



Apparatus for Real-time Monitoring of Welding Parameters

Deyan GRADINAROV, Yuri BIJEV, Stoil TODOROV

Institute of Metal Science, Equipment and Technologies with Hydro- and Aerodynamics Centre
“Acad. A. Balevski” at the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
gradinarov@ims.bas.bg, bijev@ims.bas.bg, smt@ims.bas.bg

Abstract

In this article are reviewed apparatus for real-time monitoring of welding parameters as per welding parameter monitored and communication with operator.

Keywords: quality improvement, welding processes, welding processes control, real-time control

Апарати за следене на заваръчни параметри в реално време

Деян ГРАДИНАРОВ, Юри БИЖЕВ, Стоил ТОДОРОВ

1. Увод

Съобразно със съвременните изисквания за ниска енергоемкост и опазване на околната среда и в условията на намаляващи природни ресурси, учените, бизнесът и обществото търсят начини за задоволяване на нарастващите потребности на различни клонове на промишлеността от оптимизиране и подобряване на методите на заваряване до добавяне на допълнителни легиращи елементи с цел по-добра заваряемост.

Процесът на заваряване се използва в почти всяка област на човешката дейност, като непрекъснато се повишава нуждата от продуктите на заваръчните процеси. С повишаване на отговорността на заварените детайли се повишава и изискването към качеството на заваряване.

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.

При заваряване от оператор, поради множество фактори, които не могат да се избегнат, заварчикът може да се отклони от заваръчната процедура, като заваръчният процес да протече при различни от заложените заваръчни параметри. Това води до наличие на дефекти – газови и шлакови включвания, непровар, окрехкостяване, шупли, заваръчни пукнатини, непредвидена промяна на свойствата на основния метал в околосшевната зона и др. Наличието на такива дефекти влияе пряко на експлоатационните свойства на произведените детайли и елементи, като понижава техните якост, време на живот, надеждността и др. При добросъвестен контрол това води

до брак, повишаване на себестойността и разхищение на ресурси – метал, заваръчно телове, заваръчни газове и енергия. При недобросъвестен контрол – до пряка опасност от травматизъм, произшествия, екологични катастрофи и др., които влияят пряко или косвено върху обществото.

Съществуват множество изследвания върху методите и технологиите за следене и контрол на заваръчните параметри, влиянието на параметрите върху експлоатационните свойства на заварените елементи, определяне на качеството на заварените съединения. Те могат да бъдат разделени на няколко основни типа:

- изследва се влиянието на заваръчните параметри при различни заваръчни процеси и тяхното влияние върху качеството и експлоатационните характеристики на заварените съединения [1,2,3,4,5].
- изследва се влиянието на заваръчните параметри върху уморните характеристики на заварените съединения [6,7]. Това е един от актуалните проблеми на съвременното материалознание и е свързан с повишаването на жизнения цикъл на детайли със заварени съединения, които трябва да притежават едновременно голяма твърдост и якост и малки вътрешни напрежения.
- изследвания върху методите за оптимизация на заваръчния процес чрез контрол на заваръчните параметри [8,9,10], включително на тръби и тръбопроводи [11].
- изследвания върху методите за контрол на заваръчните параметри и възможностите за оптимизация на процеса на заваряване [12,13], както и методики за определяне на технологични параметри в заваръчните процеси [14].

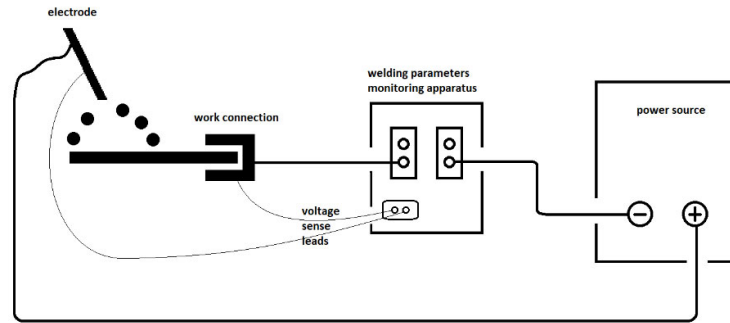
Подобряването на процеса на заваряване чрез контрол в реално време на заваръчните параметри спрямо заложените в заваръчната процедура драстично намалява възможността от възникване на дефекти и по този начин дава икономически и екологични предимства, като намалява брака и съответно консумация на метал,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

2. Блокова схема, алгоритъм на работа и параметри за следене

Технологично при всеки заваръчен процес могат да се следят заваръчни параметри. Заваръчните параметри, които подлежат на следене, са ток, напрежение, скорост на заваряване, време на почивка, скорост на телоподаване, разход на газ, време на заваряване, сила на натиск, температура, в дадена точка или точки и др.

Въпреки технологичните и физичните различия между различните заваръчни процеси и заваръчните им параметри, параметрите, които дават основната информация за протичащия заваръчен процес, са заваръчните ток и напрежение, както и време на заваряване и почивка.

Блоковата схема на базовия апарат [15, 16] за следене на заваръчни параметри е показана на фиг. 1. Това е апаратът, чрез който се следят единствено заваръчните ток и напрежение и времената за заваряване и почивка. При него токовата верига се затваря през контура: електрод – детайл – силови изводи на апарата за следене на заваръчни параметри – захранващо устройство. Напрежението се измерва между електрод и маса на нисковолтови изводи на апарата за следене на заваръчни параметри. Този тип апарати имат сходна структура и алгоритъм на работа, без значение от производителя и заваръчния процес. Единствената разлика произтича от обхватите на измерваните ток и напрежение и техните форми – за постоянен, променлив или импулсен ток.

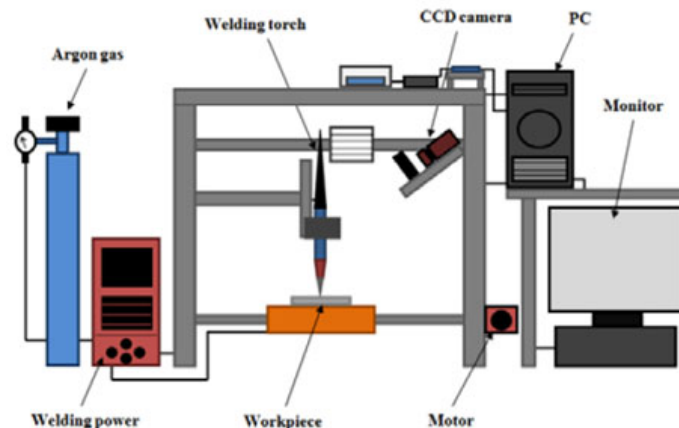


Фиг.1 – Общо свързване на апаратите за следене на заваръчни параметри към заваръчната апаратура

Апаратите за следене на потока на газ [17, 18] използват сензори за налягане. При тях има възможност да се наблюдава работния и/или защитния газ. Тези апарати подават информация освен за потреблението на газ в реално време и за общото потребление на газа и данни за употребения газ за заваръчен шев. Повечето от апаратите от този тип на пазара имат аларма за ниско налягане на газа.

Апаратите за следене на скорост на телоподаване [19-21] използват оптични сензори или тахометри. При тях в реално време се наблюдава скоростта на телоподаване, времето за горене на дъгата, общото потребление на тела, вложения обем тел. При част от тези апарати има възможност за измерване на скоростта на телоподаване и обема на вложения тел за всеки заваръчен шев.

Апаратите за следене на скорост на заваряване [22, 23] използват оптични системи – камери във видимия и инфрачервения спектър, лазерни системи и др., като чрез тях следят най-горещата точка в процеса. На фиг. 2 е показана типична постановка за измерване на скоростта на заваряване посредством камера.



Фиг. 2 – Типична постановка за измерване на скорост на заваряване посредством камера.

Тенденцията при апаратите за следене на заваръчни параметри е комбиниране [24-28] в един апарат възможности за следене на няколко параметъра, като основни са заваръчен ток и напрежение, към които се добавят други параметри в зависимост от заваръчния процес, който се използва.

3. Обмен и съхранение на данни

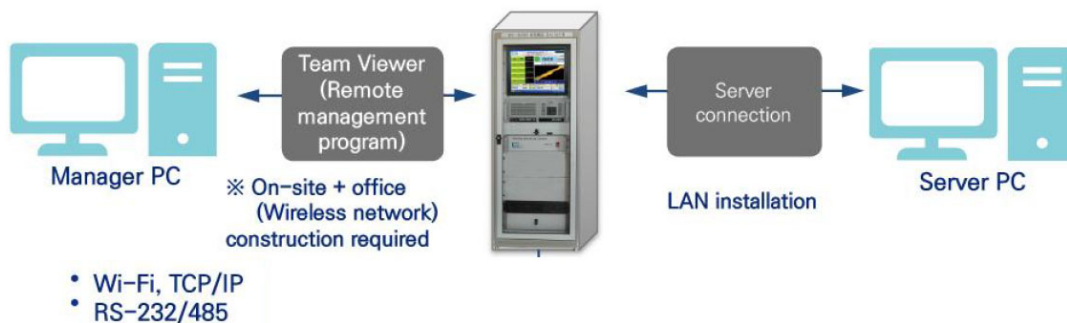
Апаратите за следене на заваръчните параметри показват текущите стойности на следените параметри в реално време, обикновено на предния си панел. За целите на продължително наблюдение, управление, анализ и съхранение на данните от заваръчния процес се осъществява обмен на данните между апарата за следене на заваръчни параметри към други устройства – управляващи устройства, компютърни системи, мобилни устройства и др.

При начините за обмен на данните от уредите, които са на пазара, може да се проследи историческото им развитие. На фиг. 3 е показана система, при която обменът на данни става посредством външна USB памет.



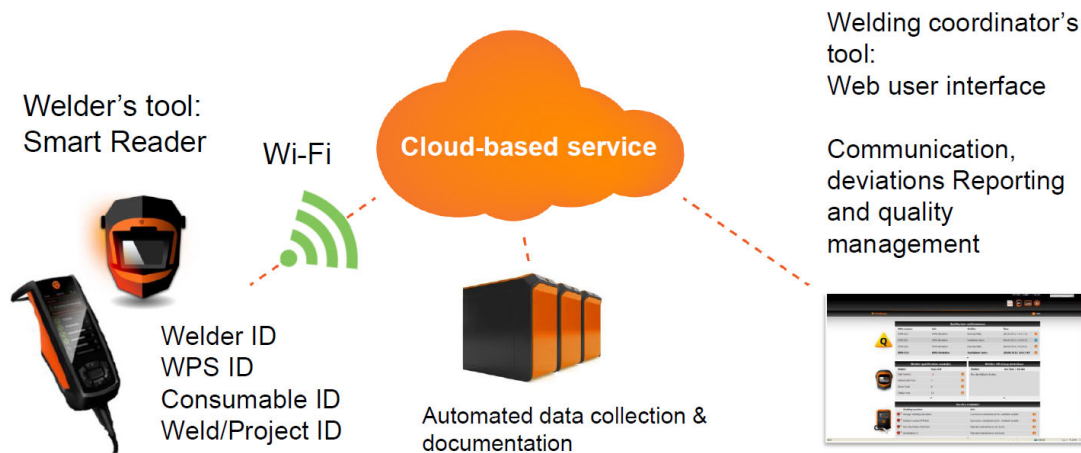
Фиг. 3 – Система, при която обменът на данни става посредством външна USB памет[29]

На фиг. 4 е показан типичен пример от следващото поколение комуникация на данни – жична комуникация посредством COM, LAN, USB, CAN, RS 232, RS 485 протоколи.



Фиг. 4 – Жична комуникация посредством COM, LAN, USB, CAN, RS 232/485 протоколи[30]

На фиг. 5 е показан пример от последно поколение обмен на данни – посредством Wi-Fi протокол към облачна структура. В този случай се печели удобството за мобилност на уреда за следене на заваръчните параметри.

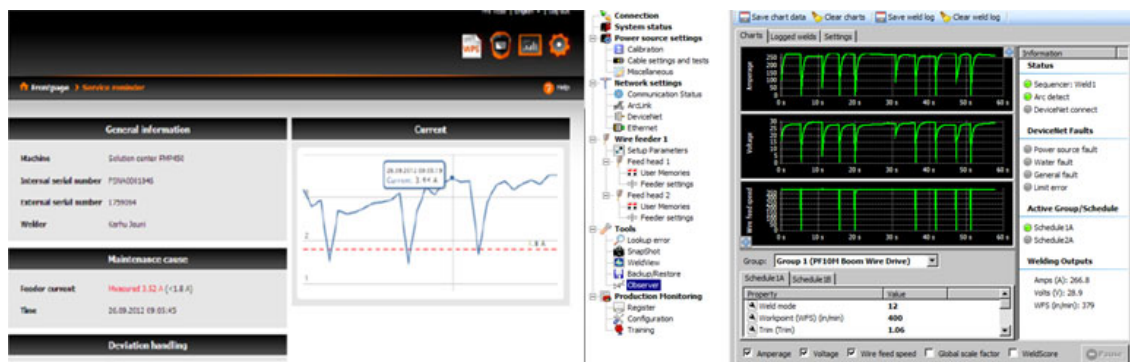


Фиг. 5 – Обмен на данни посредством Wi-Fi протокол към облачна структура [31]

И при последните две поколения за обмен на данни е възможно предаване на данните от апарата за следене на заваръчни параметри посредством Internet към отдалечен потребител или устройство намиращи се извън мястото за провеждане на заваръчния процес.

Във всеки апарат за следене на заваръчни параметри, който се намира на пазара, се съхраняват данни от последните няколко измервания, като количеството съхранявани данни се ограничава от вътрешната памет на апарата. При апарати за следене на заваръчни параметри от последните две поколения обмен на данни, те автоматично се съхраняват на външно устройство – компютър/мобилно устройство и/или сървър и/или облачна структура. Възможно е изпращане на съобщение към заваръчен отговорник на мобилно устройство.

Голяма част от производителите на апарати за следене на заваръчни параметри са разработили приложения за компютърни системи или мобилни устройства, чрез които процесът по наблюдаване и анализ на заваръчните процеси драстично се улеснява за крайните потребители. Типични представители на такива приложения са показани на фиг. 6.



Фиг. 6 – Приложения за следене на заваръчни параметри в реално време [31,32]

4. Изводи

- Нарастването на обема на използването на заваръчни процеси, както и повишаването на критериите по отношение на качество заваръчните съединения от страна на индустрията налага все по-голямо търсене и използване на апарати за следене на заваръчните параметри.
- Налични са възможности за оптимизиране и усъвършенстване на апаратите за следене на заваръчни параметри по отношение на вариативността и комбинативността на следените заваръчни параметри.
- Осъществява се проследяване на качеството в реално време.
- Новите технологии възможности за оптимизиране и усъвършенстване на апаратите за следене на заваръчни параметри по отношение на начините за пренос, съхранение и представяне на данните към крайния потребител.

Литература

1. Dong H., M. Cong; Y. Zhang; Y. Liu; H. Chen, Real time welding parameter prediction for desired character performance, 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)
2. Karadeniz E., U. Ozsarac, C. Yildiz. The Effect of Process Parameters on Penetration in Gas Metal Arc Welding Process. *Materials and Design*. 28(2):2007; 649–656.
3. Abbasi K. An Experimental Study on the Effect of MIG Welding Parameters on The Weld-Bead Shape Characteristics. *International journal of Engineering Science and Technology*. 2012; 2(4)
4. Kim I.S, K.J. Son, Y.S. Yang, P. Yarangada. Sensitivity Analysis for Process Parameters in GMA Welding Processes Using a Factorial Design Method. *International Journal of Machine Tools Manufacturing*. 2003; 763–769.
5. Ташев Пл., Определяне на нивата на качество на кръстови заварени съединения от телове и арматурна стомана, Дни на безразрушителния контрол 2015, стр. 197-200, ISSN 1310-3946
6. Ghosh P., S. Gupta, P. Gupta, R. Rathi. Fatigue Characteristics of Pulsed MIG Welded Al-Zn-Mg Alloy. *Journal of Material Science*. 26(22):1991; 6161–6170.
7. Takuo N., M. Takashi, K. Katsuhiko. Deformation and Fatigue Characteristics of Large Welded Bellows with Inclined External Edge, *Materials Transactions*, Vol. 49, No. 6 (2008) pp. 1249 to 1255, 2008 The Japan Society for Technology of Plasticity
8. Kim I.-S., M.-H. Park. A Review on Optimizations of Welding Parameters in GMA Welding Process, *Journal of Welding and Joining*, Vol. 36, No. 1, 2018, pp. 65-75, ISSN 2466-2232
9. Chauhan V., G. Khandoori, A. Kumar. Role of Taguchi Design of Experiment in Optimization of Welding Process Parameters for Different Materials-A Review. *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER)*. 2014; 146–151
10. Kim D., M. Kang, S. Rhee. Determination of Optimal Welding Conditions with a Controlled Random Search Procedure. *Welding Journal*. 2005
11. Kim J.-S., J.-P. Lee, M.-H. Park, C.-K. Park, I.-S. Kim, A Study on Prediction of the Optimal Process Parameters for GMA Root-pass welding in Pipeline, *Procedia Engineering* Volume 97, 2014, Pages 723-731
12. Posch G., J. Bruckner. Ennsbrunner H., *INDUSTRY 4.0 IN WELDING*, Fronius International, 2017
13. Hammersberg P, H. Olsson. Proactive Control of Weld Dimensions in Robot MAG Welding. 2013
14. Ташев Пл., Тасев А., Манилова М., Лукарски Я., Методика за определяне на технологичните параметри на процеса на електросъпротивително заваряване на кръстосани телове, VIth International Metallurgical Congress, Ohrid 2014
15. [https://www.lincolnelectric.com/en-us/Equipment/Pages/product.aspx?product=K3019-1\(LincolnElectric\)](https://www.lincolnelectric.com/en-us/Equipment/Pages/product.aspx?product=K3019-1(LincolnElectric))
16. <https://www.lorch.eu/en/productworld/q-data/>
17. <http://www.wire-wizard.com/product/gas-flow-monitor/>
18. <http://www.cweldtech.com/product-GFM.html>
19. <http://www.cweldtech.com/product-WireTrak.html>

20. <https://www.millerwelds.com/products/insight/insight-arcagent>
21. <https://weldmon.com/amv3000/>
22. Baskoro A.S., A.Z. Rahman, Haikal, Automatic welding speed control by monitoring image of weld pool using vision sensor, Journal, ARPN Journal of Engineerin and Applied Sciences, pp. 1052-1056
23. <http://www.monitech.co.kr/eng/product/monitering05.asp>
24. <http://www.wire-wizard.com/product/wizard-view/>
25. Kah P., P. Layus, E. Hiltunen, J. Martikainen. Real-Time Weld Process Monitoring, Advanced Materials Research Vol. 933 (2014) pp 117-124
26. <https://easteconline.com/wp-content/uploads/2017/08/Stephen-Dangel.pdf>
27. <https://www.lorch.eu/en/productworld/q-sys-2020/>
28. Weglowski M., Monitoring of Arc Welding Process Based on Arc Light Emission, <http://dx.doi.org/10.5772/49987>
29. Q-Data-SmartWelding-V5-EN.pdf
30. <http://www.monitech.co.kr/eng/product/monitering03.asp>
31. Kemppi Arc Q presentation.pdf
32. Linkolc Electric – ArcTracker Operator’s manual.pdf