

新型橡胶加工助剂在半钢胎面中的应用

张金洋, 刘普, 彭亮, 徐记芝

(八亿橡胶有限责任公司, 山东 枣庄 277800)

摘要:主要研究了莱茵化学(青岛)有限公司生产橡胶加工助剂在轮胎胎面配方中的应用。结果表明:当轮胎胎面配方中加入2.5份加工助剂PP,胎面胶料的物理性能基本无影响的情况下,胎面胶料的门尼黏度可以有效降低6~10个值,与此同时在胎面半部件压出生产的过程中部件的出型温度降低约3℃。对于多段混炼配方,运用橡胶加工助剂可以起到减段提效的作用,能够有效提升生产效率,降低生产成本,美中不足的是炭黑分散略有降低。

关键词:半钢;橡胶加工助剂;胎面;门尼黏度

中图分类号:TQ32

文献标识码:B

文章编号:1009-797X(2026)02-0047-04

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.02.009

门尼黏度是衡量橡胶加工性能的关键指标,直接反映橡胶分子量大小和可塑性,其数值高低对加工工艺和最终制品性能有显著影响。门尼黏度过高时,通常表明橡胶分子量较大、分子量分布较宽,导致胶料流动性差、黏度高,加工中不易混炼均匀、挤出或压延,易出现能耗增加、设备磨损加剧等问题,甚至造成加工困难或制品缺陷。门尼黏度过低时,则说明分子量较小、分布较窄,胶料流动性虽好、易于加工成型,但硫化后交联密度可能不足,导致制品抗拉强度低、耐磨性差或尺寸稳定性下降,影响产品力学性能和使用寿命。因此,合理控制门尼黏度值需根据具体加工工艺和产品性能要求进行平衡,以优化配方设计、确保工艺稳定性和产品质量一致性。为达到合理的门尼黏度,部分胶料需要进行多段混炼,多段混炼在一定程度上影响了生产效率,占用工装,提高了生产成本^[1-2]。

本文应用的加工助剂PP是莱茵化学(青岛)有限公司生产的新型加工助剂,其主要成分为饱和脂肪酸锌盐,在橡胶分子链间起到润滑作用,提高橡胶大分子链的运动能力,最终改善胶料流动性,降低门尼黏度。莱茵塑分PP用于胎面胶,可提高胎面挤出速度,改善挤出半成品尺寸稳定性,还能够明显减少挤出胎面断面气孔。本工作主要研究莱茵加工助剂PP在轮胎胎面配方中的应用效果。

1 实验

1.1 主要原材料及助剂

天然橡胶(NR),MTR20,马来西亚产品;

BR9000,齐鲁石化公司产品;炭黑N234,江西黑猫炭黑股份有限公司产品;白炭黑1115MP,青岛银利得公司产品;加工助剂PP,青岛莱茵化学公司产品;环保油V700,汉圣公司产品;其它为轮胎工业常用原材料。

1.2 配方

试验配方如表1所示。

表1 小配合试验方案

| 组分 | 正常 | 试验 |
|-------------|-----|-----|
| NR+BR9000 | 100 | 100 |
| N234+1115MP | 62 | 62 |
| V700 | 5 | 5 |
| 加工助剂PP | 0 | 2.5 |
| 其余组分相同 | | |

1.3 主要设备和仪器

X(S)M-1.5型小密炼机、XK-160型开炼机和XLB-400-400型四立柱平板硫化机,青岛科高橡塑机械技术装备有限公司产品;MV3000型门尼黏度仪,德国Montech公司产品;Zwick Z3130型硬度计和Zwick Z010型拉力试验机,德国Zwick公司产品;橡胶加工分析仪RPA2000,ALPHA公司产品。

1.4 试样制备

小配合试验胶料采用两段混炼。一段混炼在X(S)M-1.5X型密炼机中进行,加料顺序为:生胶→炭黑、硬脂酸等小料→110℃加油→中间115℃和130℃两次提托→155℃排胶,开炼机下片停放4.5h。二

作者简介:张金洋(1988-),男,助理工程师,主要从事子午线轮胎生产工艺研究及产品质量管理工作。

段混炼在 XK-160 型开炼机上进行，加料顺序为：一段混炼胶 → 硫黄等 → 下片。

正常胶料混炼采用串联密炼机 GK320 进行一段母胶混炼，然后在下密炼机进行无压力补充混炼，2 段使用 F370 进行回车混炼工艺，终炼在 F270 密炼机进行混炼，全过程采用开炼机进行补充混炼、冷却、收取。

试验胶料混炼采用串联密炼机 GK320 进行一段母胶混炼，加工助剂 PP 等小料一起加入，一段混炼后直接在 F270 密炼机进行混炼，全过程采用开炼机进行补充混炼、冷却、收取。

1.5 性能测试

胶料和成品轮胎性能测试均按相应国家标准或企业标准进行，挤出温度使用针式测温计随机测量，胎面尺寸厚度使用离线侧厚。

2 结果与讨论

2.1 加工助剂 PP

莱茵加工助剂指标如表 2 所示。

表 2 加工助剂 PP 技术指标

| 名称 | 单位 | 数值 | 指标范围 |
|---------------|----|-------|--------|
| 灰分 (900±25 ℃) | % | 12.05 | 12~13 |
| 熔点 | ℃ | 102.1 | 98~106 |

2.2 胶料性能对比

2.2.1 小配合试验

小配合方案如表 1，正常胶料和试验胶料小配合均采用一段母胶混炼后直接进行终炼加硫磺，性能如表 3 所示。

表 3 小配合硫化特性对比

| 项目 | 正常 | 试验 |
|---------------------------------------|------|------|
| 门尼黏度 [$M_L(1+4)100\text{ ℃}$] | 64 | 58 |
| 门尼焦烧时间 $t_5(127\text{ ℃})/\text{min}$ | 15 | 14 |
| $F_L(\text{dN.m})$ | 2.5 | 2.1 |
| $F_{\max}(\text{dN.m})$ | 17.9 | 17.9 |
| t_{10}/min | 4.5 | 4.1 |
| t_{50}/min | 6.0 | 5.6 |
| t_{90}/min | 10.4 | 9.3 |

如表 3 所示，加入加工助剂 PP 后，相比正常胶料，试验胶料的 F_L 和门尼黏度明显降低， F_{\max} 相同，硫化速度略快。上述结果表明在胶料中加入加工助剂在保持原有硫化特性同时可明显降低其门尼黏度，改善加工性能。

如表 4 所示，正常胶料和试验胶料硬度相同，试验胶料定伸应力和拉伸强度略低于正常胶料，但阿克隆磨耗、撕裂性能和回弹性能却略优，总体看二者性

能相近。

表 4 硫化胶的物理性能（硫化条件：150 ℃×40 min）

| 项目 | 正常 | 试验 |
|---|-------|-------|
| 绍尔 A 型硬度 / 度 | 64 | 64 |
| 100% 定伸应力 /MPa | 2.71 | 2.72 |
| 300% 定伸应力 /MPa | 12.67 | 11.38 |
| 拉伸强度 /MPa | 26.51 | 25.51 |
| 拉断伸长率 /% | 507 | 499 |
| 拉断永久变形 % | 18 | 16 |
| 撕裂强度 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$) | 54 | 56 |
| 回弹 /% | 49 | 52 |
| 压缩疲劳升温 ℃ | 20.7 | 21.2 |
| 压缩永久变形 % | 3.5 | 3.7 |
| 阿克隆磨耗 ($\text{cm}^3\cdot 1.61\text{ km}$) | 0.145 | 0.136 |
| 炭黑分散等级 | 7 | 7 |
| 密度 /($\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$) | 1.108 | 1.108 |

综上，加入加工助剂可使胶料在保证原有性能的基础上，有效降低胶料门尼黏度，改善加工性能。

2.3 大料试验

2.3.1 生产过程中门尼黏度对比

分别生产 20 车正常胶料和试验胶料，并检测各段母胶和终炼胶门尼黏度，取平均值对比如表 5 所示。

表 5 生产过程中各段门尼黏度对比

| 名称 | 门尼黏度 |
|--------|------|
| 正常母胶一段 | 94.3 |
| 正常母胶二段 | 73.5 |
| 试验母胶 | 84.1 |
| 正常终胶 | 60.0 |
| 试验终胶 | 62.5 |

如表 5 所示，加入加工助剂 PP 后试验一段母胶门尼黏度相比正常一段母胶料低 10 个值左右，相比正常二段母胶高 10 左右，最终的终炼胶对比，试验终胶门尼黏度只比正常终胶高 2.5。

2.3.2 胶料硫化特性

如表 6 所示，与正常配方相比，试验配方门尼黏度高 3.4，焦烧时间也略短，但硫化速度相近。

表 6 胶料硫化特性对比（条件：150 ℃×40 min）

| 项目 | 正常 | 试验 |
|---------------------------------------|------|------|
| 门尼黏度 [$M_L(1+4)100\text{ ℃}$] | 58.2 | 61.6 |
| 门尼焦烧时间 $t_5(127\text{ ℃})/\text{min}$ | 20.5 | 19.7 |
| $F_L(\text{dN.m})$ | 2.3 | 2.5 |
| $F_{\max}(\text{dN.m})$ | 18.4 | 19 |
| t_{10}/min | 6.2 | 5.9 |
| t_{50}/min | 7.8 | 7.8 |
| t_{90}/min | 13 | 13.7 |

2.3.3 物理性能

如表 7 所示，减段后的试验胶料的硬度与正常胶料一致，定身应力和拉伸强度相近，伸长率相比正常胶料略低，因为减少了 1 段回车混炼，试验胶料的炭

黑分散相比正常低 1 个等级，生热相比略高，可能也与炭黑分散变差有关，其余性能相近。

| 项目 | 正常 | 试验 |
|---|-------|-------|
| 绍尔 A 型硬度 / 度 | 65 | 65 |
| 100% 定伸应力 /MPa | 2.68 | 2.75 |
| 300% 定伸应力 /MPa | 13.42 | 13.72 |
| 拉伸强度 /MPa | 26.39 | 25.41 |
| 拉断伸长率 /% | 500 | 477 |
| 拉断永久变形 /% | 16 | 16 |
| 撕裂强度 /(kN·m ⁻¹) | 52 | 54 |
| 回弹 /% | 48 | 50 |
| 压缩疲劳升温 /°C | 20.8 | 22.2 |
| 压缩永久变形 /% | 3.6 | 4.5 |
| 阿克隆磨耗 (cm ³ ·1.61 km ⁻³) | 0.146 | 0.135 |
| 炭黑分散等级 | 7 | 7 |
| 密度 /(kg·dm ⁻³) | 1.107 | 1.107 |

人们将填充橡胶的动态模量随着应变的增加而急剧下降的现象称为 Panye 效应。填料分散越好，Panye 效应越小，为进一步研究减少一段混炼后，对炭黑分散的影响，使用 RPA 对二者进行对比测试，结果如图 1。

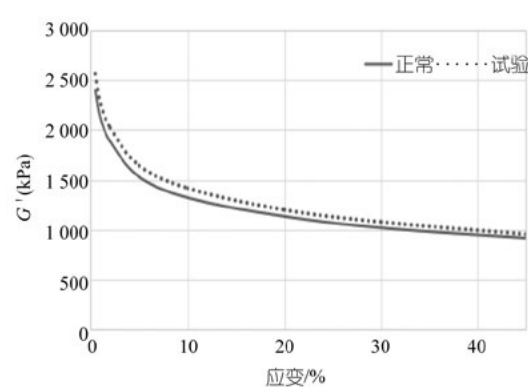


图 1 硫化胶的 G' -应变曲线

如表 8 和图 1 所示：正常胶料的 $\Delta G'$ 相比试验胶料低 7.91%，说明正常胶料的炭黑分散优于试验胶料，二者的 $\text{Max tan}\theta$ 相近，说明减段后并不会对胶料的滚阻性能造成影响。

| 项目 | $\Delta G'$ | $\text{Max tan}\theta$ |
|----|-------------|------------------------|
| 正常 | 1481.21 | 0.172 |
| 试验 | 1608.41 | 0.170 |

| 表 9 减段前后混炼时间对比 | | | | | | |
|----------------|------|------|-----|--|--------|------|
| 名称 | 一段 | 二段 | 终炼 | 原混炼时间 | 减段后总时间 | 效率提升 |
| 生产线 | 8" | 6" | 3" | $=205 \times 0.89 + 160 \times 0.67 + 105 = 395 \text{ s}$ | | |
| 重量 /kg | 235 | 315 | 210 | $=205 \times 0.89 + 105 = 287.5 \text{ s}$ | | |
| 混炼时间 /s | 205 | 160 | 105 | $=1 - 287.5 / 395 = 27.2\%$ | | |
| 一车终炼胶使用比例 | 0.89 | 0.67 | 1 | | | |
| 名称 | 一段 | 二段 | 终炼 | | | |

2.4 效率提升

由表 9 可得：正常配方生产一车终炼胶的总时间为 395 s 左右，在不调整工艺只减段的情况下，试验胶料的混炼总时间缩短为 287.5 s，即混炼效率可提升 27.2% 左右，减少一段回车还可减少中间过程工装的占用。

2.5 挤出工艺性能

选取同一规格胎面进行压出，对比如表 10 所示，虽然试验胶料门尼黏度相比正常胶料高 2，但相同挤出机转速下，其压出温度相比仍低 2.6 °C，转速提高 2 转后的压出温度则和正常胶料压出温度相近，胎面尺寸相近，说明加工助剂在不影响胎面尺寸的情况下不仅可以有效降低胶料门尼黏度，还可以有效降低压出温度，从而可以提高转速，提升生产效率。

2.6 成品胎性能

用试验胶生产 235/50 R17 规格轮胎进行高速、耐久性试验，结果如表 11 所示。

试验轮胎通过高速、耐久测试。

| 表 10 胎面压出数据对比 | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| 名称 | 正常 | 试验 1 | 试验 2 |
| 胶料门尼黏度 | 63 | 65 | 65 |
| 250 挤出机转速 /(r·min ⁻¹) | 14.2 | 14.2 | 16.2 |
| 线速度 /(m·min ⁻¹) | 25.3 | 25.3 | 27.5 |
| 压出温度 /°C | 120 | 117.4 | 119.5 |
| 胎面长度 | 183.65 | 183.60 | 183.44 |
| 胎面中间厚度 | 9.65 | 9.70 | 9.77 |
| 胎肩厚度 | 11.58 | 11.55 | 11.63 |

| 表 11 成品胎室内性能测试 | | |
|----------------|--------------------------------|------------|
| 检测项目 / 规格 | 试验轮胎 | |
| 高速性能 | 累计行驶时间 /min | 1 h 25 min |
| | 累计行驶里程 /(km·h ⁻¹) | 330.5 km |
| | 检验结束时速度 /(km·h ⁻¹) | 270 |
| | 检测结束轮胎状况 | 270 |
| | 检测结论 | 轮胎未损坏 |
| 耐久性能 | 累计行驶时间 /h | 通过试验 |
| | 累计行驶里程 /(km·h ⁻¹) | 44 h |
| | 试验标准值 /h | 5 313.9 m |
| | 低气压试验标准值 /h | 34 |
| | 检测结束轮胎状况 | 10 |
| 检测结论 | | 轮胎未损坏 |

3 结论

(1) 在胎面配方中加入加工助剂 PP 可以有效降

低胶料的门尼黏度，利用此特性并配合工艺调整可将其利用于胶料的减段提效，对于 3 段混炼胶料，减少一段母胶回车混炼后，效率提升 27.2% 左右。

(2) 加工助剂的使用并不会显著影响胶料的物理性能和动态性能，但减段后的炭黑分散有所变差。

(3) 加工助剂的使用可有效降低胎面压出温度，

从而可以提高挤出转速，提升生产速度，提高产量。

参考文献：

- [1] 步浩然. 柔性接头用中温硫化橡胶弹性件材料研究 [D]. 航天动力技术研究院, 2024.
- [2] 水天恩. 嵌段共聚物 / 钯纳米粒子复合材料的结构与性能 [D]. 长春工业大学, 2025.

Application of a new rubber processing aid in semi-steel tire tread

Zhang Jinyang, Liu Pu, Peng Liang, Xu Jizhi

(Bayi Rubber Co. LTD., Zaozhuang 277800, Shandong, China)

Abstract: This article primarily investigates the application of rubber processing aids produced by Rhine Chemicals (Qingdao) Co. LTD. in tire tread formulations. The results indicate that when 2.5 parts of processing aid PP are added to the tire tread formulation, the Mooney viscosity of the tread compound can be effectively reduced by 6 to 10 values without significantly affecting the physical properties of the tread compound. At the same time, during the extrusion production of tread half-components, the molding temperature of the components decreases by approximately 3 °C. For multi-stage mixing formulations, the use of rubber processing aids can reduce the number of mixing stages and enhance efficiency, effectively improving production efficiency and reducing production costs. The only minor drawback is a slight decrease in carbon black dispersion.

Key words: semi-steel; rubber processing aid; tread; Mooney viscosity

(R-03)

知名轮胎厂商完成合并！

The well-known tire manufacturers have completed merger!

近日，印度轮胎巨头 JK 轮胎正式完成对其子公司 Cavendish Industries 的合并。这一动作被视为 JK 轮胎在强化产业链控制、优化全球产能布局上的关键一步。

Cavendish Industries 专注于商用车及两三轮轮胎领域，产品涵盖卡车客车子午线轮胎、斜交轮胎等。

值得关注的是，自 2016 年被 JK 轮胎收购以来，该子公司通过全方位重组——包括管理、财务与技术升级，产能利用率已从当初的 30% 大幅提升至当前的 95%，实现效率飞跃。

此次合并预计将带来显著的运营协同效应：不仅有助于实现规模经济、丰富产品组合，还能借助 JK 轮胎全球统一的渠道网络，进一步强化分销能力。这正契合 JK 轮胎“内生增长与外延扩张并举”的长期战略。

回顾 JK 轮胎的发展历程，此次整合已是其第三次重大业务转型。此前，公司曾在 90 年代末成功重组 Vikrant Tyres，并于 2008 年完成对墨西哥 JK Tornel 的整合。

目前，作为 JK 集团旗舰企业，JK 轮胎已稳居全球轮胎制造商前 20 强，在印度和墨西哥共拥有 11 家工厂，年产能超过 3500 万条，产品覆盖乘用车、商用车、农用车、两三轮等多领域，销往全球超 100 个国家。

JK 轮胎此次合并不仅是资本层面的整合，更是产能、技术、渠道的深度重构。在全球轮胎行业竞争日趋激烈的背景下，供应链自主与产能高效利用已成为品牌核心竞争力。

从 30%~95% 的产能利用率跃升，足以看出 JK 轮胎运营重组能力之强。未来，其全球 11 大工厂的联动效应值得持续关注！

摘编自“轮胎观察网”

(R-03)