

УДК 621. 762
ПОРИСТЫЙ МАТЕРИАЛ С «ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ» УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ

В.М. АЛЕКСАНДРОВ, П.А. ШКУРДЮК, Н.В. КИРШИНА
Обособленное хозяйственное структурное подразделение
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИМПУЛЬСНЫХ
ПРОЦЕССОВ С ОПЫТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ»
Минск, Беларусь

Потребности современной техники приводят к необходимости создания новых материалов с принципиально новыми свойствами.

Тело легче воздуха подвергается действию выталкивающей, или подъёмной силы. Превышение этой силы над весом тела, отнесённое к его объёму, можно назвать удельной подъёмной силой или «отрицательным» удельным весом.

Обладающий таким свойством материал может найти применение в авиационно-космической технике при создании летательных, спасательных, энергоресурсосберегающих и других специальных устройств.

В его основе лежит сверхлёгкий пористый или иной несплошной материал с объёмным содержанием твёрдого вещества не более 1–2 %, имеющий плотность на уровне $< 1 \text{ кг/м}^3$. Снаружи стандартный блок такого материала покрыт тонкой газонепроницаемой полимерной или металлической оболочкой, а внутри заполнен, например, гелием (возможны варианты с использованием других инертных газов легче воздуха). Проведенные расчёты позволяют показать, что данный материал будет иметь близкий к нулевому или отрицательный средний по объёму «удельный вес», что позволит создавать на его основе упомянутые выше аппараты и устройства.

Условие нулевого веса или удельного веса данного материала имеет вид:

$$\rho_{\text{МК}} V_{\text{МК}} g + \rho_{\text{МО}} V_{\text{МО}} g = (\rho_{\text{В}} - \rho_{\text{Г}}) V_{\text{Г}} g , \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения; $\rho_{\text{МК}}$ – плотность материала каркаса; $\rho_{\text{МО}}$ – плотность материала оболочки; $\rho_{\text{В}}$ – плотность воздуха; $\rho_{\text{Г}}$ – плотность газа; $V_{\text{МК}}$ – объём каркаса; $V_{\text{МО}}$ – объём материала оболочки; $V_{\text{Г}}$ – объём газа.

Для материалов такого класса можно вывести, аналогично с пористыми материалами в технологии порошковой металлургии, так называемый критерий эффективности [1], который будет иметь вид:

$$K = (\rho_{\text{МК}} V_{\text{МК}} + \rho_{\text{МО}} V_{\text{МО}}) / [(\rho_{\text{В}} - \rho_{\text{Г}}) V_{\text{Г}}] . \quad (2)$$

При $K = 1$ данный материал имеет «нулевой» удельный вес, то есть не оказывает давления на горизонтальную поверхность, при $K < 1$ данный материал имеет «отрицательный» удельный вес, то есть создаёт подъёмную силу тем большую, чем меньше значение K .



Эффективность материала такого класса может быть обеспечена минимальным удельным весом материала каркаса и оболочки и минимальной толщиной последней.

Современная технология позволяет получать материалы с указанными свойствами с достаточно широким диапазоном указанных выше параметров.

В качестве примера можно привести аэрогель, синтезированный на основе силикагеля или геля кремниевой кислоты. Твёрдый материал, имеющий наименьшую известную на сегодняшний день плотность, обладающий одновременно достаточными прочностью и жёсткостью, представляет собой кремнистый нанопенистый материал с плотностью на уровне 1 мг/см^3 , являющийся вакуумированным вариантом аэрогеля плотностью $1,9 \text{ мг/см}^3$ [2]. Простые расчеты позволяют предположить, что герметизированный по поверхности и заполненный гелием кубический блок из такого материала объёмом 1 м^3 будет обладать отрицательным весом, или подъёмной силой $1,92 \text{ Н}$, что эквивалентно весу тела массой приблизительно $0,2 \text{ кг}$ (первоначально пренебрегая весом герметизирующей оболочки). В качестве ещё одного примера реализации материала такого рода может быть рассмотрен объект, состоящий из кубических блоков, представляющих собой герметичные сварные оболочки, например жёсткие алюминиевые или стальные конструкции, заполненные гелием.

Расчёты по приведенному выше соотношению для элементарного блока из алюминия, заполненного гелием при атмосферном давлении и толщине стенки $0,0001 \text{ м}$ при выполнении условия $K=1$, что соответствует нулевому весу данного блока, позволяют рассчитать величину ребра элементарного блока $\sim 1,45 \text{ м}$.

Несложно показать, что в нашем примере при $K=1$ зависимость величины ребра “а” от толщины стенки d для элементарного блока кубической формы при неизменных прочих параметрах и условиях будет характеризоваться линейной зависимостью

$$a = 14529,1 \times d,$$

где a – величина ребра куба элементарного блока, м; d – его толщина, м.

Анализ полученных зависимостей позволит оптимизировать параметры рассмотренного элементарного блока, а также каркасных характеристик материалов данного класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Витязь. П. А.** Пористые порошковые материалы и изделия из них / П. А. Витязь, В. М. Капцевич, В. К. Шелег. – Минск : Высшая школа, 1987. – 164 с.
2. “Lab’s aerogel sets world record”. LLNL Science & Technology Review. October 2003.

