

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРЕССУЕМЫЙ МАТЕРИАЛ В НЕКОТОРЫХ ПОЛОСТЯХ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ШНЕКОВОГО ЭКСТРУДЕРА

Качество продукта, получаемого в процессе экструдирования на одношнековых прессах может быть оценено крошмостью и степенью гомогенизации материала. Эти параметры можно оценить критериальными зависимостями, основанными на описании механического воздействия на продукт в рабочем пространстве шнекового прессующего механизма. Однако такие зависимости не были ранее получены для полостей компрессионного затвора и утечек.

Для характеристики качества гранул введены [1] в качестве параметра эффекта S_t -импульс напряжений сжатия прессуемого материала в механизме и S -импульс напряжений сдвига прессуемого материала в механизме. В структуре шнекового механизма (рис. 1) эти импульсы напряжений получают существенное значение в винтовых каналах шнека, в фильерах матрицы, компрессионных затворах прессующего механизма, в зазорах утечек прессуемого материала между вершинами лопастей шнека и внутренней поверхностью шнекового цилиндра. Все поверхности указанных полостей являются разворачивающимися цилиндрическими и коническими поверхностями и при развертке представляют несколько пар параллельных между собой плоскостей, которые будем полагать неограниченными с указанием на них рабочих участков этих плоскостей прессуемого материала, расположенного между парой рассматриваемых плоскостей. Рассмотрение действительного механизма затруднительно из-за сложности пространства между рабочими органами шнекового механизма.

Рассмотрим плоскую модель компрессионного затвора, представленную на рис. 2 в системе прямоугольных координат $Oxyz$.

В этой механической модели обе плоскости, изображенные пластинами, неподвижны в направлении оси Ox , а верхняя пластина движется вдоль оси Oz со скоростью v , равной окружной скорости шнекового цилиндра.

Рассмотрим вначале движение прессуемого материала вдоль оси Ox между двумя неподвижными пластинами. При этом возникают в материале градиент скорости сдвига материала g так как материал прилипает к обеим неподвижным пластинам. При этом возникают касательные напряжения τ , которые определяются реологическим уравнением Оствальда-де Вилля

$$\tau = m g^{\dot{\epsilon}}, \quad (1)$$

где m - коэффициент консистенции, зависящий от природы материала; n -индекс течения, характеризующий отклонение свойств материала от свойств ньютоновской жидкости.

С.А. Бостанджиян и А.М. Столин [2], рассмотревшие задачу о течении вязкопластического материала между двумя параллельными пластинами, предложили для удобства дальнейших действий разрешить уравнение (1) относительно градиента скорости

$$\frac{dv}{dy} = \left(\frac{1}{\mu} \right)^m |\tau|^{m-1} \tau \quad \text{где обозначено } \frac{1}{n} = m$$

Такая форма зависимости выбрана с тем,

чтобы знак $\frac{dv}{dy}$ соответствовал знаку τ .

При установившемся одномерном движении материала в модели компрессионного затвора массовыми силами можно пренебречь, тогда уравнения движения материала совпадают с уравнениями его равновесия и сводятся к уравнению

$$\frac{d\sigma}{dx} + \frac{d\tau_{xy}}{dy} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{d\sigma}{dx} = \frac{\sigma_0 - \sigma_i}{x_n} < 0, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Здесь σ_i и σ_0 - измеренные в двух плоскостях, отстоящих на x_n одна от другой, напряжения сжатия, i - номер секции шнекового механизма, всего в механизме I секций [1].

Положим, что существует плоскость $y = y_0$, на которой касательные напряжения равны нулю. Интегрируя уравнение (3) в напряжениях, получим

$$\tau = \frac{d\sigma}{dx} y + C \quad (4)$$

Определим постоянную интегрирования C из граничных условий $t = 0$ при $y = y_0$, получим

$$\tau = \frac{d\sigma}{dx}(y - y_0) \quad (5)$$

Уравнение (4) для области, где $\tau > 0$, можно представить в виде

$$\frac{dv_1}{dy} = a(y - y_0)^m, \quad (6)$$

где $a = \left(\frac{1}{\mu}\right)^m \left|\frac{d\sigma}{dx}\right|^m$.

Уравнение (2) для области, где $\tau < 0$, можно представить в виде

$$\frac{dv_2}{dy} = -a(y - y_0)^m, \quad (7)$$

Проинтегрировав уравнения (5) и (7), получим, приняв на пластинах условия прилипания материала к пластине

$$v_1 = \frac{a}{m+1} [y_0^{m+1} - (y - y_0)^{m+1}], \quad (9)$$

$$v_2 = \frac{a}{m+1} [(h - y_0)^{m+1} - (y - y_0)^{m+1}], \quad (10)$$

Учитывая, что $v_1 = v_2$ при $y = y_0$, получим уравнение

$$\frac{a}{m+1} y_0^{m+1} = \frac{a}{m+1} (h - y_0)^{m+1}, \quad (11)$$

которое имеет корень $y_0 = \frac{h}{2}$, что определяется непосредственной подстановкой его в уравнение (10). Среднее касательное напряжение в направлении оси Ox

$$\tau_{cp} = \frac{b}{b} \int_0^{\frac{h}{2}} \frac{\sigma_i}{x_n} \left(\frac{h}{2} - y\right) dy = \frac{\sigma_i}{x_n} \frac{h}{4}, \quad (12)$$

Градиент скорости сдвига в направлении оси Oz будет определяться выражением

$$\gamma \dot{\epsilon} = \frac{u}{h} = \omega \frac{D_c}{2h}, \quad (13)$$

а касательное напряжение в этом направлении определяется подстановкой (13) в уравнение (1). Суммарное выражение касательного напряжения имеет вид

$$|\tau_i| = \sqrt{\left[\mu \left(\frac{\omega D_c}{2h_i}\right)^n\right]^2 + \left|\frac{\sigma_i}{x_n}\right|^2 \left|\frac{h_i}{4}\right|^2}, \quad (14)$$

Средняя скорость материала в компрессионном затворе

$$v_c = \frac{b}{bh} \left(\int_0^{\frac{h}{2}} v_1 dy + \int_{\frac{h}{2}}^0 v_2 dy \right) = \frac{a}{2(m+1)(m+2)} \left(\frac{h}{2}\right)^{m+1}, \quad (15)$$

Время нахождения материала t_n в компрессионном затворе

$$t_n = \frac{x_n}{v_c}, \quad (16)$$

Среднее напряжение сжатия прессуемого материала в i -том компрессионном затворе

$$\sigma_{sxi} = \frac{\sigma_i}{2}, \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (17)$$

Импульс напряжений сжатия S в i -том компрессионном затворе определяется следующим образом

$$S = \frac{\sigma_i}{2} t_n, \quad (18)$$

Импульс касательных напряжений на прессуемый материал в i -том компрессионном затворе выражается в виде

$$S_\tau = \int_0^{t_n} |\tau| dt = t_n \sqrt{\left[\mu \left(\frac{\omega D_c}{2h}\right)^n\right]^2 + \left(\frac{\sigma_i}{x_n}\right)^2 \left(\frac{h}{2}\right)^2}, \quad (19)$$

Кинематические параметры и напряжения прессуемого материала в полости утечек будем определять как в описанной выше механической модели в предположении, что лопасть шнека на протяжении одного ее шага заменяется шайбой с диаметром равным внешнему диаметру лопасти шнека. Таким образом, механизм этой части будет тот же, что изображен на рис.2. При этом размеры полученного условного затвора будут

$$x_{ni} = s_{xi} k_i$$

где k_i - число шагов лопасти шнека в i -той секции механизма.

Тогда остальные параметры замещающего механизма будут соответствовать рис.2, а формулы (4)-(19), полученные для i -того компрессионного затвора будут соответствовать механизму, замещающему зазор утечек i -той секции прессующего шнекового механизма.

Вывод

Разработан метод определения кинематических и силовых параметров шнекового прессующего механизма в компрессионных затворах и зазорах утечек между шнековым цилиндром и вершинами лопастей с учетом реологических параметров прессуемого материала.

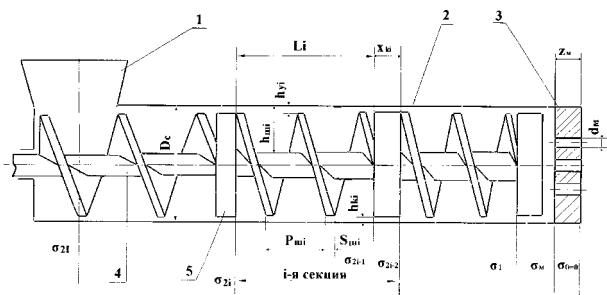


Рис. 1. Схема прессующего механизма: 1 - загрузочное устройство; 2 - шнековый цилиндр; 3 - матрица; 4 - шнек; 5 -компрессионный затвор.

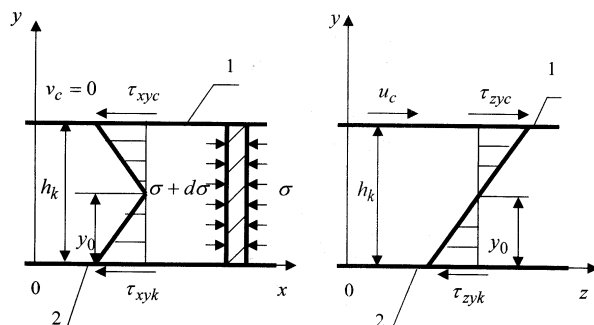


Рис. 2. Схема модели компрессионного затвора: 1 - плоскость, замещающая шнековый цилиндр; 2 - плоскость, замещающая боковую поверхность компрессионной шайбы.

Список использованной литературы

1. Полищук В.Ю. Особенности шнекового прессующего механизма экструдера. Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1993, №5.-С. 19-21.
2. Бостанджиян С.А., Столин А.М. Течение неньютоновской жидкости между двумя параллельными плоскостями. Изв. АН СССР, Механика, №1, 1965.-С. 185-188.

Статья поступила в редакцию 2.10.99г.