

机织物热定形

徐克仁 编著

纺织工业出版社

机织物热定形

徐克仁 编著

纺织工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍涤纶、腈纶及其与棉、粘胶纤维混纺机织物的热定形机理、工艺、设备以及常见疵病的分析和防止办法，对布面测温法也作了介绍。内容实用，叙述简明。

本书可供印染科技人员、技术工人以及纺织院校印染专业师生学习和参考之用。

责任编辑： 陈伟康

机织物热定形

徐克仁 编著

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092 毫米1/32 印张：4 8/32 字数：92千字

1986年11月 第一版第一次印刷

印数：1—4,900 定价：0.95元

统一书号：15041·1513

前 言

合成纤维及其混纺织物的热定形工序是染整加工中的纤维热处理阶段，是使织物具有形态稳定和免熨特点的关键。

近年来对热定形的机理、工艺参数、设备结构等方面的研究十分活跃，并取得许多实际效果，但有关的资料还散布于各种书刊。编写本书的目的，即是将有关热定形的技术资料和生产经验以及作者几年来的研究成果汇集成册。本书主要介绍涤纶、腈纶及其与棉、粘胶纤维混纺机织物的热定形。

本书在编写过程中，得到上海市第一纺织印染公司孙洪年同志的帮助，并由程绍政同志整理图表，在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中谬误之处恳请指正。

徐克仁

目 录

第一章 热定形的目的和机理	(1)
一、热定形的目的.....	(1)
二、常用纤维的结构与热处理性能.....	(2)
三、热定形的机理.....	(9)
第二章 热定形工艺	(15)
一、热定形的四个阶段.....	(15)
二、布面温度与箱体温度之间的关系.....	(16)
三、热定形工艺顺序.....	(20)
四、热定形温度与产品质量的关系.....	(25)
五、热定形张力.....	(43)
六、热定形时间.....	(45)
七、常用的热定形工艺.....	(49)
八、热定形机的一机多用.....	(60)
第三章 热定形设备	(64)
一、概述.....	(64)
二、M751型热定形机.....	(66)
三、热定形机的保养及常见故障的处理.....	(73)
四、热定形机的安全设备与操作.....	(75)
五、热风循环定形机热源设备.....	(78)
六、其它热定形设备.....	(82)
七、热定形机高速高效的途径.....	(87)
第四章 热定形效果的鉴定	(93)
一、纤维结构变化的鉴定.....	(93)
二、织物性能变化的鉴定.....	(100)

三、实物质量的鉴定.....	(102)
第五章 热定形常见疵病及防止方法.....	(108)
附录 热定形布面测温法.....	(120)
参考资料.....	(128)

第一章 热定形的目的和机理

腈纶、涤纶及其混纺织物在染整加工中的热定形工序，是主要的热处理工序。热处理后，纤维的形态、尺寸、机械性能、染色性能等发生一系列变化。半个世纪以来，定形工艺的技术发展很快，但是，对定形的基础理论的研究还在不断的发展过程之中，还缺乏可靠的完整的定论。

一般认为，所谓织物的定形，从广义上讲，有在纤维之间和纤维内部的定形，它所涉及的领域有基础动力学、纤维分子结构的基本理论、织物的特性和定形的工艺等。就定形方法而论，有物理性的摩擦定形、热处理定形和用化学树脂交链定形等。本书主要介绍腈纶、涤纶及其混纺织物的热定形。

一、热定形的目的

常用合成纤维中的腈纶、涤纶属于热塑性纤维，即纤维受热后具有可塑性能。这种可塑性能表现在织物于染整加工中形态的多变性。腈纶、涤纶及其混纺织物在染整加工过程中，多次受到干热、湿热处理，同时在机械伸长的作用下，尺寸始终处于多变状态，表现在织物的伸长、门幅变化频繁、布面出现折皱等，使产品的外观质量和内在质量下降。织物热定形的主要目的是解决以上的质量问题，提高织物的服用性能，满足用户的需要。综合归纳有以下几点：

(1) 消除混纺织物中腈纶、涤纶分子间的内应力，使其处于适当的自然排列状态，以减少变形的因素，达到织物

尺寸稳定，热收缩率小的目的。具体表现为固定门幅，稳定伸长，防止剩余收缩。

(2) 消除染整过程中产生的折皱，使布面平整，提高织物的平挺度，即防止形态变样。

(3) 提高织物的抗皱免熨性能，防止组织点偏移、绽开，同时对起毛起球的产生有一定的阻止作用。

除此以外，织物经热定形后能去除染后载体，防止热变色、熨烫变色，改变上染性等。

二、常用纤维的结构与热处理性能

腈纶、涤纶与棉、粘胶纤维的混纺织物，是目前流通于市场的主要纺织品。本书着重介绍上述四种纤维的结构及热处理性能，其中棉纤维因在其它书籍中介绍较多，故不作介绍。

(一) 涤纶 涤纶是对苯二甲酸乙二酯的高聚物，简称聚酯纤维。聚合度在80~150之间。它的分子空间结构如图1-1。

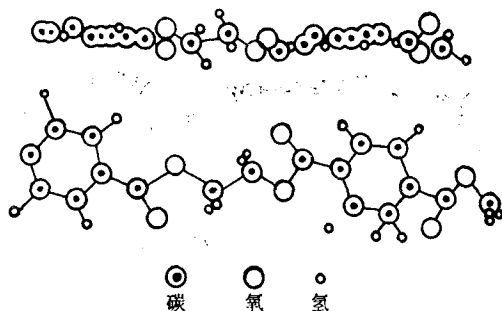


图1-1 聚酯纤维分子空间构型

这种空间构型具有以下特点：

(1) 是规整形的线状大分子，无支链，容易沿纤维的牵

伸方向互相平行排列，保持较好的定向作用。

(2) 分子链的结构基本是平面的，具有一定的可塑聚集能力，容易形成稳定的晶格结构。

(3) 分子链节中的对苯基团是一个刚性基团，能整体振动，相邻的亚甲基团具有柔性，链节之间的酯键是活泼的共价键。

涤纶的微结构可以用电子显微镜观察。用X射线衍射测定结果表明，涤纶的结晶度大约在60%左右，另外还有无定形区。结晶区的大小及在纤维中的分布是不均匀的，只能以平均值来表达结晶区与无定形区的比例。关于涤纶的超分子结构的理论，目前有原纤结构学说、折叠晶体理论、缨状胶束理论三种解释（可参阅有关书籍）。这几种结构理论均不能完整地、定量地解释纤维的结构与性能之间的关系，有待于进一步研究。尽管这样，人们从实践中普遍认为，纤维结晶含量的变化、晶格的变化、结晶尺寸的变化等，都对纤维的物理、化学性能的变化起着重要的作用。反过来，如果纤维的各种物理、化学性能已经改变，那么纤维的结晶含量、晶格尺寸一定也发生变化。这也是常常用以鉴别涤纶热定形后结构、质量、效果的主要方法。

涤纶结构的变化与热处理有直接的关系，这种关系称为涤纶的热处理特性。它对下面介绍的热定形工艺、质量有着十分重要的意义。

在讲到涤纶热处理特性时，首先要引进一个玻璃化温度的概念。涤纶受热变化的起始温度称为玻璃化温度，即在这个温度以下，纤维内部的变化很小，可以看作不起变化，只有达到这个温度以上，纤维内部的分子链才发生变化。玻璃化温度的大小与涤纶的组成有关，不同牌号的产品各有差

异，一般是在79~82℃之间。

涤纶经热处理后性能的变化主要表现在以下几个方面：

1. 热收缩率的减少 由图 1-2 可见，热处理温度越高，纤维的收缩率越小。这是由于涤纶分子结构中的结晶含量随着温度的提高而增加，使形态的稳定性提高的结果。但是受热的温度超过其熔点 232℃ 时纤维受损，所以热处理有一个温度范围，即玻璃化温度到熔融温度之间。但是一般热定形的温度常常在180~200℃ 之间，因为在这个温度范围之间，纤维的各种热特性都能处于稳定状态。

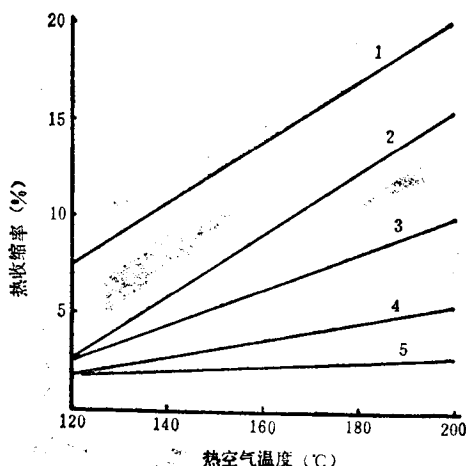


图1-2 涤纶的不同热处理温度与收缩率的关系

- 1—未经定形 2—120℃定形
3—180℃定形 4—200℃定形
5—220℃定形

2. 纤维密度变化 涤纶结晶度的转化程度随着温度的上升而提高, 从而使其密度提高, 这可以用密度梯度法测定。高温热处理后, 纤维结晶密度提高后会引起强力、染色性能的改变, 因此常常在热处理工艺上要作严格的规定。

3. 纤维强伸度的变化 涤纶在无张力下热处理时, 它的变形能力增加而强力下降。当在定长张力下进行热处理时, 由于大分子重新结晶, 相互之间的连结性增强, 有利于强力的提高。但是, 不论是否施加张力, 只要热处理温度过高并有空气中的氧存在, 纤维的强力就要下降。这是由于氧的存在促使纤维的热裂解, 使大分子变短所造成的。

4. 纤维弹性的变化 涤纶的弹性常常用弹性回复率或回能来表示。一般的规律是热处理时施加张力越大, 伸长率越大, 所产生最大弹性回复率的最佳温度值越高。一般当热处理的伸长率在5%时, 热处理温度以120℃为最好; 伸长率在10~15%时, 温度以180℃为最好; 伸长率在20~25%时, 温度以200℃最好。

5. 纤维上染率的变化 涤纶经热处理后, 由于结构发生变化, 对染料的吸收率也发生很大的变化, 一般的规律是上染率随温度上升而有所提高, 但不同染料和不同染色方法, 上染率差异较大。有关这方面的内容将在热定形工艺章节中作详细介绍。

涤纶热处理后的结构与性能的变化是比较复杂的, 有些问题的研究目前还在不断发展中。本书着重介绍其工艺要求及混纺织物的质量变化。

(二) 腈纶 腈纶有均聚物和共聚物两大类。共聚物中的二元单体常用的有丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯、醋酸乙烯酯等。三元单体常用的有丙烯磺酸钠、乙烯磺酸钠、甲叉

丁二酸单钠盐等。

关于腈纶的超分子结构，至今还不完全清楚。用X射线衍射分析，其衍射点不明确，位置不肯定，因此通常认为腈纶无真正的晶体存在，这是因为它的分子结构中常常含有三种单体，晶格的情况比较复杂。就目前已知的情况而言，它的不明显的晶体有侧向有序的结构，称为准晶，其取向度比非晶区高。其大分子链是成螺旋棒状。由于分子上有氰基（ $\text{—C}\equiv\text{N}$ ）和氢键结合，因此，相邻之间极性方向相同而排斥，导致分子的活动受到极大的阻碍，大分子链不可能自由转动，使丙烯腈纤维大分子之间的敛集密度高，结构紧密，结节和扣环强度差，染色困难。腈纶热处理的性能如下：

1. 具有较大的玻璃化温度范围 腈纶由于其极性氰基在大分子内部和中间形成有力的氢键，使聚合链具有刚性，造成结晶困难，因此其玻璃化温度将随其共聚物中丙烯腈含量的多少及干态或湿态而有差异，使其具有较大的温度范围，即在 $85\sim 140^{\circ}\text{C}$ 。

2. 热处理温度较低 腈纶的热处理有湿态和干态两种情况。湿态时的温度为 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ ，干态时的温度为 $140\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。如果大于以上的温度范围，纤维内的氰基在大分子内部或大分子之间生成发色基团，从而使纤维泛黄。因此，尽管在这个温度范围内纤维结晶的转化差，晶体不够完整，但是考虑到产品的外观，一般采用的热处理温度较低。

3. 温度对纤维强力的影响 从图1-3可见，水温在 60°C 以下，强伸度曲线最初的直线部分的斜率没有多大变化，但在 80°C 以上时斜率有显著变化，即使负荷很小，也促使纤维伸长增加而强力下降。因此，腈纶在湿热定形或染色时，要注意织物张力不能过大和不均匀，否则容易变形。

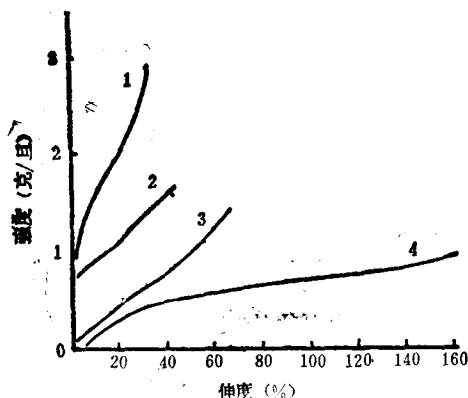


图1-3 腈纶在不同水温中的强伸度

1—20℃ 2—60℃ 3—80℃ 4—95℃

4.不同温度与纤维收缩的关系 从图1-4中可见，温度和腈纶的热收缩率与分子量的关系。分子量大，结晶密度大，收缩率小。均聚物是否高分子量是一个重要的关键。另外，温度越高，收缩也越大。

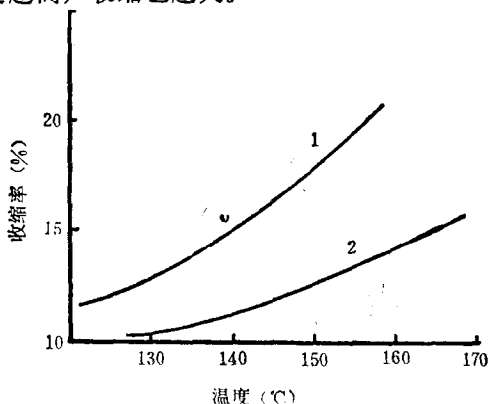


图1-4 均聚丙烯腈纤维收缩率与热处理温度的关系

1—分子量30000 2—分子量60000

5. 热处理温度与染色的关系 聚丙烯腈的共聚纤维，结构紧密，染色困难，当纤维中引入二元、三元单体后，降低了超分子结构的紧密程度，改善了染色性能，但是染色时的热处理温度与上染率有着很大的关系。当染色及热处理温度达到玻璃化温度后，纤维的上染率也就随着提高。

(三) 粘胶纤维 粘胶纤维常常作为与涤纶、腈纶混纺的纤维素纤维之一。它是以天然纤维素作原料，经过化学加工制成的再生纤维，因此它的结构、性能都带有天然纤维的特征。但是，粘胶纤维也具有其本身独有的性能。

粘胶纤维的组成与棉、麻等天然纤维一样，都是纤维素，但聚合度较低，一般在200~500之间，富强纤维在550~650之间，分子结构中含有较多的羧基和醛基。

用X射线衍射分析结果表明，粘胶纤维约有30~40%的结晶，但结晶区尺寸较小。普通的粘胶纤维一般观察不到原纤结构，而富强纤维中有原纤存在，但不如天然纤维那样完整。粘胶纤维的微结构中存在约相当于聚合度40的折叠链结晶。粘胶纤维的内外层结构与纤维素纤维有所不同，外层取向度高，导致染料分子扩散困难。粘胶纤维的加工方法不同，会使超分子结构发生差异，从而具有不同的性能。

1. 热处理对粘胶纤维的影响 在一般情况下，纤维素纤维随着热处理温度的升高，大分子之间的相互作用力减弱，松弛作用加强，伸长率增加，强力下降。但是，粘胶纤维具有比棉纤维更高的耐热性。

由表1-1可见，温度由20℃升到100℃时，棉纤维强力下降26%，而粘胶纤维强力还略有增加。其原因是棉纤维在温度升高时含水量减少，强力下降；同时温度高，分子热运动加剧，分子键松弛，强力下降。而粘胶纤维在温度升至一定

表1-1 纤维素纤维在不同温度下强力、伸长率的变化

纤维名称	断裂强力 (g)					伸长率 (%)			
	20℃	50℃	75℃	100℃	120℃	20℃	75℃	100℃	120℃
粘胶纤维	220	250	235	237	210	19.3	14.4	14.8	—
棉	372	328	299	277	258	8.9	6.7	5.3	4.6

范围内，分子运动加剧后反而强力增加；当温度升高超过一定范围，到140~150℃之间时，纤维的部分基本键断裂，大分子被水解、氧化而强力下降；当温度升到170℃、干态时，强力只下降4~6%。在同样条件下，纤维含水量在55%时，强力下降达50%。所以，干态时热处理强力大于湿态时的强力是粘胶纤维的特有性能。因此，在与涤纶、腈纶混纺后进行热定形，干态定形时的强力比涤棉混纺织物强。

2. 纤维的耐光性 粘胶纤维在日光辐射、大气作用下，分子链被破坏，分子量下降，纤维强力明显受损。

光辐射对粘胶纤维分子键的裂解有催化作用，因此在辐射定形加工时要特别注意。

三、热定形的机理

腈纶、涤纶等可塑性合成纤维，在热定形过程中受热后分子结构发生变化，一般都要经历以下三个阶段：

- (1) 纤维受热后分子键松散阶段。
- (2) 分子键重新调整阶段。
- (3) 固定新的结构的冷却阶段。

热处理第一阶段是纤维受热后，分子获得的热能转化成动能而开始活动。这个起点的温度一般以玻璃化温度来衡量。纤维在玻璃化温度以下时，分子键中的原子和基团处在

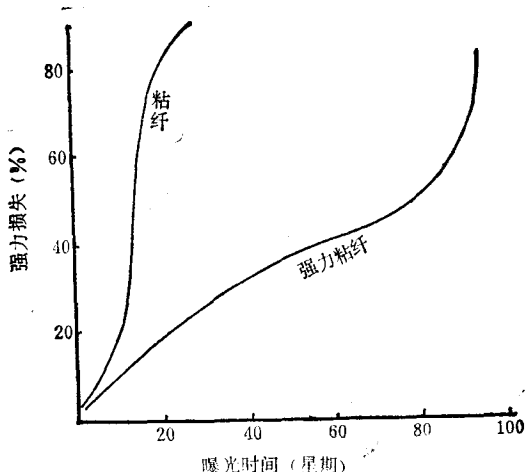


图1-5 光对粘胶纤维强力的影响

平衡的位置上移动，未发生结构上的根本变化。当温度升到玻璃化温度以上时，纤维便逐步处于高弹状态，分子间开始克服相互间的内应力而有链段的位移运动。运动的能力是随着温度的不断升高而加剧，即大分子间的链段松散，其松散的程度取决于升温的温度高低与升温的速度。纤维分子松散的时间，在一般情况下几秒钟内即可完成。但是，腈纶的分子结构比涤纶紧密，大分子运动所需的热能要高于涤纶，因此其分子链的松散速度相应要慢一些。

当纤维完成第一阶段分子键松散后继续受热，进一步接受大量的热能转化成活化能后，分子链运动加剧，分子间内应力进一步松弛，分子链的位置移动到新的位置上，建立新的形态。这样，纤维结构就发生变化，这便是分子键调整的第二阶段。如果用X射线衍射或用红外光谱测定，则可发现经过第二阶段的纤维分子结构发生了较大的变化。分子的结

晶度增加，结晶核增大，晶格趋于完整，尺寸变大，密度增大，无定形区减少，同时出现了大分子结晶折叠形，晶体的取向度提高，分子的整列度提高。但是，腈纶的结晶过程首先在纤维表层进行。

分子键调整的结果是组成新形态的分子。分子键调整的效果及速度，和热定形的时间、温度、张力等因素有十分重要的关系。经过第二阶段热处理后的纤维必须要通过冷却阶段，将新形态的纤维降温到玻璃化温度以下，使其形态固定。

但是新的分子结构的稳定性是相对而言的。当新的分子结构在受到比原来定形结晶温度还要高的温度时，分子间又一次克服相互间的内应力而松散，称为解定形。然后又进行分子重新排列，再结晶，组成又一次新的结构。纤维结构的每一次变化都需要比前一次更高的温度，因此对热定形要给定一个适当的温度范围，这个温度称为最高结晶温度。一般涤纶定为 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ ；腈纶干态定形为 $140\sim 160^{\circ}\text{C}$ ，湿态定形为 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。

纤维在热定形时使用蒸汽并加入一定量的增塑剂（如涤纶定形时加入苯酚），渗入分子键中，促成其断裂，松散分子键的内应力，可以提高热定形的效率。

纤维素纤维中的棉纤维及粘胶纤维在热定形过程中不起定形作用。相反，如果温度过高或时间过长，还会促使纤维加速脱水炭化，以致强力下降。其中棉纤维比粘胶纤维更容易炭化而降低强力，所以在混纺织物的定形工序中，混纺比是确定定形工艺的重要参数。

合成纤维热定形的升温加热是直接影响定形效果的关键。加热的能量和方式又随着设备的结构、热源条件的差异而有较大的差别，目前国内大部分采用热风对流方式，也有