

高性能芳纶编织氢化丁腈橡胶胶管的研制

姜涛

(陕西延长石油西北橡胶有限责任公司, 陕西 咸阳 712023)

摘要:介绍高性能芳纶纤维编织氢化丁腈橡胶胶管的研制。胶管由内层胶、骨架层(2层芳纶纤维编织层)、外层胶构成。内层胶和外层胶的主体材料均为氢化丁腈橡胶,骨架材料为芳纶纤维。成品胶管的各项性能符合胶管企业标准要求。与同规格、同强度的钢丝编织胶管相比,芳纶纤维编织胶管的质量减小1/3。

关键词:芳纶纤维;氢化丁腈橡胶;编织胶管

中图分类号:TQ336.3;TQ333.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2015)03-0172-03

随着航空、航天工业的发展,对配套的产品提出了更高要求,尤其是对胶管配套产品提出了更为苛刻的要求。轻量化新型高压输油胶管是航空工业未来发展的趋势,该胶管可以替代进口胶管或者笨重的不锈钢管。根据美国一项在航天产品方面的设计研发费用调查,每减轻1 kg质量,可以节约100万美元的支出。因此,开发研究一种承压高、使用温度范围宽(可在 $-50\sim+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下长期使用)、质量小的新型芳纶增强氢化丁腈橡胶(HNBR)输油胶管十分重要。

HNBR输油胶管的内层胶和外层胶均采用HNBR。HNBR具有优良的耐油、耐磨、耐高低温、耐热氧老化、耐臭氧、耐化学品性能,并且有较宽的工作温度范围,可以在 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温环境下正常使用,其脆性温度可低至 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,还具有较好的物理性能和加工性能。

芳纶纤维(对位芳酰胺纤维)骨架材料的特点如下:具有较高的强度,其模量是钢丝或玻璃纤维的2~3倍,韧性是钢丝的2倍,而质量仅为钢丝的1/5;连续使用温度范围极宽,在 $-196\sim+204\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内可长期使用,在 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下的收缩率为零,空气中的分解温度为 $427\sim482\text{ }^{\circ}\text{C}$,氮气中的分解温度约为 $538\text{ }^{\circ}\text{C}$,具有良好的绝缘性和抗腐蚀性,生命周期长,因而赢得“合成钢丝”的美誉。本文介绍高性能芳纶编织HNBR胶管的研制。

作者简介:姜涛(1981—),男,陕西大荔人,陕西延长石油西北橡胶有限责任公司工程师,学士,主要从事胶管产品设计、工艺管理和新产品研发工作。

1 结构设计

芳纶纤维编织胶管结构设计为内层胶、骨架层(2层纤维编织层)、外层胶,如图1所示。

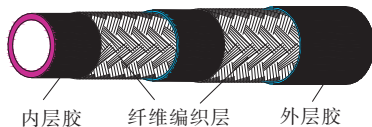


图1 芳纶纤维编织胶管结构示意图

研制规格为DN10 mm的双层纤维编织胶管,因为单层编织达不到爆破压力要求。但是采用双层编织结构还需考虑编织角度搭配问题,即两层骨架层结构之间的受力平衡问题。外层骨架层受力由内层骨架层传递,传递的效果决定着外层骨架层能否发挥承压作用及承压程度的差异。因此,为使内外骨架层协同受力,内编织层的角度略小于平衡角($54^{\circ}44'$),外编织层角度略大于平衡角,这样才能更好地发挥材料作用。

考虑胶管接头扣压工艺要求,确定工艺参数如下:内层胶厚度为 $(2.5\pm0.2)\text{ mm}$,第1增强层直径为 $(16.6\pm0.3)\text{ mm}$,第2增强层直径为 $(18.2\pm0.3)\text{ mm}$,编织行程为 $(37\pm1)\text{ mm}$,锭子数量为24个,4股,锭子张力为 $(30\pm9.8)\text{ N}$,外层胶厚度为 $(1.0\pm0.2)\text{ mm}$,外直径为 $(20.2\pm0.6)\text{ mm}$ 。

胶管工作压力为21 MPa,最小爆破压力为84 MPa。胶管的耐压强度(P_B)按下式计算:

$$P_B = 0.735 N n K_B \left(\frac{1}{D_1^2} + \frac{1}{D_1^2 + D_2^2} \right) \cdot C \quad (1)$$

式中, N 为编织机锭子数; n 为股数; K_B 为单根纤维的强力, N ; D_1 为第 1 编织层计算直径, cm ; D_2 为第 2 编织层计算直径, cm ; C 为修正系数, $C = C_4 C_3^{-2}$, $C_4 = 1 - 0.02(n - 1)$, $C_3 = 1 + \epsilon/i$ (ϵ 为纤维断裂伸长率, i 为编织层数)。

胶管编织层的编织密度(M)按下式计算:

$$M = \frac{Nd(n + 0.73)}{2T \sin \alpha} \cdot 100\% \quad (2)$$

式中 d ——芳纶纤维直径, mm ;

T ——编织行程, mm ;

α ——编织角度, $(^\circ)$ 。

编织角度由下式计算:

$$\alpha = \frac{\pi D}{T} \quad (3)$$

式中, D 为计算直径。

根据式(1)计算出胶管的耐压强度为 104 MPa, 由式(2)计算出胶管第 1 和 2 层编织层编织密度分别为 76.5% 和 74.1%, 由式(3)计算出第 1 和 2 层编织层的编织角度分别为 $53^\circ 16'$ 和 $55^\circ 54'$ 。

2 主体材料设计

2.1 胶料

胶管的内层胶和外层胶均为 HNBR 混炼胶(北京化工大学先进弹性体研究中心提供), 硫化条件为: 一段硫化 $160^\circ\text{C} \times 30 \text{ min}$; 二段硫化 $150^\circ\text{C} \times 4 \text{ h}$ 。胶管内层胶和外层胶的性能如表 1 所示。从表 1 可以看出, 胶管内层胶和外层胶的各项性能均符合企业根据软管的使用条件和环境制定的标准要求。

2.2 骨架材料

胶管的骨架材料采用单根强力等级为 300 N 的芳纶纤维[单根强力等级不小于 295 N, 帝人芳纶贸易(上海)有限公司产品]。芳纶纤维实际检测的单根拉伸强力为 310 N, 断裂伸长率为 4%。

3 生产工艺

采用铁芯法包尼龙水布工艺硫化生产。此工艺为目前较为成熟的工艺生产过程, 流程见图 2。

4 成品性能

芳纶编织 HNBR 胶管的成品性能如表 2

表 1 内层胶和外层胶的性能

项 目	测试结果	指标 ¹⁾
邵尔 A 型硬度/度	75	75 ± 5
拉伸强度/MPa	22.7	≥ 18.0
拉断伸长率/%	220	≥ 200
脆性温度/ $^\circ\text{C}$	-50	不高于 -50
压缩永久变形 ¹⁾ /%		
15# 液压油	35	≤ 50
3# 煤油	20	≤ 30
150 $^\circ\text{C} \times 24 \text{ h}$ 热空气老化后		
拉伸强度/MPa	23.0	≥ 10.0
拉断伸长率/%	180	≥ 150
质量变化率/%		
150 $^\circ\text{C}$ 的 15# 液压油浸泡 48 h	4	0~10
(23 ± 5) $^\circ\text{C}$ 的 120# 汽油/苯混合液浸泡 24 h ²⁾	14	0~25
130 $^\circ\text{C}$ 的 20# 润滑油浸泡 24 h	-4	-15~0
150 $^\circ\text{C}$ 的 3# 煤油浸泡 48 h	5	0~8
体积变化率/%		
150 $^\circ\text{C}$ 的 3# 煤油浸泡 48 h	8	0~10

注: 1) 试验条件为 150 $^\circ\text{C} \times 70 \text{ h}$, 压缩率 30%; 2) 120# 汽油/苯质量比为 75/25。

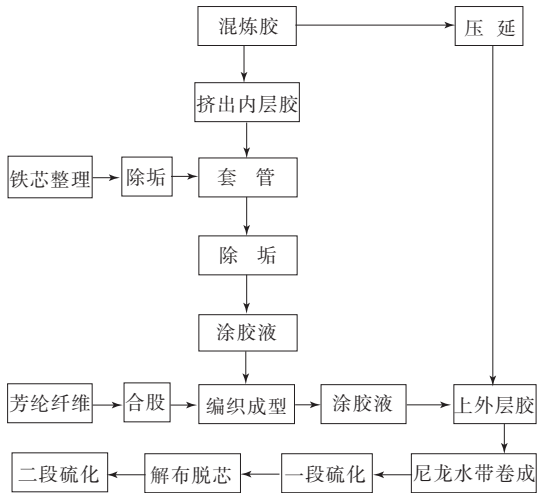


图 2 芳纶纤维编织胶管生产工艺示意

所示。

从表 2 可以看出, 采用芳纶纤维编织胶管具有很高的承压性, 而对于高低温环境的试验, 胶管仍然表现出较好的承压性能。

将同一规格(DN10 mm)、爆破性能相同的钢丝编织胶管与芳纶纤维编织胶管进行质量比较, 结果表明: 钢丝编织胶管的单位质量为 $560 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$; 芳纶纤维编织胶管的单位质量为 $330 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, 芳纶线编织胶管单位质量减小了 1/3。

表 2 芳纶编织 HNBR 胶管的成品性能

项 目	测试结果	指标和要求
静压试验	无泄漏、无异常	在 31.5 MPa 下保压 5 min,软管无泄漏或其他异常
爆破压力/MPa	108	≥84
层间粘合强度/(kN·m ⁻¹)	1.8 ¹⁾ /2.2 ²⁾	≥1.5
耐臭氧性能	无龟裂	在臭氧体积分数为 50×10 ⁻⁸ ,40℃下放置 72 h
温度交变试验	无泄漏、无异常	在 150℃下停放 1 h,转换到-55℃下停放 1 h,完成 3 次循环,恢复至室温进行静压力试验,软管组件无泄漏
低温弯曲试验	外表面无龟裂, 静压试验无泄漏	在-40℃下停放 6 h,将软管弯曲到规定的弯曲半径(10 倍软管直径),软管无龟裂或其他损坏,恢复至室温进行静压力试验,无泄漏
高温环境试验	无泄漏、无异常	在 150℃的环境温度下停放 48 h,恢复至室温进行静压试验,不发生泄漏或其他异常
低温环境试验	无泄漏、无异常	软管在-55℃温度下停放 48 h,恢复至室温进行静压试验,不发生泄漏或其他异常

注:1)内层胶与骨架层;2)外层胶与骨架层。

5 结 论

高性能芳纶编织 HNBR 胶管具有承压高、质

量小、使用温度范围广(-55~+150℃)的性能特点,今后可广泛应用于航空和汽车工业等领域。

第 7 届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

Development of Aramid Fiber Braided High Performance HNBR Hose

JIANG Tao

(Shanxi Yanchang Petroleum Northwest Rubber Co., Ltd,Xianyang 712023,China)

Abstract: The development of aramid firber braided high performance HNBR hose was described. The rubber hose was composed of inner layer, reinforced layer(two aramid fiber braided layers), and outer layer. The matrix materials of inner and outer layers were HNBRs, reinforced materials were aramid fiber, the properties of finished rubber hose met standard requirements of enterprise. Compared with wire braided rubber hose, the weight of aramid braided HNBR hose reduced by 1/3 at the same size and strength of rubber hose.

Key words: aramid fiber; HNBR; braided hose



一种废橡胶与废旧塑料制备
弹性地垫的方法

中图分类号:X783.3;TQ336.7 文献标志码:D

由安徽红太阳新材料有限公司申请的专利(公开号 CN 104015434A,公开日期 2014-09-03)“一种废橡胶与废旧塑料制备弹性地垫的方法”,提供了一种废橡胶与废旧塑料制备弹性地垫的方法。将废弃橡胶轮胎分别粉碎为一定粒径的颗粒和胶粉,在模具中加入一层橡胶颗粒,覆上一层塑料薄膜,如此交替多层后加入一层橡胶粉,在

一定温度、压力条件下一一次性压制成各种规格地垫形状制得产品。该弹性地垫的特点是:废弃橡胶颗粒层间夹杂塑料薄膜,高温下融化,降温后各颗粒层牢牢粘结成一体,增大了地垫的强度,并避免了使用对环境有污染的粘合剂;表面为橡胶粉层,细腻而富有弹性,适用于幼儿、老人活动区域。该发明实现了对废旧橡胶以及生产、生活中的废旧塑料薄膜的有效利用,且加工过程中对环境不造成污染。

(本刊编辑部 赵 敏)