

# 一步法混炼工艺排胶温度对全钢载重子午线轮胎胎面胶性能的影响

田传虎, 刘强, 李万顺, 李强, 朱平理, 曹帅  
(山东八一轮胎制造有限公司, 山东 枣庄 277800)

**摘要:** 研究一步法混炼工艺密炼机排胶温度对全钢载重子午线轮胎胎面胶性能的影响。结果表明, 随着排胶温度(在145~165℃范围内)升高, 胶料的硬度、100%定伸应力、300%定伸应力和拉伸强度略有波动, 300%定伸应力/100%定伸应力比值呈上升趋势; 密炼机排胶温度对胶料的弹性模量和损耗因子影响较大, 排胶温度为165℃时胶料的生热和滚动阻力低。

**关键词:** 一步法混炼工艺; 排胶温度; 定伸应力; 弹性模量; 损耗因子

随着人们环保意识增强, 对轮胎节油和环保等要求越来越高。绿色轮胎是轮胎的发展方向。本工作采用一步法混炼工艺制备全钢载重子午线轮胎胎面胶, 通过橡胶加工分析仪测试胶料的弹性模量( $G'$ )和损耗因子( $\tan\delta$ ), 分析橡胶与填料之间分子网络结构的完整性, 研究一步法混炼工艺中密炼机排胶温度对胶料性能的影响, 以合理优化胶料混炼工艺, 降低胶料滚动阻力。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

天然橡胶(NR), 印度尼西亚产品。顺丁橡胶(BR), 牌号9000; 丁苯橡胶(SBR), 牌号1502, 中国石化齐鲁分公司产品。高强力再生橡胶, 福建环科化工橡胶集团有限公司产品。白炭黑, 无锡恒亨白炭黑有限责任公司产品。炭黑N234, 山东金能科技有限责任公司产品。硅烷偶联剂TESPT, 南京曙光化工集团有限公司产品。

### 1.2 配方

NR, 60; BR, 25; SBR, 15; 高强力再生橡胶, 8; 炭黑N234, 47; 白炭黑, 15; 芳烃油, 8; 硅烷偶联剂TESPT, 3; 其它, 15.4。

### 1.3 主要设备与仪器

F270L型密炼机和 $\Phi$ 710型开炼机, 大连橡胶

塑料机械股份有限公司产品; 上辅机, 北京万向新元科技有限公司产品; RPA2000橡胶加工分析仪, 美国阿尔法科技有限公司产品; AL-7000M型拉力试验机, 高铁检测仪器有限公司产品。

### 1.4 混炼工艺

试验方案设计5种工艺, 密炼机排胶温度分别为145, 150, 155, 160, 165℃。胶料混炼在一步法炼胶生产线上进行。密炼机三区温控, 密炼室温度30℃, 转子温度30℃, 卸料门温度30℃; 压砣压力0.59MPa。混炼工艺如下。

工艺1: 生胶(转子转速 $60\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→压压砣(20s)→小料和炭黑(转子转速 $50\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→压压砣(110℃)→提压砣→压压砣(125℃)→提压砣、注油→压压砣(135℃, 转子转速 $45\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→提压砣→压压砣(145℃, 转子转速 $35\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→提压砣→排胶(145℃)→降温开炼机混炼120s→出胶→精炼开炼机混炼730s→出胶。

工艺2: 生胶(转子转速 $60\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→压压砣(20s)→小料和炭黑(转子转速 $50\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→压压砣(110℃)→提压砣→压压砣(125℃)→提压砣、注油→压压砣(135℃, 转子转速 $45\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→提压砣→压压砣(150℃, 转子转速 $35\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ )→提压砣→排胶(150℃)→降温开炼机混炼120

s → 出胶 → 精炼开炼机混炼 730 s → 出胶。

工艺 3: 生胶 (转子转速  $60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 压压砣 (20 s) → 小料和炭黑 (转子转速  $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 压压砣 (110 °C) → 提压砣 → 压压砣 (125 °C) → 提压砣、注油 → 压压砣 (135 °C, 转子转速  $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 压压砣 (145 °C, 转子转速  $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 压压砣 (155 °C, 转子转速  $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 排胶 (155 °C) → 降温开炼机混炼 120 s → 出胶 → 精炼开炼机混炼 730 s → 出胶。

工艺 4: 生胶 (转子转速  $60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 压压砣 (20 s) → 小料和炭黑 (转子转速  $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 压压砣 (110 °C) → 提压砣 → 压压砣 (125 °C) → 提压砣、注油 → 压压砣 (135 °C, 转子转速  $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 压压砣 (145 °C, 转子转速  $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 压压砣 (160 °C, 转子转速  $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 排胶 (160 °C) → 降温开炼机混炼 120 s → 出胶 → 精炼开炼机混炼 730 s → 出胶。

工艺 5: 生胶 (转子转速  $60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 压压砣 (20 s) → 小料和炭黑 (转子转速  $50 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 压压砣 (110 °C) → 提压砣 → 压压砣 (125 °C) → 提压砣注油 → 压压砣 (135 °C, 转子转速  $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 压压砣 (145 °C, 转子转速  $45 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 压压砣 (165 °C, 转子转速  $35 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ) → 提压砣 → 排胶 (165 °C) → 降温开炼机混炼 120 s → 出胶 → 精炼开炼机混炼 730 s → 出胶。

## 1.5 性能测试

RPA2000 橡胶加工分析仪测试条件为: 频率 10 Hz, 175 °C × 15 min 硫化后在 60 °C 下测试。胶料其他性能按相应国家标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 胶料的物理性能

胶料的物理性能如表 1 所示。300%定伸应力/100%定伸应力比值可以表征聚合物与炭黑和白炭黑等填料之间网络结构的完整性。300%定伸应力/100%定伸应力比值越大, 聚合物与填料之间网络结构越完整, 填料和其他配合剂在聚合物中分散越均匀, 胶料的动态滞后损失越小, 滚动阻力和生热越低。

从表 1 可以看出: 随着排胶温度升高, 胶料的硬度、100%定伸应力、300%定伸应力和拉伸强度略有波动, 波动幅度很小; 300%定伸应力/100%定伸应力比值呈上升趋势; 工艺 5 胶料的 300%定伸应力/100%定伸应力比值、拉伸强度及拉伸伸长率均高于其他 4 种工艺胶料, 这说明工艺 5 胶料的动态滞后损失最小, 滚动阻力最低。

### 2.2 胶料的动态力学性能

RPA2000 橡胶加工分析仪应变扫描  $G'$  结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出:  $G'$  随应变增大呈下降趋势, 这是由于橡胶分子网状结构不断受到应变剪切而遭到破坏; 工艺 5 胶料的  $G'$  比工艺 2、工艺 3 和工艺

表 1 胶料的物理性能

项目	工艺 1	工艺 2	工艺 3	工艺 4	工艺 5
排胶温度/°C	145	150	155	160	165
硫化胶性能 (151 °C × 30 min)					
邵尔 A 型硬度/度	64	63	61	63	62
100%定伸应力/MPa	2.50	2.39	2.43	2.41	2.33
300%定伸应力/MPa	11.73	11.27	11.50	11.49	11.70
300%定伸应力/100%定伸应力	4.69	4.72	4.73	4.77	5.02
拉伸强度/MPa	23.43	22.63	23.50	23.30	23.67
拉伸伸长率/%	527	524	529	531	531

表2 胶料的应变扫描  $G'$  值

应变/%	工艺 1	工艺 2	工艺 3	工艺 4	工艺 5
0.2	3078.99	2600.35	2945.28	2913.04	2993.67
0.5	2714.87	2203.80	2473.03	2562.20	2602.76
1	2366.17	1909.42	2181.05	2233.33	2308.90
2	1958.70	1629.72	1822.47	1882.64	1958.96
5	1581.65	1362.62	1481.08	1553.91	1615.25
10	1367.40	1192.23	1287.47	1356.92	1425.62
20	1154.18	1022.54	1093.82	1129.17	1228.27
40	928.49	847.70	883.08	943.48	998.40

4 胶料高, 而工艺 1 胶料初始时的  $G'$  最高, 应变大于 1% 后工艺 1 胶料的  $G'$  略低于工艺 5 胶料的  $G'$ 。这说明与其他 4 种工艺胶料相比, 工艺 5 胶料的白炭黑硅烷化反应充分, 聚合物与填料分子间网络结构较完整, 抗剪切性能较好, 因此工艺 5 胶料在高

应变条件下的  $G'$  较高。

RPA2000 橡胶加工分析仪应变扫描  $\tan\delta$  结果如表 3 所示。

从表 3 可以看出: 应变较小时  $\tan\delta$  随应变增大不断增大; 应变在 2%~5% 之间  $\tan\delta$  变化较小;

表3 胶料的应变扫描  $\tan\delta$  值

应变/%	工艺 1	工艺 2	工艺 3	工艺 4	工艺 5
0.2	0.142	0.164	0.187	0.179	0.123
0.5	0.192	0.217	0.191	0.219	0.199
1	0.230	0.224	0.232	0.229	0.206
2	0.257	0.250	0.246	0.237	0.231
5	0.256	0.252	0.243	0.245	0.233
10	0.239	0.236	0.233	0.235	0.218
20	0.237	0.235	0.235	0.231	0.219
40	0.257	0.258	0.250	0.248	0.234

应变大于 5% 后  $\tan\delta$  减小; 应变在 10%~20% 之间  $\tan\delta$  又基本不变; 应变大于 20% 时硫化胶的网状结构受到破坏,  $\tan\delta$  又呈上升趋势; 工艺 1~4 胶料在整个过程中的  $\tan\delta$  变化基本接近, 说明其分散性相当; 工艺 5 胶料的  $\tan\delta$  始终低于其他 4 种工艺胶料, 说明其分散较均匀, 配合剂之间反应较充分, 分子间网状结构较完整, 动态生热和滚动阻力较低。

综上所述, 优化一步法混炼胎面胶工艺, 将密炼机排胶温度设定在 160~165 °C 之间。

### 3 结论

(1) 全钢载重子午线轮胎胎面胶采用一步法混炼工艺, 随着排胶温度升高, 胶料的硬度、100% 定伸应力、300% 定伸应力和拉伸强度略有波动, 300% 定伸应力/100% 定伸应力比值呈上升趋势。

(2) 密炼机排胶温度对胎面胶的  $G'$  和  $\tan\delta$  影响较大, 在排胶温度 165 °C 时胶料的  $G'$  较大,  $\tan\delta$  较小, 这时填料与橡胶分子之间结合程度较高, 分散较均匀, 网状结构较完整, 胶料的生热和滚动阻力低。

## Influence of Discharge Temperature of Single-step Mixing Process on the Properties of Tread Compound of TBR Tire

Tian Chuanhu, Liu Qiang, Li Wanshun, Li Qiang, Zhu Pingli, Cao Shuai  
(Shandong Bayi Tire Manufacture Co., Ltd., Zaozhuang 277800, China)

**Abstract:** The influence of discharge temperature of single-step mixing process on the properties of the tread compound of TBR tire was studied. In the discharge temperature range of 145~165 °C, when the temperature increased, the hardness, modulus at 100% elongation, modulus at 300% elongation and tensile strength of the tread compound changed a little, the ratio of modulus at 300% elongation and modulus at 100% elongation increased, and the elastic modulus and loss factor were more affected. When the discharge temperature was selected at 165 °C, the heat build-up of the compound was low and the rolling resistance of the tire was low.

**Keywords:** single step mixing process; discharge temperature; modulus; elastic modulus; loss factor



### 大陆集团扩建轮胎研发中心

日前,大陆集团斯洛伐克普霍夫轮胎厂的研发中心扩建项目竣工。大陆集团为该项目已拨款 940 万美元,包括购置轮胎耐久性能试验机 and 建设轮胎分析实验室等。该研发中心设备先进,拥有 53 间实验室和 10 个会议室,研发人员增加 15%。研发中心主要为普霍夫轮胎厂

提供支持。普霍夫轮胎厂的轿车轮胎和轻型载重轮胎的年产能 1600 万条。大陆集团也投资 1.35 亿美元,使普霍夫轮胎厂的轻型载重轮胎年产能增大 40 万条,使轻型载重轮胎总年产能达到 300 万条。

西安

### 科腾公司推出氢化苯乙烯嵌段共聚物新产品

科腾(Kraton)高性能聚合物公司推出 Kraton MD6951 和 Kraton MD1648 两款新型氢化苯乙烯嵌段共聚物。Kraton MD6951 产品保持了 Kraton A 系列产品的稳定性、柔软性、相容性和易用性等特征,增强的极性使其能与热塑性聚氨酯、聚苯乙烯和聚苯醚等产品相容,主

要用于保护性薄膜和声音阻尼材料等。Kraton MD1648 产品是一款增强橡胶段苯乙烯嵌段共聚物,它具有极高的弹性、强度,且粘度低,有助于制备弹性和柔软性好的制品,可用于生产汽车零部件、胶带、粘合剂等。

崔小明