

某汽车零部件注塑模设计及成形过程 CAE 分析

夏源¹, 李聪²

(1. 重庆工贸职业技术学院, 重庆 408000;

2. 内江职业技术学院, 四川 内江 641100)

摘要: 在综合考虑某塑件成形工艺特点的基础上, 确定该塑件的模具结构方案, 设计注塑模具, 并在理论设计基础上绘制模具装配图, 分析模具工作原理, 然后通过三维造型软件对模具进行实体造型, 最后利用 Moldflow 软件对塑件进行成形性能分析。

关键词: 汽车零部件; Moldflow 分析; 模具设计

中图分类号: TQ320.66⁺2 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)04-0059-06

Design of Injection Mould and Forming CAE Analysis for Automobile Part

XIA Yuan¹, LI Cong²

(1. Chongqing Industry & Trade Polytechnic, Chongqing 408000, China;

2. Neijiang Vocational & Technical College, Neijiang 641100, China)

Abstract: On the basis of considering the molding process characteristics of a plastic part, the mold structural scheme, and mold assembly were designed, mold working principle was analyzed, and then 3D modeling was conducted, finally the forming performance of the plastic part was analyzed by Moldflow software.

Key words: automobile part; Moldflow analysis; mold design

塑料制件渐渐成为钢铁件的替代产品, 汽车塑料内饰件以其造型美观, 质量轻, 易于成形, 耐腐蚀, 成本低, 综合力学性能良好且容易实现规模化生产等优点在汽车行业中占据了一席之地^[1]。目前, 我国轿车、微型车、轻型车等生产厂家正在逐步实现该产品的更新换代^[2]。

1 塑件分析及模具结构方案的确定^[3-4]

某汽车一塑料零件盖如图 1 所示。该零件是为了配合汽车其他部件合理安装于一体而设计的, 它是汽车内部复杂的多个塑料零件之一。其前后部分

还有与其他零件配合的卡片, 侧面有内孔, 都需要与其他零件配合, 形成完整的部件。

根据塑件设计原则, 即保证使用性能的前提下, 选用 ABS 工程塑料^[5], 取零件的精度为 IT8。由于塑件的表面质量对使用性能影响很大, 因此, 取表面粗糙度 $Ra=3.2\ \mu\text{m}$, 模腔表壁的表面粗糙度应为塑件的 1/2, 即 $Ra=1.6\ \mu\text{m}$ 。根据零件图对塑件体积进行初步估算, 得到每个塑件体积约为 $6.3\ \text{cm}^3$, 在分型面上单个塑件投影面积约为 $9\ \text{cm}^2$ 。假设浇注系统总高约为 $70\ \text{mm}$, 投影面上长约为 $50\ \text{mm}$, 平均直径为 $4\ \text{mm}$, 得到浇注系统体积约为 $1.5\ \text{cm}^3$ 。在浇注系统分型面上投影面积约为 $2\ \text{cm}^2$, 则

收稿日期: 2011-10-18

作者简介: 夏源(1986—), 女, 重庆涪陵人, 助教, 主要研究方向为模具设计与制造。

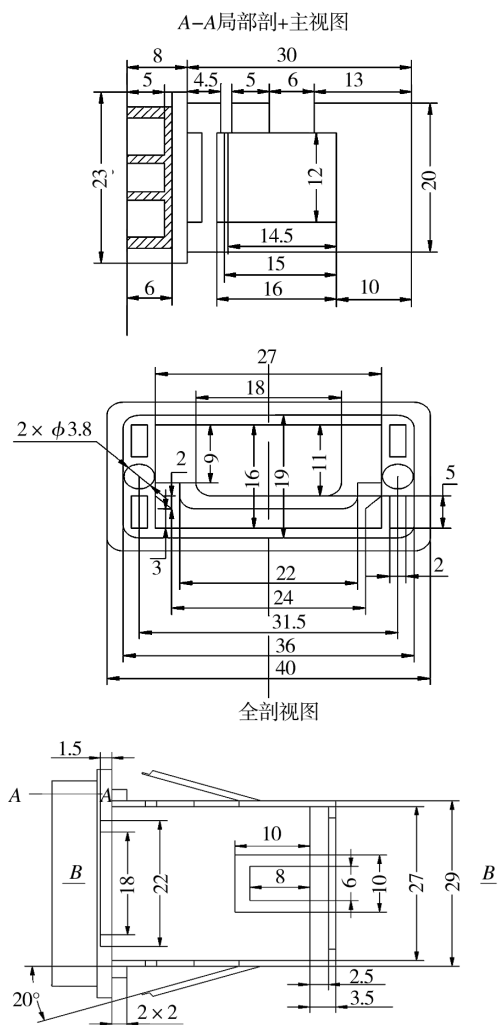


图1 塑件

Fig. 1 Plastic part diagram

该塑件总的体积为 20.4 cm^3 。出于保险估计,选用 40 cm^3 的注射机,型号为 SZ-40/25。

根据塑件的形状特点可以看出,型芯的结构采用镶块可以降低模具的复杂程度,型腔应使用整体结构。总的方案应为:一模两腔,组合式型芯,整体式型腔结构,点浇口,机械顶出复位。

2 模具结构设计^[6-8]

2.1 浇注系统设计

此模具为一模两腔,主流道应直接开在模具中心线上。其形状为圆锥形,以便于熔体的流动和开模时主流道凝料的顺利拔出。采用 U 形分流道,其

截面尺寸取 $R=2.5 \text{ mm}$, $h=6 \text{ mm}$ 。冷料穴设计在主流道的末端和第 1 分流道的末端。

在选择浇口之前,先利用 Moldflow 模流分析软件进行塑件浇口位置选择分析,得到结果如图 2 所示。

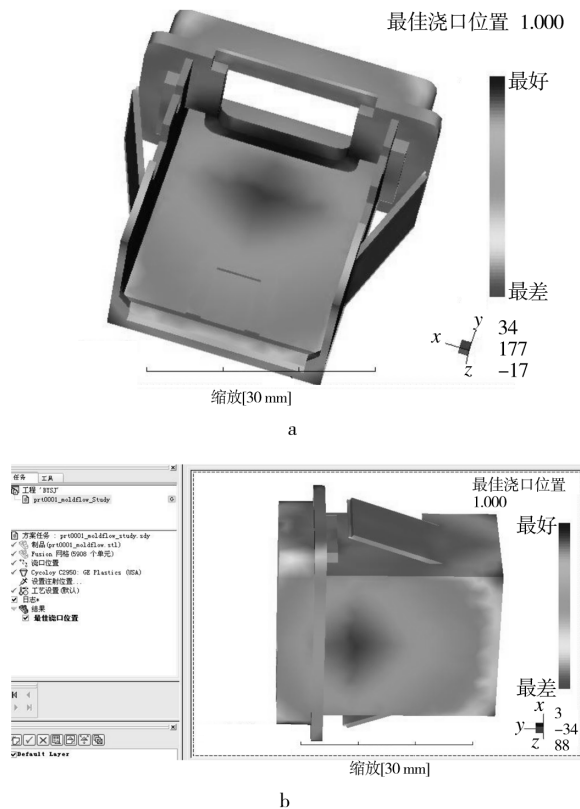


图2 浇口位置分析

Fig. 2 Gate location analysis diagram

根据图 2 中浇口位置的分析结果,其中有 2 处位置适合作为浇口,一是塑件中间肋架处,二是背部中间区域。从模具的整体设计考虑,选择第 2 处,即在背部中间区域设计浇口。出于对模具机构要求(侧抽芯)及塑件几何形状的考虑,采用点浇口更合适。点浇口截面为圆形,取 $d=0.5 \text{ mm}$, $l=0.8 \text{ mm}$ 。

2.2 排溢系统设计

排气方式利用以下几种形式:分型面排气、拉料杆配合间隙排气、顶杆复位杆运动间隙排气。

2.3 导向机构设计

导柱导套配合,横向靠紧密配合,纵向靠阶梯孔

台阶固定形式。导柱与导套孔采用 H7/f6 的间隙配合,与安装孔采用 H7/f6 的间隙配合,导套与安装孔采用 H7/k6 的过渡配合。这里共采用 4 根导柱,选用国家标准件,导套选带头导套(GB 4169.3—84)和直导套(GB 4169.2—84),要求热处理后硬度低于导柱 5HRC 左右,为 51~55HRC。

2.4 推出机构设计

考虑到塑件形状尺寸,选用推杆脱模机构,还需设置复位装置,即复位杆。

2.5 成形零部件设计

由于该零件盖为一形状复杂的塑件,采用组合式型腔易于在塑件上留下拼接缝痕迹,因此设计为整体式型腔。

模具型芯采用成形镶块机构,考虑塑件的形状,成形镶块整体做成矩形状。为了加工方便,其上面只在单方向上做台肩,如图 3 所示。因为它是塑件成形的一部分,而且要与定模板装配在一起,所以表面粗糙度 R_a 为 $0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。成形镶块与模板之间的配合采用过渡配合 H7/k6。侧向分型抽芯机构选择机动抽芯方式。

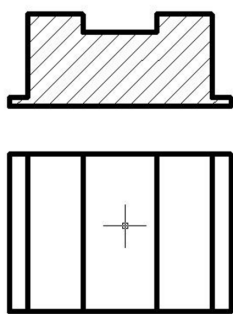


图 3 成形镶件

Fig. 3 Forming insert piece

2.6 冷却系统

该塑件的材质是 ABS 塑料,具有优良的加工性能,比热容较低,在模具中凝固较快,模塑周期短,制件尺寸稳定性好,对模温要求低,壁厚较小,对冷却系统要求不高,所以没有设计加热装置和冷却系统。

2.7 注射模具材料的选择

成形零件的材料应在达到使用要求的前提下尽

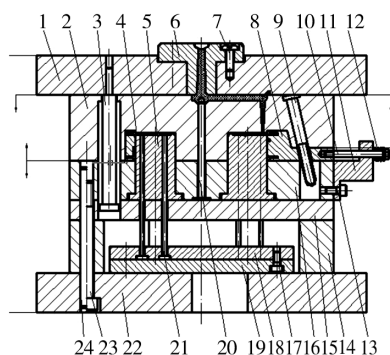
量选用价格低廉,易于成形加工的材料。文中选择合金钢 Cr12,通过热处理,其强度高、耐磨性好,常用于形状复杂,要求热处理变形小的型腔、型芯或者镶件和增强塑料的成形模具。

导柱应具有硬而耐磨的表面,坚韧而不易折断的芯部,因此采用 20 号钢渗碳(深 $0.5 \sim 0.8 \text{ mm}$)热处理($56 \sim 60\text{HRC}$)。导套材料选用 T8A,热处理到 $50 \sim 55\text{HRC}$,其硬度较导柱低 5HRC。

主流道衬套的材料选择 45 钢,表面硬度取 $44 \sim 48\text{HRC}$ 。顶杆、拉料杆的材料选择 T8A,淬火低温回火后硬度为 $48 \sim 52\text{HRC}$ 。模板、推板、推板固定板、垫块和模座等的材料选择 45 钢或 Q235。

3 模具结构及工作原理分析^[9-11]

根据塑件的结构特征与外观要求,可以采用一模两腔点浇口的三板式注射模。又由于塑件设有侧孔,因此需要采用侧抽芯机构,脱模机构采用一次脱模即推杆脱模方式。模具装配如图 4 所示。



1. 定模座板 2. 型腔板 3. 定距拉杆 4. 塑件 5. 型芯镶块 6. 浇口套 7. 螺钉 1 8. 侧型芯滑块 9. 斜导柱 10. 螺钉 2 11. 侧芯限位板 12. 弹簧 13. 螺钉 3 14. 垫块 15. 支承板 16. 型芯固定板 17. 螺钉 4 18. 推杆固定板 19. 推板 20. 拉料杆 21. 推杆 22. 动模座板 23. 螺钉 5 24. 圆柱销

图 4 模具装配

Fig. 4 Mold assembly drawing

模具为双分型面,第 1 分型面位于型腔板 2 与型芯固定板 16 之间,用于取出塑件;第 2 分型面位于定模座板 1 与型腔板 2 之间,用于取出凝料。通过注塑机的开模力直接完成动定模开模动作。

模具注塑完毕后,在注塑机开模力作用下先开启第 1 分型面,通过斜导柱 9 带动侧型芯滑块 8 向

侧面退出,注塑机顶出机构推动模具推板 19 使推杆 21 推出塑件;继续开模,接着第 2 分型面张开,由定距拉杆 3 限定第 2 分型面的张开距离,然后取出凝料,完成开模动作。

为了保证型芯镶块 5 能准确地与型腔配合,保护模具,利用导柱、导套的导向作用,使动定模合模,同时利用复位杆使推杆 21 复位,使其不会与侧型芯滑块 8 碰撞,让模具处于合模状态。

4 模具的三维实体造型^[12-14]

塑件的模具三维实体造型如图 5—8 所示。

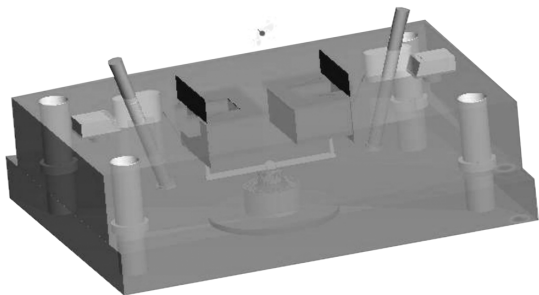


图 5 定模部分实体

Fig. 5 The fixed mold solid

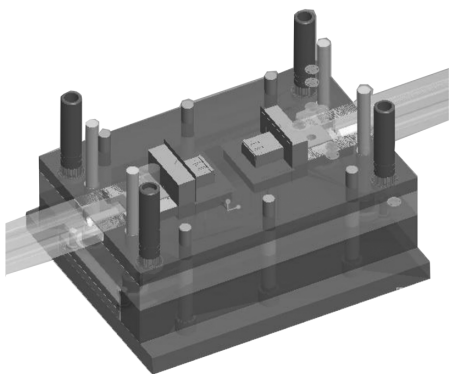


图 6 动模部分实体

Fig. 6 The moving mold solid

5 塑件的工艺优化分析^[15-16]

以下介绍 Moldflow 软件分析塑件成形工艺的简单步骤,根据模拟过程,可以得到相应的保压时间、注射时间、注射压力、熔接缝出现的位置等图像。

1) 导入塑件,用 Pro/E 软件生成零件后转化为 stl 格式文件导入到 Moldflow 软件中。

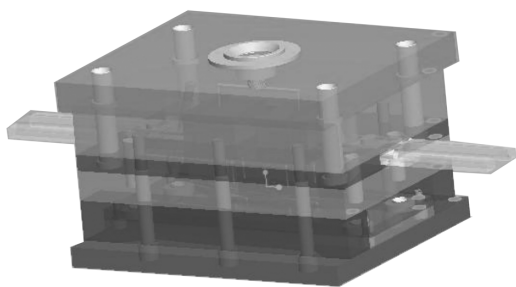


图 7 模具闭合实体

Fig. 7 The closed mold solid

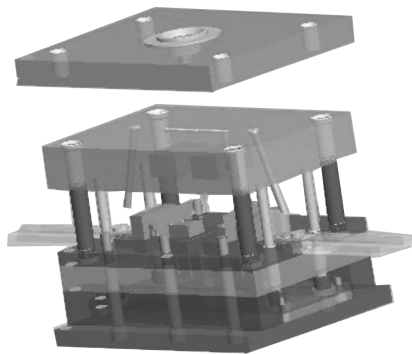


图 8 模具开模实体

Fig. 8 The opening mold solid

2) 模型网格划分,如图 9 所示。这是 CAE 分析最重要的一步,一般情况下,MPI 系统会给出一个推荐的网格大小,但在某些情况下可能并不合适,网格的边长一般是产品最小壁厚的 1.5~2 倍,这样基本能保证分析的精度。在这里,塑件的最小壁厚为 1 mm,通过反复比对,边长为 2 mm 时网格效果较好。

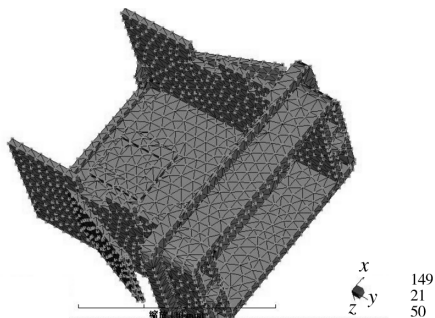


图 9 塑件的网格划分

Fig. 9 Meshing of the plastic part

3) 网格诊断,网格划分需要满足一些基本原

则,如联通域个数为 1,最大纵横比小于 20,网格匹配度大于 85%等。

4) 选择工艺参数、材料、注塑机及注塑的基本工艺。

5) 开始分析,得到分析图像。如图 10—17 所示。

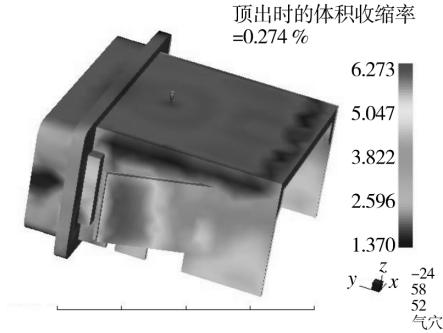


图 10 所有方向上的变形分析结果
Fig. 10 The all direction deformation analysis results

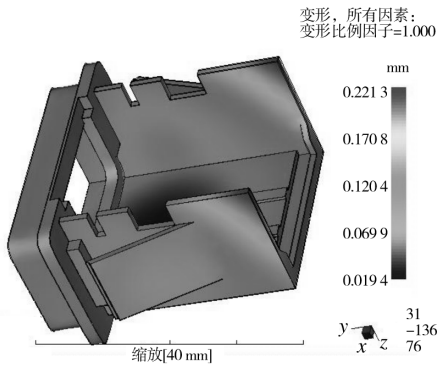


图 11 顶出时的体积收缩率
Fig. 11 The volume shrinkage after ejection

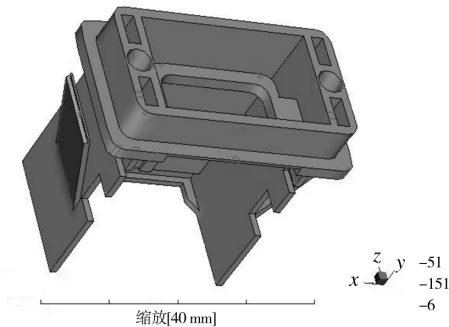


图 12 气穴的分析结果
Fig. 12 Cavitation analysis results

从分析图像,可以概括得到以下几点。

1) 塑件在所有方向上最大变形量约为 20%,其

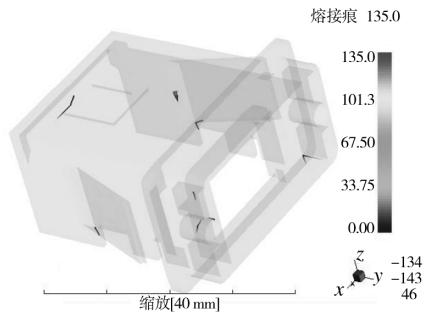


图 13 熔接痕的分析结果
Fig. 13 Weld mark analysis results

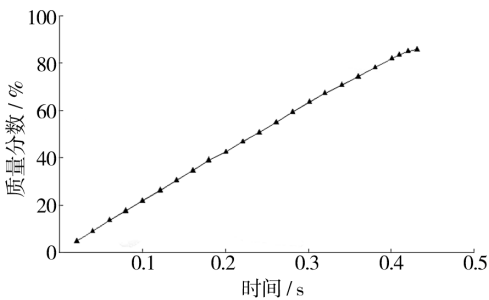


图 14 射出塑料质量统计
Fig. 14 Plastic injection weight chart

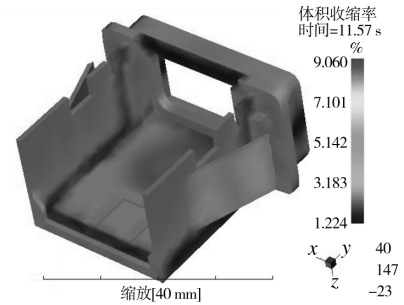


图 15 体积收缩率分析
Fig. 15 The volume shrinkage analysis diagram

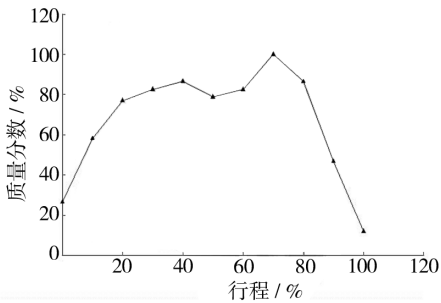


图 16 推荐的螺杆速度曲线
Fig. 16 Recommended screw speed curve

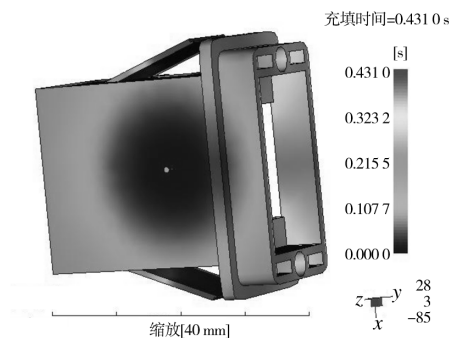


图 17 填充时间分析

Fig. 17 Filling time analysis diagram

发生在制件的包缘尖部,此区域为最后填充区域,冷却时间较短;

2) 塑件顶出时,前后卡片端部收缩率较大,约 6%,但在预计控制范围之内;

3) 在塑件的侧型芯方向上可能产生较多的气穴;

4) 塑件上会产生少量的熔接痕,总体在 $33^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 之间,并不算严重;

5) 原料在 0.5 s 内将型腔填充完毕,填充质量稳步增加;

6) 制件稳定体积收缩率在 5% 左右,在可控范围之内,可以通过后续手段改善;

7) 螺杆推进速度在注射阶段稳步上升,在保压阶段迅速降低;

8) 卡片端部和侧型芯远离浇口位置在最后时刻被充满;

9) 浇口开设在塑件盖中部和中间肋架处较好。针对上述情况,制定出以下改善方案。

1) 正确选择浇口位置;

2) 对原料进行充分的干燥处理,保证在后续的加热融化过程中具有较好的流动性,对型腔充分填充;

3) 在成形零件的加工上,一定要根据图纸要求加工,特别是顶杆和型腔的狭长部分,保证其加工精度和表面粗糙度,保证模具的排气性良好,有很好的融料成形性能;

4) 设计冷却系统或在塑件取出后立即对其进行热处理,保证塑件的尺寸稳定性。

6 结语

文中利用 Moldflow 软件对塑件进行成形分析,分析其成形过程中的流动过程、温度随时间变化情况、气穴出现的位置、压力在塑件各处的情况等,最后综合分析数据及实际计算结果,优化设计出模具结构。

参考文献:

- [1] 黄晖,马翠英.塑料及其复合材料在汽车上的应用与发展[J].机械研究与应用,2005,18(6):7-9.
- [2] 张冬.基于 CAE 技术及优化理论的汽车保险杠注塑成型工艺研究[D].南昌:南昌大学,2009.
- [3] 黄虹.塑料成型加工与模具[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [4] 黄虹,陈元芳.塑料成型工艺及模具设计课程设计指导书[M].重庆:重庆工学院教材科,2004.
- [5] 孙维连,魏凤兰.工程材料[M].北京:中国农业大学出版社,2005.
- [6] 《塑料模设计手册》编写组.塑料模设计手册[M].北京:机械工业出版社,1994.
- [7] 贾润礼,程志远.实用注塑模设计手册[M].北京:中国轻工业出版社,2000.
- [8] 冯炳尧.模具设计与制造简明手册[M].上海:上海科技出版社,1999.
- [9] 许鹤峰,陈言秋.注塑模具设计要点与图例[M].北京:化学工业出版社,1997.
- [10] 洪慎章.实用注塑模具结构图册[M].上海:上海交通大学出版社,2005.
- [11] GB/T 16675.1-16675.2-1996,中华人民共和国国家标准技术制图[S].
- [12] 吴勤保,南欢.CAD/CAM 应用软件——Pro/ENGINEER 实例教程[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [13] 余强,陆斐.Pro/E 模具设计基础教程[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [14] 张跟华,黄利,张华.精通 Pro/ENGINEER Wildfire4.0 中文版模具设计[M].北京:科学出版社,2009.
- [15] 刘琼.塑料注射 Moldflow 实用教程[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [16] 张金标.注塑 CAE 及 Moldflow 软件应用[M].北京:机械工业出版社,2011.