

Elemente procedurale destinate digitalizării și ecologizării proceselor de îmbinare

Procedural elements aimed the digitizing and greening the joining processes

Mihaela Cecilia Florescu^{1*}, Damjan Klobčar², Sorin Vasile Savu¹, Anamaria Feier³, Mircea Vișescu³, Robert Florescu⁴, Marius Criveanu¹, Traian Țunescu⁵

¹ Universitatea din Craiova, România / University of Craiova, Romania, * mihaela.florescu@edu.ucv.ro

² Universitatea din Ljubljana / Univerza v Ljubljani

³ Asociația de Sudură din România, Timișoara, România / Romanian Welding Society, Timișoara, Romania

⁴ Universitatea Politehnica București, România / Politechnica University from Bucharest,

⁵ Universitatea din Craiova, România – doctorand / University of Craiova, Romania – PhD student

Rezumat

Procesele de îmbinare a materialelor sunt procese tehnologice vitale pentru orice sistem de producție; orice variație în sistemul de producție influențează subsistemul dedicat proceselor de îmbinare. Industria 4.0 în derulare aduce multe transformări sistemelor de producție. Lucrarea va discuta despre măsurile care trebuie considerate pentru digitalizarea și ecologizarea proceselor de asamblare prin sudare. Vor fi prezentați pașii de urmat în vederea efectuării tranziției de la fabricația tradițională la producția digitală și ecologică. Unele dintre aspectele importante ale evaluării potențialului unei noi industrii sunt cele legate de costurile de producție și de măsurile privind sănătatea și securitatea în muncă, aspecte ce vor fi luate în considerare în lucrare.

Cuvinte cheie

procese de îmbinare, procese de sudare, digitalizare, ecologizare

Abstract

Material joining processes are vital technological processes for any production system; any variation in the production system influences the subsystem dedicated to the joining processes. The ongoing Industry 4.0 brings many transformations to production systems. The paper will discuss the measures to be considered for the digitization and greening of welding assembly processes. The steps to be followed in order to make the transition from traditional manufacturing to digital and green manufacturing will be presented. Some of the important aspects of assessing the potential of a new industry are those related to production costs and occupational health and safety measures, which will be considered in the paper.

Keywords

joining processes, welding processes, digitalising, greening

1. Introducere în digitalizarea și ecologizarea proceselor de îmbinare

Procesele de îmbinare a materialelor sunt procese tehnologice vitale pentru orice sistem de producție, indiferent de domeniul industrial în care acesta funcționează. Orice variație în sistemul de producție, crescătoare sau descrescătoare, influențează semnificativ subsistemul format de întregul ansamblu tehnologie – proiectare – echipament – personal – materiale – consumabile dedicat proceselor de îmbinare. Este valabilă și reciprocă: orice dezvoltare prin cercetare și inovare a subsistemului proceselor de îmbinare va influența evoluția sistemelor de producție.

1. Introduction to digitalising and greening of joining processes

The processes of material joining are vital technological processes for any production system, regardless of the industrial field in which it is found. Any variation in the production system, increase or decrease, significantly influences the subsystem formed by the whole technology – design – equipment – personnel – materials – consumables dedicated to the joining processes. And the reciprocal is valid: any development through research and innovation of the sub-system of joining processes will influence the evolution of the production system.

Industria 4.0, aflată în proces de derulare, aduce multe transformări sistemelor de producție. Digitalizarea și ecologizarea proceselor implicate în producție sunt piloni importanți ai acestei transformări (figura 1). [1]

The ongoing Industry 4.0 is bringing many transformations to production systems. The digitization and greening of the processes involved in production are important pillars of this transformation (figure 1). [1]

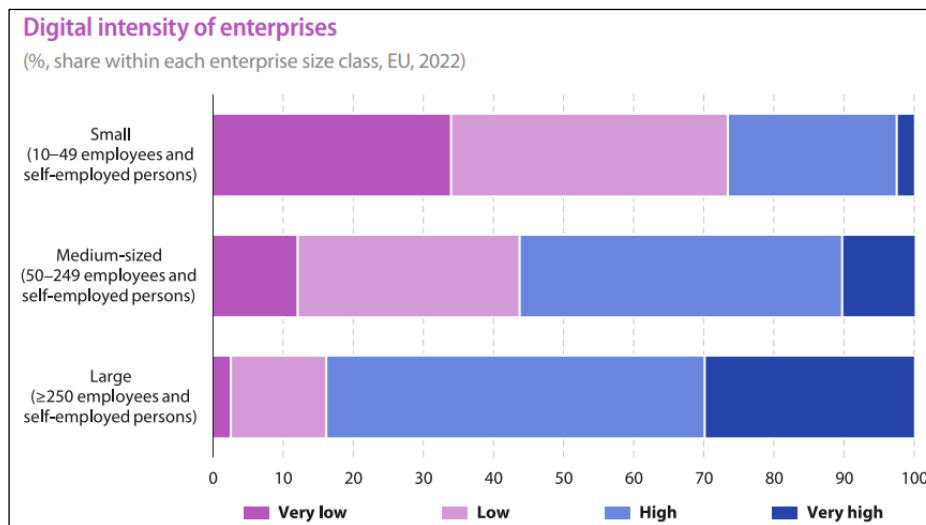


Figura 1. Niveluri de digitalizare a întreprinderii în 2022 [1]
Figure 1. Levels of enterprise digitization in 2022

Principalele motive pentru tranziția de la îmbinarea tradițională la îmbinarea digitală sunt definite și impuse de către cerințele clienților privind calitatea fiecărui produs [2]. Noile produse trebuie să fie personalizate, de înaltă calitate, mai ieftine și ecologice.

Digitalizarea proceselor de îmbinare, incluzând sudarea, și lipirea la temperatură joasă și înaltă, poate oferi numeroase beneficii și avantaje pentru diverse industrii [3-6].

În timp ce există beneficii semnificative ale digitalizării proceselor de sudare, este important să se evalueze cu atenție necesitățile specifice ale industriei și aplicației vizate. Implementarea soluțiilor digitale solicită o planificare corespunzătoare, instruire și integrare pentru a asigura activarea acestor avantaje [3].

În același timp, impactul proceselor de îmbinare, precum sudarea, lipirea moale sau lipirea tare, asupra mediului este demonstrată, iar în ultimii 50 de ani au fost luate măsuri în mod constant. Impactul poate varia în funcție de factori cum ar fi: procesul specific, materialele utilizate, energia consumată și practicile managementului deșeurilor. Principalele impacturi asupra mediului asociat proceselor de îmbinare sunt:

- **Poluarea Aerului:** Procesele tradiționale de îmbinare pot elibera poluanți și pot emite în aer, inclusiv particule în suspensie, compuși organici volatili (COV) și gaze periculoase.

The main reasons for the transition from traditional joining to digital joining are defined and imposed by the clients demands regarding the quality of each product [2]. The new products are required to be tailored, high-quality, cheaper and eco-friendly.

Digitalizing the joining processes, including welding, soldering, and brazing, can offer numerous benefits and advantages for various industries [3-6].

While there are significant benefits to digitalizing joining processes, it's important to carefully assess the specific needs of the targeted industry and application. Implementing digital solutions requires proper planning, training, and integration to ensure successful adoption and realization of the advantages [3].

In the same time, the impact of joining processes, such as welding, soldering, and brazing, on the environment is proved and for the last 50 years measures were continuously taken. The impact can vary depending on factors such as the specific process, materials used, energy consumption, and waste management practices. The key environmental impacts associated with joining processes are:

- **Air Pollution:** Traditional joining processes can release airborne pollutants and emissions, including particulate matter, volatile organic compounds (VOCs), and

Acești poluanți contribuie la calitatea slabă a aerului și pot avea efecte dăunătoare asupra sănătății umane și a mediului.

- Emisii de gaze de seră: Procesele de îmbinare care se bazează pe combustibili fosili sau metode consumatoare de energie pot genera gaze cu efect de seră, precum dioxidul de carbon (CO_2) și oxidul de azot (N_2O). Aceste emisii contribuie activ la schimbarea climei și la încălzirea globală.
- Consumul de Energie: Unele procese de îmbinare necesită aporturi semnificative de energie, în special acelea care implică temperaturi mari. Procesele consumatoare de energie contribuie la consumul ridicat de electricitate și se pot baza pe surse de energie ne-regenerabilă.
- Epuizarea resurselor: Procesele de îmbinare care implică utilizarea excesivă a materialelor, inclusiv metale de adaos și fluxuri, pot contribui la epuizarea resurselor. Supraconsumul resurselor poate duce la lipsuri și afectează negativ ecosistemele.
- Consumul de apă: Practicile nepotrivite de eliminare a deșeurilor sau tratarea necorespunzătoare a apelor uzate generate în procesele de îmbinare poate duce la contaminarea apei. Reziduurile chimice și de metale grele din aliajele de lipit de la lipirea moale și lipirea tare pot pătrunde în apă, afectând ecosistemele acvatice.
- Generarea apei: Procesele de îmbinare pot genera materiale reziduale, cum ar fi fluxurile de sudare, zgură și resturi metalice. Eliminarea improprie a acestor deșeuri poate duce la contaminarea mediului și contribuie la mărirea depozitelor de gunoi.
- Epuizarea ozonului: Unele procese de lipire utilizează fluxuri de sudare care conțin cloroflourocarburi (CFC) sau hidrocloroflourocarburi (HCFC), care pot contribui la subțierea stratului de ozon dacă sunt emise în atmosferă.
- Riscurile asupra sănătății și securității persoanei: Emisiile și fumul generat în timpul proceselor de îmbinare pot prezenta riscuri asupra sănătății muncitorilor, putând duce la eventuale probleme respiratorii. Expunerea profesională la substanțele periculoase este o preocupare constantă.

hazardous gases. These pollutants contribute to poor air quality and can have detrimental effects on human health and the environment.

- Greenhouse Gas Emissions: Joining processes that rely on fossil fuels or energy-intensive methods can generate greenhouse gas emissions, such as carbon dioxide (CO_2) and nitrous oxide (N_2O). These emissions contribute to climate change and global warming.
- Energy Consumption: Some joining processes require significant energy inputs, especially those involving high temperatures. Energy-intensive processes contribute to higher electricity consumption and may rely on non-renewable energy sources.
- Resource Depletion: Joining processes that involve excessive use of materials, including filler metals and fluxes, can contribute to resource depletion. Overconsumption of resources may lead to shortages and negatively impact ecosystems.
- Water Contamination: Inadequate waste disposal practices or improper treatment of wastewater generated during joining processes can lead to water contamination. Chemical residues and heavy metals from soldering and brazing alloys can enter water bodies, lakes or rivers, affecting aquatic ecosystems.
- Waste Generation: Joining processes can generate waste materials, such as used fluxes, slag, and cuttings. Improper disposal of these wastes can lead to environmental contamination and contribute to landfill.
- Ozone Depletion: Some soldering and brazing processes use fluxes that contain chlorofluorocarbons (CFCs) or hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), which can contribute to ozone layer depletion if released into the atmosphere.
- Health and Safety Risks: Emissions and fumes generated during joining processes can pose health risks to workers, potentially leading to respiratory issues and other health problems. Occupational exposure to hazardous substances is a continuous concern.

- Degradarea terenului: Practicile defectuoase de gestionare a deșeurilor, precum eliminarea improprie a zgurii sau a altor produse secundare, pot contribui la degradarea terenurilor și poluarea solului.
- Eco-toxicitate: Unele fluxuri și materiale utilizate în lipire pot conține substanțe toxice care pot acționa asupra solului, apei și plantelor vii, afectând local ecosistemele.

2. Procese de îmbinare

Procesele de îmbinare se referă la un grup de tehnologii de fabricație utilizate pentru a crea o legătură permanentă între două sau mai multe materiale. Aceste procese sunt esențiale în diverse industrii pentru asamblarea unor componente, structuri și produse [7,8].

Procesele de îmbinare permit crearea de legături puternice și durabile fără alterarea semnificativă a proprietăților materialelor de bază. Există mai multe tipuri de procese de îmbinare, fiecare potrivit pentru aplicații și materiale specifice. Principalele tipuri de procese de îmbinare sunt: sudarea, lipirea moale și lipirea tare. Sudarea implică topirea muchiilor sau suprafețelor a două materiale și apoi răcindu-le și solidificându-le, creează astfel o legătură puternică. Lipirea moale utilizează un metal de adaos cu un punct de topire mai mic decât cel al materialelor de bază pentru a crea o legătură între acestea. Nu este necesară topirea materialelor [9-10]. Lipirea tare este similară cu cea moale, dar implică temperaturi înalte și utilizează de obicei un metal de adaos (aliaj de lipire) cu un punct de topire mai mare de 450°C, dar aflat tot sub temperatura de topire a materialelor de bază. Un tip specific de lipire moale este lipirea cu adezivi, ce implică utilizarea adezivilor pentru a crea o legătură între materiale. Adezivii sunt, în general, lichizi la temperatura camerei.

3. Principalele etape pentru tranziția de la procesele de sudare tradiționale la cel digitale

Tranziția de la procesele tradiționale de sudare la cele digitale implică adoptarea tehnologiilor și a practicilor avansate pentru îmbunătățirea preciziei, controlului și eficienței în operațiile de asamblare din sistemele de fabricație. Principalele etape de parcurs pentru această tranziție sunt prezentate în figura 2, fiind detaliate în continuare.

- Land Degradation: Poor waste management practices, such as improper disposal of slag or other byproducts, can contribute to land degradation and soil pollution.
- Eco-Toxicity: Some fluxes and materials used in soldering and brazing can contain toxic substances that, if not handled properly, can impact soil, water, and plant life, affecting local ecosystems.

2. Joining processes

Joining processes refer to a group of manufacturing methods used to create a permanent bond between two or more materials. These processes are essential in various industries to assemble components, structures, and products [7,8].

Joining processes enable the creation of strong and durable connections without significantly altering the properties of the joined materials. There are several types of joining processes, each suited to specific applications and materials. The main types of joining processes are: welding, soldering and brazing.

Welding involves melting the edges or surfaces of two materials and then allowing them to cool and solidify, creating a strong bond.

Soldering uses a filler metal (solder) with a lower melting point than the base materials to create a bond between them. It does not require melting or fusion of the materials [9-10].

Brazing is similar to soldering but involves higher temperatures and typically uses a filler metal (brazing alloy) with a melting point above 450°C (840°F).

A specific type of soldering is the adhesive bonding, involving the use of adhesives or glues to create a bond between materials. The adhesives are, generally, liquid at room temperature.

3. Main steps for transition from traditional to digital welding processes

Transitioning from traditional welding processes to digital welding processes involves adopting advanced technologies and practices to enhance precision, control, and efficiency in the assembling operations from the manufacturing systems. The main steps to be done for transition from traditional to digital are presented in figure 2. A detailing of the named steps is presented next.

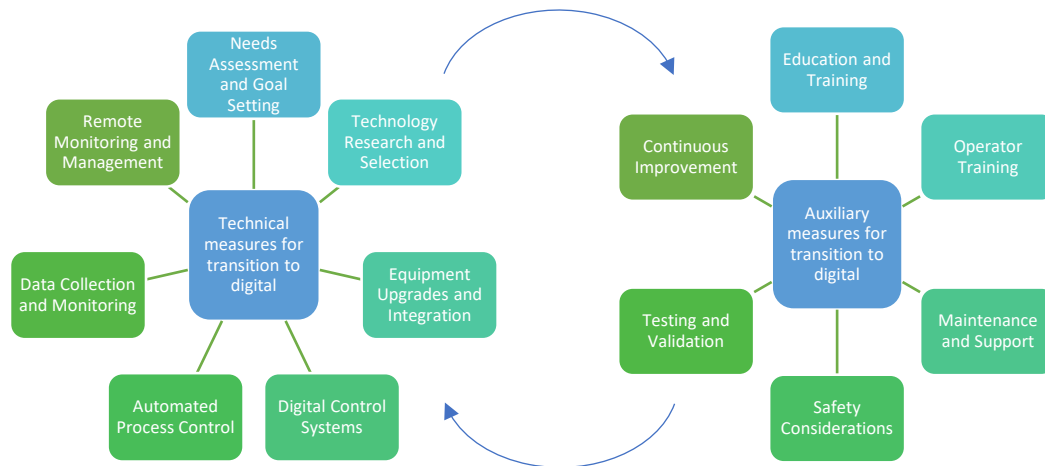


Figura 2. Etape pentru tranziția de la fabricația tradițională la cea digitală
Figure 2. Steps for transition from traditional to digital manufacturing

1. Evaluarea nevoilor și stabilirea obiectivelor
2. Cercetarea și selecția tehnologiei
3. Educație și instruire
4. Modernizările și integrarea echipamentului
5. Sisteme digitale de control [3,5,6,8]
6. Control automat al procesului [3,5,6,8]
7. Colectarea și monitorizarea datelor [12-14]
8. Monitorizare și management de la distanță [14-15]
9. Instruirea operatorilor
10. Întreținere și asistență
11. Considerații de siguranță
12. Testare și validare
13. Îmbunătățire continuă.

În general, urmărind etapele de mai sus, este mai mult decât suficient pentru a se realiza cu succes tranziția de la procesele tradiționale de sudare la cele digitale avansate, acestea oferind un control îmbunătățit, eficiență și informații bazate pe date pentru operațiile de fabricație prin sudare. În funcție de specificitatea sistemului de fabricație, unele etape ar trebui să fie ignorate, iar alte etape ar trebui adăugate. Ceea ce este important de înțeles este faptul că, având un sistem digital de sudare, inginerii vor continua să lucreze în principal cu date: date de la echipamentele de sudare și dispozitive, date de la mediu, date de la materialele de bază, date de la suduri și multe altele. Inginerii nu vor mai fi implicați în proces ca participanți direcți, dar ei vor implicați în citirea și analiza datelor [12-14]. Aceste date ar trebui să poată fi înțelese de ingineri, pentru ca aceștia să poată lua diverse măsuri preventive și/sau corective.

1. Needs Assessment and Goal Setting
2. Technology Research and Selection
3. Education and Training
4. Equipment Upgrades and Integration
5. Digital Control Systems [3,5,6,8]
6. Automated Process Control [3,5,6,8]
7. Data Collection and Monitoring [12-14]
8. Remote Monitoring and Management [14-15]
9. Operator Training
10. Maintenance and Support
11. Safety Considerations
12. Testing and Validation
13. Continuous Improvement.

Generally, following the presented steps, it is more than enough to successfully make the transition from traditional welding processes to advanced digital welding processes that offer improved control, efficiency, and data-driven insights for your manufacturing operations. Depending on the specificity of the fabrication system, some steps should be ignored, some other should be added. What is important to understand is that having a digital welding system the engineers will mainly continue working with data: data from the welding machine and auxiliary devices, data from the environment, data from the base materials, data from the welds, and more. The engineers will no more be involved in the process as direct participant, but they will be far from the process reading and analysing data [12-14]. Such data should be understandable for engineers, in order to be able to take preventive and/or corrective measures.

4. Principalele etape pentru tranziția de la procesele tradiționale la cele ecologice de sudare

Tranziția de la procesele tradiționale de sudare la cele ecologice implică adoptarea practicilor și a materialelor prietenoase cu mediul, minimizând impactul asupra mediului [16]. Similar cu tranziția către digital, ar trebui să fie implementate acțiuni specifice pentru a reduce consumul de materiale și energie, pentru a reduce deșeurile specifice, pentru a reduce poluarea și pentru a crește gradul de utilizare a unui material și a unei cantități specifice de energie. Mai jos sunt prezentate detaliat principalele acțiuni (figura 3).

4. Main steps for transition from traditional to green welding processes

Transitioning from traditional welding processes to green welding processes involves adopting environmentally friendly practices and materials that minimize the environmental impact of your manufacturing operations [16]. Similar to the transition to digital, specific actions should be implemented in order to reduce the consumption of materials and energy, to reduce the specific waste, to reduce the pollution, and to increase the use of a material and of a specific amount of energy.

The main actions are presented, with several details, below (figure 3).

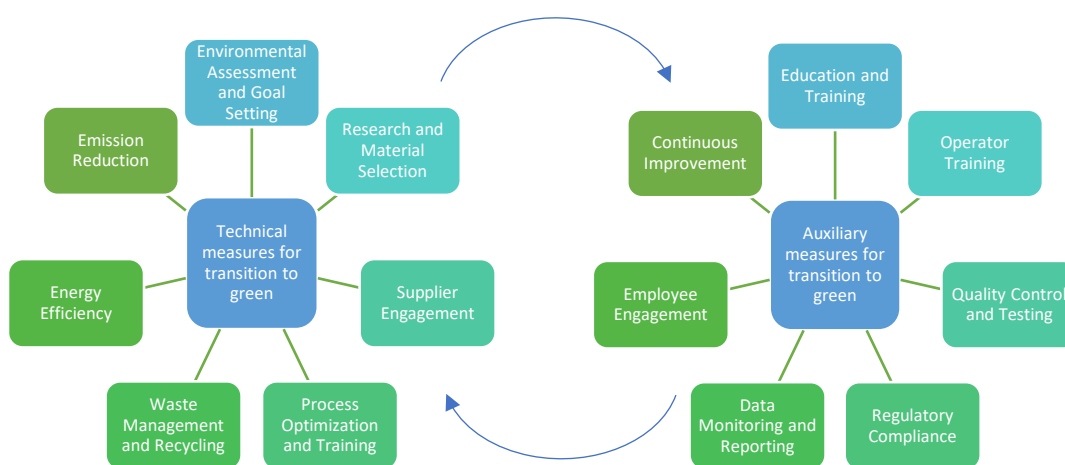


Figura 3. Etape pentru tranziția de la fabricația tradițională la cea ecologică
Figure 3. Steps for transition from traditional to green manufacturing

1. Evaluarea mediului și stabilirea obiectivului. Pe baza rezultatelor obținute, vor fi stabilite obiectivele clare pentru această inițiativă de sudare ecologică, precum reducerea utilizării de energie, minimizarea emisiilor periculoase și optimizarea utilizării materialelor.
2. Cercetarea și selectarea materialului. Se vor identifica alternative ecologice pentru gazele de protecție și consumabilele care au amprente de carbon mai mici [17].
3. Implicarea furnizorilor. Se va solicita furnizorilor materiale ecologice de sudare ce îndeplinesc standardele de reglementare și de mediu. Cei care aderă la aceste practici de producție sustenabile și responsabile vor avea prioritate.
4. Optimizarea proceselor și instruirea. Se vor optimiza procesele de sudare pentru a minimiza consumul de energie și generarea de deșeuri [18-19].

1. Environmental Assessment and Goal Setting. Based on the obtained results it will be set clear goals for the green welding initiative, such as reducing energy usage, minimizing hazardous emissions, and optimizing base and filler materials usage.
2. Research and Material Selection. Research eco-friendly alternatives for shielding gases and consumables that have lower carbon footprints [17].
3. Supplier Engagement. It will be asked to the suppliers to source green welding materials that meet regulatory and environmental standards. The suppliers that adhere to sustainable and responsible manufacturing practices will receive a prioritization.
4. Process Optimization and Training. It will be optimized the welding processes to minimize the energy consumption and waste generation. [18-19].

5. Managementul deșeurilor și reciclarea. Implementarea unui plan de management al deșeurilor, care include eliminarea corectă a deșeurilor periculoase, precum electrozii uzați, fluxuri de sudare și materiale contaminate, este o măsură eficientă. Se vor analiza opțiunile de reciclare a materialelor de tipul resturilor metalice, și consumabile uzate.

6. Eficiență energetică. Se va evalua consumul de energie la sudare și se vor identifica oportunitățile pentru reducerea consumului de energie. Se va considera posibilitatea utilizării de echipamente eficiente energetic, ca de exemplu sursele avansate pe bază de invertor

7. Reducerea emisiilor. Minimizarea emisiilor poluante și gazelor cu efect de seră prin utilizarea de consumabile cu potențial emisiv redus și prin optimizarea utilizării gazelor de protecție este o măsură obligatorie. Se vor implementa sisteme eficiente de ventilare și filtrare pentru a controla emisiile nocive.

8. Controlul calității și testarea. Se vor dezvolta protocoale de control al calității pentru asigurarea că sudarea ecologică îndeplinește sau depășește specificațiile produsului. Se vor implementa metode NDT de examinare pentru a se verifica integritatea și calitatea sudurii.

9. Respectarea reglementărilor. Se va asigura conformitatea cu reglementările și standardele de mediu legate de emisiile de sudare, materiale periculoase și eliminarea deșeurilor.

10. Monitorizare datelor și raportare. Senzorii de colectare a datelor privind consumul de energie, emisiile și alte valori relevante în timpul proceselor de sudare, vor fi calibrați. Se vor urmări și raporta cu regularitate indicatorii cheie de performanță (KPI) legați de impactul asupra mediului și eficiența procesului.

11. Implicarea angajaților. Angajarea operatorilor în noua inițiativă de sudare ecologică va trebui crescută prin promovarea conștientizării, furnizarea instruirii și încurajarea contribuțiilor lor pentru practici sustenabile.

12. Îmbunătățire continuă. Similar cu tranziția la digital, revizuirea și analizarea continuă a datelor privind performanța procesului, pentru a identifica oportunitățile de optimizare și reducere suplimentară a impactului asupra mediului, este obligatorie.

Tranziția la practicile de sudare ecologică necesită o abordare holistică ce ia în considerare materialele, procesele și managementul deșeurilor [20]. Prin adoptarea materialelor de sudare ecologice și optimizarea proceselor de

5. Waste Management and Recycling. Implement a waste management plan that includes proper disposal of hazardous waste, such as used electrodes, fluxes, and contaminated materials. It will be explored the main recycling options for materials like metallic wastes, chips, scraps, and used consumables.

6. Energy Efficiency. Assess energy consumption during welding processes and identify opportunities to reduce energy use. Consider using energy-efficient equipment, such as advanced power sources and inverter-based welding machines.

7. Emission Reduction. Minimizing polluting emissions and greenhouse gases by using consumables with low emission potential and by optimizing the use of shielding gases is a mandatory measure. Effective ventilation and filtration systems will be implemented to control harmful emissions.

8. Quality Control and Testing. Develop quality control protocols to ensure that green welds meet or exceed product specifications. It will be implemented non-destructive testing methods, which have high-efficiency in the verification of weld integrity and quality.

9. Regulatory Compliance. It will be ensured the compliance with environmental regulations and standards related to welding emissions, hazardous materials, and waste disposal.

10. Data Monitoring and Reporting. Set up data collection sensors to monitor energy consumption, emissions, and other relevant metrics during welding processes. More, regularly track and report on key performance indicators (KPIs) related to environmental impact and process efficiency.

11. Employee Engagement. Involvement of employees in the new green welding initiative should be increased by promoting awareness, providing training, and encouraging their contributions to sustainable practices.

12. Continuous Improvement. Similar to the transition to digital, continuously review and analysing process performance data, in order to identify opportunities for further optimization and reduction of environmental impact, is mandatory.

Transitioning to green welding practices requires a holistic approach that considers materials, processes, and waste management [20]. By adopting eco-friendly welding materials and optimizing your welding processes, the

sudare, amprenta asupra mediului poate fi redusă, în timp ce se menține sudarea de înaltă calitate și contribuie la producția sustenabilă.

5. Costuri implicate de tranziția la digital și ecologic a proceselor de îmbinare

Tranziția către digital și ecologic a proceselor de îmbinare existente implică unele costuri specifice. Acestea sunt legate de adaptarea echipamentelor, a tehnologiei și multe altele. Costurile specifice depind de factori precum amploarea sistemului, complexitatea tranziției și numărul și tipul tehnologiilor ce se vor adopta.

Este important să se lucreze îndeaproape cu furnizorii de echipamente, furnizorii de tehnologie și consultanții din inginerie pentru a se obține estimări de costuri precise și personalizate pentru tranziția urmărită.

În plus, se va avea în vedere crearea unui buget detaliat care să acopere nu doar costurile inițiale de implementare, ci și cheltuielile curente pentru instruire, întreținere și posibile viitoare actualizări. Pe măsură ce investiția inițială poate fi mare, beneficiile eficienței îmbunătățite, a calității și a productivității pot duce la economii pe termen lung și la avantaje competitive în ceea ce privește procesele de fabricație.

6. Noi măsuri de sănătate și securitate pentru tranziția la sudarea digitală ecologică

Procesele de îmbinare digitale și ecologice diferă de cele tradiționale din mai multe puncte de vedere. Utilizarea proceselor tradiționale expune personalul la diverse riscuri specifice. Acele riscuri sunt diferite și mult mai puține comparativ cu cele specifice proceselor digitale și ecologice. Datorită diferențelor identificate, este esențial să se aibă în vedere, în timpul tranziției, de noile măsuri de sănătate și securitate necesare prevenirii situațiilor periculoase produse de noile riscuri și provocări. Este important de amintit că în timp ce sudarea și lipirea digitale pot oferi avantaje din punct de vedere al securității, precum expunerea redusă la fum și distanțarea operatorului de pericole, pregătirea adecvată, evaluarea riscurilor și protocoalele de siguranță rămân esențiale. Ambele metode, tradițională și digitală, necesită intervenții continue pentru crearea unui mediu de lucru sigur și a se preveni astfel accidente.

environmental footprint can be reduced, while maintaining high-quality welds and contributing to sustainable manufacturing.

5. Costs involved by transition to digital and green of joining processes

The transition to digital and green of the existing joining processes involves specific costs. They are related to equipment, technology, training, optimization, and more. The specific costs will depend on factors such as the scale of the system's operation, the complexity of the transition, and the technologies intended to be adopted.

It's important to work closely with equipment suppliers, technology providers, and engineering consultants to obtain accurate and tailored cost estimates for the specific transition. Additionally, consider creating a detailed budget that covers not only initial implementation costs but also ongoing expenses for training, maintenance, and potential future upgrades. While the initial investment may be significant, the benefits of improved efficiency, quality, and productivity can lead to long-term cost savings and competitive advantages in the manufacturing operations.

6. New Health and Safety measures for transition to digital and green joining

Digital joining and green joining differ from the traditional joining from multiple point of views. Applying traditional joining expose the joining personnel to specific risks. Those risks are different from the risks specific to digital and green joining.

Due to the identified differences, it's crucial to address health and safety considerations, as the introduction of new technologies and automation can bring about new risks and challenges.

It's important to remember that while digital welding and soldering can offer safety advantages such as reduced fume exposure and enhanced operator distance from hazards, proper training, risk assessment, and safety protocols remain essential.

Both traditional and digital methods require ongoing diligence to create a safe working environment and prevent accidents.

7. Concluzii

Aşa cum s-a prezentat mai sus, industria 4.0, aflată în plină implementare, aduce multe transformări în sistemele de producție. În această lucrare, au fost discutate aspectele favorabile și nefavorabile care se pot întâlni la tranziția de la procesele de îmbinare tradiționale la cele digitale și ecologice.

Măsurile care trebuie considerate pentru această tranziție sunt de diverse naturi, de la aspecte tehnice (adaptarea echipamentelor, a tehnologiilor și a dispozitivelor), la cele de sănătate și securitate în noile sisteme digitale, la costurile implicate și la necesitatea de a implica toți angajații în această tranziție, prin educație și conștientizare.

Confirmare

Această lucrare a fost susținută de granturile Parteneriat Strategic Acțiune Cheie 2, număr: 2021-1-RO01-KA220-VET-000028028-DIGIGREEN și 2021-1-RO01-KA220-HED-000032181-ALLIES, finanțate de către Comisia Europeană.

7. Conclusions

As presented above, industry 4.0, which is in full implementation, brings many transformations to production systems. In this paper, the favourable and unfavourable aspects that may be encountered in the transition from traditional to digital and ecological joining processes have been discussed.

The measures to be considered for this transition are of various natures, from technical aspects (adaptation of equipment, technologies and devices), to health and safety in the new digital systems, to the costs involved and the need to involve all employees in this transition, through education and awareness.

Acknowledgement

This work was supported by the grant ERASMUS+ Strategic Partnership Key Action 2, number: 2021-1-RO01-KA220-VET-000028028-DIGIGREEN and 2021-1-RO01-KA220-HED-000032181-ALLIES, financed by the European Commission.

Bibliografie References

- [1] *Key figures on European business*, 2023 edition, 25 May 2023, <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-key-figures/w/ks-04-23-195>
- [2] *The Green Deal Industrial Plan*, https://commission.europa.eu/document/41514677-9598-4d89-a572-abe21cb037f4_en, Accessed in April 2023
- [3] Kapil, A., Moinuddin, S.Q., Sharma, A. (2022). *Digitization of welding processes*, Woodhead Publishing Reviews: Mechanical Engineering Series, Joining Processes for Dissimilar and Advanced Materials, Woodhead Publishing, Pp. 483-512, ISBN 9780323853996, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85399-6.00020-5>
- [4] *Discover Welding 4.0 and Uncover the Benefits of Automation*, https://indusuite.com/eds_en/blogs/welding-40-is-here-and-this-is-what-you-need-to-know-about-it1/
- [5] *How to Use Data to Optimize Your Company's Welding Process. 5 Ways WeldCloud Can Help You Grow*, https://indusuite.com/eds_en/articles/how-to-use-data-to-optimize-your-companys-welding-process/, Accessed in May 2023
- [6] *Welding 4.0 Quality Management System with Digitalisation*, <https://sws.org.sg/news/welding-4-0-quality-management-system-with-digitalisation/>, Accessed in April 2023
- [7] Kah, P., Suoranta, R. & Martikainen (2013). J. *Advanced gas metal arc welding processes*. Int J Adv Manuf Technol 67, 655–674, <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4513-5>
- [8] Niese, O. (2022) *Artificial intelligence in real time (with example of welding-gun)*, <https://press.festo.com/en/technologies-and-products-1/artificial-intelligence-in-real-time-with-example-of-welding-gun>
- [9] Burkthert, J. Different Methods of Soldering, <https://resources.pcb.cadence.com/blog/ibi-different-methods-of-soldering>
- [10] Ogochukwu, E.S. (2013) *Laser Soldering*, in Materials Science, Edited by Yitzhak Mastai, <https://doi.org/10.5772/56700>
- [11] Souza Oliveira, O. et.al. (2021). *A Detailed Forecast of the Technologies Based on Lifecycle Analysis of GMAW and CMT Welding Processes*. Sustainability 2021, 13(7), 3766; <https://doi.org/10.3390/su13073766>
- [12] Zhou, B. (2020). *Predicting Quality of Automated Welding with Machine Learning and Semantics: A Bosch Case Study*, CIKM '20: Proceedings of the 29th ACM International Conference on Information & Knowledge Management, October 2020, Pages 2933–2940. <https://doi.org/10.1145/3340531.3412737>
- [13] Thompson Martinez, R., Absi Alfaro, S.C. (2020). *Data Analysis and Modelling Techniques of Welding Processes: The State-of-the-Art*, <https://doi.org/10.5772/intechopen.91184>
- [14] Queen, K. (2020). *What is digital manufacturing?*. <https://www.themanufacturer.com/articles/what-is-digital-manufacturing/>
- [15] ERSA GmbH. (2018). *Exploiting the possibilities of digitalisation in programming selective soldering systems*, <https://epp-europe-news.com/allgemein/exploiting-the-possibilities-of-digitalisation-in-programming-selective-soldering-systems/>
- [16] Wills, B. (2011). *Green Intentions*. Productivity Press eBooks. <https://doi.org/10.1201/b10251>
- [17] Fjelstad, J. (2023). *Solder: Is It Really Required for Electronics Assembly?* <https://www.electronicdesign.com/technologies/embedded/article/21260592/solder-is-it-really-required-for-electronics-assembly>

- [18] Abdurakhmonov, S. (2023). *Research of terminal soldering technology for auto glass heating systems*, E3S Web of Conferences 389, 01036 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901036>
- [19] Kikuchi, A. (2001). *The Greening of the Reflow Process, Through Partnership*, EP& P Magazine, <https://smtnet.com/library/files/upload/grnreflo.pdf>
- [20] Müller, J., Griesse, H., Schischke, K., Stobbe, L. (2005). *Transition to lead free soldering - a great change for a better understanding of materials and processes and green electronics*. Conference: Asian Green Electronics, 2005. AGECE. Proceedings of 2005 International, 33 - 36. <https://doi.org/10.1109/AGECE.2005.1452312>

Pentru citare:

Florescu, M.C., Klobčar, D., Savu, S.V., Feier, S., Vișescu, M., Florescu, R., Criveanu, C., Țunescu, T.,
Procedural elements aimed the digitizing and greening the joining processes, Sudura, nr. 3 (2023), year XXXIII,
x-x