

УДК 666.97.033.16

Савелов Д. В.
 Драгобецкий В. В.
 Карнаух Ю. В.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВИБРАЦИОННОГО ПРЕССА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Вибрационные машины и процессы занимают существенное место при производстве изделий из металлических порошков. Их применение позволяет значительно снизить энергоемкость технологического процесса, обеспечивает повышение производительности и качества получаемых изделий. Вибрационный метод формования является основным при изготовлении изделий из металлических порошков и представляет собой одну из наиболее ответственных операций. Поэтому создание вибрационного пресса для формования изделий из металлических порошков, сочетающего в себе наряду с простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энергоемкости высокие показатели производительности и качества формуемого изделия, является важной задачей.

Анализ предыдущих исследований показал, что для изготовления заготовок и деталей из металлических порошков разработаны и применяются вибрационные прессы, в которых процесс формования осуществляется за счет комплексного воздействия вибрации и статического давления на весь объем уплотняемой смеси. Зарубежными фирмами, такими как «МИСИ-КБ» (Россия), МНИПТИ «Стройиндустрия» (Россия), «ХЕСС» (Германия) были разработаны конструкции прессов, в которых осуществляется не только одновременное, но и последовательное воздействие вибрации и давления с применением двухстадийного вибропрессования [1–4]. Однако существующие вибропрессы достаточно металлоемки и энергоемки, а современное производство требует создания надежного вибропрессового оборудования с малой энергоемкостью, обеспечивающего высокие показатели производительности и качества формуемых изделий.

Для решения поставленной задачи на кафедре «Технология машиностроения» Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского был разработан вибрационный пресс для формования изделий из металлических порошков, общий вид которого представлен на рис. 1. Детальное описание конструктивных особенностей, позволяющих создавать в порошковой смеси новые эффекты, и принципа действия предлагаемого вибрационного пресса приведено в работах [5, 6].

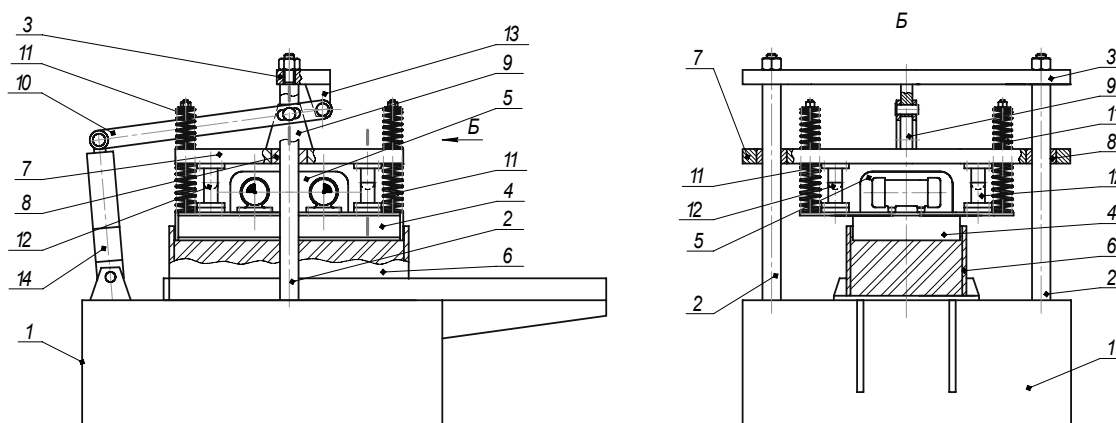


Рис. 1. Общий вид вибрационного пресса для формования изделий из металлических порошков:

1 – станина; 2 – направляющие; 3 – поперечина; 4 – виброплита; 5 – вибровозбудитель направленных колебаний; 6 – пресс-форма с порошковой смесью; 7 – реактивная плита; 8 – втулка; 9 – тяга; 10 – рычаг; 11 – упругий амортизатор; 12 – жестко-упругий ограничитель хода; 13 – рама; 14 – гидроцилиндр

Цель работы заключается в определении энергии, которая расходуется на статический и вибрационный процесс уплотнения самой порошковой смеси и энергии, потребляемой вибрационным прессом за полный цикл формования порошковой смеси.

Основным энергетическим показателем гидравлического привода вибрационного пресса является полезная (эффективная) работа, расходуемая на статическое сжатие порошковой смеси за один рабочий ход, полезная (эффективная) мощность, развиваемая вибрационным прессом в процессе рабочего хода и коэффициент полезного действия.

Полезная работа определяется из зависимости [7]:

$$A_n = \int_s P ds, \quad (1)$$

где P – статическое усилие прессования, развиваемое гидравлическим приводом вибрационного пресса.

Полезная мощность в процессе рабочего хода определится следующим образом [7]:

$$N_э = \frac{P \cdot v}{\eta_n}, \quad (2)$$

где v – скорость перемещения поперечины вибрационного пресса, значение которой зависит от времени вибрационного воздействия на порошковую смесь в пресс-форме;

η_n – полный коэффициент полезного действия гидроцилиндра.

Требуемая мощность насосной установки, используемой для реализации статического усилия прессования предлагаемого вибрационного пресса, определится из зависимости [8]:

$$N_n = N_э \cdot k_c \cdot k_y, \quad (3)$$

где k_c – коэффициент запаса по усилию;

k_y – коэффициент запаса по скорости.

Коэффициент полезного действия определится по формуле [7]:

$$\eta_m = \frac{N_э}{N}, \quad (4)$$

где N – мощность, потребляемая насосной установкой.

Одними из основных показателей работоспособности вибрационного пресса являются энергоемкость процесса формования и коэффициент полезного действия.

Коэффициент полезного действия вибрационной машины определим как отношение энергии уплотнения, которая расходуется только на формирование уплотняемого слоя смеси, к энергии, которая потребляется вибрационной машиной за весь цикл уплотнения этого слоя смеси, т. е.:

$$\eta_{вм} = \frac{W_{yn}}{W_{эм}}, \quad (5)$$

где W_{yn} – энергия вибрационного уплотнения определенного объема порошковой смеси;

$W_{эм}$ – энергия, потребляемая вибрационной машиной за весь цикл уплотнения.

Энергия вибрационного уплотнения определится из следующей зависимости:

$$W_{yn} = S \cdot H \cdot \int_0^{\varepsilon_k} P(\varepsilon) d\varepsilon, \quad (6)$$

где $P(\varepsilon)$ – функция динамической нагрузки от относительной плотности цементобетонной смеси ε , полученная из выражения;

S – площадь основания порошкового слоя;

H – значение высоты уплотняемого слоя.

Функция динамической нагрузки определится из зависимости [9]:

$$P(\varepsilon) = P_k \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_k} \right)^{2/\varepsilon_k}, \quad (7)$$

где $P(k)$ – величина динамической нагрузки, при которой достигается необходимая плотность порошковой смеси;

ε_k – максимальная относительная величина пластической деформации, при которой достигается полное уплотнение порошковой смеси;

ε – величина относительной пластической деформации.

Подставляя функцию (7) в выражение (6), определим значение энергии вибрационного уплотнения в зависимости от консистенции порошковой смеси:

$$W_{yn} = S \cdot H \cdot P_k \cdot \frac{\varepsilon_k^2}{\varepsilon_k + 2}. \quad (8)$$

Энергия, потребляемая вибрационным прессом за полный цикл уплотнения слоя порошковой смеси, будет складываться из работы, затрачиваемой на трение в подшипниках качения вибровозбудителя колебаний W_{mp} , работы, затрачиваемой на поддержание колебаний динамической системы вибрационного рабочего органа $W_{кол}$ и энергии, расходуемой на внутреннее трение в порошковой смеси $W_{вн}$, т. е.:

$$W_{\text{ем}} = \frac{(W_{mp} + W_{\text{кол}} + W_{\text{вн}})}{\eta_{np}}, \quad (9)$$

где η_{np} – коэффициент полезного действия привода вибровозбудителя колебаний.

$$W_{mp} = 0,5 \cdot Q \cdot f_{mp} \cdot d \cdot \omega \cdot t; \quad (10)$$

$$W_{\text{кол}} = \frac{2 \cdot m_{np} \cdot g \cdot A \cdot \omega \cdot t}{\pi}, \quad (11)$$

A – амплитуда колебаний виброплиты вибрационного пресса;

Q – амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний;

f_{mp} – коэффициент трения в подшипниках качения вибровозбудителя колебаний;

m_{np} – приведенная масса колеблющейся части динамической системы, т. е. вибрационной плиты совместно с приведенной массой уплотняемой порошковой смеси;

g – ускорение свободного падения;

t – продолжительность вибрационного воздействия.

В табл. 1 приведены значения затрачиваемых усилий P , мощности требуемой насосной станции N_n и энергии вибрационного уплотнения W_{yn} образца размерами $0,2 \times 0,2 \times 0,2$ м, включающего порошок железный 70,0; порошок медный 25,0; релит 5,0.

Таблица 1

Результаты расчета значений затрачиваемых усилий P , мощности насосной станции N_n , энергии вибрационного уплотнения W_{yn}

Диаметр гидроцилиндра D , м	Усилие на штоке поршня $P_{\text{ц}}$, Н	Усилие статического сдавливания $P_{\text{ст}}$, Н	Мощность насосной станции N_n , кВт	Энергия вибрационного уплотнения W_{yn} , Дж (кгм)
0,125	75800	400000	2,464	24739,7 (2521,9)

Полученные в табл. 1 результаты расчета с использованием приведенных выше теоретических зависимостей показывает, что применение новых конструктивных решений позволяет получить вибропресс для формования изделий из металлических порошков с низкой энергоемкостью. Так использование гидравлического прижимного устройства, выполненного в виде двурычажного рычага относительно шарнира тяги, позволяет развивать статическое усилие прессования 400000 Н при диаметре цилиндра 0,125 м и усилие на штоке поршня 75800 Н. При этом мощность дополнительного оборудования для перемещения реактивной плиты в месте с виброплитой не превышает 2,5 кВт. Вибрационное воздействие на порошковую смесь в пресс-форме осуществляется с усилием 10000 Н, а применение в конструкции вибропресса жестко-упругих ограничителей позволяет значительно повысить динамическое давление и интенсивность вибрационного воздействия на порошковую смесь, при этом энергия формования изделия составляет 24739,7 Дж.

ВЫВОДЫ

Проведенные теоретические исследования позволяют сделать вывод о том, что предлагаемый вибрационный пресс для формования изделий из металлических порошков обладает низкой энергоёмкостью (комплектуется двумя электромеханическими вибраторами суммарной мощности 0,5 кВт, а мощность двигателя насосной станции не превышает 2,5 кВт), а полученные теоретические выражения позволяют оценить энергоёмкость процесса уплотнения и определить коэффициент полезного действия вибрационного пресса в зависимости от интенсивности вибрационной нагрузки, вида, направления и форм колебаний, основных параметров вибрационного пресса, типа вибровозбудителей колебаний и привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко І. І. *Машины для виробництва будівельних матеріалів : підручник / І. І. Назаренко.* – К. : КНУБА, 1999. – 488 с.
2. Мартынов В. Д. *Строительные машины и монтажное оборудование / В. Д. Мартынов, Н. И. Аleshin, Б. П. Морозов.* – М. : Машиностроение, 1990. – 351 с.
3. Морозов М. К. *Механическое оборудование заводов сборного железобетона / М. К. Морозов.* – К. : Вища школа, 1986. – 311 с.
4. Раковский В. С. *Порошковая металлургия в машиностроении / В. С. Раковский, В. В. Саклинский.* – М. : Машиностроение, 1972. – 126 с.
5. Савелов Д. В. *Разработка вибрационного пресса для формования изделий из металлических порошков / Д. В. Савелов, В. В. Драгобецкий, Д. С. Терещенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – № 43. – С. 3–7.
6. Патент на корисну модель № 48560 UA, МПК (2009) B28B1/08. *Вібропрес для формування стінових блоків / Савелов Д. В., Маслов А. Г.* – Заявл. 18.09.09; опубл. 25.03.10, Бюл. № 6.
7. Живов Л. И. *Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников.* – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Вища школа, 1981. – 376 с.
8. Ануриев В. И. *Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 2 / В. И. Ануриев.* – изд. 5-е перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 559 с., ил.
9. Маслов А. Г. *Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А. Г. Маслов, В. М. Пономарь.* – К. : Будівельник, 1985. – 128 с.

Савелов Д. В. – канд. техн. наук, доц. КНУ им. М. Остроградского;

Драгобецкий В. В. – д-р техн. наук, проф. КНУ им. М. Остроградского;

Карнаух Ю. В. – студент КНУ им. М. Остроградского.

КНУ – Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, г. Кременчуг.

E-mail: savelov@vizi-net.com