

**Петриченко С. В.¹, Наріжний О. А.¹, Ямшинський М. М.¹, Биба Є. Г.¹,
Мініцький А. В.¹, Барабаш М. Ю.^{1,2}, Кивгило Б. В.¹, Лук'яненко І. В.¹
(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ; ²Технічний центр НАН України, Київ)**
**КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ
АСПЕКТІВ УТИЛІЗАЦІЇ АЛЮМІНІЄВОГО БРУХТУ ВІЙСЬКОВОГО
ПОХОДЖЕННЯ**

Внаслідок війни в Україні накопичується значна кількість пошкодженої військової техніки, що створює значні екологічні проблеми та економічні виклики. Переробка алюмінієвого брухту з військової техніки вирішує дві ключові проблеми: запобігає екологічному забрудненню від корозії металів і дозволяє повторно використовувати цінні ресурси [1, 2]. Виробництво первинного алюмінію вимагає великих витрат енергії та призводить до значних викидів парникових газів. Натомість, його переробка є набагато менш енергоємною та екологічно чистою, що робить алюміній більш екологічним матеріалом [1-3].

В роботі вивчено можливості виплавляння якісного алюмінієвого сплаву шляхом прямої переробки цілісного зразка пошкодженої військової техніки, оминаючи етапи попереднього розділення та сортування шихти.

Для досягнення мети роботи визначено завдання: розробити ефективну технологію переробки алюмінієвого брухту з метою зниження енергоспоживання та викидів парникових газів. Оптимізувати застосування плавильних флюсів для підвищення ефективності процесу.

Для плавильних робіт як сировину використовували залишки зруйнованої БМП-1. З метою масштабування процесу, було відібрано зразки різних елементів корпусу в рівних пропорціях. Таким чином, була сформована шихта загальною масою 8,5 кг, яка складалася безпосередньо з алюмінієвих частин корпусу, а також містила сторонні домішки, такі як сталеві кріплення, компоненти електроніки, гільзи та полімерні матеріали. З метою рафінування була підготовлена евтектична суміш солей NaCl-KCl у пропорції 50/50%. Суміш була попередньо висушена при температурі 120 °C протягом 30 хвилин для видалення вологи. Потім були сформовані наважки, загорнуті у фольгу, що забезпечило зручність їх введення в розплав та запобігло передчасному розсипанню.

Аналіз хімічного складу брухту виявив наявність цинку, концентрація якого залежить від масової частки залишкових елементів корпусу. Встановлено, що повне видалення цинку з розплаву є технічно неможливим. Знизити його вміст можна за допомогою продування розплаву аргонном або плавленням у вакуумі, однак ці методи є технологічно складними. У цьому дослідженні якість отриманого сплаву оцінюється на основі аналізу його хімічного складу, механічних властивостей, фазового складу та мікроструктури.

Додавання цинку до алюмінієвого розплаву покращує механічні властивості матеріалу, підвищуючи їх до 140 МПа, завдяки низці хімічних та фізичних ефектів. Цинк змінює фазову структуру алюмінієвого сплаву, формуючи нові інтерметалідні фази (Al_2Zn , AlZn та AlZn_2), які підвищують його механічні властивості. Завдяки своїй високій твердості, ці фази перешкоджають пластичній деформації, що, своєю чергою, збільшує тимчасовий опір розтягуванню. Ця структурна зміна також сприяє досягненню оптимального балансу між міцністю та пластичністю сплаву [4-6].

Цинк у значних кількостях розчиняється в алюмінії, утворюючи твердий розчин заміщення. Це спричиняє спотворення кристалічної ґратки алюмінію. Атоми цинку, маючи більший атомний радіус, ніж атоми алюмінію, створюють локальні напруження в ґратці, що ускладнює рух дислокацій та зміцнює сплав. Введення цинку змінює енергію міжатомних зв'язків, підвищуючи опір пластичній деформації. Після оброблення сольовою сумішшю та легування цинком відбулося подрібнення структури з 45 мкм до 30 мкм.

У межах дослідження було розроблено технологію перероблення відходів алюмінієвої броні зруйнованої військової техніки. Цей метод дає змогу отримувати сплави, хімічний склад яких близький до стандартних деформованих алюмінієвих сплавів, зокрема 1925 та B95. Запропонована технологія є перспективною з погляду екологічної доцільності та економічної вигоди, оскільки забезпечує ефективне використання вторинних ресурсів з мінімальним негативним впливом на довкілля.

Література:

1. Жирохов М. Алюмінієва броня десанту. – Київ: Patriot Book, 2020. – 80 с.
2. Сучасні перспективні металеві матеріали для бронеперешкод (огляд) / Г. А. Кононенко, Т. В. Кімстач, О. А. Сафронова, Р. В. Подольський, О. В. Пучіков, О. П. Клинова // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 2022. Вип. 36. С. 325-342. DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-325-342.
3. International Aluminium Institute. Global Aluminium Cycle 2019. Alucycle 2020. <https://alucycle.international-aluminium.org/public-access/>.
4. Ritchie H, Roser M. CO₂ and greenhouse gas emissions. / Ritchie H, Roser M. // OurWorldInDataOrg. – 2020 – no. 1 – <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>.
5. Пригунова А.Г., Тубольцев Л.Г., Нарівський А.В., Сокол Л.В. Алюмінієва промисловість України: від занепаду до потенційного зростання // Метал та лиття України. – 2022. – № 3 (330). – С. 8–20. – DOI: 10.15407/steelcast2022.03.008.
6. International Aluminium Institute. Prim Alum Smelt Power Consum 2020. <https://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-smelting-powerconsumption/>.

Півнюк М. П.

(ВНТУ, м. Вінниця)

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ДЛЯ
ТРАНСПОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

E-mail: pivnyuck.k2019@gmail.com

У світі все більшої актуальності набуває проблема управління відходами, зокрема побутовими [1]. Зростаюча кількість твердих побутових відходів (ТПВ) створює серйозні екологічні та економічні проблеми для багатьох країн [2-8]. Одним із найважливіших етапів управління відходами є їхній збір та транспортування [9-13], що вимагає відповідального та ефективного підходу з боку організацій, що займаються управлінням відходами. У цьому контексті інформаційно-вимірювальні системи стають дедалі більш важливим інструментом