

В. Г. Лебедєв, Т. В. Чумаченко, А. В. Беспалова, Т. В. Ніколаєва, І. В. Пасєка

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ ЕКЗОТЕРМІЧНИХ СТРИЖНІВ ПРИ РОЗМІНУВАННІ

Анотація: застосування енергонезалежних екзотермічних стрижнів при розмінуванні дозволяє знешкоджувати вибухонебезпечні предмети на відстані, без ризику для саперів. Принцип дії стрижнів заснований на екзотермічній реакції, яка активується механічно, на певній відстані та швидко нагріває і розплавляє корпуси мін або інших боєприпасів, поступово руйнуючи ключові компоненти вибухового механізму.

Ключові слова: розмінування, екзотермічні стрижні, “ЭЛЬКАС-ТЕРМИТ”.

Abstract. the use of energy-independent exothermic rods in mine clearance allows for the neutralization of explosive objects at a distance without risk to sappers. The principle of action of the rods is based on an exothermic reaction, which is mechanically activated at a certain distance and quickly heats and melts the bodies of mines or other ammunition, gradually destroying the key components of the explosive mechanism.

Key words: mine clearance, exothermic rods, ELCAS-TERMITE

Розмінування в Україні зараз є надзвичайно актуальною темою. Великі території забруднені мінами та боєприпасами, що не розірвалися. Сапери щодня працюють, щоб забезпечити землі для мирного населення, сільського господарства та інфраструктури. 757 років знадобиться на розмінування нашої країни – таку цифру озвучило видання Time, посилаючись на словацький аналітичний центр GLOBSEC [1]. Державі потрібно розвивати та застосовувати інноваційні підходи для вирішення цієї проблеми. У світі існує понад 2500 типів мін. Вони можуть бути як металевими, так і неметалевими, мати контактні, неконтактні, акустичні, сейсмічні або радіоелектронні підричники. А оснащення розумними електронними пристроями забезпечує мінам більшу ефективність та меншу вразливість щодо засобів боротьби з ними. Тому професія сапера залишається однією з найнебезпечніших у світі.

На кафедрі матеріалознавства та інженерії матеріалів Національного університету «Одеська політехніка» під керівництвом професора Лебедєва В.Г. було розроблено енергонезалежний екзотермічний ріжучий олівець “ЭЛЬКАС-ТЕРМИТ”, призначений для розрізання металів і металевих виробів переважно зі сталей і чавунів без використання зовнішніх джерел енергії. “ЭЛЬКАС-ТЕРМИТ”, в залежності від діаметру і довжини, він може розрізати сталеві прутки діаметром до 22-25 мм та листовий матеріал товщиною до 6-8 мм [2]. Автоматична система електрозапалювання для зварювальних різаків дозволяє саперам безпечно виконувати різання на відстані, мінімізуючи безпосередній контакт із небезпечними об'єктами. Ця система застосовує принципи дистанційного керування та швидкої активації, що особливо важливо для безпечного знешкодження мін та боєприпасів.

Використання енергонезалежного екзотермічного ріжучого олівця “ЭЛЬКАС-ТЕРМИТ” та автоматичної системи електрозапалювання дозволяє знешкодити міни, якщо проплавити їх корпус.

Протипіхотні міни, які можна знешкодити шляхом проплавлення корпусу, зазвичай мають пластикову або металеву оболонку і містять вибухову речовину, доступ до якої можна отримати, зруйнувавши зовнішній корпус. Цей метод використовується в деяких випадках для деактивації мін, коли інші методи знешкодження, такі як розбирання або видалення детонатора, неможливі або занадто ризиковані.

Типи мін та ситуацій, коли проплавлення корпусу може бути ефективним:

Міни з пластиковим корпусом: Ці міни можуть бути безпечно знешкоджені шляхом нагрівання та розплавлення корпусу, що дозволяє зруйнувати їх конструкцію та уникнути детонації.

Міни з нестабільними детонаторами: якщо міна має чутливий до вібрацій або тиску детонатор, фізичний контакт з ним може бути дуже небезпечним. Проплавлення корпусу дає змогу знешкодити міну на відстані, не задіявши детонатор.

Міни з металізованим наповненням або уламками: у таких мінах проплавлення корпусу може спричинити руйнування основної конструкції та вивільнити внутрішню вибухову речовину, залишаючи її в неактивному стані.

Технологічні екзотермічні суміші (ТЕС) - це порошкоподібні суміші різних компонентів в основному окиснювачів і відновників (в нашому випадку 91% CuO + 9% B), які при певній температурі, званої температурою ініціації, вступають один з одним в екзотермічні реакції, в результаті яких виділяється велика кількість тепла, метали і шлаки, що може бути використано для різних виробничих цілей. Ущільнені ($\gamma = 0,8 - 2 \text{ г / см}^3$) в горючих і негорючих оболонках, що застосовуються в основному для пайки, пайки-зварювання, зварювання, наплавлення, напилення і розрізання металів. Для нормальної дії суміші необхідно, щоб компоненти останньої були тонко подрібнені і рівномірно змішані.

У досліджуваних термітних стрижнях (Рис 1,2) (91г CuO + 9г B) в якості відновлювача використовується бор. Для збільшення глибини проплавлення застосовується в основному мідний терміт, температура кристалізації термітного металу - міді приблизно на 500°C нижче, ніж температура кристалізації заліза.

Теплові процеси, які відбуваються при різанні металів вивчені в роботах Петрова О.Є., Рикаліна М.М., Ликова О.В. [3-5]. Всі ці дослідження базуються на теорії джерел і розрахунки, що проводяться на основі цих досліджень, дають прийнятні для практики результати. Однак при різанні екзотермічними стрижнями умови нагріву металу значно відрізняються від умов нагрівання електричною дугою

В якості основних горючих, слід вважати метали - магній, алюміній, бор, кальцій, кремній, силікокальцій, феросиліцій. Ці горючі задовільні як за енергетичними показниками, так і за економічними. З точки зору технології ці речовини так само задовільні, так як легко подрібнюються і можуть бути отримані у вигляді порошоків будь-якої необхідної дисперсності.

Основним висококалорійним піротехнічним паливом слід вважати алюміній. Використовується бороводневе паливо, які є більш калорійні, ніж звичайні вуглеводні [6,7].

Температура займання порошоків металів в дуже великій мірі залежить від розмірів і форми частинок, а також якості оксидної плівки, що покриває ці частинки. Чим вище дисперсність порошку металу, тим нижче температура займання.



Рис.1.Паперова оболонка, гільзи для набивання, пижі, та набиті стрижні



Рис 2. Процес та результат проплавлення металу

Лише використання сучасних технологій розмінування допоможе підвищити швидкість розмінування, та знизити ризики ушкодження саперів.

Список використаних джерел:

- [1] Хто і коли розмінує Україну: про інновації у розмінуванні, міжнародних партнерів та найближчих перспективах URL: <https://rubryka.com/ru/article/rozminuvannya-v-ukrayini/>
- [2] Ріжучі термітні олівці URL: <https://elkas.prom.ua/ua/g24728844-rezhuschie-termitnye-karandashi>
- [3] Шидловский А. А. Основы пиротехники. М., «Машиностроение», 1973. – 256с.
- [4] Плинер Ю.А., Игнатенко Г. Ф. Восстановление окислов металлов алюминием. М., Металлургиздат, 1967 - 176 с.
- [5] Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н.Н. Рыкалин. - Москва : Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1951. – 294
- [6] Demirbaş A. Hydrogen and boron as recent alternative motor fuels //Energy Sources. – 2005. – Т. 27. – №. 8. – С. 741-748.
- [7] Li H. et al. Advances and Outlook of Boron–Hydrogen Containing Materials for Potential Clean Energy Applications: A Review //Energy & Fuels. – 2023. – Т. 37. – №. 16. – С. 11584-11607.

Лебедев Володимир Георгійович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів, e-mail: lebedev.v.g@op.edu.ua Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса ORCID [https://orcid.org/0000-0003-2891-9708](https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0003-2891-9708).

Чумаченко Тетяна Валеріївна – д-р техн. наук, професор, професор кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів, e-mail: chumachenko-1981.28@ukr.net Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса ORCID <https://orcid.org/0009-0000-3942-2284>.

Беспалова Алла Вікторівна – д-р техн. наук, професор, професор кафедри організації будівництва і охорони праці e-mail bespalova.a.v.2015@gmail.com Одеська державна академія будівництва і архітектури, Одеса ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3713-0610>.

Ніколаєва Тетяна Володимирівна – аспірант кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів, e-mail: nikolaieva.t.v@opu.ua Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2670-3401>

Пасєка Ілля Вікторович – студент кафедри інженерії програмного забезпечення, e-mail: 9482138@stud.op.edu.ua Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса ORCID <https://orcid.org/0009-0002-6704-9530>

Lebedev Volodymyr Georgiyovich – Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Materials Science and Engineering of Materials, e-mail: lebedev.v.g@op.edu.ua

Odesa Polytechnic National University, Odessa ORCID [https://orcid.org/0000-0003-2891-9708](https://orcid.org/https://orcid.org/0000-0003-2891-9708)

Chumachenko Tetyana Valeriivna – Doctor of Engineering. Sciences, professor, professor of the Department of Materials Science and Engineering of Materials, e-mail: chumachenko-1981.28@ukr.net

Odesa Polytechnic National University, Odessa ORCID <https://orcid.org/0009-0000-3942-2284>

Bespalova Alla Viktorivna – Doctor of Engineering. Sciences, professor, professor of the Department of Organization of Life and Protection of Work e-mail:

bespalova.a.v.2015@gmail.com Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Odessa ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3713-0610>

Tetyana Volodymyrivna Nikolaeva – postgraduate student of the Department of Materials
Science and Engineering of Materials, e-mail: nikolaieva.t.v@opu.ua Odesa Polytechnic
National University, Odessa

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2670-3401>

Pasika Illya Viktorovich – student of the Software Engineering Department, e-mail:
9482138@stud.op.edu.ua Odesa Polytechnic National University, Odessa ORCID
<https://orcid.org/0009-0002-6704-9530>