

4. Виявлено, що у рамках технологій штучного інтелекту до цього часу не вирішено проблему розуміння сенсу. Дослідження і розробки у галузі штучного інтелекту наразі здійснюються без прогнозу наперед та не враховують можливі ризики від його застосування у майбутньому.

Список літератури

1. Державна служба статистики України URL: <https://ukrstat.gov.ua/>
2. Наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005р. № 15 «Перелік робіт з підвищеною небезпекою»: веб-сайт Верховної ради України. URL :<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-05#Text>
3. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 03.11.2014р. № 779 «Про затвердження Правил охорони праці у ливарному виробництві»: веб-сайт Верховної ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1476-14#Text>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020р. №1556-р. «Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні»: веб-сайт Верховної ради України. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>
5. Шевченко А.І. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2022 – 2030) (проект). Штучний інтелект. Науковий журнал. 2022. №1. URL: <https://jai.in.ua/archive/2022/2022-1-1.pdf>
6. The Impact of Digital Technologies: веб-сайт Організації Об'єднаних Націй. URL: <https://www.un.org/en/un75/impact-digital-technologies> .
7. Robotic grinding in a steel job shop: веб-сайт: Modern Casting. URL: <https://www.moderncasting.com/node/2173>

УДК 669:621.039; 669:621.039.6, 669.2/.8.018.254

В. О. Щерецький, О. А. Кузменко, О. А. Набока, О. А. Каранда,

А. М. Верховлюк

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

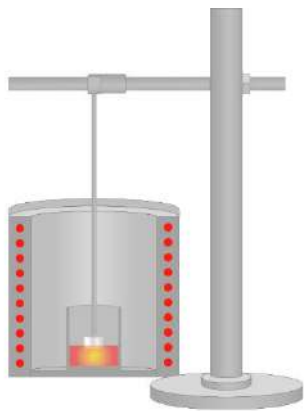
e-mail: shcheretskyi@nas.gov.ua

ОСОБЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРНЕВИХ ШАРІВ В СПЛАВАХ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ

У роботі досліджено закономірності формування композиційних поверхневих шарів взаємодією розплавів з алюмінієвою матрицею. Запропоновано нові способи виготовлення триботехнічних виробів на основі системи Al-Sn-Si-Cu з використанням контактного легування рідким розплавом. Які є більш економічними та простішими у виконанні порівняно з традиційними методами, такими як лиття, просочення або наплавлення. Представлені технологічні рішення були використані для виготовлення композиційних виробів триботехнічного призначення, включаючи біметалеві вироби, шляхом контактної взаємодії сплавів на основі алюмінію з розплавом свинцю.

Для контактного легування використовували експериментальну установку, що конструктивно складалась зі штатива, тримача зразків, печі спротиву, графітового тигля та зразків матричного сплаву циліндричної форми з різьбовим з'єднанням. На рисунку 1а показано модель та на фото (рис 1б) оснащення для контактного легування [1]. Технологія поверхневого легування була наступною. Спочатку у печі спротиву нагрівали свинець до температури 500 °С та очищали його поверхню від оксидної плівки. Плоскі поверхні зразків циліндричної форми, які використовували для контактного легування, попередньо обробляли напилком зі сталі У8. Потім їх занурювали в рідкий свинець на глибину 2-3 мм. та витримували на 0,5 – 2,5 години. Після контактного легування, зразки охолоджували і досліджували за допомогою металографії та електронної мікроскопії. Вивчали як поперечний переріз зразків (вздовж фронту легування), так і проводили пошаровий аналіз структури та складу фаз з кроком перешліфування 1 мм.

Термічну обробку матричних сплавів проводили за режимом нагрів-ізотермічна витримка, охолодження на повітрі. Температура нагріву складала 500 °С, час витримки від 0,5 годин до 2,5 годин.



а



б

Рис. 1. Схема-модель (а) та вигляд дослідної установки (б) для контактного легування

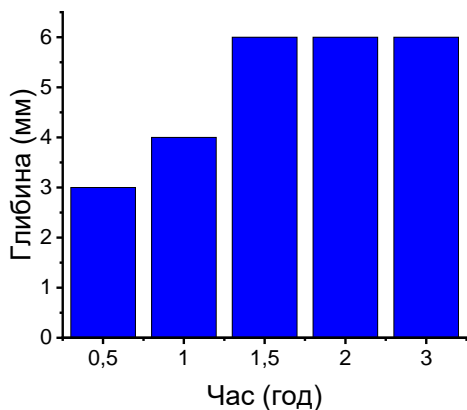


Рис. 2 – Глибина проникнення

свинцю при контактному легуванні модельного сплаву Al20Sn в залежності від часу витримки

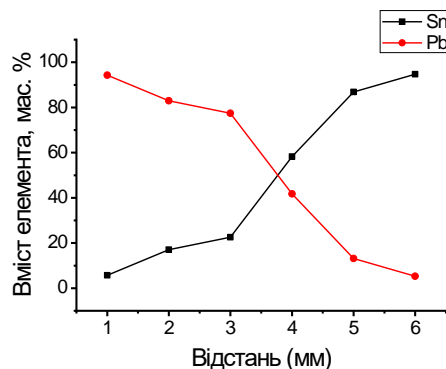


Рис. 3 – Вміст свинцю та олова в

фазі твердого змащення після контактного легування модельного сплаву Al20Sn при температурі 500 °С, 3 год

Для визначення оптимального режиму контактного легування свинцем для сплаву Al19,8 мас. част. % Sn, було проведено дослідження глибини проникнення свинцю в поверхневий шар сплаву при ізотермічній витримці при температурі 500 °С від 0,5 годин до 3 годин.

За критерій оцінки глибини проникнення було прийнято умовну межу середнього вмісту в легкоплавкій фазі свинцю на рівні ≥ 5 мас. част. %.

В результаті проведених дослідів встановили, що максимальна глибина проникнення досягається при витримці 1,5 години. Послідуюче збільшення часу витримки не привело до зростання глибини проникнення (рис. 2). З рисунка 3 видно, що до глибини 3 мм свинець фактично заміщує фазу олова в алюмінієвій матриці, а на більших глибинах вміст свинцю різко падає і вже формуються фази твердого розчину свинцю в олові та евтектики Sn-Pb.

Відомо, що довговічність і надійність трибоматеріалів залежать від ряду фізико-технічних факторів, що впливають на процеси тертя і зношування, які визначають особливості механізмів руйнування при терті. Загальноприйнятій групі антифрикційних сплавів (бабіти, бронзи, Al- сплави), які за будовою відповідають правилу Шарпі, особливості проходження процесу фрикційного контактування вал - втулка визначає наявність в антифрикційних матеріалах порівняно великої кількості твердих дискретних

елементів. На цьому принципі сконструйовані антифрикційні литі композиційні матеріали, що складаються з пластичної матриці, які армовано твердими компонентами. У режимі сухого тертя ковзання або порушення суцільності масляного змащення гранули виступають над поверхнею тертя. В результаті буде відбувається контакт твердих гранул з валом і перенесенням пластичного сплаву на контактну поверхню.

На початку трибоконтакта, в процесі притирання в умовах сухого тертя виникає утворення зон схоплювання, що не забезпечують достатню міцність зчеплення металів. Відомо, що площа фактичного трибоконтакта залежить від реологічних властивостей трибоматеріалу і зростає зі збільшенням часу тертя і величини навантаження, причому темп цього зростання прямо пропорційно залежить від навантаження [2,3]. Для шаруватих композитів з фазами твердого змащення, які утворюються в результаті контактного легування, також як і для композитів, що містять зміцнюючі фази високомодульних частинок характерна неоднорідна поверхня, яка має макрорельєф. Останній утворюється твердими екзогенними частинками, що чергуються з фазами твердого змащення та матричним сплавом.

В початковий період у парі тертя сталь-«контактно легований шар базового сплаву алюмінію» мастильний матеріал частково плавиться вже на етапі припрацювання, рівномірно розподіляється по поверхнях тертя і бере участь в формуванні мікрорельєфу тертя та окисленні його продуктів. Після того як поверхня взаємодії покривається плівкою «свинець-олово», пара тертя сталь-алюмінієвий сплав замінюється парою алюмінієвий сплав-«свинець-олово», що призводить до зниження інтенсивності окислення продуктів тертя.

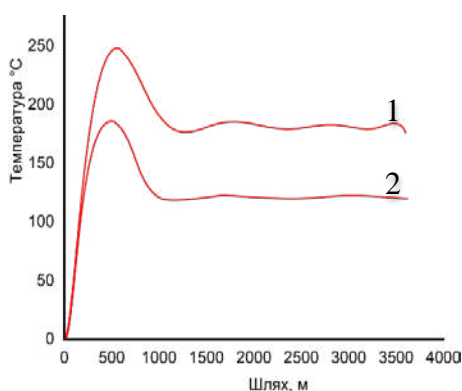


Рис. 4 – Зміна температури на контакті тертя сплаву Al20Sn7Si2Cu (1) та після (2) контактного легування свинцем

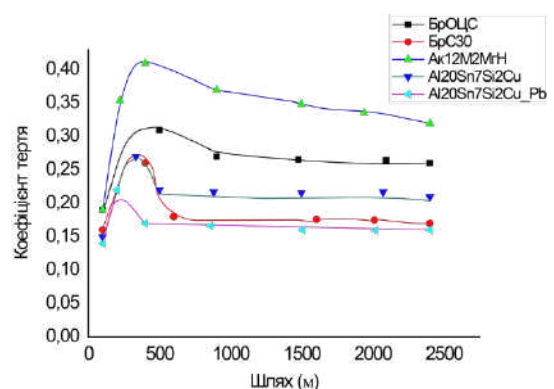


Рис. 5 – Зміна коефіцієнта тертя при припрацюванні зразків в умовах сухого тертя при швидкості тертя 1,5 м/с і навантаженні 1,2 МПа

У даному режимі свинцево-олов'яна плівка не руйнується, продукти зношування утримуються у зазорі тертя. Таким чином формується характер взаємодії, який обумовлений також кооперативною поведінкою фази твердого змащення і продуктів зношування, з яких формується третє тіло, що захищає поверхні тертя від зношування. Захисне третє тіло являє собою речовину утворену потоком енергії та існуючу в процесі тертя, воно не знищує плівку, а її створює. Дане тіло сприймає навантаження і покриває шорсткості поверхонь тертя. В таких умовах м'який матеріал працює по м'якому, навантаження розподіляється рівномірно по поверхні тертя, що сприяє продовженню ресурсу роботи. При підвищенні навантажень та швидкостей тертя третє тіло не руйнується і не піддається руйнуванню втоми і навпаки. Ріст швидкостей навантажень до певного рівня компенсуються результатом вивільнення більших порцій фази твердого змащування внаслідок її розплавлення, або більш інтенсивного зношування контактної поверхні, що в своєму складі також містить додаткові кількості фази твердого мастила.

Таким чином встановлено, що в процесі сухого тертя-ковзання при фрикційному контакті з контртілом типу «загартований сталевий вал» відбувається плавлення легкоплавких евтектик (рис. 4), що містять олово та свинець. При цьому на контакті утворюються специфічні трибоструктури, які призводять до зниження температури та коефіцієнту тертя, що сприяє зменшенню зносу матеріалу (рис. 5).

Список літератури

1. В. О. Щерецький, О. А. Кузменко, О. А. Набока, О. А. Каранда Формування шарів псевдосплаву Al–Pb методом контактного легування // *Processy lit'â*, 2022, Том 148, №2, С. 3-6.
2. Справочник по триботехнике / под общ.ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. т. 1. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
3. Гершман И. С., Буше Н. А. Реализация диссипативной самоорганизации поверхностей трения в трибосистемах // *Трение и износ*. 1995. Т. 16. № 1. С. 61 – 70.