

методу пасивного експерименту. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2014. № 1. С. 45-51. ISSN 1607-6885.

6. Лисенко Н.А., Кудін В.В., Ключихін В.Г., Цивірко Е.І. Жароміцні нікелеві сплави, модифіковані гафнієм та цирконієм. Металознавство та термічна обробка металів. 1999. Том 41 (12). С. 531-537. <https://doi.org/10.1007/BF02466546>.

7. Тихомирова Т.В., Гордієнко Е.І., Бехтер Р.В., Подобний О.В. Морфологія і топографія карбідної фази при легуванні сплаву ЖСЗДК-ВІ гафнієм і танталом. Авіаційно-космічна техніка і технологія, 2022. № 4 спецвипуск 2 (182). С. 108-113. <https://doi.org/10.32620/aktt.2022.4sup2.16>.

8. Цивірко Е.І., Лисенко Н.О., Ключихін В.Г., Жеманюк П.Д. Легування та модифікування нікелевих сплавів цирконієм. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2007. № 2. С. 22-29. ISSN 1607-6885.

9. Лисенко Н.А., Кудін В.В., Долгов Б.В., Цивірко Є.І. Модифікування ливарних жаростійких нікелевих сплавів цирконієм. Металознавство та термічна обробка металів, 1998. Том 40 (3). С. 103-106. <https://doi.org/10.1007/BF02467468>.

10. Notoya S. Development of a New Field Emission Electron Probe Microanalyzer JXA-8530 Plus. Jeol News, 2017. Vol. 52 № 1. P. 58-60. ISSN 1349-6832.

Кусков Ю. М.¹, Фесенко М. А.²

(¹ІЕЗ ім. Є. О. Патона, Київ; ²ДУІКТ, Київ)

**ДОСВІД ОТРИМАННЯ КОМПОЗИТНОГО МЕТАЛУ З ВКЛЮЧЕННЯМИ
КАРБІДУ КРЕМНІЮ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЮ НАПЛАВКОЮ В
СТРУМОПІДВІДНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ**

E-mail: fesmak@ukr.net

Підвищену зносостійкість наплавленого металу за різних умов експлуатації можна забезпечити за допомогою формування у ньому композитної структури. Така структура відповідає принципу Шарпі: розташування твердих частинок відносно м'якої матриці. В якості таких структурних складових можуть стати хромистий чавун у вигляді матриці і карбід кремнію, як зміцнююча фаза.

Хромистий чавун є досить поширеним матеріалом, що часто використовується як у ливарній, так і зварювальній практиці виготовлення зносостійких елементів. Карбід кремнію являє собою відносно дешеве тверде тугоплавке з'єднання з наступними теплофізичними властивостями: щільність – $3,2 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 2827 \text{ }^\circ\text{C}$, область температурної стійкості – до $2100 \text{ }^\circ\text{C}$, мікротвердість $250\text{-}350 \text{ МПа}$ (для порівняння мікротвердість карбіду хрому становить всього 165 МПа). За своїми властивостями карбід кремнію цілком може бути використаний при електрошлаковій наплавці (ЕШН), хоча його щільність близька до щільності шлаку ($2,2\text{-}2,5 \text{ г/см}^3$), що застосовується при наплавленні.

Метою роботи було одержання біметалевих заготовок електрошлаковим способом з наплавленням шаром композитного металу у двосекційному струмопідвідному кристалізаторі (ТПК) квадратного перерізу при відносно великій площі поверхні, що наплавляється – $250 \times 250 \text{ мм}$.

Було прийнято наступну схему наплавлення. На робочу поверхню заготовки товщиною 14 мм укладали робочу наплавлену суміш, яка складається з гранул хромистого чавуну ($26\text{-}28 \% \text{ Cr}$), пропущених через сито діаметром 2 мм , з доданням у неї у певному співвідношенні порошку чорного карбіду кремнію (розмір F70) хлористого калію.

Останній служив поверхнево-активним компонентом для забезпечення змочування частинок карбіду кремнію рідким чавуном. В якості робочого флюсу використовували АНФ-29. Початок наплавлення здійснювали за допомогою рідкого старту, тобто. наведення шлакової ванни відбувалося в окремому пристрої, після чого вона заливалася в робочий об'єм кристалізатора.

Завдяки особливій конструкції ТПК шлакова ванна, що має температуру $1450\text{-}1500 \text{ }^\circ\text{C}$, після заливання в кристалізатор відразу ж починала обертатися, створюючи рівномірне теплове поле в об'ємі ванни. Після чотирьох хвилинної витримки процес наплавлення припиняли.

В результаті був наплавлений шар товщиною 10 мм , проте він не сформувався по всій наплавленій поверхні заготовки, особливо в її центральній частині.

Порізка заготовки металу дозволила встановити отримання мінімального проплавлення основного металу. Макротвердість наплавленого металу за його товщиною становила 64-65 HRA.

Висновки:

1. Встановлено можливість отримання композитного металу (хромистій чавун + карбід кремнію) за допомогою ЕШЛ у ТПК.
2. Якість формування наплавленого шару та його сплавлення з основним металом по всій наплавленій поверхні визначається розмірами цієї поверхні.
3. Розміри шару, що наплавляється, можуть бути збільшені за рахунок прогріву її центральної частини шляхом введення в шлакову ванну додаткового невитратного електрода, наприклад графітового.
4. Твердість наплавленого металу можна регулювати за рахунок зміни маси частинок карбіду кремнію, що вводиться в наплавну суміш.

Лавренюк А. О.
(ВНТУ, м. Вінниця)

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМИ
ОРГАНАМИ СПЕЦАВТОМОБІЛІВ-СМІТТЄВОЗІВ**

E-mail: arsenlavreniuk@gmail.com

Швидке зростання міського населення та збільшення обсягів твердих побутових відходів зумовили необхідність модернізації систем збору та утилізації сміття. Серед критично важливих компонентів цього процесу модернізації є розробка інтелектуальних систем, що забезпечують точну та безпечну роботу механізмів смітєвозів [1]. Програмне забезпечення для керування робочими органами смітєвозів відіграє важливу роль в автоматизації збору відходів, підвищенні операційної ефективності та мінімізації впливу на навколишнє середовище. У цій роботі наведено вичерпний огляд такого програмного забезпечення, враховуючи його структуру, функціональність та технологічну актуальність у контексті сучасних інженерних тенденцій.