

Таким чином, можна зробити важливий висновок: практично при будь-якому контакті вогнетриву з розплавом металу на вогнетриві утворюється на деякий час кірка (шлакометалічна настиль); інша справа, що максимальна величина цієї кірки  $\Delta_{\max}$  і час її існування  $\tau_0$  можуть змінюватися в дуже широких межах залежно від фізичних умов контакту.

### **Перелік використаних джерел**

1. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-2>

## **POWER CONSUMPTION ANALYSIS OF RUTILE-CELLULOSE ELECTRODES**

## **АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОДІВ З РУТИЛ-ЦЕЛЮЛОЗНИМ ПОКРИТТЯМ**

### **Boyko I.O.**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

### **Бойко І.О.**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

### **Pashinskiy V.V.**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

### **Пашинський В.В.**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

### **Pashinska O.G.**

*DSc (Engineering), Professor,  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

### **Пашинська О.Г.**

*д.т.н., професор,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Питання енергоспоживання зварювальних матеріалів не перестає набувати актуальність в сучасних умовах енергетичної ситуації в Україні та

Європі. У зв'язку з цим питання економії енергетичних ресурсів є ключовим, а впровадження енергозберігаючих заходів на усіх рівнях життєдіяльності є найголовнішим завданням, від якості та термінів вирішення якого залежить майбутня функціональність економіки та соціально-економічна ситуація. Однією з цілей Енергетичної стратегії України до 2050 року є розвиток альтернативних джерел енергії, нових продуктів та інноваційних рішень в енергетичному секторі [1].

Згідно даним [2] доля наплавленого металу, що приходить на РДЗ в Україні складала більше 50 % станом на 2015 р., а в 2020 р. загальний обсяг виготовлених вкритих електродів на потужностях Вітчизняних підприємств склав більше 31,5 тис. тон [3]. Зурахуванням наведених даних можна спрогнозувати, що сумарна витрата електричної енергії, що використали джерела живлення класичного та інверторного типу для ручного дугового зварювання тільки в Україні може перевищити цифру 350...400 млн. кВт\*год.

Популяризація рутил-целюлозних електродів в останні десятиріччя набуває все більшої швидкості не тільки в Україні, а й у світі. Окрім того, в найближчому майбутньому Вітчизняна промисловість може зіштовхнутися з проблемою недостатньої кількості висококваліфікованих зварників, а доля використання малопотужної зварювальної техніки в побутовому використанні постійно зростає. Це також приведе до збільшення попиту саме на рутилі та рутил-целюлозні електроди.

З точки зору витрати електричної енергії рутилі та рутил-целюлозні електроди мають суттєві переваги перед електродами з основним покриттям. Відомо, що вони відрізняються дрібнокрапельним та туманоподібним переносом електродного металу [4], що суттєво зменшує енергоспоживання, в тому числі і за рахунок зменшення вірогідності «примержання» електроду до виробу і переведення джерела живлення в режим короткого замикання. Деякі сучасні інверторні джерела живлення мають функцію «anti-stick», що дозволяє уникнути цього, але працездатність цієї системи може бути суттєво погіршено у зв'язку зі зменшенням диференційного опору живлячої мережі та неправильним підбором електрокомунікацій та їх технічним станом.

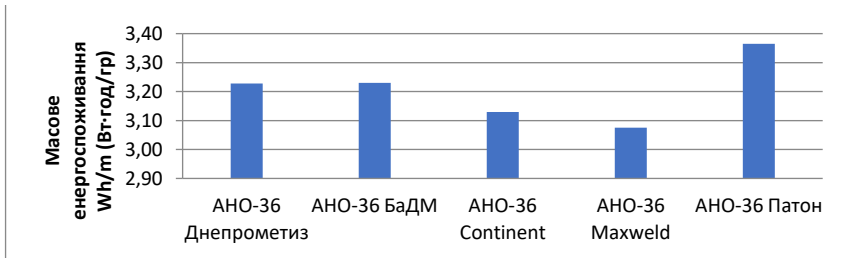
Сумарна електрична потужність посту для ручного дугового при роботі на номінальному режимі буде залежати від ряду факторів: теплової потужності дуги, коефіцієнту потужності джерела живлення ( $\cos\varphi$ ), коефіцієнту корисної дії посту та потужності додаткових приладів: охолодження, керування та ін.

В якості критерія оцінки енергетичної ефективності електродів для ручного дугового зварювання на нормативних режимах зварювання запропоновано використати інтегрований критерій масового енергоспоживання Wh/m, тобто загальну величину електричної енергії,

що отримано від мережі, відносно маси наплавленого металу. Для більш детального аналізу співвідношення енергії горіння дуги та енергії коротких замикань дугового проміжку доцільно провести осцилографування процесу зварювання та оцінку даних за допомогою аналітичного методу [4].

В якості дослідних зразків запропоновано обрати рутил-целюлозні електроди марки АНО-36 діаметром 3,0 мм та їх сучасні аналоги. Ця марка електродів широко використовується як в Україні, а діаметр 3,0 мм найбільш затребуваний на сучасному ринку.

Для порівняльного аналізу загального енергоспоживання використана схема, що включає в себе: установку роботизованого зварювання УПЕ-300, однофазне інверторне джерело живлення типу РАТОН ЕСО-250 (DC-MMA) та портативний лічильник електроенергії. Наплавлення валиків на пластину зі Ст.3сп товщиною 10 мм відбувалося при однакових умовах і налаштуваннях джерела живлення ( $I_{зв}=90A$ ) на постійному струмі зворотної полярності. Температура пластини перед першим проходом складала 18...20 °С, подальша міжпрохідна температура 70...80 °С, з метою прискорення випробувань охолодження пластин проводили на мідній плиті товщиною 25 мм. Зважування пластин виконувалось на ювелірних вагах з точністю 0,01 гр. Прокалювання електродів перед зварюванням відбувалося при температурі 110°С протягом 1 год., температура електрода перед випробуванням дорівнювала 18...20°С. Час наплавлення кожного окремого валика складав 60 с., швидкість зварювання – 12 см/хв (7,2 м/год.). Результати експерименту наведено на рисунку 1.



**Рис. 1. Масове енергоспоживання рутил-целюлозних електродів діаметром 3 мм ( $I_{зв}=90A$ )**

Аналіз отриманих даних показав, що рутил-целюлозні електроди однієї марки АНО-36 мають різні показники енергоспоживання, які залежать як від складу покриття, так і від його геометричних розмірів.

Це треба брати до уваги при призначенні електродного матеріалу для технологічного процесу зварювання, особливо при проведенні зварювання в несприятливих умовах, зокрема при живленні від нестабільної мережі.

### Перелік використаних джерел

1. Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>
2. Мазур О.А., Петрук В.С., Любовна Л.Б. та ін. Економіко-статистичний огляд зварювального виробництва і ринку зварювальної техніки України в 1990–2018 роках. К. : ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 2019. 71 с.
3. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. O. M. Kostin, O. O. Yaros, Y. O. Yaros and O. V. Savenko, Complex UPE-500 complex for determining welding and technological characteristics of coated electrodes. *The Paton Welding Journal*, no. 8, pp. 33-37, 2021.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-3>

## ORGANIZATION OF ENERGY-EFFICIENT BLAST FURNACE PRODUCTION WITH REDUCED ENVIRONMENTAL IMPACT

## ОРГАНІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО АГЛОДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВПЛИВОМ НА ДОВКІЛЛЯ

**Boiko M.M.**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, Ukrainian State  
University of Science and Technologies,  
Dnipro, Ukraine*

**Бойко М.М.**

*к.т.н., доцент, Український  
державний університет науки  
і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

**Petrenko V.O.**

*DSc (Engineering), Honored Worker  
of Science and Technology of Ukraine,  
Professor, Ukrainian State University  
of Science and Technologies,  
Dnipro, Ukraine*

**Петренко В.О.**

*д.т.н., заслужений діяч науки  
і техніки України, професор,  
Український державний університет  
науки і технологій,  
м. Дніпро, Україна*

The last twenty years have seen a significant increase in global steel production. For example, from 2000 to 2018, production increased from 850 to 1825 million tons per year [1]. To produce this amount of steel, a large