



PN 23.37.01.03- “ Cercetări privind dezvoltarea de aliaje cu entropie ridicată printate 3D pentru construcția componentelor sever sollicitate la uzare și vibrații”

Rezumatul fazei 7

Lucrarea de față reprezintă faza 7 intitulată *Cercetări finale privind realizarea prin printare 3D de componente sever sollicitate la uzare și vibrații*

1. Rezumatul fazei:

Faza 7 a proiectului este structurată pe 6 capitole, care tratează:

- Capitolul 1: Fundamente științifice ale depunerilor multi-pulbere HEA/CCA pentru solicitări severe la uzare și vibrații;
- Capitolul 2: Elaborarea sistemelor de aliaje complexe multi-componente și organizarea testării acestora;
- Capitolul 3: Metodologia de implementare, cu accent pe substrat, pregătirea pulberilor, modelarea CAD/CAM și depunerea DED/LMD;
- Capitolul 4: Rezultate experimentale tehnologice, tribologice, metalografice și SEM-EDX;
- Capitolul 5: Activități de diseminare și promovare a rezultatelor proiectului;
- Capitolul 6: Concluzii privind nivelul de maturitate tehnologică, validarea preliminară și direcțiile de continuare.

Obiectivul tehnologic a constat în realizarea și validarea preliminară a unor depuneri metalice multi-pulbere pe substrat metalic circular, printr-o geometrie spiralată inelară comună, astfel încât probele obținute să poată fi comparate din punct de vedere tribologic, dinamic, metalografic și microstructural. Rezultatele incluse în prezentul document sunt raportate strict la datele experimentale disponibile: mase înainte/după depunere, pierderi de masă după testarea TABER, imagini metalografice, spectre EDS și imagini SEM.

Capitolul 1. Fundamente științifice

1.1. Contextul științific al aliajelor HEA/CCA în fabricația aditivă

Conceptul de aliaj cu entropie ridicată se bazează, în forma sa clasică, pe combinarea a cinci sau mai multe elemente metalice în proporții relativ apropiate, cu scopul de a stabiliza soluții solide sau microstructuri complexe cu performanțe mecanice, termice și tribologice superioare aliajelor convenționale. În această etapă nu au fost utilizate elemente pure dozate individual, ci pulberi pre-aliați, fiecare având deja o compoziție metalurgică proprie. Din acest motiv, abordarea corectă este cea de sistem HEA/CCA: un sistem de aliaj complex multi-component, generat prin combinarea controlată a mai multor pulberi industriale în timpul depunerii.

Această abordare este tehnologic relevantă deoarece fiecare pulbere pre-aliată introduce simultan mai multe elemente și mecanisme de durificare: oțelurile inoxidabile contribuie prin rezistență la coroziune și stabilitate metalurgică; oțelurile martensitice sau maraging contribuie prin rezistență mecanică și potențial de durificare; superaliajele pe bază de nichel contribuie prin tenacitate, rezistență la oboseală și stabilitate la temperatură; iar titanul comercial pur poate introduce caracter de masă redusă, compatibilitate metalurgică selectivă și comportament ductil. Prin urmare, funcționalitatea finală nu se obține printr-o singură familie de aliaj, ci printr-o sinergie între familiile metalurgice diferite.

1.2. Fundamentarea celor trei direcții funcționale

Raportul tehnic a organizat experimentul în trei scenarii funcționale: rezistență la uzură, rezistență la vibrații și comportament mixt uzură-vibrație. Această împărțire are o logică tehnologică directă. Pentru solicitările de uzură este necesară o zonă depusă cu duritate, stabilitate la contact și rezistență la frecare. Pentru solicitările dinamice este importantă evitarea fisurării, deci sunt preferate combinații cu tenacitate și ductilitate superioare. Pentru regimul mixt trebuie obținut un compromis între rezistența la contact și capacitatea de a suporta solicitări alternante.

În fabricația aditivă de tip DED/LMD, pulberea este transportată în jet de gaz și topită local de fasciculul laser, formând cordoane succesive. Procesul are răcire rapidă, gradient termic ridicat și o zonă afectată termic localizată, ceea ce poate genera microstructuri fine și proprietăți diferite față de materialele produse prin turnare sau sinterizare convențională. În același timp, procesul impune control strict al debitului de pulbere, al gazelor de proces, al puterii laser și al traiectoriei de depunere.

1.3. Pulberile metalice utilizate și rolul lor tehnologic

Pulberile utilizate în această etapă au fost selectate pentru a acoperi trei clase de funcționalitate: durificare și rezistență la uzură, tenacitate și ductilitate pentru solicitări dinamice, respectiv echilibru între comportarea tribologică și comportarea la vibrații. În continuare sunt prezentate pulberile din raport și contribuția lor tehnologică, fără introducerea compozițiilor din faza anterioară, care nu mai sunt relevante pentru această etapă.

Tabelul 1. Rolul tehnologic al pulberilor metalice

Pulbere metalică	Familie metalurgică / caracter dominant	Rol tehnologic în sistemele HEA/CCA
17-4PH	Oțel inoxidabil cu durificare prin precipitare, cu matrice martensitică și capacitate ridicată de rezistență mecanică.	Contribuie la duritate, rezistență la uzură, stabilitate dimensională și rezistență la coroziune în depunerile orientate către contact și frecare.
Osprey 18Ni300	Oțel maraging cu conținut ridicat de Ni și elemente de întărire, cunoscut pentru rezistență mecanică ridicată și tenacitate.	Introduce rezistență la solicitări mecanice, potențial de durificare și capacitate de suport pentru regimuri în care sunt necesare atât rezistență, cât și continuitate structurală.
MAR-60HRC	Pulbere orientată către obținerea de straturi cu duritate ridicată; denumirea indică țintirea unui nivel de duritate de ordinul 60 HRC.	Este utilizată în varianta pentru uzură, unde rolul principal este creșterea rezistenței la abraziune, contact local și frecare.

Pulbere metalică	Familie metalurgică / caracter dominant	Rol tehnologic în sistemele HEA/CCA
UTP Pos Fe / UTP Stainless 18	Pulbere pe bază de fier / inoxidabilă, cu rol de matrice metalică compatibilă cu depuneri pe substrat feros.	Contribuie la compatibilitatea cu substratul, la continuitatea cordonului și la stabilitatea metalurgică a amestecului pentru varianta tribologică.
Osprey 2507	Oțel inoxidabil superduplex, asociat cu rezistență mecanică și rezistență ridicată la coroziune.	Asigură un echilibru între rezistența mecanică, rezistența la medii agresive și stabilitatea microstructurală; apare în toate cele trei direcții experimentale.
KOSMP-316L	Oțel inoxidabil austenitic cu conținut redus de carbon, ductilitate bună și comportare bună la procesare prin laser.	Este introdus în varianta pentru vibrații pentru a reduce riscul de fisurare și pentru a crește ductilitatea sistemului depus.
Osprey CpTi	Titan comercial pur, caracterizat prin densitate redusă, rezistență la coroziune și ductilitate specifică.	Contribuie la comportarea dinamică și la posibila reducere a sensibilității la fisurare, însă necesită control al compatibilității metalurgice în amestecuri complexe.
KOSMP-ALY718	Superaliaj pe bază de nichel de tip Alloy 718, cu rezistență bună la temperatură, oboseală și solicitări mecanice.	Asigură rezistență mecanică, stabilitate la solicitări ciclice și potențial de consolidare în variantele pentru vibrații și uzură-vibrație.
Osprey 625	Superaliaj pe bază de nichel de tip Alloy 625, cu întărire prin soluție solidă și rezistență bună la coroziune.	Contribuie la tenacitate, rezistență la fisurare și comportare stabilă în amestecuri complexe, fiind relevantă pentru solicitări dinamice și mixte.

1.4. Justificarea abordării cu pulberi pre-aliate

Utilizarea pulberilor pre-aliate este pragmatică pentru fabricația aditivă cu aport de pulbere, deoarece fiecare pulbere are o granulație, o compoziție și un comportament la topire deja validate industrial. În cazul sistemelor HEA/CCA, această strategie permite obținerea unor materiale cu compoziție complexă fără a introduce riscurile majore asociate dozării individuale a elementelor pure, cum ar fi segregarea severă, diferențele extreme de densitate, oxidarea selectivă sau instabilitatea alimentării cu pulbere.

În același timp, caracterul pre-aliat impune o interpretare atentă: materialele obținute nu trebuie descrise ca HEA clasice echiatomice, ci ca aliaje complexe multi-componente, cu funcționalitate proiectată prin combinarea familiilor de aliaje. Din perspectiva A8, criteriul central nu este doar entropia configurațională, ci performanța funcțională urmărită: rezistență la uzură, rezistență la vibrații și echilibru între cele două regimuri.

Capitolul 2.

Elaborarea de aliaje complexe^{2111*} multi-componente și testarea acestora

2.1. Obiectivul tehnologic al elaborării

Elaborarea experimentală a avut ca obiectiv obținerea unor probe metalice depuse pe același tip de substrat și cu aceeași geometrie, astfel încât diferențele observate ulterior să poată fi asociate în primul rând cu sistemele de pulberi utilizate. Acest principiu este important pentru comparabilitatea rezultatelor, deoarece menține constante geometria substratului, pregătirea suprafeței, traiectoria de depunere și logica procesului DED/LMD.

2.2. Substratul metalic și pregătirea suprafeței

Substratul a fost realizat sub formă de disc metalic cu diametrul de 107 mm și grosimea de 8 mm. Pregătirea a inclus debitarea cu jet de apă cu abraziv, urmată de sablare înainte de depunere. Sablarea are un rol tehnologic critic: îndepărtează contaminanții superficiali, crește rugozitatea și favorizează ancorarea mecanică și metalurgică a primelor cordoane depuse. Pentru depunerile DED/LMD, calitatea interfeței substrat-strat depus influențează decisiv riscul de delaminare, stabilitatea băii topite și continuitatea primului strat.



Figura 1. Substrat metalic circular din material feros utilizat pentru depunerile DED/LMD multi-pulbere



Figura 2. Sablarea substratului înainte de depunere, în vederea curățării și activării mecanice a suprafeței

Tabelul 2. Caracteristicile substratului

Caracteristică	Date experimentale utilizate	Rol tehnologic
Pregătire substrat	Debitare cu jet de apă cu abraziv; sablare înainte de depunere.	Obținerea unei suprafețe curate și rugoase, favorabilă aderenței cordoanelor depuse.
Geometrie substrat	Disc metalic, grosime 8 mm, diametru 107 mm.	Geometrie comună pentru toate variantele, necesară comparației directe.
Analiză substrat	Raport Hitachi High-Tech Analytical Science; element major Fe = 82,84 %.	Substrat metalic feros, compatibil cu depuneri metalice pe bază de Fe, Ni și inox.
Elemente de aliere relevante	Cr > 6,000 %; Mn > 3,000 %; W = 1,612 %; Ni = 1,431 %; Mo = 0,7821 %; Al = 0,8900 %; Nb = 0,6329 %; Cu = 0,3754 %; V = 0,3928 %; Ti = 0,2408 %.	Compoziție complexă a substratului, relevantă pentru compatibilitatea metalurgică și pentru interpretarea ulterioară a interfeței.

2.3. Matricea experimentală de pulberi

Pentru fiecare direcție funcțională a fost definit un amestec alcătuit din cinci pulberi metalice. În cazul depunerii prin feedere/hopere multiple, aceste pulberi nu sunt tratate ca loturi separate, ci ca aporturi simultane sau controlate, dozate prin sistemul de alimentare al echipamentului. În acest mod, compoziția finală a cordonului depus este influențată de debitul fiecărui feeder, de stabilitatea jetului de pulbere, de geometria băii topite și de parametrii laser.

Tabelul 3. Sisteme de pulberi metalice

Categorie experimentală	Pulberi utilizate	Rol tehnologic urmărit
Rezistență la uzură	17-4PH; Osprey 18Ni300; MAR-60HRC; UTP Pos Fe / UTP Stainless 18; Osprey 2507.	Duritate, rezistență mecanică, comportare la frecare și contact, stabilitate a zonei depuse în regim tribologic.
Rezistență la vibrații	KOSMP-316L; Osprey CpTi; KOSMP-ALY718; Osprey 625; Osprey 2507.	Tenacitate, ductilitate, reducerea riscului de fisurare, comportare potențial favorabilă la solicitări ciclice și oboseală.
Uzură + vibrație	KOSMP-ALY718; Osprey 625; Osprey 2507; Osprey 18Ni300; 17-4PH.	Compromis între rezistență tribologică, rezistență mecanică, tenacitate și capacitate de suport pentru solicitări dinamice.

2.4. Logica de testare și caracterizare

Testarea sistemelor elaborate este organizată pe trei direcții: evaluarea rezistenței la uzură pentru varianta tribologică, evaluarea comportării la vibrații pentru varianta dinamică și evaluarea comparativă pentru varianta mixtă. În acest subcapitol se documentează etapa de realizare tehnologică a probelor, configurarea procesului, trasabilitatea materialelor și rezultatele experimentale disponibile. Datele includ masa metalică depusă, pierderea de masă la testarea abrazivă TABER, observațiile metalografice ale probelor solicitate și caracterizarea locală EDS/SEM pentru proba 3. Pentru interpretare, probele realizate sunt raportate atât la substratul inițial, cât și la proba martor/control. Această abordare permite separarea efectului substratului de efectul depunerii multi-pulbere și oferă o bază coerentă pentru corelarea microstructurii cu proprietățile funcționale. În acest raport, comparația este tratată ca evaluare preliminară, deoarece rezultatele de uzură și microstructură trebuie raportate la geometria locală a stratului depus și la starea suprafeței după procesare.

Capitolul 3.

Metodologia de implementare

3.1. Pregătirea și distribuirea pulberilor metalice

Pentru acest stadiu, pregătirea pulberilor a fost corelată cu funcționarea sistemului multi-feeder al echipamentului Insstek MX Mini. În context DED/LMD, amestecarea nu este doar o operație prealabilă, ci și o operație de dozare în timp real: fiecare hopper poate furniza o contribuție controlată, iar debitul total al amestecului este definit prin parametrizarea procesului. Echipamentul de amestecare și distribuire a pulberilor metalice din dotarea laboratorului susține această etapă prin manipularea controlată a pulberilor și prin menținerea unei alimentări cât mai uniforme.

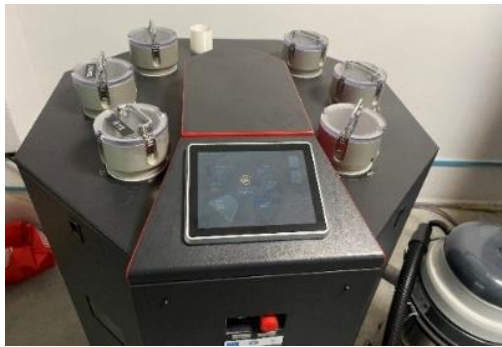


Figura 3. Sistem de amestecare și distribuire a pulberilor metalice utilizat pentru alimentarea controlată a feederelor

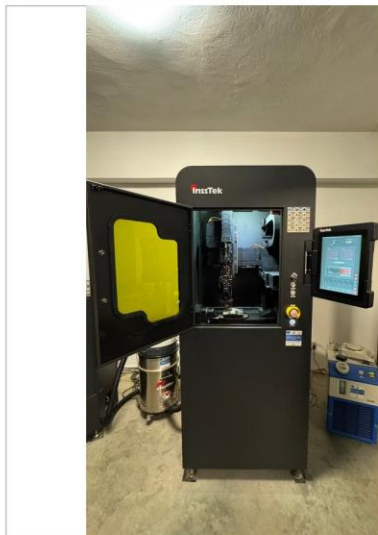
3.2. Echipamentul de printare 3D și configurația de lucru

Depunerile au fost realizate pe imprimanta metalică Insstek MX Mini, echipament destinat depunerilor cu aport de pulbere. Sistemul permite operarea cu feedere/hopere multiple, ceea ce a făcut posibilă realizarea amestecurilor multi-pulbere și a depunerilor HEA/CCA. Substratul a fost fixat mecanic pe masa de lucru înainte de inițierea procesului, pentru asigurarea planeității, stabilității mecanice și repetabilității traiectoriei spiralate.



Figura 4. Echipamentul Insstek MX Mini DMT utilizat pentru depuneri metalice DED/LMD cu aport de pulbere

(a) Imprimanta Insstek MX Mini



(b) Montarea substratului

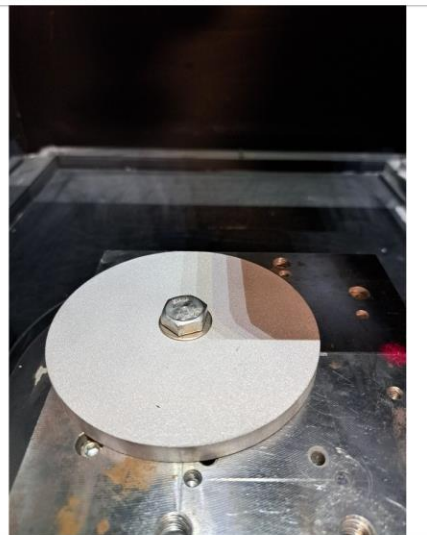


Figura 5. Configurația de lucru pe Insstek MX Mini: (a) imprimanta metalică DMT; (b) poziționarea și fixarea substratului circular pe masa de lucru

3.3. Modelarea geometriei și strategia CAD/CAM

Geometria de depunere a fost modelată în Rhino 7 și pregătită în interfața InsstekCAM. Forma aleasă a fost o spirală circulară cu diametrul exterior de 85 mm și diametrul interior de 50 mm, depusă pe substratul circular de 107 mm. Această geometrie inelară permite acoperirea controlată a unei zone funcționale și oferă o suprafață suficientă pentru comparații ulterioare între variantele de material.

Alegerea unei traiectorii spiralete are avantaje tehnologice: reduce discontinuitățile dintre cordoane, permite controlul suprapunerii, menține o distribuție relativ uniformă a aportului termic și generează o probă cu geometrie repetabilă. În etapa CAD/CAM, verificarea traseului este esențială pentru evitarea zonelor neacoperite, a suprapunerilor excesive și a variațiilor locale de temperatură care ar putea conduce la fisurare sau porozitate.

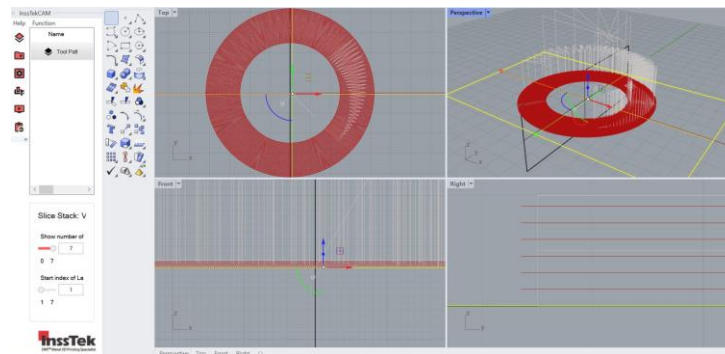


Figura 6. Modelarea geometriei inelare și vizualizarea traiectoriei spiralete în Rhino 7 / InsstekCAM

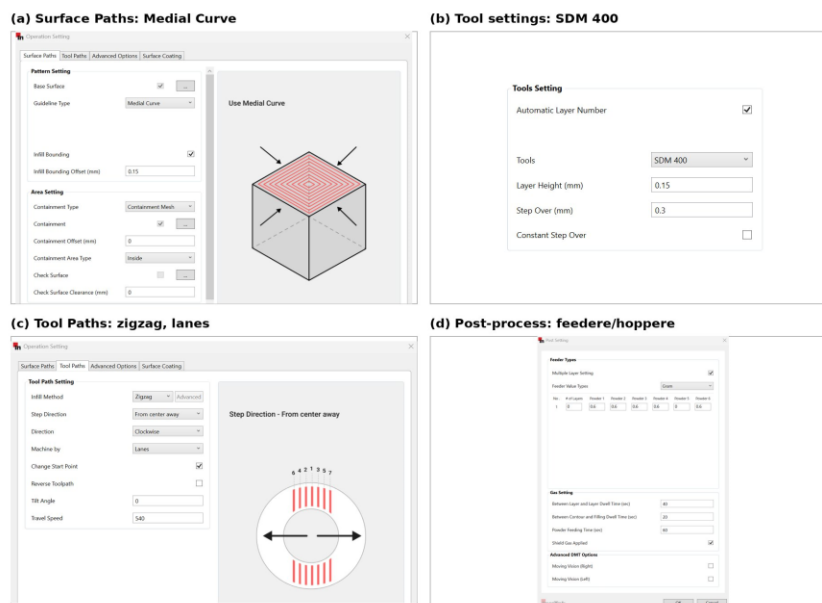


Figura 7. Setări CAD/CAM și post-procesare pentru depunerea spiralată: (a) Surface Paths cu ghidaj Medial Curve; (b) SDM 400, layer height 0,15 mm și step over 0,3 mm; (c) Tool Paths cu infill Zigzag, direcție Clockwise, Machine by Lanes și travel speed 540; (d) post-procesare cu feedere multiple active în unități gram

3.4. Parametrii de proces și controlul depunerii

Fluxul experimental a inclus pregătirea substratului, modelarea CAD/CAM, definirea traseului spiral, setarea feederelor, configurarea parametrilor DMT și realizarea depunerilor în straturi succesive. Pentru variantele de tip MIX, parametrul TargetGram

din DMT PRM Dialog a fost tratat ca debit total al amestecului, în timp ce valorile individuale introduse la post-procesare au definit contribuția fiecărui feeder/hopper. În parametrizarea DMT au fost utilizate praguri de tip VisionHeight introduse în fișierele de parametri în milimetri. Astfel, 0,174 mm corespunde afișării de 174 μm în interfața echipamentului. Curbele de putere laser au fost definite pentru creșterea graduală a puterii în raport cu domeniul de înălțime monitorizat, menținând logica de control observată în DMT PRM Dialog. Pentru varianta combinată uzură-vibrație, la debit total de 3 g/min, au fost utilizați parametri MIX cu Powder Gas = 8 L/min, Coaxial Gas = 8 L/min, Shield Gas = 10 L/min, NormalLaser = 235 W și DefaultLaser = 235 W.

Tabelul 4. Parametri tehnologici utilizați pentru depunerile

Parametru	Valoare utilizată	Observație tehnologică
Geometrie depunere	Spirală inelară, \varnothing exterior 85 mm, \varnothing interior 50 mm.	Aceeași geometrie pentru toate variantele, pentru comparație experimentală.
Substrat	Disc \varnothing 107 mm, grosime 8 mm.	Debitare cu jet de apă abraziv și sablare înainte de depunere.
Layer height	0,15 mm.	Conform setărilor Tool Settings.
Step over	0,3 mm.	Asigură suprapunerea controlată a cordoanelor.
Strategie toolpath	Zigzag, Clockwise, Machine by Lanes.	Conform ecranului Tool Paths.
Travel speed	540.	Valoare introdusă în setările de traseu.
Post-procesare	Feeder Value Types = Gram.	Controlul aportului pe feedere/hopere.
Parametri MIX pentru varianta uzură-vibrație	Debitul total = 3 g/min; Powder Gas = 8 L/min; Coaxial Gas = 8 L/min; Shield Gas = 10 L/min; NormalLaser = 235 W; DefaultLaser = 235 W.	Parametri documentați pentru depunerea combinată.

3.5. Infrastructura pentru caracterizare microstructurală și testare mecanică

Caracterizarea probelor a fost corelată cu infrastructura disponibilă pentru examinări metalografice, analiză SEM-EDX și evaluare mecanică. Microscopul optic permite observarea rapidă a zonei depuse, a interfeței material de bază–depunere și a eventualelor discontinuități vizibile. Sistemul SEM-EDX oferă informații privind morfologia locală, zona de diluție și distribuția elementară. Mașina universală de testare rămâne relevantă pentru etapele ulterioare de validare mecanică, în timp ce rezultatele integrate în prezentul raport se bazează pe depunere, testarea TABER, metalografie și analize locale EDS/SEM.



Figura 8. Sistem de microscopie optică utilizat pentru examinarea metalografică preliminară a zonelor depuse



Figura 9. Microscop electronic de baleiaj cu analiză EDS utilizat pentru examinarea morfologiei și distribuției elementare

Capitolul 4. Rezultate experimentale

4.1. Realizarea depunerilor pe Insstek MX Mini

Rezultatele experimentale ale fazei includ obținerea a trei depuneri multi-pulbere pe substraturi pregătite în aceleași condiții tehnologice, cu aceeași geometrie spiralată inelară și cu aceeași logică de control CAD/CAM. Prin păstrarea constantă a substratului, a traiectoriei și a modului de fixare, diferențele observate ulterior pot fi corelate în primul rând cu sistemele de pulberi utilizate și cu răspunsul local al stratului depus la solicitările aplicate.

Trasabilitatea masică a probelor a fost realizată prin cântărire înainte și după depunere. Masa metalică depusă reprezintă diferența dintre masa probei după procesarea DED/LMD și masa inițială a substratului pregătit. Valorile trebuie interpretate ca rezultate tehnologice directe ale procesului, nu ca indicatori unici ai performanței funcționale, deoarece comportarea la uzură și vibrații depinde și de morfologia stratului, de aderența la substrat, de porozitate, de microfisuri și de starea suprafeței după depunere.

Tabelul 5. Trasabilitatea masică a probelor înainte și după depunerea multi-pulbere DED/LMD

Nr. crt.	Greutate role dispozitiv [kg]	Greutate inițială probă [g]	Greutate după depunere [g]	Masă metalică depusă [g]	Sistem de pulberi
1	2	340,853	348,280	7,427	MIXT: KOSMP-ALY718; Osprey 625; Osprey 2507; Osprey 18Ni300; 17-4PH
2	2	340,836	342,862	2,026	Vibrație: 316L; Osprey 625; ALY718; CpTi; Osprey 2507
3	2	343,263	346,639	3,376	Uzură: MAR-60HRC; Osprey 18Ni300; Alloy 17-4PH; UTP PLASweld™ STAINLESS 18; Osprey 2507
4	2	343,560	343,560	0,000	Fără depunere - probă martor/control

Cea mai mare masă depusă a fost obținută pentru varianta mixtă uzură-vibrație, cu 7,427 g, urmată de varianta pentru uzură, cu 3,376 g, și de varianta pentru vibrații, cu 2,026 g. Diferența de masă depusă indică o variație a randamentului local de depunere și/sau a stabilității alimentării cu pulbere pentru combinațiile analizate. Într-un sistem multi-feeder, această variație poate fi influențată de debitul fiecărei pulberi, de densitatea aparentă a amestecului, de interacțiunea jetului de pulbere cu baia topită și de compatibilitatea metalurgică a pulberilor pre-aliate.

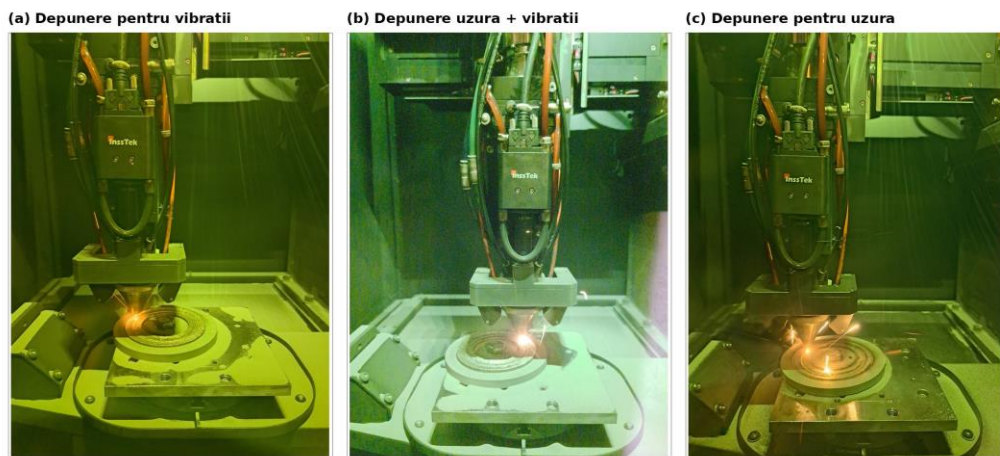


Figura 10. Etape de depunere DED/LMD pe Insstek MX Mini: (a) probă pentru rezistență la vibrații; (b) probă pentru solicitare mixtă uzură-vibrație; (c) probă pentru rezistență la uzură

4.2. Setul de probe realizate

Setul experimental final include substratul metalic, proba martor/control și cele trei depuneri funcționale. Codificarea probelor este esențială pentru corelarea imaginilor metalografice, a rezultatelor TABER și a observațiilor SEM-EDX cu direcția de funcționalitate urmărită. În interpretarea de mai jos, proba 3 corespunde depunerii pentru uzură, proba 4 depunerii pentru vibrații, iar proba 5 depunerii mixte uzură-vibrație.

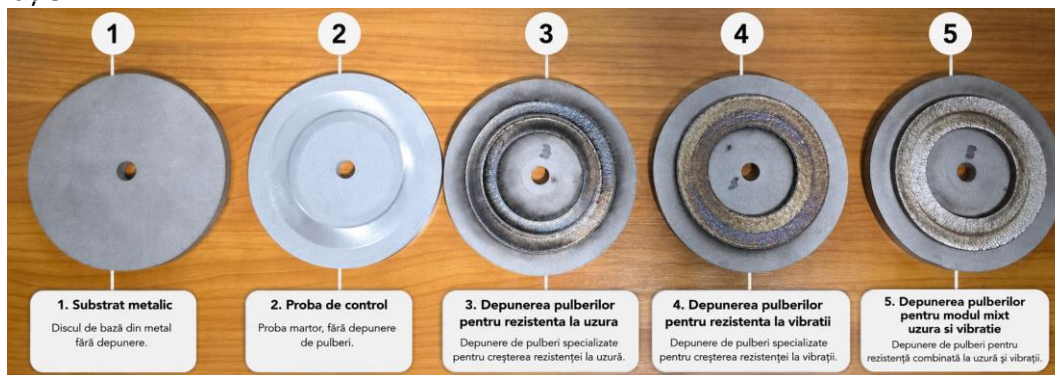


Figura 11. Setul de probe realizate: 1 - substrat metalic; 2 - probă martor/control; 3 - depunere pentru rezistență la uzură; 4 - depunere pentru rezistență la vibrații; 5 - depunere pentru solicitare mixtă uzură-vibrație

Tabelul 6. Codificarea probelor și direcția funcțională analizată

Cod probă	Variantă funcțională	Sistem de pulberi	Rol în interpretarea rezultatelor
Proba 1	Substrat metalic	Material de bază feros	Referință pentru comparația cu zonele depuse și pentru analiza interfeței
Proba 2	Martor/control	Fără depunere	Referință pentru pierderea de masă și pentru separarea efectului depunerii
Proba 3	Uzură	MAR-60HRC; Osprey 18Ni300; 17-4PH; UTP Stainless 18; Osprey 2507	Variantă orientată către durificare, contact și solicitare abrazivă

Proba 4	Vibrații	316L; Osprey 625; ALY718; CpTi; Osprey 2507	VARIANTĂ orientată către ductilitate, tenacitate și reducerea riscului de fisurare
Proba 5	Uzură + vibrații	KOSMP-ALY718; Osprey 625; Osprey 2507; Osprey 18Ni300; 17-4PH	VARIANTĂ de compromis pentru solicitări combinate

Tabelul 7. Interpretarea tehnologică preliminară a probelor

Probă / variantă	Observație tehnologică	Direcție de caracterizare
Substrat metalic	Disc metalic pregătit prin debitare cu jet de apă abraziv și sablare.	Referință pentru analiza interfeței și pentru comparația cu zonele depuse.
Probă martor/control	Probă fără depunere, utilizată pentru interpretarea pierderilor de masă și a efectului substratului.	Comparație geometrică, microstructurală și funcțională.
Depunere pentru uzură	Cordon spiral inelar obținut cu amestec orientat către durificare și rezistență la contact.	Testare TABER, examinare metalografică, evaluarea stratului și a interfeței.
Depunere pentru vibrații	Cordon spiral inelar obținut cu amestec orientat către tenacitate, ductilitate și reducerea riscului de fisurare.	Analiză după solicitare la vibrații, observarea microfisurilor și a zonelor tensionate.
Depunere mixtă uzură-vibrație	Cordon spiral inelar obținut cu amestec intermediar, proiectat pentru solicitări combinate.	Analiză comparativă uzură-vibrație și corelare cu parametrii MIX.

4.3. Evaluarea experimentală, caracterizarea probelor și limitele reale ale fazei

4.3.1. Încercarea la uzură abrazivă pe TABER 5135 Abraser

Încercarea la uzură abrazivă a fost realizată cu echipamentul TABER 5135 Abraser, utilizând roți abrazive TABER Calibrade H-18. Probele au fost fixate pe masa rotativă a echipamentului și supuse unui număr de 100 de cicluri pentru fiecare set de testare. Roțile H-18 produc o solicitare abrazivă severă, adecvată pentru evidențierea rapidă a diferențelor de pierdere de masă între materialul de bază, stratul depus și zonele afectate de procesul DED/LMD.



(a) TABER 5135 Abraser în timpul testării



(b) Roți abrazive TABER Calibrade H-18

Figura 12. Echipamentul TABER 5135 Abraser și roțile abrazive TABER Calibrade H-18 utilizate pentru testarea rezistenței la uzură abrazivă

Indicele Taber a fost exprimat ca pierdere de masă raportată la numărul de cicluri, în mg/ciclu. Valorile trebuie interpretate ca rezultate comparative preliminare, deoarece depunerile au mase și morfologii diferite, iar suprafața reală solicitată poate fi influențată de rugozitatea stratului, de gradul de compactare și de eventualele defecte locale.

Tabelul 8. Rezultatele încercării TABER 5135 Abraser - setul 1, 100 cicluri

Nr. crt.	Nr. cicluri	Greutate după depunere [g]	Greutate după încercare [g]	Material îndepărtat [g]	Indice Taber [mg/ciclu]
1 - mixt	100	348,280	348,199	0,081	0,81
2 - vibrație	100	342,862	342,827	0,035	0,35
3 - uzură	100	346,639	346,569	0,070	0,70
4 - martor	100	343,560	343,540	0,020	0,20

Tabelul 9. Rezultatele încercării TABER 5135 Abraser - setul 2, 100 cicluri suplimentare

Nr. crt.	Nr. cicluri	Greutate inițială după setul 1 [g]	Greutate după încercare [g]	Material îndepărtat [g]	Indice Taber [mg/ciclu]
1 - mixt	100	348,199	348,185	0,014	0,14
2 - vibrație	100	342,827	342,821	0,006	0,06
3 - uzură	100	346,569	346,551	0,018	0,18
4 - martor	100	343,540	343,506	0,034	0,34

Tabelul 10. Sinteza pierderii de masă cumulate după două seturi de 100 cicluri

Variantă	Pierdere set 1 [g]	Pierdere set 2 [g]	Pierdere cumulată [g]	Indice mediu pe 200 cicluri [mg/ciclu]
Mixt uzură-vibrație	0,081	0,014	0,095	0,475
Vibrație	0,035	0,006	0,041	0,205
Uzură	0,070	0,018	0,088	0,440
Martor/control	0,020	0,034	0,054	0,270

În primul set de 100 cicluri, pierderea de masă maximă a fost observată la varianta mixtă, urmată de varianta pentru uzură, varianta pentru vibrații și proba martor. În al doilea set, pierdere suplimentară a scăzut pentru cele trei probe depuse, dar a crescut pentru proba martor/control. Această evoluție sugerează că, după o etapă inițială de rodaj abraziv, unele straturi depuse pot prezenta o stabilizare relativă a suprafeței solicitate. Totuși, concluzia trebuie tratată ca preliminară, deoarece nu sunt incluse încă profilometria urmei de uzură, coeficientul de frecare sau normalizarea pe suprafața efectivă de contact.

4.3.2. Analiza metalografică a probelor după solicitare

Analiza metalografică a urmărit evidențierea relației dintre materialul de bază, stratul depus și zona de interfață MB-depunere. În toate probele depuse, microstructura stratului prezintă caracter neomogen, cu aspect celular/dendritic, specific solidificării rapide în procesul DED/LMD. Zonele întunecate și variațiile de contrast trebuie

interpretate prudent, ele putând fi asociate cu porozitate fină, incluziuni oxidice, microfisuri, segregări locale de faze sau artefacte rezultate la pregătirea metalografică.

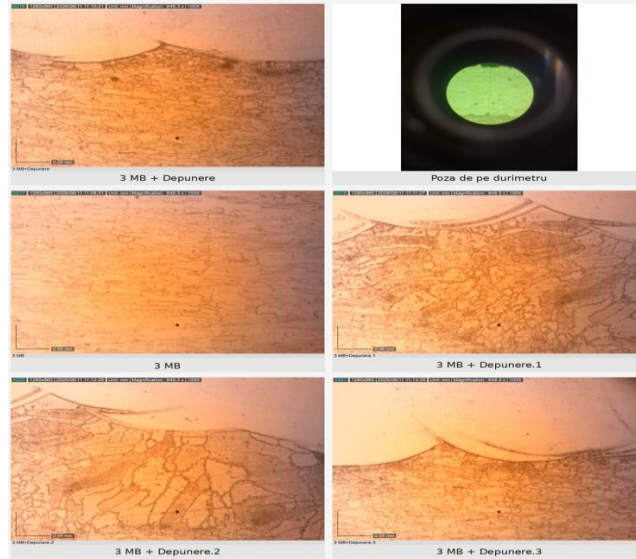


Figura 13. Analiza metalografică a probei 3 - material de bază și strat depus prin pulberi metalice, înainte și după solicitarea la uzură

Proba 3 evidențiază o zonă de tranziție între materialul de bază și stratul depus, cu o interfață vizibilă și cu microstructură neomogenă. Aspectul celular/dendritic indică solidificarea rapidă a băii topite, iar limitele accentuate de grăunte arată existența unor variații locale de compoziție și de răcire. Nu se observă fisuri macroscopice continue în câmpurile prezentate, însă zonele întunecate pot reprezenta porozitate fină, incluziuni sau smulgeri locale produse la pregătirea probei. Pentru comportarea la uzură, aceste discontinuități sunt importante deoarece pot favoriza inițierea microdelaminării dacă aderența stratului nu este uniformă.

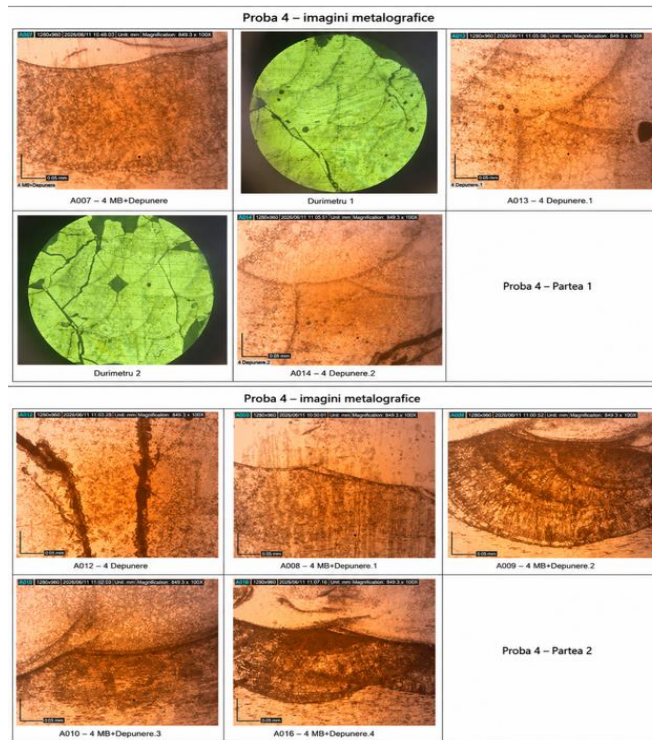


Figura 14. Analiza metalografică a probei 4 după testarea la vibrații - material de bază, strat depus și interfață MB-depunere

Proba 4, asociată solicitării la vibrații, prezintă o zonă de depunere cu neomogenități evidente, benzi întunecate și discontinuități locale la interfață. Imaginile de durimetru indică urme de indentare și fisuri/ramificații în jurul zonei analizate, ceea ce sugerează existența unor regiuni fragile sau tensionate. Din punct de vedere al solicitării dinamice, aceste particularități pot acționa ca concentratori de tensiune și pot favoriza inițierea microfisurilor în stratul depus sau la limita dintre materialul de bază și depunere.

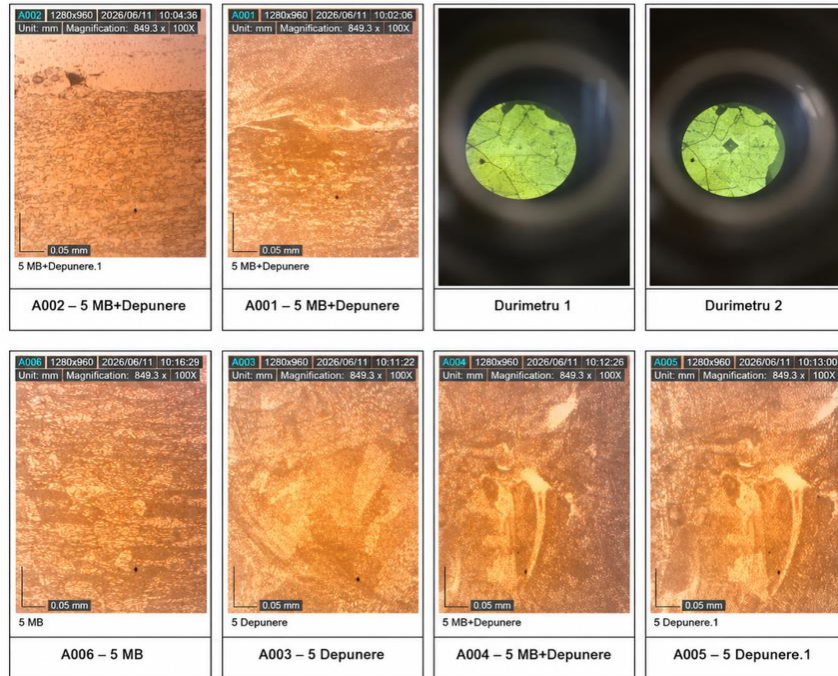


Figura 15. Analiza metalografică a probei 5 după solicitarea mixtă uzură-vibrații - material de bază, strat depus și interfață MB-depunere

Proba 5, corespunzătoare solicitării mixte uzură-vibrații, evidențiază o depunere cu caracter metalurgic, dar cu neomogenități și defecte locale. Structura observată în materialul de bază prezintă urme liniare, în timp ce zona depusă are aspect celular/dendritic și diferențe locale de contrast. La interfață se disting regiuni întunecate și discontinuități, compatibile cu porozitate, incluziuni oxidice, segregări sau microfisuri. Sub solicitare combinată, asemenea defecte pot accelera degradarea locală prin inițierea și propagarea microfisurilor, precum și prin desprinderi locale de material.

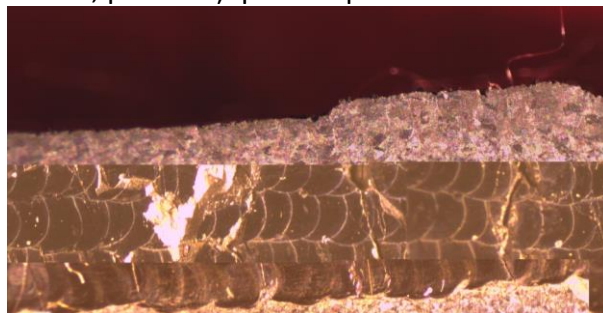


Figura 16. Secțiune metalografică a probei 3, cu evidențierea stratului depus și a interfeței față de materialul de bază

În secțiunea probei 3 (fig. 16), stratul depus apare relativ continuu, cu o interfață recunoscutibilă față de materialul de bază. Suprafața superioară este neregulată, ceea ce

este compatibil cu depunerile DED/LMD realizate prin cordoane succesive. Comparativ cu probele cu defecte mai evidente, proba 3 pare mai compactă în câmpul analizat, deși nu pot fi excluse porozitatea locală și incluziunile fine.

Secțiunea probei 4 (fig. 17), evidențiază un strat cu numeroase discontinuități, zone întunecate, fisuri și regiuni luminoase care pot corespunde unor smulgeri, oxizi sau fragmente desprinse. Aspectul este compatibil cu o deteriorare mai severă a depunerii, cu posibilă microdelaminare și propagare de fisuri în strat, ceea ce indică o sensibilitate mai ridicată la solicitarea mecanică locală.

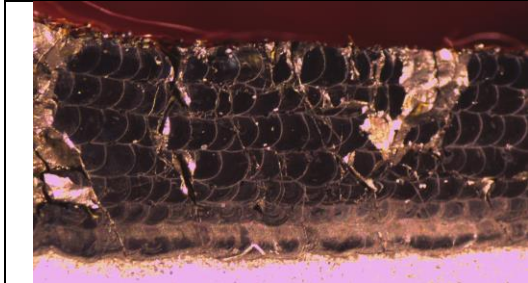


Figura 17. Secțiune metalografică a probei 4, cu discontinuități și zone de fisurare în stratul depus



Figura 18. Secțiune metalografică a probei 5, cu degradare locală a stratului depus după solicitarea mixtă uzură-vibrații

Secțiunea probei 5 (fig. 18) arată o suprafață puternic afectată, cu rugozitate accentuată, zone luminoase asociate cu material deformat sau smuls și numeroase puncte întunecate. Aspectul susține interpretarea unei degradări locale pronunțate după solicitarea mixtă, cu posibile fenomene de microfisurare, expunere a porozității și desprinderi de material.

4.3.3. Analiza chimică locală EDS a probei 3

Analiza EDS a fost utilizată pentru caracterizarea locală a compoziției chimice în materialul de bază, în stratul depus și în zona de trecere a probei 3. Rezultatele EDS trebuie interpretate ca măsurători locale, dependente de aria analizată, de pregătirea suprafeței și de rezoluția metodei; ele nu înlocuiesc compoziția globală a substratului, dar sunt utile pentru confirmarea diferențelor chimice dintre zone și pentru evidențierea diluției la interfață.

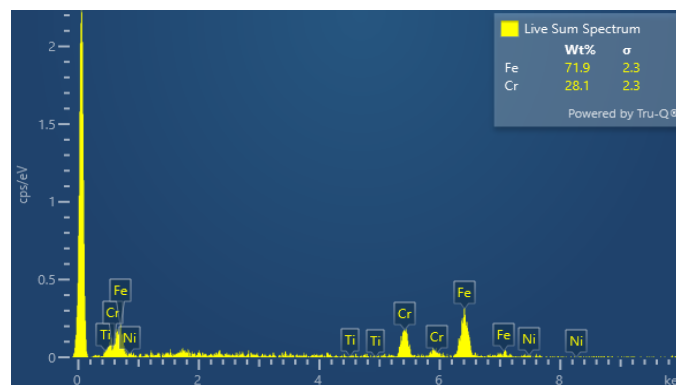


Figura 19. Spectru EDS pentru materialul de bază al probei 3, cu compoziție locală predominant Fe-Cr

În materialul de bază al probei 3, spectrul EDS indică o compoziție locală predominant Fe-Cr, cu 71,9 wt% Fe și 28,1 wt% Cr. Conținutul ridicat de crom indică un caracter inoxidabil local și susține rezistența potențială la coroziune. Diferența față de stratul depus confirmă

că zona depusă nu este doar o prelungire a substratului, ci un material cu compoziție modificată prin aportul pulberilor metalice.

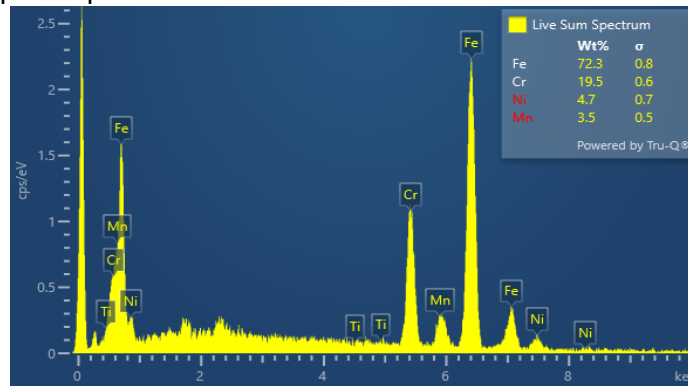


Figura 20. Spectru EDS pentru zona de depunere a probei 3, evidențiind sistemul local Fe-Cr-Ni-Mn

În zona de depunere a probei 3, analiza EDS indică aproximativ 72,3 wt% Fe, 19,5 wt% Cr, 4,7 wt% Ni și 3,5 wt% Mn. Prezența cromului și nichelului confirmă caracterul aliat/inoxidabil al stratului, iar manganul poate contribui la stabilizarea microstructurii și la comportarea mecanică locală. Compoziția Fe-Cr-Ni-Mn este compatibilă cu pulberile utilizate pentru varianta orientată către rezistență la uzură și indică formarea unui strat metalic complex, nu a unei simple acoperiri superficiale nemetalurgice.

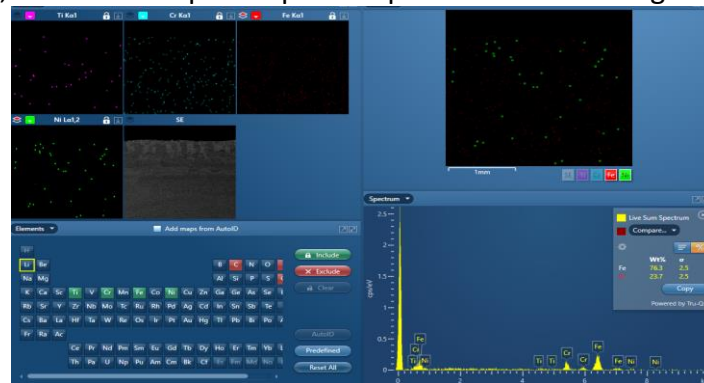


Figura 21. Hartă EDS și spectru în zona de trecere a probei 3, cu evidențierea continuității Fe-Cr la interfața MB-depunere

În zona de trecere a probei 3, compoziția locală este predominant Fe-Cr, cu 76,3 wt% Fe și 23,7 wt% Cr. Această distribuție confirmă formarea unei zone de diluție între materialul de bază și stratul depus, în care are loc amestecarea parțială a elementelor chimice. Continuitatea semnalelor de Fe și Cr la interfață susține existența unei legături metalurgice, dar observațiile metalografice indică faptul că această continuitate nu exclude prezența unor discontinuități locale.

Tabelul 11. Compoziții locale EDS raportate pentru proba 3

Zona analizată	Fe [wt%]	Cr [wt%]	Ni [wt%]	Mn [wt%]	Interpretare tehnică
Material de bază	71,9	28,1	-	-	Compoziție locală Fe-Cr, cu caracter inoxidabil.
Strat depus	72,3	19,5	4,7	3,5	Sistem local Fe-Cr-Ni-Mn, compatibil cu pulberile pre-aliate utilizate.
Zonă de trecere	76,3	23,7	-	-	Zonă de diluție cu continuitate majoritară Fe-Cr la interfață.

4.3.4. Examinarea SEM a probei 3

Imaginile SEM ale probei 3 completează observațiile metalografice prin evidențierea diferențelor de morfologie între materialul de bază, stratul depus și zona de trecere. Materialul de bază prezintă o suprafață mai compactă și relativ uniformă, în timp ce stratul depus are o morfologie mai neomogenă, cu urme ale trecerilor succesive de depunere, contraste locale și posibile porozități sau microfisuri. Zona de trecere evidențiază o interfață curbată, specifică fenomenului de diluție dintre substrat și materialul depus.

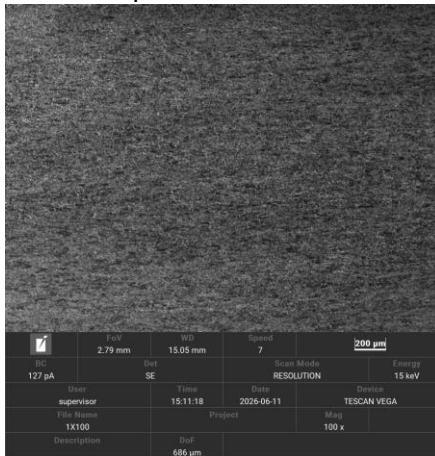


Figura 22. Imagine SEM a probei 3 la mărire 100x, cu evidențierea morfologiei generale a zonei analizate

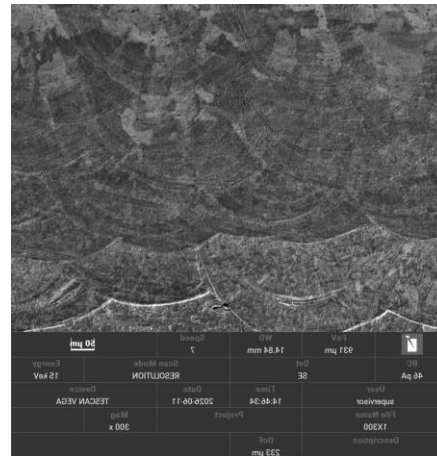


Figura 23. Imagine SEM a probei 3 la mărire 300x, cu evidențierea interfeței curbate MB-depunere și a zonei de diluție

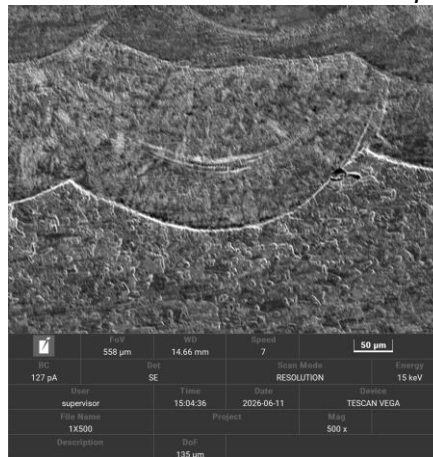


Figura 24. Imagine SEM a probei 3 la mărire 500x, cu evidențierea detaliilor morfologice ale zonei de trecere

Examinarea SEM confirmă caracterul neomogen al zonei depuse și existența unei interfețe metalurgice recognoscibile. Totodată, imaginile susțin necesitatea unor investigații suplimentare, precum cartografiere EDS extinsă pe mai multe câmpuri, măsurarea porozității, determinarea profilului de duritate și analiza fractografică acolo unde apar fisuri. În lipsa acestor determinări suplimentare, interpretarea rămâne

tehnologică și microstructurală preliminară, dar suficientă pentru corelarea rezultatelor TABER cu starea locală a stratului depus.

4.3.5. Sinteza rezultatelor și limitele reale ale interpretării

Rezultatele integrate în acest capitol arată că au fost obținute depuneri metalice multi-pulbere cu geometrie comună, iar probele rezultate pot fi diferențiate prin masa depusă, pierderea de masă la uzură abrazivă și aspectul microstructural. Proba pentru vibrații a înregistrat cea mai mică pierdere cumulată de masă în condițiile TABER raportate, însă această observație nu trebuie transformată într-o concluzie definitivă privind superioritatea tribologică, deoarece geometria stratului, rugozitatea și defectele locale pot influența direct rezultatul. Proba pentru uzură și proba mixtă prezintă pierderi mai mari în primul set de testare, posibil asociate cu etapa inițială de rodaj abraziv și cu morfologia stratului.

Din punct de vedere metalografic, probele evidențiază microstructuri neomogene, celulare/dendritice, cu zone de diluție și discontinuități locale. Aceste caracteristici sunt compatibile cu procesarea DED/LMD a unor pulberi pre-aliate diferite, dar impun control suplimentar al parametrilor de proces pentru reducerea porozității, a microfisurilor și a variațiilor locale de compoziție. Din punct de vedere chimic, EDS confirmă pentru proba 3 existența unui strat local Fe-Cr-Ni-Mn și a unei zone de trecere Fe-Cr, ceea ce susține formarea unei legături metalurgice cu substratul.

Limita reală a fazei constă în faptul că rezultatele disponibile descriu comportarea preliminară a probelor și nu constituie încă o validare completă a durabilității în exploatare. Pentru validare finală sunt necesare teste repetate, profilometrie a urmelor de uzură, duritate pe secțiuni, analiză SEM-EDX pe toate probele, încercări dinamice controlate pentru proba de vibrații și corelarea parametrilor DED/LMD cu defectologia stratului. Cu toate acestea, datele integrate confirmă realizarea probelor și oferă o bază experimentală reală pentru continuarea dezvoltării sistemelor HEA/CCA multi-pulbere.

Capitolul 5.

Activități de diseminare și promovare a proiectului

În acest capitol se furnizează un set de rezultate tehnice care pot fi utilizate pentru diseminarea științifică și tehnologică a proiectului: definirea sistemelor multi-pulbere HEA/CCA, demonstrarea depunerii prin Insstek MX Mini, documentarea geometriei spiralate inelare, obținerea unui set comparabil de probe, testarea preliminară la uzură abrazivă TABER și integrarea observațiilor metalografice/EDS/SEM. Rezultatele pot fi prezentate în materiale de promovare, rapoarte tehnice, comunicări științifice și actualizări ale paginii proiectului, cu mențiunea clară că interpretarea este preliminară și se bazează pe datele experimentale disponibile.

Elementele cu cel mai mare potențial de diseminare sunt caracterul multi-pulbere al procesului, utilizarea feedere-lor multiple în regim MIX, integrarea pulberilor industriale pre-aliate într-un sistem CCA și obținerea a trei familii de probe funcționale pe aceeași geometrie și pe același tip de substrat. Prin această structură, proiectul demonstrează nu doar obținerea unor depuneri multi-component, ci și o metodologie reproductibilă de proiectare, depunere, testare abrazivă și caracterizare microstructurală pentru componente solicitate sever.

Pentru promovarea proiectului, figurile tehnologice și microstructurale sunt adecvate pentru explicarea fluxului experimental: pregătirea substratului, montarea pe masa echipamentului, modelarea în Rhino 7 / InsstekCAM, setările CAD/CAM, etapa de

depunere, setul final de probe, testarea TABER, analiza metalografică și examinarea SEM-EDX. Aceste imagini pot fi utilizate ca material suport pentru prezentări tehnice, postere, fișe de proiect sau materiale de comunicare destinate mediului industrial.

În raport cu fazele anterioare, diseminarea aferentă A8 trebuie să evidențieze diferența de conținut: nu mai sunt discutate pulberile și compozițiile din documentul inițial, ci sistemele reale din A8: 17-4PH, Osprey 18Ni300, MAR-60HRC, UTP Pos Fe / UTP Stainless 18, Osprey 2507, KOSMP-316L, Osprey CpTi, KOSMP-ALY718 și Osprey 625.

Capitolul 6.

Concluzii

Realizarea unui flux tehnologic complet pentru obținerea unor depuneri multi-pulbere HEA/CCA prin echipamentul Insstek MX Mini. Au fost definite trei categorii de materiale, fiecare bazată pe câte cinci pulberi metalice: o categorie pentru rezistență la uzură, o categorie pentru rezistență la vibrații și o categorie intermediară pentru solicitare mixtă uzură-vibrație.

Substratul metalic a fost pregătit prin debitare cu jet de apă abraziv și sablare, iar depunerile au fost realizate pe o geometrie spiralată de tip inel, modelată în Rhino 7 și post-procesată în InsstekCAM. Utilizarea aceleiași geometrii pentru toate variantele reprezintă un element de rigoare experimentală, deoarece permite comparația directă între probe și reduce influența variabilelor geometrice.

Din punct de vedere metalurgic, utilizarea pulberilor pre-aliate impune descrierea rezultatelor ca sisteme HEA/CCA, nu ca HEA echiatomice clasice. Această formulare este tehnic corectă și reflectă realitatea procesului: compoziția complexă este generată prin aportul simultan sau controlat al unor aliaje industriale deja constituite, iar funcționalitatea finală este proiectată prin selecția pulberilor și prin controlul parametrilor de depunere.

Rezultatul experimental real al fazei constă în obținerea probelor depuse, documentarea parametrilor tehnologici, evaluarea pierderilor de masă la uzură abrazivă și integrarea observațiilor metalografice/EDS/SEM disponibile. Datele obținute indică existența unor diferențe între variantele de pulberi, atât prin masa depusă, cât și prin modul de degradare observat la nivelul stratului și al interfeței. Rezultatele rămân preliminare, dar oferă o bază coerentă pentru demonstrarea conceptului la nivel TRL 3 și pentru continuarea validării funcționale.

Prin această etapă, proiectul avansează de la formularea conceptuală a materialelor către demonstrarea practică a unei tehnologii de depunere multi-pulbere aplicabile componentelor sever solicitate la uzură și vibrații. Direcțiile de continuare trebuie să includă extinderea caracterizării microstructurale pe toate probele, evaluarea aderenței la substrat, determinarea durității pe secțiuni, corelarea parametrilor de proces cu uniformitatea cordoanelor, validarea dinamică a probelor solicitate la vibrații și obținerea datelor cantitative necesare pentru selectarea compoziției optime pentru aplicații industriale.

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).

Rezultatele fazei 7, care sunt în totală concordanță cu obiectivele acestei faze din propunerea de proiect au constat în:

- Managementul proiectului și realizarea Raportului de fază (R6), conform activității A1 din propunerea de proiect;
- În corelare cu activitatea A2 - Vizibilitate proiect, respectiv de realizare și actualizare platformă online (pagină web), promovarea proiectului și prin intermediul rețelei de socializare Facebook, a variantei electronice și letrice a revistei BID, jurnal din categoria B+ etc., s-au întreprins o serie de acțiuni de promovare (R9), cum ar fi:
 - Promovare prin realizarea unei platforme online (pagină web) – care este actualizată în permanență

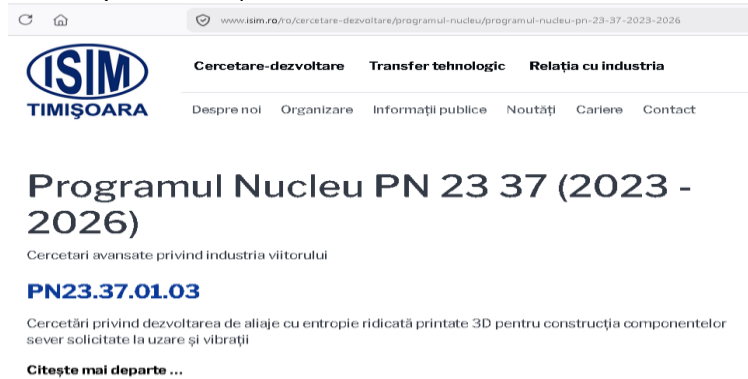


Figura 25. Realizare platformă online (pagină web) pentru promovarea proiectului

- Participarea la conferința cu participare internațională „Instalații pentru construcții și confortul ambiental” ediția a 35-a, 17 aprilie 2026, Timișoara, România - unde au fost publicate două lucrări științifice:
 - 1. G.V. Mnerie, E.A. Laza, E. Dobrin, L.I. Sîrbu, O. Gubenia, N. Tih. (2026). Perspectives and challenges of integrating high-entropy alloys into the HVAC industry through 3D printing. The conference with international participation on Construction installations and environmental comfort, the 35th edition, Matrix Publishing House, ISSN 1842-9491, pp. 268-283.
 - 2. E. Dobrin, G.V. Mnerie, L.I. Sîrbu, R.C. Klobucaric. (2026). Advancing building installations through ultrasonic welding: strategies for energy efficiency and sustainability. The conference with international participation on Construction installations and environmental comfort, the 35th edition, Matrix Publishing House, ISSN 1842-9491, pp. 284-291

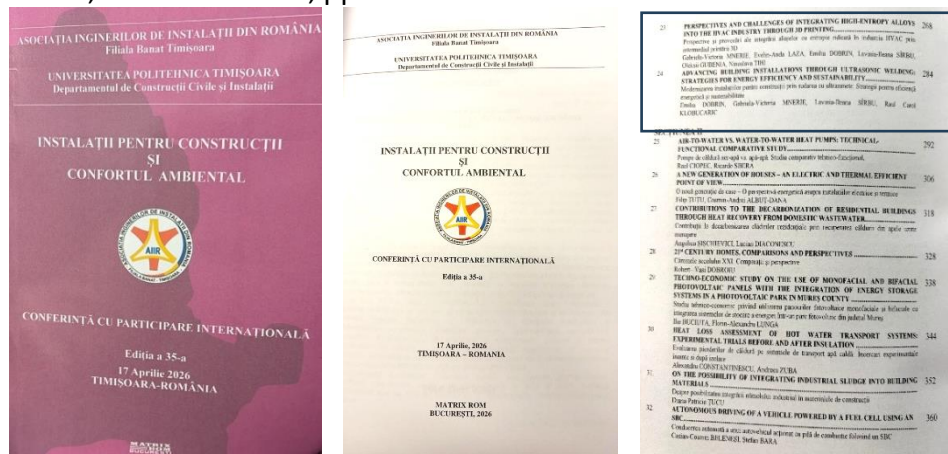


Figura 26. Comunicare lucrări științifice

- Promovare prin participarea la International Exhibition „INVENTCOR” 7th edition, 02-04 Aprilie 2026, Deva, România



Figura 27. Promovare prin participarea la International Exhibition „INVENTCOR” 7th edition, 02-04 Aprilie 2026, Deva, România

- Promovare prin participarea la PATENTUM NEXUS, International Innovation and Research Summit & Exhibition, April 17–18, 2026, Bečej, Serbia (fig. 28);
- Promovare prin participarea la -IDEA 2026 Hódmezővásárhely, Idea-Novelty-Invention, April 24-26, 2026, Hódmezővásárhely, Hungary (fig. 29);



Figura 28. Promovare prin participarea la PATENTUM NEXUS, International Innovation and Research Summit & Exhibition, April 17–18, 2026, Bečej, Serbia



Figura 29. Promovare prin participarea la - IDEA 2026 Hódmezővásárhely, Idea-Novelty-Invention, April 24-26, 2026, Hódmezővásárhely, Hungary

- În corelare cu Rezultatul R7, s-a obținut premiu la:

- PATENTUM NEXUS, International Innovation and Research Summit & Exhibition, April 17–18, 2026, Bečej, Serbia



Figura 30. Diplomă obținută la PATENTUM NEXUS, International Innovation and Research Summit & Exhibition, April 17–18, 2026, Bečej, Serbia

- Promovare în mediul online, actualizare pagină web a proiectului, legată la website-ul ISIM, la secțiunea cercetare <https://www.isim.ro/ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-03>.

www.isim.ro/ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-03

ISIM
TIMIȘOARA
PN23.37.01.03

Cercetare-dezvoltare Transfer tehnologic Relația cu industria

Despre noi Organizare Informații publice Noutăți Cariere Contact

S
A
N
E

Cercetări privind dezvoltarea de aliaje cu entropie ridicată printate 3D pentru construcția componentelor sever sollicitate la uzare și vibrații

Acronim: PN19.36.02.02
Denumirea obiectivului: Obiectiv 1. Dezvoltarea de materiale funcționale inovative, fabricație avansată și ecotehnologii
Tipul activității de cercetare-dezvoltare, inovare și demonstrare: dezvoltare experimentală
Director proiect: Dr. Ing. Nicușor-Alin Sîrbu;
Perioada de desfășurare: Ianuarie 2023 - decembrie 2026
Stadiul proiectului: în derulare

Despre proiect

Obiective

- Dezvoltarea de aliaje cu entropie ridicată printate 3D pentru construcția componentelor sever sollicitate la uzare și vibrații;
- Dezvoltarea de tehnologii de fabricație și produse inovative prin printare 3D.

Totodată, obiectivele proiectului sunt în concordanță și cu Strategia Națională de cercetare, inovare și specializare inteligentă 2022-2027 (SNCSI) și cu prevederile Strategiei Horizon Europa 2021-2027 o Europă a cunoașterii, noi oportunități de afaceri și locuri de muncă și cu Strategia de dezvoltare a ISIM Timișoara, privind creșterea eficienței activității de cercetare și promovarea excelenței în mediul economic, stimularea publicării și brevetării lucrărilor valoroase și atragerea tinerilor în activitatea de cercetare prin dezvoltarea direcțiilor de nișă la nivel instituțional, regional și național.

Faze și rezultate

Studiul privind stadiul actual al cunoașterii privind printarea 3D a aliajelor

Termen Partea I: 15.06.2023
Realizări Etapa I

Partea II: Termen: 08.12.2023
Realizări Etapa II

Faza a III-a: **Cercetări privind fabricația de subsansambluri polimerice/metaloce pentru sudare**
Termen: 10.12.2024

Faza a IV-a, Etapa I: **Cercetări privind elaborarea de aliaje cu entropie ridicată și testarea acestora**
Termen: 10.12.2024

Faza a IV-a, Etapa II: **Cercetări privind elaborarea de aliaje cu entropie ridicată și testarea acestora**
Termen: 13.06.2025

Faza a V-a: **Cercetări finale privind elaborarea de aliaje cu entropie ridicată și testarea acestora**
Termen: 13.06.2025

Faza a VI-a, partea I: **Cercetări preliminare privind realizarea prin printare 3D de componente sever sollicitate la uzare și vibrații**
Termen: 10.12.2025

Faza a VI-a, partea a II-a: **Cercetări preliminare privind realizarea prin printare 3D de componente sever sollicitate la uzare și vibrații**
Termen: 10.12.2025

Contact

Director proiect: Dr. Ing. Nicușor-Alin SÎRBU
ISIM Timișoara, Ev. Mihai Viteazul nr. 30, 300222 Timișoara
0256 491831
@ E-mail: asirbu@isim.ro

Figura 31. Site ISIM/site proiect – <https://www.isim.ro/ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-03>

Au fost atinse obiectivele propuse ale fazei 7 din cadrul proiectului, conform diagramei Gantt din cererea de finanțare, fiind realizate toate rezultatele propuse în această fază, întreprindându-se o serie de acțiuni de promovare a proiectului prin intermediul mediului on-line (pagina web a proiectului/participare la târguri/expoziții și comunicare lucrări științifice la o conferință internațională).

Rezultatele obținute în cadrul fiecărei părți/faze a proiectului, vor fi prezentate pe pagina web a proiectului, creată pentru vizibilitatea acestui proiect, accesibilă la adresa <https://www.isim.ro/ro/cercetare-dezvoltare/programul-nucleu/programul-nucleu-pn-23-37-2023-2026/pn23-37-01-03>, pagină web care va fi actualizată pe întreaga perioadă de derulare a proiectului.

Lucrările proiectului vor continua cu faza 8 a proiectului “Cercetări privind verificarea capacității materialelor de a funcționa în condițiile de utilizare definite”.

Responsabil proiect,
Dr. Ing. Nicușor-Alin SÎRBU