

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПІД ЧАС ТЕРТЯ ІЗ ЗАКРІПЛЕНИМ АБРАЗИВОМ МАТЕРІАЛІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ СВ-СИНТЕЗУ

О.В.Пилипенко, Л.Д.Луцак, М.Й.Бурда, М.В.Грушецький

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 506612,
e-mail: ztk@nuing.edu.ua

Оптимізовано методику дослідження зносостійкості під час тертя із закріпленим абразивом, а саме: із циліндричною поверхнею абразивного круга, матеріалами, отриманими методом самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВ-синтезу) шляхом електродугового наплавлення порошкових сумішей, що знаходяться в електродах. Запропонована методика уможливіє ефективніше дослідження та якісне порівняння та підбір конкурентоздатних сучасних матеріалів у ході вирішення завдань підвищення ресурсу роботи деталей та інструменту, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування.

Ключові слова: електродугове наплавлення, самопоширюваний високотемпературний синтез, абразивне зношування, абразив, абразивний круг, тертя, зносостійкість, методика дослідження, машина тертя, випробувальний зразок, електрод.

Оптимизирована методика исследования износостойкости при трении по закреплённому абразиву, а именно: по цилиндрической поверхности абразивного круга, материалов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВ-синтеза) путем электродуговой наплавки порошковых смесей, находящихся в электродах. Предложенная методика позволяет эффективное исследование и качественное сравнение и подбор конкурентоспособных современных материалов при решении задач по повышению ресурса работы деталей и инструмента, работающих в условиях интенсивного абразивного износа.

Ключевые слова: электродуговая наплавка, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, абразивный износ, абразив, абразивный круг, трение, износостойкость, методика исследования, машина трения, испытываемый образец, электрод.

It is described the optimization of the methods for the study of the wear resistance in friction on the fixed abrasive, namely, on the cylindrical surface of the abrasive wheel. of the materials obtained by the method of self-propagating high-temperature synthesis (SPS) by means of the electric-arc welding powder mixtures contained in electrodes. The proposed method allows the more effective research. a qualitative comparison and selection of competitive modern materials to solve the problems concerning the resource increasing of the details and tools which work in conditions of the intense abrasive wear.

Keywords: arc welding, self-propagating high-temperature synthesis, abrasive wear, abrasive, abrasive wheel, friction, wear resistance, methods of research, friction machine, test example, electrode.

Вступ. Підвищення ресурсу роботи деталей та інструменту, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, набуває особливої актуальності в нафтогазовій, гірничовидобувній, будівельній та інших галузях промисловості. Зношування під час тертя із закріпленим абразивом в більшості випадків є одним з переважаючих, тому розроблення нових матеріалів і наявність ефективних методик та сучасного випробувального обладнання (зокрема машин тертя) щодо визначення стійкості матеріалів до абразивного зношування дає змогу проводити якісні порівняння і здійснювати підбір матеріалів під час розв'язання поставлених завдань.

До конкурентоздатних сучасних безвольфрамових самозахисних матеріалів слід віднести порошкові наплавлювальні матеріали, які при наплавленні реалізують явище самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС).

Самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС) – це екзотермічна взаємодія хімічних елементів, що протікають в режимі горіння. При цьому в порошковій суміші виникає

зона з високою температурою, де відбувається нагрівання і хімічна взаємодія елементів. Ця зона переміщується вздовж порошкової суміші, втягуючи в реакцію розташовані поблизу шари суміші [1]. Механізмом поширення хвилі синтезу є ефект капілярного розтікання, який полягає в заповненні більш легкоплавким реагентом ділянок, що містять інший тугоплавкий компонент.

В нашому випадку СВ-синтез полягає в локальному ініціюванні початку реакції під дією електричної дуги, після чого в порошковій суміші, що знаходиться в електроді, за рахунок теплопередачі утворюється хвиля горіння, за якою відбувається синтез тугоплавких зносостійких сполук. При цьому синтезовані сполуки характеризуються високою чистотою, а сам процес синтезу відбувається зі швидкістю, співмірною зі згорянням електрода.

Наплавлений матеріал має мікрогетерогенну структуру, що є композицією із твердих карбідів, тугоплавких сполук і більш пластичної і в'язкої матриці. Високі зносостійкі властивості матеріалу пояснюються наявністю в структурі

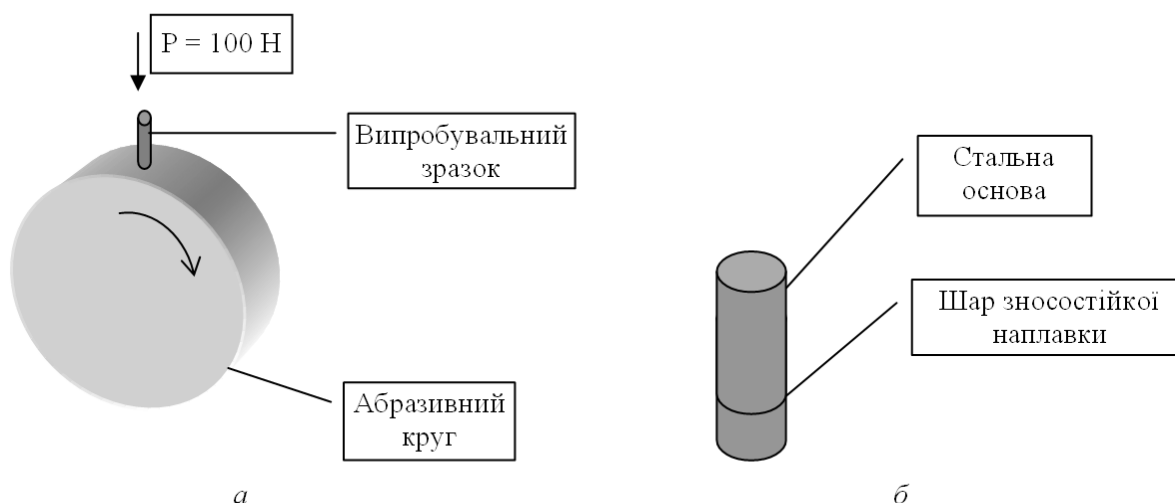


Рисунок 1 – Схеми випробування зразка наплавлення на зносостійкість під час тертя із закріпленням абразивом на машині МТ-1 (а) та випробувального зразка (б)

твердих фаз – карбідів і боридів. Характер карбідної фази, а також її розподіл значною мірою визначають властивості наплавленого шару: зносостійкість, твердість, ударну стійкість.

Методика досліджень. Умовно схеми випробувань, які реалізують машини тертя, для умов тертя ковзання по закріпленому (монолітному) абразиву можна розділити на дві групи. В машинах тертя першої групи, представником якої є лабораторна установка АИ-2-С [2], взірць в процесі випробувань переміщується вздовж торця абразивного круга. Траєкторією руху взірця є спіраль, що за постійної швидкості обертання круга, не забезпечує постійної лінійної швидкості. Даний недолік відсутній у випадку реалізації схеми випробувань, зображеної на рис. 1, а. У цьому випадку в процесі випробувань взірць контактує з боковою поверхнею абразивного циліндра (круга). Вказана схема випробувань реалізована в випробувальному стенді – машині тертя МТ1 (рис. 1, а). Випробовують зразки зносостійких матеріалів або покриттів циліндричної форми діаметром 10 мм, довжиною 30 мм. Схематично зразок для проведення випробування на машині тертя МТ1 зображено на рис. 1, б.

Як абразивний матеріал застосовується зелений карборунд 64С у вигляді шліфувального круга діаметром 300 мм та товщиною 40 мм. Швидкість тертя становить 0,5 м/с.

Виготовлення зразків для випробування способом електродугового наплавлення традиційних матеріалів і здатних до СВС в процесі нанесення покриття складається з таких етапів:

- виготовлення сталльної основи;
- отримання покриття на сталній основі способом ручного електродугового наплавлення матеріалів, здатних до СВС в процесі нанесення;
- механічна обробка зразка до необхідних геометричних розмірів.

Сталльна основа – палець (рис. 2, а) – виготовляється переважно із низьковуглецевих

конструкційних сталей. Для здійснення процесу наплавлення застосовується спеціально виготовлений графітовий (шамотовий) пристрій (рис. 2, б).

Схема наплавлення пальця зображена на рис. 3, а. Наплавлення зносостійкого шару здійснюється ручним електродуговим способом із застосуванням джерела живлення електричної дуги ВДУ-506 на оптимальних режимах, що відповідають тому чи іншому електродному матеріалу, здатного до СВС. Товщина наплавленого шару складає від 5 до 7 мм.

Схема механічної обробки методом шліфування наплавленого пальця до необхідних розмірів зображена на рис. 3, б.

На машині тертя МТ-1 встановлюються 2 абразивних круги (№1 та №2) однакових діаметрів, один з яких (№1) призначений для притирання отриманих зразків. Кількість випробувальних зразків для кожного типу матеріалу становить не менше 2 штук. Як еталонні зразки використовуються пальці, наплавлені серійними електродами марки Т620 \varnothing 4 мм виробництва Центрального ремонтно-механічного заводу Мосенерго (м. Москва, Росія).

Методика випробування на відносну зносостійкість буде складатися з наступних етапів.

1) Попереднє притирання всіх зразків на притиральному крузі (№1) до повного контактування поверхонь зразка і круга.

2) Зачищення (шаржування) робочої поверхні круга №2.

3) Встановлення першого випробувального зразка на доріжку №1 випробувального круга №2.

4) Притирання зразка з прикладеним навантаженням ($P = 100 \text{ Н}$). Шлях притирання – 10 циклів за лічильником машини (близько 10 м).

5) Зважування зразка на аналітичній вазі (m_{01}), з точністю зважування – до 1 мг.

6) Встановлення першого випробувального зразка на доріжку №1 випробувального круга №2.

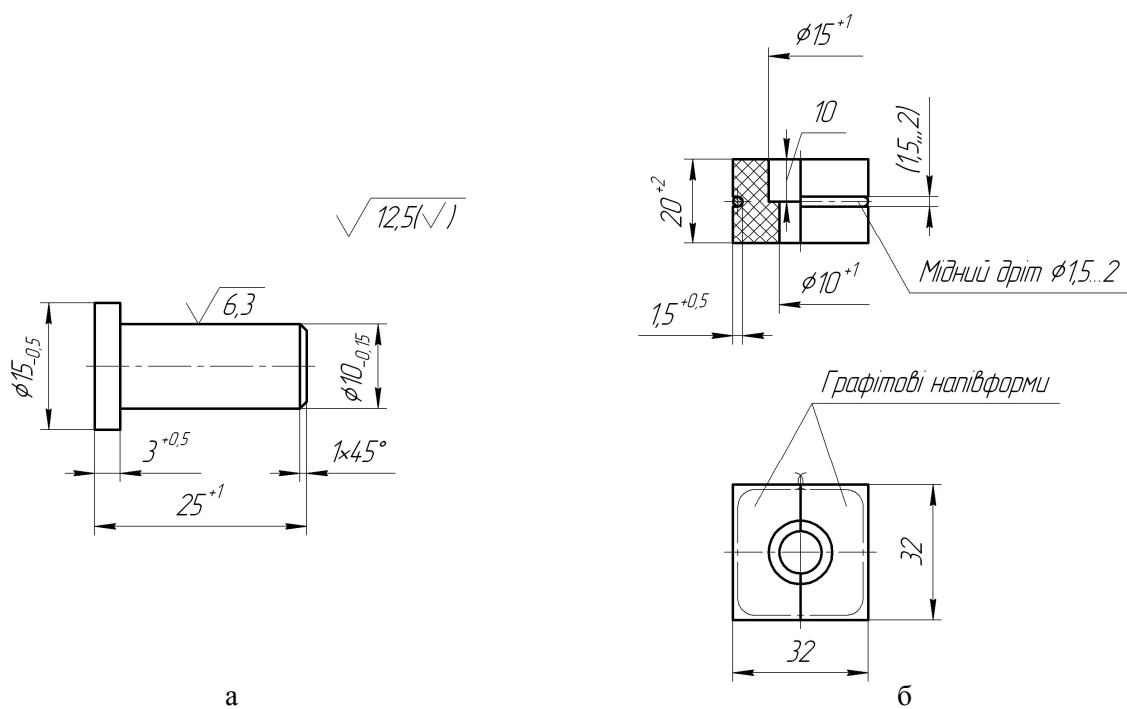


Рисунок 2 – Ескіз пальця (а) та схема графітового пристрою для наплавлення пальця (б)

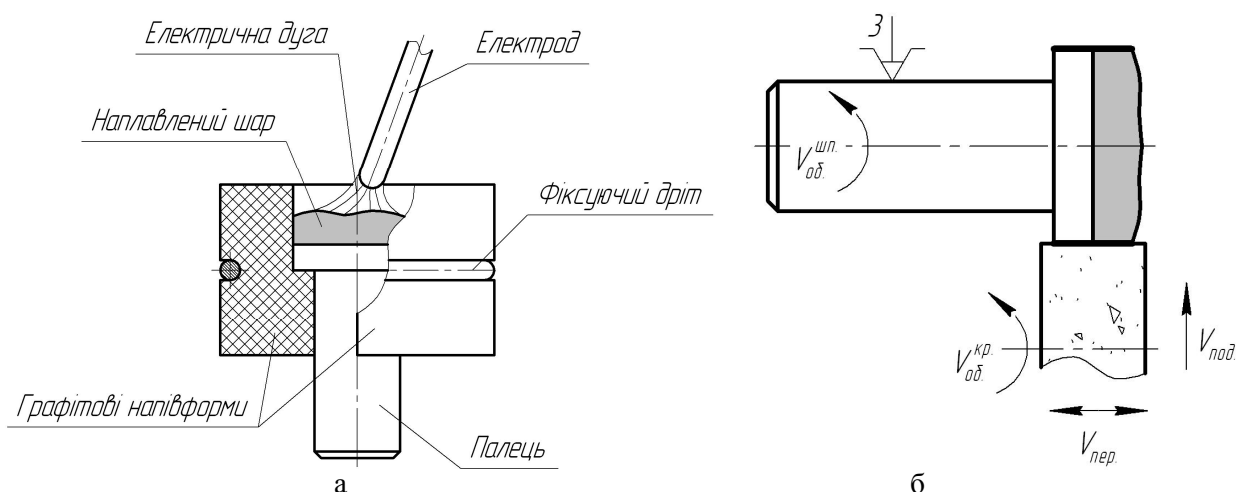


Рисунок 3 – Схеми: наплавлення пальця (а) та оброблення наплавленого пальця (б)

7) Випробувальний пробіг з прикладеним навантаженням. Шлях пробігу – 35 циклів (біля 33 м).

8) Зважування зразка на аналітичній вазі (m_{11}) з точністю зважування – до 1 мг.

9) Визначення масового зносу зразка за час випробувального пробігу за формулою $\Delta m_1 = m_{11} - m_{01}$.

10) Встановлення першого випробувального зразка на доріжку №2 випробувального круга №2.

11) Повторення операцій 4 - 9. Визначення масового зносу зразка Δm_2 за формулою $\Delta m_2 = m_{12} - m_{02}$.

12) Встановлення першого випробувального зразка на доріжку №3 випробувального круга №2.

13) Повторення операцій 4 - 9. Визначення масового зносу зразка Δm_3 за формулою $\Delta m_3 = m_{13} - m_{03}$.

14) Визначення середнього масового зносу для зразка №1 за формулою $\Delta m_c = (\Delta m_1 + \Delta m_2 + \Delta m_3)/3$.

15) Повторення операцій 2 - 13 для зразка №2, №3 і т. д.

16) Визначення середнього масового зносу матеріалу за формулою $\Delta m_{смі} = (\Delta m_{с1} + \dots + \Delta m_{сn})/n$, де n – кількість випробуваних зразків.

17) Визначення відносної зносостійкості матеріалу за формулою $\epsilon_i = \Delta m_{сме}/\Delta m_{смі}$, де $\Delta m_{сме}$ – середня зносостійкість еталонного матеріалу.

18) Результати випробувань заносяться до таблиці (табл. 1).

Результати досліджень. За даною методикою були проведені дослідження взірців отриманих наплавленням електродами ЕП-ТБ-2-6 та ЕП-ТБ-2-40 виробництва ТЗОВ МНВЦ «Епсілон ЛТД», м. Івано-Франківськ, наведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Результати випробувань зразків на відносну зносостійкість під час тертя із закріпленням абразивом

Матеріал, виробник	№ зразка	Середня твердість HRC	m_{01}	m_{11}	Δm_1	m_{02}	m_{12}	Δm_2	m_{03}	m_{13}	Δm_3	Δm_c	Δm_c по матеріалу,	Відносна зносостійкість по матер. ϵ

Таблиця 2 – Результати випробувань зразків на відносну зносостійкість під час тертя із закріпленням абразивом

Матеріал, виробник	Середня твердість HRC	Вага та масовий знос зразків, г											Відносна зносостійкість	
		m_{01}	m_{11}	Δm_1	m_{02}	m_{12}	Δm_2	m_{03}	m_{13}	Δm_3	Δm_c	Δm_{cm}		
Т620 ЦРМЗ Мосенерго	62	51,652	51,634	0,018	51,626	51,597	0,029	51,580	51,539	0,041	0,029		0,0270	1,00
	60	52,552	52,524	0,028	52,513	52,489	0,024	51,480	51,458	0,022	0,025			
	52	50,040	49,912	0,128	49,880	49,780	0,100	49,750	49,652	0,098	0,109			
ЕП-ТБ-2-6 МНВЦ "Епсілон ЛТД"	67	53,935	53,922	0,013	53,911	53,899	0,012	53,886	53,868	0,018	0,014		0,0120	2,25
	64	53,200	53,192	0,008	53,181	53,170	0,011	53,160	53,151	0,009	0,009			
	65	50,642	50,628	0,014	50,618	50,608	0,010	50,582	50,567	0,015	0,013			
ЕП-ТБ-2-40 МНВЦ "Епсілон ЛТД"	69	50,881	50,869	0,012	50,861	50,857	0,004	50,850	50,841	0,009	0,008		0,0075	3,60
	69	51,973	51,963	0,010	51,932	51,924	0,008	51,921	51,919	0,002	0,007			

Висновок. Отримані результати випробувань підтверджено реальними перевагами промислового застосування матеріалів для наплавлення, здатних до СВ-синтезу [3], що, в свою чергу, свідчить про достовірність отримуваних результатів за допомогою оптимізованої методики досліджень.

Література

- 1 Мержанов А.Г. Процессы горения и синтез материалов / А.Г. Мержанов. – Черноголовка : ИСМАН, 1998. – 512 с.
- 2 Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, М.Г. Колокольников. – М. : Машиностроение, 1990. – 224 с.
- 3 Пилипченко О.В. Наплавлення матеріалами СВС-класу / Олександр Пилипченко // Метали. Технології & Обладнання. – 2009. – №23-24. – 60 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 20.01.10
Рекомендована до друку професором Дрогомирецьким Я.М.*