

# 液压胶管加压盐浴连续硫化工艺介绍

李兆云

(沈阳第四橡胶厂, 110021)

## 摘 要

液压胶管加压盐浴连续硫化工艺(PLCV)是液压胶管连续化生产工艺的重大突破。它与胶管的包铅硫化工艺相比具有节约能源、缩短生产周期、产品质量好等优点,尤其是产品的脉冲次数得到很大的提高。本工艺无铅污染,废水经化学处理可达到排放要求。英国通用工程有限公司推出的 PLCV Monotube 系统,是目前世界上生产液压胶管的最佳选择。我国于 1982 年也开发了此工艺。

关键词:胶管,液压胶管,加压盐浴连续硫化,包铅硫化,脉冲试验,屈挠试验

## 1 前言

液压胶管加压盐浴连续硫化工艺(简称 PLCV)是在具有 50 多年历史的液压胶管生产工艺上的重大突破<sup>[1]</sup>。长期以来,钢丝增强液压胶管的生产一直采用传统的包铅硫化工艺。自 1950 年常压盐浴硫化工艺(简称 LCM)问世后<sup>[2]</sup>,由于它具有简便、效率高、成本低等优点,在胶管工业生产中得到了广泛的应用。目前,盐浴硫化加热介质的配比一般为:硝酸钾 50%、亚硝酸钠 40%和硝酸钠 7%<sup>[3]</sup>,熔融温度可保持在 145~540℃。1973 年,意大利 Carello 公司首先研制出加压盐浴连续硫化系统<sup>[4]</sup>,并于 1974 年完成了中间试验。该公司为了扩大交联聚乙烯电缆的生产,与英国通用工程有限公司合作,于 1976 年取得了制造和销售 PLCV 装备的专利权。自此,PLCV 系统在电缆制造工业中取得了极大的成就,并先后销往美国、前联邦德国、加拿大、荷兰和澳大利亚等国家。近年来,我国沈阳电缆厂和昆明电缆厂也分别引进了 PLCV 整套装备。

现已改名为 PLCV 有限公司的原英国通用工程有限公司又推出了一种应用于液压胶管盐浴连续硫化的 PLCV Monotube 系统,目前的英国 Dunlop-BTR 和 Semperit-

AG 公司已经采用此系统用于生产液压胶管,每月产量可达 30 万米。英格兰 Nelson-Stokes 有限公司也将开始使用 PLCV Monotube 系统生产汽车刹车胶管。

我国自 1977 年就对加压盐浴连续硫化工艺进行了研究试验<sup>[5]</sup>,到 1982 年初步确定了  $\phi 10\text{mm}$  双层钢丝编织胶管的加压盐浴连续硫化工艺条件。试验结果表明:胶管外观光滑,物理机械性能已达到或超过英国煤炭局有关标准的要求,脉冲次数达到 11.37 万次仍完好无损。该工艺的硫化条件与 PLCV 基本相似,但至今未投入工业化生产。

液压胶管采用 PLCV 工艺生产的优点是在于胶管橡胶层(如内胶层、中胶层)与各钢丝编织层之间包裹着的空气能全部排出,从而防止因气泡而导致的胶管内部脱层。胶管内部的空气,即使采用真空包外胶的方法,也是很难把空气全部抽尽的。真空压出纯胶管可以采用常压盐浴连续硫化工艺或其它连续硫化工艺。高压蒸汽管道连续硫化工艺,要消耗大量的热能,生产成本低,不适合于工业化生产。微波连续硫化工艺只适合于纯胶管、海绵条等纯胶制品的硫化,不适合于钢丝液压胶管的硫化,因金属骨架会对微波产生屏蔽作用,使得内层胶不能产生硫化或硫化不

足。英国橡胶塑料研究协会(RAPRA)研制的沸腾床和加压沸腾床硫化工艺,是用玻璃珠微粒作为传热介质,传热效率低,在规定时间内很难达到液压胶管的正硫化点。综上所述,PLCV 系统是适合于液压胶管硫化的最佳工艺。

## 2 PLCV Monotube 部件

PLCV Monotube 系统是由可伸缩连续接套管、硫化段、分离段和冷却段所组成。可伸缩连续接套管安装在  $\phi 90\text{mm}$  挤出机头和熔融盐硫化总成之间,内装有激光自动测径仪和胶管压印系统。用低碳钢制成的硫化管的设计长度为 30m 或 50m,其进出口均采用迷宫式密封(即多级密封),熔融盐电加热系统通过微机控制硫化温度,硫化速度因制品而异,详见表 1。标准盐浴温度  $210\sim 215^\circ\text{C}$ ,胶管硫化用内胶芯系用钢丝增强的三元乙丙橡胶、尼龙 6 和尼龙 66 并用制成的软芯。

表 1 通过熔融盐硫化管速度 单位: m/min

| 胶管类型               | 硫化管长度 30m | 硫化管长度 45m |
|--------------------|-----------|-----------|
| 汽车刹车管 <sup>①</sup> | 17        | 25.5      |
| 空调胶管 <sup>②</sup>  | 5.8       | 8.7       |
| 液压胶管 <sup>③</sup>  | 15        | 23.5      |

注:①内径 3.4mm×外径 10.5mm;

②内径 11.9mm×外径 23mm;

③SAE100R, 2-A, 内径 4.8mm。

PLCV Monotube 硫化段的设计不同于一般的 PLCV 系统,它能确保胶管在硫化管中自然悬垂,避免与管壁接触而划伤胶管表面。硫化系统中的熔融盐是通过两个离心泵与胶管的运动方向逆向循环,注射装置把熔融盐注入硫化区。PLCV Monotube 系统可采用压缩空气或氮气进行加压。

分离段位于熔融盐硫化段和冷却段之间,用固定板把两者隔开。分离段的底部装有电加热熔融盐的排放管,通过阀门总成把胶管从硫化段带入的熔融盐放出,侧面的排水

管把溢出的水返回溢流管的贮水槽中。

30m 的冷却段位于分离段之后,贮水槽在冷却管下面,通过离心泵把贮水槽的水送到冷却管内的喷射器进行喷注,冷却水的流动方向与胶管硫化的运动方向相同,通过出口的密封装置使剩余的冷却水经支路回水管返回贮水槽中。

## 3 PLCV Monotube 系统与包铅硫化工艺的对比

### 3.1 制造工序对比

液压胶管包铅硫化工艺有 8 道工序:内胶压出→骨架层编织→包外胶→包铅→硫化→剥铅→脱软芯和压力试验→成品包装。

PLCV Monotube 硫化液压胶管只需 5 道工序:内胶压出→骨架层编织→外胶连续压出和硫化→脱软芯和压力试验→成品包装。

### 3.2 社会经济效益对比

从社会经济效益来看,PLCV Monotube 系统比包铅硫化工艺具有如下优点:节省能量消耗 66.7%;生产周期缩短 50%;节省人工 66.7%;无铅污染。为了防止对生产环境造成污染,该系统配备有盐水循环和化学处理装置,使废水排放中的亚硝酸盐含量达到环保局的严格监控标准要求。化学处理方法是使用氨基磺酸进行中和,使亚硝酸钠转化成硫酸盐。值得注意的是废水中的酸不能过量,以防一氧化氮从酸性水中逸出。

### 3.3 胶管物理机械性能比较

#### 3.3.1 液压胶管的脉冲试验方法

液压胶管的脉冲模拟试验是检验液压胶管组合件实际使用性能的最佳模拟手段,但目前各国普遍采用的正割方形波液压脉冲试验方法(ISO 1436-1978)并不令人十分满意<sup>[6]</sup>,其原因是①试验方法周期长,费用高,要想取得一项可靠的脉冲试验结果,胶管最低失效次数高达 100 万次已属平常;②同一批试验结果出现差异,不能真正反映出液压

胶管的实际使用情况。

由于液压胶管及其组合件在使用中经常承受到脉冲和屈挠两种力的作用,因此不仅需要进行已标准化的脉冲试验,还需要进行某种形式的屈挠试验。为此,美国汽车工程师协会首先推出了一种无扭转液压屈挠脉冲试验方法(SAE J1405),此法得到了 ISO TC 45 和 TC 131 两个技术委员会的认可。国际标准化组织为此先后颁布了“钢丝增强橡胶或塑料软管及软管组合件——液压脉冲屈挠试验方法(ISO 6802-1982)和“橡胶或塑料软管屈挠脉冲试验方法(半  $\Omega$  型试验 ISO 8032-

1987)。液压胶管的试验结果表明,屈挠脉冲试验克服了直线脉冲试验的不足,极大地缩短了试验周期,要符合液压胶管的实际使用情况。

### 3.3.2 物理机械性能对比

公称内径为 10mm、12.5mm 和 19mm 的液压胶管分别使用压延胶片和液体橡胶作中胶层,3 种规格胶管各自都用 PLCV Monotube 系统和包铅硫化工艺进行生产,它们的物理机械性能列于表 2 和 3。从表 2 和 3 中的数据表明:

① 表 2 中数字表示出所有规格胶管用

表 2 PLCV 和包铅硫化胶管性能对比(中胶层用压延胶片)

| 公称内径<br>mm | 硫化工艺 | 爆破压力<br>MPa | 平均脉冲次数,千次            |                      | 粘合强度<br>kN/m |
|------------|------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|
|            |      |             | ISO 1436-1978<br>试验法 | ISO 8032-1987<br>试验法 |              |
| 10         | 包铅   | 141.4       | 256.944              | 189.663              | 1.77         |
| 10         | PLCV | 144.8       | 392.901              | 324.015              | 2.82         |
| 12.5       | 包铅   | 117.2       | 225.124              | 150.861              | 1.75         |
| 12.5       | PLCV | 124.8       | 296.860              | 226.373              | 2.69         |
| 19         | 包铅   | 98.6        | 238.910              | 162.444              | 1.76         |
| 19         | PLCV | 98.6        | 252.271              | 187.445              | 2.69         |

表 3 PLCV 和包铅硫化胶管性能对比(中胶层用液体橡胶)

| 公称内径<br>mm | 硫化工艺 | 爆破压力<br>MPa | 平均脉冲次数,千次            |                      | 粘合强度<br>kN/m |
|------------|------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|
|            |      |             | ISO 1436-1978<br>试验法 | ISO 8032-1987<br>试验法 |              |
| 10         | 包铅   | 150.0       | 276.915              | 228.803              | 3.14         |
| 10         | PLCV | 151.7       | 399.528              | 328.827              | 3.52         |
| 12.5       | 包铅   | 121.0       | 314.589              | 205.727              | 2.92         |
| 12.5       | PLCV | 126.7       | 329.094              | 293.770              | 3.57         |
| 19         | 包铅   | 98.6        | 247.913              | 175.847              | 3.33         |
| 19         | PLCV | 98.6        | 257.129              | 189.827              | 4.31         |

注:胶管试验形式为全  $\Omega$  型(双向可逆屈挠);温度 93℃;压力为工作压力的 150%;弯曲半径为规定最小弯曲半径的 0.5 倍;脉冲频率 0.5Hz;屈挠频率 1.07Hz。

PLCV Monotube 系统硫化的粘合强度普遍高于包铅硫化的胶管,这是因为前者的硫化压力高于后者,因而大大提高了胶管的整体性能。

② 表 3 中数字表示出用液体橡胶作中胶层可进一步提高胶管与钢丝增强层的粘附强

度,这是因为液体橡胶流入了钢丝编织层的隙缝之中,再加之 PLCV Monotube 系统有较高的硫化压力之故。

③ 表 2 和表 3 中数字可直观看出,用 PLCV Monotube 系统硫化 3 种规格胶管的脉冲次数远远高于包铅硫化胶管的脉冲次

数,这是液压胶管性能的最重大的突破,说明用 PLCV 系统可使胶管质量达到最佳化的程度。同时,可看出屈挠脉冲试验大大减少了胶管破坏试验的脉冲次数,为液压胶管组合件缩短试验周期,为节省试验费用和及时进行产品检验提供了方便的条件。

综上所述,充分显示了 PLCV Monotube 系统硫化液压胶管的优越性,现已成为目前国外连续硫化液压胶管的最佳工艺方法<sup>[7]</sup>。

### 参考资料

- [1]The General Engineering Company (Radcliffe) Limited, Technical Information High Pressure Hose Production, (1983).  
[2]Smart, G., Equipment for the Manufacture of Vulcan-

ised Product, Presented at 48th Annual Convention, October, (1978).

- [3]PLCV Limited, Technical Information, Continuous Vulcanising High Pressure Hose On Reinforced Flexible Mandrels By the "Monotube" Process Using a Eutectic Mixture of Inorganic Salts As the Vulcanising Medium, (1986).  
[4]Carter, H. B., PLCV Pressurised Liquid Salt Continuous Vulcanising System, May, (1983).  
[5]李纯仁,  $\phi 10\text{mm}$  双层钢丝编织胶管加压盐浴硫化工艺条件研究总结, 1988 年(未公开发表).  
[6]Evans, C. W. & Fish, M. D., Continuous Vulcanisation of Hose By PLCV System, Presented to Rubber Division A. C. S. Spring Meeting Montreal, (1987).  
[7]Evans, C. W. & Manley, T. R., Progress in Rubber and Plastics Technology, 2[3], (1986).

(收稿日期:1993-03-10)

## Pressured Liquid Continuous Vulcanisation of Hydraulic Hose

*Li Zhaoyun*

(Shenyang No. 4 Rubber Factory, 110021)

### Abstract

The pressured liquid continuous vulcanisation (PLCV) represents a significant breakthrough in the manufacturing process of hydraulic hose. It features less consumed energy, shorter production time, high quality product and increased pulse cycles.

**Keywords:** PLCV, lead press cure, hydraulic hose

(上接第 166 页)

块提供的设计数据,自动生成模具零件图和装配图。

在主菜单下,键入"P",系统自动确定图号和比例,通过绘图机输出模具图纸,见图 5。图 5 为图 4 所示制品模具的装配图。

### 4 MCRK 系统的特点

(1)本系统采用了命令菜单式用户界面,在一 T 型主控菜单下完成系统的各项功能,操作简便,容易掌握。

(2)本系统的每个设计环节设有人工干预、认可和修改的功能,并能根据要求及时反馈设计信息,控制设计进程。

(3)本系统能将复杂的三维实体分解为若干简单的三维实体,并用平面模型加以描述,使制品图形输入简单化。

本系统经使用表明,可提高键盘式导电橡胶制品模具设计效率 5 倍以上,并为该类制品模具设计提供了计算机辅助设计系统必要的信息。

(收稿日期:1993-03-08)