

*Т.Г. Бережанський, Я.І. Мошкола*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕВТЕКТИЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Сьогодні в Україні пожежно-рятувальні підрозділи рятуючи людей та матеріальні цінності під час пожеж і надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру часто змушені застосовувати аварійно-рятувальний інструмент та обладнання з перевищеним терміном експлуатації, частково зношений або застарілий. Надзвичайно матеріально затратним є повна заміна обладнання усіх пожежно-рятувальних підрозділів. Тому розробка методів відновлення зношених або частково зношених деталей пожежного та аварійно-рятувального обладнання, а також збільшення їх ресурсу роботи та міжремонтного інтервалу, є актуальним завданням на сьогодні.

Запропонована робота присвячена застосуванню евтектичних покриттів на основі системи Fe-Mn-C-B-Si легованих Cr для відновлення частково зношених сталевих деталей пожежної техніки та аварійно-рятувального обладнання, а також підвищення ресурсу роботи (терміну експлуатації) цих деталей.

Наше експериментальне дослідження полягало у порівнянні рівня зношування ріжучих елементів гідравлічних аварійно-рятувальних ножиць «Гідрум Н-32» серійного виробництва та ножиць із нанесеним захисним евтектичним покриттям.

Ресурс роботи відновлених евтектичним покриттям Fe-Mn-C-B-Si легованим Cr робочих органів аварійно-рятувальних ножиць є більшим ніж у робочих органів серійного виробництва в 1,8 раза, отже такі покриття можна рекомендувати для відновлення зношених частин аварійно-рятувального та пожежного інструменту. Завдяки порівняно невисокій вартості евтектичних сплавів на основі заліза, такий метод є економічно обґрунтованим, як альтернатива заміні деталей на нові. Такого типу покриття можна застосовувати і для інших сталевих деталей пожежної техніки та аварійно-рятувального обладнання з метою відновлення зношених частин та підвищення ресурсу роботи та міжремонтного інтервалу.

**Ключові слова:** аварійно-рятувальний інструмент, зносостійкі покриття, ресурс роботи, евтектичні покриття.

**Постановка проблеми та аналіз літературних джерел.** Сьогодні в Україні пожежно-рятувальні підрозділи рятуючи людей та матеріальні цінності під час пожеж і надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру часто змушені застосовувати аварійно-рятувальний інструмент та обладнання з перевищеним терміном експлуатації, частково зношений або застарілий [1]. Робота з таким обладнанням не лише збільшує тривалість рятувальних операцій, а й часто може загрожувати життю та здоров'ю як рятувальника, так і потерпілого. Надзвичайно великих капіталовкладень потребує повна заміна обладнання усіх пожежно-рятувальних підрозділів. Тому розробка методів відновлення зношених або частково зношених деталей пожежного та аварійно-рятувального обладнання, а також збільшення їх ресурсу роботи

та міжремонтного інтервалу, є актуальним завданням на сьогодні. Тому перспективним є використання евтектичних покриттів [2-4], які одержані методами плазмового та електродугового наплавлення, напилення тощо. Такі покриття підвищують зносостійкість, ресурс роботи та довговічність сталевих деталей машин, пожежної техніки і аварійно-рятувального обладнання.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналізуючи порошкові матеріали та зносостійкі покриття, які широко використовуються у промисловості, встановлено, що евтектичні покриття системи Fe-Mn-C-B-Si леговані Cr [2, 5], які можна наносити на поверхню деталей машин методом дугового, плазмового наплавлення та методом напилення, а також іншими перспективними методами, порівняно із серійними покриттями, одержаними із порошко-

### Інформація про автора:

*Бережанський Тарас Григорович, викладач кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

[berezansky90@gmail.com](mailto:berezhansky90@gmail.com)

+380979790888

вих сплавів ПГ-СРЗ, ПГ-10Н-01 (порошок-аналог 10009 "Боротак", фірми Кастолін, Швейцарія), та ПГ-12Н-01, характеризуються у 2-10 і більше разів вищою зносостійкістю [2].

**Метою роботи** є порівняльна характеристика ресурсу роботи при експлуатації робочих органів аварійно-рятувальних ножиць «Гідрум Н-32» серійного виробництва та модифікованих евтектичним покриттям системи Fe-Mn-C-B-Si легованим Cr.

**Виклад основного матеріалу.** Покриття з евтектичного сплаву Fe-Mn-C-B-Si леговане Cr наносили на частково зношені робочі органи пожежного та аварійно-рятувального інструменту, а саме на ніж та упор ножиць «Гідрум Н-32», які працюють в умовах великих навантажень за відсутності або при недостатньому змащуванні [5]. Таке відновлення робочих органів аварійно-рятувальних ножиць мало на меті продовження терміну експлуатації ножиць, а вторинні структури, які утворюються під час зношування евтектичного покриття Fe-Mn-C-B-Si легованого Cr, зменшують коефіцієнт тертя та збільшують ресурс роботи робочих органів порівняно з робочими органами серійного виробництва. Якість проведеної наплавки досліджували за допомогою методу комп'ютерної томографії [5].

В подальшому оцінили ресурс роботи ножиць в процесі експлуатації. Суть експериментального дослідження полягала у порівнянні рівня зношування ріжучих елементів гідравлічних аварійно-рятувальних ножиць «Гідрум Н-32» серійного виробництва та ножиць із нанесеним захисним евтектичним покриттям відсоткового складу: Mn – 11,37; C – 0,9; B – 2,7; Si – 2,48; S – 0,09; P – 0,028; Cr – 18,2; Fe – решта. Під час проведення експериментальних досліджень зрізками перерізували сталеву арматуру марки А-500 діаметрами 8 та 20 мм. Після кожного 50-го різання зношування поверхневого шару робочих органів ножиць досліджували за допомогою мікроскопа зі збільшенням у 10 та 25 разів з метою виявлення пошкоджень, мікротріщин та дефектів поверхні.

Нижче подаються результати випробувань і характеристика поверхні зношування.

Перед дослідженнями поверхні обох зрізків були цілісними та гладкими, дефектів поверхні зношування не виявили. Загальний вигляд ріжучих елементів перед дослідженням представлено на рис. 1.



**Рисунок 1** – Загальний вигляд ріжучих елементів перед дослідженням

Після 50-го різання на поверхні обох зрізків виявили незначні вм'ятини та відколювання частин ріжучої поверхні розміром не більше 0,1 мм.

Після 200-го різання поверхня ріжучого елемента серійного виробництва характеризується наявністю більшої кількості вм'ятин та дефектів поверхні різання у порівнянні з ріжучим елементом із захисним евтектичним покриттям. Загальний вигляд ріжучих елементів після 200-го різання представлено на рис. 2. На рис. 3 та 4 представлено поверхні зрізків після 200-го різання зі збільшенням: а –  $\times 10$ , б –  $\times 25$ .



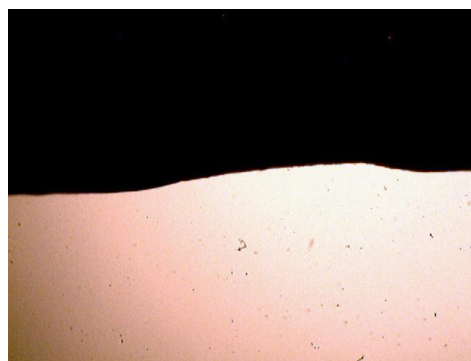
а)



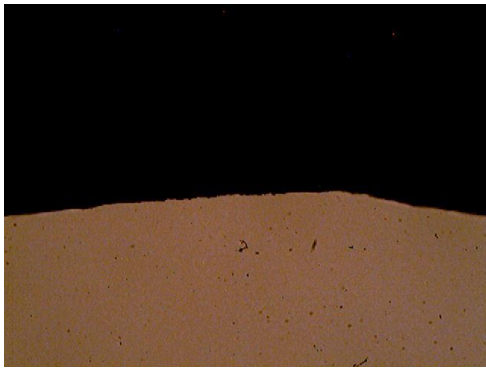
б)

**Рисунок 2** – Загальний вигляд ріжучих елементів після 200-го різання:

а) ніж із наплавленим покриттям; б) ніж серійного виробництва

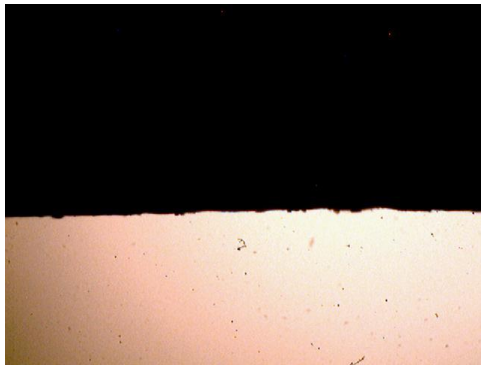


а)

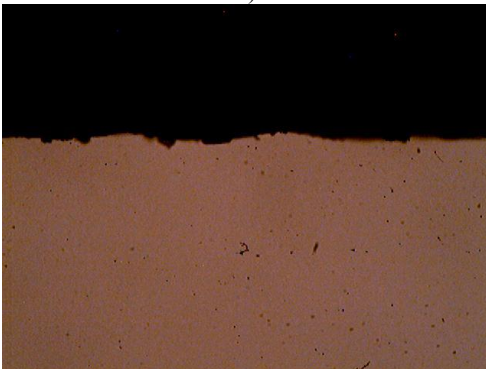


б)

**Рисунок 3** – Поверхні зрізів серійного виробництва після 200-го різання:  
а) x10, б) x25



а)



б)

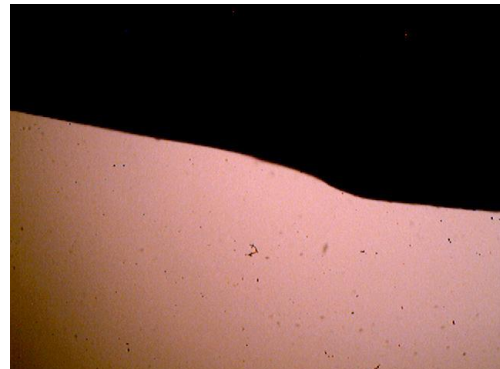
**Рисунок 4** – Поверхні зрізів із наплавленим покриттям після 200-го різання:  
а) x10, б) x25)

Після 500-го різання поверхня ріжучого елемента серійного виробництва характеризується збільшенням кількості дефектів та вм'ятин поверхні різання та збільшення зусиль необхідних для різання. Поверхня ріжучого елемента із захисним евтектичним покриттям характеризується незначним збільшенням вм'ятин та дефектів поверхні різання.

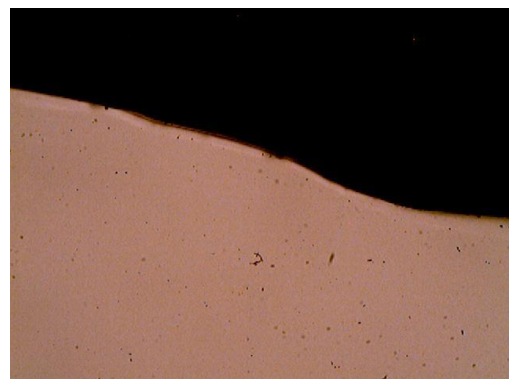
Після 800-го різання поверхня ріжучого елемента серійного виробництва характеризується наявністю великої кількості вм'ятин та дефектів, значним притупленням ріжучої поверхні та потрібні значні збільшення зусилля для різання. Поверхня ріжучого елемента із захисним ев-

тектичним покриттям характеризується збільшенням вм'ятин та дефектів поверхні різання.

Після 863-го різання ріжучим елементом серійного виробництва різання припинено, оскільки зусиль гідравлічного насоса було недостатньо для перерізання арматури. Поверхня ріжучого елемента серійного виробництва характеризується наявністю великої кількості вм'ятин та дефектів, значним притупленням ріжучої поверхні. Поверхня ріжучого елемента із захисним евтектичним покриттям після 863-го різання характеризується збільшенням кількості вм'ятин та дефектів поверхні різання, а також незначним притупленням ріжучої поверхні та збільшенням зусиль для різання. Після 1507-го різання роботу зрізем із захисним покриттям припинено, оскільки зусиль гідравлічного насоса було недостатньо для перерізання арматури. Поверхня ріжучого елемента із захисним покриттям характеризується появою великої кількості вм'ятин та дефектів, значним притупленням ріжучої поверхні. На рис. 5 представлено вигляд ріжучого елемента серійного виробництва після 863-го різання. На рис. 6 представлено поверхні зрізів із наплавленим захисним покриттям після 1507-го різання.

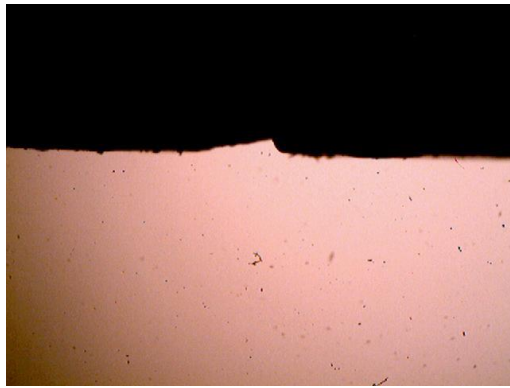


а)

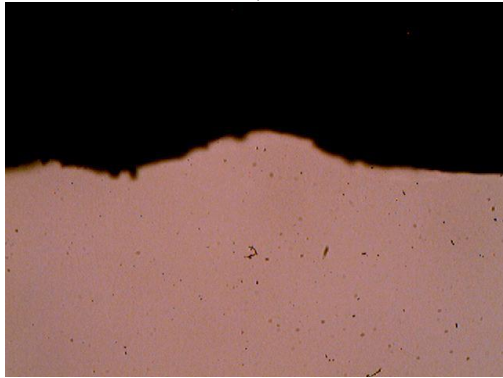


б)

**Рисунок 5** – Поверхні зрізів серійного виробництва після 863-го різання:  
а) x10, б) x25



а)



б)

**Рисунок 6** – Поверхні зрізків із наплавленим захисним покриттям після 1507-го різання:  
а) x10, б) x25

Таким чином встановлено, що ножі серійного виробництва після 863-го різання характеризується наявністю великої кількості вм'ятин та дефектів, значним притупленням ріжучої поверхні, що унеможливило подальшу експлуатацію. Поверхня ріжучого елемента із наплавленим захисним евтектичним покриттям після 863-го різання характеризується наявністю вм'ятин та дефектів поверхні різання, а також незначним притупленням ріжучої поверхні, проте подальша експлуатація цілком можлива. Подальша експлуатація стає неможливою після 1507-го різання. Таким чином можна стверджувати, що зрізек із захисним покриттям працює ~ в 1,8 раза довше ніж зрізек серійного виробництва.

Ресурс роботи відновлених евтектичним покриттям Fe-Mn-C-B-Si легованим Cr робочих органів аварійно-рятувальних ножиць є більшим ніж у робочих органів серійного виробництва в 1,8 раза, отже такими покриттями доцільно здійснювати відновлення зношених частин аварійно-рятувального та пожежного інструменту. Завдяки порівняно невисокій вартості евтектичних сплавів на основі заліза, такий метод є економічно обґрунтованим, як альтернатива заміні деталей на нові.

**Висновки.** Покриттям з евтектичного сплаву Fe-Mn-C-B-Si легованого Cr здійснено відновлення зношених робочих органів (ніж та упор) аварійно-рятувальних гідравлічних ножиць Н-32 фірми «Гідрум». Дослідження за допомогою комп'ютерної

томографії показало, що наплавлений шар прилягає щільно та не утворює дефектів, які б негативно впливали на експлуатацію деталей. Відновлення захисним евтектичним покриттям дозволило підвищити ресурс роботи ножиць у порівнянні із робочими органами серійного виробництва ~ в 1,8 раза. Після проведених досліджень можна стверджувати, що евтектичні захисні покриття системи Fe-Mn-C-B-Si легованого Cr, можна широко застосовувати для підвищення зносостійкості деталей машин, пожежної техніки та аварійно-рятувального обладнання з метою підвищення їх зносостійкості, а також такими покриттями можна відновлювати частково або повністю зношені сталеві деталі, які працюють при великих навантаженнях без змащування.

Використання зносостійких евтектичних покриттів на основі заліза є економічно доцільним, зважаючи на їх відносно невисоку вартість.

### Список літератури:

1. Гідравлічне аварійно-рятувальне обладнання / [А.Г. Ренкас, М.І. Сичевський, О.В. Придатко] – Львів: «Сполом» 2008. – 175 с.
2. Бережанський Т.Г. Дослідження властивостей покриттів на основі евтектичних Si, Ni, Cr – легованих сплавів системи Fe-Mn-C-B, призначених підвищити зносостійкість робочих органів пожежної техніки / Т.Г. Бережанський // Пожежна безпека: збірник наукових праць. – 2015. – №26. – С. 13–18.
3. Поверхнєве руйнування та зміцнення матеріалів / [М.І. Пашечко, М.В. Чернець, М. Опеляк, Г. Комста] – Львів: «Свєросвіт», 2005. – 384 с.
4. Pashechko M. Segregation of atoms of the eutectic alloys Fe-Mn-C-B at friction wear / M. Pashechko, K. Lenik // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – 2006. – Volume 18. – С. 467–470.
5. Бережанський Т.Г. Дослідження якості наплавлення захисних евтектичних покриттів на робочі частини пожежного інструменту / Т.Г. Бережанський, О.І. Башинський, Т.В. Бойко // Пожежна безпека: збірник наукових праць. – 2016. – №29. – С. 13–17.

### Reference:

1. Renkas A.G., Sychevskiy M.I. Prydatko O.V. (2008) Hidravlichne avariyno-ryatuvalne obladnannya [Hydraulic rescue equipment], Spolom, Lvov, Ukraine.
2. Berezhanskyi T. (2014) "Investigation of properties coatings based on eutectic si, ni, cr- doped alloys of fe-mn-c-b, to raise intended wear resistance bodies working fire equipment" Zbirnyk naukovykh prac "Pozhezhna bezpeka" vol. 1, no. 26, pp. 13-18.
3. Pashechko, M. I., Chernets, M. V., Opelyak M., Komsta G. (2005) Poverkhneve ruynuvannya ta zmichnennya materialiv [Surface destruction and

strengthening materials], Ewroswit, Lvov, Ukraine.

4. Pashechko M., Lenik K. (2006): Segregation of atoms of the eutectic alloys Fe-Mn-C-B at friction wear. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Volume 18, ISSUE 1–2, s. 467–470.

5. Berezhanskyi T., Bashynskiy O., Boyko T. "Investigation of the surfacing quality of protective eutectic coatings on the working parts of a fire tool" Zbirnyk naukovykh prac "Pozhezhna bezpeka" vol. 1, no. 29, pp. 13-17.

*T. Berezhanskyi, Ya. Moshkola*

## IMPROVING WORK RESOURCE OF SAFETY EQUIPMENT FOR EUTECTIC COATING

Today, in Ukraine, fire-fighting and rescue units in the event of fires and emergencies of a natural and anthropogenic nature are often forced to operate emergency life-saving tools and equipment that are partially worn or outdated. It is extremely costly to completely replace the equipment of all fire and rescue units. Therefore, the development of methods for the restoration of worn or partially worn parts of fire and rescue equipment, as well as increasing their service life and inter-repair interval, is an urgent task for today.

The proposed work is devoted to the application of eutectic coatings based on the Fe-Mn-C-B-Si alloy Cr system for the restoration of partially worn-out steel parts of firefighting equipment and rescue equipment, as well as to increase the service life (lifetime) of these parts.

The essence of the experimental study was to compare the wear of the cutting elements of hydraulic emergency rescue scissors "Hydrum H-32" series production and scissors with a protective eutectic coating.

The work life of the eutectic coatings of Fe-Mn-C-B-Si doped Cr working bodies of emergency rescue scissors is 1.8 times greater than that of working bodies of serial production, so it is advisable to repair such worn parts of the rescue and fire tool. Due to the relatively low cost of eutectic alloys based on iron, this method is economically viable as an alternative to replacing parts with new ones. This type of coating can also be applied to other steel parts of fire-fighting and rescue equipment to restore worn parts and increase service life and overhaul intervals.

The use of durable eutectic iron based coatings is economically feasible given their relatively low cost.

**Keywords:** emergency rescue tool, wear resistant coatings, work resource, eutectic coatings.