

### **Rezumatul fazei 7 (partea II)**

Lucrarea de față reprezintă partea a doua a fazei 7 intitulată "Program experimental complex privind aplicarea SFSP la cupru/aliaje de cupru 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". Faza 7 a proiectului a vizat desfășurarea unui program complex de cercetări experimentale privind aplicarea procesării prin frecare cu element activ rotitor în mediu de lucru lichid, respectiv în mediu ambiant, realizate în treceri multiple utilizând diferite unelte de procesare, pentru table de cupru și aliaje de cupru de tip alamă și bronz, elaborarea de lucrări științifice, precum și activități de diseminare și promovare a proiectului, în corelare cu planul de diseminare. Rezultatele programului de cercetări experimentale preliminare de procesare SFSP și FSP într-o trecere au stat la baza dezvoltării programului experimental complex de procesare SFSP și FSP în treceri multiple în vederea dezvoltării de tehnologii experimentale de procesare. Raportul de cercetare aferent fazei 7 partea II cuprinde șase capitole.

Primul capitol prezintă 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 derulate până la faza curentă a proiectului.

Capitolul al doilea a vizat structurarea programului experimental complex de procesare FSP și SFSP pentru table de cupru Cu-DHP (2,5mm grosime) și aliaje de cupru (alamă CuZn37 și bronz CuSn6, de grosime 4mm). Capitolul cuprinde date privind materialele de procesat (Anexa A1 la raport de cercetare), unelte avute în vedere pentru procesarea FSP și SFSP a fiecărui tip de material abordat (Tabelul 1), structura programului experimental de procesare, specificații preliminare de procesare (Anexa A2.1 la raport cercetare) și planul de evaluare a materialelor procesate.

Tabelul 1 Unelte propuse pentru utilizare la programul experimental de procesare

Material de procesat	Alamă CuZn37			Bronz CuSn6	Cupru Cu -DHP	
Nr. experiment	Exp.1AC, Exp.1C	Exp.2AC, Exp.2C	Exp.3AC, Exp.3C	Exp.4AC, Exp.4C	Exp.5AC, Exp. 5C	Exp.6AC, Exp.6C
Material uneltă	oțel X38CrMoV5 / C45			carburi sinterizate P20S		
Unelte procesare						
Pin	trunchi piramidă	cilindric filetat	conic neted	trunchi piramidă	trunchi piramidă	conic neted

S-a conceput structura programului experimental complex de procesare FSP și SFSP pentru cupru și aliaje de cupru (tabelul 2), un plan de evaluare a materialelor procesate, precum și specificațiile preliminare pentru procesare (Anexa A2.1).

Tabelul 2 Schema program experimental complex FSP și SFSP cupru și aliaje de cupru

Nr. exp.	Materiale de bază (grosime, mm)	Unealta procesare			Parametri procesare				Tip procesare		
		Material unealtă	Tip/diametru umăr $\varnothing_{um\bar{a}r}$ (mm)	Tip pin	Lungime pin Lpin (mm)	Turatie unealta (rot/min)	Viteză procesare (mm/min)	Sens rotire unealtă			Nr. treceri procesare, pas (mm)
1C	CuZn37 (4mm)	oțel H11/C45	Umăr neted, diametru 22mm	trunchi de piramida	2,80-3,50	2200-2250	180-190	AO	5 treceri	FSP	
1AC						2300-2350	155-165	AO	5 treceri	SFSP	
2C				cilindric filetat	2,80-3,50	2200-2250	190-200	AO	5 treceri	FSP	
2AC						2300-2350	155-165	AO	5 treceri	SFSP	
3C				conic neted	2,80-3,50	2200-2250	200-210	AO	5 treceri	FSP	
3AC						2550-2600	120-130	AO	5 treceri	SFSP	
4C	CuSn6 (4mm)	carburi sinterizate P20S	Umăr neted, diametru 22mm	trunchi de piramida	2,80-3,50	2200-2250	150-350	AO	5 treceri	FSP	
4AC						2200-2250	300-310	AO	5 treceri	SFSP	
5C	trunchi de piramida			1,80-2,00	2200-2250	150-200	AO	5 treceri	FSP		
5AC					2200-2300	150-160	AO	5 treceri	SFSP		
6C	(2,5mm)			conic neted	1,80-2,00	2200-2250	150-190	AO	5 treceri	FSP	
6AC						2200-2250	150-160	AO	5 treceri	SFSP	

Programul de cercetări experimentale de procesare FSP și SFSP s-a realizat pe mașina de sudare FSW 4-10 din dotarea ISIM Timișoara, care a fost echipată cu un modul pentru procesare în mediu lichid SFSP. Planul propus pentru evaluarea și caracterizarea materialelor procesate SFSP/FSP, după programul de cercetări experimentale complexe, a cuprins examinare vizuală și cu radiații penetrante a materialelor procesate, analize macro- și microstructurale, măsurători de duritate în secțiunea procesată, precum și încercări mecanice de rupere la tracțiune și încercări de îndoire statică, respectiv o comparare a rezultatelor obținute pentru materialele procesate SFSP și FSP, precum și comparare cu materialele de bază. Pentru evaluarea materialelor procesate s-au utilizat diferite echipamente din dotarea ISIM, unele dintre acestea fiind noi și performante, achiziționate în proiectul INFRATECH "Infrastructure for excellence research in welding".

Capitolul trei prezintă date privind programul de cercetări experimentale complexe de procesare FSP și SFSP a materialelor abordate: table de alamă CuZn37 (4mm grosime), bronz CuSn6 (4mm grosime) și cupru Cu-DHP (2,5 mm grosime). Cercetările experimentale complexe de procesare s-au realizat conform schemei programului experimental din tabelul 2, în mediu lichid (sub apă) și în mediu ambiant, utilizând unelte din materiale adecvate tipului de material de procesat și cu geometrii/dimensiuni variate, precum și combinații de parametri de proces care țin cont de grosimea materialelor de procesat și de mediul de lucru în care are loc procesarea. Aspectul plăcilor procesate FSP/SFSP din alamă, bronz și cupru, examinarea Rx a acestora, precum și aspectul microscopic al zonei procesate sunt prezentate în tabelul 3. Rezultatele evaluării materialelor procesate sunt cuprinse în rapoarte de examinare/analize/încercări (Anexa A3 la Raport de cercetare).

Tabelul 3 Aspect plăci procesate FSP și SFSP, imagine Rx și aspect macroscopic

	Exp.	Aspect suprafață procesată	Imagine Rx material procesat	Aspect macroscopic zona procesată
Alama CuZn37	1C (FSP)			
	1AC (SFSP)			
	2C (FSP)			
	2AC (SFSP)			
	3C (FSP)			
	3AC (SFSP)			
Bronz CuSn6	4C (FSP)			
	4AC (SFSP)			
Cupru Cu-DHP	5C (FSP)			
	5AC (SFSP)			
	6C (FSP)			
	6AC (SFSP)			

Imaginile din tabelul 3 arată că la tablele procesate FSP se observă amprentata termică a suprafeței procesate, determinată de disiparea în condiții ambientale a căldurii în placa de material procesat.

La experimentele de procesare SFSP, aspectul la suprafața tablelor procesate este curat, fără amprentare termică, având în vedere că procesarea se realizează sub apă, ceea ce contribuie la preluarea unei cantități importante de căldură din zona de procesare, o răcire mai rapidă în zona de lucru și o cantitate mai mică de căldură disipată în materialul de procesat.

Imaginile de la examinare Rx arată materiale procesate fără defecte atât la procesarea FSP în mediu ambiant, cât și la procesarea SFSP în mediu lichid.

Aspectul macroscopic în secțiunea transversală a probelor procesate arată zone procesate uniforme și compacte, fără defecte și bine consolidate (linia de puncte de pe imagini reprezintă punctele de măsurare a durezzații în zona procesată).

Aspectul microscopic în zonele aferente materialului de bază MB și materialului procesat, graficele de variație a durezzații determinate în secțiunea transversală a zonei procesate pentru fiecare experiment de procesare, rezultate ale încercărilor la tracțiune și la îndoire pentru probele de la toate experimentele de procesare FSP și SFSP, sunt prezentate sintetic în tabelul 4, figura 2 și tabelul 5.

Tabelul 4 Rezultate evaluare microstructuri la materiale procesate FSP și SFSP

	Material, Nr. Exp.	Aspect microscopic		Material, Nr. Exp.	Aspect microscopic		
		Zona material de bază	Zona procesată		Zona material de bază	Zona procesată	
Alama CuZn37	Exp.1C			CuSn6	Exp.4C		
	Exp.1AC				Exp.4AC		
	Exp.2C				Exp.5C		
	Exp.2AC			Cu-DHP	Exp.5AC		
	Exp.3C				Exp.6C		
	Exp.3AC				Exp.6AC		

Imaginile din tabelul 4 arată imagini comparative ale microstructurii în zona corespunzătoare materialelor de bază, respectiv în zona procesată, pentru toate experimentele de procesare FSP și SFSP prezentate. Se observă că microstructura este mai rafinată în zona procesată efectiv, comparativ cu zona corespunzătoare materialului de bază. De asemenea procesarea SFSP realizată sub apă contribuie în general la o mai bună rafinare a microstructurii comparativ cu procesarea FSP în mediul ambiant.

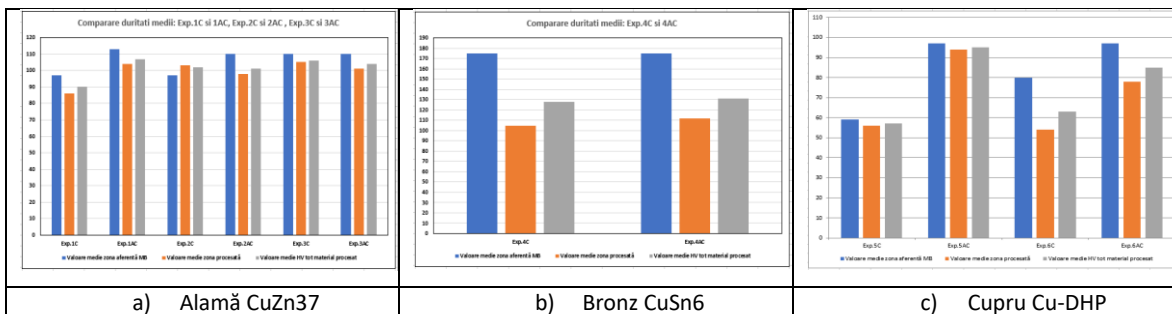


Figura 2 Grafice variatie durităţi, analize comparative procesare FSP şi SFSP

Graficele din figura 2 arată valori medii ale durităţilor în zona aferentă materialului de bază, în zona procesată, precum şi aferente întregului material procesat, pentru toate experimentele de procesare FSP şi SFSP prezentate. Pentru fiecare dintre materialele abordate, analiza comparativă a datelor de pe grafice arată că cele mai mari valori ale durităţilor se observă la Exp.1AC (alamă CuZn37), Exp. 4AC (bronz CuSn6) şi Exp.5AC (cupru Cu-DHP), la care unealta de procesare a fost cu pin trunchi de piramidă.

Tabelul 5 Rezultate încercări la tracţiune şi îndoire statică materiale procesate FSP, SFSP

Material	CuZn37						CuSn6		Cu-DHP			
	Exp.1C	Exp.1AC	Exp. 2C	Exp.2AC	Exp.3C	Exp.3AC	Exp.4C	Exp.4AC	Exp.5C	Exp.5AC	Exp.6C	Exp.6AC
R <sub>mat. procesat</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	311	345	323	335	289	332	331	376	209	237	220	243
R <sub>mat. procesat</sub> /R <sub>MB</sub> (%)	86%	96%	89%	93%	80%	92%	59%	67%	82%	93%	86%	95%
R <sub>MB</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	361						565		256			
Unghi îndoire	maxim						maxim		maxim			

Analiza datelor din tabelul 5 arată că pentru fiecare experiment de procesare SFSP, valorile rezistenţei la rupere la tracţiune sunt mai mari comparativ cu cele de la experimentele de procesare FSP, pentru fiecare geometrie de unealtă utilizată. Rezultatele încercărilor de îndoire, realizate cu suprafaţa materialului procesat întinsă, dar şi cu rădăcina întinsă, arată îndoirea maximă a epruvetelor prelevate din materialele procesate FSP şi SFSP (Cu-DHP, CuZn37 şi CuSn6).

Pentru probele cu cele mai bune rezultate obţinute în urma procesării SFSP în treceri multiple s-au elaborat 3 specificaţii tehnologice aferente tehnologiilor experimentale de procesare, câte una pentru fiecare din materialele abordate: cupru Cu-DHP (2,5 mm grosime), alamă CuZn37 (4 mm grosime) şi bronz CuSn6 (4 mm grosime), (Anexa A2.2 la raportul de cercetare)

Capitolul 4 prezintă unelte de procesare cu geometrii noi, care au fost realizate în cadrul acestei faze: unelte cu pin hexagonal şi pentagonal, în varianta simplă, respectiv cu teşituri/prelucrări (tabelul 6), pe baza desenelor de execuţie elaborate anterior în cadrul proiectului.

Uneltele sunt realizate din oţel X38CrMoV5, având dimensiuni ale pinului pentru diferite grosimi ale materialelor de procesat (de ex. 2-5mm). Aceste geometrii poligonale ale pinului uneltei, cu 5 feţe şi respectiv 6 feţe, se estimează că ar putea contribui la reducerea solicitărilor la care sunt supuse în timpul procesării uneltele care au de exemplu pini cu 3 sau 4 feţe laterale (de ex. pin triunghiular, pin pătrat, pin trunchi de piramidă), cu posibilitatea de a avea o durată mai mare de utilizare a uneltelor.

Tabelul 6 Unele de procesare cu geometrii noi



Capitolul cinci prezintă date privind activitățile de diseminare și de promovare a proiectului și a domeniului FSW/FSP, în concordanță acțiunile/direcțiile D1-D6 din planul de diseminare și exploatare a rezultatelor. Sunt prezentate date privind: actualizare website proiect (D1), lucrări științifice elaborate în cadrul fazei 7 (D2), materiale de promovare și promovare proiect la evenimente tehnico-științifice (D3), participare la târguri/expoziții, saloane de invenții/invențică și cercetare (D4), echipamente, produse și tehnologii (D5), precum și demonstrator pentru procesare (D6) care are rol de prezentare a tehnicii și a modului de lucru, rezultate obținute, evidențiere a potențialului oferit de FSP/SFSP, FSW și derivate. Documente privind desfășurarea acestor activități sunt în Anexa A4 la raportul de cercetare.

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 accesând <https://www.isim.ro/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 în cadrul fiecăreia, 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 prezentei faze s-au elaborat 4 lucrări științifice pentru prezentare la Conferințe Internaționale, respectiv pentru publicare în reviste de specialitate:

- ❖ The 33rd International Welding Conference, care va avea loc la Budapesta, Ungaria, în perioada 18-19.06.2026
  - L.N. Boțilă, A.C. Murariu, I.A. Perianu, I. Duma, R.N. Popescu, A.O.D. Raia, C. I. Valusescu, *Effects of single-pass submerged friction stir processing on the structure and mechanical properties of CuZn37 brass*
- ❖ Revista *BID ISIM Welding and Material Testing*, An 2026, ISSN 1453-0392 (print), lucrări transmise pentru a fi publicate în cursul anului 2026
  - E. Dobrin, L.N. Boțilă, L.I. Sîrbu, *FSP processing of FSW welded joints in aluminium alloys*
  - L.N. Boțilă, I. Duma, A.O.D. Raia, C.I. Valușescu, R. Faur, *Single-pass submerged friction stir processing of CuSn6 bronze using two tool geometries*
  - A.O.D. Raia, L.N. Boțilă, *A study on the use of hexagonal and pentagonal pin tools in friction stir welding and processing*

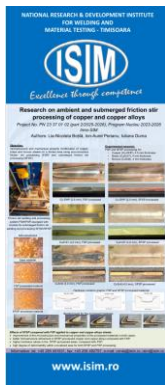
Se menționează că s-au publicat următoarele lucrări care au fost transmise spre publicare și raportate în 2025:

- L.N. Boțilă, I.A. Perianu, I. Duma, G. V. Mnerie - *Aspects regarding friction stir processing in two working mediums of EN AC 5083 cast aluminum alloy*, publicată în Nr.1/2026 al revistei Nonconventional Technologies Review / Revista de Tehnologii Neconvenționale, print ISSN 2359-8646, on-line: ISSN 2359-8654
- A.C. Bucur, L.N. Boțilă, R. Ardelean, A. Cazacu - *Investigation of microstructural and mechanical property modifications in CuZnSi brasses processed by friction stir processing and submerged friction stir processing*, publicată în BID Nr.3/2025
- A. Cazacu, R. Ardelean, A.C. Bucur, L. N. Boțilă – *FSP and SFSP effects on Aluminum Bronze*, publicată în BID Nr.3/2025

D3. Materiale de promovare Diseminarea rezultatelor și promovarea proiectului se realizează atât în format letric, cât și electronic/online, prin lucrări științifice care se publică în reviste de specialitate și în volume de lucrări la conferințe, prin materiale de promovare tip flyer, postere/roll-up-uri, materiale video demonstrative, prezentări, rapoarte cu rezultatele proiectului. 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, pentru promovarea acestuia și a domeniului procesării și sudării prin frecare cu element activ rotitor, s-au utilizat materiale de promovare elaborate în fazele anterioare ale proiectului, dar și în cadrul acestei faze:

- 1 poster tip roll-up privind procesarea într-o trecere a cuprului Cu-DHP și a aliajelor de cupru alamă CuZn37 și bronz CuSn6 (fig. 4a).
- un material de promovare a proiectului PN 23 37 01 02 cu rezultate ale fazei curente (în limba română în format electronic) pentru 1 postare pe rețea socială (fig.4b).

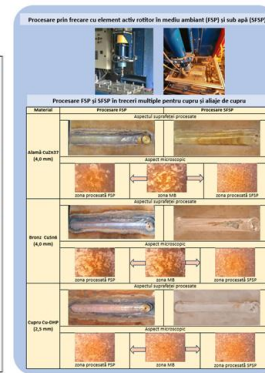


La ISIM Timișoara se află în derulare proiectul Nucleu PN 23 37 01 02 "Cercetări privind modificarea proprietăților materialelor metalice utilizând metoda ecologică și inovativă de procesare prin frecare cu element activ rotitor în mediu lichid".

În perioada ianuarie-iunie 2026 s-au derulat activitățile aferente fazei 7 a proiectului, fiind realizate cercetări experimentale complexe privind aplicarea procesării prin frecare cu element activ rotitor sub apă (Submerged Friction Stir Processing – SFSP) și în mediu ambiant (Friction Stir Processing) în treceri multiple, la table din cupru Cu-DHP, alamă CuZn37 și bronz CuSn6, 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/ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02>



a)

b)

Fig.4 a) poster tip rollup, b) material de promovare pentru postare rețea socială

De asemenea s-au făcut demersuri și pentru promovarea în continuare a proiectului PN 23 37 01 02 în cadrul revistei BID-ISIM Sudarea și Încercarea Materialelor.

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

**Participare la Saloane de Inventii**

Participare la 7th International Exhibition INVENTCOR 2026 care s-a desfășurat la Deva, 2-4.04.2026, cu 3 cereri de brevete de invenție (CBI):

- Lia-Nicoleta Boțilă - "Unealtă modulară pentru sudare și procesare prin frecare cu element activ rotitor" / "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.
- Lia-Nicoleta Boțilă, Ion-Aurel Perianu – „Modul suport multifuncțional pentru materiale de îmbinat și de procesat prin frecare cu element activ rotitor” / “Multifunctional support module for materials to be joined and processed by friction stir”, Cerere de brevet de invenție, Nr. înreg. OSIM A/00819/08.12.2023, publicată în RO-BOPI 9/2025 cu nr. RO 139104 A2.
- Lia-Nicoleta Boțilă, Alin-Constantin Murariu - "Sistem adaptiv de monitorizare și control termic al proceselor de sudare și procesare prin frecare cu element activ rotitor" / "Adaptive thermal monitoring and control system for friction stir welding and processing", Cerere de brevet de invenție, Nr. înreg. OSIM A/00873/27.12.2023, publicată în RO-BOPI 3/2024 cu nr. RO 138992 A2.

Participarea (fig. 5) a fost inclusă în Catalogul evenimentului la pag.286, pag.245 și pag. 246 ([https://www.corneliugroup.ro/Posters\\_INVENTCOR\\_2026.pdf](https://www.corneliugroup.ro/Posters_INVENTCOR_2026.pdf)).





Fig. 5 Extras din Catalog INVENTCOR 2026

Participarea la 7th International Exhibition INVENTCOR 2026 a fost premiată cu 3 Diplome Gold Medal (fig. 6).



Fig.6 Diplome obținute la 7th International Exhibition INVENTCOR, 2026, Deva

Acțiuni de promovare a proiectului Nucleu și a cercetărilor în domeniul FSW

- Promovare proiect și domeniu FSW/FSP la 7th International Exhibition INVENTCOR 2026 care s-a desfășurat la Deva, 2-4.04.2026 (fig.7)



Fig.7 Promovare proiect la 7th International Exhibition INVENTCOR 2026, Deva,

- 1 demers pentru promovare pe contul de Facebook al ISIM, respectiv pentru promovarea în continuare a proiectului în revista BID-ISIM Sudarea și Încercarea Materialelor (referat transmis pentru aprobare, cu materialul din fig. 4b pentru postare pe rețea socială, respectiv din fig. 8, pentru promovare proiect in revistă).



Fig.8 Material promovare proiect în revista BID-ISIM Sudarea și Încercarea materialelor

#### D5. Echipamente, produse și tehnologii

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

Mașina de sudare FSW 4-10 din dotarea ISIM, a cărei funcționalitate a fost îmbunătățită în fazele anterioare ale 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 ca demonstrator 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.

Uneltele de procesare sunt esențiale 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. Date/imagini privind uneltele de procesare sunt incluse în lucrări științifice și în prezentări 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.

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 limitate, proprietățile materialului procesat. Cercetările experimentale de procesare prin frecare cu element activ rotitor în mediu ambiant și sub apă a tablelor de cupru Cu-DHP, alamă CuZn37 și bronz CuSn6 au vizat în această fază a proiectului procesarea în treceri multiple, pe baza rezultatelor obținute la programul experimental preliminar de procesare. Rezultatele cercetărilor preliminare au stat la baza dezvoltării unui program experimental complex pentru procesare în treceri multiple, în vederea dezvoltării de tehnologii de procesare FSP și SFSP pentru cupru Cu-DHP, alamă CuZn37 și bronz CuSn6. Date experimentale de la cercetările preliminare/complex de procesare vor fi cuprinse în lucrări științifice pentru conferințe sau pentru 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 și în mediu ambiant a cuprului Cu-DHP, alamei CuZn37 și bronzului CuSn6.

#### D6. Demonstrator tehnologic

Mașina de sudare FSW 4-10 din dotarea ISIM este utilizată în proiect la realizarea de programe de cercetare experimentală de procesare SFSP/FSP. De asemenea mașina de sudare FSW are rol de demonstrator pentru procesare/sudare prin frecare cu element

activ rotitor în diferite medii de lucru, cu ocazia vizitării laboratoarelor ISIM de către delegați din diferite instituții (din industrie, mediul universitar/științific), de către participanți la diferite cursuri organizate de ISIM, vizite organizate ale studenților, perioade de practică pentru studenți de la UPT, etc. Cu aceste ocazii este prezentată mașina de sudare cu modulele aferente, procedee aplicabile cu această mașină, principiul procedeelelor de sudare/procesare prin frecare cu element activ rotitor, unelte de lucru, rezultate obținute și mostre de materiale îmbinate/procesate din diferite materiale, realizându-se după caz și demonstrații practice de procesare, respectiv sudare, pentru vizitatori din industrie, mediul universitar/științific, cu scopul prezentării unor procedee ecologice de îmbinare și procesare, a avantajelor acestora, precum și posibilități de utilizare pentru sudare/procesare a diferitelor materiale metalice.

Capitolul 6 cuprinde concluziile bazate pe rezultatele obținute în faza actuală.

- S-a 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 1-6 și faza 7/partea I din proiect.
- A fost structurat programul experimental complex de procesare FSP și SFSP pentru table de alamă CuZn37, bronz CuSn6 și cupru Cu-DHP, pornind de la rezultatele experimentărilor de procesare SFSP într-o trecere. Au fost prezentate date privind materialul de procesat, unelte de procesare posibil de utilizat și unelte utilizate în programul de cercetări experimentale. Programul experimental complex de procesare a fost structurat pentru diferite condiții de procesare din punct de vedere al mediului de lucru, uneltelor și parametrilor de procesare), fiind prezentat și planul de evaluare a materialelor procesate. S-au elaborat și specificații preliminare pentru procesarea FSP și SFSP a tablelor din alamă, bronz și cupru.
- S-a derulat programul experimental complex de cercetări de procesare SFSP și FSP în treceri multiple a tablelor de alamă CuZn37 (grosime 4mm), bronz CuSn6 (grosime 4mm), respectiv cupru Cu-DHP (grosime 2,5mm), fiind prezentate date privind: material de procesat, tipuri/geometrii și dimensiuni de unelte utilizate pentru experimentări, parametri de proces, condiții de procesare, rezultate obținute la evaluarea materialelor procesate (analiză vizuală și examinare cu radiații penetrante Rx, analize structurale macro și microscopice, măsurători de duritate, încercări la tracțiune și îndoire statică).
- Pe baza rezultatelor de la evaluarea materialelor procesate, s-a realizat o analiză comparativă a acestora și pentru cele mai bune rezultate obținute la fiecare material abordat, s-au elaborat 3 specificații de procesare SFSP aferente tehnologiilor experimentale de procesare (câte una pentru fiecare tip de material procesat).
- S-au realizat activități de diseminare în corelare punctele D1-D6 din planul de diseminare a proiectului (Anexa A4 la raportul de cercetare).

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

Stadiul de implementare a proiectului: S-a finalizat partea II a fazei 7 "Program experimental complex privind aplicarea SFSP la cupru/aliaje de cupru în vederea

dezvoltării de tehnologii de procesare SFSP. Diseminare rezultate” a proiectului Nucleu PN 23 37 01 02.

Se poate concluziona că:

- S-a structurat programul experimental complex de procesare SFSP și FSP în treceri multiple, precum și planul de evaluare a materialelor procesate, pentru alamă CuZn37 (4 mm grosime), bronz CuSn6 (4 mm grosime) și cupru Cu-DHP (grosime 2,5 mm), fiind prezentate tabelar condițiile și parametri de procesare.  
Au fost prezentate date privind materiale și unelte de procesare, structura programului de experimentări de procesare și parametri de proces. În această etapă s-au elaborat 9 specificații preliminare de procesare SFSP și FSP în treceri multiple pentru materialele abordate, care împreună cu cele 3 specificații preliminare de procesare SFSP a alamei CuZn37 elaborare în faza 7/parte I, totalizează 12 specificații preliminare de procesare pentru întregul program experimental complex.
- S-a realizat un program experimental complex de procesare SFSP/FSP pentru table din alamă CuZn37 (4 mm grosime), bronz CuSn6 (4 mm grosime) și cupru Cu-DHP (grosime 2,5 mm) conform structurii propuse. În programul de cercetări experimentale complexe de procesare FSP și SFSP a cuprului și aliajelor de cupru menționate s-au utilizat două medii de lucru (aer, apă), dimensiuni și geometrii diferite ale uneltelor de procesare corelate cu tipul și grosimea materialelor de procesat, precum și diferiți parametri (turație unealtă și viteză de procesare) în corelare cu tipul de procesare.
- Programul de evaluare a probelor/epruvetelor prelevate din materialele procesate a cuprins examinare vizuală și cu radiații penetrante Rx, analize macro- și microscopice, măsurători de duritate în secțiune transversală pe material procesat, încercări la tracțiune și îndoire.
- Rezultatele cercetărilor experimentale complexe de procesare SFSP în treceri multiple sunt cuprinse în raportul de cercetare pentru faza 7/parte II și în rapoartele de examinare, analize și încercări aferente fazei. S-a realizat analiza comparativă a rezultatelor obținute la fiecare experiment de procesare și s-a constatat că cele mai bune rezultate s-au obținut utilizând unelte cu pin trunchi de piramidă, realizate din oțel sau, după caz, din carburi sinterizate de wolfram P20S pentru procesarea alamei CuZn37, bronzului CuSn6 și cuprului Cu-DHP. Pentru acestea s-au elaborat 3 specificații tehnologice de procesare aferente tehnologiilor experimentale de procesare, câte una pentru fiecare tip de material procesat.
- S-au realizat unelte de procesare și oțel H11, cu 4 geometrii noi ale pinului: unelte cu pin hexagonal și pentagonal, în varianta simplă, respectiv cu teșituri/prelucrări, pe baza desenelor de execuție elaborate anterior în cadrul proiectului.
- 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 (<https://www.isim.ro/ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-02>);
  - D2 - 4 lucrări științifice, din care:
    - 1 aprobată pentru prezentare la o conferință internațională,
    - 3 transmise pentru publicare în revista de specialitate BID-ISIM.

- D3 - materiale de promovare:
  - 1 poster tip rollup de prezentare a unor rezultate obținute la procesarea FSP și SFSP a cuprului și aliajelor de cupru
  - 1 material pentru postare pe rețea socială cu stadiul proiectului și rezultate aferente fazei
- D4 - participare la evenimente din categoria târguri/expoziții, saloane ale cercetării:
  - 7th International Exhibition INVENTCOR 2026, organizat la Deva în perioada 2-4.04.2026, cu 3 cereri de brevet de invenție, obținând 3 diplome GOLD Medal
- D4 - acțiuni de promovare proiect și domeniu FSW/FSP /procedee derivate:
  - promovare proiect și domeniu FSW/FSP la 7th International Exhibition INVENTCOR 2026, 2-4.04.2026
  - 1 demers pentru promovare proiect pe contul de Facebook al ISIM și în revista BID-ISIM Sudarea și Încercarea Materialelor (referat transmis pentru aprobare, cu material pentru postare pe rețea socială și cu material pentru promovare proiect în revistă)
- D5 - promovare mașină de sudare cu performanțe îmbunătățite, unelte și tehnologii de procesare prin lucrări științifice pentru conferințe sau publicare în reviste de specialitate, respectiv cu rol informativ, în rapoarte de activitate de pe pagina web.
- D6 – demonstrator tehnologic de procesare FSP/SFSP cu mașina FSW

Obiectivele fazei 7 (partea II) au fost îndeplinite, toate rezultatele obținute în cadrul acestei faze a proiectului fiind cuprinse în raportul de cercetare aferent fazei, respectiv prezentate sintetic în Raportul de activitate aferent fazei 7 (partea II) a proiectului.

Activitățile prevăzute pentru faza 7 (partea II) 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 de procesare (4 tipuri): cu pin hexagonal și pentagonal, drept și cu prelucrări
- R7 - Specificații materiale de procesat (2 buc) – au fost raportate în avans la faza 7 partea I
- R8 - Specificații preliminare de procesare FSP/SFSP (9 buc)
- R9 - Specificații tehnologice de procesare SFSP în treceri multiple (tehnologii experimentale de procesare) pentru CuZn37, CuSn6 și Cu-DHP (3 buc.)
- R10 - Rapoarte de analize, încercări pentru materiale procesate (4 buc.);
- R11 - Website proiect actualizat și upload rezultate faza 7 partea II (1 buc.)
- R12 - Articole/lucrări științifice sau tehnice (4 buc.)
- R13 - Materiale/activități de promovare proiect:
  - poster tip rollup (1 buc.)
  - material pentru postare rețea socială (1 buc.) - Informare privind proiectul, stadiul de implementare etapizat,

- participare la evenimente tehnico-științifice: salon inventii/targ/expo (1 buc.) – participare la INVENTCOR (Deva, 2-4.04.2026) cu 3 cereri de brevete de invenție
- promovare proiect la INVENTCOR (Deva, 2-4.04.2026), creșterea vizibilității cercetărilor realizate
- R16 - Raport de cercetare (1 buc.) și raport de activitate (1 buc.) cu rezultatele cercetării aferente fazei 7 partea II

Lucrările proiectului vor continua cu faza 8 a proiectului “Program experimental de procesare SFSP a cuprului/aliaje de cupru îmbinate prin procedee convenționale de sudare. Evaluare posibilități de aplicare. Diseminare rezultate”.

Responsabil proiect,  
Ing. Boțilă Lia-Nicoleta