

磁性橡胶的研究现状及其发展前景

徐彦红*,王再学,赵桂英,李培培,陈德宝,彭祥林,刘丛丛,翟登娅,马 继,徐健富

(徐州工业职业技术学院材料工程学院,江苏省橡胶循环利用研发中心,徐州 221140)

摘要:磁性橡胶是一类功能性复合高分子材料,具有磁性和弹性、易加工、形状多样、可绕性好等优点,被广泛应用于许多领域。近年来,由于其特殊结构、优良性能和广阔的应用前景等引起国际学术界和工业界的高度重视,越来越多研究者致力于磁性橡胶的研究中。本文主要介绍了磁性橡胶的基本组成、磁性橡胶的常用制备工艺技术及其研究现状,并对其在工业和人们日常工作及生活中的应用现状进行了概括。最后就磁性橡胶的当前研究趋势和未来发展前景进行了简要描述。

关键词:磁性橡胶;橡胶;高分子;磁性

引言

橡胶应用十分广泛,如众所周知的汽车轮胎、运输带及其它工业产品等等都离不开橡胶技术。近年来,功能性橡胶如传感、转换、生物识别传感设备、电、磁屏蔽材料等等引起学者的兴趣,尤其是作为功能材料之一的磁性橡胶。它是一种特殊的智能材料,结合了橡胶基体的弹性和填料的磁性,从而具有许多潜在的应用,如阻尼装置、仿生机器人的人造肌肉、电磁干扰屏蔽系统和磁形状记忆聚合物和大的应变执行器等等^[1],也日益受到研究者的关注。磁性橡胶是指以高分子材料与各种无机磁性材料通过混合粘结、填充复合、表面复合、层积复合等方式加工制得的磁性体,是一种磁性高分子复合材料,主要由磁性颗粒和橡胶组成。其特点是密度小,柔软性好,易加工,可绕性好,保磁力大,导电,导热,可裁剪等,制品形状多样,可制成各种形状复杂的零件。已有学者将钕铁硼粉、镍锌铁氧体、锰锌铁氧体、铁酸钡、铁酸锶等添加到天然胶、丁基橡胶、丁腈橡胶等不同橡胶中制备出柔韧的磁性橡胶,并研究了材料的性能,磁粉的添加改变了弹性体的物理化学性能如介电性能和磁学性能等,使得弹性体得到更广泛的应用^[2~6],而且近年来越来越多的研究者投入到磁性橡胶的制备和性能研究中。

1 磁性橡胶研究和应用现状

磁性橡胶是带磁性的弹性体材料总称^[7],是由高分子材料、磁粉及其它助剂配制而成的复合型高分子材料。以橡胶为主体,磁粉为填料的磁性橡胶,要求磁粉在橡胶中分布尽量均匀,为此研究者不断改进配方和工艺,以改善磁粉在橡胶中的分散均匀性;另一种是以磁粉为主体,橡胶为粘结剂的材料,在磁学领域称之为橡胶磁,如应用在微型马达、激光打印机、复印机、磁性玩具等领域的材料,需要较高的磁性性能,因此需要将磁粉覆盖在橡胶表面上,制备出单面或双面覆磁,具有较高磁性的磁性橡胶、比重较高、硬度也较高,平整度以及光亮性较好,有较好的耐磨性以及耐高压性等。但是,无论是磁性橡胶,还是橡胶磁,其磁性均取决于磁粉,且受到磁粉种类、大小、比例和用量的影响;其物理力学性能主要取决于橡胶的性能及磁粉和橡胶之间的界面性能,同时也受磁粉尺寸、用量及分散性的影响^[8,9]。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2018.05.004

收稿:2017-06-21;修回:2018-03-14;

基金项目:江苏省自然科学基金面上研究项目(BK20161166),徐州市社会发展项目(KC15SH003),徐州工业职业技术学院博士重点项目(1115088801040140),江苏省高等学校大学生创新创业训练计划项目(2039015061000205);

* 通讯联系人:徐彦红,博士,副研究员,主要从事纳米材料和复合功能材料研究。Tel: +8615802193732, E-mail: joanxu-2001@sohu.com.

1.1 磁性橡胶组成

磁性橡胶所用的高分子基体材料既可以采用天然橡胶,也可以采用丁腈橡胶、氯丁橡胶、丁基橡胶、三元乙丙橡胶、硅橡胶及它们的混合胶等等多种橡胶,每种胶都有其特有的性能,采用不同的胶种作为基体,可制备出具有不同特征的磁性橡胶。因此,可根据样品的应用领域和使用要求如耐热、耐老化、耐酸碱、耐油等来选择橡胶种类。如天然橡胶易于加工,磁粉填充量较大,所以如果仅考虑加工工艺和力学综合性能,首选天然胶为基体橡胶,但是因为天然橡胶价格昂贵,市面上很难找到只采用天然橡胶制备的磁性橡胶^[10,11]。

磁性橡胶研究中,磁粉是必不可少的原材料,磁粉的磁性取决磁粉的种类,而同一类磁粉,其磁性取决于结构,主要是结晶形状、粒子大小和均匀性等。磁性材料的分类多种多样,传统分类方法根据磁化率大小可以分为顺磁、抗磁、铁磁、反铁磁及亚铁磁性五种磁性材料^[12],一些常见物质的磁化率如表 1 所示。常用的材料是铁磁性材料如铁、钴、镍等属于强磁性物质,即使在较弱磁场内,铁磁体也可得到极高的磁化强度,当外磁场移去后,仍可保留极强的磁性;常见的还有 Fe_3O_4 ,虽属于亚铁磁氧化物,但其宏观磁性更接近铁磁物质,铁磁材料具有自发的磁化强度、磁滞和居里点。根据磁粉组成有金属磁粉(如铁、钴、镍和铁镍、铁钴、铁钡、铈钴、铁铝镍、铝镍钴、钕铁硼等合金粉)和铁氧体非金属磁粉。金属或合金磁粉具有高的磁化强度和高的矫顽力,但由于易氧化、加工工艺复杂、添加困难和价格昂贵等原因,使其应用受到限制,而铁氧体磁粉,因结晶形态、粒径大小和均匀度不同而导致最终的磁性强度不同,且其成本较低、结构稳定,具有广泛的应用价值,尤其是当成本为主要考虑因素时,因而具有较高的实用价值^[13]。磁性材料又可分为硬磁材料和软磁材料^[14~16];软磁材料(如铁氧体中的四氧化三铁、镍酸铁等等)的特点:饱和磁感应强度较高,矫顽力和剩余磁感应强度较低,在外加磁场退去后就很容易退磁,因此比较适合作为磁致伸缩材料、压电材料和减震材料等应用在电子机械等领域;硬磁材料(永磁材料)由于磁的各向异性从而具有较高的矫顽力、高的饱和磁化强度和剩余磁感应强度,撤掉外加磁场仍具有较高的磁学性能,不容易退磁,如铝镍钴和铁铬钴等金属永磁材料;钡铁氧体和锶铁氧体材料等铁氧体永磁材料;一些稀土永磁材料,如 Sm-Co 、 Pr-Co 、 Ce-Co 等钴基稀土永磁材料、钕铁硼永磁材料、钕铁氮系(Sm-Fe-N)永磁材料。在磁性橡胶材料研究中常用到的是结构稳定、保磁性好的钡铁氧体和锶铁氧体永磁材料。

1.2 磁性橡胶的研究现状

目前,国内外关于磁性橡胶的制备已经有大量的报道,工艺主要分为磁性橡胶的制备和充磁两个过程,橡胶制备工艺传统方法有硫化^[9,17]和非硫化两类^[18],后者经过压延或挤出成型,图 1 给出了磁性橡胶制备工艺流程示意图。

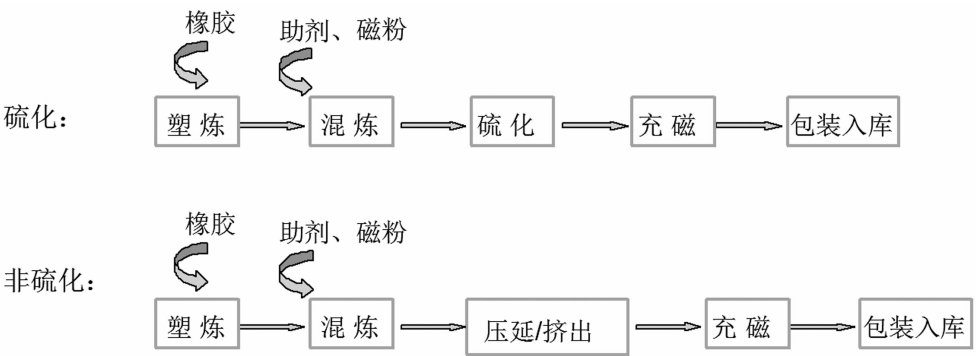


图 1 磁性橡胶制备工艺流程示意图

Figure 1 Process flow diagram for magnetic rubber manufacturing

磁性橡胶制备前需要注意对所用橡胶原材料进行前期处理如干燥、切块、塑炼等。硫磺是硫化体系用的最早的硫化剂,后来发展了许多过氧化物、金属氧化物、酚醛树脂、醌类等硫化剂,目前的研究中硫磺

和过氧化物是最重要且被广泛用于橡胶材料交联的硫化剂^[19],硫磺被广泛用于不饱和橡胶体系中,过氧化物体系可用于饱和及不饱和橡胶体系中,文献报道磁性橡胶的研究中大多采用硫磺硫化体系^[5]。硫化橡胶的性能不仅取决于工艺条件,也取决于添加剂用量及添加剂和聚合物之间的相互作用,因此研究磁性橡胶的结构性能是其得到应用的前提条件^[20]。

表 1 常见磁性材料及其磁化率
Table 1 Common magnetic materials and their magnetic susceptibility

磁材	元素或化合物	磁化率 χ
抗磁	Cu	-1.0×10^{-5}
	Zn	-1.4×10^{-5}
	Au	-3.6×10^{-5}
	Hg	-3.2×10^{-5}
	H ₂ O	-0.9×10^{-5}
	H	-0.2×10^{-5}
	Li	4.4×10^{-5}
	Na	0.62×10^{-5}
顺磁	Al	2.2×10^{-5}
	V	38×10^{-5}
	Pd	79×10^{-5}
	Nd	34×10^{-5}
	空气	36×10^{-8}
反铁磁性	FeO	0.78
	CoO	0.78
	NiO	0.67
	CrO	0.67
	Cr ₂ O ₃	0.76
铁磁性	铁晶体	$\sim 1.4 \times 10^6$
	钴晶体	$\sim 10^3$
	镍晶体	$\sim 10^6$
	3.5% Si-Fe	$\sim 7 \times 10^4$
	AlNiCo(铝镍钴)	≈ 10
亚铁磁性	Fe ₃ O ₄	$\sim 10^2$
	各种铁氧体	$\sim 10^3$

磁粉的大小、粒径、用量及分散性影响磁性橡胶磁性的主要因素,因此目前磁性橡胶的研究主要集中在这些因素对磁性橡胶的加工性能、硫化特性、物理性能、磁性能、导热性能、电性能及电磁屏蔽性能、吸波性能及磁致伸缩性能等方面的影响^[21]。根据制品的要求设计,磁粉添加量一般原则是在保持橡胶弹性情况下尽可能多地填充磁粉。不同胶种可填充的磁粉极限量亦不同,据研究各种橡胶每 100 份生胶中可填充的磁粉数为天然橡胶 2200、丁基橡胶 2600、氯丁橡胶 1400、丁腈橡胶 1800、氯磺化聚乙烯 1600、聚硫橡胶 850^[22]。研究表明,随磁粉用量增大,磁性橡胶的磁学性能增加,但其物理机械性能通常变差,这可能因为磁性填料与橡胶基体之间的相容性不好、粘附力差引起的^[23~25]。为了提高磁性橡胶的物理机械特性,研究者又采取各种措施对原材料结构、配方和工艺进行改进,如对磁性材料进行表面改性或胶乳代替固体橡胶等等制备磁性橡胶,无机粒子和橡胶高分子之间的相容性和粘附力大为改善,从而提高了磁性橡胶的一些物理机械性能^[1,8,26],尤其用胶乳为原料制作的磁性橡胶,工艺简单,用少量磁粉就能获得同于胶高填充量相近的磁学性能,是一种有发展前途的技术路线^[27]。

充磁,即通过外加磁场的作用,使磁体中的磁矩有秩序地排列。充磁方式有两种:硫化前充磁和硫化后充磁,可根据实际应用情况选择充磁方式。

1.3 磁性橡胶的应用现状

越来越多的磁性橡胶应用在化学、材料、航空航天、医药生物中,渗透到人们生活、学习、工作及医疗健康等各领域。其中,软磁性的磁性橡胶主要用于无线电技术电视音像、通讯技术及计算机的记忆装置等方面,硬磁性的磁性橡胶主要用于磁性较强的工业产品中^[28,29]。

磁性橡胶可用于文教、体育等教学领域^[30,31],如将磁性橡胶做成各种图案可吸附在铁质黑板上,这将给人以一种直观、易懂、方便的感觉。在国内,中国科学院长春应用化学所研发成功的永磁体橡胶首次被应用于五线谱教示板,既可以节省教学时间,又可以提高教学效率,激起学生学习兴趣,对教学、五线谱教育、开发儿童智力起到重要的推动作用。教学用具领域的另一种产品是磁性橡胶片,磁片可以印制成各种颜色、图形或符号、形状等,具有形象性强、易理解、使用方便等优点,能增加儿童上课时的兴趣,启迪儿童的智力,是一种很好的教学手段。尤其近年来,金属黑板在全国教学行业逐渐得到普及,成本不断地降低,为磁片的使用提供了条件。此外,磁性橡胶也可用于磁性书写黑板吸除铁粉,起到显示与消除作用等。

作为一种新型的密封材料,磁性橡胶也逐渐在机械密封上得到应用,磁性橡胶使橡胶具有一定的磁性能,从一定程度上既增强材料对摩擦表面的预紧力,又改善了橡胶物理性能,从而改善和增加密封效果^[32,33],如用于水轮机转轮轮毂密封^[34]、汽车密封条等^[35]。另外,利用磁性橡胶的密封性能可实现现有载重轮胎的无内胎化技术。

磁性橡胶制作的转子磁钢,可应用于计算 CPU 机散热器、电源冷却风扇中,如北京化工研究院研制出的磁性橡胶用于风扇电机中,取得良好效果^[36]。

磁性橡胶可作为传感器的重要组成部分,可用于汽车防抱死制动系统(ABS)^[37]、运输带测速^[38]和智能轮胎等^[39]。轮胎除了更舒适宁静外,如何让轮胎“更聪明”,一直是轮胎制造商努力的方向,21 世纪轮胎的发展主题将是人性化、智能化。有磁力的 CGT 智能轮胎由德国大陆公司属下的大陆通用轮胎公司推出,CGT 智能轮胎内壁嵌有两条磁性条,通过传感器监测磁场磁极的交替变化来估计接触部位的侧向力和纵向力。另外,传感器信号还能够用来测量轮速,将磁性胶条采集的信号通过轮胎侧扭矩传感器传输到装在驾驶室的车载电脑转换为数据,用于汽车动态控制。当然,此项技术需要相应的先进工艺来满足磁性胶料制备智能轮胎的工艺要求,这也是目前橡胶机械行业研究者关注的焦点。

磁性橡胶可作为减震材料,应用于汽车、火车、轮船等运载工具的减震降噪系统^[40~42]:由于磁性体上产生的磁场可以产生与外部振动力成比例的斥力,运动的磁体表现为粘滞阻尼器,同样的原因,磁性粒子被掺杂到橡胶基体中,磁性橡胶上产生的磁场可以吸收外部冲击能量,从而导致损耗因子的改善,作为一种性能良好的橡胶隔振器,能耐冲击,减震、降噪,给人以一种舒适的感觉环境。

磁性橡胶可应用于医学诊断和仿生学领域^[43,44]:具有弹性和软磁的特性的磁性橡胶可以模仿人工肌肉,在直流电下构成柔性磁路,软磁磁芯之间产生电磁吸力,磁芯带动磁性橡胶体向磁芯的方向移动。磁性橡胶体变形,同时带动人工肌腱驱动关节。断电后,电磁力消失,磁性橡胶恢复原状。柔性磁路的应用可以有效地减少摩擦、减小非工作气隙、提高磁屏蔽效果、改善驱动性能。作为形状记忆材料已被广泛应用于生物技术、可穿戴设备和工业操作等领域的软机器人技术^[45,46]。

作为微波吸附材料,磁性橡胶复合材料广泛用于镇流器等电子设备、检测环境污染物的相关的电子设备、军事上用的隐身材料、雷达系统等等^[47,48]和航空航天其它技术应用领域等^[25,49~52]。

2 磁性橡胶的发展前景

由于磁性橡胶既具有橡胶永久的柔软性和弹性,又具有磁性,可以代替部分特殊应用的橡胶制品。因此,磁性橡胶作为一种新型功能性材料,具有广阔的应用前景和发展空间。但由于我国橡胶资源匮乏,但又是橡胶利用大国,因此可以考虑利用废旧橡胶再生资源代替或部分代替生胶制备磁性橡胶^[53]。我

们课题组近年来一直从事再生胶方面的研究,并取得较多的研究成果^[54,55],同时我们已经开始从事磁性再生胶的研究工作,部分科研工作已取得了比较好的结果,深入详细的研究工作仍在进行中。目前磁性橡胶已被用于一些重要的领域如电子、通讯、医疗卫生、航空航天,在人们日常生活和工业发展中起着重要的作用,市场广阔,而且随着生产技术的日益提高和完善,将有更广阔的发展前景。另外,随着科技的发展,尤其是电子行业的发展,磁性橡胶的用途将越来越广。磁性橡胶的配方、制备工艺及技术也将随着国内外科技的发展而发展,这样才能满足日益增长的产品市场需求。另外,在我国必须加强产、学、研、用等方面的紧密合作,以便加快产创新力度,生产出更多更好的能够满足市场需求的磁性橡胶产品。

3 结语

本文介绍了磁性橡胶相关的基本知识及目前国内外已有的研究成果,磁性橡胶集橡胶和磁体的优点于一体:既具有特殊的性能又具有弹性可塑性等。因此,在一些领域的应用比其它磁体更适合,尤其是介绍了其在密封系统、机电、仿生学、减振材料、教学用具、智能轮胎、生物医药、航空航天等领域的应用。可见,磁性橡胶与我们的生活和社会及科技发展息息相关。因此,对磁性橡胶的研究用具有重要的意义。

参考文献:

- [1] Hou C, Gao L, Yu H, Sun Y, Yao J, Zhao G. *J Magn Magn Mater*, 2016, 407: 252~261.
- [2] Choi E, Youn H, Park K, Jeon J-S. *Eng Struct*, 2017, 132: 372~382.
- [3] Bellucci FS, de Almeida FCL, Nobre MAL, Rodríguez-Pérez MA, Paschoalini AT, Job AE. *Compos Part B-Eng*, 2016, 85: 196~206.
- [4] Katiyar M, Prasad M, Agarwal K, Singh RK, Kumar A, Prasad NE. *J Reinf Plast Compos*, 2017, 36 (10): 073168441769081.
- [5] Kruželák J, Šykora R, Hudec I. *J Polym Res*, 2015, 22: 636~644.
- [6] Kruželák J, Dosoudil R, Šykora R, Hudec I. *Bull Mater Sci*, 2017, 40(1): 223~231.
- [7] El-Nashar DE, Ahmed NM, Agami WR. *Mater Design*, 2013, 52(52): 108~117
- [8] Kruželák J, Šykora R, Dosoudil R, Hudec I. *Adv Mater Sci Eng*, 2016(1): 1~10.
- [9] Sharma R, Ahankari SS, Kar KK. *Composite Materials*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2017.
- [10] 杨锋. 现代涂料与涂装, 2016, 19(6): 27~30.
- [11] Kruželák J, Uššaková M, Dosoudil R, Hudec I, Šykora R. *Polym-Plast Technol*, 2014, 53: 1095~1104.
- [12] Tannous C, Gieraltowski J. *Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials*. Springer International Publishing AG, 2017.
- [13] Yaghmour SJ, Hafez M, Ali K, Elshirbeeney W. *Polym Compos*, 2012, 30: 1672~1677.
- [14] James RD. *Nature*, 2015, 521: 298~299.
- [15] Wen T, Li Y, Zhang D, Zhan Q, Wen Q, Liao Y, Xie Y, Zhang H, Liu C, Jin L, Liu Y, Zhou T, Zhong Z. *J Colloid Interf Sci*, 2017, 497: 14~22.
- [16] Nisticò R. *Res Chem Intermed*, 2017, 43: 6911~6949.
- [17] Yunus NA, Mazlan SA, Ubaidillah, Aziz SAA, Ahmad Khairi MH, Wahab NAA, Shilan ST. *J Phys Conf Ser*, 2016, 776: 012024.
- [18] Jung HS, Kwon SH, Choi HJ, Jung JH, Kim YG. *Compos Struct*, 2016, 136: 106~112.
- [19] Kruželák J, Šykora R, Hudec I. *Chem Pap*, 2016, 70(12): 1533~1555.
- [20] George M, Kurian P, Anantharaman MR. *J Appl Polym Sci*, 2011, 119(5): 3019~3025.
- [21] 江涌, 邬宇峰, 赵贵哲, 周兴, 孙友谊, 刘亚青. *橡胶工业*, 2011, 58(5): 269~274.
- [22] 李昂. *特种橡胶制品*, 2003, 24(3): 24~28.
- [23] Poddar A, Bhowmik RN, De A, Sen P. *J Magn Magn Mater*, 2009, 321: 2015~2020.
- [24] Iwamoto T, Kitamoto Y, Tushima N. *Physica B*, 2009, 404(14/15): 2080~2085.
- [25] Hong RY, Chen Q. *Advanced Polym Sci*, 2015, 267: 1~38.
- [26] Schubert DW, Werner S, Heitbrink A. *Macromol Symp*, 2017, 372: 140~146.
- [27] Ong HT, Julkapli NM, Hamid SBA, Boondamnoen O, Tai MF. *J Magn Magn Mater*, 2015, 395: 173~179
- [28] 程刚, 赵国群. *应用科技*, 2002, 29(12): 39~41.
- [29] 杨伟燕, 成瑾, 赵军霞. *甘肃科技*, 2006, 22(10): 133~135.

[30] 林木兰,沈晓冬,崔升. 材料导报,2007,20(F11): 164~166.

[31] 张琦,吴友平,刘力,张立群. 橡胶工业,2006,52(9): 517~522.

[32] 赵斌,权龙,王其磊. 液压与气动,2014,(08): 64~66.

[33] 王桂珍,鹿存东. 建筑机械,2014,10: 77~79.

[34] 李正贵,程杰,刘小兵,杨逢瑜,陈君辉,司国雷,黄玥,罗安妮. 水力发电学报,2017,36 (1): 69~74.

[35] 闫伟涛,潘坡,郭恒如,吴文庆,邓峰. 汽车工艺与材料,2016,(4): 56~59.

[36] 王翊民. 化工新型材料,1999,(11): 41~43.

[37] 李振环,孔建,杨家义,奚洪香. 液压气动与密封,2017,(3): 1~5.

[38] 高新华,王世良,贾伟璐,于顺杰. 现代制造技术与装备,2016,(8): 75~76.

[39] 肖永清. 现代橡胶技术,2016,42(2): 1~8

[40] Tian Y, Liu YQ, He MH, Zhao GZ, Sun YY. Mater Res Bull, 2013, 48(5): 2002~2005.

[41] Zhou X, Sun Y, Jiang Y, Liu Y, Zhao G. Polym Bull, 2011, 66: 1281~1288.

[42] Khimi SR, Pickering KL. Compos Part B-Eng, 2015, 83: 175~183.

[43] Kwon HY, An KJ, Kang J, Phuc VH, Nguyen CT, Kim BC, Chung JA, Hong BH, Choi J, Moon H, Koo IM, Nam JD, Choi HR. Proc Spie, 2011, 7976.

[44] Shimada K, Mochizuki O, Kubota Y. Sensors, 2017, 17(4): 896~909.

[45] Ge Q, Luo X, Iversen CB, Nejad HB, Mather PT, Dunn ML, Qi HJ. Int J Solids Struct, 2014, 51: 2777~2790.

[46] Lefèvre V, Danas K, Lopez-Pamies O. J Mech Phys Solids, 2017, 107: 343~364.

[47] Ghodake JS, Kambale RC, Shinde TJ, Maskar PK, Suryavanshi SS. J Magn Magn Mater, 2016, 401: 938~942.

[48] Flailfel MH, Ahmad SHj, Abdullah MHj, Rasid R, Shaari AH, El-Saleh AA, Appadu S. Compos Sci Technol, 2014, 96: 103~108.

[49] Jaml EMA, Joy PA, Kurian P, Anantharaman MR. Mater Sci Eng B, 2009, 156(1/3): 24~31.

[50] Prema KH, Kurian P, Anantharaman MR, Sunny V. Int J Polym Mater PO, 2010, 59(3): 173~183.

[51] Das S, Nayak GC, Sahu SK, Routray PC, Roy AK, Baskey H. J Magn Magn Mater, 2015, 377: 111~116.

[52] Ferreira LMP, Bayraktar E, Miskioglu I, Robert MH. Adv Mater Process Technol, 2017, 3 (1): 33~44.

[53] Liu J, Liu P, Zhang X, Lu P, Zhang X, Zhang M. Chem Eng J, 2016, 295: 73~79.

[54] 朱信明,孙鹏,杨枫,徐放,朱贺. 特种橡胶制品,2016,1(37): 24~26.

[55] 翁国文,杨慧,刘琼琼,沈慧,王艳秋. 合成橡胶工业,2017,3(4): 197~201.

Present Status and Future Development of Magnetic Rubbers

XU Yan-hong^{*}, WANG Zai-xue, ZHAO Gui-ying, LI Pei-pei, CHEN De-bao,
PENG Xiang-lin, LIU Cong-cong, ZHAI Deng-ya, MA Ji, XU Jian-fu

(*Jiangsu Rubber Recycling Engineering R&D Center, Department of Materials Engineering, Xuzhou College of Industrial Technology, Xuzhou 221140, China*)

Abstract:The magnetic rubber is a kind of functional polymer composites with such advantages as magnetism and elasticity, easy processing, diverse shape, good flexibility and so on. So it has been widely used in many fields. In recent years, magnetic rubbers have attracted great attention in the international academic and industrial fields due to their particular structure, good properties and bright future applications. More and more researchers devote themselves into the research of magnetic rubbers. This paper mainly introduces the basic composition, common preparation technology and research status of magnetic rubbers, and summarizes the present application state of magnetic rubbers in the fields of industry and people’s daily work and life. Finally, current research trends and possible future perspectives of magnetic rubbers are briefly described.

Key words:Magnetic rubber; Rubber; Polymer; Magnetism