

混炼工艺对丁腈橡胶性能稳定性的影响

高 健,姜文英,梁文伟,宋建平

(洛阳双瑞特种装备有限公司,河南 洛阳 471000)

摘要:研究混炼工艺对丁腈橡胶(NBR)硫化特性和力学性能的影响。结果表明:混炼工艺对NBR胶料和制品的性能稳定性影响较大,密炼机混炼排胶后在开炼机上加硫化体系的工艺的可控性较好,胶料性能更稳定;返炼可以适当改善胶料的加工性能和力学性能,但不能完全解决混炼不均的问题。

关键词:混炼工艺;丁腈橡胶;硫化特性;力学性能;稳定性

中图分类号:TQ333.7;TQ330.6⁺3

文章编号:2095-5448(2022)09-0457-03

文献标志码:A

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2022.09.0457



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

混炼是通过捏合设备将配合剂加入生胶制备混炼胶的过程。在混炼过程中,通过不同配合剂的添加和混炼工艺赋予胶料不同的功能和加工性能,混炼效果直接影响制品的品质,是橡胶生产过程中的重要工序^[1]。

丁腈橡胶(NBR)因具有较大的阻尼系数,常用于制备减振制品。但NBR分子结构具有强极性,混炼过程生热快,容易引起胶料的焦烧,配合剂在胶料中不易分散,造成批次间胶料性能不稳定、制品外观缺陷等问题^[2]。因此,研究NBR的混炼工艺对生产有一定的指导价值。本工作以NBR为基体,研究促进剂添加顺序等混炼工艺对NBR性能的影响,以期提高混炼胶及制品的性能稳定性。

1 实验

1.1 主要原材料

NBR,中国石油兰州石化公司产品;炭黑、硬脂酸、氧化锌、防老剂、硫黄和促进剂,市售品。

1.2 试样制备

1[#]工艺:NBR在X(S)M-50型密炼机(大连

第二橡塑机械有限公司产品)中塑炼→加炭黑和小料,混炼均匀→加硫黄和促进剂→排胶→在X(S)K-400型开炼机(大连第二橡塑机械有限公司产品)上下片→停放8 h。

2[#]工艺:NBR在密炼机中塑炼→加炭黑和小料,混炼均匀→排胶→在开炼机上加硫黄和促进剂→下片→停放8 h。

3[#]工艺一段:NBR在密炼机中塑炼→加炭黑和小料,混炼均匀→排胶→在开炼机上下片→停放4 h;二段:在密炼机中加一段混炼胶、硫黄和促进剂→捏合→排胶→在开炼机上下片→停放4 h。

采用平板硫化机进行硫化,硫化条件为150℃×30 min。

1.3 性能测试

(1)硫化特性。采用高铁检测仪器(东莞)有限公司生产的GT-M2000A型无转子硫化仪进行测试,温度为140℃。

(2)力学性能。采用高铁检测仪器(东莞)有限公司生产的AI3000型伺服控制拉力试验机进行测试。

2 结果与讨论

2.1 硫化特性

不同混炼工艺胶料的硫化特性见表1。

作者简介:高健(1986—),男,河北邢台人,洛阳双瑞特种装备有限公司工程师,硕士,主要从事橡胶制品配方和工艺设计方面的研究。

E-mail:gao005@126.com

表1 不同混炼工艺胶料的硫化特性

项 目	工艺编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
$F_L/(dN \cdot m)$			
测试1	2.02	1.81	1.62
测试2	2.37	1.86	1.73
$F_{max}/(dN \cdot m)$			
测试1	10.02	9.73	9.03
测试2	10.37	9.47	9.01
t_{10}/s			
测试1	115	162	140
测试2	92	160	148
t_{90}/s			
测试1	346	392	322
测试2	293	389	308

从表1可以看出,不同混炼工艺胶料的硫化特性差异较大,2[#]工艺胶料的 t_{10} 最长,3[#]工艺胶料次之,1[#]工艺胶料最短,即2[#]工艺胶料具有更长的安全加工时间,利于胶料填装、排气工艺,且不易引起焦烧。

此外,2[#]工艺胶料平行测试数据最集中,3[#]工艺胶料次之,1[#]工艺胶料平行测试数据离散性最大。1[#]工艺胶料 t_{10} 的离散性最大,胶料性能极不稳定,从而引起制品批次间的差别,不利于产品品质的把控。从胶料的可塑性来看,1[#]工艺胶料的 F_L 最大,2[#]工艺胶料次之,3[#]工艺胶料最小,即1[#]工艺胶料的流动性最差,不利于胶料模压,焦烧的可能性最大。

综上所述,造成不同工艺硫化特性差别较大的主要原因为:硫黄在NBR中分散差,在混炼初期就已加入;1[#]工艺在混炼结束前加入促进剂,此时胶料的温度较高,特别是在捏合齿附近的胶料温度更高,胶料局部容易发生预交联反应,阻碍硫黄和促进剂的分散,导致硫化特性不稳定^[3];此外,局部的交联反应导致胶料的流动性差,胶料的 F_L 偏大;2[#]工艺经过开炼机降温,加入促进剂时胶料温度较低;3[#]工艺则是胶片停放后,加入促进剂时胶料温度接近室温。2[#]和3[#]工艺均可降低胶料发生预交联反应的可能,因此,配合剂分散更加均匀,硫化特性更稳定,数据离散性小,胶料的性能稳定^[4]。

2.2 力学性能

不同混炼工艺胶料的力学性能如表2所示。

从表2可以看出:胶料的拉伸强度和拉断伸长率呈相同变化规律;2[#]工艺胶料与3[#]工艺胶料力学

表2 不同混炼工艺胶料的力学性能

项 目	工艺编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
拉伸强度/MPa			
测试1	16.2	16.7	16.2
测试2	15.1	16.2	16.5
测试3	15.5	16.3	16.6
拉断伸长率/%			
测试1	533	635	642
测试2	563	640	626
测试3	535	627	631

性能相当,均优于1[#]工艺胶料;2[#]和3[#]工艺胶料的力学性能稳定性也优于1[#]工艺胶料。

综上所述,混炼过程在转子转速保持一致的前提下,主要靠混炼温度和时间把控,1[#]工艺在高温下加入促进剂,虽然排胶温度和时间与2[#]和3[#]工艺一致,但促进剂添加时的胶料温度差异较大。在1[#]工艺下,胶料易出现焦烧,加剧硫黄分散的不均匀性,造成局部应力集中。

本试验还对不同车次胶料力学性能的稳定性进行了考察,结果如表3所示。

表3 不同车次胶料的力学性能

项 目	工艺编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
拉伸强度/MPa			
车次1	15.2	16.2	16.2
车次2	15.9	16.1	16.2
车次3	15.2	16.1	16.6
拉断伸长率/%			
车次1	544	637	640
车次2	562	620	632
车次3	599	634	660

从表3可以看出:在1[#]工艺下,不同车次胶料的拉伸强度在15 MPa左右波动,且数据离散性最大;2[#]和3[#]工艺胶料的拉伸强度在16 MPa左右波动,波动明显小于1[#]工艺胶料;拉断伸长率的变化规律与拉伸强度变化规律一致。

2.3 返炼后力学性能

为保证胶料的可塑性,停放后的胶料在使用前需进行返炼。返炼后胶料的力学性能如表4所示。

从表4可以看出:返炼后胶料的拉伸强度和拉断伸长率均增大,2[#]工艺胶料的拉伸强度增幅最大,3[#]工艺胶料次之,1[#]工艺胶料最小;返炼后3种工艺胶料的拉断伸长率相差不大。

表4 返炼后胶料的力学性能

项 目	工艺编号		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
拉伸强度/MPa			
测试1	16.2	17.3	16.6
测试2	15.9	18.7	17.0
测试3	15.7	18.9	17.6
拉伸伸长率/%			
测试1	666	651	650
测试2	657	626	684
测试3	644	635	655

胶料停放可以促进生成结合胶,提高强度,但胶料流动性降低。返炼过程是混炼胶再分散的过程,配合剂随着橡胶大分子链运动,分散更加均匀;返炼会破坏部分凝胶,使胶料变软,塑性增大,流动性变好,制品也更均匀^[5]。

2.4 成品外观

采用3种工艺的胶料制备橡胶支座产品,其外观如图1所示。



(a) 外观缺陷(1[#]工艺) (b) 外观正常(2[#]和3[#]工艺)

图1 外观缺陷和正常的橡胶支座产品照片

从图1可以看出:1[#]工艺产品外观有缺陷,如麻点、缺胶、色差和水流痕等问题;2[#]和3[#]工艺产品外观正常,表面光滑、平整、有轻微色差。分析认为,制品出现麻点、缺胶和水流痕与胶料的加工性能有直接关系。橡胶支座是厚橡胶产品,硫化前排

气是不可缺少的一项工序,在1[#]工艺下,胶料的门尼粘度大、起硫时间短,最外层胶料升温快导致局部易硫化,排气加压时胶料不流动或流动性差造成制品出现麻点、缺胶、色差和水流痕,严重时造成飞边炸裂等现象。在2[#]和3[#]工艺下,胶料流动性好,制品外观正常。

影响产品外观主要的因素在于硫化时间和胶料的可塑性,两者缺一不可;使用前的返炼,虽能在一定程度上改善胶料的加工性能和力学性能,但不能完全解决初次混炼不均的问题,此外也会带来胶料过度加工和局部焦烧的可能。

3 结论

(1) 混炼工艺对NBR胶料和制品的性能影响较大,2[#]工艺的可控性较好,胶料性能也更稳定。

(2) 返炼可以适当改善NBR胶料的加工性能和力学性能,但不能完全解决混炼不均的问题。

参考文献:

- [1] 游海军,刘莉. 混炼初始温度对丁腈橡胶加工性能的影响[J]. 特种橡胶制品,2016,37(2):63-65.
- [2] 关兵峰,魏荣梅,马国富,等. 混炼方式对填充天然橡胶疲劳性能的影响之研究[J]. 世界橡胶工业,2011,38(3):2-25.
- [3] 解希铭,郑方远. 混炼工艺对丁腈橡胶性能的影响[J]. 橡胶工业,2020,67(7):534-537.
- [4] 吕强,吴启明,张有华,等. 混炼工艺对混炼胶中炭黑分散性的影响[J]. 轮胎工业,2001,21(9):559-561.
- [5] 王艳秋. 橡胶塑炼与混炼[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

收稿日期:2022-03-04

Effect of Mixing Process on Property Stability of NBR

GAO Jian,JIANG Wenying,LIANG Wenwei,SONG Jianping

(Luoyang Shuangrui Special Equipment Co.,Ltd,Luoyang 471000,China)

Abstract: The effect of mixing process on the vulcanization characteristics and mechanical properties of nitrile rubber (NBR) was studied. The result showed that the mixing process had great influence on the property stability of NBR compounds and products, and the process of adding curing system on open mill after mixing in internal mixer had better controllability and produced more stability on the properties of the NRB compounds. The processability and mechanical properties of the compounds could be improved by remixing, but the problem of uneven mixing could not be solved completely.

Key words: mixing process; NBR; vulcanization characteristic; mechanical property; stability