

Rezumatul fazei 5

Lucrarea de față reprezintă faza 5 intitulată "Program experimental de procesare SFSP a unor aliaje de aluminiu îmbinate prin procedee convenționale de sudare. Evaluare posibilități de aplicare. 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 privind aplicarea procesării prin frecare cu element activ rotitor în mediu de lucru lichid, respectiv în mediu ambiant, la aliaje de aluminiu laminate și turnate care au fost sudate înainte de procesare, 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 faza 5 sunt structurate în șase 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 1-4 ale proiectului.

Capitolul al doilea prezintă date privind structurarea programului experimental de procesare SFSP/FSP pentru aliaje de aluminiu laminate și turnate, sudate în prealabil prin procedee convenționale. Sunt prezentate date privind compoziția chimică și proprietățile mecanice ale materialelor de procesat abordate (aliaje de aluminiu laminate EN AW 1200, EN AW 6082 și EN AW 7075, de grosimi 5 mm, respectiv aliaj turnat EN AC 5083 de grosimi 5 mm și 6 mm), precum și aspecte privind sudarea WIG a aliajelor de aluminiu. Este prezentată sintetic structura programului experimental de sudare WIG (tabelul 1), precum și planul propus pentru evaluarea și caracterizarea materialelor îmbinate prin procedee convenționale de sudare. Capitolul cuprinde structura propusă pentru programul experimental de procesare SFSP/FSP a aliajelor de Al sudate prin procedee convenționale (tabelul 2), date privind unelte pentru procesare, precum și planul de evaluare a materialelor procesate.

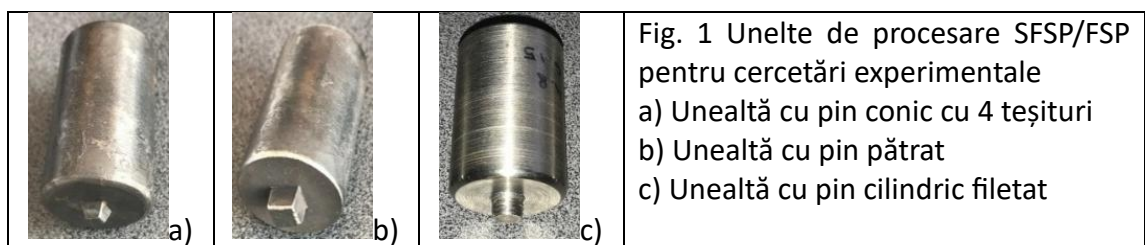
Tabelul 1 Structura propusă pentru programul experimental de sudare WIG

Materiale de sudat		Nr. experiment sudare WIG	Material de adaos	Diametru metal de adaos [mm]	Date pentru sudare WIG
Tip	grosime				Intensitate curent AC:150-155 A
EN AW 1200	5 mm	Exp.1 WIG	Al Mg 3	2	Tensiune arc 20-22 V
EN AW 6082	5 mm	Exp.2 WIG	Al Mg 5	2	Viteza sudare 1,3-1,7 mm/sec
EN AW 7075	5 mm	Exp.3 WIG	Al Mg 5	2	Electrod de wolfram WL10, Ø 2,4 mm
EN AC 5083	5 mm	Exp.4 WIG	Al Si 5	2	Gaz de protecție I1, debit 6-8l/min
EN AC 5083	6 mm	Exp.5 WIG	Al Si 5	2	Unghi înclinare cap sudare 85°

Tabelul 2 Structura propusă pentru programul experimental de procesare FSP/SFSP

Materiale de bază, tip (grosime, mm)	Unealta procesare				Parametri procesare				Tip procesare	Nr. Exp.
	Material unealtă	Tip/diametru umăr $\varnothing_{umăr}$ (mm)	Tip pin	Lungime pin Lpin (mm)	Turație unealta (rot/min)	Viteză procesare (mm/min)	Sens rotire unealtă	Nr. treceri procesare, pas (mm)		
EN AW 1200 laminat (5 mm)	Oțel H11 X38CrMoV5	neted 22	pin conic 4 tesituri plane	3,8-3,95	2300-2500	50-70	AO	1 trecere	SFSP	1A
									FSP	1B
EN AW 6082 laminat (5mm)	Oțel H11 X38CrMoV5	neted 22	pin conic 4 tesituri plane	3,8-3,95	2300-2500	500-700	AO	1 trecere	SFSP	2A
									FSP	2B
EN AW 7075 laminat (5mm)	Oțel C45	neted 22	pin conic 4 tesituri plane	3,8-3,95	2300-2500	100	AO	1 trecere	SFSP	3A
									FSP	3B
EN AC 5083 turnat (5mm)	Oțel H11 X38CrMoV5	neted 22	pin pătrat	3,7-3,95	2300-2500	70	AO	1 trecere	SFSP	4A
									FSP	4B
EN AC 5083 turnat (6mm)	Oțel H11 X38CrMoV5	neted 22	pin cilindric filetat	4,8-5,0	2500-2700	50	AO	1 trecere	SFSP	5A
									FSP	5B

Uneltele de procesare propuse pentru utilizare în cadrul programului experimental sunt prezentate în fig. 1, fiind realizate din oțel de scule H11, respectiv oțel C45, lungimea pinului fiind în corelare cu grosimile materialelor de procesat.



Pe lângă uneltele prevăzute a se utiliza în programul de experimentări de procesare, au fost realizate noi unelte, cu pin pătrat cu fețe teșite la vârful pinului (fig. 2), având dimensiuni diferite ale pinului. S-au realizat unelte de procesare cu lungimi ale pinului de 3,5 mm, 4,2 mm și 5,2 mm, pentru table de grosimi 4mm, 5mm și 6mm.

Fig. 2 Unelte cu pin pătrat robust, muchii teșite

Pentru evaluarea materialelor procesate SFSP/ FSP, planul propus cuprinde examinare vizuală și cu radiații penetrante Rx a materialelor procesate, analize structurale (micro- și macroscopice), măsurători de duritate în zona procesată, încercări mecanice de rupere la tracțiune și încercări de îndoire statică. Capitolul include și specificații preliminare de procesare pentru aliajele abordate, sudate WIG în prealabil.

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 diferite echipamente din dotarea ISIM, unele dintre acestea fiind noi și performante, achiziționate de ISIM în cadrul proiectului INFRATECH "Infrastructure for excellence research in welding", Cod SMIS 2014+126084 (contract 360/390036/27.09.2021).

Capitolul trei prezintă date privind programul experimental de procesare SFSP/FSP a unor îmbinări sudate WIG din aliajele abordate: EN AW 1200 (5 mm), EN AW 6082 (5 mm), EN AW 7075 (5 mm), EN AC 5083 (5 mm și 6mm).

În prima parte a capitolului sunt prezentate date privind îmbinările sudate WIG pentru aliajele de aluminiu menționate, fiind realizate (cu datele din tabelul 1, conform unor specificații de sudare, WPS), seturi de probe sudate pe fiecare material, pentru evaluarea îmbinării sudate WIG, pentru procesare SFSP și pentru procesare FSP.

Din aceste probe sudate, câte una din fiecare material (Exp.1 proba 1, Exp. 2 proba 16, Exp. 3 proba 13, Exp. 4 proba 7 și Exp. 5 proba 9) s-a evaluat ca îmbinare sudată WIG, celelalte probe fiind supuse procesării prin frecare cu element activ rotitor în mediu de lucru lichid (SFSP) și în mediu ambiant (FSP).

Aspectul tuturor probelor sudate WIG și examinarea Rx a acestora este prezentat în fig. 3. Rezultatele evaluării acestor probe (aspect macroscopic și microscopic, variație durității și valori medii, aspect epruvete încercate la tracțiune și rezistența medie la rupere la tracțiune, epruvete încercate la îndoire și unghiul de îndoire) sunt prezentate în tabelul 3.

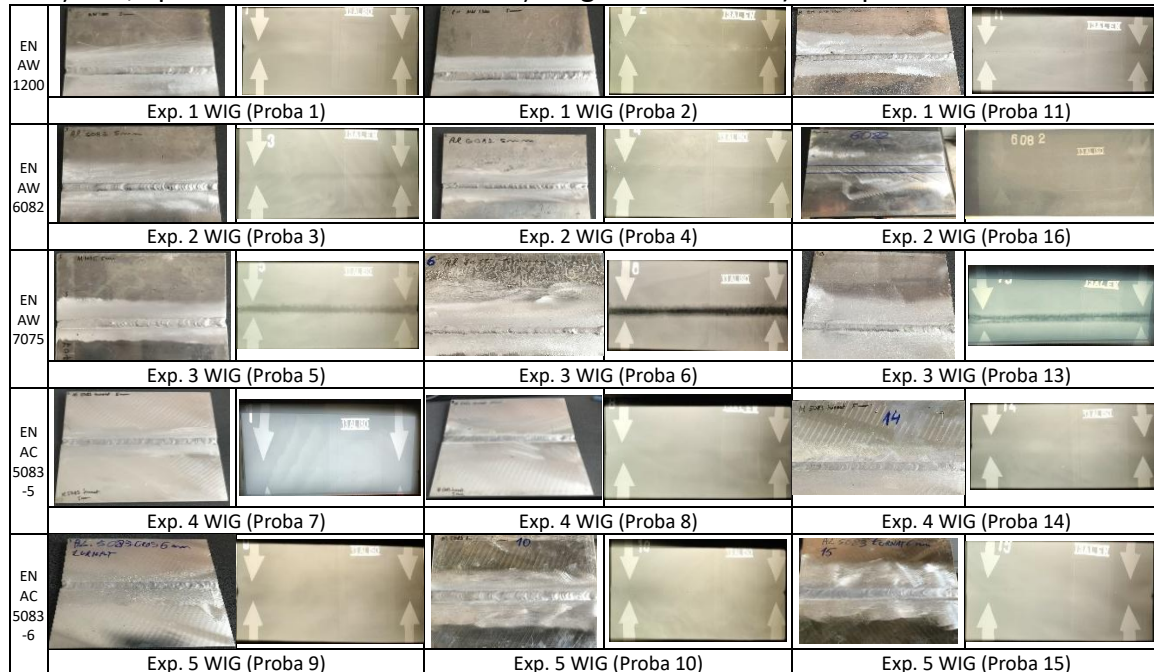


Fig. 3 Aspect probe sudate WIG și imagine examinare Rx a acestora

Tabelul 3 Rezultate ale evaluării îmbinărilor sudate WIG

	Exp.1 WIG	Exp. 2 WIG	Exp. 3 WIG	Exp. 4 WIG	Exp. 5 WIG
Aspect macroscopic					
Aspect microstructura material de bază și material sudat					
Variație durități și valori medii în zona sudată	 36 HV1	 54 HV1	 87 HV1	 70 HV1	 73 HV1
Rezistența la rupere la tracțiune epruvete materiale sudate	 $R_{m\text{ medie}} = 50 \text{ N/mm}^2$	 $R_{m\text{ medie}} = 83 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 86 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 175 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 164 \text{ N/mm}^2$
Unghi de îndoire epruvete materiale sudate	 $\alpha = 180^\circ$	 $\alpha = 28^\circ, 180^\circ$	 $\alpha = 41^\circ, 43^\circ$	 $\alpha = 35^\circ, 46^\circ$	 $\alpha = 36^\circ, 60^\circ$

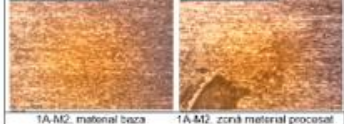
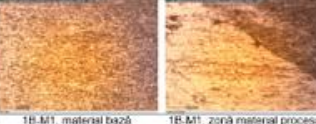
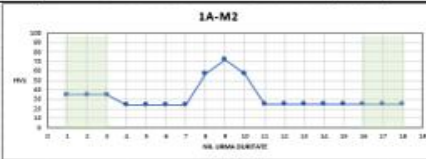
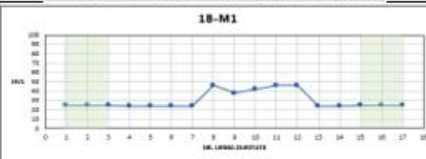
Pentru fiecare material abordat (sudat WIG în prealabil) s-a realizat procesare SFSP și FSP într-o trecere, conform datelor din tabelul 2. Au fost prezentate datele experimentale de procesare (grosimi ale materialelor de procesat, tipuri/geometrii și dimensiuni de unelte utilizate pentru experimentări, 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.

Datele prezentate în tabelele 2 și 3 arată aspectul materialelor îmbinate prin sudare (vizibil și pe imaginile Rx aferente), atât la nivelul suprafeței acestora, cât și în secțiune transversală a probelor prelevate din materialele sudate. La nivel macroscopic se observă zonele de material compacte, fără defecte și bine consolidate. Graficele privind duritatea arată variații ale acesteia comparativ cu duritatea în zona materialului de bază. Datele privind rezultatele încercărilor mecanice de rupere la tracțiune și îndoire arată valorile medii ale rezistenței la rupere a materialului sudat, precum și valorile unghiului de îndoire la care s-au fisurat epruvetele prelevate din îmbinările sudate.

În tabelele 4-8 sunt prezentate sintetic spre exemplificare rezultate experimentale obținute la procesarea SFSP și FSP, pentru fiecare material abordat.

Datele din tabelul 4 arată comparativ rezultate obținute la procesarea SFSP și FSP a tablelor din aliaj de aluminiu EN AW 1200 de grosime 5 mm (Exp. 1A și Exp. 1B), sudate WIG înainte de procesare, observând că rezultatele procesării SFSP sunt mai bune comparativ cu procesarea FSP a îmbinării sudate WIG.

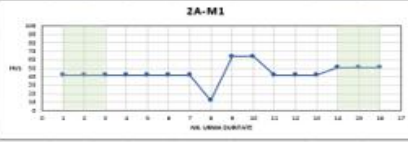
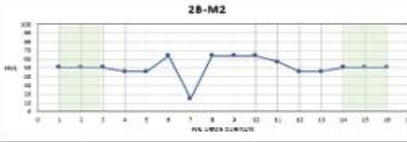
Tabelul 4 Procesare SFSP și FSP la EN AW 1200 sudat WIG (Exp. 1A și Exp. 1B)

Tip procesare	Procesare SFSP îmbinare sudată WIG	Procesare FSP îmbinare sudată WIG
Nr. Exp., material	Exp. 1A, EN AW 1200	Exp. 1B, EN AW 1200
Aspect probă procesată		
Aspect macroscopic probă procesată		
Aspect microstructură probă procesată	 1A-M2, material bază 1A-M2, zonă material procesat	 1B-M1, material bază 1B-M1, zonă material procesat
Variație durități și valori medii în zona procesată	 Duritate medie 34 HV1	 Duritate medie 33 HV1
Rezistența la rupere la tracțiune epruvete procesate	 $R_{m\text{medie}} = 51 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 41 \text{ N/mm}^2$
Îndoire probe procesate, unghi îndoire	 $\alpha = 180^\circ$	 $\alpha = 95^\circ$

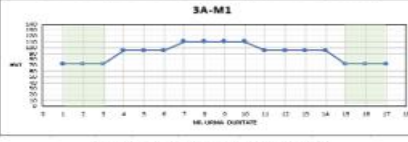
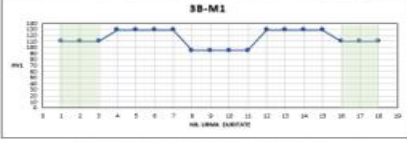
Datele din tabelele 5 și 6 arată rezultate obținute la procesarea SFSP și FSP a tablelor de grosime 5mm din aliaj de aluminiu EN AW 6082 (Exp. 2A și Exp.2B) și EN AW 7075 (Exp.3A și Exp. 3B), sudate WIG înainte de procesare. Condițiile de procesare au fost aceleași din

punct de vedere al materialelor de procesat, uneltelor și parametrilor de procesare pentru fiecare pereche de experimente de procesare.

Tabelul 5 Procesare SFSP și FSP la EN AW 6082 sudat WIG (Exp. 2A și Exp. 2B)

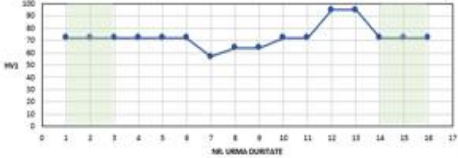
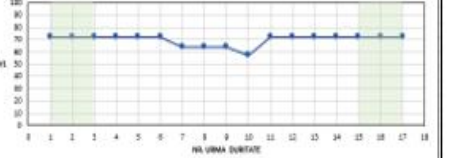
Tip procesare	Procesare SFSP îmbinare sudată WIG	Procesare FSP îmbinare sudată WIG
Nr. Exp., material	Exp. 2A, EN AW 6082	Exp. 2B, EN AW 6082
Aspect probă procesată		
Aspect macroscopic probă procesată		
Aspect microstructură probă procesată	 2A-M1, material baza 2A-M1, zone material procesat	 2B-M2, material baza 2B-M2, zone material procesat
Variație durității și valori medii în zona procesată	 Duritate medie 43 HV1	 Duritate medie 51 HV1
Rezistența la rupere la tracțiune epruvete procesate	 $R_m = 36 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 41 \text{ N/mm}^2$
Îndoire probe procesate	 $\alpha = 66^\circ$	 $\alpha = 22^\circ$

Tabelul 6 Procesare SFSP și FSP la EN AW 7075 sudat WIG (Exp. 3A și Exp. 3B)

Tip procesare	Procesare SFSP îmbinare sudată WIG	Procesare FSP îmbinare sudată WIG
Nr. Exp., material	Exp. 3A, EN AW 7075	Exp. 3B, EN AW 7075
Aspect probă procesată		
Aspect macroscopic probă procesată		
Aspect microstructură probă procesată	 3A-M1, material baza 3A-M1, zone material procesat	 3B-M1, material baza 3B-M1, zone material procesat
Variație durității și valori medii în zona procesată	 Duritate medie 100 HV1	 Duritate medie 118 HV1
Rezistența la rupere la tracțiune epruvete procesate	 $R_m = 141 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 42 \text{ N/mm}^2$
Îndoire probe procesate	 $\alpha = 20^\circ, 32^\circ$	 $\alpha = 18^\circ$

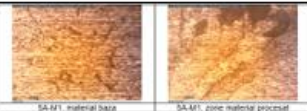
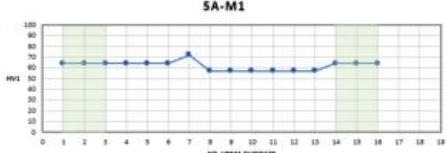
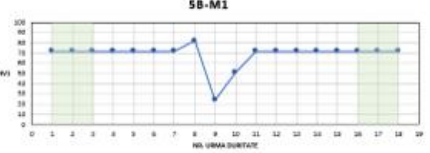
Tabelul 7 arată rezultate obținute la procesarea SFSP și FSP a tablelor din aliaj de aluminiu turnat EN AC 5083 de grosime 5 mm (Exp. 4A și Exp. 4B), sudate WIG înainte de procesare. Condițiile de procesare au fost aceleași din punct de vedere al materialelor de procesat, uneltelor și parametrilor de procesare. La ambele probe aspectul macroscopic arată material procesat bine consolidat, fără defecte/imperfecțiuni vizibile. Prezentarea comparativă oferă o imagine mai sintetică a rezultatelor obținute la cele două tipuri de procesare.

Tabelul 7 Procesare SFSP si FSP la EN AC 5083-5mm sudat WIG (Exp. 4A și Exp. 4B)

Tip procesare	Procesare SFSP îmbinare sudată WIG	Procesare FSP îmbinare sudată WIG
Nr. Exp., material	Exp. 4A, EN AC 5083 (5mm)	Exp. 4B, EN AC 5083 (5mm)
Aspect probă procesată		
Aspect macroscopic probă procesată		
Aspect microstructură probă procesată	  4A-M2, MB 4A-M2, material procesat	  4B-M1, material bază 4B-M1, zonă material procesat
Variație durități și valori medii în zona procesată	4A-M2  Duritate medie 74 HV1	4B-M1  Duritate medie 69 HV1
Rezistența la rupere la tracțiune epruvete procesate	 $R_{m\text{medie}} = 160 \text{ N/mm}^2$	 $R_{m\text{medie}} = 67 \text{ N/mm}^2$
Îndoire probe procesate	 $\alpha = 60^\circ, 61^\circ$	 $\alpha = 44^\circ, 28^\circ$

Datele din tabelul 8 arată rezultate obținute la procesarea SFSP și FSP a tablelor din aliaj de aluminiu turnat EN AC 5083 de grosime 6 mm (Exp. 5A și Exp. 5B), sudate WIG înainte de procesare. Condițiile de procesare au fost aceleași pentru ambele experimente, din punct de vedere al materialelor de procesat, uneltelor și parametrilor de procesare. Rezultatele obținute la procesarea acestui material nu sunt pozitive, cauze posibile fiind legate de geometria și dimensiunile uneltei de procesare, grosimea mai mare de material de procesat și posibile neomogenități în structura acestuia, precum și parametrii de proces utilizați.

Tabelul 8 Procesare SFSP si FSP la EN AC 5083-6mm sudat WIG (Exp. 5A și Exp. 5B)

Tip procesare	Procesare SFSP îmbinare sudată WIG	Procesare FSP îmbinare sudată WIG
Nr. Exp., material	Exp. 5A, EN AC 5083 (6 mm)	Exp. 5B, EN AC 5083 (6 mm)
Aspect probă procesată		
Aspect macroscopic probă procesată		
Aspect microstructură probă procesată		
Variație durități și valori medii în zona procesată	 Duritate medie 61 HV1	 Duritate medie 67 HV1
Rezistența la rupere la tracțiune epruvete procesate	 $R_m = 104 \text{ N/mm}^2$	 $R_m = 20 \text{ N/mm}^2$
Îndoire probe procesate	 $\alpha = 75^\circ$	 $\alpha = 17^\circ$

Pentru toate experimentele prezentate (sudare WIG, procesare SFSP și procesare FSP) încercările la îndoire s-au realizat, după caz, atât cu rădăcina întinsă (cazul cel mai defavorabil), cât și cu suprafața sudată/procesată întinsă.

S-au elaborat specificații tehnologice pentru procesarea prin frecare cu element activ rotitor sub apă pentru aliaj de aluminiu EN AW 1200 de grosime 5mm și aliaj de aluminiu turnat EN AC 5083 de grosime 5mm.

Capitolul patru prezintă câteva date privind continuarea evaluării unor materiale procesate în faza 4 a proiectului (pentru care s-au obținut cele mai bune rezultate la procesare FSP/SFSP), din punct de vedere al analizelor SEM și EDS, date ce vor fi utilizate în elaborarea de lucrări științifice. Tabelele 9-11 prezintă date privind aceste analize pentru probe din aliaje de aluminiu EN AW 1200 și EN AW 6082 procesate FSP, EN AW 7075 procesat SFSP, precum și EN AC 5083 procesat SFSP și FSP. 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 EDS. Astfel se pot analiza imagini și date aferente materialelor procesate și materialelor de bază, neprocesate.

Tabelul 9 Analiza SEM și EDS a suprafeței de rupere a unor epruvete încercate la tracțiune (EN AW 1200 și EN AW 6082, procesare FSP)

EN AW 1200 (5 mm), procesare FSP				EN AW 6082 (5mm), procesare FSP			
MB 1200-T2 (100x)	MB 1200-T2(300x)	MB 1200-T2 (500x)	MB 1200-T2(1000x)	MB 6082-T2 (100x)	MB 6082-T2(300x)	MB 6082-T2 (500x)	MB 6082-T2(1000x)
2C5-T1 (100x)	2C5-T1 (300x)	2C5-T1 (500x)	2C5-T1 (1000x)	9C5-T2 (100x)	9C5-T2 (300x)	9C5-T2 (500x)	9C5-T2 (1000x)
a) MB, analiză pe suprafață	b) MB, analiză pe o linie			a) MB, analiză pe suprafață	b) MB, analiză pe o linie		
c) 2C5-T1, analiză pe suprafață	d) 2C5-T1, analiză pe o linie			c) 9C5-T2, analiză pe suprafață	d) 9C5-T2, analiză pe o linie		

Tabelul 10 Analiza SEM și EDS a suprafeței de rupere a unor epruvete încercate la tracțiune (EN AW 7075, procesare SFSP , într-o trecere și în treceri multiple)

EN AW 7075 (5mm), procesare SFSP							
MB 7075-T2 (100x)	MB 7075-T2(300x)	MB 7075-T2 (500x)	MB 7075-T2(1000x)	MB 7075-T2 (100x)	MB 7075-T2(300x)	MB 7075-T2 (500x)	MB 7075-T2(1000x)
11AC-T2 (100x)	11AC-T2 (300x)	11AC-T2 (500x)	11AC-T2 (1000x)	20AC-T2 (100x)	20AC-T2 (300x)	20AC-T2 (500x)	20AC-T2 (1000x)
a) MB, analiză pe suprafață	b) MB, analiză pe o linie			a) MB, analiză pe suprafață	b) MB, analiză pe o linie		
c) 11AC-T2, analiză pe suprafață	d) 11AC-T2, analiză pe o linie			c) 20AC-T2, analiză pe suprafață	d) 20AC-T2, analiză pe o linie		

Tabelul 11 Analiza SEM și EDS a suprafeței de rupere a unor epruvete încercate la tracțiune (EN AC 5083, procesare SFSP și FSP)

EN AC 5083 (5mm), procesare SFSP				EN AC 5083 (5mm), procesare FSP			
MB 5083-T2(5) (100x)	MB 5083-T2(5) (300x)	MB 5083-T2(5) (500x)	MB 5083-T2(5) (1000x)	MB 5083-T2(5) (100x)	MB 5083-T2(5) (300x)	MB 5083-T2(5) (500x)	MB 5083-T2(5) (1000x)
19 AC-T1(5) (100x)	19AC-T1 (5) (300x)	19AC-T1 (5) (500x)	19AC-T1 (5) (1000x)	5C-T1(5) (100x)	5C-T1(5) (300x)	5C-T1(5) (500x)	5C-T1(5) (1000x)
a) MB, analiză pe suprafață	b) MB, analiză pe o linie			a) MB, analiză pe suprafață	b) MB, analiză pe o linie		
c) 19AC-T1, analiză pe suprafață	d) 19AC-T1, analiză pe o linie			c) 5C-T1(5), analiză pe suprafață	d) 5C-T1(5), analiză pe o linie		

Analizarea imaginii mărite 1000x poate oferi informații despre caracteristicile microstructurale ale aliajului de aluminiu, defecte posibile, distribuția fazelor și textura suprafeței, care pot fi utile pentru evaluarea proprietăților mecanice ale materialului. Spectrul EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) pentru EN AW 1200 oferă perspective asupra elementelor constitutive ale aliajelor analizate, din punct de vedere al prezenței acestora și al cantității %. Analiza EDS este importantă în caracterizarea și evaluarea calității diferitelor aliaje, putându-se observa modificări % ale elementelor constitutive din materialul procesat comparativ cu materialul de bază.

Capitolul cinci prezintă date privind activitățile de diseminare și de promovare a proiectului și a domeniului FSW/FSP, în corelare cu 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 5 (D2), materiale de promovare și promovare proiect la diferite evenimente tehnico-științifice (D3), participare la târguri/expoziții, saloane de invenții/invențică 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, disponibilă prin accesarea linkului 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

propușe, 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 5 a proiectului s-au elaborat 5 lucrări științifice pentru prezentare la Conferințe Internaționale, respectiv pentru publicare în reviste de specialitate:

- International Conference ACCHE, Annual conference on Challenges of Contemporary Higher Education, Kopaonik, Serbia, 03.02.2025 –07.02.2025, publicata în Book of Proceedings, [https://acche.rs/ACCHE 2025/Book of proceedings ACCHE 2025.html](https://acche.rs/ACCHE%2025/Book%20of%20proceedings%20ACCHE%2025.html) ISBN-978-86-6211-150-0
 - L. N. Boțilă, G. V. Mnerie - *“Considerations regarding friction stir processing of AL7B04 Aluminum alloy”*;



- Revista BID ISIM Welding and Material Testing, An XXXIV, ISSN 1453-0392 (print), lucrare aprobată pentru publicare în Nr.2/2025
 - L. N. Boțilă - *“Considerations for friction stir processing with water cooling of cast aluminum alloy A356”*;
- Revista Nonconventional Technologies Review, ISSN 2359-8646 (print); ISSN 2359-8654 (online), 2 lucrări aprobate pentru publicare (estimativ în Nr.3-4, septembrie-decembrie 2025),
 - L. N. Boțilă, I.A. Perianu, I. Duma, G. V. Mnerie - *“Research on submerged friction stir processing of EN AW 6082 Aluminum alloy”*
 - L. N. Boțilă, I.A. Perianu, I. Duma, G. V. Mnerie – *“Submerged friction stir processing of EN AW 7075 Aluminum alloy”*
- International Conference “Engineering Conference”, Becici, Budva Muntenegru, 25-29 August 2025
 - L. I. Sîrbu, L. N. Boțilă, C. Ciurel, C. State – *“FSP processing an alternative to improve the properties of welded joints made of aluminum alloys”*

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 și a rezultatelor acestuia la diferite evenimente tehnico-științifice (fig. 4)
- 1 material video privind procesarea FSP/SFSP aplicată la aliaje de aluminiu, pentru promovare a proiectului la diferite evenimente tehnico-științifice (fig.5).



Fig. 4 Poster roll-up promovare proiect

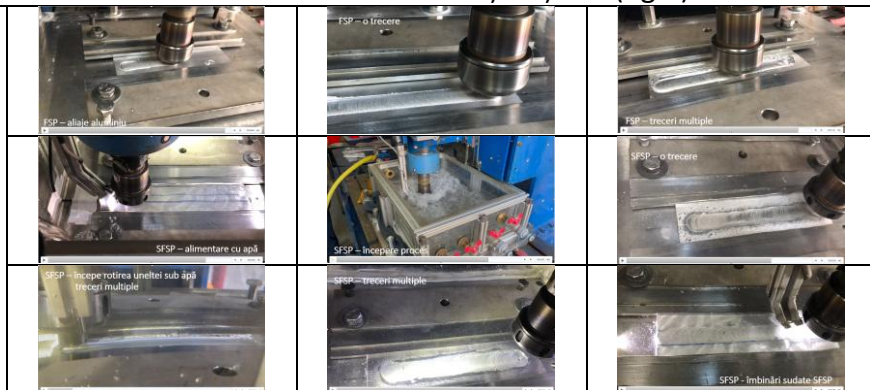


Fig. 5 Material video – procesare FSP/SFSP la aliaje de aluminiu

- 1 material de promovare a proiectului PN 23 37 01 02 (în limba română în format electronic) pentru 1 postare pe rețea socială (fig. 6).

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 ianuarie-iunie 2025 s-a derulat faza a cincea a proiectului, care a abordat cercetări experimentale privind aplicarea procesării prin frecare cu element activ rotitor sub apă (Submerged Friction Stir Processing – SFSP) și în mediu ambiant (Friction Stir Processing) la îmbinări sudate din 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://www.isim.ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn-23-37-01-02>



Fig. 6 Material promovare proiect pentru postare rețea socială

- Chestionare de co-interesare privind domeniul FSW/FSP în format letric pentru a fi distribuite în industrie și în mediul științific/universitar
- Chestionarele adresate mediului științific/universitar, respectiv mediului industrial, au fost distribuite participanților la evenimente tehnico-științifice la care ISIM a participat (menționate în acest capitol la pct. D4), primindu-se 7 completate.

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

➤ Participare la Saloane de Inventii

- 6th International Exhibition INVENTCOR, 3-5.04.2025, Deva, Romania (fig. 7)

- ❖ Lia-Nicoleta Boțilă, Ion-Aurel Perianu, Iuliana Duma "Research on submerged friction stir processing of rolled and cast aluminum alloys" (part 1 of the project, PN 23 37 01 02/2023-2026 "Research on the properties modification of metallic materials by using the ecological and innovative method of submerged friction

stir processing"), Program Nucleu ISIM Timișoara PN ISIM 2023-2026, cod PN 23. 37, Advanced research on the industry of the future – InnoSIM.

- ❖ 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,

Cele două participări au fost incluse în Catalogul evenimentului la pag. 85-86 (poz.43, secțiunea B de participare) și la pag.127 (poz.32, secțiunea D de participare), precum și în catalogul de postere la pag.119 și pag.192.

(<https://www.corneliugroup.ro/Catalogue%20INVENTCOR%202025.pdf>)

(<https://www.corneliugroup.ro/Posters%20INVENTCOR%202025.pdf>)

Participările au fost premiate cu Diploma Gold, precum și cu Certificate of Excellence din partea Chula Innovation Society, Thailand.



Fig.7 Participare si diplome obținute la 6th International Exhibition –INVENTCOR, 3-5.04 2025, Deva

- 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10.05.2025, Iași, Romania (fig. 8)

- ❖ Lia-Nicoleta Boțilă, Ion-Aurel Perianu, Iuliana Duma *"Research on submerged friction stir processing of rolled and cast aluminum alloys" (part 1 of the project, PN 23 37 01 02/2023-2026 "Research on the properties modification of metallic materials by using the ecological and innovative method of submerged friction stir processing")*, Program Nucleu ISIM Timișoara PN ISIM 2023-2026, cod PN 23. 37, Advanced research on the industry of the future – InnoSIM.
- ❖ Lia-Nicoleta Boțilă *"Modular tool for friction stir welding and processing"*, cerere de brevet de invenție, Nr. înreg. OSIM A/00557/12.09.2022, publicată în RO-BOPI 3/2024 cu nr. RO 138013 A2.

Cele două participări au fost incluse în Catalogul evenimentului la pag. 485-486, poz.267 și 268, https://www.euroinvent.org/cat/EUROINVENT_2025.pdf, s-au obținut DIPLOMA OF Excellence, DIPLOMA GOLD MEDAL, 2 certificate participare.



Fig.8 Participare si diplome obținute la 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10.05. 2025, Iași, Romania

- Acțiuni de promovare a proiectului Nucleu și a cercetărilor în domeniul FSW
- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la Conferința *International Conference ACCHE, Annual conference on Challenges of Contemporary Higher Education*, Kopaonik, Serbia, 03.02.2025 –07.02.2025, prin distribuire flyere aferente proiectului, expunere materiale video și prezentare lucrare științifică la conferință (fig.9).



Fig.9 Promovare proiect, domeniu FSW/FSP/procedee derivate si lucrare stiintifica la *International Conference ACCHE, Annual conference on Challenges of Contemporary Higher Education*, Kopaonik, Serbia, 03.02.2025 –07.02.2025

- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la 6th International Exhibition –INVENTCOR, 3-5 Aprilie 2025, Deva, Romania, prin distribuirea de flyere aferente proiectului, expunere materiale video, distribuie chestionare privind domeniul FSW/FSP (fig.10)



Fig.10 Promovare proiect, domeniu FSW/FSP/procedee derivate la 6th International Exhibition –INVENTCOR, 3-5 Aprilie 2025, Deva, Romania

- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10 Mai 2025, Iași, Romania (fig.11) prin flyere proiect și chestionare în domeniul FSW/FSP, material video privind domeniul FSW/FSP



Fig.11 Promovare proiect, domeniu FSW/FSP/procedee derivate la 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10 Mai 2025, Iași, Romania

- Promovare domeniu FSW/FSP/procedee derivate la Demo Metal Vest, 3-5.06.2025 Arad, România (fig.12), prin flyere proiect și chestionare în domeniul FSW/FSP, material video, expunere 2 postere tip roll-up aferente proiecturului, mostre materiale sudate FSW cap la cap/ prin suprapunere materiale similare/disimilare, materiale procesate FSP, îmbinări prin nituire.



Fig.12 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP la Demo Metal Vest, 3-5.06.2024, Arad

- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la participanți la cursuri IWE/IWS organizate de ISIM în primul semestru din 2025, prin: prezentarea unor aspecte referitoare la sudare FSW și procesare FSP în diferite medii de lucru, principiul procedeeului, tipuri de îmbinări, date privind unelte de sudare (geometrii și materiale utilizate pentru realizarea uneltelor), parametri de proces, informații privind funcționarea mașinii, precum și diferite mostre de îmbinări sudate FSW și materiale procesate, etc. (fig.13). Scopul acțiunii a fost de a prezenta sudarea FSW, procesarea FSP și procedee derivate din FSW, unor specialiști din mediul industrial. Mașina de sudare FSW și mostrele expuse în Laboratorul de sudare prin frecare cu element activ rotitor au fost prezentate și cu ocazia unor vizite tehnice în ISIM.



Fig. 13 Promovare proiect și domeniu FSW/FSP/procedee derivate la participanți la cursuri IWE/IWS organizate de ISIM

- 1 postare pe rețea socială cu rol de informare privind proiectul, stadiul de implementare, etapizat. (material pentru postare- fig.14a)
- 1 promovare în revista BID-ISIM Sudarea și Încercarea Materialelor (material pentru promovare - fig.14b).



Fig. 14 a) Materiale pentru postare pe rețea socială aferentă fazei 5 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 funcționalitate 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, informații /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. De asemenea mașina de sudare FSW este prezentată cu ocazia vizitării laboratoarelor ISIM de către delegați din diferite instituții, de către participanți la diferite cursuri organizate de ISIM, vizite organizate ale studenților, etc.

➤ 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. De asemenea, diferite tipuri de unelte pentru sudare/procesare sunt prezentate cu ocazia vizitării laboratoarelor ISIM de către delegați din diferite instituții, de către participanți la diferite cursuri organizate de ISIM, vizite organizate ale studenților, etc.

➤ 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 procesarea pe aliaje de aluminiu laminate și turnate, utilizabile în mai multe domenii industriale (auto, mijloace de transport rutier, feroviar, construcții navale, aeronautică, etc.), precum și pe îmbinări sudate ale acestora. 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 1-4 ale proiectului.
- S-a structurat programul experimental de sudare WIG a aliajelor de aluminiu abordate, precum și programul procesare FSP/SFSP pentru îmbinări sudate din aliaje de aluminiu laminate și turnate, fiind prezentate date privind materialele de sudat și procesat, date pentru programul de experimentări de sudare WIG și de procesare SFSP/FSP, unelte de procesare (pentru experimentări, dar și unelte cu geometrie nouă), planul pentru evaluarea îmbinărilor sudate și a materialelor procesate, precum și specificații preliminare pentru procesare.
- S-au prezentat date privind programul experimental de sudare WIG și de procesare SFSP și FSP a aliajelor de aluminiu laminate (EN AW 1200, EN AW 6082, EN AW 7075) și turnate de aluminiu (EN AC 5083), de grosimi 5-6 mm.

- Programul experimental de procesare SFSP și FSP pentru îmbinări sudate din aliaje menționate, a utilizat unelte cu diferite dimensiuni și geometrii ale pinului, precum și și diferiți parametri de procesare.
- Evaluarea probelor/epruvetelor prelevate din materialele sudate și cele procesate (examinare vizuală și Rx, analize structurale macro și microscopice, măsurători ale durității în secțiune transversală în materialul procesat, încercări la tracțiune și îndoire) arată că se pot obține rezultate și aspecte pozitive la procesarea SFSP/FSP a îmbinărilor sudate din aliajele de aluminiu abordate. S-au elaborat specificații de procesare SFSP pentru aliaj de aluminiu laminat EN AW 1200 și pentru aliaj de aluminiu turnat EN AC 5083, de grosimi 5mm. De asemenea și celelalte rezultate pozitive obținute s-ar putea îmbunătăți prin continuarea cercetărilor experimentale.
- S-au realizat unelte de procesare cu o geometrie mai robustă a pinului, care să reziste la solicitări determinate de parametrii de procesare utilizați și să permită procesarea pentru diferite materiale metalice în bune condiții, fără a se produce ruperea pinului.
- S-au realizat activități de diseminare în corelare punctele D1-D5 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 si indicatorii asociati pentru monitorizare si evaluare).

Stadiul de implementare a proiectului: S-a finalizat faza 5 „Program experimental de procesare SFSP a unor aliaje de aluminiu îmbinate prin procedee convenționale de sudare. Evaluare posibilități de aplicare. Diseminare rezultate” a proiectului Nucleu PN 23 37 01 02. Se poate concluziona că:

- S-au conceput și realizat programe experimentale de procesare SFSP/FSP a unor îmbinări sudate WIG realizate pentru table din aliaje de aluminiu laminate și turnate EN AW 1200, EN AW 6082, EN AW 7075 și EN AC 5083, de grosimi 5mm și 6mm. Au fost prezentate date privind materialele de bază utilizate, structura programului de experimentări de sudare WIG condiții și parametri pentru sudarea WIG a acestora, respectiv structura programului de procesare SFSP și FSP cu condiții și parametri de procesare.
- S-au realizat îmbinări sudate WIG care ulterior au fost procesate SFSP , respectiv FSP pe baza structurii programelor de experimentări propuse, a specificațiilor pentru sudare WIG și a specificațiilor preliminare pentru procesare.
- La cercetările experimentale de procesare a aliajelor de aluminiu menționate s-au utilizat diferite dimensiuni și geometrii ale uneltelor de procesare, precum și diferiți parametri de procesare (turație unealtă și viteză de procesare).
- Programul de evaluare a probelor/epruvetelor prelevate din materialele sudate WIG și din materialele procesate a cuprins examinare vizuală și Rx, analize structurale macro și microscopice, măsurători ale durității în secțiune transversală în materialul procesat, încercări la tracțiune și îndoire. Rezultatele arată că se pot obține rezultate și aspecte pozitive la procesarea SFSP/FSP pe îmbinări sudate ale aliajelor de aluminiu abordate. Rezultatele cele mai bune obținute la procesare SFSP/FSP sunt incluse în 2 specificații

de procesare SFSP. De asemenea și celelalte rezultate pozitive obținute s-ar putea îmbunătăți prin continuarea cercetărilor experimentale.

- 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),
 - D2 - 5 lucrări științifice prezentate/aprobate la conferințe internaționale, respectiv pentru publicare în reviste de specialitate. S-a obținut un Certificate of Appreciation pentru lucrarea prezentată la *International Conference ACCHE, Annual conference on Challenges of Contemporary Higher Education*, Kopaonik, Serbia, 03.02.2025 –07.02.2025
 - 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
 - chestionare în domeniul FSW/FSP distribuite participanților la evenimente tehnico-științifice la care ISIM a participat, 7 fiind completate
 - D4 - participare la 3 evenimente din categoria târguri/expoziții, saloane ale cercetării:
 - i. 6th International Exhibition INVENTCOR, 3-5.04.2025, Deva, Romania (s-au primit 2 Diplome Gold și 1 Certificat de Excelență)
 - ii. 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10.05.2025, Iași, Romania (2 certificate de participare, 1 Diploma of Excellence și 1 Diplomă GOLD MEDAL)
 - iii. DEMO METAL VEST 3-5.06.2025, Arad
 - D4 - 4 acțiuni de promovare proiect și domeniu FSW/FSP /procedee derivate la evenimente tehnico-științifice cu participare internațională:
 - International Conference ACCHE, Annual conference on Challenges of Contemporary Higher Education, Kopaonik, Serbia, 03.02.2025 –07.02.2025;
 - 6th International Exhibition —INVENTCOR, 3-5 Aprilie 2025, Deva, Romania;
 - 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10 Mai 2025, Iași, Romania;
 - Demo Metal Vest, 3-5.06.2025 Arad, România.
 - 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 5 au fost îndeplinite, toate rezultatele obținute în cadrul acestei faze a proiectului fiind cuprinse în raportul de cercetare aferent fazei.

Activitățile prevăzute pentru faza 5 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 (1, serie de 5 buc. cu dimensiuni diferite)
- R7 - Specificații de materiale de procesat (5 buc.);
- R8 - Specificații preliminare pentru procesare SFSP (5 buc.);

- R9 - Tehnologii de procesare-specificații tehnologice-aliaje de Al (2 buc);
- R10 - Rapoarte de examinare, analize, încercări materiale procesate SFSP (6 buc);
- R11 - Website proiect si upload rezultate faza 5 (1 buc.)
- R12 - Articole/lucrări științifice sau tehnice (5 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 material video privind procesare FSP și SFSP la aliaje de aluminiu;
 - 1 poster tip rollup, pentru promovare proiect la evenimente tehnico-științifice la care ISIM este organizator sau participant;
 - chestionare completate (7 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.- 6th International Exhibition INVENTCOR, 3-5.04.2025, Deva, Romania; 17th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT, 8-10.05.2025, Iași, Romania; DEMO METAL VEST 3-5.06.2025, Arad)- prezentare proiect, CBI ale ISIM în domeniul FSW, material video, mostre, distribuire flyere proiect, pentru creșterea vizibilității cercetărilor realizate;
 - promovare proiect la 4 evenimente tehnico-științifice (organizate în Serbia, respectiv în Romania la Deva, Iași și Arad), 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 5

Lucrările proiectului vor continua cu faza 6 a proiectului “Cercetări experimentale preliminare privind aplicarea SFSP la cupru /aliaje de cupru. Evaluare posibilități de aplicare a SFSP. Diseminare rezultate”.

Responsabil proiect,

Ing. Boțilă Lia-Nicoleta