

对香烟滤嘴用丙纶丝束卷曲问题的探讨

纺织工业非织造布技术开发中心 沈丹彤

摘要：文章结合研制丙纶滤嘴丝束的实践，对增加滤嘴用纤维卷曲问题进行了探讨。从理论上分析了影响丝束之间抱合力的因素，得出纤维弯折角小于 $\frac{\pi}{2}$ 时，粘附现象比较理想的结论；并指出通过调整卷曲压力和弹性模量这两个参数，可达到获取细小卷曲波的目的。

卷曲数较多(28T/25mm以上)是滤嘴用丙纶丝束的主要特点。在通常的化纤生产工艺中，对纤维进行卷曲的主要目的是增强纤维之间的抱合力，利于纺织加工。而对滤嘴用丝束增加卷曲数的目的，不仅要解决在不用粘合剂情况下，增加纤维之间抱合力，防止吸烟者将纤维吸入的问题，还要达到使烟气在通过丝束弯折中，增加通气阻力，以利于截流烟气中有毒物质的要求。通过对卷曲纤维的观察，可以看到，卷曲后纤维上形成很多卷曲波。每个卷曲波由弯折长度(L)和弯折角(θ)组成。

(图1所示) 每根一定长度的纤维卷曲数的变

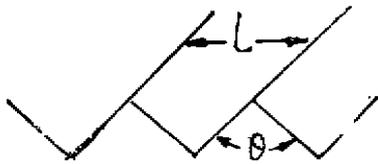


图1

化，使每个卷曲波的大小发生变化。因此，从微观上讲，是弯折长度(L)和弯折角(θ)决定了卷曲波的大小和单位长度上纤维的卷曲数。反映在纤维(丝束)的物理性能上，直接影响着纤维之间抱合力的强弱和纤维束的通气阻力。本文拟结合研制丙纶滤嘴丝束的实践，对增加滤嘴用纤维卷曲问题进行一些探讨。

一、影响丝束之间抱合力的因素

从理论上讲，纤维之间产生抱合力，必须具备两个条件：一是接触，二是粘附，缺一不可。而纤维之间的接触依赖于各根纤维所占平面的面积；纤维之间的粘附，依赖于增加纤维之间接触的机会。设一根纤维长为L(图2所示)，直径为d，这根纤维在极细状态下(理想状态)，直挺时，所占的平面面积 $S_1 = L \times d$ (1)，如这根纤维经过卷曲后，弯折长度为

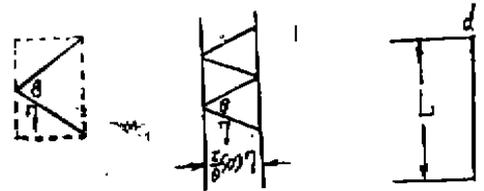


图2

图3

图4

L，弯折角为 θ ，那么它的卷曲平面所占面积

$$S_2 = L \sin \frac{\theta}{2} \times L \cos \frac{\theta}{2} \times \frac{L}{2}$$

$$= \frac{L}{2} L \sin \theta \quad (2)$$

在这个式中，纤维长度L，是生产过程决定的，与纤维用途有关，为一定值。因此，接触面积 S_2 的大小，主要由弯折长度L与弯折角 θ 来决定。从(2)式看出，L与 S_2 成正比。但是L的大小，要受到卷曲数的限定。(图3)即L越大，卷曲数越

少。当L大到一根纤维只有一个卷曲波时(图4所示),接触面积 S_2 更大,而卷曲变得无意义。在纺织行业中,一般合成纤维的卷曲数为12.5个/25mm时,弯折长度只有1mm左右。就是说,要增加卷曲数,达到滤嘴所要求的28个/25mm以上时,弯折长度则必须减小到1mm以下。由于弯折长度与卷曲数成反比关系,弯折长度L还要根据所需卷曲数的多少来定。所以,亦可通过弯折角 θ 的适当变化,增大接触面积。

从三角函数关系中知道,角 $\theta = \frac{\theta}{2}$ 时,其正弦值最大,即 $\sin\theta = 1$ 。将此值代入(2)式后,在L值受到限定(1mm以下)的情况下,接触面积 S_2 最大,说明这时,对纤维的接触最有利。在滤嘴纤维成棒时,丝束经过成棒机的强制,使纤维较紧密地靠拢在一起。这时纤维之间的接触面积虽有所增大,但如果卷曲数较少,则纤维之间的粘附程度仍不会理想。定性地讲,纤维在卷曲数较少或基本上处于直挺状态时,即使是在机械作用下形成过滤嘴棒,此时滤棒内纤维之间的抱合力也是很弱的,滤嘴内的纤维在抽吸作用下,很容易滑脱出来,进入抽烟者口中。为解决这一现象,不光要考虑到纤维之间的接触面积,还要与滤嘴用纤维之间的粘附现象联系起来同时考虑。(2)式不仅指出纤维接触面与参数L和 θ 之间的关系,同时把产生纤维之间的粘附关系也在这个式子中揭示出来。因此,要解决丙纶滤嘴内纤维的滑脱现象,需运用(2)式,合理地选择弯折长度L和弯折角 θ 这两个参数,通过产生细密的卷曲波,使滤嘴丝束内产生最大的抱合力。实践认为,角 θ 在小于 $\frac{\pi}{2}$ 时,纤维之间发生缠绕,粘附现象比较理想。

二、理想卷曲波的形成

要保证纤维的卷曲数达到28个/25mm以上,首先要设法减小丝束的刚度,使丙纶纤维易于发生形变。纤维的刚度,是弹性模量(E)和纤维截面惯性矩(I)的乘积。即:纤维刚度

$= E \times I$ (3)。因滤嘴丝束截面是一种异形纤维,其截面惯性矩I视为一定数。那么,丝束的刚度只有随着弹性模量E的大小而变化。并且纤维的弹性模量不但取决于组成纤维的聚合物性能,还取决于纤维制造过程中的温度条件。不同的温度条件,会使纤维中的高分子产生不同的热运动,从而赋予高分子材料不同的力学性能。所以说,滤嘴丝束在进入卷曲机前的温度,对其弹性模量有很大影响,它决定了丝束发生形变的难易程度。一般认为,热塑性合成纤维,要达到二级转变温度(T_g)之上时,弹性模量才有下降的趋势,这时刚度减小,卷曲成为可能。常引用的聚丙烯二级转变温度为 -10°C 及 27°C 左右(不包括无规聚丙烯)。在目前阶段,虽然我们试制的丙纶滤嘴丝束其它性能较好,但卷曲不理想,说明与弹性模量未降下来有很大关系。可见,进入卷曲机前丝束的温度是滤嘴用纤维生产工艺过程中的重要参数。

纤维的卷曲是由复杂的多种因素来决定的。根据过滤嘴的需要,在确定纤维弯折长度小于1mm的情况下,为达到其要求,降低弹性模量。同时纤维发生形变,是在一定的压力条件下完成的。欧拉(Euler)公式,揭示了弯折长度L、弹性模量E和压力P这三者之间的关系:

$$P = K \frac{EI}{L^3} \quad \text{由此导出} \quad L = \sqrt{\frac{EI}{P}} \cdot K \quad (4)$$

式中:K为常数,P为卷曲压力,E、I的意义如上所述。在(4)式中,卷曲长度L与E的平方根成正比关系,加热能使E下降,L则相应减小;卷曲压力P增大,L也可减小。通过欧拉公式进一步说明,压力P和弹性模量E是影响卷曲的主要参数,这两个参数的调整,都可达到获取细小卷曲波的目的。

香烟滤嘴用丙纶丝束的研制在我国还是一个较新的课题,我们的研制试验还仅仅是初探的。因此,对于如何解决增加香烟滤嘴用丙纶丝束的卷曲问题,还需要在生产性试验中,从理论和实践上,从工艺到设备上作进一步的研究和探索。