

## ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОРОУТВОРЕННЯ У МАКРОГЕТЕРОФАЗНОМУ КОМПОЗИЦІЙНОМУ СПЛАВІ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО АБРАЗИВНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ

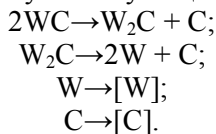
Національний авіаційний університет

*Розглянуто причини пороутворення в матриці композиту за плазмового наплавлення стрічковим релітом. Обрано спосіб усунення поруватості та експериментально доведено його ефективність. Показано, що обґрунтування впливу поруватості та її усунення на абразивну зносостійкість доцільно проводити на підґрунті реолого-кінетичної концепції.*

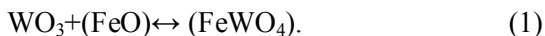
**Завдання дослідження.** Підвищення ресурсу роботи машин і обладнання різного призначення – будівельного, сільськогосподарського, бурового, нафтогазодобувного, транспортного тощо – обмежується недостатньою довговічністю деталей та вузлів. Головними факторами, що знижують довговічність, слід вважати абразивне зношування. Тому абразивний знос та захист механічних трибосистем є актуальною проблемою. Як найефективніший, а іноді єдиною можливий метод розв'язання цієї проблеми можна запропонувати створення нових більш зносостійких матеріалів. Традиційні конструкційні матеріали часто не можуть задовольнити вимоги сучасної техніки внаслідок низької зносостійкості. Забезпечити відповідний рівень зносостійкості можна лише розроблення композицій, у яких акумулюються кращі якості різних складових. Натепер у практиці різних галузей промисловості успішно застосовують багато типів композиційних матеріалів. Загальна для них така особливість: всі штучні матеріали отримують об'ємним сполученням різнорідних компонентів, один з яких пластичний (матриця), а інший має високу міцність, твердість і пружність (зміцнювальна фаза). До них належить «псевдосплави», які характерні тим, що при їх утворенні зміцнювальна фаза у вигляді окремих частинок певного розміру та форми готується заздалегідь, а матриця формується з розплаву при взаємодії зі зміцнювальною фазою. Прикладом можуть бути макрогетерофазні композиційні сплави, які складаються із зерен реліту (евтектичний сплав моно- і напівкарбідів вольфра-

му), розподілених в об'ємі матриці на основі заліза. При абразивному зношуванні такого сплаву зерна реліту є основою, яка сприймає питомі контактні навантаження, а матриця – демпфувальним матеріалом для релаксації фрикційних напружень. Очевидно, що зносостійкість композиту визначається здатністю кожної структурної складової виконувати притаманні їй функції у процесі абразивного зношування. Для отримання вказаних сплавів на практиці широко застосовують різні методи наплавлення [1]. Серед них одним з найпродуктивніших і найтехнологічніших є плазмове наплавлення. Як наплавлювальний матеріал, добре зарекомендував себе стрічковий реліт [1] – порошковий дріт плоского перерізу, який складається зі сталевий оболонки і наповнювача із зерен реліту, що містяться всередині неї. Оболонку виготовляють зі стрічки холоднокатаної сталі 08КП такого хімічного складу (масова частка, %): C = 0,05–0,11; Si ≤ 0,03; Mn = 0,25–0,5. На особливу увагу заслуговує той факт, що згідно з даними [2] концентрація газів у цій сталі становить (масова частка, %): O = 0,03–0,055; N = 0,003–0,007; H = 0,00023–0,00036. Звідси можна зробити висновок, що вміст газів у матеріалі оболонки надто малий, особливо це стосується кисню.

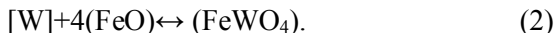
У процесі наплавлення під дією високої температури відбувається істотне розчинення зерен реліту у зварювальній ванні, в результаті чого розплав насичується вуглецем та вольфрамом:



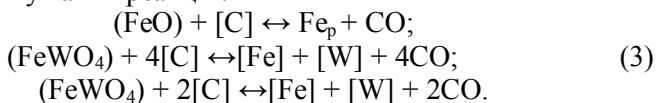
Вольфрам і залізо інтенсивно окиснюються, а їх оксиди активно взаємодіють, що призводить до утворення складного залізовольфрамового оксиду



Поряд із реакцією (1) утворення цього оксиду можливе також за реакцією



Однчасне насичення розплаву вуглецем створює сприятливі умови для перебігу таких реакцій:



Оскільки кристалізація зварювальної ванни відбувається з надто високою швидкістю [3], то оксид вуглецю (чадний газ) CO не встигає виділитись з неї. Тому в об'ємі матриці композиційного сплаву утворюється велика кількість пор, розмір яких сягає 2 мм (рис. 1) Наявність пор значно знижує міцність матриці, а також міцність закріплення в ній зерен реліту.

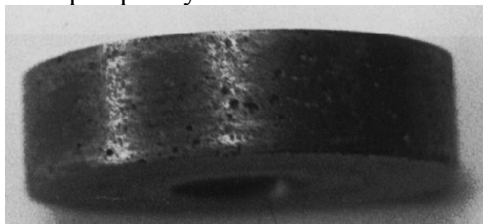


Рис. 1. Вигляд наплавленого композиційного сплаву

Велика кількість кисню в розплаві не лише сприяє утворенню пор, але також підвищує швидкість розчинення зерен реліту [4]. За значного розчинення зменшуються геометричні розміри зерен, унаслідок чого знижується їх міцність.

Таким чином, пороутворення в матриці композиційного сплаву призводить до істотного погіршення функціональної здатності зміцнювальної фази і матриці в умовах абразивного зношування, у зв'язку з чим потенціал зносостійкості цього дефіцитного і дорогого матеріалу виявляється не реалізованим. Тому метою цієї роботи є підвищення зносостійкості композиційного сплаву під час тертя по закріпленому абразиву через попередження пороутворення в ньому.

**Методичне забезпечення дослідження.** З викладеного вище зрозуміло, що головною причиною пороутворення в композиційному сплаві є сприятливі умови для перебігу хімічних реакцій у зварювальній ванні з виділенням чадного газу. Для усунення вказаних умов необхідно металургійними методами зв'язати надлишок кисню та вуглецю у розплаві. Це можна зробити легуванням розплаву розкиснювальними і карбідоутворювальними елементами, що мають більшу спорідненість з киснем та вуглецем, ніж залізо.

За рекомендаціями Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України реалізацію такого способу забезпечує додаткове введення до складу наповнювача стрічкового реліту, поряд із зер-

нами зміцнювальної фази, спеціальної шихти, яка містить у собі легувальні, розкиснювальні та флюсоутворювальні добавки такого складу (масова частка, %) – хрому 2,0 – 5,0; силікокальцію 0,5 – 2,0; силікомарганцю 0,5–2,0; алюмінію 2 – 2,2. Результати спеціальних металографічних досліджень підтвердили, що така шихта усуває пори в композиті. Стрічковий реліт наплавляли на валик із сталі. З методом плазмового наплавлення за допомогою спеціалізованої напіваавтоматичної установки УД-417. Потім з цієї заготовки виготовляли зразки з композиційними сплавами для проведення досліджень.

Триботехнічні та реологічні характеристики композитів визначали за допомогою методичного забезпечення, що викладено в праці [5].

#### **Експериментальна та аналітична частина дослідження.**

У процесі досліджень вимірювали лінійний знос та момент тертя. Для зручності порівняння закономірностей руйнування та деформування композитів експериментальні дані про залежність зносу від стискального зусилля в координатах  $\lg h_d - \lg N$  наведено на рис. 2 разом з даними про відповідні залежності товщини деформованого шару в координатах  $h_{п.д} - \lg N$ .

Зіставлення показує, що між абразивним зносом і товщиною деформованого шару композитів з поруватою та суцільною матрицями спостерігається певна кореляція. Із підвищенням зносу товщина деформованого шару збільшується. Це свідчить про взаємозв'язок процесів руйнування та деформування унаслідок зношування закріпленим абразивом досліджуваних сплавів.

Наявність пор у матриці композиту виявлялась у суттєвому зростанні абразивного зносу, яке супроводжувалось відповідним зростанням товщини пластичного деформованого шару порівняно з випробуваннями композиту, матриця якого не містила у собі пор. Таким чином, можна констатувати, що вплив поруватості матриці на абразивну зносостійкість композиту реалізується передусім через змінювання пластичних зон, що прилягають до пор, які є концентраторами напружень у матриці. Такий погляд відповідає базовим положенням реологкінетичної концепції зносостійкості [5].

Узявши до уваги цю концепцію, слід очікувати, що позитивний вплив попередження поруватості композиту на його зносостійкість, пов'язаний зі зростанням реологічного параметра, як харак-

теристики опору утворенню та розвитку бокових горизонтальних тріщин на межах пластичних зон .

З метою перевірки цього припущення визначали реологічні характеристики композитів. Відповідні дані приведено в таблиці.

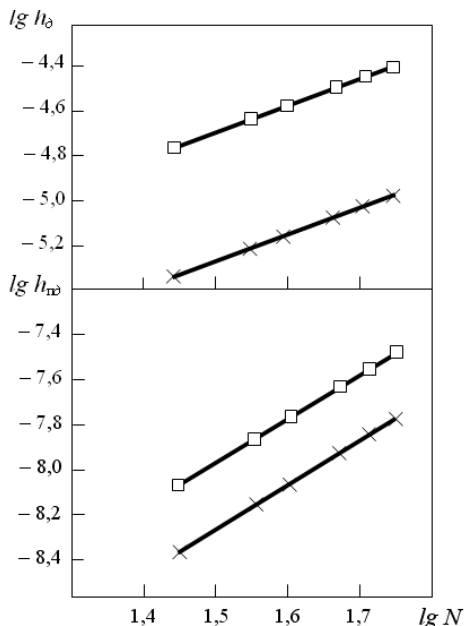


Рис. 2. Залежність зносу  $h_d$  і товщини пластичного деформованого шару  $h_{п.д}$  композиту від стискального зусилля ( $N$ ) ( $V=1,31$  м/с,  $t = 120$  с):

□ – поруватий композит; × – суцільний композит

### Вплив поруватості на реологічні характеристики композиційних сплавів

№ з/п	Сплав	В'язкість руйнування $K_{IC}$ , ГПа $\sqrt{M}$	Товщина деформованого шару $h_{п.д} \times 10^{-8}$ , м	Реологічний параметр, $R_3$ , ТПа
1	Композит з поруватою матрицею	0,97	3,85	4,94
2	Композит з суцільною матрицею	1,9	1,38	16,23

З таблиці видно, що усунення поруватості чинить істотний вплив на реологічні властивості композиту.

Так, в'язкість руйнування  $K_{TC}$  підвищується у 1,95 разу, а товщина деформованого шару  $h_{п.д}$  зменшується у 2,79 разу. У результаті впливу реологічний параметр  $R_3$  зростає у 3,28 разу, що експериментально підтверджує обґрунтованість висловленого припущення щодо доцільності реологокінетичного підходу для пояснення впливу усунення поруватості матриці на абразивну зносостійкість композита.

**Висновки.** У результаті цієї роботи встановлено таке:

1. Причинами пороутворення в матриці композиту при наплавленні стрічковим релітом є сприятливі умови для перебігу хімічних реакцій з виділенням чадного газу у зварювальній ванні та несприятливі умови для його виділення у процесі кристалізації розплаву.

2. Наявність пор у матриці істотно знижує абразивну зносостійкість композиту.

3. Ефективне попередження пороутворення при наплавленні досягається легуванням розплаву активними розкиснювальними та карбідоутворювальними елементами.

4. Негативний вплив пор на знос закріпленим абразивом реалізується через змінювання товщини пластичних зон, що прилягають до пор.

5. Вплив поруватості та її усунення на зносостійкість композиту доцільно обґрунтувати згідно з реолого-кінетичною концепцією.

### Список літератури

1. *Жудра А.П.* Новые композиционные сплавы и результаты исследования их свойств // Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавленный металл / Жудра А.П., Белый А.И.: сб. науч. тр. – К., 1977. – С. 151–157.

2. *Кудрин В.А.* Металлургия стали: учеб. – М.: Металлургия, 1989. – 560 с.

3. *Орлович А.* Применение высокоскоростной кристаллизации для повышения износостойкости отливок из сплава Al-Si / А.Орлович, М.Мруз, А.Трытек // Трение и износ.– 2006.–Т.27, №1. –С.95–97.

4. *Воротников В.Я.* Влияние продуктов окисления релита и основного металла на взаимодействие релита с расплавленной сталью // Химическое и нефтяное машиностроение – 1973. – №5. – С. 28–29.

5. Дворук В.І. Реолого-кінетична концепція абразивної зносостійкості та її реалізація в керуванні працездатністю механічних трибосистем: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора. техн. наук:05.02.04–тертя та зношування в машинах / НАУ. – К. 2007. – 40 с.

УДК 621.891

**Дворук В.І. Попередження пороутворення в макрогетерофазному композиційному сплаві, як засіб підвищення його абразивної зносостійкості** // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2009. – Вип. 52. – С.185–191.

Рассмотрена причины порообразования в матрице композита в процессе плазмовой наплавки ленточным релитом. Избран путь к устранению пористости и экспериментально доказано его эффективность. Показано, что обоснование влияния пористости и ее устранение на абразивную износоустойчивость целесообразно проводить на подпочве реолого-кинетической концепции.

Рис. 2, табл. 1, список літ. 5 найм.

### **Warning of poreformation in macroheterophase composition alloy as mean of increase of his abrasive weardurability.**

The reasons of poreformation are considered in the matrix of composition alloy at plasma jet hardfasing by tape relite. A way is select to the removal of porosity and experimentally well-proven his efficiency. It is rotined that influence substantiation porosity and its removal on abrasive weardurability is expedient to conduct on rheology-kinetic conception.

Стаття надійшла до редакції 28.10.09.