



Friction Stir Welding European Qualifications

CU02 –Pregatirea si definirea imbinarii

Specialist si Inginer FSW



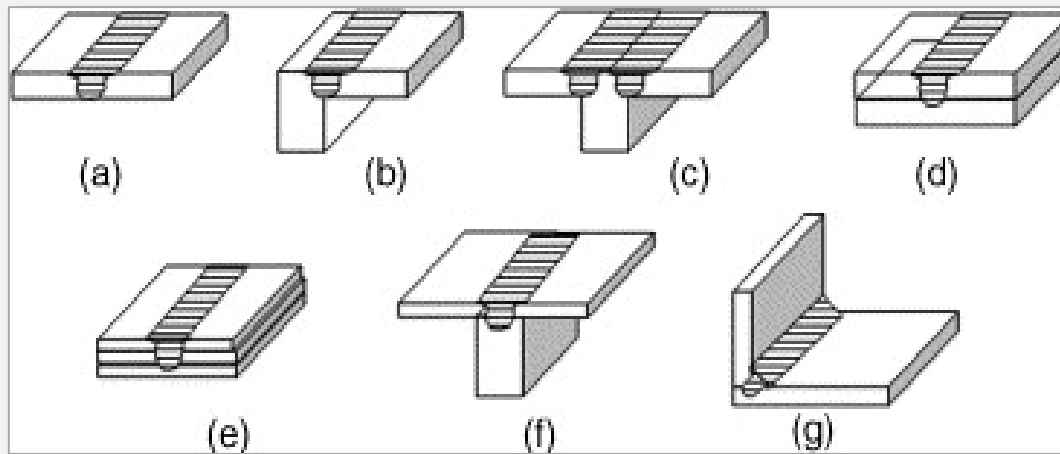
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

2. Pregatirea imbinarii

- 2.1 Detalii de proiectare a imbinarii
- 2.2 Metode de curatare
- 2.3 Tipuri de unelte
- 2.4 Dispozitive de pozitionare
- 2.5 Placa suport/nicovala
- 2.6 Materiale de baza
- 2.7 Equipamente pentruFSW
- 2.8 Parametri si limitele FSW
- 2.9 Programe FSW
- 2.10 References

2.1 –Detalii de proiectare a imbinarii

2.1.1 Tipuri de imbinare



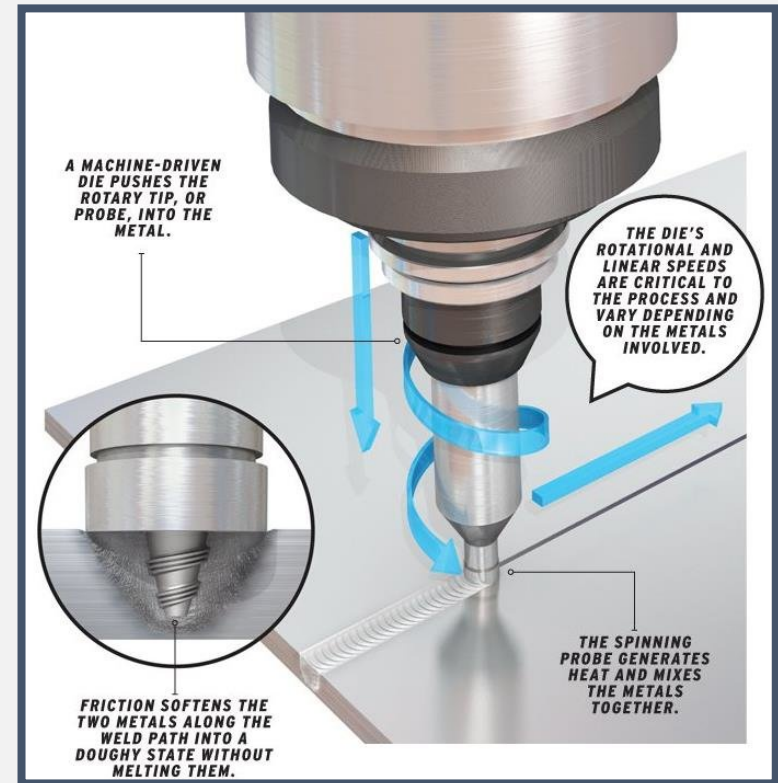
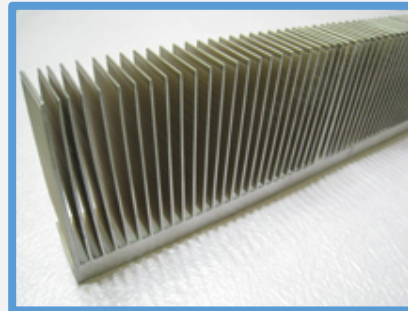
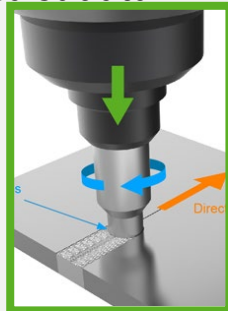
- a. Square butt
- b. Edge butt
- c. **T butt joint**
- d. **Lap joint**
- e. Multiple lap joint
- f. T lap joint
- g. **Fillet joint**

2.1 – Detalii de proiectare a imbinarii

2.1.2 Detalii de proiectare

Proiectarea imbinarii ar trebui să țină seama de:

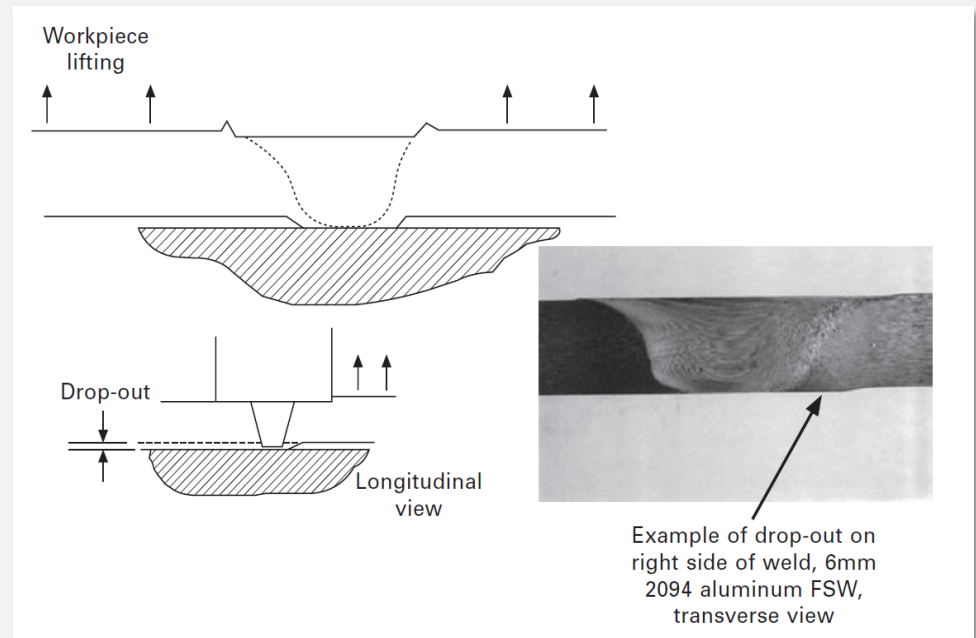
- Zona pentru traiectoria umarului sculei de sudare - funcția grosimii și aliajului materialului
- Fortele interne ale metalului sudat amestecat pe toată lungimea îmbinării
- Forța de a preveni mișcarea pieselor
- Zona de patrundere a temperaturii pentru a disipa căldura în imbinarea sudată



2.1 – Detalii de proiectare a imbinarii

2.1.2 Detalii de proiectare

- Prinderea necorespunzătoare poate duce la „**drop-ou**”, aceasta este rezultatul unei forțe verticale inadecvate într-o sudură cu cap la cap, împiedicând miscarea piesei de pe nicovală.
- Acest lucru este prevenit în mod corespunzător, asigurând un design bun al dispozitivului, decat să **încercați să corecți în timpul procesului de sudare.**



Renunțarea la o sudură cap la cap produsă de forța verticală inadecvată pe piesa de sudat

2.1 – Metode de curatare

Curatarea imbinarilor:

- Un pas necesar in obtinerea unei suduri de calitate
- Se indeparteaza praful, unsoarea si umezeala
- Urmarile negative ale unei curatiri necorespunzatoare:
 - Rezistenta scazuta la oboseala
 - Ductilitate scuzuta local
 - Defecte volumetrice

Cele mai comune metode de curatare:

- ✓ Cu solvent si cu prosoape de hartie

Alte metode de curatare (mai rar folosite):

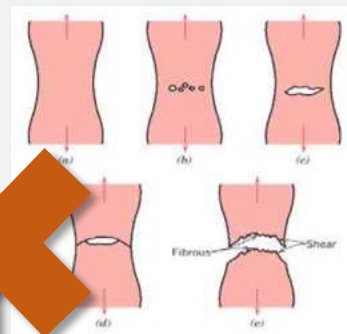
- ✓ Polizarea
- ✓ Cu peria de sarma
- ✓ Cu decapant

2.2 – Metode de curatare

Avantage

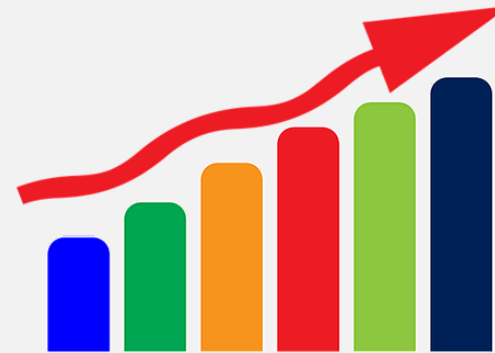
Evitarea:

- Performanțe slabe la oboseala
- Ductilitate scăzută și defecte volumetrică produse în timpul încălzirii după sudură



Dizavantaje

Creșterea prețului procesului



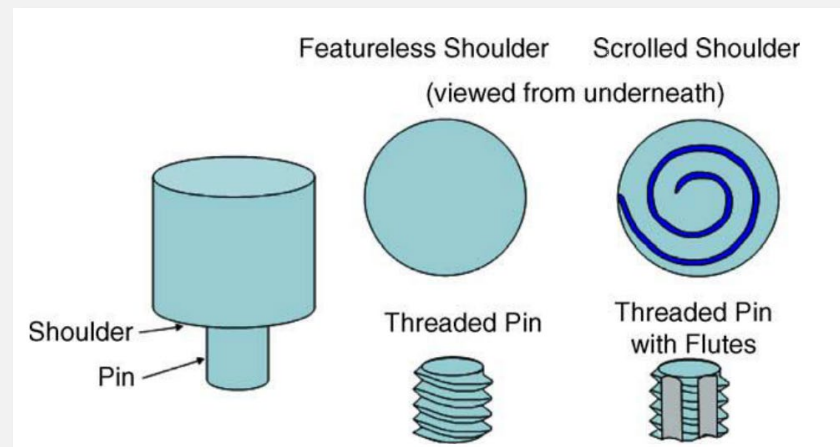
2.3 –Tipuri de unelte

Unelte FSW :

- ✓ Neconsumabile
- ✓ Componenta cheie a procesului FSW

Materialul și geometria sculei depind de:

- ✓ Materialul care va fi sudat
- ✓ Dimensiuni
- ✓ Configuratia imbinarii
- ✓ Alte specificatii



Caracteristici de bază pentru umăr și pin

2.3 – Tipuri de unelte

2.3.1 Tipuri de unelte și caracteristicile acestora

Sase caracteristici de baza in selectarea unei unelte:

- ✓ Rezistența la temperatura mediului și a procesului
- ✓ Durata de viață la temperatura procesului
- ✓ Rezistență la rupereWear characteristics
- ✓ Stabilitate termică pe termen lung
- ✓ Stabilitate chimică *(nul sau reacție limitată cu piesa de prelucrat)*

Cum sa selectam
o unealta?



2.3 – Tipuri de unelte

2.3.1 Types of tools and its characteristics

Some Examples

- To weld aluminium alloys (most common application of FSW) → tool steel materials
 - Aluminium alloys (6 to 12 mm thickness) → it's usually employed H13 tool steel
 - For higher thicknesses or if an increase of productivity is needed:
 - the **pin tool** can be made of **high strength materials** at the welding temperature
 - but the **shoulder** of the tool can still be made from **H13**
- For some specific cases – development of more elaborate tool designs, delivering better performances
- To weld other materials, such as titanium, steel or copper may require tools made from tungsten-based materials, polycrystalline cubic boron nitride or other high performance materials that endure high temperatures

2.3 – Tipuri de unelte

2.3.2 Pozitionarea

*Pozitia
Offset*

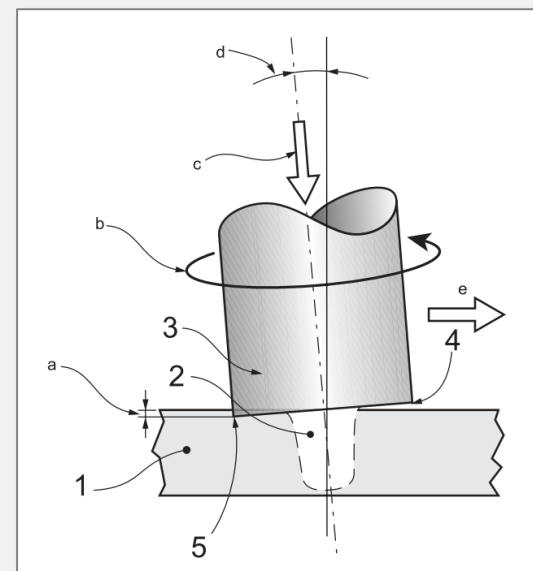
- The offset position corresponds to the lateral offset from the tool axis to the faying surface

pozitia Z

- Mișcarea uneltei pe piesa este predeterminată pe trei dimensiuni (x, y, z).

*Adancimea
de planjare*

- Distanța cu care umarul se extinde în metalul de sudură este menționată ca adâncime de plonjare umarului
- Parametru critic și programat pentru rulări controlate de poziție



Side view of butt joint

- Piesa de lucru
- Pin
- Unealta
- Umar (leading edge)
- Heel (shoulder trailing edge)

- Heel plunge depth
- Direction of tool rotation
- Axial force
- Tilt angle
- Direction of welding

2.4 –Elemente de pozitionare

2.4.1 – Metode de pozitionare si caracteristici

Cleme de
acționare
mecanică

- Mod simplu și economic de a fixa foi sau plăci
Forțe de fixare ridicate
Cleme de prindere montate aproape de cusătura de sudură datorită conductivităților termice diferite
Timpuri mari de configurare (pentru fixarea pieselor de lucru)

Cleme
pneumatice și
hidraulice

- Pentru producția în serie pentru a reduce timpul de configurare
Aceste dispozitive sunt scumpe și rezonabile doar în situații de producție pe loturi

Prindere în vid

- Sisteme foarte flexibile ușor de utilizat
Se permite fixarea diferitelor dimensiuni ale pieselor
Timpuri mici de configurare
Forțele de strângere nu sunt întotdeauna suficiente pentru plăci groase

2.4 – Elemente de pozitionare

2.4.2 – *Importanta elementelor de pozitionare*

Prinderea corectă este un aspect important, deoarece este întotdeauna prezentă în timpul procesului de sudare.

Mecanisme de prindere:

- Ar trebui să permită sculei FSW să aiba acces la direcția de sudură
- Ar trebui să împiedice alunecarea în lungime, îndoirea sau separarea din cauza forțelor de cuplu
- Influențează calitatea sudării și ciclul de producție

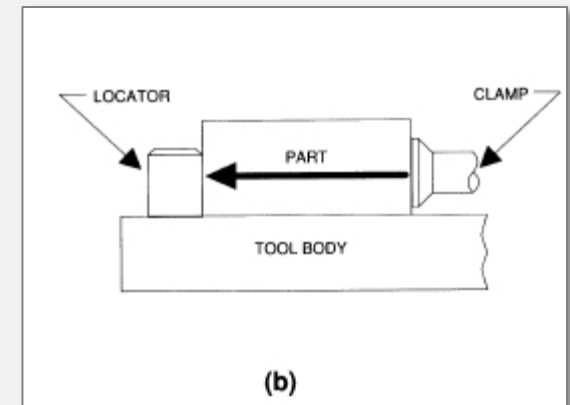
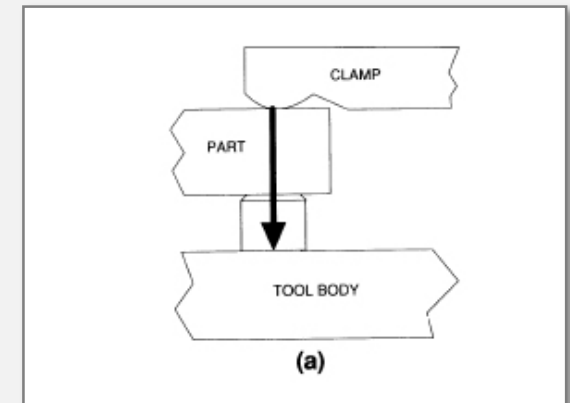
2.4 – Elemente de pozitionare

2.4.3 –Aranjamente de prozitionare

- Localizatori - rezistă la toate forțele primare generate în operație
- Cleme - trebuie să țină piesa de lucru împotriva localizatorilor și să reziste la orice forțe secundare generate în operație

Poziționarea / amplasarea clemelor:

- În punctele cele mai rigide ale piesei de prelucrare - pentru a preveni deteriorarea acesteia
- Ar trebui să asigure o distribuție egală a forțelor pe întregul proces
- Ar trebui să fie selectat pentru a se asigura că nu interferează cu calea de operare de sudare

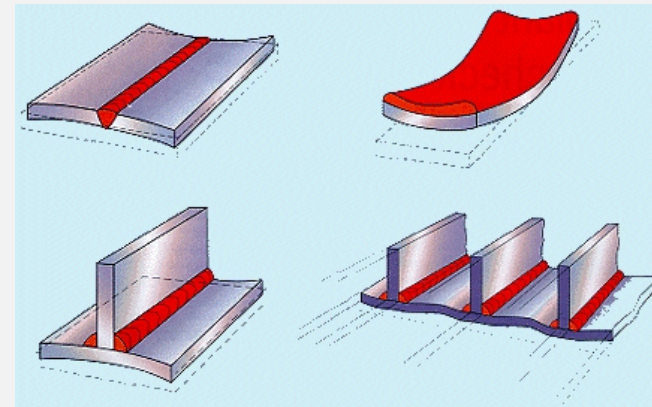


2.4 –Elemente de pozitionare

2.4.4 – Influenta sistemului de prindere asupra sudurii

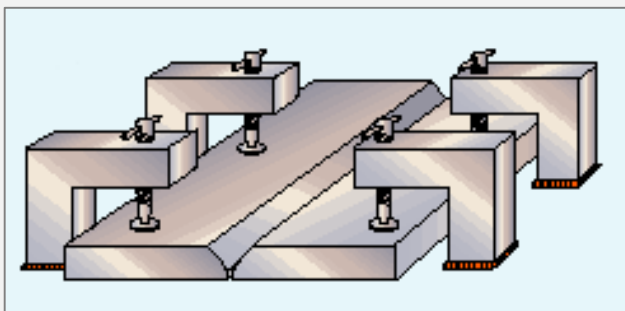
Factorii care influenteaza deformarea pieselor:

- ✓ Zona de fixare
- ✓ Timpul de fixare
- ✓ Timpul de inlaturare a fixarii
- ✓ Preincalzirea elementelor de fixare.



2.4 – Elemente de pozitionare

2.4.5 Jiguri și corpuri de fixare



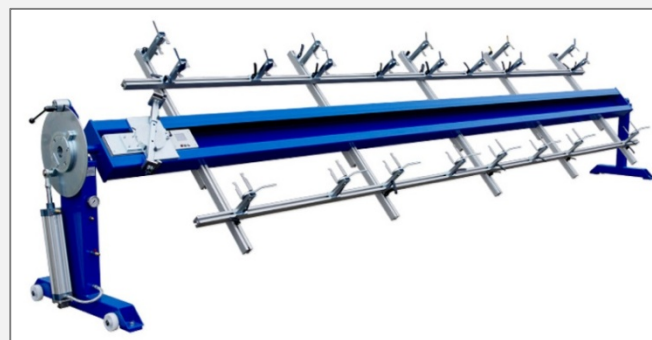
Jig pentru sudare(source: TWI)



Sistem de pozitionare in vacuum



cadru

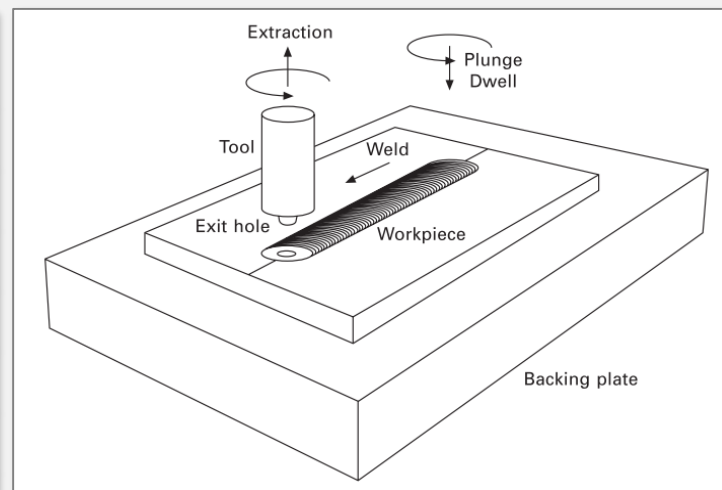


Cadru pentru sudare

2.5 – Placa de suport/nicovala

- ✓ Rezistența la forțelor folosite în procesul FSW
- ✓ Asigurarea rigiditate pentru a fixa pisele de sudat
- ✓ Materialele plăciilor de suport/nicovalelor influențează consumul de energie și calitatea sudurii

Material	Conductivitatea termica [W/mK]
Otel moale	40-60
Otel inoxidabil	15-25
X33CrS16 (1.2085)	17
RAMAX	24
Bras	110-150
Cupru	180-400
Aliaje de aluminiu	110-235



2.6 – Materiale de baza

2.6.1 Materiale adecvate pentru FSW

- Aliaje la temperatură înaltă (de exemplu, titan, oțeluri, nichel)
- Aliaje la temperatură scăzută (de exemplu, aluminiu, magneziu, cupru)
- Materiale diferite (de exemplu, aluminiu la oțel, aluminiu până la magneziu)
- Termoplasticele

2.6 – Materiale de baza

2.6.2 Sudabilitatea materialelor pentru FSW

- ✓ FSW îmbunătățește sudabilitatea anumitor materiale
- ✓ Principala limitare la sudabilitatea metalelor cu punct de topire ridicat este disponibilitatea materialelor adecvate pentru scule de sudare care pot suporta aceste condiții de funcționare
- ✓ Căldura generată de frecare, activitatea din zona plastica sau de încălzire auxiliară trebuie să fie suficientă pentru a depăși pierderea de căldură din zona de sudare prin conducerea caldurii din frecare in piesa de sudat
- ✓ Anumite aliaje de aluminiu sunt dificil sau imposibil de sudat prin procedeele tradiționale de sudare cu arc din cauza problemelor cu formarea fazelor fragile și fisurarea, astfel încât sudarea prin frecare este o alternativă viabilă
- ✓ FSW la oțel a arătat că temperatura mai scăzută de sudare poate duce la distorsiuni foarte mici și proprietăți unice ale îmbinării
- ✓ Atunci când aplicați FSW pe titan, este necesară un aport redus de căldură la unealta, fie prin minimizarea diametrului umărului, fie prin eliminarea totală a rotirii umărului, datorită conductivității termice scăzute
- ✓ Pe Cupru s-a aplicat FSW pentru construcția de recipiente pentru depozitarea deșeurilor nucleare de câțiva ani. Deși era de așteptat ca o conductivitate termică ridicată să fie o problemă, aceasta a fost corectată prin viteza mare a pinului, ceea ce a contribuit la asigurarea unei intensități de căldură suficientă pentru sudurile de înaltă calitate.
- ✓ Utilizarea FSW permite, de asemenea, îmbinarea aliajelor diferite, care pot face apel la anumite aplicații

2.7 – Echipament pentru FSW

2.7.1 – Tipuri de echipamente si caracteristici

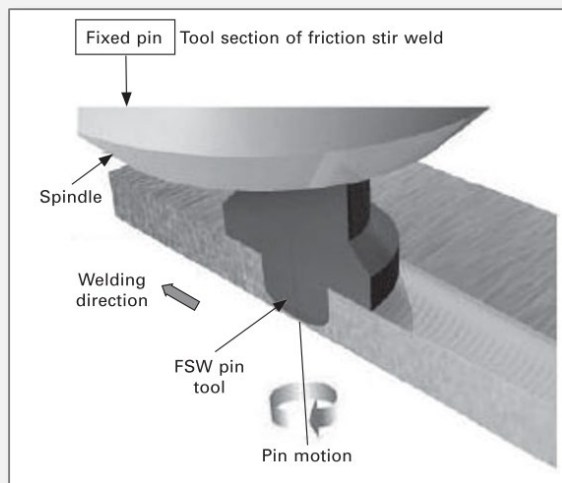
Echipamentele FSW trebuie să fie proiectate pentru a asigura:

- Montare adecvată
 - Pozitionare corespunzatoare (inclusiv rigiditate suficientă pentru a împiedica piesa să se miște)
 - Disiparea căldurii generate de proces
-
- Parametrii critici controlați de echipamentul FSW sunt:
 - Poziția sculei
 - Orientare
 - Incarcari
 - Viteza de rotație și deplasare

Mașinile FSW sunt de obicei proiectate pentru o anumită aplicație, deși există unele mașini generale de, care pot face față la diferite situații si aplicatii.

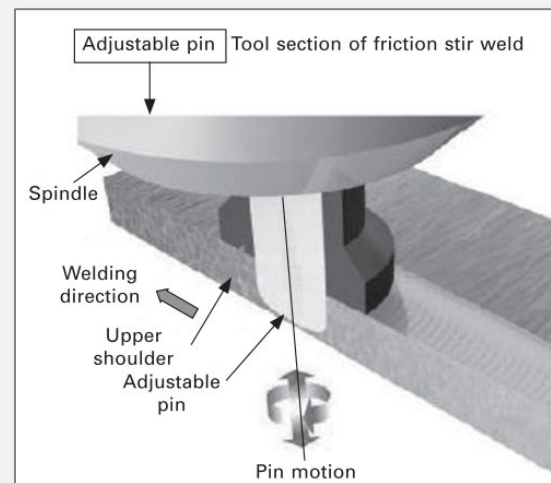
2.7 – Echipament pentru FSW

2.7.1 – Tipuri de echipamente si caracteristici



Pin -fix

- ✓ Unealta dintr-o bucată, umăr și PIN-ul
- ✓ Mișcarea comună a axului capului de sudare
- ✓ Cea mai tradițională formă de FSW



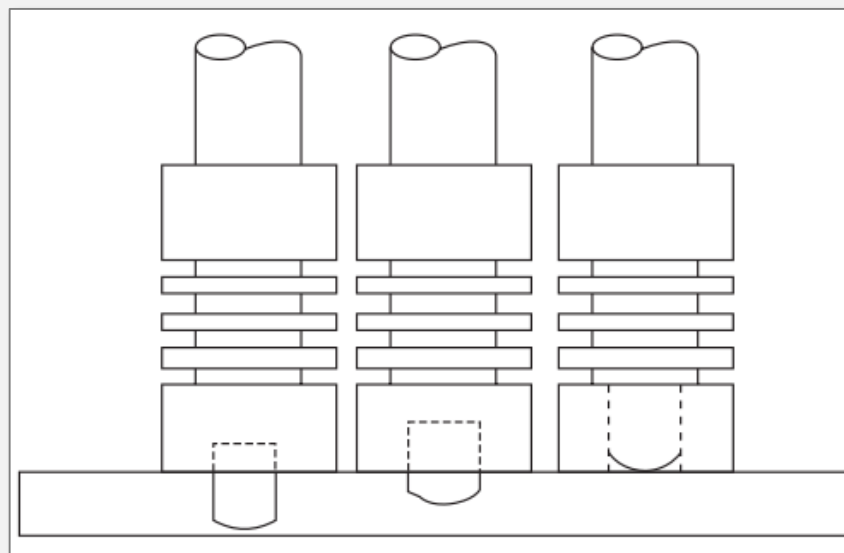
PIN Ajustabil

- ✓ Decuplarea dintre pin și umăr
- ✓ Util pentru sudarea pieselor cu grosime variabilă
- ✓ Folosit pentru închiderea orificiului de fixare

2.7 – Echipament pentru FSW

2.7.1 – Tipuri de echipamente si caracteristici

Pin reglabil care umple craterul final



- Implică o schemă de design de mașini și de control mai sofisticate
- Se poate muta PIN-ul și ar trebui, în mod independent

2.7 – Echipament pentru FSW

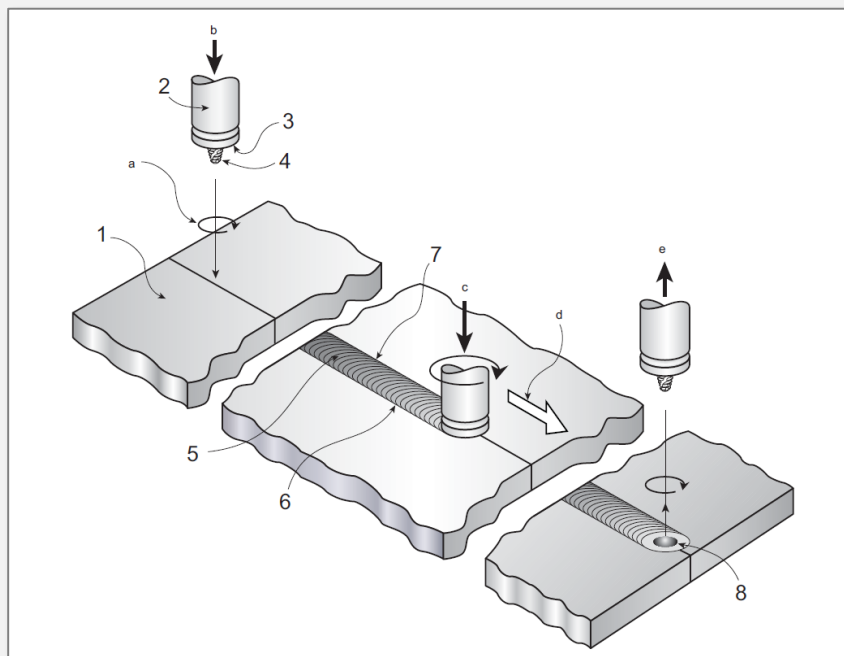
2.7.2 – Productivitatea și eficiența echipamentelor

Creșterea vitezei de sudare pentru a îmbunătăți productivitatea nu este soluția ideală

Se pot folosi automatizări și soluții robotizate, iar alegerea sa se rezumă la factori tehnici și economici

- Automatizare fixă - mașină construită pentru un singur scop și la cerințele exacte ale unei aplicații specifice
- Soluții robotice - flexibilitate mai mare
- Productivitatea și eficiența proceselor sunt influențate și de proiectarea instrumentelor

2.8 – Parameteri FSW



- a) Directia de rotatie a uneltei
- b) Miscarea in jos a uneltei
- c) Forta axiala
- d) Directia de sudare
- e) Mișcare ascendentă a sculei

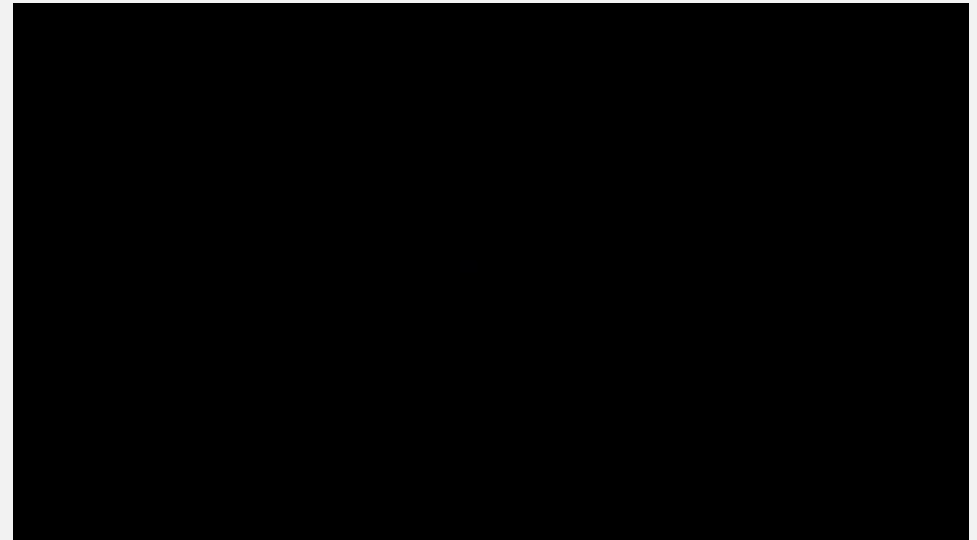
Principalele variabile ale procesului FSW

Tool design variables	Machine variables	Other variables
Shoulder and pin materials	Welding speed	Anvil material
Shoulder diameter	Spindle speed	Anvil size
Pin diameter	Plunge force or depth	Workpiece size
Pin length	Tool tilt angle	Workpiece properties
Thread pitch		
Feature geometry		

- 1) Pieade lucri
- 2) Unealta
- 3) Umarul
- 4) Pinul
- 5) Suprafata sudurii
- 6) Partea de retragere a sudurii
- 7) Partea de avans a sudurii
- 8) Craterul final

2.8 – Parametri FSW

- ✓ Viteza de rotatie [rpm]
- ✓ Adancimea de plonjare [mm]
- ✓ Forta axiala [kN]
- ✓ Unghiul de inclinatie [°]
- ✓ Unghiul de înclinare lateral [°]
- ✓ Timpul Dwell [s]
- ✓ Viteza de sudare [mm/min]
- ✓ Temperatura de preincalzire [°C]
- ✓ Tratament post sudare
- ✓ Rata de încălzire și răcire



2.9 – Programme



2.10 – References

1. S. Ebnesajjad and H. A. Landrock, "Joint Design," *Adhes. Technol. Handb.*, pp. 183–205, 2014.
2. R. S. Mishra and Z. Y. Ma, "Friction stir welding and processing," *Mater. Sci. Eng. R Reports*, vol. 50, no. 1–2, pp. 1–78, 2005.
3. D. Lohwasser and Z. Chen, *Friction Stir Welding: From Basics to Applications*. 2010.
4. R. Miller, "GUIDELINES FOR FRICTION STIR WELDING," Detroit, 2011.
5. R. S. Mishra and M. W. Mahoney, "Friction Stir Welding and Processing," *ASM Int.*, p. 368, 2007.
6. I. O. for S. (ISO), *Final Draft ISO/FDIS 25239-5*, 1st ed. ISO, 2011.
7. ESAB, "Handbook - Joint Design & Prep." [Online]. Available: https://www.esabna.com/euweb/sa_handbook/585sa2_26.htm. [Accessed: 18-Jul-2018].
8. [N. Mendes, P. Neto, A. Loureiro, and A. P. Moreira, "Machines and control systems for friction stir welding: A review," *Mater. Des.*, vol. 90, pp. 256–265, 2016.
9. G. K. Padhy, C. S. Wu, and S. Gao, "Friction stir based welding and processing technologies - processes, parameters, microstructures and applications: A review," *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 34, pp. 1–38, 2017.
10. P. S. D. N. K. Mishra, S. R., *Friction stir welding and processing*. 2014.
11. F. C. Liu, Y. Hovanski, M. P. Miles, C. D. Sorensen, and T. W. Nelson, "A review of friction stir welding of steels: Tool, material flow, microstructure, and properties," *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 1, pp. 39–57, 2017.
12. I. O. for S. (ISO), *Final Draft ISO/FDIS 25239-1*, 1st ed. ISO, 2011.
13. A. Fehrenbacher, N. A. Duffie, N. J. Ferrier, F. E. Pfefferkorn, and M. R. Zinn, "Toward Automation of Friction Stir Welding Through Temperature Measurement and Closed-Loop Control," *J. Manuf. Sci. Eng.*, vol. 133, no. 5, p. 051008, 2011.
14. Future Weld, *Mechanized Welding - Mechanized, Orbital and Robot Welding*. 2014.
15. D. Lohwasser and Z. Chen, *Friction stir welding : from basics to applications*. Woodhead Publishing, 2009.

2.10 – References

16. T. Schenk, I. M. Richardson, M. Kraska, and S. Ohnimus, "A study on the influence of clamping on welding distortion," *Comput. Mater. Sci.*, vol. 45, no. 4, pp. 999–1005, 2009.
17. W. J. Choi, J. D. Morrow, F. E. Pfefferkorn, and M. R. Zinn, "The Effects of Welding Parameters and Backing Plate Diffusivity on Energy Consumption in Friction Stir Welding," *Procedia Manuf.*, vol. 10, pp. 382–391, 2017.
18. "3.1 Material Certificates | Classic Filters." [Online]. Available: <https://www.classicfilters.com/blog/materialcertificates/>. [Accessed: 03-Jan-2019].
19. "How to view the material certificate? – Part 1 – AMARINE." [Online]. Available: <https://amarineblog.wordpress.com/2017/09/22/how-to-view-the-material-certificate/>. [Accessed: 03-Jan-2019].
20. W. M. Syafiq, M. Afendi, R. Daud, M. N. Mazlee, and N. A. Jaafar, Variation of tool offsets and its influence on mechanical properties of dissimilar friction stir welding of aluminum alloy 6061 and S235JR mild steel by conventional belting milling machine. 2017.
21. "What Is a Welding Jig? - Tulsa Welding School." [Online]. Available: <https://www.weldingschool.com/blog/welding/what-is-a-welding-jig/>. [Accessed: 19-Jul-2018].
22. "UNIT 4 JIGS AND FIXTURES Structure 4.1 Introduction."
23. "Welding Fixtures and How They Work | Forster America." [Online]. Available: <https://www.forsteramerica.com/welding-fixtures-and-how-they-work/>. [Accessed: 19-Jul-2018].
24. D. Lohwasser and Z. Chen, Friction stir welding Related titles : 2010.
25. [26] HSE Gov.UK, "Welding fume - Reducing the risk." [Online]. Available: <http://www.hse.gov.uk/welding/fume-welding.htm>. [Accessed: 07-Aug-2018].
26. ESAB AB Welding Automation and ESAB, "Friction Stir Welding - Technical Handbook." [Online]. Available: https://www.esabna.com/euweb/sa_handbook/585sa2_26.htm. [Accessed: 18-Jul-2018].
27. D. Veljić et al., "Advantages of friction stir welding over arc welding with respect to health and environmental protection and work safety," *Struct. Integr. Life*, vol. 15, no. 2, pp. 111–116, 2015
28. S. B.; D. R. D.Muruganandam, "HEALTH HAZARDS DUE TO VARIOUS WELDING TECHNIQUES AND ITS REMEDY BY FRICTION STIR WELDING (FSW)," *Int. J. Res. Aeronaut. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 96–101, 2014.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Friction Stir Welding European Qualifications

Thank you