

双螺杆冻胶纺丝法制备有机液体吸附功能纤维 及其性能研究*

徐乃库 肖长发** 宋 喆

(天津工业大学改性与功能纤维天津市重点实验室 天津 300160)

摘 要 在聚合釜中合成了 BMA/HEMA 二元共聚树脂,利用双螺杆纺丝机、采用冻胶纺丝技术制备了有机液体吸附功能纤维,研究了单体投料比中 HEMA 质量分数对纤维各种溶胀行为的影响,利用动态热机械分析仪(DMA)对纤维的动态力学性能进行了研究,同时利用环境扫描电子显微镜(SEM)观察了纤维的表面和断面形貌.结果表明,HEMA 引入大分子后,所得纤维对有机液体甲苯、三氯乙烯具有吸附功能,且吸附过程符合 sigmoidal 模型中的 Hill 方程.随 HEMA 质量分数的增加,纤维对甲苯和三氯乙烯的饱和吸附量增大,对甲苯和三氯乙烯的最大吸附量分别可达 10 g/g 和 21 g/g.随 HEMA 质量分数的增加,纤维剩余率增加的同时,使纤维对甲苯和三氯乙烯的握持能力增强.HEMA 质量分数对纤维动态力学性能有突出影响,特别是链段运动受其影响更为明显.HEMA 质量分数对纤维表面和断面形貌均有显著影响,特别是当 HEMA 质量分数为 15 wt% 时,所得纤维表面出现了许多空洞,其断面存在许多尺寸不均的空洞.

关键词 甲基丙烯酸酯共聚物,双螺杆,冻胶纺丝,吸附,溶胀行为

近年来,随着石油工业的高速发展,由油船、油罐泄露事故以及含油工业废水排放造成的环境污染已倍受人们关注.吸油树脂作为一种新型的功能高分子材料,已成为国内外众多学者研究的重点^[1~4],同时也为油污治理提供了广阔的前景,目前对吸油树脂的研究多集中于粒状树脂方面^[5~7],形状局限性使其应用受到了极大的限制.与吸油树脂相比,有机液体吸附功能纤维具有比表面积大、吸油速率快、回收处理方便以及可根据需要制成各种形状制品的优点,可极大地拓展吸附功能纤维的应用领域.但是吸油树脂多由亲油性单体和含双官能团或三官能团单体共聚合制得,在树脂内部存在三维网状化学交联结构,该类树脂具有在有机溶剂中不溶解,加热状态下不熔融的特点,给制备吸附功能纤维带来了极大的困难.因此国内外关于用吸油树脂制备吸附功能纤维的研究报道相对较少.封严等采用半互穿聚合物网络技术以及湿法纺丝技术制备了有机液体吸附功能纤维^[8,9],但存在纺丝过程繁琐,纤维强度低,易并丝,残留有机溶剂易污染环境等缺点.我们曾采用亲油性单体和易形成氢键作用的单官能团单体共聚合制备树脂,赋予树脂一种疏松的依靠氢键作用而形成的物理交联结构,以达到吸附

有机液体的目的,最后针对这种物理交联型树脂所具有的在有机溶剂中可溶胀、溶胀状态下加热可熔融的特点,采用冻胶纺丝法在柱塞式纺丝机上制备了吸附功能纤维,但由于柱塞式纺丝机传热不均匀,所得纤维存在熔融不均匀的缺陷^[10].为解决熔融不均匀的问题,本文通过双螺杆纺丝机、采用冻胶纺丝技术制备了有机液体吸附功能纤维,并对其结构和性能进行了分析和讨论.

1 实验部分

1.1 原料

甲基丙烯酸正丁酯(BMA),化学纯,国药集团化学试剂有限公司;聚乙烯醇(PVA),化学纯,天津化学试剂公司;甲基丙烯酸 β -羟乙酯(HEMA),化学纯,天津化学试剂研究所;过氧化苯甲酰(BPO),化学纯,中国医药集团上海化学试剂公司;三氯乙烯,分析纯,天津市化学试剂三厂;甲苯,分析纯,天津化学试剂有限公司;煤油,工业级,实验室分装;二甲基甲酰胺(DMF),分析纯,天津市博迪化工有限公司;丁酮,分析纯,天津市化学试剂一厂.

1.2 单体制精

在室温条件下,于 2 L 三口烧瓶中加入 500

mL 甲基丙烯酸正丁酯, 500 mL 去离子水, 恒温搅拌, 静置, 将所得乳状液倒入分液漏斗中进行分液, 取上层有机液, 以 500 mL 10 wt% 氢氧化钠溶液进行恒温搅拌洗涤, 静置, 分液, 继续取上层有机液, 以 500 mL 10 wt% 氯化钠溶液进行搅拌洗涤, 分液, 接着用去离子水多次洗涤有机液直至变为中性, 分液, 最后减压蒸馏。

1.3 二元共聚树脂合成

在 10 L 聚合釜中加入分散剂 PVA (占单体总质量的 0.5 wt%) 及 4800 mL 去离子水, 充分溶解后, 将总体积为 1600 mL 的 HEMA、BMA 混合液以及 BPO (占单体总质量的 0.5 wt%) 加入烧杯中, 其中单体投料比中 HEMA 质量分数分别为 0 wt%、5 wt%、10 wt%、和 15 wt%, 搅拌至形成均匀溶液, 然后将该溶液加入到聚合釜中, 通入氮气, 搅拌升温至 85℃, 反应 5 h 后, 提高反应温度至 95℃, 继续反应 1 h 后, 终止反应, 取出产物, 洗涤、干燥, 得白色粒状树脂。

1.4 吸附功能纤维制备

将树脂置于 50℃ 真空烘箱中, 干燥 72 h 后, 与一定体积的 DMF 均匀混合后, 在室温环境中密封放置 48 ~ 72 h, 使其充分溶胀, 然后在双螺杆纺丝机中, 冻胶纺丝制备纤维, 其中一区加热温度 90 ~ 125℃、二区加热温度 105 ~ 135℃、三区加热温度 105 ~ 135℃、四区加热温度 105 ~ 140℃、五区加热温度 110 ~ 145℃、六区加热温度 110 ~ 145℃、七区加热温度 115 ~ 150℃、熔体温度 125 ~ 145℃、喷丝组件温度 80 ~ 150℃、主机频率 6.3 ~ 7.0 Hz、喂料频率 4.3 ~ 5.1 Hz、熔体泵频率 9.0 Hz, 纤维经水浴萃取剩余溶胀剂后, 再经热水浴 (85 ~ 95℃) 拉伸后, 卷绕、切断、蒸馏水洗涤、存储备用。

1.5 测试

1.5.1 吸附量 准确称取定量纤维, 装入聚酯无纺布袋浸入待测有机液体中, 常温浸泡 24 h, 每一小时过滤去除未被吸附的有机液体后, 称取纤维凝胶及布袋质量, 同时对空袋进行同样的测定, 以扣除空袋吸附有机液体的重量, 按下式计算吸附量。

$$\text{吸附量} = (\text{纤维凝胶及布袋质量} - \text{纤维质量} - \text{布袋质量}) / \text{纤维质量}$$

1.5.2 剩余率 准确称取定量纤维, 装入聚酯无纺布袋浸入待测有机液体中, 常温浸泡 24 h 后, 于室温环境中通风干燥 14 天, 然后称重, 按下式计算溶胀后纤维剩余率。

$$\text{纤维剩余率} = \text{溶胀后干燥纤维质量} / \text{溶胀前干燥纤维质量}$$

1.5.3 凝胶率 将定量已烘干的纤维用滤纸包裹后, 置于索氏抽提器中, 以丁酮为萃取剂, 连续抽提 8 h, 取出风干 14 天, 然后称重, 按下式计算纤维凝胶分率。

$$\text{凝胶率} = \text{抽提后干燥纤维质量} / \text{抽提前干燥纤维质量}$$

1.5.4 保油率 准确称取定量纤维, 装入聚酯无纺布袋浸入待测有机液体中, 常温浸泡 24 h 后, 过滤去除未被吸附的有机液体后, 称取纤维凝胶及布袋质量, 同时对空袋进行同样的吸附测定, 以扣除空袋吸附有机液体的重量, 计算纤维对有机液体的吸附量, 在转速为 1000 r/min 的离心机中离心脱附有机液体 5 min 后, 称取纤维凝胶及布袋质量, 同时对空袋进行同样的离心测定, 以扣除空袋离心后吸附有机液体的重量, 计算纤维对有机液体的吸附量, 按下式计算纤维保油率。

$$\text{保油率} = \text{离心后纤维对有机液体的吸附量} / \text{离心前纤维对有机液体的吸附量}$$

1.5.5 动态力学分析 用德国 Netzsch 公司 DMA242C 型动态热机械分析仪 (DMA) 对纤维试样的动态力学性能进行分析。温度范围为 -100 ~ 300℃, 升温速率为 10 K/min, 测试频率为 10 Hz。

1.5.6 形貌观察 用捷克 FEI 公司 QUANTA200 型环境扫描电子显微镜 (SEM) 观察纤维试样的表面及断面形貌。

2 结果与讨论

2.1 投料比中 HEMA 质量分数对纤维吸附速率的影响

HEMA 作为一种单官能团单体, 其被引入大分子主链后, 所得纤维是否具有吸附性能, 为此, 我们对 HEMA 引入主链前后所得纤维的吸附速率进行了研究, 结果如图 1、图 2 所示。从图 1 可以看出, HEMA 未被引入大分子主链时, 由于大分子链为线型结构, 所得纤维在浸泡吸附有机液体的过程中, 会逐渐溶解到有机液体中, 致使吸附量随吸附时间的增加而减少。而当 HEMA 被引入到大分子主链时, 由于强极性羟基的引入以及侧链数目增大, 加强了大分子间的氢键作用以及侧链间的缠结作用, 有利于形成更加完善的物理交联结构^[10], 同时由于 HEMA 易发生形成多孔性不溶性端聚物的反应^[11], 所得纤维大分子不再是单一的

线型结构,分子间存在三维网状结构,故对甲苯和三氯乙烯的吸附量随吸附时间的增加而增大.另外从图 2 还可以看出,吸附时间相同时,纤维对三氯乙烯的吸附量明显高于对甲苯的吸附量,这可用相似相溶的规则来解释,因极性溶剂对极性聚合物有很好的溶解性,而随着 HEMA 的引入,纤维中羟基数目增多,极性增强,且三氯乙烯为强极性物质,所以对于 HEMA 质量分数相同时所得纤

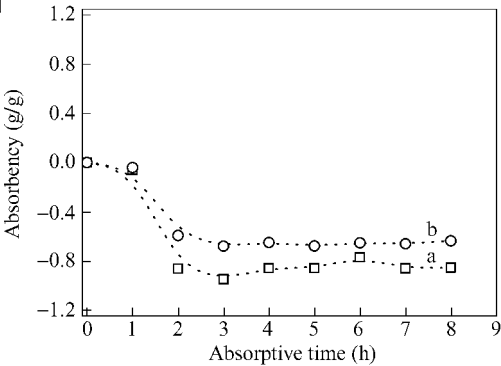


Fig. 1 Relationship between absorbency of fiber and absorptive time when mass fraction of HEMA was equal to 0 wt%
a) Toluene absorption ; b) Trichloroethylene absorption

维而言,对三氯乙烯的吸收能力明显高于甲苯.为了预测纤维对甲苯和三氯乙烯的吸附过程,我们利用 sigmoidal 函数中的 Hill 方程对实验数据进行了拟合处理,结果如图 2 所示.由图 2 可以发现,纤维对甲苯和三氯乙烯吸附量的增长过程与 Hill 方程有较好的相似性,表明可以利用 Hill 方程来预测吸附量与吸附时间之间的关系,其中拟合方程和决定系数如表 1 所示.

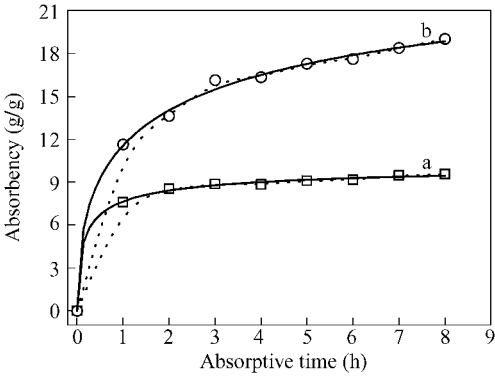


Fig. 2 Relationship between absorbency of fiber and absorptive time when mass fraction of HEMA was equal to 15 wt%
a) Toluene absorption ; b) Trichloroethylene absorption ; Solid line for fit curve ; Dot line for experimental curve

Table 1 Fitting equation and determination coefficients (R^2) of sigmoidal model

Non-linear curve fit	Fitting equation	R^2
Sigmoidal fit for curve a	$y = 10.46229x^{0.59326} / (0.18462^{0.59326} + x^{0.59326})$	0.96185
Sigmoidal fit for curve b	$y = 28.52445x^{0.50343} / (2.13364^{0.50343} + x^{0.50343})$	0.98291

2.2 投料比中 HEMA 质量分数对纤维饱和和吸附量的影响

采用双螺杆纺丝机纺制了 4 种纤维,其中投料比中 HEMA 质量分数分别为 0 wt%、5 wt%、10 wt% 和 15 wt%,并对其饱和吸附量以及凝胶率进行了研究,结果如图 3 所示.从图 3 可以看出,HEMA 质量分数为 0 wt% 时,所得纤维对甲苯和三氯乙烯的饱和吸附量均为负值,这是由于此种大分子呈线型结构,在与甲苯和三氯乙烯接触过程中,几乎全部溶解于这些有机液体造成的,而 HEMA 质量分数为 5 wt%、10 wt% 和 15 wt% 时,所得 3 种纤维对甲苯和三氯乙烯的饱和吸附量相对较高.纤维大分子侧酯基分别含 5 个和 3 个碳原子,甲苯有 7 个碳原子,三氯乙烯只有 2 个碳原子.纤维中与有机液体有亲和作用的是大分子结构单元中的侧酯基,纤维对与侧酯基所含碳原子数相近的有机液体具有更高的吸附量^[12],故对甲

苯、三氯乙烯的吸附量较大.此外,从图 3 可以看出,随 HEMA 质量分数增加,纤维对甲苯、三氯乙烯的饱和吸附量逐渐增大,这是由于当 HEMA 质量分数较低时,引入纤维的交联结构较弱,纤维中可溶部分较多,致使纤维的饱和吸附量较低,随 HEMA 质量分数的增大,纤维中交联结构逐渐趋于完善,可溶解部分减少,纤维对有机液体的饱和吸附量增大,这可从凝胶率变化曲线获得支持,凝胶率通常可用于表征大分子的交联程度^[13],凝胶率越接近于 100 wt%,交联结构越完善,大分子中可溶部分越少,由图 3 可以发现,随 HEMA 质量分数增加,凝胶率逐渐增大,说明纤维交联结构越来越完善,可溶部分减少,故纤维对有机液体的饱和吸附量逐渐增大.从图 3 还可以看出,对于 HEMA 质量分数相同时所得纤维,其对三氯乙烯的吸收能力明显强于对甲苯的吸收,这与图 2 所反映的事实是一致的.

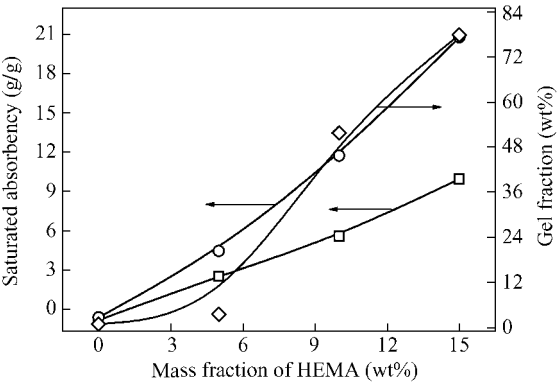


Fig. 3 The effect of mass fraction of HEMA on saturated absorbency and gel fraction
—□— Toluene ; —○— Trichloroethylene

2.3 投料比中 HEMA 质量分数对纤维剩余率和保油率的影响

根据 Flory 溶胀理论,聚合物溶胀行为受 3 个因素影响,即橡胶弹性、与溶剂的亲和性以及交联密度,Jang 等曾用溶胀后树脂的剩余率来表征树脂的交联密度^[14]. 本文将纤维在甲苯和三氯乙烯中充分溶胀,而后研究了其剩余率,结果如图 4 所示. 从图 4 可以看出,当 HEMA 质量分数为 0 wt% 时,所得纤维在甲苯和三氯乙烯中溶胀,其剩余率分别约为 10 wt% 和 30 wt%,随着 HEMA 质量分数的增加,剩余率逐渐增加,当 HEMA 质量分数达到 15 wt% 时,其剩余率分别达到了 81 wt% 和 83 wt%. 同样表明随 HEMA 质量分数增加,引入纤维大分子的交联结构渐趋于完善,纤维可溶部分减少,与凝胶率所反映的结论一致. 同时从图 4 还可以发现,对于 HEMA 质量分数相同时所得纤维,其于三氯乙烯中溶胀后的剩余率明显高于在甲苯中溶胀后的剩余率,这也是造成相同条件下纤维对三氯乙烯吸附量高于对甲苯吸附量的原因之一,这一现象与甲苯和纤维大分子有更相近的溶度参数 δ 有关,聚甲基丙烯酸正丁酯的 δ 值为 17.8^[15],甲苯的 δ 值为 18.2^[16],故甲苯对纤维的溶解能力更强. 保油率可以用来衡量纤维握持有机液体的能力,它通常会受两方面因素的制约,一是纤维的交联结构,二是纤维与有机液体的亲和性. 为了表征纤维握持有机液体的能力,我们对纤维的保油率进行了研究,结果如表 2 所示,被测有机液体为甲苯和三氯乙烯. HEMA 质量分数为 0 wt% 时,大分子为线型结构,所得纤维会溶解到甲苯和三氯乙烯中,故难以测得该种纤维的保油率.

从表 2 可以看出,当 HEMA 被引入主链后,随其质量分数的增大,纤维对甲苯和三氯乙烯的保持率逐渐增大,但当 HEMA 质量分数为 5 wt% 时,由于引入纤维大分子的交联结构较弱,纤维中可溶部分较多,其握持有机液体的能力较弱,当 HEMA 质量分数达到 10 wt%,甚至 15 wt% 时,引入大分子的交联结构更加完善,纤维握持有机液体的能力大大增强. 另外对比纤维对两种有机液体的保持率可以发现,当 HEMA 质量分数为 5 wt% 时,由于与三氯乙烯相比甲苯对纤维的溶解能力更强,致使纤维对甲苯的握持能力弱于对三氯乙烯的握持能力,但当 HEMA 质量分数达到 10 wt% 以后,完善的交联结构使纤维溶解于甲苯和三氯乙烯的可能性减小,而甲苯与纤维大分子具有更相近的溶度参数,它们之间的亲和性更强,致使甲苯与纤维大分子之间的结合作用增强,结果使纤维对甲苯的握持能力远远强于对三氯乙烯的握持能力.

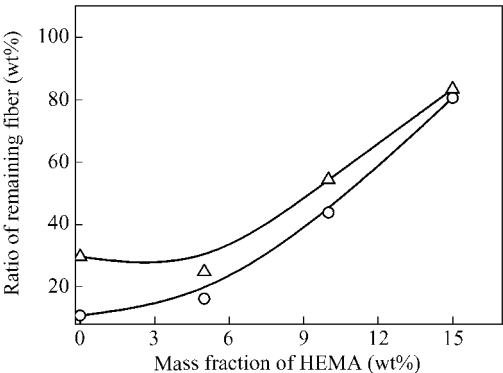


Fig. 4 The effect of mass fraction of HEMA on the ratio of remaining fiber after being swollen in organic liquid
—○— Toluene ; —△— Trichloroethylene

Table 2 The influence of mass fraction of HEMA on organic liquid retention ratio

Mass fraction of HEMA (wt%)	Toluene (wt%)	Trichloroethylene (wt%)
0	—	—
5	3.66	13.37
10	43.98	24.16
15	59.98	49.26

2.4 投料比中 HEMA 质量分数对纤维动态力学性能的影响

纤维作为一种聚合物材料,本身具有黏弹性,其力学性能受时间、频率和温度影响很大,动态力学分析不仅可以给出宽广温度、频率范围的力学性能,而且当聚合物的化学组成、支化和交联、结

晶和取向等结构因素发生变化时,均会在动态力学谱图上体现出来.另外我们曾对 BMA/HEMA 二元共聚树脂的化学结构进行了研究,发现大分子间不存在化学交联结构,但大分子内以及大分子间存在较强的氢键作用,形成了物理交联结构^[10].为了表征 HEMA 引入前后纤维交联结构的变化,对纤维动态力学性能进行了研究,结果如图 5 所示.从图 5 可以看出,随 HEMA 含量增加,纤维的 $\tan\delta$ 损耗峰向高温区移动,即玻璃化转变温度随 HEMA 含量增加而升高,表明随 HEMA 含量增加,链段在相同能量条件下的运动变得更加困难,显然这与 HEMA 对交联结构的贡献有关,随 HEMA 含量增加,纤维大分子间的交联结构趋于完善,同时侧链数目的增多也增大了链段运动的位阻,结果使纤维的玻璃化转变温度升高.另外为了比较柱塞式纺丝机和双螺杆纺丝机所得纤维的动态力学性能,我们对柱塞式纺丝机所得纤维的动态力学性能进行了研究,结果如图 6 所示.从图 6 可以看出,随 HEMA 含量增加,纤维的 $\tan\delta$ 损耗峰也向高温区移动,但对比图 5 和图 6 可以发现,当 HEMA 含量相同时,由双螺杆纺丝机所得纤维的 $\tan\delta$ 损耗峰峰值温度明显高于柱塞式纺丝机所得纤维的 $\tan\delta$ 损耗峰峰值温度,即双螺杆纺丝机所得纤维的玻璃化转变温度高于柱塞式纺丝机所得纤维的玻璃化转变温度,显然这与两种纺丝方式所得纤维的聚集态不同有关.与柱塞式纺丝机相比,双螺杆纺丝机具有螺杆转速较高、剪切能力较强的优点,同时在输送聚合物物料过程中,分布混合螺杆组件对黏流进行了均化,结果使所得纤维的结晶、取向可能性增加,导致纤维的玻璃化

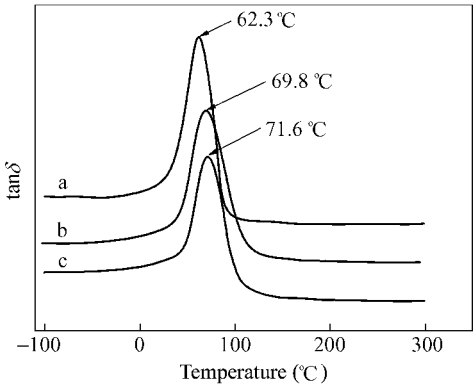


Fig. 5 The effect of mass fraction of HEMA on dynamic mechanics performance of fiber prepared in twin screw spinning machine
a) 0 wt% ; b) 10 wt% ; c) 15 wt%

转变温度高于柱塞式纺丝机所得纤维的玻璃化转变温度.

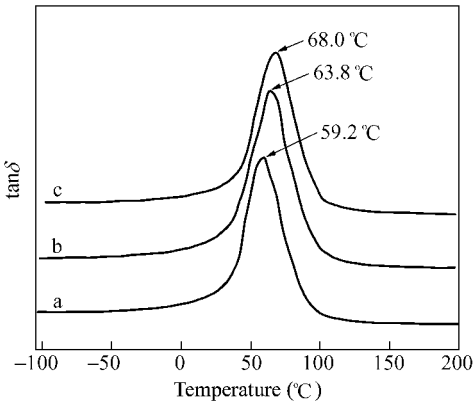


Fig. 6 The effect of mass fraction of HEMA on dynamic mechanics performance of fiber prepared in plunger spinner
a) 0 wt% ; b) 10 wt% ; c) 15 wt%

2.5 投料比中 HEMA 质量分数对纤维形貌的影响

为了研究 HEMA 质量分数对所得纤维形貌的影响,对纤维的表面及断面形貌进行了观察,结果如图 7、图 8 所示.由图 7 和图 8 可以看出,当 HEMA 质量分数为 0 wt% 时,所得纤维的表面光滑平整,断面同样比较平整,不存在空洞和缺陷,但这种纤维会溶于有机液体,不具备吸附功能,随着 HEMA 质量分数的增加,纤维表面变得越来越粗糙,且表面出现了更多的空洞和缺陷,这时纤维断面也发生了明显的变化,其断面变得粗糙紊乱,出现了许多尺寸不均的空洞,这种结构有利于有机液体的渗透和扩散,同时为有机液体吸附提高了更多的空间、更大的接触面积,从而可以增大对有机液体的吸附量.这与图 3 饱和吸附量所表明的结论是一致的.此外对柱塞式纺丝机所得纤维的表面形貌进行了观察,结果如图 9 所示.对比图 7 和图 9 可以发现,当 HEMA 质量分数为 0 wt% 时,两种纺丝方式所得纤维的表面均比较光滑规整,当 HEMA 质量分数达到 10 wt% 时,双螺杆纺丝机所得纤维的表面仍然比较光滑规整,但由柱塞式纺丝机所得纤维的表面不再光滑规整,出现了凹洞和凸起,当 HEMA 质量分数为 15 wt% 时,由柱塞式纺丝机所得纤维的表面出现了更多的凹洞和凸起,这是由于聚合物熔融不均匀造成的,聚合物熔融较好的地方出现了凹洞,熔融不好的地方残存有珠状聚合物出现了凸起.这些现象表明,与柱塞式纺丝机相比,双螺杆纺丝机使得纺丝过

程中聚合物熔融不均匀的缺陷在一定程度上得到了改善.

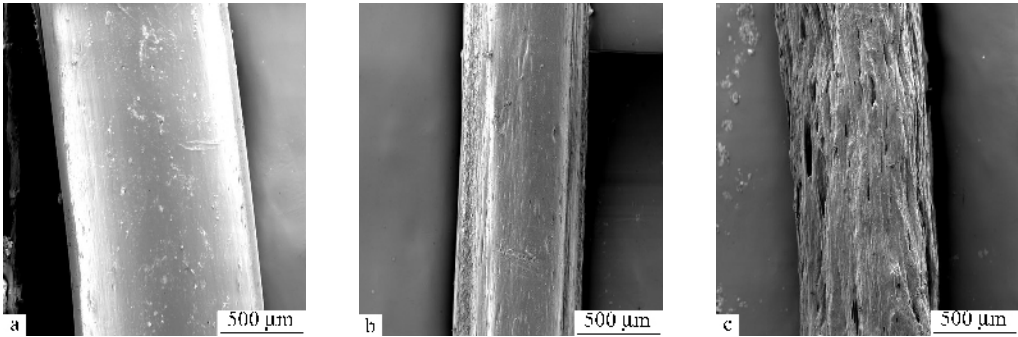


Fig. 7 The effect of mass fraction of HEMA on surface morphology of fiber prepared in twin screw spinning machine
a) 0 wt% ; b) 5 wt% ; c) 15 wt%

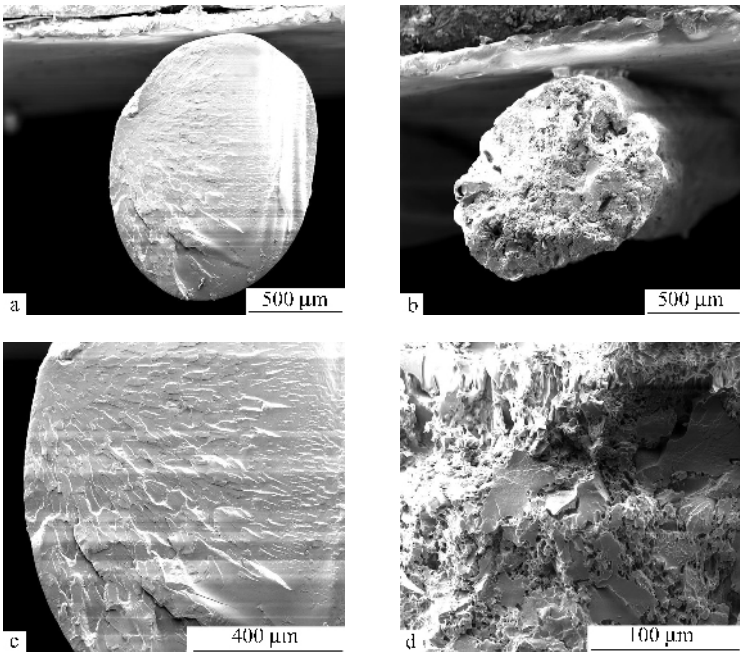


Fig. 8 The effect of mass fraction of HEMA on cross section morphology of fiber prepared in twin screw spinning machine
a) 0 wt% ; b) 15 wt% ; c) 0 wt% and local picture ; d) 15 wt% and local picture

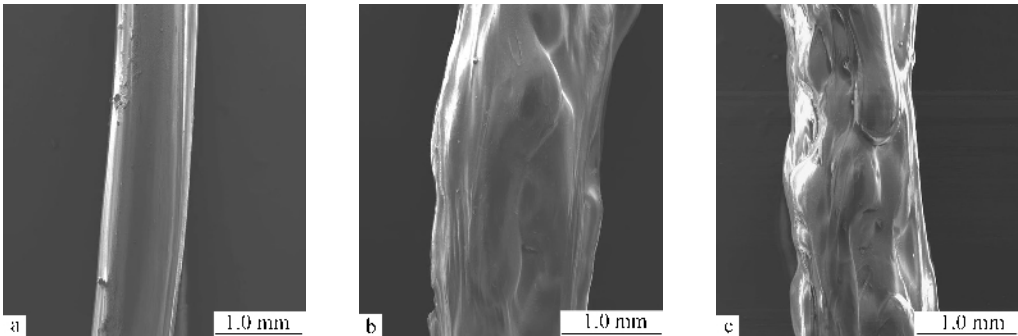


Fig. 9 The effect of mass fraction of HEMA on surface morphology of fiber prepared in plunger spinner
a) 0 wt% ; c) 10 wt% ; b) 15 wt%

3 结论

利用双螺杆纺丝机、采用冻胶纺丝技术制备了吸附功能纤维,研究表明,HEMA 引入大分子后,所得纤维对有机液体甲苯、三氯乙烯具有吸附功能,且吸附过程符合 sigmoidal 模型中的 Hill 方程 ;随 HEMA 质量分数的增加,纤维对甲苯和三氯乙烯的饱和吸附量增大,对甲苯和三氯乙烯的最大吸附量分别可达 10 g/g 和 21 g/g ;随 HEMA

质量分数的增加,纤维剩余率增加的同时,使纤维对甲苯和三氯乙烯的握持能力增强 ;HEMA 质量分数对纤维动态力学性能有突出影响,特别是链段运动受其影响更为明显 ;HEMA 质量分数对纤维表面和断面形貌均有显著影响,特别是当 HEMA 质量分数为 15 wt% 时,所得纤维表面出现了许多空洞和缺陷,其断面存在许多尺寸不均的空洞 ;双螺杆纺丝机改善了纺丝过程中聚合物熔融不均匀的缺陷.

REFERENCES

1 Yin Guoqiang(尹国强),Cui Yingde(崔英德),Liao Liewen(廖列文),Deng Zhicheng(邓志诚),Kang Zheng(康正). Polymer Materials Science and Engineering(高分子材料科学与工程),2003,(6) :149 ~ 152

2 Shan Guorong(单国荣),Xu Pingying(徐萍英),Weng Zhixue(翁志学),Huang Zhiming(黄志明). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2003,(1) :52 ~ 56

3 Shan Guorong(单国荣),Zhao Xia(赵霞),Huang Zhiming(黄志明),Weng Zhixue(翁志学). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2004,(4) :523 ~ 527

4 Atta A M,Amdt K F.J Appl Polym Sci,2005,97 :80 ~ 91

5 Zhou M H,Cho W J.J Appl Polym Sci,2003,89 :1818 ~ 1824

6 Atta A M,El-Ghazawg R A M,Farag R K,El-Kafrawy A F,Abdel-Azim A A A. Poly Int,2005,54 :1088 ~ 1096

7 Zhou M H,Cho W J. Polym Int,2001,50 :1193 ~ 1200

8 Feng Y,Xiao C F.J Appl Polym Sci,2006,101 :1248 ~ 1251

9 Feng Yan(封严),Xiao Changfa(肖长发). Journal of Tianjin Polytechnic University(天津工业大学学报),2005,(6) :5 ~ 7

10 Xu Naiku(徐乃库),Xiao Changfa(肖长发),Feng Yan(封严). Chemical Journal of Chinese Universities(高等学校化学学报),2008,(8) :1677 ~ 1683

11 Zhu Chuanqi(朱传樑),Yao Lingmin(姚凌岷). Acrylate and Their Polymer- II (丙烯酸酯及其聚合物- II). Beijing(北京) :Chemical Industry Press(化学工业出版社),1985. 90 ~ 98

12 Ji Shunjun(纪顺俊),Dai Weiquan(戴蔚荃),Di Haisheng(狄海生),Zhu Xiulin(朱秀林),Lu Jianmei(路建美). Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities(高校化学工程学报),2002,(4) :446 ~ 449

13 Zhao Xueqin(赵雪芹). Gansu Environmental Study and Monitoring(甘肃环境研究与监测),2001,(4) :226 ~ 227

14 Jang J,Kim B S.J Appl Polym Sci,2000,77 :914 ~ 920

15 Zhang Xingying(张兴英),Li Qifang(李齐方). Polymer Science Experiment(高分子科学实验). Beijing(北京) :Chemical Industry Press(化学工业出版社),2004. 312 ~ 313

16 Li Yunming(李允明). Polymer Physics Experiment(高分子物理实验). Hangzhou(杭州) :Zhejiang University Press(浙江大学出版社),1996. 326

PROPERTIES OF AN ORGANIC LIQUID ABSORBING FIBER PREPARED BY GELATION-SPINNING

XU Naiku, XIAO Changfa, SONG Zhe

(Tianjin Key Laboratory of Fiber Modification and Functional Fiber, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160)

Abstract Resin copolymerized by *n*-butyl methacrylate (BMA) with β -hydroxyethyl methacrylate (HEMA) was synthesized in polymerization kettle, and functional fiber absorbing organic liquid was prepared by gelation-spinning in a twin screw spinning machine, then the influence of mass fraction of HEMA in monomer feed ratio on swelling behaviors was investigated and dynamic mechanical performance of the fiber was analyzed by dynamic thermomechanometry (DMA), finally the surface and cross section morphologies were observed by scanning electron microscopy (SEM). The results showed that the fiber had the function of absorbing toluene and trichloroethylene after introducing HEMA into macromolecules, and the absorptive process obeyed Hill equation of sigmoidal model. Toluene and trichloroethylene absorbency increased with the increase of mass fraction of HEMA, and their maximum absorbency was 10 g/g and 21 g/g, respectively. The ratio of remaining fiber also increased with the increase of mass fraction of HEMA to make organic liquid retention ratio strengthen. Furthermore, dynamic mechanical performance of the fiber was affected by mass fraction of HEMA obviously, and the segments movement was influenced more obviously. At the same time, mass fraction of HEMA had a great impact on the surface and cross section morphologies, especially, many cavities existed in surface, and cross section had a lot of holes with asymmetric size when mass fraction of HEMA was equal to 15 wt%.

Keywords Methacrylate copolymer, Twin screw spinning machine, Gelation-spinning, Absorption, Swelling behaviors