



## Monitoring the Welding Speed by Observing with a Camera in the Visible Spectrum

Deyan GRADINAROV, Yuri BIJEV, Iliyan ATANASOV

<sup>1</sup> Institute of Metal Science, Equipment and Technology with Hydroaerodynamic Center at Bulgarian Academy of Sciences, 67 Shipchenski Prohod Street, 1574 Sofia, Bulgaria  
e-mail: [dgradinarov@ims.bas.bg](mailto:dgradinarov@ims.bas.bg), [bijevu@abv.bg](mailto:bijevu@abv.bg), [ilian@ims.bas.bg](mailto:ilian@ims.bas.bg)

### Abstract

In this paper we have presented method for monitoring the welding speed in by observing with a camera in the visible spectrum.

**Keywords:** welding speed, camera, visible spectrum, monitoring

## Следене на скоростта на заваряване чрез заснемане с камера във видимия спектър

Деян ГРАДИНАРОВ, Юри БИЖЕВ, Илиян АТАНАСОВ

### 1. Увод

Процесът на заваряване протича съгласно предварително одобрена и валидирана заваръчна процедура. Тази заваръчна процедура задава технологията на заваряване, режима на заваръчния апарат, ток, напрежение, скорост за заваряване, скорост на подаване на тел, флюс, тип, дебелина и оформяне на върха на заваръчните телове, време на заваряване и почивка както и други параметри, от които зависи качеството и надеждността на завареното съединение. Отклонението от тях, с голяма вероятност, води до понижаване на свойствата на завареното съединение, а от там и до дефекти и повреди, които могат да доведат до повишаване риска за инциденти и злополуки, както и до отрицателни ефекти спрямо околната среда.

Подобряването на процеса на заваряване чрез контрол в реално време на заваръчните параметри спрямо заложените в заваръчната процедура драстично намалява възможността от възникване на дефекти и по този начин дава икономически и екологични предимства, като намалява брака и съответно консумация на метал, газ, електроенергия и води до намаляване на вредните емисии.[1, 2, 3]

Един от най-важните параметри при заваряване е скоростта на заваряване. С увеличаване на скоростта на заваряване, ширината на заварката намалява, заедно с това се увеличава дълбочината на проникване, което е следствие от факта, че течният метал няма време да изтича под дъгата и дебелината на междинния слой е малка. С по-нататъшно увеличаване на скоростта на заваряване, времето на термично въздействие на дъгата върху метала и дълбочината на проникване намалява и със значителна скорост на заваряване, дори се образува нефузия на основния метал със заваръчния метал.

Качеството на заварената връзка зависи от правилния избор на режим на заваряване. Изборът на режим на заваряване означава изборът на диаметър на електрода,

силата на заваръчния ток, скоростта на заваряване в съответствие с размерите и формата на продукта, вида на връзката, материала на продукта и електрода.

Два от основните дефекти при заваряване зависят от скоростта на заваряване:

- Непровари, които представляват местна неплътност или незапълване (незаваряване) между шева и основния метал. Образуват се в корена, по сечението и по стените на шева вследствие на замърсяване на краищата (ръжда, масло, окалина) или неподходяща подготовка (малък ъгъл на скосяване, малка не скошена част), неправилно избран режим на заваряване (малка стойност на тока, голяма скорост на заваряване, голям диаметър на електрода, неправилно избрана полярност за дадена марка електрод), магнитно духане при заваряване с постоянен ток. Непроварите може да понижат работоспособността на съединението поради намаляване на носещото сечение на шева. Освен това, острите непровари са концентратори на напрежения и източник на заваръчни пукнатини.

- Твърди включвания – шлакови и метални, обикновено се дължат на замърсявания в заваръчните краища с окалина, ръжда, шлакова кора, неравномерно топене на обмязката на електрода и прекомерно високи скорости на заваряване. При газокислородното заваряване се получават шлакови включвания, когато се работи с окисляващ пламък. Шлаковите включвания отслабват сечението на шева и намаляват неговата якост.

Също така при изпълнение на специфични видове заваряване скоростта на заваряване влияе пряко върху качеството и надеждността на завареното съединение, напр. при заваряването на месинг е възможно изпаряването на цинка при температура над 910 °С. Образуваният се цинков окис е силно отровен, поради което заваряването трябва да се извършва при добра вентилация. Изпаряването на цинка може да доведе до пористост на метала на шева. Това усложнение може да се преодолее чрез предварително нагриване на метала до 200-300 °С и повишаване скоростта на заваряване, което намалява разливането на течния метал и изпаряването на цинка. Препоръчва се да се работи с постоянен ток, с права полярност.

При следене на този основен параметър - следенето на скорост на заваряване [4, 5] често се използват оптични системи - камери във видимия и инфрачервения спектър, лазерни системи и др., т.е. – компютърно зрение, като чрез него се следи най-горещата точка в процеса.

## 2. Компютърното зрение

Компютърното зрение е научна област, която включва методи за придобиване, обработка, анализ и разбиране на изображения и като цяло, високо-измерни данни от реалния свят, за да се трансформират в цифрова или символна информация, например, под формата на решения [6, 7, 8, 9]. Развитие на тази област цели да дублира възможностите на човешкото зрение като по електронен път се осъществява възприемане и разбиране на изображението. Това разбиране на изображението може да се разглежда като извличане на символна информация от данните за изображението, използване на модели, построени с помощта на геометрия, физика, статистика, и теория на ученето. Компютърно зрение също може да се разглежда като автоматизиране и интегриране на широка гама от процеси и репрезентации на зрителното възприятие [10]. Автоматизирането позволява да се извършват различни операции, улесняващи внедряването на системи за сигурност и качество [11]. Например, алармиране по различни дигитални медии само в случай на разпозната ситуация на нарушение при извличане на качествени характеристики от последователни кадри от движението на обекта.

Основната област на приложение на компютърното зрение в промишлеността е машинно зрение, при което информацията се извлича с цел поддържане на производствения процес [12]. Един пример за това е контрол на качеството, измерване на позицията и скорост, разпознаване по големина или ориентацията на детайли и др.

Създадената система за компютърното зрение има за цел следенето на посока на движение, скорост, траектория и големина на най-горещата точка в процеса на заваряване.

### **3. Система за регистриране и разпознаване на движещи се обекти**

Системата за регистриране и разпознаване на движещи се обекти служи за автоматизирано следене на скоростта в заваръчния процес при предварително определени параметри на зрителния сензор. Този тип системи обикновено се състоят от зрителен сензор, компютър и радио предавател за безжична връзка към централна база [13]. Анализиранията зрителна информацията, получена от системата, се изобразява ортогографично на карта на наблюдаваната зона. Голям брой такива единици на системата могат да работят едновременно като по този начин се покрие обширна зона за видео наблюдение. Зрителният сензор е в 2 варианта: Araxis CMOS с висока резолюция или термовизионна камера FLIR TAU 320. Използваният софтуер е OpenCV 2.0 и Mathworks Matlab 2011.

За да бъдат открити, проследени и класифицирани обекти, които навлизат в наблюдаваната зона, функционират паралелно няколко алгоритъма:

Адаптиране на фона спрямо видео потока от сензора

Фонът представлява изображението от сензора така сякаш не присъства никакъв обект от интерес. Той е необходим, за да могат да бъдат открити обекти като потенциални нарушители в полето на зрение. Факт е, че условията в зрителното поле се изменят бавно (а в някои случаи и по-бързо) и това поражда необходимостта от гъвкавост на системата към тези промени.

Прагово отделяне на обекта

След като фонът е конструиран с превантивните алгоритми срещу нереални обекти, всеки нов обект, който навлиза в зрителното поле се откроява след като се направи абсолютна разлика на текущия кадър с фона. Резултантната матрица  $S1$  представлява изображение с първичния силует на обектите, но съдържа и шум, който обикновено произлиза от работата на сензора, както и от отражения, отблясъци и сенки с различен произход. Подходът в този случай е праговото отделяне на обектите от шума. То се състои от 2 стъпки: Първата стъпка е прилагане на Гаусов филтър, който намалява остротата на изображението като малки петна от шума се размиват в заобикалящи зони с ниска интензивност. От друга страна по-интензивните зони с обекти се сливат и частично се изглажда интензитета на обектите. Втората стъпка за получаване на прагов силует на обектите е прилагането на праг на изображението, над който праг стойностите на всички зони на изображението се закръглят до 1, а зоните под тази прагова стойност се закръглят до 0. Сегментиране на обекта

Сегментирането на обектите е процес, при който различните обекти в зрителното поле биват идентифицирани като отделни свързани компоненти чрез стандартния алгоритъм floodfill (реф). В резултат се получава списък с координатите на пикселите, принадлежащи към всеки обект, височина, широчина и обща площ на обектите върху изображението. Допълнително, всяко петно, съответстващо на отделен обект се изобразява с различен индекс върху новополучено изображение  $S_m$  (Segmentation map). Благодарение на сегментирането, се осъществява лесен достъп до данните за всеки

открит обект от списъка, за да бъде той в последствие класифициран или да бъдат премахнати сенки и артефакти класификация на обекта

- Подготовка на базови изображения за класификация

Първата фаза от класифицирането на обектите в различни категории е предварителната обработка на избраните обекти. Предварителната обработка на обектите е процес, в който отрязъците от изображението  $S_1$ , съдържащи обектите, се подготвят в подходящата резолюция с максимална дължина по  $X$  или  $Y$  от 15 пиксела. Следва така подготвените изображения от обектите се центрират в квадратна матрица с размери  $15 \times 15$

- Разгъване на базовите изображения във вектори и добавяне на абсолютни размери

В следващата фаза се превръщат във вектори с дължина 225 и се нормализират от 0 до 1. Към вектора за класификация се добавят и още 2 стойности, отразяващи абсолютните размери на обекта  $abswidth$  и  $absheight$ , преизчислени на базата на позицията по верикала  $Y$  на обекта в зрителното поле. Така се премахва ефекта на смаляване на размерите на обектите в перспектива при отдалечаване от сензора. Параметрите на функцията за преизчисляване на размерите са емпирично установени. Функцията дава задоволителна инвариантност на преизчислените абсолютни размери независимо от позицията на обекта в близост или далечина спрямо сензора.

$$abswidth = 20 * (\text{pow}(\text{width}, .18) / \text{pow}(Y, .75));$$

$$absheight = 20 * (\text{pow}(\text{height}, .18) / \text{pow}(Y, .75));$$

- следене на обекта

Следенето на обектите създава индекси на обектите в зрителното поле, чрез които идентичността на всеки обект се запазва по време на присъствието му в полето. Следенето е с цел извличането на полезни данни, характеризиращи обектите: посока на движение, скорост, траектория. Чрез него може и да се проследява динамиката в поведението под формата на последователност от кадри за конкретния обект (или времеви патерн).

Алгоритъмът за следене на обектите използва помощна матрица  $T$  с размери като образа от сензора, в която за текущия кадър се отпечатват зоните с наличните обекти със стойности, зададените им индекси.  $T$  служи като памет в коя зона обект с какъв индекс е имал в предишния кадър. При постъпване на нов кадър алгоритъмът проверява кой обект с коя отпечатана зона от  $T$  се застъпва и по този начин се унаследяват и опресняват индексите на текущите обекти.

Допълнително е създадена и матрица  $L$ , служеща като списък на присъстващите в сцената обекти.  $L$  изпълнява няколко задачи. Една от задачите е да пази предишните координати на обектите по техния индекс. Така след постъпване на нови координати за обект с този индекс и имайки предвид времето, което е минало между съседните кадри, може да се изчисли отместването на обекта с посока и съответно скоростта му на преместване. Това позволява и да бъде предсказана позицията му в следващи моменти от време и това на свой ред силно улеснява следенето при бързо движещи се обекти, които вероятно нямат застъпване в зоните на  $T$  в съседни кадри.

Друго поле в  $L$  отговаря за броя кадри, в които обектът е бил следен досега. В много случаи, когато даден обект е погрешно идентифициран поради остатъчен шум, той не присъства в сцената повече от 2-3 кадъра и скоро изчезва. Такива обекти биват отхвърлени от системата като фалшиви сработвания.

Други полета на  $L$  отговарят за оценка на консистентността на класификация във времето. Ако в повечето от кадрите, в които обектът е бил следен класификаторът дава една и съща класификация за този обект, тя се приема за приоритетната класификация за този обект, която системата докладва на командния център. Ако класификацията за

обекта варира силно между няколко категории в отделните кадри от следенето, системата докладва наличие на непознат обект.

#### **4. Изводи**

- Направен е метод за следене на скоростта на заварване в реално време чрез заснемане с камера във видимия спектър.
- Създадена е методология за разпознаване на образа на заваръчната дъга и измерване на скоростта на заваряване.

#### **Благодарности**

Всички дейности по този доклад са финансирани по договор „КП-06-НЗ7/31“ от 18.12.2019г. на Фонд научни изследвания, програма „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2019 г.“

#### **Литература**

1. Ников, Н, Технология на заваряването, Заваряване Част I. Теория на заваръчните процеси, Варна, 1990
2. Тончев, Н., Технология на материалите, Рафаилов, А., Д. Минчева, Технология на заваряването, Ръководство за лабораторни упражнения, Варна, 2001
3. Ташев Пл, Манилова М. Тонгов М., Лекции Курс: “Международен специалист по заваряване“, Център по заваряване – ИМСТЦХ-БАН
4. Тонгов М., Заваряване - Част първа: Процеси, Софттрейд, 2009, ISBN: 9789542703914
5. Wilhelmsen Ship Services, The Welding Handbook
6. Linda G. Shapiro and George C. Stockman (2001). Computer Vision. Prentice Hall. ISBN 0-13-030796-3.
7. Palgrave M. Computer Vision and Image Processing. ISBN 0-333-99451-5.
8. Jähne B. and Haußecker H. (2000). Computer Vision and Applications, A Guide for Students and Practitioners. Academic Press. ISBN 0-13-085198-1.
9. Калчевска К., Мирчев Й., Миховски М., Физически основи, методи, средства и технологии за визуално-оптичен и измерителен безразрушителен контрол, С. 2020г, ISBN 978-619-245-038-0.
10. Sonka M., Hlavac V. and Boyle R., Image Processing, Analysis, and Machine Vision. Thomson. (2008). ISBN 0-495-08252-X.
11. Лалев Е., Калчевска К.. Автоматизирано количествено определяне на площта на несъвършенства при лети алуминиеви сплави. МК „Безразрушителен контрол в съвременната индустрия”, № 1, 2015, 94-97, ISSN 1310-3946.
12. Градинаров Д., Бижев Ю., Тодоров Ст., Особенности и приложения на камери приемачи изображения в инфрачервения спектър. 1, 2013, ISSN:1310-3946, 339-341
13. Gradinarov D., Bıjev Y., Todorov St., Апарати за следене на заваръчни параметри в реално време. International Journal "NDT Days", Bulgarian Society for NDT (BG S NDT), 2020, ISSN:2603-4646