

原材料·配方

结构化控制剂对硅橡胶性能的影响

杨德超,李超芹*

(青岛科技大学 高性能聚合物及成型技术教育部工程研究中心,山东 青岛 266042)

摘要:以甲基乙烯基硅橡胶为主体材料,研究结构化控制剂羟基硅油、甲氧基硅油和二甲基二乙氧基硅油对硅橡胶性能的影响。结果表明:添加结构化控制剂可以抑制硅橡胶的结构化现象,减小硅橡胶的交联程度、硬度、定伸应力、拉伸强度、回弹值和压缩永久变形,增大拉伸伸长率;羟基硅油对硅橡胶结构化的抑制效果最佳,可以降低硅橡胶(捏合混炼胶)的储能模量,延长停放时间,其用量为6份时就能达到较好的效果。

关键词:硅橡胶;结构化控制剂;结构化现象;储能模量;停放时间

中图分类号:TQ330.38⁺7;TQ333.93

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2024)03-0204-07

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2024.03.0204



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

硅橡胶是一种非自补强性橡胶,未经补强的硅橡胶力学性能很差,几乎没有实用价值,加入适量的补强填料可以大幅度提高其力学性能。白炭黑是硅橡胶的主要补强填料,但白炭黑表面含有活性硅羟基,会与硅橡胶分子中的硅氧键或者端硅羟基作用生成氢键,产生物理和化学结合,使得白炭黑难以均匀地分散在硅橡胶中,并且其胶料在储存过程中会逐渐变硬,塑性降低^[1-2],即产生结构化现象。

为了解决硅橡胶的结构化,通常要加入结构化控制剂,其组成为带有活性基团的有机硅化合物。结构化控制剂的抗结构化功能归因于其活性基团优先与白炭黑表面的羟基作用,从而抑制白炭黑粒子间氢键的生成,促进白炭黑在硅橡胶中的分散,降低白炭黑的团聚^[3-5]。

本工作以甲氧基硅油、羟基硅油、二甲基二乙氧基硅油作为结构化控制剂,甲基乙烯基硅橡胶为主体材料,气相法白炭黑为填料,2,5-二甲基-2,5-双(叔丁基过氧基)己烷(硫化剂双25)为交联剂,通过热压硫化并采用二次硫化工艺制

得热硫化硅橡胶,通过改变结构化控制剂的种类和用量,研究硅橡胶的加工行为及力学性能,利用橡胶加工分析仪(RPA)分析硅橡胶的结构化现象^[6-8]。

1 实验

1.1 原材料

甲基乙烯基硅橡胶,乙烯基质量分数为0.23%,唐山三友硅业有限责任公司产品;气相法白炭黑,牌号HP-200,江西宏柏新材料股份有限公司产品;硫化剂双25,甲氧基硅油、羟基硅油和二甲基二乙氧基硅油,市售品。

1.2 配方

配方(用量/份)为:甲基乙烯基硅橡胶 100,气相法白炭黑 40,硫化剂双25 2,结构化控制剂 变品种、变量。

1.3 主要设备和仪器

ZH-5型真空捏合机,江苏省如皋市强盛塑料化工机械厂产品;X(S)K-160型两辊开炼机,上海双翼橡塑机械有限公司产品;XLB-O 400×400

作者简介:杨德超(1998—)男,山东淄博人,青岛科技大学在读硕士研究生,主要从事硅橡胶配合技术与改性技术的研究。

*通信联系人(chaoqinli@sina.com)

引用本文:杨德超,李超芹.结构化控制剂对硅橡胶性能的影响[J].橡胶工业,2024,71(3):204-210.

Citation: YANG Dechao, LI Chaoqin. Effect of structured control agents on performance of silicone rubber[J]. China Rubber Industry, 2024, 71(3):204-210.

型平板硫化机,浙江湖州东方机械有限公司产品;GT-7080S2型橡胶门尼粘度计、GT-M2000-A型无转子硫化仪、GT-TOS-2000型拉力机和GT-7042-REA型落球回弹试验仪,高铁检测仪器(东莞)有限公司产品;LX-A型硬度计,江苏明珠试验机械有限公司产品;RPA2000橡胶加工分析(RPA)仪,美国阿尔法科技有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 捏合混炼胶制备

将生胶一次性、白炭黑和结构化控制剂分4次投入捏合机中于90℃混炼,直至捏合成大团,抽真空并继续升温,在140~150℃下保持2h,冷却出料。

1.4.2 硫化胶制备

将捏合混炼胶在开炼机上进行返炼,直至光滑无毛边,加入硫化剂双25,混炼均匀后放入平板硫化机中于170℃下硫化,之后将硫化胶片放入200℃高温鼓风烘箱中进行2h的二次硫化,恒温放置24h,进行后续试验。

1.5 性能测试

动态力学性能采用RPA仪进行测试,应变扫描,频率1Hz,温度60℃,应变0.2%~100%。其余性能均按相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 结构化控制剂种类对硅橡胶性能的影响

2.1.1 对加工行为的影响

试验使用高温加速结构化方法:将捏合混炼胶(以下简称混炼胶)在开炼机上混炼均匀后,放置在200℃恒温干燥箱中,2.5h后取出,在辊距3mm的开炼机上进行包辊混炼,得到光滑无毛边的胶料,将在开炼机上包辊的次数定为结构化次数,以初步判断结构化程度^[9-10]。

采用结构化控制剂羟基硅油、二甲基二乙氧基硅油和甲氧基硅油的混炼胶的结构化次数分别为16,132和74时得到光滑无毛边的胶料,可以看出使用羟基硅油的混炼胶结构化次数最少。

不同结构化控制剂消除混炼胶的结构化现象的混炼过程如图1所示。

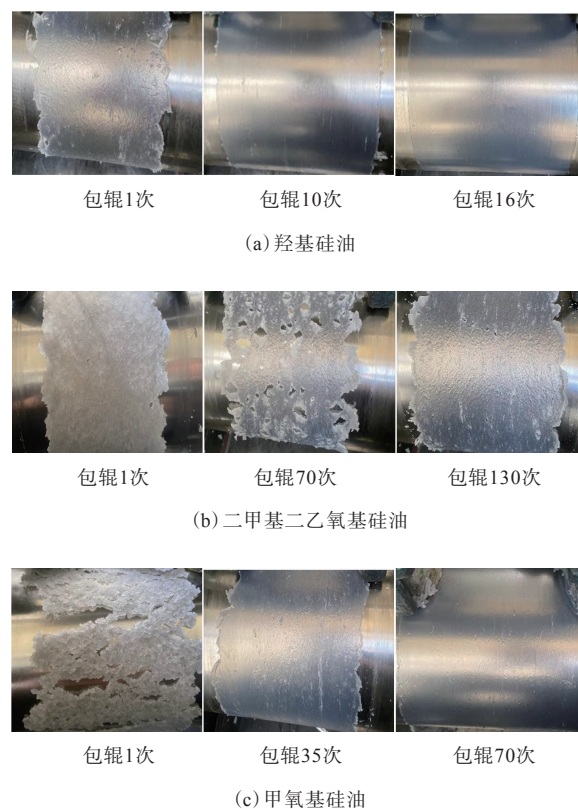


图1 不同结构化控制剂消除混炼胶的结构化现象的混炼过程

Fig. 1 Mixing processes for eliminating structured phenomena of compounds with different structured control agents

从图1可以观察到在高温加速消除混炼胶的结构化过程中,包辊1次的混炼胶均有不同程度的结构化现象,混炼胶表面破裂且不成片;在包辊一定次数后,混炼胶基本消除结构化现象,表面光滑且无毛边,其中采用羟基硅油的混炼胶的最终形态最好,且结构化次数最少,说明羟基硅油在消除结构化方面效果最好。

2.1.2 对硫化特性的影响

结构化控制剂种类对胶料硫化特性的影响如表1所示。

从表1可以看出,与空白胶料相比,添加结构化控制剂的胶料的门尼粘度、 F_L 、 F_{max} 和 $F_{max}-F_L$ 均有不同程度的减小, F_{max} 和 $F_{max}-F_L$ 减小说明结构化控制剂在一定程度上降低了胶料的交联程度, F_L 和门尼粘度减小是结构化控制剂发挥了增塑作用,导致胶料的转矩减小,胶料的流动性更好和加

表1 结构化控制剂种类对胶料硫化特性的影响
Tab.1 Effect of structured control agent types on vulcanization characteristics of compounds

项 目	空白	羟基硅油	二甲基二乙氧基硅油	甲氧基硅油
门尼粘度[ML(1+4)100℃]	93	11	40	51
硫化仪数据(170℃)				
F_L /(dN·m)	14.29	0.68	8.08	9.70
F_{max} /(dN·m)	32.01	17.78	21.90	25.81
$F_{max}-F_L$ /(dN·m)	17.72	17.10	13.82	16.11
t_{10} /min	0.40	0.47	0.33	0.40
t_{90} /min	1.51	2.40	1.57	1.36

注:空白胶料未添加结构化控制剂,其他配方胶料的结构化控制剂用量为8份。
工性能更优异。

对比添加3种结构化控制剂的胶料,添加甲氧基硅油的胶料的 F_L 和 F_{max} 最大。添加羟基硅油的胶料的门尼粘度、 F_L 和 F_{max} 最小,说明添加羟基硅油的胶料的加工流动性要明显好于添加其他两种结构化控制剂的胶料;添加羟基硅油的胶料的 t_{90} 略长于、 $F_{max}-F_L$ 大于添加其他两种结构化控制剂的胶料,说明添加羟基硅油的胶料的交联程度高。

2.1.3 对物理性能的影响

结构化控制剂种类对硫化胶物理性能的影响如表2所示。

表2 结构化控制剂种类对硫化胶物理性能的影响
Tab.2 Effect of structured control agent types on physical properties of vulcanizates

项 目	空白	羟基硅油	二甲基二乙氧基硅油	甲氧基硅油
邵尔A型硬度/度	72	62	65	66
100%定伸应力/MPa	4.91	2.18	2.69	2.84
200%定伸应力/MPa	9.22	4.98	6.28	6.80
拉伸强度/MPa	9.41	8.19	8.52	8.62
拉断伸长率/%	194	292	252	237
回弹值/%	73	65	69	66
压缩永久变形(150℃×24h)/%	19	4	16	15
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	20	21	22	20

注:同表1。

从表2可见,添加结构化控制剂后,硫化胶的硬度、定伸应力、拉伸强度、回弹值和压缩永久变形均减小,拉断伸长率增大,撕裂强度变化不大。

不同的结构化控制剂导致硫化胶的物理性能不同。对于硬度、定伸应力和拉伸强度,添加甲氧

基硅油的硫化胶最大,添加羟基硅油的硫化胶最小。这是因为结构化控制剂的端羟基能够与白炭黑反应,而二甲基二乙氧基硅油和甲氧基硅油相比较于羟基硅油结构更为复杂,在一定条件下可以提高硅橡胶三维网络结构的复杂程度^[6],其硫化胶表现为拉伸强度较大,拉断伸长率相对较小。而添加羟基硅油的硫化胶的压缩永久变形只有4%,其表现十分优异。

后续研究以羟基硅油作为结构化控制剂,研究其用量对硅橡胶性能的影响。

2.2 羟基硅油用量对硅橡胶性能的影响

2.2.1 对加工行为的影响

羟基硅油用量对混炼胶结构化次数的影响如表3所示。

表3 羟基硅油用量对混炼胶结构化次数的影响
Tab.3 Effect of hydroxyl silicone oil amounts on structural times of compounds

羟基硅油用量/份	结构化次数	羟基硅油用量/份	结构化次数
0	170	6	20
2	110	8	16
4	90	10	10

从表3可以看出:随着羟基硅油用量的增大,混炼胶的结构化次数减少;当羟基硅油用量从0增大到4份时,混炼胶的结构化次数明显减小,当羟基硅油用量超过6份(含)时,混炼胶的结构化次数趋于平衡,基本上入辊就可以达到光滑无毛边的状态,即添加6份及以上的羟基硅油,混炼胶具有较好的加工性能。

不同羟基硅油用量消除混炼胶的结构化现象的混炼过程如图2所示。

从图2可观察到在高温加速消除混炼胶的结构化过程中,包辊1次的混炼胶均有结构化现象;未添加羟基硅油的混炼胶包辊170次后基本达到光滑无毛边状态,可以正常使用;添加10份羟基硅油的混炼胶包辊10次后便可达到光滑无毛边状态,这表明添加适量的羟基硅油有利于降低混炼胶的加工难度,节省加工时间。

2.2.2 对硫化特性的影响

羟基硅油用量对胶料硫化特性的影响如表4所示。

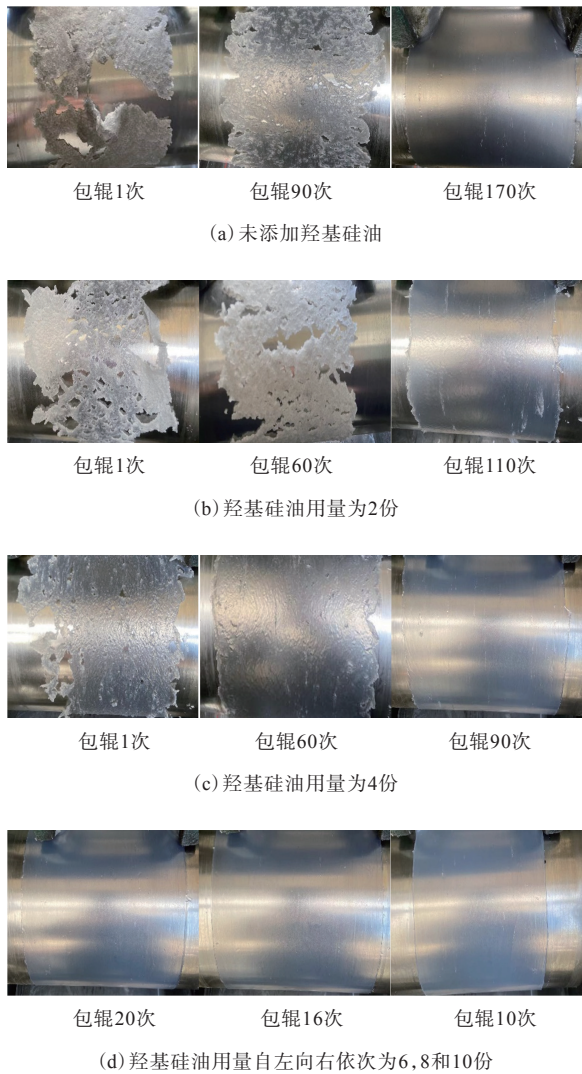


图2 不同羟基硅油用量消除混炼胶的结构化现象的混炼过程

Fig. 2 Mixing processes for eliminating structured phenomena of compounds with different hydroxyl silicone oil amounts

表4 羟基硅油用量对胶料硫化特性的影响						
Tab. 4 Effect of hydroxyl silicone oil amounts on vulcanization characteristics of compounds						
项 目	羟基硅油用量/份					
	0	2	4	6	8	10
门尼粘度[ML(1+4) 100 ℃]	93	55	22	14	11	10
硫化仪数据(170 ℃)						
$F_L/(dN \cdot m)$	14.29	5.99	1.68	1.08	0.68	0.64
$F_{max}/(dN \cdot m)$	32.01	27.17	20.20	20.22	17.78	17.29
$F_{max}-F_L/(dN \cdot m)$	17.72	21.18	18.52	19.14	17.10	16.65
t_{10}/min	0.40	0.40	0.42	0.46	0.47	0.47
t_{90}/min	1.51	1.72	1.74	2.25	2.40	2.43

从表4可以看出:随着羟基硅油用量的增大,胶料的 t_{10} 和 t_{90} 延长,说明羟基硅油降低了胶料的硫化速度;胶料的 F_L , F_{max} 和 $F_{max}-F_L$ 呈减小趋势,这是由于羟基硅油跟白炭黑发生脱水缩合,使得气相法白炭黑表面羟基减少,减少了白炭黑粒子团聚,有利于分散;胶料的门尼粘度减小,这是由于羟基硅油有增塑剂的作用,使得胶料软化,提高了胶料的塑性,降低了混炼难度。

2.2.3 对物理性能的影响

羟基硅油用量对硫化胶物理性能的影响如表5所示。

表5 羟基硅油用量对硫化胶物理性能的影响						
Tab. 5 Effect of hydroxyl silicone oil amounts on physical properties of vulcanizates						
项 目	羟基硅油用量/份					
	0	2	4	6	8	10
邵尔A型硬度/度	72	66	64	63	62	61
100%定伸应力/MPa	4.91	3.41	2.76	2.44	2.18	2.00
200%定伸应力/MPa	9.22	8.58	6.51	5.57	4.98	4.52
拉伸强度/MPa	9.41	8.96	8.36	8.22	8.19	7.88
拉断伸长率/%	194	208	239	275	292	314
回弹值/%	73	71	67	65	65	64
压缩永久变形(150 ℃×24 h)/%						
	19	13	8	5	4	3
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	20	25	24	25	21	24

从表5可以看出:硫化胶的定伸应力和拉伸强度随着羟基硅油用量的增大而减小,这是因为羟基硅油在胶料中起增塑剂的作用,羟基硅油进入到橡胶分子链的间隙中,增大了分子链的间距,且对分子链有着润滑作用,导致硫化胶的拉伸强度减小;硫化胶的拉断伸长率随着羟基硅油用量的增大而逐渐增大。

硫化胶的撕裂强度与交联密度、交联结构和补强填料有关。加入羟基硅油,硫化胶的撕裂强度增大,这可能是由于羟基硅油有效降低了白炭黑表面的极性,提高了白炭黑的分散性^[3]。

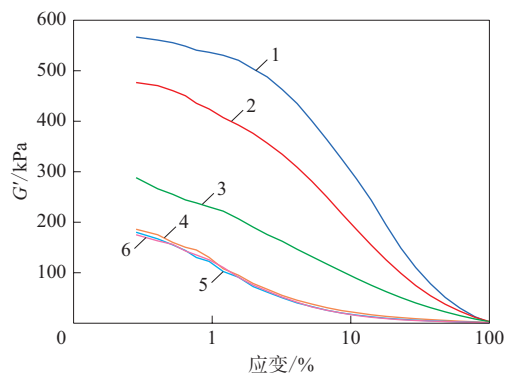
由于羟基硅油与白炭黑表面羟基反应,随着羟基硅油用量的增大,白炭黑表面的羟基减少,与橡胶的联系减弱,使得交联程度降低,抵抗外界形变的能力减弱,硬度和回弹值减小。同时白炭黑在橡胶中分散变好,使得橡胶分子链的运动能力提高,而橡胶的交联结构和交联程度对压缩永久

变形起着重要的作用,因为白炭黑均匀分散,使得外力均匀分散在各个橡胶分子链上,不易产生局部破坏导致的永久性变形,使得硫化胶的压缩永久变形减小。

2.3 结构化的RPA分析

填料补强橡胶在不同应变下具有不同的粘弹行为,随着应变的增大橡胶的动态模量急剧减小的现象叫做Payne效应,储能模量(G')的应变依赖性主要是由于填料网络的破坏与重建,即填料粒子附聚和解附聚的过程^[11-12]。硅橡胶的结构化也是因为某种填料网络结构的形成。本研究采用RPA仪分析混炼胶的Payne效应,以研究羟基硅油对硅橡胶结构化程度的影响。

羟基硅油用量对混炼胶(停放10 d) G' 的影响如图3所示。

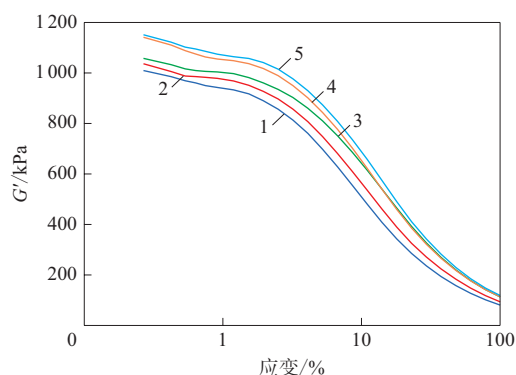


羟基硅油用量/份: 1—0; 2—2; 3—4; 4—6; 5—8; 6—10。

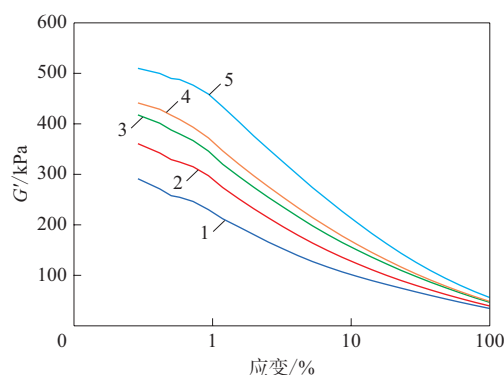
图3 羟基硅油用量对混炼胶 G' 的影响
Fig. 3 Effect of hydroxysilicone oil amounts on G' of compounds

从图3可以看出:羟基硅油用量为0~4份时,低应变下混炼胶的 G' 较大,随着羟基硅油用量的增大,混炼胶的 G' 迅速减小,表现为显著的Payne效应;羟基硅油用量为6~10份时,随着应变的增大,混炼胶的 G' 减幅相对平缓,不同羟基硅油用量混炼胶的 G' 变化曲线基本重合,这与羟基硅油用量对混炼胶的结构化次数影响的试验结论,即羟基硅油用量不小于6份时混炼胶的结构化次数基本稳定相一致。

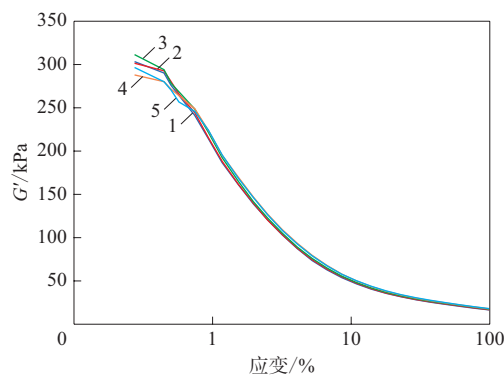
停放时间对添加不同用量羟基硅油的混炼胶 G' 的影响如图4所示。



(a) 未添加羟基硅油



(b) 羟基硅油用量为4份



(c) 羟基硅油用量为6份

停放时间/d: 1—0; 2—1; 3—3; 4—5; 5—10。

图4 停放时间对混炼胶 G' 的影响
Fig. 4 Effect of storage time on G' of compounds

从图4可以看出:随着停放时间的延长,混炼胶的 G' 呈增大趋势;未添加和添加4份羟基硅油的混炼胶的 G' 增幅较大,说明随着停放时间的延长,混炼胶的结构化程度逐渐增大;添加6份羟基硅油的混炼胶的 G' 随着停放时间的延长基本没有变化,说明混炼胶的结构化程度很低,而且相对稳

定,混炼胶的结构化程度不随停放时间的延长而发生变化,这进一步说明了6份羟基硅油可有效抑制混炼胶的结构化现象。

3 结论

(1) 使用结构化控制剂抑制硅橡胶结构化的同时会不同程度地影响硅橡胶的物理性能。使用结构化控制剂后硅橡胶的交联程度、硬度、定伸应力、拉伸强度、回弹值和压缩永久变形减小,拉断伸长率增大。在添加羟基硅油、二甲基二乙氧基硅油和甲氧基硅油的硅橡胶中,添加甲氧基硅油的硅橡胶的交联程度较高、拉伸强度较大,添加羟基硅油的硅橡胶的压缩永久变形最小,结构化程度最低。

(2) 羟基硅油用量越大,硅橡胶的交联程度、硬度、定伸应力、拉伸强度、回弹值和压缩永久变形减小,拉断伸长率增大。采用6份及以上羟基硅油时,硅橡胶的结构化次数大幅减少,可有效抑制结构化现象。

(3) 通过RPA分析研究硅橡胶(混炼胶)的结构化现象,随着停放时间的延长,硅橡胶的 G' 逐渐增大,结构化程度逐渐增大;随着羟基硅油用量的增大,低应变下硅橡胶的 G' 降幅较大,羟基硅油用量为6份时效果良好。

参考文献:

- [1] 君轩. 硅橡胶的结构化和结构化控制剂[J]. 世界橡胶工业, 2009, 36(12): 44.
- JUN X. Structured and structured control agents for silicone rubber[J]. World Rubber Industry, 2009, 36(12): 44.
- [2] 吴建龙, 朱雪锋, 林茜, 等. 热硫化硅橡胶储存性能的影响因素研究[J]. 化工生产与技术, 2021, 27(1): 9-11, 49-50.
- WU J L, ZHU X F, LIN Q, et al. Research on influencing factors of storage performance of hot vulcanized silicone rubber[J]. Chemical Production and Technology, 2021, 27(1): 9-11, 49-50.
- [3] 饶友, 付子恩, 陈建军, 等. 羟基硅油对过氧化物硫化硅橡胶性能的影响[J]. 有机硅材料, 2018, 32(4): 285-288.
- RAO Y, FU Z E, CHEN J J, et al. Effect of hydroxyl silicone oil on the property of silicone rubber vulcanized by peroxide[J]. Silicone Material, 2018, 32(4): 285-288.
- [4] 詹学贵, 邓冬云, 诸葛燕飞. 结构化控制剂对热硫化硅橡胶性能的影响[C]. 第十三届中国有机硅学术交流会论文集. 广州: 中国氟硅有机材料工业协会, 2006: 248-250.
- [5] 梁伟杰, 葛建芳, 程少辉, 等. 新型结构控制剂对热硫化硅橡胶性能的影响[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2015, 28(3): 26-30.
- LIANG W J, GE J F, CHENG S H, et al. Effect on properties of high temperature vulcanized silicone rubber by new constitution controller[J]. Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology, 2015, 28(3): 26-30.
- [6] 张志广, 谢竞慧, 陈彦北, 等. 硅油的种类及用量对硅橡胶阻尼性能的影响[J]. 合成橡胶工业, 2016, 39(5): 386-390.
- ZHANG Z G, XIE J H, CHEN Y B, et al. Effect of type and amount of silicone oil on damping property of silicone rubber[J]. China Synthetic Rubber Industry, 2016, 39(5): 386-390.
- [7] 段先健, 吴利民, 杨本意, 等. 气相法白炭黑的特性及其在硅橡胶中的应用[J]. 有机硅材料, 2004, 18(5): 34-38, 50.
- DUAN X J, WU L M, YANG B Y, et al. Characteristics of fumed silica and its application in silicone rubber[J]. Silicone Material, 2004, 18(5): 34-38, 50.
- [8] 左佳岩, 王安营, 郑建青, 等. 低压压缩永久变形热硫化硅橡胶的制备[J]. 有机硅材料, 2022, 36(2): 37-40.
- ZUO J Y, WANG A Y, ZHENG J Q, et al. Preparation of low compression set HTV silicone rubber[J]. Silicone Material, 2022, 36(2): 37-40.
- [9] 严爱民. 一种快速表征硅橡胶混炼胶储存期的方法[P]. 中国: CN 104325570A, 2015-02-04.
- [10] 刘涛, 陈亚薇, 刘东, 等. 填充橡胶的Payne效应[J]. 特种橡胶制品, 2015, 36(6): 76-81.
- LIU T, CHEN Y W, LIU D, et al. Payne effect of filled rubber[J]. Special Purpose Rubber Products, 2015, 36(6): 76-81.
- [11] 张琳, 王玉海, 刘震. 用RPA2000橡胶加工分析仪研究胶料硫化过程中填料的聚集程度[J]. 橡胶科技, 2017, 15(6): 13-21.
- ZHANG L, WANG Y H, LIU Z. Study on filler aggregation of rubber compound during curing process by RPA2000 rubber processing analyzer[J]. Rubber Science and Technology, 2017, 15(6): 13-21.
- [12] 薛琰, 徐向荣, 黄浩, 等. 基于橡胶加工分析仪研究氢化丁腈橡胶结构参数与力学性能的相关性[J]. 橡胶工业, 2021, 68(9): 643-649.
- XUE Y, XU X R, HUANG H, et al. Study on correlation between structure parameters and mechanical properties of HNBR based on RPA[J]. China Rubber Industry, 2021, 68(9): 643-649.

收稿日期: 2023-11-16

Effect of Structured Control Agents on Performance of Silicone Rubber

YANG Dechao, LI Chaoqin

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The effects of structured control agents hydroxy silicone oil, methoxy silicone oil and dimethyl diethoxysilicone oil on the performance of silicone rubber were studied using methyl vinyl silicone rubber as the main material. The results showed that the addition of structured control agent could inhibit the structured phenomenon of silicone rubber, reduce the degree of cross-linking, hardness, modulus at a given elongation, tensile strength, rebound value and compression set of silicone rubber, and increase the elongation at break. Hydroxyl silicone oil had the best inhibitory effect on the structuring of silicone rubber, which could reduce the storage modulus of silicone rubber (pinching compound) and prolong the storage time, while a better effect could be achieved when hydroxyl silicone oil amount was 6 phr.

Key words: silicone rubber; structured control agent; structured phenomenon; storage modulus; storage time

专利3则

由国网新疆电力有限公司电力科学研究院申请的专利(公布号 CN 117247635A, 公布日期 2023-12-19)“一种耐低温三元乙丙橡胶基密封材料及其制备方法”, 提供一种耐低温三元乙丙橡胶基密封材料的制备方法。密封材料配方(用量/份)为: 固体三元乙丙橡胶 60~80, 硅橡胶 10~20, 天然橡胶 0~20, 相容剂 1~5, 液体三元乙丙橡胶 0~30, 补强填料 50~80, 偶联剂 0.5~3, 氧化锌 3~5, 硬脂酸 1~3, 防老剂 3~5, 硫黄 1~2, 促进剂 2~3, 硫化交联剂 2~3, 助交联剂 2~3。该密封材料具有良好的耐低温性能, 可以在大温差、超低温环境中使用, 有优良的弹性、强度性能、密封性能, 且具有较长的使用寿命。

由兴宇汽车零部件股份有限公司申请的专利(公布号 CN 117247636A, 公布日期 2023-12-19)“一种发泡三元乙丙橡胶材料及其制备方法和密封条”, 公开了一种发泡三元乙丙橡胶材料及其密封条的制备方法。该发泡材料配方(用量/份)为: 三元乙丙橡胶 100, 补强剂 0~200, 还原石墨烯和氧化石墨烯 0.5~3, 发泡剂

0.5~10, 润滑剂 0.5~3, 双酚A型环氧树脂 0.5~2, 硫化活性剂 2~15, 硫化剂 0.5~5, 促进剂 0.5~6。胶料共混后制成密封条。本发明选用二维石墨烯材料有效“固定”固化后的泡孔, 并采用双酚A型环氧树脂调控石墨烯集中分布在泡孔内壁, 可改善三元乙丙橡胶发泡材料的收缩性能和压缩性能。

由宁德晟兴新能源科技有限公司申请的专利(公布号 CN 117247566A, 公布日期 2023-12-19)“一种氢化丁腈橡胶黏流态的制备及其应用”, 提供一种粘流态氢化丁腈橡胶的制备方法及其用途。粘流态氢化丁腈橡胶的制备方法如下: 切割和破碎固态氢化丁腈橡胶; 将破碎后的氢化丁腈橡胶与N-甲基吡咯烷酮倒入反应釜里加热搅拌; 搅拌后, 开启外循环, 反应釜内的物料从反应釜底部送出, 沿外部管道通过3种过滤器, 过滤后的物料又回到反应釜, 反复循环; 关闭外循环, 让物料在反应釜里再次加热搅拌, 物料通过过滤器进行出料包装。该制备方法实现了简单、快速地将氢化丁腈橡胶由固态转变成粘流态, 而粘流态氢化丁腈橡胶可以直接用于锂电池正极的制作。

(信息来源于国家知识产权局)