

生丝在拉伸过程中的表面形貌及断裂过程

张 瑞 林

(浙江丝绸工学院)

【摘要】 本文报告了使用国产 TSM-1 型扫描电子显微镜及光学显微镜，对生丝在拉伸过程中的表面形貌及其拉伸断口进行观察、拍照及分析，提出了生丝的断裂过程及几种典型断裂过程的模型。

本文运用自制的模拟动态拉伸试样台，在光学显微镜及 TSM-1 型扫描电子显微镜下，对生丝在拉伸过程中的表面形貌、拉伸断口进行观察、拍照和分析，获得了生丝表面龟裂、断裂源等照片，提出了生丝断裂过程及几种典型断裂过程的模型。

于铜片架的侧面(见图 2)。断口试样经喷镀后，用扫描电子显微镜观察并拍照。

一、测定方法

1. 生丝在拉伸过程中的表面形貌观察

用自制的模拟动态拉伸试样台(图 1)，在光学显微镜下对生丝边拉伸边观察，制取各种伸长率及不同断裂阶段的试样，经喷镀后，用 TSM-1 扫描电子显微镜观察并拍照。

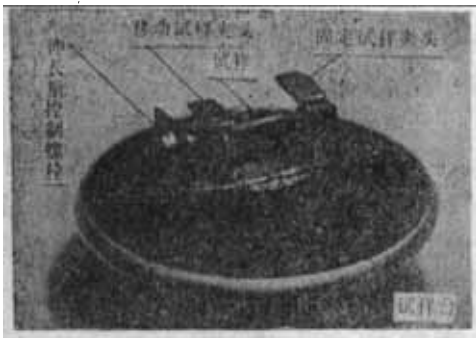


图1 模拟动态拉伸试样台

2. 生丝断口观察

收集生丝拉伸后的断口试样若干。用磷铜片弯成铜片架由双面胶带纸粘在试样台上，使侧面与底面约成70°角，并用导电胶粘连铜片架与试样台。生丝断口用导电胶粘贴

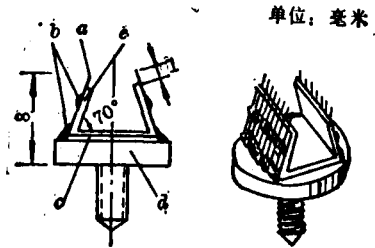


图2 △形测架

a-试样； b-导电胶； c-双面胶带纸；
d-试样台； e-铜片架。

试样喷镀采用离子溅射法，以试样台作阳极，钢质圆盘作阴极，两者相距10~15毫米。在真空度为 10^{-2} 托下，极间电压为1.2~1.6千伏，电流为3~6毫安的直流电。采用间歇喷镀，一般喷镀3~5分钟，停5分钟。

二、结果和讨论

1. 拉伸过程中的生丝表面形貌

在拉伸过程中生丝逐渐紧张起来，生丝中的单丝逐渐伸直，并呈现出紧张状态，但表面看不到任何龟裂现象，见图3。图4、5是生丝表面龟裂照片，是在生丝接近断裂时拍得的。图4相当于生丝的线状断裂源，图5显示的龟裂是产生在因丝胶开裂断口滑移，迅速伸长时最后断的那几根茧丝的表面。图6则是生丝点状断裂源的典型照片。图7是

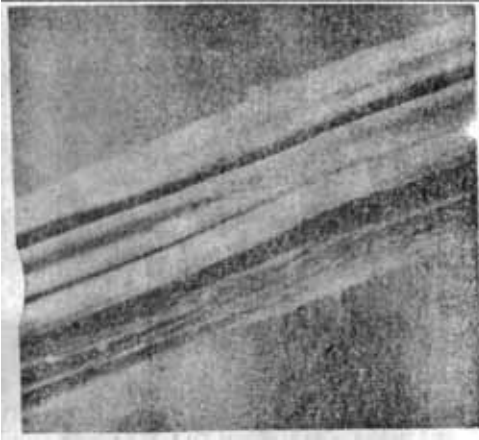


图3 伸长率 15% 时的生丝形貌

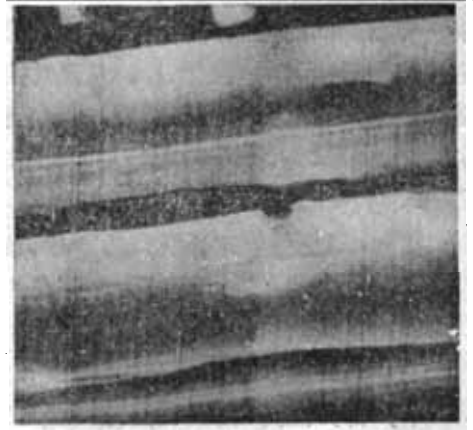


图6 生丝表面点状断裂源



图4 生丝表面龟裂线状断裂源

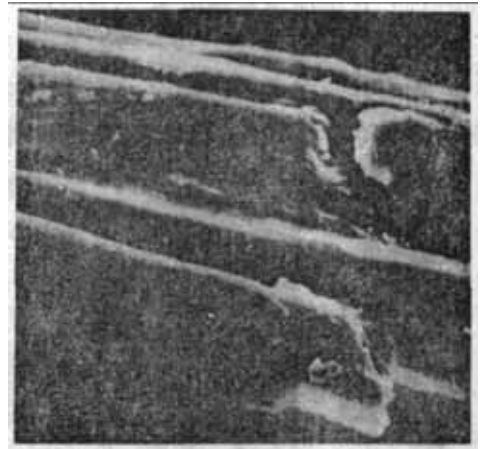


图7 单丝在肥大处断裂情况

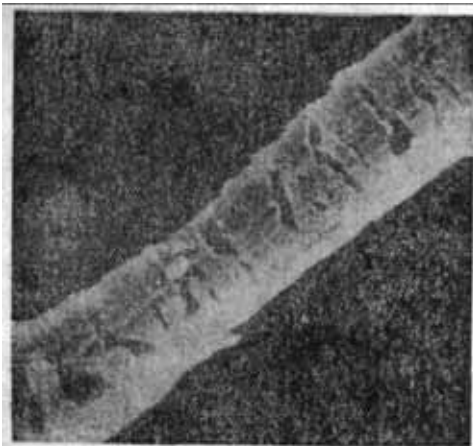


图5 生丝表面龟裂形状

发生断裂的典型照片（生丝是由多根茧丝藉丝胶胶着而成的集合体，每根茧丝又由两根单丝由丝胶包裹在一起）。因受拉伸力的作用，已断的单丝与未断的单丝或茧丝间的丝胶受到剪切力的作用，当丝胶的胶着强度小于剪切力时，丝胶便开裂，已断的单丝便

生丝在接近断裂伸长时，其中一根单丝在肥大处(有可能是蚕在吐丝时牵伸停顿造成的)



图8 整根生丝即将断裂时的情况

回缩。从图7中可清楚地看到已断的单丝与未断的单丝间的丝胶开裂情况。图8是整根生丝即将断裂时的典型照片。从照片上可清楚地看到，生丝大部分已断裂，仅小部分尚未断裂。

2. 生丝断口形貌

图9~12是生丝拉伸断口的照片,其断口形状是很复杂的,大致可分为以下几类,

- (1) 整齐断口, 见图9。
- (2) 短台阶状断口, 见图10。
- (3) 部分整齐的较长的台阶状断口, 见图11。
- (4) 在生丝颧节处断裂的断口, 见图12。

在生丝颧节处断裂的有: 在糙颧处断裂, 螺旋颧处断裂, 添颧处断裂, 丝胶块处断裂,



图9 整齐断口



图11 长台阶状断口



图12 颧节(糙颧)处断裂的断口



图10 短台阶状断口

结颧处断裂, 单丝肥大处断裂等。

3. 生丝的断裂过程

通过对生丝在拉伸过程中表面形貌及拉伸断口观察, 发现并非所有的生丝在断裂之前都会产生表面龟裂(龟裂指的是许多不规则的细小裂缝; 而裂纹指的是数量较少, 裂痕较大的裂缝), 只有小部分的生丝在断裂源

产生前产生表面龟裂现象，大的裂纹便成为断裂源(参见图4)。通过观察与分析，生丝断裂也具有一般单纤维的三个基本过程^[1, 2]，即(1)断裂源的产生；(2)断裂源的扩展；(3)瞬时断裂。但生丝与单丝或其他单纤维不一样，生丝是由多根茧丝(或单丝)藉丝胶胶合而成的集合体。因此它的断裂过程较一般单纤维更为复杂。经观察，生丝断裂源主要有两类，即点状与线状(参见图4、6)。有的生丝断裂源不止一个，产生的时间也有迟早(参见图7)。对多个断裂源，则是大的或扩展较快的断裂源成为真正的断裂源，其余的则不能扩展成断口。对正常的生丝，断裂源一般产生在生丝的表面(参见图4、6)，但也有产生在内部的(参见图9、10)，这可以从扩展区的放射线来判别。另外，有的断口处还伴有纵向裂纹。总之，断裂源总是产生在生丝最薄弱的地方。

在显微镜下观察生丝表面，常常可以看到如图13(a)所示的小圈，它实际上是由于茧层中呈8字形或S形排列的茧丝在缫制成生

丝时在茧丝转弯处未伸直形成的(图13(b))。如这种情况发生在生丝内部，便会形成空腔，在拉伸过程中首先在伸直的茧丝上产生断裂源，并沿空腔内壁扩展，再向周围扩展形成图9的断口。

有颞节的生丝，断裂源一般产生在生丝颞节处。当断裂源产生后便进入扩展阶段，直至最后断裂，便产生整齐断口，这一般发生在茧丝间丝胶胶着强度较大的生丝上。非整齐断口主要发生在茧丝间丝胶胶着强度较小的生丝上。当生丝产生断裂源后，便进入扩展阶段，在扩展阶段由于已断的单丝或茧丝与未断的单丝或茧丝间产生了剪切作用，当断裂源扩展到一定程度时，丝胶胶着强度抵抗不住外力的剪切作用，丝胶便沿纵向开裂，使断口产生滑移，并产生新的断裂源，再经扩展直至断裂，因此形成的断口是参差不齐的。如在断口滑移且未断的茧丝较少时，这几根茧丝就会因断口滑移而迅速伸长，使生丝表面丝胶产生龟裂。

综上所述，可将生丝的断裂过程用示意图及模型图来描述(图14~18)，其中图15考虑了多种情况，如多断裂源、单丝断裂产生回缩、整齐断裂口、非整齐断裂口、单丝表面丝胶龟裂等。

三、结 论

1. 生丝在断裂之前，并不一定会产生表面龟裂。表面龟裂一般产生在断口滑移且最后断的那几根茧丝(或单丝)表面。产生整齐

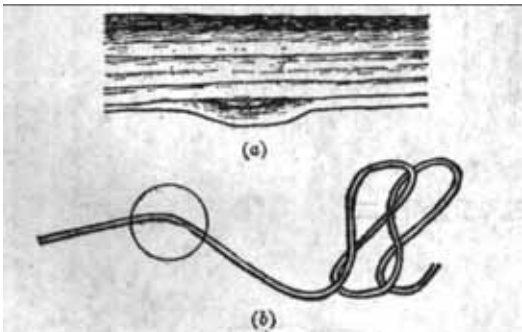


图13 显微镜下的生丝表面



(a) 点状断裂源 (b) 断裂源扩展形成光滑的扩展区 (c) 台阶状断裂过程示意图 (d) 有空腔的产生“V”形断口示意图

图14 生丝断裂过程示意图之一

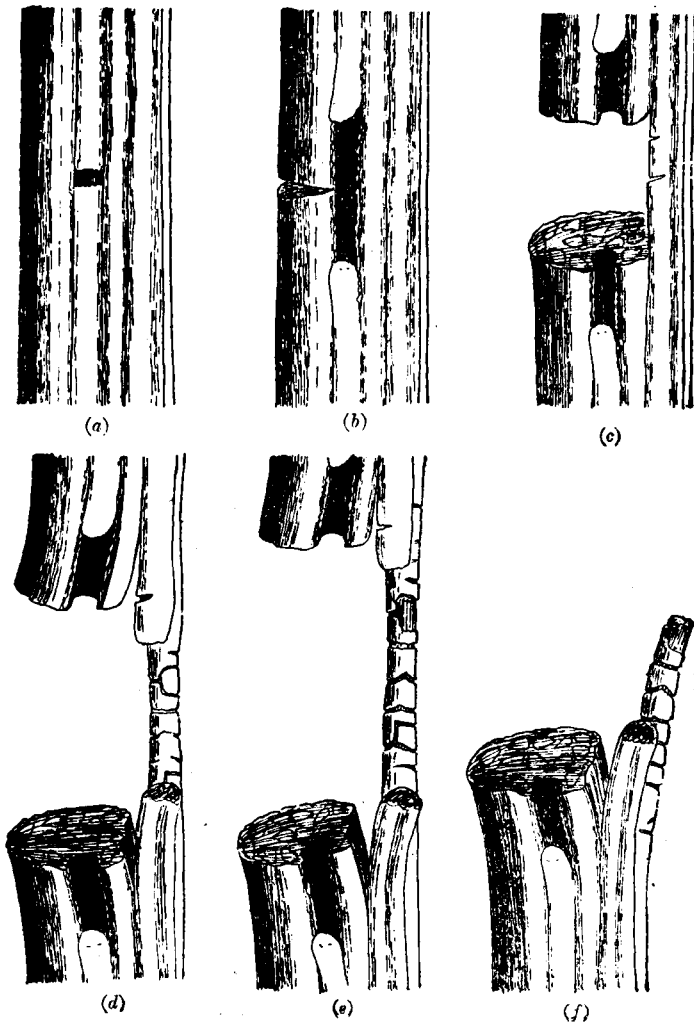
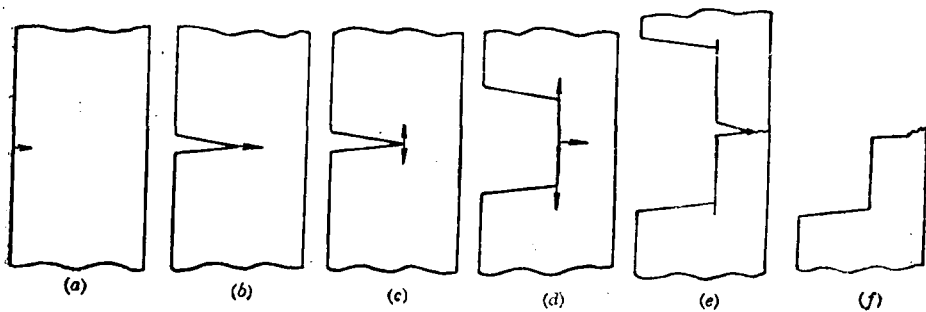
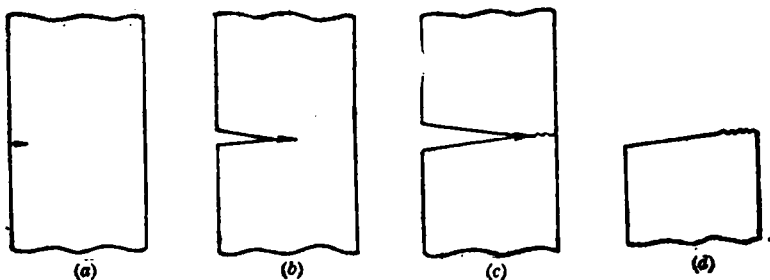


图 15 生丝断裂过程示意图之二



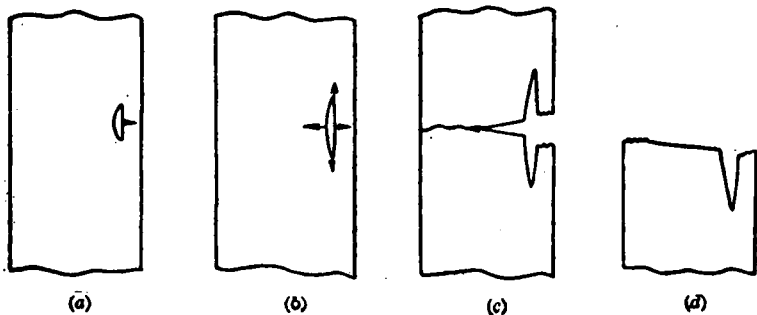
a-断裂源的产生； b-断裂源的扩展； c-纵向剪切破坏；
d-产生滑移并产生新的断裂源； e-新断裂源扩展； f-瞬时断裂。

图 16 生丝非整齐断口断裂过程模型



a-断裂源的产生; b-断裂源的扩展; c-进一步扩展; d-瞬时断裂。

图 17 生丝整齐断口断裂过程模型



a-应力集中产生断裂源; b-断裂源扩展, 空腔变大; c-进一步扩展; d-瞬时断裂。

图 18 内部有空腔的生丝断口的断裂过程模型

断口的生丝, 断裂过程中一般不产生表面龟裂。

2. 茧丝间丝胶胶着强度高的生丝, 其断裂过程与单丝类似, 且断口较整齐。茧丝间丝胶胶着强度较弱的生丝, 则其断裂过程与单丝有较大差别。其断裂过程包括断裂源的产生, 断裂源的扩展, 断口滑移, 新断裂源的产生(或产生表面龟裂), 新断裂源的扩展,

瞬时断裂, 形成的断口是非整齐的。

3. 生丝的断裂源总是产生在生丝最薄弱处。对有颞节的生丝, 断裂源一般产生在生丝的颞节处。

参 考 资 料

[1] 《丝绸》, 1984, No. 8, p.17~19.

[2] 华东纺织工学院著: 《纤维力学》, p.167~168.