胶管接触的介质是矿物油,要求其耐高温性能好、不泄漏^[13],最高使用温度可达150℃。液压转向胶管的增强层材料可采用尼龙66纤维和芳纶纤维等。

新型的汽车动力转向系统越来越多地使用电子转向系统。该系统不需要使用高压泵和转向介质,也不需要胶管连接。

4 汽车胶管的生产工艺

通常汽车胶管主要由内外胶层及其之间的增强层组成。市场上的纯胶管、夹布胶管、编织胶管、网眼布胶管和短纤维胶管都有被针织胶管取代的趋势^[14]。

4.1 针织工艺

针织胶管是由针织线沿着与管轴呈一定角度的方向交织在内胶层的管坯上,其结构如图2所示。针织胶管的针织增强层主要有平针结构和锁针结构,其交织点比较稀疏,呈筛孔状,如图3所示。整个管体柔软,易于弯曲,可以配合各种形状的芯棒硫化而制造汽车异形胶管;可以在狭小的空间内灵活弯曲,减小震动噪声。但针织胶管的耐压性能较低。

针织工艺是目前国内外胶管企业采用的最主要的生产工艺,针织胶管的增强层材料主要为芳纶纤维和聚酯纤维等。

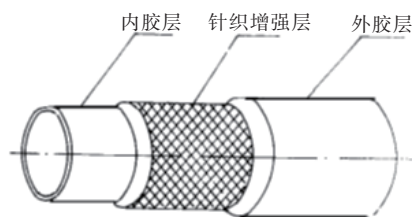


图2 针织胶管的结构



图3 针织花纹

针织胶管的内外胶层的橡胶主要是三元乙丙橡胶等较难粘合的橡胶,增强层的材料是更难以粘合的芳纶纤维,因此多数厂家生产针织胶管不是采用直接粘合的方式实现胶管层与层的粘合^[15],而是靠内外胶层的硫化固定内外胶层和增强层,这就需要考虑增强层的针织密度,如果针织密度过大,会导致内外胶层之间的接触面积不够而脱层,而针织密度过小,则会导致胶管的耐爆破压力不足。

芳纶纤维作为针织胶管的主要增强层材料,具有强度大、模量高和质量小等特点。在针织胶管的应用中,除了常规的强力测试外,还可以测试芳纶纤维的勾针强力。该测试可以模拟线与线之间经过勾针编织后的状态,从而测试芳纶纤维在针织结构下的强力。研究^[16]表明,芳纶纱线的捻度会影响其织物的强力 and 伸长率。

4.2 编织工艺

与针织工艺相比,编织工艺生产的胶管能耐受更高的压力,可用于制造制动胶管和燃油胶管等。

与针织工艺一样,编织密度的不同会决定织物网眼的大小,编织花纹如图4所示。内外胶层可通过网眼而硫化粘合。有些胶管为了提高耐压性

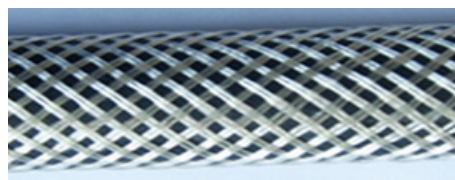


图4 编织花纹

能,会提高编织密度,这会降低内外胶层之间的有效硫化粘合,需要对增强层纤维进行预处理。如对于芳纶纤维,需要预先进行间苯二酚-甲醛-乳液处理,以增强胶管内外胶层与芳纶编织层粘合。

4.3 缠绕工艺

缠绕工艺是将增强层纤维通过缠绕的方式缠在内层胶管上,通常缠绕层是一根纱线以一定的角度(经过计算,得到耐压最大值的平衡角度为 54.73°)^[17],呈螺旋状缠绕,如图5所示。在同一层胶管上以相对方向运行2根纱线缠绕后,可获得类似编织工艺的增强层。



图5 缠绕花纹

与编织工艺相比,缠绕工艺的生产效率更高,同时增强层不存在类似编织工艺的编织交叉节点,减少了应力集中,从而使胶管获得更高的耐压和耐冲击性能,同时耐屈挠性能也更好。

4.4 夹布工艺

夹布工艺是一种较老的生产工艺,一般以手工缠绕覆胶布为主。该工艺的生产效率较低,主要应用于生产多层夹布硅橡胶管等。

5 结论

随着我国汽车工业的发展以及对胶管质量要求的不断提高,越来越多的胶管生产企业选择芳纶纤维作为增强层材料。对位芳纶纤维具有强度大、模量高、耐高温性能好和质量小等特点,普遍应用于汽车的冷却水胶管、涡轮增压胶管和燃油胶管等的增强层(多采用针织和编织工艺),其胶

管能在高温和高压的工作环境下保证汽车的正常行驶。

参考文献:

- [1] 梁生. 2010年中国胶管市场预测及投资建议(一)[J]. 橡胶科技市场, 2006, 4(9): 8-10.
- [2] 冯威. 汽车胶管市场需求及展望[J]. 中国橡胶, 2016, 32(19): 16-18.
- [3] 崔小明. 芳纶纤维在橡胶工业中的应用研究进展[J]. 橡胶科技, 2020, 18(1): 5-8.
- [4] 王劫. 芳纶纤维在轮胎骨架材料中的应用[J]. 轮胎工业, 2020, 40(3): 139-141.
- [5] 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.
- [6] 谢忠麟. 国内外汽车用胶管的种类及发展前景(II)[J]. 橡胶科技市场, 2008, 6(8): 7-12.
- [7] 李明哲, 李新秋. 汽车空调胶管市场现状及发展趋势[J]. 橡胶科技市场, 2003, 1(17): 7-10.
- [8] 孙克俭. 汽车用胶管的发展[J]. 橡胶科技, 2014, 12(1): 7-10.
- [9] 朱熠, 滕腾. 特种橡胶材料在汽车涡轮增压胶管上的应用[J]. 汽车工艺与材料, 2014(8): 56-58.
- [10] 彭秋柏, 黄庙由. 国内外钢丝编织胶管的发展状况[J]. 世界橡胶工业, 2006, 33(7): 45-48.
- [11] 萧楠. 汽车用橡胶制品与材料生产现状及发展趋势(一)[J]. 橡胶科技市场, 2004, 2(22): 4-7.
- [12] 张禾, 吴莉萍. 汽车燃油胶管材料的发展[J]. 汽车工艺与材料, 2005(3): 25-28.
- [13] 郝伟, 梁西正, 王楠, 等. 汽车胶管的生产技术与市场[J]. 世界橡胶工业, 2011, 38(12): 42-44.
- [14] 李新秋, 李纯仁. 汽车针织结构异形胶管[J]. 橡胶工业, 2002, 49(7): 409-411.
- [15] 王泽庆, 朱熠. 大口径耐高温、高压散热器输冷却液挤出胶管的开发[J]. 汽车工艺与材料, 2017(5): 59-63.
- [16] 刘震, 唐凯, 吴迪. 国产对位芳纶骨架材料弯曲性能研究[J]. 橡胶工业, 2017, 64(12): 740-744.
- [17] 姜涛. 高性能芳纶编织氢化丁腈橡胶胶管的研制[J]. 橡胶工业, 2015, 62(3): 172-175.

收稿日期: 2020-06-12

Application of Aromatic Polyamide Fiber in Automobile Hose

QI Liang, YU Kuang

(Technical Center Asia of Teijin Aramid Asia Co., Ltd, Shanghai 200233, China)

Abstract: The application of aromatic polyamide (short for aramid) fiber in the automobile hose was introduced. Aramid fiber was divided into para aramid fiber and meta aramid fiber, the para aramid fiber had high strength, high modulus and high temperature resistance and small mass, while the meta aramid fiber

mainly had high temperature resistance. The aramid fiber was used in automotive cooling system hose, air conditioning system hose, turbocharger hose, brake hose, fuel hose and power steering hose. The production process of automobile hose included knitting process, braiding process, winding process and cloth clamping process.

Key words: aromatic polyamide fiber; automobile hose; production process

喜讯 | 《橡胶工业》被评为“RCCSE中国核心学术期刊” (第6版) 日前,中国科教评价网公布2020年武汉大学中国科学评价研究中心(简称RCCSE)《中国学术期刊评价研究报告》(第6版)评价结果,《橡胶工业》被评为“RCCSE中国核心学术期刊(A-)”(证书见下图),其评级比2017年第5版的评级(B+)有所提升。

近年来,《橡胶工业》通过围绕研究热点和基金项目进行专家约稿、办理中文DOI码业务、成立新一届编辑委员会、发展热心办刊通讯员、加入OSID(Open Science Identity)开放科学计划、组织国内外学术活动、实行网络首发以缩短时滞、刊登英文论文、组织基金论文、开通微信公众号“橡胶工业传媒”、发行电子期刊、举办线上/线下会议与培训等举措,学术影响力大幅提升。

借此,感谢《橡胶工业》编委、通讯员和橡胶行业广大专家、学者、作者、读者对本刊的关注、支持和厚爱,今后本刊将继续聚焦学科前沿,服务国家战略,主动对接行业重大需求,出版高水平理论研究和实践成果论文,也诚挚欢迎广大作者惠赐佳作。



附:RCCSE《中国学术期刊评价研究报告》(第6版)简介 RCCSE《中国学术期刊评价研究报告》(简称《报告》)是邱均平教授团队创立的四

大科教评价报告之一,于2009年3月正式推出第1版,随后于2011年、2013年、2015年、2017年分别推出第2版、第3版、第4版和第5版。在10多年的努力中,项目组在评价方法、评价指标、评价系统的理论研究和实践应用方面均取得了重要突破,已经形成了相对成熟的科学评价体系,是国内主流的七大期刊评价体系之一,现已有2 000多家出版机构和800多个科研管理部门将《报告》的评价结果作为办刊质量评估和科研成果统计的重要参考工具。

目前,项目组已完成了《报告(第6版)》评价结果的研制工作,将通过中国科教评价网正式对外开放评价结果的查询功能,同时提供“中国权威学术期刊证书”“中国核心学术期刊证书”电子版的下载功能。《报告(第6版)》包括中文学术期刊的认定和中文学术期刊的评价两个部分,其中共认定中文学术期刊6 390种,评出权威学术期刊(A+)366种,核心期刊(A和A-)1 693种。

(本刊编辑部)

一种不易粘模耐低温的ACM胶料及其制备方法 由广东天诚密封件股份有限公司申请的专利(公布号 CN 111592729A,公布日期 2020-08-28)“一种不易粘模耐低温的ACM胶料及其制备方法”,涉及的丙烯酸酯橡胶(ACM)胶料配方为:ACM 100,炭黑 50~80,增塑剂 2~4,防老剂 1~4,防焦剂 1~4,内脱模剂 3~7,硫化剂 1~3,促进剂 1~4。其制备方法为:先将ACM、炭黑、内脱模剂、增塑剂、防老剂和防焦剂在密炼机中混炼均匀,再将密炼胶与硫化剂和促进剂在开炼机中混炼均匀,制得ACM胶料。该胶料不易粘模,低温性能较好,低温脆性温度不高于35℃(GB/T 1682—2014),加工性能良好,可以降低橡胶制品的不良率,提高生产效率。

(本刊编辑部 赵敏)