

**Гурія І.М., Смірнова Я.О., Бойчук Є.А.**  
*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*  
**ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ ШАРУВАТИХ  
ТИТАН-АЛЮМІНІЄВИХ КОМПОЗИТІВ**  
**E-mail: guriya@ukr.net**

Металеві піноматеріали є відносно новим класом матеріалів, які все більше розширюють області свого використання. Їх застосовують для амортизації ударів, шумо- та віброізоляції, підвищення жорсткості пустотілих профілів, зміцнення анкерів у бетонних стінах, негорючих, легких вогне- та теплостійких демфуючих конструкцій, термоізоляції, захисту від електромагнітного випромінювання тощо [1, 2]. Піноматеріали на основі алюмінієвих сплавів є одними з найбільш поширених, завдяки низьким значенням коефіцієнтів тепло- та електропровідності та щільності, високій корозійній стійкості та питомій міцності.

Механічні властивості піноалюмінію та інших металевих піноматеріалів не відрізняються високими показниками, тому їх досить часто «капсулюють» у гомогенний метал, отримуючи композитну «сендвіч-панель» [3, 4]. Такі панелі, подібно до металевих піноматеріалів, поглинають удари, а високе співвідношення міцності до ваги дозволяє використовувати їх для багатьох деталей автомобілебудування. Наявність листового металу на поверхні забезпечує жорсткість панелей та стабільність їх розмірів, що, у поєднанні з низькою вагою, робить ці панелі придатними для параболічних дзеркал на сонячних електростанціях [3].

Існують різні технології виготовлення композитних сендвіч-панелей, у яких поєднано піноматеріал та шари гомогенного металу. Найбільш очевидним способом є адгезійне з'єднання, коли до пластини піноматеріалу (вирізаної з великого блоку, або спіненої необхідною формою) приклеюють металеві листи. Хоча наявність клею може покращувати властивості матеріалу, наприклад підвищувати демпфуючу здатність, високі затрати та складність пе-

реробки матеріалу спонукають розвивати інші технології виготовлення сендвіч-панелей.

Відомі методи порошкової металургії, де тришарову заготовку із суміші порошку алюмінію та піноутворювача (наприклад,  $TiH_2$ ), з металевими листами з обох боків виготовляють екструзією або прокатуванням порошку (powder rolling). У подальшому заготовку нагрівають до температури піноутворення, що призводить до утворення пор всередині алюмінієвого шару [3, 5]. Однак незважаючи на можливість отримання виробів просторової конфігурації, технологія має певні недоліки:

- для отримання виробу необхідно мати дві форми – для попередньої деформації металевих листів та для фінального піноутворення у заготовці;
- розміри майбутніх виробів обмежуються робочими розмірами печей для термічного оброблення заготовок;
- у представленій технології піноматеріал, зазвичай, має нерівномірну щільність та розподіл пор, що може негативно вплинути на властивості отриманого виробу [3].

Одним із методів рідкофазного отримання металевих пінометалів, у тому числі і композитних сендвіч-панелей, є лиття розплавів у форми з водорозчинними речовинами. Так, для формування композитної структури у ливарну форму попередньо встановлюють каркас з металевих листів (наприклад, титану) та заповнюють форму гранулами водорозчинних солей. Підготовлену форму заливають алюмінієвим розплавом, після охолодження якого композитний вилівок поміщають у воду для розчинення солі. Перевагами даного методу є контролювання розміру пор, який визначається розміром гранул водорозчинних солей. Даний рідкофазний спосіб забезпечує одночасне формування композиційного матеріалу та шару піноалюмінію при заливанні розплаву. Виготовлений композит, у порівнянні з піноалюмінієм, має більш високі значення міцності на стиск при незначному підвищенні щільності [4, 6].

Таким чином, розвиток та вдосконалення рідкофазних технологій виготовлення пористих шаруватих титан/алюмінієвих композитів, які дозволять отримати якісний матеріал з контрольованими властивостями, а у подальшому – зі складною конфігурацією, є актуальним та перспективним.

Література:

1. Хохлов М. А., Ищенко Д. А. Конструкционные сверхлегкие пористые материалы (Обзор). Автоматическая сварка. 2015. №03-04. С. 60–65.
2. <http://www.cymat.com>
3. Bucher T. Laser Forming of Metal Foam: Mechanisms, Efficiency and Prediction: PhD thesis in Mechanical Engineering. New York, 2019. 224 p.
4. Ковтунов А. И., Мямин С. В., Семистенова Т. В. Слоистые композиционные материалы: электронное учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – 1 оптический диск.
5. Banhart J., Seeliger H. W. Aluminium Foam Sandwich Panels: Manufacture, Metallurgy and Applications. *Advanced Engineering Materials*. 2008. Vol. 10, Issue9. P. 793–802.
6. Ковтунов А. И., Хохлов Ю. Ю., Мямин С. В. Технология формирования и свойства пеноматериалов. *Авиационные материалы и технологии*. 2015. №3. С. 64–68.

**Гурія І.М., Смірнова Я.О., Логунів С.С.**

**(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)**

**КАРБОН-ТИТАНОВІ КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ**

**E-mail: [guriya@ukr.net](mailto:guriya@ukr.net)**

Карбон як конструкційний матеріал поширюється і стає незамінним у багатьох галузях завдяки своїй легкості, жорсткості, високим міцності, опорі втомному навантаженню, демпфувальній здатності та вібростійкості.