

几种旋转式反应注射混合元件混合性能的实验研究^{*}

王 丽 姬宜朋 张 沛 廖 键

(北京石油化工学院,北京 102617) (北京化工大学,北京 100029)

摘要 在深入分析旋转式 Kenics 混合元件混合机理基础上开发出两种新型混合元件,将这两种混合元件与 Kenics 混合元件的混合性能进行实验对比。结果表明,开发的螺纹元件能够取得与 Kenics 混合元件相近的混合效果,所得制件表面质量最好;而交错平板元件混合效果差,反应不均匀,反应速度慢;旋转式 Kenics 混合元件的螺旋结构产生的拉伸和剪切在混合过程中起主要作用,交错平板结构的分割作用是次要的。

关键词 旋转式 Kenics 混合元件 螺纹元件 交错平板元件 混合性能 反应注射

反应注射成型是一种直接将两种或多种粘性液体原料边混合边注入到模具中,迅速聚合反应,从而形成高分子材料制件的快速制造技术。与其它成型方法相比,反应注射成型设备结构简单,制造成本低,可在常压下充模和固化成型,适合于加工结构复杂、花纹细致、无脱模斜度或表面有深凹槽的制件,制件浇注成型后可直接取出。在汽车工业和家具行业的推动下,反应注射成型技术得到很大的推广,正向高速、高质量、高精度发展,反应注射成型制件已由最早的汽车零部件扩展到了电子仪器、建筑、船舶、运动器材及游乐设备等领域,并朝更大型、更复杂的制件发展。

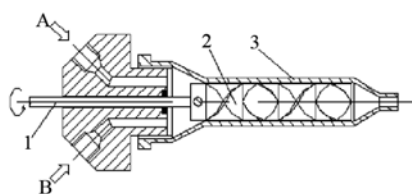
反应注射成型技术与原型快速制造、模具快速制造技术相结合可在短期内实现“概念设计——原型制造——模具制造——制件成型”的快速制造过程,能迅速地将设计概念转化成一定批量的实际制件。而成型设备混合系统的设计是反应注射成型工艺的关键技术,因而对其进行开发和研究是非常有意义的。

1 反应注射成型设备混合系统概述

成型设备混合系统的设计是反应注射成型工艺的关键技术,混合系统的性能影响制件的制造速度、质量、成本和控制精度。目前常用的混合系统有撞击混合式、旋转混合式和机械搅拌式,各种形式的混合系统各有优缺点,因而研究和开发新型混合系统(包括混合元件和控制方式)是当前的一个热门领域。目前国内采用的混合系统主要是碰撞式混合系统,并直接从国外引进设备和技术,而对旋转式混合系统的研究和开发工作开展得很少。近几年,笔者对反应注射成型工艺及旋转式反应注射混合系统进行了研究和开发,内容涉及聚氨酯制件快速加工、旋转式 Kenics 混合器混合性能、流动特性及新型混合

元件的开发和实验研究等工作^[1-4]。

旋转式 Kenics 混合器是将静态 Kenics 混合器的混合元件旋转起来的新型连续式混合器。它综合了静态 Kenics 混合器和搅拌器的优点,近年来在低压反应注射成型领域中得以应用,其结构如图 1 所示。混合元件由扭转 180°的叶片组成,相邻两叶片扭角相反,且相错 90°排列,如图 2 所示。A、B 两组分流体按一定比例进入 Kenics 混合器内进行混合,流经 Kenics 混合器时除了被反复分割和径向混合外,还由于混合元件的旋转及混合元件与套筒内壁的窄小间隙而经受强烈剪切,因而能得到很好的混合。



A、B—两组分流料入口；1—旋转轴；2—Kenics 混合元件；3—套筒

图 1 旋转式 Kenics 混合器结构示意图



图 2 旋转式 Kenics 混合元件三维结构示意图

Kenics 混合元件材质大多为塑料,并采用注射成型的方法制造,我国各使用单位都采用国外进口元件,对其结构设计、混合性能和流动特性少有研究。为开发新型反应注射混合系统,笔者也曾采用金属材料来制作 Kenics 混合元件,但混合元件的尺

^{*} 北京市教委科技发展计划面上项目(KM200410017004)

收稿日期:2006-11-12

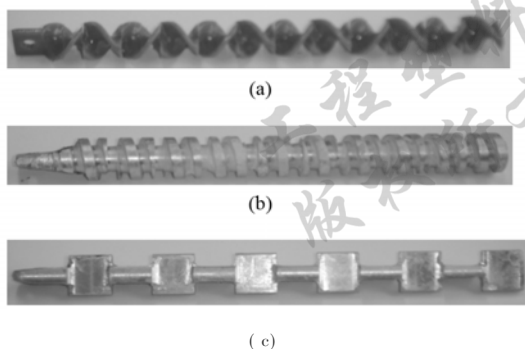
寸精度及变形很难保证,因而笔者将研究目标转向新型混合元件的开发,以降低设备的制造成本和运行成本。下面就是针对新开发的混合元件进行的混合性能实验。

2 实验部分

2.1 设备及仪器

实验是在 HVP2000 小型反应注射成型设备上进行的。该设备由一对贮料容器、一对齿轮泵、注射头和驱动系统组成。贮料容器与齿轮泵分别由单独的管道与注射头连接,注射头的射料端配有电机单独驱动的混合器,驱动系统由电机、调速器和机械传动系统组成。工作时,调速电机驱动一对齿轮泵转动,将两种组分的聚氨酯泵入注射头,在注射头内迅速混合并注入模具型腔。

实验用混合元件见图3,图3a是 HVP2000 小型反应注射成型设备自带的 Kenics 混合元件,图3b和图3c是笔者用金属材料制作的螺纹元件和交错平板元件。



a—Kenics 混合元件; b—螺纹元件; c—交错平板元件

图3 实验用混合元件

以聚氨酯为基体并加入其它填料制备注射用聚氨酯软模具。采用美国 Raytek 公司的红外热像仪 ThermoView Ti30 记录物料反应时的温度场和时间。

2.2 原材料

反应注射用原料采用 Ureol 系列聚氨酯, 25℃ 时两组分的粘度分别为 $1.5 \sim 2.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 和 $0.19 \sim 0.21 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。混合后固化时间为 50 s 左右,脱模时间约为 5 min。

2.3 测试内容

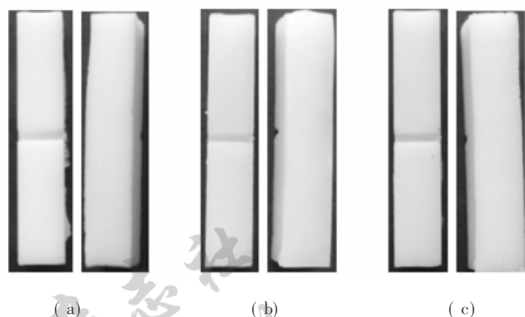
将不同的混合元件装入 HVP2000 小型反应注射成型设备的注射头内,在相同转速、相同组分分配比情况下,观察两组分物料在注射头内的流动和注射充模后物料反应情况,并用红外热像仪每隔一段时间记录混合物料自充模开始后的反应温度场,得到

混合物料反应热历程,从而可以分析出经不同混合元件混合后物料反应状况,以推断出混合元件的混合性能。

3 结果与讨论

3.1 制件外观对比

图4示出经不同混合元件混合后的反应注射成型制件。图4a、图4b、图4c的中带凹槽的左图显示制件正面,无凹槽的右图为制件背面。



a—Kenics 混合元件; b—螺纹元件; c—交错平板元件

图4 经不同混合元件混合后的反应注射成型制件

从制件正面可以看出,用三种混合元件混合都能获得不错的表面质量,但比较起来用 Kenics 混合元件和用螺纹元件混合后制件正面的表面质量更好些,而且用螺纹元件混合的制件表面更有光泽。而从制件背面可以看出,用螺纹元件混合的制件几乎没有气泡,而用 Kenics 混合元件混合的制件有少量气泡,用交错平板元件混合的制件存在较多的气泡。究其原因,笔者认为在三种混合元件中,螺纹元件能建立起最大的注塑压力,从而使混合过程中带入的气体在物料从注射头中出来时就能得到大量的释放,从而使得制件表面质量最好。Kenics 混合元件次之,而交错平板元件最差。

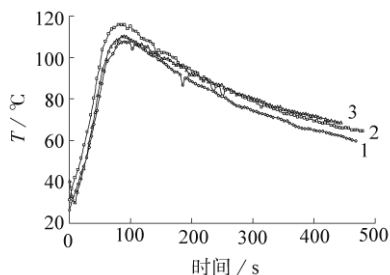
3.2 充模过程温度场分析

(1) 不同混合元件时的反应热历程对比

设置好红外热像仪时钟,从物料进入模具浇口开始计时并对充模过程进行拍照,每隔 4 ~5 s 就拍照一次,共拍摄 100 次。对三种混合元件注射充模温度场图像进行处理,得到如图5所示的物料反应热历程。

从图5可以看出,经三种混合元件混合后物料反应形成的温度走势曲线相似。从记录的确切数据来看,Kenics 元件经过 90 s 达到整个过程的最高温度 107.7°C ,螺纹元件经过 80 s 达到整个过程的最高温度 116°C ,交错平板元件经过 89 s 达到整个过程的最高温度 110.4°C 。笔者分析,用螺纹元件混

合后的物料开始反应最为剧烈,温度迅速上升,形成的最高温度高于其它两种混合元件;在后来的降温过程中,因为采用自然冷却,降温速度与 Kenics 元件的持平,温度一直高于 Kenics 元件的温度。但交错平板元件的温度曲线起伏较大,与另外两种元件的温度曲线都形成了交叉。这是由于用交错平板元件混合后的物料开始反应比较慢,形成的最高温度低,而且反应持续时间长,使得后来温度降低速度慢,温度一直高于另外两种元件。



1—Kenics混合元件; 2—螺纹元件; 3—交错平板元件

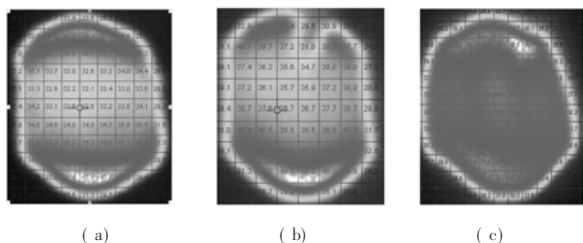
图5 经不同混合元件混合后的反应热历程

从实验过程来看,在实验拍照临近结束时(充模时间约 450 s),用 Kenics 元件混合的制件和用螺纹元件混合的制件都已经完全固化,能够顺利脱模;而用交错平板元件混合的制件还没有固化,还需要经过一段时间才能脱模,这也说明用交错平板元件混合的物料反应时间长。

(2) 同一时间段后温度场对比

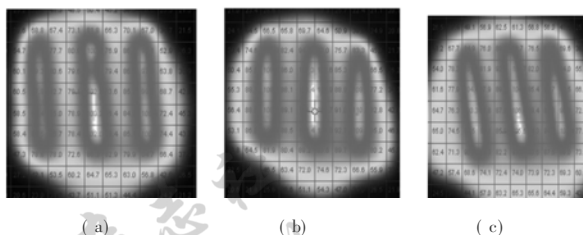
图6~图8分别示出采用三种混合元件混合充模后 19、85、235 s 时的温度场。从图6~图8中可以看出,用 Kenics 元件和用螺纹元件混合时的温度场很相像,刚开始最高温度出现在注射前沿(见图6a、图6b中高亮处)。而随着时间的推移,反应生成的热量逐渐增多,制件周围由于自然冷却而温度较低,制件中心位置由于依靠热传导冷却,温度降低较慢,因而整个制件温度场的最高温度点逐渐向制件中心转移(见图7a、图7b中高亮处),直到固化取出制件时,一直是制件中心处温度最高。而用交错平板元件混合时,在充模初始阶段,注射前沿、右上、中上、左上位置都出现过最高温度点(图6c中 19 s 时为右上),位置一直不定。直到 46 s 后,最高温度点又转向中下,即注射前沿位置。到 235 s 时(见图8c)最高温度点仍处于制件中间稍偏下的位置。笔者认为这种最高温度点位置的不稳定,反映出用交错平板元件混合时,两种物料没能得到充分混合,局部混合处剧烈反应释放大热量,导致该处温度升高,

而没能充分混合的物料,依靠物料扩散逐渐混合而缓慢反应。



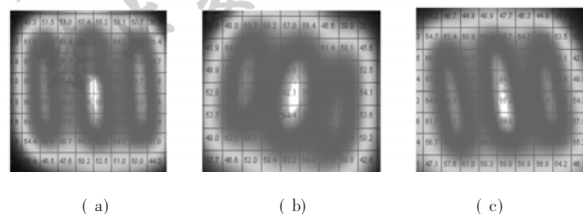
a—Kenics 混合元件; b—螺纹元件; c—交错平板元件

图6 充模后 19 s 时的反应温度场



a—Kenics 混合元件; b—螺纹元件; c—交错平板元件

图7 充模后 85 s 时的反应温度场



a—Kenics 混合元件; b—螺纹元件; c—交错平板元件

图8 充模后 235 s 时的反应温度场

从整个反应过程和结果来看,笔者认为相对于 Kenics 混合元件来说,螺纹元件可使两种物料得到充分的混合,在开始充模时就能迅速反应;而交错平板元件未能使两种物料混合均匀,从而反应不均匀,反应速度慢,反应过程长,导致固化时间也长。也可以说,对于旋转式 Kenics 混合元件,其螺旋结构产生的拉伸和剪切在混合中起主要作用,其交错结构的分割作用对于混合效果来说是次要的。

4 结论

(1) 螺纹元件能建立起最大的注塑压力,制件表面质量最好, Kenics 混合元件次之,而交错平板元件最差。

(2) 螺纹元件具有与 Kenics 混合元件相近的混合效果,能将两种物料充分混合,反应剧烈,固化速度快。

(3) 交错平板元件混合效果差,反应不均匀,反应速度慢,固化时间长。

(4) 从实验的角度说明了对于旋转式 Kenics 混

合元件来说,其螺旋结构产生的拉伸和剪切在混合中起主要作用,其交错结构的分割作用对于混合效果来说是次要的。

参 考 文 献

[1] 张沛,邓双成,叶军,等. 聚氨酯制品的一种快速加工方法[J]. 工程塑料应用,2002,30(12):26-28.

[2] 王丽,张沛,姬宜朋. Kenics 混合器混合性能的模拟研究[J]. 塑料,2006,35(3):87-93.
[3] 李凯,张沛,姬宜朋. Kenics 型反应注射混合头的流动阻力分析与模拟实验研究[J]. 中国塑料,2003,17(7):82-85.
[4] 姬宜朋. 旋转式 Kenics 型混合器混合性能及流动特性研究[D]. 北京:北京化工大学,2005.

EXPERIMENT STUDIES ON MIXING PERFORMANCE OF SEVERAL ROTATING MIXING ELEMENT IN REACTION INJECTION MOLDING

Wang Li, Ji Yipeng, Zhang Pei

Liao Jian

(Beijing Institute of Petro-Chemical Technology, Beijing 102617, China) (Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

ABSTRACT The elements, named as screw element and crossing plate element, were developed based on a better understanding of mixing mechanism of rotating Kenics mixing element, and the mixing performance of the elements in reaction injection molding was tested. The results showed that the mixing effect of the screw element was closed to that of Kenics, the products had excellent surface quality, but the mixing effect of crossing plate element was bad, and the reaction was nonuniform and slow. It was indicated that the strain and shear caused by screwy structure of Kenics rotating mixing element were primary in mixing process, but the cutoff caused by crossing plate structure was secondary.

KEYWORDS rotating Kenics mixing element, screw element, crossing plate element, mixing performance, reaction injection molding

中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会发展会员单位的通知

各有关单位:

中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会隶属于中国工程塑料工业协会,是一个跨地区、跨部门、跨行业、跨学科的,本着自愿原则,以工程塑料加工应用为纽带,集工程塑料原料生产、加工、应用,仪器设备及模具制造的企事业单位于一体的社团组织。其宗旨是贯彻为行业、为企业服务的原则,产学研相结合,通过经济技术研讨、新产品开发、技术改造、难题招标等多种交流形式,推动我国工程塑料行业的发展,同时促进大专院校、科研院所与生产企业之间的相互了解和合作。本专委会愿意吸收更多的单位以及专家和企业家人会,积极开展各种形式的交流活动。

一、本专委会会员权利和义务

1. 颁发会员不锈钢铭牌。2. 优先参加本专委会举办的各项活动,参加研讨会的代表(限2人)享受少交会务费200元的待遇。3. 免费在《工程塑料应用》的“会员之窗”栏目刊登企业介绍,占1/2版;每年刊发供求信息二次,占1/4版。

4. 免费获得《工程塑料应用》全年12期杂志。5. 优先在本协会会刊《工程塑料应用》和53所主办的《化学分析计量》杂志上发表论文。6. 优先取得本专委会提供的信息资料和咨询服务。7. 在技术合作、成果转让、人才培养等方面享受优先和优惠待遇。8. 会员应遵守本会章程,执行本会决议,完成本会委托的工作,按期缴纳会费,会费每年1000元。

二、入会手续

由单位提出书面申请,填写中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会会员单位登记表(见附表),加盖单位公章后寄回或传真至专委会秘书处,经专委会审批通过,交纳会费,即可成为会员单位。

专委会秘书处联系人:李桂珍 张锐

通信地址:山东省济南市108信箱 邮编:250031

电话:0531-85878057 85878278

传真:0531-85947355 85878224

E-mail: epa@epa1973.com 网址:www.epa1973.com

中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会会员单位登记表

编号:

单位名称					邮 编	
详细地址					传 真	
法人代表		电 话		手 机		
联系人		电 话		手 机		
网 址				E - mail		
入会时间	年 月 日					
单位简介	请另附纸填写,可传真、可发电子邮件。请注明业务范围、产品名称、产量、产值及利税情况等。					
会 费	壹仟元整(可通过邮局或银行办理汇款,有关汇款信息请参见第64页,同订阅期刊,汇款时请注明会费)					