



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. 2022, № 2, с. 58-63.

Поступила: 01.12.2022

Окончательный вариант: 05.12.2022

© УлГУ

УДК 621.74

Анализ и оптимизация изделий из полимерных материалов при проектировании литьевых форм

Мусатов М. И.^{1,2*}, Евсеев А. Н.¹

[*musatov131.99@gmail.com](mailto:musatov131.99@gmail.com)

¹УлГУ, Ульяновск, Россия

²ООО «АвиаКАМ», Ульяновск, Россия

Статья посвящена обсуждению разработанной имитационной модели процесса изготовления детали из полимерного материала методом литья под давлением, а также выполненной с использованием данной модели оптимизации литья и конструкции изделия с целью повышения качества изделия и эффективности производства при проектировании и дальнейшем изготовлении литьевой формы. Оптимизация осуществляется с применением методики управления процессом технической подготовки производства – DFM-анализа.

Ключевые слова: проектирование пресс-форм, анализ технологичности изделия, анализ проливаемости изделия, дефекты изделий из полимерных материалов, оптимизация проектирования литьевой формы.

Введение

Изделия из полимерных материалов используются сегодня повсеместно, соответственно геометрия изделий становится сложнее, а требования к ним становятся выше.

Процесс проектирования литьевых форм – трудоемкий и сложный. Перед началом проектирования формы конструктору необходимо проанализировать изделие с точки зрения его литья. Ввиду сложности геометрии, структуры поверхности, габаритов, толщины изделия и гнездности формы процессы литья для разных форм могут кардинально отличаться. Поэтому особое внимание уделяется именно анализу изделия, его оптимизации и в некотором смысле упрощению его формы на самом первом этапе проектирования.

В связи с этим, предприятиям, проектирующим и изготавливающим литьевые формы не обойтись без моделирования процессов литья изделия и современного анализа изделия на технологичность.

Целью такого моделирования с последующим анализом его результатов является повышение качества продукции (изделий) из полимерных материалов и повышение эффективности производства литьевых форм от этапа проектирования до этапа ее изготовления и внедрения в эксплуатацию.

В данной работе предпринята попытка раскрыть основные этапы анализа и оптимизации изделия на примере изделия «Накладка задней арки автомобиля». Это изделие является сложным с точки зрения литьевого процесса, поскольку требует решения ряда задач; основной из этих задач является определение типа горячеканальной системы. Оптимизация проводится с применением методики управления процессом технической подготовки производства - DFM-анализа (DFMA - Design for Manufacture and Assembly), и следующих пакетов программ: Siemens NX11, Autodesk Simulation MoldFlow.

Методология и результаты

Методика исследования изделия (DFM-анализ) перед этапом проектирования литьевой формы должна включать в себя следующие этапы:

1. Составление сводной таблицы
2. Анализ чистоты поверхности изделия
3. Анализ литейных уклонов
4. Анализ толщины изделия
5. Определение места впрыска материала
6. Моделирование процесса литья и анализ результатов.

Далее представлено практическое применение выше указанной методики. Согласно пункту №1, составляется сводная таблица (табл. 1), в которой конструктор указывает параметры самого изделия и параметры литьевой формы.

Таблица 1. Параметры изделия и параметры литьевой формы

Обозначение пресс-формы	IM-360
Обозначение изделия	632410-8218456
Наименование изделия	Накладка задней арки левая
Наименование 3D модели	412410_8212815_00_011_6_00.prt от 27.01.2022
Материал изделия	Армлен ПП СК 20-4МС
Усадка, %	1.0-1.2% (1.1 расчетная)
Размеры, мм	562 x 295 x 114
Вес, г	126г

Количество гнезд	1
Материал пресс-формы	Пуансон/Матрица: DIN 1.2312; Знаки: DIN 1.2312; прочие: DIN 1.1730
Чистота поверхности	Пуансон: Ra0.4; Матрица: тиснение MoldTECH MT-11020
Тип литниковой системы	ГКС с каскадным впуском + ХК разводящий литник + впуск порт-банан

После этого, согласно пункту №2, необходимо выполнить анализ чистоты поверхности, чтобы определить особенности конкретного изделия и учесть при проектировании литейной формы [1]. Одной из особенностей изделия «Накладка задней арки», рассматриваемого в данной статье, является тиснение лицевой поверхности, выбранное по каталогу MoldTech, для данного вида тиснения необходим минимальный угол съема в $3,5^\circ$. После определения чистоты поверхностей изделия необходимо проверить наличие литейных уклонов и их соответствие с необходимыми параметрами для беспрепятственного съема изделия (результат представлен на рис. 1, 2).

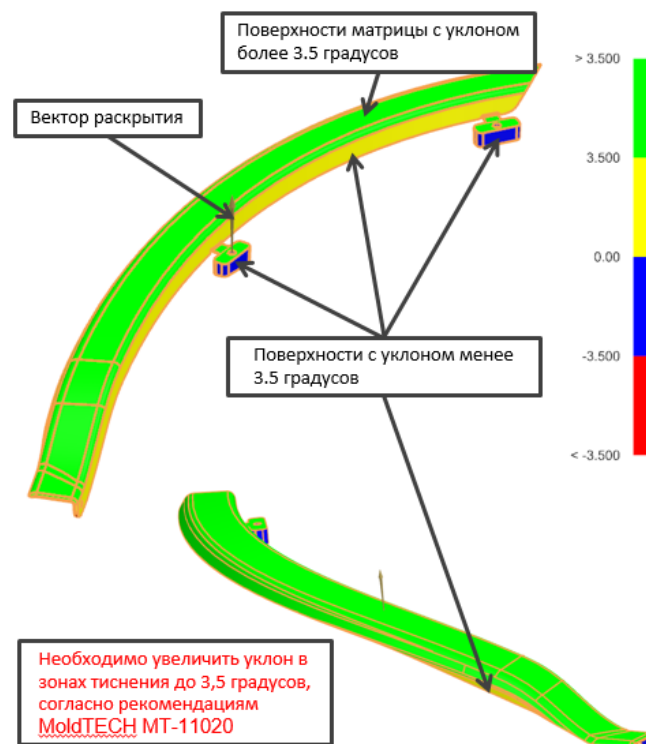


Рис. 1. Анализ литейных уклонов, лицевой стороны изделия

Анализ литейных уклонов производился в программе Siemens NX, с заданным параметром угла съема в $3,5^\circ$, что соответствует максимальному необходимому углу съема для этого изделия. Как показал анализ литейных уклонов, на лицевой поверхности изделия угол съема в $3,5^\circ$ недостаточен при данной конструкции изделия. Будет происходить сдир и

нарушение текстуры тиснения, что показывает желтые грани на изделии [1]. Кроме этого, наличие синих поверхностей говорит о наличии «закрытых» (отрицательных) углов.

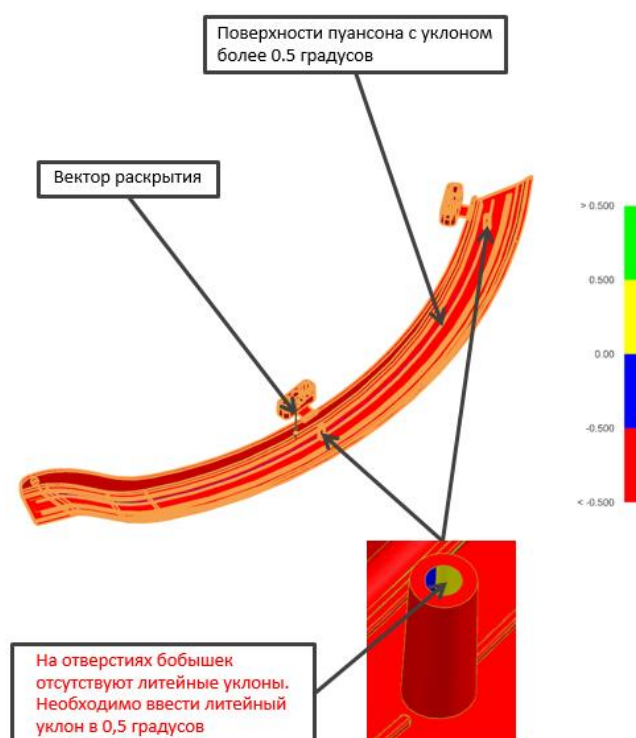


Рис. 2. Анализ литейных уклонов, внутренней стороны изделия

После проведения анализа литейных уклонов необходимо провести анализ толщины изделия. Это позволит выявить возможные дефекты, возникающие при разнотолщинности изделия, например утяжины; результат представлен на рис. 3.

По результатам анализа толщины изделия, стало видно места, в которых возможно возникновение дефектов изделия (такие места отмечены на изделии красным), связанных с его разнотолщинностью или самой толщиной изделия [5].

По результатам проведенного анализа изделия, все нюансы и недочеты необходимо доработать и устранить. Из анализа литейных уклонов, было выявлено, что имеющегося угла съема недостаточно, поэтому в математической модели изделия это устранили. Это положительно влияет на процесс литья изделия и на его качество.

Немаловажной задачей при литье изделия является расположение места впрыска материала в ф/о полости [4]. При определении точки впрыска изделия конструктор на первом этапе, полагается на свой опыт, на опыт коллег и справочники по литью изделий из полимерных материалов, после чего точку впрыска моделируют в модели (программа Autodesk Simulation MoldFlow) и, задавая режимы литья, смотрят на проливаемость изделия и его поведение после формовки.

На изделии, представленном в данной статье, впрыск материала через одну точку невозможен, иначе изделие будет иметь недопустимо сильное коробление. Поэтому

проектируется три точки впрыска, с возможностью регулировки подачи, чтобы иметь возможность по этапного заполнения формообразующей полости [2,3].

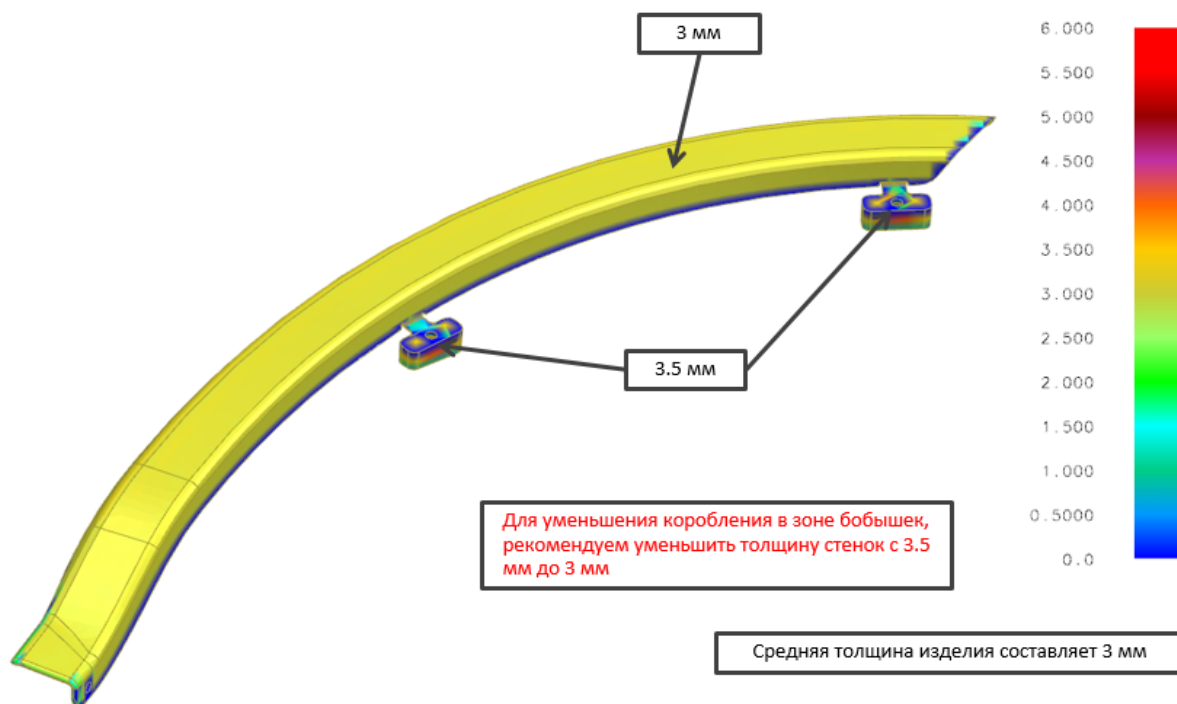


Рис. 3. Анализ толщины изделия

Для данного изделия оптимальным и правильным решением расположения места впрыска является его расположение на площадке с внешней стороны. Так как систему съема располагать на внешней (т.е. видовой) поверхности изделия нельзя, так как нарушится видовая поверхность изделия (рис. 4).

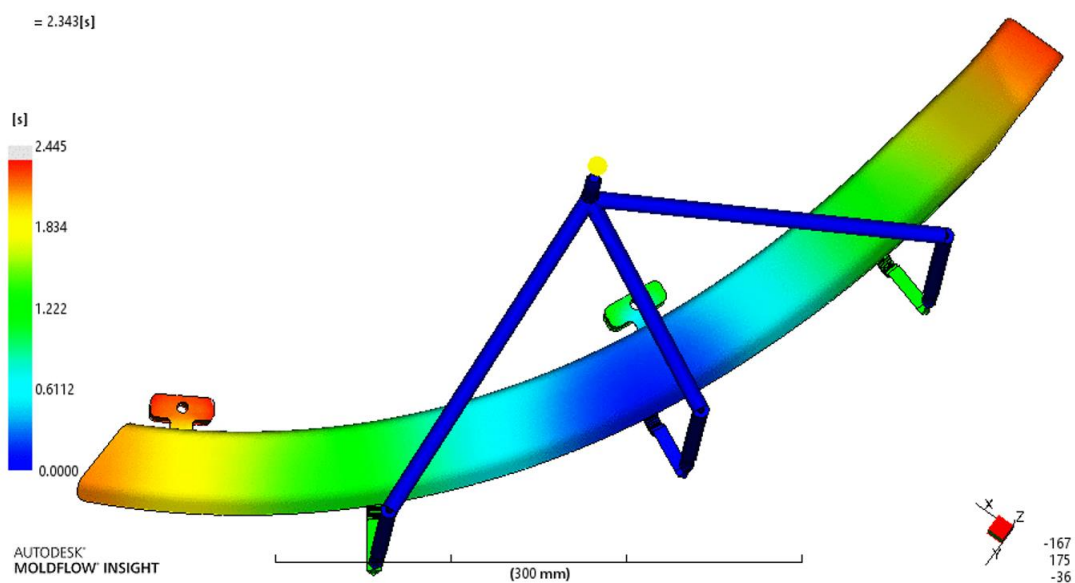


Рис. 4. Анализ изделия на проливаемость

Заключение

В заключение отметим, что вышеописанная методика позволяет упростить процесс проектирования литьевой формы и уменьшить риски ее брака по следующим показателям:

1. Заблаговременное выявление поднутрений на изделии.
2. Заблаговременное выявление следов утяжин и других дефектов, связанных с разнотолщинностью изделия.
3. Решена проблема прогнозирования съема изделия.
4. Уменьшение цикла отливки изделия
5. Уменьшение показателей требуемых от ТПА, такие как давление, усилие смыкания и другие.
6. Решена проблема с возможными проблемами коробления и неравномерной усадки.

Список литературы

1. Фетисова Т.С. *Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий*: учебное пособие / Т.С Фетисова – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 102с.
2. Линднер Э., Унгер П. *Конструирование литьевых форм в 130 примерах*/ пер. с нем.яз. под ред. А.П.Пантелеева, А.А.Пантелеева.
3. Казмер Д.О. *Разработка и конструирование литьевых форм*/ пер. с англ. под редакцией В.Г. Дувидзона. СПб.:ЦОП «Профессия», 2011.464 с. ил.,
4. Брагинский В.А. *Точное литье изделий из пластмасс*. Л: Изд-во Химия, 1977. 112с.
5. Мэллой Р.А. *Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением* / пер. с англ. яз. под ред. В.А. Брагинского, Е.С. Цобкалло, Г.В. Комарова. СПб.: Изд-во Профессия, 2006. 512с.

Analysis and optimization of polymer products in the design of injection molds

Musatov, M. I.^{1,2}, Evseev, A. N.¹*

*musatov131.99@gmail.com

¹Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

² LLC “AviaCAM”, Ulyanovsk, Russia

The paper is devoted to the discussion of the developed simulation model of the process of manufacturing a polymer part by injection molding. Using this model, optimization of casting and product design was performed in order to improve product quality and production efficiency in the design and further manufacture of an injection mold. Optimization is carried out using the method of managing the process of technical preparation of production (DFM-analysis).

Key words: mold design, product manufacturability analysis, product spillability analysis, polymer product defects, injection mold design optimization.