

常温法精细硫化胶粉在轮胎胶料中的应用研究

张萍, 邓涛, 许国玉*, 李晓勇*, 赵树高

(青岛化工学院 高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要: 以常温法 80 目精细胶粉用于载重轮胎的胎面和胎侧胶料为例, 系统考察了这两种胶料掺用胶粉后的加工性能及其硫化胶的物理性能, 其中着重对胶粉在胶料中的分散状态、硫化胶各项常规物理性能以及动态力学性能等进行了试验研究和对比。结果表明, 轮胎胶料中掺用 80 目精细硫化胶粉对其加工性能影响不大, 有利于胶料的混炼操作及胎面胶的流动性, 但用量以小于 15 份为宜; 经精炼的胶粉还可改善胎面胶的撕裂强度、拉伸强度及耐磨性。

关键词: 硫化胶粉; 轮胎; 胎侧; 胎面; 物理性能

中图分类号: TQ335; TQ336.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-890X(2001)10-0596-07

近年来, 将废旧橡胶制品制成胶粉加以重新利用日益受到人们的普遍关注^[1~10], 使我国硫化胶粉的生产能力迅速扩大, 有些企业的胶粉年生产能力已超过万吨。但是另一方面, 由于各胶粉生产厂家的技术水平参差不齐, 其胶粉的质量也各有差异, 同时, 有关方面对胶粉应用技术的研究开发尚未给予足够的重视, 多数胶粉用户只是为了降低生产成本而在胶料中少量掺用, 普遍而有效的推广应用还缺乏强有力的技术支持。我国硫化胶粉的开发和应用还处于发展过程中, 特别是应用技术的深度开发对胶粉的推广应用具有决定性的影响。

目前, 国内胶粉制造工艺以常温机械粉碎法为主, 有的厂家也采用冷冻机械粉碎法, 一般常温粉碎法工艺简单, 生产成本相对较低。本研究以常温法 80 目精细胶粉用于载重轮胎的胎面和胎侧胶料为例, 系统考察了这两种胶料掺用胶粉后的加工性能及其硫化胶的物理性能, 其中着重对胶粉在胶料中的分散状态、掺用胶粉后胶料的流变性能、硫化特性、硫化胶各项常规物理性能以及动态力学性能、胶粉的预处理(精炼)效果以及胶料硫化体系的调整等进行了试验研究和对比分析。

1 实验

1.1 主要原材料

精细硫化胶粉(80 目), 南京伟龙实业有限公司提供。

1.2 试验配方

胎面胶: NR 45; SBR 20; BR 35; 炭黑 53; 硫黄 1.5; 促进剂 0.8; 其它 22。

胎侧胶: NR 40; SBR 35; BR 25; 炭黑 60; 硫黄 1.8; 促进剂 0.6; 其它 22。

1.3 试样制备

混炼: 将混炼胶按需称量后分别在开炼机上添加胶粉, 混合均匀, 薄通下片待用。

硫化: 用 EK-2000 无转子硫化仪分别测定各混炼胶的硫化曲线, 按测得的正硫化时间在 143 °C/10 MPa 下硫化各试样。

胶粉精炼: 在 S(X)160A 型开炼机上, 以最小辊距将硫化胶粉碾压 6 min 左右即可。

1.4 性能测试

(1) 硫化胶粉在胶料中的分散状态采用 DISPERGRADER 分散仪(瑞典 Optigrade 公司产品)观察和测定试样的光洁度及胶粉的分散状态。

(2) 硫化特性采用无转子硫化仪(EK-2000, 台湾育肯公司产品)测定各种胶料的硫化曲线, 并求出 t_{10} 和 t_{90} 。

(3) 胶料流变性能用毛细管流变仪(XLY-2

* 青岛化工学院橡胶工程专业 2000 届本科毕业生。

作者简介: 张萍(1953-), 女, 山东单县人, 青岛化工学院副教授, 主要从事高分子物理及橡胶工程的教学和科研工作。

型, 吉林大学科教仪器厂产品) 进行测定。

(4) 常规力学性能中拉伸性能按 GB/T 528—92 测定; 硬度和回弹值按 GB/T 1681—91 测定; 撕裂强度按 GB/T 529—91 测定; 阿克隆磨耗量按 GB 1689—82 测定; 屈挠龟裂性能按 HG 4-835 进行测试。

(5) 动态力学性能分析采用 DMA204 动态粘弹谱仪(NETZSCH 公司产品), 在频率为 10 Hz、升温速率为 3 K·min⁻¹ 的条件下测定硫化胶的动态力学性能。

2 结果与讨论

2.1 胶料的加工特性

2.1.1 开炼机混炼行为

在开炼机混炼中胶粉表现出良好的辊筒行为, 混入胶料的速度很快。

将胶粉直接掺用到胶料的过程中, 胶料的混入速度很快, 但在胶粉掺入初始期有轻微的脱辊倾向, 随着胶粉用量的增大脱辊倾向越趋明显。胶料下片后, 表面较为光滑、平整, 说明胶粉粒子在胶料中分散得比较均匀。

将胶粉精炼后混入胶料时混合过程迅速完成, 无脱辊倾向。胶料下片后表面不如直接掺用胶粉的胶料表面光滑, 个别胶粉颗粒凸出胶片表面, 但程度不是很明显, 说明胶粉经精炼后掺用可能影响在胶料中的分散效果。

2.1.2 胶粉在胶料中的分散状态

为了直观地考察胶粉在胶料中的分散特性, 用 DISPERGRADER 分散仪对各配方胶料的切割表面扫描, 并给出了表征胶粉分散状态的特征参数 *X* 和 *Y* 值(见表 1)。其中 *X* 表征了胶粉分散性的好坏, *X* 值越大, 分散性越好;

Y 表征的是超大颗粒出现的几率, *Y* 值越大, 几率越小, 即分散性能越好。

由表 1 可见, 与胎面空白胶料相比, 随着胶粉用量的增大, 其在胶料中的分散性变差。对比胶粉精炼与直接掺用两种情况可以发现, 胶粉用量不超过 15 份时, 二者的分散状态差别不大。直接掺用和精炼以后掺用 10 份胶粉时两种试样的 *X* 和 *Y* 值分别为 4.7, 8.3 和 4.6, 8.3; 掺用 15 份时试样的 *X* 和 *Y* 值分别为 4.8, 8.6 和 5.0, 8.6。胶粉用量达到 20 份时, 精炼反而使胶粉的分散性变差, 胶料中出现明显的结团现象; 与空白胶料试样相比, 其 *X* 和 *Y* 值由 6.0 和 9.4 分别降低到 4.1, 7.6 和 3.1, 5.8。这可能是由于精炼使硫化胶粉原有的粒状结构被破坏, 粒子间相互连接成片状结构, 在胶料中难以分散均匀。因此, 当大比例地掺用胶粉时, 若无其它辅助措施, 胶粉的精炼将不利于它在胶料中的分散。

2.1.3 胶料的流变性能

试验测定了各试样表观粘度与剪切速率的关系, 结果如图 1 所示。从图 1 可以看出, 在相同的剪切速率下, 掺用胶粉后胎面胶料的粘度低于空白试样, 说明掺用胶粉后胎面胶的流动性变好。而在胎侧胶中却出现相反的现象, 掺用胶粉以后胶料的粘度稍高于空白试样, 这可能是配方不同造成的。

从挤出物表面情况看, 无论添加胶粉与否, 随着剪切速率的提高, 挤出物表面形态差别不大。因此, 硫化胶粉的加入对胶料挤出性能无明显不良影响。

2.1.4 胶料的硫化特性

表 2 示出了各试样的硫化特性测定结果。由表 2 可以看出, 随胶粉用量的增大, 除胎侧胶的 *t*₉₀ 基本保持不变以外, 其它配方的 *t*₁₀ 和 *t*₉₀ 均有所缩短。而冷冻法胶粉的试验结果则与此不同^[1], 掺用冷冻胶粉后胶料的硫化时间有所滞后。究其原因, 一方面胶粉中残留的助剂在不同的胶料中对硫化特性会表现出不同的影响, 另一个更重要的原因就在于胶粉的生产工艺不同。冷冻法胶粉的形成依靠低温下的高频机械冲击, 常温法胶粉则主要通过较高温下

表 1 胶粉的分散状态参数值

配方编号	<i>X</i> 值	<i>Y</i> 值	配方编号	<i>X</i> 值	<i>Y</i> 值
M-空白	6.0	9.4	M-N-20	3.1	5.8
M-Z-10	4.7	8.3	C-空白	6.7	9.7
M-N-10	4.6	8.3	C-Z-10	4.7	8.6
M-Z-15	4.8	8.6	C-N-10	5.9	9.6
M-N-15	5.0	8.6	C-N-15	5.6	9.5
M-Z-20	4.1	7.6			

注: M—胎面; C—胎侧; Z—直接掺入胶粉; N—胶粉精炼后掺用; 数字代表用量(份)。

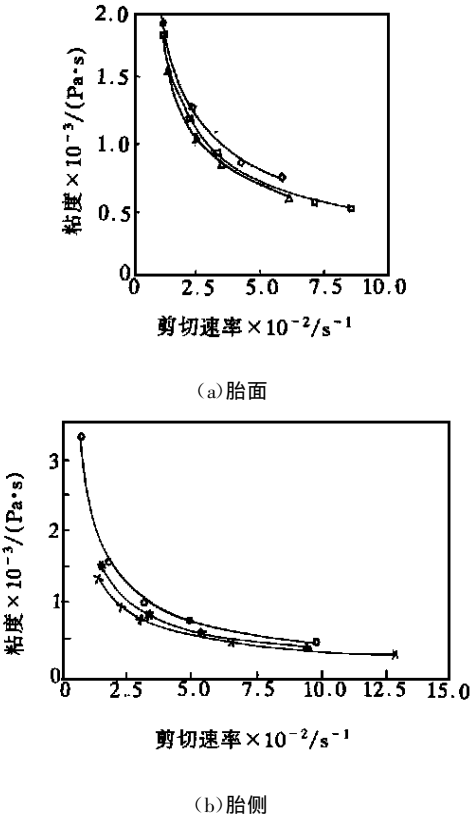


图1 100 °C时胶料的表观粘度与剪切速率的关系(L/D为40/1)

胎面: ◇—(M-1)空白胶料; □—(M-2)直接掺用胶粉;
△—(M-3)胶粉经精炼
胎侧: ×—(C-1)空白胶料; *—(C-2)直接掺用胶粉;
○—(C-3)胶粉经精炼

的低频机械作用,例如摩擦、撕裂和剪切等形成的。由于力活化和热活化同时并存,常温法工艺的力化学动力学有可能赋予胶粉更大的化学活性^[10]。

为了考察胶粉经精炼后掺入胶料对硫化性能的影响,试验中将其与直接掺用的情况进行了比较,结果如表2所示。从表2可以看出,胎面胶中掺用精炼的胶粉后其 t_{90} 的缩短幅度较大。由此进一步证明机械碾压会强化胶粉的化学活性。应当注意的是,使用硫化胶粉时会因胶粉的来源不同,对不同配方胶料的硫化特性产生一定的影响。因此,在硫化条件要求比较苛刻的制品中应对此加以关注和适当的调整。

2.2 硫化胶粉对轮胎胶料物理性能的影响

图2所示为直接掺用胶粉时胶粉用量对试样拉伸强度的影响。由图2可见,随着胶粉用

表2 胶粉用量对 t_{10} 和 t_{90} 的影响					
项 目	胶粉用量/份				
	0	10	15	20	25
胎面					
t_{10}	21.6	19.0	17.3	16.0	—
t_{90}	45.0	30.0	28.6	27.5	—
胎侧					
t_{10}	23	20	20	—	22
t_{90}	41.0	40.0	41.5	—	41.0
胎面					
t_{90}^Z	45.0	30.0	28.6	27.5	—
t_{90}^N	45.0	26.7	25.7	25.0	—
胎侧					
t_{90}^Z	41.0	40.0	41.5	—	41.0
t_{90}^N	38.75	40.00	—	37.50	41.00

注: Z—直接掺用胶粉; N—胶粉精炼后掺用。

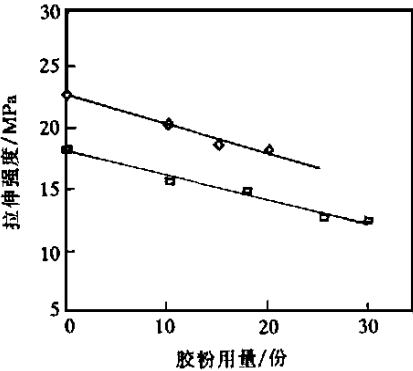


图2 胶粉用量对试样拉伸强度的影响
◇—胎面; □—胎侧

量的增大,胎面胶和胎侧胶的拉伸强度均趋于下降。这主要是由于硫化胶粉颗粒与基质胶的结合并非分子间的结合,二者之间有明显的界面,硫化后也不会对此有根本的改变。这样就造成了硫化胶整体的不均匀性,在外力作用下很容易产生局部的应力集中,因此拉伸强度随胶粉用量的增大而下降。

以上结果表明,直接掺用硫化胶粉使胶料的拉伸强度损失较大,这无疑是硫化胶粉推广应用的一大障碍。为了减少试样强度性能的损失,试验中将硫化胶粉进行了适度的精炼处理,即将硫化胶粉在开炼机上以小辊距进行碾压,然后再掺入混炼胶中,以改善胶粉的活性,提高硫化胶的强度,结果如图3所示。由图3可以看出,使用精炼胶粉的试样拉伸强度的下降幅度比直接掺用胶粉小。例如,同样掺用15份胶

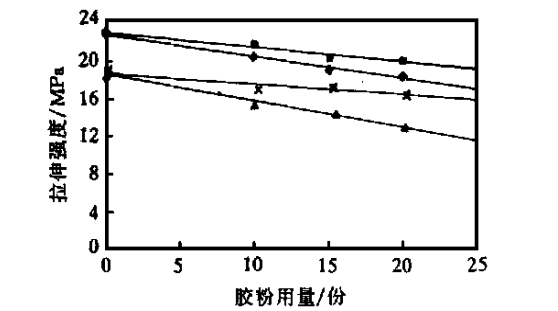


图 3 胶粉用量对拉伸强度的影响

胎面：◆—(M-2)直接掺用胶粉；■—(M-3)胶粉精炼后掺用
胎侧：▲—(C-2)直接掺用胶粉；×—(C-3)胶粉精炼后掺用

粉，以胎面胶为例，胶料直接掺用胶粉，其硫化胶的拉伸强度下降了 4 MPa，使用精炼胶粉其胶料的拉伸强度则只下降了近 2 MPa。可见，胶粉精炼有利于胶粉与基质胶之间的结合。在用量适当的情况下，掺用等量的胶粉，精炼胶粉能有效地补偿硫化胶拉伸强度的损失。

为了进一步考察拉伸强度与胶粉精炼(碾压)时间之间的关系，特将胶粉用量固定在 20 份进行了掺用试验，结果表明，精炼时间分别为 0, 1.5, 3.0, 4.5 和 6.0 min 时，拉伸强度为 14.6, 15.2, 16.8, 16.3 和 17.8 MPa。由此可看出，在 6 min 以内随着胶粉碾压时间的延长，硫化胶试样的强度逐渐提高，说明适度碾压有利于胶粉颗粒与基质胶的结合。要使掺用胶粉的胶料获得较高的拉伸强度，最佳的碾压时间范围应在 5 min 左右。在本研究下一步的试验中，为了赋予胶料最佳拉伸性能，将碾压时间控制在 5 min 左右。

由以上试验结果可知，增大胶料中胶粉的用量会使硫化胶的拉伸强度下降。为了弥补这一不足，本研究尝试通过调整硫化体系来提高和保持胶料的拉伸强度。考虑到多硫交联键能赋予胶料较高的拉伸强度，因此在适当增大硫磺用量的同时，增大了促进剂 DM/DGP 的用量，并与增大促进剂 NOBS 用量的胶料进行了试验对比，结果如图 4 所示。由图 4 可以看出，增大促进剂 DM/DGP 用量对胶料的拉伸强度改善效果比增大 NOBS 用量明显。若再采用经精炼的胶粉就会使拉伸强度的改善效果更明显。同样掺用 15 份胶粉，直接掺用时的拉伸

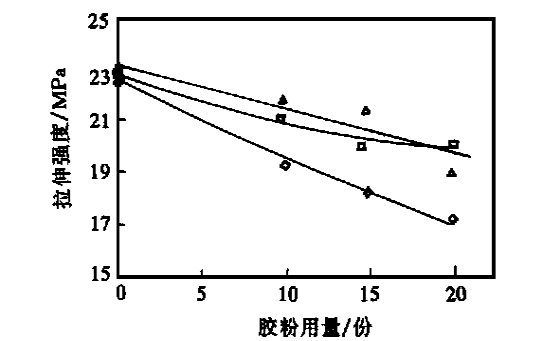


图 4 配方调整对拉伸强度的影响

◇—Z-NOBS；□—Z-DGP/DM；△—N-DGP/DM

强度为 15.4 MPa；调整配方后，直接掺用胶粉的拉伸强度则为 19.8 MPa，掺用精炼胶粉时的拉伸强度为 21.5 MPa。因此，胶料中掺用胶粉后，若能合理调整硫化体系，也能使拉伸强度得到有效改善。

胶粉用于轮胎胶料时对试样 300%定伸应力的影响如表 3 所示。由表 3 可以看出，除直接掺用胶粉的试样 Z-10 性能降低较多以外，掺用精炼胶粉和配方调整对胎侧胶及胎面胶的 300%定伸应力的影响均不明显。这是因为硫化胶本身具有较好的弹性形变，在小变形、低负荷作用下，表现不出其对胶料延伸性能的明显影响。

为了考察胶粉精炼对试样撕裂强度的影响，本研究针对胎面胶进行了试验，结果如表 4 所示。由表 4 可以看出，胶粉经精炼后再加以掺用，其硫化胶的撕裂强度优于直接掺用胶粉的试样。但是，如果精炼胶粉用量过大，胶粉在胶料中的分散性较差，也会导致胶料的撕裂强度下降。由于轮胎高速运转时胎面胶易磨损，因此磨损性能是胎面胶的重要性能指标之一。

表 3 掺用胶粉条件的变化对轮胎胶料 300%定伸应力的影响			MPa
组 分	胎面	胎侧	
空白	7.51	8.28	
Z-10	7.04	6.98	
N-10	7.16	7.38	
Z-10-S-NOBS	7.43	7.35	
Z-10-S-DGP/DM	7.52	7.66	
N-10-S-DGP/DM	7.70	8.17	

注：S—硫黄；其它同表 1。

表 4 胶粉精炼对胎面胶

撕裂强度的影响 kN°m⁻¹		
用量/份	胶粉直接掺用	胶粉精炼后掺用
0	95.34	95.34
10	89.02	94.99
15	78.42	79.08
20	77.79	76.65

为此,针对胎面胶考察了掺用胶粉对硫化胶耐磨性的影响,结果如图 5 所示。由图 5 可以看出,直接掺用胶粉时试样的耐磨性最差;使用精炼胶粉时试样(N-10)则显示出优于空白胶料的耐磨性能,其阿克隆磨耗量小于空白胶 0.070 6 cm³。这同样是由于精炼作用改善了胶粉与基质胶结合状态之故。

合理调整硫化体系使胎面胶各试样的磨耗量均小于空白胶料,表现出耐磨性有所提高,甚

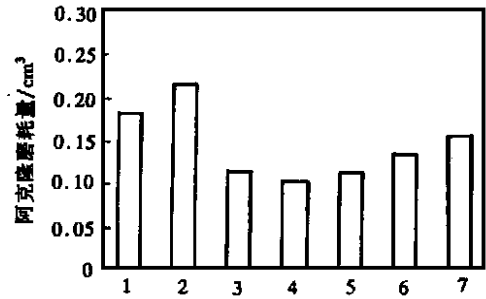


图 5 胶粉精炼对胎面胶耐磨性能的影响
1—空白; 2—Z-10; 3—Z-10-S-N; 4—Z-10-S-D;
5—N-10; 6—N-10-S-D; 7—N-15-S-D
(D 代表促进剂)

至胶粉用量达 15 份时,其磨耗量仍低于空白胶料。这仍然可归因于硫化体系的调整改善了试样的交联效果。

以上结果表明,硫化胶粉的合理掺用有利于轮胎胶料的耐磨性提高。

综上所述,当胶粉的用量小于 15 份时,如果对胶粉加以精炼并且合理调整硫化体系,胶料的主要物理性能均可得到较好的保持。为了验证这一结果的可靠性,本研究对胎面胶和胎侧胶作了重复性试验,结果见表 5。由表 5 可见,掺用 10 份精炼胶粉的胶料性能较好;掺用 15 份精炼胶粉且适当调整硫化体系,并采用 S/DGP/DM 硫化体系的胶料综合物理性能较优。同时,表中数据基本能体现各项性能的变化规律,数据的重现性较好。

2.3 胶料的动态性能

近年来,人们常用橡胶的动态粘弹性来精确描述轮胎硫化橡胶的动态性能,例如以损耗因子 tan δ 与温度的关系来表征胎面胶的抗湿滑性和滚动阻力等。本研究测定了胎面胶试样的动态粘弹谱,初步考察了添加胶粉对各有关试样动态性能的影响。图 6 示出了胎面胶的空白试样、直接掺用胶粉和胶粉精炼后掺用的硫化胶动态粘弹谱。其中 0℃对应的 tan δ 值表征的是抗湿滑性^[10],60℃对应的 tan δ 值表征的是滚动阻力。

表 5 掺用胶粉对轮胎胶料物理性能的影响

项 目	配方特征								
	M-空白	M-Z-10	M-N-10	M-Z-10-S-D	M-N-15-S-D	C-空白	C-Z-10	C-Z-10-S-D	C-N-15-S-D
拉伸强度/M Pa	23.15	21.64	22.21	22.16	22.94	19.93	17.37	17.33	18.56
300%定伸应力/M Pa	7.5	7.04	7.16	7.52	7.64	8.28	6.89	7.66	7.58
扯断伸长率/%	649	609	602	604	589	622	606	585	614
扯断永久变形/%	30	30	29	30	30	25	22	20	24
邵尔 A 型硬度/度	68	68	66	64	64	66	65	66	66
撕裂强度/(kN°m ⁻¹)	110	91	104	96	102	88	68	71	70
阿克隆磨耗量/cm ³	0.183	0.215	0.112	0.103	0.159	0.252	0.321	0.315	0.197
回弹值/%	40	38	38	38	38	38	37	37	36

注: S—硫黄; D—促进剂; 其它同表 1。

从图 6 可以看出,0℃时空白试样的 tan δ 值与掺用 10 份精炼胶粉试样接近,分别为 0.301 和 0.303,说明掺用 10 份精炼胶粉不会

给胶料的抗湿滑性带来明显的影响。60℃时空白试样的 tan δ 值稍高于掺用 10 份精炼胶粉试样,分别为 0.217 和 0.212,由于此温度 tan δ

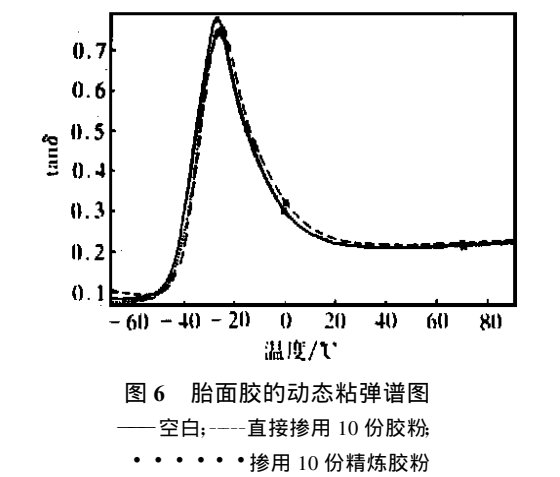


图 6 胎面胶的动态粘弹谱图
——空白; ---直接掺用 10 份胶粉
.....掺用 10 份精炼胶粉

值越小, 轮胎的滚动阻力越小, 能耗越少, 因此掺用 10 份精炼胶粉会使轮胎胶料的滚动阻力有所下降; 而直接掺用胶粉的试样在 0 和 60 ℃ 时的 $t_{na} \delta$ 值均较高, 说明直接掺用硫化胶粉可使轮胎胎面的抗湿滑性稍有改善, 滚动阻力略有提高, 但掺用 10 份左右胶粉对轮胎胎面胶的动态粘弹性并没有明显影响。

本试验还考察了掺用胶粉后胎侧胶的屈挠龟裂特性, 结果如表 6 所示。表 6 示出了胎侧胶经 300 万次屈挠后各配方的屈挠龟裂等级。很显然, 直接掺用 10 份胶粉的试样耐屈挠性较差, 而胶粉经精炼后再掺用则试样耐屈挠性有所改观。另外, 硫化体系的调整对硫化胶的耐屈挠龟裂性影响不大, 因为交联密度的增大或交联的不均匀性都会加剧应力集中, 导致耐屈挠性变差。

表 6 胎侧胶试样的屈挠裂口等级					
试样编号	空白	C-Z-10	C-N-10	C-Z-10-S-D	C-N-15-S-D
1 #	1	6	2	5	6
2 #	0	6	2	5	6
3 #	3	3	2	6	6
平均	1.3	5	2	5.3	6

注: 同表 5。

- ### 3 结论
- (1) 轮胎胶料中掺用 80 目精细硫化胶粉对其加工工艺性能无太大的负面影响。经精炼的胶粉掺入胶料中有利于混炼操作, 并有利于胎面胶的流动性改善, 但当过量掺用时其分散性不好。
- (2) 胶粉直接掺用使硫化胶拉伸强度降低, 若经精炼处理后再掺用则使胶料的拉伸强度得到明显改善; 精炼处理后的胶粉能明显改善胎面胶的撕裂强度及耐磨性能。
- (3) 胶粉精炼后掺入胎面胶能较好地保证胎面胶的动态粘弹性, 使胎侧胶的耐屈挠龟裂性也有所改观。
- (4) 轮胎胶料中掺用 10 份精炼胶粉后各项性能良好; 若掺用 15 份精炼胶粉并对硫化体系加以调整, 也可保持胶料良好的综合性能。

参考文献:

[1] 张 萍 杨化琴, 朱文华, 等. 硫化胶粉的形态结构及其在胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业, 1998, 18(3): 52

[2] 闫家宾. 废旧轮胎的利用和再生胶的生产与应用[J]. 世界橡胶工业, 1999, 26(1): 44.

[3] 叶满兴. 胶粉的研究与应用[J]. 橡胶工业, 1991, 38(4): 202.

[4] 闫家宾. 硫化胶粉的制造[J]. 世界橡胶工业 1999, 26(3): 30.

[5] 姜 智. 硫化胶粉的改型与研究[J]. 橡胶工业, 1992, 39(11): 661.

[6] 郑象国. 翻胎胶掺用磨胎胶粉的试验[J]. 橡胶工业, 1990, 37(11): 660.

[7] СОЛОВЬЕВ Е. М. 胶粉使用的基本方向[J]. 江婉兰译. 橡胶译丛, 1997, 24(1): 9.

[8] 庄学修 肖玉英. 活化改性胶粉在摩托车轮胎胎面胶中的应用[J]. 橡胶工业, 1993, 40(10): 508.

[9] 陈士朝. 轮胎的性能要求与合成橡胶的发展[J]. 合成橡胶工业 1995, 18(5): 260.

[10] 巴拉姆鲍伊姆 H K. 高分子化合物力化学[M]. 江婉兰, 费洪良译. 北京: 化学工业出版社, 1982. 5-25.

收稿日期: 2001-05-16

Application of RT fine rubber crumb to tire compound

ZHANG Ping, DENG Tao, XU Guo-yu, LI Xiao-yong, ZHAO Shu-gao
(Qingdao Institute of Chemical Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The effect of the rubber crumb on the processibility of compound and the physical prop-

erties of vulcanizate was investigated taking the application of 80 mesh RT fine rubber crumb to the tread and sidewall compounds of truck tire as example. The results showed that the mixing and flowability of tread rubber compound were improved by adding up to 15 phr of 80 mesh RT fine rubber crumb without decreasing other properties in process; and the tear strength, tensile strength and wear resistance of tread rubber could also be improved if the refined rubber crumb was used.

Keywords: rubber crumb; tire; sidewall; tread; physical properties

橡胶小辞典 9 条

炭黑造粒 pelletization of carbon black 将流动性差、易飞扬的粉装炭黑在造粒机内, 依靠其连续的回转, 使之成为颗粒状的过程。造粒后炭黑便于运输和使用, 同时也减少了对作业环境的污染。炭黑造粒分湿法造粒和干法造粒两种。

炭黑干法造粒 dry pelletization of carbon black 将粉状炭黑在造粒机中自由滚动、互相碰撞, 在分子间力(范德华力)的作用下而形成球状颗粒。其过程一般为压实、形成核心和核心长大三个阶段。通常以造粒机的尺寸、转速、炭黑床层厚度和母粒回流量等控制造粒效率。国内多采用干法造粒。

炭黑改性处理 modification of carbon black 为了满足某些用途对炭黑性能的特殊要求, 常用热处理、氧化处理、接枝等方法对炭黑作后处理, 可以达到改性的目的。

炭黑湿法造粒 wet pelletization of carbon black 过程为将粉状炭黑与适量的水和粘结剂在造粒机中受搅拌使之粒化, 然后将湿法炭黑粒子送入回转干燥机进行干燥, 除去水分成为合格产品。湿法造粒粒子坚固度高, 便于运输和解决污染。也可加油改性。国外多采用湿法造粒。

炭黑造粒粘结剂 bonding agent for pelletization of carbon black 为了提高湿法造粒炭黑粒子的坚牢度, 在造粒用水中所加入的少量粘结用添加剂。常用的有蜜糖、木质素磺酸盐等。

炭黑热处理 heat treatment of carbon

black 为改善炭黑在涂料或油墨中流动性能而在一定温度下, 使炭黑同空气中的氧相互作用的过程。要使炭黑与加热的氧气充分反应, 可采用沸腾床进行热处理。用空气热处理时, 处理温度一般不超过着火点, 可避免炭黑过多损失或由于炭黑表面积增大, 表面变得粗糙多孔而不利于在涂料或油墨中应用。

动态橡胶密封 rubber seal in moving state 橡胶密封制品的一类。在动态下使用, 工作时密封唇(面)和机械配合面之间有相对运动, 根据运动的方式有往复运动密封制品、旋转运动密封制品和螺旋运动密封制品, 被密封的介质大多是各种类型的润滑油、液压油和其它液体。

旋转轴橡胶密封 rubber seal for rotary shaft 橡胶动态密封圈的一类, 简称“旋转密封”。一般用于各种机械的旋转轴端部, 靠密封唇(面)对轴表面可施加的、均匀分布的径向压力而起密封作用。此类产品包括旋转轴油封、D 形密封、O 形圈等。

Y 形橡胶密封 Y-type rubber seal; Y-packing 往复运动用橡胶密封的一种, 断面为 Y 形, 简称“Y 形密封”。一般用于液压或气压传递的操作系统, 在活塞、活塞杆、缸体部位起密封作用。可由高硬度丁腈橡胶模压制成, 或用聚氨酯橡胶浇注成型, 也可做成夹布组合型。此种产品结构简单、密封效果好, 在压力增加时有自封作用, 但在高压下纯橡胶制品根部易挤出。一般纯橡胶型 Y 形密封适用于油压小于 16 MPa、线速度小于 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、温度为 $-30 \sim 120^\circ\text{C}$ 的场合。