

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ ПРИ  
ФОРМООБРАЗОВАНИИ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Невлюдов И.Ш., Сотник С.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ТАПР, тел. (057) 702-14-86,

E-mail: ivanov@kture.kharkov.ua; факс (057) 702-11-13

This report deals with assurance of dimension accuracy on forming of plastic device manufacturing. Report contains the calculation relationships for volumetric shrinkage, linear shrinkage. There is proposed to appoint the mathematical model for to the expected shrinkage calculation. Also the algorithm for shrinkage correction function computation and primitives device form classification are proposed.

В настоящее время во всех странах развивается производство пластмассовых материалов. В связи с ростом производства термопластов особенно широкое развитие получили такие методы переработки, как литье под давлением, экструзия и вакуумное формование. Литье под давлением является одним из наиболее эффективных методов, так как он позволяет изготавливать высококачественные изделия с высокой степенью точности при высокой производительности [1]. За последние годы в области технологии литья под давлением достигнуты большие успехи. Значительно расширился ассортимент термопластов. Прогресс в конструировании литьевых машин достигнут в результате применения принципа предварительной червячной пластикации, рационального конструирования литьевых форм (ЛФ) и т. д.

Анализ эксплуатации ЛФ показал, что качество литьевых изделий, после того как установлены их материал и конструкция, в значительной степени определяется конструкцией

формы и ее элементов. Появление дефектов литья, продуктивность процесса, себестоимость также определяются конструкцией ЛФ. Следовательно, проектирование ЛФ является очень важным этапом подготовки и внедрения в производство изделий из пластмасс. То есть, непрерывный процесс совершенствования изделий, характерный для современного производства, порождает необходимость в повышении гибкости и эффективности технологической подготовки, автоматизация проектирования технологической оснастки (ТО) – один из путей решения этой задачи.

Задача автоматизации проектирования ТО является существенно значимой для Украины, так как сокращение сроков проектирования и стоимости изготовления оснастки позволяет повысить конкурентоспособность на рынке.

Технологическая оснастка (ТО) для получения изделий из пластических масс отличается большим разнообразием конструкций. Это разнообразие обусловлено рядом факторов: конструкцией самого изделия, свойствами материала, из которого изделие должно быть изготовлено, выбранным способом получения изделия и т. д [2].

При определении исполнительных размеров оформляющих деталей ТО руководствуются степенью точности получаемого пластмассового изделия. Под точностью размеров пластмассового изделия понимают степень соответствия размеров полученного изделия размерам, указанным в чертеже. Действительные размеры охлажденного до нормальной температуры (20° С) изделия не должны выходить за пределы поля допуска на данный размер. Величина поля допуска должна назначаться с учетом всех величин элементарных погрешностей, возникающих в процессе изготовления изделия.

Таблица 1. Допуск на размер конструктивных параметров

Квалитет	Допуски на размеры		
	охватывающие	охваченные и др.	межосевые
10 - 11	H 7	h 6	±T <sub>изд</sub> / 10
12 - 14	H 9	h 9	
15 - 16	H 11	h 11	
17	H 12	h 12	

Размеры пластмассового изделия обычно лежат в пределах 4—7-го классов точности по ОСТу, не укладываясь в поля допусков какого-либо одного класса. Более высокую степень точности удается иногда получить на изделиях, имеющих небольшую высоту, и изготовленных из материала с небольшим колебанием усадки.

Можно выделить следующие основные факторы, влияющие на точность размеров пластмассовых изделий, получаемых в металлических формах способом литья:

- колебания усадки материала;
- колебания толщины облоя;
- точности изготовления оформляющих изделие элементов ЛФ;
- износа поверхностей оформляющих элементов;
- колебания размеров оформляющих элементов за счет непостоянства температуры ЛФ в процессе литья.

Колебание усадки материала вызывает наибольшие изменения в размерах пластмассового изделия. Величина колебания зависит главным образом от состава пластической массы. Для терморезистивных материалов колебание усадки достигает до 0,5%, для термопластов — 2%. Изделие, полученное из материала с малым колебанием усадки, может быть изготовлено с большей точностью, чем изделие, полученное из материала с большим колебанием усадки. Таким образом, степень точности размеров изделия непосредственно зависит от свойств примененного материала [3].

Пользуясь ГОСТом на марку литейного материала детали можно установить наибольшее  $MS_{max}$  и наименьшее  $MS_{min}$  значение усадки и определяют колебания усадки по формуле:

$$\Delta_{MS} = MS_{max} - MS_{min}, \quad (1)$$

где  $MS_{max}$  - наибольшее значение усадки;

$MS_{min}$  - наименьшее значение усадки.

Под усадкой пластического материала подразумевают абсолютную линейную усадку, вызывающую уменьшение линейных размеров изделия, определяемую как

$$\Delta l_i = \iint \dots \int_{G_i} \beta(X_i, Y_i) dx_1^i dx_2^i dx_m^i dy_1^i dy_2^i dy_q^i, \quad (2)$$

и абсолютную объемную усадку – объемное уменьшение размеров изделия, равную

$$\Delta V_i = \iint \dots \int_{G_i} f(X_i, Y_i) dx_1^i dx_2^i dx_m^i dy_1^i dy_2^i dy_q^i, \quad (3)$$

где  $\Delta l_i$  - абсолютная линейная усадка конструктивных элементов детали, являющаяся функцией  $\beta(X_i, Y_i)$ ;

$\Delta V_i$  - абсолютная усадка конструктивных элементов детали, являющаяся функцией  $f(X_i, Y_i)$ ;

$X_i$  - множество конструктивных параметров  $i$  – того элемента;

$Y_i$  - множество усадочных свойств материала из которого состоит  $i$  – тый элемент;

$G_i$  - область определения  $X_i, Y_i$ .

Основным фактором, влияющим на изменение абсолютной линейной усадки по всем размерам, является толщина изделия.

Решающее влияние на величину и колебание усадки оказывают режимы литья и перепады давления и температуры по пути течения расплава. Беспрепятственной усадке, несмотря на интенсивное охлаждение изделия после его извлечения из матрицы, мешают пуансоны, знаки и др. При литье изделий сложной конфигурации с малыми допусками, в особенности из частично кристаллических полимерных материалов, точное определение усадки затруднительно. Для этого проводят доводку литьевой формы после первого испытания на установившемся режиме с использованием точных замеров. Для литья несложных конфигураций изделий при обязательном условии работы на установившемся режиме имеется возможность определять величину усадки для удовлетворения требований 3 - 4-го класса точности [3].

К составным частям общей предполагаемой усадки  $x_{\text{ПР}}$  можно отнести затрудненную усадку до извлечения пуансона,  $x_{3\text{T}}$ , достигающую 20 - 40%  $x_{\text{ПР}}$  [4], равную

$$x_{3\text{T}} = x_{\text{ПР}} - x_{\text{СВ}}, \% \quad (4)$$

и свободную усадку изделия после извлечения пуансона  $x_{\text{СВ}}$ , которую можно рассчитать по формуле (5)

$$x_{\text{СВ}} = \alpha \Delta t \cdot 100\%, \quad (5)$$

где  $\Delta t$  - разность температур, равная  $\Delta t = t' - t_{\text{ср}}$ , К;

$\alpha$  - коэффициент линейного расширения;

$t'$  - температура изделия у сталкивающей плиты в начале извлечения пуансона, К;  $t' < t_{\text{г}}$ ;

$t_{\text{ср}}$  - температура окружающей среды, К.

Физический смысл свободной усадки изделия  $x_{\text{СВ}}$  после извлечения пуансона заключается в том, что после извлечения из матрицы и пуансона изделие охлаждается за счет излучения тепла в окружающую среду и за счет охлаждающей жидкости, циркулирующей в каналах пуансона происходит беспрепятственное уменьшение изделия по всем размерам, т. к. со стороны пуансона препятствие, которое не позволяет уменьшиться изделию по внутреннему контуру и вызывающее вследствие этого по всему сечению соответствующие напряжения растяжения отсутствует. Затрудненная усадка (усадка до извлечения пуансона), т. е. отформованное изделие, располагающееся в матрице находящееся под действием пуансона, подвергается возникновению по всему сечению напряжений растяжения, вследствие этого уменьшение изделия по внутреннему контуру затруднительно.

Усадка и ее стабильность от цикла к циклу литья является основным фактором, определяющим точность размеров изделия.

В ходе проведенных исследований можно сделать вывод, что значение общей предполагаемой усадки зависит не только от материала, но и от формы изделия, вследствие этого предлагается возможным уточнить расчетную модель для вычисления общей предполагаемой усадки

$$x_{\text{ГР}} = x_{\text{ЗТ}} + x_{\text{СВ}} + f(x_{\text{ФИ}}), \quad (6)$$

где  $f(x_{\text{ФИ}})$  - функция поправки, учитывающая форму изготавливаемого изделия;

$x_{\text{ФИ}}$  - переменная, характеризующая форму изделия,

$$x_{\text{ФИ}} = \begin{cases} \iiint F(x, y, z) dV & \text{— если фигура объемная;} \\ \int_B F(x, y) dL & \text{— если фигура плоская.} \end{cases}$$

В связи с этим разработан алгоритм, представленный на рис. 1.

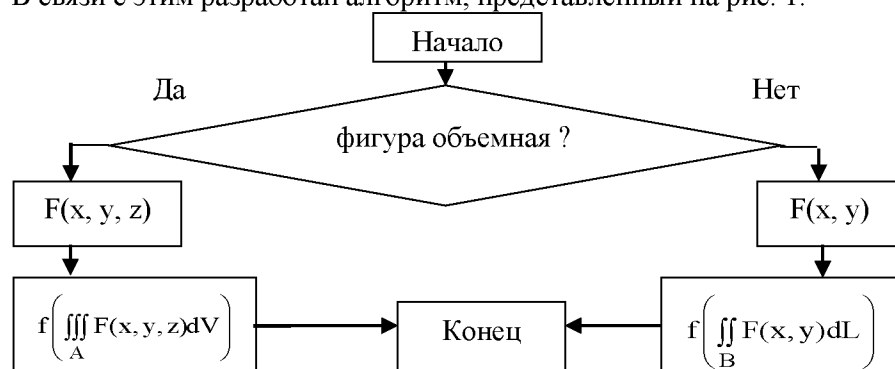


Рис. 1. Алгоритм представления  $f(x_{\text{ФИ}})$

Предложим обобщенную классификацию примитивов форм из которых может состоять изделие из пластмасс, изготавливаемое методом литья под давлением (рис. 2.).

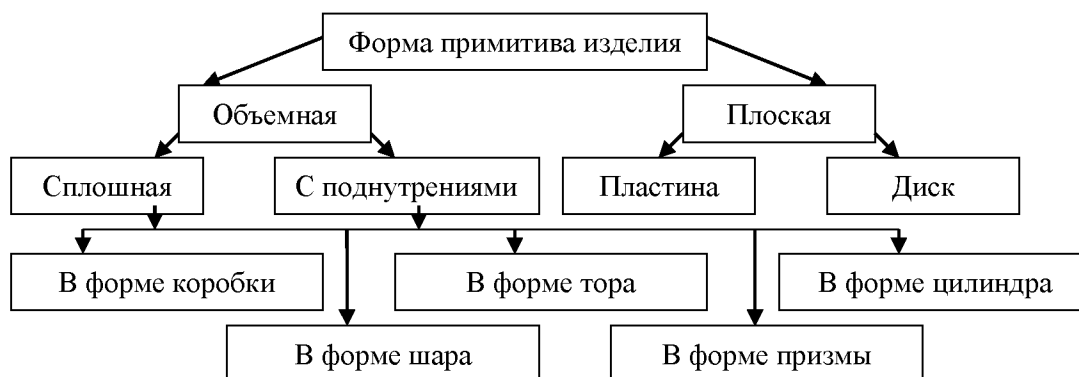


Рис. 2. Классификация примитивов форм изделия

Таким образом, чтобы технологически обеспечить точность размеров при формообразовании пластмассовых изделий необходимо определить методы расчета и контроля усадки полимерных материалов при конструировании технологической оснастки.

Из проведенных экспериментальных исследований процесса литья под давлением изделий из пластмасс можно выделить то, что величина усадки зависит не только от материала, но и от формы, изготавливаемой детали.

Приведенные расчетные соотношения и алгоритм расчета могут быть использованы при разработке математического и программного обеспечения подсистем САПР технологической оснастки.

#### Список литературы:

1. Ревяко М. М., Касперович О.М. Расчет и конструирование пластмассовых изделий и форм. – Мн.: БГТУ, 2002. – 245 с.
2. Лапшин Валентин Васильевич. Основы переработки термопластов литьем под давлением. М.: «Химия», 1974. – 270 с.