

УДК 672.32:536.2.081.7

**ЯКОВЛЄВА Ірина Геннадіївна**, професор, доктор технічних наук  
**ЧЕЙЛИТКО Андрій Олександрович**, докторант, кандидат технічних наук  
**БСЛОКОНЬ Юрій Олександрович**, докторант, кандидат технічних наук  
**НОСОВ Максим Анатолійович**, аспірант

## РОЗРОБКА СТРУКТУРИ НОВОЇ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ НА ОСНОВІ МЕТАЛЕВИХ ПЕРФОРОВАНИХ ПЛАСТИН

*Запорізька державна інженерна академія*

Виконано аналітичні дослідження теплової ізоляції на основі металевих перфорованих пластин з варіюванням розміру пор і відстані між ними. Визначено оптимальні геометричні параметри складених пластин для практичного їх використання. Знайдено коефіцієнт теплопровідності та межу міцності на стискання одержаного матеріалу. Розроблену металеву теплову ізоляцію можна використовувати у авіа- та ракетобудуванні, а також автомобільній та ядерній промисловості. Застосування даного матеріалу замість монолітних частин призведе до зменшення загальної ваги конструкції, теплових втрат і витрат матеріалу.

Ключові слова: металеві перфоровані пластини, тепла ізоляція, ефективна теплопровідність, межа міцності на стискання

*Вступ.* Пористі металеві матеріали відрізняються унікальною комбінацією властивостей, які неодноразово розглядали вчені різних країн [1,2]. Така комбінація властивостей для зазначених матеріалів сприяє зростанню їх розповсюдженості за експоненціальною залежністю. Вони вже знайшли своє застосування в аерокосмічній (титанові та алюмінієві сандвіч-панелі); суднобудуванні (корпуса пасажирських суден); автомобільній (конструктивні елементи) і залізничній галузі (демпфери), а також медицині (імплантати в організм людини).

Пористі металеві матеріали також можуть бути використаними в активній зоні ядерного реактора для зниження теплових втрат. Як правило, їх виготовляють з діоксиду цирконію. Така тепла ізоляція служить для зменшення втрат енергії та одночасно для відбивання нейтронів, тому що ядра цирконію мають значний поперечний переріз розсіювання та малий перетин захоплення, а також високу атомну щільність. Виходячи з технологічних умов зазначена тепла ізоляція не може бути заміненою на неметалеву.

Незважаючи на впровадження пористих металевих матеріалів у все більшу кількість галузей, їх розвиток поступово зменшується. Причиною цього є однобічний характер розвитку, а саме орієнтація досліджень тільки на хімічний склад таких матеріалів і загальну пористість. У той час розташування, розмір і форму пор розглядають вкрай рідко. Це пов'язано з початковим вектором розвитку, який в своїй основі є вірним, проте з часом себе вичерпує. Також не варто забувати про складнощі, які пов'язані з

одержанням пористого або високопористого матеріалу (із закритою пористістю), що має ідентичні форми всіх пор, розташованих у потрібному порядку.

Для подальшого розвитку необхідно розробити новий пористий металевий матеріал, який є простим у виготовленні, що дозволяє досягати ідентичності всіх пор, розташовувати пори у потрібному порядку та використовувати комбінацію різних сплавів без застосування коштовного обладнання.

*Аналіз досліджень.* В роботі [3] детально розглянуто властивості інтерметалідів систем *Ti-Al* і *Ni-Al*, одержаних методом високотемпературного саморозповсюджуючого синтезу. Такі матеріали мають високу температуру плавлення та низьку щільність. Завдяки комбінації зазначених характеристик та використанню таких матеріалів як теплової ізоляції за певних параметрів пористості застосування їх у системах з високотемпературними процесами є перспективним.

Аналіз пористих металевих матеріалів залежно від технології їх одержання подано у роботі [4]. Продемонстровано експериментальні зразки, які одержано газоевтектичним методом, спінюванням і литтям. Найбільший інтерес мають зразки, які одержано литтям, тому що даний метод дозволяє сягати однакової форми всіх пор і упорядкованого їх розташування. Проте створення форми для лиття пов'язано із низкою складнощів, особливо якщо необхідно сягати круглої або еліпсоїдальної форми поперечного перерізу пори. Так само даний метод є обмеженим каналною пористістю.

У роботі [5] виконано аналіз газоармованих матеріалів. Розглянуто способи їх одержання,

параметри пористості й області їх застосування. Окрім газоармованих виробів як окремих конструктивних елементів, наведено спосіб одержання пористого покриття на монолітних виробках методом сканування плазмового пучка або лазера. Продемонстровані методи дозволяють одержувати як відкриту, так і закриту пористість. Проте у роботі не виконано аналізу теплофізичних властивостей і властивостей міцності таких матеріалів.

В роботі [6] розглянуто пінометали. Головний акцент зроблено на їх використання як заповнювача різних порожнистих як металевих, так і неметалевих деталей. Безумовною перевагою пінометалів є їх висока пористість, мала вага та низька теплопровідність. Проте зі збільшенням пористості характеристики міцності матеріалу зменшуються, тобто такий матеріал за наявності надмірних навантажень, потребує міцного каркасу. Недоліком таких матеріалів є також відсутність можливості регулювання форми пор і способу їх розташування у широкому діапазоні.

Пористі метали та пінометали, що виготовлено з порошків, розглянуто у роботі [7]. Наведено мікроструктуру виробів, одержаних спіканням без прикладеного з боку надлишкового тиску, селективним лазерним спіканням і різними способами спінювання. Показано вплив вмісту кисню на спінювання алюмінієвого порошку за температури 500 і 550 °С, проте відсутнім є аналіз властивостей таких матеріалів.

Дослідження впливу розміру та способу розташування пор на електронну теплопровідність металевого матеріалу подано у роботі [8]. Як експериментальні зразки використовували перфоровані пластини з нержавіючої сталі, що мають діаметри отворів 3,2-15,0 мм. Показана залежність коефіцієнта електронної теплопровідності від діаметра отворів за коридорним і шаховим розташуванням. Проте розглянутий метод не дозволяє одержувати коефіцієнт ефективної теплопровідності, також не було розглянуто закриту пористість такого матеріалу.

В роботі [9] акцент ставиться на метали з лотос-пористістю. Подано різні способи виробництва. Розглянуто: механізм зародження та зростання пор у металах з лотос-пористістю; механічні, хімічні та фізичні властивості зазначених металів; спосіб контролю розміру їх пор і загальної пористості. Проте форма пор у запропонованому матеріалі є обмеженою витягнутим циліндром з різною геометрією основи.

*Постановка задачі.* Розробка теплової ізоляції на базі набору перфорованих металевих

пластин, яка є простою у виготовленні та має оптимальні теплофізичні характеристики, що дозволить використовувати конструктивні елементи як з одного матеріалу, так і комбінації різних компонентів.

*Головний матеріал.* Запропонований варіант розробленого пористого металевого матеріалу полягає у з'єднанні між собою перфорованих пластин. Перфорацію у пластинах можна виконати таким чином, щоб під час їх з'єднання утворена пора мала необхідну форму та розташування. З'єднання пластин між собою можна здійснювати спіканням під тиском, склеюванням або за допомогою болтів. За холодним способом з'єднання як діелектрик у порах можна застосувати діелектричний папір. Через те, що контактний тепловий опір між пластинами буде значно зменшувати тепловий потік, пластини слід збирати так, щоб лінії їх з'єднання були розташовані перпендикулярно до теплового потоку. Через те що більший габаритний розмір пори повинен теж бути розташованими перпендикулярним до теплового потоку, пластини слід збирати за схемою яку подано на рис. 1.

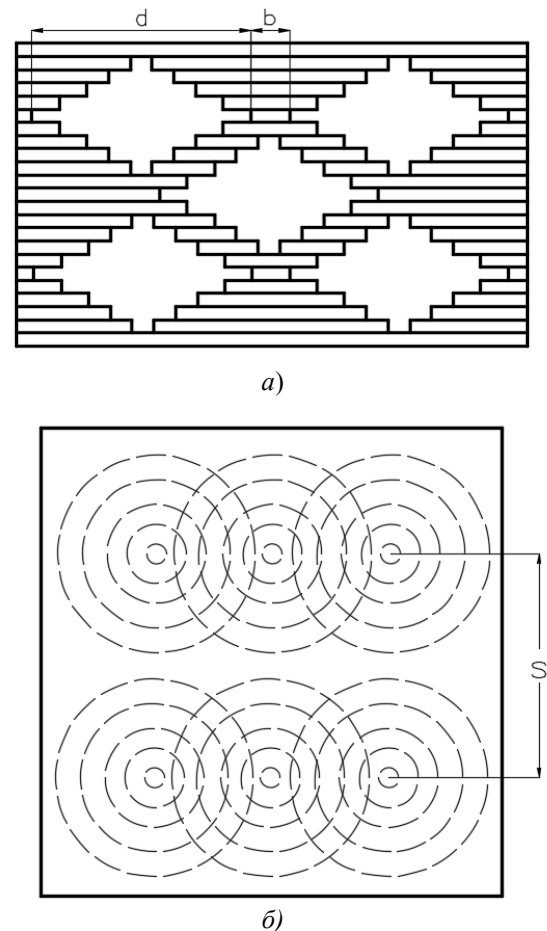


Рисунок 1 – Зібрані металеві перфоровані пластини: вид збоку (а); вид зверху (б)

Групи отворів розташовують рядами на відстані  $s$  від центру пор, чим сягають значної загальної пористості. Зменшення діаметрів отворів необхідно здійснювати щодо наступної послідовності:  $0,75d$ ,  $0,50d$ ,  $0,30d$ ,  $0,10d$ . Для знаходження залежності міцності та ефективної теплопровідності від визначальних розмірів  $d$  і  $b$  було використано метод планування експерименту. Вхідні параметри моделі:  $d$  – максимальний діаметр отворів у пластин ( $X_1$ );  $b$  – відстань між краями пор у одному ряді ( $X_2$ );  $S$  – відстань між центрами рядів перфорації ( $X_3$ ). Вихідними параметрами моделі були  $Y_1$  – коефіцієнт теплопровідності зібраних пластин, Вт/(м·К) та  $Y_2$  – межа міцності на стискання, МПа. Рівні варіювання вхідних параметрів моделі наведено у табл. 1.

**Таблиця 1** – Рівні варіювання вхідних параметрів моделі

Чисельне значення рівнів варіювання						
$X$	-1,215	-1	0	+1	+1,215	$\Delta$
$X_1$ , мм	8,925	10	15	20	19,860	4
$X_2$ , мм	2,570	3	5	7	7,430	2
$X_3$ , мм	23,925	25	30	35	36,075	5

*Виконання експерименту.* В експерименті використовували вуглецеву конструкційну сталь звичайної якості марки СТЗсп з межею міцності на стискання 137,0 МПа та коефіцієнтом теплопровідності 55,0 Вт/(м·К). Товщина одного листа складала 0,8 мм, його розміри – 0,3 x 0,3 м. Через кожні шість пластин у пори вкладали діелектричний папір у формі пелюстка. Перфоровані пластини скріпляли точковим нанесенням епоксидного клею «Холодна зварка» та зварюванням торців зразка електродами.

Для одержання квадратичних коефіцієнтів рівняння регресії було обрано ортогональний план другого порядку з ядром  $2^3$  і двома «зоряними» точками (табл. 2).

Обчислення коефіцієнтів рівняння регресії здійснювали за формулою [10]

$$a_i = \begin{cases} c_1 \cdot \sum_{j=1}^N x_i^j \cdot y^j, & i=1, \dots, n, \\ c_2 \cdot \sum_{j=1}^N [(x_{i-n}^j)^2 - \beta] \cdot y^j, & i=n+1, \dots, 2n, \\ c_3 \cdot \sum_{j=1}^N x_\mu^j \cdot x_\lambda^j \cdot y^j, & \mu, \lambda=1, 2, \dots, n, \mu \neq \lambda, i=2n+1, \dots, k. \end{cases} \quad (1)$$

Вільний коефіцієнт регресії розраховували як

$$a_0 = b_0 - \beta \cdot \sum_{j=1}^n a_{n+j}, \quad (2)$$

де  $b_0$  – середньоарифметичне значення одержаних експериментальних даних,  $b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j$ .

Згідно роботі [10], для плану з ядром  $2^3$  обирають наступні коефіцієнти:  $\alpha = 1,215$ ;  $\beta = 0,730$ ;  $c_0 = 0,067$ ;  $c_1 = 0,091$ ;  $c_2 = 0,230$ ;  $c_3 = 0,125$ .

**Таблиця 2** – Матриця планування експерименту та одержані результати для зібраних перфорованих пластин

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$
+1	+1	+1	37,8	95,67
-1	+1	+1	27,9	109,65
+1	-1	+1	44,4	90,99
-1	-1	+1	30,0	110,51
+1	+1	-1	42,2	95,67
-1	+1	-1	43,1	109,65
+1	-1	-1	39,2	90,99
-1	-1	-1	41,6	110,51
-1,215	0	0	34,0	110,73
+1,215	0	0	31,0	90,38
0	-1,215	0	21,1	99,39
0	+1,215	0	30,3	101,71
0	0	-1,215	24,0	101,25
0	0	+1,215	28,3	102,25
0	0	0	22,7	100,55
0	0	0	22,8	100,10

Після розрахунків усіх коефіцієнтів рівняння регресії та знаходження незначимих коефіцієнтів за  $t$ -критерієм Стьюдента одержано наступні рівняння

$$Y_1 = 20,979 - 1,90X_3 + 8,592X_1^2 + 3,985X_2^2 + 4,29X_3^2 + 3,45X_1 \cdot X_2; \quad (3)$$

$$Y_2 = 100,284 - 8,375X_1 + 0,955X_2 + 1,010X_3^2 + 1,385X_1 \cdot X_2. \quad (4)$$

*Аналіз результатів.* Теплопровідність перфорованих пластин, яку задають, повинна бути мінімальною, але при цьому межа міцності на стискання повинна бути не нижче ніж 100 МПа. Тоді цільову функцію для оптимізації з обмеженням можна записати у вигляді  $Y_1 \Rightarrow \min$ ;

$$Y_2 \geq 100.$$

Для визначення оптимального режиму термічної обробки склали функцію Лагранжа. Як цільову функцію, що підлягає оптимізації, використовували функцію

$$F(X) = 20,979 - 1,90x_3 + 8,592x_1^2 + 3,985x_2^2 + 4,29x_3^2 + 3,45x_1 \cdot x_2. \quad (5)$$

Обмеження щодо межі міцності у неявному вигляді

$$\varphi_1(X) = 100 - (100,284 - 8,375x_1 + 0,955x_2 + 1,010x_3^2 + 1,385x_1 \cdot x_2) = 0. \quad (6)$$

Склали допоміжну функцію Лагранжа

$$L(X, \lambda, \mu) = 20,979 - 1,90x_3 + 8,592x_1^2 + 3,95x_2^2 + 4,29x_3^2 + 3,45x_1x_2 + \mu \cdot (100 - 100,284 - 8,375x_1 + 0,955x_2 + 1,010x_3^2 + 1,385x_1 \cdot x_2) \quad (7)$$

Необхідною умовою екстремуму функції Лагранжа є рівність нулю її частинних похідних за змінними  $X_i$  та невизначеними множниками.

Склали наступну систему рівнянь

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial x_1} &= 17,184x_1 + 3,45x_2 + \mu \cdot (-1,385x_2 + 8,375) = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial x_2} &= 3,45x_1 + 7,97x_2 + \mu \cdot (-1,385x_1 - 0,955) = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial x_3} &= -2,02x_3 \cdot \mu + 8,58x_3 - 1,90 = 0; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\mu \cdot [100 - (100,284 - 8,375x_1 + 0,955x_2 + 1,010x_3^2 + 1,385x_1x_2)] = 0, \quad \mu \geq 0$$

та виконали її вирішення

$$\begin{aligned} 17,184x_1 + 3,45x_2 + \mu \cdot (-1,385x_2 + 8,375) &= 0; \\ 3,45x_1 + 7,97x_2 + \mu \cdot (-1,385x_1 - 0,955) &= 0; \\ -2,02x_3 \cdot \mu + 8,58x_3 - 1,90 &= 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Розглядали два варіанти:

$$- \mu \neq 0,$$

$$X_1 = (0,037, -0,024, 0,218), \quad \mu = -0,065;$$

$$- \mu = 0, \quad X_1 = (0, 0, 0,221).$$

Далі перевіряли умови Куна-Таккера [11]. Згідно до теореми Куна-Таккера: знайдений план  $X^0$  є вирішенням задачі за існуванням вектора  $\mu^0$ , коли пара  $(X^0, \mu^0)$  для всіх  $X \geq 0$  і  $\mu \geq 0$ . Тоді  $L(X, \mu^0) \leq L(X^0, \mu^0) \leq L(X^0, \mu)$ . Для того щоб функція двох векторних змінних мала сідлову точку, необхідним і достатнім є виконання нижченаведених умов

$$\frac{dL(X^0, \mu^0)}{dx_j} \geq 0; \quad x_j^0 \frac{dL(X^0, \mu^0)}{dx_j} = 0, \quad x_j^0 \geq 0; \quad (10)$$

$$\frac{dL(X^0, \mu^0)}{d\mu_j} \leq 0; \quad x_j^0 \frac{dL(X^0, \mu^0)}{d\mu_j} = 0, \quad \mu_j^0 \geq 0. \quad (11)$$

Перший варіант було виключено, оскільки  $\mu$  є від'ємним.

Точка  $X_1 = (0, 0, 0,221)$  задовольняє всім умовам. Значення функції у цій точці складає 20,769. Далі було визначено вид екстремуму. Для функції  $L(x, \lambda, \mu)$  знайдено матрицю Гессе  $H_L$ . Якщо матриця  $H_L$  позитивно визначена, то

знайдена точка  $x$  є точкою мінімуму, якщо матриця  $H_L$  негативно визначена, то знайдена точка  $x$  є точкою максимуму. Для рівняння (7) було знайдено частинні похідні

$$\frac{\partial F(X)}{\partial x_1} = 17,184x_1 + 3,45x_2; \quad (12)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial x_2} = 3,45x_1 + 7,97x_2; \quad (13)$$

$$\frac{\partial F(X)}{\partial x_3} = 8,58x_3 - 1,90. \quad (14)$$

Після вирішення наведеної системи, було одержано стаціонарну точку  $X_0 = (0, 0, 0,221)$ .

Далі було знайдено другі частинні похідні

$$\frac{\partial^2 F(X)}{\partial^2 x_1^2} = 17,184; \quad \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_1 \partial x_2} = 3,450; \quad \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_1 \partial x_3} = 0;$$

$$\frac{\partial^2 F(X)}{\partial^2 x_2^2} = 7,970; \quad \frac{\partial^2 F(X)}{\partial x_2 \partial x_3} = 0; \quad \frac{\partial^2 F(X)}{\partial^2 x_3^2} = 8,580.$$

Отже, матриця Гессе має наступного вигляду

$$G(X) = \begin{pmatrix} 17,184 & 3,450 & 0 \\ 3,450 & 7,970 & 0 \\ 0 & 0 & 8,580 \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Одержують діагональні мінори

$$D_1 = a_{11} = 17,184; \quad (16)$$

$$D_2 = a_{11} \cdot a_{22} - a_{21} \cdot a_{12} = 125,054; \quad (17)$$

$$D_3 = 1072,963. \quad (18)$$

Оскільки діагональні мінори позитивні, то  $G_f$  є позитивно визначеною матрицею. Звідси випливає, що функція  $F(X)$  є випуклою. Більше того, функція є строго випуклою та має єдину точку мінімуму  $X_0 = (0, 0, 0,221)$ . Виходячи з отриманих величин, оптимальні розміри зібраних металевих перфорованих пластин складають  $d = 15$  мм;  $b = 5$  мм;  $s = 31,1$  мм. Коефіцієнт теплопровідності за даних оптимальних параметрів становить 20,769 Вт/(м·К), а межа міцності на стискання – 100,235 МПа.

*Висновки.* Розроблено теплову ізоляцію, яка складається з перфорованих металевих листів сталі марки СтЗсп. Одержано оптимальні розміри перфорації металевих пластин, їх коефіцієнт теплопровідності та межу міцності на стискання. Технологія виробництва зазначеної ізоляції є простою та дозволяє мінімізувати витрати на купівлю технологічного обладнання. Запропонована ізоляція у сукупності з використаною методикою аналізу може бути застосованою у подальших дослідженнях, а саме під час виконання експериментів з пластинами, які склада-

ють з різних металів. Так само на базі виконаного дослідження є можливим створення теплоізоляційного композитного матеріалу, де частина

пластин буде виконаною з неметалевого матеріалу.

### Бібліографічний список

1. **Крушенко, Г. Г.** Получение и применение пористых металлических материалов в технике [Текст] / Г. Г. Крушенко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – Технологические процессы и материалы. – 2012. – С. 181-184.
2. **Banhart, J.** Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams [Text] / J. Banhart // Progress in Materials Science. – 2001. – Vol. 46. – Pp. 559-632.
3. **Sereda, B.** The retrieving of heat-resistant alloys on intermetallic base for details of gas turbine engine hot track in SHS conditions [Text] / B. Sereda, A. Zherebtsov, I. Kruglyak etc. // Materials Science and Technology Conference and Exhibition. – 2010. – Vol. 3. – Pp. 2097-2102.
4. **Bednářová, V.** Cast cellular metals with regular and irregular structures [Text] / V. Bednářová, P. Lichý, T. Elbel, A. Hanus. // Materiální technologie. – 2014. – Vol. 48. – Pp. 175-179.
5. **Шаповалов, В. И.** Газоармированные материалы (газары) – 30-летний путь проблем и прогресса [Текст] / В. И. Шаповалов // Металл и литье Украины. – 2011. – № 3(214). – С. 3-10.
6. **Simanin, Fr.** Metallic foams – ultra light materials for structural applications [Text] / Fr. Simanin // Inżynieria Materiałowa. – 2001. – Vol. 5. – Pp. 823-828.
7. **Kennedy, A.** Porous metals and metal foams made from powders, powder metallurgy [Электронная версия]. In Tech. Powder Metallurgy 2012. – Pp. 31-46. – ISBN 978-953-51-0071-3. Available from: <http://www.intechopen.com/books/powder-metallurgy/the-manufacture-of-porous-and-cellular-metals-by-powder-metallurgy-processes>. – Выборка: 09.12.2016.
8. **Павленко, А. М.** Влияние расположения пор на электронную теплопроводность пористого металлического материала / А. М. Павленко, А. В. Кошлак, А. А. Чейлытко, М. А. Носов // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: збірник наукових праць. – Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2015. – Вип. 7. – С. 142-149.
9. **Nakajima, H.** Porous Metals with Directional Pores [Text] / H. Nakajima. – 2013. – 284 p. – DOI 10.1007/978-4-431-54017-5\_7.
10. **Хартман, К.** Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер. – М. : Мир, 1977. – 552 с.
11. **Бельков, В. И.** Автоматическое проектирование технических систем [Текст] / В. И. Бельков, В. Л. Ланшаков; учеб. пособие. – М. : Академия Естествознания, 2009. – 143 с. – ISBN 978-5-91327-0566.

**ЯКОВЛЕВА Ирина Геннадиевна**, доктор технических наук, профессор кафедры теплоэнергетики и гидроэнергетики, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: yakovleva@zgia.zp.ua

**ЧЕЙЛИТКО Андрей Александрович**, кандидат технических наук, докторант кафедры теплоэнергетики и гидроэнергетики, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: chejlitko@uandex.ua

**БЕЛОКОНЬ Юрий Александрович**, докторант, кандидат технических наук, кафедра металлургии, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: belokon.zp@gmail.com

**НОСОВ Максим Анатольевич**, аспирант кафедры теплоэнергетики и гидроэнергетики, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: admin@zgia.zp.ua

### РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ НОВОЙ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА БАЗЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛАСТИН

Выполнены аналитические исследования тепловой изоляции на базе металлических перфорированных пластин с варьированием размера пор и расстояния между ними. Определены оптимальные геометрические параметры составных пластин для их практического использования. Найден коэффициент теплопроводности и предел прочности на сжатие полученного материала. Разработанная металлическая тепловая изоляция может быть использована в авиа- и ракетостроении, а также автомобильной и ядерной промышленности. Применение данного материала вместо монолитных частей приведет к уменьшению общего веса конструкции, тепловых потерь и затрат материала.

Ключевые слова: металлические перфорированные пластины, тепловая изоляция, эффективная теплопроводность, предел прочности на сжатие

**YAKOVLEVA Iryna**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Heat Power Engineering and Hydroenergetics, Zaporizhska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: yakovleva@zgia.zp.ua

**CHEJLYTKO Andriy**, Doctoral Candidate, Candidate of Technical Sciences, Department of Heat Power Engineering and Hydroenergetics, Zaporizhska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: chejlitko@yandex.ua

**BELOKON' Yuriy**, Doctoral Candidate, Candidate of Technical Sciences, Metallurgy Department, Zaporizhska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: belokon.zp@gmail.com

**NOSOV Maxim**, Graduate Student of Department of Heat Power Engineering and Hydroenergetics, Zaporizhska State Engineering, (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: admin@zgia.zp.ua

## **DEVELOPMENT OF STRUCTURE FOR NEW HEAT ISOLATION ON BASE METALLIC PERFORATED PLASTINS**

Analytical researches of heat isolation on base metallic perforated plastins with varying of size of pores and distance between them are executed. The optimal geometrical parameters of component plastins for their practical use are certain. The coefficient of heat conductivity and ultimate tensile strength on the compression of the got material are found. The worked out metallic thermal isolation can be used in aircraft building; rocket production; and also of motor and nuclear industry. Application of this material instead of monolithic parts will result in diminishing: total weight of construction; thermal losses and expenses of material.

Keywords: metallic perforated plates, heat isolation, effective heat conductivity, tensile ultimate strength on a compression

Стаття надійшла до редакції 31.07.2017 р.

Рецензент, проф. О.І. Чепрасов

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука  
<http://www.zgia.zp.ua>