

钢丝拉拔残余应力的减小

Kazunari Yoshida, Ryoto Koyama

(Tokai University, Japan)

中图分类号: TQ330.38⁺9

文献标志码: B

文章编号: 1006-8171(2014)02-0124-04

拉拔钢丝多用于轴、弹簧、建筑材料、轮胎帘线、切割钢丝和焊丝。残余应力对钢丝产品的疲劳寿命和强度等有显著影响。残余应力是盘条和钢丝表面巨大的抗拉强度以及中心部位的压应力相互作用的结果。拉伸应力缩短了产品的寿命,因此改善拉拔条件以及研究减小拉拔应力的方法很有必要。

本研究使用切口法测定钢丝多道次拉拔后的残余应力,讨论总减面率(R_t)、模具角度和各道次减面率(R_p),最终拉拔的表面光轧以及拉伸矫直对残余应力的影响。另外,通过有限元方法分析多道次拉拔后的钢丝残余应力。

1 试样及试验方法

以退火 SUS304 不锈钢($\Phi 8.0$ mm)为母线,使用聚四氟乙烯树脂润滑剂和硬质合金锥形模具拉拔。钢丝通过多道次拉拔,模具半角(α)为 6° , R_p 分别为10%,15%和20%, R_t 为94%。使用线切割机切口法测定拉拔钢丝的残余应力。

R_p 和 R_t 计算公式如下:

$$R_p = [1 - (\frac{D_1}{D_0})^2] \times 100\%$$

$$R_t = [1 - (\frac{D_n}{D_0})^2] \times 100\%$$

式中, D_0 , D_1 和 D_n 定义如图1所示。

切口法测定残余应力(σ_L)计算公式如下:

$$\sigma_L = \frac{0.2878ED}{1-\nu^2} \cdot \frac{2h}{l^2}$$

式中, E 为弹性模量, ν 为泊松比(译者注), D , h 和 l 定义如图2所示。

使用万能拉力试验机检测拉伸矫直后拉拔钢丝残余应力导致 R_p 的变化,拉伸应变设定为0.3%,0.5%和1%。进而检测钢丝拉拔表面光轧的效果,其可产生2%~3%的 R_p 。拉拔钢丝继

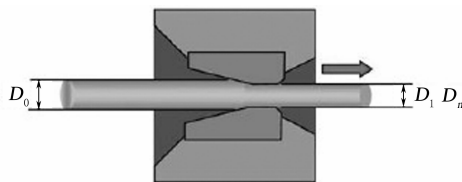


图1 钢丝拉拔 R_p 和 R_t 计算的参数定义

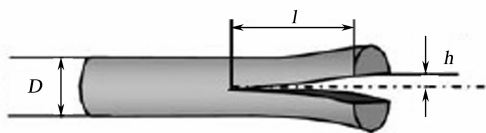


图2 切口法测定残余应力参数

续以不同的 R_p (如1%,3%和5%)进行拉伸。使用 Marc. 商业有限元分析程序进行分析,并与测定结果进行比较,拉拔模型如图3所示。



图3 有限元分析拉拔模型

2 结果与讨论

2.1 R_p 对残余应力的影响

钢丝以10%,15%和20%的 R_p 拉拔,并获得94%的 R_t 。通过计算钢丝弯曲程度测定拉拔钢丝最大轴向残余应力的变化。使用线切割机在钢丝中心部位切割形成的切口测定应力。

图4所示为拉拔钢丝获得 R_t 为40%和90%的钢丝切口照片。由于残余应力,钢丝相对向外弯曲, R_p 越小,钢丝弯曲程度越大。

图5所示为使用切口法计算的最大轴向残余应力与 R_t 的关系曲线。

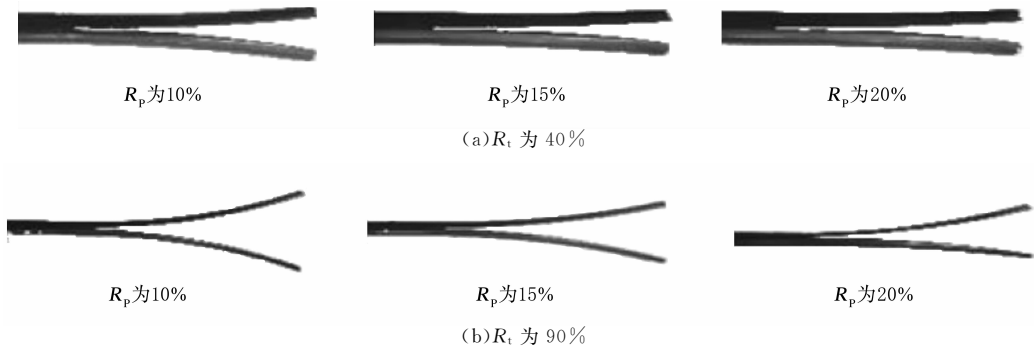


图 4 不同 R_p 下拉拔钢丝获得 R_t 为 40% 和 90% 的钢丝切口

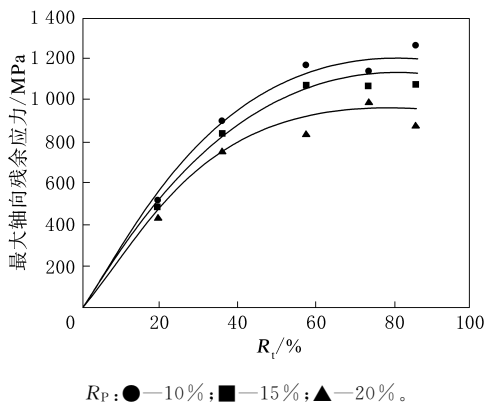


图 5 不同 R_p 下最大轴向残余应力与 R_t 的关系曲线

对于所有 R_p 值,随拉拔道次的增加(即 R_t 的增大),其轴向残余应力增大。采用有限元分析多道次轴向应力,结果如图 6 和 7 所示。由图 6 和 7 可以看出:钢丝表面残余应力较大,而内部较小; R_p 越小,钢丝表面和内部残余应力的差异越大,即钢丝表面的残余应力较大。

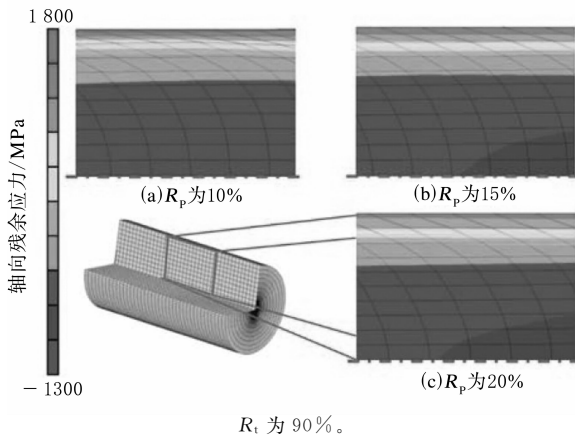


图 6 不同 R_p 下轴向残余应力分布有限元分析

2.2 拉伸矫正降低残余应力

拉拔钢丝分别施加 0.2%, 0.5% 和 1% 的拉伸应变,通过切口法测定其最大轴向残余应力。图 8

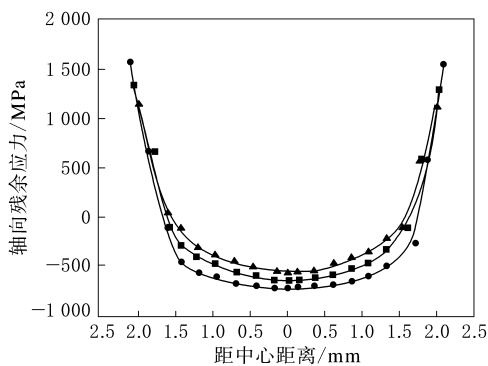


图 7 不同 R_p 下钢丝内部和表面残余应力分布有限元分析结果

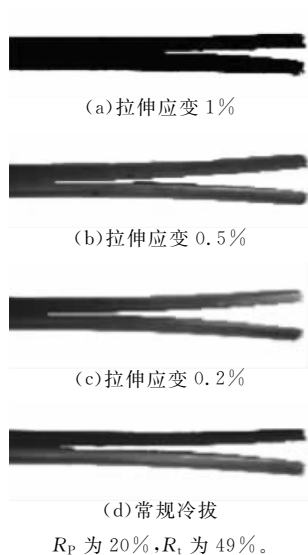
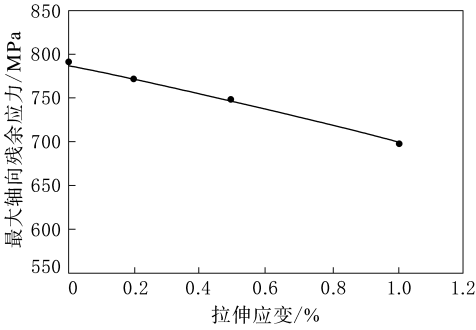


图 8 不同拉伸应变的钢丝切口

所示为不同拉伸应变的钢丝切口,图 9 所示为最大轴向残余应力与拉伸应变的关系曲线。

试验结果表明,通过施加适当的拉伸应变可以降低残余应力。但应注意过大的拉伸应变可导致钢丝直径的偏差,产生缺陷产品。本试验中最



注同图 8。

图 9 最大轴向残余应力与拉伸应变的关系曲线

大拉伸应变为 1%，钢丝直径仅减小 2~3 μm ，钢丝直径的偏差可忽略不计。

通过拉拔减小内部应变的变化是应用拉伸应变降低残余应力的原因。

2.3 末道次表面光轧效果

为减小拉拔钢丝的残余应力，钢丝拉拔末道次采用表面光轧，并测定表面光轧效果及最佳条件。准备不同表面光轧减面率(R_f)分别为 1%，3%和 5%钢丝，钢丝拉拔后通过切口法计算钢丝轴向最大残余应力。图 10 所示为钢丝端部切口，

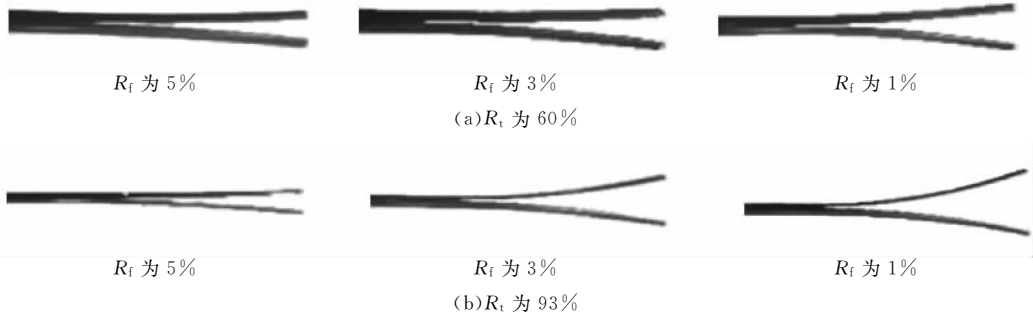
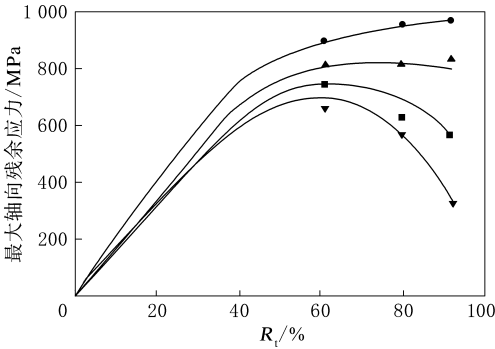


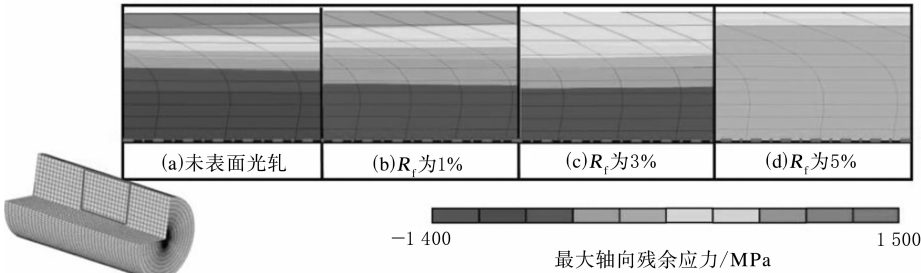
图 10 不同 R_f 下拉拔钢丝获得 R_f 为 60%和 93%的钢丝切口

图 11 所示为通过切口法测定最大轴向残余应力与 R_f 的关系曲线。有限元分析结果如图 12 和 13 所示。

由试验结果可见，减小残余应力最有效的每道次钢丝表面光轧 R_f 为 5%。在使用表面光轧之前，拉拔钢丝的内部处于压缩残余应力状态，保持弹性变形。但在使用表面光轧之后，拉拔钢丝表面有轻微的轴向应变，处于拉伸残余应力状态。同时在钢丝内部和表面出现小的塑性变形。这些小的塑性变形补偿了钢丝内部和表面之间轴向塑性变形的差异。因此带来残余应力减小的效果。



●—常规拉拔；▲— R_f 为 1%；■— R_f 为 3%；▼— R_f 为 5%。
图 11 表面光轧钢丝不同 R_f 下最大轴向残余应力与 R_f 的关系曲线



R_t 为 93%， α 为 6° ， R_p 为 20%。

图 12 不同 R_f 下最大轴向残余应力分布有限元分析

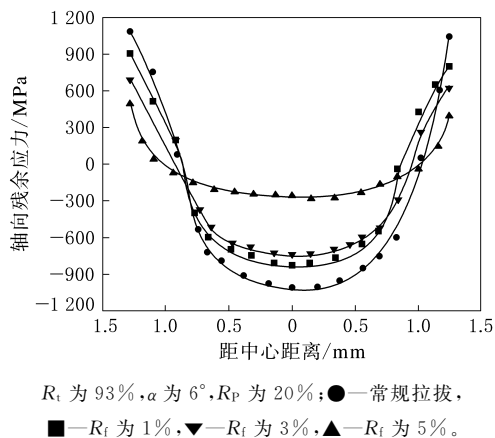


图 13 不同 R_f 下钢丝内部和表面残余应力分布
有限元分析结果

3 结论

(1)总减面率达到约 60% 以前,残余应力上升;各道次减面率越小,残余应力越大。

(2)拉伸矫直改善了内部应力的不均匀性,可以减小残余应力。

(3)使用表面光轧补偿拉拔钢丝内部与表面塑性变形的差异,可减小残余应力。最有效地减小残余应力的末道次减面率试验值为 5%。

(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”,

[7],56~60(2012)

RubberCon 2013 在泰国曼谷举行

中图分类号:TQ332 文献标志码:D

国际橡胶会议组织 2013 年的专题会议 RubberCon 2013 于 2013 年 12 月 16—18 日在泰国曼谷举行。该会议由泰国聚合物学会、泰国国家金属及材料技术中心和玛希隆大学橡胶技术研究中心主办。来自全球 8 个国家的 20 位天然橡胶领域及上下游相关学科的杰出科学家围绕“天然橡胶领域科技进步”这一主题报告了最新的研究成果,内容涉及“天然橡胶的生物技术进展”“天然橡胶生产和天然橡胶衍生原材料研发”“天然橡胶的结构和性能研究”“天然胶乳科技进展”“天然橡胶在工程应用方面的研究”“天然橡胶与纳米材料复合技术”“天然橡胶技术革新”等领域。此外,会议还设有屏展报告 24 篇。

中国化工学会橡胶专业委员会副主任委员、北京化工大学张立群教授做了题为“通过胶乳复合及原位改性技术制备天然橡胶纳米复合材料的新成果”的特邀报告。报告指出,天然橡胶是独一无二的高分子材料,因其生物及物理性能优异被广泛用于橡胶轮胎工业,但其低应变和变形性能需增强,而纳米复合是必要且行之有效的方法。报告介绍了层状硅酸盐/天然橡胶、白炭黑/天然橡胶、碳纳米管/天然橡胶、纳米三氧化二铝/天然橡胶等纳米复合材料的制备方法、界面层设计、分散结构及相关性能,并介绍了部分应用效果,得到

与会代表的一致好评。

本次会议上,与会代表积极探讨天然橡胶领域的科技进展及未来的发展方向,表现出较高的专业水平。会场气氛热烈,会议取得了圆满成功。

(本刊编辑部 马 晓)

普利司通声明召回 2 600 条

载重子午线轮胎

中图分类号:U463.341+.3 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013 年 11 月 8 日报道:

普利司通公司于 2013 年 11 月 7 日在日本发出声明将主动召回多种载重轮胎。普利司通美洲公司(BSA)作出响应,召回约 2 600 条全钢载重子午线轮胎,这些轮胎产自日本 Tochigi,售往日本关岛、加拿大、墨西哥以及中南美。Tochigi 厂于 2012 年 1 月至 2013 年 8 月期间生产的 120 万条载重轮胎将被召回。

BSA 表示,此次召回出于谨慎,2 600 条轮胎中只有 1 条轮胎可能存在日本召回轮胎的缺陷——内衬层存在问题会导致缓慢漏气。

涉及召回轮胎的用户被鼓励与普利司通美洲公司、子公司代表及最近的经销商或公司自有的服务中心联系,以便安排验证和进行更换。

(赵 敏摘译 吴秀兰校)