

# 一种 PVDC 复合防潮封套材料研究

王波

(中国人民解放军 62191 部队, 渭南 714100)

**摘要:** 根据我军武器装备储存和防潮封套技术发展现状, 对封套材料提出了新的使用要求和性能设计指标, 重点研究了如何提高材料阻隔性和综合防护性能。针对提出的性能要求, 选择了综合性能优异的 PVDC 材料为封套的阻隔层, 并首次采用共挤吹塑和干法复合加工工艺, 将 PVDC 与 TPU 材料进行了复合, 加工制得了具有阻隔性高、阻燃性好和质量轻等特点的 PVDC 复合封套材料。

**关键词:** 封套材料; PVDC; 共挤吹塑; 防潮

**中图分类号:** TB484.3; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)15-0066-04

## Development of a PVDC Composite Moistureproof Envelop Material

WANG Bo

(62191 Unit of PLA, Weinan 714100, China)

**Abstract:** New application requirements and performance index of envelop material were put forward according to the development status of our materiel storage and moistureproof envelop technology. The ways to improve barrier performance and integrated protection performance were studied. According to performance requirement, PVDC was selected as barrier layer of envelop for its excellent overall performance. Coextrusion blow molding and dry composite processing technology was first applied to make composite of PVDC and TPU. PVDC composite envelop material was manufactured, which has high barrier performance, good flame retardance, and light weight.

**Key words:** envelop material; PVDC; coextrusion blow molding; moistureproof

封套封存技术被广泛用于弹药、军械、坦克和火炮等大型兵器以及飞机、导弹、发动机和电子设备的储运包装和野外封存。现阶段装备封存使用的各种封套大多用于和平时期装备的长期封存, 在野战条件下, 特别是一些海岛或边海防地区, 气候条件十分恶劣, 环境湿度常年偏高。在这种情况下, 多数封套材料不能达到防护要求, 装备封存环境湿度增大, 装备腐蚀严重; 而且, 我军后方仓库大多数建造于 20 世纪六七十年代, 由于时间长, 很多仓库密封效果降低, 一年中很长时间湿度不达标, 造成装备储存寿命降低。因此, 很有必要研制一种阻隔性好、强度高的封套材料, 用于装备封存, 以满足长期储存使用要求。

目前常用的高阻隔材料主要有 EVOH、尼龙、PVDC、铝箔等, 其中 PVDC 材料具有阻隔性、使用性

和综合防护性好的优点, 同时它耐候性好、耐化学性强、阻燃性高、成本低, 是封套阻隔层的最佳选择。随着技术的发展, PVDC 加工水平不断提高, 复合工艺不断改善, 利用 PVDC 与其它塑料复合制作高阻隔防潮封套材料成为了可能<sup>[1]</sup>。

## 1 封套技术要求

### 1.1 透湿率要求

我军目前使用的封套材料透湿性一般比较高, GJB 2682-96《包装封套通用规范》规定了 A 类封套的透湿率小于  $2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ , 而现有封套材料, 例如 PVC/牛津布/PVC 封套的透湿率为  $4.7 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ , 虽然 CPE/网格布/CPE/涂布 PVDC 的透湿率

收稿日期: 2011-05-15

作者简介: 王波(1984-), 男, 陕西汉中, 硕士生, 62191 部队助理工程师, 主要研究方向为装备环境防护与运用技术。

有所提高,但仍然在  $2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$  以上,而国外所使用防潮封套材料透湿率大多低于  $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ ,最低可达  $0.31 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ ,和国外相比,我军封套材料的阻隔性存在有很大的差距<sup>[2]</sup>。经过广泛的市场调研,PVDC 材料复合技术发展迅速,PVDC 复合加工技术难度大的困难已经克服,因此利用 PVDC 材料加工制作阻隔性高的防潮封套材料具有很强的现实可行性。为此,提出封套材料设计要求:透湿率控制在  $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ (相对湿度 90%, $38^\circ\text{C}$ ) 以内,并努力达到甚至超过美军 Driguard1527 封套的透湿率  $0.31 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$  的标准。

### 1.2 使用性要求

使用性是封套很重要的性能,主要包括封套材料单位面积质量和其它物理性能。对于野战装备封套来说,在提高阻隔性的同时必须满足人力搬运以及携运行要求,因此,降低封套材料单位面积质量对完成战斗任务保障具有重要意义。对于 A 类封套材料,美军标 MIL-C-9959 对单位面积的质量要求为  $1\ 680 \text{ g}$ ,我军军标要求为  $1\ 200 \text{ g}$ ,目前我军封装的套材料可以达到  $800 \text{ g}$ ,所以对于所研究的封套材料单位面积质量要求不超过  $800 \text{ g}$ 。这样的话,一个面积为  $100 \text{ m}^2$  的封套,总质量在  $80 \text{ kg}$  以下,2 人即可搬运,容易实现野战环境下的机动保障。

### 1.3 其它技术要求

封套材料的阻燃性、耐磨性及其它性能必须满足 GJB 2682-96《包装封套通用规范》的要求。

## 2 材料选型

防潮封套材料构成一般包括基材层、阻隔层和热封层。

### 2.1 基材选择

封套的基材层主要采用性能优异的基布来为封套提供良好的物理性能,基布是封套材料的骨架,它的性能很大程度上影响着封套的整体性能。由于涤纶织布具有抗拉强度和撕裂强度高、热稳定性好、基布热收缩率低、柔软等特点,是制作封套理想的基层材料,目前涤纶网格布和涤纶牛津布是最常用的封套基布材料。

### 2.2 阻隔层

阻隔层是封套材料最重要的组成部分,要求它对水蒸气必须具有很强的阻隔性,文中采用性能优异的

PVDC 材料与其他塑料复合作为封套材料的阻隔层。

PVDC 优异的性能已被人们广泛认可,然而,聚偏二氯乙烯(PVDC)是一种热稳定性比较差的高分子材料,由于其分子中 2 个对称氯原子极不稳定,以致熔融和分解温度比较接近,受热很容易发生分解而失去氯化氢。Howell 等人<sup>[3]</sup>的实验表明,PVDC 共聚物能在较温和的条件下发生热降解,脱去氯化氢;根据 R. D. Bohme 等人<sup>[4]</sup>的研究结论,认为 PVDC 的分解速率与聚合体的形态和聚合方法有很大关系,纯 PVDC 单体比乳液状聚合物稳定,粉末 PVDC 比薄膜聚合物稳定,当温度到  $130 \sim 190^\circ\text{C}$  时,一定的时间内,PVDC 会逐渐分解产生 10% 左右 HCl,而且在不同的温度下,PVDC 的热分解时间是不同的,见图 1。

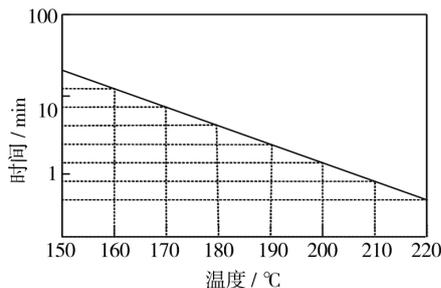


图 1 PVDC 树脂发黄所需要的温度和时间的关系  
Fig. 1 Temperature required to cause yellowing of PVDC resin vs. time

另外 PVDC 还具有具有热收缩率大、与其它材料的粘结性差等缺点<sup>[5]</sup>。以上诸多缺点一直以来限制着 PVDC 的生产应用,这也是文中需要解决的关键问题。

### 2.3 热封层

热封层的主要作用是使封套材料、密封拉锁等各部分能够热合的方法封合在一起,制成所需封套,此外还兼有保护阻隔层的功能,热封层常用的材料有 PVC,TPU,PE 等。其中 TPU 具有卓越的耐磨性,而且其柔韧性好,特别是有高抗撕裂性和较好弹性,还有它耐油、耐低温、耐热老化、粘合性等方面具有良好的特性,并且与其他材料有优异的相容性能,而且聚氨酯加工成型方法多样,既可注塑、挤塑成型,也可压延、模压成型,因此将采用 TPU 作为封套材料的热封层。

### 2.4 材料改性

为了使材料具有良好的加工性和优异的使用性能,必须进行加工改性,主要包括增塑改性、增韧改性、阻燃改性以及抗静电改性等。增塑改性常用的增

塑剂有癸二酸二丁酯(DBS)、癸二酸二辛酯(DOS)、己二酸二辛酯(DOA)、柠檬酸三丁酯(TBC)和乙酰基柠檬酸三丁酯(ATBC)等;阻燃剂有磷酸三酯、十溴二苯醚、三聚氰胺及三聚氰胺磷酸盐等;另外还有像 DBS, ATBC 等增韧剂和 ELO, ESO 等环氧化物热稳定剂;而添加于聚氨酯的抗静电剂主要有季铵盐阳离子表面活性剂、非离子型表面活性剂或它们组成的复合物<sup>[6]</sup>。

### 3 封套材料复合

#### 3.1 结构设计

##### 3.1.1 阻隔层设计

以 PVDC 作为阻隔层的主要材料,见图 2,在

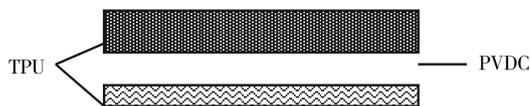


图 2 封套材料阻隔层结构

Fig. 2 Structure of moistureproof layer of envelope material

PVDC 薄膜的两侧分别复合保护膜和过渡膜。保护膜位于整个封套材料的内侧,是为了防止在加工或使用中对 PVDC 膜造成磨损,从而降低了阻隔性,同时保护膜还可以起到热封作用。过渡层的作用与保护层相似,它在加工中与布基复合,避免了布基与 PVDC 的直接接触,以免影响其阻隔性,保护层和过渡层都选择 TPU 材料。

##### 3.1.2 整体结构设计

封套的整体结构设计见图 3,经过 TPU 压延的

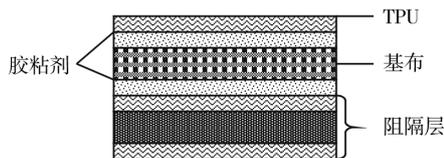


图 3 封套材料整体结构

Fig. 3 General structure of envelope material

布基材料在封套材料的最外侧,阻隔层在内侧,TPU 为热封层。

#### 3.2 材料复合加工

根据材料组成以及现有加工条件,将加工流程分

为 3 步,见图 4:第 1 步为阻隔层 TPU/PVDC/TPU

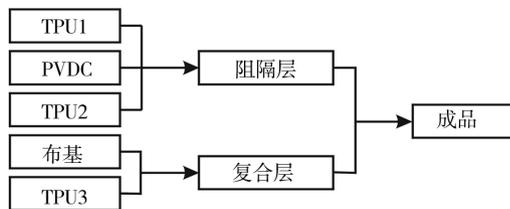


图 4 材料加工流程

Fig. 4 Process flow of envelope material

的共挤吹塑复合;第 2 步为热封层 TPU 与布基的压延复合;第 3 步为阻隔层与布基的干式复合。

##### 3.2.1 PVDC 与 TPU 的共挤吹塑复合

将 PVDC 和 TPU 经过增塑、阻燃等改性处理的树脂原料进行共挤吹塑复合,其工艺路线为:3 层进料→共挤模头→吹膜→电晕处理→切边→卷取<sup>[7]</sup>。

共挤吹塑复合是多层材料一次成型,不但工艺过程简单,而且各层结合可靠,各层薄膜的成膜厚度可以通过树脂的添加量来控制。针对 PVDC 的成膜特点,共挤复合的关键是克服 PVDC 的热分解问题<sup>[8]</sup>,这里主要采取的措施有:添加热稳定剂,改进配方,以提高稳定性;采用具有层间隔热技术的共挤模头,分别控制树脂共挤前的加工温度,降低 PVDC 的热分解;由于 PVDC 的分解与加热时间有关(见图 1),减少树脂在模头的停留时间,可降低分解。

##### 3.2.2 TPU 与布基的压延复合

TPU 与布基的压延复合工艺流程见图 5。在

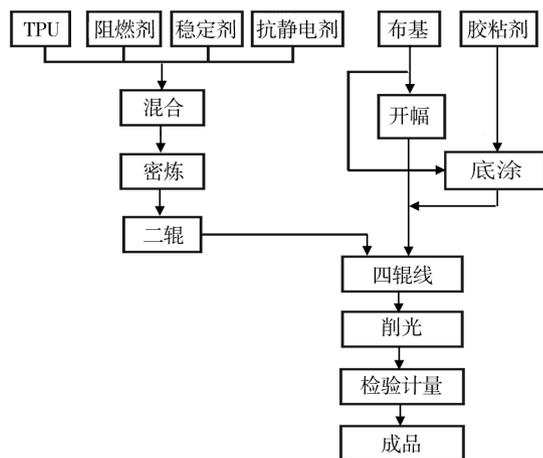


图 5 TPU 与布基压延成型工艺流程

Fig. 5 Process flow of TPU and fabric rolling

TPU 压延之前,要对布基进行底涂处理,底涂材料可

选择聚氨酯(PU)粘合剂,用 PU 粘合后,基布同 TPU 料很难剥开,并且在整个加工工艺过程中,PU 料始终处于高弹态,不会因热降解改变粘合性能。

### 3.2.3 阻隔层与布基的干式复合

阻隔层与布基的干式复合工艺比较成熟,其工艺流程见图 6。

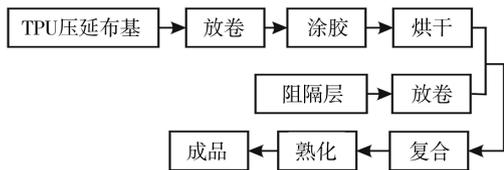


图 6 薄膜材料干式复合工艺流程

Fig. 6 Process flow dry composite of film lamination

### 3.2.4 材料试制

根据以上所述复合工艺,进行了封套样品的试制,制得样品见图 7,所得封套材料质量轻、强度高,



图 7 封套材料加工样品

Fig. 7 Sample of envelope material

更重要的是材料透湿率很低,样品材料中的阻隔层,只加入了 20% 的 PVDC 树脂,PVDC 厚度不超过 20  $\mu\text{m}$ ,其透湿率可达  $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ (40  $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90%)左右。根据经验数值,1  $\mu\text{m}$  厚度的 PVDC 薄膜其透湿率约为  $19 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ ,当厚度达到 20  $\mu\text{m}$ ,透湿率可降至  $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ 左右,因此进一步增加 PVDC 厚度,其透湿率会进一步降低,通过不断调整 PVDC 厚度,可以制成满足要求的材料。

## 4 结论

PVDC 复合封套材料的加工技术非常高,提出了一种比较新型的加工方法,具体工艺需要在加工实践

中进一步研究改进,以确定更加合理的工艺参数,进行了样品的初步试制,取得了理想的效果。

### 参考文献:

- [1] 宣兆龙,易建政,杜世国.高阻隔性包装材料现状及发展[J].包装工程,1998,19(6):20-22.
- [2] 短志强,易建政.CPE 改性 PVC 封套材料研究[J].包装工程,2007,28(4):23-24.
- [3] HOWELL B A, ADEYINKA O Odelana. Stability of Vinylidene Chloride Copolymers Containing 4-vinylidene Units Thermo Gravimetric Assessment [J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry,2007,89(2):449-452.
- [4] BOHME R D, WESSLING R A. The Thermal Decomposition of Poly(Vinylidene Chloride) in the Solid State [J]. Journal of Applied Polymer Science,2003,16(7):1761-1778.
- [5] 赵新峰,徐辉. PVDC 层压复合耐高温蒸煮袋及 PVDC 五层共挤流延技术的进展[J].塑料包装,2007,17(1):44-49.
- [6] 马辉,高绪勇.野战弹药防静电包装设计[J].包装工程,2005,26(5):145-146.
- [7] 江谷.软包装材料及复合技术[M].北京:印刷工业出版社,2007.
- [8] 张玉霞.新型共挤吹塑薄膜机头[J].中国塑料,2002,16(10):6-10.