

橡胶渗入钢丝帘线的规律及其对橡胶帘线复合物性能的影响

Т. А. Серебрянер и др. 等著 江婉兰译 唐云峰校

在橡胶帘线复合物成型时,橡胶向钢丝帘线中的渗入,除起粘合作用外,亦是决定所制复合物性能的主要因素之一。胶料较充分地渗入帘线中,可提高复合物的工作可靠性。这是因为胶料填满帘线的空隙及消除内部通路,防止了腐蚀介质——水及气体沿帘线的扩散,从而提高了整个体系的耐腐蚀性。此外,当帘线内部的钢丝被胶料包覆时,又为降低热生成物的腐蚀创造了条件。

众所周知,未覆胶的钢丝帘线与在橡胶钢丝帘线复合物中的帘线的工作机制是完全不同的^[1,2]。

显然,帘线的结构,胶料的流变性能及硫化过程的工艺参数是影响胶料渗入钢丝帘线中的主要因素。

本文不探讨帘线结构对胶料渗入的影响,而只涉及以下两个问题:

(1)研究与工艺因素有关的胶料向钢丝帘线渗入的规律;

(2)测定覆胶及胶料渗入对橡胶钢丝帘线复合物的影响。

1 研究对象及研究方法

实验采用轮胎工业中广泛应用的 3+9+15×0.22+1 结构的钢丝帘线。之所以选择此种由一根线芯及二层钢丝组成的结构,是因为橡胶向其中渗入有一定的困难。此外,此种结构的帘线容易解捻,便于实验。

采用工业上用于制造载重轮胎带束层的天然橡胶胶料作为覆胶。由同一配方的胶料在开炼机上用不同的工艺规程制备了 3 种不同塑弹性的胶料。表 1 示出了 3 种胶料的塑

弹性及硫化特性。

表 1 胶料 I, II, III 的塑弹性及硫化特性

性能	胶料编号		
	I	II	III
塑性值	0.163	0.336	0.340
ML(100 C)	76	72	66
硫化仪-100 特性			
155 C × 30min			
ML	12	11.2	10
MH	48.5	48.0	48.5
t ₅ , min	4.5	4.0	4.0
t ₉₀ , min	12.6	12.6	12.6
175 C × 6min			
ML	12	11	10
MH	48	45	46
t ₅ , min	1.5	1.5	1.5
t ₉₀ , min	4.09	3.9	3.9

注:ML 和 MH 无单位(原文如此——编注)。

由表 1 看出,胶料的塑性值从 I 到 III 逐渐增大,而门尼粘度逐渐减小。胶料 I, II 及 III 的硫化参数相等。

实验中采用可高度准确控制等温条件和非等温条件下硫化参数的自动控制系统“Пресс 10”来硫化橡胶钢丝帘线试样。使用专门结构的柱塞式硫化模型,以保证压力准确传递至硫化试样。试样为 25mm×60mm×6mm 的条状试样,其中平行排列 4 根钢丝帘线。硫化后,将帘线由试样中抽出,除去橡胶并依次用捻开的方法首先将第 1 层剥下,然后剥去第 2 层露出线芯。对所研究的每一剥

离层的表面都评估出橡胶的渗入量。用光学显微镜按 4 级进行评估:所研究表面被橡胶完全覆盖者为 3 分,表面无胶者为 0 分,中间状态者则为 1—2 分。

为了研究橡胶钢丝帘线复合物的机械性能,采用了万能拉力试验机 Instron-1122(得出拉伸曲线及进行小往复疲劳试验)和 F. 埃尔波仪器(测定塔贝尔弯曲刚度)。

2 胶料渗入钢丝帘线的规律

对胶料的流变性能、硫化压力和温度及硫化时间等工艺因素对胶料渗入钢丝帘线的影响进行了研究。

为此目的,将胶料 I, II 和 III 各用两种硫化温度-时间条件(155℃×30min, 175℃×6min)及 4 种硫化压力(0.98, 1.47, 1.96 和 2.94MPa)制成了若干试样,然后按上述方法评价了胶料往帘线中的渗透,结果见表 2。

表 2 胶料渗入 3+9+15×0.22+1 结构钢丝帘线的程度

胶料 编号	硫化 压力 MPa	胶料覆胶程度,分					
		条件 I(155℃×30min)			条件 II(175℃×6min)		
		第 I 层	第 II 层	芯层	第 I 层	第 II 层	芯层
I	0.98	3	0	0	3	0	0
	1.47	3	0	0	3	0	0
	1.96	3	0—1	0	3	0—1	0
	2.94	3	1	0	3	0—1	0
II	0.98	3	1	0	3	0—1	0
	1.47	3	1	0	3	0—1	0
	1.96	3	2	0	3	0—1	0
	2.94	3	2	0	3	0—1	0
III	0.98	3	1	0	3	0—1	0
	1.47	3	1	0	3	1	0
	1.96	3	2	0—1	3	1	0
	2.94	3	2—3	0	3	2	0

由表 2 看出,在两种硫化条件下胶料渗入帘线的程度随压力的增加而增大。第 1 种条件下的渗入量大于第 2 种条件。在这两种

情况下胶料 III (具有最小门尼粘度值)向帘线中的渗透性优于胶料 I 和 II。就整体而言,硫化条件变化对覆胶程度的影响要大于胶料塑性弹性差异的影响。这种不同硫化条件下的胶料向帘线渗入程度的差别,看来是由胶料处于粘流态时间的不同所导致,例如,在第 1 种条件下胶料处于粘流态的时间要比在第 2 种条件下长两倍。

有意义的是,确定在硫化诱导期中何时在压力下不发生渗透。为此进行了如下实验:在采用最有利于流动的条件下(第 1 种硫化条件,压力 2.94MPa,胶料 III)变换硫化诱导期时间内的压力作用时间。试样先在 2.94MPa 压力下硫化 1—4min (小于诱导期时间),然后将硫化压力降至 0.98MPa 并硫化至结束。试验结果(表 3)表明,胶料渗入量随硫化压力作用时间的延长而增大。由此证明,胶料渗入的时间与其处于粘流态的时间是一致的。

表 3 胶料 III 在诱导期渗入 3+9+15×0.22+1 结构钢丝帘线的程度

在硫化压力 2.94MPa 下的 停留时间,min	胶料覆胶程度,分		
	第 I 层	第 II 层	芯层
1.1	3	1	0
1.8	3	1	0
2.7	3	1—2	0
4	3	2—3	0

鉴于在外胎的实际硫化条件下采用的是非等温加热条件,所以有必要对此种条件下的胶料渗入规律加以研究。在制备试样时模拟了在 35min 内温度升至 150℃的实际温度变化条件。试样用胶料 III 制造。用 0.98, 1.47, 1.96, 2.45 和 2.96MPa 的硫化压力分别制备了 5 种试样。实验结果(表 4)表明,在实际的逐步升温条件下与在等温条件下一样,胶料的渗入程度随硫化压力的增加而增大。但在这种情况下胶料的渗入量较大,这可

能是因为在非等温加热条件下由于升温缓慢而使胶料有较长时间处于粘流态的缘故。

表 4 在非等温硫化条件下胶料渗入 3+9+15×0.22+1 结构钢丝帘线的程度

硫化压力 MPa	胶料覆胶程度,分		
	第 I 层	第 II 层	芯层
0.98	3	0—1	0
1.47	3	1	0—1
1.96	3	2	1
2.45	3	3	1—2
2.94	3	3	1—2

由以上结果看出,较长硫化时间及较低温度的较温和的硫化条件有利于胶料的渗入。

因此,在制定特别是在强化硫化条件时,必须考虑如下的事实,即调节诱导期的长短及硫化压力对胶料向帘线渗入过程具有根本性的影响;在同一胶料配方下胶料的渗入可出现从完全缺胶到钢丝被良好包覆的不同情况。

3 覆胶及胶料渗入对橡胶钢丝帘线复合物性能的影响

过去的研究表明^[1,2],钢丝帘线覆胶可改变其工作力学。

使橡胶钢丝帘线复合物不同于未覆胶帘线的全新特性是它的承受压缩负荷的能力^[1]。显示滞后损失的性质和大小变化的拉伸状态下的帘线轴向捻合角这一特性,在覆胶后也发生根本性的变化^[2]。此外,帘线的捻合是它的抗多次变形能力的显示,因此覆胶时产生的帘线回转角的变化是与体系疲劳性能的变化相关联的。以上研究表明,对不同结构的钢丝帘线来说,表示覆胶对这些性能影响效果的量值是不相同的,它们的大小与胶料渗入帘线的程度有关。渗入程度越深,相应参数的变化也越大。

本文列出了覆胶对钢丝帘线强度、伸长、弯曲刚度及耐疲劳性能影响的鉴定结果。

表 5 列出覆胶后不同结构钢丝帘线强度 p 、伸长 ϵ 和塔贝尔弯曲刚度 J 变化的鉴定结果。

表 5 加热及覆胶对钢丝帘线机械性能的影响

钢丝帘线结构	原帘线		加热后的帘线		覆胶帘线		塔贝尔刚度, N·cm	
	p, N	$\epsilon, \%$	p, N	$\epsilon, \%$	p, N	$\epsilon, \%$	$J_{\text{初始}}$	$J_{\text{覆胶}}$
4×0.22	405	2.1	422	1.8	462	1.5	0.15	0.25
4×0.28	670	2.1	691	1.8	711	1.6	0.38	0.49
3×0.15+6×0.27	1060	—	—	—	1120	—	0.49	0.60
3+9+15×0.175+1	1699	1.6	1710	—	1720	1.5	0.60	0.75—0.90
3+9+15×0.22+1	—	—	—	—	—	—	0.90	1.65—2.50

所有被研究结构的钢丝帘线都具有强度增加、伸长降低和弯曲刚度上升的特点。根据帘线结构的不同,覆胶及胶料渗入对性能变化所起的作用也有所不同。所得结果可做如下解释:覆胶时产生的胶料渗入过程及粘合的形成,从其对帘线变形机制的作用来看,就相当于在帘线结构中生成能提高钢丝工作一致性的钢丝间的辅助粘合。此外,其它的补充实验(见表 5 加热后帘线栏)表明,在复合物

硫化时发生的钢丝帘线的受热过程也对提高强度有所贡献。

曾较详细地研究了钢丝帘线弯曲刚度性能的变化与胶料渗入帘线程度的关系。鉴定塔贝尔弯曲刚度用的 3+9+15×0.22+1 结构钢丝帘线是从如下橡胶帘线试样中抽出的,即在试样中用调整硫化参数的方法使胶料向帘线中的渗入达到不同的程度。结果如表 6 所示。

表 6 胶料渗入对 3+9+15×0.22+1 结构钢丝帘线塔贝尔弯曲刚度的影响

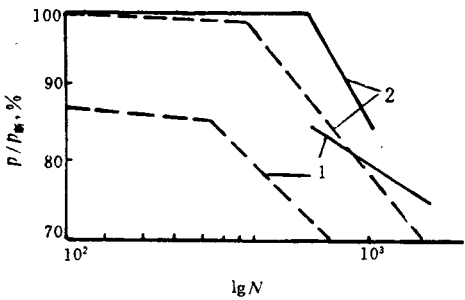
胶料编号	条件 I (155℃×30min)				条件 II (175℃×6min)			
	硫化压力 MPa	覆胶程度,分		塔贝尔刚 度,N·cm	硫化压力 MPa	覆胶程度,分		塔贝尔刚 度,N·cm
		II 层	芯层			II 层	芯层	
I	0.98	0	0	1.30	0.98	0	0	1.30
	1.47	0	0	1.35	1.47	0	0	1.35
	1.96	0-1	0	1.40	1.96	0-1	0	1.40
	2.94	1	0	1.50	2.94	1	0	1.50
II	0.98	1	0	1.45	0.98	0-1	0	1.35
	1.47	1	0	1.45	1.47	0-1	0	1.40
	1.96	2	0	1.70	1.96	0-1	0	1.40
	2.94	2	0	1.70	2.94	1	0	1.50
III	0.98	1	0	1.45	0.98	0-1	0	1.35
	1.47	1	0	1.50	1.47	1	0	1.50
	1.96	2	0-1	1.70	1.96	1	0	1.50
	2.94	2-3	1	1.80	2.94	2	0	1.65

结果表明,弯曲刚度的增加与胶料渗入帘线程度的增大具有良好的相关性。

胶料未渗入帘线的覆胶能使初始帘线的弯曲刚度从 0.95—1.00N·cm 提高到1.30—1.35N·cm。随着胶料渗入量提高到充满所有空隙为止[III 层(原文如此—编注)及芯层的分数为 3 分],塔贝尔刚度可逐渐增至2.25 N·cm。

为了鉴定覆胶对钢丝帘线疲劳性能的影响,对 4×0.28 及 3×0.15+6×0.27 结构的覆胶及未覆胶钢丝帘线进行了小往复拉伸疲劳试验(见附图)。

由附图看出,覆胶帘线的耐疲劳性能高于未覆胶的帘线。研究破坏的试样表明,覆胶帘线的破坏机制是这类复合物所特有的机制,即帘线与橡胶先分层,然后开始疲劳破坏。这说明了作为提高整个体系工作能力因素的钢丝帘线与橡胶的粘合及橡胶向帘线中的充分渗入的重要性。



附图 钢丝帘线耐疲劳性能(小往复拉伸试验)
1—3×0.15+6×0.27;2—4×0.28:
---未覆胶;—已覆胶

综上所述,胶料向钢丝帘线中的渗入不仅是决定橡胶钢丝帘线复合物耐腐蚀性,同时又是决定其物理机械性的重要因素。本文探明了胶料渗入过程的基本规律及各种不同因素对胶料渗入的影响。

参考文献(略)

译自《1994 年国际橡胶会议论文集
第 4 集》,514—522