

电绝缘聚酯非织布生产工艺条件探讨

程兆修

(东方绝缘材料厂)

【摘要】 本文主要从原材料和工艺过程两方面对电绝缘聚酯非织布的制造进行探讨。通过差示扫描量热(DSC)等手段,分析了涤纶纤维和热粘结聚酯纤维在聚集态结构上的差异以及在非织布形成过程中的作用和变化。对气流成网和热轧成型的机理进行了论述,并对生产过程中工艺参数的优化进行了探讨。

非织布作为一种新型的电绝缘材料或绝缘材料的基体材料,近年来获得了很大的发展。过去用作绝缘材料及其基材的纸、布、玻璃布、薄膜等传统材料,在很多方面都逐步被非织布所替代。例如:主要用于电机槽绝缘的聚酯薄膜(简称M)与聚酯非织布(简称D)的柔软复合材料(简称DMD)国际电工委员会(IEC)将此作为推荐材料,并制定了DMD的IEC标准。我国机械电子工业部也将DMD作为绝缘材料的更新换代产品之一,并规定在新型的Y系列电机中采用。在国外发达国家中电绝缘非织布已成为非织布工业中的重要分支。我厂于1985年底从西德引进了国内第一条电绝缘聚酯非织布生产线,1987年6月通过国家鉴定。目前在电绝缘非织布中,使用最为广泛的是聚酯(涤纶)非织布,本文将主要对电绝缘聚酯非织布的生产工艺进行探讨。

电绝缘聚酯非织布由本体纤维和粘结纤维两部分组成。本体纤维是组成电绝缘非织布的主体部分,我们选用的是高强棉型涤纶纤维。粘结纤维是使非织布粘合定型的组分,在纤维网中起“粘合剂”的作用,我们选用的是热粘结聚酯纤维。

涤纶纤维的化学组成是对苯二甲酸乙二酯的均聚体,其长链分子主链中带有苯环,同时羰基和苯环发生共轭效应,所以分子链具有较高的刚性和热稳定性。高强型涤纶纤维在生产中经过高倍数拉伸和热定型,提高了纤维的取向度和结晶度,进一步改善其机械强度和热稳定性,因此高强型涤纶纤维可满足B级绝缘材料的耐热要求。另外涤纶纤维分子中不含亲水基团,回潮率只有0.4%,同时还具有良好的耐候性和耐化学腐蚀性等,所以可在潮湿和其他较恶劣的环境条件下使用。

热粘结纤维根据粘合的方式不同,可以分为三种类型:①熔融粘结型,是熔点较低的热塑性纤维,在高于其熔点的温度下热轧时,熔融并汇聚在本体纤维的交叉点处,使纤维网得到粘合定型。②复合型,多数以皮芯形式组成,外层为熔点较低的聚合物,热轧时外层组分熔融而使纤维网获得粘合定型。③软化粘结型纤维的熔点较高,但软化点相对较低,在高于软化点而低于熔点的温度下热轧,使纤维网获得粘合定型。我们选用的热粘结聚酯纤维是属于软化粘结型的热粘结纤维,它是通过对涤纶纤维改性,降低纤维的结晶度和取向度来制

一、生产工艺流程

生产工艺流程如图1所示。

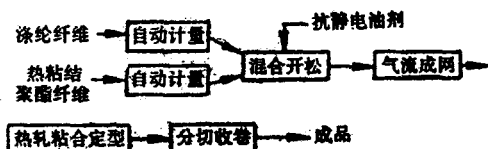


图1 电绝缘聚酯非织布工艺流程

二、生产工艺条件探讨

1. 纤维的选择

得的，熔点在 250℃ 以上，而软化点在 200℃ 左右。熔点较高可以保证非织布的耐热性，而软化点较低，便于热轧定型。同时热粘结聚酯纤维和涤纶纤维在化学组成上同属聚酯类，因此热轧粘合时具有良好的相容性。

为了分析纤维热性能，我们进行差示扫描量热(DSC)测试，采用 CDR-1 型差动热分析仪，量程 ±5 毫卡/秒，升温速度 10℃/分，走纸速度 600 毫米/小时，降温速度 8~10℃/分。

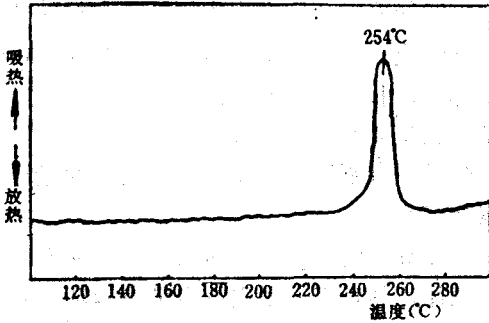


图 2 高强棉型涤纶纤维 DSC

图 2 是涤纶高强棉型纤维 DSC 谱图，从图 2 可见纤维的熔点为 254℃。

图 3 是热粘结聚酯纤维的 DSC 谱图，从图 3 可见纤维的熔点为 254℃，经过重熔并在 290~300℃ 消除热历史 5 分钟后骤冷的样品(图 3 虚线)的熔点为 252℃，另外谱图中有一个放热峰，峰温 128℃ 重熔后则在 135℃，这是纤维的冷结晶峰，它和初生态无定形涤纶纤维行为相似。

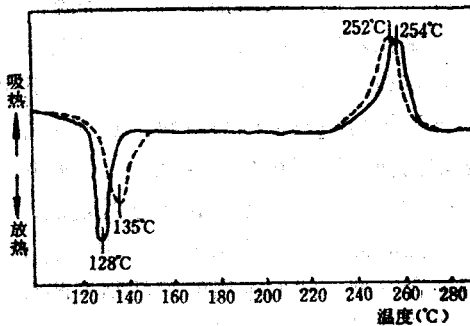


图 3 热粘结聚酯纤维 DSC

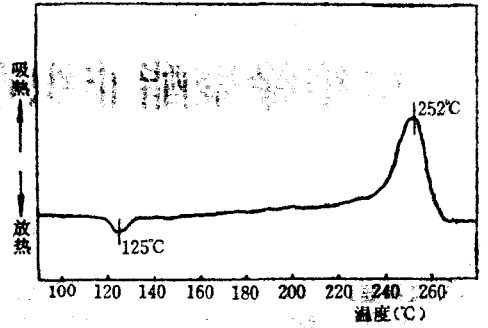


图 4 电绝缘聚酯非织布

图 4 是电绝缘聚酯非织布 DSC 谱图，从图 4 可见只有一个熔融吸热峰，峰温为 252℃，因为组成电绝缘聚酯非织布的两种纤维熔点相近，所以只能见到一个熔融吸热峰，另外可见一个放热峰，峰温为 125℃，从图 2 可见涤纶纤维没有冷结晶峰，所以图 4 中的放热峰是热粘结聚酯纤维的冷结晶峰。

通过差示扫描量热(DSC)的测试，可以看出两种纤维聚集态结构的差异，热粘结聚酯纤维是无定形或低结晶度的纤维，另外，图 4 中放热峰的面积比图 3 中放热峰的面积相对减小了，说明非织布经热轧定型其中的热粘结聚酯纤维的结晶度提高了。

2. 纤维成网工艺条件的控制

纤维成网采用先机械梳理，后气流成网的工艺。纤维在形成纤维网之前必须将束状纤维全部开松成单纤维，工艺上主要采用了多级开松的措施，使两种纤维得到充分的开松和混合。图 5 为气流成网工艺原理图。纤维由喂入辊①带给主锡林②，通过两对工作辊③和剥棉辊④分梳后沿高速运转的主锡林切线方向抛出，进入气流场，纤维在气流场中受风机⑤下吹的高速气流作用落在输送带⑥上，其下方是负压仓⑦，使纤维吸附在输送帘上形成均匀的纤维网，纤维是随机分布的，因此纤维网的结构是无定向的。

纤维网定量的均匀性控制是成网工艺的关键，主要通过三个方面来控制：

(1) 保证成网供棉系统的稳定性。每个单

位时间里在设备整个幅宽内，提供给成网机的纤维量要求能保持恒定。

(2) 保证成网机气流场的稳定，要求各点的气流速度、方向能保持均匀和恒定。

(3) 采取消除静电的措施。生产过程中产生的静电不仅影响纤维的开松效果，而且会引起纤维缠辊和转移不畅。消除静电的措施是①往纤维中喷晒抗静电油剂，②是提高生产环境的相对湿度。试验表明纤维喷油量0.3~0.4%，相对湿度65~75%效果较佳。

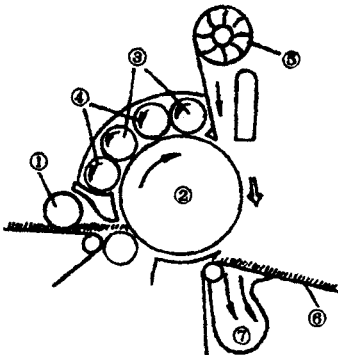


图5 气流成网工艺原理图

3. 热轧定型工艺条件的控制

(1) 电绝缘聚酯非织布热轧定型机理分析

如上所述，热粘结聚酯纤维的熔点和高强棉型涤纶纤维相近，但是熔限较宽，软化点在200℃左右，约比高强棉型涤纶纤维低30℃。因为热粘结聚酯纤维在达到它的软化点温度时，纤维便失去原有的弹性，表面开始发粘，在外力作用下产生一定的形变，可表现出粘附作用，因此我们热轧时的温度应略高于热粘结聚酯纤维的软化点，而低于高强型涤纶纤维的软化点，同时施加一定的压力，使纤维之间有良好的接触，这样在纤维的交叉点处便能相互粘合，使纤维网获得定型。

图6是根据显微镜下观察到的微观图象而绘制的示意图，从图中可见涤纶纤维在非织布中未发生任何形变，热粘结聚酯纤维的基本形态也未发生很大变化，只有在纤维的交叉点处有较为明显的形变。

(2) 热轧定型主要工艺因素的参数优化

① 试验条件和目的

材料：高强低伸棉型涤纶纤维0.165特×

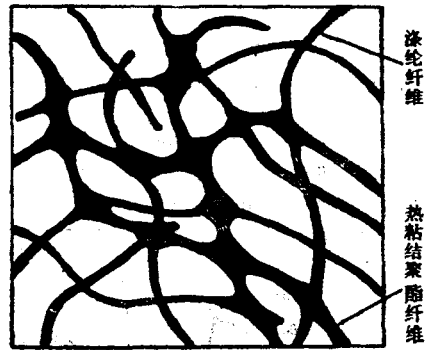


图6 电绝缘聚酯非织布粘合状态示意图

38毫米；热粘结聚酯纤维0.55特×38毫米。

纤维网定量：42克/米²。

热轧速度：12米/分。

试验目的：纤维配比、热轧温度和热轧压力对电绝缘聚酯非织布的抗张力(指标≥55牛/50毫米)、断裂伸长率(指标≥10%)和表观密度(指标0.6±0.1克/厘米³)的影响，从而优选出最优化工艺参数。

② 因素与水平(见表1)

表1 因素水平表

水平	A 热粘纤维比 (%)	B 温度 (℃)	C 压力 (牛/厘米)
1	10	230	500
2	20	215	1000
3	40	205	1500

③ 选用L₉(3⁴)正交表，按表头和因素水平表列出试验计划并进行试验，结果如表2。

④ 因素与指标关系图(见图7)。

⑤ 主要因素与最优化工艺参数确定

从表2中各因素的极差和图7来看：抗张力的最好水平为A₂B₂C₃，A为主要因素；断裂伸长率的最好水平为A₂B₂C₂，A为主要因素；表观密度的最好水平为A₃B₁C₃，A为主要因素。又根据三个技术指标来综合平衡，水平A₂B₂C₂三个技术指标均合格，所以本试验确定的最优化工艺条件的水平为A₂B₂C₂。

表2 正交试验结果

	(牛/50 毫米)				(%)				(克/厘米 ³)			
	I/3	II/3	III/3	R	I/3	II/3	III/3	R	I/3	II/3	III/3	R
A	23	68	64	45	7.8	13.9	8.5	6.1	0.42	0.51	0.62	0.20
B	48	65	44	21	9.7	13.0	7.4	5.6	0.59	0.57	0.43	0.16
C	38	58	60	22	9.4	10.5	10.3	1.1	0.51	0.53	0.56	0.05

⑥分析 与讨论

a. 纤维的配比是影响最为显著的因素。因热粘结聚酯纤维含量增加, 纤维网中粘结点就增多, 所以在一定范围内, 抗张力等技术指标都随其含量增加呈上升趋势。但是

由于热粘结聚酯纤维自身的强度比涤纶纤维小

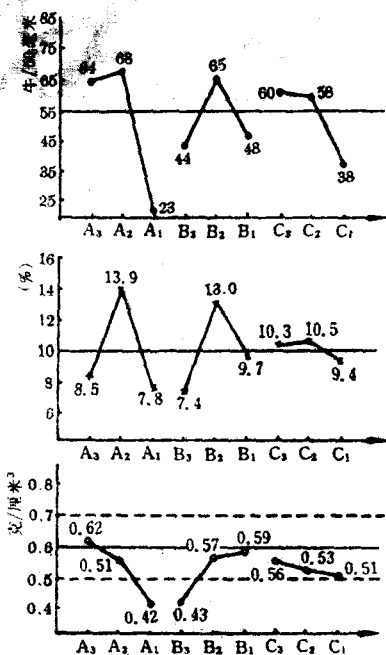


图7 因素与指标关系图

得多, 其含量过高时, 抗张力和断裂伸长率反而降低。

b. 热轧定型的温度和压力对非织布的性能也有较大影响。温度提高使热粘结聚酯纤维的变形增大, 粘附作用增强; 压力增大使纤维之间的接触更充分, 改善了粘合效果, 所以在一定的温度压力范围内, 提高温度和压力, 可提高非织布的抗张力和断裂伸长率。但是温度逐步接近热粘结聚酯纤维的熔点时, 纤维易发生断裂, 涤纶纤维也因受热作用分子聚集态结构产生变化, 使非织布脆性增大, 抗张力等下降。

c. 上述试验是选择具有代表性的规格和生产工艺中对性能影响较大的因素, 在实践中由于产品应用方面的差异, 对规格和性能的要求也不同, 因此工艺条件也应有所改变, 试验中反映的基本规律可在实践中灵活运用。

收稿日期: 1989年7月29日。