

热熔粉剂的粘结性能及其对非织造布性能影响的探讨*

储才元 闵夏莲 孙爱萍

(中国纺织大学)

【摘要】 本文用两种低熔点的热熔粉剂(聚酰胺和聚乙烯)对涤纶纤维的粘结力进行了测定和分析,并由这两种热熔粉剂,采用干法—热粘合加固方法,在自制的红外线加热设备上将制成的涤纶纤网制成具有不同粘合剂含量的高蓬松性非织造布。对不同方案的非织造布的拉伸性能,压缩性能和保暖性能分别进行了测定和比较,所得结果可供非织造布生产厂参考。

一、前言

高蓬松性非织造布广泛应用于保暖絮棉制品,空气过滤材料,保温、绝热、隔音材料,各种服装用衬里和工业用衬垫材料等。利用热熔粉剂,干法—热粘合加固方法制造非织造布具有生产简便,产品多样,不污染环境和节省能源等众多优点^[1]。我国用热粘合加固工艺制造非织造布用的热熔粉剂主要是聚乙烯(PE),在某些场合,有少量生产聚酰胺(PA)和乙烯与醋酸乙烯共聚物,即改性聚乙烯(EVA)等,通常聚酰胺分子链上具有极性的酰胺基团 $-NH-CO-$,它与纤维的粘结力要比无极性基团的聚乙烯高,但其熔点高于聚乙烯,价格也较高,所以从节省能源消耗和降低生产成本方面考虑,采用聚乙烯粉剂是有利的。本文着重研究上述两种粉剂的粘结性能和分别对高蓬松非织造布性能影响的分析比较,提供实验数据资料,为生产厂选择原料和开发非织造布产品作参考。

二、热熔粉剂与涤纶纤维间粘结力的测定

1. 材料性能

纤维:涤纶短纤维,长度 51mm,0.66tex,断裂强力 44.6 cN,

粘合剂:聚酰胺(80目)和低密度聚乙烯(80目)。

涤纶纤维,聚酰胺粉剂和聚乙烯粉剂的差示扫描量热分析(DSC)曲线分别示于图 1, 2 和 3。由 DSC 曲线可知,涤纶纤维的熔程范

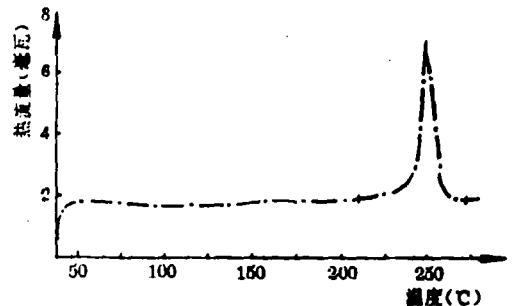


图 1 涤纶纤维的 DSC 曲线(升温速度: 10°C/分)

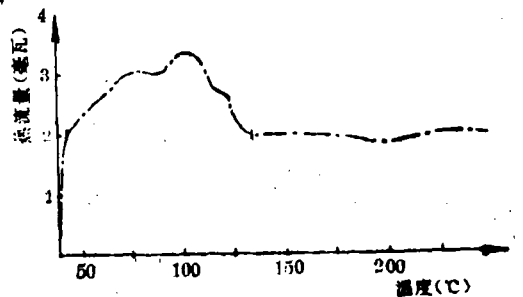


图 2 聚酰胺粉剂的 DSC 曲线(升温速度: 10°C/分)

* 本文系高等学校博士学科点专项科研基金资助。

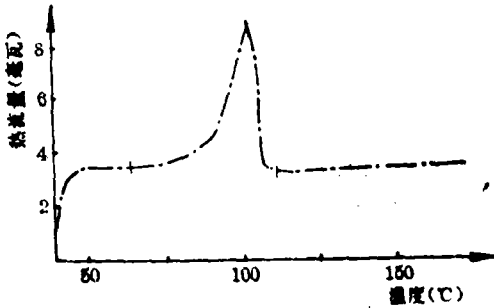


图3 聚乙烯粉剂的DSC曲线(升温速度:10°C/分) 围为212.8°C~272.8°C, 峰值为250.9°C; 聚酰胺粉剂的熔程范围为44°C~134°C, 峰值为104°C; 聚乙烯粉剂的熔程范围为65°C~111.8°C, 峰值为103.9°C。

2. 试验方案的确定

对选定的粘结剂粉剂和纤维, 它们之间的粘结力还决定于制样时的加热温度、加热时间、压力和粘结点大小等, 由于两种粉剂的熔融范围不同, 本文选择压力和接触面积(即粘结点大小)保持不变, 通过改变加热温度和加热时间以两种粉剂的最大粘结力比较其粘结性能。加热温度选择在纤维和热熔粉剂的熔融温度之间。

3. 试样制备方法和粘结力的测试

利用两块有机层压板, 上下对齐打有φ8mm的等距离的若干小孔, 制成试样模板, 先在一块模板的孔中填充粘合粉剂, 然后排列单纤维, 使穿过孔中心, 并用双面胶水纸固定纤维, 如图4(a); 合上另一块模板, 确保两孔对齐, 再填满粉剂, 放入普通烘箱(YG800-A型), 在规定的试验方案(温度, 时间)下, 制成试样如图4(b)。利用一个带有狭缝的夹头连接件如图4(c), 将试样嵌入狭缝, 在

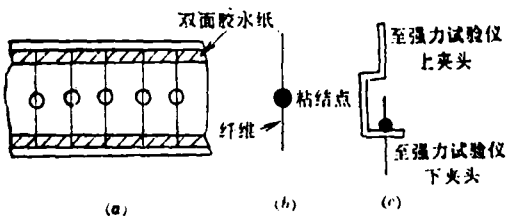


图4 粘结力测定的试样制备过程简图

YG001电子式单纤维强力试验仪上, 测试纤维从粘结点抽出阻力即粘合剂对纤维的粘合力。试样的预加张力为200mg, 拉伸速度为10mm/min。

在试验中, 我们可以得到两种类型的拉伸曲线如图5(a)和(b)。根据实验曲线, 我们可以计算出以下两个衡量热熔粉剂粘结力的指标:

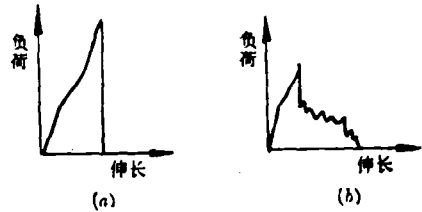


图5 粘结力测定的拉伸曲线 (a)一纤维断裂; (b)一纤维从粘结点中抽出。

$$\text{滑脱率}(\%) = \frac{\text{滑脱纤维根数}}{\text{试样总数}} \times 100$$

$$\text{粘结力}(cN) = \frac{\text{滑脱纤维抽出阻力之和}}{\text{滑脱纤维根数}}$$

4. 实验结果和讨论

两种粘合剂在一定加热时间内, 粘结力与加热温度间关系的实测数据列于表1。

表1 粘结力与加热温度间关系

粘合剂类型	聚 酰 胺			聚 乙 烯		
加热时间(min)	6			5		
加热温度(°C)	130	135	140	120	125	130
实测纤维根数	48	80	76	63	79	77
滑脱纤维根数	43	56	26	63	78	77
滑脱率(%)	93.5	70.0	27.9	100	98.7	100
平均粘结力(cN)	15.64	19.14	22.05	8.77	13.42	14.08
CV (%)	46.23	43.09	27.89	67.84	55.45	51.7

由表1实验数据表明, 两种热熔粉剂和纤维间的粘结力随加热温度增加而增加, 滑脱率随温度增加而减小, 但聚乙烯的滑脱率为100%, 粘结力的绝对值比聚酰胺粉剂要小得多。决定粘合剂与纤维间的粘结力有两个因素, 一是由粘合剂和被粘物(纤维)表面相对张力所决定的浸润现象, 二是粘结剂与纤维表面

的化学结合力或物理引力(次价键力或范德华力),对一定的粘合剂和纤维表面来说,增加加热温度,可使粉剂充分熔融,增加其流动性和浸润性,使表面结合力充分作用。我们在实验中发现,如对聚酰胺粉剂在130℃时加热5分钟,或在120℃时加热6分钟,粉剂不能完全熔融,所制试样呈白色粉状的小球,粘结力几乎为零。当温度较高时,粘结点逐步呈透明状的结晶小球,粘结力大增。

两种粘合剂在加热温度不变条件下,粘结力与加热时间关系的实验数据列于表2。由表2可知,加热温度为140℃时聚酰胺粉剂的粘结力随加热时间增加而增加,7分钟后又出现下降趋势,而聚乙烯粉剂的粘结力在125℃,5分钟时为最高,随加热时间延长,粘结力下降,在实验中我们看到随加热时间延长,粉剂熔融充分,流动性好,再结晶后呈透明状,但由于粉剂流出模板上的小孔,使粘结点尺寸减小,从而减小粘合剂与涤纶纤维表面的接触面积,虽然单位面积粘结力是增加的,但总的粘结力(纤维从粘结点中的抽出力)还是降低了,由于聚乙烯粉剂熔程范围较聚酰胺窄,这一现象更为明显。

实验结果表明,在一定范围内,提高加热温度和延长加热时间有利于增加热熔粉剂与纤维间的粘结力,它们对粘结力的作用是等效的。综合比较不同加热温度和时间时,聚酰胺粘合剂的粘结力明显地高于聚乙烯。

表2 粘结力与加热时间关系

粘合剂类型	聚 酰 胺					聚 乙 烯			
	140					125			
加热温度(℃)	140					125			
加热时间(min)	5	6	7	8	9	5	6	7	
实测纤维根数	42	76	63	69	65	79	59	52	
滑脱根数	41	26	23	8	10	79	59	52	
滑脱率(%)	97.70	36.40	36.50	11.59	15.40	100	100	100	
粘结力	平均值(cN)	14.30	22.05	25.26	24.46	20.91	13.42	8.09	6.80
	CV (%)	25.38	27.89	14.76	15.45	30.08	55.45	51.6	40.73

三、不同粘剂非织造布的性能比较

非织造布的纤维原料由长度为51mm,细度为0.66tex的70%涤纶和相同长度,细度的30%三维卷曲中空涤纶纤维经混和,开松后,在Rando气流成网机上制成定量为115g/m²左右的纤维网,然后用自制的红外线烘箱,分别制成不同粘剂含量的高蓬松非织造布^[2],并对非织造布的拉伸性能,压缩性能和保暖性能进行了测定。拉伸试验的试样宽度为5cm,试样夹持长度为10cm,拉伸速度为50mm/min,在岛津DCS-500型万能材料试验机上进行,压缩性能试验的试样尺寸为10×10cm,三块叠合一起,轻负荷为50g,重负荷为2kg,压缩速度为60mm/min,轻、重负荷停顿的作用时间为30秒,在自制的压缩弹性测试仪上进行,保暖性由温州纺织仪器厂生产的保暖仪I-II型上测定,实测结果分别列于表3。

从表3实测结果得出:随着粘合剂含量增加,非织造布力学性能的变化有一定的规律性,即拉伸强度随粘合剂含量增加而迅速增加;压缩率和膨松度随粘合剂增加而稳定地降低,压缩弹性恢复率则逐步提高。值得注意的是,粉剂含量相近的聚酰胺非织造布的膨松度和压缩率,拉伸强度高于聚乙烯非织造布,而压缩弹性恢复率则反之,上述这一实验结果的规律性有较好的重现性。

聚酰胺非织造布比聚乙烯非织造布有较高的拉伸强度与聚酰胺粉末有极性基团,涤纶有较好的粘结力有关。此外,我们实验用的两种粉剂虽然名义粒径尺寸同为80目,但实际上聚酰胺粉剂的粒径差异较大,含有许多大粒径的粉末,因此,在相同含量的粉剂时,聚乙烯非织造布中的粘结点要明

表3 两种粘结剂非织造布的性能测试结果

粘合剂类型	聚乙烯				聚酰胺		
	9.4	15.21	20.9	29.8	15.39	21.39	25.26
粘合剂实际含量(%)							
单位面积重量(g/m ²)	157.3	162.8	180.3	176.9	147.0	156.3	172.2
表观厚度(mm)	10.90	10.58	10.95	9.94	/	/	/
稳定厚度(mm)	2.64	2.76	3.17	3.28	/	/	/
压缩率(%)	75.78	73.91	71.05	67.00	74.09	71.43	69.41
弹性回复率(%)	70.24	71.98	74.21	76.38	70.58	72.26	73.93
膨松度(cm ³ /g)	69.31	64.97	60.71	56.19	71.5	63.2	59.1
拉伸强度 × 10 ⁻² (cN/tex)	2.03	2.54	2.68	4.76	2.38	3.58	5.74
保暖率(%)	65.93	67.54	67.94	68.45	67.68	72.52	70.62

相同时,粘结点较多的非织造布的膨松度,压缩率将小于粘结点较少的非织造布,而压缩弹性回复率则增加。同时,非织造布中粘结点数量增多,纤维滑移困难,当粘结点足够多时,甚至部分纤维可能断裂,使非织造布的拉伸强度增加,这一机理同样适用于粘结剂含量与非织造布性能间关系,所以,

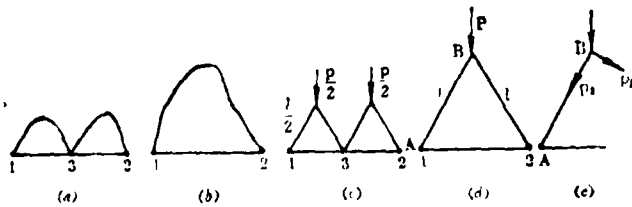


图6 非织造布性能与粘结点数目间关系示意图

显地多,这可能是在低粉末含量(15%)时,聚酰胺非织造布强度不高的原因。非织造布性能与非织造布中粘结点的数目间关系可以用示意图6简要说明之。

图6中,(a)比(b)粘结点数增加一倍,假设粘结点1,2间的纤维长度相同,很显然在非织造布制造时的膨松过程中,情况(b)的纤维容易膨松突出,而(a)受到粘结点3的限制,膨松度小于(b)。如果进一步简化图中(a)(b)成(c)(d)情况,在相同压力P条件下,纤维段AB的受力图如(e),纤维AB上压力P/2分解成两个分力P₁和P₂,P₁使AB产生弯曲变形,由材料力学可知,分力P₁使AB产生的挠度与P₁l³成正比例,比情况(c)大16倍,纤维截面中最大弯曲应力也比(c)大4倍;分力P₂使AB轴向压缩,AB失去稳定平衡状态的临界压力与纤维长度平方成反比,状态(c)比状态(d)将大8倍。此外,对具有粘弹性效应明显的纺织纤维来说,材料的弹性回复性能与所受应力大小有关,应力越大,回弹性越差。由此可以推断;在纤维和粘合剂原料性能

粘结剂含量和粒径大小都将影响非织造布的性能。上述实验规律表明:如要制造既具有高膨松性;又具有高弹性和一定拉伸强度的非织造布必须提高粘结剂的粘接力,降低粘结剂的含量,或者在粘结剂一定情况下选择弹性高和混用三维卷曲中空粗旦和卷曲牢度好的涤纶纤维以提高材料本身的弹性是非常必要的。

非织造布的保暖性随粉末含量增加而增加,但是高膨松性非织造布的保暖性和膨松度间关系尚不明确,似存在着膨松度高时,由于流动空气的存在,保暖率下降的规律,需要进一步研究。

四、两种粉末粘结剂的性能比较

作为粘合剂,聚酰胺粉剂具有许多优越性,它的大分子链上含有较多的极性基团,与纤维间的粘接力高于聚乙烯粘合剂,因此,在相同粉末含量时,非织造布的拉伸强度较高,而且产品的膨松度,压缩率,保暖性也较高。缺点是目前国内尚未有正规的生产厂以正常的商品形式可供售,而且价格较聚乙烯高得多。

聚乙烯粘合剂虽然粘接力较聚酰胺差,但它也具有许多优点:如聚乙烯比聚酰胺有较小的表面张力 r_c 和表面能 E_s (聚乙烯 $r_c = 28 \sim 36 \text{ mN/m}$, $E_s = 31 \text{ 尔格/cm}^2$;聚酰胺 $r_c = 42 \sim 46 \text{ mN/m}$, $E_s = 46 \text{ 尔格/cm}^2$),粘结相同纤维表面时,接触角小,这样它更容易浸润涤纶纤

维 ($r_s = 40-43 \text{mN/m}$, $E_s = 43 \text{尔格/cm}^2$) 表面, 获得较好的粘结强度; 聚乙烯的熔点较聚酰胺低, 无疑在生产过程中可以节省能源; 聚乙烯粉剂的价格大大低于聚酰胺, 当粉末含量为 20% 时, 原料的成本是不容忽视的。综上所述, 在制造高档产品时可选用聚酰胺粘合剂, 而在生产中、低档产品时, 选用聚乙烯粘合剂是完全可行的, 并具有较高的经济效益。

参 考 资 料

- [1] F. Harris, Powder Bonding Technology, Nonwoven Industry, 1990 (10), p. 42~44.
- [2] 《中国纺织大学学报》, (英文版), 1994, No.1 p.1~7.
- [3] 王延熹主编, 《非织造布生产技术》, 纺织工业出版社, (1986).