

CERCETARE-DEZVOLTARE-INOVAR-PROIECTARE RESEARCH-DEVELOPMENT-INNOVATION-DESIGN

Sudarea în UE. Actualități și perspective

The welding industry in the EU. News and perspectives

Marius Bodea¹

¹Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca/Technical University of Cluj-Napoca

Rezumat

În lucrare sunt prezentate repere actuale din industria de sudare europeană și proiecții de dezvoltare a industriei de profil cu accente pe aparatul de calcul pentru regimul de sudare la procedeele de sudare cu arc electric. Modelele matematice prezentate pot fi ușor implementate în foi de calcul Excel și pot fi utilizate pentru întocmirea procedurilor de sudare WPS în cazul sudării unor oțeluri din grupele 1 până la 6 din raportul SR CEN ISO/TR 15608:2017. Totodată, sunt prezentate și ultimele noutăți privind managementul proiectelor de sudare, a sudurilor și echipamentelor de sudare, NDE și trasabilitatea documentelor de sudare.

Cuvinte cheie

parametrii de sudare, $t_{8/5}$ câmpul termic la sudare, duritate maximă în ZIT, trasabilitate, tehnologii blockchain

Abstract

The paper presents current benchmarks in the European welding industry and future development industry, with emphasis on the calculator for the welding regime in electric arc welding processes. The mathematical models presented can be easily implemented in Excel spreadsheets and can be used to prepare WPS welding procedures specifications in the case of welding steels from groups 1 to 6 from the SR CEN ISO/TR 15608:2017 report. At the same time, the latest news regarding the management of welding projects, welders and equipment, NDE and the traceability of welding documents are also presented.

Keywords

welding parameters, $t_{8/5}$ thermal field during welding, HAZ maximum hardness, traceability, blockchain technologies

1. Introducere

Piața globală a proceselor de sudare [1] a fost de 23,75 miliarde \$ în anul 2022 și a depășit 15,2 miliarde de \$ în anul 2023. Aceasta este estimată să crească la 34,18 miliarde de \$ până în anul 2030, cu o rată de creștere anuală CAGR de 4,7%. Industria echipamentelor de sudare a înregistrat progrese remarcabile în domeniul echipamentelor de sudare, în special în domeniul sudării robotizate și laser, care a fost un sector cheie de dezvoltare a producției industriale. Procedeele de sudare cu arc electric au fost dominante pe piață și în anul 2022 au contribuit cu peste 70,7% la venitul global aferent industriei respective [1,2].

Piața materialelor de sudare a crescut semnificativ datorită dezvoltării unor industrii, inclusiv explorare offshore, construcții navale, petrol și gaze,

1. Introduction

The global welding market [1] has reached \$23.75 billion in 2022 and exceeded \$15.2 billion in 2023. It is estimated to grow to \$34.18 billion by 2030, with a CAGR of 4.7 %.

The welding industry has made remarkable progress in the field of welding equipment, especially in the field of robotic and laser welding, which has been a key sector for industrial production development. Electric arc welding processes were dominant in the market and in 2022 contributed with more than 70.7% to the global welding industry revenue [1,2].

The welding materials market has grown significantly due to the development of industries including offshore exploration, shipbuilding, oil and gas,

aerospațial, automotive, construcții și energie. Cere-rea de materiale de sudare a fost determinată de preferința consumatorilor pentru echipamentele de sudare automate față de cele manuale [1,2].

aerospace, automotive, construction and energy. The demand for welding materials has been driven by consumer preference for automatic over manual welding equipment [1,2].

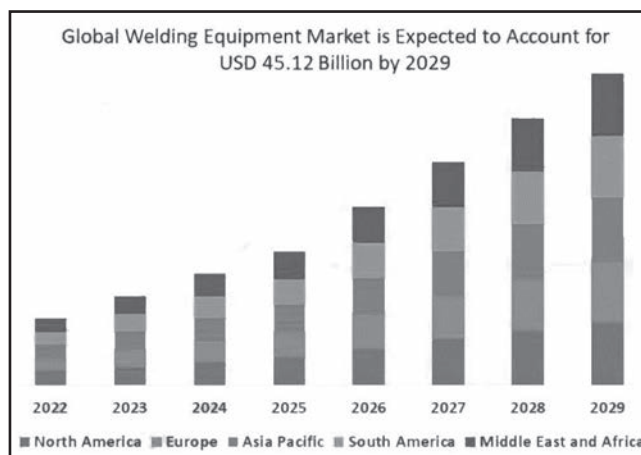


Figura 1. Piața echipamentelor de sudare la nivel global [3]

Figure 1. Global welding equipment market [3]

Piața forței de muncă în domeniul sudării se confruntă cu un deficit masiv de personal calificat la nivel global. Potrivit Raportului EURES privind penuria și excedentele de forță de muncă, în prezent există 17 țări din UE care se luptă să găsească sudori profesioniști. Raportul subliniază, de asemenea, că există un deficit de 54% de sudori în UE [4].

Deficitul de sudori din SUA ar putea duce la 2,1 milioane de locuri de muncă neocupate până în 2030, potrivit unui nou studiu realizat de Deloitte și The Manufacturing Institute. Asociația Americană de Sudură, o organizație care sprijină industria de sudare și lucrătorii săi, estimează că forța de muncă a țării va avea nevoie de 400.000 de sudori până în 2024 [5].

Lipsa de sudori duce la o nevoie crescută de automatizare a procesului de sudare. Automatizarea ajută la reducerea decalajului dintre sudorii necesari industriei și numărul disponibil de sudori calificați. Cu toate acestea, potrivit Institutului Belgian de Sudură și VDAB, introducerea aplicațiilor de sudare robotizată a creat și alte probleme. Datorită complexității roboților de sudare, sunt necesare competențe mult mai specifice pentru a opera acești roboți (o combinație de cunoștințe aprofundate de sudare, cu abilități de programare).

Tendința de creștere a aplicațiilor de realitate augmentată (AR) în domeniul sudării îmbunătățește calitatea producției și oferă instruire tehnicienilor sau studenților [1]. Miller Electric Mfg. LLC are un sistem complet de sudare în AR care oferă soluții de simulare multi-proces, iar Fronius International

The labor market in the field of welding faces a massive shortage of qualified personnel globally. According to the EURES Labor Shortage and Surplus Report, there are currently 17 EU countries struggling to find professional welders. The report also points out that there is a 54% shortage of welders and flame cutters in the EU only [4].

The U.S. welder shortage could lead to 2.1 million unfilled jobs by 2030, according to a new study by Deloitte and The Manufacturing Institute. The American Welding Society (AWS), an organization that supports the welding industry and its workers, estimates that the nation's workforce will need 400,000 welders by 2024 [5].

The shortage of welders leads to an increased need to automate the welding process. Automation helps bridge the gap between the welders needed by the industry and the number of skilled welders available. However, according to the Belgian Welding Institute and the VDAB, the introduction of robotic welding applications has also created other problems. Due to the complexity of welding robots, much more specific skills are required to operate these robots (a combination of in-depth welding knowledge as well as programming skills) [4].

The increasing trend of augmented reality (AR) applications in the industry is enhancing the quality of the fabrication.

Miller Electric Mfg. LLC has a complete welding system in AR that provides multi-process simulation solutions, and Fronius International GmbH provides

GmbH oferă soluții de educație prin simulatoare de sudare, susținând astfel pregătirea prin scenarii [1].

2. Modele matematice

Stabilirea parametrilor și tehnologiei de sudare reprezintă un aspect esențial pentru asigurarea caracteristicilor de rezistență și performanță a structurilor metalice sudate. În acest scop, se pot aplica modelele matematice specificate de SR EN 1011-1:2009 pentru sudarea cu arc electric a metalelor și prezentate în tabel 1 și figura 2 [6].

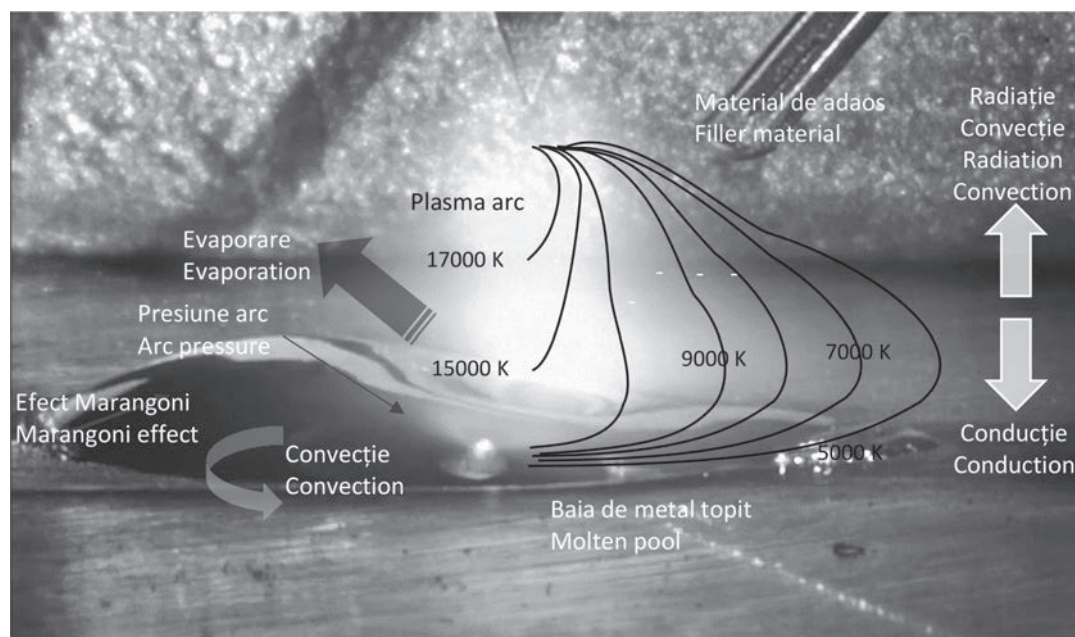


Figura 2. Fenomene metalurgice în baia de sudare. Sudare WIG

Figure 2. Metallurgical phenomena in welding pool. TIG welding

Modelarea matematică a câmpului termic la sudare este un proces care poate fi descris printr-un set de ecuații diferențiale, în care intervin o serie de constante fizice și de material care variază cu temperatura. Din rațiuni de simplificare a calcului se pot utiliza relațiile 1-5 din tabelul 1, cu observația că pot rezulta erori de până la 10% din valoarea calculată [6].

education solutions through welding simulators, thus supporting training through welding scenarios [1].

2. Mathematic models

Establishing welding parameters and technology is an essential aspect for ensuring the strength and performance characteristics of welded metal structures. In this respect, the relations presented in SR EN 1011-1:2009 for the welding of metals with an electric arc can be applied, data presented in table 1 and figure 2 [6].

The mathematical modeling of the thermal field during welding is a process that can be described by a set of differential equations, involving a series of physical and material constants that vary with temperature. To simplify the calculation, relations 1-5 from table 1 can be used with the observation that there can be errors of up to 10% of the calculated value [6].

Tabelul 1. Relații de calcul pentru procedee de sudare cu arc electric

Table 1. Mathematical relations for electric arc welding processes

Relația de calcul / Calculation formula	Observații / Comments	U.M. / Units	No.
$CET = C + (Mn + Mo)/10 + (Cr + Cu)/20 + Ni/40$	Carbon echivalent Equivalent carbon	%	(1)
$Q = h \frac{U \cdot I}{v \cdot 60/1000}$	Energia liniară la sudare Heat input	[kJ·mm ⁻¹]	(2)
$T_p = 697 \cdot CET + 160 \cdot \tanh(d/35) + 62 \cdot HD^{0.35} + (53 \cdot CET - 32) \cdot Q - 328$	Temperatura de preîncălzire Preheating temperature	[°C]	(3)
$t_{8/5} = (6700 - 5T_p) \cdot Q \cdot \left(\frac{1}{500 - T_p} - \frac{1}{800 - T_p} \right) \cdot F_3$	Timpul $t_{8/5}$ Time $t_{8/5}$	[s]	(4)
$t_{8/5} = (4300 - 4.3T_p) \cdot 10^5 \frac{Q^2}{d^2} \cdot \left[\frac{1}{(500 - T_p)^2} - \frac{1}{(800 - T_p)^2} \right] \cdot F_2$	Timpul $t_{8/5}$ Time $t_{8/5}$	[s]	(5)

În relațiile (1-5), $U[V]$ și $I[A]$ sunt tensiunea și respectiv curentul de sudare, CET este conținutul de carbon echivalent utilizat pentru calculul temperaturii de preîncălzire T_p , d este grosimea materialului sudat [mm], HD conținutul de hidrogen difuzibil [ml/100 g], iar F_2 și F_3 sunt factori ce țin cont de tipul de transfer termic (2D sau 3D) și de geometria îmbinării sudate [6].

Factorul de geometrie a sudurii F_2 depinde de relația aportului efectiv de căldură în raport cu grosimea materialului sudat. Pentru transfer de căldură 3D, F_2 scade în cazul unei suduri în colț printr-o singură trecere și crește pentru sudarea în colț în cazul îmbinărilor în T. Prin urmare, aici poate fi necesar un calcul adaptiv [6].

Factorul de eficiență de transfer termic h din relația (2) se alege în funcție de procedeul de sudare, conform tabel 3, iar v reprezintă viteza de sudare [mm/min].

Tabelul 2. Factori de geometrie îmbinare
Table 2. Welding geometry factors

Geometria sudurii Weld geometry	F_2	F_3
Strat intermediar Building-up weld	1.0	1.0
Sudură cap la cap – intermediar Filling passes of butt welds	0.9	0.9
Sudură cap la cap – strat final Last layer of butt welds	1.0	1.0
Sudură în colț o singură trecere Single-pass fillet weld	0.9 -0.67	0.69
Sudură în T Single-pass fillet weld (T-joint)	0.45-0.67	0.67

Timpul de răcire între 800°C și 500°C, $t_{8/5}$, este cel mai important parametru de sudare în cazul sudării oțelurilor structurale cu granulație fină.

Limitele superioare pentru duritatea în ZIT sunt specificate în standarde de sudare, precum EN ISO 15614-1. Duritatea maximă depinde de viteza de răcire în zona de supraîncălzire din ZIT. Cu cât viteza de răcire este mai mare, cu atât duritatea rezultată în ZIT va fi mai mare.

O viteză mai mică de răcire va avea ca rezultat o structură în ZIT preponderent bainitică și feritică. Prin urmare, timpul de răcire $t_{8/5}$ va fi adesea folosit pentru a evalua duritatea maximă în zona ZIT, figura 3, figura 4 și tabelul 4.

O viteză de răcire sau un timp de răcire $t_{8/5}$ adecvat va preveni scăderea tenacității și creșterea riscului de fisurare la rece în ZIT.

In relations (1 to 5), $U[V]$, $I[A]$ are the welding voltage and current, CET is the equivalent carbon content used to calculate the preheating temperature T_p , d is the thickness of the welded material [mm], HD is the diffusible hydrogen content [ml/100 g], F_2 and F_3 are factors that take into account the type of heat transfer and the geometry of the welded joint [6].

The welding geometry factor F_2 depends on the relation effective heat input to plate thickness. Approaching the three-dimensional heat flux F_2 decreases for the case of a one-pass fillet weld on a corner joint and increases for the one-pass fillet weld on a T-joint. Therefore, an adaptive calculation may be necessary here [6].

The heat transfer efficiency factor h , relation (2) is chosen depending on the welding process, according to table 3, where v represents the welding speed [mm/min].

Tabelul 3. Factor de transfer termic
Table 3. Heat transfer efficiency factor

Procedeul de sudare	h
Sudare cu electrod învelit (MMA) Manual Metal Arc (MMA)	0.8
Sudare sub strat de flux (SAW) Submerged Arc Welding (SAW)	1.0
Sudare MAG Metal Active Gas MAG	0.8
Sudare MIG Metal Inert Gas MIG	0.7
Sudare cu sârmă tubulară (FCAW) Flux Cored Arc Welding (FCAW)	0.9
Sudare WIG Tungsten Inert Gas TIG	0.7

The cooling time between 800°C and 500°C $t_{8/5}$ is the most important parameter in the case of welding fine-grain structural steels.

Upper limits for the HAZ hardness are determined in the welding standards, such as EN ISO 15614-1. The maximum hardness depends on the cooling speed in the coarse-grain zone of the HAZ. The faster the cooling speed the higher the resulting hardness in the HAZ.

A slower cooling speed results in a smoother grain structure in HAZ, such as bainite and ferrite. Therefore, the cooling time $t_{8/5}$ is often used to evaluate the maximum hardness in the HAZ zone, figure 3, figure 4, and table 4.

An adequate cooling speed or cooling time $t_{8/5}$ will prevent low toughness and cold-cracking in the heat-affected zone (HAZ).

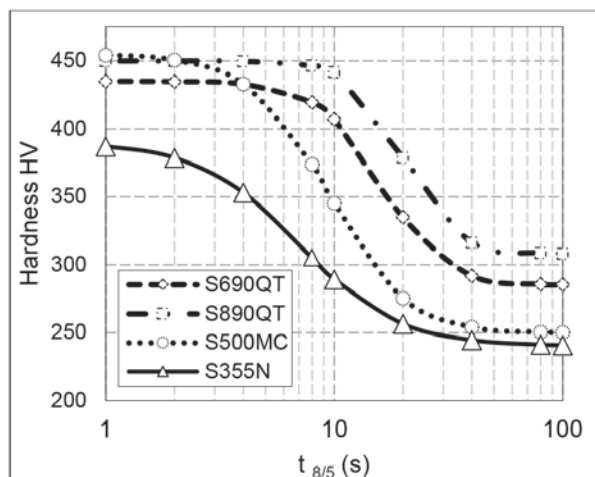


Figura 3. Duritatea în ZIT în raport cu timpul $t_{8/5}$

Figure 3. The hardness in HAZ vs. $t_{8/5}$

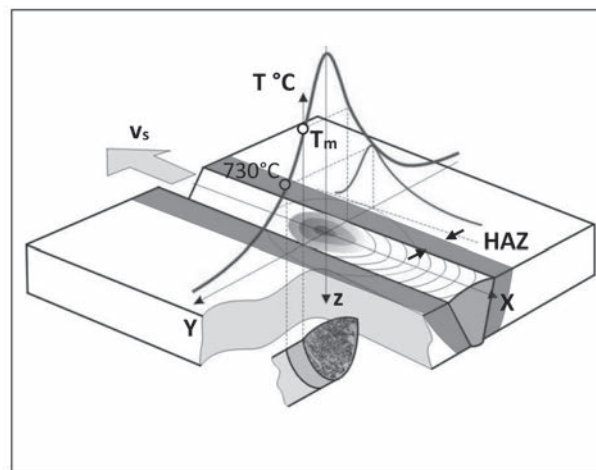


Figura 4. Distribuția câmpului termic la sudare

Figure 4. Thermal field during welding

Tabelul 4. Parametrii funcției logistice 5P pentru calculul durității în ZIT vs. timpul $t_{8/5}$

Table 4. Parameters of the 5P logistic function for hardness calculation in HAZ vs. time $t_{8/5}$

Nr. ID.	Material de bază Parent material	Parametrii vectoriali p[a,b,c,d,e] – a se vedea relația (6) Vector parameters p[a,b,c,d,e] – see relation (6)				
		a Asimptota orizontală minimă Minimum horizontal asymptote	b Panta Hill slope	c Punctul de inflexiune Inflection point	d Asimptota orizontală maximă Maximum horizontal asymptote	e Factor de asimetrie Asymmetry factor
1.	S500 MC	250	2.4	10.5	455	1.2
2.	S355 N	240	2	7	390	1.0
3.	S690 QT	285	3	17.5	435	1.2
4.	S890 QT	308	4	20	450	1.0

$$HV = a + \frac{d - a}{\left[1 + \left(\frac{t_{8/5}}{c}\right)^b\right]^e} \quad (6)$$

Duritatea maximă în ZIT scade în mod normal odată cu creșterea timpului de răcire $t_{8/5}$. Dacă o anumită valoare maximă a durității nu trebuie depășită pentru un anumit oțel (tabelul 5), parametrii de sudare trebuie să fie aleși în așa fel încât timpul de răcire $t_{8/5}$ să nu scadă sub valoarea prescrisă. În general, pentru oțelurile structurale cu granulație fină, timpul de răcire $t_{8/5}$ ar trebui să fie cuprins în intervalul de timp între 10 s și 25 s, în funcție de tipul oțelului [6].

The maximum hardness in the HAZ normally decreases with growing cooling time $t_{8/5}$. If a given maximum hardness value is not to be exceeded for a particular steel (table 5), the welding parameters have to be chosen in such a way that the cooling time $t_{8/5}$ does not fall under a particular value. In general, for weldable fine-grain structural steels, the cooling time $t_{8/5}$ should be between 10 s and 25 s depending on the steel grade given here [6].

Tabelul 4. Duritatea maximă admisă, HV10, conform EN ISO 15614-1:2017

Table 4. Maximum admissible hardness, HV10, according to EN ISO 15614-1:2017

Nr. ID.	Material de bază Parent material	Parametrii vectoriali p[a,b,c,d,e] – a se vedea relația (6) Vector parameters p[a,b,c,d,e] – see relation (6)				
		a Asimptota orizontală minimă Minimum horizontal asymptote	b Panta Hill slope	c Punctul de inflexiune Inflection point	d Asimptota orizontală maximă Maximum horizontal asymptote	e Factor de asimetrie Asymmetry factor
1.	S500 MC	250	2.4	10.5	455	1.2
2.	S355 N	240	2	7	390	1.0
3.	S690 QT	285	3	17.5	435	1.2
4.	S890 QT	308	4	20	450	1.0

În prezent, modelul de calcul analitic al parametrilor de sudare este înlocuit de rețele de inteligență artificială (AI) ce utilizează algoritmi genetici și machine learning pentru modelare.

Roboții industriali de sudare sunt controlați folosind inteligența artificială și pot fi utilizați pentru a determina parametrii optimi de sudare, reducând eroarea umană și măbind eficiența, dezvoltând modele cu acuratețe ridicată pentru calculul rezistenței îmbinărilor sudate [7,8].

3. Managementul activităților de sudare

Digitalizarea în industrie aduce o serie de avantaje legate de creșterea productivității muncii, accesul mai rapid la informații, și partajarea eficientă a acestora la toate părțile implicate. În literatura de specialitate există o serie de studii care arată o corelație directă între digitalizare și diverși indicatori macro-economici, precum produsul intern brut (PIB), salariul mediu la nivel național, nivelul calității vieții, productivitatea muncii, gradul de inovare etc. Astfel, la nivelul UE s-a stabilit ca până în anul 2030, cel puțin 75% dintre companiile europene să adopte tehnologii digitale de procesare a datelor de tip „Big Data Analytics” și Inteligență Artificială (Path to Digital Decade).

Trasabilitatea documentației de sudare presupune colectarea unui volum uriaș de informații, ce include și parametrii de sudare utilizați în diferite procese de sudare, teste și buletine de analiză etc.

Colectarea datelor respective trebuie făcută prin metode digitale, iar datele trebuie să fie ușor accesate și stocate în medii unde este asigurată securitatea acestora. Serviciile de cloud pot fi o soluție elegantă din acest punct de vedere, dar ca și noutate pe piață au pătruns tehnologiile blockchain în domeniul industrial.

Piața globală a tehnologiei blockchain a fost de 17,46 miliarde USD în 2023 și este de așteptat să crească cu o rată de creștere anuală compusă (CAGR) de 87,7% din 2023 până în 2030. Spre comparație, piața globală de sudare se așteaptă să crească în același interval de timp cu un CAGR de doar 4,7 % [1, 9].

Odată ce informațiile sunt verificate și adăugate în blockchain, acestea rămân permanent pe web și nu pot fi modificate. Persoanele sau instituțiile cu acreditările corespunzătoare pot accesa informațiile cu instrumente open-source sau cu aplicații web personalizate.

Currently, the analytical calculation model of welding parameters is replaced by artificial intelligence (AI) networks that use genetic algorithms and machine learning for modelling.

Industrial robots are trained using artificial intelligence and can be used to determine the optimum welding parameters, reducing human error and increasing efficiency, developing high-precision models for predicting the strength of welded joints [7,8].

3. Management of welding activities

Digitalization in industry brings a series of advantages related to the increase of work productivity, faster access to information, efficient sharing of it to all parties involved. In the specialized literature, there are a number of studies that show a direct correlation between digitalization and various macro-economic indicators, such as the gross domestic product (GDP), the average salary at the national level, the level of quality of life, labour productivity, the degree of innovation, etc. Thus, at the EU level, it has been established that by 2030, at least 75% of European companies will adopt digital data processing technologies such as "Big Data Analytics" and AI (Path to Digital Decade).

The traceability of welding documentation involves the collection of a huge volume of information, which also includes the welding parameters used in various welding processes, various tests and analysis reports, etc. The collection of the respective data must be done by digital methods and easily accessed, stored in environments where their security is ensured. Cloud services can be an elegant solution from this point of view, but blockchain technologies have recently entered the market in the industrial field.

The global blockchain technology market size was valued at USD 17.46 billion in 2023 and is expected to grow at a compound annual growth rate (CAGR) of 87.7% from 2023 to 2030. To put this number in a different context, the global welding market is expected to grow in the same time range with a CAGR of just 4.7 % [1, 9].

Once information is verified and added to a blockchain, it lives permanently on the web and cannot be altered. Individuals or institutions with the proper credentials can access the information with open-source tools or customized web-based applications.

Toate informațiile relevante sunt partajate direct pe blockchain, nu sunt copiate și trimise între părți. Aplicația/datele nu sunt deținute sau întreținute de o entitate anume. După ce au fost încărcate prin tehnologii blockchain, acestea sunt disponibile în beneficiul părților [10].

Information for commissioning and validation is shared directly on the blockchain, not copied and sent between parties. The application is not owned or maintained by any one entity. After it has been launched, it is public and available for the benefit of the entire community [10].

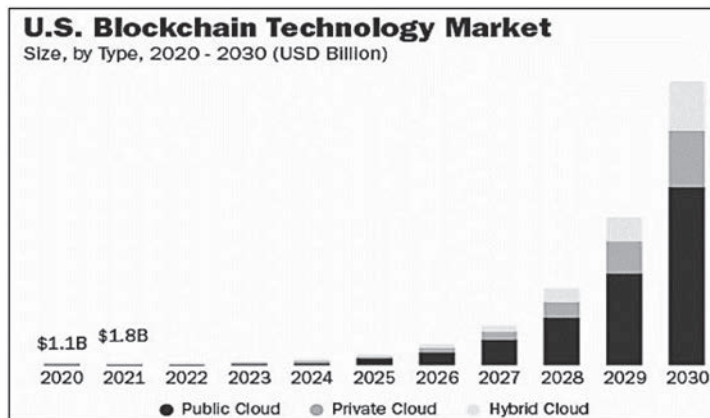


Figura 5. Piața pentru tehnologii Blockchain in USA [9]

Figure 5. Blockchain Technology Market Size & Trends [9]

Tehnologia blockchain poate reduce costurile de colectare a datelor, de verificare și stocare a documentației de sudare cu până la 85% față de sistemele pe hârtie. Economii de costuri pentru părți depind de nivelul actual de automatizare și digitalizare utilizat.

Blockchain technology can reduce the cost of data collection, verification and storage of welding documentation by up to 85% vs paper-based systems. The cost savings for owners will depend upon the current level of automation and digitalization employed.

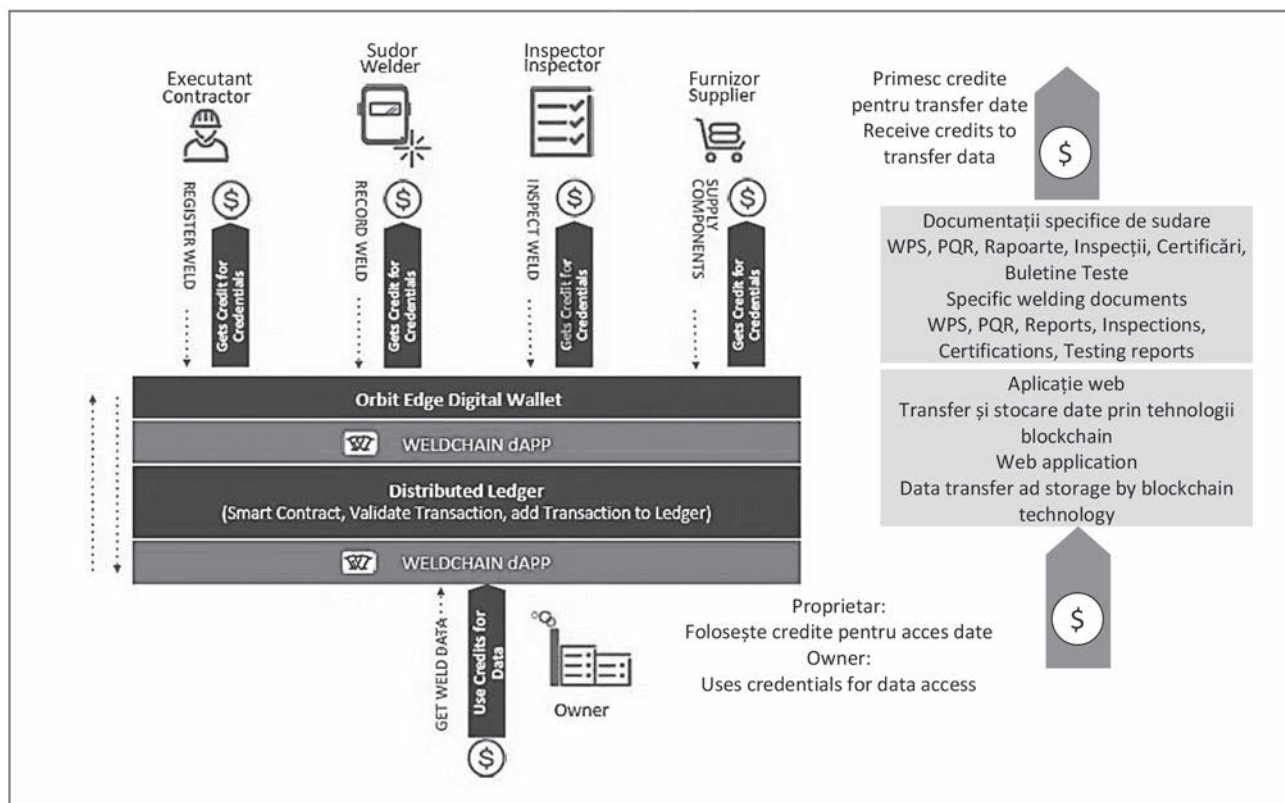


Figura 6. Schema bloc de interacțiune între platforma software și părțile implicate în industria sudării [10]

Figure 6. Block diagram of the interaction between the software platform and the parties involved in the welding industry [10]

Managementul lanțului de aprovizionare: Blockchain poate fi utilizat pentru a crea un registru transparent și inviolabil al întregului lanț de aprovizionare pentru materiale de sudare.

Se asigură astfel trasabilitatea proceselor de fabricație și distribuție a produselor de sudare.

Asigurarea și certificarea calității: Blockchain poate oferi o înregistrare sigură și nealterabilă a certificărilor de sudare, asigurându-se că toate produsele și materialele respectă standardele specifice. Se asigură astfel conformitatea și reglementările de siguranță și calitate.

Specificația procedurii de sudare (WPS): Stocarea documentației WPS pe un blockchain poate oferi o înregistrare sigură și accesibilă a procedurilor de sudare, asigurând că toate părțile implicate au acces la cele mai recente și precise informații.

Întreținere și management al activelor: Blockchain poate fi utilizat pentru înregistrarea înregistrărilor de întreținere și inspecție a echipamentelor, a structurilor metalice sudate, reducând riscul avariilor în timpul exploataării.

Platforma WeldChain reduce costurile cu documentația de sudare cu 57%, mărește productivitatea sudorilor calificați cu 30%, reduce costurile cu până la 90%, în cazul imperfecțiunilor de sudare [10]. Pentru prima dată, sudorii vor deține o evidență verificată a întregului istoric al performanței lor de sudare și a calificărilor actuale pentru toată experiența lor profesională. WeldChain poate fi partajat cu angajatorii pentru a reduce cerințele de retestare sau cu agențiile de angajare pentru a îmbunătăți oportunitățile de angajare.

Cu aplicația WeldChain, inspectorii au acces la documentațiile de sudare și înregistrările de inspecție în timp real și la tot istoricul lor de inspecție din alte companii. Certificările inspectorului sunt menținute pe blockchain pentru verificarea în timp real, chiar și în timpul procesului de inspecție a sudurilor.

Contractorii nu mai trebuie să mențină baze de date personalizate sau jurnalele de sudare și inspecție pe hârtie pentru proiectele lor. Aplicația WeldChain menține o evidență permanentă și verificată a tuturor sudurilor și inspecțiilor pentru realizarea documentațiilor necesare la verificare sau punere în funcțiune.

Companiile și inginerii lor nu mai trebuie să dezvolte și să mențină sisteme de documentare personalizate pentru lucrări de sudură în cazul proiectelor sau instalațiilor deținute.

Aplicația WeldChain menține o înregistrare

Supply Chain Management: Blockchain can be used to create a transparent and tamper-proof ledger of the entire supply chain for welding materials and equipment.

This helps in tracking the origin, manufacturing processes, and distribution of welding products.

Quality Assurance and Certification: Blockchain can provide a secure and unalterable record of welding certifications, ensuring that all products and materials meet industry standards. This can help in reducing fraud and ensuring compliance with safety and quality regulations.

Welding Procedure Specification (WPS) Documentation: Storing WPS documentation on a blockchain can provide a secure and accessible record of welding procedures, ensuring that all parties involved have access to the latest and accurate information.

Maintenance and Asset Management: Blockchain can be used for recording maintenance and inspection records of welding equipment and products, reducing the risk of failures during exploitation.

The WeldChain platform cuts documentation costs by 57%, improves productivity by 30% for skilled workers, cuts discovery costs by 90%, when failures occur [10].

Also, for the first time, welders will be able to maintain a verified record of all their weld performance history and current qualifications across all industries, sites and contractors. The WeldChain serves as a verified work history that can be shared with employers to reduce re-testing requirements or with employment agencies to enhance job opportunities. With the WeldChain distributed application, inspectors have access to real-time welding logs and inspection records and have access to their weld inspection history across all inspection companies and owners. The inspector's weld inspection certifications are maintained on the blockchain for real time verification during the weld inspection process.

Contractors no longer need to maintain custom databases or paper weld and inspection logs for their projects. The WeldChain application maintains a permanent and verified record of all welds and inspections for incorporation into commissioning packages.

Owners and their engineers no longer need to develop and maintain custom weld documentation systems for their projects and facilities.

The WeldChain maintains a permanent, confidential, and immutable record in a common, open for-

permanentă, confidențială și imuabilă într-un format comun, deschis, utilizat de toate părțile implicate. Producătorii de echipamente de sudură își pot conecta echipamentele la aplicație pentru a eficientiza transferul de informații specifice de sudare și pentru a spori valoarea acestora. Furnizorii de materiale și consumabile își pot încărca informațiile certificate pe WeldChain pentru a putea fi accesate, cum ar fi certificatele MTR (Material Test Results), gaz, consumabile, electrozi, conform specificației de sudare [10].

4. Concluzii

1. Caracteristicile de rezistență și performanță ale îmbinărilor sudate reprezintă un aspect esențial pentru exploatarea eficientă și în siguranță a structurilor metalice sudate.
2. Parametrii de sudare, în special timpul $t_{8/5}$ determină microstructura în metalul depus și în ZIT, precum și caracteristicile de rezistență mecanică a îmbinării, dar și alte fenomene precum susceptibilitatea de fisurare la rece.
3. Trasabilitatea documentației de sudare trebuie să fie asigurată prin soluții digitale, ceea ce va contribui la reducerea costurilor operaționale pentru companie, dar și la eficientizarea activităților de sudare și la partajarea rapidă a informațiilor aferente pe tot fluxul de fabricație.
4. Colectarea în baze de date a informațiilor relevante din procesele de sudare, a parametrilor de lucru și a rezultatelor din analizele și testele efectuate pe îmbinările sudate, deschid calea spre utilizarea eficientă a acestor informații prin metode avansate de procesare a datelor cu ajutorul inteligenței artificiale sau Big Data Analytics.
5. Se estimează că piața globală de sudare va crește la 34,18 miliarde USD până în 2030, cu un CAGR de 4,7 %.
6. Performanța pieței de sudare variază în funcție de regiuni din UE. Țări precum Germania, Franța și Italia sunt contributorii proeminenți datorită dezvoltării industriale puternice.
7. Cele mai recente tendințe din industria sudării din UE sunt orientate către soluțiile automatizate de sudare, precum și utilizarea AI în procesele de sudare și în NDE.
8. Tranziția către practici ecologice și economie sustenabilă, lipsa personalului calificat de sudare, necesită explorarea unor procese noi de sudare și integrarea AI în toate activitățile de sudare.

mat used by all welders, inspectors, engineers and suppliers.

Welding equipment manufacturers can connect their machines to streamline welding information transfer and enhance the value of their offering. Material and consumable suppliers can now load their certified information once onto the WeldChain for access during the welding process such as MTRs, gas, filler and electrode certs as required by the welding specification [10].

4. Conclusions

1. The strength and the performance characteristics of the welded joints are an essential aspect for the efficient and safe operation of welded metal structures.
2. The welding parameters, especially the $t_{8/5}$ time, control the microstructure in the deposited metal and in the HAZ, as well as the mechanical properties of the joint, and also the cold cracking susceptibility.
3. The traceability of welding documentation must be ensured through digital solutions, which will contribute to the reduction of operational costs for the company, but also to the efficiency of welding activities and the rapid sharing of related information throughout the manufacturing flow.
4. The collection in databases of relevant information from welding processes, work parameters and results from analyzes and tests performed on welded joints, open the way to the efficient use of this information through advanced methods of data processing, using artificial intelligence or Big Data Analytics.
5. The global welding market is estimated to grow to \$34.18 billion by 2030, with a CAGR of 4.7 %.
6. The welding market performance varies across regions in EU. Countries like Germany, France and Italy are the prominent contributors due to their strong industrial bases.
7. The latest trends in EU welding industry are oriented toward the automated welding solutions, adoption of AI-driven welding processes and in NDE.
8. The shift towards eco-friendly practices and sustainable economy, the lack of qualified personnel requires exploration of new welding processes and integrating the AI in all welding activities.

9. Dimensiunea pieței globale a tehnologiei blockchain a fost evaluată la 17,46 miliarde \$ în 2023 și este de așteptat să crească cu o rată (CAGR) de 87,7% până în 2030.
10. Lipsa de sudori din SUA ar putea duce la 2,1 milioane de locuri de muncă neocupate până în 2030, iar în Europa, Federația Europeană de Sudare (EWF) estimează că există un deficit de aproximativ 300.000 de sudori calificați pe întreg continentul.
11. Lipsa este deosebit de acută în țări precum Germania, unde există o cerere din ce în ce mai mare de sudori calificați în industriile automotive și de producție.
12. Pe măsură ce adoptarea tehnologiei blockchain crește în diverse industrii, rețelele de internet se confruntă cu o congestie crescută a datelor, viteze mai lente ale tranzacțiilor și taxe mai mari.
13. Guvernele și organismele de reglementare din întreaga lume recunosc potențialul de transformare al tehnologiei blockchain. Acestea promovează politici și reglementări de susținere care încurajează adoptarea pe scară largă a tehnologiilor blockchain.
14. Sistemul de registru descentralizat și imuabil al tehnologiei Blockchain asigură integritatea și transparența tranzacțiilor de date, fiind cea mai bună soluție în industria de sudare și în managementul lanțului de aprovizionare.
9. The global blockchain technology market size was valued at USD 17.46 billion in 2023 and is expected to grow at a compound annual growth rate (CAGR) of 87.7% until 2030.
10. The U.S. welder shortage could lead to 2.1 million unfilled jobs by 2030 and in Europe, the European Welding Federation (EWF) estimates that there is a shortage of approximately 300,000 qualified welders across the continent.
11. The shortage is particularly acute in countries like Germany, where there is a growing demand for skilled welders in the automotive and manufacturing industries.
12. As the adoption of blockchain technology grows across various industries, the networks are experiencing increased congestion, slower transaction speeds, and higher fees.
13. Governments and regulatory bodies world-wide also recognize blockchain technology's transformative potential. They are actively introducing supportive policies and regulations that encourage its widespread adoption.
14. Blockchain's decentralized and immutable ledger system ensures the integrity and transparency of data transactions, making it the best solution in welding industry, and supply chain management.

Bibliografie / References

- [1] Fortune Business Insights, Welding Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Product and Regional Forecast, 2023-2030, <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/welding-market-101657>, accesat Jan. 2024
- [2] International Market Analysis Research and Consulting Group, Europe Welding Consumables Market: Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2023-2028, <https://www.imarcgroup.com/europe-welding-consumables-market>
- [3] Global Welding Equipment Market – Industry Trends and Forecast to 2029, <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-welding-equipment-market>, accesat Jan. 2024
- [4] European Labour Authority, EURES Report on labour shortages and surpluses 2022, ISBN 978-92-9401-054-4, DOI 10.2883/50704, <https://www.ela.europa.eu/sites/default/files/2023-03/eures-labour-shortages-report-2022.pdf>
- [5] GVS, Welders Shortage, <https://www.gvs-rpb.com/assets/Documents/GVS-RPB-Article-Welder-Shortage.pdf>
- [6] Dillinger, Help welding calculation – WELDING, <https://www.dillinger.de/d/en/e-service/tools/welding/help/index.shtml>
- [7] Vaishally Dogra, Application of Welding Process Parameters Using AI Algorithm, Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, DOI: <https://doi.org/10.17762/turcomat.v9i2.13866>, Vol. 9 No.02 (2018)
- [8] Xuewu Wang, Qian Chen, Hao Sun, Xiuwei Wang, Huaicheng Yan, GMAW welding procedure expert system based on machine learning, <https://doi.org/10.20517/ir.2023.03>, Intell Robot 2023;3(1):56-75
- [9] Grand View Research, Blockchain Technology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type, By Component, By Application, By Enterprise Size, By End-use, By Offering, By Region, And Segment Forecasts, 2024 – 2030, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/blockchain-technology-market>, accesat Jan. 2024
- [10] WeldChain, <https://www.weldchain.net/about-the-technology>, accesat Jan. 2024

Pentru citare:

Bodea, Marius, The welding industry in EU. News and perspectives, Sudura, nr. 1 (2024), year XXXIV, 4-13