

Ceramic Society, Volume 39, Issue 13, 2019, Pages 3920-3924,
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2019.05.017>.

2. W.G. Fahrenholtz, G.E. Hilmas, Ultra-high temperature ceramics: Materials for extreme environments, Scripta Materialia, 129 (2017) 94-99.

3. Annamária Naughton Duszová, Lenka Ďáková, Tamás Csanádi, Alexandra Kovalčíková, Vasanthakumar Kombamuthu, Hakan Ünsal, Peter Tatarko, Monika Tatarková, Pavol Hvizdoš, Pavol Šajgalík, Nanohardness and indentation fracture resistance of dual-phase high-entropy ceramic, Ceramics International, Volume 49, Issue 14, Part B, 2023, Pages 24239-24245, ISSN 0272-8842,
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.12.027>.

44 Rieznik D., Palahecha D., Kryvenko K., Ponomarchyk S., Zaylichny Y, Stepanov O., Leonov D., Bogomol I.. A boron carbide-based ceramic composite directionally reinforced at the mesoscale with high-entropy transition metal diboride / Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies 2024, vol 22№ 2, p. 249–260.
<https://doi.org/10.15407/nnn.22.02.249>.

Руденький С. О., Шеремет В.І.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ)

АРМОВАННИЙ МІДНО-НІКЕЛЕВИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

E-mail: ruserg@ukr.net

Вироби, які працюють в умовах високошвидкісного деформування, використовують в цивільній та військовій галузях і потребують постійного удосконалення. Цю задачу можна вирішувати шляхом дослідження існуючих та створення нових матеріалів, а також технологій виготовлення цих виробів.

Метою роботи є створення композиційного матеріалу з мідною матрицею, армованою нікелевою сіткою, що володіє екстремально високими характеристиками міцності під час швидкісної пластичної деформації.

Для виготовлення тонкостінних (товщиною до 2 мм) виробів з екстремально високими властивостями пластичності. Найбільш поширеними є мідь, технічне залізо та низьковуглецеві сталі [1, 2].

Для їх виготовлення застосовують методи оброблення різанням [3], оброблення тиском [4], порошкової металургії [5] та електроформування [6]. На практиці більшість з цих технологій застосовують для отримання мідних кумулятивних облицювань, оскільки для інших матеріалів кількість методів виготовлення обмежена їх складністю та специфічністю [7].

Переважає більшість досліджень параметрів процесу електроосадження, властивостей мідних облицювань та впливу структури на формування струменю та його пробивну здатність, присвячено гомогенним виробам. На сьогодні обмежені дослідження армованих облицювань на основі міді. Тому в даній роботі поставлено задачу отримання композиційного матеріалу на основі міді, армованої нікелевою сіткою; дослідження впливу параметрів процесу електроосадження (концентрація водного розчину мідного купоросу, щільність струму, час нанесення) на мікроструктуру композиту; отримання дослідного зразка тонкостінного армованого мідного облицювання.

Електролітичне покриття міддю наносили на поверхню прямокутних зразків з нікелевої сітки розміром 30×40 мм, які перед цим обезжирювали для видалення забруднень і надання відповідної чистоти.

Для проведення досліджень використовували водний розчин мідного купоросу (CuSO_4) з концентрацією від 0,6 до 1,2 моль/л. Щільності струму варіювали від 0,04 до 0,1 А/см², час нанесення покриття – від 1 до 4 год.

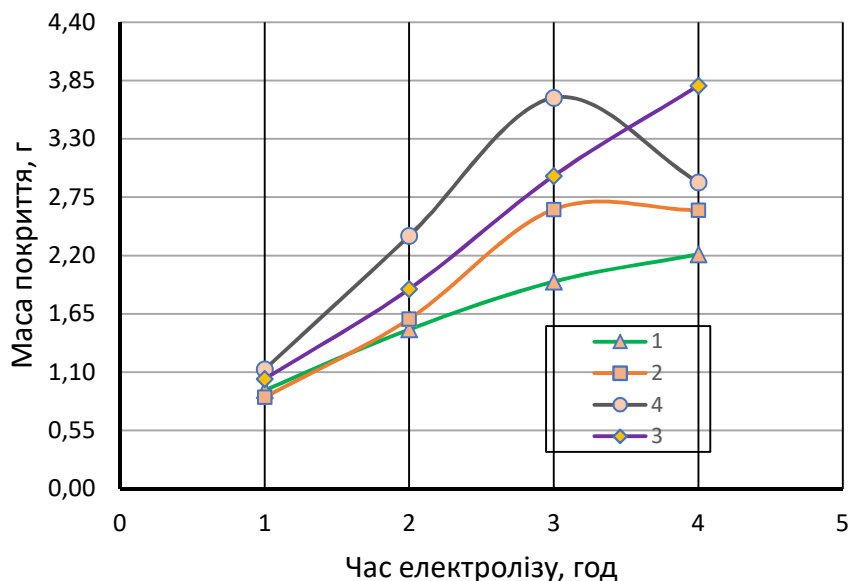
Для контролю маси міді в зразках композитів проводили зважування нікелевої сітки та отриманих зразків після осадження на аналітичних вагах.

Вивчення мікроструктури зразків мідно-нікелевого композиту проводилось на скануючому електронному мікроскопі «РЕМ-106И».

Для надання більшої щільності композиту проводили його оброблення на гідравлічному пресі в сталій прес-формі під тиском 300 МПа.

Кращі результати дослідження росту товщини і маси покриття дала

концентрація електроліту 0,8 моль/л. Тому надалі дослідження проводились з цією концентрацією при щільності струму 0,04, 0,06, 0,08 та 0,1 А/см² (рис. 1).



1 – 0,04 А/см²; 2 – 0,06 А/см²; 3 – 0,08 А/см²; 4 – 0,1 А/см²

Рисунок 1. Ріст маси міді в мідно-нікелевому композиті при концентрації електроліту 0,8 моль/л в залежності від щільності струму та часу проходження електролізу

При дослідження зразків матеріалу встановлено, що збільшення часу електроосадження від 1 до 4 год призводить до збільшення об'єму осажденного покриття, отриманого за концентрації розчину 0,8 моль/л та щільності струму 0,04, 0,06, 0,08 та 0,1 А/см². Найбільші маси приросту мідної матриці в зразках композиту спостерігалось за часу її утворення 3 год – 3,68 г і 4 год – 3,80 г при відповідній щільності струму 0,1 та 0,08 А/см².

Для підвищення щільності та суцільності композиційного матеріалу, зразки з найбільшою масою отримані за концентрації розчину 0,8 моль/л, часу нанесення відповідно 4 і 3 год та щільності струму 0,08 А/см² і 0,1 А/см², піддавалися додатковому обробленню тиском. Так як під час електролітичного осадження міді на сітку із нікелю отвори сітки частково не заростають. Що вірогідно пов'язано з виділенням іонів міді в першу чергу на ділянках, що попадають в більший за концентрацією прошарок електроліту.

Для формування однорідності мідно-нікелевого армованого композиту, перед обробкою деформацією, проводився термічний відпал зразків при температурі 450–500 °С в атмосфері водню.

В процесі пластичної деформації формується суцільний матеріал, що представляє собою ділянки із міді з заповненням проміжків між частинками сформованими під час електролітичного осадження

В результаті отримано мідний композиційний матеріал, армований нікелевою сіткою. Досліджено параметри технологічного процесу його виготовлення. Встановлено, що оптимальними росту товщини і маси покриття є режими: концентрація розчину CuSO_4 0,8 моль/л, щільність струму 0,08 та 0,1 А/см² та час електроосадження 4 і 3 год відповідно, за яких виготовлено дослідні зразки тонкостінного мідно-нікелевого композиту.

Такий мідно-нікелевий армований композит піддається пластичному деформуванню, що дає можливість отримати тонкостінного щільного облицювання кумулятивного заряду. Дослідження суцільності та пробивної здатності кумулятивного струменя виробів з нього в подальшому є перспективними для їх практичного застосування.

Література:

1. Войтенко Ю.І., Гошовський С.В., Закусило Р.В. Матеріалознавчі аспекти ефективності вибухової кумуляції // VI Міжнародна науково-практична конференція «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво» (Шостка, Україна, Листопад, 23-25, 2022 р.). – Суми, Україна, 2022. – С. 56-59.
2. Sun M., Yang W., He H.Y., Chen D.P., Li Z.P., Tian W.H. Shear localization and recrystallization in an ultrahigh strain rate deformed copper shaped charge liner // Materials Characterization. – 2021. – Vol. 177. – 111184. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.111184>
3. Elshenawy T., Li Q.M., Elbeih A. Experimental and numerical investigation of zirconium jet performance with different liner shapes design // Defence Technology. – 2022. – Vol. 18, № 1. – P. 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.11.019>
4. Elshenawy T. Criteria of design improvement of shaped charges used as oil well

perforators : PhD Thesis / Tamer Abd Elazim Elshenawy. – Manchester, 2012. – 253 p.

5. Borkowski J., Wilk Z., Koslik P., Szymanczyk L., Zygmunt B. Application of sintered liners for explosively formed projectile charges // International Journal of Impact Engineering. – 2018. – Vol. 118. – P. 91-97.

<https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2018.04.009>

6. Sun M., Yang W., He H.Y., Chen D.P., Li Z.P., Tian W.H. Shear localization and recrystallization in an ultrahigh strain rate deformed copper shaped charge liner // Materials Characterization. – 2021. – Vol. 177. – 111184.

<https://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.111184>

7. Held M. Liners for shaped charges // Journal of battlefield technology. – 2001. – Vol. 4. – № 3. – P. 1–6.

Рябоволик Я.Ю., Конончук С.В., Рябоволик Т.Ф.

(ЦНТУ, м. Кропивницький)

ІНДУСТРІЯ 4.0 В УКРАЇНІ: ЯК НОВІ МАТЕРІАЛИ ЗМІНЮЮТЬ МЕНЕДЖМЕНТ МЕТАЛУРГІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

E-mail: Ryabovilik@ukr.net

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується переходом до концепції Індустрії 4.0, яка передбачає інтеграцію цифрових технологій, автоматизації та інноваційних матеріалів у виробничі процеси. Для України, з її потужним промисловим потенціалом у металургії та машинобудуванні, впровадження новітніх технологій стає ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності та забезпечення економічного зростання.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації промислового сектору України відповідно до глобальних тенденцій цифрової трансформації. Індустрія 4.0 формує нові вимоги до управління підприємствами, змінюючи підходи до організації виробництва, використання ресурсів та прийняття управлінських рішень.