

用等离子体处理钢帘线及胎圈钢丝表面 以改善钢丝骨架材料的粘合性能(一)

原著 P. Janyпка, M. Szostak

(波兹南理工大学)

表面粘合层的性质是钢骨架材料与胶料初始粘合性能和老化后粘合性能的基础,老化包括热老化、盐水老化、湿气老化和蒸气老化。钢骨架材料制造商给出诸如黄铜/青铜的组成和形态、盘条拉拔润滑材料、磷化和帘线几何特性等参数,轮胎设计者应能据此设计出与钢帘线粘合性能好的胶料配方。橡胶、炭黑、硫化体系和粘合剂的类型和性质都是影响粘合性能的主要因素。轮胎使用期间影响粘合性能的主要是生热和运行时的外观轮廓。评价粘合性能的一个主要因素是轮胎行驶期间骨架材料部位的温度。正是因为这个原因,实验工作重点集中在行驶中的轮胎的生热过程。

通常用几种不同的方法测试行驶中的轮胎的生热:埋入热电偶(轮胎接触测试法)、轮胎压力和生热监控系统(测试轮胎内的空气温度)和轮胎的非接触温度测试(测试轮胎表面的温度)。

测试轮胎胎体温度的普通方法是在轮胎内埋入一些热电偶并通过滑动环把它们与数据采集系统连接起来。轮胎硫化之前把热电偶埋入胎坯内或粘结在已硫化轮胎上钻好的空内。但是该方法存在问题:难以精确地在轮胎的指定结构部位放置传感器;因热沿导线传导而引起的误差及热电偶的机械适应性很低。另一种测试方法是在轮胎停止运行后立即嵌入热电偶,但是不能精确地测试行驶着的轮胎某些部位的温度。行驶中的205/60R15轿车子午线轮胎速度对生热的影响见表1和图1,315/80R22.5载重子午线轮胎在4万N载荷时速度对生热的影响见表2和图2,行驶速度为100km·h⁻¹。

表 1 205/60R15 乘用子午胎行驶时生热与速度的关系

速度 / (km·h ⁻¹)	温度/℃			
	带束层边缘	三角胶	花纹块中心	胎肩花纹沟
60	70	55	34	55
80	78	62	35	56
100	82	68	37	58
120	90	75	38	59

表 2 315/80R22.5 载重子午胎行驶时
不同部位的生热情况

部位	时间 /min				
	10	20	30	60	80
带束层	84	110	120	132	134
胎冠中央	82	102	110	113	114
空气内部	51	67	72	85	86

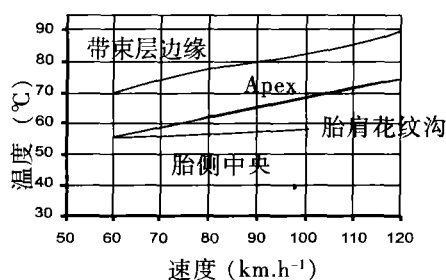


图 1 轿车子午线轮胎温度数值

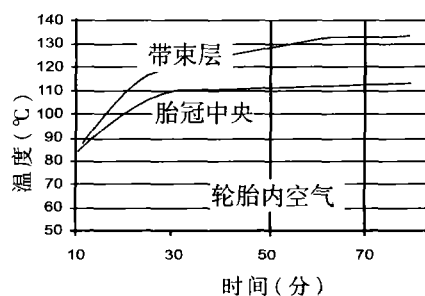


图 2 行驶中的载重轮胎的温度数值

本实验研究的试样是轿车子午线轮胎广泛使用的标准结构钢帘线,采用静态和动态两种实验来评价钢帘线与胶料的粘合性能。动态实验方法通常能更真实地反映实际状况。我们采用三种动态实验方法:亨利(Henley)实验、超声波和波兹南理工大学发明的实验方法。

1 实验材料

钢骨架材料:Φ0.89mm 表面镀青铜胎圈钢丝、2+2×0.25 高强度表面镀黄铜(铜含量 63.5%)钢帘线。两种配方胶料:A(441)、B(44),各自的硫化条件为:A——150℃×35min;B——150℃×20min。

2 实验方法

2.1 亨利法

用 STN62 1464 亨利实验标准规定的程序来评价骨架材料与胶料的粘合性能,这种实验可以确定胶料与帘线的粘合性能和试片经反复损坏后粘合性能的损失情况。图 3 所示为含有帘线的经过硫化的试片,首先使其中央部位在亨利实验仪频率 7.5Hz 状态下经受每分钟 450 周的压力和弯曲力的动态应力作用(应变条件:温度 80℃、时间 24h、应变幅度 45%)。然后,测试帘线—胶料试样中央部分(变形损坏)和边缘部分(无变形损坏)的粘合性能。

测定试片的平均粘合强度和动态应变后试样相对粘合强度损失(检验试片原粘合强度的百分率)。采用 1kN 加力头 Zwick 1101 型仪器测试粘合性能,实验在 23℃、相对湿度 55% 的条件下进行。

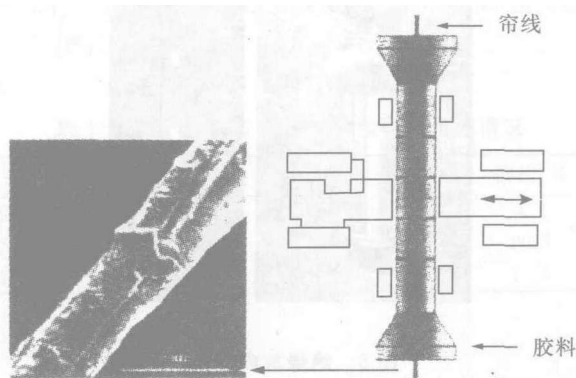


图 3 试样中心经受动态压缩应力和弯曲应力的作用

2.2 经受超声波应力作用后钢帘线与胶料的粘合性能

另一种测试复合材料的实验方法是超声波应力法。其原理和应力见图 4。该实验可以在恒定应变或恒定应力两种条件下进行,静态载荷幅度是可变的,测试钢帘线与胶料粘合至破坏的时间。也可以静态载荷恒定而对每一个试样施加不同的动态载荷,测试钢帘线与胶料粘合至破坏的时间。

本实验方法的另一种可行方案是在一定的载荷水平下只使用动态载荷,之后在撕裂实验机上测试把胶料从钢帘线上撕裂下来所需的剩余力。

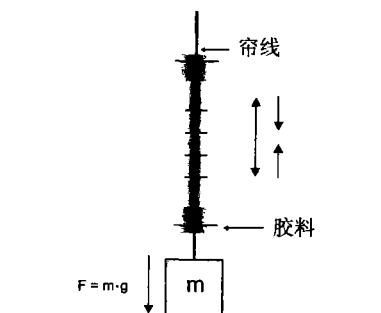


图 4 胶料对帘线应力试验原理

表 3 和表 4 为动态粘合实验的结果,使用两种结构的钢骨架材料:Φ0.89mm 胎圈钢丝和 2+2×0.25 钢帘线。两种配方胶料。实验条件是:频率 20~300Hz、界面温度 100~240℃。所有实验中应力中的动态成分都是相同的,只有静态载荷幅度是变化的。该实验的评价标准是钢帘线与胶料界面破坏时受到的往复周数。把经历 108 次往复试样的应变定为疲劳极限(表 3、表 4)。从实验结果来看,胶料 B 最稳定。在某些实验中可能会发现实验结果的分布相对较宽,其原因是钢帘线与胶料硫化不好。当采用较小幅度的动态载荷和较大的静态载荷时,帘线与胶料粘合受破坏的部分增加,多数试样的粘合破坏出现在钢帘线与胶料的界面。

2.3 波兹南理工大学发明的实验方法

静态粘合强度用未受应力作用的试样的实验结果评价,动态粘合强度则用经受过往复应力作用的试样的实验结果评价。图 5 是这种实验方法的原理图,把硫化后的胶料 A 试样固定在夹持器上,试样被夹在实验仪器的旋转盘上,旋转盘能对试样施加 0~10mm 的周期性应变(因受应变作

表 3 动态应力下轮胎胶料钢帘线复合体内极限状况下钢帘线的粘合性能

骨架材料结构	Φ0.89mm 胎圈钢丝			2+2×0.25 钢帘线		
胶料种类	B			B		
动态加载幅度 /μm	10			10		
静态载荷/N	118	127	147	118	147	186
循环周数	1.8×10^6	7.54×10^7	6.1×10^5	2.51×10^8	2.51×10^8	3.89×10^7
至破坏周数	2.5×10^8	6.9×10^7	7.2×10^7	2.51×10^8	2.51×10^8	2.9×10^7
	—	1.2×10^8	6.82×10^6	—	—	4.8×10^7

表 4 动态应力下轮胎胶料钢帘线复合体内极限状况下钢帘线的粘合性能

骨架材料结构	Φ0.89mm 胎圈钢丝			2+2×0.25 钢帘线		
胶料种类	A			A		
动态加载幅度 /μm	10			10		
静态载荷/N	118	127	147	137	147	186
循环周数	2.5×10^8	9.74×10^6	2.43×10^7	2.51×10^8	6.94×10^7	1.7×10^7
至破坏周数	2.5×10^8	5.48×10^6	1.3×10^7	2.51×10^8	2.5×10^8	2.4×10^7
	—	4.81×10^7	2.63×10^7	—	2.5×10^8	1.67×10^7

用,试样轴向受拉伸力作用)。选择下列动态应力参数:往复周数 30 万周,每分钟转数 1800,频率 30Hz,应变幅度 $\Delta L/2=2\text{mm}$ 。

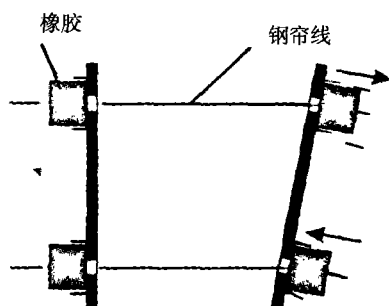


图 5 波兹南动态实验法原理

表 5 列出了采用该方法对钢帘线和胎圈钢丝(各一种规格)进行的静态与动态粘合性能实验的结果。有必要强调一下,本实验采用了不同外形的试片,证明本实验方法非常适用于对把钢帘线从已硫化到帘线表面的胶料撕裂所需的力进行比较。比粘合强度值是把硫化部分长度为单位长的帘线从硫化试样中撕裂下来所需的力。两种试样的比粘合强度见表 6。

从上述的分析中可以看出,波兹南理工大学发明的这种实验方法可以作为评价帘线与胶料粘合性能特别是受拉伸应力作用的骨架材料粘合性能标准实验程序的一个补充手段。

2.4 等离子体放电处理钢丝骨架材料

在实验中,钢丝骨架材料都用等离子体放电对表面进行了处理,用电源产生高压脉冲。等离子体发生器由具有两个套筒的玻璃管组成,一侧

封闭的套筒里充满可以导电的水溶液,水中嵌入阳极。作为阴极的待处理的胎圈钢丝或钢帘线通过内玻璃管的中心并灌满氮气或空气,带绝缘套的放电枪均匀地沿环绕被处理的钢丝骨架材料的两个电极的整个接触区域排列,图 6 是燃烧绝缘套放电枪的示意图。

表 5 根据波兹南理工大学实验方法进行的实验结果

项目	静态粘合强度/N	动态粘合强度/N	粘合强度相对损失/%
Φ0.89mm 胎圈钢丝	3496+/- 243	402+/-17.7	-15.0
2+2×0.25 钢帘线	3073+/-17.3	294+/-12.7	4.3

表 6 采用波兹南理工大学实验方法测试的比粘合强度

比粘合强度 / (N·mm ⁻¹)	Φ0.89mm 胎圈钢丝	2+2×0.25 钢帘线
静态	17.48	15.37
动态	20.10	14.70

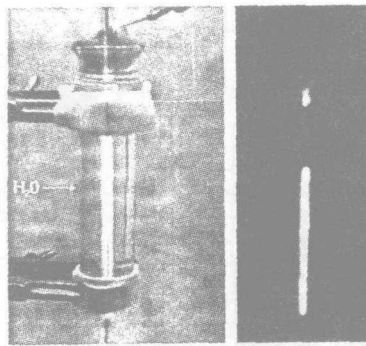


图 6 绝缘放电照片

(未完待续)

高称意

编译