

# 橡胶再生还原助剂RV2的应用研究

马瑞刚, 马亦骁

(河北瑞威科技有限公司, 河北 石家庄 050031)

**摘要:** 采用橡胶再生还原助剂(简称橡胶再生剂)RV2对天然橡胶(NR)硫化胶粉和废轮胎胎面胶粉进行再生。结果表明:橡胶再生剂RV2用量为2.5份,经高速搅拌塑化机在60℃下搅拌及浸润5 min,在RV工艺橡胶自动翻炼机上混炼5 min, NR硫化胶粉再生效果好;橡胶再生剂RV2用量为2.5份,经过高速搅拌机搅拌及浸润(最终温度60℃),通过双螺杆挤出机和单螺杆挤出机的机械剪切作用,胎面胶粉的再生效果好;胎面胶粉再生橡胶与NR的亲水性佳,20~30份胎面胶粉再生橡胶等量替代NR的胶料物理性能较好。采用橡胶再生剂RV2还原胶粉工艺简单,无废水和废气产生。

**关键词:** 橡胶再生还原助剂;天然橡胶硫化胶粉;胎面胶粉;再生橡胶;高速搅拌塑化机;挤出机

随着橡胶工业的发展,废橡胶的回收和循环利用已受到各国环保组织和橡胶行业的广泛关注。我国废橡胶利用的主要方式是制成胶粉和再生橡胶,欧美国家主要是将废橡胶直接燃烧获取热能和制成胶粉。将胶粉直接加入橡胶中,胶粉与橡胶的界面结合力较弱,导致胶料的物理性能下降。目前,我国再生橡胶主要采用动态脱硫罐生产,这种生产方式对环境污染严重。

橡胶再生还原助剂(简称橡胶再生剂)RV2是由几种高活性的化学物质和内外润滑剂以及金属皂类混合物(含有稀土元素)组成,无毒,环保。本工作采用橡胶再生剂RV2将胶粉还原为未硫化胶,即将废硫化胶的S—S和S—C键打开,打断硫化胶的三维交联网络结构而不引起大分子链断裂,以实现废橡胶的重复使用。这是因为橡胶再生剂RV2对交联键断裂有很高的选择性,在硫化胶再生还原过程中不打破或较少打破橡胶分子主链的C—C键,因此再生橡胶具有较好的物理性能,其性能可达到原橡胶的75%~90%。

橡胶再生剂RV2再生还原硫化胶的具体机理是:橡胶再生剂RV2的部分原子与硫化胶中硫原

子的孤对电子形成配位键,使硫化胶中的S—S和S—C键能减弱,在机械剪切力的作用下,这些交联键断裂,而硫化胶交联键断裂后的游离基(或自由基)与RV2结合成稳定的物质,阻止橡胶异构化;在再生橡胶硫化时再将硫原子释放,使硫原子再一次起交联作用。橡胶再生剂RV2对于硫化胶和焦烧胶料都有效。橡胶制品废边料采用橡胶再生剂RV2制成再生橡胶并与原混炼胶掺用,可实现橡胶制品的无废料生产。

橡胶再生剂RV2还原胶粉的工艺一般是:橡胶再生剂RV2与胶粉或橡胶制品废边料在开炼机(或精炼机)上与少量塑炼胶混炼5~8 min,即可压成胶片,制成再生橡胶。而利用双螺杆挤出机(经改进)在低于100℃的温度下将废橡胶再生还原的效率远高于开炼机。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

RV2橡胶再生剂和混合橡胶加工助剂(含松香树脂和均匀剂等的粉料),河北瑞威科技有限公司产品;轮胎胎面胶粉(30目),东营鑫兴橡塑有限

公司产品。

## 1.2 主要设备与仪器

XK-160型开炼机, 新乡市塑料机械厂有限公司产品; MZ-4010B型无转子硫化仪、MZ-4016B型门尼粘度计、MZ-3012平板硫化机和PL-2500N型电子拉力机, 江都市明珠试验机械厂产品; RV工艺橡胶自动翻炼机(双层, 4辊, 辊速比可调), 河北瑞威科技有限公司产品; 橡胶高速搅拌塑化机和双阶双螺杆挤出机(改进型), 石家庄卓度橡塑设备有限公司产品。

## 1.3 配方

### (1) 天然橡胶(NR)胶粉再生配方

自制NR胶粉的胶料配方: NR, 100; 炭黑等填料, 60; 氧化锌, 4; 硬脂酸, 2; 促进剂, 1.8; 硫黄, 2。

橡胶再生剂RV2再生NR胶粉配方如表1所示。

组分	配方编号				
	A0	A1	A2	A3	A4
NR胶粉	100	100	100	100	100
橡胶再生剂RV2	0	1	2	2.5	3
混合橡胶加工助剂	2	2	2	2	2
NR塑炼胶	5	5	5	5	5

### (2) 胎面胶粉再生配方

橡胶再生剂RV2再生胎面胶粉配方为: 胎面胶粉, 100; 橡胶再生剂RV2, 2.5; 混合橡胶加工助剂, 2; 芳烃油, 3。

## 1.4 工艺

### 1.4.1 NR胶粉再生

(1) 按配方制备NR硫化胶, 然后在开炼机上将NR硫化胶破碎至30目。

(2) 将NR胶粉和橡胶再生剂RV2等加入高速搅拌塑化机中搅拌及浸润, 使橡胶再生剂RV2均匀包覆于胶粉表面, 再浸入胶粉内部, 搅拌浸润温度分别为50, 60, 70, 80 °C, 搅拌浸润时间5 min, 混合物料排放、冷却后停放4 h, 然后在RV工艺橡胶自动翻炼机上(辊距0.2~0.3 mm)上分别混炼3, 5, 8, 10 min(通过机械剪切力作用使胶粉内

部继续反应, 打开S—S和S—C键, 使胶粉恢复活性), 出片。

(3) 再生橡胶胶料硫化(直接硫化, 不再加硫化剂和促进剂)在平板硫化机上进行, 硫化条件为150 °C × 10 min。

### 1.4.2 胎面胶粉再生

(1) 按配方将各组分依次加入橡胶高速搅拌塑化机, 搅拌频率50 Hz, 当温度升至55 °C左右时降低搅拌频率, 到60 °C时排料, 混合物料冷却、停放。

(2) 将高速搅拌塑化机里排放的混合物料投入双螺杆挤出机中, 然后将双螺杆挤出机挤出的物料直接投入单螺杆挤出机冷却, 最后单螺杆挤出机挤出胶料。其中, 双螺杆挤出机的机筒螺杆转速为220 r · min<sup>-1</sup>, 加料斗螺杆转速为15 r · min<sup>-1</sup>, 机筒7个加热或冷却反应区域的温度均低于100 °C, 实际温度分别为56, 69, 75, 75, 77, 75和40 °C; 单螺杆挤出机的机筒螺杆转速为40 r · min<sup>-1</sup>。

(3) 将单螺杆挤出机挤出的胶料在精炼机(辊温55 °C, 辊距0.5 mm)上薄通2遍, 出片。

(4) 再生橡胶胶料硫化在平板硫化机上进行, 硫化温度为150 °C。

## 1.5 性能测试

溶胀率测定: 将30~50 mg硫化胶试样置于装甲苯的称量瓶中, 在30 °C下浸泡3 d, 称其溶胀平衡后的质量( $m_b$ ); 溶胀试样在常温条件下干燥至恒质量( $m_a$ )。试样溶胀率= $[(m_b - m_a) / m_a] \times 100\%$ 。

其余性能按相应国家标准测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 橡胶再生剂RV2对NR胶粉再生效果的影响

#### 2.1.1 橡胶再生剂RV2用量

采用不同用量橡胶再生剂RV2的NR胶粉再生效果如表2所示。从表2可以看出, 随着橡胶再生剂RV2用量增大, NR胶粉再生橡胶的拉伸强度、拉断伸长率以及溶胀率显著增大, 这说明橡胶再生剂RV2可以打破NR胶粉中的交联网络结构, 使硫化胶再生。

表2 采用不同用量橡胶再生剂RV2的NR胶粉再生橡胶性能

项目	原NR胶料	再生橡胶				
		A0配方	A1配方	A2配方	A3配方	A4配方
邵尔A型硬度/度	53	70	58	56	55	55
拉伸强度/MPa	21.2	3.7	7.2	12.7	16.6	15.3
拉断伸长率/%	626	162	211	451	513	490
甲苯浸泡(30℃×3d)后溶胀率/%	1.51	1.73	2.90	3.11	3.44	3.21

注:在高速搅拌塑化机中的搅拌浸润温度为50℃,在RV工艺橡胶自动翻炼机上混炼5min。

### 2.1.2 高速搅拌塑化机搅拌浸润温度

将NR胶粉和橡胶再生剂RV2等加入高速搅拌塑化机中,不同搅拌浸润温度下NR胶粉的再生效果如表3所示。从表3可以看出:在较高搅拌浸润温度(60℃)下,再生橡胶的性能较好,这是因为橡胶再生剂RV2更容易浸入胶粉内部,有助于提高胶粉的再生效果;但搅拌浸润温度过高,达到70℃以上后,胶粉的再生效果降低,这是因为橡胶再生剂RV2部分挥发,因此NR胶粉再生的高速搅拌浸润温度为60℃较好。

表3 不同搅拌浸润温度下NR胶粉再生橡胶性能

项目	搅拌浸润温度/℃			
	50	60	70	80
邵尔A型硬度/度	54	54	54	54
拉伸强度/MPa	16.7	17.1	16.5	15.7
拉断伸长率/%	540	556	553	526
甲苯浸泡(30℃×3d)后溶胀率/%	3.31	3.45	3.72	3.51

注:采用橡胶再生剂RV2用量为2.5份的A3配方,在RV工艺橡胶自动翻炼机上混炼5min。

### 2.1.3 RV工艺橡胶自动翻炼机混炼时间

NR胶粉和橡胶再生剂RV2等在高速搅拌塑化机中搅拌及浸润后,在RV工艺橡胶自动翻炼机上混炼,不同混炼时间的NR胶粉再生效果如表4所示。从表4可以看出,随着混炼时间延长,再生橡胶的硬度和拉伸强度减小,溶胀率增大,这是因为在混炼初期,在机械剪切力作用下,产生橡胶再生剂RV2断链和交联网络破裂双重现象,而随着混炼时间延长,橡胶再生剂RV2的有效含量递减,出现橡胶分子主链断裂现象。综合而言,NR胶粉再生

表4 不同混炼时间的NR胶粉再生橡胶性能

项目	混炼时间/min			
	3	5	8	10
邵尔A型硬度/度	57	54	54	53
拉伸强度/MPa	17.5	17.1	16.5	15.5
拉断伸长率/%	423	560	543	526
甲苯浸泡(30℃×3d)后溶胀率/%	3.31	3.45	3.86	3.94

注:采用橡胶再生剂RV2用量为2.5份的A3配方,在高速搅拌塑化机中的搅拌浸润温度为60℃。

的混炼时间为5min较好。

## 2.2 橡胶再生剂RV2与螺杆挤出机结合对胎面胶粉再生效果

### 2.2.1 再生橡胶性能

采用橡胶再生剂RV2与双螺杆挤出机和单螺杆挤出机结合再生胎面胶粉,该再生橡胶性能如表5所示。从表5可以看出,再生橡胶的各项性能符合GB/T 13460—2008《再生橡胶》标准。

### 2.2.2 胎面胶粉再生橡胶/NR并用胶性能

胎面胶粉再生橡胶/NR并用胶性能如表6所示。从表6可以看出,与胶粉相比,再生橡胶/NR

表5 胎面胶粉再生橡胶性能

项目	硫化时间/min		
	10	15	20
加热减量[(80±2)℃×2h]/%	0.7	0.6	0.9
灰分含量/%	8	8	9
丙酮抽出物含量/%	11	13	14
密度/(Mg·m <sup>-3</sup> )	1.15	1.17	1.18
邵尔A型硬度/度	58	53	57
拉伸强度/MPa	16.5	17.2	16.1
拉断伸长率/%	546	576	538

表6 胎面胶粉再生橡胶/NR并用胶性能

项目	配方编号			
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
NR用量/份	100	80	70	90
胎面胶粉再生橡胶用量/份	0	20	30	0
胎面胶粉(60目)用量/份	0	0	0	10
邵尔A型硬度/度	53	54	54	55
拉伸强度/MPa	21.2	20.9	19.8	16.9
拉断伸长率/%	626	616	582	539

注: 配方其余组分为促进剂DM, 1.2; 促进剂D, 0.6; 氧化锌, 4; 硬脂酸, 2; 硫黄, 2。硫化条件为150℃×20 min。

并用胶的性能优异, 这是因为再生橡胶与NR的亲性和性好。

### 3 结论

(1) 采用橡胶再生剂RV2并通过翻炼机或挤出机的机械剪切作用对NR胶粉和胎面胶粉进行再生, 再生橡胶的物理性能较好, 胎面胶粉再生橡胶/NR并用胶的性能优异, 胶粉再生效果好。

(2) 采用橡胶再生剂RV2再生还原胶粉工艺简单、快捷, 投资少, 无废水和废气产生, 是目前环保的橡胶再生方法。

## Application of Rubber Reclaim Agent RV2

Ma Ruigang, Ma Yixiao

(Hebei Richway Rubber Technology Co., Ltd., Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** In this study, the cured NR and waste tire tread powder were reclaimed using rubber reclaiming agent RV2. It was found that when the amount of RV2 was 2.5 phr, good reclaiming result was achieved for cure NR by mixing in plasticator at 60 °C for 5 min and milling for another 5 min. For recycled powder of tire tread compound, the optimal amount of RV2 was also 2.5 phr, and after mixing in a high speed mixer, the rubber powder was effectively reclaimed through mechanical shear using either twin-screw extruder or single-screw extruder. Further test results revealed that the compatibility between the reclaimed rubber and NR was good, and the physical properties of the NR compound with 20~30 phr of reclaimed rubber were good. Moreover, the production process of RV2 was simple without waste water or waste gas.

**Keywords:** rubber reclaiming agent; vulcanized NR powder; tread rubber powder; recycled rubber; high-speed plasticization machine; extruder



## 信息·资讯

### 我国航空轮胎橡胶研发取得突破

海南天然橡胶集团产业集团股份有限公司日前发布公告, 航空轮胎橡胶研发取得突破。

公告称, 2015年7月8日, 空军有关部门召开“航空轮胎用天然橡胶研究技术”鉴定评审会, 通过了对该项技术的鉴定评审, 完全由我国自主研发的军用航空轮胎试用成功。试用的军用航空轮胎由海南天然橡胶集团研发和生产的天然橡胶材料制成。海南天然橡胶集团的航空轮胎橡胶替代了进口的1<sup>#</sup>烟胶片, 打破了我国

航空高端用橡胶长期依赖进口的局面。

2014年3月, 海南天然橡胶集团与中橡集团曙光橡胶工业研究设计院共同建立了“空军航空橡胶科研生产中心”。未来, 海南天然橡胶集团将与曙光院将继续加强合作, 提高企业的科技研发水平和产品质量, 加快推进航空轮胎橡胶国产化进程, 逐步建立我国航空轮胎橡胶自主保障体系。

钱伯章