

Hyten 聚酰胺单丝

G. N. Henning *et al.* 著 杨金华编译 李花婷校

Hyten 是基于尼龙 66 的高强度、高纤度聚酰胺单丝, 它为橡胶增强提供了一条新途径。其“球头扁柱”形截面形状和高强度使之能够制造出重量更轻的轮胎, 这种轮胎与普通加捻帘线结构增强的轮胎相比, 强度高, 寿命长, 行驶温度低。这种单丝结构提供的高刚度轮胎具有较好的操纵性能和耐磨耗性能。Hyten 可提供良好的粘合、疲劳和耐磨性能, 而其高模量和低收缩率可赋予良好的尺寸稳定性, 在子午线轮胎中可以替代聚酯。

目前生产的 Hyten 有 5 种纤度〔2000d (222tex), 3000d (333tex), 4000d (444tex), 5000d (556tex) 和 6000d (667tex)〕, 通常根据

轿车轮胎和载重轮胎的胎体强度范围来选用适宜的 Hyten。

为了提高使用效率, 轮胎用的 Hyten 的尺寸、截面形状和表面特性均经过特殊设计。Hyten 在经济性、加工简便性和使用性能方面的优势, 在其它动态橡胶制品, 诸如输送带和某些大型胶管应用中也体现出来。

这种聚酰胺单丝截面为球头扁柱形(见图 1), 其宽/高比约为 3。此形状的单丝屈挠性好, 而且节省橡胶, 还可以降低弯曲刚度, 使帘布层反包胎圈比圆形截面单丝容易。Hyten 帘布比传统的加捻帘布薄得多, 因此压延耗胶少。这是因其覆胶量与加捻帘布相

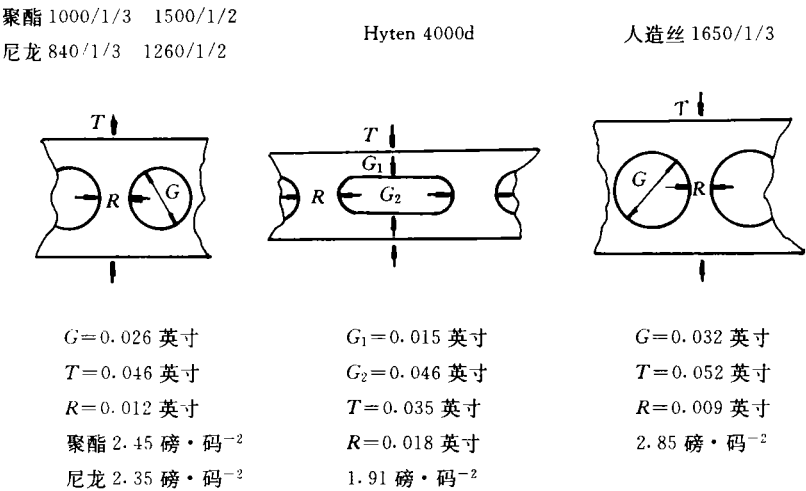


图 1 Hyten 的球头扁柱形截面

同, 而帘线较细使帘布总厚度减小, 从而耗胶量可节省 30%。

由于 Hyten 单丝无需加捻, 不存在普通轮胎帘线所具有的加捻后强度的损失, 因此强度利用率最大。其强度比聚酯帘线高 38%, 比尼龙帘线高 12%, 而且与普通聚酯

和尼龙加捻结构相比, 可以较小的尺寸得到这一强度。图 2 示出了球头扁柱形状单丝的强力/厚度比的优势。强度相同时, Hyten 帘布比多丝帘布薄。与人造丝相比, 优势则更明显, 因为人造丝韧度比较低。单丝形状将聚酰胺强度集中到最小的可能体积内, 而球头扁

柱形状可使强度最大限度地分布开。表 1 示出了一些具有代表性的 Hyten 产品。由于采用了适宜的加工工艺,Hyten 纤维表面取向度低,而且为开放型结构,与常用的 RFL(间苯二酚-甲醛胶乳)体系能获得良好的粘合性。由于完全没有化学纱线处理剂,避免了一般工业生产中存在的纱线处理剂冒烟和纱线处理剂/粘合剂的混溶问题。

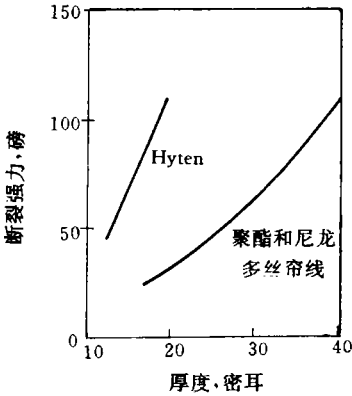


图 2 强度/厚度优势

表 1 Hyten 的一些典型性能

标称 旦值	厚度 密耳	断裂强力 磅	韧度 $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	断裂伸长率 %
2000	11×33	40	8.6	17
3000	13×39	60	8.8	19
4000	15×46	80	8.7	18
5000	17×52	100	8.6	18
6000	19×57	120	8.6	19

注: 聚合物类型 尼龙 66; 熔点 254℃; 密度 $1.14\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

由 Hyten 单丝制成的帘布可用单一炉进行热伸张处理,该处理过程在节省浸渍覆胶量的情况下能提供良好的稳定性和粘合性能(见表 2)。作为一种轮胎增强材料,其典型的热处理条件为:20%D5A,420°F(215℃),拉伸 1.5%,时间为 60s。

像多丝帘线一样,可以调整处理条件以便橡胶制品厂选择合乎其要求的处理帘线性能。通过改变处理条件、伸长率、模量和收缩率等,性能可以得到调整。

表 2 Hyten 与其它可比多丝帘线的热处理性能

项 目	Hyten	尼龙	聚酯	人造丝
尺寸结构	3000d	1260/1/2	1000/1/3	1650/1/2
捻度,捻·英寸 ⁻¹	0	10×10	9×9	11.5×11.5
浸渍覆胶量, %	3.8	6.4	6.0	6.0
断裂强力, 磅	60	46	44	32
韧度, $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	8.7	7.9	6.2	3.9
伸长率, %				
10 磅下	3.9	6.0	3.8	NA
断裂时	19	17	13	15
模量, $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	57	36	67	50
160℃ 收缩率, %	3.6	8.0	4.6	0.0
拉伸强度, $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	0.33	0.34	0.29	—

表 2 示出了用粘合剂处理的轮胎用 3000d Hyten 和可比的尼龙、聚酯及人造丝多丝帘线的性能。这些数据表明,Hyten 的许多优良性能关系到轮胎厂的经济性和轮胎的使用性能。

如图 3 所示,Hyten 与多丝尼龙帘线叠加的应力-应变曲线有较大的差异。Hyten 的最大应力约高 10%,最大应变也大(19%对 17%)。表示能量吸收(韧度)大小的 Hyten 应力-应变曲线下的面积相应地约为尼龙帘线的 150%。与聚酯帘线进行类似比较,差异更大;曲线下的面积(韧度)相应地增大——约为聚酯帘线的 190%。

除上述强力和断裂伸长率方面的优点外,Hyten 的模量(抗拉伸性能)与聚酯和人

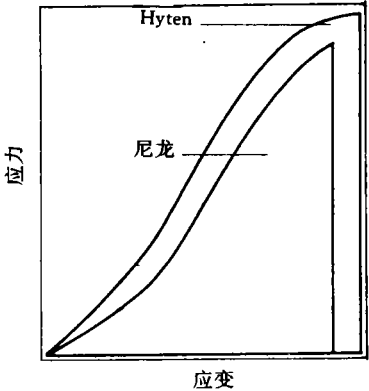


图 3 应力-应变曲线对比

造帘线相当。由于相对多丝尼龙帘线的模量优势,Hyten 已被确定用作子午线轮胎胎体帘布层。高温(与硫化温度相当)下测得的收缩率是单丝尺寸稳定性的又一反映:160℃时,Hyten 的收缩率大大小于尼龙,与尺寸稳定的聚酯不相上下。Hyten 相对多丝尼龙的高模量、负荷下低伸长率和低收缩率能大大改善轮胎的操纵性能、尺寸稳定性和帘布均匀性。这些性能在工业橡胶制品中甚至是更有利的。

Hyten 单丝的高强力和初度可以减少获得指定胎体强度所需的帘线用量。更重要的是如图 1 和 2 所示,在强力相等时,覆胶前帘布层比相应的多丝帘布薄 25%—50%。强力的这种集中大大减少了覆胶胶料用量,结果是减轻了胶帘布重量,降低了轮胎行驶温度。表 2 示出了初度优势在高温(图 4)和高达 160%min⁻¹的应变速率下仍存在。此外,与多丝尼龙帘线相比,单丝帘线在电子束预硫化过程中不易降解。

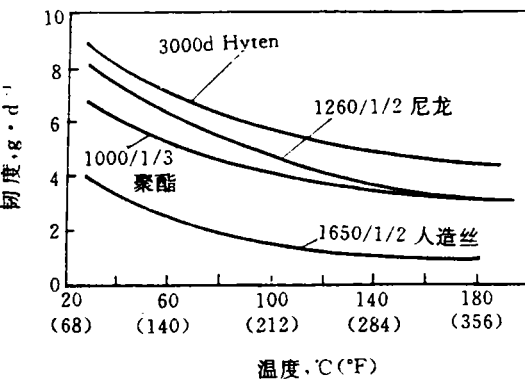


图 4 提高温度时的初度

置于橡胶中的 Hyten 在硫化后以及硫化试样经热老化后仍能保持其强力和初度优势(见表 3)。表 3 和图 5 表明,预处理 Hyten 所需粘合剂浸渍量约是对比帘线的一半。这一优点归因于 Hyten 的单丝结构。这种结构的浸渍完全是单丝表面,而不是象在所有多丝帘线表面区域内发生的渗入到单丝之间空隙

表 3 置于橡胶中的 Hyten 与多丝帘线硫化后的典型性能对比

项 目	Hyten 3000d	尼 龙 1260/1/2	聚 酯 1000/1/3	人 造 丝 1650/1/2
初度, g · d ⁻¹	9.0	8.0	6.5	4.0
HASR ¹⁾ , %	98	98	NA	NA
H 抽出(24℃)				
磅	42	40	35	40
两层粘合(120℃)				
磅	57	51	50	50
HPA 粘合 ²⁾ , 磅	33	34	14	NA

注:1)180℃×24h 热空气老化后的强度保持率;2)热老化衬垫:试验前经 163℃×24h 热空气老化。

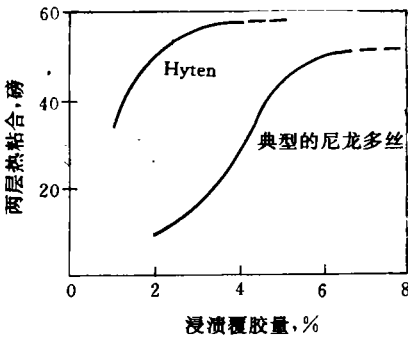


图 5 浸渍覆胶量对帘线与橡胶粘合的影响

内。从生产角度看,节省粘合剂可以显著降低整个处理成本。单丝帘布的粘合剂处理以及所谓的“热伸张”与多丝尼龙帘布的处理一样简单,而且由于 Hyten 的特殊开放表面结构,其与橡胶的粘合甚至比多丝尼龙好。人们普遍认为,用比较容易的工艺就可使 Hyten 获得优异的粘合性。

在 Hyten 加工过程中所需浸渍覆胶量相对较小,因此其允许误差范围较大。在任意低水平的浸渍覆胶量下,Hyten 都能像常用的较高浸渍覆胶量时一样,与橡胶获得比多丝尼龙高的粘合性。聚酯帘线的情形与尼龙类似。

图 6 示出了 Hyten 与尺寸相同的多丝帘线在不同处理温度下与橡胶的粘合情况。在所有的温度范围内,Hyten 可以提供更好的粘合性。对任何一种纤维来说,在帘线不受热降解的条件下获得最大粘合强度的处理方法是明智的,但是,在处理装置热传递能力较差

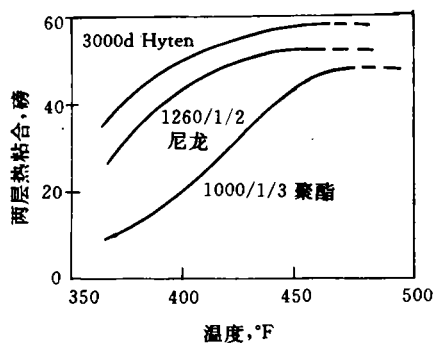


图6 处理温度对纤维与橡胶粘合的影响

的情况下,这种优点就更令人满意。

轮胎补强材料主要要求之一是在各种轮胎行驶条件下都有良好的耐疲劳性能。在比较单丝和多丝帘线耐疲劳性能时,实验室 Scott 屈挠试验与用来评价胎体疲劳性能的轮胎试验具有最好的相关性。Scott 屈挠试验是将宽1英寸的两层帘布条置于橡胶中经受滑轮屈挠,测定紧靠滑轮的帘布层的强力损失。该试验表明,Hyten 帘线的强力保持率大大高于多丝聚酯或尼龙(图7)。

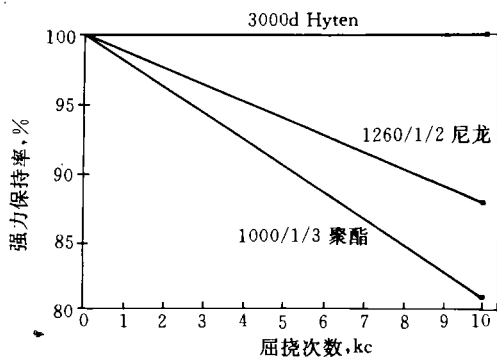


图7 Scott 屈挠疲劳试验

滑轮 20mm; 温度 100°C; 负荷 60kg;

橡胶厚度 3.9mm

在几家实验室对使用单丝胎体帘布层制造的轮胎试验中,Hyten 性能赋予轮胎使用性能提高的潜力更为明显。用此新材料制造斜交轮胎胎体,实验室试验表明,Hyten 的高强度在轮胎中形成了高的压穿破坏能——较

大的能量吸收。图8表明 Hyten 轮胎能提高抗冲击性能。

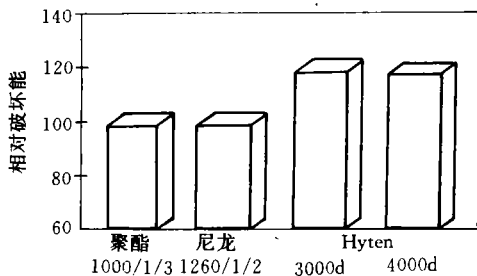


图8 压穿破坏能

模拟 7.75-14-4 轻型斜交重载轮胎

在不同速度、负荷和充气压力条件下用于产生胎体帘线疲劳的4种不同试验中,使用 Hyten 的轿车和轻载车子午线轮胎性能总比聚酯轮胎好(图9)。Hyten 应用于斜交轮胎中显出了类似的优势,其耐疲劳性能甚至更突出。图10表明用 Hyten 轮胎的胎体强度由于纤维用量减少35%而下降了,但行驶里程仍远对比的聚酯轮胎高。

用 Hyten 制造的轮胎行驶温度比多丝帘线轮胎低(图11)。这种性能是十分重要的,对航空轮胎、工程机械轮胎和赛车轮胎尤为

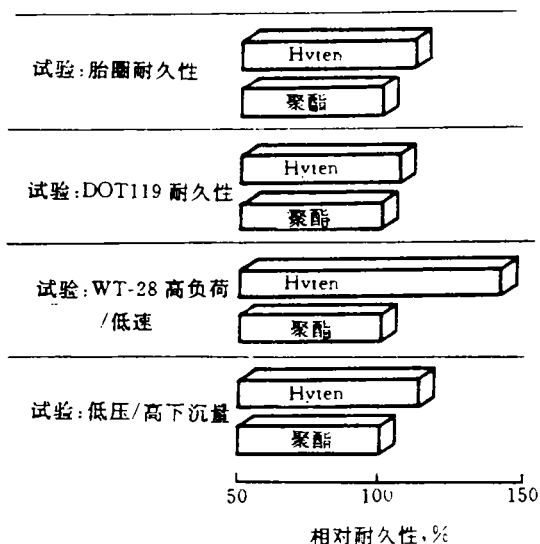


图9 Hyten 和聚酯在子午线轮胎中的耐久性对比

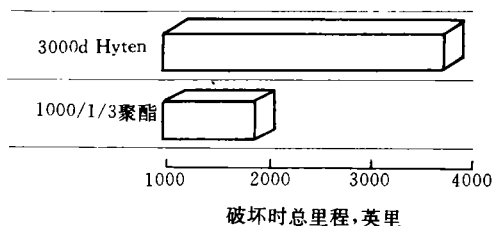


图 10 轮胎中 Hyten 的耐久性

3000d Hyten: 胎体强度 2100 磅·英寸⁻¹(纤维减少 35%)

1000/1/3 聚酯: 胎体强度 2510 磅·英寸⁻¹

轮胎: 8.75R16.5LT 负荷等级 D

试验: 胎圈耐久性

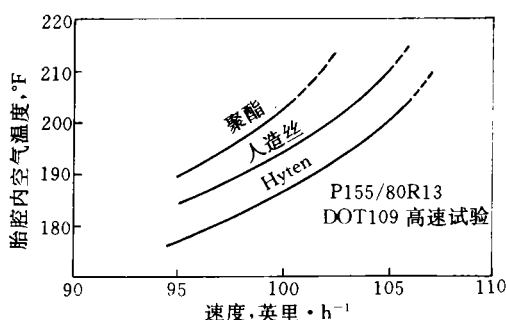


图 11 轮胎行驶温度

重要。再加上 Hyten 胎体转弯刚度的提高, 使赛车轮胎制造商对从事开发 Hyten 工作早就有特殊的兴趣。

Hyten 使子午线轮胎整体结构刚度的提高直接影响到胎面部位稳定性的提高, 从而能改善胎面磨耗性能、节油和操纵性能。对胎面印痕部位产生的功和实验室机床上滚动阻力测量后表明, Hyten 轮胎因滞后损失引起的能量损耗比聚酯或人造丝轮胎低得多(图 12)。

与操纵性能有关的转弯力测量结果表明, Hyten 轮胎具有非常好的操纵性能。事实上, 操纵性能优势已为早期工业化制造的轿车轮胎所证实。具体数据如下:

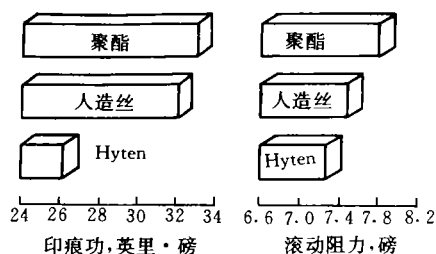


图 12 胎面寿命和节油对比

P155/80R13 轮胎, 单层胎体

A 公司(P205/75R14)

两层聚酯胎体 两层 Hyten 胎体 单层 Hyten 胎体

恢复度 5.5 7.0—7.5 7.0—7.5

响应 6.5—5.5 7.5 7.5

B 公司(P215/70R14 单层胎体)

与聚酯对比

恢复度 +1.0

超调量 +2.0

稳定性 +1.5

Hyten 轮胎因其帘布层薄, 节省覆胶胶料可多达 30%, 帘线重量视替代纤维不同可节省 10%—50%。将节省胶料计算在内, 整个轮胎重量可减轻 3%—15%。使用 Hyten 还可以节省 RFL 粘合剂成本 40%—50%, 而使用其它帘布, 这样做会降低帘布质量或与橡胶的粘合性。Hyten 的另一个优点是省去了多丝帘线的加捻和合股工序, 而这两工序常常出现质量和产品偏差。Hyten 可以直接入织布机编织, 因其丝束非常长, 所以可以节省贮存时间多达 75%。

Hyten 还改进了轮胎的使用性能, 如改善耐久性、降低行驶温度、能量吸收非常好、提高胎面磨耗性能、节油以及在不损害行驶性能下改善操纵性能。对庞大的轮胎市场来说, 开发、扩大使用 Hyten 是势在必行的, 而且 Hyten 的综合性能使其不仅局限于在轮胎中的应用, 还能用于胶管、输送带、线绳、钓鱼线、网球拍弦等产品中。

译自英国“Tire Technology International 1993”, P35—39