

УДК 629.047

В.В. Рубашевський¹, Pawel Jasion², С.М. Шукаєв¹

1 – Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, м. Київ

2 – Poznan University Of Technology

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛАДОВИХ СТІЛЬНИКОВИХ ПАНЕЛЕЙ З ПІНОАЛЮМІНІЮ

Пінометали – новий клас матеріалів з малою густиною та унікальними фізичними та механічними властивостями. Одним з таких матеріалів є піноалюміній, який успадкував велику кількість властивостей основного металу (технічного алюмінію), таких як корозійна стійкість, міцність, низьку теплопровідність, але за значно меншої ваги. Матеріал має високі енергопоглинаючі властивості, легко піддається механічній обробці, паянню та зварюванню. Все це сприяє широкому розповсюдженню цього матеріалу у сучасному виробництві, зокрема, у машинобудівній, транспортній, будівельній та інших галузях.

Великого розповсюдження набувають стільникові трьохшарові панелі (рис. 1), виконанні із двох листів алюмінію, простір між якими заповнений піноалюмінієм.

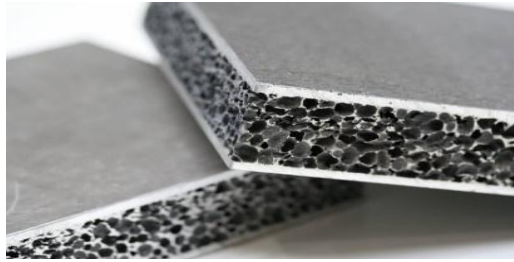


Рис. 1. Сотова панель із піно алюмінію

При конструюванні панелей даного типу, в залежності від сфери майбутнього застосування слід враховувати як геометричні так і механічні характеристики матеріалів з яких буде виконана панель, тому метою даної роботи є визначення даних характеристик.

Стільникова панель складається з трьох частин: нижньої та верхньої обшивки з листів алюмінію і заповнювача із піноалюмінію. Для розрахунку напруженого стану, що виникає в даній панелі попередньо необхідно визначити механічні характеристики складників.

Було проведено експеримент на розтягання плоских зразків з (рис. 2), при м'якому режимі навантаження з розмірами:

$$l_0 = 100 \text{ мм}; A_0 = h \times b = 19,98 \times 0,984 = 19,66 \text{ мм}^2.$$

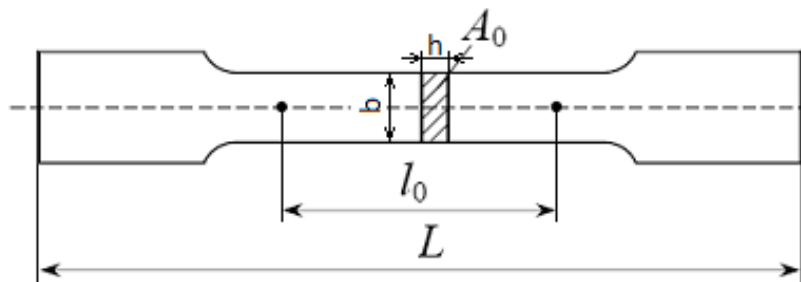


Рис. 2. Плоский зразок з алюмінію для випробувань на розтягання

і побудовано діаграми деформування (одна з них представлена на рис. 3) в координатах F(сила) — Δ□(видовження).

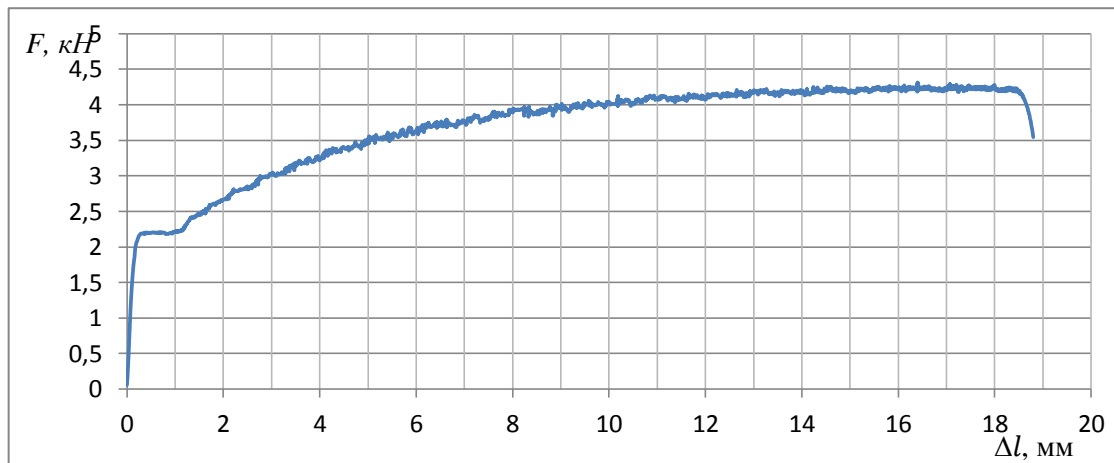


Рис. 3. Діаграма деформування алюмінію

З діаграм було визначено наступні механічні характеристики [1], що зведені у таблицю 1.

Таблиця 1. Міцнісні та деформаційні характеристики алюмінію за розтягання

Механічні властивості	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5	Середні значення
σ_{max} , МПа	219,4	218,3	218,67	220,95	220,07	219,48
σ_p , МПа	180,32	182,2	187,3	189,1	180,87	183,96
σ_T , МПа	111,04	110,87	111,14	110,04	111,38	110,89
σ_{np} , МПа	83,66	81,68	83,12	80,84	85,34	82,93
ϵ_{max}	0,1640	0,1834	0,1492	0,1569	0,1640	0,1635
ϵ_p	0,1880	0,2116	0,2184	0,2199	0,1910	0,2058
ϵ_T	0,00279	0,00214	0,00267	0,00224	0,00278	0,00252
ϵ_{np}	0,00124	0,00120	0,00122	0,00119	0,00127	0,00123
E , ГПа	67,65	68,64	68,18	67,95	67,36	67,95

Наступним етапом було визначення характеристик піноалюмінію, та порівняння отриманих результатів з даними компанії виробника «GLEICH Aluminiumwerk GmbH & Co. KG» [3] (таблиці 2).

Таблиця 2. Механічні та геометричні характеристики піноалюмінію

Хімічний склад піноалюмінію			$\sigma_{max(стиск)}$ МПа	$\sigma_{max(розтяг)}$ МПа	Середній діаметр пор, мм	E МПа	ρ г/см ³
Чистий Al	1,5% Ti	1,5% Ca	1,6	1,5	4-6	700	0,25

Були виконані випробування на стискання зразків з алюмінієвої піни (рис. 4), при м'якому режимі навантаження з розмірами:

$$h_0 = 80\text{мм}; A_0 = 40,16 \times 40,31 = 1618,8496\text{мм}^2.$$

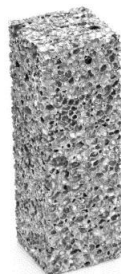


Рис 4. Зразок з піноалюмінію

Діаграма деформування в координатах $F(\text{сила}) - \Delta h(\text{укорочення})$ представлена на рис 5.

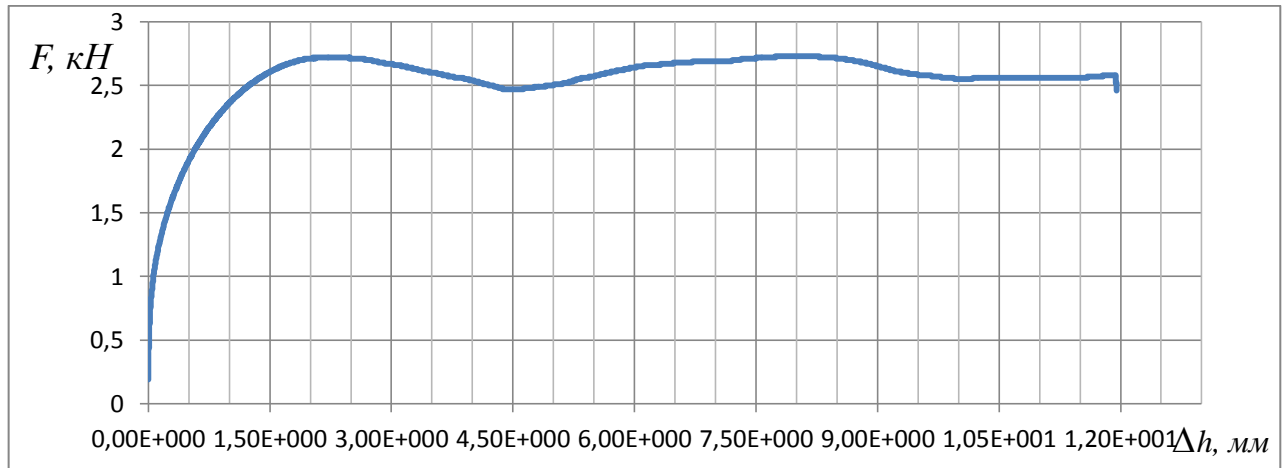


Рис. 5. Діаграма деформування за стискання піно алюмінію

З результатами випробувань визначені наступні механічні характеристики [4], що зведені у таблицю 3:

Таблиця 3. Міцнісні та деформаційні характеристики матеріалу при стиску піноалюмінію

σ_{max} МПа	σ_p МПа	σ_T МПа	σ_{np} МПа	ϵ_{max}	ϵ_p	ϵ_T	ϵ_{np}
1,686	1,519	1,667	0,741	0,1035	0,1997	0,0231	0,0015

Додатково, для визначення модуля Юнга проводився випробування на стискання кубічних зразків (рис. 6) із розвантаженням. Зразки мали наступні номінальні розміри: $h_0 = 59,5 \text{ мм}$; $A_0 = 60,7 \times 60,7 = 3684,49 \text{ мм}^2$.



Рис. 6. Кубічний зразок з піно алюмінію

За результатами випробувань побудовано діаграми деформування (рис. 7) в координатах $F(\text{сила}) - \Delta h(\text{укорочення})$, з яких за методом найменших квадратів визначали модулі Юнга, усереднене значення становить $E = 568,13 \text{ МПа}$.

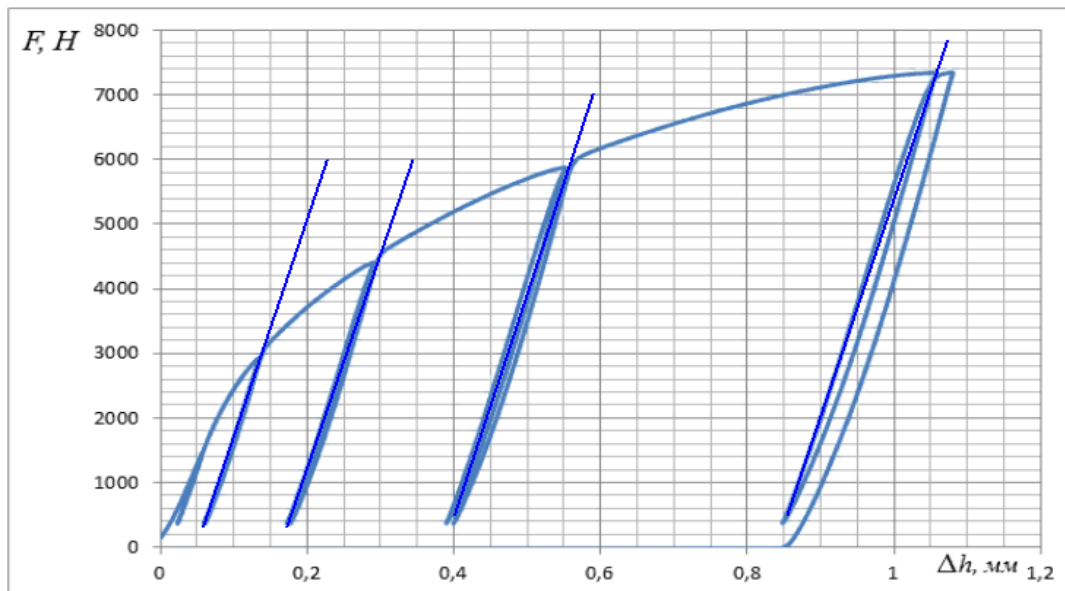


Рис. 7. Діаграма деформування зразків з піноалюмінію з розвантаженням

Більша частина експериментальних даних базуються на результатах, отриманих під час реалізації гранту, підтриманого Міністерством науки та вищої освіти Польщі — грант №0807/В/Т02/2010/38. Експерименти були проведені в Познанському університеті технологій на універсальній установці Zwick Z100/TL3S з екзотензометрами типу Macro, крім того, був використаний тензOMETричний ампліфікатор типу Spider 8 і комп'ютерна програма Catman фірми НВМ.

Результатом даної роботи є визначення механічних властивостей зразків з алюмінію та піноалюмінію, з яких виготовляються складові стільникових панелей. Показано, що отримані механічні характеристики близькі до загально прийнятих характеристик даних типів матеріалів. Експериментальні результати будуть використовуватись в подальших чисельних розрахунках на міцність стільникових панелей з піноалюмінію.

Список використаної літератури

1. Металлы методы испытаний на растяжение. ГОСТ 1497-84 (СТ СЭВ 471-88 и ИСО 6892-84) [Дата введения 01.01.86] ИПК издательство стандартов Москва. - 49 с.
2. Krzysztof Magnucki, Waclaw Szyc. Wytrzymałosc i statecznosc belek i plyt trojwarstwowych z rdzeniem z pianki aluminiowej, Wydawnictwo Politechniki Poznanskiej — 2012. – 227p.
3. <https://gleich.de/de/>
4. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов метод испытания на сжатие. ГОСТ 25.503-97 [Дата введения 01-07-99] Минск. -63 с. (Межгосударственный стандарт).