

## **ЕВТЕКТИЧНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ: ОТРИМАННЯ ПРИ СВЧ НАГРІВАННІ, СТРУКТУРА І ВЛАСТИВОСТІ**

***М.І. Пашечко, доктор технічних наук  
Люблінський політехнічний інститут (Польща)  
М.І. Денисенко, кандидат технічних наук  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України***

*У роботі досліджено вплив технологічних параметрів насичення і абразивного руйнування по незакріпленим часткам робочих органів сільськогосподарських машин та зміну стану поверхонь тертя евтектичних покриттів на конструкційних сталях (сталь 45 і 65Г).*

***Абразивне зношування, леміш плуга, евтектичні покриття, самозагострювання леза, зміцнення поверхні.***

**Постановка проблеми.** Підвищення надійності та довговічності деталей машин та механізмів – одне з основних завдань машинобудування, яке значною мірою обумовлює економічний розвиток України і є невід’ємною й важливою ланкою науково-технічного прогресу. Актуальність проблеми підвищення довговічності деталей сільськогосподарських машин з кожним роком зростає.

Це пояснюється тим, що зростають вимоги до надійності машин, безперервно збільшуються швидкості руху, продуктивність і, відповідно інтенсивність експлуатації. В практиці безліч випадків, коли низька довговічність деталей робочих органів обмежує можливості подальшого підвищення техніко-економічних показників машин. В сільськогосподарських машинах такими деталями є лапи культиваторів, леміші плугів, ножі кормозбиральних машин та подрібнювачів кормів, сегменти ріжучих апаратів косарок, ріжучі пари машинок для стрижки овець. Малий термін служби цих деталей визиває необхідність виготовлення величезної кількості їх в якості запасних частин, суттєво зменшується продуктивність машин. Так, наприклад, до впровадження нових методів зміцнення граничне затуплення ріжучих пар стригальних машинок утворюється через 1,5–2 години безперервної роботи, сегментів косарок-через 4–6 годин, лап культиваторів через 6–8 годин, після чого у польових умовах необхідно було загострювати леза [1]. Сучасне сільськогосподарське машинобудування України потребує надійні робочі органи, які повинні мати

© М.І. Пашечко, М.І. Денисенко, 2015

високу міцність і пластичність, зносо- і корозійну стійкість. При цьому важлива роль належить розробленню нових матеріалів для конструкційних елементів, які зазнають зношування.

Отримання евтектичних сплавів на основі системи Fe-Mn-C-B дозволяє вибрати сплави з відповідним умістом легувальних елементів (наприклад Si, Ni, Cr, W, V та інші), як складових, що забезпечують задані властивості, котрі потрібні під час проектування відповідної пари тертя.

**Аналіз останніх досліджень.** Для поверхневого зміцнення металів і сплавів з утворенням евтектичного шару звично використовують обмазки (пасти) з наступним короткочасним (2–30 сек) нагріванням СВЧ [2, 3, 4]. А. Пін'юччо, Р. Кахик запропонували спосіб борування деталей машин, працюючих в умовах абразивного зношування при 811–1144 К, котрий закладається в наступному. Деталь нагрівають до 1033–1366 К (оптимальна температура нагрівання 1253 К) та укладають у піщану форму. Зверху засипають алюмотермічний шар і обкладають його пластинами графіту. Потім суміш підпалюють. Її товщина підбирається таким чином, щоби у процесі горіння забезпечувалась необхідна температура та тривалість ізотермічної витримки [5].

Для отримання багатокомпонентних покриттів та збільшенню товщини дифузійного шару попередньо насичують поверхневий шар виробу елементом, що знижує його температуру плавлення. Потім здійснюють насичення при температурі плавлення отриманого у поверхневому шарі сплаву [6].

Отримані теоретичні результати по розподіленню концентрації елементів за умови концентраційної залежності коефіцієнту дифузії і швидкості зміни евтектичної концентрації за глибиною і в часі [2] однозначно дозволяють встановити послідовність їх дифузії в сталь [3]. Пере розподілення бору, марганцю, кремнію та легуючих елементів відбуваються у рідкій фазі, яка утворюється в результаті (КЕП) контактного евтектичного плавлення вуглецю з залізом і розплавлення порошку [2]. Ведуча роль у формуванні евтектичних покриттів системи Fe-Mn-C-B при КЕП з металом основи ( $\gamma$ -залізо) припадає на вуглець і бор [4]. На основі результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень можливо стверджувати, що в процесі контактного евтектичного плавлення елементів порошкової суміші з металом основи першим в залізо дифундує вуглець, утворюючи  $Fe_3C$  або залишаючись у вільному стані. Бор розподіляється у рідкій фазі, він легує цементит, утворюючи  $Fe_3(C, B)$ . Температура плавлення бороцементиту 1373 К.

Утворення метастабільного карбїду  $Fe_{0,4}Mn_{3,6}C$  (стабільна фаза  $(Fe, Mn)_{23}(C, B)$ ), твердих розчинів Mn, Ni, Cr, Si в  $\alpha$  і  $\gamma$  залізі відбу-

вається в рідкій фазі, що утворюється на поверхні металу. Структура і властивості евтектичних покриттів регулюються концентрацією елементів порошкового матеріалу, їх співвідношенням при температурі утворення евтектики, а також розглянутими технологічними факторами [5]. Аналіз літературних джерел по впливу температури і часу насичення на глибину дифузійного шару показав, що з підвищенням температури, швидкість наростання товщини зміцненого шару суттєво зростає. Зростання глибини дифузійного шару, як функції температури підпорядковується експоненціальній залежності.

З ціллю інтенсифікації процесів високотемпературної (1162K) швидкісної газової цементації [6], цементації у рідкому середовищі, розплавлені солі або водні розчини відповідних з'єднань [7], дифузійного ціанування [8], хромування [9], борування і хромування з використанням спеціальних обмазок (паст) використовується нагрівання СВЧ, що дозволяє скоротити вказані процеси від декількох годин до 45-75 секунд. При цьому товщина ущільненого шару все ж обмежується глибиною дифузійного проникнення активних атомів насичуючої суміші у тверду підкладку і звично складає не більше  $10^{-3}$  м.

**Метою досліджень** є дослідження закономірностей формування структури і властивостей евтектичних покриттів, отриманих при розплавленні порошкових сумішей на основі заліза, та їх впливу на працездатність сталі при зношуванні.

**Результати досліджень.** Процес нанесення зміцненого шару на робочу поверхню деталі складається з наступних операцій: підготовка порошкових наплавочних матеріалів, підготовка деталі для зміцнення, налагодження режиму, нанесення шару зміцнення, охолодження деталі, механічна обробка, контроль якості. При реалізації відомого методу [6] за 10 секунд при товщині суміші 3 мм, і нагріванні СВЧ до 1553 K на сталі 45 отримують покриття товщиною 0,7 мм. Таким чином, запропонований спосіб дозволяє у 2 рази наростити товщину зміцненого шару.

Вибір методів поверхневого легування здійснюється з врахуванням вимог до властивостей покриттів (фізико-механічні властивості, адгезія з основним металом або сплавом, корозійна та зносостійкість, товщина покриття, якість отриманої поверхні). Раніше нами для отримання на металах і сплавах ЕП на основі заліза використовували твердий(твердо фазний) метод насичення з порошкових сумішей і обмазок (шлікерний спосіб). При цьому використовували пічне нагрівання суміші, нагрівання СВЧ при нанесенні покриттів на зовнішню і внутрішню (методом відцентрової біметалізації) поверхні, а також поверхневе легування сталевого литва [7–9]. Отримані такими способами ЕП характеризуються хорошою адгезією з основним металом, що досягається зустрічною дифузією атомів елементів підк-

ладки та реакційної суміші, що призводить до контактного евтектичного оплавлення перехідної зони метал-покриття. Експерименти виконані на зразках зі сталей 20, 45, У8, 20Х і 65Г. Нанесення евтектичних покриттів здійснювали за швидкісного пічного нагрівання і нагріву СВЧ до температури 1553К на протязі 2–40 с.

Розроблені евтектичні сплави являють собою композиційні багатофазові дисперсійно зміцнені сплави із градієнтом структури. Структура сплавів системи Fe-Mn-C-B складається з евтектики типу легований ферит (аустеніт) (м'яка фаза-основа) – марганцевистий карбід заліза  $Fe_{0,4} Mn_{3,6} C$  (каркас). Дисперсійне зміцнення сплаву відбувається наприклад, карбідом хрому  $Cr_7C_3$  та боридом заліза  $Fe_2B$  (рис. 1).



Рис. 1. Мікроструктура евтектичного покриття( ЕП) №1, (x 400).

При нагріванні СВЧ також формуються мікро ділянки  $\alpha$ -заліза,  $\gamma$ -(Fe, Ni) і  $\gamma$ -(Fe, Cr) шириною до 35 мкм при збереженні фазового складу покриттів. Це визвано зростанням тривалості процесу наплавлення, котра для деталі діаметром перерізу 20 мм, довжиною 100 мм складає близько 0,5 хвилин. В покриттях системи Fe-Mn-C-B-Si-Ni, Fe-Mn-C-B-Si-Cr і Fe-Mn-C-B-Si-Ni Cr формуються у ділянці сплавлення легованого нікелем або хромом аустенітний шар товщиною до 15 мкм. [10].

Сутність способу утворення ЕП великої товщини, полягає в тому, що у складі порошкових сумішей можливо використання більшості елементів Періодичної системи, заключається у нагріванні металу або сплаву з порошковою сумішшю до температури плавлення легкоплавких компонентів суміші (СЧ 20, Ф Mn 1,5), за умови, що у складі суміші є елементи (зокрема, С, В), які утворюють з металом підкладки евтектику при температурі, що менше температури насичення. Формування евтектичних покриттів відбувається за контактного і безконтактного насичення. За безконтактного насичення товщина зміцненого шару обмежена товщиною КЕП елементів суміші і

металу підкладки, і не перевищує на конструкційних сталях  $10^{-3}$  м. Товщина наплавленого шару визначається кількістю порошкової суміші та глибиною КЕП металу, що зміцнюємо, а фізико-механічні властивості-особливостями КЕП, і характером взаємодії елементів порошкових сумішей при  $T_n$ . При концентрації 0,5...0,6% і вище кремній розглядаємо як легуючий елемент, котрий підвищує твердість, і межу міцності сплав при високих температурах і опору корозії при низьких, та знижує пластичність.

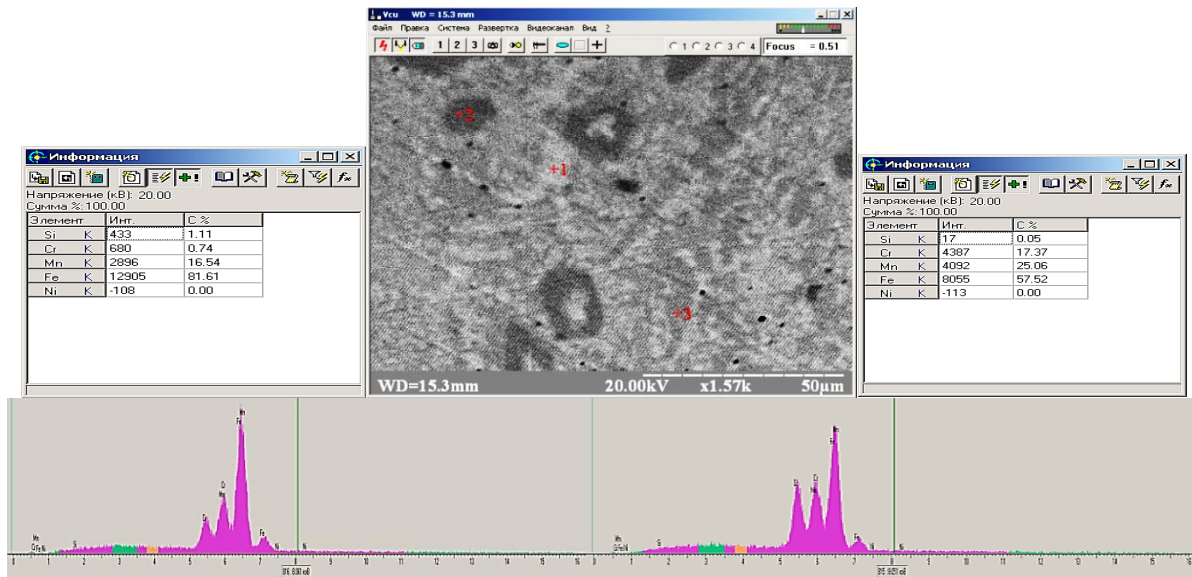


Рис. 2. Електронна мікроскопія і хімічний аналіз характерних ділянок структури евтектичного покриття.

Залізо-основний елемент, що входить в склад зміцнених виробів, утворюючи тверді розчини, хімічні з'єднання і карбідоутворюючий елемент. Вуглець і бор утворюють з залізом діаграми евтектичного типу, а також високоміцні карбіди і бориди заліза. Карбіди марганцю  $Mn_3C$  і заліза  $Fe_3C$  розчинюються практично без обмеження. Треба відмітити, що зростання вмісту марганцю у сталі, підвищує ступінь дисперсності перліту. При концентрації 0,5...0,6 % і вище кремній розглядається як легуючий елемент, котрий декілька підвищує твердість, і межу міцності сплавів при високих температурах, і опір корозії при низьких, та знижує пластичність (рис. 2.)

Сплав системи Fe-Mn-C-B отримали шляхом індукційного нагрівання або при пічному нагріванні наступним чином. Порошкову суміш засипали у вогне опірну форму, кварцитовий або карбо корундовий тигель, нагрівали СВЧ, або розміщували у попередньо нагріту до  $1280^{\circ}C$  піч (час витримки 10 хвилин, час ізотермічної витримки 8 хвилин). Процес нанесення зміцнюючого шару на робочу поверхню деталі складається з наступних операцій: підготовка порошкових матеріалів, підготовка деталі для зміцнення, налагодження режиму

зміцнення, нанесення зміцнюючого шару, охолодження деталі, механічна обробка, контроль якості.

Як показали рентгеноструктурні дослідження, зміцнені шари, отримані при нагріванні СВЧ з використанням суміші системи Fe-Mn-C-B, містить в якості основної фази  $\gamma$ -Fe. В наплавлених шарах встановлено наявність карбідів  $Fe_{0,4}Mn_{3,6}C$ ,  $Fe_3C$ , і як наслідок, домішки Fe<sub>2</sub>B-фази.

### Висновки

1. Евтектичне покриття утворюється в процесі контактної евтектичного плавлення елементів порошкової суміші і насичуємого металу

2. Отримані функціональні евтектичні покриття можливо використовувати у сільськогосподарському машинобудуванні для зміцнення поверхонь тертя робочих органів ґрунтообробних машин (леміш плугу, лапа культиватора, диск борони).

### Список літератури

1. Голубец В.М. Износостойкие покрытия из эвтектики на основе системы Fe-Mn-C-B / В.М. Голубец, М.И. Пашечко. – К.: Наукова думка, 1989. – 160 с.
2. Голубец В.М. О приближенном вычислении концентрации элементов покрытия при условии функциональной зависимости от нее коэффициента диффузии / В.М. Голубец, М.И. Пашечко, Ю.И. Ковальчик. – Львов: ФХММ, 1988. – №5. – С. 47–51.
3. Пашечко М.И. Приближенное вычисление скорости контактного эвтектического плавления в системах на основе железа / М.И. Пашечко, В.М. Голубец, Ю.И. Ковальчик. – Львов: ФХММ, 1990. – №3. – С. 90–97.
4. Пашечко М.И. Формирование и фрикционная стойкость эвтектических покрытий / М.И. Пашечко, В.М. Голубец, М.В. Чернец. – К.: Наукова думка, 1993. – 342 с.
5. Формирование эвтектических покрытий различного функционального назначения / [В.М. Голубец, М.И. Пашечко, И.Б. Стефанишин, Ю.И. Ковальчик, А.Б. Гасий] // Защитные покрытия на металлах. – К.: Наукова думка, 1992. – С. 1–6.
6. А.с. 1062305 СССР. Состав обмазки для комплексного насыщения стальных изделий / М.И. Пашечко, В.М. Голубец, В.Г. Процик и др. – Опубл. 23.12.83, Бюл. №47.
7. Голубец В.М. Термодинамический анализ взаимодействия компонентов порошковой смеси в процессе формирования эвтектического покрытия / В.М. Голубец, М.И. Пашечко, О.Н. Макаренко. – Львов: ФХММ, 1985. – №1. – С. 39–42.
8. Похмурский В.И. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий / В.И. Похмурский, В.Б. Далисов, В.М. Голубец. – К.: Наукова думка, 1980. – 188 с.
9. Голубец В. О расчете долговечности диффузионных покрытий при абразивном изнашивании / В. Голубец, М. Чернец. – Львов: ФХММ, 1983. – №6. – С. 110–114.
10. Таран Ю. Структура эвтектических сплавов / Ю.Таран, В. Мазур. – М.: Металлургия, 1978. – 311 с.

*В работе исследовано влияние технологических параметров насыщения и абразивного разрушения по незакрепленным частям рабочих органов сельскохозяйственных машин и изменение состояния поверхностей трения эвтектических покрытий на конструкционных сталях (сталь 45 и 65Г).*

**Абразивное изнашивание, лемех плуга, эвтектические покрытия, самозатачивание лезвия, упрочнение поверхности.**

*In paper influence of technological parameters of saturation and abrasive destruction on loose particles of working bodies of farm machines and change of condition of surfaces of friction of the eutectic coverings on constructional steels (steel 45 and 65Г) is investigated.*

**Abrasive wear, plow ploughshare, eutectic coverings, self-sharpening of an edge, hardening of surface.**

УДК 662.767.3

## **СОБІВАРТІСТЬ ЗБЕРІГАННЯ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР**

**В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, кандидати технічних наук**

*Змодельована собівартість зберігання насіння олійних культур. Встановлені залежності собівартості зберігання насіння олійних культур від його вологості, засміченості, урожайності (маси зберігання) та технологічного обладнання*

**Олійні культури, озимий ріпак, соя, соняшник, олія, зберігання, собівартість, урожайність, вологість, засміченість**

**Постановка проблеми.** В результаті переробки насіння олійних культур отримується близько 30–40% рослинної олії і 60–70% макухи або шроту. Рослинна олія є цінним харчовим продуктом, який експортується із України в багато країн світу. Вона застосовується для виробництва маргарину, майонезу, кондитерських виробів тощо. Крім того, олія може перероблятися метиловий ефір, який є замінником нафтового дизельного палива. Макуха або шрот – цінний корм для сільськогосподарських тварин.

Однак насіння після збирання на зразу поступає на переробку. Свіжозібрана зернова маса неоднорідна за вологістю і стиглістю окремих зерен, має високу фізіолого-біохімічну і мікробіологічну

© В.М. Поліщук, С.Є. Тарасенко, 2015