

Как видно из табл. 2, с уменьшением высоты вертикальной части радиус образования свода увеличивается и при $H = 0$ уходит за пределы конической части, т.е. в бункере такой конструкции сводов не наблюдается. Таким образом, результаты исследований зависимости сводообразований от физико-механических свойств сыпучих материалов и конструктивных параметров бункера показывают, что наибольшее влияние на процесс свободного истечения материала из бункера оказывает высота его вертикальной части. Поэтому при проектировании бункера расчеты должны сводиться не только к нахождению необходимого размера выпускного отверстия, как это принято на практике, а к определению размеров и конструкции бункера в целом, что обеспечивает равномерное истечение материала с заданными физико-механическими свойствами. Такой комплексный подход к решению поставленной задачи дает результаты гораздо более полно соответствующие реальной физической картине рассматриваемого процесса.

УДК 621.81.002.3:678–192

В.П.КУЗНЕЦОВ, Н.Б.ЛЕМБОВИЧ

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

При использовании полимеров для изготовления деталей машин и приборов необходимо учитывать специфические свойства этих материалов с точки зрения прочности и долговечности. Так, прочность полимеров ниже прочности металлов, механические характеристики полимеров значительно изменяются во времени, изменение температуры в пределах от $-50...+100^{\circ}\text{C}$ отражаются на полимерах в большей степени, чем на металлах. В литературе имеется достаточно большое количество сведений о показателях прочности полимеров при различных условиях технологической обработки и эксплуатации. Однако необходимо оценить действие эксплуатационных и технологических факторов не только на прочность, но и на долговечность материала. Расчет долговечности дает возможность оценить работоспособность детали, выбрать материал и обосновать гарантийные сроки работы изделия.

В настоящей статье на нескольких примерах показано, как можно оценить долговечность полимерных деталей.

Для определения долговечности материала при действии известного постоянного во времени напряжения можно воспользоваться выражением [1]

$$t = A \exp(-\alpha \sigma),$$

где A и α постоянные, зависящие от природы материала (для полистирола $A = 6,4 \cdot 10^9$ С, $\alpha = 3,1$ мм²/кгс).

Совместное действие нагрузки и температуры T учитывается уравнением Журкова

$$t = t_0 \exp \frac{u_0 - \gamma \sigma}{KT},$$

где t_0 , u_0 , γ – коэффициенты, определяющие прочностные свойства любого материала; K – постоянная Больцмана.

В качестве примера рассмотрим расчет долговечности полимерной детали прямоугольной формы при условии, что она получила деформацию под действием распределенной равномерно нагрузки. Деталь относится к гибким пластинам, имеющим прогиб от 0,25...5 толщин h . Края пластины закреплены.

Тогда максимальное нормальное напряжение изгиба, которое совпадает с направлением ширины пластины b , будет [2]

$$\sigma_y = \alpha E \frac{4bf}{b^2}.$$

Нормальное напряжение в срединной поверхности в том же направлении будет

$$\sigma_y^0 = \delta E \left(\frac{2f}{b} \right)^2,$$

где f – прогиб пластины в центре; α и δ – коэффициенты, зависящие от отношения длины пластины a к ширине b :

a/b	α	δ
1,0	1,645	0,615
1,2	1,544	0,592
1,5	1,462	0,574
2,0	1,398	0,566

Полное напряжение равно

$$(\sigma_y)_n = \sigma_y + \sigma_y^0 = 4E \frac{f}{b^2} (\alpha h + \delta f).$$

Долговечность пластины составит

$$t = A \exp \left[-4\alpha E \frac{f}{b^2} (\alpha h + \delta f) \right].$$

В рассмотренном случае нагрузка действует непрерывно до момента разрушения через время t .

Если время действия нагрузки P на деталь периодическое и изменяется по известному закону, то оценить долговечность можно при помощи критерия Бейли [1], который может быть представлен в интегральной форме

$$\int_0^{t_p} \frac{dt}{t[\sigma(t)T(t)]} \leq 1,$$

где $t[\sigma(t), T(t)]$ — долговечность полимера при постоянных напряжении σ и температуре T ; t_p — время действия напряжения на полимер, или в виде суммы

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta t_i}{t_i[\sigma_i(t), T_i(t)]} \leq 1,$$

где Δt_i — время действия напряжения; t_i — долговечность полимера при действии напряжения σ_i и температуре T_i .

Разрушение детали происходит в том случае, если критерий становится равным единице, или, если сумма критериев от действия разных усилий или температурных напряжений также становится равной единице. Возможность такого суммирования действия усилий определяется тем, что для полимеров применим принцип суперпозиции [1].

В качестве примера использования критерия Бейли для оценки долговечности полимерной детали рассмотрим случай, когда напряжения возникают при действии переменного температурного поля. Тогда напряжение σ_T при изменении температуры на величину T будет

$$\sigma_T = \alpha_T \cdot T \cdot E, \quad (1)$$

где α_T — температурный коэффициент линейного расширения (для полистирола $\alpha = 1 \cdot 10^{-4}$ град).

Если значение α изменяется в разных направлениях, т.е. имеет место анизотропность теплофизических, а также и механических свойств, то

$$\sigma_T = T(E_x \alpha_{Tx} \cos^2 \beta + E_y \alpha_{Ty} \cos^2 \gamma),$$

где $E_x, E_y, \alpha_{Tx}, \alpha_{Ty}$ — значения параметров, относящиеся к главным направлениям.

Определим долговечность t_T , принимая значение σ_T в соответствии с уравнением (1):

$$t_T = A \exp(-\alpha \cdot \alpha_T T E).$$

Это значение долговечности при условии, что температурные напряжения действуют постоянно. В действительности температурные напряжения переменны и время действия их составляет некоторую сумму времен $\sum \Delta t_i$. Критерий в этом случае определяется

$$\frac{\sum \Delta t_i}{A \exp(-\alpha \alpha_T T E)} \leq 1.$$

В случае, если полимерные детали подвержены действию напряжений от вибраций, то долговечность можно определить

$$t_j [\sigma (t)] = A \exp(-\alpha \sigma_j) = A \exp(-\alpha V_j \omega_j \frac{E}{C} \cos \omega_j t),$$

где V_j — амплитуда колебаний j -й частоты; ω_j — j -я угловая частота; C — скорость распространения звука в материале.

Индекс j соответствует определенной составляющей из спектра вибраций. Для расчета необходимо знать амплитудно-частотную характеристику машины или прибора. Из этой характеристики выбираются амплитуды и частоты наиболее существенных составляющих, для каждой из которых определяется критерий и подсчитывается сумма интегралов

$$\sum_j \int_0^{t_B} \frac{dt}{A \exp(-\alpha V_j \omega_j \frac{E}{C} \cos \omega_j t)} \leq 1, \quad (2)$$

где t_B — время действия вибраций на деталь.

Решение интеграла I_j (2) возможно по формуле (полное решение интеграла приведено в [3])

$$I_j = 2\pi \left[\frac{1}{A\omega_j} + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{(\alpha V_j \omega_j C \rho)^{2m}}{(2m!!)^2} \right],$$

где ρ — плотность материала детали.

Так как ряд быстро сходится, то достаточно брать $m = 4$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С т е п а н о в Р.Д., Ш л е н с к и й О.Ф. Введение в механику полимеров. — Саратов, 1975.
2. Справочник машиностроителя. — М., 1955, т. 3.
3. К у з н е ц о в В.П., Л е м б о в и ч Н.Б. Долговечность деталей из полимеров при действии вибрационных нагрузок. — В сб.: Приборостроение. — Мн., 1979, вып. 2.

УДК 532.135

А.К.ПАНОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ ПРИ ТЕЧЕНИИ РАСПЛАВА ПОЛИЭТИЛЕНА В ПРИЗМАТИЧЕСКИХ КАНАЛАХ

Целью настоящей работы является представление экспериментальных данных по потерям давления на начальном участке и по всей длине призматических каналов при течении расплава полиэтилена.