

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПО ВЫСОТЕ ПРЕССОВКИ ПРИ
КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОМ ПРЕССОВАНИИ**

С.С. Клименков, А.Н. Голубев, К.С. Матвеев
(ВГТУ, г. Витебск)

Введение. Необходимость в изготовлении мелких партий прессовок сложной формы (фильер, ферритов и т.п.) достаточно часто возникает в практике работы предприятий и фирм, специализирующихся на выпуске порошковых изделий. Применение наиболее распространенных способов порошковой металлургии (прессование в пресс-формах, изостатическое прессование) оказывается крайне невыгодным из-за высокой стоимости специальной пресс-оснастки, большой продолжительности подготовки производства и необходимости проведения многократных пробных прессований для отладки размерной точности процесса методом проб и ошибок [1]. В этих условиях оправдывает себя применение технологии квазиизостатического прессования, основанной на передаче давления на порошок квазижидкой пластичной средой [2], для осуществления которой не требуется изготовление специальной пресс-оснастки. Поскольку при квазиизостатическом прессовании с порошком изделия взаимодействует не жесткое тело, размеры прессовок получаются «плавающими» и сильно зависят от условий и режимов прессования.

Цель данной работы – экспериментально исследовать фактор неравноплотности прессовок и его влияние на размерную точность последних в условиях квазиизостатического прессования. Возможность предварительного учета размерных искажений, в том числе вызванных неравноплотностью, приобретает особое значение, поскольку условия единичного и мелкосерийного производства практически не оставляют возможности обеспечивать размерную точность изделия путем многократной отладки процесса прессования.

Методика проведения эксперимента. Исследования проводились на партии из 10 неспеченных цилиндрических изделий диаметром 16...17 мм и длиной 60...70 мм, спрессованных в лабораторных условиях из железного непластифицированного порошка марки ПЖ2М3 ГОСТ 9849-74 при давлении прессования 400 МПа. Прессование осуществлялось на гидравлическом прессе П-125, диаметр матрицы 40 мм. В качестве передающей среды использовался технически

очищенный парафин общего назначения ГОСТ 16960-71 с плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$. Указанный материал в наибольшей степени отвечает требованиям, предъявляемым к передающим средам [3] и обеспечивает коэффициент отношения линейных усадок прессовки до $0,94 \dots 0,95$. Диаметр полученных прессовок измерялся в пяти сечениях, затем прессовки обрабатывались токарным резцом до диаметра 15 мм с целью получения точной цилиндрической формы. Для нахождения распределения плотности по высоте каждая из прессовок укорачивалась на величину, равную $2 \dots 5$ мм, после чего определение плотности остатка осуществлялось расчетным способом через его массу и объем. Погрешность определения плотности, вызванная неточностью измерительных приборов, на середине прессовки составляла $0,02 \dots 0,03 \text{ г/см}^3$, или $0,4 \dots 0,5\%$.

Обработка результатов. Среднюю плотность остатка $\bar{\rho}(z)$ и текущую плотность $\rho(z)$ можно связать зависимостью

$$\frac{1}{z} \cdot \int_0^z \rho(z) dz = \bar{\rho}(z). \quad (1)$$

Координата z направлена вдоль оси прессовки, причем $z = 0$ соответствует ее нижнему краю в положении прессования. Распределение плотности по высоте прессовки с достаточной достоверности описывает прямая [4]. Регрессионный анализ усредненных по всем исследованным прессовкам экспериментальных значений плотности остатка дает зависимость $\bar{\rho}(z) = 0,005 \cdot z + 6,4$. С учетом этого, дифференцируя (1), находим:

$$\rho(z) = 0,01 \cdot z + 6,4. \quad (2)$$

Усадка элементарного объема прессовки при прессовании определяется коэффициентом уплотнения $K = dV_0 / dV = \rho(z) / \rho_0$, где ρ_0 -- плотность утряски порошка (начальная плотность пористого тела). Принимая во внимание отношение линейных усадок ξ , можно найти оценочную зависимость

$$d(z) = d_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_0}{\rho(z) \cdot \xi}}, \quad (3)$$

описывающую контур прессовки, где d_0 -- диаметр парафиновой формы под засыпку порошком изделия (в условиях эксперимента $d_0 = 20$ мм). Аналогично, учет

неравноплотности прессовки дает зависимость между длиной (высотой) прессовки l и длиной формы под засыпку l_0 следующего вида:

$$l_0 = \sqrt[3]{\frac{l}{\rho_0 \cdot \xi^2}} \cdot \int_0^l \sqrt[3]{\rho(z)} \cdot dz \quad (4)$$

Отметим, что при $\xi = l$ и $\rho = const$ зависимости (3) и (4) легко сводятся к формулам $d_0 = d \cdot \sqrt[3]{K}$ и $l_0 = l \cdot \sqrt[3]{K}$, применяемым для расчета размеров чехла при изостатическом прессовании [1].

Обсуждение результатов. Результаты определения плотностей представлены на графике (рис. 1), где точками для наглядности показаны экспериментальные значения, полученные для одной из прессовок.

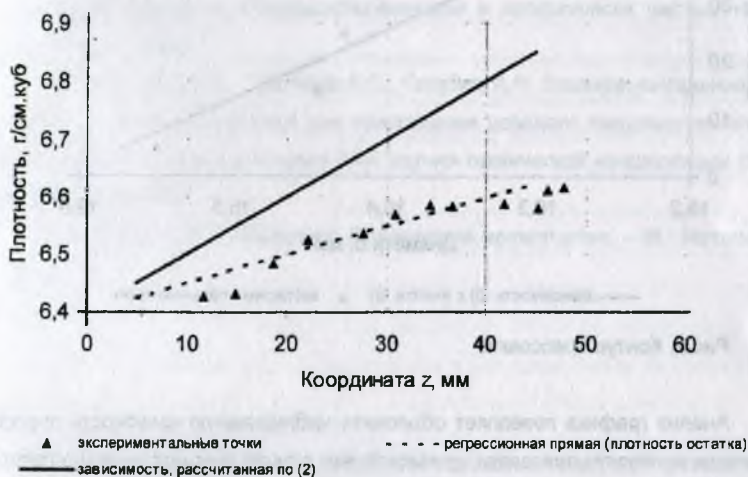


Рис. 1. Распределение плотности по высоте прессовки.

Зависимость (2), отраженная на графике, применима сугубо для перечисленных выше условий прессования. Анализ графика показывает, что падение плотности по высоте прессовки составляет 1,5...2% на 10 мм высоты. Аналогичный показатель уменьшения плотности по высоте для прессовок с сопоставимыми характеристиками, полученных в жесткой пресс-форме, составляет около 10% на 10 мм [4]. Таким образом, в нашем случае равноплотность в 5...6 раз выше.

Отчасти этим обстоятельством можно объяснить достаточно высокую длинномерность получаемых прессовок ($l/d = 6...7$), несмотря на односторонний характер приложения нагрузки при прессовании.

Влияние неравноплотности на размерную точность прессовок представляет график на рис. 2. Результаты замера контура прессовок в пяти сечениях совмещены с результатами расчета по оценочной формуле (3) с учетом регрессионной зависимости (2).

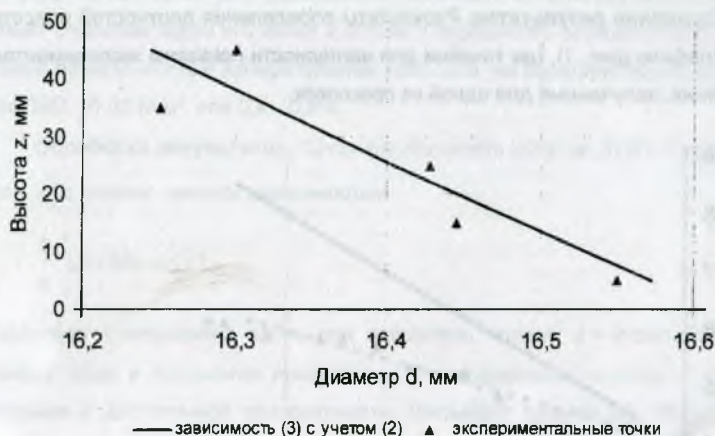


Рис.2. Контур прессовки.

Анализ графика позволяет объяснить наблюдаемую конусность прессовки падением плотности прессовки по высоте, что в свою очередь вызвано потерями давления на преодоление внешнего трения. Величина таких размерных искажений может достигать 2...2,5% на 50 мм длины, что следует учитывать при изготовлении длинномерных и крупногабаритных прессовок.

Выводы. Экспериментально установлено и теоретически объяснено влияние фактора неравноплотности прессовок на их размерную точность. Результаты исследований свидетельствуют о том, что квазиизостатическое прессование с точки зрения равномерности прессовок занимает промежуточное положение между прессованием в жестких стальных пресс-формах и изостатическим прессованием. Найденные зависимости, связывающие линейные размеры прессовки и

формы под засыпку, следует учитывать при построении алгоритма размерного расчета. Решение указанной задачи позволяет адаптировать технологию квазиизостатического прессования к условиям единичного и мелкосерийного производства для быстрого и недорогого изготовления сложных по форме изделий из порошков.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Процессы изостатического прессования /Под ред. П.Дж. Джеймса. – М.: Металлургия, 1990.
2. Клименков С.С., Голубев А.Н. Технология квазиизостатического прессования изделий сложной формы из порошков/ В сб.: Тезисы докладов научно-технической конференции «Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии». – Гродно, 1996.
3. Клименков С.С., Матвеев К.С., Голубев А.Н. Экспериментальное исследование технологических сред для прессования цельного твердосплавного инструмента / В сб.: Тезисы докладов XXX научно-технической конференции ВГТУ. – Витебск: ВГТУ, 1997.
4. Кипарисов, Г.А. Либенсон. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1991.

УДК 681.3.06.001.891.573+658.512.2

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЁТ ПОСЛОЙНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАНЕКЕНОВ

С.П. Кучинский
(ВГТУ, г. Витебск)

Разработка и изготовление оснастки – наиболее трудоёмкий этап при подготовке производства любой промышленно выпускаемой продукции. Одним из перспективных способов изготовления манекенов является формование термопластов в высокоэластическом состоянии. В этом случае оснастка состоит из двух