

8. Fan A.L., Li Sh.K., Tian W.H. Grain growth and texture evolution in electroformed copper liners of shaped charges // Materials Science and Engineering: A. – 2008. – Vol. 474, № 1–2. – P. 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.04.001>
9. Memannavaz H., Pebdeni H. H., Liaghat G., Rahmati S., Najafi M., Fazeli H. Numerical and Experimental Analysis of Copper Electroforming on an Aluminum Substrate as a Rotating Cone Electrode Cell // Chemistry Select. – 2019. – Vol. 4, № 40. – P. 11839–11847. <https://doi.org/10.1002/slct.201903204>
10. Elshenawy T., Soliman S., Hawwas A. Influence of electric current intensity on the performance of electroformed copper liner for shaped charge application // Defence Technology. – 2017. – Vol. 13, № 3. – P. 439–442. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2017.05.015>

Гурія І. М., Смірнова Я. О., Прокопенко О. М.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ)
МІКРОСТРУКТУРА ШАРУВАТОГО ТИТАН-АЛЮМІНІЄВОГО
КОМПОЗИТУ СИСТЕМИ BT1-0/AK12
E-mail: yana.luschay@gmail.com

На сьогоднішній день розробка нових матеріалів стає все більш актуальною у зв'язку зі зростаючими до них вимогами за сучасних умов розвитку технологій та промисловості. Одними з перспективних матеріалів є шаруваті титан-алюмінієві композити, які поєднують міцність і корозійну стійкість титану та легкість і теплопровідність алюмінію, що дозволяє застосовувати їх в авіаційній, автомобільній, оборонній та інших технічно складних галузях [1–2].

Існує значна кількість технологій виготовлення шаруватих металевих композитів, серед яких практичний інтерес представляє просочення титанових пластин розплавом алюмінієвого сплаву [3–4], проте властивості одержаного матеріалу значною мірою залежатимуть від технологічних параметрів процесу. Тому метою даної роботи є дослідження впливу технологічних параметрів виготовлення, а саме температури просочення та часу витримування, на

мікроструктуру отриманого шаруватого титан-алюмінієвого композиту системи BT1-0/AK12.

Як вихідні матеріали використовували пластини титану марки BT1-0 товщиною 1 мм та силумін марки AK12. Внутрішню поверхню титанових пластин покривали флюсом евтектичного складу KF-AlF₃, збирали їх у пакети з шириною зазору 1 мм, просочували та витримували у розплаві алюмінієвого сплаву температурою 680, 720 та 760 °C протягом 1, 5 та 10 хв. Мікроструктуру виготовленого композиту вивчали на скануючому електронному мікроскопі REM-106И.

Встановлено, що за мінімально досліджуваних температури (680 °C) та часу (1 хв) титановий пакет успішно просочується розплавом (рис. 1, а), але спостерігаються несутцільності алюмінію біля перехідного шару. Зі збільшенням часу витримування до 10 хв відбувається незначне збільшення товщини утвореного перехідного шару – від $2,65 \pm 0,67$ мкм до $3,46 \pm 1,11$ мкм відповідно (рис. 1, а–в), яке знаходиться у межах похибки. Зразки, отримані за витримування протягом 5 та 10 хв є щільними, а несутцільності алюмінію біля перехідного шару не спостерігаються.

Зі збільшенням температури витримування до 720 °C не відбувається значної зміни товщини перехідного шару (рис. 1, г–ж), а у зразках отриманих за 1 хв витримування також спостерігаються несутцільності алюмінію біля перехідного шару.

За збільшення температури розплаву до 760 °C спостерігається аналогічний характер товщини утвореного перехідного шару (рис. 1, и–к), однак всі досліджені зразки є щільними, а несутцільності у алюмінії біля перехідного шару відсутні.

Оскільки пружні властивості та механічна міцність шаруватих матеріалів підпорядковуються правилу сумішей [5], для отриманого композиту з товщиною алюмінієвого шару 0,5, 1 та 1,5 мм було розраховано міцність на розтяг σ_B , яка складає 370,4, 332,2 та 307,6 МПа відповідно.

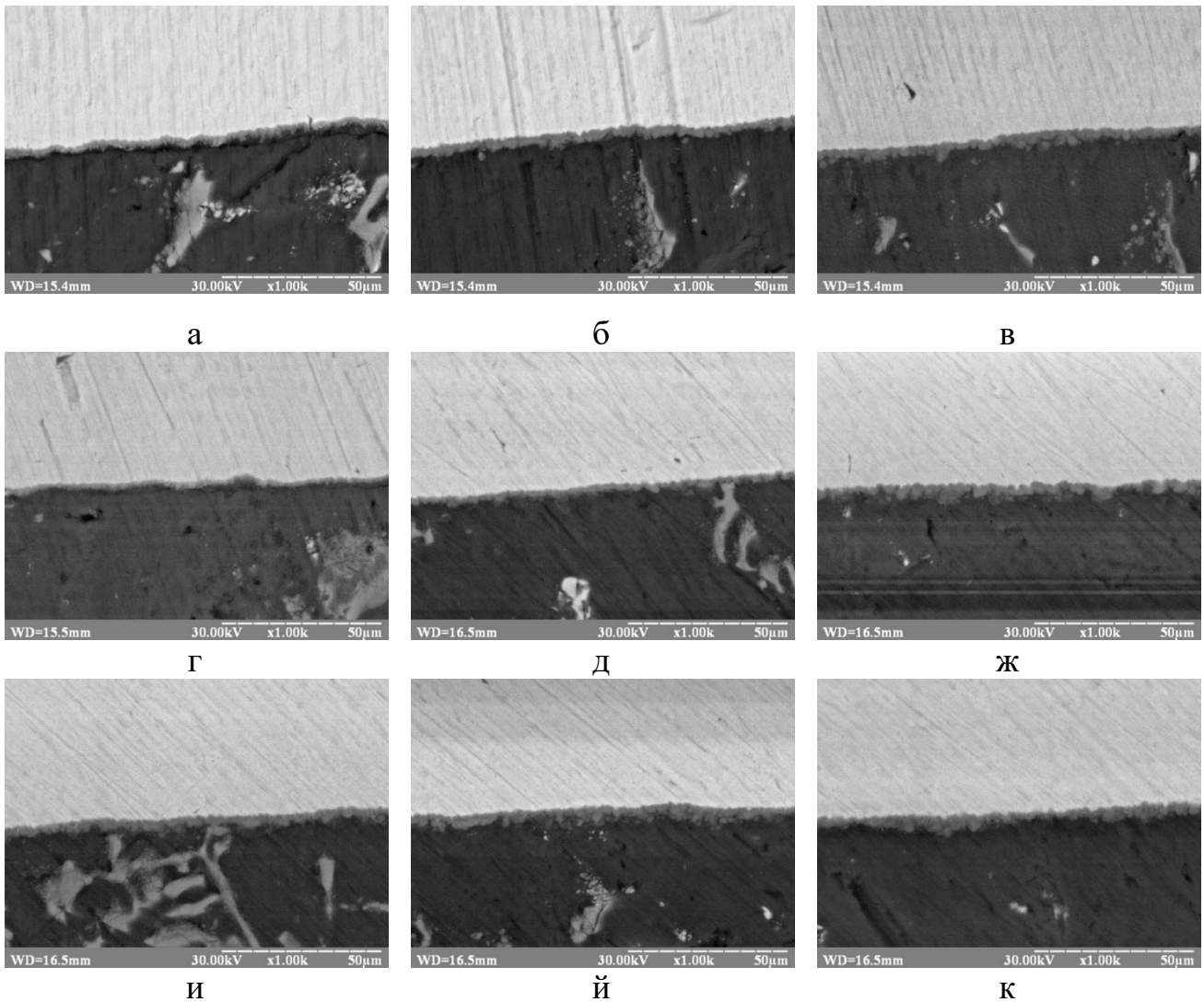


Рис. 1. Мікроструктура отриманого шаруватого композиту системи BT1-0/АК12 після просочення та витримування у розплаві за температур 680 °С (а–в), 720 °С (г–ж) і 760 °С (и–к) протягом 1 (а, г, и), 5 (б, д, й) і 10 хв (в, ж, к)

Встановлено, що збільшення температури просочення та часу витримування значним чином не впливає на товщину перехідного шару, який утворився у шаруватому титан-алюмінієвому композиційному матеріалі системи BT1-0/АК12. Проте збільшення досліджуваних технологічних параметрів, позитивно впливає на щільність алюмінієвого шару біля перехідної зони. Розраховані теоретичні значення міцності на розтяг σ_B для отриманого композиту з алюмінієвим шаром товщиною 0,5, 1 та 1,5 мм дозволяють зробити висновок про перспективність даного матеріалу.

Література

1. Luo J.-G., Acoff, V. L. Using cold roll bonding and annealing to process Ti/Al multi-layered composites from elemental foils // Materials Science and Engineering A. – 2004. – Vol. 379, № 1-2. – P. 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.01.021>
2. Qin L., Fan M., Guo X., Tao J. Plastic deformation behaviors of Ti-Al laminated composite fabricated by vacuum hot-pressing // Vacuum. – 2018. – Vol. 155. – P. 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.05.021>
3. Smirnova Y., Huriia I., Loboda P. Liquid phase fabrication technology of layered Ti/Al composite // U.P.B. Scientific bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science. – 2021. – Vol. 83, № 4. – P. 273–282.
4. Смірнова Я. О., Гурія І. М. Мікроструктура та механічні властивості шаруватого литого композиту ВТ-6/Al // Метал і лиття України. – 2022. – Т. 30, № 1. – С. 84–90. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.084>
5. Sripathy A. P., Gupta M. Insight Into Layered Metal Matrix Composites // Encyclopedia of Materials: Composites. – 2021. – Vol. 1. – P. 121–139. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819724-0.00021-5>

Дорошенко В. С.
(ФТІМС НАН України, Київ)
ЗД-ДРУК ЛИВАРНИХ ФОРМ ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНОГО ЛИТТЯ:
VOXELJET VX9000 – НОВИЙ КРОК ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЛИВАРНОГО
ВИРОБНИЦТВА
E-mail: doro55v@gmail.com

Цифровізація та автоматизація стають все більш важливими в сучасному виробництві. Інформаційні технології трансформують промислові галузі, дозволяючи виконувати завдання оперативніше і точніше, здійснювати безперервний моніторинг виробництва, виключати зайві етапи роботи та досягати високої ефективності. І ливарне виробництво не є винятком [1]. У цьому контексті 3D-друк ливарних форм пропонує нові можливості як одна з ключових технологій для переходу до інтелектуального процесу лиття [2].