

**РІШЕННЯ ЗАДАЧІ НАДІЙНОСТІ В ПРОЦЕСІ РЕМОНТУ ПЛАСТИН КОРОБОК ПРЕСА СИЛІКАТНОЇ ЦЕГЛИ**

Проаналізовано наявні в різних літературних джерелах інформації рекомендації для вибору методів зміцнення та відновлення спрацьованих деталей машин. До них відносяться: метод електродугового наплавлення, хіміко-термічної обробки, газопорошкового наплавлення, газопорошкового і плазмового напилення, електродугової металізації.

В результаті досліджень спрацювання робочих поверхонь пластин коробок преса силікатної цегли, встановлено, що пластини спрацьовуються нерівномірно і товщина спрацьованого шару коливається в межах 0,3...2 мм.

Методом підвищення та підтримання надійності пластин вибрано технологічний. Одним з основних технологічних етапів, на якому формується надійність виробів, відноситься зміцнення деталей методами зміцнюючих технологій, а саме методом електродугової металізації. Для розробки зносостійких покриттів з заданими властивостями використано дроти марок: Нп-65Г, ФМІ-2, Нп-Г13А, Нп-40Х13.

Технологічний процес ремонту пластин складається з наступних основних операцій: підготовка пластин, підготовка дроту, нанесення покриття на пластини, обробка пластин шліфуванням, вихідний контроль.

Одиничні та комплексні показники надійності визначено шляхом проведення випробувань партії пластин з фіксацією всіх показників (наробітку, відмов, неполадок). Значення економічного показника надійності пластини  $K_e$  дорівнює 0,10. Вищу надійність пластини досягнуто за рахунок додаткових затрат при зміцненні пластини з використанням дроту Нп-40Х13 і використано поняття ціни надійності пластини  $V_n$ , яка дорівнює 104,83 грн.

Для більш повної оцінки надійності застосовано комплексні показники надійності відновленої пластини коробок преса силікатної цегли. Коефіцієнт готовності  $K_r$  дорівнює 0,995 і характеризує одночасно дві різні властивості – безвідмовність і ремонтпридатність. Коефіцієнт технічного використання  $K_{тв}$  дорівнює 0,974 і найбільш повно характеризує надійність пластин, тому що враховує витрати часу в процесі проведення технічного обслуговування, ремонту й усунення відмов.

**Ключові слова:** надійність деталі; показники надійності; наробіток на відмову; ремонт деталі; відновлення деталі.

**Постановка проблеми.** Вирішення проблеми надійності – це значний резерв підвищення ефективності виробництва. Кожна вимушена зупинка машини внаслідок пошкодження окремих елементів спричиняє значні матеріальні збитки. Проблема надійності пов'язана з усіма етапами життєвого циклу машини: формування ідеї та обґрунтування створення нової машини, проектування, виготовлення, експлуатації та її списання.

Таким чином, проблема надійності комплексна, потребує вирішення в сферах виробництва та експлуатації машини, в т. ч. в процесі ремонту деталей, які швидко спрацьовуються. Підвищення надійності деталей в процесі їх ремонту, покращення таких показників, як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, в порівнянні з аналогічними показниками базової (нової) деталі, є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В роботі [1, с. 35–53] розроблено покриття, технологічні процеси їх отримання з метою зміцнення нових і відновлення спрацьованих пластин коробок преса силікатних виробів.

В практиці широко застосовують наплавлення, яке дає можливість порівняно швидко відновити спрацьовану поверхню, отримати покриття, яке характеризується високою стійкістю проти спрацювання. Для наплавлення використовують широко розповсюджені обладнання і пристрої [2, с. 146]. Для наплавлення плоских поверхонь застосовують самозахисні порошкові дроти, що дозволяє отримувати необмежений розмах коливань і формувати наплавлену поверхню, як із загальної ванни розплавленого металу, так і окремими валиками [3, с. 10].

Хіміко-термічна обробка сталі широко застосовується з метою збільшення міцності і стійкості проти спрацювання деталей машин і обладнання [4, с. 313–321, 5, с. 103].

Для відновлення спрацьованих деталей обладнання широко застосовують також газотермічні методи: газопорошкового наплавлення, газопорошкового і плазмового напилення, електродугової металізації (ЕДМ) [6, с. 8]. З метою підвищення зносостійкості деталей застосовують газову та електродугову металізацію [5, с. 106], а також застосовують для відновлення спрацьованих деталей сталі з високим

вмістом вуглецю або нержавіючу сталь [7, с. 151]. Газополуменеве напилювання покриття виконують нормальним полум'ям, яке встановлюють шляхом контролю витрат кисню по потоку випромінювання полум'я [8, с. 48–52, 9, с. 49–52, 10, с. 81–84].

Для зміцнення та відновлення інструменту, шийок кулачкових валів, ексцентриків, храповиків, кулачків використовують порошок ПГ-10Н01. Обробка покриття – шліфуванням [11, с. 9].

Разом з тим, не вирішено проблему підвищення надійності виробів до заданих показників при виконанні їх ремонту, не виконано розрахунки показників надійності виробів.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є підвищення надійності пластин коробок преса силікатної цегли при виконанні ремонту методом ЕДМ, розрахунки показників надійності відновлених пластин.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження спрацьованих пластин преса. В конструкцію стола преса силікатної цегли входить 16 нижніх і 16 верхніх коробок, кожна з коробок в свою чергу складається з двох пластин СНС 152.04.01.009 і двох пластин СНС 152.04.01.007. Розміри пластин – 290×155×11 мм і 132×155×11 мм відповідно. Пластини виготовлені із сталі 20Х, робоча поверхня зміцнена методом цементації, твердість верхнього шару поверхні – HRC<sub>c</sub> 39...63. Спрацювання пластин преса виникає, коли при високих навантаженнях і одночасному попаданню абразивних часток кварцу поміж твердими металевими поверхнями (штампа і пластини), які знаходяться в відносному русі. Пластини спрацьовуються нерівномірно, товщина спрацьованого шару коливається в межах 0,3...2 мм.

Методом підвищення та підтримання надійності пластин вибрано технологічний. Одним з основних технологічних етапів, на якому формується надійність виробів, відноситься зміцнення деталей методами зміцнюючих технологій, а саме методом ЕДМ. Для розробки зносостійких покриттів з заданими властивостями використано дроти марок: Нп-65Г, ФМІ-2, Нп-Г13А, Нп-40Х13.

Розроблений технологічний процес ремонту пластин коробок преса силікатної цегли складається з наступних основних операцій:

1) підготовка деталей (очищення від технологічної маси; відбір деталей, що підлягають відновленню; відпуск гартованої поверхні; зняття залишків нерівномірного спрацювання поверхні пластини; знежирювання поверхні; активація і формування шорсткості поверхні);

2) підготовка дрових матеріалів (очищення дроту від бруду; намотування дроту на котушки металізатора);

3) нанесення покриття (встановлення та закріплення пластин на робочому столі установки УМНП-01; нанесення допоміжного шару покриття товщиною 0,15 мм з використанням дроту марки ФМІ-2; нанесення основного шару покриття до отримання загальної товщини пластини 13 мм з використанням дротів марок Нп-65Г, Нп-Г13А або Нп-40Х13. Процес нанесення покриття на пластини виконують з використанням металізатора мод. ЕМ-12-67 та джерела живлення мод. ВДУ-506; швидкість переміщення металізатора – 1,0 м/хв.; швидкість подачі дроту – 3,6 м/хв.; тиск повітря – 0,6 МПа; робочий струм дуги – 320...450 А; напруга дуги – 35 В; дистанція напилення – 200 мм);

4) механічна обробка відновлених деталей (шліфувальний верстат мод. 3722 з використанням шліфувального круга марки 15А40СМ1К ПП450×203×63; поперечна подача  $S = 20$  мм/хід; швидкість руху заготовки  $V_z = 20$  м/хв.; глибина різання  $t = 0,01$  мм; максимальна швидкість круга  $V = 34,4$  м/с);

5) вихідний контроль (візуальний огляд; контроль твердості покриттів; контроль розмірів пластини; контроль шорсткості поверхонь; контроль форми).

Після виконання операцій технологічного процесу ремонту та зміцнення спрацьованих пластин проведено лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей покриттів (стійкості покриттів проти механічного спрацювання покриттів на машині тертя мод. М22П, міцності зчеплення покриття з основою на розтяг проведені на розривній машині Р05, твердості покриттів з використанням приладу мод. ТК-14-250 та інші дослідження).

З метою виробничих випробувань експериментальна партія деталей з розробленими захисними покриттями була встановлена на прес силікатної цегли, який працював цілодобово в три зміни. Перевірку рівня спрацювання покриття виконували 1 раз на добу і знімали пластини з преса при спрацюванні товщини шару покриття до рівня 0,8 мм (див. табл. 1).

Таблиця 1

Основні показники покриттів пластин коробок преса

Метод зміцнення пластини (матеріал покриття)	Міцність зчеплення покриття з основою, Мпа	Твердість покриття, HRC <sub>c</sub>	Середній термін служби пластин, годин
Цементація	–	55...62	384
ЕДМ (Нп-65Г)	2,74	14	96
ЕДМ (ФМІ-2 (50 %) + Нп-65Г (50 %))	13,2	25	480
ЕДМ (Нп-Г13А)	5,3	24	576
ЕДМ (Нп-40Х13)	6,2	44	864

В даний час правильне рішення задачі надійності отримують раціональним вибором матеріалів – сталей, кольорових сплавів, неметалевих матеріалів, наприклад пластмас, які безпосередньо відповідають головним вимогам забезпечення надійної роботи конструкції при безперервному контролі якості в умовах експлуатації.

Правильне рішення задачі надійності пластин отримано шляхом раціонального вибору дротових матеріалів, які використані при виконанні ремонту спрацьованих пластин коробок преса методом електродугової металізації.

Одиничні та комплексні показники надійності визначено дослідним шляхом. Для цього в заданих умовах проведено випробування великої партії деталей з фіксацією всіх показників (наробітку, відмов, несправностей). Після математичної обробки дослідних даних отримано кількісні значення необхідних показників. У практичних умовах найбільш часто визначають коефіцієнти готовності та технічного використання.

Економічним показником надійності пластин може бути коефіцієнт

$$K_c = \frac{B_v + B_c(t)}{T_c}, \quad (1)$$

де  $B_v$  – затрати на виготовлення пластини;  $B_c(t)$  – експлуатаційні затрати у функції часу;  $T_c$  – час експлуатації [12, с. 16].

При  $B_c(t) = 20$  грн. і визначених значеннях  $B_v$ ,  $T_c$  для кожного матеріалу покриття (див. табл. 2) отримано за формулою (1) значення економічного показника надійності пластин коробок преса. Мінімальне значення цього показника отримано за рахунок раціонального розподілу капіталовкладень між сферою виробництва та сферою експлуатації, а саме при зміцненні пластин з використанням дроту Нп-40Х13 (див. табл. 2).

Таблиця 2

Економічні показники надійності пластин коробок преса з покриттями

Марка дроту	Витрати дроту, кг	Вартість дроту, грн	Затрати на виготовлення пластини $B_v$ , грн.	Час експлуатації пластини $T_c$ , год.	Економічний показник надійності $K_c$	Напрацювання на відмову проєктованого виробу $T_{вд}^{пр}$ , год.	Ціна надійності $B_{н.а}$ , грн.
Нп-65Г	1,5	15	64,77	96	0,88	96	11,65
ФМІ-2 (50 %) + Нп-65Г (50 %)	1,5	22,25	72,02	480	0,19	480	58,23
Нп-Г13А	1,5	19,5	69,27	576	0,15	576	69,89
Нп-40Х13	1,5	19,5	69,27	864	0,10	864	104,83

Вища надійність досягається за рахунок додаткових затрат. У зв'язку з цим використано поняття ціни надійності  $B_{н.а}$ . Для прогнозування затрат на підвищення надійності застосовано метод порівняння з прототипом (пластини зміцнені методом цементації) за результатами обробки дослідних даних про ціну надійності:

$$B_{н.а} = B_{н.а} \left( \frac{T_{вд}^{пр}}{T_{вд}^{н.а}} \right)^a, \quad (2)$$

де  $B_{н.а}$  – ціна надійності виробу;  $B_{н.а}$  – ціна надійності аналога або прототипу;  $T_{вд}^{пр}$  – напрацювання на відмову проєктованого виробу;  $T_{вд}^{н.а}$  – напрацювання на відмову (середній термін служби) прототипу;  $a$  – емпіричний показник, що характеризує рівень підвищення надійності виробу ( $a = 0,5 \dots 1,5$ ) [12, с. 17].

При значенні  $B_{н.а} = 46,59$  грн.,  $T_{вд}^{н.а} = 384$  год. і  $a = 1$ , за формулою (2) розраховано значення ціни надійності пластин зміцнених методом електродугової металізації з використанням дротів різних марок (див. табл. 2).

Для більш повної оцінки надійності застосовано комплексні показники: коефіцієнти готовності, технічного використання, оперативної готовності, планованого застосування та коефіцієнт зберігання ефективності. На практиці найбільш часто визначають коефіцієнти готовності та технічного використання.

Коефіцієнт готовності – це ймовірність того, що пластина виявиться працездатною у довільний момент часу, крім планованих періодів, протягом яких її використання по призначенню не передбачають. Коефіцієнт готовності  $K_r$  характеризує одночасно дві різні властивості – безвідмовність та ремонтпридатність і визначено за формулою:

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_b}, \quad (3)$$

де  $T_o$  – середній час безвідмовної роботи за певний період (наробіток на відмову);  $T_b$  – середній час, витрачений на відновлення працездатності пластини за цей же період експлуатації, тобто середній час на відшукування й усунення відмов [13, с. 18].

Коефіцієнт технічного використання визначають відношенням сумарного часу перебування випробовуваних пластин у працездатному стані (сумарного наробітку) за певний період експлуатації до суми цього наробітку й часу простою, витраченого на технічне обслуговування і ремонт за той же період експлуатації. Коефіцієнт технічного використання найбільш повно характеризує надійність пластини, тому що враховує витрати часу в процесі проведення технічного обслуговування, ремонту й усунення відмов всіх видів

Коефіцієнт технічного використання  $K_{т.в}$  визначено за формулою:

$$K_{т.в} = \frac{T_o}{T_o + \tau_{т.о.} + \tau_p}, \quad (4)$$

де  $\tau_{т.о.}$  – тривалість технічного обслуговування;  $\tau_p$  – тривалість поточного ремонту [13, с. 19] (див. табл. 3).

Таблиця 3

Комплексні показники надійності пластин коробок преса силікатної цегли

Марка дроту	Середній час безвідмовної роботи за період $T_o$ , год.	Середній час на відшукування і усунення відмов $T_b$ , год.	Коефіцієнт готовності $K_r$	Тривалість технічного обслуговування $\tau_{т.о.}$ , год.	Тривалість поточного ремонту $\tau_p$ , год.	Коефіцієнт технічного використання $K_{т.в}$ .
Нп-65Г	96	4	0,9600	4	18,67	0,8089
ФМИ-2 (50 %) + Нп-65Г (50 %)	480	4	0,9917	4	18,67	0,9549
Нп-Г13А	576	4	0,9931	4	18,67	0,9621
Нп-40X13	864	4	0,9954	4	18,67	0,9744

#### Висновки:

1. Мінімальне значення економічного показника надійності  $K_e = 0,10$  пластин коробок преса отримано за рахунок раціонального розподілу капіталовкладень між сферою виробництва та сферою експлуатації, а саме при зміцненні пластин з використанням дроту Нп-40X13.

2. Вища надійність досягнута за рахунок додаткових затрат. При зміцненні пластин з використанням дроту марки Нп-40X13 ціна надійності  $B_n = 104,83$  грн.

3. При збільшенні середнього часу безвідмовної роботи  $T_o$  пластин за певний період (наробіток на відмову) коефіцієнт готовності  $K_r$  зростає.

4. При збільшенні наробітку за період експлуатації або зменшенні часу простою, витраченого на технічне обслуговування і ремонт за той же період експлуатації коефіцієнт технічного використання  $K_{т.в}$  зростає.

#### Список використаної літератури:

1. Ночвай В.М. Дослідження, розробка і впровадження газотермічних покриттів, які підвищують термін служби пластин преса силікатних виробів : звіт по НДР (закл.) 28.09.01 / ЖІТІ МОН України ; кер. В.М. Ночвай ; вик. : В.М. Ночвай, Л.Г. Полонський, І.О. Бондарчук. – Житомир, 2001. – 84 с. – № держ. реєстр. 0101U08091.
2. Корсаков В.С. Повышение долговечности машин технологическими методами / В.С. Корсаков, Г.Э. Таурит, Г.Д. Василюк и др. – К. : Техніка, 1986. – 158 с.– С. 84. – № держ. реєстр. 0101U08091.

3. Корсаков В.С. Повышение долговечности машин технологическими методами / В.С. Корсаков, Г.Э. Таурит, Г.Д. Василюк и др. – К. : Техніка, 1986. – 158 с.
4. Данильченко Б.В. Восстановление изношенных деталей сельскохозяйственной техники электродуговой наплавкой порошковыми проволоками / Б.В. Данильченко, Г.А. Кирилук. – К. : Общество «Знание», 1983. – 16 с.
5. Харламов Ю.О. Основи технології відновлення і зміцнення деталей машин : навч. посібник : у 2-х т. : Т. 2 / Ю.О. Харламов, М.А. Будаг'яню. – Луганськ : вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля, 2003. – 480 с.
6. Токарев А.Н. Основы теории надежности и диагностика : учебник / А.Н. Токарев. – Барнаул : АлтГТУ, 2008. – 168 с.
7. Ковалевский А.А. Опыт применения газотермических покрытий для восстановления деталей и защиты металлов от коррозии: обзор / А.А. Ковалевский, Л.А. Иовена. – Рига : ЛатНИИИТМ, 1986. – 46 с.
8. Супрунчук В.К. Ремонт обладнання підприємств по переробці сільськогосподарської продукції : довідник / В.К. Супрунчук, М.П. Роменський, О.М. Панчук та ін. – К. : Урожай, 1992. – 176 с.
9. Коломенцев А.Г. Опыт восстановления деталей газотермическими методами: обзорная информация / А.Г. Коломенцев, И.Г. Голубев, В.И. Свищев. – М. : ЦНТИИТЭИ, 1985. – 40 с.
10. Канарчук В.Є. Надійність машин : підручник / В.Є. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. – К. : Либідь, 2003. – 424 с.
11. Чабанний В.Я. Ремонт автомобілів : навч. посібник / В.Я. Чабанний, С.О. Магопєць, О.Й. Мажейка та ін. – Кіровоград : Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.

#### References:

1. Nochvaj, V.M., Polons'kyj, L.G. and Bondarchuk, I.O. (2001), *Doslidzhennja, rozrobka i vprovadzhennja gazotermichnyh pokryttiv, jaki pidvyshhujut' termin sluzhby plastyn presa sylikatnyh vyrobiv*, zvit po NDR, zakl.: 28.09.01, MON Ukraїny, in Nochvaj, V.M. (ker.), derzh. rejestr. N 0101U08091, ZhITI, Zhytomyr, 84 p.
2. Korsakov, V.S., Taurit, G.Je. and Vasiljuk, G.D. (1986), *Povyshenie dolgovechnosti mashin tehnologicheskimi metodami*, Tehnika, Kiiv, 158 p., derzh. reestr. N 0101U08091, p. 84.
3. Korsakov, V.S., Taurit, G.Je. and Vasiljuk, G.D. (1986), *Povyshenie dolgovechnosti mashin tehnologicheskimi metodami*, Tehnika, Kiiv, 158 p.
4. Danil'chenko, B.V. and Kiriljuk, G.A. (1983), *Vosstanovlenie iznoshennyh detalej sel'skohozyajstvennoj tehniki jelektrodugovoj naplavkoj poroshkovymi provolokami*, Znanie, Kiiv, 16 p.
5. Harlamov, Ju.O. and Budag'janc, M.A. (2003), *Osnovy tehnologii' vidnovlennja i zmicnennja detalej mashyn*, in 2 parts, Part 2, vyd-vo Shidnoukr. nac. un-tu im. V.Dalja, Lugans'k, 480 p.
6. Tokarev, A.N. (2008), *Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika*, AltGTU, Barnaul, 168 p.
7. Kovalevskij, A.A. and Iovena, L.A. (1986), *Opyt primenenija gazotermicheskikh pokrytij dlja vosstanovlenija detalej i zashhity metallov ot korrozii: obzor*, LatNIINTM, Riga, 46 p.
8. Suprunchuk, V.K., Romens'kyj, M.P. and Panchuk, O.M. (1992), *Remont obladnannja pidpryjemstv po pererobci sil'skogospodars'koi produkcii'*, dovidnyk, Urozhaj, Kiiv, 176 p.
9. Kolomencev, A.G., Golubev, I.G. and Svishhev, V.I. (1985), *Opyt vosstanovlenija detalej gazotermicheskimi metodami: obzornaja informacija*, CNТИИТЭИ, Moskva, 40 p.
10. Kanarchuk, V.Je., Poljans'kyj, S.K. and Dmytrijev, M.M. (2003), *Nadijnist' mashyn*, Lybid', Kiiv, 424 p.
11. Chabannyj, V.Ja., Magopec', S.O. and Mazhejka, O.J. (2007), *Remont avtomobiliv*, Kirovograd : Kirovograds'ka rajonna drukarnja, Kirovograd, 720 p.

НОЧВАЙ Володимир Матвійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– газотермічні покриття;

– прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Тел.: 8 (096) 211–79–41.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2017.