

Механика

УДК 621.039

Пеноалюминий и сотовые конструкции как альтернатива древесине в транспортных контейнерах для отработавшего ядерного топлива

Комаров Сергей Владимирович, директор Димитровградского филиала, ООО Научно-производственная фирма «Сосны»

Ивашкин Александр Игоревич, инженер-конструктор, ООО Научно-производственная фирма «Сосны»

Адрес: 433506, Ульяновская обл., г. Димитровград, пр. Димитрова, д. 4а.

Тел.: (84235) 3-38-29, 6-86-91.

e-mail: seb@sosny.ru, iai@sosny.ru.

Аннотация: В данной статье приведены результаты исследования прочностных свойств образцов, изготовленных из пеноалюминия и сотовых конструкций, с целью определения возможности их применения вместо древесины, используемой в качестве основного демпфирующего материала транспортных контейнеров для отработавшего ядерного топлива.

Abstract. This paper provides the results of analysis of strength properties of samples fabricated from foam aluminum and honeycomb structures to determine alternative material to wood used as a basic shock-absorbing material of transport casks for spent nuclear fuel.

Ключевые слова: сотовые панели, пеноалюминий, демпфер, транспортный контейнер

Keywords: honeycomb, aluminum foam, shock absorber, transport container.

На сегодняшний день в качестве основного демпфирующего материала в защитных элементах транспортных контейнеров для отработавшего ядерного топлива используется древесина различных пород. Целью защитных элементов транспортного контейнера является гашение энергии

при ударе или любом другом внешнем механическом воздействии. Однако демпферы из древесины имеют ряд отрицательных качеств, к которым относятся анизотропия прочностных свойств в различных направлениях, необходимость поддержания микроклимата для исключения изменения свойств древесины и др. Соответственно перед специалистами отрасли стоит задача поиска или создания материала, обладающего лучшими прочностными свойствами по сравнению с древесиной или менее восприимчивого к изменению условий окружающей среды. Решение данной задачи имеет особую значимость при создании транспортных контейнеров нового класса, например транспортных контейнеров типа С согласно классификации международных правил МАГАТЭ TS-R-1 [1].

Поскольку на мировом рынке представлены изделия, производители которых позиционируют свою продукцию как демпфирующий материал при ударе, к числу которых относятся компании «Hexel» (США), «Alcore» (США), «Alulight International GmbH» (Австрия). Компании «Hexel» и «Alcore», являющиеся производителями сотовых панелей, гарантируют статическую прочность своей продукции на уровне 20-28 МПа [2, 3]. К числу производителей пеноалюминиевых материалов относится компания «Alulight International GmbH», материалы которой имеют заявленную статическую прочность на уровне 20-23 МПа [4]. Однако многие отечественные производители подобных материалов не рассматривают указанное направление, как область применения своей продукции. В качестве исследуемых были рассмотрены образцы сотовых панелей и пеноалюминия российского производства, приведенные на рисунке 1.

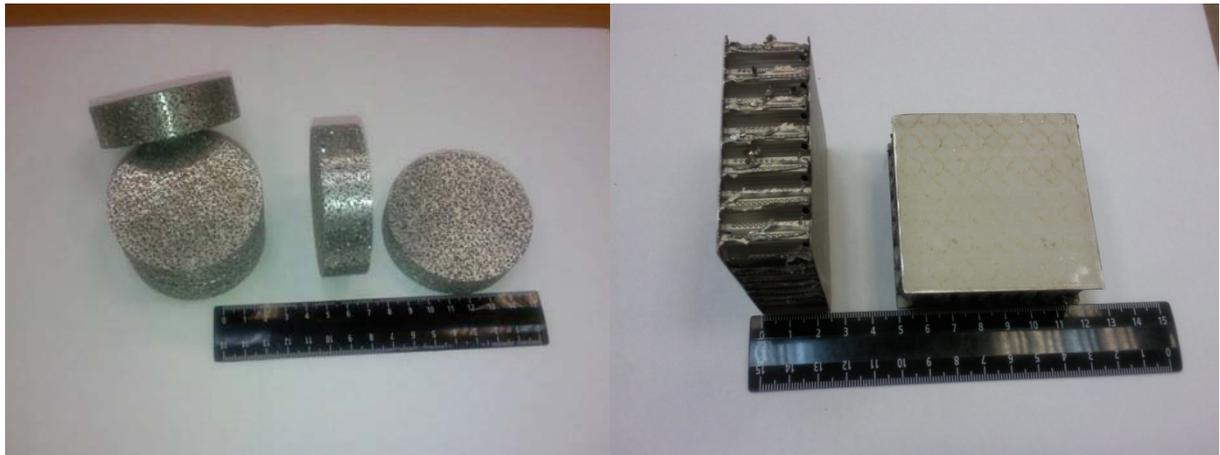


Рисунок 1 – Образцы пеноалюминия и сотовых панелей

Характеристики сотовых панелей производства ОАО «Металлист-Самара» (Россия, г. Самара) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики образцов сотовых панелей

Материал обшивки	Материал наполнителя	Габаритные размеры, мм			Толщина обшивки, мм	Толщина наполнителя, мм
		длина	ширина	высота		
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	70	70	25	0,5	0,08
ОТ4-1 ГОСТ 19807-91	Сплав ВТ1-0 ГОСТ 19807-91	70	70	25	0,3	0,08

Характеристики пеноалюминиевых материалов производства ООО «КМ» (г. Кировград) и ОАО «Каменск-уральский металлургический завод» (г. Каменск-Уральский) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики образцов пеноалюминия

Параметр	ОАО «КУМЗ»		ООО «КМ»
Материал	АВ-87	Д16	АК7
Габаритные размеры, мм	500x400x20; 500x400x50	500x400x40	Ø70x20
Плотность, кг/м ³	530	570	1000
Величина пор, мм	2-6	2-6	1-2

Исследование выполнялось на испытательной установке МИУ-500, представленной на рисунке 2, по следующей схеме:

- в начальный момент времени образец устанавливался между рабочими элементами испытательной установки;
- в следующий момент времени один из рабочих элементов начинает сжимать исследуемый образец со скоростью 3 мм/мин.

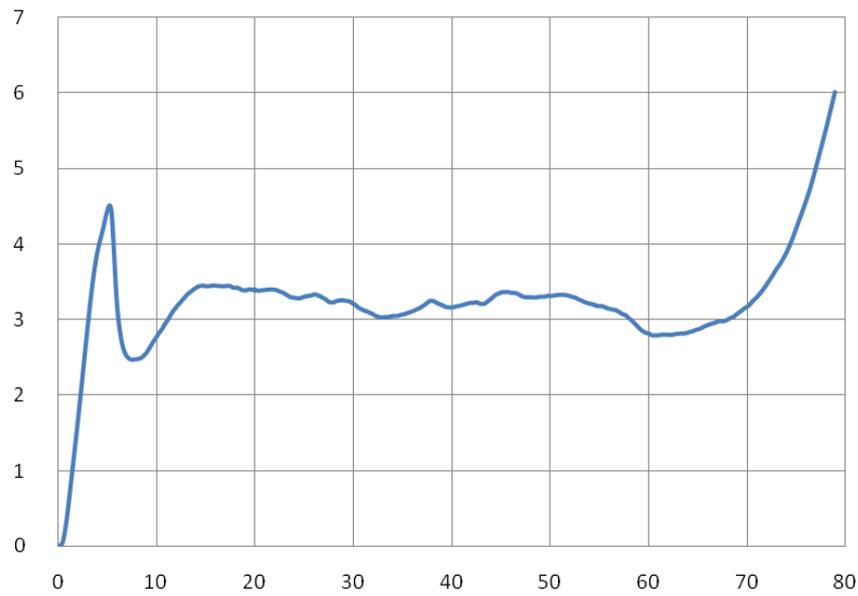
В состав испытательной установки входит силовая станция, система регистрации данных и система обработки результатов. Силовая станция обеспечивает максимальное усилие сжатия 50 тс. Элементами системы регистрации данных являются датчик контроля усилия сопротивления сжатию, соответствующего усилию сжатию, и датчик контроля продольного перемещения, соответствующего абсолютной деформации исследуемого образца.



Рис. 2. Испытательная установка МИУ-500

Результаты исследования прочности при деформировании сотовых панелей представлены в виде зависимости давления рабочего элемента испытательной установки на исследуемый образец и приведены на рисунках 3 и 4.

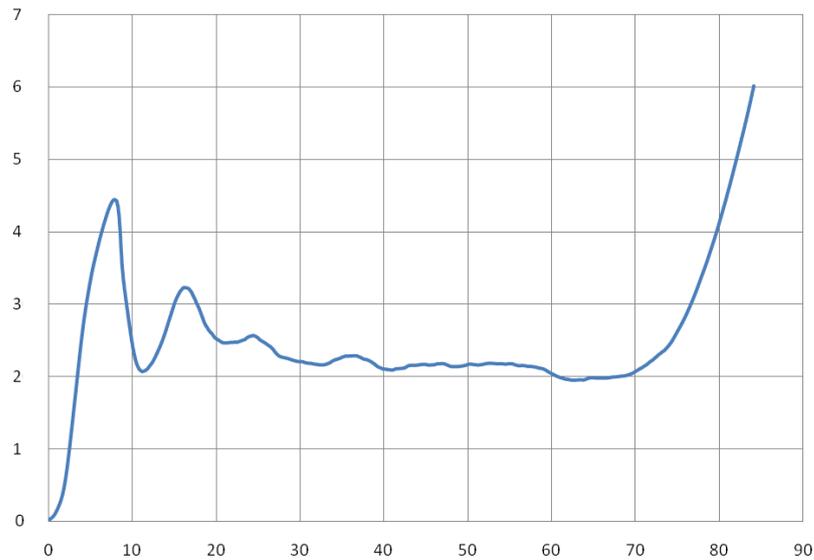
Давление, МПа



Деформация, %

Рис. 3. График деформирования сотовых панелей из титановых сплавов

Давление, МПа



Деформация, %

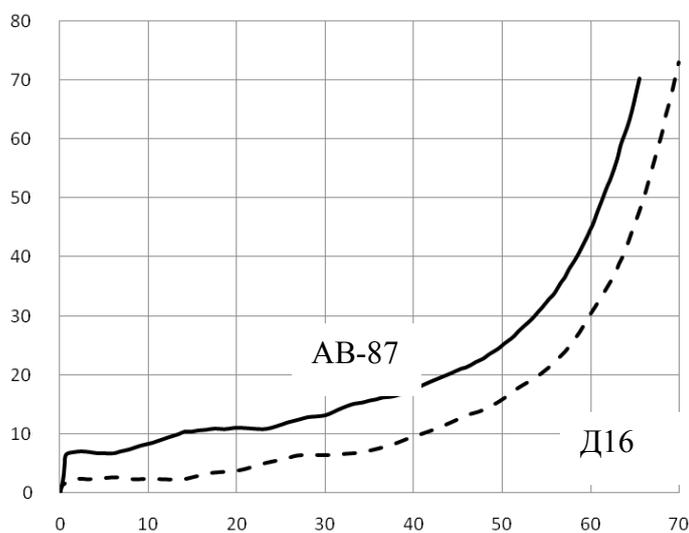
Рис. 4. График деформирования сотовых панелей из стали 12Х18Н10Т

На полученных зависимостях наблюдается пиковое значение прочности на протяжении первых 10 % деформации исследуемого образца. Способность оказывать повышенное кратковременное сопротивление прилагаемой нагрузке характерно для изделий с подобной конструкцией. В дальнейшем наблюдается «провал» кривых, моделирующих зависимость давления на исследуемый образец от величины относительной деформации.

Данный факт свидетельствует о начале разрушения сотовых панелей. В центральной части графиков наблюдается относительно равномерный участок сопротивления прикладываемой нагрузке, составляющий 55-60 % участка активного сопротивления (за конец активного сопротивления принято значение относительной деформации 75-80 %).

Результаты исследования прочностных свойств пеноалюминиевых материалов приведены на рисунках 5 и 6.

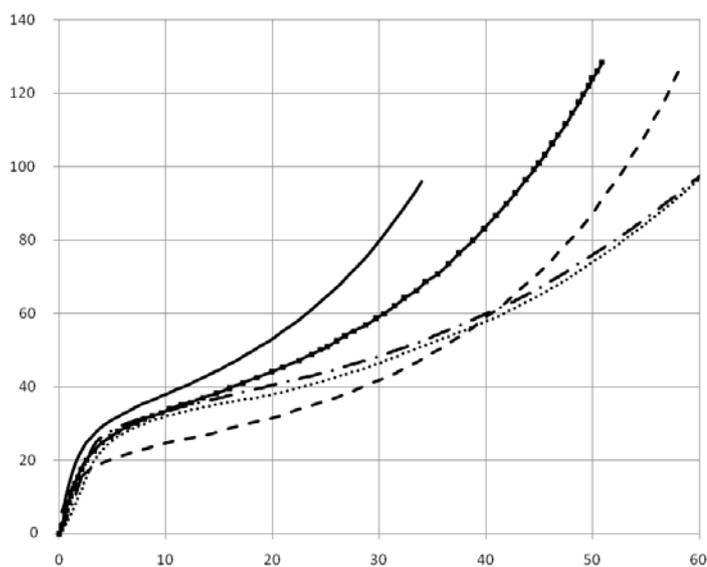
Давление, МПа



Деформация, %

Рис. 5. График деформирования пеноалюминия ОАО «КУМЗ»

Давление, МПа



Деформация, %

Рис. 6. Графики деформирования пеноалюминия ООО «КМ»

Анализ полученных результатов исследования прочности рассмотренных пеноалюминиевых материалов позволяет сделать вывод о лучших прочностных свойствах алюминиевой пены на основе сплава АК7. Однако для пеноалюминия на основе АВ-87 и Д16 касательная к кривой деформирования имеет меньший угол подъема, что свидетельствует о большей возможности пластического деформирования сплавов с большим объемным содержанием пор.

В таблице 3 приведено сравнение прочностных свойств рассмотренных материалов с древесиной различных пород.

Таблица 3 – Сравнительная таблица прочностных свойств

Тип	Материал	Производитель	Давление сжатия, МПа	Плотность, кг/м ³
Сотовый материал	12Х18Н10Т	ОАО «Металлист-Самара»	2	-
	Титановые сплавы		3	-
	Алюминий	Hexel	28	350
		Alcore	20	-
Пеноалюминий	АВ-87	ОАО «КУМЗ»	10	600
	Д16		3-4	600
	АК7	ОАО «КМ»	30-40	1000
	Алюминий	Alulight	22	700
Древесина	Дуб		68	800
	Сосна		38	450
	Бальза		22	160

Выводы.

1. Сотовые панели производства ОАО «Металлист-Самара» и пеноалюминий ОАО «КУМЗ» показали худшие результаты и поэтому их применение в качестве самостоятельных заменителей древесины в транспортных контейнерах неприемлемо.

2. Пеноалюминий ООО «КМ» показал результаты, сравнимые с прочностными свойствами древесины, однако наличие слишком большой скорости нарастания характеристики напряженно-деформированного состояния и большей плотности не позволяет рассматривать его как альтернативу древесине.

3. Рассмотренные материалы по прочностным характеристикам уступают древесине с аналогичной плотностью и поэтому не могут являться материалами, которые способны показать лучшие результаты в качестве наполнителя защитных элементов транспортных контейнеров для отработавшего ядерного топлива.

Список литературы

1. Правила безопасности перевозки радиоактивных материалов. Требования безопасности : TS-R-1 [Текст]. – Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2009. – 163 с.

2. Hexweb honeycombs [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hexcel.com/Products/Aerospace/ANHoneycombs> (дата обращения 25.10.2010).

3. Alcore products [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mcgillcorp.com/alcore/products.html> (дата обращения 25.10.2010).

4. Alulight's aluminium foam [Электронный ресурс]. URL: <http://www.alulight.com/en/aluminium-foam> (дата обращения 26.10.2010).