

产品·设计

天然胶乳制备超薄避孕套的研究

孙东华¹, 赵立广^{2,3*}, 黄文正⁴, 宋亚忠^{2,3}, 刘伟强^{2,3}, 李建伟^{2,3}, 黄红海^{2,3}, 王岳坤^{2,3}

(1. 湛江市事达实业有限公司, 广东 湛江 524000; 2. 中国热带农业科学院 橡胶研究所, 海南 海口 570100; 3. 海南省高性能天然橡胶材料工程重点实验室, 海南 海口 570100; 4. 广州双一乳胶制品有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 研究氧化石墨烯、细菌纤维素和纳米微晶纤维素补强天然胶乳胶膜并以纳米微晶纤维素胶乳试制超薄避孕套。结果表明: 氧化石墨烯补强胶膜有黑斑点, 氧化石墨烯用量较大时胶膜容易收缩、开裂, 弹性较差, 强度也较低; 细菌纤维素补强胶膜粗糙, 有白点, 拉伸强度和撕裂强度较低, 细菌纤维素的补强效果较差; 纳米微晶纤维素A补强胶膜拉伸应力、拉伸强度、拉伸伸长率和撕裂强度较高, 纳米微晶纤维素A的补强效果明显; 采用纳米微晶纤维素A和B试制天然胶乳超薄避孕套, 当纳米微晶纤维素A和B用量为0.2份时, 超薄避孕套的外观均良好, 拉伸强度均较高。

关键词: 天然胶乳; 超薄避孕套; 胶膜; 补强剂; 氧化石墨烯; 细菌纤维素; 纳米微晶纤维素

中图分类号: TQ331.2; TQ330.38⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2022)08-0608-06

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2022.08.0608



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

避孕套是世界各国普遍使用的重要计生用品,基本上采用天然胶乳作为原材料。天然胶乳避孕套质地柔软、舒适度高^[1-2]。有研究表明避孕套厚度每减小0.01 mm,舒适度能提高20%。

随着人们对美好生活的向往,对避孕套舒适度要求越来越高,因此需要提高胶膜强度以满足超薄避孕套的要求。然而由于天然橡胶本身性能的限制^[3],纯天然胶乳避孕套厚度小于0.045 mm时容易破裂^[4]。目前,市场上存在多种天然胶乳超薄避孕套,如倍力乐生产的石墨烯/天然胶乳超薄避孕套^[5],厚度为0.04 mm左右;双一乳胶制品有限公司生产的纳米硅补强超薄避孕套^[4],厚度为0.05 mm左右。由于超薄避孕套生产工艺复杂,成本较高,因此需要继续开发工艺简单、质量可靠的超薄避孕套。

天然胶乳胶膜的补强一直是行业难题,普遍存在补强效果和稳定性差、工艺繁琐等问题^[2]。天

然胶乳胶膜的补强材料包括无机和有机粒子补强剂^[6],其中,氧化石墨烯和纤维素等在近期受到广泛关注。石墨烯是一种二元结构的碳单元材料,具有优异的强度性能、导热性能和导电性能,应用前景广阔;细菌纤维素是由微生物发酵获得的具有纳米尺寸的聚合物生物材料^[7-8],具有强度高、化学稳定性好、比表面积大、持水能力强及环境友好等特质;纳米微晶纤维素是直径小于100 nm的超微细纤维,是纤维素的最小物理结构单元,具有高强度、高模量和高结晶度等特性^[9],应用广泛,这些材料对天然胶乳胶膜均有一定的补强作用,可作为补强剂试制超薄避孕套^[10]。

本研究以研制超薄避孕套为目的,采用氧化石墨烯、细菌纤维素和纳米微晶纤维素A补强天然胶乳胶膜,以期提高天然胶乳胶膜的力学性能,并试制避孕套,验证这些补强材料对天然胶乳胶膜的补强效果,为生产超薄避孕套提供技术支撑。

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项(No. CARS-33-GJ1); 中国热带农业科学院基本科研业务费专项(No. 1630022020007)

作者简介: 孙东华(1976—),男,广东湛江人,湛江市事达实业有限公司工程师,学士,主要从事天然橡胶的加工研究。

***通信联系人**(1104537190@qq.com)

引用本文: 孙东华,赵立广,黄文正,等.天然胶乳制备超薄避孕套的研究[J].橡胶工业,2022,69(8):608-613.

Citation: SUN Donghua, ZHAO Liguang, HUANG Wenzheng, et al. Study on preparation of ultra-thin condom by natural rubber latex[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(8): 608-613.

1 实验

1.1 主要原材料

天然胶乳,泰国进口产品;氧化石墨烯,工业级,市售品;细菌纤维素,直径为10~30 nm,广州市楫晨生物科技有限公司产品;纳米微晶纤维素A,直径为5~20 nm,质量分数为2%,北方世纪(江苏)纤维素材料有限公司产品;纳米微晶纤维素B,直径5~20 nm,质量分数为8%,阿克苏诺贝尔化学产品(宁波)有限公司产品。

1.2 配方(以干质量计)

天然胶乳 100,氧化锌 0.6,酪素 0.1,氢氧化钾 0.075,硫黄 1,促进剂PX 0.75,软水适量,补强剂(氧化石墨烯/细菌纤维素/纳米纤维素) 变量。

1.3 主要设备和仪器

FA25D型高速剪切分散仪,上海弗鲁克流体机械制造有限公司产品;UT-2080型万能拉力试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 预硫化胶乳

将各种配合剂分散体添加到浓缩胶乳中并搅拌均匀,将配合胶乳置于70℃水浴环境中在缓慢搅拌下加热,并定期检测胶乳的预硫化程度,待预硫化完成后取出胶乳,预硫化胶乳静置、沉降一段时间。

1.4.2 共混胶乳

将氧化石墨烯、细菌纤维素和纳米微晶纤维素加入到配合胶乳或预硫化胶乳中,胶乳采用高速剪切分散仪在5 000 r·min⁻¹的转速下搅拌10 min,以使其充分混合均匀,然后静置、沉降24 h。

1.4.3 硫化胶膜

取适量共混胶乳,将过滤后的胶乳倾倒入洁净的玻璃平板上注模,在常温下干燥至透明,取下胶膜后置于去离子水中浸泡24 h,取出后冲洗干净,在80℃下烘6 h至完全干燥。

1.4.4 超薄避孕套

取适量共混胶乳于锥形量杯内,静置后除去表面的气泡和胶皮,将避孕套模具加热至90℃,浸入胶乳后缓慢向上提,保持胶膜厚度均匀,将浸胶模具置于100℃烘箱内加热1 h(至胶膜透明),重复上述操作3次,然后用滑石粉脱模,胶膜厚度控制为(0.06±0.02) mm。

1.5 性能测试

将硫化胶膜分别裁成哑铃形和直角形试样进行拉伸性能和撕裂强度测试;将避孕套薄膜裁成宽度为10 mm的环形试样进行拉伸性能测试。

2 结果与讨论

2.1 氧化石墨烯补强天然胶乳胶膜

采用添加氧化石墨烯的天然胶乳制备硫化胶膜,观察胶乳中氧化石墨烯的分散情况,并测试硫化胶膜的物理性能,结果分别如表1和2所示。

从表1可以看出:在胶乳预硫化前加入氧化石墨烯,氧化石墨烯在胶乳中分散良好,但胶膜有黑斑点;随着氧化石墨烯用量的增大,胶膜收缩严重,变硬变脆,弹性变差。在胶乳预硫化后加入氧化石墨烯,氧化石墨烯在胶乳中分散良好;当氧化石墨烯用量不超过0.5份时,胶乳成膜性能有所提升。

从表2可以看出,氧化石墨烯用量较小时,胶

表1 氧化石墨烯在天然胶乳中的分散和胶乳的成膜情况
Tab. 1 Dispersion of graphene oxide in natural latexes and film formation of latexes

项 目	配方编号						
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7
氧化石墨烯用量/份	0.1	0.5	1	0.1	0.5	1	0
氧化石墨烯添加时间	预硫化前	预硫化前	预硫化前	预硫化后	预硫化后	预硫化后	
氧化石墨烯在胶乳中的分散情况	良好	良好	良好	良好	良好	良好	
胶乳的成膜情况	胶膜无收缩,无裂痕,较软,有黑斑点	胶膜有一定收缩,表面有裂痕,弹性较差,有黑斑点	胶膜强烈收缩,表面开裂,极脆,弹性差,有黑斑点	胶膜表面光滑,无裂横,很软,有黑斑点	胶膜无裂痕,较软,有黑斑点	胶膜细微裂痕,弹性较差,较硬,有黑斑点	胶膜状态良好

表2 氧化石墨烯补强天然胶乳胶膜的物理性能
Tab.2 Physical properties of natural latex films reinforced by graphene oxide

项 目	配方编号						
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7
300%定伸应力/MPa	1.10	1.53	—	1.12	1.22	1.54	0.99
拉伸强度/MPa	29.27	25.92	—	30.93	25.94	24.44	28.81
拉断伸长率/%	1400	989	—	1067	1045	1056	1065
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	46	51	—	59	59	58	36

膜的拉伸强度和撕裂强度均较高,但在氧化石墨烯用量增大后均降低。其中,在胶乳预硫化前加入氧化石墨烯,石墨烯用量较小时,胶膜较软,拉断伸长率较高,氧化石墨烯用量增大后,胶膜变硬变脆,性能下降明显;在胶乳预硫化后加入氧化石墨烯,随着氧化石墨烯用量的增大,胶膜的定伸应力逐渐提高,拉伸强度逐渐降低,拉断伸长率和撕裂强度变化很小。

2.2 细菌纤维素补强天然胶乳胶膜

细菌纤维素在天然胶乳中的分散和胶乳的成膜情况如表3所示,细菌纤维素补强天然胶乳胶膜的物理性能如表4所示。

从表3可以看出:无论是在胶乳预硫化前还是预硫化后加入细菌纤维素,细菌纤维素在胶乳中分散都较差,沉降一段时间后都会出现沉淀;随着细菌纤维素用量的增大,胶乳的沉淀增多,胶膜表面粗糙并伴有白斑点,说明细菌纤维素在胶乳中易于团聚。

从表4可以看出,无论是在胶乳预硫化前还

是预硫化后加入细菌纤维素,胶膜的拉伸强度和拉断伸长率均随着细菌纤维用量的增大而大幅降低,定伸应力和撕裂强度均出现先升后降的趋势,说明细菌纤维素对天然胶乳具有一定的补强作用,但在胶乳中难以保持分散状态,因此其用量较大时又会因团聚现象在一定程度上降低胶膜强度。

2.3 纳米微晶纤维素A补强天然胶乳胶膜

纳米微晶纤维素A在天然胶乳中的分散和胶乳的成膜情况如表5所示,纳米微晶纤维素A补强天然胶乳胶膜的物理性能如表6所示。

从表5可以看出:纳米微晶纤维素A在胶乳预硫化前后加入,纳米微晶纤维素A的分散和胶乳的成膜情况差别较小;在纳米微晶纤维素A用量较小时,其在胶乳中分散良好,在纳米微晶纤维素A用量较大时,胶乳出现少量沉淀,胶膜上出现少量斑点,此外,胶膜干燥后颜色较深,呈暗黄色。

从表6可以看出:纳米微晶纤维素A在胶乳预硫化前加入,胶膜的定伸应力、拉伸强度、拉断伸

表3 细菌纤维素在天然胶乳中的分散和胶乳的成膜情况
Tab.3 Dispersion of bacterial cellulose in natural latexes and film formation of latexes

项 目	配方编号						
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
细菌纤维素用量/份	0.2	1	4	0.2	1	4	0
细菌纤维素添加时间	预硫化前	预硫化前	预硫化前	预硫化后	预硫化后	预硫化后	
细菌纤维素在胶乳中的分散情况	良好	少量沉淀	沉淀较多	良好	少量沉淀	沉淀较多	
胶乳的成膜情况	胶膜表面有白 斑点	胶膜表面粗糙, 弹性差,有白 斑点	胶膜硬,粗糙, 无弹性,有白 斑点	胶膜表面有白 斑点	胶膜表面粗糙, 弹性差,有白 斑点	胶膜硬,粗糙, 无弹性,有白 斑点	胶膜状态良好

表4 细菌纤维素补强天然胶乳胶膜的物理性能
Tab.4 Physical properties of natural latex films reinforced by bacterial cellulose

项 目	配方编号						
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
300%定伸应力/MPa	1.20	3.51	2.10	1.36	3.80	2.50	0.99
拉伸强度/MPa	27.59	24.28	4.61	26.58	18.83	5.676	28.81
拉断伸长率/%	1120	902	285	997	890	366	1065
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	34	56	26	33	35	25	36

表5 纳米微晶纤维素A在天然胶乳中的分散和胶乳的成膜情况

Tab. 5 Dispersion of nano microcrystalline cellulose A in natural latexes and film formation of latexes

项 目	配方编号				
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
纳米微晶纤维素A用量/份	1	4	1	4	0
纳米微晶纤维素A添加时间	预硫化前	预硫化前	预硫化后	预硫化后	
纳米微晶纤维素A在胶乳中的分散情况	良好	少量沉淀	良好	少量沉淀	
胶乳的成膜情况	胶膜呈暗黄色	胶膜呈暗黄色,状态良好	胶膜呈浅黄色	胶膜状态良好,有少量斑点	胶膜状态良好

表6 纳米微晶纤维素A补强天然胶乳胶膜的物理性能

Tab. 6 Physical properties of natural latex films reinforced by nano microcrystalline cellulose A

项 目	配方编号				
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
300%定伸应力/MPa	1.52	1.47	1.50	1.01	0.99
拉伸强度/MPa	29.51	29.44	30.24	26.15	28.81
拉断伸长率/%	1 218	1 224	1 357	1 308	1 065
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	59	41	58	39	36

长率和撕裂强度均有一定程度的提升;纳米微晶纤维素A在胶乳预硫化后加入,其用量较大时胶膜的拉伸强度下降。采用纳米微晶纤维素A补强胶乳能显著提升胶膜的拉断伸长率和撕裂强度,能显著提升胶膜的抗撕裂性能,定伸应力和拉伸强度也有一定提高。

2.4 超薄避孕套试制

超薄避孕套的补强剂除了补强效果好外还要注意2个方面问题。一是应用工艺简单,二是生产成本低。超薄避孕套的胶乳共混中不宜采用高剪切分散设备,最好采用简单的物理共混,这就要求补强剂的分散性好,其在胶乳中不易团聚和沉淀,

胶膜平整,无斑点和颗粒,同时要求补强剂本身的生产成本低,用量小,从而控制超薄避孕套生产成本。整体分析表明,纳米微晶纤维素A在胶乳预硫化后加入补强效果最好。

采用2种纳米微晶纤维素试制超薄避孕套,2种纳米微晶纤维素在胶乳中的分散和胶乳的成膜情况如表7所示,2种纳米微晶纤维素试制的超薄避孕套的物理性能如表8所示。

从表7可以看出,纳米微晶纤维素胶乳的成膜性能良好,但其用量为0.4份时胶膜出现少量白斑点,因此纳米微晶纤维素的适宜用量在0.4份以下。

表7 2种纳米微晶纤维素在超薄避孕套共混胶乳中的分散和胶乳的成膜情况

Tab. 7 Dispersion of two kinds of nano microcrystalline cellulose in ultra-thin condom blend latex and film formation of latexes

项 目	配方编号				
	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
纳米微晶纤维素种类	A	A	B	B	
纳米微晶纤维素用量/份	0.2	0.4	0.2	0.4	0
纳米微晶纤维素添加时间	预硫化后	预硫化后	预硫化后	预硫化后	
纳米微晶纤维素在胶乳中的分散情况	良好	少量沉淀	良好	少量沉淀	
胶乳的成膜情况	胶膜状态良好	胶膜状态较好,有白斑点	胶膜状态良好	胶膜状态较好,有白斑点	胶膜状态良好

表8 2种纳米微晶纤维素试制的超薄避孕套的物理性能

Tab. 8 Physical properties of ultra-thin condoms made by two kinds of nano microcrystalline cellulose

项 目	配方编号				
	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
100%定伸应力/MPa	0.41	0.43	0.39	0.47	0.38
200%定伸应力/MPa	0.86	0.95	0.82	1.01	0.81
300%定伸应力/MPa	1.46	1.90	1.52	2.04	1.54
拉伸强度/MPa	20.17	19.39	21.87	19.90	13.15

从表8可以看出:纳米微晶纤维素对超薄避孕套的拉伸强度具有显著的提升作用;纳米微晶纤维素用量增大时,超薄避孕套的定伸应力提高,拉伸强度降低,因此纳米微晶纤维素适宜用量在0.4份以下。其中,纳米微晶纤维素A用量为0.2份时,超薄避孕套的拉伸强度提升53%,纳米微晶纤维素B用量为0.2份时,超薄避孕套的拉伸强度提升66%。因此,纳米微晶纤维素具有在超薄避孕套生产中应用的可能性。

3 结论

(1) 氧化石墨烯加入天然胶乳,氧化石墨烯在胶乳中的分散性良好,胶膜有黑斑点;氧化石墨烯用量小于0.5份时,胶膜的拉伸强度和撕裂强度较高,氧化石墨烯具有良好的补强效果;氧化石墨烯用量超过0.5份时,胶膜容易收缩、开裂,弹性差,强度较低。

(2) 细菌纤维素加入天然胶乳,细菌纤维素在胶乳中的分散性较差,易于团聚;细菌纤维素用量超过4份时,胶乳会出现大量沉淀,胶膜粗糙,有白斑点,弹性较差;细菌纤维素补强胶膜的拉伸强度和撕裂强度均较低,即细菌纤维素对胶膜的补强效果较差。

(3) 纳米微晶纤维素A加入天然胶乳,纳米微晶纤维素A在胶乳中的分散性良好,纳米微晶纤维素A用量超过4份时,胶乳会出现少量沉淀;纳米微晶纤维素A用量越大,胶膜的颜色越深;纳米微晶纤维素A补强胶膜的定伸应力、拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度均有一定程度的提升,且纳米微晶纤维素A在胶乳预硫化前后加入,胶膜的性能差别较小,纳米微晶纤维素A的补强效果明显。

(4) 采用纳米微晶纤维素A和B加入天然胶乳并试制超薄避孕套,2种纳米微晶纤维素在胶乳预硫化前后加入,超薄避孕套的性能差别较小。纳米微晶纤维素用量超过0.4份时,胶乳中均会出现少量沉淀,超薄避孕套会出现白斑点;纳米微晶纤维素用量为0.2份时,超薄避孕套外观良好。随着纳米微晶纤维素用量的增大,超薄避孕套的定伸应力提高,拉伸强度降低,纳米微晶纤维素A和B用量为0.2份时,超薄避孕套的拉伸强度分别提高

53%和66%,纳米微晶纤维素综合应用效果最好。

参考文献:

- [1] 李汉堂. 通过安全套生产开发胶乳成膜技术[J]. 世界橡胶工业, 2017, 44(4): 31-34.
LI H T. Development of latex film-forming technology through condom production[J]. World Rubber Industry, 2017, 44(4): 31-34.
- [2] 张于城, 王海艳, 胡芳. 天然胶乳橡胶避孕套检验及探索性研究分析[J]. 中国医疗器械杂志, 2020, 44(2): 163-165.
ZHANG Y C, WANG H Y, HU F. Natural latex rubber condom inspection and exploratory research analysis[J]. Chinese Journal of Medical Instrumentation, 2020, 44(2): 163-165.
- [3] 谭海生. 胶乳制品工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 128-134.
- [4] 黄文正, 陈利水, 莫均炎, 等. 改性二氧化硅在天然橡胶避孕套中应用研究[J]. 广东橡胶, 2019(12): 17-19.
HUANG W Z, CHEN L S, MO J Y, et al. Application of modified silica in natural rubber condoms[J]. Guangdong Rubber, 2019(12): 17-19.
- [5] 徐晨韵. 倍力乐、杜蕾斯性能综合评价更佳[J]. 消费者报道, 2015(3): 28-29.
XU C Y. The comprehensive performance evaluation of Pleasure More and Durex is better[J]. China Consumer Reports, 2015(3): 28-29.
- [6] 罗文杰, 汪志芬, 李思东, 等. 天然胶乳的补强研究进展[J]. 热带生物学报, 2011, 2(4): 383-388.
LUO W J, WANG Z F, LI S D, et al. Research progresses in the study on reinforcement of natural rubber latex[J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture, 2011, 2(4): 383-388.
- [7] PHOMRAKS S, PHISALAPHOG M. Reinforcement of natural rubber with bacterial cellulose via a latex aqueous microdispersion process[J]. Journal of Nanomaterials, 2017(2): 1-9.
- [8] 马丽娜, 石川, 赵宁, 等. 细菌纤维素基纳米生物材料在储能领域的应用[J]. 无机材料学报, 2020, 35(2): 145-157.
MA L N, SHI C, ZHAO N, et al. Bacterial cellulose based nano-biomaterials for energy storage applications[J]. Journal of Inorganic Materials, 2020, 35(2): 145-157.
- [9] 林路. 纳米微晶纤维素补强天然橡胶的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [10] 陈红莲, 高天明, 黄茂芳, 等. 纳米纤维素晶体的制备及其在聚合物中应用的研究进展[J]. 热带作物学报, 2010, 31(11): 2051-2054.
CHEN H L, GAO T M, HUANG M F, et al. Preparation research of nano-crystalline cellulose and its application progress on polymer[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2010, 31(11): 2051-2054.

收稿日期: 2022-02-28

Study on Preparation of Ultra-Thin Condom by Natural Latex

SUN Donghua¹, ZHAO Liguang^{2,3}, HUANG Wenzheng⁴, SONG Yazhong^{2,3}, LIU Weiqiang^{2,3},
LI Jianwei^{2,3}, HUANG Honghai^{2,3}, WANG Yuekun^{2,3}

(1. Zhanjiang Star Enterprise Co., Ltd, Zhanjiang 524000, China; 2. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 570100, China; 3. Hainan Key Laboratory of High Performance Natural Rubber Materials Engineering, Haikou 570100, China; 4. Guangzhou Double One Latex Products Co., Ltd, Guangzhou 510000, China)

Abstract: The natural latex films reinforced by graphene oxide, bacterial cellulose and nano-microcrystalline cellulose were studied, and the ultra-thin condom was trial produced with nano-microcrystalline cellulose latex. The results showed that, the film reinforced by graphene oxide had black spots. When the amount of graphene oxide was large, the film was easy to shrink and crack, with poor elasticity and low strength. The film reinforced by bacterial cellulose was rough with white spots, low tensile strength and tear strength, and the reinforcement effect of bacterial cellulose was poor. The modulus, tensile strength, elongation at break and tear strength of the film reinforced by nano microcrystalline cellulose A were high, and the reinforcing effect of nano microcrystalline cellulose A was obvious. When the dosage of nano microcrystalline cellulose A and B was 0.2 phr, the trial produced natural latex ultra-thin condom had good appearance and high tensile strength.

Key words: natural latex; ultra-thin condom; film; reinforcing agent; graphene oxide; bacterial cellulose; nano-microcrystalline cellulose

专利3则

由深圳市汉科新材料技术有限公司申请的专利(公布号 CN 113831737A, 公布日期 2021-12-24)“功能化石墨烯纳米片增强硅橡胶复合材料及其制备方法”, 提供了一种功能化石墨烯纳米片增强硅橡胶复合材料的制备方法, 其包括如下步骤: (1) 通过1,3-偶极环加成反应在石墨烯纳米片的表面形成氮杂环结构(具有含羧基的末端); (2) 将3-氨丙基三甲氧基硅烷(APTMS)通过羧基键合在石墨烯纳米片上, 以获得功能化石墨烯纳米片; (3) 将功能化石墨烯纳米片混合在硅橡胶中, 获得功能化石墨烯纳米片增强硅橡胶复合材料。该功能化石墨烯纳米片增强硅橡胶复合材料具有优异的物理性能和热学性能。

由智筑汇创(上海)新材料科技有限公司申请的专利(公布号 CN 113861573A, 公布日期 2021-12-31)“一种橡胶发泡材料及其制备方法”, 涉及的橡胶发泡材料配方为: 三元乙丙橡胶

36~44, 硅土 13~16, 炭黑N550 9.5~10.5, 石墨烯 0.45~0.5, 氧化锌 1.8~2.2, 硬脂酸 0.45~0.5, 工业豆油 14~16, 发泡剂 2.8~3.2, 硫黄 0.45~0.55, 促进剂 0.45~0.55。该橡胶发泡材料具有很大的抗拉强度和抗压强度、优异的可压缩变形性, 且密度小、吸水率低、回弹快。

由安徽京鸿密封件技术有限公司申请的专利(公布号 CN 113881148A, 公布日期 2022-01-04)“一种低压缩永久变形硫黄硫化密封圈三元乙丙橡胶材料”, 涉及的三元乙丙橡胶(EPDM)胶料配方为: EPDM 60~100, 炭黑 70~140, 白炭黑 5~15, 煅烧高岭土 10~50, 间接法氧化锌 5~10, 硬脂酸 0.5~2, 硫黄 0.4~2, 促进剂LHM/促进剂M 2~6。其中, 促进剂采用并用体系。该EPDM材料具有较小的压缩永久变形, 同时具有良好的耐植物油性能, 且成本低、气味小。

(本刊编辑部 赵敏)