

УДК 961.762

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА С ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИЗ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.В. ТУМИЛОВИЧ, Л.П. ПИЛИНЕВИЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 6 февраля 2018

Аннотация. Приведены результаты исследований процесса получения глушителей шума пневматических систем с повышенной эффективностью из пористых порошковых материалов методом вибрационного формования.

Ключевые слова: глушители шума, порошковая металлургия, пористые порошковые материалы, насыпная плотность, вибрационное формование.

Abstract. The study results of obtaining process of noise silencers from porous powder materials by the method of vibrational molding for pneumatic systems with increased efficiency are given.

Keywords: noise silencers, powder metallurgy, porous powder materials, bulk density, vibrational molding.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 115, No. 5, pp. 19-23
Investigation of the producing process of noise silencers
with increased effectiveness from porous powder materials
M.V. Tumilovich, L.P. Pilinevich

Введение

Сжатый воздух широко используется в качестве энергоносителя во многих системах привода инструментов и оборудования (дрели, гайковерты, перфораторы, прессы, молоты, копры, компрессоры и др.). Стравливание воздуха из воздушной системы и работа пневмоприводов сопровождается значительным увеличением уровня звукового давления и повышением уровня шума. Для снижения уровня шума пневматических систем применяют глушители из различных пористых материалов (набивки из стекловолокна, поролона, минеральной ваты, металлической сетки и стружки и др.). Повышение эффективности глушения шума в таких глушителях достигается за счет увеличения толщины пористого материала в направлении движения потока стравливаемого воздуха, что приводит к дополнительному расходу материалов, увеличению массы и стоимости таких глушителей.

Проведенный анализ информационных источников показал, что одним из наиболее перспективных материалов [1], применяемых в качестве глушителей шума, являются пористые материалы из металлических порошков. Обладая широким диапазоном пористости, высокой проницаемостью, механической прочностью, способностью к работе в широком диапазоне температур, коррозионной стойкостью, такие глушители находят все более широкое применение. При конструировании глушителей шума учитывают величину их пор, проницаемость, механическую прочность, стоимость, а также химический состав материала, который должен быть инертен к составу газовой смеси.

Разработка процесса получения пористых порошковых материалов с повышенной эффективностью глушения шума

Пористые порошковые материалы (ППМ), изготавливаемые традиционными методами порошковой металлургии, в настоящее время известны и широко применяются для получения изделий самого различного назначения. Однако традиционные технологии получения ППМ имеют ряд недостатков, значительно усложняющих технологический процесс и повышающих стоимость изделий (многостадийность, высокая трудо- и энергоемкость). Одним из основных факторов, влияющих на эффективность глушения пневматического шума (превращения звуковой энергии в тепловую) в пористых средах, является динамическое сопротивление пористой среды движению газового потока. Динамическое сопротивление, главным образом, определяется пористостью, размером и формой пор, а также длиной поровых каналов пористого материала. Форма пор пористых материалов может быть самой разнообразной: глобулярной равноосной, щелевидной с разными соотношениями осей, гофрированной, неправильной с разветвленными краями и др. Наиболее простую форму пор имеют пористые материалы, изготовленные из сферических частиц одного размера с гладкой поверхностью. Однако и в этом случае пористость, форма и размер пор могут значительно изменяться в зависимости от типа укладки частиц. Известна фундаментальная зависимость Слихтера для определения пористости пористых материалов, изготовленных из сферических частиц одного размера [2]:

$$\Pi = 1 - \frac{\pi}{6(1 - \cos \theta) \cdot \sqrt{1 + 2 \cos \theta}}, \quad (1)$$

где θ – угол укладки частиц.

В случае различной укладки частиц пористость изменяется. Так, например, при $\cos \theta$, равном 60° , пористость равна 0,259, а при $\cos \theta$, равном 90° , пористость равна 0,476.

Зависимость длины пор в пористом слое, состоящем из частиц одного размера, от типа укладки частиц и их размера, предложенная Слихтером, имеет следующий вид:

$$l = d \left(1,95 - 0,39 \frac{\theta}{\pi} \right), \quad (2)$$

где l – длина поры, d – диаметр частиц.

Увеличение длины поры по сравнению с толщиной пористого материала характеризуется коэффициентом извилистости пор. Извилистость пор зависит от формы исходных частиц и способа их формования, а также от толщины пористых материалов.

Анализ различных технологических приемов и способов получения пористых материалов с заданным порораспределением показал, что наиболее перспективным является способ формования при наложении на форму с порошком вибрационных колебаний [3]. Получить необходимое порораспределение данным способом можно путем правильного выбора размеров частиц, формы, а также параметров вибрации, которая позволяет обеспечить заданный тип укладки частиц, влияющий на плотность их укладки, размер пор и извилистость поровых каналов. Кроме того, плотность укладки частиц зависит: от степени заполнения мелкими частицами пустот между крупными, образования и разрушения мостиков или арок при засыпке порошка в форму, гранулометрического состава порошка др. Выступы и неровности на поверхности частиц затрудняют их перемещение, порошки с такими частицами обладают меньшей насыпной плотностью. Для ее увеличения порошок подвергают различным видам обработки, например, обкатке в шаровой мельнице или сфероидизирующему отжигу. В результате такой обработки частицы порошка приобретают форму, близкую к сферической. Для увеличения плотности применяют утряску путем встряхивания порошка или наложением вибрации. Максимальная плотность утряски достигается при определенном гранулометрическом составе порошков (соотношении размеров и количества мелких и крупных частиц) и координационного числа укладки N_c . Для координационных чисел упорядочной укладки сферических частиц одного размера от 4 до 12 относительная плотность их упаковки определяется на основе расчетов элементарной стереометрии, например максимальная плотность (0,7405) достигается при значениях координационного числа укладки $N_c = 12$.

Арки, образующиеся при засыпке порошка в форму при изготовлении ППМ, являются основной причиной, препятствующей получению максимальной плотности формируемых частиц. При вибрационном уплотнении порошка силовым фактором, вызывающим разрушение связей между частицами, является сила инерции $F_u = -ma$, обусловленная влиянием величины ускорения колебаний a . Следовательно, меняя величину ускорения a , можно изменять и силу, действующую на порошок и на каждую его частицу. В то же время арки находятся в устойчивом состоянии лишь при определенном расположении в них частиц. Поэтому, сообщив форме с порошком колебания с соответствующим ускорением, которое вызовет движение одной или нескольких частиц, входящих в арку, в конечном итоге можно нарушить условие равновесия и разрушить ее, что и приведет к уплотнению порошка.

На разрушение арок оказывает влияние и частота вибрационных колебаний. Это можно объяснить тем, что при нарушении равновесия арки частицы, входящие в нее, должны в результате действия колебаний сместиться и пройти некоторое расстояние. Это расстояние пропорционально промежутку времени движения частиц, определяемого частотой колебаний. Изменяя частоту и ускорение вибрации, можно производить укладку частиц в форме определенного типа. Для определения оптимальных параметров вибрационного формирования ППМ, применяемых для глушения шума, проведены экспериментальные исследования.

Исследования влияния вибрационных колебаний на насыпную плотность порошков проводились на вибрационном стенде ВЭДС 10-А. Результаты проведенных экспериментальных исследований представлены на рис. 1. Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением ускорений вибрации насыпная плотность порошков увеличивается до определенного значения и достигает максимума при значениях, близких к ускорению свободного падения (рис. 1, *а*). С дальнейшим увеличением ускорений рост плотности не наблюдается, а в некоторых случаях она даже уменьшается (рис. 1, *з*). Последнее объясняется тем, что при таких ускорениях происходит не только разрушение арок, появившихся в процессе засыпки, но и образование новых. Процесс виброукладки порошков различных фракций незначительно зависит от размеров их частиц и практически имеет постоянный характер.

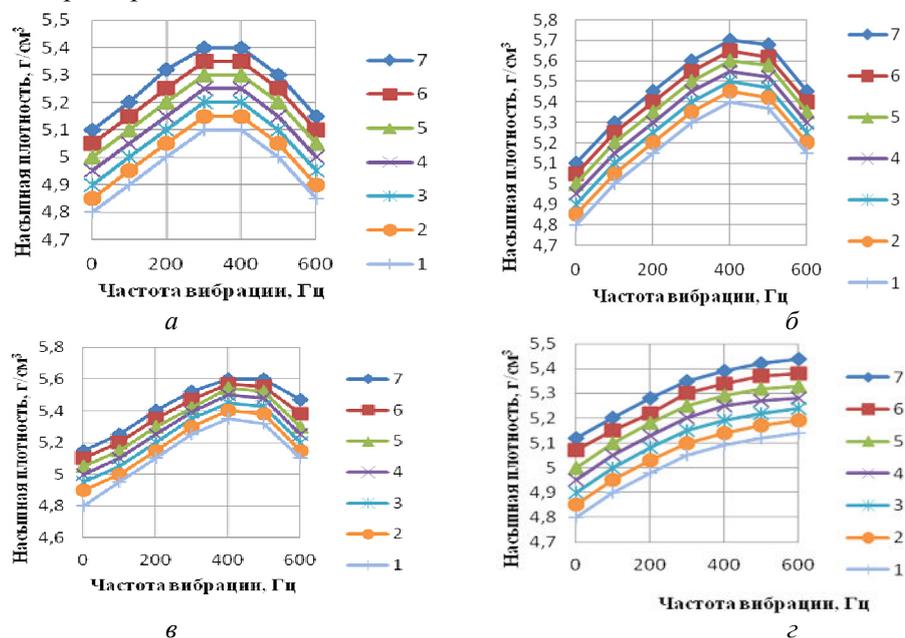


Рис. 1. Зависимость насыпной плотности порошка марки БрОФ10-1 от частоты вибрации при фиксированных значениях ускорений: *а* – 5 м/с²; *б* – 10 м/с²; *в* – 15 м/с²; *з* – 21 м/с²; 1 – размер частиц 0,04–0,063 мм; 2 – 0,063–0,1 мм; 3 – 0,1–0,16 мм; 4 – 0,16–0,2 мм; 5 – 0,2–0,315 мм; 6 – 0,315–0,4 мм; 7 – 0,4–0,63 мм

На рис. 2 представлен уровень и частотный спектр шума выхлопа пневматического гайковерта модели DWT с различными глушителями из ППМ на расстоянии 1 м от него

и без глушителей, а на рис. 3 – внешний вид глушителей шума, разработанных и выпускаемых в Государственном научном учреждении «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси.

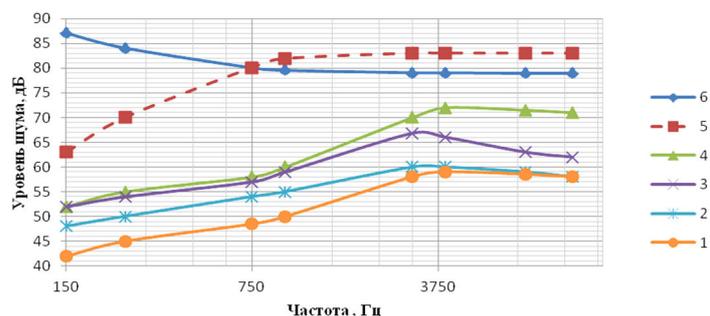


Рис. 2. Уровень и частотный спектр шума выхлопа пневмогайковерта модели DWT с глушителями из порошка бронзы марки БрОФ-10-1 различного грансостава, полученных методом свободной насыпки и методом вибрационного формования, на расстоянии 1 м от него и без глушителей: 1 – порошок 0,16 – 0,2 мм; 2 – порошок 0,2 – 0,315 мм; 3 – порошок 0,315 – 0,4 мм; 4 – глушитель, полученный методом свободной насыпки; 5 – санитарная норма; 6 – уровень шума без глушителя

На основании проведенных исследований разработан технологический процесс, позволяющий изготавливать глушители шума различной конфигурации, обеспечивающие повышенную эффективность глушения шума, в виде пластин, дисков, колпачков и др. (рис. 3). Разработанные глушители обеспечивают снижение уровня звукового давления по всему частотному спектру на 10–30 дБ, компактны, имеют небольшой вес, обеспечивают простоту монтажа и эксплуатации и внедрены на ряде предприятий Республики Беларусь [4].

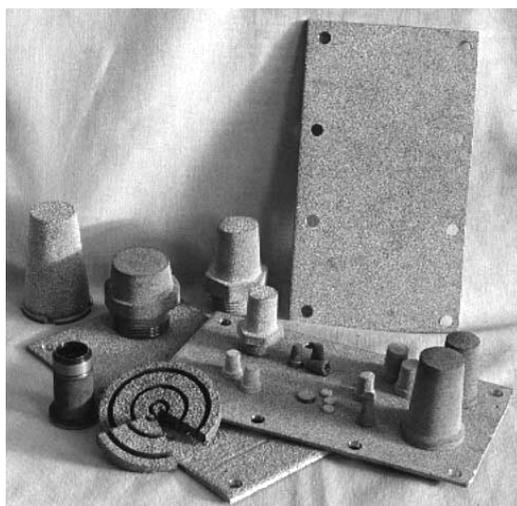


Рис. 3. Внешний вид разработанных глушителей шума

Заключение

Исследован процесс получения глушителей шума пневматических систем методом вибрационного формования металлических порошков в зависимости от размеров частиц порошка, амплитуды и частоты вибрации. Показано, что данным методом можно обеспечить заданный тип укладки частиц, а следовательно, и заданное порораспределение. Это достигается путем правильного выбора размеров частиц, формы, а также параметров вибрации, которая влияет на плотность их укладки, размер пор и извилистость поровых каналов. Разработанные глушители обеспечивают снижение уровня звукового давления по всему частотному спектру на 10–30 дБ, компактны, имеют небольшой вес, обеспечивают простоту монтажа и эксплуатации.

Авторы выражают благодарность работникам ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси А.М. Тарайковичу и Г.А. Шеко за предоставленные материалы.

Список литературы

1. Средства защиты в машиностроении: расчет и проектирование / С.В. Белов [и др.]. М.: Машиностроение. 368 с.
2. Slichter C.S. Theoretical Investigation of the Motivr of Ground Waters // U.S.GeGeological Survey 19th Annual Report. 1899. Part 2. P. 295.
3. Пористые порошковые материалы с анизотропной структурой: методы получения / Л.П. Пилиневич [и др.]. Минск: Тонпик, 2006. 236 с.
4. Пористые порошковые материалы и изделия на их основе для защиты здоровья человека и охраны окружающей среды: получение, свойства, применение / М.В.Тумилович [и др.]. Минск: Беларус. навука, 2010. 356 с.

References

1. Sredstva zashhity v mashinostroenii: raschet i proektirovanie / S.V. Belov [i dr.]. M.: Mashinostroenie. 368 s. (in Russ.)
2. Slichter C.S. Theoretical Investigation of the Motivr of Ground Waters // U.S.GeGeological Survey 19th Annual Report. 1899. Part 2. P. 295.
3. Poristye poroshkovye materialy s anizotropnoj strukturoj: metody poluchenija / L.P. Pilinevich [i dr.]. Minsk: Tonpik, 2006. 236 s. (in Russ.)
4. Poristye poroshkovye materialy i izdelija na ih osnove dlja zashhity zdorov'ja cheloveka i ohrany okruzhajushhej sredy: poluchenie, svojstva, primenenie / M.V.Tumilovich [i dr.]. Minsk: Belarus. navuka, 2010. 356 s. (in Russ.)

Сведения об авторах

Тумилович М.В., д.т.н., доцент, начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Пилиневич Л.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Tumilovich M.V., D.Sci, associate professor, head of department of the highest qualification scientific personnel training of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Pilivich L.P., D.Sci, professor, professor of engineering psychology and ergonomics department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровка, 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-88-83;
e-mail: tumilovich@bsuir.by
Тумилович Мирослав Викторович

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovka st., 6,
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. +375-17-293-88-83;
e-mail: tumilovich@bsuir.by
Tumilovich Miroslav Viktorovich