

## МЕТОД РАСЧЕТА ОФОРМЛЯЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ РЭА

При изготовлении пластмассовых изделий необходимо рассчитать размеры оформляющих деталей формообразующей оснастки. В настоящее время существующие методы расчета недостаточно используют информацию об усадке исходного материала.

Для пластмассовых деталей, учитывая значительную, нестабильную усадку, изменяющуюся в процессе эксплуатации детали, что может привести к большим погрешностям, в это связи усовершенствование методов расчета является актуальным для повышения жизненной стойкости изделий в том числе ремонтпригодности (собираемости) при проведении профилактических работ.

Система оформляющих деталей представляет собой группу деталей, несущих оформляющие поверхности, которые при замкнутых полуформах образуют оформляющую полость (ОП). Конфигурация деталей этой системы должна обеспечить оптимальную продолжительность цикла, качественное заполнение полости, извлечение и сталкивание изделий. Конструкция деталей системы в основном определяется характером заполнения оформляющей полости.

Основные признаки, по которым различаются оформляющие детали (ОД):

- по взаимосвязи с другими деталями формы – цельные, вставные и составные конструкции;
- по гнездности – для одногнездных и многогнездных форм;
- по классу точности изделий – для обыкновенных (4 – 7-й класс) и прецизионных (2 – 3-й классе);
- по характеру оформляющих поверхностей – для гладких изделий, изделий с поднутрениями, резьбовых соединений и матовых, шагреновых и других декоративных поверхностей;
- по способу перемещения – на перемещающиеся автоматически, перемещающиеся в кассетах, съемные, сменные в стационарных и съемных формах;
- по числу цветов расплава – для одноцветного литья, многоцветного литья с четким разграничением цветов на нескольких универсальных машинах, работающих спарено или на одной специальной машине;
- по геометрической форме изделий – для плоских и объемных, круглых, конусных и прямоугольных изделий, трубчатых и кольцевых изделий, корпусных, зубчатых и шлицевых изделий;
- по технологии изготовления – на изготавливаемые механообработкой, холодным выдавливанием, электроискровым способом и электроосаждением никелькобальта и никеля.

Исполнительные размеры ОД определяют в зависимости от допуска на размеры детали и усадки формовочного материала [1]. Рассмотрим известную расчетную модель размеров матрицы для изготовления детали из пластмассы (рис. 1, а):

$$D_m = D_{max} + D_{max} \cdot 0,01 S_{max} - T_{изд}, \quad (1)$$

где  $D_{max}$  – максимальный диаметр изделия;  $S_{max}$  – максимальная усадка пластмассы, %;  $T_{изд}$  – допуск на размер изделия.

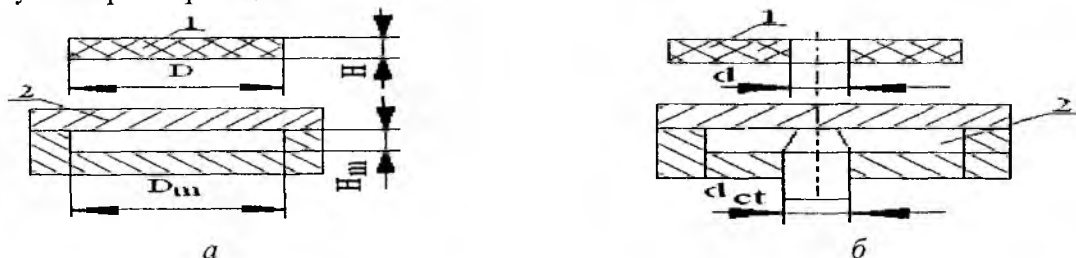


Рис. 1. а – деталь и матрица; б – оформляющий узел (1 – деталь, 2 – матрица)

$$H_m = H_{max} + H_{max} \cdot 0,01 S_{cp} - 0,5(T_{изд} + T_{ОД}), \quad (2)$$

где  $H_{max}$  – максимальная толщина изделия;  $S_{max}$  – средняя усадка пластмассы, %;  $T_{ОД}$  – допуск на размер оформляющей детали (см. таблицу).

Квалитет	Допуски на размеры		
	охватывающие	охваченные и др.	межосевые
10 – 11	H7	h6	$\pm T_{изд}/10$
12 – 14	H9	h9	
15 – 16	H11	h11	
17	H12	h12	

Принцип расчета размеров детали и оформляющего узла можно представить на рис. 1, б.

Расчет размера  $d_{сг}$  осуществляется по формуле

$$d_{сг} = d_{min} + d_{min} \cdot 0,01 S_{min} + T_{изд}, \quad (3)$$

где  $d_{сг}$  – расчетный диаметр стержня;  $d_{min}$  – минимальный граничный размер отверстия в детали;  $S_{min}$  – минимальная усадка изделия, %;

Рассчитаем расстояние между центрами детали 1 и оформляющего элемента 2 (см. рис. 2, а), а также найдем высоту стержня, представленного на рис. 2, б.

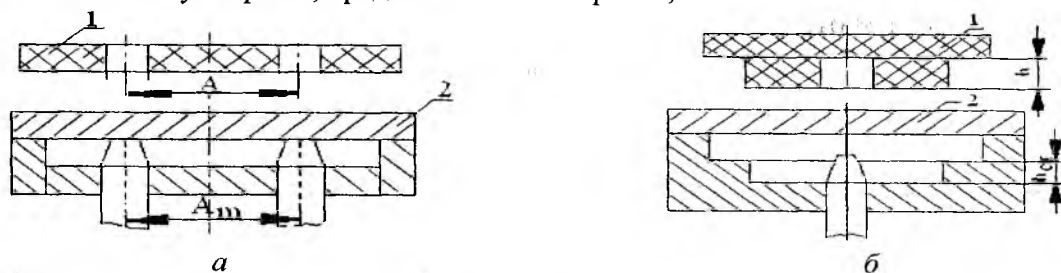


Рис. 2. а – расстояние между центрами; б – высота стержня (1 – деталь, 2 – матрица)

Расстояние между центрами равняется

$$A_m = A + A \times 0,01 S_{cp}, \quad (4)$$

Высоту стержня находим по формуле

$$h_{cm} = h_{min} + h_{min} \times 0,01 S_{cp} + 0,5(T_{изд} + T_{ф}), \quad (5)$$

где  $h_{min}$  – минимальный граничный размер изделия.

В процессе литья изделие в форме принимает очертания и размеры ОП. Во время и после заливки и уплотнения происходит охлаждение изделия. Оно продолжается при его извлечении из матрицы столкновении с пуансона и после его извлечения из формы. Вследствие охлаждения объем изделия уменьшается, и с течением времени изделие должно приобрести определенные форму и размеры в заданных пределах, так как каждый элемент поверхности изделия уменьшается, то при проектировании размер этого элемента на ОД должен быть больше заданного. Эта разность и есть усадка. Усадку при расчетах выбирают согласно стандартам и техническим условиям на материал изделия.

Абсолютную объемную усадку, определенную после прекращения усадки можно рассчитать по формуле

$$\Delta V = \sum_{i=1}^n \Delta V_i, \quad (6)$$

где  $\Delta V_i$  – абсолютная усадка конструктивных элементов детали;  $\Delta V_i$  является функцией  $f(X_i, Y_i)$ , где  $X_i$  – множество конструктивных параметров  $i$ -го элемента,  $Y_i$  – множество усадочных свойств материала из которого состоит  $i$ -й элемент. Тогда

$$\Delta V_i = \iiint_{G_i} \dots \int f(X_i, Y_i) dx_1^i dx_2^i dx_m^i dy_1^i dy_2^i dy_q^i, \quad (7)$$

где  $G_i$  – область определения  $X_i, Y_i$ .

С помощью этих выражений легко определить относительную объемную усадку, %:

$$\Delta V_{OТН} = \Delta V \cdot V_{Изд}^{-1}, \quad (8)$$

где  $V_{Изд}^{-1}$  – объем изделия.

Абсолютную фактическую линейную усадку, определенную после прекращения усадки находим по формуле

$$\Delta l = \sum_{i=1}^n \Delta l_i, \quad (9)$$

где  $\Delta l_i$  – абсолютная линейная усадка конструктивных элементов детали и является функцией  $\beta(X_i, Y_i)$ , где  $X_i$  – множество конструктивных параметров  $i$ -го элемента,  $Y_i$  – множество усадочных свойств материала из которого состоит  $i$ -й элемент.

Тогда

$$\Delta l_i = \iint \dots \int_{G_i} \beta(X_i, Y_i) dx_1^i dx_2^i \dots dx_m^i dy_1^i dy_2^i \dots dy_q^i, \quad (10)$$

где  $G_i$  – область определения  $X_i, Y_i$ .

Отсюда определяем относительную линейную усадку, %:

$$\Delta l_{OТН} = \Delta l \cdot l_{Изд}^{-1}, \quad (11)$$

Относительную фактическую линейную усадку можно определить по формуле

$$x_{ФК} = (l_{OФ} - l_{Изд}) l_{Изд}^{-1} \cdot 100, \% . \quad (12)$$

Предполагаемая линейная усадка:

$$x_{ПР} = (l_{OФ} - l_{СР}) l_{СР}^{-1} \cdot 100, \% ; \quad (13)$$

где  $l_{СР}$  – номинальный размер элемента детали при симметричном расположении поля допуска (при 20° С).

Решив (13) относительно  $l_{OФ}$  (или  $L_{OФ}$ ), получим две основные формулы (14) и (15), по которым рассчитываются размеры всех ОД. Для элементов, оформляющих наружные поверхности изделия [2],

$$L_{OФ} = [l_{СР} (1 + x_{ПР} / 100) - \Delta_{ИЗН}]^{+\Delta_{ИЗГ}}, \quad (14)$$

для элементов, оформляющих внутренние поверхности изделия,

$$l_{OФ} = [l_{СР} (1 + x_{ПР} / 100) + \Delta_{ИЗН}]_{-\Delta_{ИЗГ}}, \quad (15)$$

где  $\Delta_{ИЗН}$  – заданный износ элемента ОП за время эксплуатации формы, мм; в зависимости от допуска изделия и характера производства он принимается 0,02 ÷ 0,20 мм;  $\Delta_{ИЗГ}$  – допуск на изготовление элемента ОП  $L_{OФ}$  и  $l_{OФ}$ ; обычно  $\Delta_{ИЗГ}$  должен быть на 1 – 2 класса выше допуска на размер изделия.

В литьевых формах давление изменяется от 0 до  $p_{max}$  в замкнутом положении формы, что требует расчета толщины стенок с учетом нестабильности усадки материала. Исходными для него являются:  $p_{max}$ , конфигурация полости и материал матрицы. Для круглой матрицы 1 (рис. 3, а) со вставным дном 2 толщина стенки  $(r - r_1) + \Delta l$  определяется из условий:

$$p_{max} 2r_1 h = 2(r - r_1) h \sigma + \varphi(\Delta V) \quad \text{и} \quad (r - r_1) = p_{max} r_1 \sigma^{-1}, \quad (16)$$

где  $p_{max}$  – максимальное давление в форме;  $\varphi(\Delta V)$  – поправка, вызванная объемной усадкой  $\Delta V$ , определяемая с помощью функционального моделирования оснастки.

Для особо нагруженных матриц, где увеличение толщины стенки не приводит к уменьшению напряжений на поверхности ОП, матрицы запрессовываются в обоймы с натягом  $\delta$ . В этих конструкциях, называемых скрепленными цилиндрами, в матрице 1 (рис. 3, б) возникают сжимающие напряжения  $p_1$ , которые уменьшают  $\sigma$ , вызываемое воздействием  $p_{max}$ .

Это позволяет при расчете допускать  $\sigma_{зан}$  более высоким, чем  $\sigma$  для незапрессованных матриц. Если материал обоймы и матрицы одинаково работает на растяжение и сжатие, наружный радиус обоймы  $r_2 = r^2/r_1$ , мм, натяг  $\delta = 2rp_{max}/E$ , то напряжения в запрессованной матрице  $\sigma_{зан} = m\sigma$ , Па. Коэффициент  $m$  всегда больше единицы и равен  $m = 2/(1 + K)$ , где  $K = r_1/r_2$  [3]. Так, при  $K = 0,5$   $m = 2/(1 + 0,5) = 1,33$ , т.е.  $\sigma_{зан}$  больше растягивающего напряжения  $\sigma$  на 33 %, что позволяет проектировать более компактные конструкции.

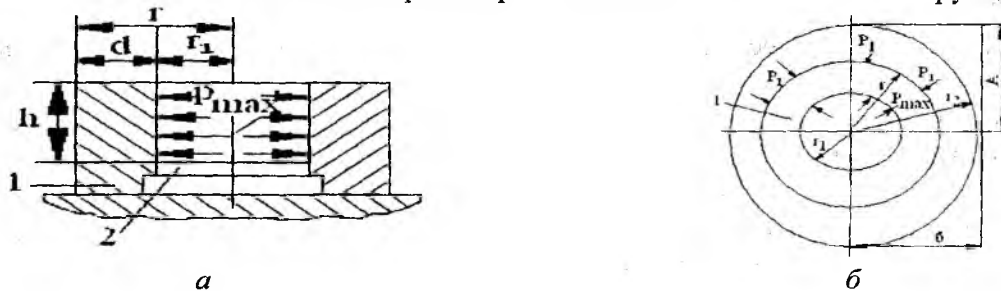


Рис. 3. Зависимость толщины стенки от конструкции матриц

Таким образом, при изготовлении пластмассовых деталей, учитывая значительную, нестабильную усадку, изменяющуюся в процессе эксплуатации детали, можно избежать некоторых погрешностей. В этой связи предложен метод расчета оформляющих деталей формообразующей оснастки с учетом усадки, что обеспечит повышения жизненной стойкости изделий РЭА.

**Список литературы:** 1. Рустам Г. М., Из опыта расчета и конструирования деталей из пластмасс. Ленинград, 1964. 27 с. 2. Энциклопедия полимеров. Т. 2. Литьевые формы. М.: Сов. энциклопедия, 1974. 1032 с. 3. Пономарев С. Д. Основы современных методов расчета на прочность в машиностроение. Г. 1. М.: Машгиз, 1950. 703 с.

Харьковский национальный  
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 25.01.2009