

从高分子化学的一个趣味实验谈如何培养学生的综合实验能力

王存国*

(青岛科技大学高分子科学与工程学院, 橡塑材料与工程教育部重点实验室,

山东省橡塑材料与工程重点实验室, 青岛 266042)

摘要: 高分子化学是一门实验性很强的学科, 是高分子材料合成、加工和应用的基础, 也是高分子专业研究生入学考试必考的科目之一, 但如何提高学生们的实验观察能力和动手操作能力成为近些年来各高校培养学生的重点课题。而在高分子化学实验合成方法中, 悬浮聚合方法由于反应温度低、操作方便、反应过程容易散热、聚合物粒度容易控制、水为分散介质廉价等优点, 在橡胶、塑料等高分子材料合成工艺中被广泛应用。本文以高分子化学悬浮聚合实验为例, 从“看”、“听”、“摸”、“嗅”多个角度向学生们展示了高分子化学反应在不同反应条件下及不同反应阶段所表现出的实验现象及反应结果, 旨在提高学生们的综合实验能力, 使之早日踏上科研探索之路。

关键词: 实验教学; 高分子化学; 悬浮聚合实验; 教学改革; 实验能力

高分子化学是一门以高分子合成实验为基础的化学学科, 是高分子物理、高分子材料、聚合物成型工艺学等课程的基础^[1~5]。近年来, 随着科学技术的迅猛发展, 各高等院校新设专业及学科不断增多, 使各门实验教学课程时间相对减少, 学生亲自动手实验的机会也随之减少, 因此, 在这有限的实验时间内, 怎样提高学生的综合实验能力, 是目前许多院校都十分关注的一个问题。而在传统的实验教学模式中^[6], 实验指导教师总是把实验目的、实验原理、实验步骤、实验注意事项等在学生做实验之前讲得一清二楚, 甚至连聚合反应投料的先后顺序、投料比例、聚合反应温度、搅拌速度等都限制得非常严格, 学生就像机器人一样按老师预订的程序按部就班进行, 使学生对新的合成实验失去了悬念、好奇心和创新性, 从而束缚了学生的实验探索能力和对问题思考的广度与深度, 将来一旦考取研究生或走上科研工作岗位, 面对新的研究课题时无处下手, 只是被动地听从导师的吩咐或机械地盲从国内外参考文献, 缺乏科研探索 and 创新的综合能力。通过我们十多年来的实验教学, 对高分子化学各种实验方法进行了认真的总结, 本文以悬浮聚合方法合成聚苯乙烯为例, 从“看”、“听”、“摸”、“嗅”等多个角度向学生们展示了高分子化学反应在不同反应条件下及不同反应阶段所表现出的实验现象及反应结果, 激发学生们的实验兴趣, 最终培养学生们的综合实验能力。

我们知道采用悬浮聚合方法合成聚苯乙烯, 实验合成是否成功, 除引发剂种类和用量等主要决定因素之外, 聚合反应温度高低、搅拌速度的快慢以及分散剂(聚乙烯醇等)用量的多少都是影响聚合反应效果的重要因素。如果聚合反应温度太高, 则在聚合反应中、后期由于自动加速现象严重, 聚合反应过于剧烈, 最后容易导致聚合产物粘结; 如果反应温度太低, 则聚合反应时间过长, 在有限的时间内很难使聚合反应完成。如果搅拌速度太快, 巨大的搅拌剪切力使合成的聚苯乙烯颗粒粒径变小, 甚至在反应过程中形成乳液得不到粒状颗粒, 致使悬浮聚合反应失败; 如果搅拌速度太慢, 则合成的聚合物颗粒粒径太大, 导致反应后期聚合物颗粒容易相互粘结成一团或块状。另外, 如果分散剂—聚乙烯醇用量太少, 则合成的聚合物在反应后期也容易粘结; 如果聚乙烯醇用量太多, 则合成的聚苯乙烯颗粒表面污浊、失去光泽, 并增加了后处理—洗涤的麻烦。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2016.011.013

收稿: 2016-02-20; 修回: 2016-06-13;

基金项目: 山东省潍坊市高层次创新创业人才计划项目(潍办字 2013-69)、山东省教育厅公派出国留学基金项目(2011-236)、国家高端外国专家项目(GDJ20143700012)资助;

* 通讯联系人: 王存国(1967—), 男, 山东高密人, 博士, 教授, E-mail: cgwang789@qq.com.

因此,通过多年来的实验探索,认为采用悬浮聚合实验方法合成聚苯乙烯,可从“看”、“听”、“摸”、“嗅”多个角度对实验现象和实验结果进行观察和探究。

所谓“看”,即认真观察实验现象,这也是老师对学生们反复强调的基本常识。在用悬浮聚合方法制备聚苯乙烯实验过程中,同样强调“看(即观察)”的重要性。在反应初期,我们看到,加入反应烧瓶中的无色油状苯乙烯单体,它比连续相(分散介质)——水的密度轻,因而浮在水面上。随着反应的进行,浮在水面上的苯乙烯大油滴被搅拌桨的剪切力剪切成许许多多小油滴,在烧瓶中随着搅拌桨旋转着,这时整个烧瓶中溶液的颜色是透明的;等到反应中期,溶液中的小油滴单体经过缓慢聚合,逐渐变成半透明的凝胶状小油珠,溶液也由原来的透明变成不透明的乳白色浊液;再等到反应后期,小油珠逐渐变成大米粒或小米粒大小的白色球形小颗粒,此时溶液的颜色也由反应中期的乳白色变成后期的半透明悬浮液,并能清楚地看到溶液中的白色球形小颗粒在烧瓶中悬浮着并不停地随搅拌桨旋转着。因而整个实验过程从苯乙烯单体大油滴→小油滴→半透明凝胶状小油珠→白色球形聚苯乙烯固体小颗粒,现象变化非常明显,烧瓶中溶液的颜色由透明溶液→不透明白色乳液→半透明悬浮液(此时固液两相泾渭分明),实验现象变化十分明显。因此,通过反复实验,培养学生通过“看”溶液颜色或聚合物颗粒颜色变化便能推测出聚苯乙烯分子量的相对大小及实验合成的进展程度。

所谓“听”,是靠听觉来推测实验合成的进展程度。在聚合反应初期,苯乙烯为油状小液滴,在烧瓶里悬浮着,烧瓶中的苯乙烯(油相)和水相二者混在一起,在搅拌桨搅拌下共同旋转着,发出搅拌桨搅动液体时发出的“哗哗”水流动声音。随着聚合反应程度的加深,小液滴逐渐变成凝胶态小油珠,至后期转变成固体球形小颗粒,此时能清楚地听到固体小颗粒在烧瓶中旋转并摩擦烧瓶内壁所发出“刷刷”的声音(类似人们做米饭时用水淘米所发出的“淘米”声)。声音越清脆,表明合成的聚苯乙烯颗粒硬度越大。

所谓“摸”,是靠手触摸聚合颗粒表面的软硬程度来推测聚合反应进行的过程与反应程度。在反应初期,苯乙烯为油状小液滴;反应到达中期时,可用滴管吸出少量悬浊液喷入盛有冷水的小烧杯中,可见小烧杯中的半透明小颗粒悬浮着并缓慢地下沉到烧杯底部,这时用手指触摸半透明小颗粒,小颗粒立即变软,并黏在手指上变成了溶胶;等到反应后期,再检测用滴管吸出的白色小颗粒,用手指触摸,小颗粒便像米粒一样坚硬,这时该聚合反应获得了成功。

所谓“嗅”,即通过嗅觉推测聚合反应进行的程度。在反应初期,苯乙烯单体从搅拌桨轴与瓶口塞之间的缝隙散发出类似苦杏仁般的气味,而且气味浓度非常大;随着反应的进行,苯乙烯单体逐渐转变成聚苯乙烯,从烧瓶口散发出的苯乙烯单体气味逐渐变小;等到反应后期,所散发出的苯乙烯气味变得越来越淡,说明苯乙烯单体几乎全部转化成了聚苯乙烯;因此,可通过嗅闻反应烧瓶所散发出的少量苯乙烯单体的气味,根据气味浓度的大小,可推测聚合反应实验进行到何种反应程度。

总之,采用悬浮聚合方法合成聚苯乙烯,是悬浮聚合实验方法中的一个经典实验,通过上述的“看”、“听”、“摸”、“嗅”等实验探究模式,可以粗略推测聚苯乙烯的聚合反应程度与分子量的相对大小,从而使学生养成认真操作、仔细观察、多方面探究实验现象等良好习惯。

参考文献:

- [1] Odian G.. Principles of Polymerization. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [2] 潘祖仁. 高分子化学. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [3] 冯新德. 高分子合成化学(上册). 北京: 科学出版社, 1981.
- [4] 林尚安. 高分子化学. 北京: 科学出版社, 1982.
- [5] 潘才元. 高分子化学. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1997.
- [6] McCaffery E L. Laboratory Preparation for Macromolecular Chemistry. 蒋硕健, 王盈康译校, 高分子化学实验室制备. 北京: 科学出版社, 1981.

Exploration on How to Improve the Experimental Abilities of Students-Based on an Interesting Experiment of Polymer Chemistry

WANG Cun-guo *

(Key Laboratory of Rubber-plastics, Ministry of Education, Shandong Province Key Lab. of Rubber-plastics, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Polymer chemistry is a typical experimental subject. It is the basis of the synthesis, processing and application for the polymer materials. It is also one of the entrance exam subjects for postgraduate students. However, how to improve the students' ability of observation and operation becomes the key topic of training for colleges in recent years. In the experimental synthesis methods for polymer chemistry, suspension polymerization method is widely used in synthetic process for polymer materials such as rubber, plastics and others due to its advantages such as low reaction temperature, convenient operation, easy heat transfer in reaction process, the cheap water as the dispersion medium and the polymer particle size is easy to control. In order to improve the students comprehensive experimental ability and embark on scientific research as soon as possible, based on the suspension polymerization experiment of polymer chemistry, this paper shows the students various experimental phenomena and results of chemical reactions in different reaction conditions and time from multiple perspectives such as see, hear, touch and sniff.

Key words: Experimental teaching; Polymer chemistry; Suspension polymerization experiment; Teaching reform; Experimental ability