

自然平衡流道结构对多型腔模具非平衡充填的影响^{*}

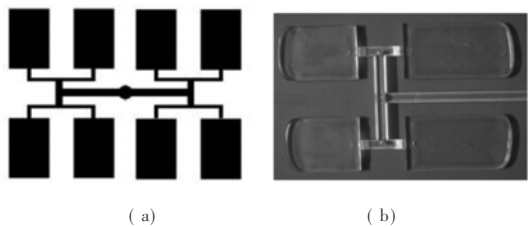
陈静波 张国辉 申长雨

(郑州大学国家橡塑模具工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 在验证国内外已有的关于几何对称型腔非平衡充填研究结论的基础上, 设计了可更换流道的实验模具, 研究了流道尺寸及浇口形式的变化对非平衡充填的影响, 并考察了整个充模过程中塑料熔体在型腔中的流动情况。结果表明, 改变流道尺寸及浇口形式有利于改善非平衡充填程度, 并指出整个充模过程的非平衡充填是一个动态演化过程。

关键词 几何对称型腔 非平衡 流道尺寸 浇口形式

经济全球化已经给塑料工业界带来了残酷的竞争, 过去那种只关心能否成型, 而对成型质量和成型效率没有深入研究的经营理念已不能再被接受。现在的塑料加工企业必须在保证产品质量的同时, 尽量提高注塑效率和降低生产成本。采用一模多腔的成型方法被认为是提高效率 and 降低成本的一剂良方。在设计多型腔模具时, 通常将流道系统设计成 H 形结构。H 形流道系统从注射喷嘴到各个型腔的流道在几何上完全对称, 因此也被称为“几何平衡”或“自然平衡”流道系统。这种几何对称的平衡流道一直被认为能提供最合适的“自然平衡”。但是在实际生产中, 非平衡充填现象却同样存在于这种具有所谓的“自然平衡”流道的多型腔模具中, 经常是内侧(靠近主流道)的型腔先充满。典型的几何对称型腔布置及非平衡充填实物如图 1 所示。



a—对称型腔布置; b—非平衡充填

图1 典型几何对称型腔布置及非平衡充填

针对此种几何对称型腔非平衡充填问题, 国内外很多学者开展了研究。横井秀俊等^[1]认为流道中的凝固层厚度不同是产生充填不平衡的原因。J. P. Beaumont 等^[2]则认为靠近主流道的熔体受到较大的剪切作用, 温度较高、粘度较低、阻力较小且流速较快, 因而造成较多的熔体进入内侧型腔的非平衡充填现象, 他们还通过大量的实验得出了注射速率与非平衡充填的关系。笔者等^[3-4]利用可视化注塑模具和红外温度传感器从实验的角度验证了上述猜想, 还得出分流道中凝固层的分布及熔体粘度

对温度变化敏感性与非平衡充填的关系。但是, 有关流道结构对该非平衡流动影响的研究尚未见报道。为此, 笔者设计了一套流道可拆卸的实验模具, 采用 3 种梯形流道来研究不同流道尺寸及浇口形式对几何对称型腔非平衡充填的影响。

1 实验部分

1.1 材料及设备

材料选用镇江奇美公司生产的牌号为 PG-383M 的聚苯乙烯, 在 80℃ 下干燥 2 h。采用 Demag 公司生产的锁模力为 800 kN、最大注射速率为 190 cm³/s 的 80/42-430 型注塑机, 并使用 H 形流道的等效 4 腔模具, 制件结构如图 2 所示。模具具有 3 种可随时更换的镶拼式流道, 其中流道截面和浇口形式可变(如图 3 所示), 流道分别为浅流道($d=2$ mm)、深流道($d=4$ mm)、平缝式浇口深流道。

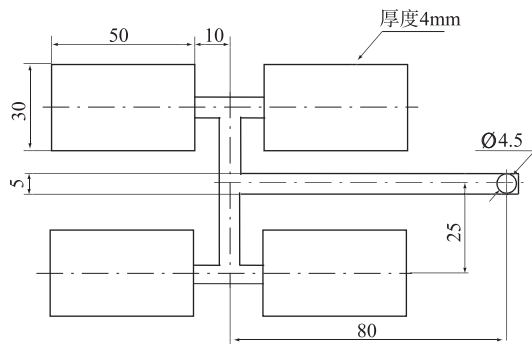


图2 制件结构图

1.2 方案设计与数据处理

熔体温度、模具温度分别控制在 230、50℃, 考察了注射速率分别为 15、25、50、80、120 cm³/s 时熔体一次充模过程中在型腔内的非平衡流动演化过

^{*} 国家自然科学基金资助项目(10590352, 10772164)、教育部新世纪优秀人才计划资助项目(NCET-04-0493)

收稿日期: 2008-07-21

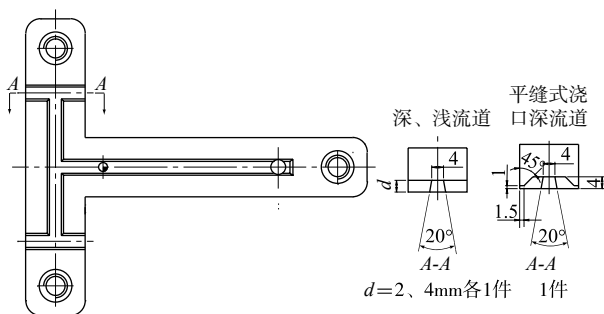


图3 可更换流道结构示意图

程,以及3种不同的流道配置对非平衡流动的影响。在每种注射速率下分别观察4种不同的充填体积(20%、40%、60%、80%)和最终的保压件(保压压力5 MPa,保压时间8 s)的非平衡充填情况。

把4个模具型腔分为靠近主流道的内侧型腔组和远离主流道的外侧型腔组,定义非平衡充填指数 $I = \text{内侧型腔组充填质量} / (\text{内侧型腔组充填质量} + \text{外侧型腔组充填质量})$ 。若 $I = 0.5$,表示流动平衡;当 $I > 0.5$ 时,则表示内侧型腔充填较多;如 $I < 0.5$,则表示外侧型腔充填较多。

2 结果与讨论

2.1 流道尺寸对非平衡充填的影响

图4为不同注射速率、等注射量(充填体积60%)时深流道与浅流道下的非平衡充填指数比较。图5示出等注射量(充填体积60%)、等注射速率($50 \text{ cm}^3/\text{s}$)下采用两种不同流道时的充填实物。

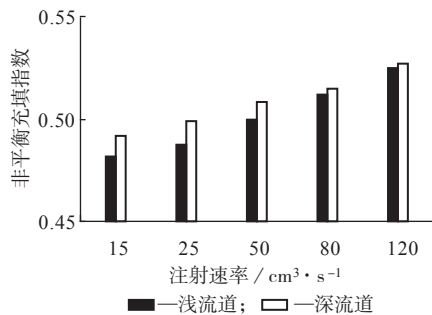


图4 不同流道尺寸下的非平衡充填指数

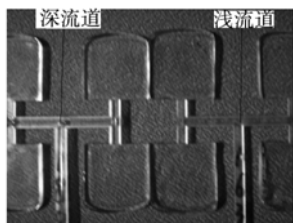


图5 等注射量、等注射速率下不同流道时的充填实物

从图4可以看出,相同的注射速率下浅流道的非平衡充填指数均小于深流道的非平衡充填指数,这种差距随着注射速率的增加而减小,注射速率为

$15 \text{ cm}^3/\text{s}$ 和 $25 \text{ cm}^3/\text{s}$ 时,两种流道的非平衡充填指数都小于0.5,其中以浅流道的更小,这是因为浅流道截面的长宽比较大,流道内左右表层的塑料熔体与流道壁的接触面积较小,剪切变稀与摩擦生热效应均不明显,导致了在相同的低注射速率下流道左右表层的塑料熔体温度比深流道更低,粘度更大,流动的速度更低,最终导致更多的塑料熔体流向外侧型腔组。当注射速率为 $50 \text{ cm}^3/\text{s}$ 时浅流道的非平衡充填指数小于0.5,而深流道的非平衡充填指数大于0.5,这是由于深流道的剪切摩擦效应已经足以抵消沿流道壁散热而出现流道表层熔体温度高于芯部熔体温度,而浅流道仍然是芯部熔体温度高。

2.2 浇口形式对非平衡充填的影响

图6示出等注射量(充填体积60%)时深流道直浇口与深流道平缝式浇口下的非平衡充填指数。图7示出等注射量(充填体积60%)、等注射速率($50 \text{ cm}^3/\text{s}$)下采用不同浇口时的充填实物。

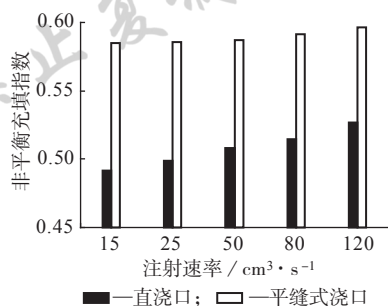


图6 不同浇口形式下的非平衡充填指数

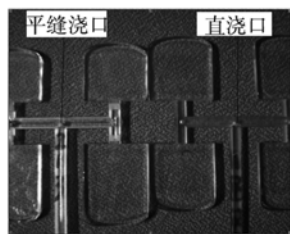


图7 等注射量、等注射速率下不同浇口时的充填实物

从图6可以看出,与直浇口相比,平缝式浇口大大加剧了非平衡流动的程度,使更多的熔体流向内侧型腔,这是由于塑料熔体从流道向型腔充填的过程中浇口处存在流动阻力,由于到达内侧型腔的熔体温度高、粘度小、流速大,而到达外侧型腔的熔体温度低、粘度大、流速小,同样的阻力必定带来不同的影响效果,对于流向内侧型腔熔体的影响没有流向外侧型腔熔体的影响那么明显,并且平缝式浇口比直浇口对塑料熔体流动起到了更大的阻碍作用,这种阻碍作用的差异得到放大,从而导致更多的塑

料熔体流向内侧型腔,非平衡充填加剧。

2.3 注射速率对非平衡充填的影响

3种不同流道、5种充填体积下非平衡充填指数随注射速率的变化曲线如图8所示。由图8可知,不同充填体积情况下,非平衡充填指数都随着注射速率的增加而不同程度地增加,这与J. P. Beaumont等的结论完全吻合。采用两种不同厚度直浇口的流道时,均是在低速注射时外侧型腔充填多,高速注射时内侧型腔充填多。这是因为低速注射时,主流道中熔体剪切摩擦生热效果不明显,对熔体的温度分布贡献不大,流道中树脂塑化过程生成的热量占主导地位,加上沿流道壁传热散失热量的结果,使熔体温度分布呈现由芯部的高温区向流道壁逐渐降低的特点。高速注射时,流动剪切摩擦生热效果显著,使熔体在流道壁附近存在突出的高温区,而芯部则是盆地形的相对低温区。两种不同的熔体温度分布导致了非平衡充填指数的不同,即内侧型腔和外侧型腔的充填量发生变化。

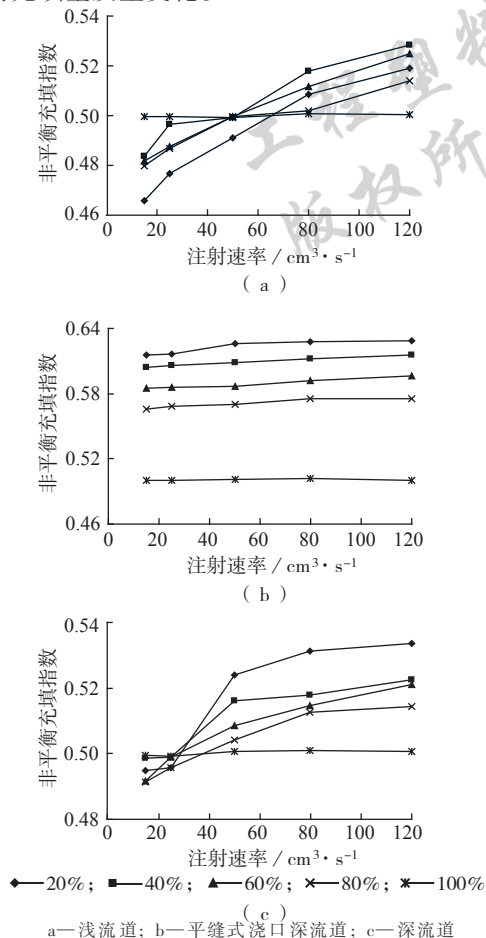


图8 3种流道、5种充填体积下非平衡充填指数与注射速率的关系曲线

2.4 注射过程中非平衡充填的动态演化

图9给出了相同注射速率($50 \text{ cm}^3/\text{s}$)时3种流道下非平衡充填指数随着充填体积的变化规律。图10为相同注射速率($50 \text{ cm}^3/\text{s}$)、平缝式浇口深流道下5种充填体积的非平衡充填实物。图9与图10表明,随着充填过程的进行,非平衡充填指数总是逐渐增大或逐渐减小至平衡点,这是因为在整个充模过程中,熔体的流动阻力是一个动态变化的过程,当一侧型腔的塑料熔体充填较多时,由于塑料熔体与模具型腔的接触面积增大,热量交换也较另一侧型腔明显,熔体温度下降、粘度增大,致使该侧型腔内的流动阻力增大,更多的塑料熔体就会相应地向流动阻力更小的另一侧型腔流动,最终塑料熔体在这种流动阻力的动态平衡下充满两侧型腔。

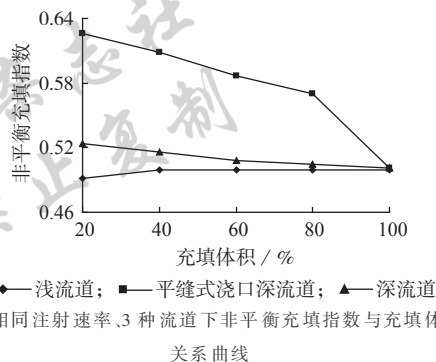


图9 相同注射速率、3种流道下非平衡充填指数与充填体积的关系曲线

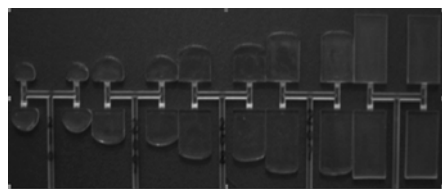


图10 平缝式浇口深流道下非平衡充填实物

3 结论

通过考察几何对称型腔模具的非平衡充填情况,研究了不同的流道尺寸和浇口形式对几何对称型腔非平衡充填的影响。结果表明,随着注射速率的增大,非平衡充填指数增大,低速注射和高速注射表现出不同的非平衡趋势。流道的尺寸变化和浇口形式会对非平衡充填的程度造成影响,直浇口比平缝式浇口更能提供较好的流动平衡。由于塑料熔体与模具间热交换的作用,致使型腔内流动阻力产生动态变化,最终导致型腔在动态平衡模式下完成充模,但仍无法形成真正的平衡。当制件满射并保压后,虽然非平衡充填指数非常接近平衡点,但由于两个型腔组熔体的热历史不一样,必将带来各种物理性能的差异,这种差异有待进一步的分析讨论。

参考文献

- [1] 横井秀俊, 植田幸治, 冈克典, 等. 树脂流动学动力解析 [M]. 东京: 成型加工学会, 1992: 207.
- [2] Beaumont J P, Yong J H. Molding filling imbalances in geometrically balanced runner systems [J]. Injection Molding Technology, 1997, 1(3): 133 - 134.
- [3] 陈静波, 申长雨, 横井秀俊. 多型腔注射模充填不平衡实验 [J]. 机械工程学报, 2007, 43(10): 170 - 172.
- [4] 杨卫民, 谢鹏程. 注射成型多模腔充填不平衡现象的产生机理 [J]. 中国塑料, 2004, 18(11): 95 - 96.

EFFECTS OF RUNNER SYSTEM STRUCTURE ON THE IMBALANCE FILLING OF GEOMETRICALLY BALANCED MULTI-CAVITIES MOLD

Chen Jingbo, Zhang Guohui, Shen Changyu

(National Engineering Center for Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT On the basis of the conclusions about studies which concentrate on injection molding imbalance filling of geometrically balanced multi-cavities, the mold with exchangeable runner is designed to research the relation between imbalance filling and the runner dimension or gate shape. The flow of the plastic melt in the cavity during whole injection process is also concerned. The results show that the changes of runner dimension and gate shape can amend the degree of imbalance filling. And the imbalance filling in the whole injection process is a dynamic transformation.

KEYWORDS geometrically balanced multi-cavities, imbalance, runner size, gate shape

欢迎订阅 2009 年《现代塑料加工应用》杂志

《现代塑料加工应用》是经国家科委批准、由中国石化集团公司塑料加工应用情报中心站和中国石化扬子石油化工有限公司南京研究院出版、中国石化扬子石油化工有限公司和中国石化集团资产管理有限公司扬子石化分公司主办, 在国内外公开发行的专业技术性期刊, 是全国中文核心期刊、美国化学文摘 (CA) 收录期刊、江苏省双十佳期刊。本刊重点报道塑料行业的新工艺、新技术、新设备、新产品和市场发展新动向, 是全国塑料加工行业中具有影响力的杂志之一, 多年来深受广大读者的欢迎!

主要栏目有论坛、试验研究、工业技术、助剂、机械与模具、分析测试、综述、市场分析、国内外信息等。读者对象为从事塑料加工行业的领导、专家、科技人员、营销人员、生产管理人员及高等院校的师生。

《现代塑料加工应用》杂志为双月刊, 双月 20 日出版, 全年 6 期 (10 元/期), 全年总定价 60 元, 邮发代号: 28-209 国外发行代号: 4716BM 电话: 025-57783344 传真: 025-

57784305 地址: 南京市六合区中国石化扬子石油化工有限公司南京研究院 邮编: 210048 E-mail: slbj@ypc.com.cn http://www.plastappl.com

我国百万吨级 PTA 干燥机填补国内空白

我国首台百万吨级精对苯二甲酸 (PTA) 干燥机日前在锦西化工机械集团研制成功, 结束了我国大型石化关键设备长期依赖进口的历史, 填补了国内重大装备制造领域的空白。

百万吨级 PTA 干燥机是我国“十一五”规划重点攻关项目之一。PTA 是生产聚酯薄膜、纤维及包装树脂的原料, 而聚酯纤维和包装树脂又是服装、食品饮料包装行业的重要原材料。近年来, 随着我国服装等相关行业的迅猛发展, 国内 PTA 产量已无法跟上市场需求。而百万吨级 PTA 干燥机是 PTA 实现大规模生产的重要装置, 以往要全部依赖国外进口, 每套设备的价格高达上亿元人民币。而现在我国自主研发的这个干燥机价格只有进口设备的一半, 生产供货时间也比国外同类企业能缩短一半。

(工程塑料网)

高效纳米成核剂

- 属稀土类纳米材料, 能在较高温下诱导高分子结晶, 晶核的生成速度快, 晶核细小。
- 提高高分子材料的综合性能, 使材料的韧性、抗冲击性、拉伸强度、耐高低温性、耐磨性、气密封性等得到较大提高; 脱模快, 提高加工效率。
- 产品具有用量少、脱模快、效率高、效果好、无毒无味的优点 (仅用 0.1% ~ 0.5%), 将给用户带来高质量的产品和良好的经济效益。
- 适用于结晶型高分子材料, 如 PA6、PET、PBT、PP、PLA、POM 等。

免费样品 欢迎试用

广东惠州瑞尔化学科技有限公司

电话: 0752-3619845, 13902628056 传真: 0752-3619845, 2533855 http://www.rare-chem.com