



Рис. 8. Поля массовой концентрации метана при наличии (а), (в), (д), (ж) и отсутствии (б), (з), (е), (з) турбулизаторов потока в поперечных сечениях горелки $z = \text{const}$, расположенных на срывной кромке стабилизатора и за ней: а), б) – $z = 0,25$ м (срывная кромка стабилизатора); в), з) – $z = 0,27$ м; д), е) – $z = 0,3$ м; ж), з) – $z = 0,4$ м

Литература

1. Фіалко Н.М. Компьютерное моделирование процесса смесеобразования в горелочных устройствах стабилизаторного типа с подачей газа внедрением в сносящий поток воздуха / Н.М. Фіалко, Л.С. Бутовский, В.Г. Прокопов и др. // Промышленная теплотехника. – 2011. – Т. 33, № 1. – С. 51-56.
 2. Леонтьев А.И. Вихревая интенсификация тепло-и массообменных процессов с помощью лучных технологий (численное и физическое моделирование) / А.И. Леонтьев, С.А. Исаев // Труды 5-ой Национальной конференции по теплообмену (РНКТ-5), Москва, 25-29 октября 2010. – М.: Изд-во МЭИ (ТУ). – Т. 6. – С. 102-105.

3. Экспериментальные исследования структуры течи у палинковых пристроях стабилизаторного типа з застосуванням кутових турбулізаторів потоку / Л.С. Бутовський, Н.М. Фіалко, В.Г. Прокопов та ін. // Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики : матер. XXII Міжнародн. конф., Ялта 8-12 червня 2012 г. – К. : Изд-во "Ялта", 2012. – С. 141-145.

4. Фіалко Н.М. Дослідження характеристик течії в системі плоских стабилізаторів полум'я з пластинчастими турбулізаторами потоку / Н.М. Фіалко, С.А. Альошко, К.В. Ракітько та ін. // Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики : матер. XXI Міжнародн. конф., Ялта 7-11 червня 2011 г. – К. : Изд-во "Ялта", 2011. – С. 175-177.

5. Фіалко Н.М. Особливості структури течії в решітці стабилізаторів полум'я з полум'яперекидними перемичками / Н.М. Фіалко, С.А. Альошко, М.В. Майсон та ін. // Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики : матер. XXI Міжнародн. конф., Ялта 7-11 червня 2011 г. – К. : Изд-во "Ялта", 2011. – С. 183-187.

Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Меранова Н.О., Абдулін М.З., Бутовський Л.С., Полозенко Н.П., Кліщ А.В., Стрижеус С.М., Тимошенко О.Б. Вплив пластинчастих турбулізаторів потоку на характеристики течії та сумішоутворення палива та окисника в циліндричному стабилізаторному палинковому пристрої

Представлено дані числових досліджень закономірностей ефектів впливу на процеси переносу в циліндричному стабилізаторному палинці пластинчастих турбулізаторів потоку встановлених на зривній кромці стабилізатора полум'я. Наведено особливості структури течії палива та окисника при наявності та відсутності турбулізаторів потоку. Проаналізовано дані розрахунків щодо особливостей процесів сумішоутворення в палинковому пристрої, що розглядається.

Ключові слова: пластинчастий турбулізатор потоку, циліндричний стабилізаторний палинник, CFD-моделювання.

Fialko N.M., Sherenkovsky Y.V., Maison M.V., Meranova N.O., Abdulin M.Z., Butovsky L.S., Polozeko N.P., Klishch A.V., Stryzheus S.M., Timoshchenko O.B. The Impact of Flat Flow Energizers on Flow Characteristics and Mixing Fuel and Oxidizer within a Cylindrical Stabilizer Burner

The numerical investigation of effects on transfer processes in the cylindrical stabilizer burner of flat flow energizers placed on a flame holder stalling edge are performed. The features of fuel and oxidizer flow pattern with and without the flow energizers are discussed. The computation results of mixing processes in the burner are analysed.

Keywords: flat flow energizer, cylindrical stabilizer burner, CFD-modeling, transfer process.

УДК 621.791

Проф. В.М. Палаш, канд. техн. наук; доц. А.Р. Дзюбик, канд. техн. наук; доц. Р.В. Палаш, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВАРНОСТІ ЧАВУНІВ ПРИ ЇХ ДУГОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ СТАЛЮ У ГАЗОВІЙ СУМІШІ $\text{CO}_2 + \text{O}_2$

Розглянуто можливості підвищення технологічної міцності чавунних елементів, наплавлених сталним низьковуглецевим дротом у газовій захисній суміші кисню і вуглекислого газу без застосування додаткового підігріву. Досліджено можливі варіанти впливу на властивості, розміри і хімічний склад ділянки "виблювання" зони термічного впливу. Розглянуто ефект від зміни діаметра електродного дроту, кількості і форми графітових включень та ін. Підбір способу наплавлення, розміру окремих валиків і їх перекриття, моделювання вмісту основного металу в швах і регулювання погонної енергії дозволили розвинути шляхи зниження вмісту вуглецю в наплавленому шарі.

Ключові слова: чавуни, зварювання, стальний дріт, ділянка вибілювання, параметри режиму зварювання, газова суміш.

Актуальність теми. У машинобудуванні та інших галузях промисловості і транспорту досить поширеним конструкційним матеріалом є сірий чавун. У чавунних виливках під час їх оброблення можуть виявлятися різні дефекти. Окрім того, внаслідок пониженої міцності та високої крихкості сірих чавунів можливі певні руйнування виготовлених із них деталей. Здебільшого дефекти у чавунних деталях і виливках можна виправити зварювальними процесами. Варто зауважити, що окрім литих, знаходять застосування і зварно-литі чавунні конструкції. Виправлення ливарних дефектів, а також і ремонтне зварювання дають значний економічний ефект. У зв'язку з цим відбувається постійне вдосконалення наявних процесів зварювання та наплавлення чавуну.

Чавун з точки зору фізичної зварюваності належить до групи металів, що відносно добре зварюються, оскільки він володіє необмеженою розчинністю основного та більшості присадних металів у рідкому стані (за винятком міді і деяких інших металів), можливістю дифузії у твердому і рідинному станах та утворювати тверді розчини. Водночас з точки зору технологічної зварюваності, тобто здатності утворювати при заданій технології зварне з'єднання без порушення суцільності, спотворення форм та зниження якості металу, чавун належить до металів, що погано зварюються. Це зумовлено його високою схильністю до утворення у зварному з'єднанні структур "відбілу" та гартування, тріщин і пор. Відомо, що у більшості випадків для утворення сірого чавуну й уникнення його "вибілювання" швидкість охолодження в процесі первинної кристалізації за температури 1200...1100 °С не повинна перевищувати (1-3) °С/с., тоді як при дуговому зварюванні без попереднього підігрівання вона значно вища [1].

Незважаючи на те, що чавун володіє поганою технологічною зварністю, на практиці досить широко використовують технології, що не потребують його спеціального підігрівання, зокрема з отриманням сталених швів і наплавлених шарів. До таких відносять механізоване зварювання і наплавлення сталеним дротом у захисній газовій суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ [2]. При таких процесах без попереднього підігрівання важливою передумовою уникнення технологічних тріщин та отримання якісних наплавлених валиків є обмеження вмісту у зварювальній ванні вуглецю. Окрім того, при зварюванні плавленням завжди є велика ймовірність утворення у з'єднанні ділянок зі структурою ледебуриту, наявність якого є характерною ознакою білого чавуну. Таке "вибілювання" відбувається у тій частині з'єднання, яка знаходилась у розплавленому стані і де під час первинної кристалізації вміст вуглецю перевищував його максимальну розчинність в аустеніті за евтектичної температури. Наявність ділянок "відбілу", особливо в зоні сплавлення, як правило, спричиняє значне зниження технологічної міцності внаслідок утворення гарячих і холодних тріщин, утруднює оброблення зварних з'єднань різанням, а також погіршення експлуатаційних властивостей наплавлених деталей [3].

Мета роботи. У роботі досліджено вплив погонної енергії дугового зварювання сталеним дротом у захисній газовій суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ сірих чавунів без їхнього попереднього підігрівання, а також довжини електродного вильоту та

ступеня перекриття валиків у шарах на вміст вуглецю у наплавлених валиках та на розміри і структуру небезпечної колошовної зони, зокрема ділянки "відбілу", з метою розроблення технологічних рекомендацій отримання якісних наплавлених шарів.

Методика проведення досліджень. На вміст вуглецю у наплавлених валиках впливають частка чавуну, що переходить у ванну з основного металу, та інтенсивність його окиснення у зварювальній реакційній зоні. Геометричні параметри наплавлених валиків і шарів, що визначають у них частку чавуну, в основному залежать від технологічних параметрів, зокрема погонної енергії, величини електродного вильоту, ступеня перекриття валиків у шарах. Окрім технологічних факторів, певним чином впливають і металургійні, в основному через хімічний склад чавуну та кількість і форму графітових включень. Для отримання термічних циклів, що істотно відрізнялися б своїми параметрами, автоматичне наплавлення валиків та шарів проводили сталевим дротом Св-08А різного діаметра (1,2...2,0 мм) у газовій суміші 70 % $\text{CO}_2 + 30 \% \text{O}_2$ у досить великому діапазоні значень погонних енергій (360...1700 КДж/м) на пластини різної товщини (від 3-х до 20 мм) із сірого ферито-перлітного чавуну з вмістом вуглецю (2,7...3,6) % з різною формою та кількістю графітових включень (Гф1...Гф13 і Гроз 25-750, ГОСТ 1412-85). Довжина електродного вильоту знаходилась у межах 18...80 мм. Дослідження відбілу, зокрема форми і розмірів його ділянок, а також особливостей структури, здійснювалось металографічним аналізом на оптичному мікроскопі за стандартною методикою.

Основні результати. Дослідження факторів, що впливають на вміст вуглецю у наплавлених валиках і шарах, показало таке. У всіх зразках хімічний склад наплавлених валиків і шарів відповідав сталі з вмістом вуглецю, що залежав від співвідношенням у них часток основного та наплавленого металів, і знаходився в межах 0,2...1,4 %. Для всіх значень погонних енергій вміст вуглецю в одиночних валиках вищий порівняно з наплавленими шарами. Мінімальний вміст вуглецю отримується при наплавленні шарів зі ступенем перекриття окремих валиків на 1/2. Зі збільшенням величини електродного вильоту від 18 до 80 мм частка основного металу у валиках і відповідно вміст вуглецю в них зменшувалися у середньому на 30 %. На вміст вуглецю у наплавлених валиках істотно впливає величина погонної енергії. При її збільшенні від 360 до 1700 КДж/м при наплавленні одиночних валиків з електродним вильотом 18 мм вміст вуглецю зростає від 0,6 до 1,4 %.

Дослідження природи "вибілювання", яке мало місце у всіх наплавлених зразках, показало, що воно утворюється у різних ділянках зони сплавлення, де метал під час наплавлення знаходився у розплавленому стані і мав хімічний склад чавуну. У ділянці неповного розплавлення завжди існують передумови для відбілювання, тому що рідинна фаза тут має хімічний склад чавуну. Розмір цієї ділянки прямо пропорційно залежить від температурного інтервалу кристалізації та обернено пропорційно – від градієнту температур в ній і в дослідженому діапазоні значень погонної енергії при наплавленні одиночних валиків знаходився у межах 30...250 мкм. Первинна кристалізація тут протікає за метастабільної схеми з утворенням білого чавуну зі структурою, близькою до ев-

тектичної, хоча трапляються ділянки як заевтектичної, так і доевтектичної структури. Продукти розпаду аустеніту в більшості випадків – це перліто-бейніто-мартенситна суміш. Варто зазначити, що відбіл тут не має чітких обрисів, що пов'язано з особливістю розплавлення чавуну при його наплавленні. Мікроструктура основного металу, зокрема кількість, форма і розміри включень графіту, певним чином впливають на конфігурацію ділянок відбілювання та їхню структуру. Цей вплив помітніший при низьких погонних енергіях, коли ступінь розчинення графіту у розплаві істотно залежить від розмірів і форми його включень. Ділянки "віблювання" переважно розміщуються навколо частково розчинених включень графіту[5]. У випадку грубих включень графіту у зоні сплавлення часто виникають гарячі тріщини, особливо коли розмір ділянки "відбілу" перевищує 500...6000 мкм.

Проведені дослідження показали, що на розмір колошовної зони, основною частиною якої є зона сплавлення з ділянкою відбілу та високотемпературна ділянка зони термічного впливу, де, як правило, присутні тверді структури гартування, зокрема мартенсит, найбільш істотно впливає величина погонної енергії. За мінімальних її значень розмір цієї зони при наплавленні одиночних валиків не перевищує 70... 100 мкм, тоді як при погонних енергіях, вищих за 1400 КДж/м, ця небезпечна з точки зору утворення технологічних тріщин зона перевищує 1000 мкм. Збільшення величини електродного вильоту також впливає на зменшення розмірів колошовної зони. Такий вплив стає помітним вже при електродних вильотах, більших за 40 мм. При наплавленні шарів з достатнім перекриттям валиків (не меншим за 1/2) має місце істотне зменшення розмірів ділянки "відбілу", а в окремих місцях вона стає незначною – меншою за 10 мкм.

Висновки. Виконані дослідження показали, що при дуговому наплавленні сірих чавунів сталним низьковуглецевим дротом без підігрівання у газовому захисному середовищі 70 % CO₂ + 30 % O₂ у зоні сплавлення завжди утворюється ділянка "відбілу". Впливати на розмір і властивості колошовної зони і, зокрема найбільш небезпечної її частини – ділянки "віблювання" в зоні сплавлення, можна різними способами – вибором чавуну відповідного складу з урахуванням кількості, форми і розмірів графітових включень, режимом наплавлення. Обмежувати розміри її можна зменшенням погонної енергії та збільшенням електродного вильоту. При наплавленні шарів кращі результати отримуються при перекритті окремих валиків не меншому за 1/2. Чавуни із меншими кількістю та розмірами графітових включень, при рівних інших умовах, мають кращу зварність.

Література

1. Грецкий Ю.Я. Влияние состава сварочной ванны на условия кристаллизации металла у границы сплавления при дуговой сварке чугуна / Ю.Я. Грецкий // Автоматическая сварка. – 1980. – № 12. – С. 18-23.
2. Грабин В.Ф. Металлография сварных соединений чугуна / В.Ф. Грабин, Ю.Я. Грецкий, Г.М. Крошина, В.А. Метлицкий. – К.: Вид-во "Наук. думка", 1987. – 192 с.
3. Палаш В.М. Металознавчі аспекти зварності залізвуглецевих сплавів: навч. посібн. – Львів: Вид-во КІНПАТРИ, ЛТД, 2003. – 236 с.
4. Елистратов П.С. Сварка чугуна сталью / П.С. Елистратов, А.П. Елистратов. – Минск: Изд-во "Наука и техника", 1984. – 208 с.

5. Палаш В.М. Дослідження впливу режиму електродугового зварювання на будову зони сплавлення сірих чавунів / В.М. Палаш, А.Р. Дзюбик, Т.Р. Ступницький // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2008. – № 613. – С. 178-182.

Палаш В.Н., Дзюбик А.Р., Палаш Р.В. Исследование свариваемости чугунов при их дуговой наплавке сталью в газовой смеси CO₂ + O₂

Рассмотрены возможности повышения технологической прочности чугуновых элементов, наплавленных стальной проволокой в защитной газовой среде кислорода и углекислого газа без использования дополнительного подогрева. Исследованы возможные варианты влияния на свойства, размеры и химический состав участка "выбеливания" зоны термического влияния. Рассмотрен эффект от изменения диаметра электродной проволоки, количества и формы графитовых включений и пр. Подбор способа наплавки, размера отдельных валиков и их перекрытия, моделирование содержания основного металла в швах и регулирование погонной энергии помогли развить пути снижения содержания углерода в наплавленном шаре.

Ключевые слова: чугуны, сварка, стальная проволока, участок выбеливания, параметры режима сварки, газовая смесь.

Palash V.N., Dzyubik A.R., Palash R.V. The Weldability Research of Cast Irons during Their Arc Welding with Steel in the Gas Mixture CO₂ + O₂

The possibilities of increasing technological strength cast iron elements, by deposition with low carbon steel wire in protective gas mixture of oxygen and carbon dioxide without the use of additional heating is considered. The possible variants of impact on the properties, size and chemical composition of the 'whitening' area in the heat affected zone are investigated. The effect of changing the electrode wire diameter, the amount and form of graphite inclusions and others are examined. Selection of surfacing method, size of individual platens and their overlap degree, modeling base metal proportion in joints and regulation of energy per unit length allowed developing approaches to reduce the carbon content in the deposited layer.

Keywords: cast iron, welding, steel wire, whitening section, the parameters of welding, gas mixture.

УДК 629.114.3

Доц. Р.В. Зінько, канд. техн. наук; доц. О.Р. Серкіз, канд. техн. наук; студ. А.Ю. Варфоломій – НУ "Львівська політехніка"

РОЗРАХУНОК УСАДКИ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ ПРИ КАЛАНДРУВАННІ

Під час каландрування полімерної плівки характер умов перебігу процесу, швидкість і глибина його перебігу можуть значно змінюватися. Отримані формули розподілу швидкостей руху матеріалу і тиску в міжвалковому зазорі каландра, а також питомої сили тертя на поверхні валка. Розрахункові формули дали змогу побудувати графічні залежності взаємозв'язку розподілу швидкостей руху матеріалу, тиску в міжвалковому зазорі каландра, питомої сили тертя на поверхні валка від різних конструктивних параметрів каландра. Ці залежності мають нелінійний характер, що важливо враховувати при розрахунку елементів каландра.

Ключові слова: каландр, конструктивні параметри.

Вступ. На цей час процес виробництва полімерних плівок на каландро-вих лініях – це багатоасортиментне гнучке виробництво, що стрімко розвивається. З появою нових рецептур каландровані плівки отримують застосування в нових галузях, таких як харчова, медична, легка промисловості. У зв'язку з цим вимоги до якості полімерної плівки стають більш жорсткішими. Тому на