

双轴向涂层织物的涂层与底布间的结合力分析

姜亚明 邱冠雄

(天津纺织工学院)

【摘要】 本文借助于界面理论,深入研究了PVC涂层双轴向高强涤纶织物的涂层与底布间的界面结合状况,提出了几种提高剥离强度的有效途径。

关键词: 底布 双轴向 聚酯织物 PVC涂层 结合力 剥离强度 分析

中图分类号: TS 106.85

双轴向涂层织物作为一种柔性复合材料,其卓越的性能,既取决于双轴向织物本身的机械力学性能,又和涂层材料(PVC)与底布之间的结合情况密切相关。目前,国内及某些国外PVC涂层双轴向织物,存在的一个较大的问题就是剥离强度较低。这不仅影响底布优异力学性能的发挥,也限制了涂层产品的应用领域。本文从宏观和微观两个方面出发,借助于界面理论,对双轴向高强涤纶PVC涂层织物的涂层与底布间的结合状况进行了研究和讨论,对国内外同类产品进行了剥离对比,利用扫描电镜对界面进行了观察,并利用差热分析方法研究了PVC的凝胶化度,从而提出了几种提高剥离强度的实用方法。

一、涂层与底布的结合原理

主要的结合方式有如下三种:

- (1) 界面吸附: PVC糊料刮涂到涤纶底布上时,两相间存在范德华引力作用^[1]。
- (2) 机械结合作用: 织物表面是极其凹凸不平的,存在着大量的孔隙,涤纶单丝的表面也

不是十分光滑的,存在着刻痕和微坑。因此,当PVC糊料刮涂到双轴向底布时,便会去填充这些孔隙及微坑,形成许多“小钩子”,把涂层和底布钩结起来。这种机械结合作用主要有如下四种情形(图1):

- ① PVC糊料填充了涤纶单纤维表面的微坑;
- ② PVC糊料渗入到了纤维束内部,包绕了单纤维,形成了许多钩结;
- ③ PVC糊料在织物两面的涂层间形成许多“钉状物”(图2);



图2 “钉状物”铆接
(图中的A即为PVC胶钉)



图3 散纤维钻入涂层中

- ④ 织物表面的散纤维自由端钻入到涂层中,如图3所示。
- (3) 扩散作用: PVC涂层和涤纶底布的界面间存在相互扩散^[2]。

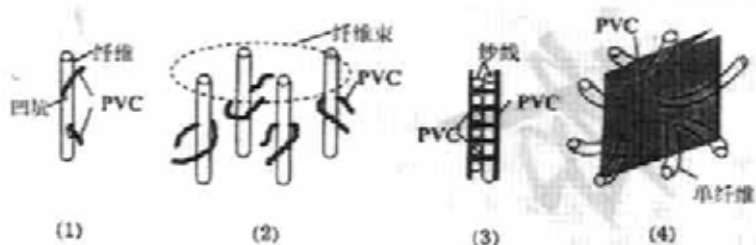


图1 PVC涂层与双轴向底布之间的机械结合示意图

二、影响涂层和底布结合力的因素

- (1) PVC糊料对底布(涤纶纤维)的浸润和渗透程度
液体对固体的浸润能力可以用铺展系数S来表示:

$$S = \sigma_s - \sigma_{LS} - \sigma_L$$

式中： σ_s 和 σ_L 分别为固体表面张力及液体表面张力；而 σ_{LS} 为液体与固体间的界面张力。在恒温恒压条件下，若 $S \geq 0$ ，则液体可以在该固体表面上浸润。在实际研究中，由于表面张力的经典测试方法对 σ_s 失效，因此最常采用的是 Fox 与 Zisman 所提出的临界表面张力 σ_c ^[8]。当液体的表面张力大于固体的 σ_c ，则液体不能浸润固体；反之则能够浸润。在 20℃ 时，PET（涤纶）的临界表面张力为 $\sigma_c = 43 \text{ dyn/cm}$ ，而 PVC 液体的表面张力为 $\sigma_L = 39 \text{ dyn/cm}$ 。两者很接近，而且 $\sigma_{LS} > 0$ ，因此若使 $S \geq 0$ 就比较困难。要产生良好的浸润，必须设法提高 σ_c ，同时降低 σ_L ，而降低 σ_L 是比较易于实现的。

失去了流动性，即刮涂时间小于铺展时间，那么 PVC 糊料便不可能覆盖满整个涂层表面，因此就不利于提高剥离强力。而粘度越大，则铺展时间越长，渗透越差，不利于提高剥离强力。因此在保证涂层机械性能^[6]的条件下，降低粘度对提高涂层质量有利。

(2) 双轴向涤纶底布的状况

- ①底布越稀，则 PVC 糊料渗透越好，剥离强力提高；
- ②底布如果带有纤网，则布面毛羽增多，很容易钻入到涂层中(图 3)，这可以极大地提高剥离强力；
- ③底布纤维束越蓬松，孔隙越多，越有利于 PVC 糊料的渗透；单纤维越细，则比表面积越大，PVC 糊料与纤维表面的接触机会越多，越有利于剥离强力的提高。

下面，用不同的 PVC 配方验证一下上述理论。

试样(表 1)：乳液法 PVC-440，天津化工厂。

表 1 不同的 PVC 配方

| 配方 | PVC | DOP | CACO ₃ | 稳定剂 | Sb ₂ O ₃ | 黄染料 |
|----|-----|-----|-------------------|------|--------------------------------|-----|
| 1# | 50 | 50 | 5 | 1.25 | 1.5 | 1 |
| 2# | 50 | 50 | 15 | 1.25 | 1.5 | 1 |
| 3# | 80 | 50 | 5 | 1.25 | 1.5 | 1 |

注：表中的数据为质量比

底布：双轴向高强涤纶织物，经纬纱 1100dtex，经平纱 76 dtex；预烘：110℃，2 分钟，涂层小样机；烘干：180℃，3 分钟，涂层小样机；剥离：日本万能强力测试机。

测试结果如表 2 所示：

表 2 PVC 液体表面张力 σ_L

对浸润情况及最终产品剥离强力的影响

| 项目 | 粘度 (厘泊) | 铺展时间 (秒) | 接触角 (度) | 表面张力 (dyn/cm) | 剥离强力 (N/5cm) |
|----|---------|----------|---------|---------------|--------------|
| 1# | 1100 | 28 | 20°20' | 205 | 43 |
| 2# | 990 | 21 | 14° | 54 | 54 |
| 3# | 2200 | 40 | 17°20' | 195 | 49 |

分析表 2 中的数据表明：PVC 糊料的表面张力越小，则浸润性越好，涂层织物的剥离强力越大。此外，铺展时间越短，对提高剥离强力越有利。如果 PVC 糊料在未完全浸润底布之前就

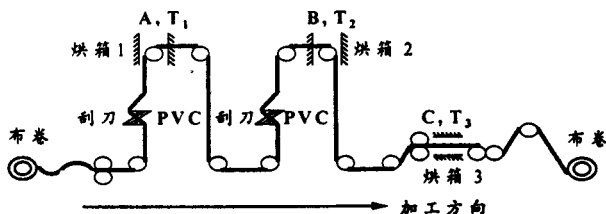


图 4 一般刮涂设备工艺示意图

注： $T_1 = 150 \sim 160^\circ\text{C}$ ； $T_2 = 160 \sim 170^\circ\text{C}$ ； $T_3 = 180 \sim 190^\circ\text{C}$ 。

(3) 涂层加工工艺的影响(见图 4)

① PVC 糊料在底布上的铺展及渗透主要发生在第一次刮涂到第一次烘干这段时间内，这段时间必须大于 PVC 糊料的最佳铺展时间，这样才能充分铺展和良好浸润。否则，即使 PVC 糊料的表面张力很小，能够很好地浸润涤纶纤维，但如果来不及充分铺展就已经进入了烘箱 A，从而失去了流动性(粘度因加热而上升)，同样得不到较大的剥离强力。

② 烘箱温度对剥离强力及产品性能具有显著影响。众所周知，PVC 糊料如果不经凝胶化作用是没有实用价值的，而凝胶化的实现必须经过烘箱对涂层进行高温处理。凝胶化作用越好，越有利于提高剥离强力及改善涂层性能^[6]。如图 4，烘箱的温度及烘干时间的选择对 PVC 的凝胶化程度影响很大。对于不同的 PVC

糊料配方,烘箱的温度及时间的选择应该不同。

三、国内外双向 PVC 涂层织物的对比分析

1. 剥离曲线的对比

试样分别采用国产及西德 KARL MAYER 公司生产的双轴向 PVC 涂层织物;试样尺寸为 $5\text{cm} \times 20\text{cm}$;仪器采用日本万能机械强力测试仪。剥离曲线如图 5 所示。

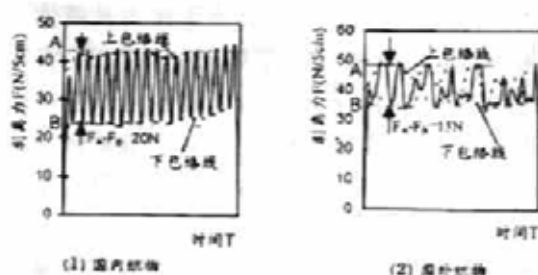


图 5 国内外双向 PVC 涂层织物的剥离曲线



(1)国内涂层(浸润差) (2)国外涂层(浸润好) (3)国内产品(渗透差) (4)国外产品(渗透好)

图 6 国内外涂层织物的扫描电镜照片

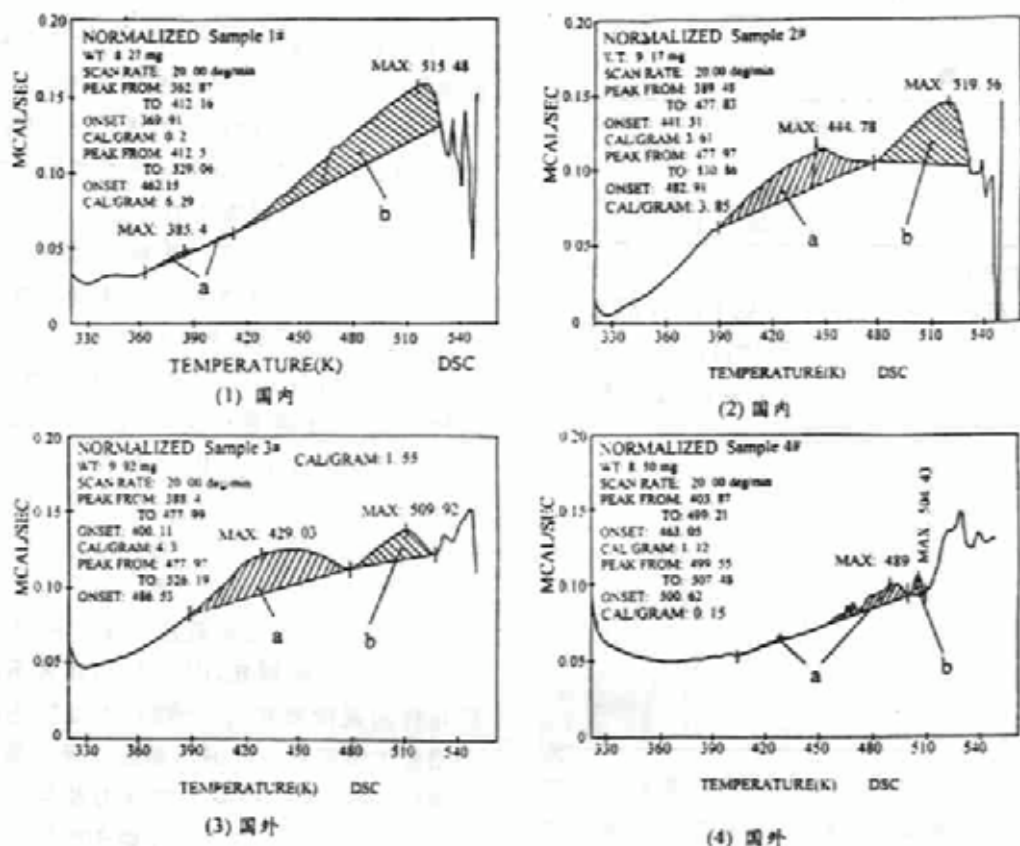


图 7 国内外 PVC 涂层的 DSC 曲线

(1) 国内 PVC 糊料对底布的浸润差。国产涂层织物的剥离曲线呈较为均匀的锯齿形,而国外的却呈波动状。对于国内产品,上包络线处于经平线圈穿过织物的位置(织物在此处的空隙较大,是“胶钉”形成的位置,剥离强力大),下包络线则处于过渡位置(剥离强力小),而且上下两个相邻尖点间线段的斜率极大,这说明过渡区域的浸润性极差。国外涂层则不同,曲线上有一些较小的过渡峰,这说明涂层对底布的浸润性较好。这也可以通过扫描电镜照片得到证明(图 6)。

(2) 从图 5 中可以看出,国内涂层织物剥离曲线的下包络线很低,剥离强力只有 25N 左右;而国外涂层的下包络线剥离强力则为 36N 左右。国内产品的剥离带较宽(大约为 20N),即抵抗剥离的稳定性差;国外产品的剥离带较窄(大约为 15N),说明抵抗剥离的稳定性较好。

2. 国内外涂层织物的 PVC 凝胶化度对比
PVC 的凝胶化度可以用 DSC 法进行测量^[6],计算公式为: $G = \{\Delta H(a) / [\Delta H(a) + \Delta H(b)]\} \times 100\%$ 。其中 a 与 b 为阴影面积(图 7)。可以看出:G(1)很小,几乎没有凝胶化;G(2)接近 50%,即有 50%凝胶化;而 G(3)接近 70%,G(4)接近 100%,说明凝胶化作用良好。

四、结 论

涂层和底布间的结合力既有宏观力(机械

结合力)又有微观力(范德华力及界面互溶现象),要想提高剥离强力,可从以下几个方面入手:

1. 降低 PVC 糊料的表面张力,提高涤纶纤维的表面张力;
2. 在保证良好加工的前提下,降低 PVC 糊料的粘度,增加渗透性;
3. 在满足要求的情况下,尽可能采用细纤维,低密度,使纤维蓬松,最好能衬入纤网;
4. 调整加工工艺,满足 PVC 糊料的最佳铺展时间;
5. 调整烘箱温度及烘干时间,使 PVC 充分凝胶化。

参 考 资 料

[1] [美]L. I. 纳斯编:《聚氯乙烯大全》一、二、三卷,化工出版社,1983 年。
 [2] 杨孔章等编著:《界面与膜及其应用》,科学出版社,1989 年。
 [3] [日]筱叢人编:《高分子表面的基础和应用》,化学工业出版社,1990 年。
 [4] 司业光等编:《聚氯乙烯树脂及其加工应用》,化工出版社,1993 年。
 [5] 韩家宜等译:《产业用纤维材料手册》,纺织工业出版社,1986 年。
 [6] 聚氯乙烯, P. 51~55, 2/1995。
 [7] Kettenwirk praxis, E21~22, 4/1993。
 [8] 《高分子材料》,1993 年第 3 期, P. 26~31。

《纺织学报》第五届编辑委员会名单

名誉主任委员:陈受之 钱宝钧

主任委员:丁力

副主任委员:范翔 戴淑清 严灏景 刘恒琦 潘正中

委 员:(以姓氏笔划为序)

丁辛 万德明 王守平 王德骥 孙文秋 东向阳 朱振宏 李世娟
 李妙福 邱冠雄 陆锦昌 张应学 郁铭芳 姜怀 姚穆 顾淞
 钱布平 徐南安 徐伟星 梁嘉华 黄关从 屠仁溥 谢城崧 蒲宗耀
 蔡黎明 谭锦民 谭菲芸

特邀委员:胡金莲