

工艺·设备

浸胶热处理工艺对锦纶66浸胶帘线蠕变性能的影响

吴晓明,段甲欣,李湛伟,杨 丽

(平顶山神马帘子布发展有限公司,河南 平顶山 467200)

摘要:研究浸胶热处理工艺对锦纶66浸胶帘线蠕变性能的影响。结果表明:随着干燥区张力的增大和浸胶速度的加快,锦纶66浸胶帘线的蠕变率增大;随着牵伸区及定型区张力的增大和温度的升高,锦纶66浸胶帘线的蠕变率减小;锦纶66浸胶帘线的蠕变率与定负荷伸长率和干热收缩率有一定的相关性。

关键词:锦纶66浸胶帘线;浸胶;热处理工艺;蠕变率

中图分类号:TQ330.38⁺9

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2023)07-0539-04

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2023.07.0539



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

尼龙(锦纶)是五大工程塑料之首,其中锦纶66的全球需求量占比高达44%^[1]。锦纶66浸胶帘布是汽车轮胎、航空轮胎等的重要骨架材料,对轮胎的安全性、操控性和抗撕裂性能有重要影响,是关乎生命安全的产品之一^[2]。锦纶66纤维骨架材料橡胶制品长期在温湿环境下使用,橡胶及纤维的物理性能均会有所下降^[3-5]。橡胶制品在使用过程中伴随着变形生热,锦纶66纤维的分子链会发生断裂,其蠕变率发生变化,橡胶制品的使用性能受到影响^[6]。锦纶66纤维的蠕变率越大,橡胶制品的尺寸稳定性越差,使用寿命越短^[7]。锦纶66浸胶帘布的生产包括纺丝、捻线、织布、浸胶等加工工序,浸胶工序是将白坯帘布进行浸渍、干燥、牵伸、定型等加工,锦纶66帘布在浸胶热处理工艺(包括干燥、牵伸、定型)拉伸过程中,纤维内部会发生滑移或有滑移的趋势,从而消除纤维的内应力,使纤维大分子松弛,提高锦纶66帘布的尺寸稳定性,使其物理性能满足不同客户的使用要求。

本工作研究浸胶热处理工艺对锦纶66浸胶帘线蠕变性能的影响,以求通过热处理工艺调整,降低锦纶66浸胶帘线的蠕变率,提高橡胶制品的使用性能及使用价值。

1 实验

1.1 原材料

1400dtex/2锦纶66帘线,捻度为 $(370 \pm 15) T \cdot m^{-1}$ 。

1.2 主要设备和仪器

单根帘线双浴浸胶试验机和帘线蠕变试验机,北京万汇一方科技发展有限公司产品。

1.3 试验方法

1.3.1 单根帘线浸胶试验

浸胶是锦纶66浸胶帘布生产的最后一道工序,是将白坯帘布经过浸渍装置附着一定比例的胶液,再经干燥、牵伸、定型、冷却,使纤维分子排列整齐,从而使锦纶66浸胶帘布达到不同的物理性能要求^[8]。

单根帘线浸胶试验机可模拟浸胶工序大生产设备,对单根白坯帘线进行浸渍、干燥、牵伸、定型、冷却,每个区域可单独设定张力和温度,并通过浸胶速度设定调节帘线在热处理区域的停留时间。

以1400dtex/2锦纶66帘线为试验研究对象,设计不同的单根帘线的浸胶工艺参数,进行单根帘线的浸胶热处理加工,干燥区(1和2区)、牵伸区(3区)、定型区(4区)的工艺参数如下:张力 10~50 N,温度 190~240 ℃,速度 5~20 m·min⁻¹。

作者简介:吴晓明(1986—),男,河南南阳人,平顶山神马帘子布发展有限公司工程师,学士,主要从事纤维材料新产品开发及技术研究工作。

E-mail:fzgsty@163.com

引用本文:吴晓明,段甲欣,李湛伟,等.浸胶热处理工艺对锦纶66浸胶帘线蠕变性能的影响[J].橡胶工业,2023,70(7):539-542.

Citation: WU Xiaoming, DUAN Jiaxin, LI Zhanwei, et al. Effect of heat treatment process on creep property of dipped nylon 66 cord[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(7): 539-542.

根据GB/T 37564—2019《浸胶帘线蠕变性能试验方法》，将锦纶66浸胶帘线放置在温度 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(60\%\pm 4\%)$ 的环境中平衡 (24 ± 2) h后进行蠕变率测试。

1.3.2 蠕变试验

蠕变是指固体材料在保持应力不变的条件下，应变随时间延长而增大的现象。在长期应力作用下，锦纶66浸胶帘线的长度有增大趋势。传统的蠕变率测试方法是通过材料试验机夹持一定长度的纤维帘线，施加拉伸作用力，每间隔一段时间测量纤维帘线的伸长量，得出其蠕变率及蠕变曲线。

本研究采用带温控的帘线蠕变试验机，使帘线长度在相对较短的时间内发生明显变化。具体步骤如下：将锦纶66浸胶帘线一端固定，在另一端施加一定的预加张力 $[(0.045\pm 0.005)\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}]$ ，使帘线处于拉直状态；在帘线上标记250 mm的长度 (L_0) 后对其施以设定负荷 $[(0.88\pm 0.09)\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}]$ ，帘线在 100°C 下放置60 min后测量标记线间的长度 (L_1) ，则帘线在设定试验条件下的蠕变率 $= (L_1 - L_0) / L_0 \times 100\%$ 。

2 结果与讨论

2.1 锦纶66浸胶帘线热加工工艺

锦纶66帘线现有浸胶热加工工艺条件如下：干燥区、牵伸区、定型区的张力比约为1:2:1.3，干燥区温度为 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，牵伸区温度为 $210\sim 230^{\circ}\text{C}$ ，各区停留时间控制在1 min以内。以该条件为基础进行1400dtex/2锦纶66单根帘线浸胶热处理试验，在讨论某一因素影响时，其他因素保持不变。

1400dtex/2锦纶66单根浸胶帘线的物理性能指标如下：断裂强力 $\geq 214.6\text{ N}$ ，断裂伸长率 $21.5\%\pm 1.5\%$ ，定负荷伸长率 $8.9\%\sim 9.2\%$ ，热收缩率 $4.6\%\sim 5.0\%$ ，蠕变率 $6.1\%\sim 6.4\%$ 。

2.2 干燥区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响

帘线的浸胶热处理首先是经过浸渍的帘线进入干燥区，此时帘线含水量较大，在干燥区域内受热易导致其强力降低，在此阶段设置一定张力可防止强力损失。但张力过小起不到维持帘线的强力的目的，张力过大又会影响帘线的内部结构，影响后续的加工性能。图1所示为干燥区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响。

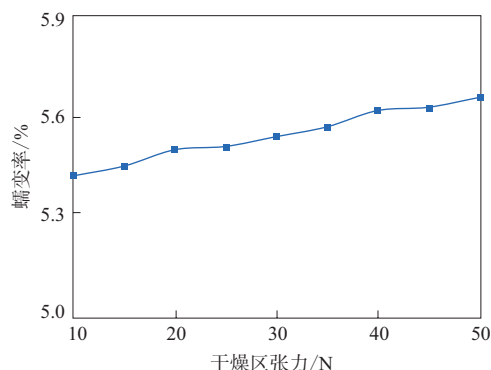


图1 干燥区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响
Fig. 1 Effect of dry zone tensions on creep rates of nylon 66 dipped cord

由图1可见，随着干燥区张力的增大，锦纶66浸胶帘线蠕变率逐渐增大。

2.3 牵伸区和定型区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响

在高温下对浸胶帘线施加张力可使纤维分子沿着施力的方向整齐排列，提高分子的取向度，适当提高帘线的强力。调整浸胶热处理牵伸区和定型区张力可以改变锦纶66浸胶帘线的定伸应力^[9]，保证锦纶66浸胶帘线热处理后的物理性能，消除内应力，保持纤维分子的取向度，使浸胶帘线在外力消失后减小收缩率以具有良好的尺寸稳定性。

分别研究牵伸区和定型区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响，结果见图2[研究定型区张力影响时将牵伸区张力固定为30 N，牵伸比(定型区张力/牵伸区张力之比)控制在 $0.33\sim 1.67$]。

由图2可见，随着牵伸区和定型区张力的增大，锦纶66浸胶帘线的蠕变率均呈减小趋势，定型区张力对蠕变率的影响比牵伸区张力略大，尤其

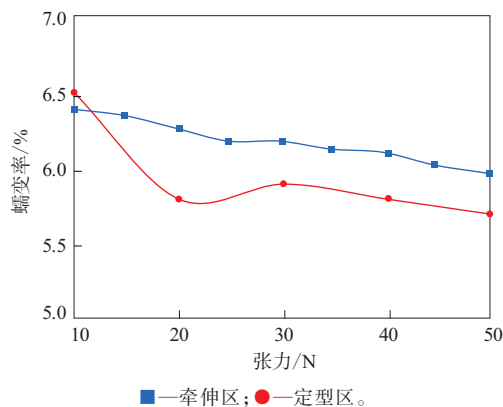


图2 牵伸区和定型区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响
Fig. 2 Effect of draft and shape zone tensions on creep rates of nylon 66 dipped cord

是在10~25 N张力范围内。

固定牵伸比为1.0,牵伸区张力及定型区张力同时变化对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响见图3。

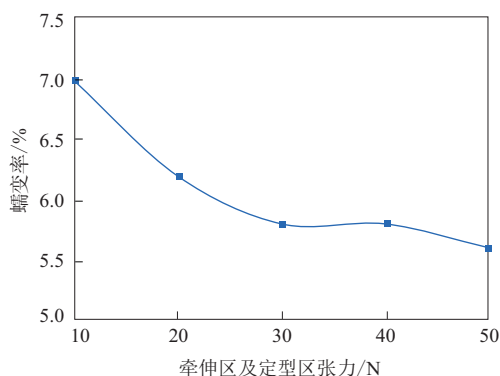


图3 固定牵伸比下牵伸区及定型区张力对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响

Fig.3 Effect of draft and shape zone tensions under certain draft tension/shape ratios on creep rates of nylon 66 dipped cord

由图3可见,同时增大牵伸区和定型区的张力,锦纶66浸胶帘线的蠕变率呈现减小趋势。这是因为锦纶66帘线经过温度较高的牵伸区和定型区时,张力增大,纤维分子链易被拉伸,弹性减小,尺寸稳定性提高,因此蠕变率减小。

与之相反,干燥区温度较低时,纤维分子间的相互摩擦力减弱,不足以使锦纶66浸胶帘线达到伸张定型的效果,当之后经过高温、高张力热处理区域时,纤维分子链不易被拉伸,具有较高的粘弹性能,因此随着干燥区张力的增大,锦纶66浸胶帘线的尺寸稳定性下降,蠕变率逐渐增大。

2.4 牵伸区及定型区温度对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响

牵伸区及定型区温度对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响见图4。

由图4可见,随着牵伸区及定型区温度的升高,锦纶66浸胶帘线的蠕变率呈减小趋势。锦纶66浸胶帘线的熔点高达260℃,温度对浸胶帘线的干热收缩率有显著影响,尤其是在高牵伸区及定型区温度区域(230℃左右),锦纶66浸胶帘线被软化,纤维分子排列相对有序,可减小浸胶帘线的拉伸应力,降低干热收缩率,提高尺寸稳定性。而随着锦纶66浸胶帘线的尺寸稳定性的提升,蠕变率大幅减小,即在橡胶制品受力受热的情况下骨架锦纶66帘线的收缩率小,从而延长橡胶制品的使用寿命,提高安全性。

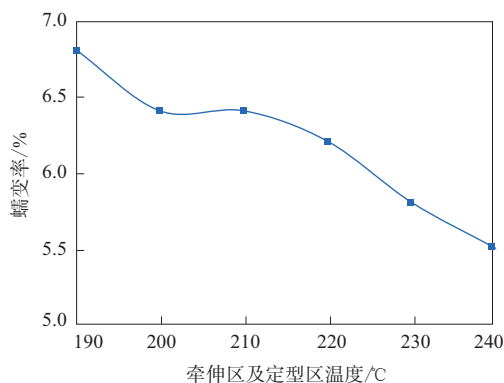


图4 牵伸区及定型区温度对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响

Fig.4 Effect of draft and shape zone temperatures on creep rates of nylon 66 dipped cord

此外,牵伸区及定型区的高温条件也是为了促进浸渍液中酚醛树脂化,提高锦纶66浸胶帘线与橡胶间的粘性能。

2.5 浸胶速度对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响

锦纶66浸胶帘线的浸胶热处理中会发生物理变化、化学变化和纤维分子间反应,浸胶工艺设计既要保证锦纶66浸胶帘线与橡胶间的粘性能,又要保证锦纶66浸胶帘线的物理性能。

浸胶速度决定锦纶66浸胶帘线在各个区域的停留时间,速度过快,浸胶帘线干燥不充分,易产生胶斑,降低生产效率,且牵伸定型不充分,影响浸胶帘线的尺寸稳定性;速度过慢,浸胶帘线的热处理时间长,虽然牵伸和定型充分,但浸胶帘线温度过高,影响其粘性能。浸胶速度对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响见图5。

由图5可见,随着浸胶速度的加快,锦纶66浸胶帘线的蠕变率逐渐增大。

2.6 锦纶66浸胶帘线的蠕变率与主要物理性能的相关性

锦纶66浸胶帘线的强力大,耐疲劳、抗冲击性好,但尺寸稳定性较差,尤其在受热状态下,锦纶66浸胶帘线产生收缩,尺寸稳定性易发生变化。定负荷伸长率和干热收缩率是锦纶66浸胶帘线的关键物理性能,浸胶热处理工艺对其均会产生不同程度的影响,同时锦纶66浸胶帘线的蠕变率也会发生明显变化。

研究发现,牵伸区和定型区的张力越大,锦纶66浸胶帘线的定负荷伸长率越小、干热收缩率越大,蠕变率越小;牵伸区和定型区的温度越高,锦纶66浸胶帘线的定负荷伸长率、干热收缩率和蠕

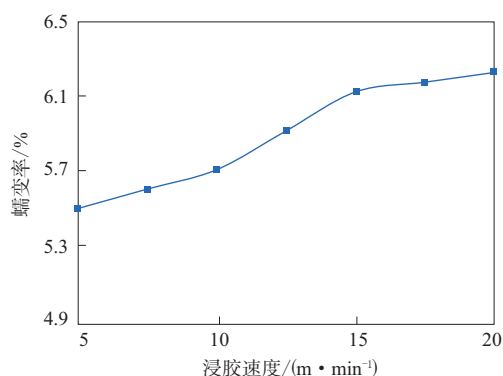


图5 浸胶速度对锦纶66浸胶帘线蠕变率的影响
Fig. 5 Effect of dipping speeds on creep rates of nylon 66 dipped cord

变率越小。

3 结论

研究了浸胶热处理工艺对锦纶66浸胶帘线蠕变性能的影响,得到如下结论:随着干燥区张力的增大和浸胶速度的加快,锦纶66浸胶帘线的蠕变率增大;随着牵伸区及定型区张力的增大和温度的升高,锦纶66浸胶帘线的蠕变率减小;锦纶66浸胶帘线的蠕变率与定负荷伸长率和干热收缩率有一定相关性。

锦纶66浸胶帘线的蠕变率会对橡胶制品的尺寸稳定性产生影响,合理地设计锦纶66浸胶帘布的浸胶热处理工艺,能够减小锦纶66浸胶帘布的蠕变率,延长橡胶制品的使用寿命。

参考文献:

- [1] 王晓龙,刘全来,江晓峰,等. 轮胎纤维骨架材料的差异化发展[J]. 轮胎工业,2021,41(11):674-678.
WANG X L, LIU Q L, JIANG X F, et al. Differential development of tire fiber skeleton materials[J]. Tire Industry, 2021, 41(11): 674-678.
- [2] 程学文. 尼龙66帘线环保浸渍处理及其橡胶复合材料界面粘合性

能研究[D]. 北京:北京化工大学,2021.

CHENG X W. Study on environment-friendly dipping of Nylon 66 cord and interfacial adhesion of its rubber composites[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2021.

- [3] 王磊,孙全吉,赵文博,等. 高性能纤维的表面改性及其与橡胶基体的界面粘合性能研究进展[J]. 橡胶工业,2020,67(7):545-550.
WANG L, SUN Q J, ZHAO W B, et al. Research progress of surface modification of high-performance fiber and its interfacial adhesion property with rubber matrix[J]. China Rubber Industry, 2020, 67(7): 545-550.
- [4] 陈金传. 碳纤维增强尼龙66复合材料的界面改性研究[D]. 郑州:郑州大学,2019.
CHEN J C. Study on interface modification of carbon fiber reinforced Nylon 66 composites[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2019.
- [5] 陈修敏. 磷硅协效阻燃尼龙66的制备与性能研究[D]. 重庆:重庆理工大学,2019.
CHEN X M. Study on preparation and properties of flame retardant Nylon 66 with phosphorus silicon synergistic effect[D]. Chongqing: Chongqing University of Technology, 2019.
- [6] 易建华,杨东辉,易珩. 尼龙66浸胶帘线物理特性分析[J]. 中国橡胶,2011,27(6):41-42.
YI J H, YANG D H, YI H. Physical properties of nylon 66 dipping cord[J]. China Rubber, 2011, 27(6): 41-42.
- [7] 高称意. 轮胎用骨架材料的性能及其与轮胎性能的关系[J]. 产业用纺织品,2003,8(21):26-27.
GAO C Y. Relationship between fibre reinforcement material performance and tire performance[J]. Technical Textiles, 2003, 8(21): 26-27.
- [8] 仵晓,刘晓光. 尼龙66浸胶帘布表面胶斑的影响因素探讨[J]. 合成纤维工业,2020,43(3):73-76.
WU X, LIU X G. Influential factors causing gum spots on nylon 66 dipped cord fabric surface[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2020, 43(3): 73-76.
- [9] 张仁杰. 锦纶66浸胶帘布生产中的张力与控制[J]. 合成纤维工业,1997,20(3):50-53.
ZHANG R J. The control on the tension in the production of nylon 66 tyre cord fabric[J]. China Synthetic Fiber Industry, 1997, 20(3): 50-53.

收稿日期:2023-03-16

Effect of Heat Treatment Process on Creep Property of Dipped Nylon 66 Cord

WU Xiaoming, DUAN Jiabin, LI Zhanwei, YANG Li

(Pingdingshan Shenma Tire Cord Fabric Development Co., Ltd, Pingdingshan 467200, China)

Abstract: The effect of dipping heat treatment process on the creep property of dipped nylon 66 cord was studied. The results showed that, the creep rate of dipped nylon 66 cord increased with the increase of drying zone tension and dipping speed. With the increase of draft and shape zone tension and temperature, the creep rate of dipped nylon 66 cord decreased. There was a certain correlation between the creep rate of dipped nylon 66 cord and the elongation at a constant load and dry heat shrinkage.

Key words: dipped nylon 66 cord; dipping; heat treatment process; creep rate