

熔喷聚丙烯纤维非织造布生产 工艺参数对其性能的影响

靳向煜 张慧光

(中国纺织大学)

【摘要】 本文研究了用毛细管喷头以不同的螺杆挤出速度、接收距离等工艺参数，对熔融指数为12克/10分的熔喷聚丙烯超细纤维非织造布的断裂强度、断裂伸长、撕破强力、顶破强力、弯曲特性、过滤性能及纤维直径进行定量分析。文章还讨论了驻极电介质对空气过滤性能的影响。

熔喷工艺主要利用高速热空气(310~374℃)，将熔融的聚合物牵伸成长度为25~100毫米、平均直径小于4微米的超细纤维。接着在接收装置上冷却固化形成纤网，纤网中纤维相互交错，靠喷丝后聚合物的余热及牵伸热空气使纤维热融粘合，而固结在一起直接成为非织造布。熔喷非织造布工艺与纺粘法的最小差别在于纤维不是呈连续性的长丝，因未经传统纺丝工艺那样进行牵伸，故纤维的取向度较差，拉伸强度较低，设备能耗大。熔喷法非

织造布由于纤维互相缠结热融粘合和超细纤维之间的表面吸引力，纤网具有良好的完整性。超细纤维过滤材料对气悬体有优良的过滤性能，其效果远超过普通的过滤材料。

一、工艺及聚丙烯原料的选择

本文进行的工艺试验均用国产熔融指数为12克/10分、分子量为20万，等规度≥95%的聚丙烯切片。根据聚丙烯的流变性能和分子结构的特性，通过加入适当的添加物降低聚丙烯

表1 熔喷聚丙烯超细纤维非织造布工艺参数及纤网定量

螺杆速度 (转/分)	接收距离 (毫米)	熔体温度 (℃)	喷头温度 (℃)	空气温度 (℃)	接收器线速度 (米/分)	纤网定量 (克/米 ²)
8	100	317	320	340	20.2	47.11
	150	317	320	340	20.2	47.25
	200	317	220	340	20.2	46.56
	250	317	320	340	20.2	44.02
12	100	325	335	358	20.8	47.65
	150	325	335	358	20.8	48.34
	200	325	335	358	20.8	47.05
	250	325	335	358	20.8	48.77

参 考 资 料

[1] 《羊毛科学评论》，年，期，页。

[2] 南非毛纺织研究所(SAWTRT)第444号研究报告。

[3] «I. T. B»weaving 1982, №2, p111.

稀熔体粘度，提高设备的挤出能力，降低纺丝温度及能耗，获得满意的纤网质量。

熔喷聚丙烯超细纤维非织造布的生产工艺见表1。用一台螺杆直径为45毫米的螺杆挤出机，一台电加热空气炉，一台排气量为1.5米³/分空气压缩机和一套喷头装置，喷头的喷丝孔用毛细管焊接工艺，孔径0.85毫米。非织造布的定量平均为147.13克/米²。为观察产品的过滤特性，同样试样分别进行了驻极和兼驻极电介质试验。

二、实验及性能测试

1. 断裂强度、断裂伸长、顶破强力、撕破强力等用AG-100型岛津万能材料试验仪测试，计算机进行数据处理，绘出性能曲线。

2. 弯曲刚度、滞后矩测试用KES-FB纯弯曲试验仪，该仪器主要特点是，能使试样在一定的曲率弧形中作准确的弯曲，其曲率能作连续的变化，并且能检测出试样微小的弯矩及精确而快速地测定出弯矩与曲率之间的关系。

3. 纤维的平均直径测定在cam-scram扫描电子显微镜上进行，各个试样拍三张不同位置的电镜照片，放大倍数为1000倍。然后将照片在光学放大镜下测量出纤维直径，每个试样测30根纤维，计算其平均直径。

4. 过滤效率用苏制KOJI-16和KOJI-90油度仪测定，标准滤速为0.06升/厘米²·分，油雾浓度为2500毫克/米³，油雾粒径为0.3微米。

三、结果与讨论

螺杆挤出速度分别为8和12转/分时，各挡接收距离对熔喷超细纤维非织造布的纵横向断裂强度、弯曲刚度、顶破强力及伸长的影响见图1~3。从图中发现，非织造布的纵横向强度随着接收距离增加而降低，而在同接收距离下，螺杆速度高的要比速度低的大得多。对在较高挤出速度的情况下，熔喷法非织造布具

有较高的纵横向强度的现象，可认为：①由于挤出机的挤出量增加，聚合物数量增加，树脂的传热较慢，使纤维的冷却效率下降，而固化距离增加，结果使得非织造布中纤维之间的热粘合更好，提高了纤网的粘合效果和强度。②螺杆挤出速度的提高，使螺杆压力升高，聚合物受剪切力就增大，剪切力会造成大分子链的断裂降解，使分子量降低且分布变窄，临界切变速率提高，使应力诱导结晶和纤维的取向度增加。③螺杆挤出速度提高，共振时间缩短，热裂解减少。

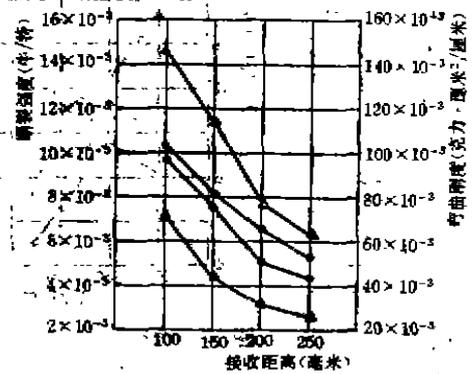


图1 螺杆速度和接收距离与纵向断裂强度及弯曲刚度的关系

●、▲分别表示螺杆速度为8转/分时纵向断裂强度、弯曲刚度。

○、△分别表示螺杆速度为12转/分时纵向断裂强度、弯曲刚度。图2~4同。

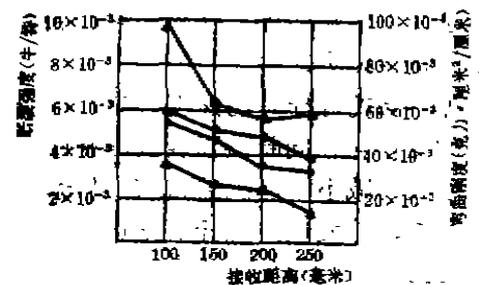


图2 螺杆速度和接收距离与纵向断裂强度及弯曲刚度的关系

熔喷聚丙烯超细纤维非织造布存在各向异性，实验表明，纵横向强力比能较好地反映各向异性定量指标，螺杆的挤出速度对纤网的纵、横向强力比略有影响，当螺杆挤出速度为

8转/分,接收距离各为150和200毫米时,纤网的纵、横向强力比分别是1.57和1.28,但当螺杆挤出速度为12转/分时,纤网的纵、横向强力比分别增大到1.61和1.38(参见图1、2)。

此外,在螺杆挤出速度较低的情况下,顶破强力随接收距离的增加而变大并出现峰值,然后随接收距离的增加而减少。螺杆挤出速度高时,顶破强力开始同样随着接收距离的增加而增大,但较平稳。顶破伸长的变化比较相似。由于挤出速度低时,挤出的聚丙烯数量相对减少,使纤维的冷却速率增快,热传递效率提高,使纤网中的纤维热粘合性能变差。接收距离适当增加有助于纤维缠结增多,提高纤网的韧性和挠性,增加抗穿刺力。

两种不同的螺杆挤出速度,其纤网纵向弯曲刚度的变化与纵向断裂强度情况相同,随接收距离增大而减小,非织造布变得越来越柔软。从图1、2发现,螺杆挤出速度高时,其弯曲刚度比螺杆速度低时要高得多。当接收距离增大时,纤维和拉伸空气的温度都迅速下降,影响聚合物冷却时间,造成接收装置上纤网中纤维间热融粘合效率降低,纤网中得到的粘连频度降低,此时纤网的强力仅取决于纤维间的相互缠结和抱合。经扫描电子显微镜观察,充分证实上述情况。热粘合效果直接影响非织

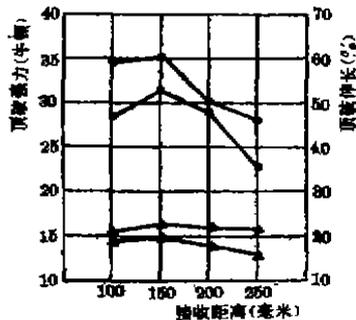


图3 螺杆速度和接收距离与顶破强力、顶破伸长的关系

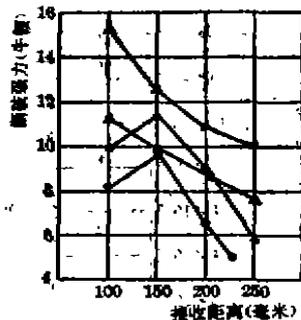


图4 螺杆速度和接收距离与撕裂强力的关系



图5 熔喷聚丙烯超细纤维非织造布螺杆速度为12转/分,纤维平均直径为3.74微米。



图6 熔喷聚丙烯超细纤维非织造布螺杆速度为8转/分,纤维平均直径为2.95微米。

造布的硬挺度。我们从弯曲特性曲线的图中发现,螺杆挤出速度低时的非织造布纵向滞后矩(2HB)明显低于螺杆挤出速度高的情况。

螺杆挤出速度低时,熔喷聚丙烯超细纤维非织造布的纵向撕破强力与顶破强力情况相同都在接收距离150毫米处出现峰值。但挤出量增加,横向撕破强力随接收距离的增加而线性减小见图4。从电镜照片观察表明,接收距离150毫米处,纤网中粘连频度高,网络情况显著,见图5、6。

由图可见,纤维直径随着螺杆挤出量增加而略有增加。根据聚合物熔体弹性性质,挤出物胀大公式为:

$$\frac{d}{d_0} = \left(\frac{\int_0^R [\psi_1 + G - (\tau^2/G)rdr]}{\int_0^R G r dr} \right)^{1/6}$$

式中: d 为挤出物直径; d_0 为毛细管直径; ψ_1 为第一法向应力差; G 为弹性模量; τ 为切应力; r 为点沿挤出物半径的位置。

当聚丙烯熔体从毛细管口被挤出时,流体剪切速率和剪切应力迅速减小,熔体局部冷却,表现粘度增加和熔体贮存的弹性能被释放,挤出胀大随物料通过速率的增加而增加,参见图7。

最后讨论工艺参数与滤效的关系,我们用驻极电介质技术,通过驻极电介质使熔喷聚丙

烯超细纤维非织造布产生一种由电场极化作用引起的极化电荷,同时使电荷从电极移向电介质而形成注入电荷,使纤维带有持久静电。聚丙烯纤维具有很高的电阻率(7×10^{12} 欧姆·厘米),是一种射频损耗极小的电绝缘材料。驻极聚丙烯超细纤维非织造布在自然状态下存放 1440 小时后测定其过滤效率,滤效保持不变。聚丙烯非织造布经驻极后

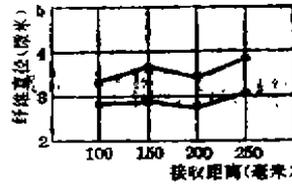


图 7 螺杆挤出速度和接收距离与纤维直径的关系
●, ○分别表示螺杆挤出速度为 12 转/分, 8 转/分。

表 2 驻极与未驻极熔喷聚丙烯超细纤维非织造布对滤效及阻力的影响

接收距离 (毫米)	100		150		200		250	
	驻极	未驻极	驻极	未驻极	驻极	未驻极	驻极	未驻极
螺杆速度 滤效(%) (8转/分)	97.75	53.29	94.88	36.5	94.13	41.25	92.5	43.5
阻力(帕)	3.78	3.68	2.94	2.94	2.21	2.21	2.15	2.15
螺杆速度 滤效(%) (12转/分)	94.5	25.75	91.0	23.0	84.5	17.75	83.75	20.0
阻力(帕)	2.94	2.94	1.96	1.96	0.98	0.98	0.98	0.98

从表 2 看出,驻极熔喷聚丙烯超细纤维非织造布的阻力并无变化,而滤效却提高很多,我们曾将非织造布的定量适当增加,滤效提高到 99.99% 以上,这是传统纺织品及其他非织造布所无法比拟的。

四、结 论

1. 熔喷聚丙烯超细纤维非织造布的纵横向断裂强度、弯曲刚度均随接收距离增加而减小,手感变得柔软、蓬松,滤效和阻力下降。

2. 螺杆挤出速度由 8 转/分提高到 12 转/分时,非织造布的纵横向断裂强度、撕破强力、顶破强力及伸长相应增加。在接收距离分别为 150 和 200 毫米处,纤网的纵横向强力比分别从 1.67 和 1.28 增加到 1.61 和 1.38。

其过滤效率显著提高,静电效应对提高材料的空气过滤性能至关重要。根据库仑沉积理论,可用 E_{de} 表示因库仑力而产生的捕集系数, $E_{de} = 4Qq/8\eta \cdot d_p \cdot d_f \cdot U_0$, 式中: q 为微粒电荷; Q 为纤维每单位长度的电荷; d_p 为微粒直径; d_f 为纤维直径; U_0 为流体速度; η 为动力粘度。从上述公式可见,纤维每单位长度的电荷与捕集系数成正比,捕集系数与纤维直径成反比。在纤网定量恒定情况下,接收距离增加时纤网蓬松度增加,滤效下降,阻力减小。纤维变细,滤效提高,驻极与未驻极熔喷聚丙烯超细纤维非织造布对滤效及阻力的影响见表 2。

3. 从扫描电镜观察表明,挤出量增加,聚合物挤出胀大效应加重,纤维直径略会变粗,纤网的粘连频度增加,热熔融粘效果提高,非织造布的纵向滞后形明显增大。

4. 熔喷聚丙烯超细纤维非织造布驻极后滤效显著提高,纤维直径减小和纤维长度上电荷量增加可大大影响微粒的沉积,静电效应对提高材料的空气过滤至关重要。

(收稿日期: 1988 年 7 月 19 日。)

参 考 资 料

- [1] 《过滤理论与实践》,国防工业出版社,1982。
- [2] 《上海纺织科技》,1987, №5, p. 14~17。
- [3] J. Lunerschloss, W. Albrecht: «Non-woven Bonded Fabrics», 1984。