

#### **Rezumatul fazei 4**

Lucrarea de față reprezintă faza 4 intitulată ”Program experimental complex privind aplicarea SFSP la aliaje din aluminiu (turnate și laminate) în vederea dezvoltării de tehnologii de procesare SFSP. Diseminare rezultate” a proiectului Nucleu PN 23.37.01.02 ”Cercetări privind modificarea proprietăților materialelor metalice utilizând metoda ecologică și inovativă de procesare prin frecare cu element activ rotitor în mediu lichid”. Prezenta fază a proiectului a vizat cercetări experimentale complexe privind aplicarea procesării prin frecare cu element activ rotitor în mediu de lucru lichid la aliaje de aluminiu laminate și turnate, în vederea dezvoltării de tehnologii de procesare, precum și activități de diseminare și promovare a proiectului, în corelare cu planul de diseminare. Lucrările realizate în prezenta etapă sunt structurate în cinci capitole în raportul de cercetare.

Primul capitol prezintă stadiul actual al lucrărilor desfășurate în cadrul proiectului, fiind prezentate pe scurt: tematica abordată în proiect, scopul și obiectivele proiectului, precum și principalele activități realizate în cadrul fazelor 1-3 ale proiectului.

Capitolul al doilea prezintă date privind structurarea programului experimental complex de procesare SFSP/FSP pentru aliaje de aluminiu laminate și turnate. Sunt prezentate date privind materialele de procesat din categoria aliajelor de aluminiu laminate și turnate, date privind unelte de procesare și parametri de proces, structura programului de experimentări de procesare SFSP/FSP, precum și planul de evaluare a materialelor procesate. Tabelul 1 prezintă schematic structura generală propusă pentru experimentările de procesare SFSP/FSP într-o trecere și în treceri multiple, iar Fig. 1 arată tipurile de unelte de procesare utilizate în cadrul cercetărilor experimentale de procesare.

**Tabelul 1 Structura propusă pentru experimentări de procesare**

Materiale de procesat		Unealta de procesare		Parametri proces	
Aliaj aluminiu	Grosime (mm)	Material unealtă	Geometrie pin	Turație unealtă rot/min)	Viteză procesare (mm/min)
EN AW 1200, laminat	5	oțel X38CrMoV5, oțel C45, carburi sinterizate de wolfram	pin conic cu 4 teșituri, pin pătrat, pin triunghiular, pin cilindric filetat, pin conic neted	1300-2500	50-70
EN AW 5754, laminat	3			1200-2200	100-150
EN AW 6082, laminat	5			2400	70-1000
EN AW 7075, laminat	5			2400	100-180
EN AC 5083, turnat	5			2000-3000	50-100
EN AC 5083, turnat	6			2000-2600	40-60



**Fig. 1 Unelte de procesare utilizate la cercetările experimentale de procesare SFSP/FSP**

Dimensiunile pinului uneltelor de procesare utilizate au fost corelate cu grosimile materialelor de procesat.

Planul propus pentru evaluarea și caracterizarea materialelor procesate SFSP/ FSP constă în: examinare vizuală și cu radiații penetrante Rx a materialelor procesate, analize structurale micro- și macroscopice, încercări mecanice de rupere la tracțiune și încercări de îndoire statică, analize chimice, analize SEM și EDX ale suprafețelor de rupere pentru epruvete încercate la tracțiune.



Pentru materialele de bază s-au realizat analize chimice și de asemenea evaluări din punct de vedere microstructural, încercări mecanice de rupere la tracțiune și îndoire, precum și analize SEM și EDX ale suprafețelor de rupere ale epruvetelor încercate la tracțiune. Capitolul include și specificații preliminare de procesare SFSP pentru aliajele de aluminiu laminate și turnate abordate.

Capitolul trei prezintă date privind desfășurarea programului experimental complex de procesare SFSP/FSP a aliajelor de aluminiu laminate, respectiv turnate: EN AW 1200 (5mm), EN AW 5754 (3mm), EN AW 6082 (5mm), EN AW 7075 (5mm), EN AC 5083 (5mm) și EN AC (6mm). Pentru fiecare tip de material de procesare abordat sunt prezentate datele experimentale de procesare (grosimi ale materialelor de procesat, tipuri/geometrii și dimensiuni de unelte utilizate pentru experimentări, parametri de proces, condiții de procesare), precum și rezultate obținute la evaluarea materialelor procesate din punct de vedere vizual, control Rx, analize structurale, încercări mecanice de rupere la tracțiune și îndoire, respectiv analiza SEM și EDX a suprafețelor de rupere a probelor încercate la tracțiune. În tabelele 2-5 sunt prezentate spre exemplificare câteva din datele experimentale obținute la procesare SFSP, pentru fiecare material abordat, și pentru care s-au elaborat specificații tehnologice de procesare:

- aspect la suprafața materialului procesat și imagine examinare Rx (Tabelul 2);
- aspect macroscopic și grafice de variație a durității în secțiune transversală a materialului procesat (Tabelul 3);
- încercări mecanice de rupere la tracțiune și îndoire (Tabelul 4)
- analiza SEM și EDX a suprafeței de rupere a unor epruvete încercate la tracțiune (Tabelul 5).

Procesarea prin frecare cu element activ rotitor sub apă SFSP a aliajelor de aluminiu laminate și turnate abordate, de grosimi 3 mm, 5 mm și 6 mm s-a realizat într-o singură trecere și respectiv în treceri multiple (5 rânduri de procesare), cu unelte de procesare realizate din oțeluri sau din carburi sinterizate de wolfram, având diferite geometrii ale pinului (Fig.1), utilizând diferite combinații ale parametrilor de procesare (turație uneltă și viteză de procesare).

Tabelul 2 Aspect la suprafața materialului procesat și imagine examinare Rx

Aspect proba procesată	Imagine examinare Rx
EN AW 1200 (5 mm), procesare SFSP în treceri multiple	
	

EN AW 5754 (3 mm), procesare SFSP într-o trecere



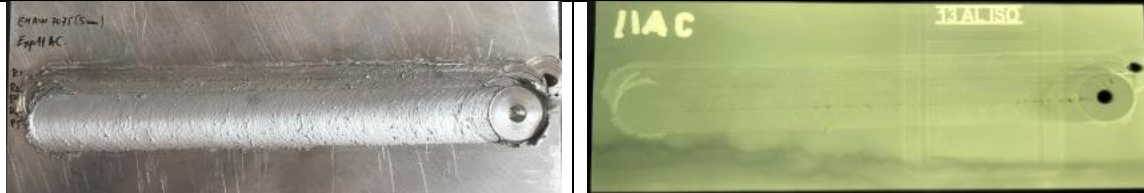
EN AW 5754 (3 mm), procesare SFSP în treceri multiple



EN AW 6082 (5mm), procesare SFSP în treceri multiple



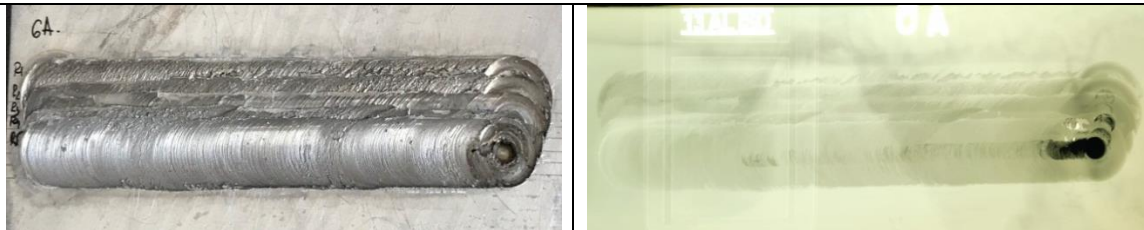
EN AW 7075 (5mm), procesare SFSP într-o trecere



EN AC 5083 (5mm), procesare SFSP într-o trecere



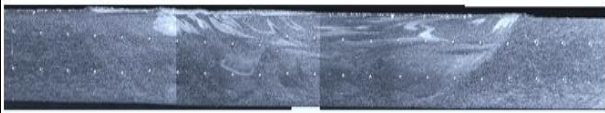
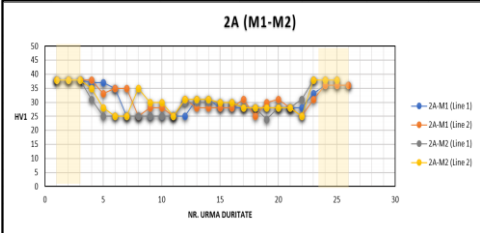

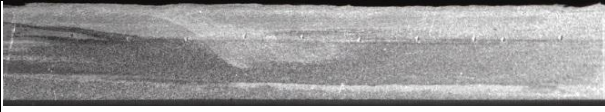
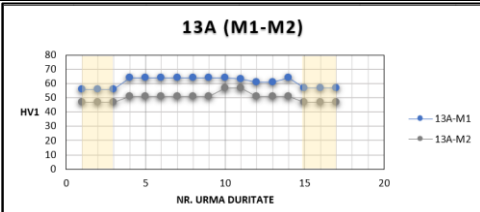
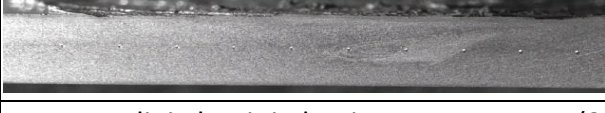
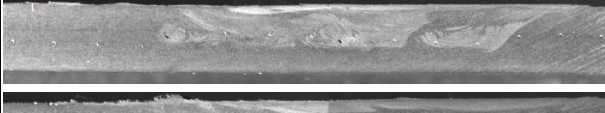
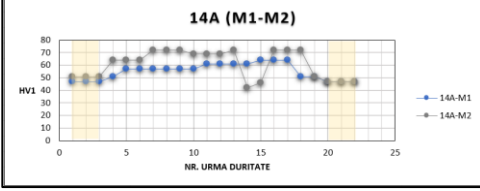
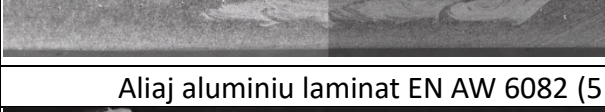
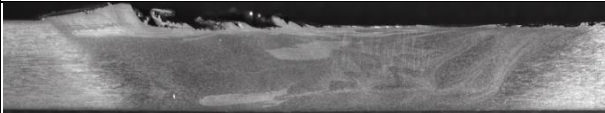
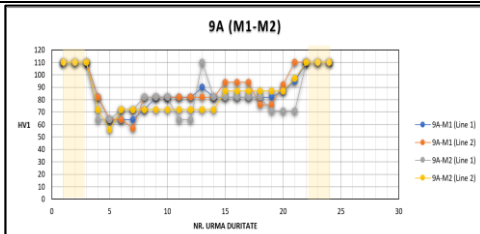
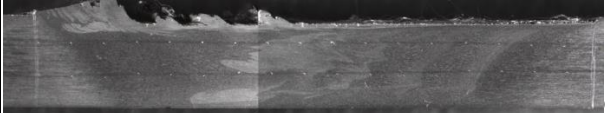

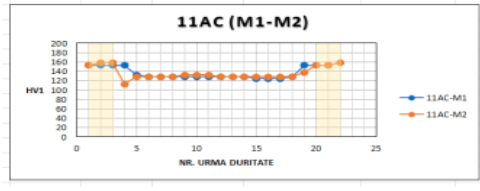
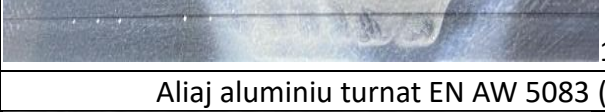
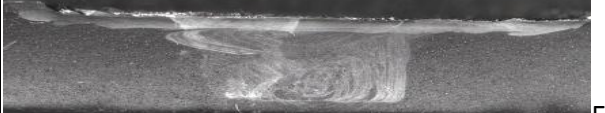
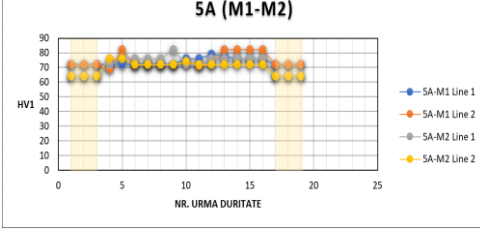
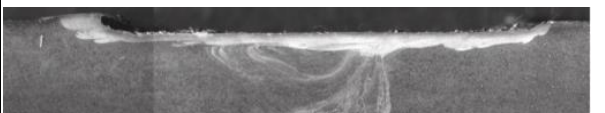
EN AC 5083 (5mm), procesare SFSP în treceri multiple

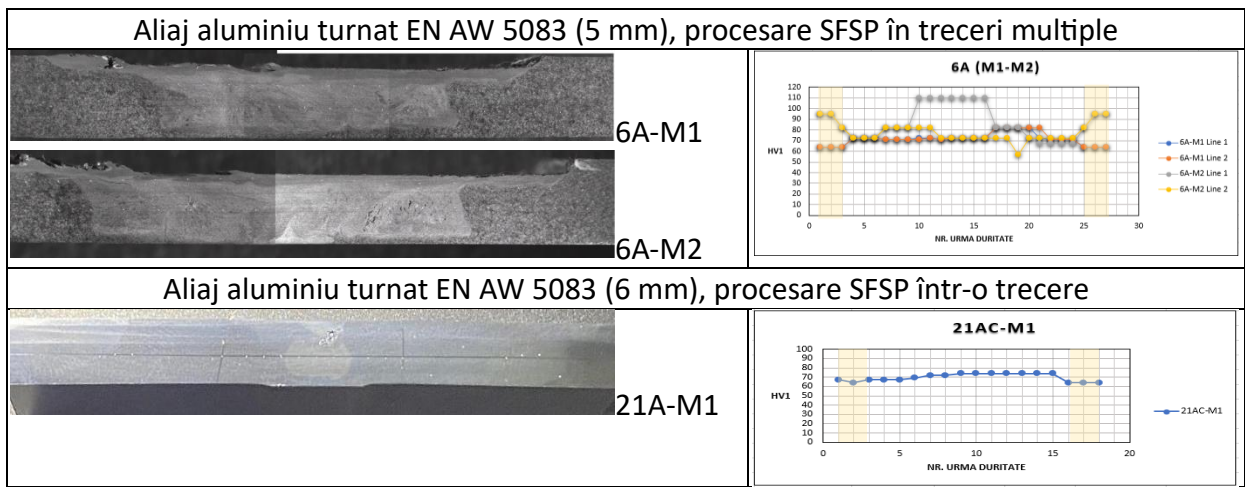


EN AC 5083 (6mm), procesare SFSP într-o trecere


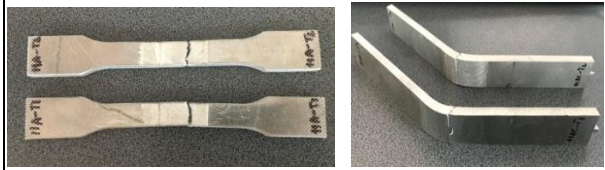








Tabelul 3 Aspect macroscopic și grafice de variație a durității în secțiune transversală a materialului procesat

Aliaj aluminiu laminat EN AW 1200 (5 mm), procesare SFSP în treceri multiple		
	2A-M1	
	2A-M2	
Aliaj aluminiu laminat EN AW 5754 (3 mm), procesare SFSP într-o trecere		
	13A-M1	
	13A-M2	
Aliaj aluminiu laminat EN AW 5754 (3 mm), procesare SFSP în treceri multiple		
	14A-M1	
	14A-M2	
Aliaj aluminiu laminat EN AW 6082 (5 mm), procesare SFSP în treceri multiple		
	9A-M1	
	9A-M2	
Aliaj aluminiu laminat EN AW 7075 (5 mm), procesare SFSP în treceri multiple		
	11AC-M1	
	11AC-M2	
Aliaj aluminiu turnat EN AW 5083 (5 mm), procesare SFSP într-o trecere		
	5A-M1	
	5A-M2	



Tabelul 4 Incercări mecanice de rupere la tracțiune și indoire - epruvete din materiale procesate

<p>EN AW 1200 (5 mm)</p>  <p>Rm= 64 N/mm<sup>2</sup> (72% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>	<p>EN AW 7075 (5 mm)</p>  <p>Rm= 154 N/mm<sup>2</sup> (68% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>
<p>EN AW 5754 (3 mm)</p>  <p>Rm= 154 N/mm<sup>2</sup> (68% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>	<p>EN AC 5083 (5 mm)</p>  <p>Rm= 215 N/mm<sup>2</sup> (98% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvete material procesat 55°, 96°</p>
<p>EN AW 5754 (3 mm)</p>  <p>Rm= 150 N/mm<sup>2</sup> (66% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>	<p>EN AC 5083 (5 mm)</p>  <p>Rm= 175 N/mm<sup>2</sup> (71% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvete material procesat 115°, 55°</p>
<p>EN AW 6082 (5 mm)</p>  <p>Rm= 194 N/mm<sup>2</sup> (67% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>	<p>EN AC 5083 (6 mm)</p>  <p>Rm= 108 N/mm<sup>2</sup> (98% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvete material procesat 55°, 96°</p>

Tabelul 5 Analiza SEM și EDX a suprafeței de rupere a unor epruvete încercate la tracțiune







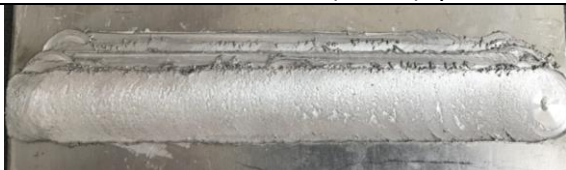
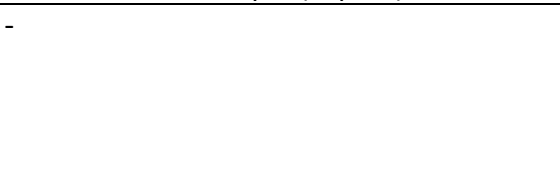

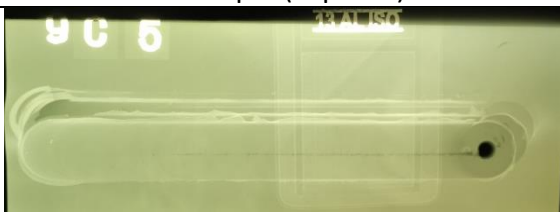

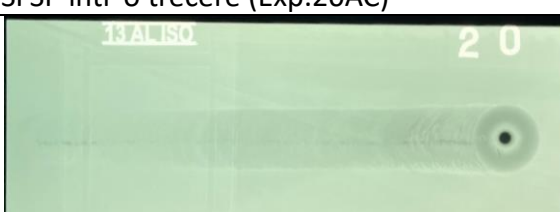
EN AW 1200 (5 mm)				EN AW 5754 (3 mm)				EN AW 5754 (3 mm)			
a) MB				a) MB				a) MB			
b) MB				b) MB				b) MB			
c) material procesat				c) material procesat				c) material procesat			
d) material procesat				d) material procesat				d) material procesat			
EN AW 6082 (5mm)				EN AW 7075 (5mm)				EN AC 5083 (5mm)			
a) MB				a) MB				a) MB			
b) MB				b) MB				b) MB			
c) material procesat				c) material procesat				c) material procesat			
d) material procesat				d) material procesat				d) material procesat			

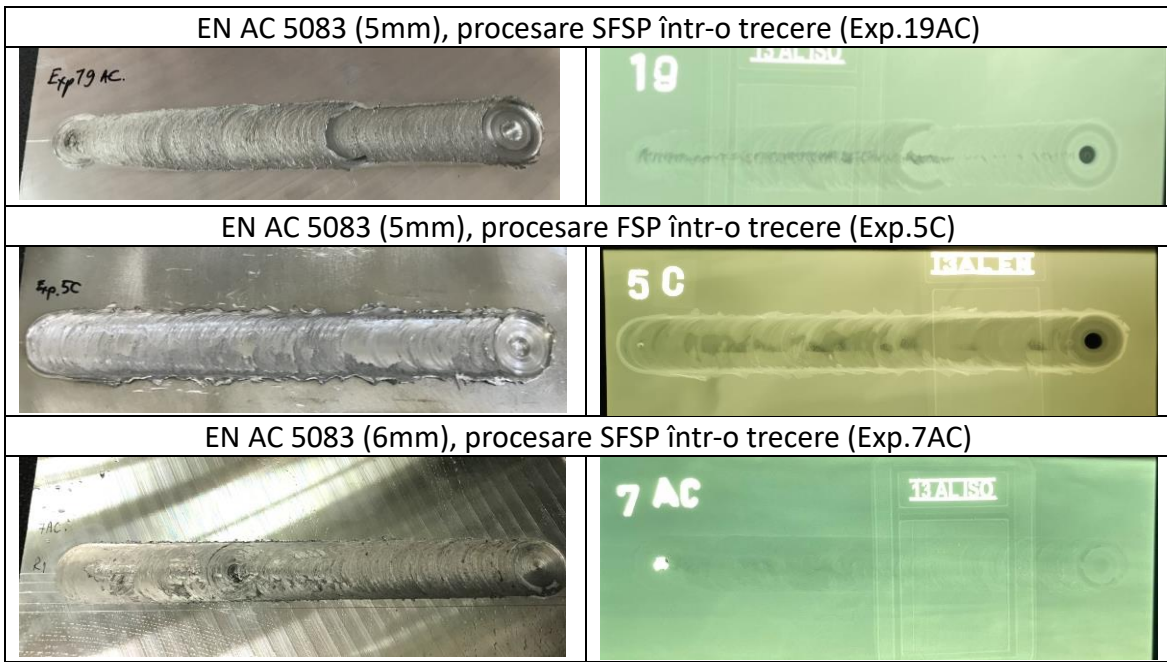
Datele prezentate în tabelele 2 și 3 arată un aspect bun al materialelor procesate (vizibil și pe imaginile Rx aferente), atât la nivelul suprafeței acestora, cât și în secțiune transversală a probelor prelevate din materialele procesate într-o trecere sau în treceri multiple. La nivel macroscopic se observă zonele de material procesat, fără defecte, compacte și bine consolidate. Graficele privind modificarea durității materialului procesat (tabelul 3) arată variații ale acestuia comparativ cu duritatea în zona materialului de bază, neprocesat. Datele privind rezultatele încercărilor mecanice de rupere la tracțiune și îndoire (tabelul 4) arată valorile medii ale rezistenței la rupere a materialului procesat comparativ cu rezistența la rupere a materialului de bază, precum și valorile unghiului de îndoire la care s-au fisurat epruvetele prelevate din materialele procesate. Pentru analiza suprafețelor de rupere a materialelor de bază și a unor epruvete prelevate din materiale procesate s-au realizat imagini SEM ale acestor zone de rupere la mărimi de 100x, 300x, 500x și 1000x, iar pentru analizarea elementelor constitutive pe o zonă de pe suprafața investigată, respectiv pe o linie din acea suprafață, s-a realizat analiza EDX (tabelul 5).

Astfel se pot analiza imagini și date aferente materialelor procesate și materialelor de bază, neprocesate.

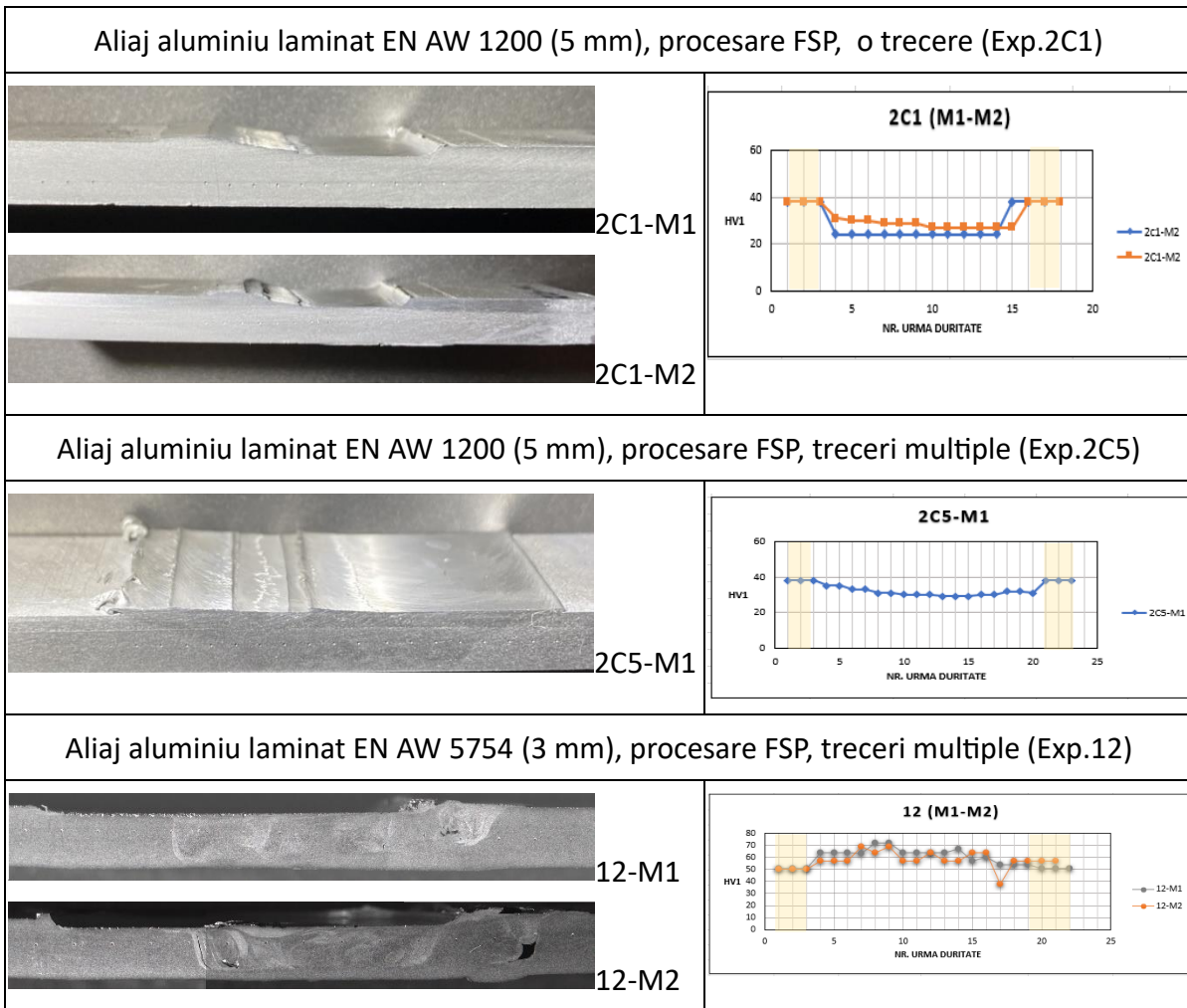
Programul de cercetări experimentale complexe a inclus mai multe experimente de procesare pe lângă cele prezentate mai sus, atât de procesare SFSP, cât și de procesare în mediu ambiant FSP, pentru aliajele de aluminiu abordate. S-au utilizat unelte de procesare cu geometrii ale uneltei și combinații de parametri de procesare în concordanță cu datele din tabelul 1. Date privind aceste experimente de procesare FSP și SFSP sunt prezentate în tabelele 6-8.

Tabelul 6 Aspect la suprafața materialului procesat și imagine Rx, procesare FSP și SFSP

Aspect proba procesată	Imagine examinare Rx
EN AW 1200 (5 mm), procesare FSP într-o trecere (Exp.2C1)	
	
EN AW 1200 (5 mm), procesare FSP în treceri multiple (Exp.2C5)	
	
EN AW 5754 (3 mm), procesare FSP treceri multiple (Exp.12)	
	
EN AW 5754 (3 mm), procesare SFSP în treceri multiple (Exp.15)	
	
EN AW 6082 (5mm), procesare FSP în treceri multiple (Exp.9C5)	
	
EN AW 7075 (5mm), procesare SFSP într-o trecere (Exp.20AC)	
	

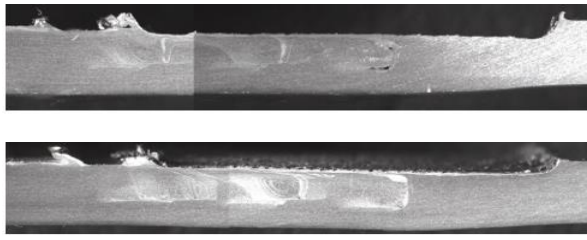


Tabelul 7 Aspect macroscopic și grafice de variație a durității în secțiune transversală a materialului procesat FSP și SFSP



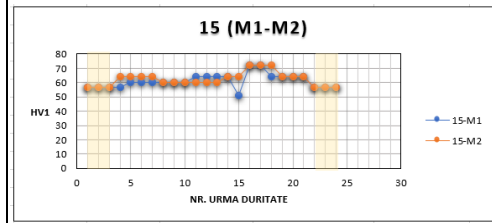


Aliaj aluminiu laminat EN AW 5754 (3 mm), procesare SFSP, treceri multiple (Exp.15)

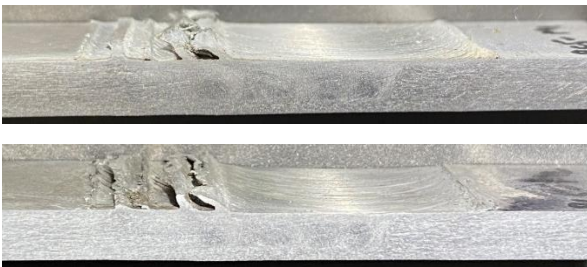


15-M1

15-M2

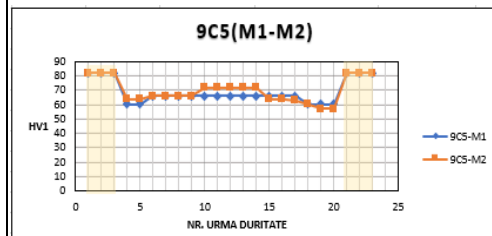


Aliaj aluminiu laminat EN AW 6082 (5 mm), procesare FSP, treceri multiple (Exp.9C5)



9C5-M1

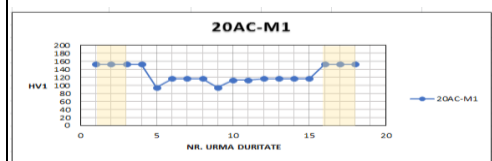
9C5-M2



Aliaj aluminiu laminat EN AW 7075 (5 mm), procesare SFSP, treceri multiple (Exp.20AC)



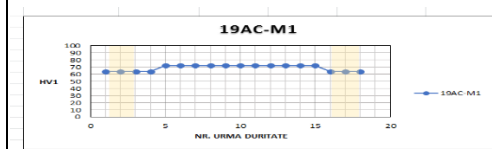
20AC-M1



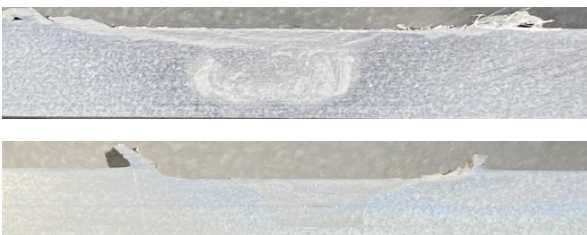
Aliaj aluminiu turnat EN AW 5083 (5 mm), procesare SFSP, o trecere (Exp.19AC)



19AC-M1

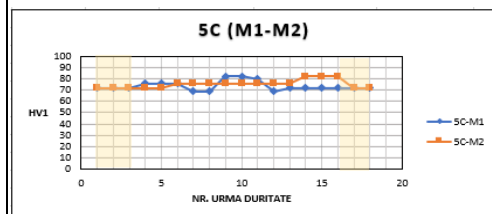


Aliaj aluminiu turnat EN AW 5083 (5 mm), procesare FSP, o trecere (Exp.5C)



5C-M1

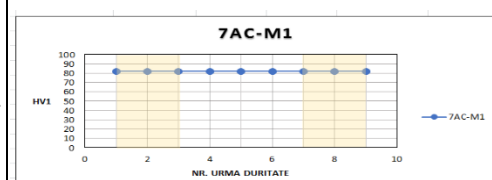
5C-M2








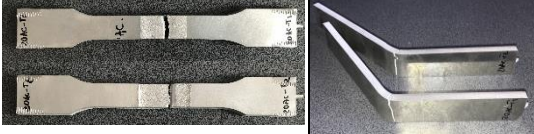



Aliaj aluminiu turnat EN AW 5083 (6 mm), procesare SFSP, o trecere (Exp.7AC)



7AC-M1



Tabelul 8 Incercări mecanice de rupere la tracțiune și îndoire - epruvete din materiale procesate FSP și SFSP

<p>EN AW 1200 (5 mm), FSP,1 trecere (Exp.2C1)</p> 	<p>EN AW 1200 (5 mm), FSP, treceri multiple (Exp.2C5)</p> 
<p>Rm= 61 N/mm<sup>2</sup> (69% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>	<p>Rm= 79 N/mm<sup>2</sup> (89% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>
<p>EN AW 5754 (3 mm), FSP, treceri multiple (Exp.12)</p> 	<p>EN AW 5754 (3 mm), FSP, treceri multiple (Exp.15)</p> 
<p>Rm= 58 N/mm<sup>2</sup> (26% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvete material procesat 60°, 38°</p>	<p>Rm= 73 N/mm<sup>2</sup> (32% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvete material procesat 60°, 110°</p>
<p>EN AW 6082 (5 mm), FSP, treceri multiple (Exp.9C5)</p> 	<p>EN AW 7075 (5mm), SFSP, 1 trecere (Exp.20AC)</p> 
<p>Rm= 156 N/mm<sup>2</sup> (54% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire maxim epruvete material procesat</p>	<p>Rm= 257 N/mm<sup>2</sup> (48% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvete material procesat 54°, 34°</p>
<p>EN AC 5083 (5mm), SFSP, 1 trecere (Exp.19AC)</p> 	<p>EN AC 5083 (5 mm), FSP, 1 trecere (Exp.5C)</p> 
<p>Rm= 88 N/mm<sup>2</sup> (40% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvetă material procesat 69°</p>	<p>Rm= 100 N/mm<sup>2</sup> (45% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvetă material procesat 51°</p>
<p>EN AC 5083 (6 mm), SFSP, 1 trecere (Exp.7AC)</p> 	
<p>Rm= 162 N/mm<sup>2</sup> (70% Rm<sub>MB</sub>) Unghi îndoire epruvetă material procesat 73°</p>	

Datele prezentate în tabelul 6 arată aspectul la suprafața materialelor procesate FSP/SFSP și imaginile examinării Rx aferente probelor prelevate din materialele procesate într-o trecere sau în treceri multiple. La nivel microscopic (tabelul 7) se observă zonele de material procesat compacte, consolidate. Graficele arată variația durtății în secțiune transversală a probelor prelevate din materialele procesate, în zona procesată și în zona materialului de bază. Datele privind rezultatele încercărilor mecanice de rupere la tracțiune și îndoire (tabelul 8) arată valorile medii ale rezistenței la rupere a materialului procesat comparativ cu rezistența la rupere a materialului de bază, precum și valorile unghiului de îndoire la care s-au fisurat epruvetele prelevate din materialele procesate. Pentru realizarea cercetărilor experimentale de procesare prin frecare cu element activ rotitor în mediu lichid (SFSP) s-a utilizat mașina de sudare FSW 4-10 din dotarea ISIM Timișoara, echipată cu module/elemente care să permită utilizarea apei ca mediu de lucru la procesare. Pentru evaluarea materialelor procesate s-au utilizat: spectrometru cu emisie optică OES tip Hitachi OE720 pentru analize chimice, echipament pentru examinare cu radiații penetrante cu sursă de radiații tip ERESO 42MF2, mașina de șlefuit

și lustruit probe probe tip Qpol 250A2-ECO, microscop optic Nikon SMZ745T cu cameră MshOt pentru examinare macroscopică, microscop XJP-6A cu camera foto Dino-lite pentru examinare microscopică, echipament Zwick 3212 pentru măsurare durității. Pentru încercări la tracțiune și la îndoire s-a utilizat mașina universală 100 kN tip LabTest 6.100. Pregătirea materialelor pentru experimentări (debitare table la dimensiuni) și prelevarea de probe/epruvete pentru programul de evaluare a materialelor procesate, s-a realizat utilizând un echipament de tăiere cu jet de apă OMAX Maxiem 1530. Unele dintre aceste echipamente sunt noi și performante, fiind achiziționate de ISIM în cadrul proiectului INFRATECH "Infrastructure for excellence research in welding", Cod SMIS 2014+126084 (contract 360/390036/27.09.2021).

Capitolul include și 8 specificații tehnologice de procesare pentru rezultatele cele mai bune obținute. De asemenea unele rezultate experimentale arată că ar fi utile unelte cu geometrii de pin mai robust, pentru care s-a elaborat documentația de execuție.

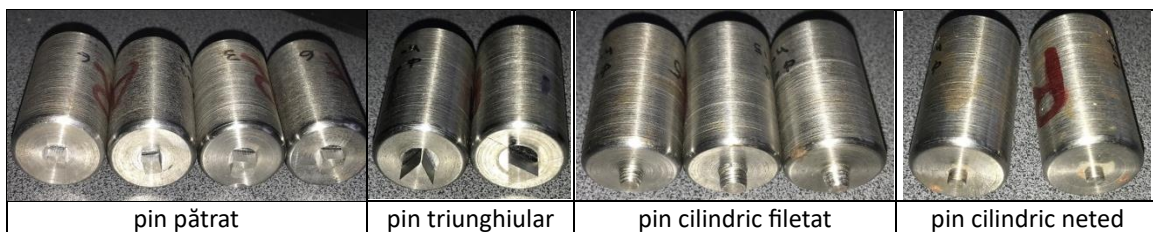


Fig. 2 Unelte de procesare cu diferite configurații geometrice ale pinului

Totodată s-au realizat intervenții pe mașina de sudare FSW 4-10 privind îmbunătățirea comenzilor de acționare ale acesteia prin modificări soft PLC OMRON și soft HMI Delta, respectiv monitorizare a deplasare pe axa x, care să permită o utilizare și o funcționare mai bună a mașinii cu performanțe/caracteristici îmbunătățite în timpul proceselor de lucru, stabilitate funcțională crescută a mașini, în vederea realizării de programe de cercetare experimentală cu o acuratețe îmbunătățită a rezultatelor.

Capitolul patru prezintă date privind activitățile de diseminare și de promovare a proiectului și a domeniului FSW, în concordanță acțiunile/direcțiile D1-D5 din planul de diseminare și exploatare a rezultatelor. Sunt prezentate date privind: actualizare website proiect (D1), lucrări științifice elaborate în cadrul fazei 4 (D2), materiale de promovare și promovare proiect la diferite evenimente tehnico-științifice (D3), participare la târguri/expoziții, saloane de invenții/inventică și cercetare (D4), echipamente, produse și tehnologii (D5).

D1 - Pagina web a proiectului - s-a realizat o actualizare a paginii web a proiectului PN 23.37.01.02, cu informații aferente fazei care se poate accesa la [www.isim.ro](http://www.isim.ro), rubrica cercetare, proiecte Nucleu ale ISIM Timișoara:

[owa.isim.ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02](http://owa.isim.ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02). Astfel se contribuie la completarea primului punct din planul de diseminare și valorificare a rezultatelor obținute în cadrul proiectului. Acesta are ca scop cunoașterea activităților și a rezultatelor obținute, fiind conturat de la începutul proiectului, prin promovarea pe website-ul ISIM a prezentului proiect. Pe website se prezintă informații care sunt actualizate la finalizarea fiecărei faze a proiectului și care conțin titlul proiectului, perioada de desfășurare, stadiul realizării proiectului, obiectivele

propuse, etapele de lucru și rezultatele obținute, materiale de promovare, precum și date de contact.

D2. Articole/lucrări științifice. A doua acțiune din planul de diseminare și valorificare a rezultatelor are ca scop elaborarea și publicarea de lucrări științifice în reviste/publicații de specialitate și/sau lucrări științifice prezentate la manifestări științifice, cu scopul cunoașterii procesării SFSP/FSP în mediul științific, academic și industrial, deschiderii de noi oportunități de colaborare, precum și creșterii vizibilității la nivel național și internațional a activităților de cercetare derulate.

Astfel, în cadrul fazei 4 a proiectului s-au elaborat 12 lucrări științifice pentru prezentare la Conferințe Internaționale, respectiv pentru publicare în reviste de specialitate:

- The 2nd International Engineering Conference, 26-30.08.2024, Novisad, Serbia, lucrare publicată în Book of Proceedings, ISBN 978-86-6022-692-3
  - L. N. Boțilă, E. Dobrin, G. V. Mnerie - *"Friction stir processing – method for increase of plasticity of EN AW 7075 aluminum alloy"*;
- 11th Edition of International Conference of Aerospace Sciences AEROSPAȚIAL 2024, 17-18.10.2024 București, Romania, lucrări publicate în INCAS Bulletin, Vol.16, Issue 4/2024, (P) ISSN 2066-8201, (E) ISSN 2247-4528
  - V. Ș. Constantin, L. N. Boțilă, R. Herci - *"Innovative techniques for joining and processing of some aluminum alloy used in the aircraft industry"*, INCAS Bulletin, Vol.16, Issue 4/2024, p.3-9, <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2024.16.4.1>;
  - E. Dobrin, L. N. Boțilă - *"Light metal alloys used in the aeronautical industry, suitable for FSW welding/FSP processing"*, INCAS Bulletin, Vol.16, Issue 4/2024, p.29-37, <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2024.16.4.3>;
- 15th Edition of International Conference Innovative Technologies for Joining Advanced Materials TIMA 24, 7-8.11.2024, Timișoara, Romania
  - L. N. Boțilă, I. A. Perianu, I. Duma, E. Dobrin, R. N. Popescu, R. Faur - *"Experimental research on submerged friction stir processing of EN AW 1200 aluminum alloy"*;
  - L. N. Boțilă, I. A. Perianu, I. Duma, V. Ș. Constantin, R. Faur, R. N. Popescu - *"Submerged friction stir processing of EN AW 5754 aluminum alloy"*;
  - A. O. Raia, L. N. Boțilă, E. Dobrin, A. C. Bucur, A. Cazacu – *"Fracture behaviour of EN AC 5083 cast aluminum alloy underwater friction stir processed"*;
  - E. Dobrin, L. N. Boțilă, R. Faur, G. V. Mnerie, L. I. Sîrbu - *"Analysis of the fracture surface in multiple pass SFSP processing of aluminum alloy EN AW 1200"*;
  - L. I. Sîrbu, L. N. Boțilă, R. Herci, R. Faur – *"Aspect of fracture surface analysis of aluminum alloy EN AW 6082 processed by underwater rotating active element friction"*;
  - G. V. Mnerie, L. N. Boțilă, R. Faur, B. Savić, A. Akac – *"Fracture surface analysis of EN AW 5754 aluminum alloy during submerged friction stir processing"*;
  - R. R. Herci, L. N. Boțilă, L. I. Sîrbu, R. Faur - *"SEM and EDX analysis of the fracture of the submerged friction stir processed EN AW 7075 aluminum alloy"*;
- The 23rd International Conference of Nonconventional Technologies ICNcT 23, 21-23.11.2024, Bucuresti, lucrări în curs de publicare în Revista Nonconventional Technologies Review,

- L. I. Sîrbu, L. N. Boțilă, G. V. Mnerie - *"Study on increasing the corrosion resistance of aluminum alloys by FSP/SFSP processing"* (în curs de publicare în Vol.28, Nr.4/ Decembrie 2024),
- G. V. Mnerie, L. N. Boțilă - *"Considerations regarding defects that may occur during FSP/SFSP processing of aluminum alloys"* (în curs de publicare),

Se menționează că la finalizarea fazei precedente (faza 3) a proiectului, o parte din lucrările științifice aferente fazei 3 care au fost în curs de publicare sau aprobate pentru transmitere în vederea publicării, au fost publicate, după cum urmează:

- L.N. Boțilă - *"Considerations regarding submerged friction stir processing of cast aluminum alloys"*, revista BID ISIM: Welding and Material Testing Nr.2/2024, pag. 10-16, An XXXII, ISSN 1453-0392 (print)
- V. Besalíc, L.N. Boțilă, E. Dobrin - *"Considerations regarding corrosion behavior of aluminum alloys processed by Friction Stir Processing (FSP) or Submerged Friction Stir Processing (SFSP)"*, revista Nonconventional Technologies Review, Vol. 28, Nr.3/2024, pag.3-7, ISSN 2359-8646 (print); ISSN 2359-8654 (online).
- E. Dobrin, L.N. Boțilă, G.V. Mnerie - *"Considerations of the influence of process parameters on the microstructure and mechanical properties of friction stir processed Al alloys"*, publicată în revista Nonconventional Technologies Review, Vol. 28, Nr. 3, Septembrie 2024. pag.8-17, ISSN 2359-8646 (print); ISSN 2359-8654 (online)

**D3. Materiale de promovare** Diseminarea rezultatelor și promovarea proiectului se realizează atât în format letric, prin lucrările științifice care se publică în reviste de specialitate și în volume de lucrări la conferințe, cât și în format electronic prin faptul că publicațiile sunt accesibile online. De asemenea, prin intermediul website-ului proiectului, este accesibilă online o cantitate importantă de informații privind proiectul și rezultatele obținute în cadrul fiecărei faze.

În cadrul prezentei faze a proiectului s-au elaborat și realizat **materiale de promovare**:

- 1 poster tip rollup de promovare a proiectului la diferite evenimente tehnico-științifice (Fig. 3a)
- 1 material de promovare a proiectului PN 23 37 01 01 (în limba română în format electronic) pentru 1 postare pe rețea socială (Fig. 3a, b).



a)

La ISIM Timișoara se află în derulare proiectul Nucleu PN 23 37 01 02 "Cercetări privind modificarea proprietăților materialelor metalice utilizând metoda ecologică și inovativă de procesare prin frecare cu element activ rotitor în mediu lichid". În perioada iunie-decembrie 2024 s-a derulat faza a patra a proiectului, care a vizat un program experimental complex privind aplicarea procesării prin frecare cu element activ rotitor sub apă (Submerged Friction Stir Processing – SFSP) la aliaje din aluminiu (turnate și laminate), precum și activități de diseminare și promovare a proiectului.

Proiectul se desfășoară în perioada 2023-2026 în cadrul Programului Nucleu al ISIM Timișoara "Cercetări avansate privind industria viitorului PN 23 27" InnoSIM.

Detalii suplimentare se pot obține accesând site-ul proiectului: <https://owa.isim.ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02>

b)

Fig. 3 Material de promovare proiect, tip rollup (a); Material promovare proiect pentru postare rețea socială (a, b)

- 1 prezentare powerpoint privind proiectul PN 13 27 01 02 si fazele de implementare a proiectului, pentru a fi inclusa la Conferința Internațională Innovative Technologies for Advanced Materials TIMA 24, organizată de ISIM Timișoara, 7-8.11.2024 (Fig. 4).



Fig. 4 Prezentare ppt proiect pt TIMA 2024

**D4. Participare la târquii/expoziții, saloane ale cercetării, actiuni de promovare a proiectului Nucleu și a cercetărilor în domeniul FSW**

- **Participare la Saloane de Inventii**
- Participare la Salonul Internațional de Invenții și Inovații „TRAIAN VUIA” Timișoara, ediția a X-a, 13-15.06.2024 Timișoara (Fig. 5)
  - ❖ R. Cojocaru, L.N. Boțilă - *”Dispozitiv de sudare prin frecare cu element activ rotitor, cu răcire cu aer a uneltei de sudare FSW și a materialelor de îmbinat” / ”Friction stir welding device with air cooling of the FSW welding tool and the materials to be joined”*, Cerere de brevet de invenție, Nr. înreg. OSIM A/00028/27.01.2022, publicată în RO-BOPI 7/2023 cu nr. RO 137552 A2,
  - ❖ L.N. Boțilă – *”Cercetări privind modificarea proprietăților materialelor metalice utilizând metoda ecologică și inovativă de procesare prin frecare cu element activ rotitor în mediu lichid” / ”Research on the properties modification of metallic materials by using the ecological and innovative method of submerged friction stir processing”*, proiect de cercetare PN 23 37 01 02/2023-2026, în cadrul Programului Nucleu PN 23 37 Inno-SIM.

Evenimentul a fost în desfășurare la data finalizării fazei trei a proiectului, fiind finalizat în 15.06.2024.



Fig.5 Participare si diplome obținute la Salonul Internațional de Invenții și Inovații „TRAIAN VUIA” Timișoara, ediția a X-a, 13-15.06.2024 Timișoara

- Acțiuni de promovare a proiectului Nucleu și a cercetărilor în domeniul FSW
- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la *Salonul Internațional de Invenții și Inovații "Traian Vuia"* 13-15.06.2024 Timișoara, România (Fig.6), (eveniment derulat și după finalizare faza 3 proiect), prin distribuire flyere proiect și chestionare în domeniul FSW/FSP, respectiv expunere mostre materiale sudate FSW cap la cap/ prin suprapunere materiale similare/disimilare, materiale procesate FSP, îmbinări nituite



Fig. 6 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP la Salonul Internațional de invenții și inovații "Traian Vuia", 13-15.06.2024, Timisoara

- Promovare proiect, domeniu FSW/FSP/procedee derivate la *The 2nd International Engineering Conference* Novisad Serbia,26-30.08.2024 (Fig. 7), prin prezentare material video privind FSW și procedee derivate, respectivi distribuire de flyere aferente proiectului



Fig.7 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la The 2nd International Engineering Conference, Novisad, Serbia, 26-30.08.2024

- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la evenimentul „*Forum on Vocational Excellence-COVE 2024*” organizat la EUREXPO Lyon, în Franța, în perioada 10-13.09.2024 (Fig.8), prin distribuire de flyere aferente proiectului, respectiv prezentare material video de promovare a domeniului FSW/FSP/procedee derivate.



Fig.8 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP la „Forum on Vocational Excellence-COVE 2024” organizat la EUREXPO Lyon, în Franța, în perioada 10-13.09.2024

- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la Noaptea Cercetătorilor Europeni 27.09.2024, Timisoara, Campus Nokia (Fig. 9), prin distribuire de flyere proiect și chestionare în domeniul FSW/FSP, expunere mostre materiale sudate FSW cap la cap/prin suprapunere materiale similare/disimilare, materiale procesate FSP, îmbinări prin nituire.



Fig. 9. Promovare proiect și domeniu FSW/FSP la Noaptea Cercetătorilor Europeni 27.09.2024, Timisoara, Campus Nokia

- Promovare domeniu FSW/FSP la 11th Edition of International Conference of Aerospace Sciences AEROSPAȚIAL 2024, 17-18.10.2024, București (postere, Fig. 10)



Fig.10 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP, la 11th Edition of International Conference of Aerospace Sciences AEROSPAȚIAL 2024, 17-18.10.2024 București



- Promovare domeniu FSW/FSP la 15th Edition of International Conference Innovative Technologies for Joining Advanced Materials TIMA 24, în perioada 7-8.11.2024, Timișoara, Romania (Fig. 11), prin distribuire de flyere aferente proiectului în domeniul FSW/FSP și prezentare ppt proiect în mape participanți (a), expunere rollup proiect la conferinta TIMA (b); expunere (la ISIM) mostre materiale sudate FSW cap la cap/prin suprapunere, materiale procesate FSP, îmbinări prin nituire, cu ocazia vizitării laboratorului FSW de catre participanti la conferinta TIMA24 și la Târgul de Inovare innoCENTA în 07.11.2024 (c)



Fig.11 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP la conferinta TIMA 7-8.11.2024

- Promovare domeniu FSW/FSP la Workshopul "New trends in welding sector", organizat în 08.11.2024 în cadrul proiectului COVE-WENDT – ERASMUS EDU-2023-PEX-COVE Centre of Vocational Excellence in Welding and Non-Destructive Testing, cu ocazia TIMA 24 (Fig. 12), prin prezentare ppt privind procedeul de sudare prin frecare cu element activ rotitor și procedee derivate (abordate în cercetări ISIM), ca tehnici verzi, ecologice de îmbinare/procesare

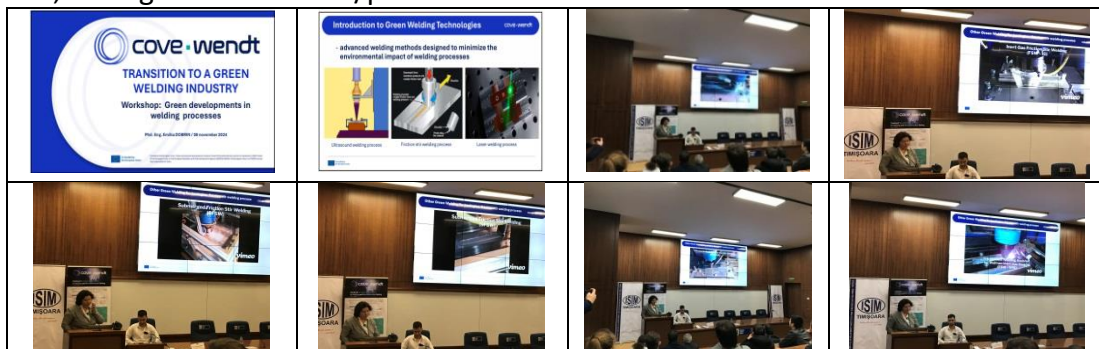


Fig.12 Promovare FSW și procedee derivate, workshop "New trends in welding sector", COVE-WENDT, 8.11.2024, Timisoara

- Promovare domeniu FSW/FSP la 1st Edition of International Exhibition of Innovation and Technological Transfer innoCENTA 7-8.11.2024, Timișoara (Fig.13, Fig.14), prin: distribuire de flyere aferente proiectului în domeniul FSW/FSP și prezentare ppt proiect - in mape participanti (Fig.11a); expunere rollup proiect la Târgul de Inovare innoCENTA (Fig.13a); expunere poster cerere brevet inventie RO 137450 A2 "Sistem pentru aplicarea metodei de sudare prin frecare cu element activ rotitor în mediu lichid" (Fig.13b); promovarea proiectului Nucleu și a CBI menționată mai sus, in catalogul Târgului de Inovare innoCENTA (Fig.13c).

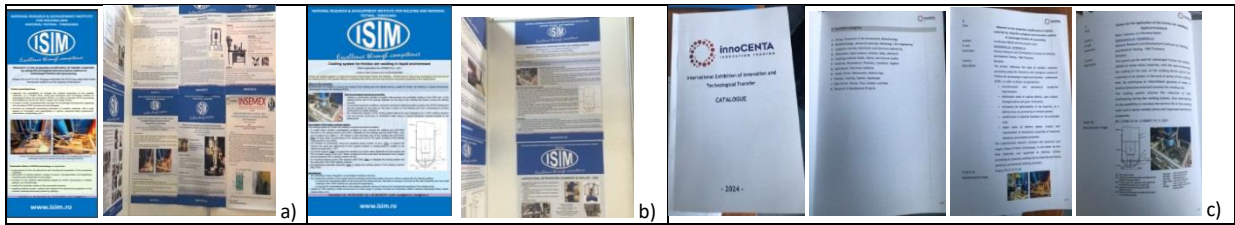


Fig. 13 Participare la Târgul de Inovare organizat cu ocazia conferinței TIMA 24



Fig.14 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP, la TIMA și la Târgul de Inovare, 7-8.11.2024, Timisoara

- Promovare domeniu FSW/FSP la *The 23rd International Conference of Nonconventional Technologies ICNcT 23, 21-23.11.2024, Bucuresti* (Fig.15), obținere diploma "Special Award" pentru lucrarea "Study on increasing the corrosion resistance of aluminum alloys by FSP/SFSP processing" prezentată la conferința ICNcT 2024 (Fig.16), prin: distribuire flyere promovare proiect și chestionare în domeniul FSW/FSP; prezentare ppt proiect – inclusă în mape participanți; prezentare material video de promovare a domeniului FSW/FSP/procedee derivate; prezentarea a 2 lucrari in domeniul FSW/FSP la conferinta ICNcT.



Fig.15 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP, la CONFERINTA ARTN, 21-23.11.2024, Bucuresti



Fig.16 Diploma "Special Award" pentru lucrarea prezentată la ICNcT 2024

- 1 postare pe rețea socială cu rol de informare privind proiectul, stadiul de implementare, etapizat. (Fig.17)



Fig. 17 a) Materiale pentru postare pe rețea socială aferentă fazei 4 a proiectului, b) material pentru promovare proiect în BID

## **D5. Echipamente, produse și tehnologii**

Acest punct din planul de diseminare se referă la echipamente utilizate la procesare, la unelte de procesare, respectiv tehnologii de procesare SFSP/FSP, privite din punct de vedere al includerii acestora în lucrări științifice, materiale de promovare a proiectului (postere, roll-up-uri), etc.

### ➤ Mașină de sudare FSW cu performanțe funcționale îmbunătățite

Mașina de sudare FSW 4-10 din dotarea ISIM, a cărei funcționallitate a fost îmbunătățită în cadrul proiectului, este utilizată în proiect la realizarea de programe de cercetare experimentală de procesare SFSP /FSP. Fiind elementul central care stă la baza realizării cercetărilor experimentale în domeniul FSW/FSP în cadrul unor proiecte de cercetare, date/imagini privind mașina de sudare sunt incluse în toate lucrările științifice, materialele de promovare a proiectului (flyer, poster, rollup), postări pe rețele sociale, informatii /rapoarte de pe pagina web, prezentări ppt la conferințe,etc. În acest mod și prin participarea/prezentarea/expunerea/distribuirea după caz, a celor menționate la diferite evenimente tehnico-științifice, este asigurată vizibilitatea acestora către mediul științific, academic și industrial.

### ➤ Unelte de procesare

Acestea sunt utilizate în cadrul programelor de cercetări experimentale de procesare, fiind particularizate din punct de vedere al materialului, geometriei și dimensiunilor, în funcție de tipul și grosimea materialului de procesat. Uneltele de procesare sunt esențiale pentru cercetările experimentale realizate în domeniul FSW/FSP în cadrul unor proiecte de cercetare, date sau imagini privind uneltele de procesare fiind incluse în lucrări științifice și în prezentările ppt aferente acestora, în rapoartele de activitate de pe pagina web, etc. În acest mod și prin participarea/prezentarea lucrărilor la diferite evenimente tehnico-științifice, este asigurată vizibilitatea către mediul științific, academic și industrial.

### ➤ Tehnologii de procesare

În cadrul proiectului se realizează cercetări experimentale de procesare pentru a putea dezvolta tehnologii de procesare prin care să se poată modifica local, pe zone delimitate, proprietățile materialului procesat. Cercetările experimentale au vizat aliaje de aluminiu laminate și turnate, utilizabile în mai multe domenii industriale (auto, mijloace de transport rutier, feroviar, construcții navale, aeronautică, etc.). Date experimentale de procesare sunt cuprinse în lucrări științifice prezentate la conferințe sau publicate în reviste de specialitate, respectiv cu rol informativ, în rapoarte de activitate de pe pagina web. Se asigură astfel vizibilitatea unor informații și rezultate obținute în cadrul proiectului privind procesarea sub apă a unor aliaje de aluminiu laminate și turnate.

Capitolul 5 cuprinde concluziile bazate pe rezultatele obținute în faza actuală.

- A fost prezentat stadiul actual al lucrărilor desfășurate în cadrul proiectului, fiind prezentate pe scurt: tematica, scopul și obiectivele proiectului, precum și principalele activități realizate în cadrul fazelor 1-3 ale proiectului.
- S-a structurat programul experimental complex de procesare FSP/SFSP pentru aliaje de aluminiu laminate și turnate, fiind prezentate date privind materialele de procesat (aliaje de aluminiu laminate și turnate), date privind unelte de procesare, precum și structura programului de experimentări de procesare, planul pentru evaluarea materialelor procesate, precum și specificații preliminare pentru procesare.

- Programul experimental complex de procesare SFSP pentru aliaje laminate (EN AW 1200, EN AW 5754, EN AW 6082, EN AW 5754) și turnate de aluminiu (EN AC 5083), de grosimi 3-6 mm, a utilizat diferite dimensiuni și geometrii ale uneltelor de procesare și diferiți parametri de procesare.
- Evaluarea complexă a probelor/epruvetelor prelevate din materialele procesate (examinare vizuală și Rx, analize structurale macro și microscopice, măsurători ale durității în secțiune transversală în materialul procesat, încercări la tracțiune și îndoire, analize chimice, SEM și EDX) arată că se pot obține rezultate și aspecte pozitive la procesarea SFSP a aliajelor de aluminiu abordate. Rezultatele cele mai bune obținute la procesarea SFSP sunt incluse în specificații de procesare pentru aliajele de aluminiu abordate. De asemenea și celelalte rezultate pozitive obținute s-ar putea îmbunătăți prin continuarea cercetărilor experimentale.
- Unele rezultate ale cercetărilor experimentale arată că ar fi utile unelte de procesare cu geometrii mai robuste ale pinului, care să reziste la solicitările determinate de parametri de procesare utilizați și care să permită realizarea procesării în bune condiții, fără a se produce ruperea pinului, pentru aceste unelte mai robuste fiind elaborate desene de execuție.
- S-au realizat intervenții pe mașina de sudare FSW 4-10 privind îmbunătățirea comenzilor de acționare ale acestora prin modificări soft și monitorizare deplasare pe axa x, care să permită o utilizare și o funcționare mai bună a mașinii cu performanțe/caracteristici îmbunătățite în timpul proceselor de lucru, stabilitate funcțională crescută a mașini, în vederea realizării de programe de cercetare experimentală de sudare și procesare cu o acuratețe îmbunătățită a rezultatelor.
- S-au realizat activități de diseminare în corelare punctele D1-D4 din planul de diseminare a proiectului.

Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului (se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de indeplinire a obiectivului cu referire la tintele stabilite și indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare).

Stadiul de implementare a proiectului: S-a finalizat faza 4 „Program experimental complex privind aplicarea SFSP la aliaje din aluminiu (turnate și laminate) în vederea dezvoltării de tehnologii de procesare SFSP. Diseminare rezultate” a proiectului Nucleu PN 23 37 01 02. Se poate concluziona că:

- S-a conceput un program experimental complex de procesare SFSP/FSP pentru aliaje de aluminiu laminate și turnate EN AW 1200, EN AW 5754, EN AW 6082, EN AW 5754 și EN AC 5083, de grosimi 3mm, 5mm și 6mm, fiind prezentate date privind materialele de procesat, date privind unelte de procesare, precum și structura programului de experimentări de procesare, planul pentru evaluarea materialelor procesate, precum și specificații preliminare pentru procesare.
- Programul experimental complex de procesare a aliajelor de aluminiu menționate a utilizat diferite dimensiuni și geometrii ale uneltelor de procesare, precum și diferiți parametri de procesare (turație uneltă și viteză de procesare).
- Programul de evaluare complexă a probelor/epruvetelor prelevate din materialele procesate a cuprins examinare vizuală și Rx, analize structurale macro și microscopice,

măsurători ale durtății în secțiune transversală în materialul procesat, încercări la tracțiune și îndoire, analize chimice, SEM și EDX. Rezultatele arată că se pot obține rezultate și aspecte pozitive la procesarea SFSP a aliajelor de aluminiu abordate. Rezultatele cele mai bune obținute la procesarea SFSP sunt incluse în 8 specificații de procesare pentru aliajele de aluminiu abordate. De asemenea și celelalte rezultate pozitive obținute s-ar putea îmbunătăți prin continuarea cercetărilor experimentale.

- S-au elaborat desene de execuție pentru unelte cu geometrii mai robuste ale pinului, având în vedere că unele rezultate ale cercetărilor experimentale arată că ar fi utile astfel unelte de procesare, care să aibă o rezistență mai bună la solicitările determinate de parametri de procesare utilizați și care să permită realizarea procesării în bune condiții, fără a se produce ruperea pinului.
- S-au realizat intervenții pe mașina de sudare FSW 4-10 privind îmbunătățirea comenzilor de acționare ale acesteia prin modificări soft și monitorizare deplasare pe axa x, care să permită o utilizare și o funcționare mai bună a mașinii cu performanțe/caracteristici îmbunătățite în timpul proceselor de lucru, stabilitate funcțională crescută a mașini, în vederea realizării de programe de cercetare experimentală de sudare și procesare cu o acuratețe îmbunătățită a rezultatelor.
- Diseminarea de informații privind rezultatele obținute în cadrul acestei faze a proiectului, precum și promovare proiectului, s-a realizat prin:
  - D1 - actualizarea paginii web a proiectului Nucleu ([owa.isim.ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02](http://owa.isim.ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02)),
  - D2 - 12 lucrări științifice prezentate la conferințe internaționale, respectiv pentru publicare în reviste de specialitate. S-a obținut diploma "Special Award" pentru una din lucrările prezentate la conferința ICNcT 2024.
  - D3 materiale de promovare:
    - 1 material de promovare a proiectului PN 23 37 01 02 (în limba română în format electronic) pentru postare pe rețea socială
    - 1 poster tip rollup pentru promovarea proiectului
    - 1 prezentare ppt privind implementarea proiectului, distribuită în mapele participanților la conferințe la care ISIM a fost organizator sau participant
    - chestionare în domeniul FSW/FSP distribuite participanților la evenimente tehnico-științifice la care ISIM a participat, 13 fiind completate
  - D4 - participare la 3 evenimente din categoria târguri/expoziții, saloane ale cercetării:
    - Salonul de invenții și inovații T. Vuia 13-15.06.2024, Timișoara (la care s-au primit 2 diplome medalia de aur și 2 certificate de excelență),
    - Expoziția Noaptea Cercetătorilor Europeni 27.09.2024 de la Timișoara,
    - 1st Edition of International Exhibition of Innovation and Technological Transfer innoCENTA 7-8.11.2024, Timișoara
  - D4 - 9 acțiuni de promovare proiect și domeniu FSW/FSP /procedee derivate la evenimente tehnico-științifice cu participare internațională:
    - Salonul Internațional de Invenții și Inovații "Traian Vuia" 13-15.06.2024 Timișoara, Romania;
    - The 2nd International Engineering Conference Novisad Serbia, 26-30.08.2024;
    - Forum on Vocational Excellence-COVE 2024" organizat la EUREXPO Lyon, în Franța, în perioada 10-13.09.2024;

- Noaptea Cercetătorilor Europeni 27.09.2024, Timisoara, Campus Nokia;
- 11th Edition of International Conference of Aerospace Sciences AEROSPAȚIAL 2024, 17-18.10.2024;
- 15th Edition of International Conference Innovative Technologies for Joining Advanced Materials TIMA 24;
- Workshopul "New trends in welding sector", organizat în 08.11.2024 în cadrul proiectului COVE-WENDT – ERASMUS EDU-2023-PEX-COVE: Centre of Vocational Excellence in Welding and Non-Destructive Testing, cu ocazia Conferinței TIMA 24;
- 1st Edition of International Exhibition of Innovation and Technological Transfer innoCENTA 7-8.11.2024, Timișoara, Romania;
- The 23rd International Conference of Nonconventional Technologies ICNcT 23, 21-23.11.2024, Bucuresti, Romania.
- D4 - postare pe rețea socială și promovare proiect în revista BID-ISIM
- D5 – promovare mașină de sudare cu performanțe îmbunătățite, unelte și tehnologii de procesare prin lucrări științifice prezentate la conferințe sau publicate în reviste de specialitate, respectiv cu rol informativ, în rapoarte de activitate de pe pagina web.

Obiectivele fazei 4 au fost îndeplinite, toate rezultatele obținute în cadrul acestei faze a proiectului fiind cuprinse în raportul de cercetare aferent fazei.

Activitățile prevăzute pentru faza 4 a proiectului au fost realizate, iar rezultatele obținute sunt în concordanță cu cele prezentate la pct. 3 și 4 și cu obiectivele prezentate la pct. 1 din prezentul raport de activitate și constau în:

- R4 – Unelte procesare FSP (4 buc.)
- R7 - Specificații de materiale de procesat (5 buc.);
- R8 - Specificații preliminară pentru procesare SFSP (17 buc.);
- R9 - Tehnologii de procesare SFSP/ specificații tehnologice -aliaje de Al (8 buc);
- R10 - Rapoarte de examinare, analize, încercări materiale procesate SFSP (5 buc);
- R11 - Website proiect și upload rezultate faza 4 (1 buc.)
- R12 - Articole/lucrări științifice sau tehnice (12 buc.)
- R13 - Materiale/activități de promovare proiect:
  - 1 material de promovare a proiectului pentru 1 postare rețea socială, pt. informare privind proiectul, stadiul de implementare etapizat și prezentare materiale de promovare a procesării SFSP;
  - 1 poster tip rollup, pentru promovare proiect la evenimente tehnico-științifice la care ISIM este organizator sau participant;
  - 1 prezentare ppt privind implementarea proiectului, distribuită în mapele participanților la conferințele TIMA și ICNcT;
  - chestionare completate (13 buc.) din mediul științific/academic și industrial privind cunoașterea domeniului FSW și interesul pentru implementarea în activități specifice;
  - participare la evenimente tehnico-științifice: salon invenții/târg/expo (3 buc.- Salonul internațional de invenții și inovații T. Vuia, Noaptea Cercetătorilor Europeni, 1st Edition of International Exhibition of Innovation and Technological Transfer innoCENTA)- prezentare proiect, CBI ale ISIM în domeniul FSW, creșterea vizibilității cercetărilor realizate;

- promovare proiect la 9 evenimente tehnico-științifice , promovare proiect pe rețea socială și în revista Sudarea și Încercarea Materialelor.
- R16 - Raport de cercetare (1 buc.) și raport de activitate (1 buc.) cu rezultatele cercetării aferente fazei 4
- R17 – Raport anual proiect (1)

Lucrările proiectului vor continua cu faza 5 a proiectului “Program experimental de procesare SFSP a unor aliaje de aluminiu îmbinate prin procedee convenționale de sudare. Evaluare posibilități de aplicare. Diseminare rezultate”.

Responsabil proiect,

Ing. Boțilă Lia-Nicoleta