

ных каналов шнековых устройств.

УДК 621.762

С.С.Клименков, В.В.Селивончик

МОЩНОСТЬ И МОМЕНТ ШНЕКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Расчет мощности и оптимизация энергетических затрат являются важнейшими технологическими факторами целесообразности конкретного применения шнекового прессования.

Полную мощность N можно рассматривать как сумму мощности N_1 , затрачиваемой на уплотнение порошка в канале шнека, преодоление контактного трения порошка о поверхность канала, и мощности N_2 , затрачиваемой на преодоление контактного трения порошка о цилиндрическую поверхность сопрягаемого со шнеком корпуса или гильзы, т.е. $N = N_1 + N_2$.

Очевидно, что

$$N_1 = \iint_{\Sigma_2} U_2 (\mathbf{T}_\theta \bar{e}_2) \bar{n} ds,$$

где U_2 - скорость движения порошка в направлении координаты θ ; \mathbf{T}_θ - тензор напряжений; \bar{e}_2 - единичный базисный вектор, соответствующий координате θ ; \bar{n} - внешняя к поверхности нормаль; ds - площадь элементарной площадки,

$$ds = r_2 \sqrt{1 + \beta^2} dz d\theta.$$

Тогда

$$N_1 = \sqrt{1 + \beta^2} \iint_{\Sigma_2} U (\mathbf{T}_\theta \bar{e}_2) \bar{n} r_2^2 dz d\theta.$$

Введем следующие функции:

$$z^{(n)}(\theta) = \begin{cases} z_0, & \theta_2 \leq \theta \leq \theta_0, \\ z_1(\theta), & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_3; \end{cases} \quad z^{(2)}(\theta) = \begin{cases} z_2(\theta), & \theta_2 \leq \theta \leq \theta_1, \\ z_3, & \theta_1 \leq \theta \leq \theta_3. \end{cases}$$

После соответствующих преобразований имеем

$$N_1 = \frac{k}{\sqrt{1+\beta^2}} \int_{\theta_2}^{\theta_3} \int_{z^{(1)}}^{z^{(2)}} [(1+2\beta^2+2K_2\beta+4K_2^2\beta^2)\epsilon_1 - \beta\epsilon_3] u r^2 dz d\theta.$$

Разложим полученный интервал на три. При этом для краткости записи опустим все подынтегральные выражения:

$$\int_{\theta_2}^{\theta_3} \int_{z^{(1)}}^{z^{(2)}} = \int_{\theta_2}^{\theta_0} \int_{z_0}^{z_2} + \int_{\theta_0}^{\theta_1} \int_{z_0}^{z_2} + \int_{\theta_1}^{\theta_3} \int_{z_1}^{z_3}.$$

Первым интегралом правой части можно пренебречь ввиду малости области интегрирования и малости значений ϵ_1 и ϵ_3 в этой области. Третий интеграл правой части числим приближенно, полагая $\epsilon_1 = \epsilon_1(\theta)$, $\epsilon_3 = \epsilon_3(\theta)$, $U_0 = U(\theta)$. Тогда

$$N_1 = -\frac{U_0 \int_{\theta_0}^{\theta_1} \theta_0 k}{3\sqrt{1+\beta^2}} \int_{\theta_0}^{\theta_1} [(1+2\beta^2+2K_2\beta+4K_2^2\beta^2)\epsilon_1 - \beta^2\epsilon_3] \times \\ \times \frac{[\Gamma_2^2(z_1) + \Gamma_2(z_1)\Gamma_2(z_2) + \Gamma_2^2(z_2)]\beta}{\rho m} d\theta - [(1+2K^2+2K_2\beta + \\ + 4K_2^2\beta^2)\epsilon_1(\theta) - \beta^2\epsilon_3(\theta)] \left\{ \frac{1}{2}\Gamma_{20}^2(z_3 - a, \theta)(\theta_3 - \theta) - \Gamma_{20}\beta \times \right. \\ \left. \times [z_3^2(\theta_3 - \theta) - \frac{a^2}{3}(\theta_3^3 - \theta_1^3)] + \frac{\beta^2}{3} [z_3^3(\theta_3 - \theta) - \frac{a^3}{4}(\theta_3^4 - \theta_1^4)] \right\}.$$

Составляющая мощности

$$N_2 = - \iint_{\Sigma_2} (T_{\epsilon} (u_1 \bar{e}_1 + u_3 \bar{e}_3)) \bar{n} ds,$$

где e_1, e_3 - единичные базисные векторы, соответствующие координатам r и z цилиндрической системы координат;

$$u_1 \bar{e}_1 + u_3 \bar{e}_3 = -au(-\beta \bar{e}_1 + \bar{e}_3) = -\sqrt{1+\beta^2} a u \bar{t};$$

$$\bar{t} = \frac{1}{\sqrt{1+\beta^2}} (-\beta \bar{e}_1 + \bar{e}_3).$$

После многочисленных преобразований получим

$$\begin{aligned}
N_2 = & -\frac{1}{2} U_0 \rho_0 m(\theta_0) k_2 \int_{\theta_0}^{\theta_1} [(1+2\beta^2+2K_2\beta+4K_2^2\beta^2) \epsilon_1 - \beta^2 \epsilon_3] \times \\
& \times \frac{1}{\int_m} \left\{ b \Gamma_{02} (a_1 + a_2) - \frac{1}{3} \int \beta^3 [(2z_1 + z_2) a_1 + (2z_2 + z_1) a_2] \right\} d\theta - \\
& - \frac{U_0 \rho_0 m(\theta_0) a_1 k_2}{2\rho(\theta_1) m(\theta_1)} [(1+2\beta^2+2K_2\beta+4K_2^2\beta^2) \epsilon_1(\theta_1) - \\
& - \beta^2 \epsilon_3(\theta)] \times \left\{ \Gamma_{20} [(z_3 - a_1 \theta_1)(\theta_3 - \theta_1) - \frac{a_1^2}{3} (\theta_3^3 - \theta_1^3)] \right\}.
\end{aligned}$$

Крутящий момент шнека определяется из выражения

$$M = (N_1 + N_2) / \omega.$$

УДК 762I.762

С.С.Клименков, И.С.Алексеев, Г.Р.Райхельсон

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО ФОРМОВАНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Одной из актуальных задач порошковой металлургии является получение длинномерных изделий с равномерным распределением плотности по длине.

В процессе производства изделий из порошков основная роль принадлежит формованию. Именно от формования в конечном итоге зависит качество изделий, и прежде всего однородность свойств по объему.

Существующие методы формования таких изделий (прокатка, прессование путем радиального обжатия, мундштучное выдавливание) из-за специфических особенностей каждого процесса не нашли широкого применения.

Выгодно отличается от применяемых методов формования метод непрерывной экструзии шнеком. Новая технология позволяет непрерывно формовать из порошков следующие типы изделий:

пористые длинномерные трубчатые элементы с наружным ди-