

УДК 621.793.8

М.І.Пашечко<sup>1</sup>, В.М.Голубець<sup>2</sup>, М.Малець<sup>1</sup><sup>1</sup>Люблінський політехнічний інститут<sup>2</sup>Львівський лісотехнічний університет

### ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НОЖІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН З ВИКОРИСТАННЯМ ЕВТЕКТИЧНИХ ПОРОШКОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ СИСТЕМИ Fe-Mn-C-V

#### Проблема

Проблема утилізації зношених автомобільних шин [1] вимагає розробки технології їх подрібнення. Для наплавлення ножів до подрібнення автомобільних шин (зміцнення та відновлення) використовуються різні за хімічним складом електроди, зокрема такі що містять карбіди вольфраму, хрому та ніобію. Для одержання евтектичних покриттів використовували евтектичні порошкові електроди системи Fe-Mn-C-V леговані Si, Ni і Cr [2,3]. Покриття наносили методом електродугового наплавлення. В якості матеріалу для виготовлення ножів використовували сталь Brinar (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад (мас. %) сталі Brinar

Склад елементів, %	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cu	Cr	Ni
	0,28	0,73	1,03	0,011	0,002	0,006	0,060	0,02	0,91	0,04

Найвищу зносостійкість ножів одержано при використанні ванадій і хромовмісних електродів фірми Lastec які витобляються в німеччині і австрії (табл. 2). Слід відмітити, що наплавлені вказаними електродами ножі працюють 3-4 дні. Довговічність ножів, наплавлених евтектичними порошковими електродами системи Fe-Mn-C-V-Si-Ni-Cr становить 18 днів і більше.

Таблиця 2

Хімічний склад електродів

Елемент	C	Cr	V	Mn	Ni
Min.	4,0	20,0	10,0	0.5	3
Max.	4,5	24,0	12,0	1,0	5

Дослідження зносостійкості наплавлених ножів (рис. 1) проведені у виробничих умовах фірми Д.К. Новорециклінг, Люблінське воєводство (Польща).



Рис. 1. Ніж до подрібнення автомобільних шин після експлуатації протягом 12 днів

**Одержані результати і дискусія**

Фірма Д.К. Новорециклінг на сьогоднішній день переробляє протягом року 10 тисяч тон зношених шин. Планується в перспективі переробляти коло 20 тисяч тон.

При подрібненні шин використовується трьохкрокова система подрібнення. На першому кроці відбувається первинне подрібнення шин до розмірів  $\sim 350$  мм. Потужність двигуна, який приводить в рух механізм подрібнення становить 90 кВт, передача черв'ячна. Швидкість обертання ножів до подрібнення становить 9 обертів на хвилину. Продуктивність лінії: шини із osobowych автомобілів до 12 т/год., шини із важкопідйомних автомобілів до 8 т/год. Система подачі направляє матеріал до наступного подрібнення.

Наступний крок подрібнення дає можливість роздрібнити попередньо подрібнені шини до розмірів  $\sim 100 \times 100$  мм. Потужність двигунів, які приводить в рух механізм подрібнення становить  $2 \times 75$  кВт, передача черв'ячна. Швидкість обертання ножів до подрібнення становить 23 оберти на хвилину. Продуктивність лінії: шини із osobowych автомобілів до 12 т/год., шини із важкопідйомних автомобілів до 8 т/год. Продукт який виходить із гранулятора складається із суміші чіпсів і дроту. Система подачі направляє матеріал до третього кроку подрібнення.

На третьому кроці відбувається поздрібнення чіпсів до розмірів  $\sim 35$  мм і менше (рис. 2). Швидкість обертання валу, двох замахових колес вагою 3,5 тони і ножів до подрібнення (рис. 1) становить 220 обертів на хвилину. Продуктивність лінії є близько 3,5 т/год при використанні сита  $\varnothing 35$  мм.



Рис. 2. Третій крок подрібнення автомобільних шин

Сталеві дроти, які містяться в шинах відділяються від чіпсів (рис. 3). Завдяки розробленій методиці механічного подрібнення шин вдається видалити близько 95 % сталевих дротів із шин при використанні сита діаметром більшим ніж 25 мм. Західні виробники машин вважають за неможливе відділення дроту при використанні сит такого великого діаметра. Система до сепарації дротів із шин розроблена на основі сталих магнітів в формі прямокутника із змінним магнітним полем. Магніти замонтовано під прямим кутом до стрічки транспортера чіпсів і сталевих дроту.



Рис. 3. Система до сепарації сталевих дротів від чіпсів

Готовий продукт, який виходить із гранулятора після трьох кроків подрібнення і сепарації дроту складається із мішанини різних розмірів гуми (чіпсів) (рис. 4) і дроту (рис. 5).



Рис. 4. Подрібнена гума діаметром до 35 мм



Рис. 5. Сталевий дріт відділений із шин

Мікроструктурними дослідженнями встановлено, що евтектичні покриття складаються із евтектики типу легований аустеніт (м'яка фаза) – марганцовистий карбід заліза  $Fe_{0,4}Mn_{3,6}C$  (зміцнююча фаза) і дисперсійних включень бориду  $Fe_2B$  і карбіда хрому  $Cr_7C_3$  (дисперсійні фази) (рис. 6) [3].

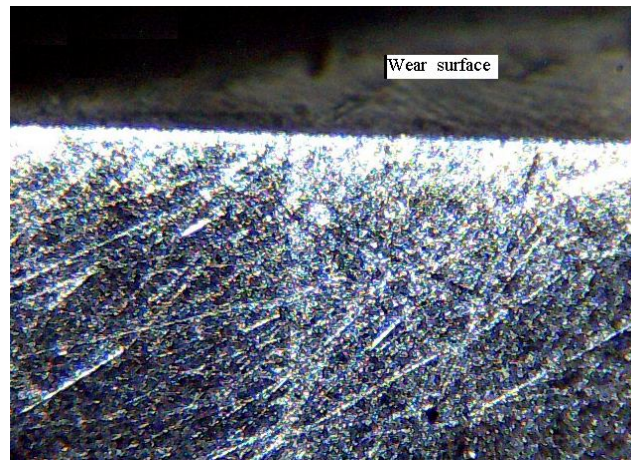


Рис. 6. Мікроструктура покриття (x 200) наплавленого шару одержаного методом електродугового наплавлення з використанням евтектичного порошкового електроду системи Fe-Mn-C-B легованого Si, Ni і Cr

Проведено мікроструктурний аналіз поверхні тертя з метою виявлення розподілу елементів на поверхні тертя. Дослідження розподілу елементів на поверхні тертя та по глибині від поверхні тертя проведено із використанням SEM з приставкою EDS (Accelerating Voltage: 20.0 kV. Magnification: 200).

Дослідження проведено на шліфах поверхні наплавлених шарів з використанням порошкового евтектичного електрода (а 1, б) і ванадій-хромового електрода (а 2) (рис. 7).

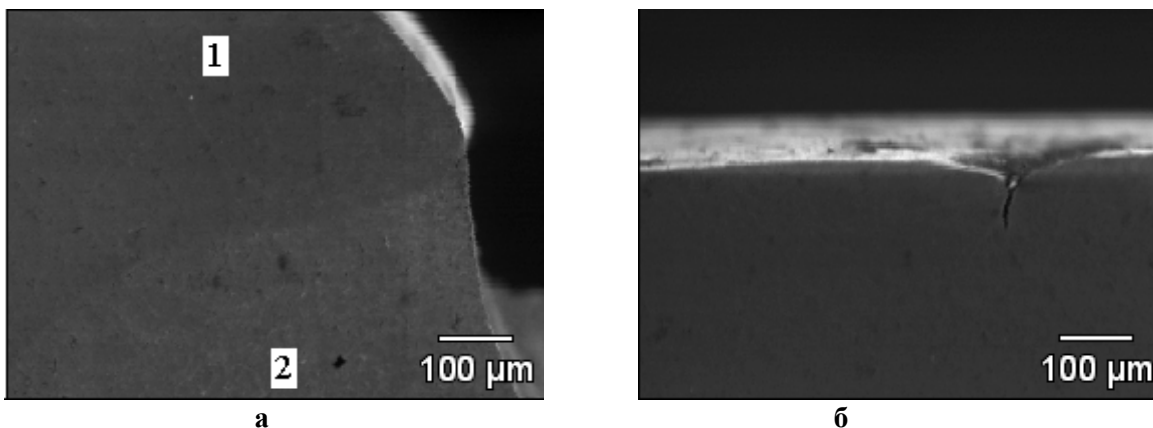


Рис. 7. Мікроструктура (SEM) поверхні наплавлених шарів з використанням порошкового евтектичного електрода (а 1, б) і ванадій-хромового електрода (а 2)

Одержано нерівномірний розподіл атомів Fe, Si, Cr, Mn, Ni, V, C, Mo на поверхні тертя наплавлених шарів представлений. Виявлено підвищений вміст C, O, а також Si на поверхні тертя (рис. 8) в порівнянні з їх вмістом на вихідній поверхні перед тертям. Вміст кремнію збільшується з 2,74 – 3,30 до 17,71 – 43,42 на досліджуємих поверхнях тертя. Вказує це на те, що в процесі тертя відбувається сегрегація атомів C, B і Si на поверхню тертя внаслідок термодифузії і її активації фрикційним розігріванням поверхні тертя. В результаті трібосинтезу утворюються нестехіометричні за складом нано фази, чим і пояснюється висока зносостійкість евтектичних покриттів. Аналогічний механізм зношування розкрито в процесі тертя евтектичних сплавів

системи Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr, одержаних методом електродугового наплавлення з використанням порошкових електродів [2].

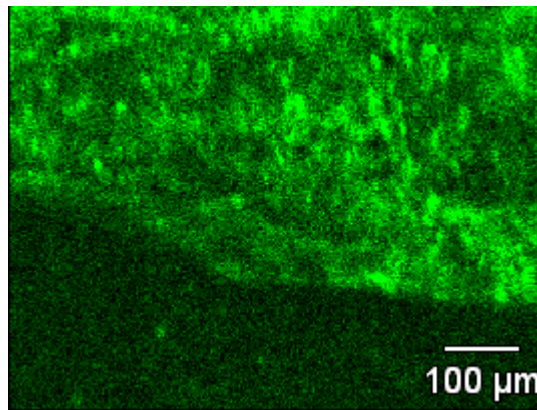


Рис. 8. Розподіл атомів Si на поверхні тертя

Зносостійкість наплавлених евтектичним порошковим електродом ножів в чотири рази і більше вища в порівнянні із наплавкою ванадій і хромовмісним електродом фірми Lastec.

#### Висновки

Найвищу зносостійкість ножів одержано при використанні ванадій і хромовмісних електродів фірми Lastec. Наплавлені вказаними електродами ножі працюють 3-4 дні. Довговічність ножів, наплавлених евтектичними порошковими електродами системи Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr становить 18 днів і більше.

Одержаний в процесі подрібнення матеріал може бути запропонований на ринку для різного виду спалювання, наприклад як альтернативне паливо на цементних заводах, при спалюванні сміття ітп. На сьогоднішній день в фірмі D. K. NovoRecykling продовжуються дослідження над розробкою технології одержання дрібної фракції гуми. Дрібна фракція гуми буде використовуватися в багатьох галузях народного господарства, зокрема: покращення властивостей ґрунту, спорудження дитячих площадок, в якості підкладу для доріг, виготовлення поверхні спортивних майданчиків, формування гумових виробів – колеса, коврики, мати для погашення вібрації на мостах, щітки до автомобілів ітр.

З використанням сканінгового електронного мікроскопу SEM показано підвищення вмісту C, O і Si на поверхні тертя евтектичного покриття в порівнянні із вихідним матеріалом. Виявлено, що в процесі тертя відбувається сегрегація атомів C і Si на поверхню тертя. В результаті трібосинтезу формуються нестехіометричні фази (нанофази) на основі  $B_2O_3$ ,  $SiO_2$  і C. Утворення оксидів на поверхні тертя вказує на окиснювальний механізм зношування евтектичних наплавлених шарів.

Висока зносостійкість наплавлених евтектичними сплавами ножів обумовлена тим, що в процесі тертя відбувається сегрегація атомів C, B і Si на поверхню тертя. В результаті трібосинтезу формуються нестехіометричні фази (нанофази) на основі  $B_2O_3$ ,  $SiO_2$  і C. Це призводить до зменшення коефіцієнта тертя, а відповідно до підвищення зносостійкості евтектичних покриттів.

1. W. Parasiewicz, L. Pyskło, J. Magryta. Recykling zużytych opon samochodowych.– Piastów: Poradnik. Instytut Przemysłu Gumowego, 2005.–S. 93.
2. M. Pashechko, K. Lenik. Segregation of atoms of the eutectic alloy Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr at friction wear.– Wear.– Volume 267.–2009.–S. 1301-1304.
3. М. И. Пашечко, В. М. Голубец, М. В. Чернец. Формирование и фрикционная стойкость евтектических покрытий.–К.:– Наукова Думка.–1993.– 344 с.