**ПЕНОМЕТАЛЛЫ**

Глава 1. Основные характеристики пенометаллов, их применение и технологии производства.

**1.1 Основные характеристики пенометаллов.**

Пенометаллы – это сравнительно новый класс материалов, для которых характерно сочетание традиционных свойств базового материала (металла) и новых свойств, определяемых особенной структурой пенометалла (далее по тексту ПМ). ПМ представляют собой ячеистые структуры, состоящие из твердого металла и газонаполненных пор, занимающих значительную часть объема. Иллюстрации различных видов ПМ приведены на Рис №№ 1-5

В общем виде классификация ПМ основана на признаках, перечисленных в Таблице 1

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| **Классификационный признак** | **Виды ПМ** |
| Базовый материал | Чистый Металл / Сплав / Композиция нескольких металлов (сплавов) |
| Тип пор | Открытые поры (сообщающиеся) / Закрытые поры |
| Детерминированность пор | Упорядоченные поры / Неупорядоченные поры |
| Геометрия пор | Круглые поры / Многогранные поры / Поры случайной формы |

Перечень свойств ПМ, наследуемых от базового материала и приобретенных вследствие их структуры, приведен в Таблице 2.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| **Свойства, наследуемые от базового материала** | **Приобретенные свойства ПМ** |
| Жесткость | Более высокая жесткость по отношению к сравнимому весу |
| Высокая теплопроводность | Существенно меньшая теплопроводность |
| Огнестойкость | Отсутствие деформаций при воздействии высоких температур |
| Химическая активность, катализ | Более высокие показатели химической активности и катализа на сравнимый объем (для ПМ с открытыми порами) |
| Электропроводность | Без значимых изменений |
| Химическая и биологическая инертность | Без значимых изменений |
| Низкая гигроскопичность | Без значимых изменений |
| Морозостойкость | Без значимых изменений |

Перечень свойств ПМ, не наследуемых от базового материала и приобретенных вследствие их структуры, приведен в Таблице 3.

Таблица 3

|  |  |
| --- | --- |
| **Свойства, не наследуемые от базового материала** | **Приобретенные свойства ПМ** |
| Плотность | Существенно более низкая плотность (отношение веса к объему) |
| Упругость | Высокое энергопоглощение при ударе, воздействии взрывной волны |
| Высокая акустическая проницаемость (передача акустических волн) | Высокий коэффициент демпфирования (звукопоглощения) |
| Отрицательная плавучесть | Положительная плавучесть |
| Магнитопроводность | Меньшая магнитопроводность |

Сравнительные физические характеристики ПМ сведены в Таблицу 4.

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| **Физическая характеристика ПМ** | **Значение (в % от базового материала) \*** |
| Плотность (кг/куб.метр) | 5-25 % |
| Площадь теплообмена (кв.м/куб. метр) | 250-10,000 % |
| Площадь соприкосновения при химических реакциях (кв.м/куб. метр) | 300-15,000 % |
| Теплопроводность | 20-60 % |
| Упругость | 10-20 % |
| Жесткость | 150-600 % |

\*В связи с противоречивостью данных в источниках значения будут уточнены

Основной характеристикой ПМ принято считать размер пор (от долей миллиметра до 2-3 сантиметров) и соотношение в ПМ базового металла и пор.

Рекордная плотность пенометалла достигнута в ПМ на основе сплава AZ91 и равна 50 кг/куб.м.

Средняя плотность ПМ на основе алюминия колеблется от 300 до 1900 кг/куб.м при средней плотности базовых алюминиевых сплавов 2700-2800 кг/куб.м

Области применения ПМ обусловлены либо улучшенными характеристиками ПМ по сравнению со свойствами базового металла (сплава), либо снижением влияния отрицательных качеств базового металла.

**1.2 Применение пенометаллов.**

Основные направления использования ПМ рассмотрены в Таблице 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Отрасль** | **Направление использования ПМ** | **Используемое свойство** | **№ Рисунка** |
| Авиакосмос | Панели фюзеляжа (обшивки КА), внутренние интерьерные и конструкционные панели, зеркала космических телескопов и антенн | Низкая плотность, высокая жесткость, пожаробезопасность, огнестойкость | 7, 10 |
| Теплообменники, радиаторы двигателей, трансмиссии и гидросистем | Большая площадь теплообмена |
| Фильтры | Большая площадь соприкосновения |
| Системы отвода выхлопных газов | Огнестойкость, акустическое демпфирование |
| Автомобилестроение | Демпферы удара (бамперы, балки безопасности, сминаемые элементы) | Высокое энергопоглощение при ударе | 8,11 |
| Акустические демпферы (звукопоглощающие обшивки) | Высокие показатели акустического демпфирования, пожаробезопасность, огнестойкость |
| Теплообменники, радиаторы двигателей, трансмиссии и гидросистем | Большая площадь теплообмена |
| Фильтры, системы нейтрализации выхлопных газов (катализаторы) | Большая площадь соприкосновения |
| Системы отвода выхлопных газов | Огнестойкость, акустическое демпфирование |  |
| Оборонная промышленность | Броня, защитные каски и жилеты, камеры для перевозки взрывчатых веществ | Высокие жесткость и энергопоглощение при ударе (воздействии ударной волны) | 9 |
| Химическая и нефтехимическая промышленность | Фильтры и катализаторы, гомогенизаторы, адсорберы | Большая площадь соприкосновения |  |
| Теплообменники | Большая площадь теплообмена |  |
| Электроника | Теплообменники (радиаторы) | Большая площадь теплообмена |  |
| Диффузоры динамиков | Высокая жесткость, низкая плотность |  |
| Травматология, ортопедия | Протезы костей и суставов | Высокая жесткость, низкая плотность, биологическая и химическая инертность. Большое количество пор позволяет прорастать сосудам и нервам внутри протезов из ПМ. |  |
| Строительство | Стеновые панели | Высокая жесткость, низкая плотность, биологическая и химическая инертность, огнестойкость, морозоустойчивость | 6 |

Отсутствие технологий и мощностей по массовому производству ПМ определяет их высокую стоимость по сравнению с другими конструкционными материалами. Поэтому наибольшее распространение ПМ получили либо в отраслях, где веса и габариты изделий важнее, чем их стоимость (авиакосмос), либо в отраслях, продукция которых непосредственно связана с безопасностью для человека или его здоровьем (броня, автомобильные бамперы и балки безопасности, протезы суставов и конечностей).

**1.3 Технологии производства пенометаллов**

Классификация технологий производства ПМ изложена в Таблице 6.

Таблица 6

|  |  |
| --- | --- |
| **Вид ПМ** | **Технология производства** |
| ПМ с открытыми/закрытыми неупорядоченными порами случайной формы | Инжекция газа в расплав металла (сплава) |
| Ввод пенообразователя в шихту металла (сплава) |
| Композитные ПМ с закрытыми упорядоченными порами правильной формы | Подготовка шихты из нескольких видов металлов (один из металлов имеет вид полых шариков). Прессование шихты в заготовку и расплав заготовки. |
| ПМ с открытыми/закрытыми упорядоченными порами правильной формы | Подготовка шихты из металла (сплава) с равномерным распределением в заготовке легкоплавких порообразователей. Расплав заготовки. |
| Химическое осаждение базового металла на упорядоченной легкоплавкой геометрической структурной основе. Отжиг полученной заготовки для удаления легоплавкой основы. |
| Аддитивные технологии (лазерная наплавка металлического порошка) |

Пенометаллы с закрытыми порами впервые были получены и запатентованы Меллером и Френчем в 1926 году. Они предложили оба метода получения пенометалла – и инжекцию инертного газа в расплав легкого металла, и внесение газовыделяющих агентов (пенообразователей) в шихту или расплав. Два патента на пенометалл были получены Бенжамином Сосником в 1948 и 1951 гг. Он предложил использовать пары ртути как порообразователь в расплаве алюминия. Развитием технологии производства пенометаллов с закрытыми порами стали работы Джона Эллиотта в Исследовательских лабораториях Бьоркстена. Хотя первые прототипы были доступны в 50-х годах 20 века, коммерческое производство началось в 90-х (компания Shinko Wire) в Японии.

Из отечественных производителей ПМ стоит отметить компанию «Новомет-Пермь». По данным этой фирмы, производимый ими пеноникель обладает невероятной сообщающейся пористостью, составляющей 96%.

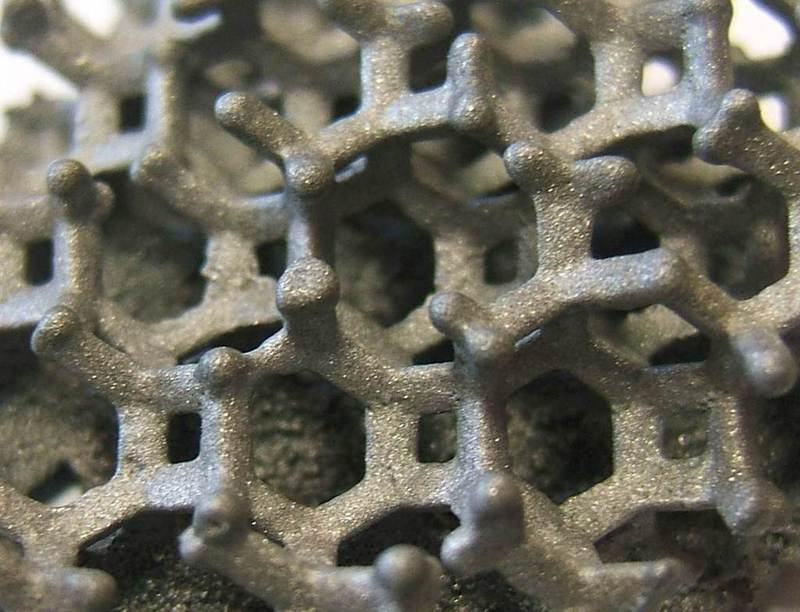


Рис. 1



Рис. 2

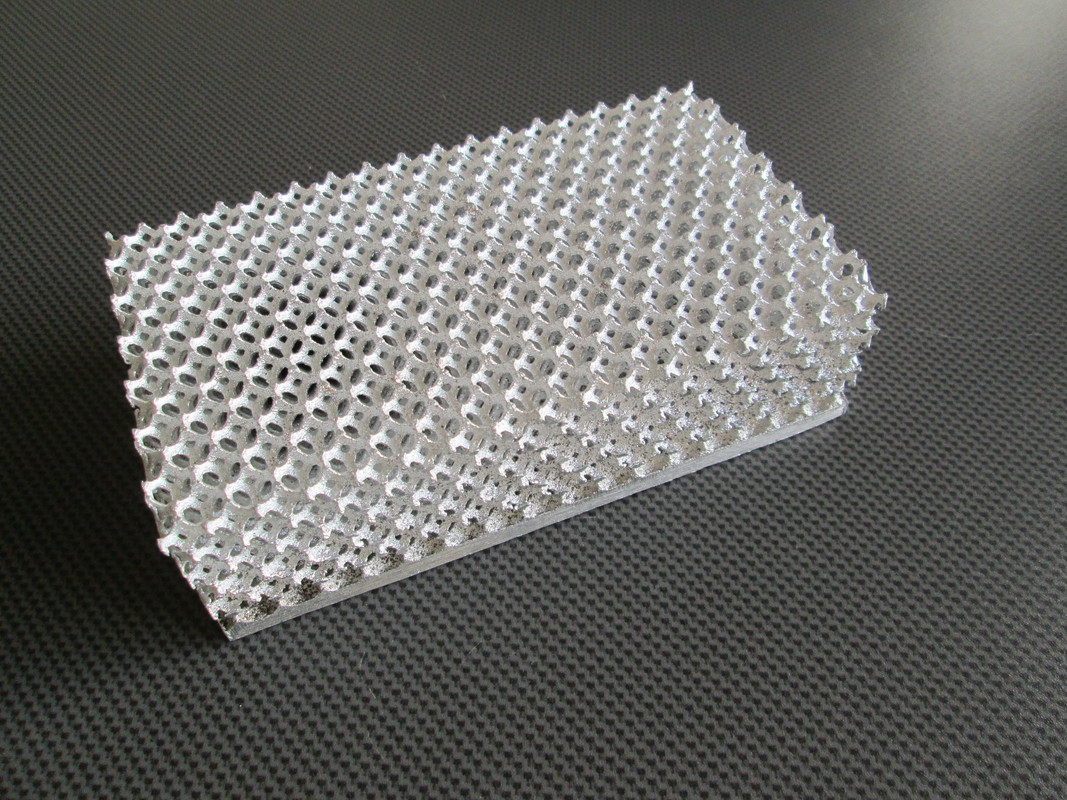


Рис. 3



Рис. 4

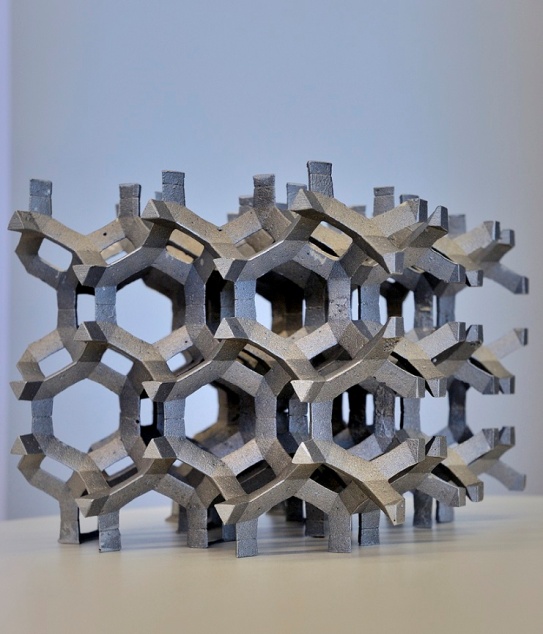


Рис. 5

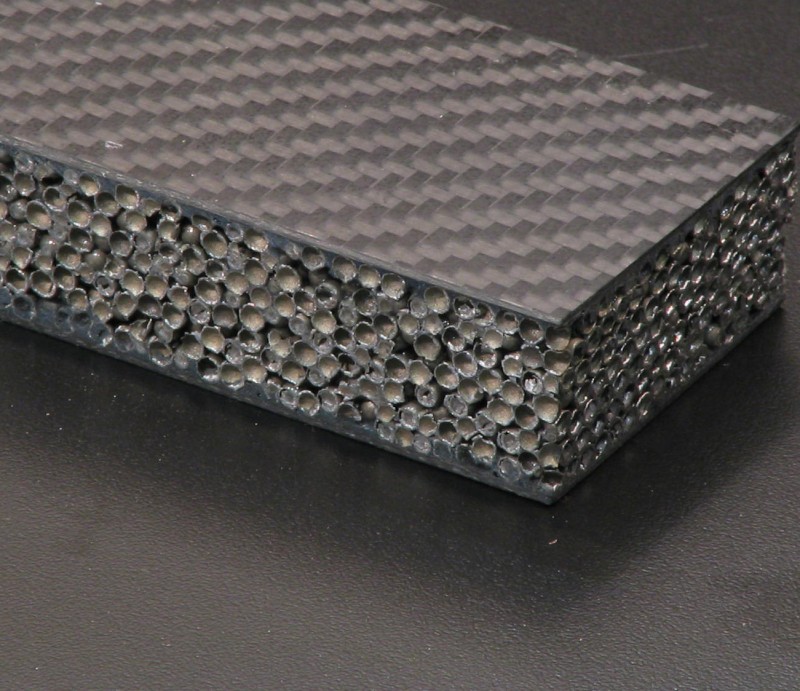


Рис. 6



Рис. 7

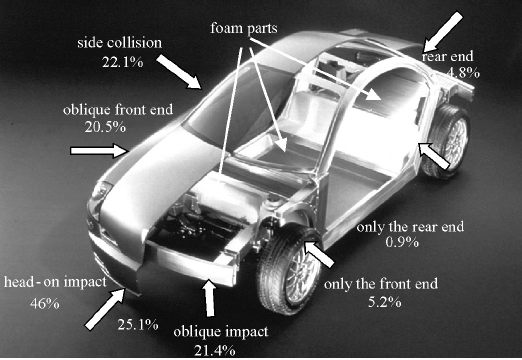


Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10

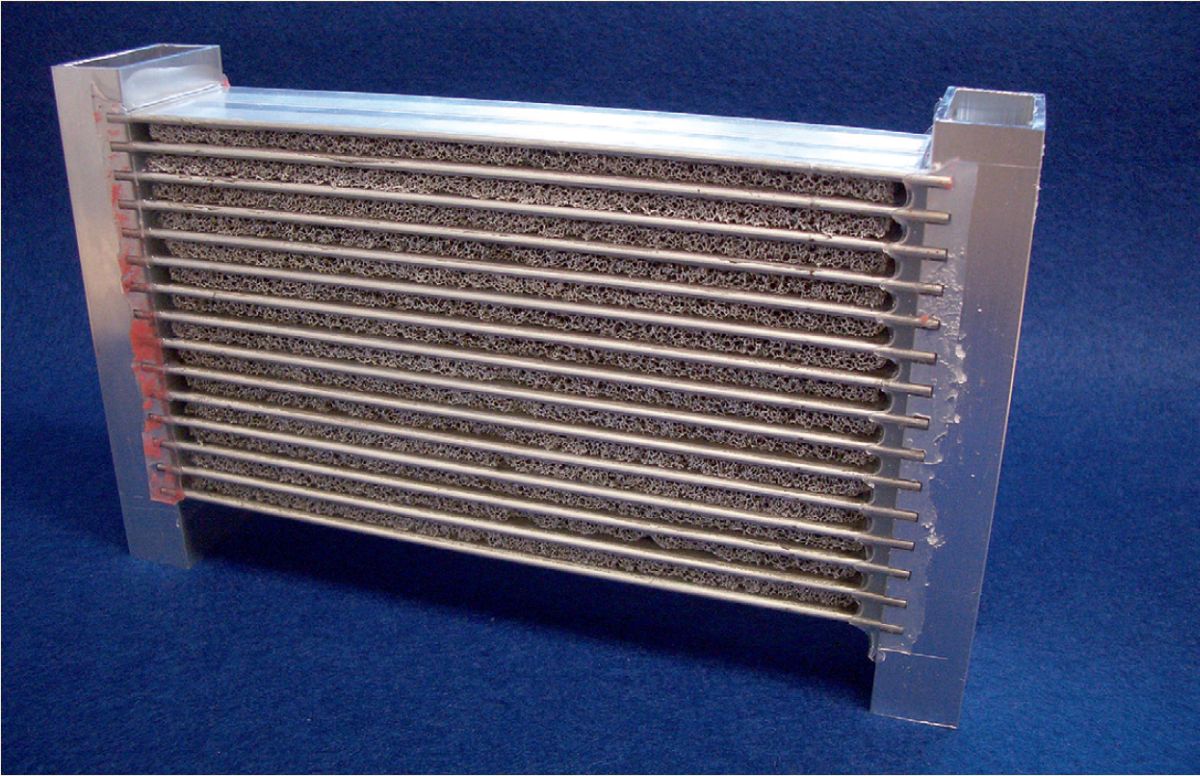


Рис. 11