

# 模内贴标快餐碗微发泡模流仿真研究析

施小庆, 杨均才, 陈炽辉

(伊之密股份有限公司, 广东 佛山 528306)

**摘要:** 本文采用 Moldex3D 软件, 模拟了带自锁射嘴、一模两腔、模内贴标快餐碗的微发泡工艺。分析了快餐碗的注塑压力、减重百分比及泡孔尺寸, 与实际情况对比, 有较好的准确性。

**关键词:** 模内贴标快餐碗; 微发泡模流仿真; Moldex3D; 自锁射嘴; 注塑压力; 减重; 泡孔尺寸

**中图分类号:** TQ320.662

**文章编号:** 1009-797X(2025)01-0054-05

**文献标识码:** B

**DOI:** 10.13520/j.cnki.rpte.2025.01.012

在塑料成型工艺中, 物理微发泡注塑成型技术比较常见, MuCell 应用的最为广泛<sup>[1]</sup>。物理微发泡注塑成型有许多优点: ①能够减轻产品的重量, 减少塑料使用量, 降低成本; ②无需保压阶段, 从而缩短了生产周期, 提高了生产率。③成型零件翘曲较少, 无缩水痕, 提高尺寸稳定性。④可以降低锁模力、注射压力等, 更节能, 为碳中和做出贡献。

本文采用 Moldex 3D 软件, 模拟了带自锁射嘴、一模两腔、模内贴标快餐碗的微发泡工艺。

分析了快餐碗的减重百分比及泡孔尺寸, 注塑压力, 与实际情况进行对比, 有较好的准确性, 对塑料产品准备使用微发泡工艺在评估阶段有较好的预测意义, 对使用微发泡工艺的塑料产品的模具设计及生产有较好的指导作用。

## 1 仿真步骤及参数设置

在 Moldex3D 软件里, 导入 IGS 模型, 3D 模型自带流道、自锁射嘴、冷却水路等, 见图 1 所示。这样不用在 Moldex3D 分析软件里面手动建模了。

Moldex3D 软件是基于有限元分析的一款对注塑生产过程中工况近似模拟的软件。因此, 网格划分的好坏直接影响最终的模拟结果。网格的数量也在一定程度上影响着分析的速度以及结果的准确性<sup>[2]</sup>。

划分碗体网格, 默认 3D 网格类型, 网格尺寸设置为 0.4 mm。划分自锁射嘴网格, 默认 3D 网格类型, 网格尺寸设置为 0.4 mm。划分流道和冷却水路网格,

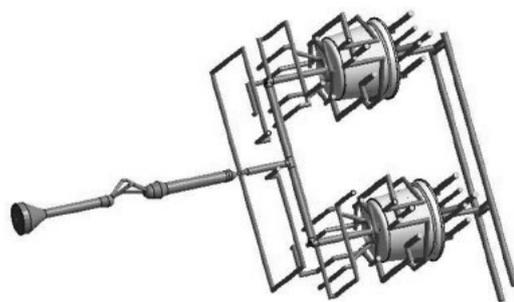


图 1 仿真 IGS 模型

默认 3D 网格类型, 尺寸设置为 1 mm。碗体表面的标签厚度为 0.06 mm, 划分标签网格, 默认 3D 网格, 尺寸设置为 0.06 mm。网格见图 2 所示, 从图中可以看出, 网格划分较为精细与均匀。

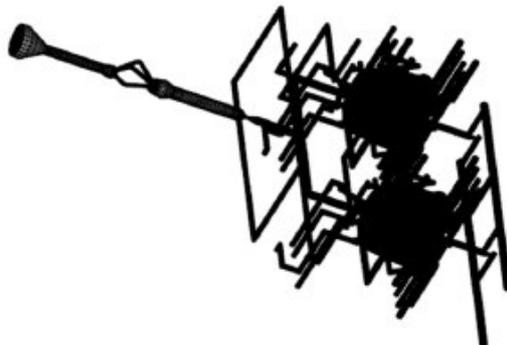


图 2 仿真网格模型

划分网格结束后, 需要对网格进行质量检查, 以

**作者简介:** 施小庆 (1986—), 女, 硕士研究生, 项目经理, 主要从事塑料机械、塑料模具、塑料加工方面研究工作。

确保网格的质量足以满足仿真模拟的准确性与精度。网格质量检查显示，自由边等均为 0，见图 3 所示。

自由边	0
T连接边	0
重叠网格	0
展弦比 (< 0.05)	0
尖锐角 (< 10.0°)	0
内壳	0
奇异点	0
失败点	0
尺寸差异过大	0

图 3 网格检查

设置浇注系统，流道为热流道，一模两穴。设置水路，因为冷却水路的温度会比较显著的影响薄壁产品的冷却效果，进而影响周期，因此，设置进水口水温为 14 °C。

选择分析材料，碗体材料为 Sabic PP FPC 70T。此料为薄壁包装产品常用的高熔融指数、高流动性 PP 料，材料设置及属性见图 4。

设置分析序列为冷却 + 充填 + 保压。

选择成型工艺类型为微发泡注射成型。

设置自锁射嘴，见图 5 所示。自锁射嘴在注射时打开，注射时间为 0.25 s。注射完成后，自锁射嘴关闭。注射发泡均需要使用自锁射嘴，并且料管要设置

材料名称	PP
材料型号	PP FPC70T
制造商	sabic
备注说明	MFI (230, 2.15)= 70 g/10min, B=0.91 g/cc
最后修改日期	2023/07/27
Moldex3D资料版本号	1017.9
加工条件	
塑料温度 (最低限制)	220 °C
塑料温度 (一般设定)	245 °C
塑料温度 (最高限制)	280 °C
模具温度 (最低限制)	20 °C
模具温度 (一般设定)	40 °C
模具温度 (最高限制)	50 °C
后出温度	119 °C
非流动温度	127 °C

图 4 碗的材料属性设置

图 5 展示了自锁射嘴及针阀设置页面的两个截图。每个截图都包含一个复选框“保压结束时自动关闭所有阀式浇口”。

第一个截图显示了“阀式浇口”列表，其中包含以下数据：

阀式浇口	型式	控制点	网格节点编号	数值	单位	阀式浇口动作
#1 (ID: 1)	-	3	-	-	-	-
	初始状态	1-1	-	-	-	关闭
	时间控制	1-2	-	0.001	sec	开启
#2 (ID: 2)	-	3	-	-	-	-
	时间控制	1-3	-	0.25	sec	关闭

第二个截图显示了另一个“阀式浇口”列表，其中包含以下数据：

阀式浇口	型式	控制点	网格节点编号	数值	单位	阀式浇口动作
#3 (ID: 3)	-	3	-	-	-	-
	初始状态	2-1	-	-	-	关闭
	时间控制	2-2	-	0.001	sec	开启
#4 (ID: 4)	-	3	-	-	-	-
	初始状态	2-3	-	0.25	sec	关闭
	时间控制	3-1	-	-	-	关闭
#5 (ID: 5)	-	3	-	-	-	-
	时间控制	3-2	-	0.001	sec	开启
#6 (ID: 6)	-	3	-	-	-	-
	时间控制	3-3	-	0.25	sec	关闭

图 5 自锁射嘴及针阀设置页面

有一定的背压，这样与塑料熔体混匀的超临界流体才不会转变为气体从射嘴孔逃逸出来，螺杆也不会后退。热流道 2 个针阀的设置与自锁射嘴相同，注射时打开，结束后关闭。微发泡工艺对模具具有要求，一般薄壁包装做微发泡工艺时，采用针阀式热流道，这样超临界流体与塑料熔体的混合体在注射进模具的所有过程中，均不会有气体或者塑料熔体从模具进料口跑出，而且没有残留物在浇口处，保证了产品的美观。

设置工艺参数，见图 6、图 7 所示。注射时间 0.25 s，与自锁射嘴的打开时间一致。与实体分析不同的是，微发泡工艺不需要保压，因此保压时间为 0。另外，塑料温度设置为 280 °C，是伊之密高速包装注塑机的特性决定的（实际料温没那么高），另外薄壁产品在填充过程中，波前料流会快速变冷，因此，熔料温度稍高，产品表面质量及整体质量更好，符合客户要求。

射出重量的体积百分比设置为 95%，剩余的体积最终由发泡气体填充。气体剂量总数为 0.4% (质量分数)，气体含量是由超临界氮气在 PP 材料的溶解度决定的，针对具体产品则由实际发泡经验得知。



图 6 工艺设置



图 7 微发泡设置页面

标签的设置见图 8 所示。标签是由贴标机械手在开模取件 (动模端) 的同时, 放入定模模穴内的。标签是固态的, 以嵌件属性进行设置, 标签的材质是 PP 料, 需耐高温。



图 8 标签的仿真属性设置

## 2 模流仿真结果与实际对比

### 2.1 注塑压力

通过仿真得到如下图 9 的仿真结果。图 9 是微发泡工艺的注塑压力, 仿真显示最大注塑压力为 121.3 MPa。

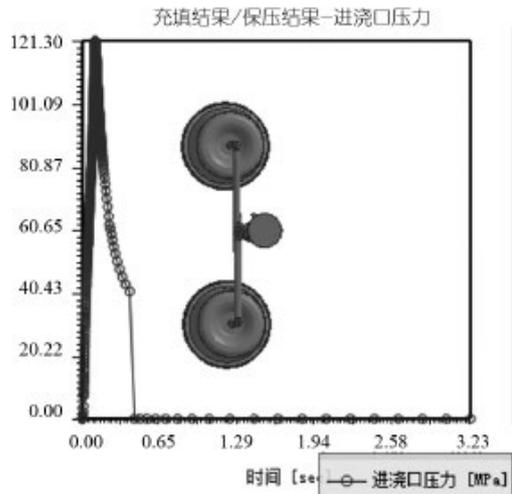


图 9 微发泡注塑压力 (仿真)

运用仿真的工艺, 进行实际的产品微发泡工艺测试, 得到如下图 10 的机器 SPC 数据结果。图 10 第三列是微发泡的注塑压力, 机器显示最大注塑压力平均值为 128.5 MPa。仿真结果与实测值比较, 误差在 6% 以内。



图 10 微发泡注塑压力 (实测)

### 2.2 减重百分比

从软件的计算结果可以读取到, 软件计算出来的减重百分比为 4.95%, 如图 11。

运用仿真的工艺, 进行实际的产品微发泡工艺测试, 得到如下图 12 的实际称重对比数据结果。通过计算得知, 实际减重百分比为 5.14%。仿真结果与实测值比较, 误差在 4% 以内。

Weight Reduction Percentage= 4.94915 %

图 11 减重页面（仿真）

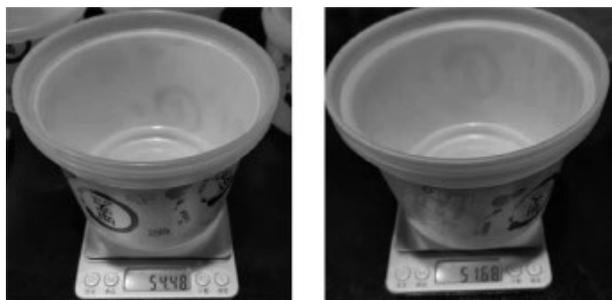


图 12 减重实际测试

### 2.3 泡孔形态

通过仿真得到如下图 13 和图 14 泡孔尺寸大小及分布的仿真结果。从图 13 可以看出，最大泡孔直径 65.603 μm。另外，大部分的泡孔直径在 4.374 μm 以内。从图 14 可以看出，大直径的泡孔主要集中在产品充填方向的末端，且在大部分在 48 μm 左右。

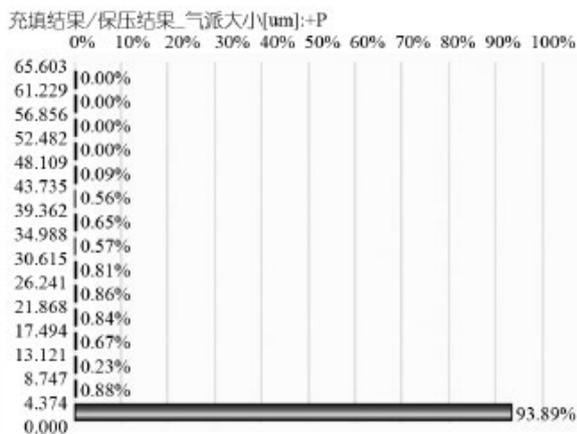


图 13 泡孔直径分析结果

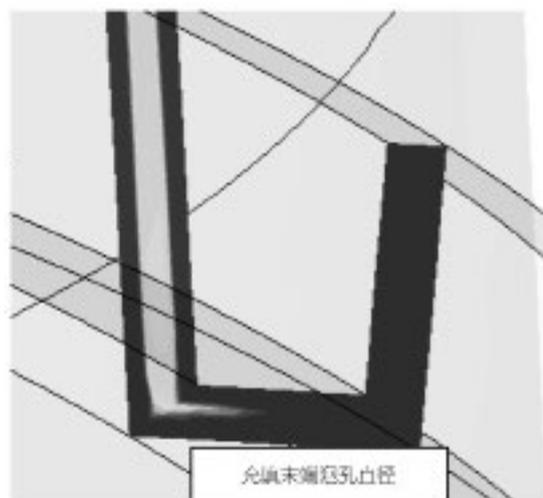
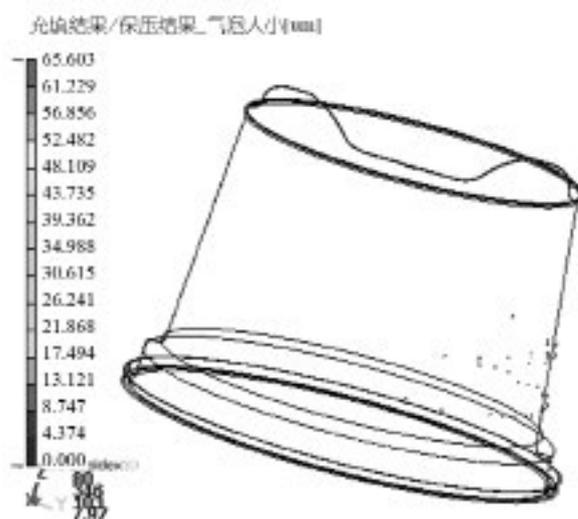


图 14 泡孔直径分布

运用仿真的工艺，进行实际的产品微发泡工艺测试，得到如下图 16 的实际电镜图片。其中，电镜图片取点位置见图 15 所示。

从电镜图片可以看出，取点位置 1~5 的泡孔直径都挺小，在 1~3 μm 之间，而取点位置 6 的泡孔直径比较大，在 50 μm 左右。实测结果与仿真结果有较好的一致性。



图 15 电镜测试位置标准

### 3 结论

基于 Moldex3D 模流分析软件，对模内贴标快餐碗进行了微发泡模流仿真分析。将注塑压力、减重百分比以及充填方向上不同位置点的泡孔形态的仿真分析结果与实际测量值对比，准确率分别为 94%、96%，

泡孔尺寸大小一致性较高。

结果表明，应用 Moldex3D 模流分析软件对塑料产品进行微发泡模流分析，对实际应用有较好的指导意义，对塑料产品应用微发泡工艺的效果有较好的预测作用。

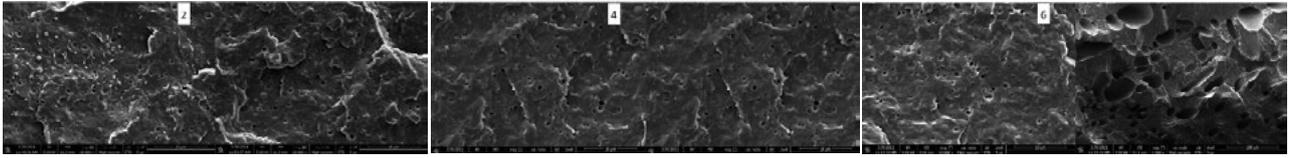


图 16 扫描电镜图片

参考文献：

[1] Trexel MuCell 微发泡成型技术应用, 塑料机械网, 2021.

[2] 黄岸, 王齐龙, 周洪福, 等. 基于 Moldex3d 的薄壁复杂零件的注塑优化 [J]. 中国塑料, 2023, 37(06):59-65.

## Analysis of simulation study on micro foaming mold Flow of fast food bowl with in-mold labeling

Shi Xiaoqing, Yang Juncai, Chen Chihui

(Yizumi Co. LTD., Foshan 528306, Guangdong, China)

**Abstract:** Moldex 3D software was used to simulate the micro foaming process of fast-food bowl with self-locking nozzle, two cavities in the first mock examination and labeling in mold. This article analyzes the injection pressure, weight reduction percentage, and bubble size of fast food bowls, and compares them with actual situations, showing good accuracy.

**Key words:** in-mold labeling fast food bowl; micro foaming mold flow simulation; moldex3D; self-locking nozzle; onjection pressure; weight loss; bubble size

(R-03)

## 巴斯夫携手天健龙维 开启汽车零部件新未来

### BASF collaborates with Techron to unlock a new future for automotive components

在全球汽车产业快速变革的背景下，巴斯夫与天健龙维集团于 2024 年 11 月 28 日在江西九江达成战略合作协议，标志着双方将在新能源零部件及相关产品领域展开深度合作。此次合作将为双方在工程塑料的应用上注入新的活力，促进技术创新与市场拓展。

出席签约仪式的包括天健龙维集团总裁胡武平、天健龙维集团副总裁张登峰、天健龙维集团商务总监高静，以及巴斯夫大中华区特性材料业务部工程塑料业务管理资深总监黄奕和中国区销售团队。

根据协议，双方将在新能源汽车零部件、变速箱塑料部件和滤油器、汽车转向系统，以及汽车动力总成系统等应用中达成技术开发与商业推广。

巴斯夫大中华区特性材料业务部工程塑料业务管理资深总监黄奕表示：“很高兴和天健龙维达成本次战略合作。作为深耕中国市场的全球领先化工公司，我们志在成为客户首选的高性能材料方案提供方。我们将利用强大及广泛的产品组合和持续的创新技术研发，携手天健龙维，共赢未来。”

天健龙维集团总裁胡武平表示：“在当今竞争激烈的市场环境下，企业唯有坚持变革与创新，才能立于不败之地。此次我们天健龙维与巴斯夫签订战略合作协议，标志着我们双方将共同迈向新台阶，将高性能工程材料的技术与创新广泛应用到我们的产品中，也为我们拓展全球化市场奠定了坚实的基础，让我们的终端客户受益于科技成果，共同创造美好的未来。”

摘编自“巴斯夫特性材料”

(R-03)