

Механічні випробування зразків металу, що відбиралися у процесі обробки, показали, що після 15 хв впливу показник відносного подовження збільшився в 3-3,5 рази до 2,4% після обробки. При цьому міцність на розрив збільшилася в 1,4-1,5 рази – з 90 МПа до 125-130 МПа. При обробці сплаву протягом 30 хв було відзначено зниження величини відносного подовження, яке становило 1,4-1,6% за збереження колишнього рівні міцності на розрив. При обробці розплаву протягом 45 хв відносне подовження зменшилося до 1,2-1,4% за збереження міцності на розрив лише на рівні 125-130 МПа.

Встановлено, що комплексна обробка рідкого алюмінієвого сплаву шляхом багаторазового циркуляційного прокачування через зону локального розрідження забезпечувала видалення розчиненого в розплаві водню з 0,6 до 0,05 см³/100 г металу, а додатковий теплосиловий вплив, який обумовлений проявом ефекту кавітації при розвитку пінч-ефекту, сприяє переходу заліза з фази Al₃Fe у фазу Al₈Si₆Mg₃Fe, яка у вигляді світло-сірих скелетоподібних пластин, розміщується по межах зерен α-твердого розчину алюмінію та сприяє дробленню скупчень первинного кремнію та власне подрібненню мікрозерна.

Смірнова Я. О., Гурія І. М.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ БРОНЕЗАХИСТУ**

E-mail: yana.luschay@gmail.com

Актуальність питання ефективного бронезахисту спричинена постійним вдосконаленням та розвитком боєприпасів. Сучасний бронезахист, як для військового так і для цивільного застосування, вимагає використання облегшених, порівняно з традиційними, матеріалів. Так, використання гомогенної сталі як бронезахисту може збільшити загальну вагу бойової машини на 15-20%, що змінює її рухливість, маневреність, паливну економічність та вимагає потужніших двигунів та міцніших гальмівних механізмів [1].

Відомо, що найбільш балістично ефективні бронематеріали та системи мають пластинчасту, шарувату або ламіновану структуру. Об'ємно-армовані метал-матричні композиційні матеріали, у свою чергу, мають деякі недоліки, оскільки додавання дискретних частинок або волокон до пластичної матриці незначною мірою покращує баланс властивостей, необхідних для броньового матеріалу: загалом, вони мають низькі поперечні властивості, знижену пластичність та в'язкість із підвищеною схильністю до дискування та відшарування [2].

Ефективність шаруватої структури забезпечується за рахунок наявності зовнішнього міцного та твердого шару, який деформує та гальмує пробивний елемент, і внутрішнього пластичного шару, який запобігає розтріскуванню та руйнуванню бронезахисту [3].

У той же час все активніше використовують бронезахист, виготовлений з кольорових металів – насамперед алюмінію та титану, які дають змогу зменшити вагу бронемашин, підвищивши таким чином їх мобільність та ефективність [2, 4-5]. Поширеними є титанові сплави марок VT6, VT14 і VT23 та алюміній-магнієві сплави, особливо марки АМг6.

У попередніх роботах нами було досліджено шаруваті композити систем VT1-0/Al [6], VT6/Al [7] та Ti-TiB/Al, виготовлені за технологією рідкофазного формування. Встановлено, що отримані матеріали мають знижену густину та підвищену міцність порівняно з вихідними матеріалами (рис. 1). Окрім того, представлена рідкофазна технологія забезпечує міцне міжфазне з'єднання, є менш енергозатратною та не потребує складного технологічного обладнання, на відміну від поширених твердофазних технологій виготовлення шаруватих металевих матеріалів. Отримані результати свідчать про перспективність розширення спектру використовуваних вихідних сплавів та подальших досліджень рідкофазно сформованих титан/алюмінієвих шаруватих композиційних матеріалів.

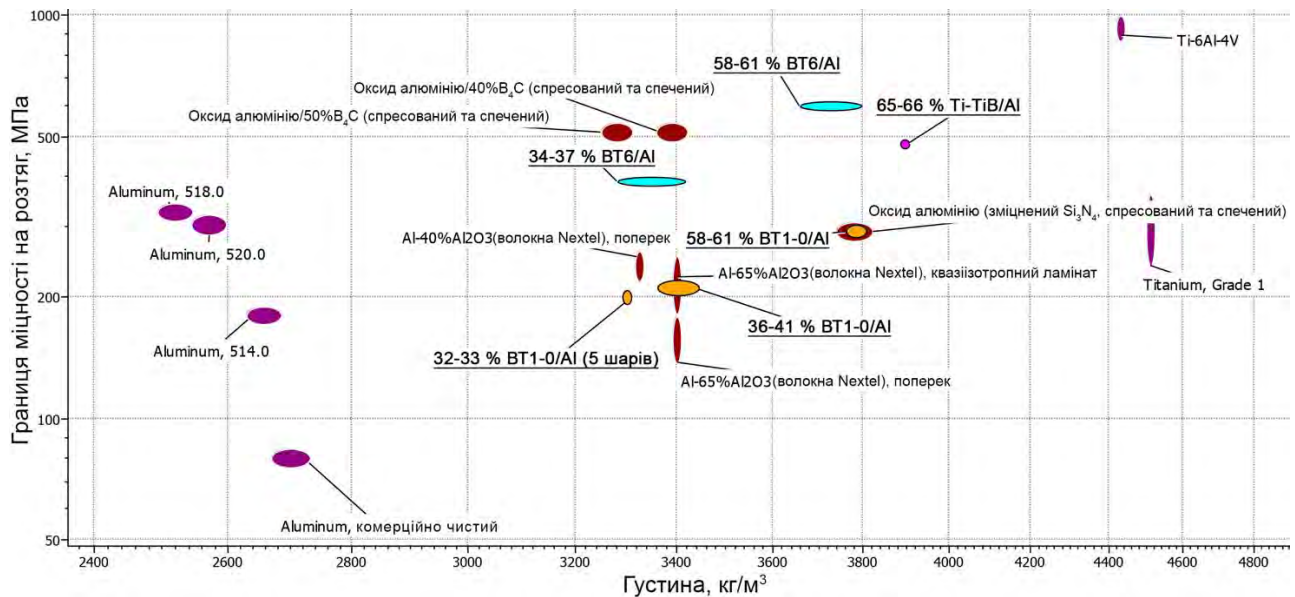


Рис. 1. Графік Ешбі з відображеними властивостями виготовлених матеріалів системи Ti/Al порівняно із вже відомими

Література:

1. Prikhodko S. V., Ivasishin O. M., Markovsky P. E. et al. Titanium Armor with Gradient Structure: Advanced Technology for Fabrication. *Advanced Technologies for Security Applications. NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics.* / Edited by C. Palestini, C. Dordrecht: Springer. 2020. P. 127–140. https://doi.org/10.1007/978-94-024-2021-0_13
2. The Science of Armour Materials. / Edited by Ian G. Crouch. Duxford; Cambridge, MA: Woodhead Publishing, 2017. – 715 p.
3. Ivasishin O. M., Markovsky P. E., Savvakina D. G. et al. Microstructure and Properties of Titanium-based Materials Promising for Antiballistic Protection. *Progress in Physics of Metals.* 2019. Vol. 20, № 2. P. 285–309. <https://doi.org/10.15407/ufm.20.02.285>
4. Ghaziary H. Application and Performance Characteristics of Aluminum Armor Plate for the Hull Construction of Current and Future Military Tactical Vehicles. *SAE Technical Paper.* 2011. 2011-01-0536. <https://doi.org/10.4271/2011-01-0536>
5. Montgomery J. S., Wells M. G. H. Titanium Armor Applications in Combat Vehicles. *JOM.* 2001. Vol. 53. P. 29–32. <https://doi.org/10.1007/s11837-001-0144-2>

6. 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, Iss. 4. P. 273–282.

7. Смірнова Я. О., Гурія І. М. Мікроструктура та механічні властивості шаруватого литого композиту ВТ-6/Al. *Метал і лиття України*. 2022. Том 30, №1. С. 84–90. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.084>

Титаренко В.В.¹, Заблудовський В.О.², Титаренко І.В.²
(¹НТУ «Дніпровська політехніка»; ²УДУНТ, м. Дніпро)
МІКРОШАРУВАТІ КОМПОЗИЦІЙНІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ НІКЕЛЕВІ
ПОКРИТТЯ

E-mail: tytarenko.valentina@gmail.com

При електроосаженні нікелевих покриттів на постійному струмі виділяється водень, який може включатись в кристалічну решітку металу, утворюючи пересичений твердий розчин включення водню в нікелі. Осадження покриттів при імпульсному режимі відбувається при більш високих густинах струму і відповідних їм потенціалах, при яких виділення водню збільшується. Висока швидкість зміни катодної перенапруги, як і достатньо від'ємний потенціал формування покриття не є достатніми умовами для переходу від крупнокристалічних до нанокристалічним покриттін. Більш важливу роль при цьому відіграє водень, який включається в кристалічну решітку, і який, як можна припустити, сприяє збереженню нерівноважних структур, що виникають, ускладнюючи кристалізаційні процеси в результаті утворення пасивної плівки. У зв'язку з цим становить інтерес застосування програмно-керованого струму для осадження покриттів із шаруватим типом кристалічної структури, зменшеною кількістю поверхневих дефектів, запобігання розтріскування покриттів і збільшення швидкості їх осадження.

Осадження композиційних нікелевих покриттів проводили періодичним чергуванням ступенів постійного струму густиною гранично допустимою за