

УДК 621.79

**Б. Татарин, канд. техн. наук; В. Мастенко, канд. техн. наук;  
М. Підгурський, докт. техн. наук, В.Лазарюк, канд.техн.наук**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ ДВОЕЛЕКТРОДНОГО НАПЛАВЛЕННЯ СТРІЧКОВИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ**

***Резюме.** Розроблено методику для проведення досліджень з метою визначення стійкості процесу двоелектродного наплавлення стрічковими електродами тому, що правильно визначивши оцінку стійкості процесу наплавлення, можна не тільки правильно підібрати необхідну марку флюсу й оптимальні параметри режиму наплавлення, які забезпечать, а за необхідності можна і впливати на стійкість наплавлення, проводячи автоматичне коригування основних параметрів режиму автоматичного двоелектродного наплавлення стрічковими електродами під флюсом.*

***Ключові слова:** флюс, стрічкові електроди, одно- і двоелектродне наплавлення, електродугове і електрошлакове наплавлення.*

**B. Tataryn, V. Mastenko, M. Pidhurskyu, V.Lazaryuk**

## **METHOD OF INVESTIGATIONS FOR FINDING TWO-ELECTRODE WELDING PROCESS STRENGTH BY STRIP ELECTRODES**

***The summary.** The method of investigation for finding two-electrode welding process strength by strip electrodes has been developed, as the proper estimation of the welding process strength can not only lead to the proper choice of the flux sort, but the optimal parameters of the welding regime, which will provide efficient and swiftable metal forming of the welded rolls. Besides, the firming of these rolls while welding can be controlled and, if necessary, the welding strength can be influenced, correcting the main regime parameters of the automatic two-electrode welding by the strip electrodes under flux automatically.*

***Key words:** flux, strip electrodes, single-electrode and two- electrode surfacing, arc and electroslag surfacing.*

**Постановка проблеми.** Для поглибленого і детальнішого вивчення дослідження протікання процесів при наплавленні та їх вплив на основні параметри режиму при автоматичному наплавленні стрічковими електродами різної ширини під флюсом необхідно розробити нові методики, бо використання існуючих, розроблених для вивчення і дослідження процесу плавлення дротяних електродів, є неможливим у зв'язку з різною фізичною суттю протікання цих процесів при наплавленні під флюсом дротяними і стрічковими електродами [1, 2, 3].

Виникла необхідність розроблення методики для дослідження із визначення кількісної оцінки процесу плавлення стрічкових електродів під флюсом, бо стрічкові електроди в даний час найбільш широко застосовуються при наплавленні антикорозійного покриття та поверхні конструкційних вузлів атомного енергомашинобудування, тому що якість наплавленого металу в основному залежить від протікання металургійних процесів під час наплавлення [4].

Найважче кількісно оцінити стійкість протікання процесу наплавлення при використанні стрічкових електродів.

**Метою даної роботи** є розроблення методики для проведення кількісного контролю стійкості електрошлакового процесу при наплавленні, яку можна використовувати не тільки в лабораторних умовах, але й заводських, без зупинки процесу наплавлення різних виробів, а за необхідності й проводити коригування

основних параметрів режиму наплавлення в автоматичному режимі, застосовуючи сучасні ЕОМ.

Наплавлення одним стрічковим електродом під флюсом із-за специфічних умов горіння дуги на торці електродної стрічки і шунтування струму через рідкий шлак характеризується значним коливанням струму і напруги відносно їх номінальної величини, що впливає на різну повноту протікання окислювально-відновлюючих реакцій на стадії краплі, а також призводить до несплавлення й утворення нерівностей в зоні перекриття валиків і по їх краях.

У випадку використання при напавленні двох електродів між ними наводиться шлакова ванна такого об'єму, при якому може протікати стійкий електрошлаковий процес, що супроводжується зменшенням коливань струму і напруги, покращеним формуванням напавленого металу, причому окислювально-відновлюючі реакції на стадії краплі й у ванні розплавленого металу протікають з однаковою інтенсивністю [5].

Визначивши правильно кількісну оцінку стійкості процесу, можна підібрати необхідну марку флюсу й оптимальні параметри режиму наплавлення, які забезпечать гарне і якісне формування валиків напавленого металу, проводити контроль за їх формуванням у процесі наплавлення, а за необхідності проводити безперервне автоматизоване коригування параметрів процесу наплавлення стрічковими електродом під флюсом.

Стійкість електрошлакового процесу наплавлення прийнято оцінювати за відношенням величини струму шунтування дуги до величини номінального струму. Величина струму шунтування визначається в момент виникнення струму після попереднього його вимикання на 0,5 секунди в процесі наплавлення, проте із-за малого об'єму розплавленого флюсу і великого температурного градієнта неможливо достатньо точно оцінити стійкість процесу наплавлення. Швидке падіння температури рідкого шлаку при вмиканні струму знижує його електропровідність, що призводить до меншого шунтування при наступному вмиканні струму, що робить неможливим точно контролювати стійкість процесу при проведенні наплавлення у виробничих умовах. У даній роботі пропонується кількісну оцінку стійкості електрошлакового процесу наплавлення стрічковим електродом проводити за допомогою коефіцієнта стійкості процесу, який враховує відхилення струму і напруги наплавлення від номінальних значень при дії збурень і часу повернення всієї системи в стійкий стан після усунення збурень.

Зміна величини струму й напруги, які відбуваються при плавленні стрічки, дозволяють якісно оцінити характер процесу наплавлення. Чим інтенсивніше коливання величини струму і напруги в процесі наплавлення, тим процес менш стійкий. Характер зміни величини струму і напруги визначали по осцилограмах, які отримували за допомогою самопишучого прилада типу Н-327-3.

Збурення величини струму і напруги визначали по піках на осцилограмах.

Збурення, які виникають у процесі наплавлення і призводять до зміни величини струму і напруги, пов'язані з короткими замиканнями торця стрічкового електрода, або краплі розплавленого металу, яка ще не відірвалася від торця електрода, а також з виникненням дуги в міжелектродному проміжку.

В результаті проведених досліджень встановлено, що за відсутності в процесі наплавлення будь-яких збурень величина відхилення струму наплавлення й напруги, яка характеризує стабільність процесу в даній точці, буде дорівнювати 0.

Враховуючи фактор, що струм і напруга є основними характеристиками процесу наплавлення, то при визначенні стійкості електрошлакового процесу наплавлення необхідно враховувати особливості і цих двох параметрів [6, 7].

Для визначення меж зміни коефіцієнтів стійкості електрошлакового процесу

наплавлення по струму  $K_I$  і напрузі  $K_U$  проводився аналіз отриманих виразів при екстремальних значеннях струму і напруги.

При дуговому процесі відбуваються часті короткі замикання міжелектродного проміжку безпосередньо краплями рідкого металу. При коротких замиканнях у процесі наплавлення максимальне значення струму короткого замикання  $I_{кз}$  визначається типом і зовнішньою характеристикою джерела живлення. При цьому струм короткого замикання  $I_{кз}$  в  $n$  разів перевищує номінальний струм наплавлення  $I_n$ , а коефіцієнт перевищення струму короткого замикання над номінальним розраховується за формулою

$$n = \frac{I_{кз}}{I_n},$$

де,  $I_{кз}$  – струм короткого замикання, А;  
 $I_n$  – номінальний струм наплавлення, А.

При напавленні з застосуванням джерел живлення з крутоспадаючою зовнішньою характеристикою цей коефіцієнт  $n$  знаходиться в межах від 1,25...2, а для джерел живлення з пологоспадаючою або жорсткою зовнішньою характеристикою знаходиться в межах 4...8.

При електрошлаковому процесі плавлення електродної стрічки короткі замикання відсутні із-за великої висоти оплавлення електрода, яка становить 8...18 мм.

На основі проведеного аналізу встановлено, що максимальні значення стійкості процесу при електрошлаковому напавленні будуть дорівнювати одиниці. Таким чином, процес плавлення стрічкових електродів переходить із дугового в електрошлаковий при зміні коефіцієнта стійкості процесу по струму від  $2/(n+1)$  до 1, а по напрузі – 0,5...1.

При напавленні стрічковим електродом із використанням джерел живлення з пологоспадаючою зовнішньою характеристикою можна визначати один із коефіцієнтів стійкості процесу наплавлення по струму або напрузі, бо вони однаковою мірою характеризують стабільність електрошлакового процесу. При використанні джерела живлення з жорсткою зовнішньою характеристикою для визначення коефіцієнта стійкості процесу необхідно використовувати напавлення тільки по струму, який становить близько одиниці, бо коливання напруги в цьому випадку не суттєві.

При використанні джерел живлення з крутоспадаючою зовнішньою характеристикою мають місце незначні коливання струму, які виникають при порушенні стійкості процесу, а тому коефіцієнт стійкості процесу по струму можна прийняти таким, щодорівнює приблизно одиниці.

При проведенні експериментальних досліджень за розробленою методикою використовували електродну стрічку марки Св-07Х25Н13 товщиною 0,7 мм і флюс марки ОФ-10. При напавленні одним стрічковим електродом застосовували стрічку шириною від 20...200 мм, а при напавленні двома стрічковими електродами – шириною 20...100 мм. Характер зміни коефіцієнта стійкості процесу двох способів наплавлення по струму  $K_I$  залежно від ширини стрічкового електрода зображено на рисунку 1, на якому по осі ординат – значення коефіцієнта стійкості процесу наплавлення по струму  $K_I$ , а по осі абсцис – ширина стрічкового електрода.

Як бачимо з рис. 1, коефіцієнт стійкості процесу наплавлення по струму  $K_I$  зменшується зі збільшенням ширини стрічкового електрода – більше 70 мм, при напавленні двома стрічковими електродами – більше 120 мм, при напавленні одним стрічковим електродом для отримання якісного напавленого металу наплавлення необхідно проводити з коефіцієнтом стійкості процесу по струму  $K_I$  більше 0,95.

Стійкість електрошлакового процесу наплавлення тим вища, чим більша площа контакту рідкого шлаку з поверхнею стрічкового електрода і зростає з підвищенням величини струму наплавлення, який проходить безпосередньо через рідкий шлак.

На практиці при наплавленні стрічковими електродами під флюсом реальних виробів для забезпечення якості формування наплавлювальних валиків і стабільності процесу наплавлення необхідно періодично контролювати коефіцієнти стійкості процесу по струму і напрузі. У випадку зміни їх величини за встановлені межі в процесі наплавлення необхідно в автоматичному режимі провести коригування основних параметрів ( $I_H$ ,  $U_H$ ,  $V_H$ ) у процесі наплавлення, що дозволяє розроблена методика, застосовуючи сучасні ЕОМ.

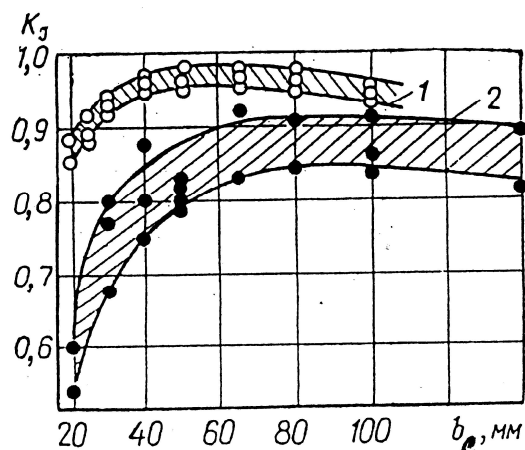


Рисунок 1. Характер зміни коефіцієнта стійкості процесу наплавлення по струму  $K_I$  залежно від ширини стрічкового електрода при наплавленні під флюсом марки ОФ-10: 1 – двома стрічковими електродами товщиною 0,7 мм і відстані між ними 16 мм, ( $U_H=40$  В,  $V_H=20$  м/год); 2 – одним стрічковим електродом товщиною 0,7 мм ( $U_H=36$  В,  $V_H=12$  м/год).

**Висновки.** Розроблено методику для проведення кількісного контролю стійкості електрошлакового процесу при наплавленні, яку можна використовувати не тільки в лабораторних умовах, але й у заводських, без зупинки процесу наплавлення різних виробів, а за необхідності проводити коригування основних параметрів режиму наплавлення. На основі аналізу результатів отриманих при проведенні експериментальних досліджень, за розробленою методикою стійкості процесу двоелектродного наплавлення стрічковими електродами встановлено, що стійкість процесу наплавлення тим вища, чим більша площа контакту рідкого шлаку з поверхнею стрічкового електрода і вона відповідно зростає зі збільшенням струму наплавлення, який проходить через рідкий шлак.

#### Література

1. Махненко, В.И. Тепловые процессы при механизированной наплавке деталей типа круговых цилиндров [Текст] / В.И. Махненко, Т.Г. Кравцов // Автоматическая сварка. – Киев: Наукова думка, 1976. – 159 с.
2. Минато, С. Способы наплавки ленточным электродом (наплавка с неглубоким проплавлением) [Текст] / С. Минато, Ю. Мацусита // Ёсэцу гидзюцу, 1981, №2, С.19-25. (Перевод № Г-43779, 29с.)
3. Мастенко, В. Ю. Особенности наплавки электродной лентой шириной до 200 мм [Текст] / В.Ю. Мастенко, В. Д. Ходаков, Н.А. Волосов // Автоматическая сварка – 1981. № 3. С.50–52.
4. Старченко, Е.И. Особенности изменения некоторых технологических характеристик при наплавке двумя ленточными электродами [Текст] / Е.И. Старченко, В.Ю. Мастенко // Автоматическая сварка. – 1984. – №7. – С. 60–63.
5. Мастенко, В.Ю. Влияние параметров режима двухэлектродной ленточной наплавки на интенсивность протекания металлургических реакций / В.Ю. Мастенко, Е.И. Старченко // Сб. Материалы и технология наплавки в энергомашиностроении. Труды ЦНИИТМАШ . – 1985. – №188. – С. 43 – 48.

6. Масненко, В. Вплив величини струму і напруги на механічні властивості металу при автоматичному наплавленні під флюсом [Текст] / В.Ю. Масненко, Б.П. Татарин // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2006. – № 3. – С. 78–86.
7. Масненко, В.Ю. Особливості зміни величини теплової потужності і погонної енергії при різних способах автоматичного наплавлення під флюсом стрічковими електродами різного поперечного перерізу [Текст] / В.Ю. Масненко, Б.П. Татарин, М.І. Підгурський // Вісник ТДТУ. — 2010. — Том 15. — № 2. — С. 86–93.