

Innovative digital tools for training in the field of welding

Materiale de învățare digitale pentru simulatorul de sudare

IO2 – MATERIALE DE ÎNVĂȚARE DIGITALE PENTRU SIMULATORUL DE SUDARE

Index

1. Sumar	2
2. Competențe Digitale – Introducere în Calculatoare și Simulare	3
Fișa cursului	3
Unitatea de învățare	5
3. Procese de sudare	20
3.1. Sudarea în mediu de gaz protector cu electrod fuzibil (GMAW)	20
Fișa cursului	20
Unitatea de învățare	23
3.2. Sudarea oxiacetilenică (GW)	49
Fișa cursului	49
Unitatea de învățare	51
3.3. Sudarea manuală cu electrozi înveliți (MMA)	64
Fișa cursului	64
Unitatea de învățare	68
3.4. Sudarea în mediu de gaz protector cu electrod nefuzibil (TIG)	94
Fișa cursului	94
Unitatea de învățare	97
4. Asigurarea calității în sudură	124
Fișa cursului	124
Unitatea de învățare	129

Sumar

DIGIWELD Instrument digital inovator pentru formare în domeniul sudării este un proiect finanțat de Erasmus + care abordează comunicarea Consiliului European „Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic results, care afirmă importanța promovării utilizării tehnologiei pentru o învățare eficientă și pentru reducerea barierelor din calea educației, permițând indivizilor să învețe oriunde, oricând, pe căi de învățare individualizate.

Acest proiect își propune să dezvolte:

- propunere de actualizare a Ghidului european EWF-IAB-o89r5-14 (adică Ghidul european pentru sudori) care susține introducerea unui nou modul despre competențele digitale și utilizarea simulatoarelor de sudură în formare practică, în condiții specifice, ca fiind viabile și instrumente inovatoare pentru educarea și instruirea viitorilor sudori,
- Un instrument digital care trebuie introdus în simulatoare ca module dedicate formării tinerilor stagiați (cu vârste cuprinse între 16 și 20 de ani).

În acest sens, partenerii DIGIWELD (șase entități din Belgia, Spania, Italia și România cu expertiză în educație, sudare și în dezvoltarea simulatoarelor de sudură) s-au adunat pentru a propune o componentă actualizată a liniilor directe europene de educație și formare pentru sudare pentru a atrage tineri stagiați la cunoștințele și responsabilitățile profesiei de sudor. Un alt obiectiv a fost crearea unui sistem de învățare digital deschis și inovator (SIMTRANET) în domeniul tehnologiei sudării cu arc și a materialelor educaționale digitale care să permită cursanților să acceseze informații și să efectueze timp de practică folosind simulatoare de sudare. Pentru a atinge scopurile DIGIWELD, partenerii lucrează, de asemenea, la crearea condițiilor pentru ca grupurile internaționale de stagiați să participe activ la concursuri simultane de formare și sudură în cele mai sigure condiții posibile, folosind simulatoare specifice sau săli de clasă virtuale.

Rezultatul actual este una dintre sarcinile care au fost îndeplinite în domeniul de aplicare al proiectului DIGIWELD Intellectual Output (IO) 2 - Materiale digitale de învățare pentru simulatorul de sudură. Se concentrează pe munca depusă de partenerii DIGIWELD către dezvoltarea materialelor de învățare digitale dedicate proceselor de sudare MIG / MAG, TIG și MMA și asigurării calității în sudare, care vor fi încărcate pe SIMTRANET, un sistem de învățare digital creat în domeniul de aplicare din DIGIWELD. În plus, luând în considerare restricțiile impuse de pandemia COVID-19, partenerii DIGIWELD au decis să dezvolte material suplimentar pentru procesele de sudare: sudarea cu gaz.

Acesta își propune să fie o analiză critică a standardizării, aplicabilității și a punctelor de vedere ale relevanței, concentrându-se pe compatibilitatea acestor conținuturi cu Ghidul european pentru sudori, având în vedere că aceste materiale digitale de învățare s-au bazat pe actualizările propuse pentru Ghidul european pentru sudori (EWF -IAB-o89r5-14 Ghid). Prin urmare, subiectele abordate de procesele de sudare a modului 2 (proces de sudare MIG / MAG, TIG și MMA) și asigurarea calității modului 3 în sudare, parte a cursului DIGIWELD, sunt în conformitate cu Ghidul menționat.

Prin urmare, acest raport tehnic explică modul în care alinierea dintre subiectele / subiectele Ghidului european pentru sudori a fost asigurată de partenerii DIGIWELD implicați în dezvoltarea conținutului învățării și modul în care a fost efectuată revizuirea tehnică către versiunea finală a modulelor / conținuturilor menționate mai sus, având în vedere conformitatea lor cu standardizarea. Aplicabilitatea și relevanța lor pentru educația și instruirea cursanților și cunoștințele teoretice sunt conforme cu Ghidul european pentru sudori și cu cele mai actualizate tehnologii.

Digital Competences – Introducere în Calculatoare și Simulare

1.1 Denumire curs

Introducere în calculatoare și simulare

1.2 Durată curs

4 ore

1.3 Scop curs

Scopul cursului este de a asigura acumularea de abilități digitale necesare pentru utilizarea dispozitivelor digitale care creează realitate virtuală și augmentată. Implementarea mediului virtual și a realității augmentate în pregătirea practică a viitorilor sudori asigură accesul noii generații la un mod de instruire apropiat de realitatea în care trăiesc și își desfășoară activitățile zilnice. Cursul tratează aspecte privind metodologia și instrumentele utilizate în formarea digitală, sistemele de management al învățării precum și o scurtă prezentare a simulatoarelor de sudare.

1.4 Obiectivele cursului

- Să înțeleagă cum se utilizează instrumentele digitale în instruirea teoretică și practică
- Să poată utiliza și exploata modulele dezvoltate în cadrul LMS
- Să cunoască cum funcționează simulatoarele de sudare

1.5 Cuprins

1.	Instrumente digitale și metodologii de instruire
1.1.	Instrumente digitale utilizate în educația în domeniul sudării
1.2.	Avantajele și dezavantajele instrumentelor digitale utilizate în educația în domeniul sudării
2.	Sistem de Management al Învățării
2.1.	Medii virtuale de învățare
2.2.	Definirea și caracterizarea LMS
2.3.	Setări și funcționalități ale LMS
2.4.	LMS – provocări și avantaje
2.5.	Soluții disponibile pentru dezvoltarea LMS
3.	Simulatoare de sudare
3.1.	Sisteme de simulare a sudării
3.2.	Realitatea Augmentată
3.3.	Realitatea Virtuală
3.4.	Diferențe între un simulator de sudare și un sistem real de sudare
3.5.	Pregătirea simulatoarelor de sudare

1.6 Participanți

Caracteristici cursanți:

Elevi din școli vocaționale cu specializare în domeniul sudării.

1.7 Nivel de acces

Cerințe preliminare educaționale:

Certificat de absolvire studii gimnaziale (EQF 3)

Cunoștințe preliminare necesare	<i>Cunoștințe de bază în domeniul sudării</i> <i>Cunoștințe de bază TIC</i>
Vârstă:	<i>Elevii trebuie să aibă vârsta minimă 16 ani</i>

1.8 Activități de evaluare

- *Test theoretic pentru fiecare modul: întrebări cu răspunsuri multiple*
- *Pregătirea practică a simulatorului de sudare*

1.9 Bibliografie (utilizată sau suplimentară)

- [1] Savu SV – Welding simulator, alternative digital tool for practical training of the future welders, ASR Conference, Buzau, 2015
- [2] Open source (Moodle based) example: <https://themefisher.com/moodle-bootstrap-themes/>
- [3] Off-the-shelf LMS product: <https://learnbox.co.za/off-the-shelf-lms/>
- [4] University of Craiova, LMS - <https://ciso1.central.ucv.ro/evstud/>
- [5] Susannah J. Whitney, Ashley K. W. Stephens – Use of Simulation to Improve the Effectiveness of Army Welding Training, Commonwealth of Australia, 2014
- [6] Soldamatic – Augmented Training for Welding, <http://www.soldamatic.com/soldamatic2018/>
- [7] Lincoln Electric – VRTEX360 Virtual Welding Trainer, <https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/training-equipment/vrtex360/pages/vrtex-360.aspx>
- [8] BEApplied Research, HoloLens Plant Maintenance, <https://www.youtube.com/channel/UCdXVL3uTXP-icWKB7K2Yivw>
- [9] Phoenix Contact - Augmented reality in use for industry 4.0 and building technology, <https://www.youtube.com/watch?v=UhW12bILH7U>
- [10] Lily Prasuethsut, Meta thinks Pokémon Go is perfect for the AR headset, <https://www.wareable.com/ar/meta-pokemon-go-2962>
- [11] Industry Reports, Global Augmented Reality Market to Witness a Pronounce Growth During 2024– Top Key players like Google Inc., Microsoft Corporation, Vuzix Corporation, Samsung Electronics Co., Ltd., Qualcomm Inc., Oculus VR, LLC, EON Reality, Inc. Infinity Augmented Reality Inc & Others, <https://industryreports24.com/430907/global-augmented-reality-market-to-witness-a-pronounce-growth-during-2024-top-key-players-like-google-inc-microsoft-corporation-vuzix-corporation-samsung-electronics-co-ltd-qualcomm-i/>
- [12] Husain Sumra, The best augmented reality glasses 2019: Snap, Vuzix, Microsoft, North & more, <https://www.wareable.com/ar/the-best-smartglasses-google-glass-and-the-rest>
- [13] Google, <https://virtualrealitypop.com/what-is-real-vr-content-3e66e3810894>
- [14] MindRend Technologies, VR Robotics Simulator, <https://www.youtube.com/channel/UCDWYIOAzV8qlhxa4yXbjmpQ>
- [15] Fronius Virtual Welding, <http://www.funworld.com/en/funworldtech/projects-and-partners/fronius-virtual-welding>
- [16] Weld VR simulator, <http://weld-vr.com/en/>
- [17] Lincoln Electric VRTEX 360, , <https://www.lincolnelectric.com/de-de/support/application-stories/Pages/Pitt-Community-College.aspx>

UNITATEA NUMĂR: Unitatea Didactică 1**TITLUL UNITĂȚII: Introducere în calculatoare și simulare****PREZENTAREA UNITĂȚII**

Prezentul modul educațional asigură acumularea de abilități digitale necesare pentru utilizarea dispozitivelor digitale care creează realitate virtuală și augmentată. Implementarea mediului virtual și a realității augmentate în pregătirea practică a viitorilor sudori asigură accesul noii generații la un mod de instruire apropiat de realitatea în care trăiesc și în care își desfășoară activitățile zilnice.

Modulul tratează aspecte privind metodologia și instrumentele utilizate în formarea digitală, sistemele de management al învățării și o scurtă prezentare a simulatoarelor de sudare. Primul capitol acoperă subiecte legate de instrumentele digitale utilizate în instruirea sudării și care sunt avantajele și dezavantajele utilizării instrumentelor digitale în sudare. Al doilea capitol introduce cursanții în mediile virtuale de învățare unde pot învăța și interacționa cu instrumente digitale sau cu alți stagiați. Sistemele de management al învățării (LMS) sunt cele mai bune instrumente digitale pentru a înregistra utilizatorii, pentru a furniza conținut și pentru a evalua performanța cursanților. Modul în care un LMS poate fi definit, configurat și care sunt funcționalitățile unui LMS, precum și avantajele și dezavantajele unui LMS sunt prezentate în acest modul. Cursanții vor afla, de asemenea, despre soluțiile disponibile pentru dezvoltarea propriilor LMS. Al treilea capitol se referă la simulatoare de sudare. Un sistemul general de simulare a sudării este prezentat în introducerea capitolului. Realitatea virtuală (VR) și realitatea augmentată (RA) sunt explicate pentru a oferi cursanților cunoștințele necesare pentru a putea înțelege și utiliza modul în care funcționează aceste tehnologii. La sfârșitul capitolului se regăsește o scurtă prezentare a diferenței dintre simulatorul de sudare și sistemul real de sudare, precum și un scurt exemplu privind setarea unui simulator de sudare.

OBIECTIVE

Obiectivele modului educațional sunt:

- Înțelegerea și utilizarea instrumentelor digitale în activitatea de instruire teoretică și practică
- Deprinderea abilității de a utiliza și exploata modulele dezvoltate în LMS
- Cunoașterea modului în care simulatoarele de sudare funcționează

CUPRINS**4. Instrumente digitale și metodologii de instruire**

- 4.1. Instrumente digitale utilizate în educația în domeniul sudării
- 4.2. Avantajele și dezavantajele instrumentelor digitale utilizate în educația în domeniul sudării

5. Sistem de Management al Învățării

- 5.1. Medii virtuale de învățare
- 5.2. Definirea și caracterizarea LMS
- 5.3. Setări și funcționalități ale LMS
- 5.4. LMS – provocări și avantaje
- 5.5. Soluții disponibile pentru dezvoltarea LMS

6. Simulatoare de sudare

- 6.1. Sisteme de simulare a sudării
- 6.2. Realitatea Augmentată
- 6.3. Realitatea Virtuală
- 6.4. Diferențe între un simulator de sudare și un sistem real de sudare
- 6.5. Pregătirea simulatoarelor de sudare

CONȚINUT

1. Instrumente digitale și tehnologii de instruire

Acest modul acoperă subiecte legate de instrumentele digitale utilizate în instruirea în sudare și care sunt avantajele și dezavantajele utilizării instrumentelor digitale în sudare. Sunt prezentate mai multe aplicații software utilizate în instruirea sudorilor pentru a arăta importanța și relevanța instrumentelor digitale în procesul de învățare.

Există două moduri în care informațiile sunt transmise elevilor: primul se referă la faptul că profesorul este în centrul activității de învățare, iar al doilea îl pune pe elev în mijlocul tuturor activităților. Utilizarea instrumentelor digitale în activitatea de învățare poate fi aplicată cu succes la a doua opțiune, luând în considerare afinitatea tinerilor pentru tot ceea ce înseamnă conectivitate și punerea la dispoziție a informațiilor în orice loc, timp și mod.

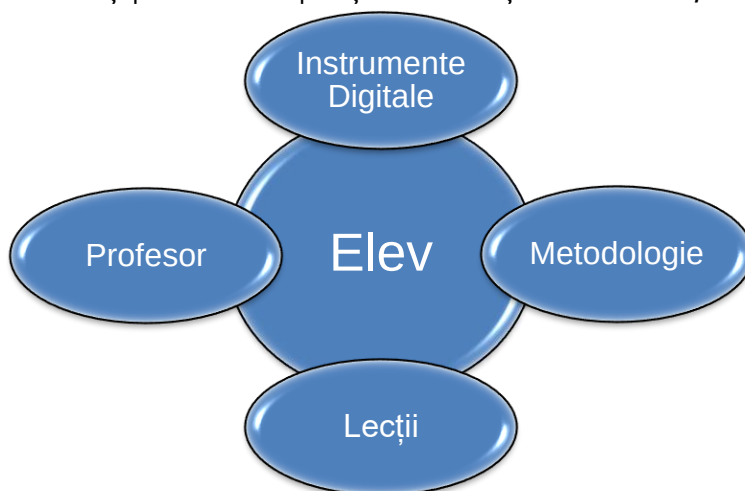


Fig. 1.1 Învățarea centrată pe elev

Învățarea centrată pe elev poate fi realizată dacă sunt respectate câteva reguli:

- Claritate cu privire la modul în care se va promova, evalua și încheia procesul educațional
- Elevii trebuie învățați să gândească
- Elevii trebuie ajutați să înțeleagă ce este necesar să învețe
- Trebuie diversificate informațiile referitoare la modul de înțelegere informațiilor
- Elaborarea curiculei și a instrucțiunilor referitoare la ce este necesar de știu
- Colaborarea cu elevii pentru a crea grila de evaluare sau ghidul de notare
- Elevii trebuie lăsați să decidă asupra proiectelor
- Elevii trebuie lăsați să decidă asupra mediului din care extrag informațiile necesare
- Utilizarea unor testări rapide ca parte a procesului de evaluare sumativă
- Crearea unui cadru educațional care să cuprindă scopul educației, procesul de învățare, îmbunătățirea performanțelor elevilor

1.1. Digital tools used in welding training

Instrumentele digitale, utilizate în principal în formarea persoanelor din profesia de sudor, sunt în mare parte dedicate aspectelor teoretice prezentate în format digital (doc., pdf., ppt., imagini și videoclipuri), precum și procesului de evaluare aferent disciplinelor predate. Noutatea constă în faptul că informațiile sunt încorporate în aplicațiile dedicate învățării care includ atât documente electronice, cât și imagini video și animații, toate fiind compilate într-un mod interactiv.



a.

b.



c.

d.

Fig. 1.2 Exemple de instrumente digitale utilizate în instruirea în profesia de sudor
 a. Aplicația de învățare FutureWeld, b. Aplicația de evaluare FutureWeld, c. Aplicația de învățare Microbond, d. Aplicația de evaluare Microbond

Următorul pas este combinarea instruirii teoretice și practice și acest lucru poate fi realizat prin utilizarea simulatoarelor de sudare. Simulatoarele de sudare pot susține atât evaluarea elevului teoretică, practică, atât în mediul online cât și în mediul offline.



Fig. 1.3 Simulatoare de sudare [1]

IMPORTANT DE REȚINUT

1. Instrumentele digitale înseamnă orice aplicație software sau dispozitiv electronic care este utilizat la instruire

2. Aplicațiile software sunt utilizate în principal pentru instruirea teoretică și examinarea cunoștințelor cursanților
3. Simulatoarele de sudare pot fi utilizate atât pentru instruirea teoretică și practică în sudare, cât și în procesul de examinare

1.2. Avantajele și dezavantajele instrumentelor digitale utilizate în educația în domeniul sudării

Utilizarea instrumentelor digitale de în educația în domeniul sudării prezintă atât avantaje, cât și dezavantaje pentru procesul de învățare și formare a viitorilor sudori. Principalele avantaje ale sudării simulate sunt:



Fig. 1.4 Avantajele utilizării instrumentelor digitale în procesul de învățare

Economic

- Costuri reduse energetice și cu întreținerea simulatorului
- Costuri reduse cu profesori/instructori
- Costuri reduse cu pregătirea materialelor de bază și creșterea timpul de arc (sudare) pentru cursanți
- Componente specifice din structura construcțiilor industriale sudate pot fi simulate

Ecologic

- Fără emisii având în vedere că toate operațiile de sudare sunt simulate
- Fără deșeuri material care pot afecta mediul
- Amprentă de carbon redusă având în vedere consumul energetic redus

Sigur

- Instruirea are loc într-un mediu sigur, fără accidente de natură termică, radiații sau gaze
- Fără riscuri asociate de natură electrică specifice instalațiilor trifazate

Educațional

- Interfață AR/VR prietenoasă cu utilizatorul
- Potențial crescut pentru activități autodidactice și de autoevaluare
- Dezvoltarea unui system de evaluare competitive va conduce la îmbunătățirea cunoștințelor cursanților
- Oferirea mai multor grade de dificultate pentru exercițiile practice
- Se poate aplica pentru majoritatea procedeele de sudare cu arc electric
- Permite instruirea la distanță prin conectarea simulatorilor de sudare la servere în cloud
- Analiză aprofundată a sudurilor și a procesului de sudare realizat de cursanți

Din punct de vedere al dezavantajelor, simularea proceselor de sudare nu poate substitui sudarea reală. Există două categorii de dezavantaje identificate:



Fig. 1.5 Dezavantajele utilizării instrumentelor digitale în procesul de învățare

Resursa umană

- Lipsa abilităților digitale ale profesorilor / formatorilor în ceea ce privește integrarea simulatoarelor de sudare în procesul de învățare
- Lipsa abilităților digitale ale profesorilor / formatorilor în ceea ce privește integrarea aplicațiilor software în procesul de învățare

Tehnologie limitată

- Simulatoarele de sudare permit formarea practică pentru a îmbunătăți abilitățile cursanților, dar nu acoperă celelalte aspecte legate, de exemplu, de pregătirea materialului de bază
- Există unele limitări tehnologice în ceea ce privește aprinderea arcului, care sunt diferite de sudarea reală
- Nu toate procesele de sudare pot fi digitalizate în simulatorul de sudare

2. Sistem de management al învățării

Instrumentele digitale pot fi definite ca orice dispozitive și tehnologii de transmitere a cunoștințelor de la profesor la student cu aplicații computerizate, suporturi de curs online sau instruire practică prin dispozitive care utilizează realitatea augmentată, realitatea virtuală etc.

Instrumentele digitale sunt concepute pentru a ajuta elevii și profesorul în procesul de învățare. Acest subcapitol conține informații de bază privind instrumentele digitale și metodologiile specifice pentru procesul de învățare într-un mediu digital.

2.1. Mediul virtual de învățare

Mediul virtual de învățare (VLE) constă dintr-un sistem digital care oferă materiale educaționale (cursuri, prezentări, videoclipuri, animații și aplicații software) studenților folosind pagini web online. Utilizând o conexiune la internet pe propriile instrumente digitale (computere, tablete, smartphone-uri etc.) utilizatorii pot accesa informațiile atât în școală cât și în afara școlii 24 de ore pe zi și 7 zile pe săptămână. Un VLE susține înregistrarea elevilor, urmărirea activităților lor, colaborarea și comunicarea dintre elevi, profesori și evaluare. Există trei tipuri diferite de VLE:

- Open source - sunt oferite gratuit pentru utilizare și adaptare, dar în majoritatea cazurilor sunt necesare anumite taxe pentru activitățile de asistență

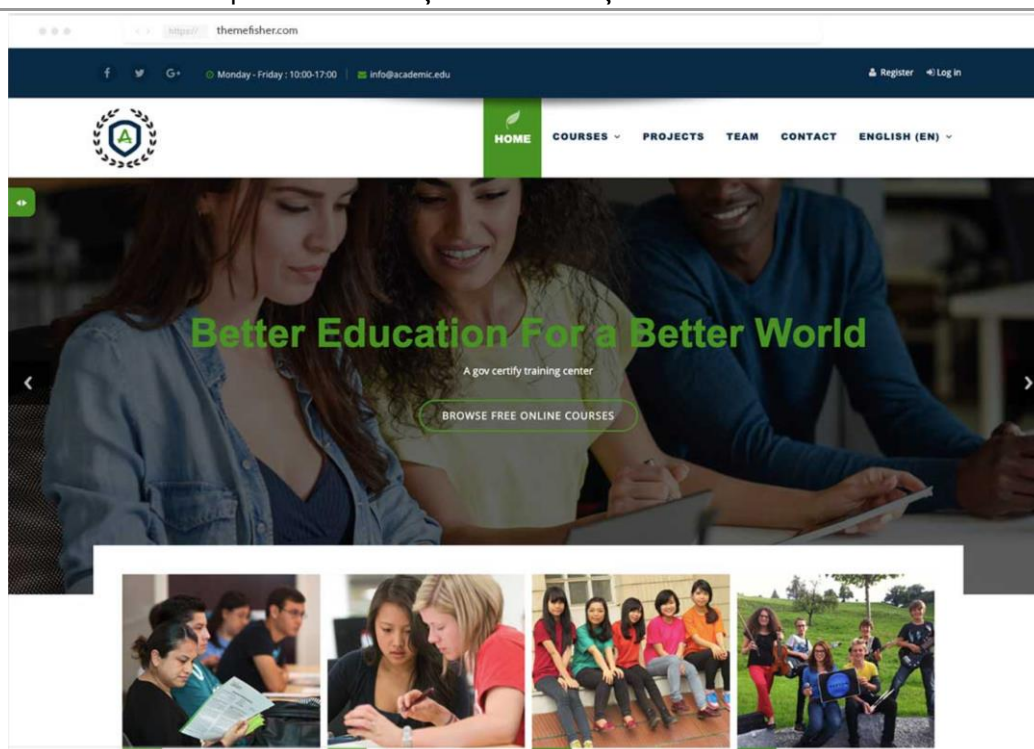


Fig. 2.1 Open source VLE [2]

- Bespoke - sunt dezvoltate de institutele de educație și formare pentru a se conforma propriilor nevoi



Fig. 2.2 Bespoke VLE [4]

- Of-the-shelf - produsele sunt soluții complete care sunt apoi adaptate pentru a satisface nevoile organizației, mult mai aplicate decât aplicațiile plătite sau personalizate.

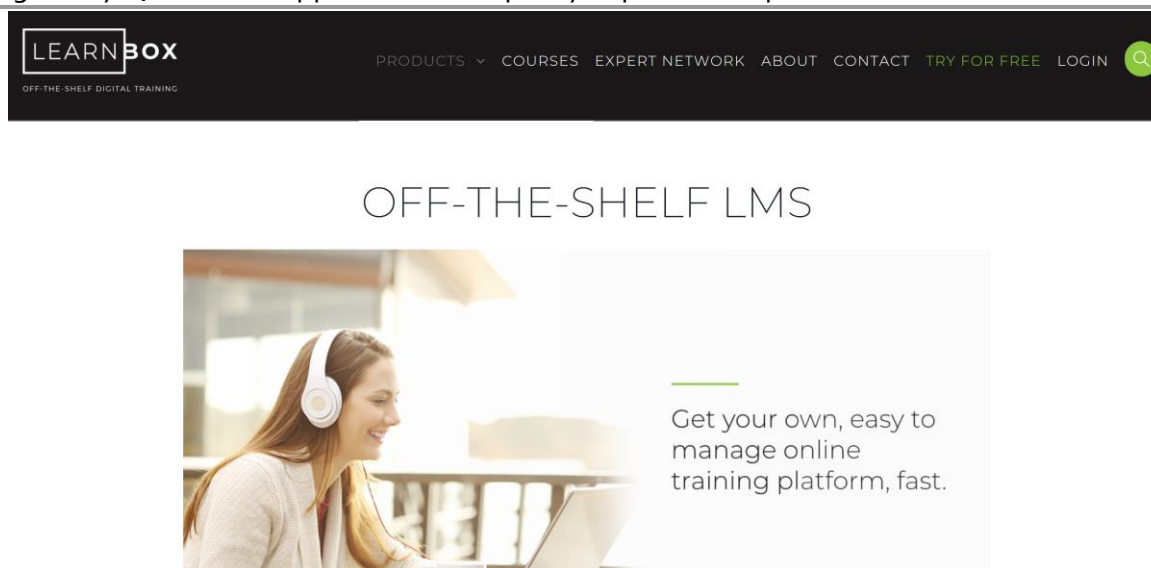


Fig. 2.3 Off-the-shelf LMS[3]

2.2. Definiția și caracteristicile LMS

Un sistem de management al învățării (LMS) este același lucru cu mediul virtual de învățare (VLE). Un alt nume pentru LMS este sistemul de gestionare a cursurilor (CMS). Ca definiție generală, sistemul de management al învățării este o aplicație software sau o tehnologie bazată pe web pentru planificarea, implementarea și evaluarea unui proces de învățare specific. Principalele caracteristici ale LMS sunt:

- Posibilitatea de a încărca sau crea și livra materiale educaționale
- Monitorizarea participării elevilor și evaluarea continuă pentru îmbunătățirea procesului de învățare și a performanței acestora
- Este un instrument interactiv, pentru aplicații cum ar fi discuții pe un domeniu specific, conferințe video, forumuri etc.

2.3. Implementarea unui LMS și funcționalitățile acestuia

Funcționalitățile unui LMS sunt definite în majoritatea cazurilor de către dezvoltator. Cu toate acestea, unele funcționalități minime ar trebui să fie furnizate de orice LMS.

Rapoarte

Profesorii pot beneficia de rapoartele LMS pentru a evalua performanța elevilor. Informațiile privind timpul individual de studiu, modulele utilizate în timpul procesului de învățare, studiile de caz și orice alte activități efectuate de studenți vor reprezenta elemente de intrare pentru analiză.

Analiză

Această caracteristică îi va permite profesorului să evalueze performanța elevului, precum și să găsească cea mai bună soluție pentru a îmbunătăți performanța acestuia.

Particularizare

Platformele LMS permit dezvoltatorului să personalizeze experiența e-Learning. Începând cu sigla companiei și încorporând toate materialele educaționale într-o structură consolidată va crește performanța sistemului de management al învățării. Dezvoltatorul poate crea, de asemenea, o cale de învățare personalizată pentru fiecare student, pentru a îmbunătăți procesul de învățare. În cazul utilizării instrumentelor digitale, cum ar fi simulatoarele, pentru pregătirea practică, profesorul / formatorul poate decide ce metodă de evaluare poate fi utilizată pentru evaluarea competențelor și abilităților elevului. O altă componentă importantă este legată de tipurile și formatele materialelor educaționale. LMS ar trebui să accepte cel puțin documente în format doc și pdf, prezentări și tipurile video obișnuite, cum ar fi avi, mp4, etc.

Evaluare

Reprezintă una dintre cele mai importante caracteristici ale LMS. Sistemul permite evaluarea în timpul cursului prin teste cu răspunsuri multiple pentru a determina cunoștințele elevilor, precum și modul în care aceștia sunt capabili să aplice informațiile în primite în condiții de muncă reale.

Comunicare

Această caracteristică permite participanților să împărtășească cunoștințe și experiențe proprii pentru a îmbunătăți procesul de învățare. Mai mult, studenții pot lucra împreună la aceleași proiecte și studii de caz în același timp.

2.4. LMS – provocări și avantaje

Avantajele LMS în procesul de învățare sunt bine cunoscute de instituțiile care folosesc sistemul. Cel puțin trei beneficii majore pot fi identificate atunci când un LMS este implementat și utilizat în procesul de învățare.

Provocările sunt, de asemenea, ridicate atunci când un LMS este implementat pentru mai mult de un program de studii. Șabloanele digitale pentru cursuri, prezentări, videoclipuri și aplicații software trebuie să acopere toate aspectele legate de dezvoltarea materialelor educaționale. O provocare majoră este legată de armonizarea și schimbul de informații între două sisteme de management al învățării. Elevii din diferite școli ar trebui să poată face schimb de informații cu alți colegi folosind caracteristicile LMS.

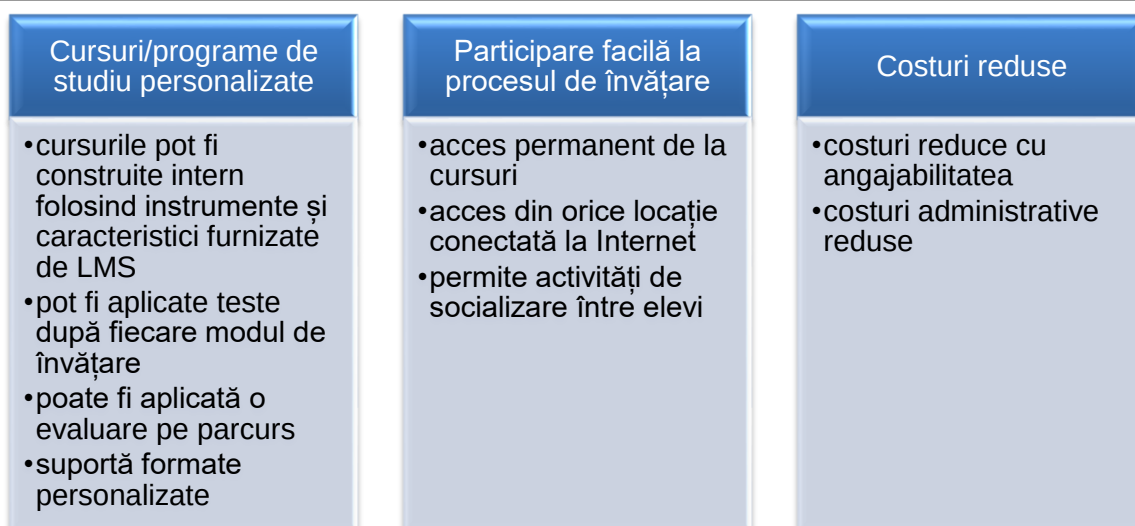


Fig. 2.4 Beneficiile utilizării LMS în procesul de învățare

2.5. Soluții disponibile de dezvoltare a unui LMS

Există mai multe opțiuni disponibile în ceea ce privește dezvoltarea unui LMS. Opțiunile pentru dezvoltarea unui LMS sunt în corelație directă atât cu aspectele tehnice (platformă, structură etc.), cât și cu cele financiare. O diagramă a opțiunilor LMS este prezentată mai jos.



Fig. 2.5 LMS – opțiuni de dezvoltare

Local vs Internet

Există o mare diferență între LMS instalat în propriul computer / server ca aplicație dedicată și un sistem de management al învățării dezvoltat pe o platformă web. Adoptarea unei soluții instalate pe propriul server înseamnă atât necesitatea unui suport tehnic adecvat, cât și costuri mai mari pentru instalarea aplicației. Suportul tehnic și întreținerea aplicației vor fi realizate de personalul propriu, iar costurile financiare sunt legate în principal de costul real al aplicației. Dacă această aplicație este personalizată, costurile de achiziție vor fi mai mari. A doua opțiune este cea mai recomandată. Implementarea unui LMS online va reduce costurile de achiziție, iar personalul IT al platformei online va sprijini întreținerea. Mai mult, un LMS este în continuă dezvoltare și actualizare, iar costurile sunt suportate de cei care susțin platforma online.

Cloud vs Server

Aceste opțiuni sunt, de asemenea, importante atunci când se implementează un LMS. Dacă se adoptă varianta HOST, controlul LMS este disponibil exclusiv dezvoltatorului. Avantajul acestei opțiuni este că dezvoltatorul LMS va avea control deplin asupra aplicației și poate face toate modificările pe care le consideră adecvate. Cu toate acestea, controlul complet vine, de asemenea, cu responsabilități în ceea ce privește securitatea datelor și actualizările disponibile pentru server. A doua variantă, CLOUD, nu oferă control deplin asupra aplicației, ci doar utilizarea acesteia. Din punctul de vedere al procesului de învățare și al profesorilor / formatorilor, această opțiune este cea mai bună, având în vedere că toată atenția va fi acordată dezvoltării cursurilor, prezentărilor, videoclipurilor și studiilor de caz practice pe care utilizatorii le vor folosi.

Gratuit vs Comercial

LMS-urile gratuite sunt disponibile într-o varietate de soluții software. Dacă bugetul alocat dezvoltării LMS este mic, atunci această opțiune este cea mai bună de luat în considerare. Cu toate acestea, există un dezavantaj major, și

anume că instalarea platformei și întreținerea acesteia vor fi responsabilitatea personalului propriu. Se recomandă achiziționarea unei platforme LMS care oferă o experiență foarte bună în ceea ce privește aspectul, interfața, accesul la documente, evaluarea performanței etc.

Liber vs Licențiat

Software-ul open source (OSS) este distribuit în baza unui acord de licențiere care permite codul computerului să fie partajat, vizualizat și modificat de către alți utilizatori și organizații. Software-ul open source este disponibil publicului larg pentru a-l utiliza și modifica gratuit din designul original. Ceea ce înseamnă este că o bucată de software poate evolua și poate fi repetată de alți dezvoltatori oriunde în lume. În mod ideal, acest lucru înseamnă că software-ul este îmbunătățit în timp, dar de multe ori poate suferi modificări consistente, iar această evoluție poate schimba forma în întregime. Cu toate acestea, software-ul open source este vulnerabil pentru dezvoltatorii care aleg să modifice codul sursă în beneficiul lor.

Software-ul sursă închisă (CSM) poate fi definit ca software proprietar distribuit în baza unui acord de licență către utilizatorii autorizați cu restricții private de modificare, copiere și republicare. În general, factorii cheie care evidențiază diferența între software deschis și închis sunt:



Fig. 2.6 Factori cheie care diferențiază OSS și CSM

3. Simulatoare de sudare

Evoluția tehnologică a permis utilizarea simulatoarelor pentru instruirea ucenicilor sudori în vederea obținerii abilităților necesare pentru inserarea pe piața muncii. Cele mai multe simulatoare moderne sunt rulate de un computer personal și utilizează software, care permit o varietate de procese. Acestea includ configurarea (de exemplu, selectarea materialelor, tipul de sudură și setările echipamentului de sudare), evaluarea performanței și furnizarea de feedback, în conformitate cu al doilea și al treilea principii de formare. [5]

3.1. Sisteme de simulare a sudării

Simulatoarele de sudare sunt construite folosind tehnologii moderne precum Realitatea Virtuală (VR) sau Realitatea Augmentată (AR). Aceste tehnologii oferă afișarea pe ecranul simulatorului a informațiilor sub forma unui feedback vizual. În sistemele VR, o mască cu afișaj încorporat (HMD) creează mediul virtual. Sudorul nu poate vedea pistolul și suprafețele de sudare; în schimb, ei văd o reprezentare virtuală a acestora proiectată pe HMD. În sistemele AR, o imagine digitală sau o animație se suprapune asupra imaginii reale care poate fi vizualizată prin intermediul monitoarelor. Spre deosebire de sistemele VR, în sistemele AR, sudorul poate vedea pistolul de sudare și suprafețele ce urmează a fi sudate, cu care interacționează. În sistemele VR și AR, imaginile virtuale sunt utilizate pentru a oferi feedback vizual. Un monitor separat este, de asemenea, inclus în general pentru a permite instructorilor să vadă performanța elevilor și să evalueze performanțele după finalizarea sudării.



Fig. 3.1 Simulatoare de sudare AR și VR
a. simulator de sudare AR [6], b. simulator de sudare VR [7]

3.2. Realitatea augmentată

Tehnologia realității augmentate (AR) permite amestecarea lumilor reale și virtuale. Aplicațiile AR pot traduce acea imagine codificată într-un element virtual de pe ecran. Unele aplicații includ chiar opțiunea de a adăuga elemente virtuale la o fotografie, împreună cu o anumită evaluare dimensională 3D care le permite să se deplaseze în jurul imaginii ca și cum ar fi făcut parte din scenă. AR este o vedere directă sau compusă în direct a unui mediu fizic, din lumea reală, suprapus cu elemente virtuale, care au fost îmbunătățite prin intrarea senzorială generată de computer, cum ar fi sunet, video, grafică sau date GPS. Cele mai frecvente aplicații cunoscute de utilizatori sunt legate de codurile de scanare QR și de jocuri precum Pokemon Go.

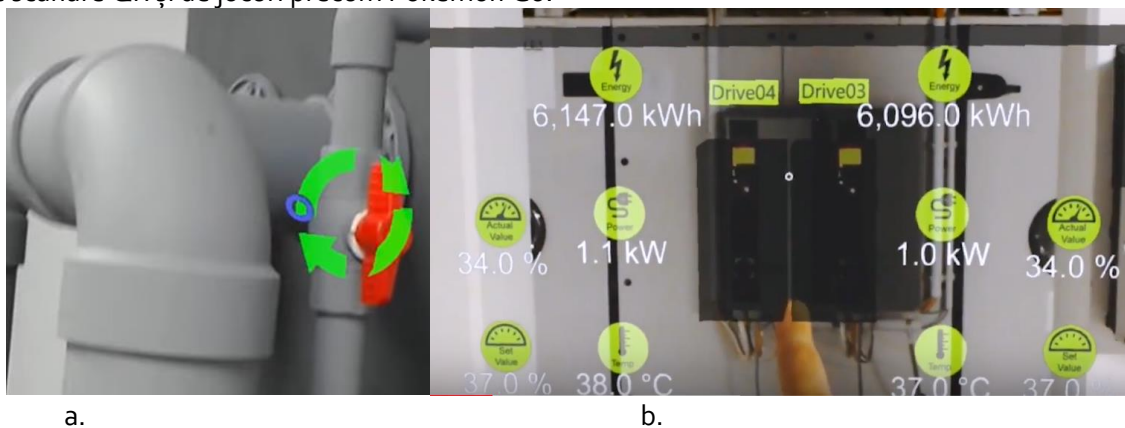


Fig. 3.2 Aplicații cu tehnologie AR

a. HoloLens – Aplicație de întreținere a circuitelor de pompare, BEApplied Research, [8], b. Phoenix Contact – AR utilizată în Industria 4.0, [9]

Cele trei componente majore ale tehnologiei AR sunt: hardware, software și un server de la distanță.



Fig. 3.3 Arhitectura de bază a unui sistem AR

Hardware

Componentele hardware ale unui sistem AR constau dintr-un procesor utilizat în procesul de calcul, un dispozitiv de afișare precum afișajele montate pe cap (HMD), ecranul smartphone-ului (SS), ochelarii (EG), un dispozitiv de intrare care poate fi o cameră web și senzori de poziție, cum ar fi GPS, giroscop, accelerometru. De asemenea, pentru o mai bună interactivitate, sistemele AR au senzori.



Fig. 3.4 Monitoare pentru aplicații AR
a. HMD [10], b. SS [11], c. EG [12]

Software

Imaginile virtuale, utilizate pentru suprapunerea peste imaginea reală reală, pot fi generate folosind software-ul 3D. Software-ul poate fi AutoCad3D, StudioMax sau Cinema4D. Datele CT și RMN pot fi, de asemenea, adăugate în lumea reală. De asemenea, pentru a experimenta realitatea augmentată, utilizatorul final trebuie să descarce o aplicație software sau o extensie pentru aplicația de navigare.

Server la distanță

Serverul de la distanță este necesar pentru stocarea imaginilor virtuale create utilizând software. Serverul de la distanță poate furniza imagini virtuale stocate de pe serverul web sau cloud.

3.3. Realitatea virtuală

Tehnologia realității virtuale (VR) își propune să creeze un mediu 3D realist pe care utilizatorul îl poate percepe ca real. Utilizatorul poate chiar interacționa într-un mod realist. Mediul virtual poate fi creat pe un computer cu afișaj sau pe monitoare din construcția unei căști VR (HMD). O cască VR poate integra atât componente hardware, cât și software și poate include numai componente software, dar, în acest caz, este necesar un computer. Un dispozitiv VR complet ar trebui să conțină componentele necesare pentru a oferi cea mai bună experiență.



Fig. 3.5 Sistem complet VR

Fluxuri de conținut

Fluxurile de conținut sunt furnizate de hardware, de obicei hardware-ul dintr-un computer, consolă sau telefon. Acestea sunt date care alcătuiesc lumea digitală și trebuie să provină de undeva. Experiența de formare VR poate fi realizată într-o singură aplicație sau joc. De asemenea, prin utilizarea tehnologiilor VR, studenții pot comunica și împărtăși proiectele lor sau studiile de caz. Conform Google [13], conținutul VR înseamnă o simulare generată de computer a unei imagini sau a unui mediu tridimensional cu care se poate interacționa într-un mod aparent real sau fizic de către o persoană care utilizează echipamente electronice speciale, cum ar fi o cască cu ecran în interior sau mănuși prevăzute cu senzori.

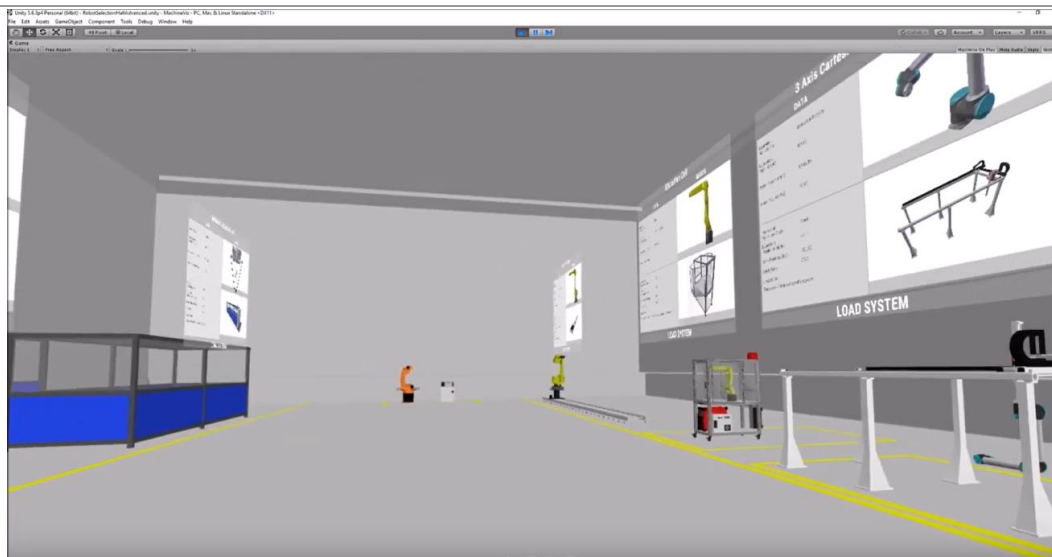


Fig. 3.6 Conținut VR [14]

Controale

Căștile VR foarte simple permit explorarea și interacțiunea de bază cu câteva butoane fizice poziționate pe cască. Căștile mai avansate oferă controlere manuale portabile (Nintendo Wii). Cele mai avansate oferă controlere care imită dispozitive reale, cum ar fi pistolul de sudare și electrozii. Acestea interacționează direct cu hardware-ul care trimite fluxul de conținut.



Fig. 3.7 Controale VR [15]

Monitoare

Afișajul este locul în care imaginea VR este transmisă spre globii oculari. La început, în ochelari erau incluse două afișaje separate, câte unul pentru fiecare ochi, iar aceasta rămâne o abordare populară pentru sisteme precum Oculus Rift. Dar, din cauza costului suplimentar și a componentelor, acest lucru este mai puțin frecvent în zilele noastre. Multe căști ieftine folosesc pur și simplu ecranul complet al smartphone-ului ca afișaj sau un singur ecran OLED. De fapt, simulatoarele de sudare VR folosesc afișaje încorporate în cască de sudare pentru a fi mai aproape de sudarea reală.



Fig. 3.8 Monitoare pentru simulatoare de sudare VR
a. Smartphone simplu [16], b. Cască VR [17]

Obiective oculare

Rolul obiectivelor oculare este de a modifica lumina care intră într-un mod care se concentrează asupra receptorilor noștri din spatele ochilor. Obiectivul se pliază în funcție de distanța dintre ochi și de lucrul pe care se concentrează ochiul. Dacă utilizatorul se uită la ceva foarte apropiat, obiectivele trebuie să se retragă mult pentru a vă oferi o imagine clară. Dacă utilizatorul se uită la ceva la distanță, obiectivul nu trebuie să se retragă mult. Multe căști includ lentile care ajută la concentrarea ochilor pe ecran, astfel încât utilizatorul să se uite într-un mediu real. Acesta este ceea ce permite VR-ului să funcționeze pe ecrane unice, cum ar fi smartphone-urile. Versiunile mai avansate permit, de asemenea, reglarea obiectivului, ceea ce este foarte important atât pentru obosirea ochilor, cât și pentru realism.

Suprafața vizibilă

Un câmp vizual perfect ar fi, desigur, 360 de grade. Deoarece acest lucru nu este posibil la o cască, majoritatea creatorilor de cască VR utilizează unghiuri de vizibilitate de la 100 până la 120 de grade, ceea ce ajută la îmbunătățirea imersiunii. Cu toate acestea, dacă imaginile virtuale sunt generate pe monitoare, vizualizarea la 360 de grade poate fi realizată.

Rata de transmisie a imaginilor

Cu cât rata cadrelor este mai mare, cu atât este mai bună imersiunea, așa că obiectivul construcția unui și hardware puternic care să furnizeze conținut de la 60 FPS la 120 FPS. Este posibil ca pentru experiențele mai puțin ambițioase să se furnizeze o rată a cadrelor foarte mare, dar dacă aceasta scade foarte mult, atunci toată imersiunea se pierde și adesea apar efecte secundare cum ar fi durerile de cap.

Senzori de urmărire

Căștile avansate trebuie să știe când utilizatorul își mișcă capul, mâinile și chiar corpul, astfel încât să poată muta fluxul de conținut în mod similar. Deci, căștile vin, de asemenea, cu senzori de mișcare montați pe cască - și, uneori, și pe hardware, suplimentar pentru cartografia spațiului. Majoritatea senzorilor de urmărire utilizează câmpuri magnetice care necesită o sursă de energie suplimentară pentru a genera curentul necesar pentru funcționare.

Audio

Fluxul audio este fie furnizat ca parte a fluxului de conținut din cască, fie ca un flux separat care utilizează un set de căști pentru difuzoare suplimentare pe care utilizatorul trebuie să le poarte.

3.4. Diferența dintre un simulator de sudare și un sistem real de sudare

Utilizarea simulării sudării prezintă multe diferențe față de sistemul real de sudare. Tabelul următor vă arată cele mai relevante aspecte:

Simulator de sudare	Sistem de sudare real
• Practică în mediu augmentat • Mai puțin poluant • Mai sigur - mai puține accidente • Mai ieftin • Practică nelimitată în mediu AR/VR • Timp redus pentru practică • Se reduce impactul asupra mediului • Sudor mai calificat	• Practică într-un spațiu redus • Emisii de gaze • Risc de accidentare termică • Scump - mai mulți bani • Necesită repetări numeroase • Timp mare pentru practică • Mai poluant • Sudor mai puțin calificat

Fig. 3.9 Diferențe între un simulator de sudare și un sistem real de sudare

3.5. Pregătirea simulatorilor de sudare

Putem găsi diferite configurații, depinde de producătorul pe care îl alegem. În toate cazurile, simulatorul de sudare include un manual de utilizare complet (pdf-doc, online sau ambele). Acestea tind să fie mai mult sau mai puțin extinse în funcție de beneficiile pe care le oferă. De exemplu, prima și una dintre cele mai completate soluții de simulare a sudării numită „SOLDAMATIC” include un manual al proprietarului cu o secțiune dedicată despre sarcinile de configurare. În mod normal, aceste sarcini sunt grupate în:

General • Limba • Mod • Data și Ora • Unități de măsură • Standarde	Login • Utilizator • Parolă	Pagina de start SOLDAMATIC • Cursuri • Exerciții de sudare predefinite • Manual utilizator și tutorial • Exerciții libere demonstrative	Selecția cursului • Cursuri generale • Cursuri specifice	Parametrii de sudare • Procedeu • Tip îmbinare • Poziție • Material de bază • Grosime • Tip material de adaos • Diametru material de adaos • Gaz
Proiectare treceri sudare • Lungimea sudurii • Număr de treceri • Model • Secvența operațiilor de sudare • Tehnica de sudare	Calibrarea luminozității • Mai luminos • Mai puțin luminos	Informații pe afișaj	Modul de analiză • Vizualizare rezultate • Șterge sudură și reluare exercițiu • Continuarea exercițiului • Selectarea activității	

Fig. 3.10 Pregătirea simulatorului de sudare SOLDAMATIC

BIBLIOGRAFIE

- [1] Savu SV – Welding simulator, alternative digital tool for practical training of the future welders, ASR Conference, Buzau, 2015
- [2] Open source (Moodle based) example: <https://themefisher.com/moodle-bootstrap-themes/>
- [3] Off-the-shelf LMS product: <https://learnbox.co.za/off-the-shelf-lms/>
- [4] University of Craiova, LMS - <https://ciso1.central.ucv.ro/evstud/>
- [5] Susannah J. Whitney, Ashley K. W. Stephens – Use of Simulation to Improve the Effectiveness of Army Welding Training, Commonwealth of Australia, 2014
- [6] Soldamatic – Augmented Training for Welding, <http://www.soldamatic.com/soldamatic2018/>

- [7] Lincoln Electric – VRTEX360 Virtual Welding Trainer, <https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/training-equipment/vrtex360/pages/vrtex-360.aspx>
- [8] BEApplied Research, HoloLens Plant Maintenance, <https://www.youtube.com/channel/UCdXVL3uTXP-icWKB7K2Yivw>
- [9] Phoenix Contact - Augmented reality in use for industry 4.0 and building technology, <https://www.youtube.com/watch?v=UhW12bILH7U>
- [10] Lily Prasuethsut, Meta thinks Pokémon Go is perfect for the AR headset, <https://www.wareable.com/ar/meta-pokemon-go-2962>
- [11] Industry Reports, Global Augmented Reality Market to Witness a Pronounce Growth During 2024– Top Key players like Google Inc., Microsoft Corporation, Vuzix Corporation, Samsung Electronics Co., Ltd., Qualcomm Inc., Oculus VR, LLC, EON Reality, Inc. Infinity Augmented Reality Inc & Others, <https://industryreports24.com/430907/global-augmented-reality-market-to-witness-a-pronounce-growth-during-2024-top-key-players-like-google-inc-microsoft-corporation-vuzix-corporation-samsung-electronics-co-ltd-qualcomm-i/>
- [12] Husain Sumra, The best augmented reality glasses 2019: Snap, Vuzix, Microsoft, North & more, <https://www.wareable.com/ar/the-best-smartglasses-google-glass-and-the-rest>
- [13] Google, <https://virtualrealitypop.com/what-is-real-vr-content-3e66e3810894>
- [14] MindRend Technologies, VR Robotics Simulator, <https://www.youtube.com/channel/UCDWYIOAzV8qIhxa4yXbjmpQ>
- [15] Fronius Virtual Welding, <http://www.funworld.com/en/funworldtech/projects-and-partners/fronius-virtual-welding>
- [16] Weld VR simulator, <http://weld-vr.com/en/>
- [17] Lincoln Electric VRTEX 360, <https://www.lincolnelectric.com/de-de/support/application-stories/Pages/Pitt-Community-College.aspx>

GLOSAR

Acesta secțiune include principalele concepte, noi și / sau complexe prezentate în modul, sub formă de dicționar. Acest tip de resursă este important mai ales atunci când cursul se adresează studenților fără cunoștințe despre subiect. Intrările din glosar sunt ordonate alfabetic.

Welding Processes - GMAW

1.1 Denumire curs

Sudarea cu electrod fuzibil în mediu de gaz protector

1.2 Durată curs

5 ore

1.3 Scop curs

În acest modul sunt prezentate elemente specifice legate de procesul de sudare GMAW, în special legate de echipamentele de sudare, parametrii de sudare, tehnici tipice de sudare și materiale de adaos utilizate.

Elevul, în cadrul acestui modul, va învăța noțiuni despre echipamente de sudare, parametri, tehnici; acest lucru îi va permite să-și îmbunătățească cunoștințele despre procesul de sudare GMAW.

1.4 Obiectivele cursului

Cunoștințe	Abilități	Atitudini
Obținerea de competențe generale în procesul de sudare GMA	Introducere generală privind procedeul de sudare GMA	În timpul cursului, elevii vor demonstra o bună cooperare cu profesorii și colegii de clasă, pentru a îmbunătăți cunoștințele și a împărtăși informații.
Identificarea componentelor principale ale echipamentelor de sudare și a elementelor necesare întreținerii acestora	Identificarea componentelor mașinii de sudat Identificarea competențelor generale privind întreținerea acestora	
Îmbunătățirea competențelor privind măsurarea parametrilor de sudare	Identificarea parametrilor principali ai procedeului de sudare GMA Măsurarea și controlul parametrilor de sudare	
Îmbunătățirea competențelor privind gazele de protecție	Identificarea gazelor de protecție Alegerea gazului de protecție corect și cunoașterea principalelor sale proprietăți	
Îmbunătățirea competențelor privind materialul de adaos	Identificarea diferențelor dintre diferite materiale de adaos Alegerea corectă a materialului de adaos ca urmare a proprietăților îmbinării	
Identificarea modurilor de transfer în procedeul de sudare GMA	Aplicarea diferitelor moduri de transfer ale procedeului de sudare Alegerea corectă a modului de transfer ca urmare a tipului de îmbinare	

Identificarea diferitelor tehnici de sudare, cu explicații specifice privind modul corect de sudare	Obținerea competenței cu privire la diferite tehnici de sudare Cunoașterea tehnicii corecte de sudare pentru diferite poziții de sudare	
Îmbunătățirea competenței în practica sudării	Cunoașterea pregătirii piesei de sudat Obținerea competenței privind la identificarea principalele defecte de sudare și modalități de evitare a acestora	

1.5 Cuprins

1. Introducere

- 1.1 Caracteristici principale
- 1.2 Componente principale

2. Echipament

- 2.1 Sursa de sudare
- 2.2 Dispozitiv de avans al sârmei
- 2.3 Pistolet
- 2.4 Duza de contact și capătul liber al sârmei electrod
- 2.5 Duza de gaz
- 2.6 Cablul de împământare

3. Măsurarea parametrilor de sudare

- 3.1 Tensiune și curent
- 3.2 Viteza de sudare
- 3.3 Calcularea energiei liniare
- 3.4 Debitul de gaz protector

4. Consumabile

- 4.1 Gaz de protecție
- 4.2 Sudarea cu gaz inert
- 4.3 Sudare cu gaz activ

5. Sârme electrod

- 5.1 Sârmă plină
- 5.2 Sârmă tubulară

6. Parametrii și mod de transfer

7. Tehnica

- 7.1 Parametrii
- 7.2 Poziția pistolului de sudare și a capătului liber al sârmei electrod

7.3 Viteza de sudare și tehnica de balans

8. Practica sudării

8.1 Pregătirea piesei

8.2 Amorsarea arcului

8.3 Tehnica sudării

8.4 Finalizarea sudării

8.5 Resudarea

1.6 Participanți

Caracteristici cursanți:	Competențe tehnice de bază
--------------------------	----------------------------

1.7 Nivel de acces

Cerințe preliminare educaționale:	Elevi din cadrul școlilor vocaționale
Cunoștințe preliminare necesare	Cunoștințe de bază privind sudarea
Vârstă:	Între 16 și 20 ani

1.8 Activități de evaluare

Evaluare sumativă: nu sunt necesare

1.9 Bibliografie (utilizată sau suplimentară)

[1] General course on GMAW welding: IIS training material

UNITATEA NUMĂRUL: Unitatea Didactică 2**TITLUL UNITĂȚII: Sudarea cu electrod fuzibil în mediu de gaz protector (GMAW)****PREZENTAREA UNITĂȚII**

Prezenta unitate de învățare prezintă elemente specifice legate de procesul de sudare GMAW, în special legate de echipamentul de sudare, parametrii de sudare, tehnici tipice de sudare și material de adaos utilizate.

Elevul, în această unitate, va învăța noțiuni despre echipamente de sudare, parametri, tehnici; acest lucru îi va permite să își îmbunătățească cunoștințele despre procesul de sudare GMAW.

OBIECTIVE

Obiectivele unității de învățare sunt:

- Obținerea competențelor generale privind procesul de sudare GMAW
- Identificarea componentelor principale ale echipamentelor de sudare și aspecte privind întreținerea acestora
- Identificarea modurilor de transfer la sudarea GMAW
- Îmbunătățirea competențelor și abilităților în practica sudării

CONȚINUTURI**7. Introducere**

- 7.1. Caracteristici principale
- 7.2. Componente de bază

8. Echipament

- 8.1. Sursa de sudare
- 8.2. Dispozitivul de avans al sârmei
- 8.3. Capul de sudare
- 8.4. Duza de contact și lungimea liberă a sârmei
- 8.5. Duza de gaz
- 8.6. Cablul de împământare

9. Măsurarea parametrilor de sudare

- 9.1. Tensiune și curent
- 9.2. Viteza de sudare
- 9.3. Calcularea energiei liniare
- 9.4. Debitul de gaz de protecție

10. Consumabile

- 10.1. Gazul de protecție
- 10.2. Sudarea cu gaz de protecție inert
- 10.3. Sudarea cu gaz de protecție activ

11. Sârme electrod

- 11.1. Sârmă plină
- 11.2. Sârmă tubulară

12. Parametrii și mod de transfer

13. Tehnica
13.1. Parametrii
13.2. Poziția pistolului de sudare și a capătului liber al sârmei electrod
13.3. Viteza de sudare și tehnica de balans
14. Practica sudării
14.1. Pregătirea piesei
14.2. Amorsarea arcului
14.3. Tehnica sudării
14.4. Finalizarea sudării
14.5. Resudarea

CONȚINUT

1. Introducere

Sudarea cu arc electric este un proces în care căldura este generată de un arc care se formează între sârma consumabilă și piesă. În consecință, sârma îndeplinește atât funcția de electrod, cât și funcția de furnizare a materialului îmbinării, deoarece trecerea curentului determină fuziunea acestuia, aceasta fiind alimentată continuu în zona de sudare de către un cap de sudare (fig. 1).

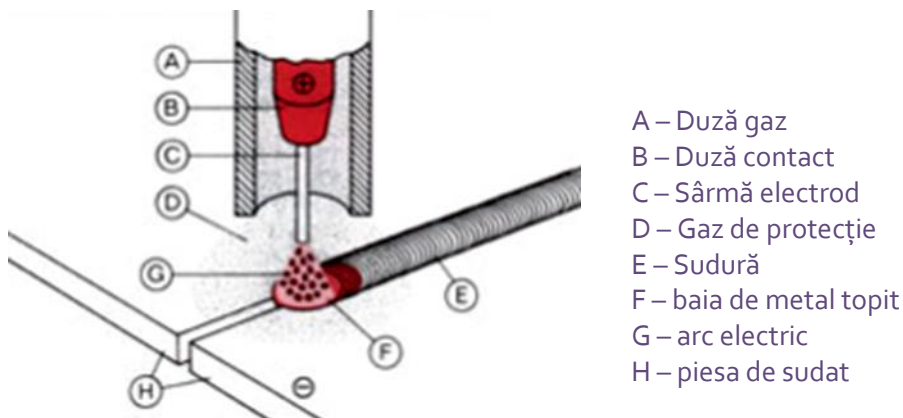


Fig.1: Schema sudării cu electrod fuzibil în mediu de gaz protector

Sârma poate fi plină sau tubulară fiind constituită dintr-un electrod tubular ce conține la interior un flux care poate avea caracteristici diferite, în funcție de aplicație (fig. 2).

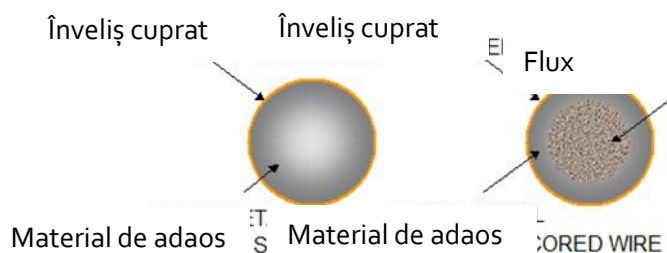


Fig.2: Sârmă plină și tubulară

Atmosfera de protecție necesară pentru a permite arcului electric să funcționeze cât și pentru a evita contaminarea sudurii de către (sudare sub protecție de gaz) sau direct din sârma tubulară, așa cum este cazul pentru electrozi înveliși (sudare fără protecție la gaze).

În consecință, sunt disponibile diferite versiuni ale acestui proces, după cum se indică în următorul tabel care prezintă, pe lângă o descriere sintetică, asigură și clasificarea conform standardelor internaționale (EN ISO 4063: 2010), respectiv conform terminologiei americane AWS A3.0.

Descriere	Clasificare	
	EN ISO 4063	AWS A3.0
Sudarea cu sârmă plină în mediu de gaz protector inert (MIG)	131	GMAW

Sudarea cu sârmă plină în mediu de gaz protector activ (MAG)	135	GMAW
Sudarea cu sârmă tubulară (flux) sub strat de flux cu gaz protector activ	136	FCAW-G
Sudarea cu sârmă tubulară (metal) sub strat de flux cu gaz protector activ	138	FCAW-G
Sudarea sub strat de flux fără mediu de gaz protector	114	FCAW-S

Acest proces de sudare poate fi utilizat și într-un mod semi-automat, atunci când sudorul manipulează pistolul de sudare, atât în modul automat, cât și robotizat, când capul de sudare este deplasat cu ajutorul unor sisteme adecvate (grinzi motorizate, roboți de sudare etc.). În consecință, sudarea cu arc electric în mediu de gaz protector reprezintă unul dintre cele mai aplicate procedee de sudare, datorită în primul rând productivității ridicate care poate fi obținută datorită curenților mari și a cantității mari de material care poate fi depus continuu și fără întreruperi.



Fig.3: Sudarea semi-mecanizată și mecanizată

1.2 Componente principale

Figura 3 prezintă schema unei instalații de sudare pentru sudarea protejată cu gaz. Include o sursă de sudare, un dispozitiv de alimentare cu sârmă, un furtun flexibil de alimentare a pistolului de sudare (în general cu lungimea de 3 m) și pistol de sudare.

În particular, pistoletele de sudare răcite cu apă, folosiți la sudare cu curenți de sudare mari, precum și conducta de aducțiune a gazului sau extragerea fumului din zona de îmbinare pot fi încastrate în corpul pistolului de sudare.

Dispozitivul de avans al sârmei poate fi localizat la nivelul pistolului sau direct pe rola de sârmă

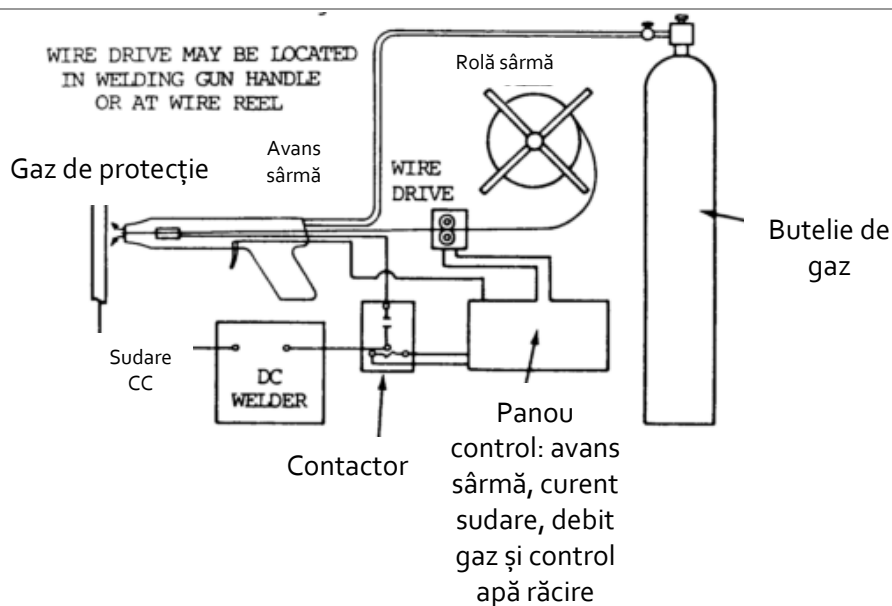


Fig.4: Instalația de sudare

Aceste elemente și funcționarea lor vor fi descrise în detaliu în capitolele următoare, unde vor fi raportate și caracteristicile consumabilelor, tehnicile de execuție și principalele aspecte ale siguranței și prevenirii accidentelor.

2. Echipament

2.1 Sursa de sudare

În sudarea GMA, particularitatea de a avea un dispozitiv de avans al sârmei, de ex. fără controlul direct al sudorului, determină necesitatea de a avea surse de tensiune constantă; acest lucru este legat atât de faptul că amorsarea arcului este posibilă și pentru valori modeste ale tensiunii în gol, cât și de faptul că această caracteristică permite, datorită sistemului de operare particular al procesului, să mențină curentul de sudare strict legat de viteza de avans a sârmei.

În consecință, în sursele de sudare nu există o comandă de reglare a curentului (măsurată în amperi), deoarece aceasta este setată direct cu viteza de avans a sârmei, în schimb, există o comandă de reglare a tensiunii (măsurată în volți), care acționează asupra caracteristicii de funcționare a sursei de sudare (fig. 5).

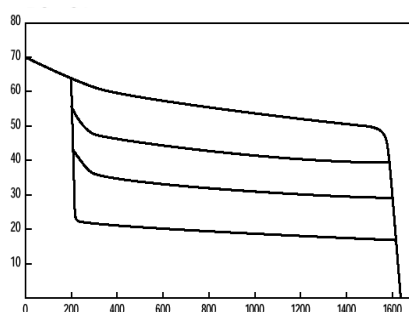


Fig.5: Caracteristica externă a sursei de sudare

În ceea ce privește tipurile de surse de sudare, putem lua în considerare dinamurile (acum nu mai sunt utilizate), transformatoarele-redresoare (mai ieftine și mai fiabile) și mașinile sau invertoarele controlate electronic (mai scumpe și mai ușoare).

Acestea din urmă, în special, sunt mașini caracterizate prin greutate și dimensiuni relativ reduse, combinate cu o versatilitate considerabilă, deoarece permit sudarea cu tehnici particulare (de exemplu, arcul pulsant - vezi capitolul 4) și cu o gestionare automată a parametrilor. Cu toate acestea, trebuie considerat că aceste mașini pot prezenta deseori

dificultăți mai mari în utilizarea comenzilor, deoarece acestea sunt în general complexe, astfel încât, în general, sunt utilizate programele prestabilite de producător.

În ceea ce privește modul de alimentare a arcului electric, curentul alternativ este rar folosit, deoarece determină instabilitatea de funcționare a arcului datorită fluctuațiilor de curent și tensiune, în timp ce este preferată utilizarea polarității inversă a curentului continuu (sau a inversării DC), de ex cu polaritatea pozitivă conectată la clemă și cea negativă conectată la piesă, ceea ce garantează o funcționare mai stabilă și un transfer mai bun al materialului de adaos din electrod în baia de metal topit.

2.2 Dispozitivul de avans al sârmei

Dispozitivul de avans al sârmei este unul dintre cele mai importante elemente pentru aceste echipamente; de fapt, trebuie să permită un avans controlat al sârmei în interiorul conductei care duce la pistolul, prin pistolul și până la arcul electric. O defecțiune a sistemului (blocarea sârmei, viteza neregulată a sârmei) ar duce cu siguranță la apariția unor dificultăți operaționale sau chiar a unor defecte de sudură.

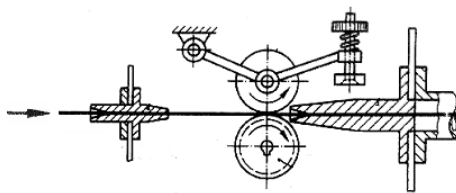


Fig.6: Sistem de avans al sârmei

În unele cazuri, de exemplu la sudarea materialelor moi (cum ar fi aluminiu) sau cu lungimi deosebit de mari ale cablului pistolului (de exemplu, peste clasicul 3 metri), motorul de avans poate fi prezent și pe pistolete (sisteme împingere-tragere), de la care va fi, de asemenea, posibil să se regleze viteza de avans a sârmei.

În cele din urmă, alegerea forței care trebuie exercitată asupra sârmei prin arcul de contact, precum și geometria rolor este fundamentală, pentru a nu deforma firul evitând în consecință blocarea acestuia în interiorul conductei. Figura 7 prezintă două geometrii tipice ale rolor utilizate pentru sudarea oțelurilor și a aluminiului.

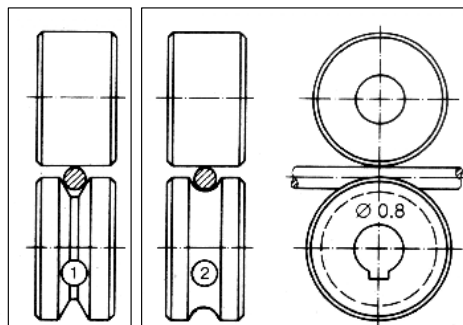


Fig.7: Diverse role de presare: oțel (stânga) și aluminiu (dreapta)

2.3 Capul de sudare

Există o varietate largă de pistolete de sudare; totuși, cea mai comună soluție este cea "gât de gâscă", prezentată în figura 8.

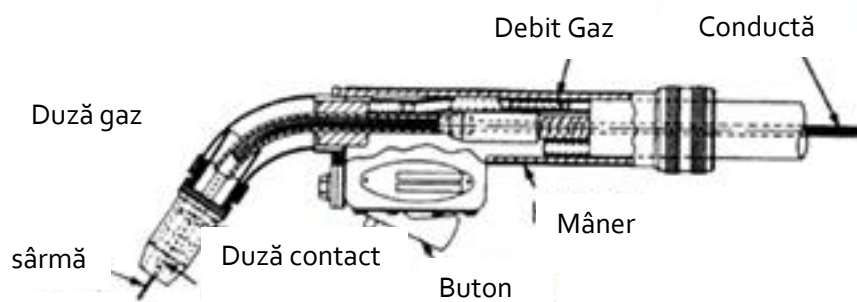


Fig.8: Pistol

Atunci când se utilizează curenți de sudare mari, pistoletele sunt prevăzute cu sisteme de răcire cu apă pentru a preveni supraîncălzirea acestora.

2.4 Duza de contact și capătul liber al sârmei

Duza de contact (figura 9) are scopul de a conduce sârma în mod controlat și de a aduce puterea electrică la sârma; prin urmare, este deosebit de important ca acest dispozitiv să aibă un diametru corespunzător sârmei utilizate (în general este construit cu diametre ale găurilor mai mari de câteva zecimi de milimetru față de sârmă) și nu prezintă uzură excesivă.

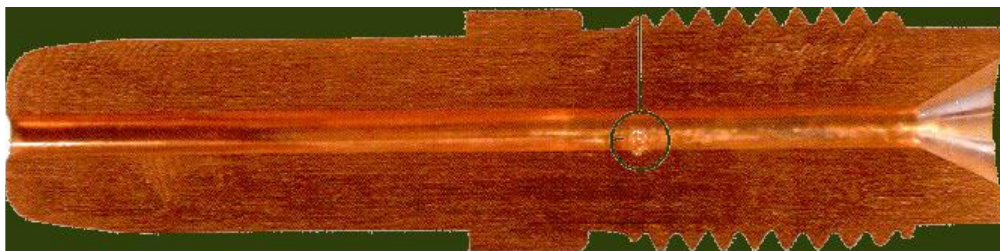


Fig. 9: Duza de contact

De asemenea, trebuie remarcat faptul că numai capătul liber al sârmei care trece de la vârful de contact până la arc electric este traversată de un curent (fig. 10); această secțiune este denumită lungime liberă sau capăt liber al sârmei și este deosebit de importantă în sudare, deoarece afectează direct curentul de sudare și, în consecință, penetrarea (care scade odată cu creșterea acestui parametru).

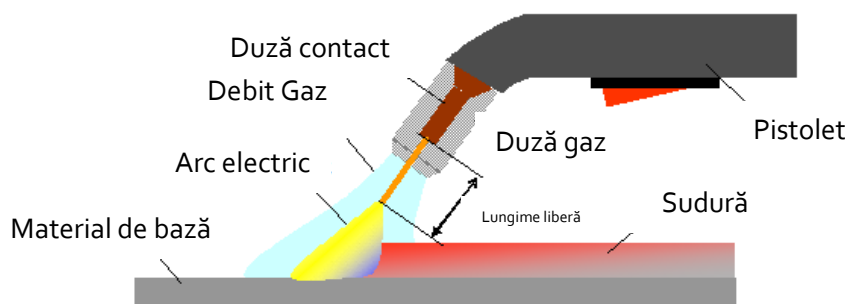


Fig.10: Lungimea liberă a sârmei

Acest parametru este gestionat direct de sudor, care își mărește extensia pur și simplu prin îndepărtarea pistolului (în consecință scăderea curentului și a adâncimii de penetrare) și scăderea extensiei sale acționând invers.

2.5 Duza de gaz

Duza gazului de protecție poate avea diametre diferite în funcție de debitul de gaz și de lungimi variabile, deoarece sunt necesare duze mai lungi la sudarea cu valori deosebit de ridicate ale curenților de sudare.

În cele din urmă, este foarte important să se evite blocarea duzei, deoarece în timpul perioadei de sudare pot fi depuse particule material ca urmare a stropirilor (care apar ca o serie de „pelete” lipite), pentru a asigura un flux laminar de gaz de protecție, reducând astfel riscul de porozitate în baia de metal topit.

În general, duze de diferite lungimi pot fi, de asemenea, disponibile în comerț, deoarece cele cu extensii mai mari sunt utile pentru protejarea băii de metal topit atunci când se lucrează cu valori ridicate ale intensității curentului de sudare.

2.6 Cablul de împământare

Cablul de masă conectează sursa de sudare la piesă, închizând astfel circuitul electric. În consecință, se aplică următoarele considerații:

- deoarece în circuit nu trebuie să apară pierderi de curent, ceea ce ar duce la pierderea eficienței procesului, racordul piesei de sudat trebuie întotdeauna să fie fixat ferm de piesă (sunt recomandate atașamente puternice, cum ar fi elemente metalice pur și simplu plasate pe piese sau prize de masă conectate la șablonul de poziționare);
- întrucât în procesul de trecere prin sudare circulă aceeași intensitate a curentului folosit pentru sudare, este recomandabil ca, cablul piesei de prelucrat să aibă o secțiune adecvată și, de asemenea, să fie în stare bună și să nu fie sfâșiat sau deteriorat;
- întrucât căldura produsă de trecerea curentului crește odată cu creșterea curentului, punctul în care este plasată clemă piesei de prelucrat poate fi supus supraîncălzirii, mai ales dacă clemă nu este fixată corect. Mai mult, acțiunea arcului electric poate fi supusă unor abateri puternice, numite „sufraj magnetic”, datorită acțiunii magnetice a curentului care trece de la arc la piesă, până la clemă piesei de sudat (fig. 11).

Acest lucru este, în general, posibil pentru orice tip de material (atât magnetic, cât și „nemagnetic”), în plus, fenomenul tinde să se dezvolte cu o anumită ușurință în cazul sudării în apropierea unui capăt al piesei la sudarea oțelurilor slab aliate. .

Consecința poate fi o perturbare considerabilă a sudorului, ceea ce face foarte dificil controlul băii de metal topit și poate duce la apariția unor defecte grave de sudare (de exemplu, lipsa fuziunii, incluziuni gazoase).

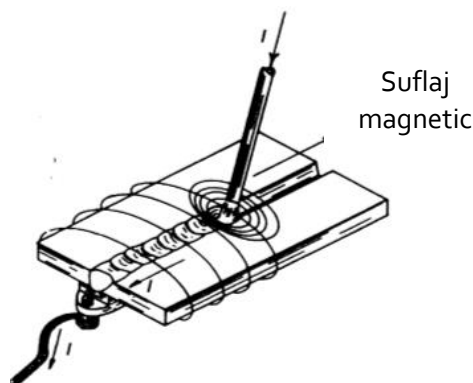


Fig.11: Sufraj magnetic

Pentru a minimiza perturbarea cauzată de sufrajul magnetic (care apare doar la sudarea în curent continuu) este necesară poziționarea corectă a clemelor piesei de sudat pentru a favoriza situațiile în care curentul circulă într-un mod simetric prin piesă, așa cum se arată pentru exemplu din figura 12. Ca alternativă, este posibil să se ia în considerare alimentarea cu curent alternativ care elimină problema, chiar dacă, după cum s-a menționat deja, pot apărea probleme de instabilitate ale arcului.

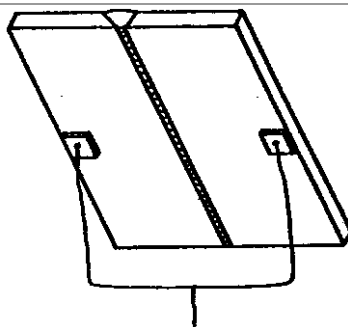


Fig 12 Poziționarea clemelor de prindere

3. Măsurarea parametrilor de sudare

În timpul operațiilor de sudare, este important să se evalueze parametrii principali, pentru a verifica dacă aceștia sunt cei optimi (de exemplu, evaluați cu calificarea procedurii de sudare), menținuți în mod evident într-o toleranță adecvată.

3.1 Tensiune și curent

Instrumentele pentru măsurarea acestor parametri de sudare sunt:

- voltmetrul (pentru a măsura tensiunea, în volți)
- ampermetrul (pentru a măsura curentul, în amperi)

Aceste instrumente sunt în general încorporate în mașinile de sudat, chiar dacă pentru aplicații specifice (de exemplu calificarea procesului de sudare) poate fi necesară utilizarea unor instrumente separate, de mai mare precizie și, eventual, calibrate corespunzător. Următoarea figură arată cleștele Volt-Amperometric, care este cu siguranță cel mai utilizat instrument pentru aceste operații.



Fig.13: Clește volt-ampermetric

3.2 Viteza de sudare

Acest parametru este în general măsurat în centimetri de sudură efectuată într-un minut. Prin urmare, măsurarea este destul de confortabilă, deoarece este suficientă măsurarea distanței parcurse cu un centimetru în timpul unui minut de sudare, marcat de un cronometru.

3.3 Calcularea energiei liniare

Un parametru foarte important din punct de vedere al sudării este așa-numita „energie liniară”, o indicație a cantității de încălzire a îmbinării în timpul sudării. Depinde de parametrii de tensiune și curent și de viteza de sudare.

Energia liniară se simbolizează de obicei cu Q_1 , sau cu acronimul H.I. și se măsoară în Joules pe centimetru [J / cm]; aceasta derive din formula următoare:

$$Q_1 = \frac{\text{Volt} \times \text{Ampere}}{\text{cm/min}} \times 60$$

De exemplu, sudarea cu un curent de 300 amperi, o tensiune de 24 volți și o viteză de sudare de 36 cm / min produce o energie liniară de 12.000 J / cm, uneori exprimată ca 12 kJ / cm sau 1.2 kJ / mm.

Cu toate acestea, unele reglementări, cum ar fi EN 1011 și EN ISO 15614, consideră un factor multiplicativ de 0,8 pentru a calcula energia liniară, pentru a evalua cantitatea de căldură disipată în timpul sudării prin încălzirea gazului și cantitatea de lumină emisă. În acest caz, cu referire la exemplul anterior, se obține un aport de căldură de 9600 J / cm (sau 0,96 kJ / mm).

3.4 Debitul de gaz de protecție

Debitul gazului de protecție este stabilit în general acționând asupra debitmetrului situat în apropierea buteliei de gaz sau a conexiunii la rețeaua de alimentare cu gaz.

Mai mult, poate fi realizat, înainte de sudare, folosind un instrument simplu (numit debitmetru portabil), care se montează direct la pistol. Este format dintr-un tub transparent, care prezintă o scară gradată, în interiorul căreia o mică sferă de oțel este împinsă de gazul de protecție, indicând astfel un debit (fig. 14). Este foarte important ca acest instrument să fie cel prevăzut pentru tipul de gaz de protecție considerat, pentru a avea o măsurare fiabilă a debitului.



Fig 14: Debitmetru de gaz portabil

De exemplu, figura 14 prezintă un debitmetru care prezintă două scale, una pentru gazul de protecție Ar și una pentru gazul CO₂.

4. Consumabile

4.1 Gazul de protecție

În timpul sudării, gazul de protecție provenit de la pistol îndeplinește două sarcini esențiale:

- favorizează funcționarea arcului electric de sudare, creând o atmosferă mai stabilă decât aerul;
- protejează baia de metal topit de aer, ale cărei caracteristici ar putea fi, de asemenea, grav afectate de elemente precum oxigenul, hidrogenul, azotul etc.

În cazul în care sârmele sunt utilizate pentru sudarea fără gaz, fluxul conținut în sârme va genera o atmosferă gazoasă adecvată, al cărei efect va fi, în principiu, echivalent cu cel al gazului de protecție extern.

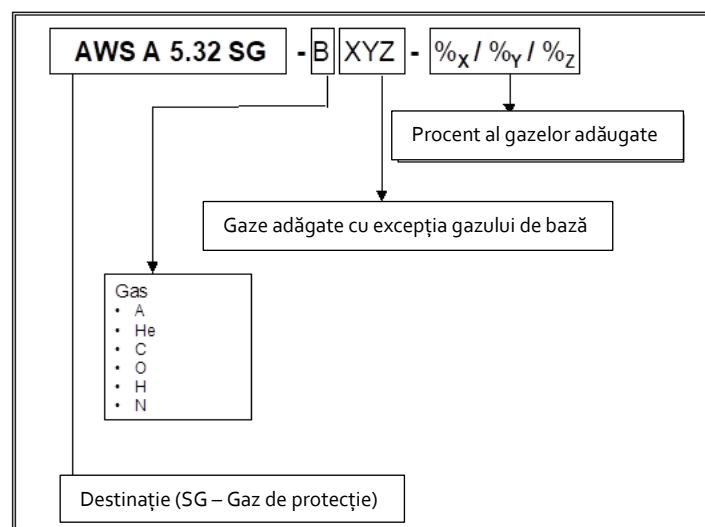
În general, gazele de sudare pot fi împărțite în două categorii principale:

- gaze inerte: argon (simbol chimic Ar), heliu (simbol chimic He) sau amestecuri între cele două gaze;
- gaze active, care sunt toate amestecuri care conțin, de asemenea, procentaje foarte mici de gaze, altele decât argonul și heliul, cum ar fi dioxidul de carbon (simbol chimic CO₂), oxigen (indicat prin simbolul O₂), azot (indicat prin simbolul N₂) sau hidrogen (indicat de simbolul H₂); această categorie include, de asemenea, dioxidul de carbon pur, adesea utilizat la sudarea cu sârmă tubulară.

Tabelul următor prezintă un extras al standardului european EN ISO 14175, referitor la clasificarea gazelor utilizate pentru sudarea și tăierea materialelor metalice, care va fi discutat în detaliu în paragrafele următoare.

Simbol	Elemente în %	Note
--------	---------------	------

Grupa	Identificator	Oxidante		Inerte		Reducătoare	Fără reacție	
		CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂	N ₂	
R	1			Bal.		0÷15		Reducător
	2			Bal.		15÷35		
I	1			100				Inert
	2				100			
	3			Bal.	0÷95			
M1	1	0÷5		Bal.				Ușor reducător
	2	0÷5		Bal.				
	3		0÷3	Bal.				
	4	0÷5	0÷3	Bal.				
M2	1	5÷25		Bal.				Oxidant
	2		3÷10	Bal.				
	3	0÷5	3÷10	Bal.				
	4	5÷25	0÷8	Bal.				
M3	1	25÷50		Bal.				Puternic oxidant
	2		10÷15	Bal.				
	3	5÷50	8÷15	Bal.				
C	1	100						Oxidant
	2	Resto	0÷30					
F	1						100	Fără reacție
	2					0÷50	Resto	Reducător



4.2 Sudarea cu gaz de protecție inert

În sudarea cu sârmă plină, folosind gaze inerte, termenul MIG (acronim pentru Metal Inert Gas) este, de asemenea, utilizat pentru a indica acest proces de sudare.

Aceste gaze se caracterizează prin efectul minim asupra băii de sudare ca:

- sunt insolubile în baia de metal topit, reducând riscul de porozitate numai la contaminarea atmosferei bazinului de sudură de către aerul sau murdăria prezentă pe margini
- sunt inerte din punct de vedere chimic, deci oricare ar fi compoziția firului, acesta se găsește neschimbat în sudura depusă
- generează un arc stabil.

Având în vedere costul ridicat al acestor gaze, utilizarea lor este limitată la cazurile în care este absolut necesar, cum ar fi de exemplu la sudarea aluminiului și a aliajelor ușoare.

Caracteristicile sudării sunt însă influențate de procente de argon și heliu conținute, așa cum este descris mai jos.

Sudare cu Argon pur (EN ISO 14175 - I1)

Caracteristicile acestui gaz permit o bună stabilitate a arcului și, în consecință, o regularitate considerabilă în transferul materialului de adaos.

Din punct de vedere operațional, acest gaz permite o baie de metal topită mai rece, care este slab fluidă și, prin urmare, mai ușor de gestionat. Mai mult, gazul este mai greu decât aerul și, în consecință, este necesar, ca, în funcție de condițiile de funcționare:

- la sudarea în poziție PC, să se sudeze cu pistolul ușor înclinat în sus (câteva grade), pentru a asigura o protecție eficientă a părții superioare a băii de metal topit;
- la sudarea peste cap, se utilizează debitele de gaz ușor crescute pentru a compensa căderea gazului.

Argonul determină în cele din urmă o formă a cordonului tipic, cu pătrundere „deget” (fig. 15); din cauza lățimii mici a mărgelii depuse, pot apărea probleme de lipire pentru viteze de sudare excesiv de mari.



Fig. 15: Sudarea cu argon

Sudarea cu Heliu pur (EN ISO 14175 - I2)

Caracteristicile acestui gaz fac arcul mai instabil decât ceea ce s-a văzut pentru argon; aceasta înseamnă că pentru fiecare flux de gaz, curentul necesar arcului într-o atmosferă de heliu este mai mare decât cel dintr-o atmosferă de argon. În consecință, fiind cu cât energia electrică (sau puterea) consumată este mai mare, se obține o baie de metal topit mai fierbinte, utilă de exemplu la grosimi mari sau atunci când se dorește să se lucreze cu viteze mari de sudare.

Heliul are densitatea mai mică decât cea a argonului, deci:

- este necesar un flux de gaz de două ori mai mare decât cel al argonului, pentru a avea același efect protector;
- la sudarea peste cap, sunt suficiente fluxurile de gaz mai mici decât înclinația planului, datorită urcării naturale a gazului, acesta fiind mai ușor decât aerul;
- poate fi util, la sudarea în poziție PC, să se sudeze cu pistolul ușor înclinat în sus (câteva grade), pentru a asigura o protecție eficientă și a părții inferioare a băii de metal topit

În cele din urmă, argonul determină o formă a cordonului tipic, cu pătrundere „calică” (fig. 16), situație care permite și sudarea la viteze mari. Deoarece puterea termică a arcului cu acest gaz este ridicată, este utilizată ca gaz pur de protecție în instalațiile de sudare automată, unde sunt posibile viteze de executare mai mari.

În cele din urmă, trebuie subliniat faptul că heliul costă aproximativ de două ori mai mult decât argonul și, având în vedere debitele mai mari care sunt necesare, costul operațiunilor de sudare este adesea foarte mare.

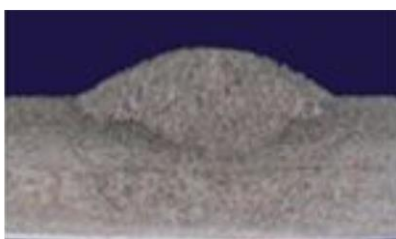


Fig. 16: Sudarea cu heliu

Sudarea cu amestec de Argon - Helium (EN ISO 14175 - I3)

Scopul acestor amestecuri este de a realiza un compromis între cele două gaze descrise mai sus; în consecință, se obțin penetrări bune (helium), dar cu bune caracteristici de transfer ale materialului de adaos (Argon).

Prin urmare, sunt disponibile în comerț amestecuri foarte diferite, care conțin helium în procente care variază în general de la 10% la 80%.

4.3 Sudarea cu gaz de protecție activ

În sudarea cu sârmă plină, folosind gaze active, termenul MAG (acronim pentru Metal Active Gas) este de asemenea folosit pentru a indica acest proces de sudare.

Toate gazele care provoacă orice efect asupra compoziției chimice a băii de metal topit sunt gaze active; prin urmare, toate gazele cu excepția argonului, heliului și amestecurile lor sunt considerate active.

În general, utilizarea gazelor active în sudare este legată de obținerea de efecte benefice în ceea ce privește productivitatea sudării sau operarea ușoară.

Sudare cu CO₂ pur sau amestecuri pe bază de CO₂ (EN ISO 14175 - C1 și C2)

Dioxidul de carbon poate fi adăugat, în procente foarte mari, pentru a obține o baie de metal topit mai caldă și o penetrare mai bună; prin urmare, gazul permite viteze de sudare foarte mari și, în consecință, o productivitate ridicată. Cu toate acestea, acest gaz are unele efecte negative, inclusiv:

- o anumită instabilitate a arcului, deci este dificilă obținerea unui transfer controlat al materialului de adaos, și mai multe stropiri în sudură
- o contaminare foarte marcată a băii de metal topit (oxidare), care face amestecul inutilizabil pe materiale deosebit de oxidabile (de ex. oțeluri bogate în crom).

Din aceste motive, această atmosferă de protecție este, în general, utilizată numai cu sârme tubulare (care permit o mai mare regularitate a depunerii) și pe oțeluri nealiat.

Sudare cu amestecuri pe bază de gaze inerte și cu adaos de gaze active (EN ISO 14175 –M11 și M34)

Datorită instabilității utilizării amestecurilor pe bază de dioxid de carbon, amestecurile de argon-CO₂ sunt adesea folosite pentru a obține rezultate de compromis, reușind astfel să se obțină o bună stabilitate (se folosesc deseori sârme pline) și, de asemenea, o bună productivitate.

În cazul materialelor ușor oxidabile (cum ar fi oțelurile inoxidabile sau toate oțelurile bogate în crom), amestecurile de gaze care conțin procente mici de dioxid de carbon (mai puțin de 5%) sunt utilizate pentru a face baia de metal topit mai fluidă și pentru a se controla mai bine transferul. În plus față de ceea ce s-a prezentat, alte gaze pot fi prezente în procente mici (niciodată mai mult de 5% în total), în anumite scopuri specifice:

- oxigen, pentru netezirea cordonului de sudură și reducerea stropilor;
- hidrogen (numai pentru oțeluri inoxidabile, de tip austenitic); pentru a obține o margine mai puțin oxidată și viteze mai mari de sudare;
- azot (numai pentru oțeluri inoxidabile austenitice - feritice), utilizat în procente foarte mici pentru a obține efecte metalurgice specifice.

5. Sârme

În sudarea continuă cu sârmă electrod, materialul de adaos este adus la pistol de către motorul de avans care îl derulează dintr-o bobină. Independent de tipul de material și sârma considerată, derularea fără îndoire este importantă, aceasta trebuie să fie controlată, pentru a evita avansarea inegală sau neregulată, care ar putea provoca fluctuații excesive ale valorilor curentului de sudare (curentul este corelat cu viteza de avans a sârmei).

În general, sârmele au o acoperire de cupru sau nichel sau, în orice caz, sunt prevăzute cu un tratament special de suprafață pentru a facilita contactul electric în tubul de transport de curent și, de asemenea, pentru a evita oxidarea acestora.

După cum sa menționat deja în capitolul 1, există o distincție clară între sârmele pline și cele tubulare, ale căror caracteristici vor fi descrise în paragrafele următoare; tabelul următor prezintă diametrele și toleranțele relative, pe baza standardului european UNI EN 544.

DIAMETRU [mm]	TOLERANȚĂ [mm]	
	SOLID	CORED
0,6	+0,01 -0,03	-
0,8	+0,01 -0,04	±0,04
0,9		
1,0		
1,2		
1,4		
1,6		
1,8		
2,0		
2,4		
2,5		
2,8	+0,01 -0,07	±0,06
3,0		
3,2		
4		

5.1 Sârme pline

La sudarea cu sârmă plină, caracteristicile materialului depus sunt direct legate de compoziția chimică a sârmei. În consecință, nu există diferențe operaționale între diferitele tipuri de sârmă, cu excepția caracteristicilor metalelor sudate individuale. Din punct de vedere al clasificării, reglementările de clasificare europene și americane (AWS) sunt rezumate în tabelul următor.

Materials	Norma EN	Norma AWS
Carbon and low alloy steels	EN ISO 14341	AWS A5.18
Creep resistant steels	EN ISO 21952	AWS A5.28
Stainless steel	EN ISO 14343	AWS A5.9
High strength steels	EN 13347	AWS A5.28
Aluminium	ISO 18273	AWS A 5.10
Nickel and nickel alloys	ISO 18274	AWS A 5.14
Copper	EN 13347	AWS A5.7
Iron	ISO 1071	AWS A5.15

De exemplu, tabelele următoare prezintă, de asemenea, o diagramă referitoare la clasificarea europeană a sârmelor pline pentru sudarea oțelurilor cu carbon cu granulație fină.

EN ISO 14341	G	46	3	M	G ₃ Si ₁
-----------------	---	----	---	---	--------------------------------

Procedee de sudare

Compoziția chimică

Proprietăți mecanice ale
materialului depus

	Rs [MPa]	Rm [MPa]	All. %
35	350	440÷570	22
38	380	470÷600	20
42	420	500÷640	20
46	460	530÷680	20
50	500	560÷720	18

Gaz de protecție

M Amestecuri active (M₂₁ - M₂₄)C Amestecuri pe bază de CO₂

Verificarea la impact: 47 J

SIMBOL	TEMPERATURĂ [°C]
Z	No request
R	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

Compoziția chimică %

Simbol	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Al	Ti+Zr
Go	Orice altă compoziție chimică care nu este prevăzută în normativele curente								
G ₂ Si	0,06÷0,14	0,50÷0,80	0,90÷1,30	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G ₃ Si ₁	0,06÷0,14	0,70÷1,00	1,30÷1,60	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G ₄ Si ₁	0,06÷0,14	0,80÷1,20	1,60÷1,90	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G ₃ Si ₂	0,06÷0,14	1,00÷1,30	1,30÷1,60	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G ₂ Ti	0,04÷0,14	0,40÷0,80	0,90÷1,40	0,025	0,025	0,15	0,15	0,05÷0,20	0,05÷0,25
G ₃ Ni ₁	0,06÷0,14	0,50÷0,90	1,00÷1,60	0,020	0,020	0,80÷1,50	0,15	0,02	0,15
G ₂ Ni ₂	0,06÷0,14	0,40÷0,80	0,80÷1,40	0,020	0,020	2,10÷2,70	0,15	0,02	0,15
G ₂ Mo	0,08÷0,12	0,30÷0,70	0,90÷1,30	0,020	0,020	0,15	0,40÷0,60	0,02	0,15
G ₄ Mo	0,06÷0,14	0,50÷0,80	1,70÷2,10	0,025	0,025	0,15	0,40÷0,60	0,02	0,15
G ₂ Al	0,08÷0,14	0,30÷0,70	0,90÷1,30	0,025	0,025	0,15	0,15	0,35÷0,75	0,15

AWS A5.18	ER	70	S	6
------------------	-----------	-----------	----------	----------

Wire or TIG rod

Solid wires

Tensile strength (Shielding CO₂)

Rm [Ksi]	Rm [MPa]	Rs [MPa]	All %
70	500	420	22

DEPOSIT

N°	Chemical composition				Impact
	C	Mn	Si	Other	
2	0,07 Max	0,9÷1,4	0,4÷0,7	Ti = 0,05÷0,15 Zr = 0,02÷0,12 Al = 0,05÷0,15	27 J a -29°C
3	0,06÷0,15	0,9÷1,4	0,45÷0,7	Al = 0,05÷0,9	27 J a -18°C
4	0,07÷0,15	1,0÷1,5	0,65÷0,85		--
5	0,07÷0,19	0,9÷1,4	0,3÷0,6		--
6	0,07÷0,15	1,4÷1,85	0,8÷1,15		27 J a -29°C
7	0,07÷0,15	1,5÷2,0	0,5÷0,8		
P=0,025 Max, S=0,035 Max, Cu=0,5Max					

AWS A5.9

ER

308 Mo

Welding wire or TIG rod

Chemical composition											
CLASS	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu	Other
209	0.05	20.5-24.0	9.5-12.0	1.5-3.0	4.0-7.0	0.90	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	V 0.10-0.30
218	0.10	10.0-18.0	8.0-9.0	0.75	7.0-9.0	3.4-4.5	0.03	0.03	0.08-0.18	0.75	--
219	0.05	19.0-21.5	5.5-7.0	0.75	8.0-10.0	1.00	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	--
240	0.05	17.0-19.0	4.0-6.0	0.75	10.5-13.5	1.00	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	--
307	0.04-0.14	19.5-22.0	8.0-10.7	0.5-1.5	3.3-4.75	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308H	0.04-0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.50	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308L	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308Mo	0.08	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
30LMo	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308Si	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
308LSi	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
309	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309L	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309Mo	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309LMo	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309Si	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
309LSi	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
310	0.08-0.15	25.0-28.0	20.0-22.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
312	0.15	28.0-32.0	8.0-10.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316H	0.04-0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316L	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316Si	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
316LSi	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
317	0.08	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
317L	0.03	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
318	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	Nb 8 x C min 1.0 max
320	0.07	19.0-21.0	32.0-36.0	2.0-3.0	2.5	0.60	0.03	0.03	--	3.0-4.0	Nb 8 x C min 1.0 max
320LR	0.025	19.0-21.0	32.0-36.0	2.0-3.0	1.5-2.0	0.15	0.015	0.02	--	3.0-4.0	Nb 8 x C min 1.0 max
321	0.08	18.5-20.5	9.0-10.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	Ti 9 x C min 1.0 max
330	0.18-0.25	15.0-17.0	34.0-37.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
347	0.08	19.0-21.5	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	Nb 10 x C min 1.0 max
347Si	0.08	19.0-21.5	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	Nb 10 x C min 1.0 max
383	0.025	20.5-28.5	30.0-33.0	3.2-4.2	1.0-2.5	0.50	0.02	0.03	--	0.70-1.5	--
385	0.025	19.5-21.5	24.0-26.0	4.2-5.2	1.0-2.5	0.50	0.02	0.03	--	1.2-2.0	--
409	0.08	10.5-13.5	0.6	0.50	0.8	0.8	0.03	0.03	--	0.75	Ti 10 x C min 1.5 max
409Cb	0.08	10.5-13.5	0.6	0.50	0.8	1.0	0.04	0.03	--	0.75	Nb 10 x C min 0.75 max
410	0.12	11.5-13.5	0.6	0.75	0.6	0.5	0.03	0.03	--	0.75	--
410NiMo	0.06	11.0-12.5	4.0-5.0	0.4-0.7	0.6	0.5	0.03	0.03	--	0.75	--

5.2 Sârme tubulare

Sârmele tubulare sunt formate dintr-un element tubular care conține în interior un flux sau pulbere de metal (fig. 17); principalul avantaj este acela de a obține o eficiență mai mare a procesului (pentru același curent, o sârmă tubulară depune mai mult material decât o sârmă plină) și o stabilitate mai mare a arcului.

Metal



Miez

Fig.17: Sârme tubulare

În timpul sudării, fluxul conținut în interiorul sârmei, se topește, se termină în baia de metal topit și, datorită proprietăților sale de fluiditate, plutește deasupra băii producând în general o zgură (fig. 18) care trebuie îndepărtată între treceri.

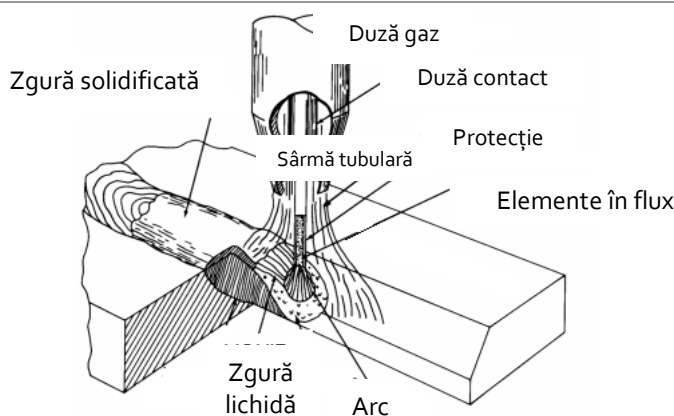


Fig.18: Sudarea cu sârmă tubulară

Pe baza substanțelor conținute în flux sau pulbere de metal, este posibil să se distingă diferite tipuri de sârmă tubulară:

- sârme cu miez rutilic; sunt cele mai utilizate deoarece permit un control excelent al depunerii și o stabilitate ridicată a arcului (sunt utilizate și cu CO₂ pur);
- sârme cu miez bazic; permit obținerea unor proprietăți excelente de sudare, datorită formării unui strat relativ gros care are scopul de a purifica zona topită de impurități;
- sârmă tubulară cu pulbere metalică; au cel mai mare randament, deoarece miezul conține pulbere esențial metalică și, prin urmare, produce încălzire redusă; sunt utilizate pe scară largă la sudarea cu CO₂ pur;
- sârme tubulare cu miez auto-protejate pentru sudare fără gaze (auto-ecranate). Acestea sunt folosite, în general, în situații în care curenții de aer pot afecta gazul de protecție, precum și în locații în care nu există surse de alimentare cu gaz. Cu toate acestea, produc nivele de fum la sudare care sunt net superioare celorlalte tipuri de sârmă.

Datorită tehnicilor complexe de producție necesare fabricării lor, aceste sârme au un cost mai mare decât cele pline. Tabelul de mai jos listează principalele standarde AWS europene și americane disponibile în prezent pentru clasificarea sârmelor tubulare, iar tabelul următor se referă la clasificarea AWS a sârmelor tubulare (cu sau fără gaz de protecție) pentru sudarea oțelurilor slab aliate. Ultimul tabel se referă în schimb la clasificarea europeană.

Material	EN	AWS
Oțel carbon cu granulație fină	EN ISO 17632	AWS A 5.20
Oțel rezistent la fluaj	EN ISO 17634	AWS A 5.29
Oțel inoxidabil	EN ISO 17633	AWS A 5.22
Oțel de înaltă rezistență	EN ISO 18276	AWS A 5.29

AWS A5.20 E 7 0 T - 6 M J H4

Sârme pentru sudarea sub flux

Proprietăți mecanice

	Rm [ksi]	Rm [Mpa]	Rs [Mpa]
6	60	415	330
7	70	480	400

Poziția de sudare

0	Piano ed orizontale
1	Tutte le posizoni

Sârme tubulare

Difuzie hidrogen

H4	< 4 ml/100 g
H8	4 ÷ 8 ml/100 g
H16	8 ÷ 16 ml/100g

Impact values
47J a -20°C

Shielding gas

-	CO ₂ pura o senza gas (vedere *)
M	Miscela Ar + CO ₂ (20% ÷ 25%)

* Compoziție chimică și proprietăți la încercarea la impact

EN17632 T 46 3 1Ni B M 4 H5

Tubular cored wire

Mechanical properties*

	Rs [MPa]	Rm [MPa]	All. %
35	350	440÷570	22
38	380	470÷600	20
42	420	500÷640	20
46	460	530÷680	20
50	500	560÷720	18

Impact: 47 J

Symbol	TEMPERATURE [°C]
Z	--
R	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

Chemical composition

Symbol	Mn	Ni	Mo
None	2,0	-	-
Mo	1,4	-	0,3÷0,6
MoMo	1,4÷2,0	-	0,3÷0,6
1Ni	1,4	0,6÷1,2	
1,5Ni	1,6	1,2÷1,8	
2 Ni	1,4	1,8÷2,6	
3 Ni	1,4	2,6÷3,8	
Mn1Ni	1,4÷2,0	0,6÷1,2	
1NiMo	1,4	0,6÷1,2	0,3÷0,6
Z	Any other		

Diffusive Hydrogen (Hdm)

H3	< 3 ml/100g
H5	3 ÷ 5 ml/100g
H10	5 ÷ 10 ml/100g
H15	5 ÷ 10 ml/100g

Welding position

1	All
2	1) except PG
3	PA e PB
4	PA
5	3) and PG

Shielding

M	Active mixtures (M21 - M24)
C	Mixture base CO ₂
N	No shielding

Flux features

	Chemical	Single or multi-pass	Shielding
R	Rutile – slow freezing	S e M	Required
P	Rutile – fast freezing	S e M	Required
B	Basic	S e M	Required
M	Metal cored	S e M	Required
V	Fluoride – basic	S*	Not req.
W	Fluoride – basic slow freezing	S e M	Not req.
Y	Fluoride – basic fast freezing	S e M	Not req.
S	Other	S e M	Not req.

* Mechanical properties

	Ys BM (min.)	Ys weld deposit
3T	355 Mpa	470 Mpa
4T	420 Mpa	520 Mpa
5T	500 MPa	600 MPa

6. Parametrii și mod de transfer

Deoarece în sudarea GMA, electrodul utilizat este și elementul care, încălzit prin trecerea curentului se topește, este posibilă identificarea unei legături strânse între curent și cantitatea de metal depus.

Câmpurile parametrilor în cadrul cărora se obțin anumite moduri de transfer sunt, de asemenea, o funcție a gazului de protecție, a diametrului și tipului (plin / miez) de sârmă.

Combinând aceste efecte, se poate înțelege că alegerea parametrilor de sudare poate implica diferite moduri în care picăturile de metal de adaos se detașează de sârmă și ajung la baia de metal topit. Aceste „moduri de transfer” sunt practic patru, așa cum este descris mai jos.

- Transfer prin scurtcircuit sau arc scurt. Acest mod de transfer este obținut pentru valori relativ scăzute de curent și tensiune și implică formarea de picături mari de metal care se detașează de sârmă atunci când ating baia de metal topit (fig. 19).



Fig. 19: Mod de transfer prin arc scurt

Această tehnică de sudare permite realizarea îmbinărilor în poziție diferită de cea plană, chiar dacă garantează rate mici de depunere și implică un anumit risc de stropire și lipsă de fuziune.

- Transfer globular. Pe măsură ce valorile curentului de sudare cresc, picăturile care se formează sunt întotdeauna mai mari; deci se obține un transfer neregulat. Se obține o depunere a materialului de adaos necontrolată, cu o dezvoltare considerabilă a stropilor (fig. 20). În consecință, acest mod de transfer ar trebui evitat, chiar dacă tinde să se realizeze cu ușurință odată cu creșterea conținutului de CO₂ în amestecul de gaze.



Fig.20: Transfer globular

- Transfer prin pulverizare sau pulverizare cu arc. Pentru valori înalte de tensiune și curent, arcul este foarte stabil și direcționat; în consecință, picăturile de material de adaos sunt fin „nebulizate” și se depun cu o viteză considerabilă în baia de metal topit (fig. 21): depunerea apare deci foarte regulată. Această tehnică este în general utilizată în poziția plană pe materiale groase; cu toate acestea, deoarece gravitația are un rol fundamental, acest mod este utilizat cu mai puțin succes în sudarea peste cap și, adesea, în alte poziții decât cea orizontală.



Fig.21: Modul de transfer prin pulverizare

- Transfer de arc pulsat. Sursele de sudare pe bază de inverter permit aplicarea unor curenți care variază în timp (curent modulată), caracterizat în general printr-un curent de bază, care nu provoacă depunere, și un curent de vârf, astfel încât să provoace detașarea materialului din sârma electrod și transferul acestuia către baia de metal topit (fig. 22).



Fig.22: Curent pulsat

În consecință, este posibilă „controlarea” detașării picăturilor (fig. 23) prin ajustări corespunzătoare (disponibile pe sursa de sudare sub formă de programe). În același timp, energia liniară este suficient de mică pentru a asigura o baie de material topit destul de mică (baie „rece”).

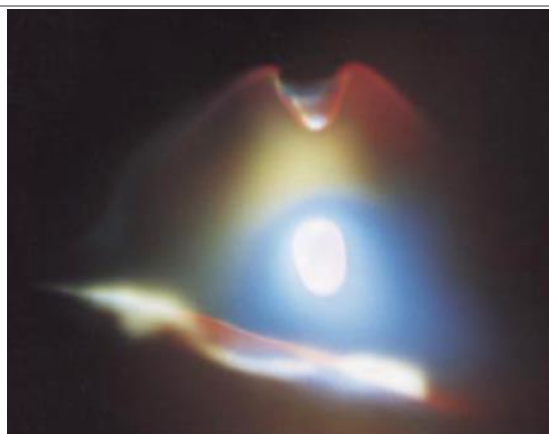


Fig.23: Transfer pulsat

Prin urmare, este evident că combinațiile particulare de parametri influențează semnificativ calitatea și operabilitatea sudării, influențând direct cantitatea de metal depus, poziția de sudare și aspectul cordonului de sudură. Domeniile parametrilor în cadrul cărora se obțin anumite moduri de transfer sunt, de asemenea, o funcție a gazului de protecție, a diametrului și tipului (plină / tubulară) de sârmă, așa cum s-a menționat deja. În special, cu același metal sudat, arc de pulverizare va fi obținut mai ușor atunci când se reduce procentul de gaze active conținute în gazul de protecție, precum și diametrul sârmei.

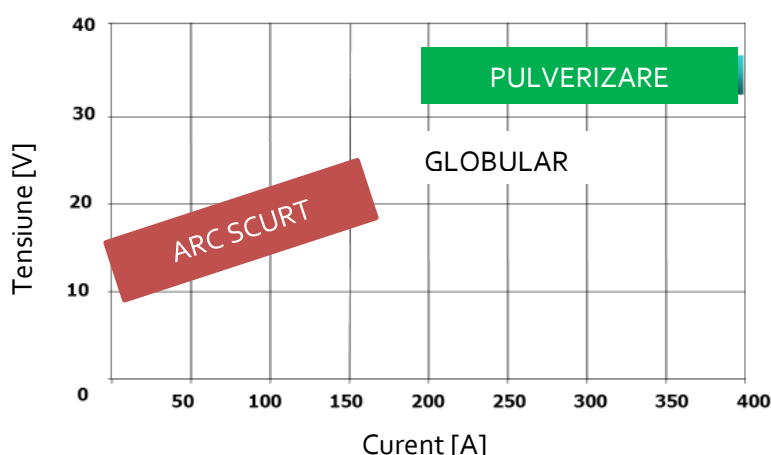


Fig.24: Mod de transfer pentru sârma plină (0,8mm – amestec 92% Argon și 8% oxigen)

7. Tehnica

7.1 Parametrii

Principalii parametri de funcționare sunt prezentați mai jos, iar influența reactivă asupra caracteristicilor picăturii este descrisă pe scurt.

7.2 Poziția pistolului de sudare și a capătului liber al sârmei electrod

După cum s-a menționat deja în capitoul 2, în acest proces caracteristica particulară a procesului și a sursei de sudare permite menținerea vitezei de topire a sârmei exact egală cu viteza de avans a acesteia. Aceasta înseamnă că intensitatea curentului este gestionată de mașină odată ce sudorul a setat o anumită viteză de avans a sârmei, lăsând sudorul liber să gestioneze avansul pistolului de sudare și lungimea liberă a sârmei în raport cu baia de metal topit.

În particular, variațiile în poziției pistolului față de axa verticală determină consecințele descrise mai jos.

- Dacă pistolul este ridicat, după o perioadă tranzitorie foarte scurtă, există o creștere a lipirii (lungimea liberă a capătului sârmei), cu o consecință a scăderii curentului de sudare (Ampère) și, în consecință, a pătrunderii; Tensiunea (Volt) rămâne constantă în schimb. Dacă distanța pistolului de baie de metal topit este excesivă, protecția gazului (dacă există) devine insuficientă, arcul începe să fie instabil și se dezvoltă stropi și porozitate.

- Dacă pistolul este coborât, după o perioadă tranzitorie foarte scurtă, există o scădere a curentului de sudare (Ampère) și, în consecință, a pătrunderii; tensiunea (Volt) rămâne constantă în schimb. Dacă torța pistolului este coborât prea mult, se dezvoltă scurtcircuite (contact între sârmă cu baie de metal topit) și sudorul va realiza o retragere a pistolului pentru a crește distanța.

În consecință, se poate deduce că în acest proces pătrunderea și ieșirea sunt ajustate pur și simplu prin mișcarea pistolului în sus (creștere) sau în jos (scădere). Figura 25 prezintă o comparație pentru trei poziții diferite ale torței, urmate de valori diferite de ieșire, curent și penetrare.

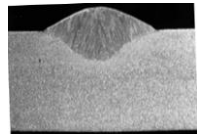
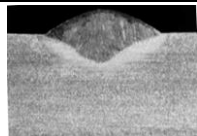
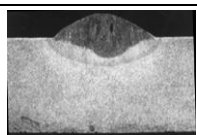
Stick Out	Parameters			Wire		Shielding		MACRO
	V	I	Travel speed	Speed	Diam.	Gas	Flow	
9	31,5 V	263 A	270 cm/min	3,4 m/min	1,2 mm	Ar/CO ₂ 80 – 20	16 l/min	
15	32,2 V	240 A						
25	33,4 V	228 A						

Fig.25: Efecte ale modificării distanței pistolului față de baie de metal topit

7.3 Viteza de sudare și tehnica de balans

Viteza de sudare, pe lângă faptul că influențează aportul de căldură, provoacă și variații ale sudurii: deși „factorul de formă” (raportul lățime / adâncime) rămâne constant, dimensiunea poate varia; cât de evident, cu cât viteza este mai mare, cu atât este mai mică dimensiunea cordonului de sudură.

Cu toate acestea, din cauza vitezei excesive de sudare, există un anumit risc de apariție de defecte la topire (lipsă de fuziune, reduceri), în timp ce atunci când viteza de sudare este prea mică, baie de metal topit tinde să se umfle prea mult.

8. Practica sudării

Mai jos sunt câteva informații utile pentru realizarea sudării pe oțel carbon și aliaje slab aliate.

De asemenea, trebuie subliniat faptul că informațiile raportate aici trebuie considerate ca niște sugestii simple, care nu substituie deloc pregătirea practică adecvată, la care, în special pentru poziții de sudare mai complexe, trebuie adăugată o experiență de sudare reală adecvată.

8.1 Pregătirea piesei

Înainte de efectuarea sudării, se recomandă curățarea piesei, prin polizare, periere și, în unele cazuri, utilizarea unor solvenți (de exemplu, la sudarea aliajelor ușoare și a oțelurilor inoxidabile austenitice).

Având în vedere lungimea secțiunilor depuse în mod normal în timpul sudării, este recomandabil să procedați la fixarea pieselor care trebuie îmbinate pentru a evita deformări semnificative (de exemplu, sudarea prin lipire).

8.2 Amorsarea arcului

La începutul sudării, butonul de pe pistol este apăsat pentru a declanșa procesul și, de îndată ce sârma atinge piesa, sursa de sudare furnizează curentul maxim disponibil și amorsează arc electric. Prin urmare, amorsarea arcului electric are loc prin scurtcircuit, adică prin contactul dintre electrod și piesă.

Datorită diametrului sârmei relativ mic, căldura dezvoltată în această fază inițială permite volatilizarea unei porțiuni foarte mici de sârmă, eliberând în consecință un spațiu între electrod și materialul de bază în interiorul căruia se poate amorsa arc, care are inițial un lungime redusă care apoi, rapid, atinge lungimea corespunzătoare unei funcționări normale.

Concomitent cu alimentarea cu curent de sudare, un comutator automat deschide supapele gazului de protecție și ale apei de răcire dacă pistolul este prevăzut cu răcire cu apă.

Din punct de vedere operațional, este foarte important să se realizeze o încălzire treptată a băii de sudare, care poate fi realizată prin declanșarea arcului într-un punct și așteptarea pentru câteva momente până când se vede formarea unei băi de dimensiuni adecvate. În cazul în care nu este posibilă utilizarea unui cordon (de exemplu într-o sudură „închisă”), este necesar să se ia în considerare faptul că zona de pornire trebuie îndepărtată ulterior cu un sistem de bavurat.

8.3 Tehnica sudării

În timpul sudării, pistolul este în general menținut înclinat în direcția de avansare (tehnica de mână sau „împingere”) la aproximativ 20 - 30 ° față de verticală; cu toate acestea, la sudarea cu sârme tubulare, datorită prezenței zgurei, pistolul trebuie să fie înclinat spre baia de metal topit (tehnica backhand sau „pull”), astfel încât să se împiedice ca zgura să acopere zona de impact a arcului pe pe baia de sudare, împiedicând trecerea curentului și în consecință stingerea arcului în sine (fig. 26).

Un caz special este cel al sârmelor tubulare sau sârmelor metalizate, care nu produc zgură și sunt utilizate ca sârme pline.

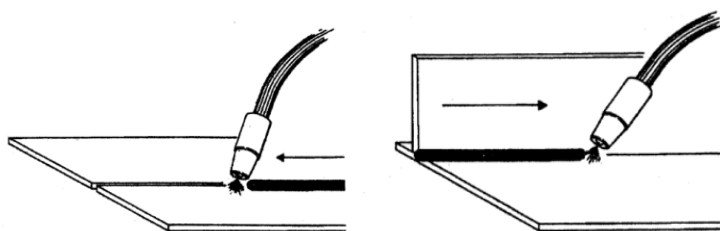


Fig.26: Tehnica de sudare prin împingere sau tragere a pistolului

Este extrem de important ca, în timpul sudării, distanța piesă – pistol să fie menținută cât mai constantă posibil pentru a se asigura că lungimea capătului liber nu suferă variații, cu schimbarea consecventă a curentului și penetrarea în material. Pentru a obține acest rezultat, este recomandabil ca sudorul să aibă o poziție confortabilă în raport cu piesa de sudat, având în vedere o lungime utilă a secțiunii nedepuse (care nu ar trebui să depășească niciodată metrul), astfel încât să poată rămâne staționar în poziția de sudare și să progreseze cu bustul; ar fi, de asemenea, recomandabil să se ia în considerare poziția de declanșare cea mai apropiată de trunchi și poziția de oprire a cea mai depărtată de corpul sudorului, deoarece este, în general, baia de metal topit este mai dificil de gestionat pe măsură ce temperatura acesteia crește.

Așa cum s-a menționat deja la punctul 4.1.2, prima trecere se efectuează în general în arc scurt, sau posibil în arc pulsant, pentru a obține o baie de metal topit ușor de gestionat.

La sfârșitul primei treceri și între fiecare trecere, este recomandabil să se efectueze o curățare adecvată, prin îndepărtarea oricărei urme de zgură care s-a format și să se asigure o suprafață curată corespunzătoare pentru a trecerile ulterioare. Prin urmare, este necesară polizarea în așa fel încât să se obțină o „canelură” și nu un „spate de măgar” sau o secțiune pătrată (fig. 27).



Fig.27

Sudarea în poziție PA

Așa cum s-a menționat deja, în sudarea plană, prima trecere se efectuează în tehnica cu arc scurt sau cu arc pulsant, urmată de orice rotație a părții finale, realizată în general cu curenți (și depuneri) mai mari.

Nu recomandăm utilizarea tehnicilor de sudare prin țesut (cunoscute și sub denumirea de "mărgelile largi"), datorită supraîncălzirii băii de sudare rezultată din viteze reduse de avans și aport relativ ridicat de căldură.

Sudarea vertical în poziție PF

În acest caz, tehnica de sudare necesită parametri electrici, cum ar fi obținerea transferului de preferință în arc scurt pentru toate trecerile. În acest caz, tehnica de operare este întotdeauna de tipul arc-împins, indiferent de tipul de sârmă utilizată. Acest lucru este necesar pentru a susține metalul încercând să se evite picurarea sub presiunea arcului.

Umplerea și sudarea de final sunt de obicei efectuate cu mișcări de țesut și curbate în sus (diferit de ceea ce se întâmplă la sudarea cu electrozi înveliți), care acoperă întreaga lățime a canelurii. De asemenea, este recomandabil să se ia în considerare faptul că pe fiecare parte va exista o oprire și, atunci când pistolul se deplasează dintr-o parte în alta, aceasta se va efectua cât mai repede posibil, astfel încât să se asigure fețele corecte de fuziune a îmbinării și, pentru partea finală a cordonului și să se evite subcotările. Ca urmare, baia de metal topit va trebui să fie eliptică; dacă parametrii electrici sunt prea mari, baia de metal topit va fi excesiv de fluidă sau „fierbinte” și va tinde să curgă în jos.

Sudarea în poziție PE

În acest caz, baia de metal topit tinde să acționeze contrar forțelor gravitaționale, situație care face ca tehnica de operare să fie una dintre cele mai dificile de realizat. Din acest motiv, este și mai importantă poziționarea sudorului în raport cu piesa și este recomandat să se folosească ambele mâini, ținând pistolul cu o mână, iar antebrațul celeilalte mâini va asigura sprijinul.

Modul de transfer aplicabil este arcul scurt și pulsant. În același timp, pentru a evita prea mult fluid în baia de metal topit, este necesară o viteză mai mare a sârmei furnizată de dispozitivul de avans (mărgelile "trase"), situație care duce, în consecință, la valori de curent mai mari decât cele utilizate pentru prima trecere.

În sudarea peste cap, este în cele din urmă adecvată creșterea ușoară a debitului de gaz către arc, pentru a garanta o protecție adecvată a acestuia și a băii de metal topit, mai ales dacă gazul de protecție este argonul.

Tehnica operativă este de obicei de a împinge pentru sârme pline și de a trage pentru sârme tubulare.

Sudarea în poziția PC

În acest caz, tehnica de sudare este similară cu cea în poziția PE, încercând totuși să mențină o temperatură redusă a băii de metal topit prin limitarea energiei liniare.

Trebuie reamintit faptul că, pentru a asigura o protecție adecvată a băii de sudare, este necesar să se încline ușor pistolul în sus (sudarea cu amestecuri de argon) sau în jos (sudarea cu amestecuri de heliu).

Sudarea în poziție PG

Sudarea verticală descendentă are ca problemă fundamentală faptul că mișcarea pistolului este în aceeași direcție cu gravitația. În consecință coborârea pistolului trebuie să fie mai rapidă decât viteza de cădere a băii de metal topit, astfel încât să se evite acoperirea rădăcinii îmbinării sau curgerile ulterioare fără ca acestea să fie topite de arc.

Rezultatul este viteza mare de sudare și energie liniară mică, chiar dacă riscul lipsei de fuziune este atât de mare încât este recomandat să nu se sudeze în această poziție.

8.4 Finalizarea sudării

Sfârșitul sudării trebuie realizat încercând să se obțină o oprire treptată a arcului (de exemplu cu o creștere finală a vitezei de sudare), pentru a evita formarea de cratere la sfârșitul sudării.

În consecință, este recomandabil să se continue la sfârșitul sudării cu încă o trecere sau, dacă acest lucru nu este posibil (cum ar fi de exemplu la închiderea unei suduri circumferențiale), este indicată pregătirea anterioară a procedurii de închidere prin realizarea unui punct de oprire similar jgheabului.

În acest caz, închiderea trebuie finalizată la sfârșitul trecerii și materialul în exces trebuie ulterior prelucrat cu un polizor sau o mașină de bavurat pentru a readuce îmbinarea la înălțimea nominală.

În cele din urmă, trebuie subliniat faptul că există surse de alimentare care permit o modulare a curentului în procesul de închidere în așa fel încât să permită o oprire treptată care are loc în câteva momente, posibil cu depunerea unei singure picături de adaos de material, ca și cum ar fi un singur impuls de arc pulsant, pentru a umple craterul (sistemele de "umplere a craterului").

8.5 Resudarea

La realizarea îmbinărilor de o anumită lungime, la fel ca în executarea testului de calificare a sudorului, poate fi necesară efectuarea unei resudări. Acest lucru se poate face prin realizarea unui jgheab de pornire pe locul de pornire / oprire, pe care să se facă startul, cu o viteză adecvată lentă, astfel încât să se formeze o baie de metal topit de dimensiuni adecvate.

Înainte de a începe noua trecere, pe craterul final al trecerii anterioare este indicată îndepărtarea materialului în exces cu un polizor sau o instalație de bavurat.

BIBLIOGRAFIE

[1] General course on GMAW welding: IIS training material

GLOSAR

Acesta include principalele concepte, noi și / sau complexe văzute în unitate, ca dicționar. Acest tip de resursă este important mai ales atunci când cursul se adresează studenților fără cunoștințe despre subiect. Intrările din glosar sunt ordonate alfabetic.

Welding Processes – Sudarea oxiacetilenică

1.1 Numele cursului

Sudura GW

1.2 Durata cursului

5 ore

1.3 Scopul cursului

În această unitate sunt prezentate elemente specifice procesului de sudare cu flacără oxiacetilenică, legate în mod specific de echipamentul de sudură, parametrii de sudare, tehnicile tipice de sudare și metalele de adaos utilizate.

1.4 Obiectivele cursului

Cunoștințe	Competențe	Atitudini
Asumarea competențelor generale privind procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică	Introducere generală privind procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică	Pe parcursul cursului, elevii vor demonstra o bună cooperare cu profesorii și colegii de clasă, pentru a îmbunătăți cunoștințele și a împărtăși informații.
Identificarea componentelor principale ale echipamentului de sudură și cunoașterea întreținerii acestuia	Identificarea componentelor echipamentului de sudare Identificarea competenței generale privind întreținerea echipamentelor	
Îmbunătățirea competenței privind măsurarea parametrilor de sudură	Identificarea parametrilor principali ai procesului de sudare cu flacără oxiacetilenică Măsurarea și controlul parametrilor de sudare	
Îmbunătățirea competenței în domeniul gazelor de protecție	Identificarea gazelor de protecție Alegerea gazului de protecție corect în funcție de proprietăți	
Îmbunătățirea competenței privind metalul de adaos	Identificarea metalului de adaos Alegerea corectă a metalului de adaos în funcție de proprietățile îmbinării	
Identificarea tehnicilor de operare asupra procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică	Aplicarea diferitelor moduri de transfer la procesul de sudare Alegerea modului de transfer corect în funcție de tipul sudării	
Identificarea diferitelor tehnici de sudare, cu explicații specifice privind modul corect de sudare	Asumarea diferitelor tehnici de sudare Cunoașterea tehnicii corecte de sudare utilizând diferite poziții de sudare	
Îmbunătățirea competenței în practica de sudare	Pregătirea piesei Stabilirea defectelor principale de sudare și prevenirea lor	

1.5 Conținuturi

1. Introducere

2. Flacăra de sudare oxoacetilenică

- 2.1. Reglarea flăcării
- 2.2. Proprietățile flăcării

3. Echipament

- 3.1. Oxigen
- 3.2. Acetilenă
- 3.3. Reductor de presiune
- 3.4. Supapă de siguranță
- 3.5. Economizor
- 3.6. Conducte (tuburi)
- 3.7. Arzător

4. Tehnica de operare

- 4.1. Introducere
- 4.2. Calculul aportului de căldură
- 4.3. Pregătirea rosturilor
- 4.4. Funcționarea corectă

5. Aplicare

- 5.1. Tipuri de îmbinări
- 5.2. Materialul de bază
- 5.3. Defecte tipice
- 5.4. Material de adaos

1.6 Participanți

Caracteristici cursanți:	Competențe tehnice de bază
--------------------------	----------------------------

1.7 Cerințe de acces

Nivelul de educație:	Certificat de absolvire studii gimnaziale (EQF 3)
Cunoștințe anterioare necesare	Cunoștințe de bază în domeniul sudării
Cerințe de vârstă:	Elevii trebuie să aibă vârsta între 16 și 20 ani

1.8 Activități de evaluare

Evaluare sumativă: nimic necesar

1.9 Bibliografie (utilizată sau suplimentară)

[1] Curs General privind sudarea GW: materiale de instruire IIS

Număr unitate: Unitate didactică 2

Titlul unității: Sudare cu flacără oxiacetilenică (GW)

PREZENTARE UNITATE

În această unitate sunt prezentate elemente specifice procesului de sudare cu flacără oxiacetilenică, legate în mod special de echipamentul de sudură, parametrii de sudare, tehnicile tipice de sudare și metalele de adaos utilizate.

OBIECTIVE

Obiectivele unității de învățare sunt:

- Asumarea competențelor generale privind procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică
- Identificarea componentelor principale ale echipamentelor de sudare și cunoașterea întreținerii acestora
- Identificarea tehnicilor de operare la procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică
- Îmbunătățirea practicii de sudare

CONȚINUTURI

1. Introducere	
2. Flacără oxiacetilenică	
2.1. Reglarea flăcării	
2.2. Proprietățile flăcării	
3. Echipament	
3.1. Oxigen	
3.2. Acetilenă	
3.3. Reductor de presiune	
3.4. Supape de siguranță	
3.5. Economizor	
3.6. Conduțe (tuburi)	
3.7. Arzător	
4. Tehnica de operare	
4.1. Introducere	
4.2. Calculul aportului de căldură	
4.3. Pregătirea rosturilor	
4.4. Funcționarea corectă	
5. Aplicare	
5.1. Tipuri de îmbinări	
5.2. Material de bază	
5.3. Defecte tipice	
5.4. Material de adaos	

DEZVOLTAREA CONȚINUTULUI

1. Introducere

În noiembrie 1895, chimistul francez Le Châtelier a descoperit că arderea unor cantități egale acetilenă și oxigen pur produce o flacără a cărei temperatură era mai mare decât cea obținute prin arderea altor gaze.

Din această realitate un proces de sudare autogen numit fuziune dezvoltat în câțiva ani sudarea cu oxiacetilenă (figura 1.1).

În combinație cu oxigenul, acetilena, deși nu are putere calorică maximă față de celelalte gaze disponibile pentru sudare, oferă energie termică mai mare decât cea a altor gaze (metan, propan, butan, hidrogen).

Pentru temperatura obținută (de aproximativ 3100°C), flacăra oxiacetilenică este singura care face posibilă sudarea aliajelor feroase cu material de adaos asemănător cu materialul de bază.



Figura 1.1: Sudare cu flacără oxiacetilenică (reparare șasiu), 1949

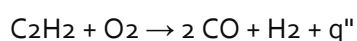
2. Flacăra oxiacetilenică

Flacăra oxiacetilenică este efectul arderii dintre acetilenă (formula chimică C_2H_2 - figura 2.1) și oxigen, care ajung separat la arzător din care ies împreună după ce sunt amestecate (formarea amestecului acetilenă-oxigen este favorizată de forma specială a arzătorului, care va fi descrisă ulterior).

La ieșirea din arzător, arderea are loc cu o flacără care este cea mai potrivită pentru satisfacerea nevoilor principale ale fuziunii unui metal și protecția băii de metal topit de contaminarea atmosferică.

Analizând geometria unei flăcări reglate corect (figura 2.2), se pot distinge diferite zone, fiecare având proprietăți deosebit de importante în scopul caracteristicilor procesului.

Arderea, de fapt, dă naștere inițial la formarea de monoxid de carbon și hidrogen și la dezvoltarea unei anumite cantități de căldură în funcție de reacția de ardere primară, care generează o primă cantitate de căldură, notată q' :



Produsele acestei prime reacții chimice nu sunt produsele finale ale arderii: aceasta se datorează faptului că oxigenul furnizat de arzător este în cantitate mai mică decât cantitatea necesară pentru arderea completă a acetilenei. Prin

urmare, arderea descrisă ia numele de ardere primară: are loc pe o suprafață în formă de con, situată în apropierea vârfului arzătorului numită săgeată.

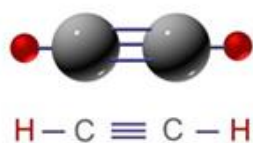
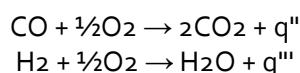


Fig.2.1: Formula acetilenei



Fig.2.2: Zonele flăcării

Deoarece produsele finale ale arderii primare sunt încă combustibile și se găsesc la temperaturi ridicate, ele își finalizează spontan arderea în detrimentul oxigenului, care nu este furnizat de instalația de sudare, ci este preluat din aerul din jur. Rezultă că după conul luminos este o zonă lăcomă de oxigen; aceasta se numește zona de reducere și în ea apare arderea secundară care completează oxidarea produselor reacției primare cu dezvoltarea ulterioară a căldurii (q'' și q'''), conform celor două reacții:



Prezența zonei reducătoare determină, de asemenea, posibilitatea de a folosi flacăra oxiacetilenică, fără nici o formă de protecție de oxigen, baia de sudare și materialul de ados fiind într-o atmosferă reducătoare; rețineți, de asemenea, că printre produsele de ardere există, de asemenea, vapori de apă, care însă nu pot fi considerate deosebit de periculoase datorită ciclurilor termice ușoare care sunt efectuate cu acest proces. Dezvoltarea căldurii menține produsele finale de ardere la temperaturi ridicate: aceasta dă naștere la o luminozitate considerabilă a gazelor și vaporilor produși, care durează un anumit timp până când dispăre din cauza scăderii temperaturii. Zona luminoasă din jurul conului luminos (care, la rândul său, este și mai strălucitoare) se numește pană.

2.1 Reglarea flăcării

Constituția flăcării cu caracteristicile descrise este condiționată de prezența oxigenului într-o proporție egală cu acetilena, astfel încât arderea începe în corespondență cu săgeată și este finalizată în prima parte a penei, dând astfel naștere la o zonă cu reducerea de acțiune; în aceste condiții flacăra se numește neutră (cum ar fi cea prezentată în figura 2.2).

În cazul în care oxigenul ajunge la arzător în exces sau în deficit în comparație cu acetilena, atât forma flăcării, cât și proprietățile sale sunt schimbate (figura 2.3).

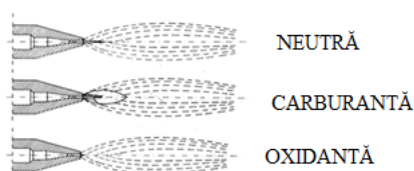


Fig. 2.3: Reglarea flăcării

2.1.1 Sudarea cu oxigen scăzut

Atunci când oxigenul este insuficient pentru a finaliza arderea primară, acetilena trebuie să obțină oxigen din atmosfera înconjurătoare. Cu toate acestea, având în vedere timpul scurt disponibil (gazele curg din arzător la viteză mare: aproximativ 100 m/s), arderea completă este practic imposibilă. Prin urmare, rămâne o anumită cantitate de gaz de ardere: ținând cont de faptul că acetilena este formată din hidrogen și carbon, acea parte a acesteia din urmă care nu este arsă rămâne liberă în flacăra și tinde să treacă în baia de metal topit. În acest caz flacăra se numește

reducătoare: după conul luminos apare un penaj mai extins, uneori de culoare roșiatică (figura 2.4). În plus, trebuie remarcat în acest caz un efect de reducere marcant.



Fig.2.4: Flacăra reducătoare

2.1.2 Sudarea cu oxigen ridicat

În acest caz nu există o zonă de ardere primară bine definită: arderea are loc complet și aproape imediat după ieșirea din vârful conductei și, prin urmare, zona de reducere este mult redusă sau dispare complet, în funcție de cantitatea de oxigen în exces.

Flacăra reglată în acest fel se numește flacăra oxidantă.



Fig.2.5: Flacăra oxidantă

2.2 Proprietățile flăcării

Pe baza proprietăților fizice ale flăcării oxiacetilenice, este posibil să se înțeleagă unele dintre avantajele și / sau caracteristicile fundamentale care fac ca această sursă de energie să fie potrivită pentru aplicațiile de sudură.

După cum sa menționat deja, în fapt, flacăra oxiacetilenică permite atingerea unei temperaturi suficient de ridicate pentru a obține o corectă topire a metalelor pentru a fi sudate; în special, distribuția temperaturii este deosebit de convenabilă, deoarece valoarea maximă (de ordinul a 3100 °C) este atinsă doar în aval de vârful de lance, adică în corespondență cu baia de sudură (Figura 2.6).

Săgeata este înconjurată de zona de reducere și de penajul care se extinde considerabil; imediat în aval de săgeată, prezența unei zone lacome de oxigen prezintă proprietăți de reducere și, prin urmare, are acțiune dezoxidantă în ceea ce privește metalul adus în stare de topire (baia de metal topit). Cu toate acestea, aceste caracteristici necesită ca volumul de oxigen furnizat să fie egal cu cel al acetilenei: în caz contrar, flacăra tinde să oxideze sau să carbureze baia topită. Din fericire, atunci când apar aceste operații anormale, aspectul flăcării se schimbă considerabil, astfel încât sudorul calificat poate elimina prompt inconvenientele prin reglarea cu ușurință a debitului de oxigen sau acetilenă.

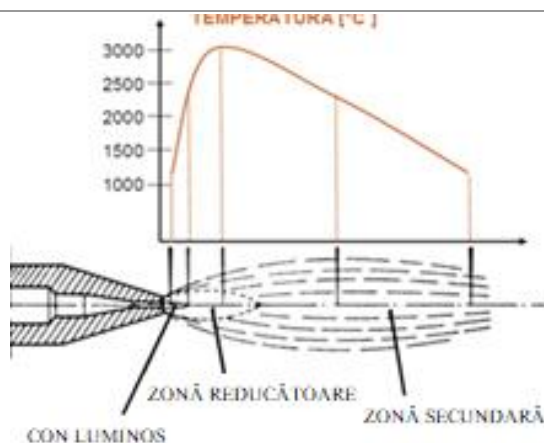


Fig.2.6: Temperatura flăcării

3. Echipament

Figura 3.1 ilustrează dispunerea unei stații pentru sudarea oxiacetilenică care cuprinde: butelii de oxigen și acetilenă, reductoarele de presiune ale acestora, supape de siguranță, arzător și economizor.

Cerințele generale pentru sistemele de distribuție a sudării cu acetilenă sunt enumerate în UNI EN ISO 14113: 1999 - echipament de sudare cu gaz-țevi flexibile din cauciuc și plastic pentru gaz comprimat sau lichefiat până la presiunea maximă de proiectare de 450 bar.

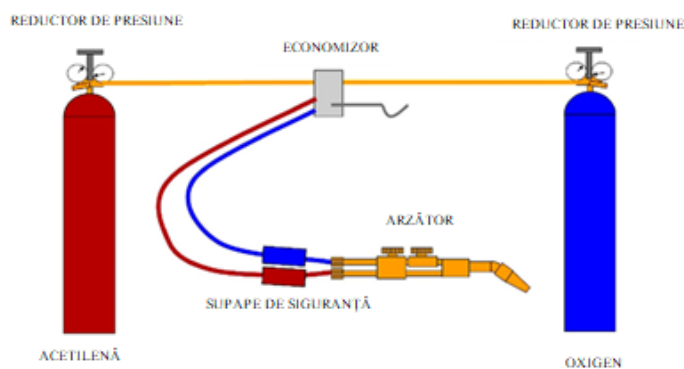


Fig.3.1: Echipament

În special, standardul impune ca sistemele de distribuție a acetilenei în cilindri să includă următoarele componente:

- supapa de reținere de înaltă presiune, situată la ieșirea din butelie sau din bateria de butelii;
- conducte de distribuție de înaltă presiune, care pot fi țevi flexibile;
- dispozitiv de întrerupere rapidă, manuală sau automată;
- reductor de presiune butelie sau reductor de presiune baterie de butelii;

- indicatorii de presiune dinaintea și după reductorul de presiune, de exemplu manometre;
- conductele de joasă presiune situate după reductorul de presiune al buteliei, care merg la dispozitivele de siguranță incluse, situate imediat după reductorul de presiune;
- supapă de reținere de joasă presiune;
- dispozitiv de oprire a flăcării de joasă presiune;
- un TERMOBLOC sau un dispozitiv acționat sub presiune.

3.1 Oxigen

Oxigenul este esențial pentru o combustie perfectă: numai prin furnizarea acestuia la arzător împreună cu combustibilul, într-un raport volumetric practic unitar, este posibil să se obțină temperaturi ridicate ale flăcării. Este produs industrial prin distilarea fracționată a aerului lichid și este furnizat în butelii de oțel la o presiune în general de 200 bar sau sub formă lichidă.

3.1.1 Butelii de oxigen

Buteliile pot fi de diferite capacități; buteliile de $4 \div 8 \text{ m}^3$ sunt utilizate în mod normal (valori referite la presiunea atmosferică). Volumul de oxigen conținut într-o butelie este aproximativ proporțional cu presiunea indicată de manometru; acest lucru permite să se știe cât de mult oxigen rămâne în butelie după utilizare.

Buteliile de oxigen sunt echipate cu o supapă de alamă cu filet drept și pot fi identificate datorită unei benzi albe în partea de sus. Reductorul de presiune este înșurubat pe supapă, și are sarcina de a menține presiunea la valoarea necesară în conducta de livrare către conducta de suflare.

3.1.2 Siguranța

Deoarece grăsimea și uleiul se pot aprinde spontan și pot exploda la contactul cu oxigenul pur sub presiune, acestea nu trebuie utilizate niciodată în nicio parte a echipamentului și în special pe țevile reductorului.

Pierderile de oxigen pot fi detectate prin aplicarea unei soluții cu săpun. Nu folosiți niciodată o flacără deschisă pentru a căuta scurgeri.

În cazul buteliilor de oxigen acesta trebuie plasate într-o poziție verticală, fixate corespunzător (de exemplu cu lanțuri) și departe de sursele de căldură, pentru a proteja împotriva creșterilor de presiune cu riscul de explozii grave.

3.2 Acetilenă

Acetilena este o hidrocarbură nesaturată din seria aciclică, care nu se găsește în natură, ci este produsă prin reacția dintre apă și carbura de calciu sau din etilenă derivată din petrol.

Acetilena pură este practic inodoră; mirosul caracteristic asemănător usturoiului care se simte adesea se datorează, de fapt, hidrogenului fosfor (PH_3), prezent ca impuritate.

Este un gaz instabil care tinde să se descompună cu o reacție exotermă puternică, adică care generează căldură, cu atât mai violent cu cât presiunea este mai mare.

3.2.1 Butelii de acetilenă

Pentru a evita pericolul de explozie, acetilena este stocată în interiorul buteliilor în stare dizolvată și necomprimată.

În mod normal, se dizolvă în acetonă care impregnează o masă poroasă ce ocupă întregul volum al cilindrului. Acetona poate dizolva la presiunea camerei un volum de acetilenă de 25 de ori mai mare; în plus, pentru fiecare creștere a presiunii cu un bar, poate absorbi la fel de mult (exemplu la 15 bar un litru de acetonă poate primi până la 375 litri de acetilenă). Presiunea acetilenei dizolvată nu poate, prin lege, să depășească 15 bari la 15°C .

Pentru a asigura cea mai mare stabilitate a acetilenei și pentru a preveni descompunerea locală a acetilenei sub acțiunea unui impact mecanic sau a unei creșteri a temperaturii, butelia este umplută cu mase poroase care absorb acetilena.

Acestea sunt, în special, materiale granulate sau pulverulente (de exemplu cărbune granulat, care are, de asemenea, avantajul de a se umfla ușor prin umplerea golurilor atunci când este înmuiat în acetilenă).

În consecință, un cilindru conține acetonă, acetilenă dizolvată, material poros și spațiu liber ocupat de faza gazoasă (acetilenă și vapori de acetonă) în echilibru cu faza lichidă, cu procente medii prezentate în figura 3.2.

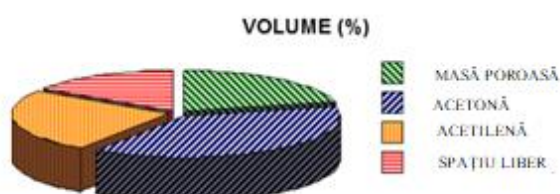


Fig. 3.2: Conținutul unei butelii de acetilenă

3.2.2 Siguranța

Acetilena este un gaz inflamabil și, prin urmare, este necesar să se evite exact violența flăcărilor deschise la cilindri, țevi și țevi.

În plus, acetilena poate interacționa cu cupru prin formarea unui compozit (cupru acetilur), care este exploziv. Prin urmare, standardul internațional UNI EN ISO 9539:2010 impune ca țevile, fittingurile și materialele cu care gazul este în contact (supape reductoare etc.), să aibă conținut scăzut de cupru.

3.3 Reductor de presiune

Acetilena și oxigenul sunt conținute butelii la presiune mai mare decât este necesar pentru funcționarea arzătorului. Prin urmare, este necesar ca presiunea să fie redusă și menținută constantă la valoarea corespunzătoare, indiferent de debitul de gaz necesar. Această funcție este efectuată de reductorul de presiune, prezentat în figura 3.3.

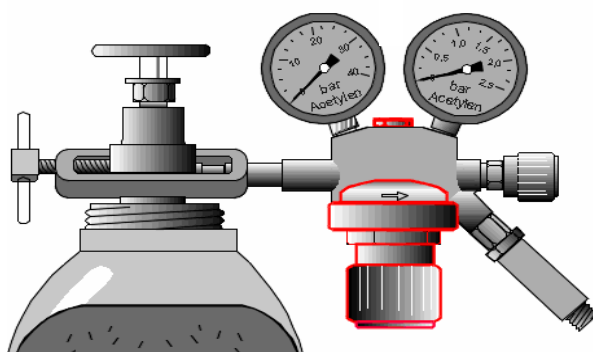


Fig. 3.3: Reductor de presiune

3.4 Supapă de siguranță

În majoritatea aplicațiilor, presiunile acetilenei și oxigenului pot fi, de asemenea, foarte diferite unele de altele (chiar și de un ordin de mărime). Acest lucru poate face ca amestecul acetilenă / oxigen să revină la conducta de presiune inferioară; având în vedere că această întoarcere începe de la arzător, este posibil să fie însoțită de arderea amestecului (este "backfire").

3.5 Economizor

Economizorul este o componentă tipică a stațiilor fixe, cu sarcina de a permite curgerea celor două gaze numai în timpul sudării, eliminând consumul acestora în timpul opririlor de lucru.

Se compune în esență dintr-o supapă care închide trecerea ambelor gaze de la țevi către arzător (figura 3.16). Supapa, în mod normal deschisă, este controlată de o pârghie de cârlig care când este coborâtă determină închiderea acesteia.

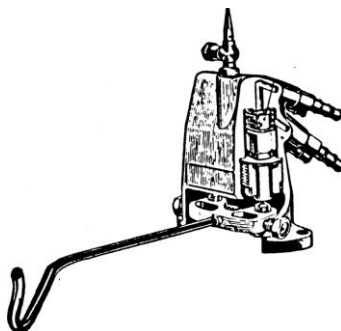


Fig. 3.4: Economizor

3.6 Conducte (tuburi)

La ieșirea economizorului sau de la reductoarele de presiune, gazele sunt transportate către arzător prin conducte flexibile de cauciuc, pentru a permite sudorului o mobilitate adecvată a flăcării. Aceste tuburi constau dintr-o serie de teci de cauciuc, armate cu o armătură metalică sau nemetalică.

3.7 Arzătorul

Este aparatul în care intră gazul combustibil și gazul comburant și în care are loc amestecarea lor intimă, necesară pentru a permite arderea regulată la ieșirea din arzător. Performanța acestor funcții și necesitatea unei manevrabilități maxime (pentru a nu obosi sudorul) necesită o construcție adecvată.

În funcție de presiunea gazului pentru funcționarea arzătorului, distingem arzătoare de joasă presiune (oxigen reglat între 1 și 2 bar, acetilenă între 0,01 și 0,02 bar) și arzătoare de presiune înaltă (oxigen și acetilenă la aceeași presiune de 0,5-0,75 bar).

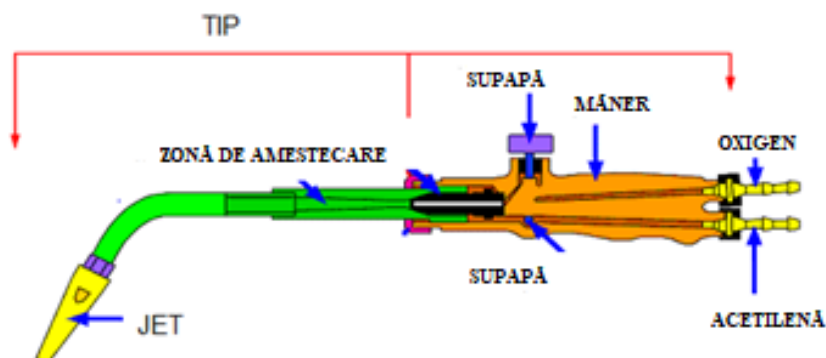


Fig. 3.5 Arzător

4. Tehnica de operare

4.1 Introducere

Tehnicile operative utilizate la sudarea cu flacără oxiacetilenică sunt diferite în funcție de poziția de sudare. În consecință, parametrii de sudare sunt, de asemenea, diferiți.

Indiferent de poziția de sudare, este important ca vârful tijei și baia de metal topit să fie păstrate întotdeauna în interiorul zonei de protecție a flăcării (zona de reducere).

4.1.1 Sudarea în PA

Sudarea plană poate fi efectuată cu o tehnică spre stânga (în care arzătorul este îndreptat în direcția de avansare) sau spre dreapta (cu arzătorul îndreptat în direcția opusă), așa cum se arată în figura 4.1.

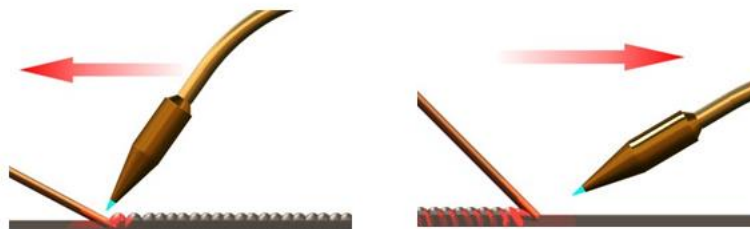


Fig. 4.1: Tehnici de sudare (spre stânga, spre stânga și spre dreapta, spre dreapta)

Tehnica spre dreapta (sudarea înapoi) presupune o mișcare rectilinie a arzătorului spre dreapta, înclinat cu un unghi de $30 \div 40^\circ$ în raport cu planul orizontal, la $2 \div 3$ mm, flacăra fiind permanent îndreptată spre sudura realizată iar sârma de adaos execută o mișcare oscilatorie în formă de U în urma becului (Figura 4.2).

Această tehnică este potrivită în special pentru sudarea foilor subțiri cu margini drepte, chiar dacă există riscul creșterii grăunților.

Tehnica de operare spre stânga este folosită în schimb cu arzătorul îndreptat constant spre baia de sudură cu un unghi care variază între 45° și 75° în funcție de grosime. Numai în cazul grosimilor mai mari se adaugă o mișcare circulară mică, pentru a obține o topire bună.

Materialul de adaos este în permanență în contact cu baia de sudură (figura 4.3).

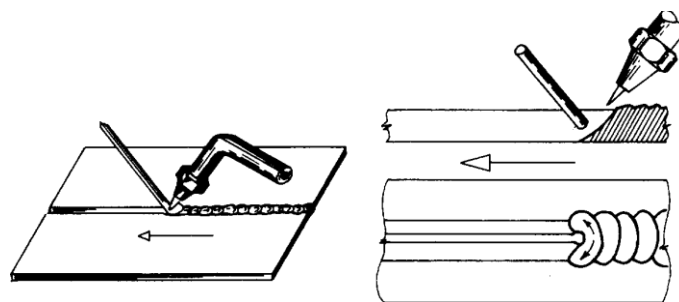


Fig.4.2: spre stânga

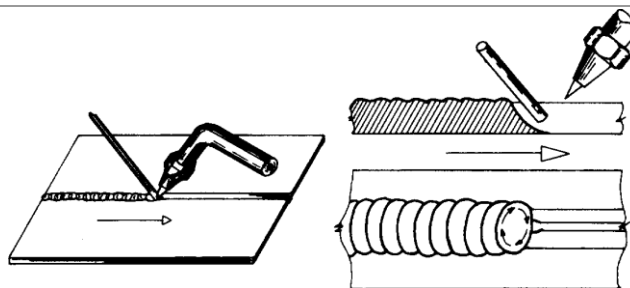


Fig. 4.3: spre dreapta

METODA	Flux de acetilenă [l/h]	Viteza de sudare [mm/min]	Diametrul metalului de adaos: [mm]
spre stânga	100 s*	200 / s*	$s^*/2 + 1$
spre dreapta	100 s*	250 / s*	$s^*/2$
s* - grosimea componentelor (mm)			

4.1.2 Sudarea în PF

Când axa îmbinării sudate este verticală, sudarea poate fi efectuată de sus în jos (metoda descendentă) sau de jos în sus (metoda ascendentă). Acesta din urmă este cu siguranță preferată, deoarece permite un control mai bun al băii topite și penetrarea, cu caracteristici mai bune al îmbinării.

Pentru realizarea acestui tip de îmbinări, se utilizează o poziție a arzătorului înclinat cu 30° față de orizontală și sârma de adaos înclinată la $20 \div 30^\circ$ deasupra orizontalei.

Arzătorul are o mișcare longitudinală și o viteză care să producă și să păstreze o gaură deschisă care permite metalului topit să pătrundă în spate și să-l facă o perlă continuă. Vârful flăcării trebuie să atingă suprafața băii topite și să nu se desprindă până când nu este suficient pentru a permite introducerea tijei de adaos în baia de metal topit (figura 4.4). Sârmei de adaos i se imprimă de o mișcare de avans vertical însoțită de o succesiune de alăturări rapide și întreruperi de ordinul $3 \div 4$ mm, astfel încât să se depună picături succesive de metal topit în baia de metal topit.

Pentru grosimi mai mari (peste 4 mm) este de asemenea necesar să se dea sârmei de adaos o ușoară mișcare oscilatorie transversală. În orice caz, tehnica este aplicabilă pentru grosimi care nu depășesc 6 mm.

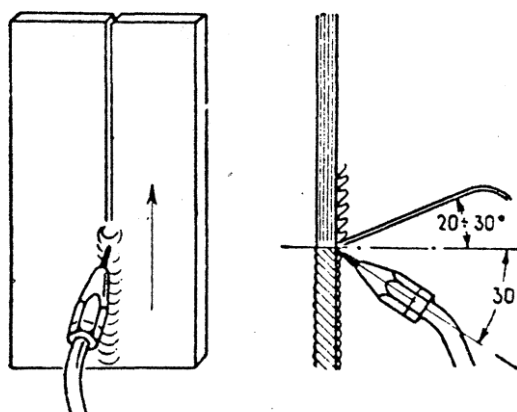


Fig. 4.4: Sudarea verticală

Tecnică	Acetylene flow [l/h]	Travel speed [mm/min]	Diameter of filler metal [mm]
Verticale ascendente	60 s*	150 / s*	s*/2
s* Is the thickness of the joint (mm)			

4.1.3 Sudarea în PC

Atâta timp cât grosimea este subțire ($s < 3$ mm) se procedează în mod similar pozițiilor anterioare.

4.2 Calculul aportului de căldură

În cazul sudării cu arc electric, aportul de căldură specific este calculat în funcție de parametrii electrici și ca raport între puterea electrică utilizată (în W) și viteza de sudare. În mod similar, în cazul sudării cu flacără oxiacetilenică, puterea termică poate fi calculată cu o bună aproximare prin referire la valoarea calorică inferioară a acetilenei (H_i), presupunând o combustie perfectă.

În consecință, fiind H_i egal cu $36 \text{ kJ} / \text{dm}^3$, aportul de căldură specific (Q_1) poate fi calculat pe baza următoarei relații:

$$Q_1 = \frac{P \cdot H_i}{V_{\text{sald}}} = \frac{36 \cdot P}{V_{\text{sald}}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mm}} \right]$$

deoarece P este debitul în L / min și V_{sald} viteza de deplasare în mm / min .

4.3 Pregătirea rosturilor

Pregătirea rosturilor pentru sudarea oxiacetilenică poate fi în formă de I sau în formă de V, așa cum se arată mai jos.

Rostul în formă de I este posibil până la grosimi de aproximativ 6 mm, după cum urmează:

- pentru grosimea "s" de până la 3 mm, distanța dintre margini trebuie să fie între 0 și 2 mm;
- pentru grosimi "s" de la 3 la 6 mm (numai pentru sudarea plană sau verticală), distanța dintre margini trebuie să fie între $s/2$ și $(s/2 + 1)$ mm.

Rostul în formă de V poate fi utilizat pentru grosimi mai mari de 6 mm, deși utilizarea sudării oxiacetilenice pentru grosimi mai mari de 8 mm se aplică în cazuri excepționale.

- pentru grosimea "s" între 3 și 6 mm, unghiul de deschidere trebuie să fie de cel puțin 80° , umărul 0 mm și decalajul dintre $S/4$ și $(s/4 + 1)$ mm;
- pentru grosimi "s" între 6 și 12 mm, unghiul de deschidere trebuie să fie între 60° și 70° , fața 0 mm și decalajul ca mai sus.

4.4 Funcționarea corectă a echipamentului

Presupunând că sudorul a reglat deja presiunea gazului la valorile așteptate, procedura de aprindere a arzătorului trebuie să pornească cu acetilena. Prin urmare, procedați prin deschiderea robinetului de acetilenă și pornirea gazului folosind o brichetă specială de piatră sau flacăra economizorului; în acest fel se obține o flacăra lungă și murdară. În acest moment continuați prin deschiderea robinetului de oxigen, reglând flacăra (neutră, oxidantă sau combustibil) după cum este necesar.

În ceea ce privește oprirea, vom proceda în mod similar prin întreruperea mai întâi a fluxului de acetilenă și, ulterior, a oxigenului, lăsând fluxul acestuia din urmă să răcească vârful torței.

Un arzător în stare bună de întreținere și bine utilizat nu ar trebui să dea naștere unor accidente grave în timpul utilizării; cu toate acestea, este o regulă generală de a opri debitul acetilenei și a oxigenului în caz de accidente.

5. Aplicare

Având în vedere caracteristicile sursei de căldură (și, în special, concentrația scăzută de energie), este ușor să vedem că la sudarea cu flacără oxiacetilenică procesul este în general limitat la executarea îmbinărilor de grosime redusă (6 sau 8 mm maxim), de asemenea, având în vedere intrările termice ridicate, care la grosimi mai mari de 2 mm pot depăși cu ușurință 10 kJ / mm, cu implicațiile ulterioare în termeni metalurgici și mecanici (tensiuni și deformări la sudare).

5.1 Tipuri de îmbinări

Posibilitatea de a avea sursă termică separată de metalul de adaos și controlul bun al băii de sudare a face procesul deosebit de util în cazurile în care nu este posibil să se efectueze sudare din ambele părți (de exemplu în cazul unei îmbinări de țevi de diametru mic, și, desigur, de grosime redusă). De fapt, sudorului i se permite să gestioneze o sursă termică liniștită și metodică, adaptabilă circumstanțelor pentru fiecare secțiune a îmbinării, fără a fi nevoie de intervenții continue și în timp util, care duc întotdeauna la nereguli mai mult sau mai puțin evidente (cum ar fi reîncărcarea defectuoasă, picurarea, porozitatea, lipsa penetrării locale).

În cele din urmă, trebuie remarcat faptul că procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică permite sudarea cu ușurință în cazurile în care accesibilitatea este greoaie în zona de sudare.



Fig. 5.1: Sudarea unei țevi

5.2 Materiale de bază

Puterea termică redusă a flăcării oxiacetilenice poate da naștere unor fenomene de creștere a grăunților. Apare în principal în zona afectată de căldură a materialului de bază, datorită șederii relativ lungi la temperaturi ridicate și răcirii lente a zonei care înconjoară îmbinarea, datorită vitezei modeste de sudare. O creștere a grăunților este, într-un sens, inevitabilă cu o procedură "lentă", cum ar fi cea de sudare oxiacetilenică, dar se poate manifesta într-un mod mai mult sau mai puțin acceptabil, în funcție de capacitatea de operare a sudorului. Creșterea grăunților reduce duritatea îmbinării. Este deosebit de temut în oțeluri cu granulație fină și a oțelurilor slab aliate, altele (cum ar fi cele cu Mo și Cr-Mo, pentru cazane, boilere, unde se fac teste de verificare a rezistenței îmbinărilor).

În consecință, materialele pe care poate fi aplicat procedeul sunt astăzi limitate în principal la oțel carbon și aliaje slab aliate (cu o limită maximă reprezentată de oțelul 1.25 Cr-0.5 Mo). Pentru alte materiale, cum ar fi oțeluri aliate Cr-Mo, oțeluri inoxidabile Cr și Cr-Ni, aluminiu și aliajele sale, cupru și aliajele sale etc., se folosesc procedeele cu protecție de gaze inerte (TIG și MIG) care au înlocuit complet procedeul de sudare cu flacără oxiacetilenică. În cele din urmă, procesul este utilizat pe scară largă pentru aplicații de lipire, unde "dulceața" flăcării și caracteristicile sale de reducere se pretează în special pentru brazare.

5.3 Defecte tipice

Imperfecțiunile de sudare pot fi legate de probleme metalurgice (ca în cazul fisurilor la cald sau la rece) sau de probleme operaționale, adică legate de combinarea procesului de sudare, a condițiilor de lucru și a capacității sudorului.

Procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică, datorită caracteristicilor sale, poate duce în principal la lipsă de topire și crestături. Alte defecte sunt posibile, dar se datorează sudorului.

5.4 Metal de adaos

Procesul de sudare cu flacără oxiacetilenică este aplicat în cazul oțelurilor carbon și slab aliate. Cele două regulamente utilizate în prezent sunt dedicate acestor materiale. Clasificarea europeană este tratată de UNI EN 12536: 2001, care oferă un simbol format din litera de identificare a procesului (un "O"), urmată de un număr roman care se referă la compoziția chimică și comportamentul la sudare.

Clasificare AWS UN 5.2: 2007 "Caietul de sarcini tije din oțel carbon și oțel slab aliat pentru sudarea cu flacără oxiacetilenică" se utilizează, de asemenea, un cod alfanumeric, notat R urmat de un număr care indică rezistența la tracțiune, exprimată în kPSi.

Symbol	Compoziție chimică							Comportament		
	C	Si	Mn	P*	S*	Mo	Ni	Cr	Fluidity**	Spatter**
O Z	Nu este cazul									
O I	0,03÷0,1 2	0,02÷0,2 0	0,35÷0,6 5	0,03	0,02 5	-	-		A	A
O II	0,03÷0,2 0	0,05÷0,2 5	0,50÷1,2 0	0,02 5	0,02 5	-	-		M	M
O III	0,05÷0,1 5	0,05÷0,2 5	0,95÷1,2 5	0,02	0,02	-	0,35÷0,8 0		B	B
O IV	0,8÷0,15	0,10÷0,2 5	0,90÷1,2	0,02	0,02	0,45÷0,65			B	B
O V	0,10÷0,1 5	0,10÷0,2 5	0,80÷1,2	0,02	0,02	0,45÷0,65		0,80÷1,2 0	B	B
O VI	0,03÷0,1 0	0,10÷0,2 5	0,40÷0,7 0	0,02	0,02	0,90÷1,20		2,00÷2,2 0	B	B

Notă :
 * Valori maxime
 ** A = Mare; M = Mediu ; B = Sărat

Simbol	Rezistența la tracțiune (Rm)		A%
	ksi	MPa	
R45	Nu este cazul		
R60	60	410	20
R65	65	450	16
R100	100	690	14
RXXX-G	XXX*		Nu este cazul
* Valoare admisă 45, 60, 65, 70, 80, 90, 100.			

BIBLIOGRAFIE

[1]

Glosar

Acesta include conceptele principale, noi și / sau complexe văzute în unitate, ca dicționar. Acest tip de resursă este important mai ales atunci când cursul se adresează studenților fără cunoștințe despre subiect. Intrările din glosar sunt ordonate alfabetic.

Welding Processes – Sudarea manuală cu electrozi înveliți

1.1 Denumire curs

Sudarea manual cu electrozi înveliți

1.2 Durată curs

5 ore

1.3 Scop curs

În această unitate sunt prezentate elemente specifice legate de procesul de sudare MMA, în special legate de echipamentele de sudare, influența parametrilor de sudare asupra calității sudurii, precum și aspect de sănătate și siguranță.

Pentru a dezvolta în mod corespunzător sarcinile de sudor, elevul se va familiariza cu utilizarea echipamentelor și cu influența parametrilor de sudare asupra calității, astfel încât această unitate didactică este cu adevărat importantă pentru elevul care dorește să aplice sudarea manual cu electrod învelit în viața sa profesională, desigur, având grijă de toate aspectele legate de sănătate și siguranță.

1.4 Obiectivele cursului

Descrieți obiectivele cursului

- *Elevul este capabil să:*

Cunoștințe	Abilități	Atitudini	Evaluare
Explicarea terminologiei asociată procedurilor de sudare MMA.	Utilizarea termenilor și definițiilor care sunt în concordanță cu terminologia general acceptată de sudare conform înregistrărilor din standardele naționale și internaționale de sudare; Descrierea aplicațiilor, avantajele și limitarea procesului de sudare MMA;	Colaborarea cu membrii echipei de lucru pentru a îndeplini sarcina; Asumarea în cadrul echipei de lucru a responsabilităților pentru sarcina de lucru.	Introducere în sudarea MMA. Proces de sudare folosind electrozi înveliți.
Identificarea componentelor de bază și majore ale echipamentelor de sudare manual cu electrozi înveliți și	Identificarea, selectarea și pregătirea echipamentelor de sudare și a elementelor componente specifice utilizate în procesul de sudare MMA: surse de		Echipamente și elemente componente specifice utilizate în procesul de sudare MMA;

explicarea funcției și scopul acestora. Explicarea importanței asamblării corecte a echipamentelor de sudare, și consecințele asamblării incorecte. Explicarea importanței setării corecte a sursei de sudare și a alegerii electrodului, precum și consecințele unei selecții incorecte. Explicarea influenței grosimii materialelor în raport cu dimensiunea și tipul electrodului de sudare utilizat, precum și influența manipulării electrodului în timpul procesului de sudare.	sudare, clește port-electrod; Alegerea materialelor, SDV-urilor și echipamentelor necesare pentru efectuarea asamblării prin sudare MMA; Demonstrarea și configurarea procedurilor folosind simulator / echipament real.		Sursa de sudare. Clește port-electrod. Conexiune la masă. Cabluri și terminale.	
Stabilirea parametrilor de inițiere a arcului electric; Identificarea tipului de electrod care trebuie utilizat pentru sudarea în curent continuu sau curent alternativ;	Pregătirea mediului de sudare. Identificarea cauzelor potențiale ale defectelor sau imperfecțiunilor sudării înainte de sudare și luare deciziilor pentru îndeplinirea cerințelor. Alegerea consumabilelor / aditivi pentru obținerea îmbinărilor prin procedee de sudare; Practică: sudarea MMA a semifabricatelor / pieselor folosind simulatoare / echipamente reale.		Tehnologii de sudare manual cu electrod învelit.	

		Realizarea (sudare MMA) înbinărilor sudate uzuale în toate pozițiile folosind simulator / echipament real. Verificarea conformității produsului final cu specificațiile reflectate din desenul de execuție sau în cerințele lucrării. Identificarea defectelor la sudare și întreprinderea unor măsuri corective. Identificarea diferitelor poziții la sudare, definite în standardul ISO 6947: 2011.			
	Identificați pericolele la sudare și eliminarea acestora în conformitate cu practicile standard de lucru.	Respectarea măsurilor de siguranță. Aplicarea măsurilor care trebuie luate cu privire la prevenirea accidentelor legate de zgomot, fum, incendiu, șoc electric.		Măsuri de sănătate și siguranță la sudarea MMA.	

1.5 Cuprins

1. Introducere în sudarea manulă cu electrozi înveliți

2. Echipament de sudare

- 2.1. Sursa de sudare
- 2.2. Clește port-electrod
- 2.3. Conexiunea la masă
- 2.4. Cabluri și Terminale

3. Tehnologia de sudare

- 3.1. Caracteristica arcului
- 3.2. Parametrii de sudare
- 3.3. Amorsarea arcului
- 3.4. Electrozi înveliți
- 3.5. Poziții de sudare

4. Sănătate și securitate la sudarea manuală cu electrozi înveliți

1.6 Participanți

Caracteristici cursanți:	<i>Cunoștințe de bază în domeniul sudării</i>
--------------------------	---

1.7 Nivel de acces

Cerințe preliminare educaționale:	<i>Certificat de absolvire studii gimnaziale (EQF 3)</i>
Cunoștințe preliminare necesare	<i>Cunoștințe de bază în domeniul sudării</i>
Vârstă:	<i>Elevii trebuie să aibă vârsta minimă 16 ani</i>

1.8 Activități de evaluare

Evaluare sumativă

- *Examinare teoretică utilizând simulatorul de sudare/calculator sau rețeaua virtuală SIMTRANET*

1.9 Bibliografie (utilizată sau suplimentară)

- [1] General Course on Welding Technology. Training Fund-CESOL. Module 1 and 2. 1994.
- [2] Documentation of the course "European Welding Specialist". Modules 1 and 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 17633:2006, Welding consumables. Tubular wires and rods for arc welding with or without gas protection of stainless and heat-resistant steels. Classification.
- [4] AWS A5.1-04: Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.
- [5] AWS A5.4-06: Specification for Stainless Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.
- [6] AWS A5.30-07: Specification for Consumable Inserts.

UNITATE NR.: Unitate didactică 2**TITLU UNITATE:** *Sudarea manuală cu electrod învelit***PREZENTAREA UNITĂȚII**

În acest capitol sunt prezentate detalii specifice procedeului de sudare manuală cu electrod învelit, în special detalii legate de echipamentul de sudare, influența parametrilor de sudare asupra calității îmbinării sudate și asupra sănătății și siguranței la locul de muncă.

Pentru a se putea dezvolta ca și sudor, studentul trebuie să se familiarizeze cu folosirea echipamentului de sudare și cu influența parametrilor de sudare asupra calității sudurii, deci acest capitol este foarte important pentru cei ce vor să devină sudori, desigur ținând cont de aspectele sănătății și siguranței la locul de muncă.

OBIECTIVE

Obiectivele acestui capitol sunt:

- Ca elevul să poată să:

Cunoștințe	Aptitudini	Atitudine	Capitole acoperite
Să explice terminologia asociată sudării manuale cu electrod învelit.	Să folosească termeni și definiții care sunt acceptate în standardele de sudare naționale și internaționale; Să descrie aplicabilitatea, avantajele și limitările procedeului de sudare manuală cu electrod învelit;	Să colaboreze cu membrii echipei de lucru pentru a îndeplini sarcina de lucru; Să își asume responsabilitățile pe care le are în cadrul echipei de lucru.	Introducere în sudarea manuală cu electrod învelit. Sudarea manuală cu electrod învelit.
Să identifice componentele de bază și componentele principale la sudarea manuală cu electrod învelit Să explice importanța unei asamblări corecte ale echipamentului de	Identificarea, alegerea și pregătirea echipamentului de sudare utilizat la sudarea manuală cu electrod învelit: surse de sudare, clește portelectrod; Să aleagă materialele, dispozitivele de măsurare și verificare și		Echipamentul de sudare specific procedeului de sudare manuală cu electrod învelit Surse de sudare. Cleștele portelectrod.

sudare și consecințele unei asamblări incorecte. Să explice importanța reglării corecte a sursei de sudare și alegerea corectă a tipului de electrod și să explice consecințele unei alegeri greșite. Să explice relație dintre grosimea materialului de bază și diametrul și tipul electrodului folosit, să explice influența manipulării electrodului în timpul sudării.	echipamentul necesar pentru a putea realiza îmbinarea sudată cu procedeul de sudare manuală cu electrod învelit; Să demonstreze punerea în funcțiune a echipamentului folosit simulatorul/echipamentul real.		Clemă de masă. Cablurile și terminalele.
Să stabilească parametrii de sudare; Să identifice ce tip de electrod să folosească la sudarea în curent alternativ sau în curent continuu;	Să pregătească rostul de sudare. Să identifice posibilele defecte/imperfecțiuni ale sudurii și cauzele lor și să le remedieze pentru a răspunde cerințelor. Să aleagă consumabilele și materialele de adaos necesare realizării îmbinării sudate; Să exerseze sudarea manuală cu electrod învelit pe probe utilizând simulatorul sau echipamentul real de sudare Să realizeze îmbinările sudate de bază în toate pozițiile utilizând simulatorul/echipamentul de sudare. Să verifice dacă produsul finit este în conformitate		Aspecte tehnologice la sudare manuală cu electrod învelit.

	cu specificațiile din desen sau cu cerința de lucru. Să identifice posibilele defecte apărute la sudare și să le corecteze. Să identifice pozițiile de sudare definite în standardul ISO 6947:2011.		
Să identifice pericolele care pot apărea la sudare și să se protejeze conform standarda Să identifice posibilele pericole care pot apare la sudare și să le înlăture conform procedurilor standard de lucru.	Respectați măsurile de siguranță. Aplicați măsurile care trebuie luate cu privire la prevenirea accidentelor legate de zgomot, fum, incendiu, șoc electric.		Protecția muncii la sudarea manuală cu electrod învelit.

CUPRINS

1. Introducere în sudarea manual cu electrod învelit
2. Echipamentul de sudare
 - 2.1. Sursa de sudare
 - 2.2. Clește port-electrod
 - 2.3. Conexiunea la masă
 - 2.4. Cabluri și conexiuni
3. Tehnologia de sudare
 - 3.1. Caracteristica arcului
 - 3.2. Parametrii de sudare
 - 3.3. Aprinderea arcului
 - 3.4. Electrozi înveliți
 - 3.5. Poziții de sudare
4. Sănătate și Securitate în muncă la sudarea manual cu electrod învelit

CONȚINUT

1. Introducere la sudarea manuală cu electrod învelit

Sudarea manuală cu electrod învelit este un procedeu de sudare la care topirea metalului se realizează prin căldura produsă de arcul electric care este amorsat între capătul electrodului și piesa de sudat.

Materialul de adaos se topește sub forma unor picături care împreună cu metalul de bază topit formează cusătura sudată. Baia de metal topit este protejată față de acțiunea atmosferei prin stratul de zgură lichidă și gazele generate de învelișul electrodului (vezi figura 1).

Simbolizarea/denumirea acestui procedeu în standardele de specialitate:

- SMAW, Shielded Metal-Arc Welding (ANSI/AWS A3.0)
- 111, Manual metal arc welding (metal arc welding with covered electrode) (EN ISO 4063)
- MMAW, Manual Metal-Arc Welding (United Kingdom).

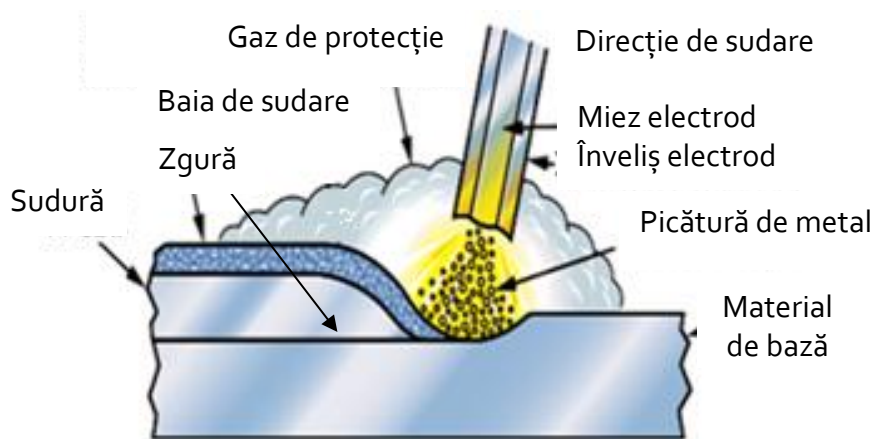


Figura 1. Procesul de sudare manuală cu electrod învelit

Aplicații, avantaje și limitări

Dintre procedeele de sudare cu arc electric, acest procedeu este cel mai răspândit în mare parte datorită versatilității lui și în plus echipamentul este simplu, portabil și mai ieftin decât pentru alte procedee.

Pe de altă parte, sudarea manuală cu electrod învelit se poate folosi la aproape toate tipurile de oțeluri: carbon, slab aliate, inoxidabile, termorezistente, etc., și multe aliaje cum ar fi cupru-zinc (alamă), cupru-staniu (bronz), nichel și aliaje de nichel.

Atât metalul de adaos cât și protecția băii metalice este asigurată de electrodul învelit. Nu este necesară o protecție suplimentară cu gaze de protecție sau cu fluxuri. Acest procedeu de sudare este mai puțin sensibil la vânt și curenți de aer decât procedeele de sudare cu gaze protectoare. Acest lucru face ca acest procedeu să fie ideal la sudarea pe șantier. Cu toate astea, nu este indicată sudarea când plouă sau ninge în lipsa echipamentului potrivit pentru aceste condiții.

De asemenea, sudarea manuală cu electrod învelit se pretează la toate tipurile de suduri și toate pozițiile de sudare. Totuși, factori cum ar fi productivitatea și uniformitatea sudurilor pentru multe aplicații fac ca alte procedee de sudare să fie mai de dorit.

Sudarea manuală cu electrod învelit nu se pretează la sudarea metalelor cu temperatură de topire mai scăzută cum ar fi zincul, cuprul și aliajele lor, deoarece căldură generată de arc electric este prea mare. Nu este aplicabilă nici la metalele cu aviditate mare pentru oxigen, cum ar fi titanul, zirconiu, tantalul sau niobiul, din cauză că protecția gazoasă dată de înveliș este insuficientă. Nu este aplicabilă nici la sudarea pieselor cu o grosime de peste 38 mm, pentru că există alte procedee mult mai eficiente pentru sudarea pieselor de grosimi mai mari. Pentru grosimi mai mici, sunt electrozi de 1.6 și 2 mm care permit să sudezi table de 1.5 mm dar și pentru aceste grosimi există procedee mai eficiente.

Sudarea manuală se poate folosi în combinație cu alte procedee, pentru sudarea stratului de rădăcină sau a straturilor de umplere (este folosită în general în combinație cu sudarea WIG, cu WIG se sudează rădăcina iar cu electrod învelit se sudează straturile de umplere).

Acest procedeu este folosit în principal în șantierele navale, la structuri sudate, rezervoare, poduri, recipiente sub presiune, industria petrolieră și altele. Acest procedeu se pretează de asemenea la lucrările de reparație.

2. Echipamentul de sudare

În esență, metoda constă în stabilirea unui circuit electric închis, care necesită o sursă de alimentare adecvată echipată cu două terminale, unul conectat printr-un cablu la un clește port electrod, în care se fixează un electrod, iar celălalt terminal este conectat la piesă, printr-un cablu de retur și o clemă de masă. Circuitul este închis prin intermediul arcului care este stabilit între vârful electrodului și punctul de sudură de pe piesa de sudat (figura 2).

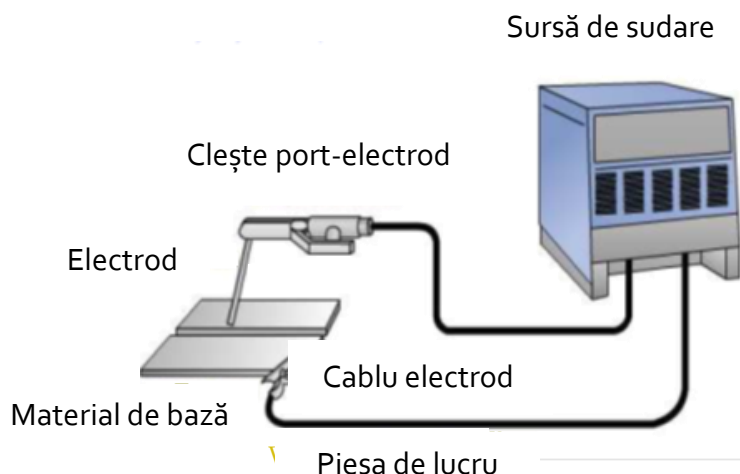


Figura 2: Echipament de sudare

2.1. Sursa de sudare

Acest procedeu necesită o tensiune joasă și o intensitate ridicată. Este inversul a ceea ce se găsește la rețea. Sursa de putere este elementul responsabil cu transformarea sau convertirea curentului de la rețea în curent alternativ sau continuu, cu o tensiune și o intensitate potrivite pentru realizarea și stabilitatea arcului electric. Aceste surse de

energie sunt echipamente electrice care conform structurii lor se numesc transformatoare, redresoare sau convertizoare.

La alegerea sursei de putere trebuie luat în considerare tipul electrodului care urmează să fie folosit, astfel încât sursa să poată asigura tipul de curent potrivit (CA sau CC) și intervalul de curent necesar.

Caracteristicile sursei de sudare.

Fiecare sursă de sudare are propria curbă caracteristică tensiune-curent (caracteristica externă), așa cum se arată în Figura 3.

Caracteristica externă a sursei de sudare este o reprezentare grafică a relației dintre tensiunea și curentul sursei. Curentul și tensiunea obținute în procesul de sudare propriu-zis sunt determinate de intersecția curbelor caracteristice ale mașinii și arcului. Acesta este punctul de funcționare sau punctul de lucru definit de curentul și tensiunea de sudare.

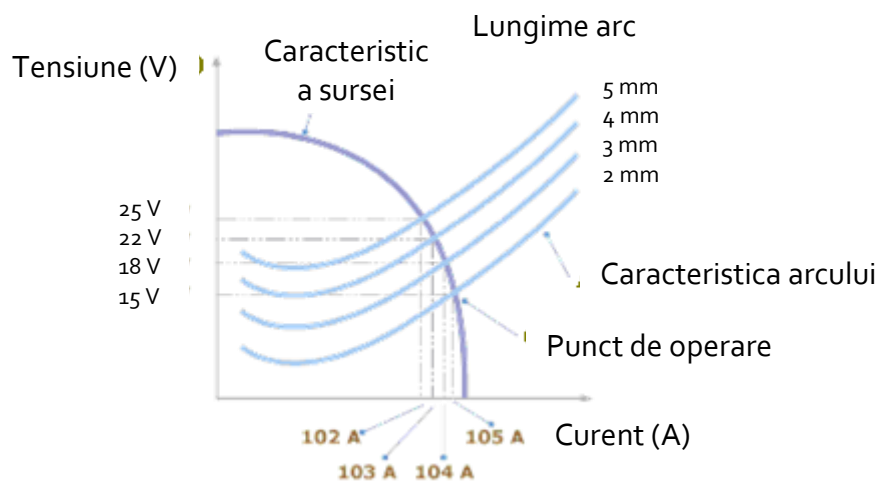


Figura 3: Variația lungimii arcului

Sursa de alimentare pentru sudare trebuie să prezinte o caracteristică a pantei descendente (curent constant), astfel încât curentul de sudare să nu fie afectat de variațiile lungimii arcului.

Pentru a înțelege cum să controlați caracteristica sursei este important să înțelegeți doi parametri cheie: tensiunea de mers în gol și curentul de scurtcircuit.

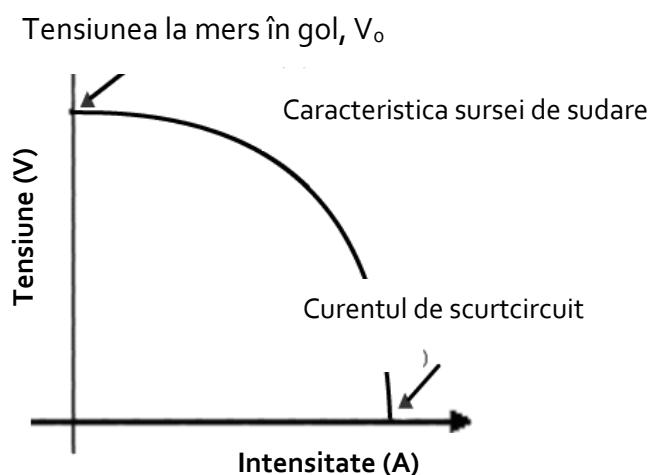


Figura 4. Curba caracteristică a sursei de sudare

Tensiunea de mers în gol
Tensiunea de mers în gol (V_0) este tensiunea maximă pe care o poate furniza sursa de alimentare și este tensiunea la bornele sursei atunci când nu sudează. Tensiunea de mers în gol circuitului este de obicei mai mare decât dublul tensiunii de sudare. Este utilizat în principal pentru a asigura ușurința aprinderii și stabilitatea arcului, deci, datorită instabilității crescute a arcului la sudarea în curent alternativ, transformatoarele au o tensiune mai mare de mers în gol decât redresoarele.
Scurt circuit
Curentul de scurtcircuit (I_{sc}) este curentul maxim furnizat de sursa de alimentare. Pentru a porni arcul, se produce un scurtcircuit iar curentul care trece este maxim (I_{sc}), datorită acestui fapt electrodul este încălzit și poate stabili arcul.

Acești doi parametri sunt foarte importanți la sudarea WIG deoarece ajută la obținerea arcului electric.

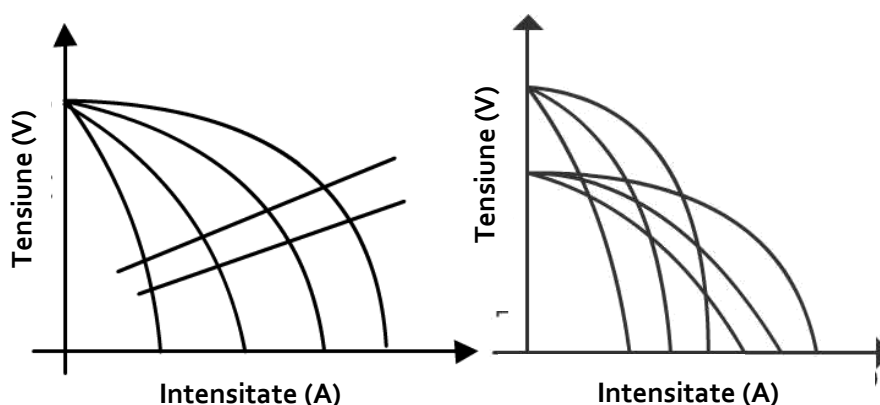


Figure 5. Variation of the power source characteristic curves

În general, putem spune că variația pantei curbei se realizează acționând asupra câmpului magnetic generat în transformator, în timp ce variațiile tensiunii de mers în gol sunt efectuate de plumb în circuitul primar sau secundar, este doar variabil numărul de spire în bobinele primare sau secundare prin derivări.

Tipuri de surse de sudare

Cele mai importante componente ale unei surse de sudare sunt:

- **Transformatorul** . Este dispozitivul care transportă energie electrică. Curentul cu o anumită tensiune și amperaj intră în transformator și iese cu amperaj și tensiune diferite, puterea inițială de intrare și ieșire fiind practic la fel.

Deși există transformatoare foarte complexe, aici va fi prezentat unul foarte simplu care servește cititorului ca referință.

- **Rectifier** . Este un dispozitiv care permite trecerea curentului într-o singură direcție, transformând astfel curentul alternativ în curent continuu. Elementul redresor, dioda, poate fi descris ca echivalentul electric al unei supape unidirecționale.
- **Converter and gensets** . Converteoarele și grupurile electrogene sunt formate dintr-un motor, care poate fi electric sau poate fi cu combustie internă și un generator, care poate fi CC (numit și alternator) sau CA.

2.2. Cleștele port-electrod

Electrodul se fixează în cleștele port electrod, el conducând curentul la electrod. Pentru a evita supraîncălzirea cleștele trebuie păstrat în stare perfectă. Supraîncălzirea conduce la o calitate redusă a sudurii și o dificultate ridicată la sudare.

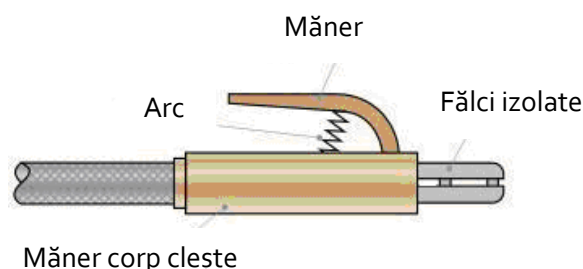


Figura 6: Clește port-electrod

Clema se alege funcție de diametrul electrodului.

La sudare, nu se recomandă ca electrodul să fie topit pe toată lungimea lui pentru că poate deteriora cleștele port electrod. De regulă 60 mm din lungimea electrodului rămân neconsumați. În figura 6 este prezentat un clește port-electrod uzual.

2.3. Conexiunea la masă

Conexiunea piesei este foarte importantă. Poziționarea cleștelui de masă este importantă la sudarea în curent continuu. O conexiune incorectă poate duce la suflajul magnetic și astfel controlul arcului devine mai dificil.

De asemenea strângerea cleștelui de masă este la fel de importantă, o strângere insuficientă nu asigură un contact electric adecvat ceea ce duce la supraîncălzirea conexiunii și astfel la întreruperi de curent în circuit. Recomandat este

să se folosească plăcuțe de contact din cupru. Dacă nu se pot folosi direct pe piesă pentru că ar duce la contaminarea materialului, se pot folosi între placuțele de cupru și piesă, alte plăcuțe compatibile cu materialul de bază.

Pentru piesele care se rotesc în timpul sudării, conexiunea se asigură fie prin papuci care aluneca pe piesă fie prin rulmenții de la arborele pe care se montează piesa.

2.4. Cabluri și terminale

Cablurile trebuie să conducă curentul de la sursa de sudare la cleștele port electrod și la conexiunea piesei.

Trebuie să vă asigurați că secțiunea cablului este adecvată pentru curentul de sudare (vezi secțiunea de Protecția muncii). Cablurile se încălzesc din cauza trecerii curentului electric prin efectul Joule-Lenz. Cu cât curentul este mai mare cu atât cablurile se încălzesc mai mult, deci la curenți mai mari este nevoie de cabluri cu secțiuni mai mari. Terminalele sunt elementele de conexiune dintre cabluri și sursa de sudare. Este important ca aceste conexiuni să fie adecvate, în caz contrar pot apărea arcuri electrice și sudarea acestor terminale și astfel scoaterea din funcțiune temporară a echipamentului.

3. Tehnologia de sudare

Este foarte important ca tehnologia de sudare să fie studiată pentru fiecare procedeu de sudare deoarece sunt mai mulți parametri de care trebuie ținut cont la sudare. La sudarea manuală cu electrod învelit ne vom concentra pe proprietățile arcului, parametri de sudare, amorsarea arcului, electrodul învelit și poziții de sudare.

3.1. Proprietățile arcului

Arcul este definit ca o descărcare electrică printr-un gaz ionizat, numit plasmă, între un electrod și piesa de sudat. Dacă arcul este menținut, curgerea unui curent electric are loc prin eliberarea unei cantități mari de energie, sub formă de căldură și radiații electromagnetice. Căldura produce o temperatură ridicată și provoacă topirea electrodului și a piesei de sudat aflată în contact cu arcul.

Arcul este format din două părți concentrice, una interioară, numită plasmă și cealaltă, exterioară numită flacără.

- **Flacără.** Este zona din afara arcului. Este mai rece decât plasma și este în general compusă din atomi generați de moleculele de gaz care aflate în contact cu suprafața coloanei de plasmă sunt disociate, iar odată disociate sunt rupte de ea, pentru ca mai apoi, în flacără, sunt recombinate formând molecule și eliberând energia absorbită sub formă de căldură.

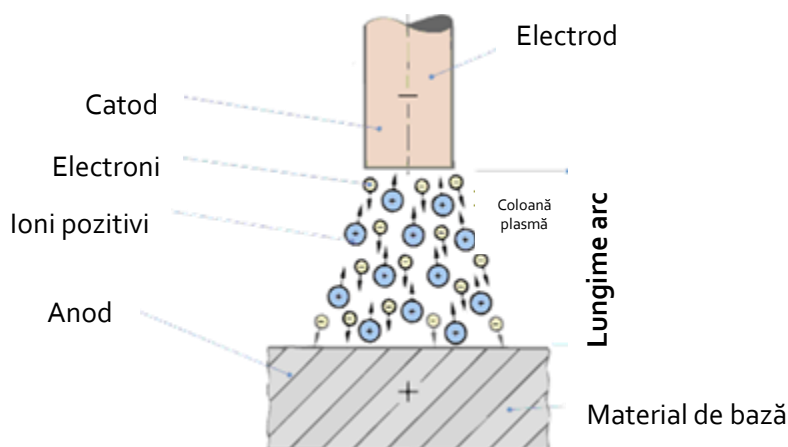


Figura 7: Descrierea arcului electric

- **Plasma.** Plasma este un gaz ionizat care transportă curentul și următoarele componente:
 - Electronii, care se deplasează de la polul negativ (catod) la cel pozitiv (anod).
 - Ionii metalici, care se deplasează în direcție opusă.
 - Metalele topite, în mare parte, din electrod.
 - Zgură.
 - Vapori metalici și nemetalici.
 - Atomi și molecule gazoase, unele ionizate.

Electronii și ionii negativi sunt puternic accelerați de câmpul electric stabilit între catod și anod și se ciocnesc violent cu acesta, transformându-i energia cinetică în căldură, în timp ce ionii metalici fac contrariul, lovind catodul și producând creșterea temperaturii acestuia.

Mai mult, coliziuni între particule care călătoresc în direcții opuse sunt produse și în interiorul plasmă, care, la rândul său, contribuie la emisia ridicată de energie termică și radiații de intensitate ridicată.

Căldura este un efect al energiei cinetice ridicate a particulelor, deoarece mișcarea lor în plasmă, care este crescută de efectul curentului și tensiunii peste arc. Căldura este generată de frânarea particulei, din cauza coliziunii sau impactului particulelor. Datorită celor descrise anterior, pot fi văzute trei zone de generare a căldurii, în funcție de cauzele predominante ale frânării:

- **Catod:** Impactul ionilor pozitivi este fenomenul predominant, dar de asemenea fenomenul este însoțit și de o degajare de căldură datorită emisiei de electroni.
- **Plasma:** Se produc coliziuni între electroni, ioni, atomi și alte particule, care produc emisii mari de căldură.
- **Anode:** Impactul electronilor, animați de viteza mare, este motivul transformării energiei lor cinetice ridicate în căldură.

3.2. Parametrii de sudare

Parametrii principali necesari să fie controlați la procedeul de sudare manual cu electrozi înveliți sunt următorii:

- **Curent de sudare.** La sursele de energie pentru sudare MMA, înainte de sudare, sudorul trebuie să regleze curentul de sudare. Amperajul este selectat în funcție de diametrul electrodului utilizat, grosimea pieselor de prelucrat, poziția de sudare și tipul de îmbinare, adică dacă este o sudură cap la cap sau o sudură de colț. De obicei, producătorul de electrozi limitează un domeniu de curent în care electrodul poate fi utilizat, ca indicație ar putea fi luate valorile din tabelul 1.

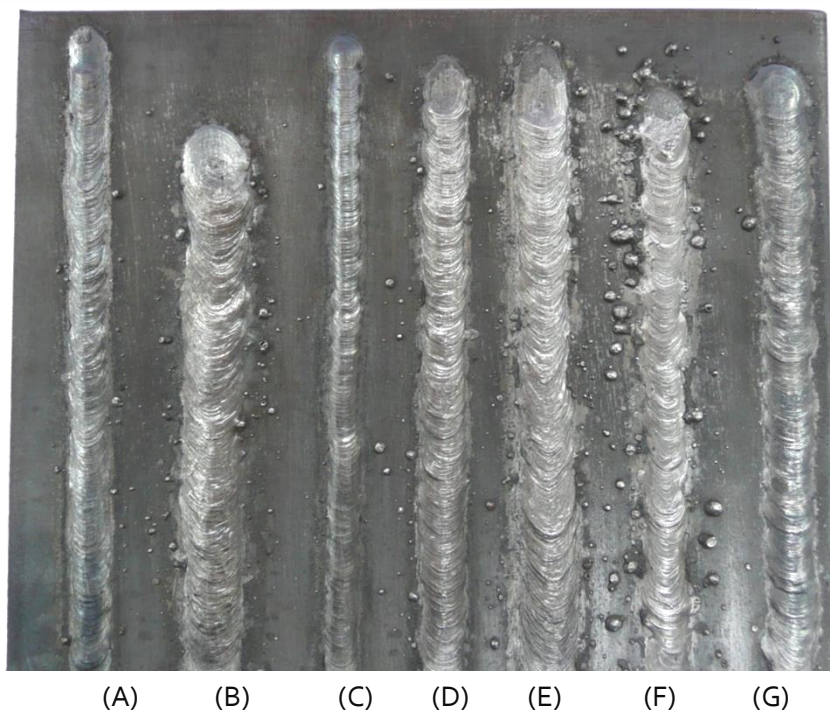


Figura 8: Influența curentului de sudare, lungimii arcului și a vitezei de sudare

Suduri realizate pe placă de oțel carbon de 5 mm grosime folosind electrozi rutili (E 6013) cu diametrul de 2,5 mm

- (A) Viteză de sudare mare.
- (B) Viteză de sudare mică.
- (C) Curent de sudare prea mic (50 A).
- (D) Valori optime ale tensiunii și curentului de sudare (75 A) precum și a vitezei de sudare.
- (E) Curent de sudare prea mare (90 A).
- (F) Tensiune de sudare prea mare.
- (G) Tensiune de sudare prea mică.

Un electrod nu trebuie utilizat la intensități ale curentului de sudare mai mari decât cele indicate pentru că pot apărea creștături marginale, stropiri, intensificări ale efectului de suflaj magnetic și chiar și fisuri.

Tabel 1: Valori aproximative ale intensității curentului de sudare în funcție de diametrul electrodului, la sudarea oțelului.

Diametru	Interval
2,5 mm	60 – 90 A

3,25 mm	90 – 150 A
4 mm	120 – 180 A

Curentul de sudare utilizat depinde de poziția de sudare, tipul de îmbinare, grosimea materialului etc. Cu cât acesta este mai mare, cu atât căldura furnizată materialului va fi mai mare și cu atât dimensiunea bazinului topit va fi mai mare.

- **Tensiunea arcului.** Tensiunea arcului depinde de tipul de electrod, diametru, poziția de sudare și curentul de sudare. În general, trebuie să fie egal cu diametrul electrodului (în cazul electrodului celulozic rutilic), cu excepția cazului în care se folosește un electrod bazic, unde tensiunea ar trebui să fie jumătate din diametrul electrodului.

Lungimea arcului trebuie menținută întotdeauna egală, pentru a evita oscilațiile tensiunii și intensității curentului și, astfel, a pătrunderii neuniforme.

În general, orice arc electric are o formă conică, cu un unghi de deschidere care depinde de polaritatea utilizată fiind practic independent de ceilalți parametri de sudare utilizați. Dacă lungimea arcului este mărită, arcul acționează pe o suprafață mai mare, disipând în continuare căldura generată în arc, astfel încât pătrunderea este redusă.

- **Viteza de sudare.** Viteza de sudare trebuie setată astfel încât arcul să înainteze ușor către baia topită. Cu cât viteza de deplasare este mai mare, cu atât lățimea cordonului va fi mai mică, căldura introdusă va fi mai mică, iar sudura se răcește mai repede. Dacă viteza de deplasare este excesivă, pot apare pori, iar îndepărtarea zgurei se realizează mai greu. În figura 8 (F și G) este prezentată influența vitezei de deplasare.
- **Diametrul electrodului.** Diametrul electrodului este un parametru de proces indirect, deoarece odată ce electrodul a fost ales, iar materialul, poziția și grosimea materialului de bază sunt cunoscute, sudorul stabilește curentul de sudare, care este un parametru direct.

În general, trebuie ales cel mai mare diametru posibil pentru a asigura necesarul de căldură solicitat de aplicație și pentru a permite o utilizare ușoară în funcție de poziție, grosimea materialului și tipul îmbinării. Acești parametri sunt parametri de care depinde selecția diametrului electrodului. Electrozii cu diametru mai mare sunt selectați pentru sudarea materialelor groase și pentru sudarea în poziție plană. În poziție orizontală, verticală și aeriană, baia de metal topit tinde să cadă prin efect gravitațional. Acest efect este mult mai pronunțat și, prin urmare, utilizarea electrozilor cu diametru mai mic este potrivită atunci când se sudează în aceste poziții.

- **Tipul curentului de sudare. Polaritatea.** Tipul de curent și polaritatea sunt, pe lângă intensitatea curentului, alți parametri pe care sudorul le configurează în sursa de sudare. Sudarea manuală cu electrod învelit poate fi efectuată atât cu curent alternativ, cât și curent continuu, sau în ambele polarități. Alegerea depinde de tipul sursei de energie disponibile, de electrod și de materialul de bază care urmează să fie utilizat.
 - **Curent Continu.** Există două tipuri de polaritate, polaritate directă atunci când electrodul este conectat la polul negativ și piesele de lucru sunt conectate la polul pozitiv și polaritatea inversă, când electrodul este conectat la polul pozitiv (anod) și piesele de lucru la polul negativ (catod).

- **Curent Alternativ.** Când un arc este stabilit în curent alternativ, electrodul acționează ca anod în timpul jumătății de ciclu și ca catod în celălalt jumătate de ciclu, producând alternativ un ciclu în care electrodul acționează pozitiv și negativ. În Europa, această schimbare are loc de 100 de ori pe secundă (50Hz), deci este imperceptibilă cu ochiul liber. Datorită acestei schimbări continue, arcul de curent alternativ este mai instabil decât cel de curent continuu.

Tabel 2: Comparație între CC și CA

Parametrii	CC	CA
Sudarea are loc la o distanță mare de sursa de alimentare	-	Preferabil
Sudare folosind electrozi cu diametru mic care necesită curent de sudare redus	Operațiunea este mai ușoară	Dacă sudare nu este realizată cu atenție, electrodul poate fi deteriorat din cauza dificultății de aprindere a arcului
Amorsare arc	Operațiunea este mai ușoară	Este mai dificil mai ales atunci când sunt folosiți electrozi cu diametru mic
Menținere arc	Este mai ușor pentru o stabilitate mai mare	Este mai dificil, cu excepția cazului în care sunt folosiți electrozi de înaltă performanță
Suflaj magnetic	Poate fi o problemă în sudarea materialelor feromagnetice	Nu apar probleme
Poziția de sudare	Este preferat în poziție verticală și peste cap, deoarece se utilizează curenți mai mici	Dacă se utilizează electrozii corespunzători, sudarea poate fi efectuată în orice poziție
Tip electrod	Poate fi folosit cu orice tip de electrod	Nu poate fi utilizat cu toți electrozii. Acoperirea trebuie să conțină substanțe care întrețin arcul
Grosimea piesei de sudat	Este preferat pentru grosimi subțiri	Este preferat pentru grosimi mari, deoarece se poate utiliza un electrod cu diametru mai mare și implicit un curent de sudare mai mare, astfel încât se obțin performanțe mai bune
Sudarea folosind lungimi de arc scurte (este importantă pentru un anumit tip de electrozi, în	Sudarea este mai ușoară	-

special pentru electrozi bazici)		
Polaritate	CC+ or CC-, depinde de materialul de bază și -	electrodul utilizat.

3.3. Aprinderea arcului

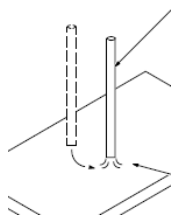
La sudarea manual cu electrod învelit, arcul electric este amorsat atunci când electrodul atinge piesa (provocând un scurtcircuit) ceea ce conduce la apariția unei tensiuni minime necesare inițierii arcului.

Trebuie remarcată diferența față de alte procese, cum ar fi sudarea MAG. În al doilea caz, electrodul poate fi în contact cu piesa de sudat fără ca arcul să fie stabilit. Arcul este setat la apăsarea butonului pistolului de sudare.

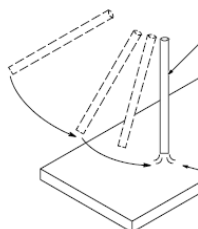
La începutul sudării, electrodul este complet rece, ceea ce influențează condițiile arcului de sudare.

Amorsarea arcului constă în principiu în stabilirea unor arcuri mici între electrod și piesa de sudat, astfel încât să se producă încălzirea vârfului electrodului. Pentru aceasta, pot fi utilizate două tehnici:

- Atingerea vârfului electrodului pe piesa de sudat aproape de locul de unde va începe sudarea și apoi electrodul este îndepărtat rapid pentru a produce un arc cu lungimea necesară.



- Stabilirea arcului printr-o mișcare de balans prin care aprinderea este similar cu aprinderea unui chibrit.



În timpul stabilirii arcului, adesea electrodul este sudat de piesa de sudat. Când se întâmplă acest lucru, este necesar a se roti electrodul de la dreapta la stânga pentru a rupe „sudura”, iar dacă este necesar, se va deschide cleștele port-electrod. În cazul celei de a doua opțiuni, arcul poate fi stabilit între clemă și electrod, deteriorând astfel cleva. Trăgând cu putere electrodul, piesa poate cădea, provocând daune sudorului sau persoanelor din apropiere. Dacă cleva se îndepărtează, lăsând electrodul atașat la piesă, este necesară folosirea unui ciocan și a unei dalte pentru a-l scoate.

Indiferent de soluția adoptată pentru amorsare arcului, prin lovirea ușoară a electrodului sau prin răzuire, inițierea arcului provoacă mici semne pe suprafața piesei datorită topirii suprafeței pe electrod și pe piesă. Deoarece topirea în aceste zone este foarte mică, ratele de răcire sunt foarte mari, astfel încât acestea conduc la fisuri. Pentru a evita aceste defecte, este esențial să se stabilească arcul în zona de sudare și în fața acestuia, niciodată în afara marginilor îmbinării.

3.4. Electrocul învelit

Elementul cheie al acestui proces de sudare este electrodul, care stabilește arcul, protejează baia de metal topit și, atunci când este consumat, asigură materialul de umplere, care împreună cu materialul de bază topit, formează sudura.

Electrodul este constituit practic dintr-o tijă, ca și compoziția metalului de bază, cu sau fără acoperire. În această condiție, electrozii sunt clasificați în două grupe:

- **Electrozi neînveliți.** Electrozii neînveliți nu sunt utilizați, cu excepția unor tipuri de îmbinări, deoarece sudurile realizate nu prezintă proprietăți mecanice bune.

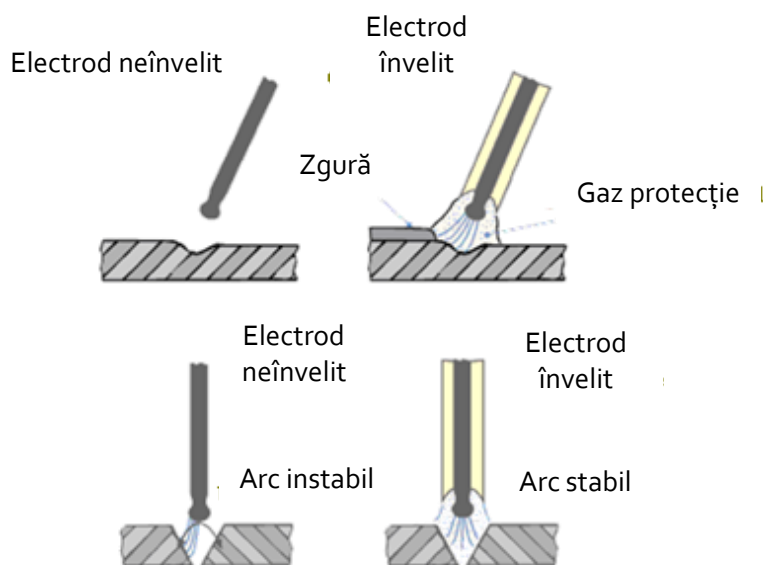


Figura 10: Diferența dintre electrozi înveliți și neînveliți

Arcul absoarbe componentele aerului, oxizi, nitriți, pori și zgură, pe care le încorporează în baia de metal topit, ceea ce conduce la suduri cu proprietăți mecanice slabe. De asemenea, este foarte dificilă menținerea arcului și practice imposibil la sudarea în curent alternativ.

- **Electrozi înveliți.** Electrozii înveliți sunt compuși din două părți (vezi figura 10).
 - **Miez:** Practic, este o tijă circulară care are o compoziție similară cu cea a materialului de bază.

- **Înveliș:** Este un cilindru care înconjoară miezul, concentric cu acesta și de grosime uniformă. Este compus dintr-un amestec de componente care caracterizează electrodul și care are mai multe funcții prin care sunt evitate dezavantajele electrodului neînvelit.

Electrozii au lungimi standard de 150, 200, 250, 300, 350 și 450 mm, în funcție de diametrul tijei și de tipul materialului tijei. Un capăt al miezului nu este acoperit cu o lungime de 20 mm-30 mm, pentru introducerea acestuia în cleștele port-electrod.

Diametrele electrozilor sunt, de asemenea, standardizate, cele mai frecvente fiind 2,5, 3,25, 4 și 5 mm. Diametrul electrodului este dat de diametrul tijei.

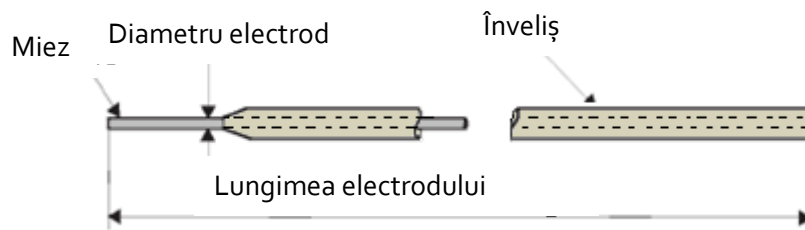


Figura 10: Electrod învelit

Având în vedere relația dintre diametrele tijei și învelișul acestora, electrozii pot fi clasificați:

- **Subțiri:** electrozii cu înveliș subțire protejează puțin baia de metal topit, așa că sunt folosiți doar la învățarea tehnicilor de sudare.
- **Medii:** Acești electrozi produc o stabilitate mai mare a arcului, permit sudarea cu curent alternativ și, de asemenea, curent continuu în ambele polarități și protejează mai bine metalul de sudură; zgura acoperă metalul solidificat, care reduce viteza de răcire și oxidare.
- **Groși:** Electrozii cu înveliș gros permit obținerea celor mai bune calități ale metalului sudat în mod normal, dar în unele cazuri nu toate învelișurile groase vor oferi cea mai bună calitate a metalului sudat.

Funcțiile învelișului.

Funcțiile de bază care trebuie îndeplinite de un înveliș pot fi rezumate în:

- **Electrice:** Din acest punct de vedere, funcția principală a învelișului este de a asigura un grad de ionizare bun între anod și catod, asigurând stabilitatea arcului și amorsarea acestuia. Acest lucru se realizează prin includerea în înveliș a componentelor ionizării la joasă tensiune și a puterii termionice ridicate, în principal a celor de sodiu, potasiu, bariu și, în general, metale alcaline. De asemenea, alte produse, cum ar fi silicații, carbonații și oxizii de fier și titan favorizează amorsarea și stabilitatea arcului.
- **Fizice:** Învelișul îndeplinește mai multe funcții fizice în procesul de sudare manuală cu electrozi înveliți, fiind responsabil de generarea de gaz și formarea zgurii. Gazele rezultate îndeplinesc o funcție duală:

- Obținerea gazului de protecție în jurul coloanei de arc care împiedică contactul direct al oxigenului și azotului din aer ambele picături metalice care ies din capătul electrodului, în drumul său către baia de metal topit și la suprafața acestuia.
- În al doilea rând, gazul suferă o expansiune mare generată de căldura arcului și contribuie la îndepărtarea picăturilor de metal din electrodul final. De asemenea, această expansiune a gazului antrenează picăturile de metal, oferindu-le o viteză mare. Acest lucru permite sudarea în poziții verticale, orizontale și peste cap, care în alte condiții nu ar fi posibilă.

Zgura are rolul de protecție a metalului din momentul topirii. Tensiunea superficială a zgurii topite este mult mai mică decât cea a oțelului, prin urmare, producerea unui strat de zgură solidificat care se formează peste baia de metal topit, conduce la protecția acesteia atunci când nu este acoperită de gazul de protecție care înconjoară arcul. Astfel, se asigură protecția continuă atunci când metalul sudat este solidificat, evitând contactul acestuia cu atmosfera.

Zgura maturează, de asemenea, baia, colectând impurități, cum ar fi oxizii, sulfurile etc., care aderă la impurități și sunt transportate către suprafața solidificată, datorită temperaturii lor de topire mai ridicate decât a oțelului.

- **Metalurgice:** Există două influențe metalurgice ale învelișului electrodului:
 - Pe de o parte, învelișul conține aliaje care pot îmbunătăți proprietățile mecanice ale îmbinării deoarece conțin elementele pe care materialul de bază le poate pierde în timpul sudării. Mai mult, învelișul poate conține, de asemenea, pulbere de fier care va crește rata de depunere a electrodului.
 - Pe de altă parte, zgura care acoperă sudura reduce rata de răcire, producând reducerea cantității de hidrogen din sudură, evitând sau minimizând apariția unor structuri dure și fragile și scăzând nivelul tensiunilor interne.

Tipuri de învelișuri. UNE-EN ISO 2560:2010

Clasificarea electrozilor înveliși se face în principal prin compoziția învelișului. În general, oțelurile carbon sunt sudate cu electrozi înveliși cu o compoziție a tijeii similară cu compoziția metalului de bază, totuși, pentru oțelurile inoxidabile, o astfel de compoziție poate varia considerabil.

În funcție de compușii care fac parte din înveliș și de proporția în care sunt prezenți, electrozii se comportă diferit, astfel încât, în funcție de aplicația solicitată și, în funcție de caracteristicile îmbinării, grosimea, tipul de pregătire a rostului, poziția de sudare, geometria îmbinării, compoziția metalului etc., pot fi selectați un anumit tip de electrozi și parametrii corespunzători de sudare.

Învelișurile sunt clasificate în funcție de compoziția lor, așa cum s-a menționat mai sus, deoarece aceasta îi determină calitățile și aplicațiile, fiind grupate și desemnate după cum urmează:

- Acid (A).
- Bazic (B).
- Celulozic (C).

- Rutilic (R).
- Acid-Rutilic (RA).
- Bazic-Rutilic (RB).
- Celulozic-Rutilic (RC).
- Gros Rutilic (RR).
- Altele (S).

Cei mai importanți și mai utilizați electrozi sunt electrozii bazici, rutilici și celulozici. De exemplu: electrozii rutilici sunt utilizați în zonele cu acces dificil de sudat, electrozii bazici sunt utilizați în sudurile cu proprietăți mecanice ridicate și electrozii celulozici sunt folosiți în sudarea țevelor verticale descendente.

3.5. Pozițiile de sudare

Figura 11 prezintă pozițiile principale, PA, PB, PC, PD, PE, PF și PG, precum și câteva exemple tipice în aceste poziții. Aceste poziții sunt aplicabile ambelor plăci ca țevi. De asemenea, este important de reținut că pozițiile PB și PD se referă numai la îmbinările de sudate în colț și nu au nicio aplicație în îmbinările cap la cap.

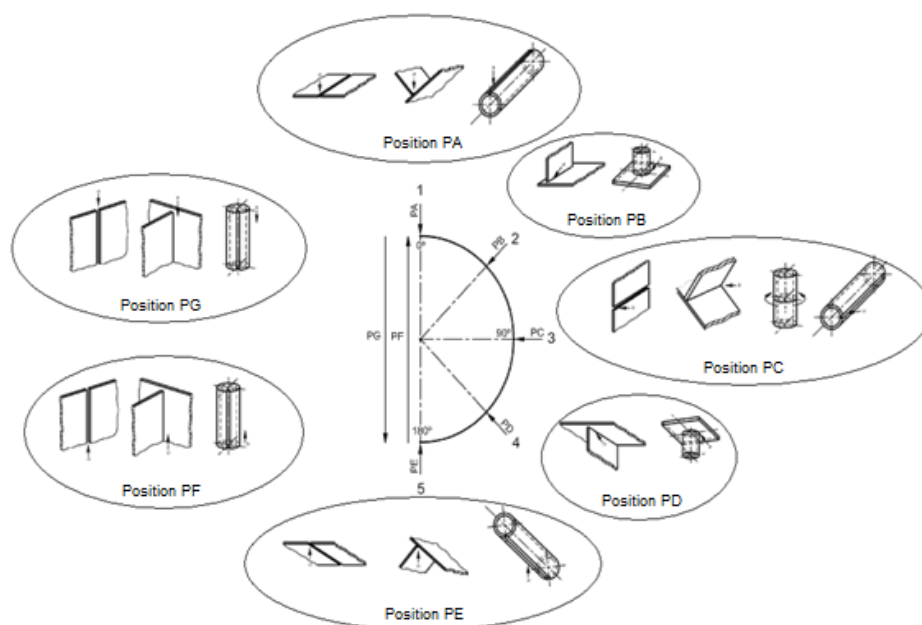


Figura 11: Principalele poziții de sudare.

Pe lângă cele de mai sus, există și alte poziții principale de sudare care se aplică exclusiv țevelor, cum ar fi și pozițiile PH (în sudarea verticală a țevelor ascendente), PJ (în sudarea verticală a țevelor descendente) și PK (sudarea orbitală). Figura 12 prezintă câteva exemple ale acestor poziții de sudare.

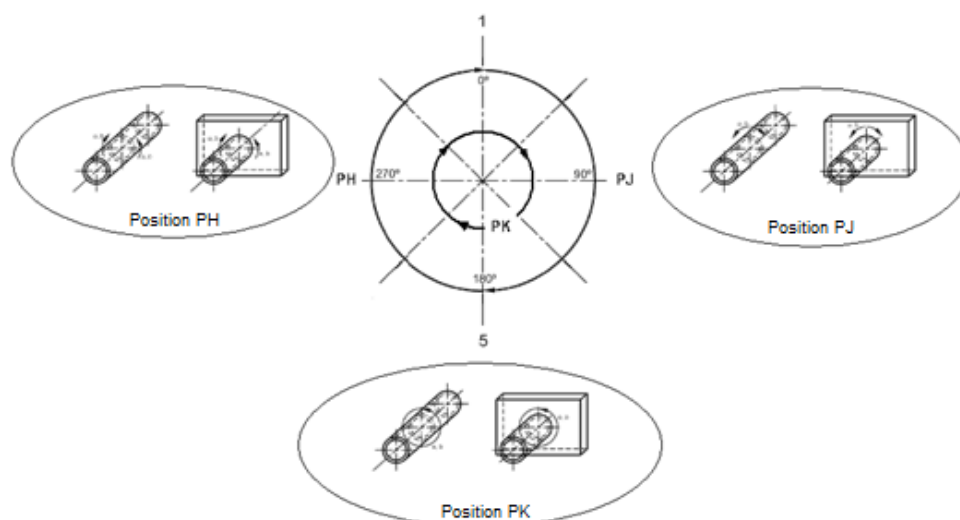


Figura 12: Principalele poziții de sudare.

Poziția de sudare este critică, deoarece este o variabilă esențială în calificarea sudorilor. Sudorii ar trebui să cunoască pozițiile de sudare pentru a fi siguri că, calificarea le acoperă pentru pozițiile în care sudează.

În MMA, există doi factori fundamentali care împiedică curgerea băii de metal topit:

- **Zgura.** Zgura ajută la fixarea băii de metal topit.
- **Tensiuni superficiale.** Tensiunea superficială este o forță care acționează pe suprafața lichidului și care tinde să mențină moleculele împreună împiedicând răspândirea lichidului. De exemplu, dacă depuneți o picătură de apă pe o suprafață, puteți vedea cum arată cu un aspect rotunjit. Acest lucru se datorează tensiunii superficiale.

Tensiunea superficială nu este uniformă peste suprafața lichidului, dar este mult mai mare la margini. Acest lucru justifică de ce atunci când turnăm apă pe o suprafață, apa formează o peliculă subțire la suprafață, cu excepția marginilor, unde capătă aspectul rotunjit.

Cu alte cuvinte, în timp ce baia de metal topit este mică, efectul tensiunii superficiale este suficient de puternic pentru a menține baia de metal topit pentru a preveni detașarea sau alunecarea acesteia. Dacă baia de metal topit este mare, tensiunea superficială la centru ar fi foarte mică și baia de metal topit ar tinde să alunece sau să cadă.

În consecință, **"atunci când sudați în poziție, trebuie să monitorizați constant dimensiunea sudurii, menținând în același timp o dimensiune mică a acesteia. Aceasta implică sudarea cu aport de căldură redus."**

Sudarea în poziție orizontală.

Când se efectuează suduri în această poziție, electrodul perpendicular pe placă, deplasarea electrodului fiind pe orizontală. Aceasta înseamnă că baia de metal topit nu are tendința de a fi reținută ca urmare a tensiunii superficiale. Riscul ca baia de metal topit să alunece pe suprafață este foarte mare, astfel încât această sudare trebuie realizată cu un aport de căldură cât mai redus posibil (intensitate redusă și viteză de sudare rapidă). Astfel, pe de o parte, se

urmărește obținerea unei o băi de metal topit cât mai mica, iar pe de altă parte, baia de metal topit nu este foarte fluidă.

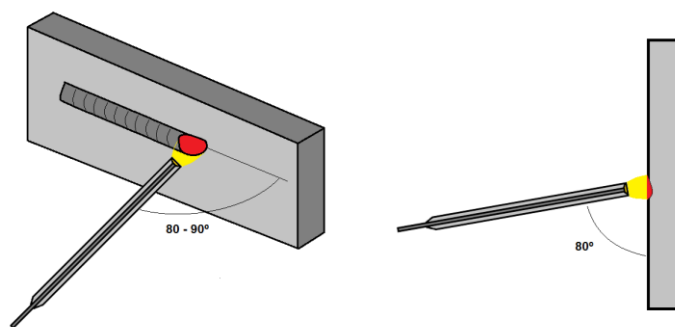


Figura 13: Utilizarea electrodului în poziție orizontală.

Sudarea verticală ascendentă.

În cazul sudării în această poziție, sudarea se efectuează pe o placă verticală, deplasând electrodul vertical în sus, cu sau fără oscilație. La fel ca în cazul anterior, baia tinde să alunece prin gravitație, totuși, în această poziție, materialul depus acționează ca suport și tinde să țină baia de metal topit. Această reținere este eficientă atâta timp cât acumularea de material în baia de metal topit nu este foarte mare.

În general, în această poziție de sudare se sudează cu un curent redus pentru a preveni o creștere excesivă a băii de metal topit care să permit fluidizarea acesteia, crescând astfel riscul de curgere. Cu toate acestea, căldura introdusă este de obicei foarte mare, deoarece poziția de sudare nu permite sudarea la fel de rapidă ca în alte poziții.

În această poziție, electrodul trebuie luat ușor înclinat în sens opus pentru a forma un unghi de 90° în direcție perpendiculară pe piesa de sudat (vezi Figura 14)..

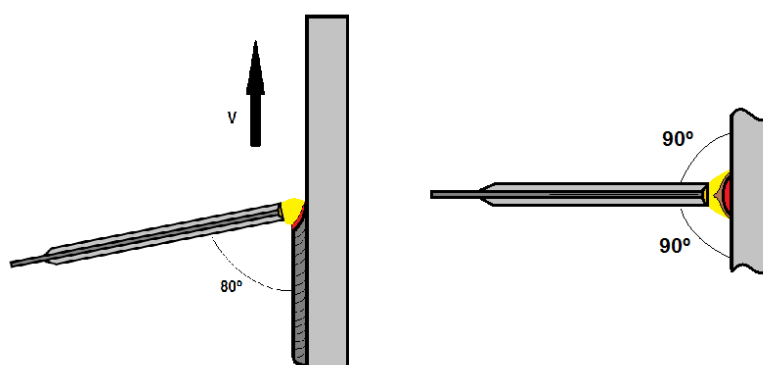


Figura 14: Orientarea electrodului la sudarea în poziție vertical ascendentă.

Sudarea verticală descendentă.

În cazul sudării vertical descendente, sudarea se efectuează pe o placă verticală, deplasând electrodul vertical în jos, în mod normal, fără oscilație.

Din nou, baia de metal topit tinde să alunece în funcție de gravitație dacă nu există niciun element care să țină baia de metal topit. Pentru a împiedica zgura să depășească sudorul, în comparație cu poziția de sudare plană,

sudarea trebuie efectuată la o viteză de deplasare mai mare, care necesită un curent de sudare mai mare pentru a compensa necesarul de căldură introdusă.

De asemenea, este adecvat să folosiți orientarea electrodului pentru a direcționa arc în sus și pentru a ține baia de metal topit topit. Prin urmare, este obișnuit să se utilizeze un unghi de aproximativ 70° (a se vedea Figura 15).

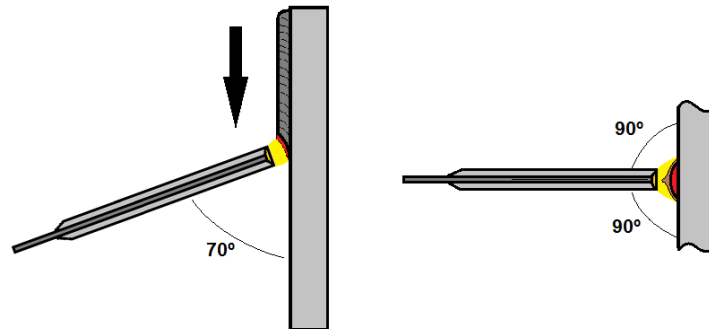


Figura 15: Orientarea electrodului la sudarea în poziție verticală descendentă.

În cele din urmă, merită menționat faptul că nu ar trebui să fie sudat în această poziție, cu excepția cazului în care se indică expres și se utilizează electrozi specifici (în mod normal electrozi celulozici) pentru sudarea verticală descendentă.

Sudarea peste cap.

În cazul sudării în poziție peste cap, sudarea se efectuează pe o placă orizontală, prin sudarea suprafeței inferioare. Principala problemă, din nou, este că baia de metal topit topit poate să cadă și chiar să alunece. În general, această poziție de sudare ar trebui să utilizeze un curent mai mare decât poziția PC. Riscul ca baia de metal topit topit să alunece sau să cadă nu este la fel de mare ca în poziția orizontală, dar poate apărea dacă se sudează cu curenți foarte mari sau baia de metal topit topit este foarte mare.

O altă problemă, tipică acestei poziții, este riscul crescut de prindere a zgurii în punctul de susținere, deoarece diferența de densitate dintre zgură și baia de metal topit topit tinde să provoace amestecul ambelor.

În ceea ce privește orientarea, electrodul ar trebui să fie ușor înclinat în direcția înainte (a se vedea Figura 16).

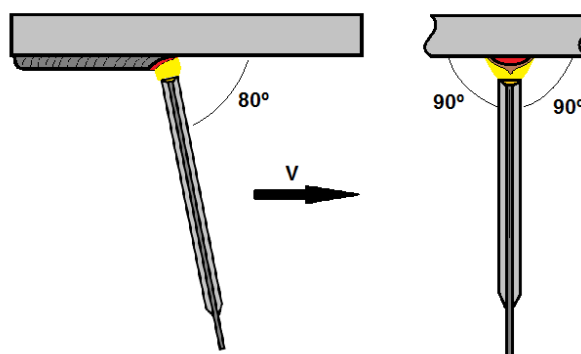


Figura 16: Orientarea electrodului la sudarea în poziție peste cap.

4. Sănătate și Securitate la sudarea manuală cu electrod învelit

În domeniul sudării există mulți factori care trebuie luați în considerare din punct de vedere al siguranței. Aceste pericole sunt cauzate atât de procesul de sudare în sine (căldură, gaz, stropi, electricitate, radiații ultraviolete ...), cât și de mediul în care se desfășoară activitatea (atelier de sudură, la fața locului, înălțime sau sub apă, spații închise etc.).

Pentru a evita vătămarea corporală este foarte important să respectați câteva reguli de bază pentru prevenirea riscurilor. Unele linii directoare de urmat vor fi expuse la acest subiect, cu scopul de a fi urmat de personalul implicat în sudare de pentru protecția lor și a colegilor.

Identificarea riscurilor asociate operațiunilor de sudare

Identificarea riscurilor este rezultatul căutării unor posibile elemente sau situații care pot afecta sănătatea lucrătorului. În plus, identificarea riscurilor profesionale este un instrument fundamental pentru implementarea în continuare a măsurilor de securitate adecvate.

Tabel 3: Tipuri de risc comune de luat în considerare în operațiile de sudare.

Stropi și proiectile	Proiecțiile particulelor incandescente produse în timpul sudării, pot ajunge până la 10 metri pe orizontală. În plus, în timpul tăierii se scot particule de zgură și din care lucrătorul trebuie protejat.
Fumuri și gaze toxice	Ele apar prin reacția chimică a diferitelor componente ale procesului. Diferitele substanțe chimice periculoase au caracteristici diferite în funcție de origine, fiind produse de următoarele surse: • Materialul de bază. • Materialul de bază acoperit (zincate, nichelate, cromate, placate cu cadmiu, vopsite, acoperiri din plastic, unse). • Produs de degresarea sau curățarea produselor utilizate în materialul de bază și de adaos. • Materialul de adaos • Produse de reacția cu aerul ambiental • Produse de existența unor lichide sau gaze din recipientele de sudat.
Soc electric	Cauzat de starea proastă a cablurilor și / sau conexiunilor sau de manipularea incorectă a echipamentelor electrice.
Temperatura ridicata	Temperatura atinsă în procesul de sudare ar trebui să fie suficientă pentru a topi atât metalul de bază, cât și electrodul. Această temperatură ridicată afectează direct sudorul.
Foc	Produs în general prin proiecții de particule incandescente care ajung într-o zonă în care s-au acumulat obiecte inflamabile. Poate fi produs și prin sudare în zone în care există o cantitate mare de combustibil gazos.
UV	Apare atunci când sunt folosiți electrozi înveliți. Procesele de sudare cu arc produc radiații vizibile, infraroșii și ultraviolete, care produc leziuni oculare, iar pielea fiind cea mai periculoasă radiație ultravioletă
Accidente cu scule și echipamente	Manipulare greșită a sculelor și echipamentelor

Zgomot	Zgomotul produs de operațiuni complementare sudării, cum acțiunea ar fi curățire, tăiere, ciocănire etc.
Poziție greșită	Uneori, sudorul trebuie să sudeze în poziții incomode, din cauza accesibilității la zona de îmbinare. Această poziție, după o perioadă de timp, poate duce la rănire.

Măsuri de prevenție

Când riscurile potențiale au fost deja identificate, este momentul să luați măsuri preventive și protecție împotriva acestora.

Se diferențiază două domenii de activitate: măsurile de protecție personală și măsurile de protecție colectivă.

Protecția individuală

Acestea vizează protecția personalului angajat direct în sarcini de sudare și a ajutoarelor acestora.

Costum de protecție

Scopul protecției personale este de a reduce consecințele riscului, prin urmare, prioritatea este descoperirea riscului particular, atunci când acesta nu poate fi eliminat prin măsurile de protecție colectivă prin adaptarea acestora la individ. Protecția se realizează prin utilizarea EPI (echipament de protecție individuală). Este important să ne amintim că protecțiile personale nu elimină riscurile; sunt pur și simplu bariere fizice care stau între riscuri și oameni. Îmbrăcămintea de protecție recomandată este listată mai jos, fiind selectate cele care sunt aprobate de Ministerul Muncii și au marcajul CE.

Îmbrăcămintea din bumbac nu este recomandată deoarece radiația ultravioletă o degradează într-o perioadă cuprinsă între una și cincisprezece zile. Pielea și lâna sunt două materiale care oferă rezultate mai bune împotriva radiațiilor ultraviolete.

Tabel 4: Echipament de protecție individuală recomandat.

Căști de protecție împotriva căderii obiectelor grele sau ascuțite.	
Ghete cu bombeu metalic.	
Ecrane sau căști prevăzute cu filtre de radiații alese așa cum se detaliază mai jos.	

Mănuși, mâneci, jambiere și șorțuri din piele.	
Mănuși izolante pentru manipularea surselor de sudare.	
Centuri de siguranță pentru lucru la înălțime.	
Protecție auditivă, care poate fi realizată cu dopuri pentru urechi sau căști anti-zgomot.	

Protecția ochilor

Pentru a proteja ochiul de radiațiile dăunătoare în timpul operației de sudare, este necesar să folosiți ochelari sau ecrane cu filtre adecvate.

Filtrele sunt clasificate în funcție de gradul de protecție împotriva radiațiilor ultraviolete și infraroșii. În cazul sudării cu electrozi înveliți, radiația va fi o funcție directă a curentului, adică, cu cât amperajul utilizat este mai mare cu cât radiația emisă este mai mare.

Prevenții la utilizarea echipamentelor și sculelor

Sudarea cu arc folosind electrozi înveliți, precum și operațiunile conexe, implică utilizarea curentului electric. Manipularea necorespunzătoare sau întreținerea deficitară a acestor echipamente poate provoca accidente prin contact electric direct sau indirect.

Protecția la fum

Pentru a preveni intoxicarea cu fumurile dăunătoare din operațiile de sudare, , atât sudorul, cât și alți lucrători care circulă în jurul zonei, trebuie angajate două tipuri de acțiuni.

- Să se sudeze pe elemente care au emisii reduse de noxe.
- Odată ce noxele au fost emise, pentru a evita ca acestea să nu ajungă la sudor, se vor folosi exhaustoare, aspiratoare, extractoare, sau se va corecta poziția sudorului.

Riscuri și precauții asociate operațiunilor conexe sudării

Sudarea nu implică numai topirea materialului de bază și a materialului de adaos. Pentru realizarea unei îmbinări, este necesară o serie de operațiuni pentru anularea sau limitarea numărului de defecte ale sudurii. Aceste operațiuni aduc, de asemenea, o serie de pericole care trebuie luate în considerare.

Polizarea

Pentru curățarea între trecerile de sudare sau pregătirea marginilor, se folosesc polizoare. Există polizoare fixe sau portabile (vezi figura 17). Riscurile asociate acțiunii de măcinare sunt:

- electrocutarea.
- Afectarea ochilor.
- Ruperea discului sau detașarea acestuia din dispozitiv.
- Arsuri sau răniri ale mâinilor.
- Praf sau particule aspirate în organism.

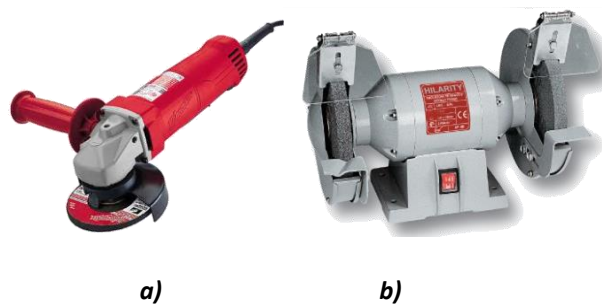


Figura 17: a) polizor portabil. b) polizor fix.

Pentru a evita pericolele asociate cu polizarea, trebuie verificată starea corectă a cablurilor electrice și a pământului. Lucrați întotdeauna cu ochelari sau ecran de protecție din cristale lichide. Utilizați roțile polizoare corespunzătoare pentru materialul care trebuie lucrat și nu strângeți excesiv piulițele deoarece roțile abrazive pot fi deteriorate. Utilizați jiguri pentru a putea lucra cu piese mici, purtați întotdeauna mănuși și utilizați un sistem de extragere a fumului și particulelor.

Îndepărtarea zgurii

La îndepărtarea zgurii produse în procesul de sudare cu electrozi înveliți, se folosesc elemente ascuțite. Riscurile asociate cu îndepărtarea zgurii sunt:

- Arsuri.
- Rănirea ochilor.



Figura 18: Ciocane ascuțite și ochelari de protecție

Arsurile pot fi evitate folosind mănuși și îmbrăcăminte de protecție la manipularea pieselor care sunt încă fierbinți. De asemenea, este necesar să se răcească zgura. Pentru a preveni posibile vătămări oculare, ciocanul ascuțit trebuie întotdeauna utilizat cu ochelari sau ecran transparent din sticlă.

BIBLIOGRAFIE

- [1] General Course on Welding Technology. Training Fund-CESOL. Module 1 and 2. 1994.
- [2] Documentation of the course "European Welding Specialist". Modules 1 and 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 17633:2006, Welding consumables. Tubular wires and rods for arc welding with or without gas protection of stainless and heat-resistant steels. Classification.
- [4] AWS A5.1-04: Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.
- [5] AWS A5.4-06: Specification for Stainless Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.
- [6] AWS A5.30-07: Specification for Consumable Inserts.

Welding Processes - TIG

1.1 Numele cursului

Sudare TIG

1.2 Durata cursului

5 ore

1.3 Scopul cursului

În această unitate corespunzătoare sudării TIG sunt prezentate cunoștințele referitoare la echipamentul utilizat la sudare, modul în care parametrii (curent, tensiune, viteză etc.) influențează procesul de sudare, tehnologiile procesului TIG și o secțiune legată de sănătatea și siguranța muncii. Atunci când sunt necesare cerințe mai mari de finisare, este necesar să se utilizeze sistemul TIG pentru a obține suduri omogene cu un aspect bun și un finisaj complet neted.

1.4 Obiectivele cursului

- *Descrieți obiectivele cursului*

Elevul este capabil să:

Cunoștințe	Competențe	Atitudini	Evaluare
Utilizarea și explicarea terminologiei asociate procesului de sudare TIG. Descriere avantajelor și dezavantajelor procesului de sudare TIG; Identificarea echipamentelor de sudare, cum ar fi electrozi de tungsten, baghete de umplere și elemente componente specifice utilizate în procesul de sudare TIG;	Identificarea, selectarea și pregătirea echipamentului pentru procesul de sudare TIG.	Colaborarea cu membrii echipei de lucru pentru a îndeplini sarcina de lucru; Asumarea în cadrul echipei a responsabilităților pentru sarcina de lucru.	Echipamente utilizate în procesul de sudare TIG.
Explicarea importanței asamblării corecte a echipamentului, setarea sursei de alimentare, alegerea electrodului și consecințele alegerii incorecte.	Identificarea sursei de alimentare, a uneltelor și accesoriilor utilizate la sudarea TIG. Descrierea principiului procedurii de sudare TIG, formarea, natura, puterea arcului electric utilizat pentru realizarea îmbinărilor sudate;		Parametrii (curent, tensiune, viteză etc.) care influențează procesul de sudare Sursa de alimentare. Cabluri.

	Stabilirea parametrilor de utilizare a arcului electric și a posibilităților de protecție a arcului electric;		Cleme de contact.
Controlul și pregătirea piesei/pieselor conform desenelor și practicilor de lucru, pentru sudarea TIG. Explicarea importanței asamblării corecte a echipamentului, setarea sursei de alimentare și alegerea electrodului și precizarea consecințelor alegerii incorecte a acestora. Explicarea alegerii grosimii materialelor, în raport cu dimensiunea și tipul electrodului de sudare utilizat și influența manipulării electrodului în timpul procesului de sudare. Pregătirea mediului de sudare TIG folosind simulatorul/echipamentul real.	Identificarea tipului de electrod utilizat în funcție de curentul de sudare (CC sau AC); Selectarea și utilizarea consumabilelor de sudură conform cerințelor pentru sudarea oțelului carbon, a aluminiului și a plăcilor din oțel inoxidabil. Utilizarea procesului de sudare TIG în toate pozițiile de sudare. Sudarea pieselor în conformitate cu fișa de instrucțiuni de lucru și cerințele desenului folosind echipamente simulatoare /reale. Aplicarea controlului de calitate asupra procesului de sudare. Controlul piesei sudate pentru stabilirea defectelor (utilizarea testelor vizuale și nedistructive), în conformitate cu specificațiile de pe desen sau cerințele locului de muncă. Identificarea defectelor de sudură și stabilirea măsurilor de remediere a acestora.		Tehnologii de sudare TIG. Aprinderea arcului la sudarea TIG. Ascuțirea electrozilor neconsumabili. Clasificarea baghetelor și vergelelor de umplere. Clasificarea gazului de protecție pentru sudarea și tăierea cu arc. Influența parametrilor de sudare la sudarea TIG. Poziții de sudare.
Identificarea și remedierea posibilelor pericole de sudare în conformitate cu practicile standard la locul de muncă. Explicarea cerințelor de siguranță referitoare la produsele sudate. Identificarea eșecurilor și explicarea cauzelor și consecințele acestora.	Respectarea practicii de lucru sigure în timpul sudării; Aplicarea măsurilor pentru prevenirea accidentelor legate de zgomot, fum, incendiu, șoc electric.		Măsuri de sănătate și siguranță. Măsuri de siguranță aplicabile mașinilor de sudură, sculelor de mână, echipamentelor, sculelor și în timpul operațiunilor de sudare.

1.5 Cuprins

1. Introducerea în procedeul de sudare TIG
2. Echipamente de sudare
 - 2.1. Surse de alimentare
 - 2.2. Cabluri
 - 2.3. Dispozitive de împământare
 - 2.4. Căderi de tensiune
3. Tehnologia de sudare
 - 3.1. Aprinderea arcului la sudarea TIG
 - 3.2. Ascuțirea electrodului
 - 3.3. Electrozi neconsumabili
 - 3.4. Clasificarea baghetelor și vergelelor de umplere
 - 3.5. Clasificarea gazului de protecție pentru sudarea și tăierea cu arc electric
 - 3.6. Influența parametrilor de sudare
 - 3.7. Poziții de sudare
 - 3.8. Defecte de sudură
4. Sănătatea și siguranța la sudarea TIG

1.6 Participanți

Caracteristici cursanți: <i>(Descrieți profilul elevului din grupul țintă pentru curs)</i>	<i>Cunoștințe de bază în sudare</i>
---	-------------------------------------

1.7 Nivel de acces

(Descrieți cerințele de acces ale cursului - dacă este necesar)

Cerința privind nivelul de educație:	<i>Certificat de absolvire studii gimnaziale (EQF 3)</i>
Cunoștințe anterioare necesare	<i>Cunoștințe de bază în domeniul sudării</i>
Cerințe de vârstă:	<i>Vârste cuprinse între 16 și 20 de ani</i>

1.8 Activități de evaluare

Evaluare sumativă

- *Examinare teoretică utilizând simulatorul de sudare/calculator sau rețeaua virtuală SIMTRANET*

1.9 * Bibliografie (utilizată sau suplimentară)

- [1] General Course on Welding Technology. Training Fund-CESOL. Module 1 and 2. 1994.
- [2] Documentation of the course "European Welding Specialist". Modules 1 and 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 6848:2005, Tungsten electrodes for arc welding in inert atmosphere with refractory electrode, and for welding and plasma cutting. Symbolization.
- [4] AWS A5.12-98: Specification for Tungsten and Tungsten-Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting.
- [5] AWS C5.5-03, Recommended Practices for Gas Tungsten Arc Welding.
- [6] AWS Z49.1-05, Safety in Welding, and Cutting and Allied Processes.

UNITATE NR.: Unitate didactică 2**TITLU UNITATE: TIG****PREZENTAREA UNITĂȚII**

În această unitate corespunzătoare sudării TIG sunt prezentate cunoștințele referitoare la echipamentul utilizat la sudare, modul în care parametrii (curent, tensiune, viteză etc.) influențează procesul de sudare, tehnologiile procesului TIG și o secțiune legată de sănătatea și siguranța muncii. Atunci când sunt necesare cerințe mai mari de finisare, este necesar să se utilizeze sistemul TIG pentru a obține suduri omogene cu un aspect bun și un finisaj complet neted.

OBIECTIVE

Obiectivele acestei unități sunt:

- Elevul este capabil să:

Cunoștințe	Competențe	Atitudini	Conținuturi
Să utilizeze și să explice terminologia asociată procesului de sudare TIG. Să descrie avantajele și dezavantajele procesului de sudare TIG; Să identifice echipamentele de sudare, cum ar fi electrozi de tungsten, baghete de umplere elemente componente specifice utilizate în procesul de sudare TIG;	Să identifice, să selecteze și să pregătească echipamentul pentru sudarea TIG	Să colaboreze cu membrii echipei de lucru pentru a îndeplini sarcina de lucru; Să-și asume în cadrul echipei responsabilitățile pentru sarcina de lucru.	Echipamente utilizate în procesul de sudare TIG.
Să explice importanța asamblării corecte a echipamentului, setarea sursei de alimentare, alegerea electrodului și consecințele alegerii incorecte a acestora.	Să identifice sursa de alimentare, uneltele și accesoriile utilizate pentru sudarea TIG. Să descrie principiul, formarea, natura, puterea arcului electric utilizat pentru sudarea îmbinărilor sudate; Să stabilească parametrii de utilizare a arcului electric și posibilitățile de protecție a acestuia;		Parametrii (curent, tensiune, viteză etc.) care influențează procesul de sudare Sursa de alimentare. Cleme de contact Cabluri.
Să efectueze controlul și să pregătească piesele conform desenelor și	Să identifice tipul de electrod utilizat în funcție de curentul de sudare (CC sau AC);		Tehnologii de sudare TIG.

practicilor de lucru, pentru sudarea TIG. Să explice importanța asamblării corecte a echipamentului, să seteze sursai de alimentare, să aleagă electrodul și să precizeze consecințele alegerii incorecte a acestora. Să explice alegerii grosimii materialelor în raport cu dimensiunea și tipul electrodului de sudare utilizat și influența manipulării electrodului în timpul procesului de sudare. Să pregătească mediul de sudare TIG folosind simulatorul/echipamentul real.	Să selecteze și să utilizeze consumabile de sudură conform cerințelor pentru sudarea oțelului carbon, a aluminiului și a plăcilor din oțel inoxidabil. Să utilizeze procesul de sudare TIG în toate pozițiile de sudare. Să sudeze piesele în conformitate cu fișa de instrucțiuni de lucru și cerințele desenului folosind echipamente simulatoare/reale. Să efectueze controlul de calitate asupra procesului de sudare. Să identifice defectele de sudare și să stabilească măsurile de remediere a acestora.		Aprinderea arcului la sudarea TIG. Ascuțirea electrozilor neconsumabili. Clasificarea baghetelor și vergelelor de umplere. Clasificarea gazului de protecție pentru sudarea și tăierea cu arc. Influența parametrilor de sudare la sudarea TIG. Poziții de sudare.
Să identifice și să remedieze posibilele pericole de sudare în conformitate cu practicile standard la locul de muncă. Să explice cerințele de siguranță referitoare la produsele sudate. Să identifice eșecurile și să explice cauzele și consecințele acestora.	Să respecte practica de lucru în timpul sudării; Să aplice măsuri de prevenire a accidentelor legate de zgomot, fum, incendiu, șoc electric.		Măsuri de sănătate și siguranță. Măsuri de siguranță aplicabile mașinilor de sudură, sculelor de mână, echipamentelor, sculelor și în timpul operațiunilor de sudare.

Cuprins

1. Introducerea în procedeul de sudare TIG

2. Echipamente de sudare

2.1. Surse de alimentare

2.2. Cabluri

2.3. Cleme de contact

2.4. Căderi de tensiune

3. Tehnologia de sudare

3.1. Aprinderea arcului la sudarea TIG

- 3.2. Ascuțirea electrodului
- 3.3. Electrozi neconsumabili
- 3.4. Clasificarea baghetelor și vergelelor de umplere
- 3.5. Clasificarea gazului de protecție pentru sudarea și tăierea cu arc electric
- 3.6. Influența parametrilor de sudare
- 3.7. Poziții de sudare
- 3.8. Defecte de sudură
- 4. Sănătatea și siguranța în muncă la sudarea TIG**

CONȚINUT

1. Introducere în sudarea TIG

Sudarea TIG este un proces de sudare prin fuziune și ecranare cu gaz, care utilizează ca sursă de alimentare un arc electric stabilit între un electrod nefuzibil și piesa de prelucrat, în timp ce un gaz inert protejează baia de sudură. Materialul de umplere, atunci când este utilizat, este aplicat prin baghete sau vergele în același mod în care sudarea cu flacără oxiacetilenă.

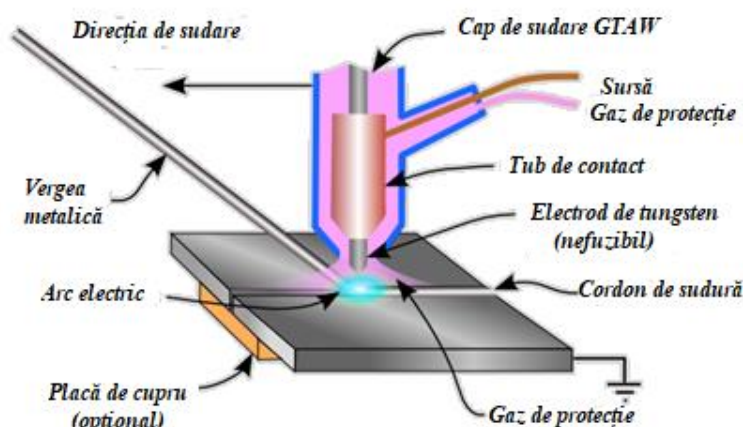


Fig 1. Schema procesului TIG

Procesul de sudare TIG primește, de asemenea, numele:

- GTAW, gaz Tungsten sudare cu Arc, AWS 3.0
- Sudare cu arc electric ecranat cu gaz cu electrod de tungsten neconsumabil (EN ISO 4063: 2011)
- Sudare cu Arc electric cu electrod de tungsten neconsumabil (EN 14610:2006).

Tabelul de mai jos prezintă principalele avantaje și dezavantaje ale procedurii, după cum urmează:

Avantaje	Limitări
Este un proces potrivit pentru îmbinarea majorității metalelor	Rata de depunere este mai mică decât cea obținută cu alte procese de sudare cu arc electric
Oferă un arc stabil și concentrat	Pentru că este o aplicație manuală necesită, în general, o mare abilitate a sudorului
Deși acesta este un proces esențial manual, a fost automatizat pentru unii producători de serie, ca grosime mică a țevilor sudate longitudinal sau spiralat și pentru fixarea țevilor pe plăci în schimbătoare de căldură	Este neeconomic pentru grosimi mai mari de 10 mm
Nu sunt împrăscări de metal (deoarece transportul metalelor în arc nu există)	În prezența curenților de aer, poate fi dificil să se obțină o protecție adecvată a zonei de sudură
Zgura nu este produsă	Produce mai multă radiație ultravioletă decât alte procese, necesitând o protecție adecvată
Se obțin suduri netede și regulate	

Avantaje	Limitări
Poate fi utilizat cu sau fără metal de umplere, în funcție de aplicație	
Poate fi utilizat în toate tipurile de îmbinări și poziții	
Este posibil să se obțină o viteză mare de sudare la grosimi sub 3-4 mm	
Se pot realiza suduri de înaltă calitate	
Oferă un control excelent al penetrării pasului rădăcinii	
Nu este necesară utilizarea surselor de energie costisitoare	
Permite controlul independent al sursei de alimentare și al metalului de umplere	
Fumul nu este produs	

Tabel 1. Avantajele și limitările sudării TIG

2. Echipamentul de sudare

Identificarea echipamentului de sudare utilizat în fiecare proces este foarte importantă, deoarece, în funcție de echipament, se obțin unele proprietăți sau altele. Echipamentul pentru sudarea TIG cuprinde: surse de alimentare, cabluri, cleme de piesă sau căderi de tensiune.

2.1. Sursa de sudare

Sudarea TIG este, în principal, un proces de sudare manuală, ceea ce implică faptul că sursa de alimentare trebuie să ofere condiții de lucru stabile, indiferent de micile variații în lungimea arcului, care vor avea loc în timpul sudării, ca urmare a impulsului dat de sudor. Acest lucru se datorează faptului că în sudarea TIG, sunt utilizate surse de curent constant sau caracteristici verticale.

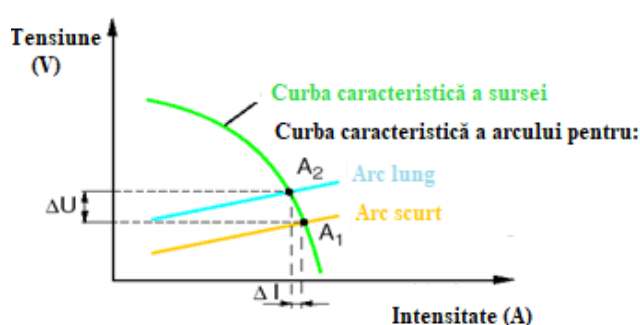


Fig. 2. Curba caracteristică a pantei descendente

După cum se poate vedea în figura 2, acest tip de sursă de alimentare (curba caracteristică a pantei descendente) implică faptul că variații semnificative ale tensiunii de sudare înseamnă variații foarte mici ale curentului. Acest lucru este esențial în procesele de sudare manuală, cum ar fi sudarea TIG, deoarece tensiunea de sudare este strâns legată de variația lungimii arcului. Într-un proces manual este imposibil pentru sudor mențină constantă lungimea arcului, astfel încât acesta va varia de-a lungul cordonului de sudură.

Cu toate acestea, cu acest tip de surse de sudare aceste variații în lungimea arcului, și prin urmare tensiunea de sudare, nu implică variații în curentul de sudare, și, astfel se vor evita defecte cum ar fi lipsa de fuziune și de penetrare, perforații ale piesei de prelucrat, etc.

Mai mult, sudarea TIG poate fi efectuată atât cu curent alternativ, cât și cu curent continuu, ceea ce va necesita caracteristici diferite ale sursei de alimentare.

Surse de curent alternativ. Transformatoare:

Funcția principală a surselor de alimentare este de a obține un curent electric adecvat pentru sudare, adică un curent electric de joasă tensiune și amperaj ridicat.

Curentul furnizat de rețea este curent alternativ de intensitate scăzută și tensiune înaltă, ceea ce îl face să nu fie potrivit pentru sudare. Prin urmare, este necesar să îl modificați pentru a se potrivi sudării. Acesta este obiectivul transformatoarelor electrice, că ceea ce "ia" de la rețea de curent alternativ, tensiune înaltă, curent scăzut și "întoarce" un AC cu curent ridicat și tensiune joasă, potrivit pentru sudare.

Sursa de alimentare pentru sudarea TIG în curent alternativ este formată, în principal, din:

- Transformator
- Generator de impulsuri de înaltă frecvență
- Ventilator
- Supapă magnetică pentru gazul de sudare
- Controlul curentului de sudare

Surse de alimentare DC. Redresoare:

Atunci când sudarea TIG se efectuează cu curent continuu, sursa de alimentare trebuie să efectueze două "modificări" ale curentului rețelei electrice la care este conectată:

1. Transformați rețeaua AC (înaltă tensiune și curent scăzut) în curent alternativ potrivit pentru sudare (tensiune joasă și intensitate ridicată).
2. Rectificați forma curentului alternativ din înfășurarea secundară a transformatorului în curent continuu utilizat în sudură.

Sursa de alimentare pentru sudare TIG curent continuu este formată, în principal, din:

- Transformator
- Redresor
- Ventilator
- Supapă magnetică pentru gazul de sudare
- Modul de Control
- Controlul curentului de sudare

Când curentul de sudare este reglat folosind potențiometrul sursei de alimentare TIG, variem curba caracteristică a sursei în care funcționează.

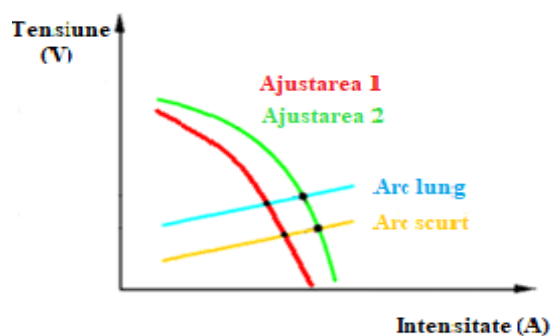


Fig. 3. Setarea curentului de sudare.

Pentru a înțelege modul de control al caracteristicii sursei este important să se înțeleagă doi parametri cheie: tensiune cu circuit deschis și curent de scurtcircuit.

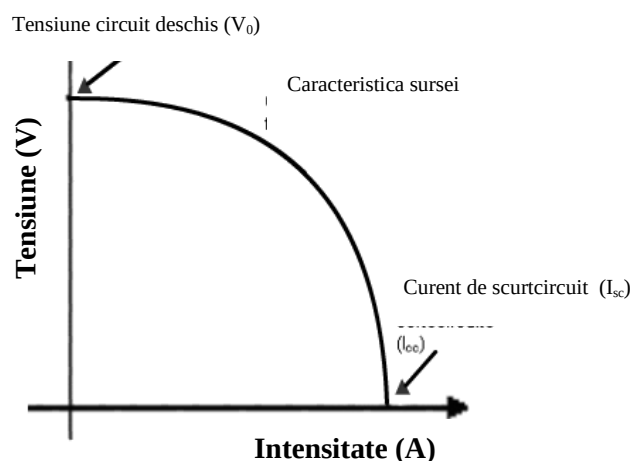


Fig. 4. Curba caracteristică a sursei de sudare

Tensiune în circuit deschis

Tensiunea circuitului deschis (V_0) este tensiunea maximă pe care o poate furniza sursa de alimentare și este tensiunea la bornele sursei atunci când nu se sudează. Tensiunea circuitului deschis este de obicei mai mare decât dublul tensiunii de sudare. Acesta este utilizat în principal pentru a ușura aprinderea și stabilitatea arcului, deci ceea ce din cauza instabilității crescute a arcului la sudarea cu AC, transformatoarele au o tensiune mai mare circuit deschis decât redresoarele.

Curent de scurtcircuit

Curentul de scurtcircuit (I_{sc}) este curentul maxim furnizat de sursa de alimentare. Pentru a porni arcul, se produce un scurtcircuit, în acest moment tensiunea este nulă, iar curentul care curge este maxim (I_{sc}), datorită căruia electrodul este încălzit și poate stabili arcul.

Acești doi parametri au o relevanță deosebită în sudarea TIG, contribuind la facilitarea stabilirii arcului.

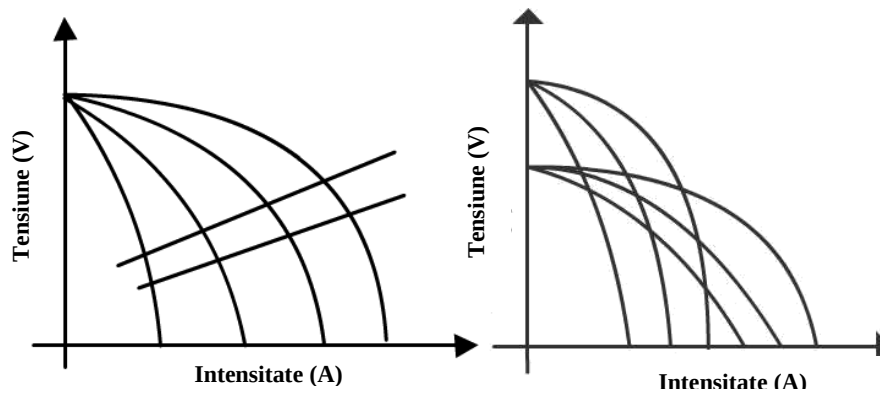


Fig. 5. Variația curbelor caracteristice ale sursei de alimentare

În general, putem spune că variația pantei curbei se realizează prin acționarea asupra câmpului magnetic generat în transformator, în timp ce variațiile tensiunii în circuit deschis sunt efectuate în circuitul primar sau secundar, prin variația numărului de rotații în bobinele primare sau secundare.

2.2. Cabluri

Cablurile sunt responsabile pentru transportul curentului electric de la sursa de alimentare la piesa de prelucrat și înapoi la sursa de alimentare de sudură.

Lungimea cablurilor trebuie selectată în funcție de curentul care trebuie susținut și în funcție a diametrului electrodului și a dimensiunii sursei de alimentare.

Este de preferat ca atât clema, cât și lanterna să aibă același diametru, cu toate acestea, ocazional, unul dintre cabluri, în general clema piesei de prelucrat, poate avea un diametru mai mare, dar nu un diametru mai mic.

Este recomandabil utilizarea unor conductori buni pentru curentul de sudare.

2.3. Dispozitive de prindere a piesei de prelucrat

Este dispozitivul de conectare de la sursa de alimentare la piesa de prelucrat, și este disponibil în diferite dimensiuni și configurații pentru diferite aplicații. Condiția care trebuie îndeplinită este aceea că trebuie să fie în stare bună și trebuie să facă un contact bun cu metalul de bază. Un clip ponosit nu asigură securitatea unei conducții electrice bune, provocând instabilitate în arc în timpul sudării.

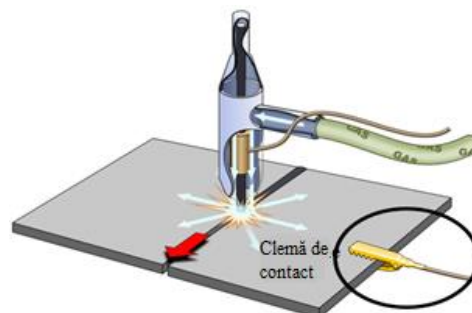


Fig. 6. Exemplu de clemă pentru piesa de prelucrat

2.4. Căderea de tensiune

Căderea de tensiune a unui conductor este diferența de tensiune între capetele acestuia.

Când o tensiune V este afișată de echipamentele de sudură, această tensiune nu este exact tensiunea de sudare. Acest lucru se datorează faptului că tensiunea indicată de voltmetrul mașinii este tensiunea totală de ieșire, care este tensiunea arcului plus căderile de tensiune peste cabluri, electrod, suportul electrodului, piesa de prelucrat și cleva piesei de prelucrat. Aceste căderi de tensiune sunt direct proporționale cu curentul, astfel încât este ușor de înțeles că sudarea este un proces care necesită un curent ridicat; aceste căderi de tensiune au o valoare considerabilă.

Pentru ca aceste căderi de tensiune să nu afecteze negativ sudarea, sunt limitate la valoarea de 2 volți.

Punctele comune ale căderii de tensiune și încălzirii rezistenței sunt:

- Cablu de alimentare prea mic sau deteriorat.
- Cleva piesei de prelucrat este slăbită sau deteriorată.
- Conexiuni slabe (libere) ale cablurilor de alimentare.

Conexiunile libere produc o cădere de tensiune mai mare decât cea admisă pentru stabilitatea arcului (2 V) de la sursa de alimentare la suportul electrodului. Din acest motiv, racordurile necorespunzătoare nu trebuie utilizate, ci trebuie înlocuite cu un cablu de împământare cu o clevă în stare bună, pentru a-l fixa în mod corespunzător pe structura care urmează să fie sudată.

3. Tehnologia de sudare

Este foarte important să cunoaștem și să studiem tehnologia fiecărui proces de sudare, deoarece există mai mulți parametri care trebuie luați în considerare la sudare. În ceea ce privește sudarea TIG, ne vom concentra pe aprinderea arcului, electrozii neconsumabili și forma lor, clasificarea materialului de umplere și a gazelor de protecție, parametrii de sudare, pozițiile de sudare și defectele tipice de sudare.

3.1. Aprinderea arcului la sudarea TIG

Cea mai simplă metodă de aprindere a arcului este atingerea (prin răzuire) cu electrodul, foarte atent, pe metalul de bază. Cu toate acestea, riscul de incluziuni de tungsten în metalul de bază este ridicat. Pentru a evita acest lucru, arcu poate fi pornit într-o placă de cupru suplimentară, cunoscută sub numele de piesă de pornire. Un alt dezavantaj al pornirii prin "atingere" (răzuit) este ușurința cu care se poate deteriora electrodul.

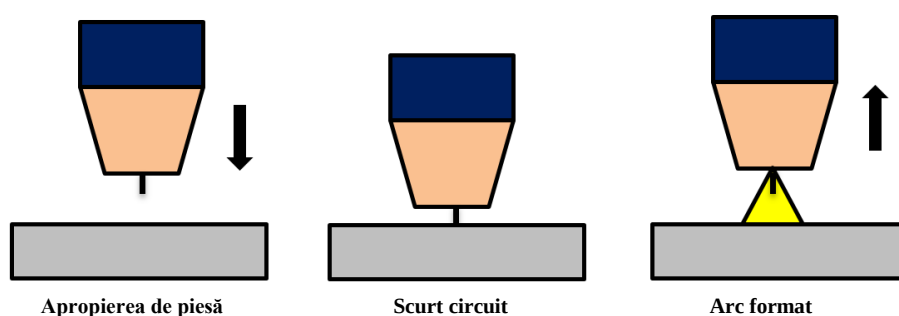


Fig. 7. Arc de pornire prin atingere (răzuit)

Pentru a evita dezavantajele aprinderii prin "atingere" (prin răzuire) (figura 7) se utilizează un curent de înaltă frecvență și de înaltă tensiune. Această metodă este utilizată întotdeauna pentru curent alternativ și, uneori, pentru curent continuu.

Prin urmare, atunci când se utilizează curent alternativ, nu este necesar să atingeți electrodul de pe piesa de prelucrat pentru a stabili arcul, dar încărcăți circuitul de sudură și țineți lanterna, astfel încât electrodul să fie aproximativ orizontal și 50 mm pe piesă. Apoi, printr-o răsucire a încheieturii mâinii, aduceți vârful electrodului la piesa de prelucrat, până la aproximativ 2 sau 3 mm din acesta. În acest moment, curentul de înaltă frecvență depășește rezistența aerului și arcul este stabilit. Mișcarea de apropiere a electrodului trebuie efectuată rapid; obținerea acestuia atinge debitul maxim de gaz de protecție în zona de sudare.

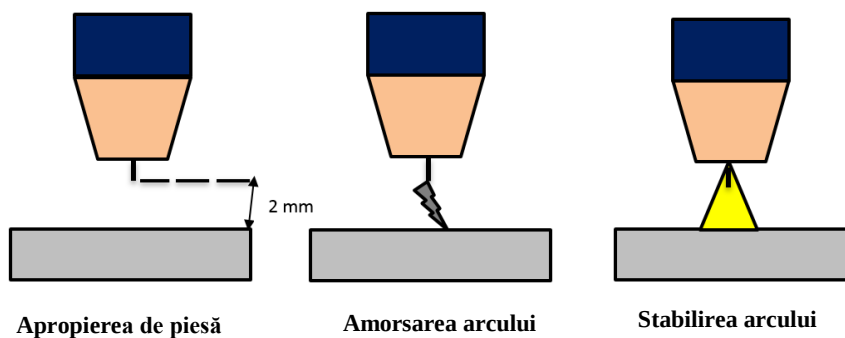


Fig. 8. Arc de pornire cu curent de înaltă frecvență.

Există și alte sisteme de arc pe astfel de sisteme:

- Aplicarea unui impuls de înaltă tensiune între electrodul neconsumabil și piesa de prelucrat, care este utilizat în general cu curent continuu.
- Descărcarea condensatorului.
- "Lift-Arc" um: această metodă implică atingerea ușoară (fără răzuire) a piesei de prelucrat cu electrodul, menținând perpendicular lanterna pe piesă. În acel moment, mașina detectează un scurtcircuit și stabilește un curent de joasă tensiune în circuit. Acest curent nu este suficient pentru a stabili arcul, dar contribuie la încălzirea electrodului. Când electrodul este ridicat, aparatul detectează nici un scurtcircuit și în mod automat arcul este stabilit, care este ajutat de preîncălzirea electrodului.

Torțele au misiunea de a conduce curentul către electrodul neconsumabil și gazul de protecție către zona de sudură. Acestea pot fi răcire naturală (prin aer) sau răcire forțată (prin circulația apei). Primul este utilizat la sudarea materialelor subțiri care nu necesită curenți mari, iar răcirea forțată este recomandată pentru lucrări care necesită intensități de peste 150 - 200 Amperi. În aceste cazuri, circulația apei în interiorul tortei previne supraîncălzirea. În lucrări unde sunt necesare 300 amperi sau mai mult, chiar dacă modul discontinuu, este necesar ca duza să fie răcită și cu apă.

Figura 9 prezintă diferite configurații de torțe TIG.

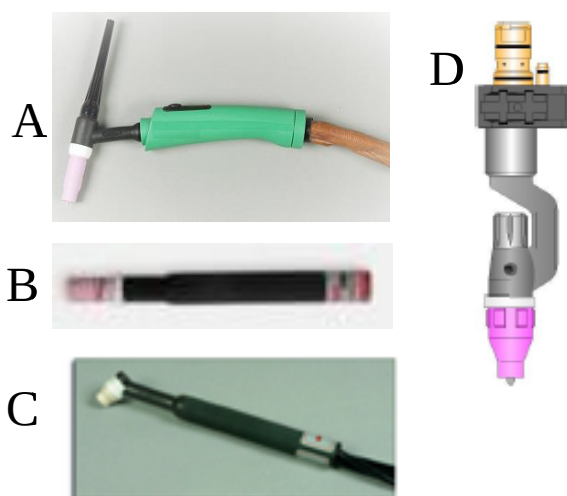


Fig. 9. TIG torțe configurații. (A) Normal, (B) drept, (C) cu vârf scurt, (D) pentru robot

Electrodul de tungsten care transportă curentul de sudare în zona de sudare este fixat rigid prin clema adăpostită în corpul torței. Fiecare torță are un set de colectoare, de diferite dimensiuni, permițând electrozii de prindere de diferite diametre. Este foarte important să aveți un contact electric bun între electrod și clemă.



Fig. 10. Colectoare pentru sudarea TIG

3.2. Ascuțirea electrodului

Forma vârfului electrodului este foarte importantă, deoarece, dacă nu este corectă; există riscul ca arcul electric să fie instabil. Din aceasta se concluzionează că electrodul de ascuțire are o mare influență asupra rezultatului final al sudării, astfel încât:

-  Un electrod care are o ascuțire bună va avea ca rezultat un arc stabil, cu căldura focalizată și obținerea unei penetrări bune.

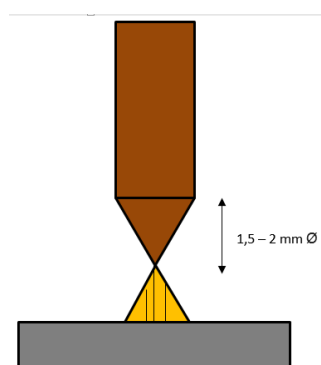


Fig. 11. Electrode bine ascuțit

✚ Un electrod slab ascuțit provoacă un arc neregulat, generând o baie largă de sudură și o penetrare slabă.

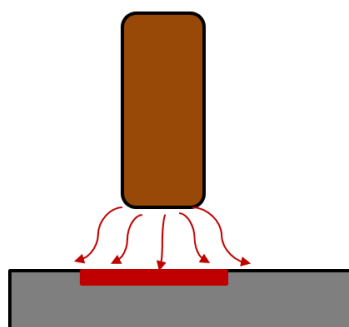


Fig. 12. Electrode slab ascuțit.

✚ Electrozii foarte ascuțiți au un risc excesiv de puternic ca să apară incluziuni de tungsten. După ascuțirea electrodului, vârful trebuie rotunjit și nu ascuțit ca un creion.

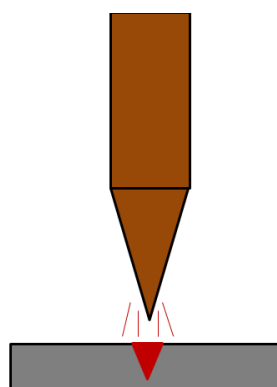


Fig. 13. Electrode foarte ascuțit

Variațiile geometrice ale vârfului electrodului

În funcție de tipul de curent utilizat în procesul de sudare, vârful electrodului trebuie să aibă o geometrie dată:

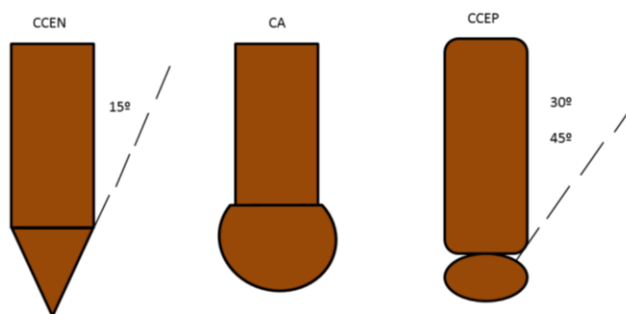


Fig. 14. Variațiile geometrice ale vârfului electrodului în funcție de tipul fluxului

Vârful electrodului

Electrozii pentru sudarea cu curent continuu trebuie să aibă vârfuluri. Când șlefuirea este utilizată pentru a obține o geometrie adecvată a electrodului, trebuie făcută cu o roată sau o curea abrazivă cu granulație fină și utilizată numai pentru prepararea electrozilor de tungsten, evitând astfel contaminarea. Este important ca măcinarea să fie efectuată corect, trebuie făcută în direcția longitudinală a electrodului. O lungime corectă a vârfului electrodului este de două ori diametrul său. Capătul ascuțit care depășește electrodul trebuie îndepărtat de piatră de șlefuit, deoarece există riscul de a fi topit și încorporat în baia de sudură.

La sudarea cu curent alternativ, capătul vârfului trebuie să fie ușor rotunjit. Vârful este rotunjit de la sine dacă electrodul este supraîncărcat cu atenție, ceea ce face inutilă șlefuirea acestuia.

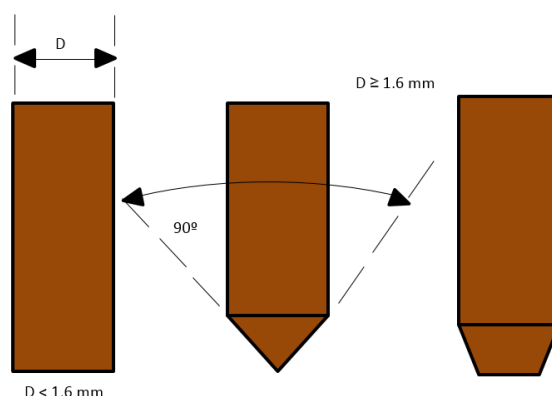


Fig. 15. Tip electrod pentru sudare cu curent alternativ

3.3. Electrozi neconsumabili

Sarcina electrodului în acest proces este numai de a menține arcul fără a furniza material de umplere. Din acest motiv și pentru a preveni uzura, este foarte important să aibă o temperatură de topire ridicată.

În general, sunt utilizate cinci tipuri de electrozi, care sunt clasificate în funcție de compoziția lor:

- Tungsten pur
- Tungsten aliat cu toriu
- Tungsten aliat cu zirconiu
- Tungsten aliat cu ceriu

- Tungsten aliat cu lantan

La început electrozii erau tungsten pur, dar mai târziu s-a constatat că la adăugarea de oxizi metalici de toriu sau zirconiu, ceriu sau lantan, comportamentul electrodului a fost îmbunătățit în mai multe aspecte:

- Creșterea capacității de emisie de electroni, care favorizează stabilitatea arcului și ușurința de a-l porni.
- Creșterea temperaturii de topire a electrodului, permițând lucrul la curenți de sudură mai mari.

Standardul care definește clasificarea electrozi din tungsten este EN ISO 6848 și în el sunt specificate dimensiunile pe care le putem găsi la simbolizarea electrozilor în funcție de compoziția lor chimică, care afișează datele pe pachetele de electrozi.

Selectarea electrodului

Selectarea electrodului se face în principal pe baza tipului de curent utilizat, care este determinat de materialul de bază. În general, putem spune că DC (-) este utilizat la toate tipurile de materiale, cu excepția celor care formează un strat de oxid refractar, aliaje precum aluminiu și magneziu, în care se utilizează curentul alternativ.

3.4. Clasificarea tijelor și firelor de umplere. UNE-EN ISO 636:2017

La sudarea TIG utilizarea metalului de umplere nu este întotdeauna necesară la sudarea pieselor subțiri (mai puțin de 3 mm grosime), pentru care vom folosi un preparat cu muchii drepte sau cu muchii ridicate. Când este necesar să se utilizeze material de umplură, o putem face manual sau automat.

Pentru a utiliza îmbinări fără defecte, este foarte important să păstrăm metalul de umplere fără contaminare, fie sub formă de umiditate, praf sau murdărie. Prin urmare, trebuie să-l păstrăm în ambalajul său până la momentul în care îl folosim. Când sudați, acordați o atenție deosebită faptului că partea fierbinte a tijei să fie întotdeauna suficient de aproape de baia topită pentru a fi acoperită de gazul de protecție. Deoarece TIG este un proces fără zgură și se desfășoară într-o atmosferă inertă care nu provoacă reacții în baie, materialul de intrare, atunci când trebuie să îl folosim, trebuie să aibă practic o compoziție chimică similară cu cea a materialului de bază.

În mod normal, vom găsi tije de diferite diametre: 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 4.0; și 5.0 mm, cu o lungime de 1000 mm.

3.5. Clasificarea gazului de protecție pentru sudarea și tăierea cu arc electric

Clasificarea gazelor de protecție, conform EN ISO 14175, se bazează pe reactivitatea amestecului de gaze sau gaze și pe compoziția chimică.

Argon

Caracteristicile acestui gaz sunt:

- Este inert. Nu reacționează în timpul sudării.
- Este inodor, incolor, insipid și netoxic
- Protecție eficientă datorită densității ridicate. Argonul este de 1,4 ori mai greu decât aerul, ceea ce ajută la funcția de ecranare, pentru a evacua aerul din zona de sudură. Heliul, în schimb, este mult mai ușor decât aerul și, prin urmare, necesită debite mai mari pentru a oferi același nivel de ecranare decât argonul.

- Pornire ușoară și stabilitate bună a arcului. Argonul are o energie de ionizare scăzută (7,15 eV), ceea ce facilitează caracteristicile menționate.
- Cost eficient. Se obține prin distilarea aerului care este în proporție de aproximativ 1%. Argonul este mult mai puțin costisitor decât heliul, pentru acest lucru și celelalte avantaje ale acestuia; argonul este mult folosit în sudarea TIG.
- Potrivit pentru grosimi mici. Având o energie de ionizare scăzută, acesta poate fi sudat cu tensiuni scăzute și aport scăzut al a căldurii, fiind potrivit pentru sudarea pieselor de grosimi mici.
- Forma șirag de mărgel și de penetrare. Argonul are o conductivitate termică mai mică decât heliul, astfel încât căldura este concentrată în zona centrală a arcului care formează penetrații și aspect caracteristic similar cu cel prezentat în figura 16.

Heliu

Cele mai importante caracteristici ale heliului sunt:

- Energie de ionizare ridicată (24,5 eV)
- Conductivitate ridicată, astfel încât coloana de plasmă este largă
- Densitate foarte scăzută

Prin urmare, cele mai importante proprietăți ale heliului sunt:

- Aport de căldură foarte mare
- Se obțin margele largi și mari de penetrare
- Sudarea poate fi efectuată la viteză mai mare

Datorită acestor caracteristici, principalele aplicații ale heliului sunt:

- Sudarea grosimilor mari
- Sudare automată în care pot fi utilizate viteze mari
- Sudarea materialelor cu conductivitate ridicată, de exemplu cupru, reducând necesitatea preîncălzirii
- Deși în sudarea cu aluminiu se folosește argonul gazos, heliul poate fi utilizat în sudarea automată CC. Heliul produce o penetrare mai mare și o viteză de sudare, dar pentru a realiza acest lucru este necesară curățarea suprafeței oxidilor.

Cu toate acestea, heliul are următoarele dezavantaje:

- Stabilitate slabă a arcului în comparație cu argonul, se datorează energiei sale ridicate de ionizare.
- Din cauza densității sale scăzute este necesar un debit de aproximativ 2-2,5 ori mai mare decât cea necesară cu argon. Aceasta înseamnă că, în principiu, din punct de vedere economic mai puțin profitabil, dar înainte de a renunța la utilizarea sa, ar trebui să existe un calcul economic.

Adesea se adaugă heliu la argon pentru a crește penetrarea și aportul de căldură.

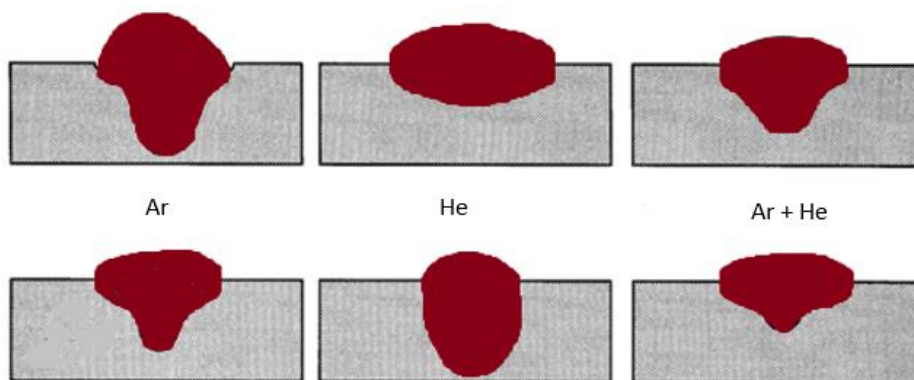


Fig. 16. Forma șirag de mărgelă pe baza de gaz de protecție

Amestec He/Ar

Amestecul acestor două gaze inerte oferă beneficii suplimentare în funcție de procentul la care intervine fiecare. Penetrarea este intermediară pentru fiecare gaz pur, așa cum se arată în figura 16.

3.6. Influența parametrilor de sudare

Practic, parametrii principali care vor trebui verificați sunt următorii:

- Diametrul electrodului.
- Selectarea tipului curent.
- Curent de sudare.
- Tensiune arcului.
- Viteza de sudare.

Este esențial să fie înțeleasă influența acestor parametri înainte de a începe orice sudură. De asemenea, vă recomandăm să efectuați teste în atelier folosind valori diferite, astfel încât să puteți verifica singur informațiile prezentate.

Diametrul electrodului

Primul parametru pe care trebuie să îl reglați este diametrul electrodului.

Diametrul determină curentul de sudare. Dacă folosim un curent scăzut pentru un diametru dat al electrodului, acest lucru va provoca instabilitatea arcului. Dacă, dimpotrivă, folosim o intensitate excesivă, putem provoca eroziunea și fuziunea vârfului electrodului, precum și incluziunile de tungsten în metalul sudat.

Cu curent continuu, electrozii au capacitatea maximă de încărcare a curentului. Cu curent invers doar 10% din cantitatea ar putea fi condusă sub polaritatea directă a curentului direct. În cazul curentului alternativ, am putea obține 50% din capacitatea maximă de încărcare a curentului. UNE-EN ISO 6848:2015.

Selectarea tipului curent

Procesul TIG poate fi utilizat atât în curent direct, cât și în curent alternativ. Alegerea clasei curentului și a polarității se face în funcție de materialul care trebuie sudat. Pentru a face această alegere corect, vom evidenția câteva aspecte diferențiale ale ambelor alternative.

Arc de curent continuu:

Atunci când se utilizează polaritate directă, adică electrodul conectat la polul negativ, energia arcului este concentrată în principal pe o parte, rezultând o performanță termică relativ acceptabilă, viteza de sudare mai mare și o bună penetrare. Pe de altă parte, electrodul suportă intensități de ordinul a 8 ori mai mari decât dacă ar fi conectat la polul pozitiv fără topire sau deteriorare.

Dacă inversăm polaritatea, electrodul legat la polul pozitiv, distribuția termică este mai puțin favorabilă, baie de sudare largă, cu un pic de penetrare și o acumulare excesivă de căldură în electrod, care cauzează supraîncălzirea și deteriorarea rapidă, chiar și la intensități de curent redus. Conform acestui fapt, polaritatea recomandată în curent continuu este polaritatea directă. Este important de știut, aluminiu este sudat cu DC+ și oțelul cu DC-.

Arc de curent alternativ:

Curentul alternativ combină, deși redus, avantajele celor două polarități: comportamentul bun în timpul semi-ciclului de polaritate directă și efectul de decapare a băii în timpul ciclului de polaritate inversă, astfel încât să poată fi utilizat la sudarea aliajelor ușoare, cum ar fi Al și Mg. Ca dezavantaje principale, prezintă dificultăți în amorsarea și stabilitatea arcului, ceea ce face necesară încorporarea unui generator de înaltă frecvență în echipament.

Cu curent alternativ, arcul este oprit de fiecare dată când tensiunea este mai mică decât tensiunea de amorsare, de două ori pe ciclu. Pentru a îmbunătăți stabilitatea, trebuie să creștem tensiunea cu circuit deschis. Pentru a evita acest inconvenient, vom adăuga o sursă de înaltă frecvență.

Curent de sudare

Valoarea curentului de sudare este singurul parametru pe care îl puteți regla în echipamentul de sudare, odată ce polaritatea a fost ajustată. Trebuie să selectați întotdeauna o valoare curentă așa cum este indicat în specificația procedurii de sudare.

Când sudați, există indicii care vă informează dacă intensitatea pe care o utilizați este adecvată:

Dacă intensitatea curentului de sudare este prea mică:

- este greu să formezi arcul,
- arcul emite puțină lumină,
- este greu să avansezi fără instabilitate arcului
- baia de metal topit este inconfortabil de mică,
- că este dificil ca metalul de adaos să se topească.

Dacă intensitatea curentului de sudare este prea mare:

- arcul este foarte energic și emite multă lumină,
- baia topită este mare, fluidă și are o mare agitație,

- mărește gaura cheii în pasul rădăcinii,
- baia tinde să se curgă,
- pot apărea proiecții și stropi (nu de obicei),
- electrodul este topit și incluziunile de tungsten apar în cordonul de sudură.

Ce probleme pot apărea dacă intensitatea sudării nu este adecvată?

Ca regulă generală, un electrod nu trebuie utilizat la curenți în afara intervalului recomandat de producător. În afară de indicațiile descrise în secțiunea anterioară, pe care le puteți vedea în timpul sudării, puteți găsi și defecte ale cablului atunci când intensitatea nu este adecvată:

Dacă ați sudat cu o intensitate foarte scăzută:

- rularea sudurii va fi strânsă și excesiv de voluminoasă, cu posibilitatea lipsei de fuziune la margini, suprapuneri etc.

Dacă ați sudat cu o intensitate foarte mare:

- în poziția PA, rularea sudurii va avea tendința de a fi foarte largă și plată, iar pe margini pot apărea subcotări.
- în poziția PB, PC și PD, cablul tinde să scadă, lăsând mușcături pe placa superioară și se suprapune pe partea inferioară.
- în poziția PF și PE, talonul tinde să scadă spre centrul sudurii, devenind voluminos în partea centrală și cu mușcături pe laturi. În poziția PE, baia poate chiar să curgă.
- piesa poate prezenta fisuri.
- piesa poate prezenta un exces de penetrare și chiar perforații în rădăcină.
- semnele de solidificare de pe fața sudurii vor avea un aspect alungit, formând vârfuri.

Tensiune arc

Lungimea arcului este un parametru pe care trebuie să îl controlați continuu pentru a obține cea mai omogenă sudură posibilă. Tensiunea este direct legată de lungimea arcului, pe măsură ce crește tensiunea, crește și lungimea arcului.

Ce lungime de arc este adecvată?

Lungimea arcului depinde în principal de tipul de electrod și de diametrul acestuia. În general, ar trebui să fie egal cu diametrul electrodului.

Este convenabil să mențineți întotdeauna aceeași lungime a arcului, pentru a evita oscilațiile în tensiunea și intensitatea curentului și cu aceasta o penetrare inegală.

Atunci când lungimea arcului utilizat nu este adecvată sau când este modificată în timpul sudării (de exemplu, din cauza unui puls rău al sudorului sau a lipsei de dexteritate), pot apărea defecte pe cordon.

Viteza de sudare

Viteza de sudare este un alt parametru pe care sudorul trebuie să îl controleze manual. Din nou, sudorul trebuie să utilizeze viteza de sudare specificată în WPS. În mod normal, ni se oferă o gamă, dar este esențial ca sudorul să mențină o viteză uniformă.

Cum influențează viteza de sudare?

Cu cât viteza de sudare este mai mare, cu atât lățimea talonului este mai mică, cu atât aportul de căldură este mai mic și cu atât sudura se va răci mai repede.

- În cazul în care viteza de sudare au fost prea repede, nu va fi subcotări pe talon.
- În cazul în care viteza de sudare au fost prea lent, zgura poate depăși baia de sudură care rezultă în lipsa de fuziune și zgură incluziuni.

Orientarea flăcării

Orientarea electrodului poate fi definită prin două unghiuri:

- Unghiul de avans: este unghiul format de lanterna cu direcția de sudură. Între 100° și 110° .
- Unghiul de lucru: unghiul format de torță în raport cu suprafețele pieselor care alcătuiesc îmbinarea. Depinde de geometrie, într-o îmbinare cap la cap cu 90° și în articulații filetate 45° .

Sudorul trebuie să ia în considerare, în orice moment, că arcul electric are un caracter direcțional important în raport cu furnizarea de energie.

3.7. Poziții de Sudare

Sudorul trebuie să știe cum să identifice diferitele poziții de sudură, definite în standardul EN ISO 6947: 2011.

Figura 17 prezintă pozițiile principale, PA, PB, PC, PD, PE, PF și PG, precum și câteva exemple tipice ale acestor poziții. Aceste poziții sunt aplicabile atât tablelor, cât și țevelor. De asemenea, este important să rețineți că pozițiile PB și PD nu conțin îmbinări unghiulare și nu se aplică îmbinărilor cap la cap.

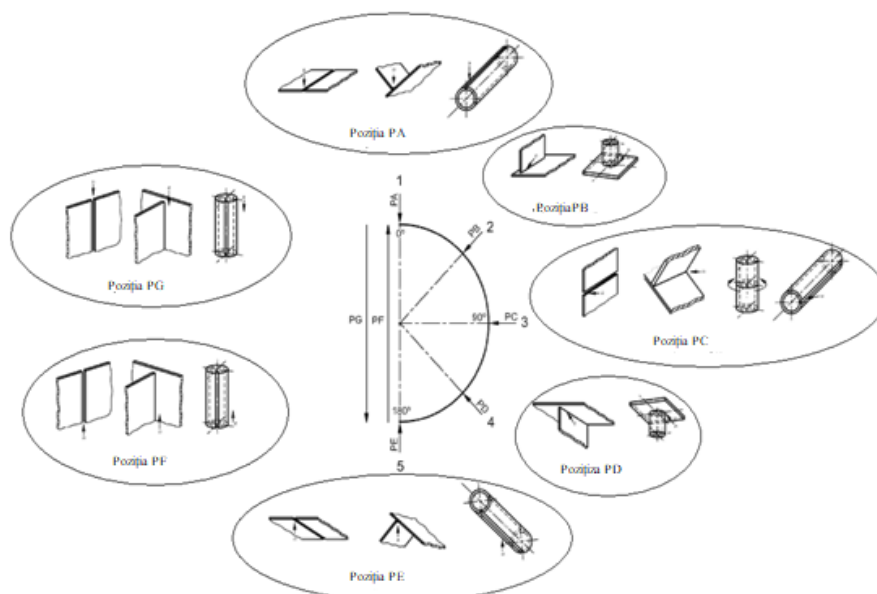


Fig. 17. Principalele poziții la sudare.

În plus față de cele de mai sus, există și alte poziții principale de sudare care sunt aplicabile exclusiv țevelor și care sunt pozițiile PH (sudarea țevelor ascendente), PJ (sudarea țevelor descendente) și PK (sudarea țevelor orbitale). Figura 18 prezintă câteva exemple ale acestor poziții de sudare.

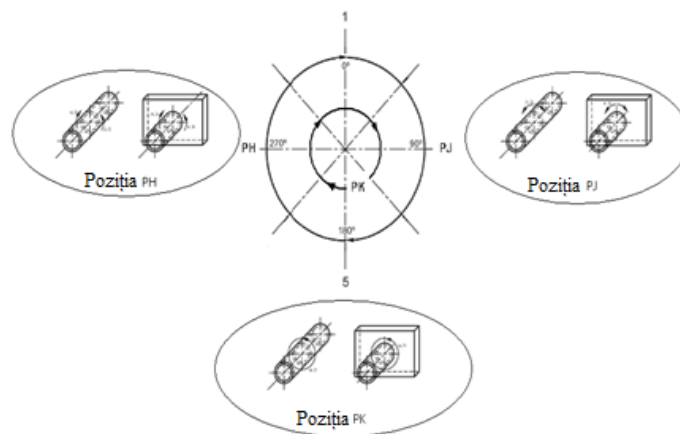


Fig. 18. Principalele poziții la sudare.

Poziția de sudare este fundamentală, deoarece este o variabilă esențială a calificării sudorilor. Sudorii trebuie să cunoască pozițiile de sudare pentru a fi siguri că calificarea pe care o au le acoperă pentru pozițiile în care sudează.

3.8. Defecte de sudură

În timpul procesului TIG pot apărea o serie de defecte tipice, care pot provoca defectarea piesei de prelucrat.

Lipsa de pătrundere	
Aspect: creștătură sau fantă la rădăcină.	
	
Cauze	Soluție
Curent de sudare prea scăzut. Viteza de deplasare prea mare. Pregătirea incorectă a articulațiilor Arc prea lung	Se mărește curentul. Încetinirea sudării. Măriți unghiul de înclinare, reduceți lungimea feței rădăcinii sau creșteți separarea la rădăcină. Se reduce lungimea arcului.
Aspect: rădăcină concavă Sudurile Tack nu s-au topit complet în timpul sudării. În poziție plană, suport fluxul de gaz prea mare.	Reduceți dimensiunea sudurilor de prindere.

Pregătire necorespunzătoare.	Reducerea fluxului de gaz suport. Utilizarea rostului în U și asigurarea că metalul topit nu este o punte de legătură între fețele marginilor îmbinării.
Subcotare	
Aspect: Canal de-a lungul cordonului de sudură.	
Cauze	Soluție
Curent de sudare prea scăzut.	Creșterea curentului.
Viteza de deplasare prea mare.	Încetinirea sudării.
Flacăra înclinată lateral.	Puneți flacăra perpendicular pe placă.

Figura 19. Defecte tipice de sudură

Lipsa fuziunii	
Aspect: de obicei nu este vizibil, doar detectabil prin NDT sau îndoire laterală 	
Cauze	Soluție
Curent de sudare prea scăzut.  Viteza de deplasare prea mare.	Se crește curentul. Se încetinește sudarea. Se mărește unghiul de înclinare, pentru a reduce fața rădăcinii sau pentru a mări separarea la rădăcină. Se reduce lungimea arcului

Unghi greșit al flăcării Poziția nu este centrată în raport cu marginile.  Pregătire greșită. Diametrul excesiv al tijei pentru sudarea grosimii piesei. Curățenie slabă.	Se înclina flacăra înapoi și pentru a menține arcul pe marginea anterioară a picăturii metalice topite Se centrează lanterna în raport cu marginile articulației. Măriți rostul. Reduceți diametrul tijei. Curățați piesele de prelucrat.
---	--

Figura 19. Defecte tipice de sudură (Continuare)

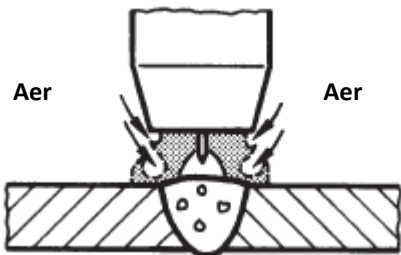
Pori	
Aspect: suprafață și subteran detectabile în mod normal prin radiografie. 	
Cauze	Soluție
Protecție insuficientă. Turbulențe în gazele de protecție.  Distribuția greșită a gazului de protecție. Murdărie, ulei, grăsime, vopsea etc. Murdărie pe tija de umplere. Ecranare gaz contaminat.	Măriți debitul de gaz de protecție. Reduceți debitul de gaz de protecție. Utilizați un flux de laminare sau schimbați duza dacă are unul. Pentru a proteja toată zona de sudură. Curățați și degresați suprafețele. Curățați și degresați tija de umplere. Schimbați buteliile de gaz. Purjați conductele de gaz înainte de sudare. Verificați conexiunile. Utilizați tuburi de cupru sau neopren.

Figura 19. (Continuare)

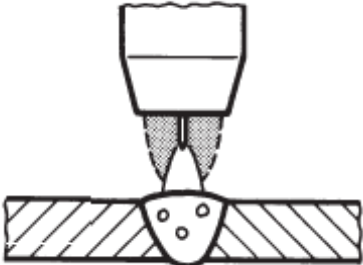
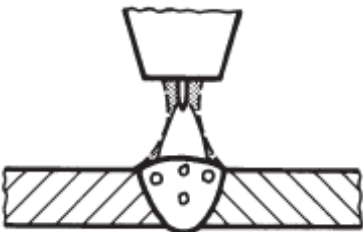
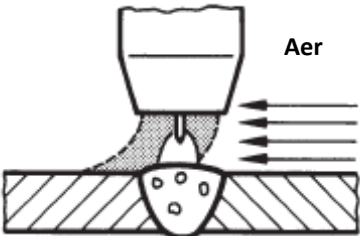
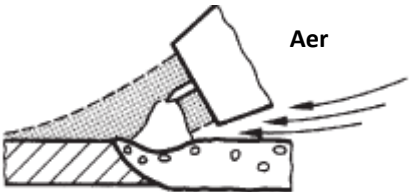
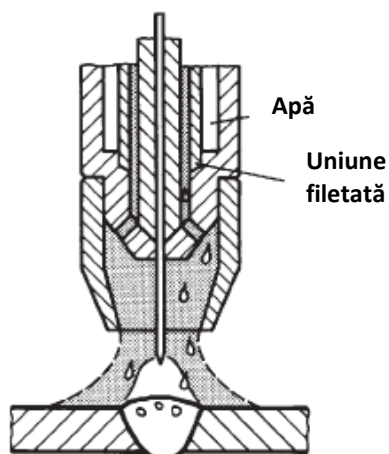
Porozități	
Cauze	Soluție
Lanterna este separată de piesele de prelucrat. 	Se reduce distanța flăcării.
Diametrul mic al duzei 	Selectați duza corespunzătoare
Viteza mare a vântului în zona de sudare 	Se protejează sudura de vânt
Unghiul de înclinare al pistolului este prea mic. 	Reduceți unghiul de înclinare.

Figura 19. (Continuare)

Porozități	
Cauze	Soluție

Apă de răcire în gazul de protecție din cauza unei scurgeri



- Verificați periodic echipamentul de sudare.

Fisuri în cusătura sudată

Aspect: fisura de-a lungul centrului sudurii.

Cauze	Soluție
Stres transversal excesiv în sudurile constrânse. Relația adâncime / lățime prea mică. Contaminarea suprafeței. Potrivire slabă între plăci în suduri fiind separații mari.	Modificați procesul de sudare pentru a reduce tensiunile datorate efectului termic. Setați parametrii pentru a lucra cu un raport adâncime/lățime 1: 1. Curățați suprafețele, îndepărtând în special lubrifianții de tăiere. Îmbunătățiți potrivirea plăcilor la îmbinare.

Figura 19. (Continuare)

Incluziuni de Tungsten

Aspect: este vizibil pe radiografii. Incluziunile de Tungsten au același efect ca și creștăturile, fiind zone de potențial și coroziune rapidă.



Cauze	Soluție
-------	---------

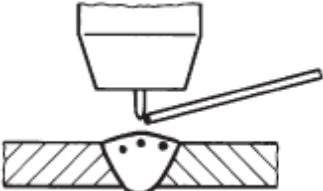
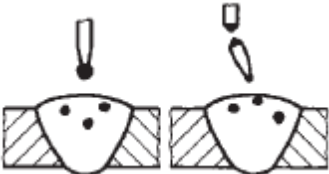
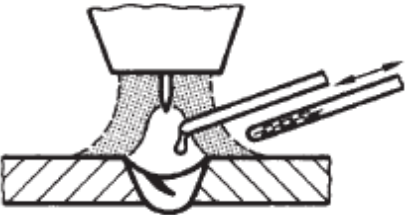
Contactul dintre piesa de prelucrat și electrodul de tungsten. Contactul dintre tija de umplere și electrodul de tungsten. 	Separați lanterna de piesă pentru a reduce lungimea liberă a electrodului de tungsten. Introduceți tija de umplere în baia de sudură, fără a atinge electrodul.
Curent excesiv 	Utilizați curentul adecvat
Incluziuni de oxizi	
Aspect: incluziuni neregulate. Vizibil radiografic. 	
Cauze	Soluție
Curățarea insuficientă a suprafețelor metalului de bază și a tijei, în special în materialele cu oxizi refractari: aluminiu și magneziu.	Efectuați curățarea mecanică și / sau chimică. Acesta trebuie să fie, de asemenea, periaj între treceri.

Figura 19. (Continuare)

Incluziuni de oxizi	
Cauze	Soluție
Tehnica de sudare nu este adecvată. Trageți în mod repetat tija din "perdeaua" gazului de protecție în mișcarea alternativă a tijei în timpul sudării. 	Utilizați tehnica corectă.

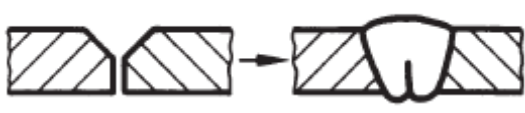
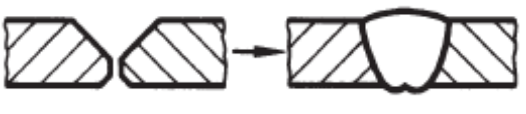
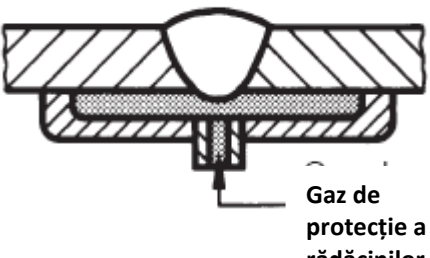
Pregătire inadecvată în comun. Față rădăcină excesivă. 	Reduceți fața rădăcinii. 
Rădăcină ruginită	
Aspect: oxid la rădăcina sudurii. 	
Cauze	Soluție
Lipsa de protecție în rădăcină. Oxidarea rădăcinilor.	Folosiți gaz de rezervă. 

Figura 19. (Continuare)

4. Sănătatea și siguranța sudării TIG

Sudarea TIG prezintă aceleași riscuri ca orice proces de sudare cu arc electric, riscuri care au fost descrise în subiectele anterioare, plus o altă serie de riscuri specifice acestui proces și cărora ar trebui să li se acorde o atenție deosebită.

Aceste riscuri inerente la sudarea TIG pot fi grupate în două grupe principale:

- Riscuri legate de proces.
- Riscuri legate de manipularea gazelor comprimate

Riscuri legate de proces

Principalele riscuri inerente sudării TIG și care nu sunt prezente sau prezente într-o măsură mai mică în alte procese de sudură constau în creșterea radiațiilor ultraviolete emise de arc în sudarea TIG față de alte procese de sudare:

- Protecția ochilor trebuie să fie mai intensă, deoarece arcul este mai luminos și radiații ultraviolete mai intense, astfel încât filtrele trebuie să fie ceva mai întunecate. Filtrele nr. 6 se folosesc până la 30 de amperi curenții iar nr. 14 atunci când curentul este mai mare de 400 de amperi. Nu trebuie să utilizeze Filtre mai întunecate decât cele necesare.

- Un nivel mai ridicat de radiații ultraviolete, formarea crescută a ozonului și ca oxizi de azot, gaze foarte dăunătoare sănătății. Prin urmare, la sudarea TIG devine mai importantă protecția sistemului respirator. Acest lucru este rareori luând în considerare, deoarece nu generează o cantitate excesivă de fum, de aceea se presupune adesea, în mod greșit, că la sudarea TIG nu este necesar să se ia măsuri pentru a proteja sistemului respirator al sudorului.

Riscuri legate de manipularea gazelor comprimate

Principalul gaz utilizat în sudarea TIG este argonul. Riscurile generate de manipularea gazelor comprimate și măsurile de prevenire care trebuie luate pentru a evita astfel de riscuri sunt:

- Asfixierea prin deplasarea aerului cu gaze inerte, astfel încât atunci când sudarea este efectuată în spații închise, acestea ar trebui să fie bine ventilate. Dacă este imposibil să controlați oxigenul atmosferic, sudarea trebuie efectuată cu ecrane de sudură cu acționare încorporată sau cu îndepărtarea fumului.
- Prin capcanele de manipulare a sticlei.

BIBLIOGRAFIE

- [1] General Course on Welding Technology. Training Fund-CESOL. Module 1 and 2. 1994.
- [2] Documentation of the course "European Welding Specialist". Modules 1 and 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 6848:2005, Tungsten electrodes for arc welding in inert atmosphere with refractory electrode, and for welding and plasma cutting. Symbolization.
- [4] AWS A5.12-98: Specification for Tungsten and Tungsten-Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting.
- [5] AWS C5.5-03, Recommended Practices for Gas Tungsten Arc Welding.
- [6] AWS Z49.1-05, Safety in Welding, and Cutting and Allied Processes.

Quality Assurance in Welding

1.1 Denumirea cursului

Asigurarea calității în sudură

1.2 Durata cursului

5 ore

1.3 Scopul cursului

Această unitate este esențială pentru a învăța cum să efectuați o lucrare de sudură care să îndeplinească toate cerințele de calitate. De la imperfecțiunile materialului la acțiunile de inspecție care duc la calificarea sudorului, această unitate acoperă toate standardele specifice care vă vor ajuta să asigurați o muncă de bună calitate și, în cele din urmă, vor conduce la succesul dumneavoastră în sudură.

1.4 Obiectivele cursului

Obiective generale

- *Descrierea standardelor specifice utilizate în asigurarea calității în sudură pentru a efectua o sudare bună;*
- *Interpretarea WPS și PQR pentru a furniza o lucrare de sudură care să corespundă tuturor criteriilor;*
- *Inspectarea unei piese sudate folosind standarde specifice pentru a identifica imperfecțiunile materialului;*
- *Identificarea cupoanelor de testare și a conexiunilor lor cu standardele de calificare și validitate.*

Obiective specifice

Cunoștințe	Competențe	Atitudini
Să descrie și să explice rolul standardelor specifice privind calitatea în sudare: ISO 3834 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice ISO 9001: 2015-Sisteme de management al calității ISO 14731: 2019-Coordonarea sudării-sarcini și responsabilități	*Să folosească termeni și definiții care sunt acceptate în standardele de sudare naționale și internaționale;	*Să colaboreze cu membrii echipei de lucru pentru a îndeplini sarcina de lucru; *Să își asume responsabilitățile pe care le are în cadrul echipei de lucru.
Să descrie și să explice rolul WPS (Specificațiile procedurilor de sudare) și WPQR (Registrul de catalogare a procedurilor de sudare) pentru nivelul de calitate, referindu-se la: *ISO 15607: 2019-Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale:	*să identifice regulile generale pentru specificarea și calificarea procedurilor de sudare a materialelor metalice *să înțeleagă abrevierile și terminologiile WPS *să pregătească locul de muncă în conformitate cu WPS.	

* ISO 15609-1: 2019-Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Specificația procedurii de sudare. Partea 1: Sudare cu arc electric * ISO 15614-1: 2017-Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Verificarea procedurii de sudare în vederea calificării. Partea 1: Sudarea cu arc electric și cu gaze a oțelurilor și sudarea cu arc electric a nichelului și aliajelor de nichel		
*Să identifice și să explice cauzele potențiale ale defectelor sau imperfecțiunilor de sudură înainte de sudare și să ia măsuri pentru a îndeplini cerințele: ISO 6520-1:2007 *Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire *ISO 5817:2014 -Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni *ISO 10042:2018-Sudare. Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni	*Să efectueze verificări pre-operaționale în conformitate cu specificațiile producătorilor, *Să identifice defectele de sudură și să ia măsuri corective.	
Să descrie și să explice standardele de calitate și coordonare în sudură, referitoare la: * ISO 9606-1: 2012 Examinarea sudurilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri	*Să inspecteze piesa sudată pentru identificarea defectelor (utilizând teste distructive) și să aplice proceduri de verificare a calității *Să inspecteze produsul final pentru conformitatea cu specificațiile așa cum se reflectă pe desen sau cerința de locului de muncă.	

1.5 Cuprins

1. Calitatea în sudură

1.1. Generalități

1.1.1 Standardizare și activități conexe

1.2 Standarde specifice

1.2.1.ISO 3834 – Cerințe de calitate în sudură

- 1.2.1.1 ISO 3834 – Partea 1: 2005
- 1.2.1.2 ISO 3834 – Partea 2: 2005 și Partea 3:2005
- 1.2.1.3 ISO 3834 – Partea 4:2005
- 1.2.1.4 ISO 3834 – Partea 5:2015
- 1.2.1.4 ISO/TR 3834 – Partea 6 :2007

1.2.2 ISO 9001:2015- Sisteme de management al calității

- 1.2.2.1 (Contextul organizației)
- 1.2.2.2 (Leadership)
- 1.2.2.3 (Planificare)
- 1.2.2.4 (Suport)
- 1.2.2.5 (Operare)
- 1.2.2.6 (Evaluarea performanțelor)
- 1.2.2.7 (Îmbunătățire)

1.2.3 ISO 14731: 2019 – Coordonarea sudurii – Sarcini și responsabilități

2.WPS și WPQR

2.1 Standarde

- 2.1.1 ISO 15607:2019 - Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale
- 2.1.2 ISO 15609-1:2019 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Specificația procedurii de sudare.
- 2.1.3 ISO 15614-1:2017 - Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Verificarea procedurii de sudare în vederea calificării. Partea 1: Sudarea cu arc electric și cu gaze a oțelurilor și sudarea cu arc electric a nichelului și aliajelor de nichel.

3. Imperfecțiunile sudării

- 3.1 ISO 6520-1:2007 – Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire
- 3.2 ISO 5817:2014 – Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliaje ale acestora cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni.
- 3.3 ISO 10042:2018 - Sudare. — Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni

4. Calificarea sudorului și inspecția

- 4.1 ISO 9606-1:2012 Examinarea sudorilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri
 - Examinare
 - Testare
 - Standarde specifice
 - Piesă test
 - Nivel de calificare
 - Validare

1.6 Participanți

Caracteristici cursanți:	<i>Cunoștințe de bază în sudare</i>
--------------------------	-------------------------------------

(Descrieți profilul elevului din grupul țintă pentru curs)

1.7 Nivel de acces

(Descrieți cerințele de acces ale cursului - dacă este necesar)

Cerința privind nivelul de educație:	<i>Certificat de absolvire studii gimnaziale (EQF 3)</i>
Cunoștințe anterioare necesare:	<i>Cunoștințe de bază în domeniul sudării</i>
Cerințe de vârstă:	<i>Vârste cuprinse între 16 și 20 de ani</i>

1.8 Activități de evaluare

Evaluare sumativă

- *Examinare teoretică utilizând simulatorul de sudare/calculator sau rețeaua virtuală SIMTRANET*

1.9 Bibliografie (utilizată sau suplimentară)

Institutul de management al riscului (2019). Despre managementul riscului. (www.theirm.org) Data consultării: iulie, 2019

ISO (2003). ISO 15607:2003 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale (<https://www.iso.org/standard/28388.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-1:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 1: Criterii pentru selectarea nivelului adecvat al cerințelor de calitate. (<https://www.iso.org/standard/35144.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-2:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 2: Cerințe de calitate complete (<https://www.iso.org/standard/35145.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-3:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 3: Cerințe de calitate normale (<https://www.iso.org/standard/35146.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-4:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 4: Cerințe de calitate elementare. (<https://www.iso.org/standard/35147.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2007). ISO 6520-1:2007 – Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire (<https://www.iso.org/standard/40229.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2012). ISO 9606-1:2012 Examinarea sudorilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri. (<https://www.iso.org/standard/54936.html>). Date of consultation: July, 2019 Data consultării: iulie, 2019

ISO (2014). ISO 5817:2014 - Welding — Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni (<https://www.iso.org/standard/54952.html>). Date of consultation: July, Data consultării: iulie, 2019

ISO (2015). ISO 3834-5:2015 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 5: Documente cu care este necesară conformarea pentru declararea conformității cu cerințele de calitate ale ISO 3834-2, ISO 3834-3 sau ISO 3834-4 (<https://www.iso.org/standard/63729.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2015). ISO 9001:2015 Sisteme de management al calității. Cerințe. (<https://www.iso.org/standard/62085.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2017). ISO 15614-1:2017 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Verificarea procedurii de sudare în vederea calificării. Partea 1: Sudarea cu arc electric și cu gaze a oțelurilor și sudarea cu arc electric a nichelului și aliajelor de nichel. (<https://www.iso.org/standard/51792.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2018). ISO 10042:2018 - Sudare. Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni. (<https://www.iso.org/standard/70566.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2019). ISO 15609-1:2019 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Specificația procedurii de sudare. Partea 1: Sudare cu arc electric. (<https://www.iso.org/standard/75556.html>). Data consultării: iulie, 2019

Dicționare lexicale (2019). Definiția cuvântului "calitate" în limba engleză. (<https://www.lexico.com/en/definition/quality>). Data consultării: iulie, 2019

Wikipedia (2019). Picture of SS Schenectady. Preluată de la https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Schenectady. Data consultării: iulie, 2019

UNITATE NR: Unitate didactică 3**TITLU UNITATE: Asigurarea calității în sudură****PREZENTAREA UNITĂȚII**

În acest capitol sunt prezentate detalii specifice privind asigurarea calității în sudură și modului de inspecție astfel încât sudura executată să îndeplinească toate cerințele de calitate. De la imperfecțiunile materiale la acțiunile de inspecție care duc la calificarea sudorului, acest capitol acoperă toate standardele specifice care vă vor ajuta să asigurați o lucrare bună și, în cele din urmă, succesul dvs. în sudură.

OBIECTIVE

- *Ca elevul să poată să:*
 - descrie standardele specifice utilizate în asigurarea calității în sudură pentru a efectua o sudare bună,
 - interpreteze WPS și PQR pentru a furniza o lucrare de sudură care să corespundă tuturor criteriilor,
 - inspecteze o piesă sudată folosind standarde specifice pentru a identifica imperfecțiunile materialului,
 - identifice cupoanele de testare și conexiunile sale cu standardele de calificare și valabilitate.

Cunoștințe	Aptitudini	Atitudine
Să descrie și să explice rolul standardelor specifice privind calitatea în sudare: ISO 3834 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice ISO 9001: 2015-Sisteme de management al calității ISO 14731: 2019-Coordonarea sudării-sarcini și responsabilități	Să folosească termeni și definiții care sunt acceptate în standardele de sudare naționale și internaționale;	
Să descrie și să explice rolul WPS (Specificațiile procedurilor de sudare) și WPQR pentru nivelul de calitate, referindu-se la: * ISO 15607: 2019-Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale: * ISO 15609-1: 2019-Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Specificația procedurii de sudare. Partea 1: Sudare cu arc electric * ISO 15614-1: 2017-Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Verificarea procedurii de sudare în vederea	Identificarea regulilor generale pentru specificarea și calificarea procedurilor de sudare a materialelor metalice Înțelegerea abrevierilor și terminologiilor WPS Pregătirea locului de muncă în conformitate cu WPS.	Să colaboreze cu membrii echipei de lucru pentru a îndeplini sarcina de lucru; Să își asume responsabilitățile pe care le are în cadrul echipei de lucru.

calificării. Partea 1: Sudarea cu arc electric și cu gaze a oțelurilor și sudarea cu arc electric a nichelului și aliajelor de nichel		
Să identifice și să explice cauzele potențiale ale defectelor sau imperfecțiunilor de sudură înainte de sudare și să ia măsuri pentru a îndeplini cerințele: ISO 6520-1:2007 Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire ISO 5817:2014 -Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni ISO 10042:2018 -Sudare. Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni	Să efectueze verificări pre-operaționale în conformitate cu specificațiile producătorilor, Să identifice defectele de sudură și să ia măsuri corective.	
Să descrie și să explice standardele de calitate și coordonare în sudură, referitoare la: ISO 9606-1: 2012 Examinarea sudurilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri	Să inspecteze piesa sudată pentru identificarea defectelor (utilizând teste distructive) și să aplice proceduri de verificare a calității * pe proces, Să inspecteze produsul final pentru conformitatea cu specificațiile așa cum se reflectă pe desen sau cerința de locului de muncă.	

CUPRINS

1. Calitatea în sudură

1.1. Generalități

1.1.1 Standardizarea și activități conexe

1.2 Standarde specifice

1.2.1. ISO 3834 –Cerințe de calitate în sudură

1.2.1.1 ISO 3834 – Partea 1: 2005

1.2.1.2 ISO 3834 –Partea2: 2005 and Partea 3:2005

1.2.1.3 ISO 3834 – Partea 4:2005

1.2.1.4 ISO 3834 – Partea 5:2015

1.2.1.4 ISO/TR 3834 – Partea 6:2007

1.2.2 ISO 9001:2015 - **Sisteme de management al calității. Cerințe**

1.2.2.1 (Contextul organizației)

1.2.2.2 (Leadership)

1.2.2.3 (Planificare)

1.2.2.4 (Suport)

1.2.2.5 (Operare)

1.2.2.6 (Evaluarea performanțelor)

1.2.2.7 (Îmbunătățire)

1.2.3 ISO 1473: 2019 – Welding coordination – Tasks and Responsibilities

2. WPS & WPQR

2.1 Standarde

2.1.1 ISO 15607:2019 -Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale

2.1.2 ISO 15609-1:2019 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Specificația procedurii de sudare.

2.1.3 ISO 15614-1:2017 -Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Verificarea procedurii de sudare în vederea calificării. Partea 1: Sudarea cu arc electric și cu gaze a oțelurilor și sudarea cu arc electric a nichelului și aliajelor de nichel.

3. Welding Imperfections

3.1 ISO 6520-1:2007– Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire

3.2 ISO 5817:2014- Welding — Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni

3.3 ISO 10042:2018- Sudare. Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni.

4. Welder Qualification and Inspection

4.1 ISO 9606-1:2012-Examinarea sudorilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri.

- Examinare
- Testare
- Standarde specifice
- Piesă test
- Nivel de calificare
- Validare

CONȚINUT

1. Calitatea în sudare

1.1. Generalități

Calitatea este un concept care a însoțit producția de mult timp. Este un subiect foarte important, deoarece dictează specificațiile pentru modul în care ar trebui să arate/să acționeze o îmbinare sudată.

Calitatea, prin definiție, înseamnă "standardul a ceva măsurat în raport cu alte lucruri de același fel; gradul de excelență al ceva." (în dicționarele Lexico, 2019).

Consecințele pentru lipsa calității pot varia de la pierderea simplă a "frumuseții" piesei, până la un eșec catastrofal al întregului sistem care depinde de aceasta. De asemenea, sudarea poate fi definită ca un "proces special", care, conform standardului ISO 9000, se referă la procese a căror calitate nu poate fi verificată final sau economic la sfârșitul procesului de fabricație. Din acest motiv, este important să se stabilească măsuri pentru controlul și asigurarea calității în timpul procesului de sudare.

Pentru a asigura eficacitatea controlului calității, se elaborează și se pune în aplicare un plan de testare a inspecției - ITP. Activitățile ITP includ verificarea documentației și, de asemenea, teste distructive și nedistructive.

Sudorul joacă, de asemenea, un rol foarte important în acest proces, făcând dovada calificărilor/experienței sale necesare pentru a asigura suduri bune.

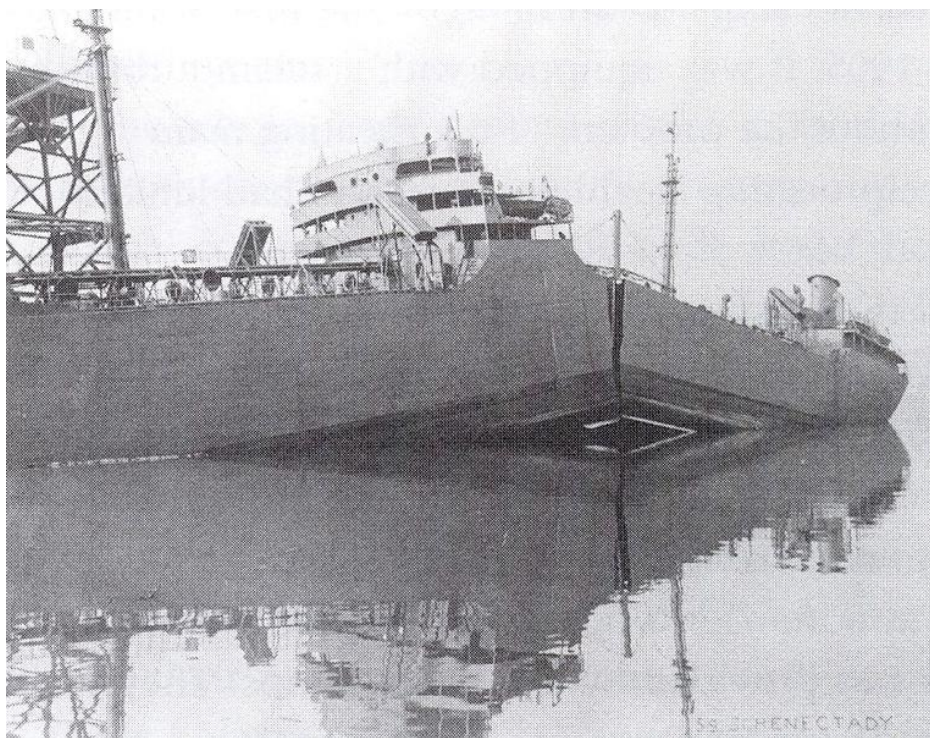


Fig.1 Epava "SS Schenectady" T2

Sursa: Wikipedia

În imagine putem vedea epava vasului C. Cauza accidentului a fost plasarea unei suduri defecte într-o zonă de concentrare a tensiunilor. Ruptura s-a produs în timp ce se afla la docul de andocare din șantierul constructorilor din Portland, după verificările sale pe mare.

1.1.1. Standardizarea și activitățile conexe

Standardizarea este procesul de creare a standardelor care, să ghideze crearea unui bun sau serviciu bazat pe consensul tuturor părților relevante din industrie. Standardele garantează că bunurile sau serviciile produse într-o

anumită industrie au o calitate constantă și sunt echivalente cu alte produse sau servicii comparabile din aceeași industrie.

Scopul standardizării este de a asigura uniformitatea anumitor practici din industrie. Standardizarea se concentrează pe procesul de creare a produselor, operațiunile întreprinderilor, tehnologia utilizată și modul în care sunt livrate procesele obligatorii specifice.

În esență, un standard este un mod convenit de a face ceva. Ar putea fi vorba despre realizarea unui produs, gestionarea unui proces, furnizarea unui serviciu sau furnizarea de materiale – standardele pot acoperi o gamă largă de activități întreprinse de organizații și utilizate de clienții lor.

Standardele sunt create de persoane cu expertiză în domeniul lor și care cunosc nevoile organizațiilor pe care le reprezintă – oameni precum producători, vânzători, cumpărători, clienți, asociații comerciale, utilizatori sau autorități de reglementare.

Standardele sunt cunoștințe. Acestea sunt instrumente puternice care pot ajuta la stimularea inovației și la creșterea productivității. Ele pot face organizațiile mai de succes și viața de zi cu zi a oamenilor mai ușoară, mai sigură și mai sănătoasă.

1.2. Standarde specifice

Vom discuta în continuare trei standarde pentru cerințele de calitate: ISO 3834, ISO 9001 și ISO 14731.

1.2.1. ISO 3834:2005 Componenta seriei de standarde

Seria de standarde ISO 3834 asigură cerințele de calitate adecvate pentru procesele de sudare prin topire a materialelor metalice. Cu toate acestea, aceste cerințe pot fi adoptate pentru alte procese de sudare. Acestea se referă numai la aspectele legate de calitatea produselor, nefiind atribuite unui anumit grup de produse. De asemenea, oferă îndrumări pentru evaluarea capacității de sudare a producătorului.

Acest standard este împărțit în 5 standarde și un raport tehnic (partea a 6-a):

1. Criterii pentru selectarea nivelului adecvat al cerințelor de calitate,
2. Cerințe de calitate cuprinzătoare- extinse,
3. Cerințe de calitate standard,
4. Cerințe elementare de calitate,
5. Documente aplicabile,
6. Ghid pentru implementarea ISO 3834.

Prima parte este apoi utilizată pentru a selecta nivelul adecvat de calitate - a doua, a treia și a patra parte (fiind a doua cea mai strictă, apoi a treia și, în sfârșit, a patra) - conțin cerințele de calitate ale standardelor, la diferite niveluri de calitate. Cea de-a cincea parte conține documentele necesare îndeplinirii cerințelor de calitate, definite în diferitele părți ale seriei standard (părțile două, trei și patru.) A șasea parte este un raport tehnic care urmărește să contribuie la punerea în aplicare a standardului.

Această serie de standarde definește cerințele de calitate necesare pentru a atinge un anumit nivel de calitate pentru o anumită construcție sudată. Poate fi utilizat în situații contractuale (înspecificarea cerințelor de calitate), de către producători (în stabilirea și menținerea cerințelor de calitate a sudării), prin comitete de redactare a codurilor de fabricație (înspecificarea cerințelor de calitate a sudării) sau de către organizațiile care evaluează calitatea performanței (de ex. clienți).

Dacă criteriile pentru unul dintre niveluri sunt îndeplinite, se presupune că și cele pentru toate nivelurile inferioare sunt îndeplinite (de exemplu, dacă un producător respectă ISO 3834-2, acesta respectă, de asemenea, ISO 3834-3 și ISO 3834-4).

1.2.1.1 ISO 3834– Partea 1:2005

Alegerea, care parte a standardului trebuie consultată privind selectarea nivelului adecvat al cerințelor de calitate, trebuie făcută pe baza următoarelor aspecte legate de produse:

- Amploarea și semnificația produselor critice pentru siguranță,
- Complexitatea fabricației,
- Gama de produse fabricate,
- Gama de materiale utilizate,
- Măsura în care pot apărea probleme metalurgice,

–Măsura în care imperfecțiunile de fabricație, de exemplu nealinierea, afectează performanța produsului.

1.2.1.2 ISO 3834- Partea2:2005 și partea 3:2005

Aceste părți ale standardului includ cerințele de calitate complete la sudarea prin topire a materialelor metalice realizate în ateliere cât și pe șantierele de montaj. Acesta oferă orientări bazate pe următoarele cerințe:

- Materialul (materialele) părinte (e) și proprietățile îmbinărilor sudate,
- Cerințe de calitate și acceptare pentru suduri,
- Locația, accesibilitatea și secvența sudurilor, inclusiv cele pentru inspecție și încercări nedistructive,
- Specificația procedurilor de sudare, a procedurilor de testare nedistructivă și a procedurilor de tratare termică,
- Abordarea care trebuie utilizată pentru calificarea procedurilor de sudare,
- Calificarea personalului,
- Selectarea, identificarea și/sau trasabilitatea procesului,
- Un regim de control al calității, inclusiv orice implicare a unui organism de inspecție,
- Inspecția și testarea,
- Subcontractarea,
- Un tratament termic post-sudură,
- Alte cerințe de sudare, de exemplu conținutul de ferită al metalului de sudură,
- Utilizarea metodelor speciale, de exemplu, pentru a obține o penetrare completă fără suport atunci când este sudată doar dintr-o parte,
- Dimensiuni și detalii despre pregătirea îmbinărilor și sudarea completă,
- Sudurile care urmează să fie realizate în atelier sau în altă parte,
- Condițiile de mediu relevante pentru aplicarea procesului (de exemplu, necesitatea de a oferi protecție împotriva condițiilor meteorologice nefavorabile),
- manipularea neconformităților.

1.2.1.3 ISO 3834- Partea4:2005

Această parte a standardului include cerințe de calitate elementare pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Acesta oferă orientări, bazate pe cerințele procesului, cum ar fi:

- subcontractarea,
- calificarea personalului de sudare,
- calificarea personalului de inspecție și testare,
- starea echipamentului,
- disponibilitatea tehnicilor de sudare și a consumabilelor,
- neconformitate și acțiuni corective,
- perioada de reținere a înregistrărilor de calitate
- inspecția și testarea.

1.2.1.4 ISO 3834- Partea5:2015

Această parte a standardului oferă informații despre documentele ISO necesare pentru declararea conformității cu cerințele de calitate ale grupului de standarde ISO 3834.

1.2.1.5 ISO/TR 3834- Part 6:2007

Acesta oferă linii directoare pentru implementarea cerințelor date în părțile 2, 3 și 4 ale ISO 3834. Acesta este destinat să ajute producătorii în implementarea părții relevante DIN ISO 3834.

1.2.2. ISO 9001:2015 Sisteme de management al calității. Cerințe

Acest standard se referă la cerințele pentru sistemul de management al calității unei companii (managementul întregii întreprinderi). Poate fi angajat de organizații de toate dimensiunile.

ISO 9001 poate fi împărțit în șapte grupe majore de cerințe:

- Contextul organizației,
- Leadership,
- Planificare,
- Suport,
- Operare
- Evaluarea performanțelor,
- Îmbunătățire

Următoarea imagine, bazată pe ISO 9001, arată pașii necesari pentru implementarea unui proiect/activitate. Rețineți că fiecare dintre aceste faze poate fi utilizată pentru a monitoriza/măsura calitatea și performanța.

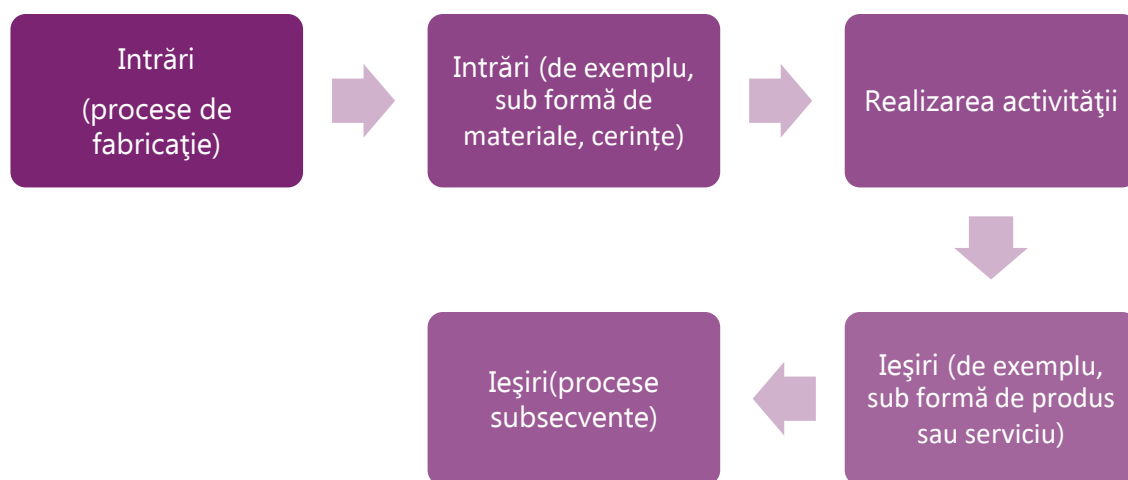


Fig.2 Pașii necesari pentru implementarea unui proiect

1.2.2.1 ISO 9001 - Contextul organizației

Această secțiune stabilește pașii necesari pentru fundamentarea sistemului de management al calității ISO 9001. Este necesar ca organizația să își identifice punctele forte și punctele slabe, nevoile și așteptările, iar prin abordarea proceselor să determine procesele ISO 9001. Sistemul de management al calității va trebui apoi implementat, menținut și îmbunătățit continuu.

Documentația din acest sistem trebuie să includă proceduri și instrucțiuni de lucru, pentru a asigura un control eficient al tuturor proceselor. De asemenea, ar trebui să se stabilească evidențe pentru a furniza dovezi privind utilizarea unui ISO 9001 menținut în mod corespunzător.

Sfat: deoarece acest standard se bazează pe o documentație adecvată, se recomandă utilizarea șabloanelor pentru a simplifica procedurile.

1.2.2.2 ISO 9001 (Leadership)

Această secțiune se referă la implicarea managementului de vârf în sistemul de management al calității.

Acesta rezumă diferitele sale responsabilități (ISO 9001-wise), cum ar fi integrarea sistemului în procesele operaționale ale companiei.

Managementul de vârf trebuie să preia conducerea atunci când vine vorba de orientarea către client (determinarea cerințelor clientului și a riscurilor aferente, o abordare a acestora, menținerea unui accent pe satisfacția clientului).

Ar trebui să se asigure că responsabilitățile și autoritățile din cadrul organizației sunt clar stabilite.

În cele din urmă, standardul prevede că managementul de vârf este responsabil pentru sistemul de management al calității. Cu toate acestea, poate fi numit un reprezentant ISO 9001.

1.2.2.3 ISO 9001 (Planificare)

Această secțiune se concentrează pe planificarea operațiunilor, după cum sugerează și titlul.

În primul rând, abordează modul în care organizația ar trebui să se angajeze în managementul riscului (înțelegerea, analizarea și abordarea riscului, pentru ca organizația să își atingă obiectivele).

În al doilea rând, ar trebui stabilite obiective de calitate, precum și planuri privind modul de realizare a acestora.

În cele din urmă, acesta abordează planificarea schimbărilor, care trebuie efectuate într-o manieră sistematică.

1.2.2.4 ISO 9001 (Suport)

Această secțiune se concentrează pe funcțiile de sprijin ale operațiunilor, cum ar fi resursele, competența/instruirea, comunicarea și documentarea.

În primul rând, afirmă că o companie ar trebui să fie determinată și să furnizeze, în timp util, resursele necesare implementării și îmbunătățirii proceselor din sistemul de management al calității. Acestea includ resursele umane (oameni), precum și competențele acestora și formarea necesară pentru atingerea competențelor necesare.

Apoi, infrastructura necesară pentru a asigura conformitatea produselor/serviciilor ar trebui identificată, furnizată și menținută.

Echipamentele, utilajele și mediul de lucru ar trebui să fie menținute, de asemenea. Dispozitivele de măsurare trebuie să fie bine întreținute și să fie calibrate corespunzător.

Cunoștințele organizaționale (de exemplu, cele mai bune practici) ar trebui determinate, menținute și împărtășite.

În plus, compania ar trebui să aibă canale stabilite de comunicații interne și externe.

În cele din urmă, ar trebui să se asigure că persoanele potrivite au disponibilă versiunea actualizată a documentului potrivit. Ar trebui păstrate înregistrări pentru numeroasele activități desfășurate.

1.2.2.5 ISO 9001 (Operare)

Această secțiune abordează cerințele pentru procesele necesare pentru realizarea produsului sau serviciului.

Pune accentul pe modul în care compania înțelege, comunică și îndeplinește cerințele clienților și calea pe care ar trebui să o urmeze în cazul în care acestea se schimbă. Acesta afirmă că atât revizuirile de proiectare, cât și cele de dezvoltare, precum și verificarea și validarea trebuie planificate chiar de la începutul procesului.

De asemenea, specifică controalele pentru producția efectivă și furnizarea de servicii, de la instrucțiunile de lucru la inspecțiile de control al calității.

De asemenea, abordează neconformitatea producției în raport cu cerințele.

1.2.2.6 ISO 9001 (Evaluarea performanței)

Această parte abordează măsurarea și evaluarea.

Se discută definirea, planificarea și implementarea activităților de măsurare și monitorizare necesare, pentru a asigura conformitatea, precum și pentru a obține îmbunătățiri.

De asemenea, se concentrează pe analiza datelor rezultate din aceste activități și pe auditul intern sistematic pentru a înțelege dacă sistemul ISO 9001 funcționează conform planificării.

În cele din urmă, se adresează revizuirilor de management. Acestea ar trebui să acopere o gamă largă de subiecte legate de ISO 9001, de la satisfacția clienților până la performanța furnizorilor. Acest lucru duce la decizii și acțiuni privind îmbunătățirile, schimbările și nevoile de resurse.

1.2.2.7 ISO 9001 (Îmbunătățire)

Această secțiune cere companiilor să identifice oportunități de îmbunătățire.

Este discutată necesitatea îmbunătățirii atât a produselor, cât și a serviciilor, ținând cont de nevoile actuale și viitoare ale pieței. De asemenea, specifică faptul că neconformitatea trebuie controlată și corectată, dacă este posibil.

În cele din urmă, procesele de îmbunătățire continuă a sistemului de management al calității ar trebui planificate și gestionate, folosind datele obținute în secțiunile anterioare.

1.2.3. ISO 14731:2019 Coordonarea sudării. Sarcini și responsabilități

Acest standard identifică sarcinile și responsabilitățile esențiale referitoare la calitatea sudării, incluse în coordonarea sudării.

Aceste activități includ, în conformitate cu ISO 3834: revizuirea cerințelor, analiză tehnică, sub-contractare, adecvare, calificarea personalului care efectuează sudarea, verificarea echipamentelor, planificarea producției, calificarea/împărțirea procedurilor de sudare, specificațiile procedurii de sudare, emiterea de instrucțiuni de lucru, revizuirea consumabilelor de sudură, revizuirea materialelor, inspecția și testarea înainte de sudare, inspecția și testarea în timpul sudării, inspecția și testarea după sudare, tratamentul termic post-sudură, neconformități și acțiuni corective, calibrarea și validarea măsurărilor, echipamente de inspecție și testare, identificare și trasabilitate, precum și pregătirea și întreținerea înregistrărilor de calitate.

Aceste activități pot fi asociate cu câteva sarcini/responsabilități, cum ar fi:

- Specificație și pregătire
- Controlul
- Inspecție
- Verificarea sau asistența

În situațiile în care coordonarea sudării este efectuată de mai mult de o persoană, sarcinile și responsabilitățile ar trebui să fie alocate în mod corespunzător, astfel încât responsabilitatea să fie clar definită și să se asigure calificarea pentru fiecare sarcină specifică. Această coordonare este responsabilitatea exclusivă a producătorului, fiind coordonatorul desemnat de acesta.

Standardul specifică, de asemenea, că este necesară o descriere exactă a postului pentru personalul de coordonare, care ar trebui să includă sarcinile și responsabilitățile acestora.

Sarcinile ar trebui să fie atribuite în conformitate cu informațiile din anexa B a standardului

Responsabilitățile ar trebui identificate ca:

- poziția lor în organizația de producție și responsabilitățile lor.
- măsura/nivelul/gradul de autorizare acordată acestora de a accepta prin semnătură în numele organizației de producție, necesară pentru îndeplinirea sarcinilor atribuite, de exemplu, pentru specificațiile procedurii și rapoartele de supraveghere;
- gradul de autorizare acordat acestora pentru îndeplinirea sarcinilor atribuite.

În cele din urmă, acesta discută tema cunoștințelor tehnice, specificând faptul că coordonatorii ar trebui să poată demonstra cunoștințele necesare pentru a asigura îndeplinirea satisfăcătoare a sarcinilor. Amploarea experienței /educației / cunoștințelor necesare trebuie să fie decisă de organizația de producție și ar trebui să depindă de sarcinile/responsabilitățile atribuite. De exemplu, în ceea ce privește personalul de coordonare a sudării, există trei niveluri de cunoștințe: cuprinzătoare, specifice și de bază.

2. WPS & WPQR

Atât WPS (Specificațiile procedurilor de sudare), cât și WPQR (Calificarea procedurilor de sudare) joacă roluri majore într-o îmbinare sudată, deoarece prin acestea se poate asigura nivelul de calitate necesar. Un WPS reprezintă pentru un sudor ca o rețetă pentru cel care gătește. Acest lucru permite sudorului (cu suficiente cunoștințe de sudare) să efectueze suduri conform specificațiilor, ori de câte ori este necesar. WPQR cuprinde toate datele necesare pentru calificarea preliminară WPS-pWPS (pentru a fi discutate mai târziu în această secțiune).

2.1. Standarde

Trei standarde ar trebui să fie de referință atunci când vorbim de despre aceste două subiecte: ISO 15607:2019, ISO 15609-1:2019, și ISO 15614-1:2017.

2.1.1 ISO 15607:2019 *Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale*

ISO 15607 definește regulile generale pentru specificarea și calificarea procedurilor de sudare a materialelor metalice. Acesta oferă câteva informații despre WPS și WPQR, precum și la ce standarde să ne raportăm.

În primul rând, se precizează că producătorul ar trebui să elaboreze un WPS preliminar, care să fie aplicabil producției efective, pe baza experienței din producțiile anterioare. Apoi, WPQR se face folosind una dintre cele patru metode posibile de calificare, fiecare cu propria aplicație:

Test de procedură de sudare, care poate fi aplicat întotdeauna, cu excepția cazului în care testul de procedură nu corespunde geometriei îmbinării, reținerii sau accesibilității sudurilor reale.

Aceste teste sunt specificate în standardul ISO 15614.

- Consumabile de sudare testate, care se limitează la procedurile de sudare care utilizează consumabile. Alte limitări pentru această metodă pot fi găsite în standardele ISO 15610.

- Experiența anterioară de sudare, limitată la procedurile utilizate frecvent în trecut, în articole, îmbinări și materiale comparabile. Cerințele acestei metode sunt discutate în continuare în standardul ISO 15611.

- Procedura de sudare Standard, care este ca și "testul procedurii de sudare", cu limitările sale specificate în standardul ISO 15612;

- Test de sudare pre-producție, al cărui principiu poate fi întotdeauna aplicat, dar necesită fabricarea unei piese de testare, în condiții de producție (explicat în continuare în ISO 15613 standard-specificarea și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice -calificare bazată pe testul de sudare pre-producție)

Aceste calificări sunt valabile pe termen nelimitat, cu excepția cazului în care se specifică altfel.

2.1.2 ISO 15609-1:2019 *Specificația și calificarea procedeelor de sudare a materialelor metalice-specificația procedurii de sudare-Partea 1: Sudarea cu Arc electric*

Acest standard specifică conținutul care ar trebui să figureze într-un WPS pentru procesele de sudare cu arc.

Acesta afirmă că WPS ar trebui să includă:

- Identificarea producătorului;
- Identificarea WPS;
- Referire la WPQR
- Desemnarea materialului(materialelor) și standardul(standardele) de referință;
- Dimensiunile materialului
- Intervalele de grosime ale îmbinării;
- Intervale de diametru exterior pentru țevi.
- Procedeele de sudare utilizate în conformitate cu EN ISO 4063 (procedee de sudare și procese conexe-Nomenclatorul proceselor și numerele de referință).

- O schiță a proiectului/configurației comune și a dimensiunilor sau a trimerii la standardele care furnizează astfel de informații.
- Secvența de rulare a sudurii dată pe schiță dacă este esențială pentru proprietățile sudurii.
- Poziții de sudare aplicabile în conformitate cu EN ISO 6947.
- Metode de preparare în comun, curățare, degresare, inclusiv metode de utilizat;
- Dispozitive de fixare și cap de sudare.
- Material de adaos, dacă este cazul.
Pentru sudarea manuală: lățimea maximă a rulajului.
Pentru sudarea mecanizată și automată: frecvența și timpul de oscilație;
- flacăra, electrod și / sau unghiul electrodului.
- Crăițuirea rădăcinii
Metoda care trebuie utilizată, adâncimea și forma.
Metoda și tipul de suport, materialul de susținere și dimensiunile. (gaze și amestecuri de gaze pentru sudarea prin topire și procedee conexe cu ISO 14175.)
- Consumabile pentru sudură:
Denumire, marcă, Dimensiune, manipulare
- Tipul curentului electric
- Detalii de sudare prin impulsuri, dacă este cazul.
- Gama actuală.
- Sudura mecanizată și automată:
viteză de alimentare cu sârmă/bandă.
- Temperatura minimă aplicată la începutul sudării și în timpul sudării.
- Temperatura maximă și, dacă este necesar, minimă de trecere.
- Temperatura minimă din zona de sudură care trebuie menținută dacă sudarea este întreruptă.
- Post-încălzire pentru eliberarea hidrogenului:
Interval de temperatură. timp minim de menținere.
- Intervalul minim de timp și temperatură pentru tratarea termică post-sudură sau referirea la standardele respective.
 - Gaz de protecție
- Denumirea în conformitate cu ISO 14175: 2008 și, după caz, compoziția, producătorul și denumirea comercială.
- Interval de temperatură (dacă este specificat).

Acesta include, de asemenea, informații privind anumiți parametri specifici procesului pentru următoarele procese: sudarea manuală cu arc metalic, sudarea cu arc scufundat, sudarea cu arc metalic ecranat cu gaz, sudarea cu gaz ecranat cu electrod neconsumabil și sudarea cu arc cu plasmă.

2.1.3 ISO 15614-1:2017 *Specificarea și calificarea procedurilor de sudare a materialelor metalice-procedura de sudare test - Partea 1: Sudarea cu arc și gaz a oțelurilor și sudarea cu arc a nichelului și aliajelor de nichel*

Acest standard specifică modul în care o specificare preliminară a procedurii de sudare (pWPS) este calificată prin procedura testelor de sudare cu arc electric și sudarea cu gaz a oțelurilor dar și sudarea nichelului și aliajelor sale, sub toate formele de produs.

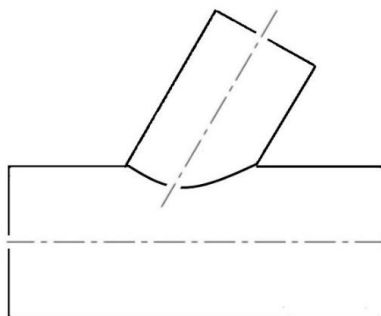
Acesta afirmă că "două niveluri de teste de procedură de sudare sunt date pentru a permite aplicarea la o gamă largă de produse sudate". Acestea sunt desemnate prin nivelurile 1 și 2, fiind nivelul 1 pe baza cerințelor ASME (Secțiunea IX – calificări de sudare) și nivelul 2 pe baza emisiunilor anterioare ale acestui standard.

Nivelul 2, care califică automat nivelul 1 (dar nu invers). În el, gradul de testare este mai mare, iar intervalele de calificare sunt mai restrictive decât cele din nivelul 1. Toate cerințele de nivel 2 se aplică atunci când nu este specificat niciun nivel într-un contract sau standard de aplicare.

ISO 15614-1: 2017 menționează că, în primul rând, trebuie făcută o piesă de încercare standardizată (sau piese) pentru a reprezenta îmbinarea sudată în cauză. În cazul în care nicio piesă standardizată nu reprezintă cu exactitate cerințele de geometrie a producției/îmbinărilor, trebuie consultat standardul ISO 15613:2004.

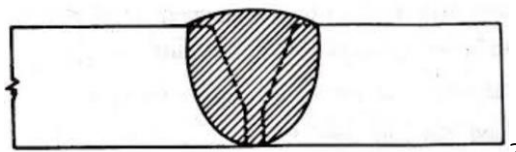
Aceste piese de încercare trebuie să fie pregătite în conformitate cu următoarele:

- Lungimea sau numărul de piese de încercare ar trebui să fie suficiente pentru a permite efectuarea tuturor testelor necesare;
- Piese de încercare suplimentare sau piese de încercare mai lungi decât dimensiunea minimă pot fi pregătite pentru a permite eșantioane suplimentare și/sau pentru încercări repetate;
- Pentru toate piesele de încercare, cu excepția conexiunilor de ramificație și a sudurilor filetate, grosimea materialului, t , trebuie să fie aceeași pentru ambele plăci / țevi care urmează să fie sudate;
- Dacă este cerut de standardul de aplicare, direcția de rulare a plăcii trebuie marcată pe piesa de încercare atunci când sunt necesare încercări de impact în zona afectată de căldură;
- Grosimea și/sau diametrul exterior al țevii pieselor de încercare se selectează în conformitate cu tabelele respective;
- Îmbinările cap la cap în placă cu penetrare completă, îmbinările cap la cap în țeavă cu penetrare completă, îmbinările t și conexiunile ramurilor trebuie făcute în conformitate cu cifrele respective ale standardului (consultarea acestora este recomandată).



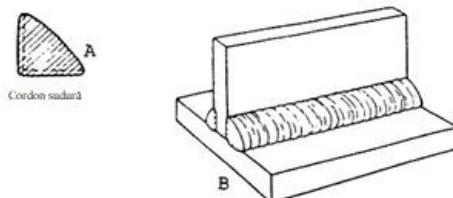
1

Sursa: Tiago Nuncio



2

Sursa: ecoursesonline.com



Source: Quora.com

Fig.3 Sudură de ramură (1), o îmbinare cap la cap (2), și un filet T-comun (3)

În imaginile de mai sus sunt reprezentate o sudură de ramură (1), o îmbinare cap la cap (2), și un filet T-comun (3)

Piese de încercare trebuie sudate în conformitate cu pWPS și în condițiile generale de sudare în producție pe care le reprezintă. Sudarea acestor piese ar trebui să fie asistată de către și examinator/organism de examinare.

Aceste piese ar trebui apoi testate atât prin metode nedistructive, cât și distructive, cum ar fi testarea vizuală, testele radiografice sau ultrasonice, testele de detectare a fisurilor de suprafață, testul de tracțiune transversală, testul de îndoire transversală, testul de impact, testul de duritate, examinarea macroscopică. Unele standarde de aplicare poate specifica teste suplimentare, cum ar fi longitudinală a sudurii încercare la tracțiune, toate weld metal bend test, teste de coroziune, analiza chimică, micro examinare, ferită delta examinare, și/sau de cruce teste.

După efectuarea și trecerea tuturor încercărilor nedistructive (NDT), se prelevează eșantioane de încercare (în conformitate cu standardele respective). Este acceptabil să le luăm din zone care evită imperfecțiunile, așa cum se vede prin metodele NDT.

Metodele NDT trebuie aplicate după orice tratament termic post-sudură. Pentru materialele susceptibile la fisurarea hidrogenului fără tratament termic post-încălzire/ post-sudură, Aceste teste trebuie amânate.



Fig.4 Rezultatele unui test de penetrare a matriței pe o sudură cap la cap din aluminiu care a fost prelucrată

În această imagine putem vedea rezultatele unui test de penetrare a matriței pe o sudură cap la cap din aluminiu care

Sursa: Philip Carvalho

a fost prelucrată.

Dacă piesa de încercare nu respectă oricare dintre cerințele pentru metodele NDT, o piesă de încercare suplimentară trebuie sudată și supusă aceleiași examinări. Dacă nici această a doua piesă nu respectă, atunci testul a eșuat.

În cazul în care orice specimen nu respectă cerințele pentru încercările distructive din cauza imperfecțiunilor sudurii, trebuie testate alte două eșantioane pentru fiecare dintre cele care a eșuat. Aceste specimene suplimentare pot fi prelevate din aceeași piesă de încercare dacă există suficient material sau dintr-o piesă de încercare diferită. Dacă oricare dintre aceste două nu respectă cerințele, atunci testul este considerat un eșec.

Dacă există valori unice de duritate în diferite zone de încercare peste valorile indicate, se pot efectua încercări suplimentare. Niciuna dintre valorile suplimentare de duritate nu trebuie să depășească valorile maxime indicate.

Pentru testele de impact Charpy, în cazul în care rezultatele obținute dintr-un set de trei exemplare nu sunt conforme cu cerințele, cu o singură valoare mai mică sub 70 %, se prelevează trei exemplare suplimentare. Valoarea medie a acestor specimene împreună cu rezultatele inițiale nu trebuie să fie mai mică decât media necesară.

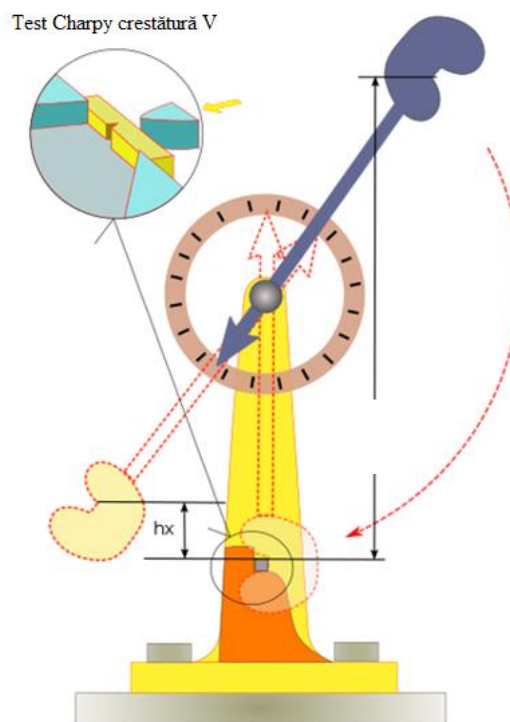


Fig.5 . Reprezentare test de impact Charpy.

În această imagine putem vedea o reprezentare a unui test de impact Charpy.

O calificare pWPS pentru procedura de testare, în conformitate cu standardul ISO 15614-1 standard, este valabilă pentru sudarea în ateliere sau șantiere respectând aceeași tehnică și control de calitate de la producător (fabricantul care a efectuat procedura de sudare test păstrează întreaga responsabilitate pentru toate sudurile efectuate).

Intervalele de calificare pentru nichel și aliaje, oțel și pentru îmbinări între oțeluri și aliaje de nichel sunt prezentate în tabelele respective DIN ISO 15614-1.

Intervalele de calificare sunt apoi specificate pentru variabilele esențiale, care variază la nivelurile de calitate 1 și 2. Acestea sunt:

- legate de producător;
- grosimea materialului, diametrul țevii și unghiul conexiunii ramurii;
- procese de sudare;
- poziții de sudură;
- tip de îmbinare;
- materialul de bază
- materialul de umplere, tipul și dimensiunea;
- tipul de curent;
- aport de căldură;
- temperatura de preîncălzire;
- temperatura intermediară;
- temperatura post-încălzire pentru eliberarea hidrogenului;
- tratamentul termic post-sudură;

- unele criterii specifice procesului.

WPQR este o declarație a rezultatelor testelor efectuate, inclusiv re-testare. Elementele relevante pentru WPS enumerate în ISO 15609 ar trebui, de asemenea, incluse, cu detalii privind orice caracteristici care ar putea fi respinse de cerințele de testare. Dacă nu se găsesc caracteristici rejectabile sau rezultate inacceptabile, atunci PQR este calificat și poate fi semnat de examinator/organismul de examinare. Ar trebui utilizat un format standard pentru a facilita prezentarea și evaluarea datelor.

3. Imperfecțiunile sudurii

De obicei, calitatea unui produs depinde de imperfecțiunile sale. Din acest motiv, este necesar să le legăm pe cele două astfel încât produsele să îndeplinească criteriile de imperfecțiune necesare și, prin urmare, nivelurile de calitate specificate.

3.1. ISO 6520-1:2007 Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire

Acest standard are ca obiectiv catalogarea și sortarea posibilelor imperfecțiuni în sudură. Acesta este împărțit în două părți:

Partea întâi se referă la sudarea prin topire, în timp ce partea a doua se concentrează pe sudarea cu presiune.

De asemenea, împarte imperfecțiunile menționate în șase grupuri:

- 1-fisuri;
- 2-cavități;
- 3-incluziuni solide;
- 4-lipsa fuziunii;
- 5-forma imperfectă;
- 6 - orice alte imperfecțiuni care nu sunt incluse în grupurile de la 1 la 5.

Codul de identificare al fiecărei imperfecțiuni dat de acest catalog este acceptat la nivel global, oferind o denumire simplificată care permite tuturor părților implicate să comunice fără neînțelegeri (cel puțin atunci când vine vorba de desemnarea imperfecțiunii)

3.2. ISO 5817:2014 -Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni

Standardul ISO 5817: 2014 specifică dimensiunile maxime admise ale imperfecțiunilor tipice în fabricația normală. Aceste limite dimensionale variază în funcție de nivelul de calitate ales. Acest nivel trebuie definit de proiectantul responsabil în colaborare cu producătorul, utilizatorul și/sau alte părți implicate. Ar trebui să ia în considerare considerentele de proiectare, prelucrarea ulterioară, modul de stres, condițiile de serviciu și consecințele eșecului. Factorii economici ar trebui, de asemenea, luați în considerare.

Nivelurile de calitate variază de la B La D, fiind D cel mai puțin strict.

Acest standard este adaptat proceselor de sudare prin topire în îmbinările sudate din oțel, nichel, titan și aliajele lor, pentru grosimi de sudare $\geq 0,5$ mm. cu toate acestea, poate fi utilizat pentru alte procese de sudare prin topire sau grosimi de sudură.

Codul de identificare al imperfecțiunilor este cel care poate fi găsit în standardul ISO 6520.



Source: Philip Carvalho

Fig.6. Rezultatele unui test de particule magnetice pe o sudură cap la cap care a fost parțial prelucrată (cerc roșu).

În această imagine putem vedea rezultatele unui test de particule magnetice pe o sudură cap la cap care a fost parțial prelucrată (cerc roșu).

3.3. ISO 10042:2018 Sudare. Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni

ISO 10042 este echivalentul standardului ISO 5817, dar adaptat aluminiului și aliajelor sale. Urmează același sistem de nivel de calitate B-D, precum și numerotarea din standardul ISO 6520.

4. Calificarea sudorului și inspecția

Adesea, calitatea unei îmbinări sudate depinde, printre alți factori, de nivelul de calificare al operatorului. De altfel, se consideră necesar să se asigure de acest nivel de calificare înainte de a realiza operația de sudură. Pentru a garanta acest lucru, a fost creat standardul ISO seria 9606, pentru a eficientiza metoda de calificare care urmează să fie utilizată.

Această familie standard este împărțită în cinci părți, pentru cinci grupe diferite de materiale: oțel, aluminiu și aliaje, cupru și aliaje, nichel și aliaje, titan/zirconiu și aliaje.

În acest document se va discuta doar prima parte.

4.1. ISO 9606-1: 2012 Examinarea sudurilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri

Acest standard specifică cerințele pentru testarea de calificare a sudurilor pentru oțelurile de sudură prin fuziune, oferind un set de reguli tehnice pentru un test, independent de tipul de produs, locația și corpul de examinare.

Acesta acoperă procesele manuale și parțial mecanizate de sudare prin fuziune, fără a le acoperi, totuși, pe cele complet mecanizate.

În primul rând, oferă o serie de abrevieri și numere de referință, astfel cum sunt enumerate în ISO 4063, pentru diferitele procese de sudare, piese de testare, materiale de umplere, tipuri de sudare cu arc, Termeni înțelepți în încercări și alte detalii.

Apoi oferă o serie de variabile esențiale, pentru care este definită o gamă de calificări. Dacă se consideră necesar ca un sudor să sudeze în afara "intervalului de calificare", atunci este necesară o nouă încercare.

Aceste variabile esențiale sunt: procesele de sudare, tipul de produs, tipul de sudură, material de umplere grup, sudare consumabile, dimensiuni (grosime și diametru), poziția de sudare, și unele sudură detalii (suport material, gaz suport, flux de suport, consumabile introduce, o singură parte de sudare, atât partea de sudură, cu un singur strat, multi-strat, spre stânga sudare, sudare spre dreapta).

- Procese de sudare: fiecare test se califică pentru un singur proces de sudare, cu unele excepții. O schimbare a procesului necesită de obicei un nou test de calificare. Cu toate acestea, este posibil să se obțină calificarea pentru două sau mai multe procese, prin sudarea unei "îmbinări multi-proces" sau prin efectuarea a două sau mai multe teste separate.
- Tipul de produs: testele trebuie efectuate pe placă, țevă sau o altă formă de produs adecvată, fiecare cu propriile criterii.
- Tipul de sudură: efectuate fie ca cap la cap sau fileu de sudare, fiecare cu criteriile lor
- Gruparea materialului de umplere: testul trebuie efectuat cu materialul de umplere corespunzător din grupul corespunzător. Sudarea cu material de umplutură dintr-un grup se califică pentru sudarea cu toate celelalte materiale din acel grup. De asemenea, sudarea cu material de umplutură se califică pentru sudare fără unul.
- Dimensiuni: Pentru sudurile cap la cap, testul se bazează pe grosimea depusă și diametrele exterioare ale țevelor, iar pentru cele filetate, se bazează pe grosimea piesei de testare.
- Poziția de sudare: piesele de încercare trebuie sudate în conformitate cu pozițiile de testare DIN ISO 6947. Țevile cu diametrul exterior > 150mm pot fi sudate în două poziții diferite.
- Detalii: intervalele de calificare variază în funcție de detaliile sale.

Acesta abordează apoi subiectul examinării și testării, unde standardul specifică faptul că sudarea pieselor de încercare trebuie să fie asistată de organismul de examinare și verificată de acestea. Piesa trebuie apoi identificată atât cu identificarea sudorului și a examinatorului, cât și cu poziția de sudare utilizată. Examinatorul are dreptul de a opri testul dacă condițiile de sudare nu sunt corecte sau dacă sudorul pare să nu aibă capacitatea de a îndeplini cerințele.

Piesele de încercare, pentru plăci, trebuie să aibă o lungime de cel puțin 200 mm, deoarece lungimea de examinare este de 150 mm. pentru circumferințele țevelor mai mici de 150 mm, se vor folosi piese de încercare suplimentare, cu maximum trei bucăți. Tratamentele post sudură specificate în WPS sau pWPS pot fi omise la discreția producătorului.

Piesa de încercare este apoi supusă încercărilor, și anume vizuale, radiografice, încovoiere și rupere. Restul testelor trebuie efectuate numai dacă partea trece inspecția vizuală.

Ulterior, toate rezultatele testelor trebuie documentate în conformitate cu standardul relevant.

Piesele de încercare sunt apoi evaluate în conformitate cu cerințele de acceptare.

Înainte de orice încercare, piesa trebuie pregătită prin:

- Îndepărtarea zgurii și a tuturor stropilor
- Nu există semne de măcinare pe rădăcină și pe partea frontală a sudurii
- Identificarea opririi și pornirii stratului de rădăcină și a stratului final
- Profil și dimensiuni

Cerințele de acceptare ar trebui, cu excepția cazului în care se specifică altfel, să fie în conformitate cu ISO 5817, nivelul de calitate B (C pentru unele imperfecțiuni, de exemplu, excesul de metal de sudură). Eșantioanele de încercare la încovoiere nu trebuie să prezinte o discontinuitate discretă mai mare de 3 mm în nicio direcție. Discontinuitățile la margini trebuie ignorate, cu excepția cazului în care există dovezi că fisurarea se datorează penetrării incomplete, zgurii sau altei discontinuități. Suma celor mai mari discontinuități care depășesc 1 mm, dar sunt mai mici de 3 mm în orice specimen de îndoire nu trebuie să depășească 10 mm.

Inutil să spun, dacă imperfecțiunile din piesa de testare depășesc limitele permise, atunci testul este eșuat.

Dacă testul în sine nu respectă cerințele din această parte a ISO 9606, sudorului i se poate oferi posibilitatea de a repeta testul de calificare o singură dată fără o pregătire suplimentară.

În ceea ce privește valabilitatea acestor teste, presupunând că rezultatele au fost acceptabile, sunt de 6 luni, certificatul trebuind să fie confirmat de persoana responsabilă de activitățile de sudură sau de organismul examinator, cu privire la riscul de a deveni invalid dacă nu.

La fiecare trei ani sudorul va fi retestat sau două piese de probă (sudate în ultimele 6 luni ale certificatului) de la sudor la fiecare doi ani vor fi prelevate și testate.

Dacă există un motiv specific pentru a pune la îndoială capacitatea sudorului de a face suduri care îndeplinesc standardele cerute de calificările sale, atunci aceste calificări vor fi revocate. Odată ce sudorul a trecut calificarea în conformitate cu cerințele de calitate, se eliberează un certificat cu toate detaliile sudării.

BIBLIOGRAFIE

Institute of Risk Management (2019). About Risk Management. (www.theirm.org) Data consultării: iulie, 2019

ISO (2003). ISO 15607:2003 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Reguli generale (<https://www.iso.org/standard/28388.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-1:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 1: Criterii pentru selectarea nivelului adecvat al cerințelor de calitate. (<https://www.iso.org/standard/35144.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-2:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 2: Cerințe de calitate complete (<https://www.iso.org/standard/35145.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-3:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 3: Cerințe de calitate normale (<https://www.iso.org/standard/35146.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2005). ISO 3834-4:2005 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 4: Cerințe de calitate elementare. (<https://www.iso.org/standard/35147.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2007). ISO 6520-1:2007 – Sudare și procedee conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudare prin topire (<https://www.iso.org/standard/40229.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2012). ISO 9606-1:2012 Examinarea sudurilor în vederea calificării. Sudare prin topire. Partea 1: Oțeluri. (<https://www.iso.org/standard/54936.html>). Date of consultation: July, 2019 Data consultării: iulie, 2019

ISO (2014). ISO 5817:2014 - Welding — Sudare. Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora (cu excepția sudării cu fascicule de energie). Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni (<https://www.iso.org/standard/54952.html>). Date of consultation: July, Data consultării: iulie, 2019

ISO (2015). ISO 3834-5:2015 Cerințe de calitate pentru sudarea prin topire a materialelor metalice. Partea 5: Documente cu care este necesară conformarea pentru declararea conformității cu cerințele de calitate ale ISO 3834-2, ISO 3834-3 sau ISO 3834-4 (<https://www.iso.org/standard/63729.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2015). ISO 9001:2015 Sisteme de management al calității. Cerințe. (<https://www.iso.org/standard/62085.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2017). ISO 15614-1:2017 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Verificarea procedurii de sudare în vederea calificării. Partea 1: Sudarea cu arc electric și cu gaze a oțelurilor și sudarea cu arc electric a nichelului și aliajelor de nichel. (<https://www.iso.org/standard/51792.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2018). ISO 10042:2018 - Sudare. Îmbinări sudate cu arc electric din aluminiu și aliaje de aluminiu. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni. (<https://www.iso.org/standard/70566.html>). Data consultării: iulie, 2019

ISO (2019). ISO 15609-1:2019 Specificația și calificarea procedurilor de sudare pentru materiale metalice. Specificația procedurii de sudare. Partea 1: Sudare cu arc electric. (<https://www.iso.org/standard/75556.html>). Data consultării: iulie, 2019

Lexico Dictionaries (2019). Definition of the word "Quality" in English. (<https://www.lexico.com/en/definition/quality>). Data consultării: iulie, 2019

Wikipedia (2019). Picture of SS Schenectady. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Schenectady. Data consultării: iulie, 2019

GLOSAR

Acesta include conceptele principale, noi și / sau complexe văzute în unitate, ca dicționar. Acest tip de resursă este important mai ales atunci când cursul se adresează studenților fără cunoștințe despre subiect. Intrările din glosar sunt ordonate alfabetic.

Crăituirea rădăcinii - îndepărtarea zonelor nepătrunse și pregătirea suprafeței pentru sudare

Material suport - Material plasat la rădăcina unei îmbinări sudate pentru a susține metalul topit

Calibrare - corelația citirilor unui instrument de măsurare cu cele ale unui standard pentru a verifica precizia instrumentului.

Capping run - stratul final al unei suduri

Conformitate - respectarea standardelor, regulilor sau legilor

Materiale de adaos - Material care trebuie adăugat în timpul sudării prin topire

Sudarea prin topire - topirea împreună a metalului de umplere și a metalelor de bază sau numai a metalelor de bază pentru a produce o sudură

Valori de duritate - valoare dată de rezultatul unui test de duritate (de exemplu, Vickers)

Tratament termic-operație de încălzire-răcire care are ca scop modificarea proprietăților unui metal

Imperfecțiunea – un defect sau caracteristică nedorită

ITP - planul de testare a inspecției

Temperatura dintre straturi - temperatura la care se depun sudurile ulterioare

Fabricare - realizarea de articole pe scară largă cu ajutorul mașinilor

NDT - testare nedistructivă

Material de bază - materialul de bază este materialul componentelor care urmează să fie sudate

Procedură - o serie de acțiuni desfășurate într-o anumită ordine sau manieră

Strat de rădăcină - o trecere de sudură făcută pentru a forma cordonul de sudură

Zgură - Strat de oxizi metalici format deasupra unei suduri

Specimene - un eșantion dintr-un cupon de încercare supus încercării

Stropi - picături de metal topit care sunt generate la sau în apropierea arcului de sudură

Subcontractare - să angajeze o firmă sau o persoană din afara propriei organizații pentru a lucra ca parte a unui proiect mai mare

Șablon - ceva care este folosit ca model pentru producerea altor lucruri similare

Piese test - Exemple de piese care reprezintă piesa testată