

基于点击化学有机硅弹性体的合成与性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2020.01.007

丁莎 李梦瑶 周凌浩
孙翱魁 夏勇

湖南工业大学
包装与材料工程学院
湖南 株洲 412007

摘要: 预先合成了二巯基聚醚(HS-P(EO/PO)-SH)和乙烯基硅油(PVMS-b-PDMS),并以二者为原料,苯偶酰双甲醚(DMPA)作为光引发剂,利用巯基-烯点击化学法成功合成了对重金属离子具有吸附能力的有机硅弹性体。采用红外光谱仪、核磁共振氢谱仪表征了该有机硅弹性体的结构,并研究了其热稳定性以及在溶液环境下对重金属离子的吸附性能。结果表明,该有机硅弹性体具有优异的热稳定性,且室温下其对镍离子具有较好的吸附能力,是一种性能优异的重金属离子吸附材料。

关键词: 有机硅弹性体; 巯-烯点击化学; 吸附

中图分类号: TO634.4[†]1; O631.5 **文献标志码:** A

文章编号: 1674-7100(2020)01-0050-06

引文格式: 丁莎,李梦瑶,周凌浩,等.基于点击化学有机硅弹性体的合成与性能研究[J].包装学报,2020,12(1):50-55.

1 研究背景

随着我国经济的快速发展和人们生活水平的提高,传统制造业也得到了蓬勃发展,然而水污染问题却日益突出。水中含有过量的铅、镍等重金属离子,会对人体的健康造成巨大危害^[1-3]。目前除去水体中重金属的方法主要有化学法、生物处理与物理化学法等。化学法主要包括化学吸附法、重金属捕集法、离子交换技术、化学浮选法等^[4-6],其中化学吸附法具有成本低、吸附能力强且对环境影响较小等优点^[7]。传统的吸附剂主要是活性炭、壳聚糖等,但其最大的离子吸附量为10~20 mg/g,难以满足目前的市场需求。

有机硅弹性体通常是以线型聚硅氧烷为骨架,添加交联剂及其它配合剂,经过混炼、硫化而成。聚硅氧烷是一类以交替的Si原子和O原子为主链,以不

同种类的活性基团为侧链决定产物宏观形态和性能的材料。当向有机硅弹性体的侧链引入含有氧负离子的聚醚片段时,其中氧负离子会与溶剂中的氢离子形成氢键,使聚合物有较强的溶胀能力,所形成的有机硅弹性体具有互穿交联网状结构且体系内有较多的间隙与褶皱,从而使有机硅弹性体能够包裹大量的溶剂和重金属。当重金属进入到聚合物中会与O原子形成配位化合物而被吸附在有机硅弹性体中,达到吸附重金属净化水质的作用。然而传统的有机硅弹性体合成方法如稀有金属催化法、自由基高温固化法、格氏方法等,在合成过程中存在着工艺复杂、合成成本高、产率低、反应速率慢等问题^[8-10]。目前实验室研究和工业化生产有机硅产品中,应用较为成熟的方法之一是以贵金属为催化剂的硅氢加成反应,然而该方法仍存在以下不足:1)使用贵金属催化剂,

收稿日期:2019-11-28

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(2019JJ50118),湖南省教育厅科学研究基金资助项目(18C0506)

作者简介:丁莎(1987-),女,陕西咸阳人,湖南工业大学教师,硕士,主要研究方向为有机硅功能材料,
E-mail: 421298314@163.com

通信作者:夏勇(1985-),男,湖南常德人,湖南工业大学讲师,博士,主要从事功能材料方面的教学与研究,
E-mail: xiayong@hut.edu.cn

反应成本较高; 2) 反应条件复杂, 催化剂一般要在无水无氧条件才有较好的催化活性; 3) 产物中一般含有马氏规则和反马氏规则两种构型, 使构效关系研究变得复杂; 4) 金属催化剂一般很难除尽, 残留金属将对产品的性能造成不良影响。

随着时代的发展, 人们对合成产品的性能、合成过程的便捷性等要求日益提高, 传统的合成方法已经难以满足目前生产要求。因此, 将新方法和新技术应用到有机硅产品的开发中, 研发出简单、高效、环境友好的有机硅产品合成方法具有重要的理论和实践意义。点击化学 (click chemistry) 最早由美国化学家 K. B. Sharpless 于 2001 年率先提出的一个有机合成概念^[11]。点击化学具有模块式合成、反应条件简单、原料易得、产率高、无副产物或无有害副产物、产物易分离等优点, Huisgen 环加成反应、Thiol-Ene 反应、Diels-Alder 反应等为点击化学中的典型反应^[12-16]。若能合理利用点击化学反应来制备特殊需求的有机硅弹性体, 则可以有效解决传统方法中的各种问题, 提高其产率的同时并满足工业需求。

本研究先合成了乙烯基硅油及巯基聚醚, 再利用硫-烯点击反应快速可控地合成了具有互穿网状结构的有机硅弹性体, 并采用核磁共振氢谱 (¹H-nuclear magnetic resonance, ¹H NMR) 和红外光谱 (fourier transform infrared spectrum, FT-IR) 对产物的结构进行了表征, 利用热重分析 (thermogravimetric analysis, TGA) 研究了有机硅弹性体的热力学稳定性, 并以镍溶液为对象, 研究了其对重金属离子的吸附性能, 以期制备热稳定性优异、吸附性高的吸附材料提供理论参考。

2 实验部分

2.1 原料与设备仪器

1) 主要原料

巯基乙酸 (纯度为 98%)、苯偶酰二甲醚 (benzoin dimethyl ether, DMPA, 纯度为 99%), 购于阿拉丁试剂 (上海) 有限公司; 八甲基环四硅氧烷 (octamethyl cyclotetrasiloxane, D₄, 纯度为 98%)、四甲基四乙炔基环四硅氧烷 (methyl vinyl cyclotetrasiloxane, D₄^{Vi}, 纯度为 97%)、1,3-二乙炔基四甲基二硅氧烷 (divinyltetramethyldisiloxane, MM^{Vi}, 纯度为 97%)、六甲基二硅氧烷 (hexamethyldisiloxane, MM, 纯度为 99%)、四甲基氢氧化铵 (纯度为

98.5%), 购于北京百灵威科技有限公司; 聚醚 (摩尔质量 $M=1\ 000\ \text{g/mol}$, $w(\text{EO})/w(\text{PO})$ (w (环氧乙烷)/ w (环氧丙烷)) = 30/70), 由江苏美思德化学股份有限公司提供; 四氢呋喃 (tetrahydrofuran, THF)、乙醚、甲苯等溶剂, 购于国药集团化学试剂有限公司; 以上试剂均为分析纯, 所有原料使用前均未做任何处理。

2) 主要设备及仪器

电子分析天平, ME-204E 型, 瑞士 Mettler Toledo 公司; 集热式磁力搅拌器, DF-101S 型, 上海越众公司; 真空干燥箱, DZF-6050 型, 巩义宏华仪器公司; 超导核磁共振波谱仪, Avance 400 MHz 型, 德国 Bruker 公司; 傅里叶变换红外光谱仪, Tensor 27 型, 德国 Bruker 公司; 热重分析仪, STAR^c 型, 瑞士 Mettler Toledo 公司; 紫外可见分光光度计, UV1800 型, 上海精密仪器仪表有限公司。

2.2 实验方法

1) 乙烯基硅油的合成

在氮气保护下, 将 5 g 八甲基环四硅氧烷、5 g 四甲基四乙炔基环四硅氧烷和 0.25 g 四甲基氢氧化铵加入到带有冷凝管、磁子和温度计的三口烧瓶中, 并将其置于集热式磁力搅拌器中, 将体系升温至 70 °C, 待催化剂完全溶解后, 在 90 °C 下反应 30 min; 然后通过恒压滴液漏斗加入 0.55 g 的六甲基二硅氧烷作为封端剂, 继续反应 5 h; 反应完成后将体系升温至 150 °C 用以分解催化剂, 最后在 180 °C 下减压蒸馏除去小分子化合物, 得到无色透明的乙烯基硅油 (polyvinylmethylsiloxane block polydimethylsiloxane, PVMS-b-PDMS)。

2) 巯基聚醚的合成

在氮气保护下, 向带有共沸蒸馏装置的 250 mL 两口烧瓶中加入 10 g 聚醚、14.74 g 巯基乙酸和 120 mL 甲苯, 在 110 °C 下回流反应 12 h; 反应完成后, 加压蒸馏除去溶剂甲苯, 余液溶于少量二氯甲烷, 随后将上述混合溶液在冷乙醚中沉淀 3 次; 常温下真空干燥 24 h 得到目标产物巯基聚醚 (thiol-poly(propylene oxide-ethylene oxide), HS-P(EO/PO)-SH)。

3) 有机硅弹性体的合成

将 5 g 乙烯基硅油, 5.8 g 巯基聚醚, 0.22 g 光引发剂 DMPA 和 20 mL 四氢呋喃加入至培养皿中, 充分搅拌均匀; 将体系置于紫外灯 (功率为 100 W, 波长为 365 nm) 下光照反应 20 min, 得到粗产物; 将粗产物浸泡于 THF 中, 每 8 h 更换一次 THF 溶剂,

浸泡 2 d 以除去小分子化合物；随后将粗产物置于 40 °C 真空干燥箱中干燥 48 h，即得到有机硅弹性体，产率为 98%。

2.3 表征与测定

1) ^1H NMR 分析

利用超导核磁共振波谱仪，以氘代氯仿 (CDCl_3) 为溶剂，无内标物四甲基硅烷 (tetramethylsilane, TMS)，对实验制备的乙烯基硅油及巯基聚醚进行表征。

2) FT-IR 分析

利用傅里叶变换红外光谱仪对实验制备的乙烯基硅油、巯基聚醚及有机硅弹性体的组成及结构进行表征。样品经溴化钾压片，采样 16 次，频率收集范围 400~4 000 cm^{-1} ，分辨率为 4 cm^{-1} 。

3) TGA 分析

利用热重分析仪对有机硅弹性体的热稳定性进行测定。在氮气氛围下，升温速率为 20 °C/min，测试温度为 50~800 °C。

4) 镍离子浓度的测定

镍离子浓度采用文献报道的丁二酮肟分光光度法进行测定^[17]，简要过程如下：1) 配制质量分数为 4% 的过硫酸铵溶液、0.5% 的丁二酮肟溶液、20% 的酒石酸钠溶液和 6 组不同浓度的镍标准溶液 (0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 mol/L)；2) 使用紫外可见分光光度计测定镍标准溶液的吸光度，并根据朗伯比尔定律绘制了浓度与吸光度的关系，利用 origin8.0 进行线性拟合获得了镍溶液的标准曲线；3) 另配置一定浓度的镍溶液，取适量投入有机硅弹性体，待其达到吸附平衡后测试溶液的吸光度，并计算溶液中镍离子的浓度。

3 结果与讨论

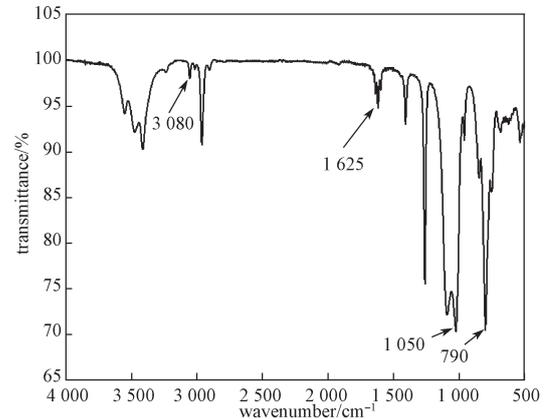
3.1 结构分析

本研究制备的乙烯基硅油 (PVMS-b-PDMS) 是以四甲基氢氧化铵为催化剂，通过阴离子开环聚合反应 (anionic ring opening polymerization, AROP) 合成的，其产率达到 88%；在共振频率为 300 MHz、测试溶剂为 CDCl_3 的标准 ^1H NMR 中，乙烯基硅油的化学位移 δ 为 0.07~0.15 (m, $-\text{CH}_3$)，5.75~6.07 (m, $-\text{CH}=\text{CH}_2$)。巯基聚醚 (HS-P(EO/PO)-SH) 是通过经典的酯化反应合成的，其产率达到 78%；巯基聚醚的 ^1H NMR (300 MHz, CDCl_3) 谱图中，

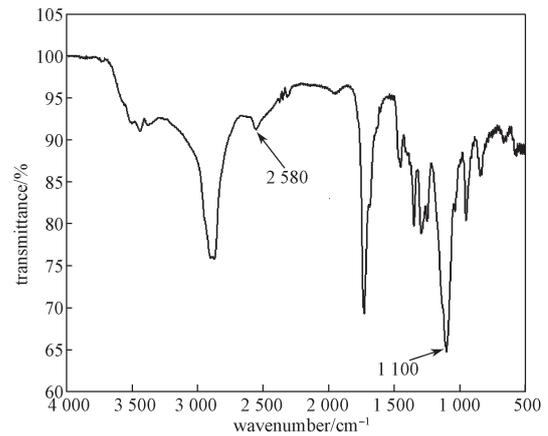
δ 为 2.0 (t, $-\text{SH}$)，3.26 (d, $-\text{CH}_2-\text{SH}$)，3.34 (s, $\text{CH}_3\text{O}-$)，3.61 (m, $-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-$)，4.26 (t, $-\text{CH}_2-\text{OCO}-$)。

3.1.1 FT-IR 分析

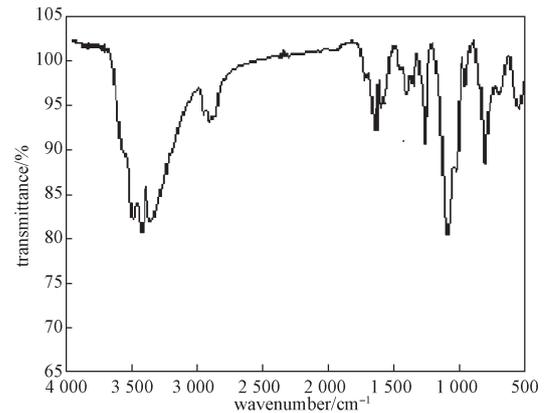
本研究利用 FT-IR 对乙烯基硅油、巯基聚醚及有机硅弹性体的结构进行了表征，结果如图 1 所示。



a) 乙烯基硅油



b) 巯基聚醚



c) 有机硅弹性体

图 1 红外光谱图

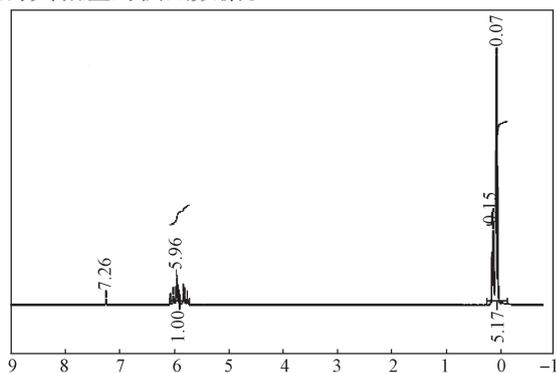
Fig. 1 FT-IR spectra

从图 1a 可以看出，3 080 cm^{-1} 处吸收峰归因于

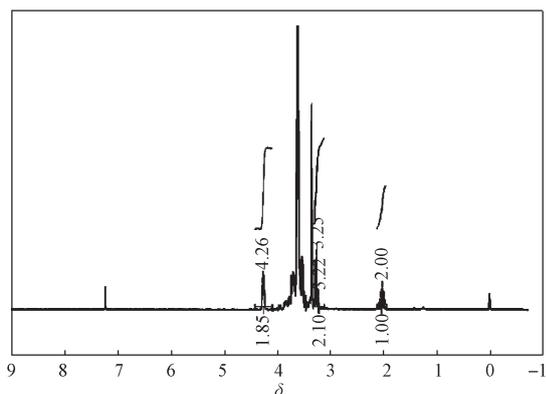
乙烯基中 C—H 的伸缩振动, $1\ 625\ \text{cm}^{-1}$ 处吸收峰归因于乙烯基中 C=C 的伸缩振动, $1\ 050\ \text{cm}^{-1}$ 处吸收峰归因于主链上 Si—O 的伸缩振动, $790\ \text{cm}^{-1}$ 处吸收峰归因于 Si—C 的伸缩振动, 由此可以判定乙烯基硅油合成成功。图 1b 中, $2\ 580\ \text{cm}^{-1}$ 处为 S—H 的特征峰, 由此说明巯基聚醚合成成功。通过对比图 1a~c 可以看出, 有机硅弹性体中的乙烯基上的 C—H 的伸缩振动与 C=C 的伸缩振动峰型明显变小, 这是由于双键与巯基发生硫-烯点击化学反应, 使体系中的双键含量明显减少, 但交联反应后仍含有极少量双键, 可进一步进行功能化改性; 此外, $2\ 580\ \text{cm}^{-1}$ 处的巯基伸缩振动特征峰已完全消失, 这表明点击反应已完成。

3.1.2 利用 $^1\text{H NMR}$ 分析

本研究还利用 $^1\text{H NMR}$ 对乙烯基硅油及巯基聚醚的结构进行了表征, 结果如图 2 所示。因本研究制备的有机硅弹性体在有机溶剂中的溶解性较差, 无法获得其相应的核磁数据。



a) 乙烯基硅油



b) 巯基聚醚

图 2 核磁共振氢谱图

Fig. 2 $^1\text{H NMR}$ spectra

从图 2a 可以看出, 乙烯基硅油的核磁氢谱中 $\delta=7.26$ 处的峰是氘代氯仿的溶剂峰, $\delta=5.96$ 左右的化学位移归因于乙烯基上的烯烃氢, 而 $\delta=0.07\sim 0.15$ 的

化学位移归因于甲基上的氢, 这与乙烯基硅油的标准 $^1\text{H NMR}$ 相符。在图 2b 中, 化学位移 $\delta=2.0$ 附近的峰为巯基峰, $\delta=3.20$ 左右的化学位移归因于羰基相邻亚甲基上的氢, $\delta=4.26$ 左右的归因于醚键相邻亚甲基上的氢, 此三处峰的积分面积比为 $1.00 : 2.10 : 1.85$, 与理论值 ($1 : 2 : 2$) 非常接近, 进一步证明了巯基聚醚的生成。核磁共振氢谱与红外光谱的结论相符, 由此表明本研究成功运用巯基-烯点击化学方法合成了有机硅弹性体。

3.2 热稳定性分析

一般来说, 有机硅材料都具有较好的热稳定性, 然而受制备工艺、功能基团的加入、副产物、催化剂的残留等因素的影响, 其热稳定性会有一定程度的下降。本研究利用热失重分析仪对有机硅弹性体的热力学性能进行表征, 并与原料聚醚的相关数据进行比较, 获得的 TGA 曲线如图 3 所示。

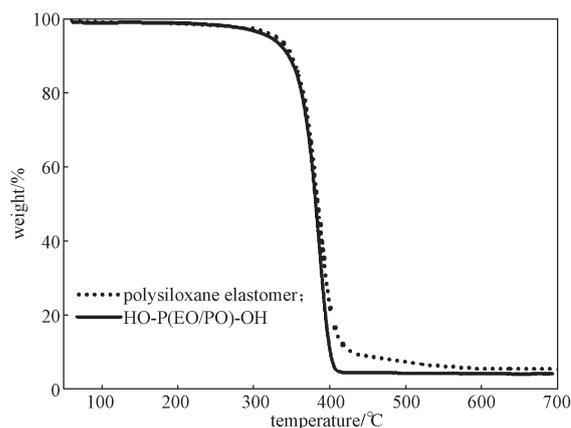


图 3 TGA 曲线

Fig. 3 TGA curves

由图 3 可以看出, 有机硅弹性体具有较好的热力学稳定性, 略优于聚醚, 其热分解温度约为 $320\ ^\circ\text{C}$, 且 C—S 键的存在对有机硅弹性体的热稳定性几乎无影响。这是因为聚合物链段的排列越紧密, 链段间的堆砌越致密, 则聚合物的热稳定性越好, 且有机硅弹性体中 PDMS 的含量越高, 聚合物的热稳定性会越好, 弥补了 C—S 对有机硅弹性体热稳定性带来的不良影响^[18-20]。因此, 为了获得具备优异热稳定性的有机硅弹性体, 增加 PDMS 含量是较有效的方法之一。

3.3 吸附性能分析

有机硅弹性体对重金属吸附能力的检测, 本研究选取镍离子为对象, 通过研究吸附前后溶液中镍离子浓度的变化, 计算出有机硅弹性体的饱和吸附量。

实验时先配制了6组不同浓度的镍标准溶液,并利用紫外可见分光光度计测定其吸光度,根据朗伯比尔定律绘制了浓度与吸光度的关系,利用origin8.0进行线性拟合获得了镍溶液的标准曲线,如图4所示。

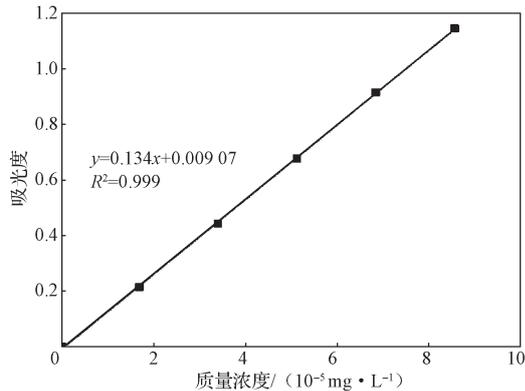


图4 镍溶液的标准曲线

Fig. 4 Standard curve of nickel solution

再配制质量浓度 $C_0=50$ mg/L 的镍溶液,取 100 mL 该溶液并加入 0.025 8 g 有机硅弹性体,待其达到吸附平衡后测得溶液的吸光度,并根据图 5 中镍溶液的标准曲线计算溶液中剩余镍离子的浓度。

有机硅弹性体的饱和吸附量 Q 通过以下公式进行计算。

$$Q = \frac{(C_0 - C) \times V}{m}$$

其中: C_0 为吸附前溶液中的镍离子质量浓度; C 为吸附后溶液中的镍离子质量浓度, $C=7.38$ mg/L; V 为镍溶液的体积; m 为有机硅弹性体的质量。

通过公式计算出有机硅弹性体对镍离子的最大吸附量约为 165.19 mg/g,而传统的壳聚糖在相同浓度下对镍离子的吸附量为 13.21 mg/g^[21-23],由此可知有机硅弹性体的吸附性能约是传统材料的 12 倍。

4 结语

本研究先合成了巯基聚醚和乙烷基硅油,再利用巯基-烯点击化学法快速、高效地合成了有机硅弹性体。与传统的硅氢加成方法相比,巯基-烯点击化学法具有反应条件温和、反应效率高、成本低以及环境友好等优点,而且制备的有机硅弹性体对重金属离子具有较好的吸附性能,且其产率高达 98%。此外,本研究还对所制备的有机硅弹性体及其前驱体的结构、热稳定性以及溶液环境中对镍离子的吸附性能进行了研究。结果表明,巯基-烯点击化学可以高效、

可控地制备有机硅弹性体,该有机硅弹性体具有优异的热稳定性,其热分解温度约为 320 °C;该有机硅弹性体是一种良好的重金属离子吸附材料,室温下该弹性体对镍离子的吸附量约为 165.19 mg/g,约为传统壳聚糖等吸附性材料的 12 倍。

参考文献:

- [1] SHUKLA S S, YU L J, DORRIS K L, et al. Removal of Nickel from Aqueous Solutions by Sawdust[J]. Journal of Hazardous Materials, 2005, 121(1/2/3): 243-246.
- [2] KADIRVELU K, THAMARAISELVI K, NAMASIVAYAM C. Adsorption of Nickel(II) from Aqueous Solution onto Activated Carbon Prepared from Coirpith[J]. Separation and Purification Technology, 2001, 24(3): 497-505.
- [3] GUPTA V K, JAIN C K, ALI I, et al. Removal of Cadmium and Nickel from Wastewater Using Bagasse Fly Ash: A Sugar Industry Waste[J]. Water Research, 2003, 37(16): 4038-4044.
- [4] KU Y, JUNG I L. Photocatalytic Reduction of Cr(VI) in Aqueous Solutions by UV Irradiation with the Presence of Titanium Dioxide[J]. Water Research, 2001, 35(1): 135-142.
- [5] ALYÜZ B, VELI S. Kinetics and Equilibrium Studies for the Removal of Nickel and Zinc from Aqueous Solutions by Ion Exchange Resins[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 167(1/2/3): 482-488.
- [6] POLAT M, POLAT H, CHANDER S. Physical and Chemical Interactions in Coal Flotation[J]. International Journal of Mineral Processing, 2003, 72(1/2/3/4): 199-213.
- [7] FU F L, WANG Q. Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A Review[J]. Journal of Environmental Management, 2011, 92(3): 407-418.
- [8] LIU L, TIAN M, ZHANG W, et al. Crystallization and Morphology Study of Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane (POSS)/Polysiloxane Elastomer Composites Prepared by Melt Blending[J]. Polymer, 2007, 48(11): 3201-3212.
- [9] PAUL D R, MARK J E. Fillers for Polysiloxane ("Silicone") Elastomers[J]. Progress in Polymer Science, 2010, 35(7): 893-901.
- [10] ZHAO J, XU R, LUO G X, et al. A Self-Healing, Remoldable and Biocompatible Crosslinked Polysiloxane Elastomer[J]. Journal of Materials Chemistry B, 2016, 4(5): 982-989.

- [11] HOYLE C E, BOWMAN C N. Thiol-Ene Click Chemistry[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2010, 49(9): 1540–1573.
- [12] ROSTOVTSSEV V V, GREEN L G, FOKIN V V, et al. A Stepwise Huisgen Cycloaddition Process: Copper(I)-Catalyzed Regioselective “Ligation” of Azides and Terminal Alkynes[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2002, 41(14): 2596–2599.
- [13] BINDER W H, SACHSENHOFER R. “Click” Chemistry in Polymer and Materials Science[J]. *Macromolecular Rapid Communications*, 2007, 28(1): 15–54.
- [14] MOSES J E, MOORHOUSE A D. The Growing Applications of Click Chemistry[J]. *Chemical Society Reviews*, 2007, 36(8): 1249–1262.
- [15] LUTZ J F. 1, 3-Dipolar Cycloadditions of Azides and Alkynes: A Universal Ligation Tool in Polymer and Materials Science[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2007, 46(7): 1018–1025.
- [16] GROVER G N, LAM J, NGUYEN T H, et al. Biocompatible Hydrogels by Oxime Click Chemistry[J]. *Biomacromolecules*, 2012, 13(10): 3013–3017.
- [17] 张 琤, 张志洪. 丁二酮肟分光光度法测定工业废水中的镍 [J]. *广东化工*, 2010, 37(8): 263–264.
ZHANG Zheng, ZHANG Zhihong. Determination of Nickel in Industrial Waste Water by Dimethylglyoxime Spectrophotometry[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2010, 37(8): 263–264.
- [18] XIA Y, YAO H T, MIAO Z H, et al. Facile Synthesis and Self-Assembly of Amphiphilic Polydimethylsiloxane with Poly(Ethylene Glycol) Moieties Via Thiol-Ene Click Reaction[J]. *RSC Advances*, 2015, 5(63): 50955–50961.
- [19] MISTILIS M J, BOMMARIUS A S, PRAUSNITZ M R. Development of a Thermostable Microneedle Patch for Influenza Vaccination[J]. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2015, 104(2): 740–749.
- [20] LIU F J, ZENG X R, LAI X J, et al. The Preparation of Fluorine-Containing Polysiloxane Low-Melting Glass and Its Effect on the Tracking Resistance and Thermostability of Addition-Cure Liquid Silicone Rubber[J]. *RSC Advances*, 2017, 7(52): 33020–33028.
- [21] POPURI S R, VIJAYA Y, BODDU V M, et al. Adsorptive Removal of Copper and Nickel Ions from Water Using Chitosan Coated PVC Beads[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100(1): 194–199.
- [22] VIJAYA Y, POPURI S R, BODDU V M, et al. Modified Chitosan and Calcium Alginate Biopolymer Sorbents for Removal of Nickel (II) Through Adsorption[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2008, 72(2): 261–271.
- [23] SOARES I V, VIEIRA E G, FILHO N L D, et al. Adsorption of Heavy Metal Ions and Epoxidation Catalysis Using a New Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2013, 218: 405–414.

(责任编辑: 李玉华)

Synthesis and Properties of Polysiloxane Elastomer via Click Chemistry

DING Sha, LI Mengyao, ZHOU Linghao, SUN Aokui, XIA Yong

(College of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The polysiloxane elastomer, which could be used as heavy metal ion adsorption material, was successfully synthesized with HS-P(EO/PO)-SH and PVMS-b-PDMS as starting materials by thiol-ene click chemistry. The structure of the polysiloxane elastomer was characterized by FT-IR and ¹H NMR. The thermodynamic properties of the polysiloxane elastomer and the adsorption of heavy metal ions in solution were studied. The results showed that the elastomer had excellent thermal stability, and had a good adsorption ability to nickel ions at room temperature. It could be used as a kind of heavy metal ion adsorption material with excellent properties.

Keywords: polysiloxane elastomer; thiol-ene click chemistry; adsorption