



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115353609 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 09

(21) 申请号 202210868022.4

C08G 18/75 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.22

C08G 18/73 (2006.01)

C08G 18/32 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115353609 A

(43) 申请公布日 2022.11.18

(73) 专利权人 华东师范大学

地址 200241 上海市闵行区东川路500号

(72) 发明人 黄炜 毛丽娜 冯棒 张云龙

(74) 专利代理机构 上海蓝迪专利商标事务所

(普通合伙) 31215

专利代理人 徐筱梅 张翔

(56) 对比文件

WO 2019070981 A1, 2019.04.11

CN 108421086 A, 2018.08.21

CN 112794979 A, 2021.05.14

US 2007189991 A1, 2007.08.16

CN 107956127 A, 2018.04.24

CN 110790888 A, 2020.02.14

CN 103524697 A, 2014.01.22

CN 109666168 A, 2019.04.23

CN 110494425 A, 2019.11.22

EP 1797868 A1, 2007.06.20

王伟; 闵静雯; 张智嘉. 填料对抗空泡腐蚀聚氨酯弹性体的性能影响研究. 全面腐蚀控制. 2019, (12), 全文.

审查员 孟熙

(51) Int. Cl.

C08G 18/83 (2006.01)

C08G 18/66 (2006.01)

C08G 18/48 (2006.01)

C08G 18/42 (2006.01)

C08G 18/10 (2006.01)

C08G 18/76 (2006.01)

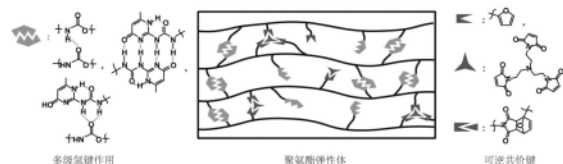
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

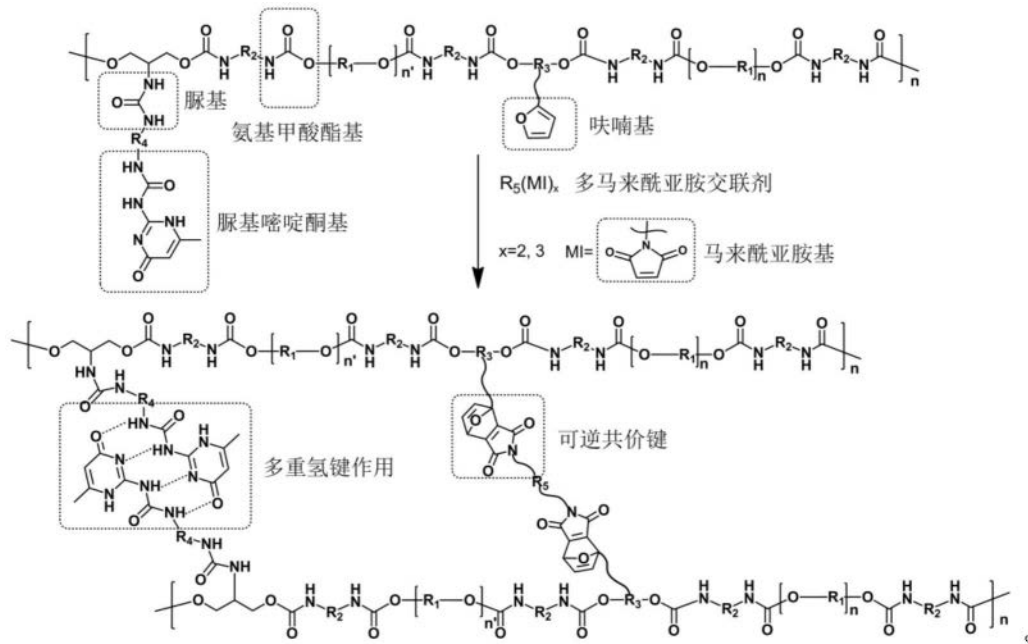
一种可修复增强的高性能聚氨酯弹性体及制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种可修复增强的聚氨酯弹性体及制备方法,其特点是在聚氨酯弹性体中引入氨基甲酸酯基团、脲基、脲基嘧啶酮基团、咪唑基团和马来酰亚胺基团,在聚氨酯弹性体中形成多级氢键作用及可逆共价键作用,制备得到可修复增强的聚氨酯弹性体。本发明与现有技术相比具有可逆共价键形成的化学交联和多级氢键形成的物理交联,不但增强了弹性体的机械性能,而且可逆共价键和氢键还能发生解离和重建,赋予了弹性体优异的自修复、自增强性能和可回收性能,该弹性体在可穿戴电子设备、柔性机器人和保护涂层等领域具有潜在的应用价值。



1. 一种可修复增强的聚氨酯弹性体,其特征在于聚氨酯弹性体中引入氨基甲酸酯基团、脲基、脲基嘧啶酮基团、呋喃基团和马来酰亚胺基团,可形成可逆共价键及多级氢键作用,其强度和韧性可通过控制化学交联和物理交联的比例进行调节,其结构特征如下:



2. 一种权利要求1所述可修复增强的聚氨酯弹性体的制备方法,其特征在于所述聚氨酯弹性体的制备具体包括下述步骤:

步骤1:将二元醇预聚物在90~140℃温度下真空除水1~4h,降温至50~100℃,加入二异氰酸酯和二月桂酸二丁基锡(DBTDL),反应1~5h后形成预聚物,所述二元醇预聚物与二异氰酸酯的摩尔比为的摩尔比为1:1.5~1:3;所述二月桂酸二丁基锡在反应体系中的浓度为1~4wt%;

步骤2:将溶解于溶剂中的脲基嘧啶酮基二元醇扩链剂和含呋喃基二元醇扩链剂按1:1~2:7摩尔比加入上述预聚物,在50~100℃温度下反应5~24h,降至室温,加入多马来酰亚胺交联剂,搅拌均匀后倒入聚四氟模具真空干燥,得产物为含可逆共价键和多级氢键的聚氨酯弹性体,所述溶剂为DMF、NMP或DMAc;所述马来酰亚胺基与呋喃基的摩尔比为1:1,反应体系中总的羟基与异氰酸根的摩尔比为1:1~1:1.2。

3. 根据权利要求2所述可修复增强的聚氨酯弹性体的制备方法,其特征在于所述二元醇预聚物为聚四氢呋喃醚二醇、聚乙二醇、羟基封端的聚二甲基硅氧烷或聚己内酯,其分子量为600、1000、2000、4000或6000。

4. 根据权利要求2所述可修复增强的聚氨酯弹性体的制备方法,其特征在于所述二异氰酸酯为异佛尔酮二异氰酸酯(IPDI)、4,4'-二环己基甲烷二异氰酸酯(HMDI)、二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)、甲苯二异氰酸酯(TDI)、1,6-己二异氰酸酯(HDI)或赖氨酸二异氰酸酯(LDI)。

5. 根据权利要求2所述可修复增强的聚氨酯弹性体的制备方法,其特征在于所述含呋喃基二元醇扩链剂为N,N-[双(2-甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃、N,N-[双(2-三氟甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃或N,N-[双(2-苯基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃。

6. 根据权利要求2所述可修复增强的聚氨酯弹性体的制备方法,其特征在于所述脲基

嘧啶酮基二元醇扩链剂为2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)六亚甲基)脲基-1,3丙二醇,2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)四亚甲基)脲基-1,3丙二醇或2-(1-(3-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)亚甲基-3,5,5-三甲基)环己基)脲基-1,3丙二醇。

7. 根据权利要求2所述可修复增强的聚氨酯弹性体的制备方法,其特征在于所述多马来酰亚胺交联剂为三-(2-马来酰亚胺基乙基)胺、N,N-(4,4-亚甲基二苯基)双马来酰亚胺、1,6-二马来酰亚胺基己烷、1,4-双(马来酰亚胺基)丁烷、2(1,8-双马来酰亚胺-二甘醇)或N,N-(1,4-亚苯基)双马来酰亚胺。

一种可修复增强的高性能聚氨酯弹性体及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高性能智能高分子材料技术领域,具体地说是一种可修复增强的高性能聚氨酯弹性体及制备方法。

背景技术

[0002] 自修复是生物体的普遍特性,这使他们具有修复机械伤口的能力,比如皮肤刮擦、骨折、通过细胞繁殖和组织再生引起的组织撕裂。而自修复材料具有自发的修复物理损伤并恢复机械性能的能力,延长了材料的使用寿命,减少环境保护负担,还能保持功能的稳定性,所以在尖端现代技术中具有广阔的前景,包括可穿戴电子设备、能量转换设备、机器人、传感器和保护涂层等。人们对自修复材料的研究已经有几十年,自修复方法大致分为外援型和本征型两大类。其中,外援型自修复是通过嵌入可释放化学物质来修复愈合裂纹,如环氧树脂的裂纹修复(自动修复)是巧妙的利用封装的添加单体的催化网络,这些添加单体被保存在嵌入环氧基质的胶囊中。但是,关于催化剂的长期稳定性和材料多次自我修复后的能力仍然存在疑问。与之相对,本征型自修复是通过材料本体结构设计实现无外加修复剂下的多次自修复。

[0003] 目前,对自修复材料的研究关注集中在通过可逆共价键和非共价相互作用,可逆共价键分为两类:1)一般可逆共价反应,该类动态反应包括可逆加成,可逆缩聚,可逆还原反应等,具体如DA加成、亚胺键的形成、巯基氧化转变为双硫键等的动态反应;2)动态可逆共价交换反应,该类动态反应的特点表现为产物与原料的种类相同,只是通过反应原料的部分结构单元互相重新组合而形成。如酯交换反应,酯键之间进行相互交换而形成新的酯键。除此之外还包括硫醚与巯基交换反应、烷氧基胺交换反应和烯烃复分解反应等。常见的非共价键作用包括疏水作用、氢键、金属配位作用、主客体作用, π - π 堆叠以及离子偶极作用等。目前,人们对于减震器、轮胎、密封件等弹性体的需求量与日俱增,考虑到可持续性发展,下一代弹性体期望结合循环利用、耐损伤、高强度、高弹性和自修复合的特点。因此,制备具有高强度的自修复弹性体是一项具有重要意义的工作。

[0004] 现有技术的自修复材料存在着机械性能和自修复性能相互矛盾的问题,强机械性能的材料自修复性能差,而制备自修复性能强的材料通常又需要牺牲其机械强度。基于可逆共价键的修复虽然修复强度较高,但通常需要较长的修复时间和较高的修复条件,基于非共价键的修复,虽然修复速度快,但通常材料的强度不高。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术的不足而提供的一种可修复增强的高性能聚氨酯弹性体及制备方法,采用聚氨酯结构中引入可逆共价键和多级氢键的方法,使聚氨酯材料具备进一步深度自修复能力,同时也增强了聚氨酯弹性体的机械性能,该方法将可逆共价键形成的化学交联点和多级氢键作用形成的物理交联点,使弹性体具有高强度和高回弹性,同时在拉伸过程中多级氢键连续的解离和结合使得弹性体具有丰富的载荷分散点,从

而显著地提供了弹性体超高的韧性。由于聚氨酯主链中含有丰富的氨基甲酸酯基,其形成的弱氢键作用提供了弹性体优异的室温自修复能力,同时,由于可逆共价键形成的化学交联点和多重氢键形成的物理交联点在一定条件下可以断裂再生,使得聚氨酯材料具备进一步深度自修复能力,大大提高了修复效率和可回收性,并且在加热修复后材料的机械性能得到了大幅提高,具有修复增强的性质。该自修复增强的超韧聚氨酯弹性体在柔性电子、航天航空以及国防工业等领域作为一种耐久、可靠、可回收、可修复的高性能智能材料,具有优异的机械性能,同时由于可逆共价键和氢键在一定条件下可以发生解离和重建,赋予了弹性体优异的自修复,自增强性能,该弹性体在可穿戴电子设备、柔性机器人和保护涂层等领域具有潜在的应用价值,方法简便,使用效果好,具有良好的应用前景。

[0006] 实现本发明目的的具体技术方案是:一种可修复增强的高性能聚氨酯弹性体,其特点是通过聚醚预聚物与二异氰酸酯、多种功能性的扩链剂和多马来酰亚胺交联剂进行反应,在聚氨酯弹性体中引入氨基甲酸酯基团、脲基、脲基嘧啶酮基团、呋喃基团和马来酰亚胺基团,通过呋喃与马来酰亚胺基团间的狄尔斯-阿尔德反应(DA)反应生成可逆化学交联点,利用氨基甲酸酯、脲基、脲基嘧啶酮基团之间的多级氢键作用生成物理交联点,使弹性体具有优异的机械性能,同时由于可逆共价键和多级氢键的可逆特性,弹性体具有优异的自修复性、高回弹性、可回收性。

[0007] 一种可修复增强的高性能聚氨酯弹性体及制备方法,其特点是该聚氨酯弹性体的制备具体包括下述步骤:

[0008] 步骤1:将二元醇预聚物置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约90~140℃,搅拌下真空除水1~4h,随后降温至50~100℃,加入二异氰酸酯类单体和二月桂酸二丁基锡(DBTDL),继续反应1~5h,形成预聚物,所述二元醇预聚物与二异氰酸酯类单体和二月桂酸二丁基锡的摩尔比为1:1.5~1:3;所述二月桂酸二丁基锡在反应体系中的浓度为1~4wt%。

[0009] 步骤2:将溶解于溶剂中的含脲基嘧啶酮基二元醇扩链剂和含呋喃基二元醇扩链剂按1:1~2:7加入上述预聚物,继续反应5~24h,降至室温后将多马来酰亚胺交联剂加入上述混合物中搅拌均匀,倒入聚四氟模具后真空干燥,得到含可逆共价键和多级氢键的聚氨酯弹性体,所述马来酰亚胺基与呋喃基的摩尔比为1:1,反应体系中总的羟基与异氰酸根的摩尔比为1:1~1:1.2。

[0010] 所述二元醇预聚物为聚四氢呋喃醚二醇、聚乙二醇,羟基封端的聚二甲基硅氧烷或聚己内酯,其分子量为600、1000、2000、4000或6000。

[0011] 所述二异氰酸酯类单体为异佛尔酮二异氰酸酯(IPDI)、4,4'-二环己基甲烷二异氰酸酯(HMDI)、二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)、甲苯二异氰酸酯(TDI)、1,6-己二异氰酸酯(HDI)或赖氨酸二异氰酸酯(LDI)。

[0012] 所述含呋喃基二元醇扩链剂为N,N-[双(2-甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃、N,N-[双(2-三氟甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃或N,N-[双(2-苯基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃。

[0013] 所述脲基嘧啶酮基二元醇扩链剂为2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)六亚甲基)脲基-1,3丙二醇,2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)四亚甲基)脲基-1,3丙二醇或2-(1-(3-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)亚甲基-3,5,5-三甲基)环己基)脲基-1,3丙二醇。

[0014] 所述溶剂为DMF、NMP或DMAc。

[0015] 所述多马来酰亚胺交联剂为三-(2-马来酰亚胺基乙基)胺、N,N-(4,4-亚甲基二苯基)双马来酰亚胺、1,6-二马来酰亚胺基己烷、1,4-双(马来酰亚胺基)丁烷、2(1,8-双马来酰亚胺-二甘醇)、N,N-(1,4-亚苯基)双马来酰亚胺。

[0016] 本发明与现有技术相比具有以下有益的技术效果和显著的技术进步：

[0017] 1) 聚氨酯弹性体具有可逆共价键和多级氢键形成的化学和物理交联结构，提高了聚氨酯的机械性能，热处理后聚氨酯弹性体具有高强、超韧、高弹、可回收等优异性能。

[0018] 2) 聚氨酯弹性体在室温和加热条件下都具有优异的修复性能，由于氢键作用的可逆性，弱氢键作用可提供弹性体快速修复的能力，多重强氢键作用和可逆共价键作用可提供深度修复的能力，通过可逆共价键和氢键的协同作用使聚氨酯弹性体兼具高机械性和高修复效率。

[0019] 3) 聚氨酯弹性体在加热修复或加热处理后，由于氢键数目的增多及有序性的提高，拉伸强度、韧性等机械性能大幅提高，具有自增强的性质。

附图说明

[0020] 图1为聚氨酯弹性体的结构示意图；

[0021] 图2为聚氨酯弹性体修复前后的应力-应变曲线；

[0022] 图3为聚氨酯弹性体的连续加载-卸载拉伸曲线；

[0023] 图4为聚氨酯弹性体划痕修复的显微镜照片。

具体实施方式

[0024] 结合以下具体实施例和附图，对本发明作进一步的详细说明，本发明的保护内容不局限于以下实施例。在不背离发明构思的精神和范围下，本领域聚合物复合材料的技术人员能够想到的变化和优点都被包括在本发明中，本发明涵盖任何由权利要求定义的在本发明的精髓和范围上做的替代、修改、等效方法以及方案。实施本发明的过程、条件、试剂、实验方法等，除以下专门提及的内容之外，均为本领域的普遍知识和公知常识，本发明没有特别限制内容。为了进一步使公众对本发明有更好的了解，详尽描述了一些特定的细节部分，对本领域技术人员来说没有这些细节部分的描述也可以完全理解本发明。

[0025] 实施例1

[0026] 1) 将分子量为1000的羟基封端的聚四氢呋喃醚二醇(4g, 4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中，加热升温至约120℃，搅拌下真空除水2h，随后降温至90℃，加入异佛尔酮二异氰酸酯(2.22g, 10mmol)和(0.13g, 0.2mmol)DBTDL，继续反应3h，形成预聚物。

[0027] 2) 将溶解于6mLDMF的2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)六亚甲基)脲基-1,3丙二醇(0.20g, 0.5mmol)和N,N-[双(2-甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃(0.53g, 2.5mmol)加入上述预聚物，继续反应12h，最后降至室温，将三-(2-马来酰亚胺基乙基)胺(0.32g, 0.83mmol)溶于5mLDMF的溶液加入上述产物混合均匀，倒入聚四氟模具，在真空烘箱中干燥36h，得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0028] 参阅图1，上述制备的聚氨酯弹性体含可逆共价键和多级氢键的聚氨酯弹性体通过DA反应生成热可逆的化学交联点，利用结构中脲基嘧啶酮基、脲基、氨基甲酸酯基间发生的多级强弱氢键作用生成物理交联点、物理和化学交联进一步促进了弹性体微相分离，弹

性体具有高拉伸强度,极高的韧性,高回弹性。此外,由于可逆共价键和多级氢键都具有可逆特性,弹性体具有优异的自修复性和可回收性,弱氢键作用有利于弹性体的快速修复,强氢键作用与可逆共价键有利于弹性体的深度修复。弹性体在加热修复过程中,可逆共价键及氢键发生断裂后再生,可提高形成氢键的数目和有序性,使修复效率大幅提升,修复后材料具有比初始样品更高的强度和韧性,具有自增强的性质。所有弹性体的强度、韧性和修复性能可通过化学交联和物理交联的比例进行调控。

[0029] 参阅图2,将上述制备的聚氨酯弹性体样条从中间切断,将断面连接在一起,迅速实现室温下的初步愈合,之后在80℃修复12h,或在120℃热处理20min,再降温至80℃(120~80℃)修复12h。对修复后的样条进行拉伸测试,显示初始弹性体在不同温度下修复后其机械性能都得到了大幅提高。80℃修复12h后,拉伸强度达到17.9MPa,相比初始弹性体提高了350%,而经过120~80℃修复12h后,拉伸强度更是达到47.7MPa,相比初始弹性体提高了936%,韧性到达了301.6MJ/m³,修复24h后韧性可达到423.6MJ/m³,说明上述制备的聚氨酯弹性体具有超高的韧性。

[0030] 参阅图3,将上述制备的聚氨酯弹性体,在120~80℃条件下热处理12h后进行弹性测试,弹性体在热处理后机械性能同样得到了大幅增强,其连续的循环加载-卸载的拉伸曲线显示第二循环后,滞后环几乎都能迅速重合。若等待5分钟后,其加载-卸载的拉伸曲线能完全重合,说明上述制备的聚氨酯弹性体具有高回弹性。

[0031] 参阅图4,在上述制备的聚氨酯弹性体表面用刀划出明显划痕,通过显微镜观察,其划痕修复后能完全消失,说明其优异的修复性能。

[0032] 以上结果说明,上述制备的聚氨酯弹性体修复后表现出优异的拉伸强度、断裂伸长率、超高的韧性,极高的修复效率,高回弹性等优异性能。

[0033] 实施例2

[0034] 1) 将分子量为1000的羟基封端的聚四氢呋喃醚二醇(4g,4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约120℃,搅拌下真空除水2h,随后降温至90℃,加入二苯基甲烷二异氰酸酯(2.0g,8mmol)和(0.09g,0.14mmol)DBTDL,继续反应2h,形成预聚物。

[0035] 2) 将溶解于12mLDMF的2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)六亚甲基)脲基-1,3丙二醇(0.42g,1mmol)和N,N-[双(2-甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃(0.43g,2mmol)加入上述预聚物,继续反应5h,最后降至室温,将2(1,8-双马来酰亚胺-二甘醇)(0.57g,0.10mmol)溶于2mLDMF的溶液加入上述产物混合均匀,倒入聚四氟模具,在真空烘箱中干燥36h,得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0036] 实施例3

[0037] 1) 将分子量为2000的羟基封端的聚四氢呋喃醚二醇(8.0g,4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约120℃,搅拌下真空除水2h,随后降温至100℃,加入1,6-己二异氰酸酯(1.68g,10mmol)和(0.34g,0.54mmol)DBTDL,继续反应4h,形成预聚物。

[0038] 2) 将溶解于5mLDMAc的2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)六亚甲基)脲基-1,3丙二醇(0.16g,0.4mmol)和N,N-[双(2-三氟甲基-2-羟乙基)氨基]甲基呋喃(0.87g,2.7mmol)加入上述预聚物,继续反应20h,最后降至室温,将N,N-(4,4-亚甲基二苯基)双马来酰亚胺(0.48g,1.34mmol)溶于6mLDMAc的溶液加入上述产物混合均匀,倒入聚四氟模具,在真空烘箱中干燥36h,得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0039] 实施例4

[0040] 1) 将分子量为2000的羟基封端的聚乙二醇(8g, 4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约120℃,搅拌下真空除水2h,随后降温至90℃,加入4,4'-二环己基甲烷二异氰酸酯(2.1g, 8mmol)和(0.20g, 0.32mmol)DBTDL,继续反应3h,形成预聚物。

[0041] 2) 将溶解于8mLDMF的2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)四亚甲基)脲基-1,3丙二醇(0.18g, 0.5mmol)和N,N-[双(2-三氟甲基-2-羟乙基)氨基]甲基咪喃(0.80g, 2.5mmol)加入上述预聚物,继续反应5h,最后降至室温,将三-(2-马来酰亚胺基乙基)胺(0.32g, 0.83mmol)溶于3mLDMF的溶液加入上述产物混合均匀,倒入聚四氟模具,在真空烘箱中干燥36h,得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0042] 实施例5

[0043] 1) 将分子量为1000的羟基封端的聚己内酯(4g, 4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约120℃,搅拌下真空除水2h,随后降温至90℃,加入4,4'-二环己基甲烷二异氰酸酯(2.10g, 8mmol)和(0.12g, 0.19mmol)DBTDL,继续反应3h,形成预聚物。

[0044] 2) 将溶解于8mLDMF的2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)四亚甲基)脲基-1,3丙二醇(0.18g, 0.5mmol)和N,N-[双(2-甲基-2-羟乙基)氨基]甲基咪喃(0.53g, 2.5mmol)加入上述预聚物,继续反应6h,最后降至室温,将三-(2-马来酰亚胺基乙基)胺(0.32g, 0.83mmol)溶于3mLDMF的溶液加入上述产物混合均匀,倒入聚四氟模具,先在通风烘箱中80℃干燥24h,在真空烘箱中干燥36h,得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0045] 实施例6

[0046] 1) 分子量为1000的羟基封端的聚四氢咪喃醚二醇(4g, 4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约120℃,搅拌下真空除水2h,随后降温至90℃,加入1,6-己二异氰酸酯(1.35g, 8mmol)和(0.19g, 0.3mmol)DBTDL,继续反应5h,形成预聚物。

[0047] 2) 将溶解于12mLDMAc的2-(1-(3-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)亚甲基-3,5,5-三甲基)环己基)脲基-1,3丙二醇(0.22g, 0.5mmol)和N,N-[双(2-苯基-2-羟乙基)氨基]甲基咪喃(0.84g, 2.5mmol)加入上述预聚物,继续反应6h,最后降至室温,将N,N-(1,4-亚苯基)双马来酰亚胺(0.33g, 1.25mmol)溶于5mLDMF的溶液加入上述产物混合均匀,倒入聚四氟模具,在真空烘箱中干燥36h,得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0048] 实施例7

[0049] 1) 分子量为2000的羟基封端的聚乙二醇(8g, 4mmol)置入带有机械搅拌器的三颈烧瓶中,加热升温至约120℃,搅拌下真空除水2h,随后降温至90℃,加入1,6-己二异氰酸酯(1.35g, 8mmol)和(0.33g, 0.52mmol)DBTDL,继续反应4h,形成预聚物。

[0050] 2) 将溶解于6mLDMF的2-(1-(2-脲基-6-甲基嘧啶酮基)六亚甲基)脲基-1,3丙二醇(0.20g, 0.5mmol)和N,N-[双(2-甲基-2-羟乙基)氨基]甲基咪喃(0.53g, 2.5mmol)加入上述预聚物,继续反应15h,最后降至室温,将N,N-(4,4-亚甲基二苯基)双马来酰亚胺(0.45g, 1.25mmol)溶于5mLDMF的溶液加入上述产物混合均匀,倒入聚四氟模具,在真空烘箱中干燥36h,得到含可逆共价键和多级氢键的可修复增强的高性能聚氨酯弹性体。

[0051] 以上只是对本发明作进一步的说明,并非用以限制本专利,凡为本发明等效实施,

均应包含于本专利的权利要求范围之内。

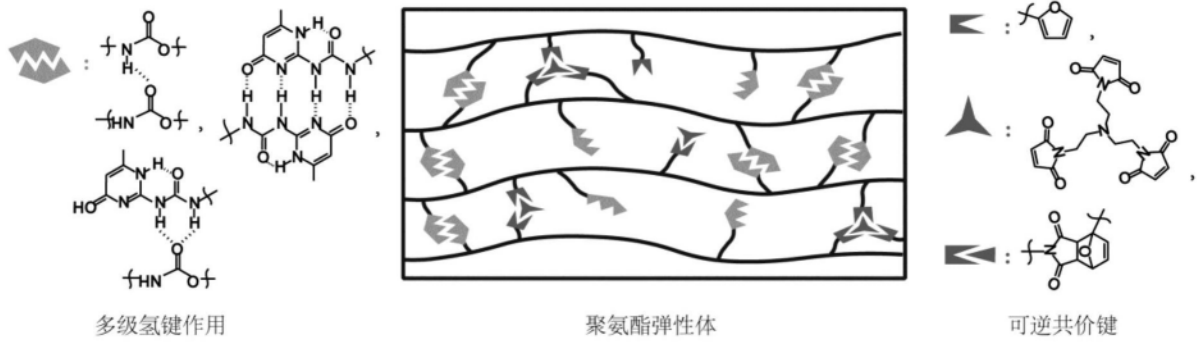


图1

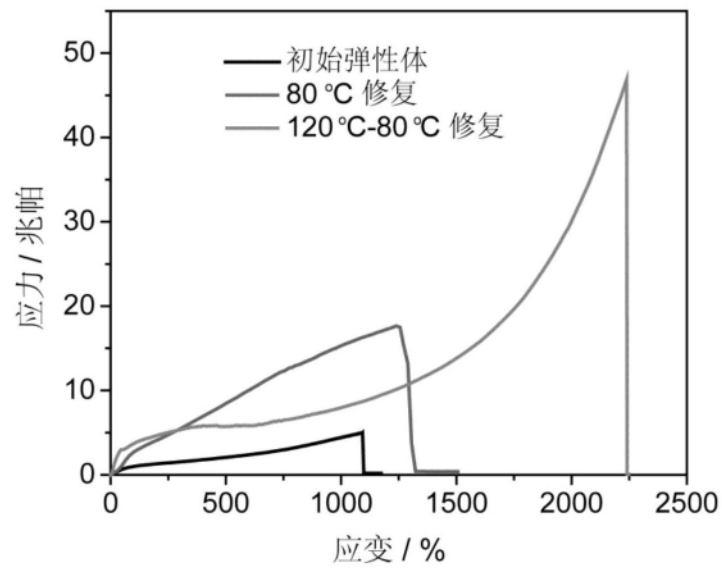


图2

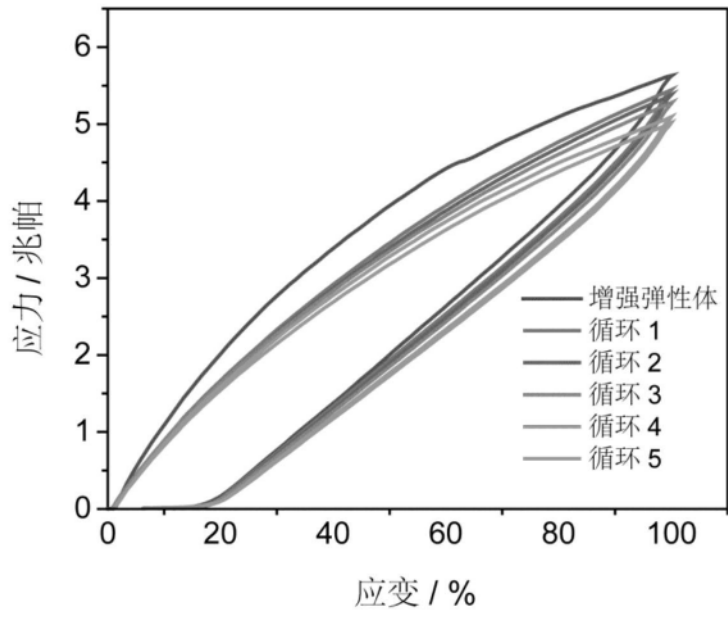


图3

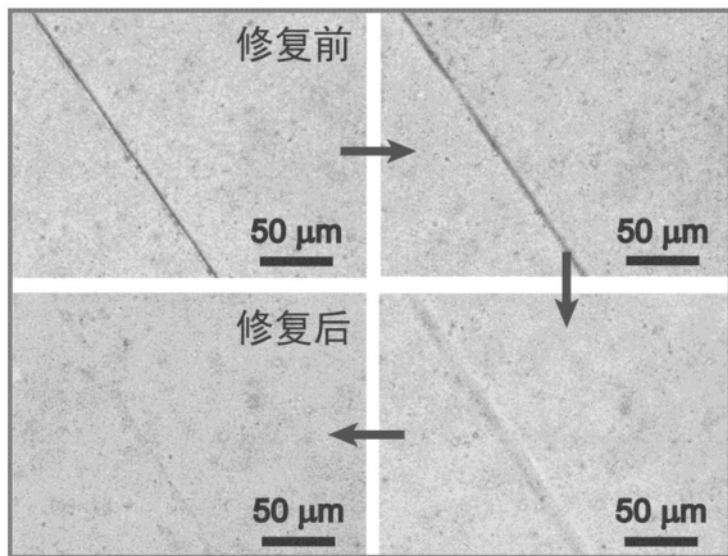


图4