

预硫化胎面翻新轮胎基本工艺研究

高孝恒

(桂林橡胶工业设计研究院 翻新轮胎质量监测中心,广西 桂林 541004)

摘要:通过扫描电镜观察、测试仪器分析、实际里程考核及参考国内外试验报道,研究了硫化压力、胎面应力状态、硫化程度和硫化温度对胶料密实度、硫化胶物理性能、预硫化翻新胎面轮胎实际里程、粘合层粘合强度、胎面耐磨性和耐久性的影响。结果表明,提高硫化压力可改善胎面耐磨性;当硫化压力低于0.5 MPa时可提高粘合层的粘合强度;预硫化胎面处于应力松弛状态或压缩状态时对胎面的耐磨性有利;预硫化胎面翻新轮胎的最佳硫化温度应控制在100℃或更低。

关键词:预硫化胎面;翻新轮胎;硫化压力;胎面应力;硫化程度;硫化温度

中图分类号:TQ330.6⁺7;TQ336.1⁺6 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2000)07-0418-05

预硫化胎面翻新轮胎近年来在国内引起行业关注。国外自1958年开始研究推广,至今仍处于发展阶段。欧美先进国家的预硫化胎面翻新轮胎占载重翻新轮胎的60%~70%,美国预硫化胎面翻新轮胎占载重子午线翻新轮胎的84%。预硫化胎面翻新轮胎工艺的主要特点是高温、高压生产预硫化胎面,低温、低压翻新轮胎。随着胎面配方、胶料选择及胎面结构等的不断发展,翻胎装备与检测手段也不断更新。我国80年代研制了预硫化翻新轮胎技术与装备。90年代国外企业以合资形式进入我国,但带来的技术与装备多是80年代以前的水平,且注重推销预硫化胎面、粘合胶层及包封套等产品,而对生产技术严加保密,产品售价昂贵。

我们通过扫描电镜观察、测试仪器分析、实际里程考核及参考国内外试验报道,研究了硫化压力、胎面应力状态、硫化程度和硫化温度对胶料密实度、物理性能、粘合层粘合强度、胎面耐磨性及耐久性的影响。希望通过这些研究取得制定预硫化胎面翻新轮胎工艺、配方及设备设计的可靠依据,并为进一步提高翻新轮胎技术水平提供参考。

作者简介:高孝恒(1936),男,浙江杭州人,桂林橡胶工业设计研究院教授级高级工程师,主要从事翻新轮胎技术研究及翻新质量监督检验工作。

1 硫化压力对胶料性能的影响

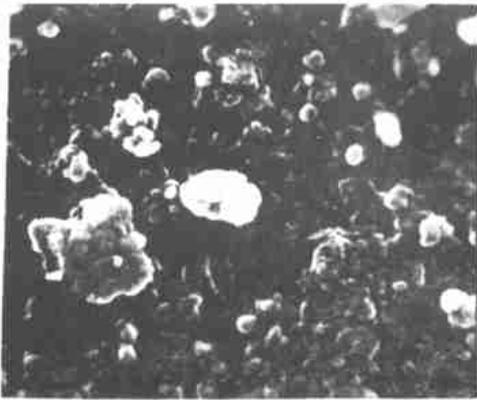
1.1 对胶料密实度的影响

自制两套直径分别为80和250 mm的柱塞模,在可调液压平板硫化机上进行胶料加压硫化试验。硫化压力为0.6~44.7 MPa,胎面胶为全NR或BR/NR并用胶(并用比50/50)的普通胎面配方。在不同硫化压力下硫化出试样,经切片及在高真空下镀金处理后置扫描电子显微镜(SEM)下观察胶料表面的密实程度,结果见图1。

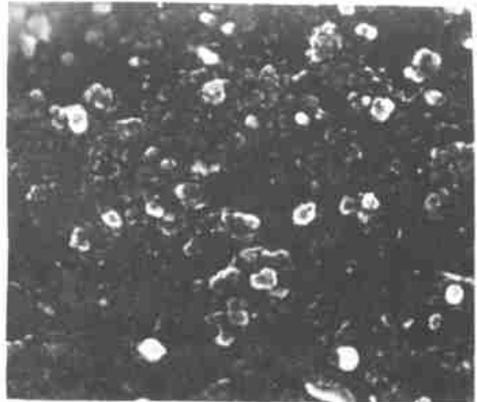
由图1(1),(2)和(4)可见,硫化压力为20.0 MPa的图像显得比硫化压力为0.6和1.0 MPa的图像密实。即使硫化压力很大(达到44.7 MPa),在NR与BR之间仍有空隙,如图1(6)所示。由于胶料和配合剂很难混炼均匀,试样表面难以呈平面状态,有些照片所显示的图像就很难对胶料密实度作出准确的判断,如图1(3)和(5)所示。

1.2 对硫化胶物理性能的影响

硫化压力对硫化胶物理性能的影响见表1和2。从表1可见,当硫化压力为0.6 MPa时硫化胶的物理性能较差;当硫化压力达到1.0 MPa以上,硫化胶的物理性能较稳定。由表2可见,当硫化压力提高到4.5 MPa后,硫化压力对阿克隆磨耗量的影响不明显。



(1) 硫化压力为 0.6 MPa



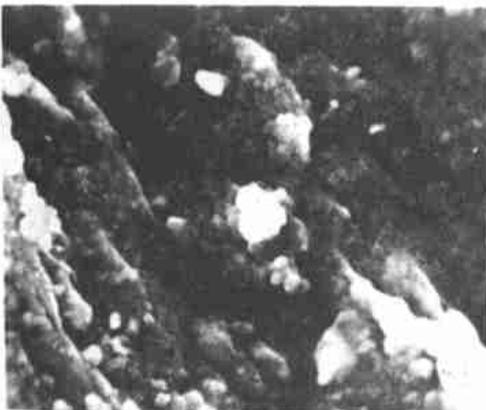
(2) 硫化压力为 1.0 MPa



(3) 硫化压力为 2.5 MPa



(4) 硫化压力为 20.0 MPa



(5) 硫化压力为 38.4 MPa



(6) 硫化压力为 44.7 MPa

图 1 不同硫化压力下硫化胶的 SEM 照片(放大 10 000 倍)

1.3 对实际里程的影响

在不同硫化压力下硫化成预硫化胎面后制成 9.00 - 20 翻新轮胎,采用 2 种方法进行实际里程对比:(1)将硫化压力不同的预硫化胎面制

成翻新轮胎后,分发各里程试验点进行实际里程考核,试验条件及里程(4 万 ~ 5 万 km)相同;(2)与硫化压力为 1.5 MPa 的模型法翻新轮胎进行对比。试验结果见表 3 和 4。从表 3 和 4

表1 不同硫化压力下硫化胶的物理性能对比

项 目	硫化压力/MPa								
	0.6	1.0	2.5	3.3	4.5	7.0	10.0	20.0	26.5
拉伸强度/MPa									
1 [#]	30.3	30.9	30.3	31.1	31.4	—	—	—	—
2 [#]	31.9	33.9	33.0	—	33.4	33.6	32.4	32.5	32.4
3 [#]	23.6	26.1	27.0	—	26.7	25.6	27.2	25.1	25.4
扯断伸长率/%									
1 [#]	682	671	671	660	641	—	—	—	—
2 [#]	651	654	636	—	642	663	655	655	627
3 [#]	544	560	682	—	577	603	596	535	558
300%定伸应力/MPa									
1 [#]	62	62	63	64	65	—	—	—	—
2 [#]	89	100	102	—	100	89	87	86	91
3 [#]	101	107	98	—	110	88	95	106	107
回弹值/%	38	42	41	—	40	47	—	44	43
邵尔 A 型硬度/度									
1 [#]	49	48	48	50	49	48	48	49	50
2 [#]	62	63	64	62	64	64	—	—	—
3 [#]	58	58	58	58	59	60	—	—	—

注:1[#]、2[#]和3[#]的试验配方不同。

表2 不同硫化压力下硫化胶的磨耗量对比¹⁾

项 目	硫化压力/MPa						
	0.5	1.0	2.5	4.5	7.0	10.0	20.0
邵尔 A 型硬度/度	56	56	56	56	56	—	—
密度/(Mg·m ⁻³)	1.180	1.120	1.122	1.120	1.120	—	—
阿克隆磨耗量 ²⁾ /cm ³	0.506	0.493	0.375	0.283	0.283	—	—
阿克隆磨耗量 ³⁾ /cm ³	0.143	—	0.174	0.106	0.071	0.112	0.102

注:1) 试验配方与表1基本相同;2) 桂林橡胶工业设计研究院实测数据;3) 交通部重庆公路科学研究所实测数据。

可以看出,增大硫化压力可提高翻新轮胎胎面的耐磨性。

1.4 对粘合层粘合强度的影响

预硫化胎面翻新轮胎工艺是指在胎体打磨后贴上粘合层、预硫化胎面后在低温、低压下(硫化罐内的压力只有0.6MPa,甚至更低)翻新轮胎。为了测试硫化压力对粘合层与胎体及预硫化胎面的粘合强度是否有影响而进行了模拟试验。方法是将打磨后的胎体切割成20cm

表3 不同硫化压力下硫化的预硫化翻新

轮胎累计平均磨耗对比 km·mm⁻¹

批次	硫化压力/MPa		单耗里程提高率/%
	1.5	7.0	
第1批	4 472	4 757	6.3
第2批	3 937	4 202	6.7
第3批	5 140	6 231	13.6

注:试验场地设在广东江门、四会、台山和五华。

表4 不同硫化压力下预硫化法与模型法

翻新轮胎累计平均磨耗对比 km·mm⁻¹

试验场地	预硫化法 ¹⁾	模型法 ²⁾	预硫化法单耗里程提高率/%
北汽运 10 场	8 459	8 226	2.8
北汽运 11 场	11 539	12 920	- 10.7
北汽运 12 场	13 397	10 195	31.4
北汽运 14 场	15 335	12 961	18.3
海南省崖县	5 502	5 581	- 0.14
海南省屯昌	5 534	5 262	5.1
海南省琼海	5 080	4 588	10.7

注:1) 硫化压力为5.0MPa;2) 硫化压力为1.5MPa。

长的段块,贴上粘合层预硫化胎面后制成试块,将试块置于内胎段块中(留有气门嘴以备抽真空),内胎段块两端用夹板夹紧(在试样内埋有测温电偶线),将带有内胎包封套的试样置于硫化罐内,并用压缩空气及蒸汽加热加压硫化。调整不同的罐内压力,如0.2、0.3、0.4和0.5

MPa,经测温确认达到正硫化点后从硫化罐内取出,进行粘合强度测定,结果见表5。在柱塞式硫化模内制成试样,并在平板硫化机上以不同硫化压力硫化,测定预硫化胎面与胎体间的粘合强度,结果见表6。

表5 不同硫化压力下预硫化法翻新轮胎胎体与粘合层间的粘合强度 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

硫化条件	硫化压力/MPa			
	0.2	0.3	0.4	0.5
100 $\times 55 \text{ min}$	4.83	5.15	5.25	—
120 $\times 55 \text{ min}$	5.2	7.6	7.7	5.9

注:100和120 硫化温度下的试验配方有所不同。

表6 不同硫化压力下胎面与胎体间的粘合强度 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

项 目	硫化压力/MPa						
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2.5	4.0
试样编号							
1	3.6	4.4	3.8	5.2	5.5	3.9	6.0
2	4.2	5.6	4.1	5.2	5.4	4.3	5.0
3	3.6	4.8	4.5	5.6	4.9	4.1	4.0
4	4.2	4.7	—	5.5	5.4	—	6.4
平均值	3.9	4.8	4.1	5.4	5.3	4.1	5.5

注:硫化条件为100 $\times 150 \text{ min}$ 。

国外也进行过类似试验,结果如下:当硫化压力为0.5,1.0,4.1,8.3,16.6和20.7 MPa时,胎面胶与胎体打磨胶面之间的粘合强度分别为14.8,14.2,14.2,13.7,13.4和10.2 MPa。

由以上结果可以看出,当硫化压力在0.5 MPa以下时,硫化压力对粘合层的粘合强度有明显影响;硫化压力过高对粘合层的粘合强度反而不利。

2 胎面应力状态对耐磨性的影响

将预硫化胎面(环形或条形)贴于胎体上可能出现以下3种应力状态:胎面长度小于胎

体外周长,胎面处于伸张状态;胎面长度与胎体外周长相等,胎面处于无应力状态;胎面内周长大于胎体外周长,胎面处于应力压缩状态。不同的胎面应力状态对翻新轮胎的耐磨性和耐刺扎性是有影响的,为此进行了模拟试验及实际里程考核。

2.1 阿克隆磨耗试验

将不同长度的胶条试样粘于胶轮上,在阿克隆磨耗试验机上进行对比。由于试验条件所限,试样难以达到压缩应力状态(环形预硫化胎面可以做到),且阿克隆磨耗属一种简单磨耗,与轮胎实际里程磨损相比差距甚远,不过仍为一种倾向性的反映。

从表7可以看出,当胶条处于伸张状态时对耐磨性有不良影响。

2.2 耐磨性试验

我们试制的预硫化胎面为环形硫化胎面,由于胶料停放差异及填胶等原因,虽采用同一台硫化机硫化,但硫化出的9.00-20预硫化胎面直径仍有 $\pm 3 \text{ mm}$ 的误差;另外,由于各品牌轮胎不同及打磨后轮胎直径不同,在贴合时使预硫化胎面在胎体上处于不同应力状态。分组进行同车装用对比试验的结果见表8。

从表8可见,胎面处于伸张状态对胎面的耐磨性不利。

3 硫化程度和硫化温度对胎面耐磨性和耐久性的影响

高温硫化引发过硫化,其对胎面耐磨性的影响较大,对翻新轮胎的耐久性影响也很大。我们做了一些对比试验,同时介绍国外在这方面的试验情况。

3.1 硫化程度对翻新轮胎耐磨性的影响

分别做了欠硫化、正硫化和过硫化试样的阿克隆磨耗试验对比,其结果见表9。

表7 不同长度的胶条试样在阿克隆磨耗试验机上的磨耗量

项 目	胶条长度/mm						
	210	212	214	216	218	220	222
胶条在胶轮上的伸长率/%	6.10	5.23	4.34	3.44	2.55	1.65	0.76
磨耗量/($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)	0.581	0.553	0.552	0.548	0.534	0.548	0.534

表8 环形预硫化胎面在胎体上处于不同应力状态对胎面耐磨性的影响

项 目	小于胎体周	等于胎体周	大于胎体周
	长 15 mm	长 ±3 mm	长 15 mm
应力状态	伸张	无	压缩
累计平均磨耗/ ($\text{km} \cdot \text{mm}^{-1}$)	5 039	5 392	5 298

表9 不同硫化程度对试样耐磨性的影响

项 目	欠硫 化	欠硫 化	正硫 化	过硫化 100 %	过硫化 166 %	过硫化 283 %
硫化时间 (131) /min	10	20	30	60	80	115
阿克隆磨耗 量/ cm^3	0.555	0.548	0.459	0.466	0.510	0.553

从表9可见,欠硫化和过硫化对耐磨性均有不良影响。

预硫化翻新轮胎胎面硫化程度对翻新轮胎累计平均磨耗的影响如下:

第1批试验胎:硫化条件为 143 \times 92 min,轮胎表面过硫化283%,累计平均磨耗为 3 606 $\text{km} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

第2批试验胎:硫化条件为 143 \times 47 min,轮胎表面过硫化50%,累计平均磨耗为 5 413 $\text{km} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

3.2 硫化温度对翻新轮胎耐久性的影响

国外翻胎行业对预硫化温度影响翻新轮胎耐久性颇有争议。持硫化温度较高无害论者认为,硫化温度虽高但在轮胎整个“热历程”中所占比例非常小,因此在较高硫化温度(如 125 左右)下对翻新轮胎耐久性的影响不大;另一种意见认为,硫化温度对翻新轮胎的耐久性影响很大,因为在较高硫化温度下长期加热的温度远远高于行驶温度,对胎体层间的粘合强度影响和破坏不容低估,并通过对比材料来说明预硫化翻新轮胎的硫化温度不宜超过 100 。

从高、低温硫化翻新轮胎和里程试验对比认为,低温硫化可节能,只要少量蒸汽就可生产,且大大延长包封套及硫化内胎的寿命。在海南省里程试验对比中,低温硫化的翻新轮胎行驶里程超过 6.0 万 km;而高温硫化的翻新轮胎行驶里程在 6.0 万 km 以内。

美国有人开发了高、低温硫化翻新轮胎耐久性试验对比材料:对比轮胎选取两种品牌的新轮胎,磨去胎面后贴上预硫化胎面,共 26 条分成 3 组,采用相同的预硫化翻新轮胎工艺,只是硫化温度不同,然后进行耐久性试验,硫化温度分别为 100, 113, 127 和 149 ,其试验结果见图 2。

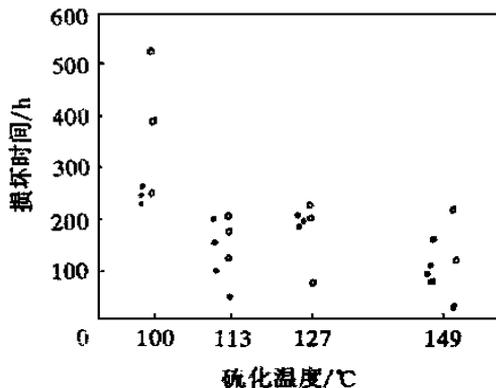


图2 不同硫化温度的翻新轮胎耐久性对比

4 结论

(1) 提高硫化压力可改善胎面耐磨性,但硫化压力超过 4.5 MPa 以上效果不明显。硫化压力对粘合层粘合强度的影响只是在低于 0.5 MPa 以下时才较明显,过高的硫化压力对粘合强度反而不利。

(2) 预硫化胎面贴于胎体上应使胎面处于应力松弛状态或压缩状态,防止胎面处于伸张状态。

(3) 胎面硫化程度对轮胎的耐磨性有一定影响,应控制胎面硫化程度。当预硫化胎面过硫化严重时耐磨性下降很大,应采取高温短时硫化及防止返原。

(4) 应控制好预硫化胎面翻新轮胎的硫化温度,最佳的硫化温度应在 100 或更低。这就要求粘合层的硫化条件控制在 80 \times 30 min。

(5) 预硫化胎面翻新轮胎技术还包括诸如原材料选择、配方、胎面结构和胎面花纹设计,胶料加工及翻新轮胎工艺技术。