

使用校直辊工艺简易模拟方法的 单层钢丝帘线质量评估

Bae Gi-hyun¹, Huh Hoon¹, Lee Byung-ho², Im Jae-duk³, Ban Deok-young³

(1. Mechanical, Aerospace and System Engineering at KAIST, Daejeon, South Korea; 2. R&D Center of Kiswire Co., Ltd, Pohang, South Korea; 3. Kiswire R&D Center, Pohang, South Korea)

中图分类号: TQ330.38⁺9 文献标志码: B 文章编号: 1000-890X(2013)10-0625-05

用作汽车轮胎增强材料的钢丝帘线是由盘条拉成细丝捻制而成。为满足轮胎的刚度需求,人们开发了不同类型的钢丝帘线。钢丝帘线的结构稳定性是其质量评估的重要因素之一。一般在钢丝帘线捻制工序后评估钢丝帘线的平直性和残余扭转。校直辊是利用周期弯曲变形来改善钢丝帘线的平直性和残余应力的一种装置。校直辊装置的工艺设计大多数情况下是基于工程师经验的反复试验,需要大量的时间和成本。因此需要一个有效工具来节省校直辊工艺设计的时间和成本。有限元分析模拟方法是校直辊工艺设计的一种有效选择。

本工作提出通过有限元分析校直辊工艺数值模拟单层钢丝帘线质量的评估方法,以 3×0.30 单层钢丝帘线作为试验样品。简易模拟方法如下:依据未使用校直辊工艺的实际钢丝帘线生产捻制试验建立一个简易有限元模型。从模拟过捻工艺中获得单层钢丝帘线的初始应力和应变分布。采用相同方法使用校直辊工艺钢丝帘线捻制试验也建立一个有限元模型。从校直辊装置啮合模拟得到钢丝帘线变形路径。通过校直辊工艺前后 3 个评估项目定量分析产品质量。通过观测校直辊工艺中钢丝帘线形状解释校直装置的作用。

1 单层钢丝帘线

单层钢丝帘线是最基本的钢丝帘线产品结构。测试钢丝帘线结构为 3×0.30 , 即由 3 根直径为 0.30 mm 的单丝捻制而成,如图 1 所示。由热处理-电镀钢丝经过多道次拉拔之后,单丝进入捻股机捻制而成,如图 2 所示。工字轮放线 3 根

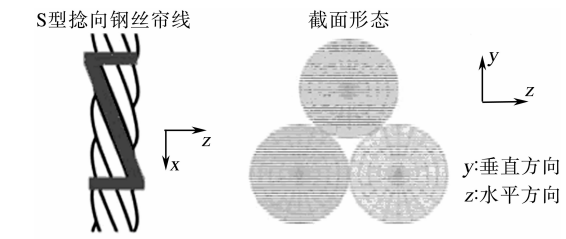


图 1 3 根单丝组成的单层钢丝帘线

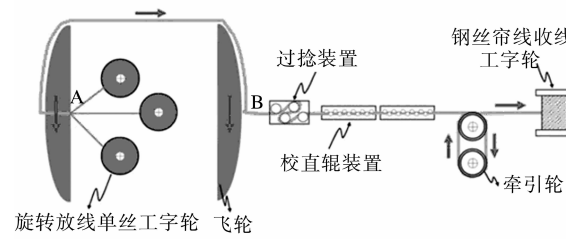


图 2 单层钢丝帘线捻股机示意

单丝通过一个旋转飞轮盘捻合。为稳定钢丝帘线结构,钢丝分别通过一组过捻装置及两组沿钢丝帘线运动方向垂直和水平方向排列的校直辊。工艺条件如下:飞轮盘和过捻装置速率 $3\ 500\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,回张力 11 kg;校直辊装置每组 13 个轴承,轴承直径为 16 mm,校直辊轴承槽为梯形;单层钢丝帘线捻距为 14 mm,校直辊装置进口和出口交叉距离分别为 3.9 和 2.0 mm。

2 工艺和有限元模型

模拟校直辊工艺的主要目标是缩短计算时间,同时无仿真精度损失。

在校直辊工艺中钢丝帘线路径被施加与有限元模型相同的形变。模拟时同时考虑到钢丝帘线实际形状以及初始条件下的残余应力分布,以提

高仿真精度。

如前所述,调查捻制试验中无校直辊装置的钢丝帘线形状。使用红外线投影仪沿水平方向扫描钢丝帘线形状精度。红外线投影仪测量范围和速率分别为100 mm和1.0 mm·s⁻¹。校直辊工艺之前钢丝帘线形状测量结果如图3所示,周期性波动见表1。使用一个简易装置测量钢丝帘线的弧高,重复测量10次,结果见表2。实际钢丝帘线形状周期波动和弧高分别为0.5和30 mm。有限元模型和实际钢丝帘线的对比如图4所示。

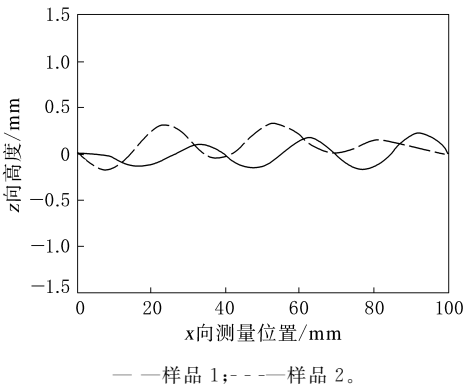


图3 校直辊工艺前钢丝帘线形状(水平方向)

表1 校直辊工艺前钢丝帘线周期性波动测量结果			
		mm	
项 目	样品1	样品2	
测量序次			
1	0.370	0.390	
2	0.396	0.467	
3	0.309	0.353	
4	0.134	0.258	
5	0.072	0.283	
平均值	0.256	0.350	
最小值	0.072	0.258	
最大值	0.396	0.467	

表2 弧高测量结果*			
		mm	
项 目	测量值	项 目	测量值
测量序次		7	25
1	24	8	26
2	24	9	24
3	24	10	25
4	27	平均值	25.1
5	24	最小值	24
6	28	最大值	28

注: * 400 mm长钢丝帘线中心部位的弧高。

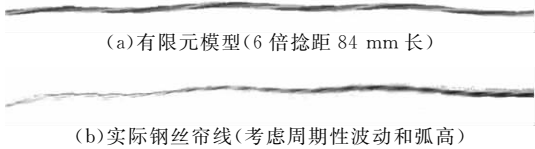


图4 有限元模型和实际钢丝帘线的对比

3 初始应力和应变

钢丝帘线通过校直辊工艺前经过了复杂的变形。在校直辊工艺模拟中应考虑钢丝内部的残余应力和应变。模拟过捻工艺以获得校直辊工艺前的残余应力和应变分布。首先研究拉拔钢丝的残余应力分布。有研究报告显示拉拔工艺后沿拉拔钢丝的相对半径,残余应力的分布由压应力变为张力,且在钢丝表面测定的残余应力与残余应力分布成比例。残余应力分布可以通过钢丝表面残余应力参考数据的比值得出。与拉拔钢丝抗拉强度相关的钢丝表面残余应力如图5所示。依据拉拔钢丝的抗拉强度,钢丝表面的残余应力简单计算值约为773 MPa。根据钢丝表面残余应力的比例得出残余应力分布,如图6所示,用于初始条件下过捻工艺的模拟。

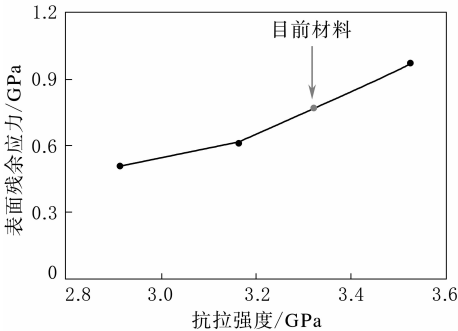


图5 钢丝帘线表面残余应力与拉拔钢丝抗拉强度的关系

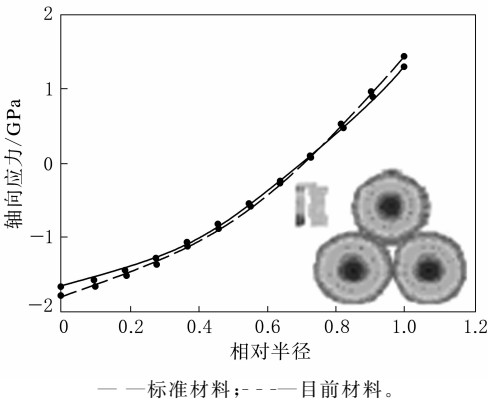


图6 单层钢丝帘线钢丝拉拔工艺后残余应力分布

计算拉拔钢丝残余应力分布,进行过捻工艺模拟,拉拔钢丝流应力曲线如图 7 所示。过捻工艺模拟程序如图 8 所示。模拟软件使用广泛应用的 ABAQUS/Explicit v6.8-1 商业程序软件。

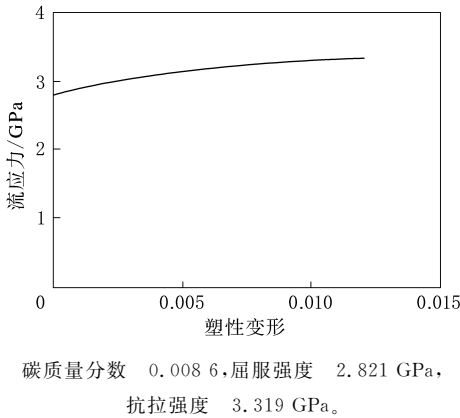


图 7 拉拔钢丝的流应力曲线

过捻装置的作用是对钢丝帘线施加过度的捻制变形,使残余扭转最小化。单层钢丝帘线的过捻角为 180°,过捻工艺后残余应力和应变分布的仿真与初始条件一致。

4 校直辊工艺模拟

校直辊工艺用于确定过捻工艺后钢丝帘线形状和残余应力、应变分布。在校直辊工艺过程中应用相同的变形路径需要特殊的模拟技术,可以通过在校直辊工艺分配相同的路径有限元模型中完成。为得到有限元模型路径,实施校直辊装置啮合模拟,如图 9 所示,使用一种含表面元件和束



图 9 校直辊装置啮合模拟的有限元模型



(a)啮合前 (b)啮合后

图 10 校直辊工艺啮合模拟

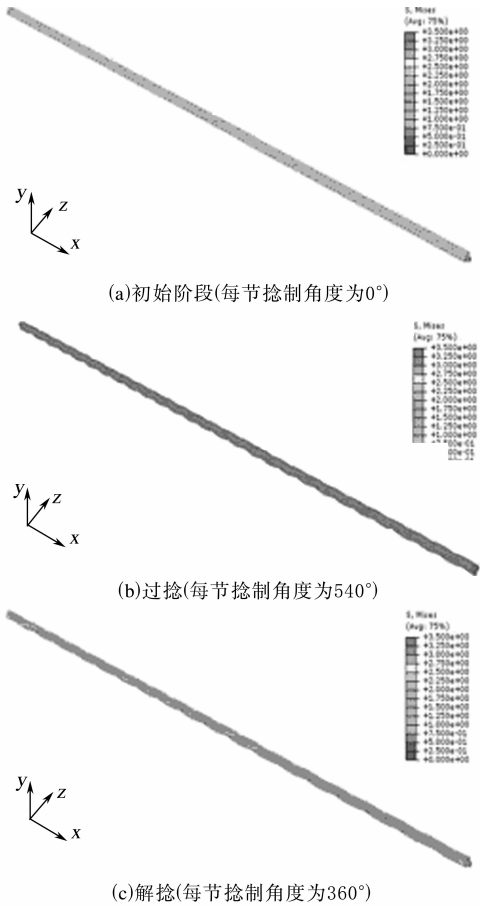


图 8 过捻工艺分析结果

元件的简化钢丝帘线模型。过程仿真采用 ABAQUS/Standard v6.8-1 软件。简化钢丝帘线模型的直径为 0.646 mm。刚性表面构建的指定路径基于啮合模拟简化钢丝帘线模型的变形状态解析,如图 10 所示。有限元模型受上下导向面接

触条件限定,每个十字交叉面由两个节点相连接。在实际校直辊工艺中简易模拟方法代表了变形路径。单层钢丝帘线捻制过程使用两组校直辊装置。

有限元模型通过两组校直辊装置在垂直和水平方向调整。模拟程序见图 11。考虑到钢丝帘线和校直辊之间的旋转接触条件,摩擦因数假定为零。



图 11 校直辊工艺模拟程序

5 钢丝帘线质量评估

5.1 评估项目

通常用于评估单层钢丝帘线结构稳定性和平直度的 3 个项目如图 12 所示。残余扭转为 6 m 长钢丝帘线末端释放时旋转的转数,弧高为截取 400 mm 长钢丝帘线中心部位的弓高,预变形为单丝在最大与最小变形点处的高度差。使用这些评估项目,从校直辊工艺模拟中可以定量评估钢丝帘线的质量。

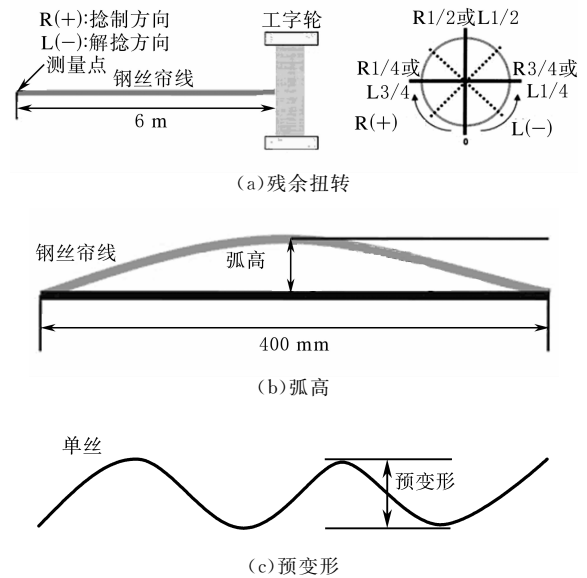


图 12 单层钢丝帘线质量评估的 3 个项目

5.2 钢丝帘线形状

经过校直辊工艺前、后钢丝帘线形状变化如图 13 所示。

最初钢丝帘线在垂直和水平方向上均有很大

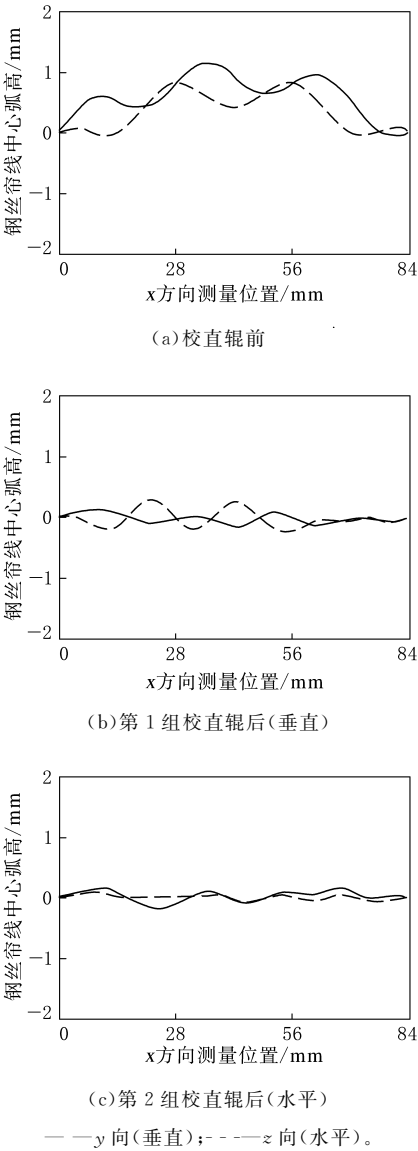


图 13 通过校直辊装置钢丝帘线形状的变化

波动。通过校直辊装置对钢丝帘线施加了周期弯曲变形,规范了残余应力分布,使钢丝帘线在排列方向上更加平直化。校直辊工艺后钢丝帘线结构的稳定能够改善钢丝帘线的质量。

5.3 钢丝帘线质量

校直辊工艺模拟测量结果见表 3。校直辊工艺后钢丝帘线弧高和预变形都得到了显著改善。残余扭转在相反方向上出现轻微增加,这主

表 3 钢丝帘线质量测量结果

评估项目	校直辊工艺前	校直辊工艺后
残余扭转/ (°)	18.636 ¹⁾	-33.620 ¹⁾
r	右 4 $\frac{3}{4}$ ²⁾	左 8 $\frac{3}{4}$ ²⁾
弧高/mm	1.322 ¹⁾ /30.655 ³⁾	0.162 ¹⁾ /3.664 ³⁾
预变形/mm	0.865	0.688

注:1)、2)和 3)帘线长度分别为 84,6 000 和 400 mm。

要是由于校直辊工艺过程条件尚未充分优化。使用优化的校直辊工艺过程条件,可获得更好的钢丝帘线质量。简易模拟方法是优化校直辊工艺过程的有效工具之一,可以提供校直辊工艺过程钢丝帘线变形路径和形状变化的特定信息。

6 结语

简易模拟方法是一种有效工具,采用校直辊工艺简易模拟方法评估钢丝帘线质量,与传统方法相比,构建校直辊工艺简易模型的模拟方法可缩短 80% 以上的计算时间;校直辊装置排列方向对钢丝帘线平直性有影响,需谨慎选择;在校直辊工艺过程中也能够提供变形路径和钢丝帘线的形态变化。

(江苏兴达钢帘线股份有限公司 刘湘慧摘译)

译自美国“Wire Journal International”,

10,62~67(2012)

轮胎纤维条挤出生产线通过鉴定

中图分类号:TQ336.1;TQ330.4⁺4 文献标志码:D

2013 年 8 月 3 日,由青岛高策橡胶工程有限公司(简称青岛高策)自主研制生产的国内首条冠带条/胎圈包布纤维条挤出法生产线在沈阳和平子午线轮胎制造有限公司通过专家鉴定。

恒张力纤维条挤出法生产线是为子午线轮胎半钢丝冠带条和全钢丝钢丝圈包布的生产而开发的新型设备。专家认定,该工艺技术先进,生产的覆胶帘布质量达标,完全可替代纤维条压延法工艺在子午线轮胎制造企业推广。

据介绍,青岛高策研制的恒张力纤维条挤出法生产线,简化了生产工艺,实现了连续化生产,不但降低了产品成本,更重要的是解决了传统压延法工艺生产纤维条覆胶纤维帘布张力不均匀的问题。

该挤出法生产线采用线轴帘线供料方式,在各线轴处设置帘线张紧机构,可实现单根帘线张力独立控制,帘线独立导开张紧,张力均匀一致;帘线经过挤出覆胶装置覆胶后由主动冷辊牵引,实现窄纤维条恒张力控制,覆胶布面非常平整,8 000 m 长工字轮卷曲,实现了成型工序轮胎的无接头缠绕。

(摘自《中国化工报》,2013-08-08)

独山子石化公司稀土顺丁橡胶量产

中图分类号:TQ333.2 文献标志码:D

2013 年 8 月 14 日,中国石油独山子石化公司 1.5 万 t·a⁻¹稀土顺丁橡胶工业化连续生产成功,产品填补了国内空白。

该项目应用中国石油与中国科学院长春应用化学研究所共同开发的具有自主知识产权的稀土顺丁橡胶技术。项目组通过对现有 3 万 t·a⁻¹镍系顺丁橡胶装置的技术和催化剂体系改造,应用分子设计优化催化剂配方,改进搅拌方式,解决了生产中搅拌困难、凝聚负荷大、催化剂消耗高、能耗物耗高、连续化稳定生产难等问题,实现了稀土顺丁橡胶连续稳定生产。

项目早期试产的稀土顺丁橡胶通过第三方检测,产品性能和物理性能与进口产品相当。在轮胎企业的配方试验中,对于载重子午线轮胎胎面,稀土顺丁橡胶与国外同类产品性能相当,破损率大为降低,得到轮胎公司认可。

同期开展的稀土顺丁橡胶工程化及其在子午线轮胎中应用的关键技术研究被列入国家科技支撑项目。项目先后获得国内发明专利授权 4 项,实用新型 2 项。

(摘自《中国化工报》,2013-08-16)