

纺丝熔体温度对丙纶BCF质量的影响

广东新会地毯厂 周双鸣

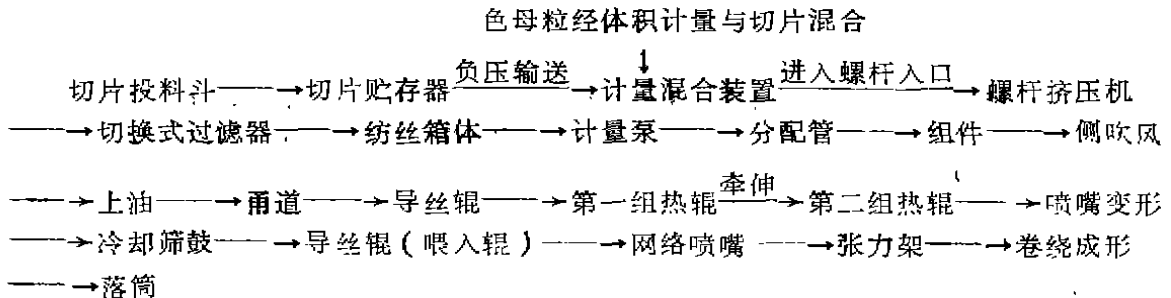
摘要

本文介绍了丙纶BCF长丝生产中的设备、工艺流程及工艺参数。分析并讨论了几种不同牌号聚丙烯树脂纺丝熔体温度的控制以及几种不同型号的色母粒对纺丝熔体流动性的影响,从而通过对纺丝熔体温度的调试,以达到提高纺丝的稳定性和产品质量的目的。

※※※ ※※※ ※※※ ※※※ ※※※ ※※※ ※※※ ※※※

本厂设备是引进西德Neumag(纽马格)公司的BCF纺一牵一变形联合机,其特点是纺丝、冷却固化、热定形、松弛、网络、卷绕于一体。BCF纱(Bulked Continuous Filament Yarn)主要用于加工簇绒地毯,也可用于加工沙发布和装饰布等。BCF纱属70年代末才开发的差别化纤维,其结构为三叶形。纺丝过程最重要的工艺参数是熔体温度,其控制是否合理,直接影响到纺丝的稳定性的。作为地毯用丝,大部分为纺前着色。色母粒的加入对熔体的流动性有很大影响,故其纺丝技术难度大,稳定性较差。本文就丙纶BCF生产中纺丝熔体温度的调节作一肤浅讨论。

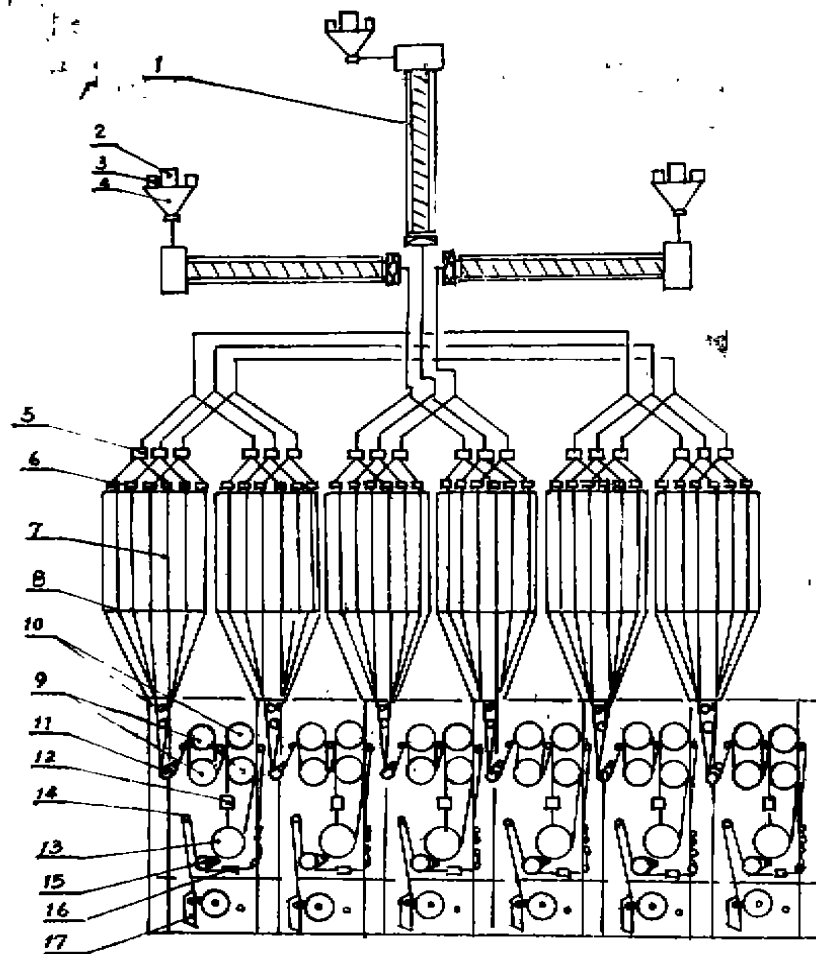
一、生产工艺流程(见附图)



二、设备特征

1. 牵伸变形机为NPT250016型,共6纺位,卷绕头每根卷轴上可卷绕两个筒子。纱筒尺寸为 $\phi 320\text{mm} \times 250\text{mm}$,每位有6个组件,组件尺寸为 $138 \times 138 \times 90\text{mm}$,每三个组件的丝条经上油、集束、牵伸变形,最后卷绕成一个纱筒。

2. 该机配有三条技术数据相同的螺杆挤压机,在各螺杆进料口都配有按体积计量法加色母粒的装置,色母粒通过高精度控制的计量系统把母粒直接加到螺杆入口处和切片混合,再在螺杆中熔融和均匀混合,并与计量体系和螺杆、纺丝泵相配匹进行计量控制。



附图 BCF 纺丝工艺流程简图

1—螺杆挤出机；2—抽料装置；3—色粒计量器；4—料斗；5—计量泵；6—喷丝板；
7—侧吹风雨道；8—上油嘴；9—第一组热辊；10—第二组热辊；11—导丝辊；12—喷嘴
(变形箱)；13—冷却筛鼓；14—张力架；15—喂入辊；16—网络喷嘴；17—卷绕装置

3. 主要部件技术参数

- (1) 螺杆挤压机：直径 $\phi 70\text{mm}$
长径比：L/D 30
加热区：五区加热
- (2) 切换式过滤器：型号 K-SWE80
过滤直径 58.3mm
过滤面积 $2 \times 27\text{cm}^2$
- (3) 计量泵，每纺位有三个计量泵（二叠泵）
泵供量 $2 \times 10\text{cm}^3/\text{转}$
泵转速 6.4—30转/分
- (4) 拉伸变形机和卷绕机（表1）

表 1

拉 伸 变 形 机		生 产 厂 家	西德Neumag
型 号	NPT 25001b	拉伸形式	热辊拉伸
纤度范围 (d tex)	667—2900	变形加工方法	热空气流变形
卷速 (m/min)	2500	纺位数 (位)	6
纺位间距 (mm)	1000	变形喷嘴	堵塞箱法
卷绕形式	锭子式	网络喷嘴	开启式

卷绕机

生产者	西德纽马格	往复长度 (mm)	250
型号	RKF I sps—6	其 它	采用旋转式自动落筒和换筒
卷绕器布置	单层	卷重 (kg)	4
卷绕器/部位	1	筒管内径 (mm)	73
卷绕筒子数/锭	2	筒管外径 (mm)	79.4
卷装直径 (mm)	320	筒管长度 (mm)	29.2

三、工艺参数一览表 (表 2)

表 2

规格 (d tex/根)		2900/126	2450/126	1870/93	
产品编号		26B—16	22B—13	15A—11	
原料	聚丙烯树脂牌号	5820—S (MI=12g/10min)	PPS—120 (MI=12g/10min)	TPF—120 (MI=14g/10min)	
	PP 色母粒型号	PFR—08, PFC—04	S—26H	PFN—14	
挤压 机 各 区 温 度 ℃	1* 螺 杆	1 区	265	270	265
		2 区	269	273	268
		3 区	269	273	268
		4 区	269	273	268
		5 区	269	273	268
		弯管(过滤器)	269	273	268
	2* 螺 杆	1 区	270	275	265
		2 区	275	280	268
		3 区	275	280	268
		4 区	275	280	268
	5 区	275	280	268	
	弯管(过滤器)	275	280	268	

续表 2

规格 (dtex/根)		2500/126	2450/126	1670/93
产品编号		26B-16	22B-13	15A-11
原料	聚丙烯树脂牌号	5820-S (MI=12g/10min)	PPS-120 (MI=12g/10min)	TPF-120 (MI=14g/10min)
	PP 色母粒型号	PFR-08, PFC-04	S-26H	PFN-14
挤压机各区温度 ℃	3* 螺杆			
	1区	260	265	260
	2区	265	270	265
	3区	265	270	265
	4区	265	270	265
	5区	265	270	265
	弯管(过滤器)	265	270	265
熔体温度 ℃	1*螺杆	269	273	268
	2*螺杆	276	280	268
	3*螺杆	269	273	268
侧吹风	风温℃	16±1	16±1	16±1
	相对湿度%	65±5	65±5	65±5
	风速m/s	0.8	0.7	0.6
计量泵转速 (rpm)		13.5	13.5	10
油泵转速 (rpm)		19	18	16
牵伸变形	喂入辊速度 (m/min)	390	445	470
	第一组热辊速度 (m/min)	390	445	470
	温度(℃)	85	90	85
	第二组热辊速度 (m/min)	1220	1435	1570
	温度(℃)	130	135	130
	输送辊速度 (m/min)	1000	1200	1280

续表 2

空气 变形室	变形喷嘴压力 (bar)	10	10	10
	温度℃	140	140	140
卷 绕 机	卷绕速度 (m/min)	1000	1200	1280
	沟槽罗拉转速 (rpm)	6000	6000	7500
网络喷嘴压力 (bar)		7	7	7

四、工艺条件的控制及讨论

1. 原材料对纺丝熔体温度的影响

不同牌号的聚丙烯树脂, 由于其分子量大小及其分子量分布的差别, 决定了工艺上所要控制的主要参数即纺丝熔体温度的不同。设定纺丝熔体温度的理论依据是熔融指数(MI值), 表3是几种不同牌号的聚丙烯树脂的熔融指数(MI值)与纺丝熔体温度(未加色母粒)的关系。

表 3

项 目	牌 号	PC-966	TPF- 120	F120F	PPS- 120	3571BC	TPF102	5820 -S	S- 700
MI值(g/10min)		19.6	14.2	15.1	12	9.34	10.6	11	8.9
熔体温度控制(℃)		260	270	250	274	275	270	273	279

从表3看出, 一般来说, MI值越小, 控制其纺丝熔体温度越高。因为在分子量分布不变的情况下, 分子量增大, 大分子间纠缠程度大, 缠合点多, 运动困难, 其MI值变小, 粘流活化能增大, 但这一规律也不是绝对的, 熔体MI值只能提供一个大概的数值, 有时即使MI值接近, 但其分子量分布不同, 熔体的粘流性也不同, 即使树脂牌号相同, 且MI值接近, 但批号不同, 纺丝熔体温度也有差异, 如牌号为5820-S的两种相同丙纶树脂切片, 其MI值接近, 分别为10.9g/10min和12.6g/10min。由于批号不同, 其熔体流动性有很大差别, 前者纺丝熔体温度为273℃, 后者为286℃出现反常现象, 这是由于后者的分子量分布较宽。

2. 色母粒对熔体粘流性的影响及相应熔体温度的控制

熔体中色母粒的存在, 控制其流动性的纺丝熔体温度又有所不同, 几种不同色母粒对纺

丝熔体温度的影响见表4。

表4

项 目	色母粒型号	PFR -08	PFC -04	PFN -14	PE- 9106	S-26H	PFG -07	PFR -10
颜 色		红	黑	棕	绿	黑	绿	红
树脂牌号及MI值	5820-S	5820-S MI= 10.9	5820-S MI= 10.9	TPT -120 MI=14	TPF -120 MI=14	S-700 MI= 8.9	F120F MI= 10.3	F120F MI= 10.3
未加色母粒时应控制 熔体温度(℃)		273	273	270	270	272	273	273
加色母粒后应控制熔 体温度(℃)		270	280	267	266	280	264	267

从表4看出,除了加入黑色母粒的纺丝熔体温度升高5—8℃外,其它几种色母粒的加入,纺丝熔体温度都应降低,降低的幅度应视实际丝条的粘流性。因为色母粒主要成份是颜料和载体,它们对聚丙烯熔体的流变性都有着明显的影响。载体一般是低分子量的聚乙烯或聚丙烯,它们的流动活化能低,流动性好,扩散性优良,能降低聚丙烯的粘度,改善流动性能⁽¹⁾。颜料的影响则随其种类不同而不同,黑色母粒的颜料是碳黑,碳黑粒子的加入相当于在熔体中加入了成核剂⁽²⁾,使初生纤维的结晶度有所提高,熔体粘度上升,流动性能变差,纺丝温度被迫升高,拉伸性能变劣。对于其它大多数颜料都有助于熔体流动性能的改善,尤其是黄色、红色、翠绿等颜料,只要在切片中加入一定量,其纺丝温度可降低10℃左右。

根据Flory的增塑剂理论,对上表4的规律可得更深一步的解释,使用增塑剂时,高聚物的熔点降低,可用下式表示:

$$\frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_m^0} = \frac{R}{\Delta H} \cdot \frac{V_n}{V_1} (\varphi_1 - x_1 \varphi_1^2)$$

式中, T_m^0 , T_m 是增塑前后高聚物之熔点; V_n , V_1 分别是聚合物重复单元和增塑剂的摩尔体积; φ_1 是增塑剂的体积分数; x_1 是高聚物和增塑剂的相互作用参数。对于溶胀能力强的溶剂,它与高分子间形成强烈的溶剂化作用,则 $x_1 < 0$; 溶剂能力较差时, $x_1 > 0$, 此时存在较弱的分子间作用。在纺丝工艺上,色母粒相当于一种增塑剂,而增塑剂的加入可使高聚物发生溶胀,从而改变高分子间的作用力,起到降低熔点的作用,也起到了降低熔体粘度和增加熔体流动性的作用。从表4中反映出纺丝熔体温度在加入色母粒后应普遍降低5℃左右(黑色除外)以满足纺丝工艺的要求。

3. 实际生产中纺丝熔体温度的调整过程,如表5

原料:聚丙烯树脂(5820-S, MI=10.9克/10分钟)

未加母粒时，最佳熔体温度1*、2*、3*螺杆均为273℃
产品：红黑纱（双红一黑）编号26B-16

表5

项目		螺杆号数	1*螺杆	2*螺杆	3*螺杆	三束丝集束后加工性能
加入色母粒型号			PFR-08	PFC-04	PFR-08	
颜色			红	黑	红	
第一次调整	熔体温度℃		273	273	273	生头困难，2*螺杆挤出黑丝束常在离喷板15cm处断裂，喷丝孔的挤出胀大比较大，弹性也较大
	出喷丝孔后丝束流动状态		快	慢	快	
第二次调整	熔体温度℃		273	278	273	丝束有绕辊现象，加工性能不稳定。1*、3*螺杆挤出红色丝条，其挤出胀大比较小。
	出喷丝孔后丝束流动状态		快	适中	快	
第三次调整	熔体温度℃		270	280	270	加工性能稳定，成形良好
	出喷丝孔后丝束流动状态		最佳	最佳	最佳	

从表5看出，如果从喷丝孔喷出的三条不同颜色的丝，由于熔体中加入的色母粒不同，导致一系列性质的差异，如纺丝熔体流动性，纺丝熔体内分子结构排列及侧吹风冷却中散热情况等不同，最终决定不同颜色丝条的凝固点位置和结晶程度的不同，经上油集束、牵伸变形时，其加工性能就差。反过来讲，也就是为了能使丝条加工性能良好，就必须调节三条螺杆中挤出的不同颜色熔体的纺丝温度，尽量使不同颜色的三条丝的流动性趋向一致。

4. 纺丝熔体温度对纤维的断裂强度和断裂伸长率的影响

色母粒的加入影响熔体温度，而熔体温度又影响纤维的力学性能。熔体温度偏高对纤维断裂强度和断裂伸长的影响见表6。

表6

力学性能	断裂强度 (平均值) (cN/dtex)	断裂伸长 (平均值) (%)	熔体温度偏高4℃	
			断裂强度 下降百分数	断裂伸长 增大百分数
温度℃ 熔体				
265(最佳工艺)	1.75	90	8.6	16.7
269(偏高)	1.60	105		

从表6可知, 纺丝熔体温度偏高, 纤维断裂强度有所下降, 断裂伸长有所增大。这是因为: 第一, 温度偏高, 加快大分子链裂解, 使分子量下降, 减弱大分子间的缠结作用⁽³⁾。尤其有色丝加工过程中, 而颜料颗粒或小分子载体, 因温度升高运动能加大, 颜料粒子和载体小分子融入晶片内的量更多, 折叠链的链折曲宽度更大, 以致减弱了大分子间的互相缠结和分子间力。施加外力时, 大分子较易变形, 使断裂伸长增大, 强度减小; 第二, 初生纤维成形过程中(包括结晶及结晶被破坏过程), 一方面由于纺丝熔体温度高, 凝固时间和结晶时间长, 故结晶度高, 而另一方面, 因纺丝熔体温度高, 在丝流细化过程中, 纺线上凝固位置下移, 熔体的轴向速度梯度减少, 大分子热松弛解取向的时间长, 故取向结晶减少, 使总的结晶度减少。但由于纺丝熔体温度高, 在一般纺丝条件下, 生成的准晶结构增多⁽⁴⁾, 一般情况下是后一种占主导地位, 故经拉伸、变形的纤维, 其结晶度、取向度均较低, 断裂强度减少, 分子缠结及引力变小而断裂伸长增大。

五、结论

通过以上分析和讨论, 认为在丙纶BCF有色长丝生产中, 纺丝熔体温度的调试是至关重要的, 是调节熔体粘度的重要手段。而熔体温度的调节又受到多种因素的影响, 首先是聚丙烯树脂的熔融指数, 熔融指数越大, 纺丝熔体温度应控制越低; 第二, 聚丙烯树脂分子量分布越宽, 纺丝熔体温度越难控制, 允许熔体温度波动的范围就越窄, 甚至无法纺丝; 第三, 色母粒对熔体的流动性有很大影响, 而不同的色母粒对熔体流动性的影响是不同的。如红色、绿色等母粒的加入, 可使熔体粘度变小、流动性变大, 而黑色母粒则正好相反。此外, 纺丝熔体温度对纤维的力学性能也有影响, 熔体温度偏高, 纤维的断裂伸长率变大, 断裂强度变小。总之, 丙纶BCF生产中, 控制好纺丝熔体温度对提高纺丝稳定性和产品质量有着巨大的作用。

参考文献

- (1)、(2)、(4) 孙友德、吴立峰编著的《丙纶》, 广东科技出版社 P. 82, P. 108
 (3) 吴震球、魏东周, 《合成纤维》, No.1 P. 6 (1988)

佛山市化纤工程学会召开1989年年度会议

本学会于今年5月31日召开了1989年度会议, 计有160人参加。学会秘书长罗伟权代表理事会作了“佛山市化纤工程学会1989年度工作总结及1990年度的工作设想”的报告, 学会副理事长冯迪传达了“八五”规划及国际化纤会议精神, 其后进行了论文交流和学术讨论, 并为1990年学会的工作作出了计划: 1、把组织技术攻关及产品开发提到重要的议事日程上来, 开展有效的活动; 2、举办有关继续工程教育内容的培训班; 3、召开解决生产实际问题的讨论会; 4、配合总公司技术部, 做好技改成果的鉴定工作; 5、根据实际需要, 组织几次学术报告会及外出参观、考察活动等。

(佛山化纤工程学会秘书处供稿)