

и матрицей. Далее происходит обжатие порошка с формированием трубы тех же размеров, что и в предыдущей пресс-форме.

Усилие выдавливания составляло 145 кН, относительная плотность — 0,94...0,97. Никаких дефектов и уменьшения прочности стыков в заготовках не наблюдалось.

В показанной на рис. 3 пресс-форме пуансоном диаметром 15 мм выдавливали стержни и трубы диаметром 50 мм с отверстиями 20 и 30 мм. Диаметр полости матрицы, как и в предыдущих конструкциях, — 70 мм.

Усилие выдавливания трубных заготовок — 115 кН, относительная плотность — 0,94...0,97, стержней — соответственно 90 кН и 0,92...0,94. При засыпке порошка другого цвета установлено, что поверхность стыка между порциями подаваемого в контейнер порошка распределяется по сечению заготовки, образуя угол с ее осью, равный приблизительно 15 ... 17°. Никаких дефектов в выдавленных заготовках не обнаружено.

Разработанные способы и конструкции пресс-форм используются в массовом производстве изделий из пластифицированных порошковых композиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степаненко А.В., Исаевич Л.А., Веремейчик А.А. Непрерывное формирование труб из металлических порошков // Порошковая металлургия. — 1983. — № 11.
2. А. с. 1344515 (СССР). Устройство для формирования труб из порошковых материалов / Е.Б. Ложечников, С.В. Воронов, А.В. Толстик и др. З. А. с. 1404176 (СССР). Устройство для дискретно-непрерывного формирования труб из порошков / В.Б. Громов, Е.Б. Ложечников, С.В. Воронов и др.

УДК 621.762.4.001

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук,
С.В. ЖИЛКИН, канд. техн. наук (БПИ)

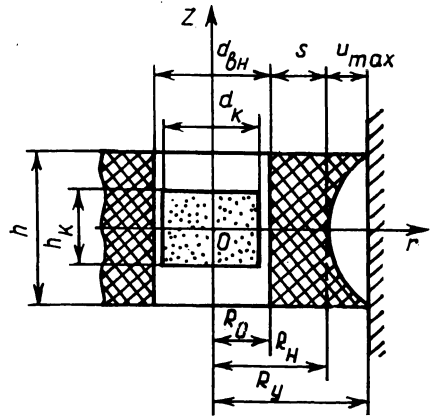
РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛАСТИЧНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОМ ПРЕССОВАНИИ ПОРОШКОВ

Широкое распространение в практике порошковой металлургии получил метод прессования порошков в эластичных оболочках, помещенных в жесткую пресс-форму. Как отмечается в работе [1], для устранения искажения формы боковой поверхности прессуемых изделий наиболее рационально применение оболочек с наружной компенсационной полостью (рис. 1). При разработке технологии квазиизостатического прессования необходимо правильный расчет геометрических параметров таких оболочек.

Значения параметров $d_{\text{вн}}$, h внутренней (рабочей) полости эластичной оболочки рассчитываются в зависимости от требуемых размеров d_k , h_k и плотности ρ_k формируемого изделия. Высота внутренней полости и, следовательно, высота всей оболочки определяются исходя из закона сохранения массы порошка в очаге деформации:

$$h = h_k \frac{\rho_k d_k^2}{\rho_{\text{н}} d_{\text{вн}}^2} \quad (1)$$

Рис. 1. Схема к определению геометрических параметров эластичной оболочки



Далее определяется толщина s стенки оболочки в опасном сечении $z = 0$.

Для предварительного расчета принимаем, что эластичная оболочка имеет постоянную по высоте толщину стенки, равную s , и установлена с зазором в матрице. В результате осевого сжатия оболочки может наблюдаться как потеря ее местной устойчивости (выгибание стенки), так и потеря общей устойчивости (прогиб всей оболочки в вертикальной плоскости).

При расчете эластичной оболочки на устойчивость задаем критическое давление на ее торцах, которое из условия максимального нагружения оболочки принимаем равным модулю сдвига G эластичного материала. В случае расчета на устойчивость стенки оболочки в качестве критической выбирается нагрузка на 1 см длины среднего радиуса оболочки [2]:

$$P_p = Gs.$$

Расчетное значение внешней нагрузки при выбранной толщине s в этом случае определяется по формуле

$$P_s = \frac{Es^3}{12(1-\mu^2)} \left[\frac{m^2 \pi^2}{h} + \frac{12h(1-\mu^2)}{s^2 R^2 m^2 \pi^2} \right],$$

где E – модуль упругости материала; s – задаваемая толщина стенки; μ – коэффициент Пуассона, $\mu = 0,5$; m – числа натурального ряда; h – высота оболочки; R – средний радиус оболочки.

При выполнении условия $P_s \geq P_p$ выбранная толщина стенки s обеспечивает местную устойчивость оболочки. Если $P_s < P_p$, необходимо увеличить толщину стенки.

После определения s по формуле Эйлера рассчитывается максимальная высота $h_{кр}$ оболочки, при которой она сохраняет общую устойчивость:

$$h_{кр} = \pi \sqrt{\frac{EI}{P_{кр}}},$$

где I – момент инерции кольца; $P_{кр}$ – критическая нагрузка на оболочку,
 $P_{кр} = \pi G (R_H^2 - R_0^2)$.

Если окажется, что высота оболочки h , рассчитанная по формуле (1), больше $h_{кр}$, необходимо увеличить толщину стенки s до значения, при котором выполняется условие $h \leq h_{кр}$.

Для расчета геометрических параметров оболочки важно определить размеры компенсационной полости. Установлено, что на начальной стадии прессования компенсационная полость заполняется эластичным материалом. Одновременно с этим при сохранении устойчивости оболочки ($d_{вн} = \text{const}$) идет процесс предварительного осевого уплотнения порошка, в результате чего повышается сопротивление порошковой среды деформированию, достигая значения, превышающего модуль сдвига материала оболочки. С этого момента порошок ведет себя как жесткое деформируемое тело, а эластичный материал оболочки – подобно вязкой жидкости, передающей равное давление на прессуемое изделие и вызывающей одинаковую деформацию по его высоте. Для порошковых материалов, обладающих различными механическими и технологическими свойствами, степень предварительного уплотнения порошка, которую при неизменном внутреннем диаметре оболочки характеризует значение осевой деформации Δ_0 , будет различной. Следовательно, неодинаковыми будут и размеры компенсационной полости. Значение Δ_0 определяется для различных порошковых материалов экспериментально. По полученному значению Δ_0 , а также по ранее рассчитанным параметрам R_0 , s , h эластичной оболочки с помощью нижеприведенного выражения определяется необходимая глубина u компенсационной полости по высоте оболочки:

$$u = \frac{3\Delta_0 R_0}{4h^3} (h^2 - 4z^2) \left(\frac{R_H^2}{R_0^2} - 1 \right).$$

Наибольшее значение u_{\max} компенсационной полости соответствует сечению $z = 0$. После определения u_{\max} уточняется требуемый наружный радиус R_y оболочки, который соответствует внутреннему радиусу жесткой прессформы:

$$R_y = R_0 + s + u_{\max}.$$

Таким образом, геометрические параметры рассматриваемых эластичных оболочек, определенные с учетом механических и технологических характеристик уплотняемых порошков, обеспечивают при квазиизостатическом прессовании получение изделий требуемых размеров и формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- И с а е в и ч Л.А. Особенности квазиизостатического формования штучных изделий из порошковых материалов // Металлургия. – Мн., 1987. – Вып. 21. 2. Ш е в е л е в Л.П. Основные теории устойчивости оболочек за пределом упругости. – Л., 1982.