

Raport activitate/Rezumat PN 23 37 01 04 - faza 3

Eficientizarea operațiilor de prelucrare componente dure prin implementarea de soluții tehnice inovative

1. Obiectivul proiectului:

Obiectivul general al proiectului este dezvoltarea unor materiale funcționale avansate și a unor tehnologii de fabricație destinate realizării de straturi dure și extradure cu proprietăți mecanice și funcționale superioare, aplicabile componentelor supuse unor solicitări mecanice, termice și tribologice severe. În acest scop, proiectul urmărește dezvoltarea, optimizarea și validarea la nivel de laborator a unor tehnologii de depunere cu fascicul laser a materialelor de tip aliaj metalic, compozit sau cermet, precum și acumularea know-how-ului necesar corelării dintre compoziția materialelor, parametrii procesului de depunere, microstructura și caracteristicile funcționale ale straturilor obținute.

Un obiectiv complementar și esențial al proiectului îl reprezintă dezvoltarea infrastructurii de cercetare necesare implementării programelor experimentale. În acest sens, este urmărită modernizarea și extinderea capacităților instalației de debitare neconvențională cu jet de apă și abraziv, astfel încât aceasta să permită realizarea cu precizie a probelor, epruvetelor și materialelor substrat, inclusiv din materiale dure, extradure sau dificil de prelucrat prin procedee convenționale. Utilizarea tăierii cu jet de apă permite pregătirea probelor fără introducerea unei zone influențate termic, reducând astfel factorii perturbatori care ar putea afecta rezultatele analizelor și încercărilor ulterioare.

În cadrul Fazei 3, această direcție de dezvoltare a infrastructurii este continuată prin realizarea și implementarea unui model experimental de echipament mixt, capabil să funcționeze alternativ în regim de tăiere cu jet de apă și cu plasmă. Prin integrarea sistemului de tăiere cu plasmă pe portalul CNC existent și prin modernizarea sistemului de acționare și comandă numerică, se urmărește creșterea flexibilității, productivității și preciziei operațiilor de prelucrare. Configurația mixtă permite selectarea tehnologiei adecvate în funcție de natura materialului, conductivitatea electrică, grosimea semifabricatului, sensibilitatea la influența termică și cerințele de calitate ale piesei.

Soluția dezvoltată în cadrul fazei contribuie direct la atingerea obiectivului specific privind consolidarea capacității de cercetare aplicată a ISIM Timișoara, prin operaționalizarea și modernizarea infrastructurii existente. Echipamentul mixt rezultat asigură baza tehnică pentru pregătirea probelor și a materialelor substrat necesare etapelor ulterioare ale proiectului, dedicate realizării aliajelor și compozitelor pentru depuneri dure, obținerii straturilor prin tehnologii laser, caracterizării acestora, optimizării parametrilor de proces și validării tehnologiei de depunere.

Obiectivul proiectului se încadrează în direcțiile strategice ale Programului Nucleu privind dezvoltarea de materiale funcționale inovative, fabricația avansată și ecotehnologiile. Prin implementarea activităților propuse se urmărește extinderea capacităților tehnologice ale infrastructurii existente, creșterea gradului de automatizare, îmbunătățirea preciziei și repetabilității proceselor și crearea unui flux experimental integrat, de la pregătirea materialelor și probelor până la realizarea, caracterizarea, optimizarea și validarea straturilor dure și extradure.

Această variantă păstrează caracterul general al obiectivului proiectului, dar introduce explicit contribuția Fazei 3 și legătura ei cu fazele ulterioare. De asemenea, evită să prezinte echipamentul mixt ca un obiectiv izolat, arătând că acesta este parte a infrastructurii necesare întregului program experimental..

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

Pentru atingerea obiectivului general al proiectului și a obiectivelor specifice aferente Fazei 3, au fost preconizate rezultate tehnice, științifice și de diseminare orientate către dezvoltarea infrastructurii experimentale și creșterea capacității de prelucrare a materialelor dure și dificil de prelucrat.

Rezultatul tehnic principal preconizat pentru această fază îl constituie realizarea unui **echipament mixt de tăiere cu jet de apă și plasmă**, obținut prin modernizarea portalului CNC existent și integrarea unui sistem suplimentar de tăiere cu plasmă. Soluția urmărește păstrarea funcționalității de tăiere cu jet de apă și extinderea capabilităților instalației prin introducerea unui al doilea mod de operare, adecvat debitării rapide a materialelor metalice conductoare.

În vederea obținerii acestui rezultat, au fost preconizate realizarea și analiza unor variante constructive și funcționale de echipament mixt, evaluarea comparativă a acestora și selectarea configurației optime pentru implementare. Procesul de selecție urma să ia în considerare compatibilitatea cu structura mecanică existentă, masa suplimentară introdusă pe portal, păstrarea curselor utile, rigiditatea și stabilitatea ansamblului, accesul pentru reglare și mentenanță, precum și posibilitatea interfațării cu un sistem CNC modern.

Un alt rezultat preconizat a fost **modernizarea sistemului de comandă și acționare al portalului CNC**, prin înlocuirea echipamentelor uzate moral cu o arhitectură compatibilă cu cerințele actuale de automatizare. În acest scop au fost avute în vedere integrarea unui controler CNC modern, utilizarea unor motoare pas cu pas în buclă închisă, implementarea unui sistem de feedback de poziție, configurarea axelor și a parametrilor de deplasare și asigurarea funcționării controlate pe axele X, Y și Z.

Pentru realizarea modului de lucru cu plasmă a fost preconizată integrarea unei surse de tăiere compatibile cu funcționarea CNC, împreună cu torța, ansamblul mecanic al axei Z, sistemul de palpăre și dispozitivul THC pentru controlul automat al înălțimii torței. Prin această configurație urma să fie asigurată poziționarea inițială față de suprafața piesei, stabilirea înălțimii de perforare și de tăiere și corectarea poziției torței în timpul procesului, în funcție de variațiile geometrice ale semifabricatului.

De asemenea, a fost preconizată realizarea unei **interfețe unitare de comandă prin software-ul Mach3**, care să permită configurarea separată a celor două moduri de operare. Pentru modul cu jet de apă urmau să fie păstrate funcțiile de deplasare și poziționare specifice procesului, iar pentru modul cu plasmă urmau să fie configurate comenzile de pornire și oprire a arcului, semnalul de confirmare a transferului arcului, ciclul de palpăre și comenzile de corecție pe axa Z.

Un rezultat important preconizat a fost realizarea integrării mecanice, electrice și software a tuturor componentelor, cu asigurarea funcționării alternative și controlate a celor două tehnologii. În acest sens, au fost avute în vedere măsuri de protecție împotriva umezelii, a temperaturilor ridicate, a particulelor și a perturbațiilor electromagnetice, precum și implementarea limitatoarelor de cursă, a circuitelor de oprire de

urgență, a protecțiilor electrice și a interblocărilor necesare pentru prevenirea activării simultane necontrolate a celor două procese.

Pentru confirmarea corectitudinii implementării, au fost preconizate verificări funcționale preliminare ale modelului experimental, care să includă:

- verificarea deplasărilor pe axele X, Y și Z;
- verificarea sensurilor de mișcare și a revenirii la poziția de referință;
- testarea limitatoarelor de cursă și a circuitului de oprire de urgență;
- verificarea funcțiilor de palpate și poziționare;
- verificarea comenzilor de pornire și oprire a sursei de plasmă;
- verificarea semnalelor de feedback și a funcționării sistemului THC;
- confirmarea separării funcționale dintre modul cu jet de apă și modul cu plasmă.

Pe lângă rezultatul tehnic principal, pentru această fază au fost preconizate și rezultate științifice și de diseminare. A fost prevăzută elaborarea unei lucrări științifice dedicate dezvoltării și integrării sistemului mixt CNC pentru prelucrarea componentelor dure prin tăiere cu jet de apă și plasmă, precum și prezentarea rezultatelor prin intermediul paginii web a proiectului și al materialelor de promovare.

În conformitate cu propunerea de proiect, rezultatele asociate Fazei 3 includ un studiu, un echipament multifuncțional de tăiere cu jet de apă și plasmă actualizat, un articol științific, materiale de promovare și documentele de raportare ale fazei. Aceste rezultate sunt direct corelate cu dezvoltarea infrastructurii necesare programelor experimentale ulterioare și cu obiectivul proiectului de a asigura pregătirea controlată a probelor și a materialelor substrat pentru cercetările privind depunerile dure și extradure realizate prin tehnologii laser.

Prin realizarea acestor rezultate se preconizează creșterea flexibilității instalației, extinderea gamei de materiale și grosimi prelucrabile, reducerea timpilor de pregătire a probelor, îmbunătățirea preciziei de poziționare și crearea unei baze tehnice adecvate pentru continuarea activităților de cercetare din cadrul proiectului.

3. Obiectivul fazei:

Obiectivul Fazei 3 a constat în dezvoltarea, selectarea și implementarea unui model experimental de echipament mixt destinat prelucrării componentelor dure și dificil de prelucrat, prin utilizarea alternativă a tehnologiilor de tăiere cu jet de apă și cu plasmă, pe aceeași platformă CNC.

În cadrul fazei s-a urmărit valorificarea portalului mecanic existent și extinderea funcționalității acestuia prin integrarea unui sistem de tăiere cu plasmă, fără eliminarea capabilității inițiale de debitare cu jet de apă și abraziv. Soluția propusă a avut în vedere realizarea unei configurații modulare și flexibile, care să permită selectarea tehnologiei de prelucrare în funcție de natura materialului, conductivitatea electrică, grosimea semifabricatului, sensibilitatea la influența termică, precizia solicitată și productivitatea urmărită.

Pentru atingerea acestui obiectiv au fost avute în vedere realizarea și evaluarea unor variante constructive și funcționale de echipament mixt, selectarea modelului experimental optim și implementarea acestuia pe portalul CNC existent. Procesul de selecție a urmărit compatibilitatea mecanică și electrică a soluției,

păstrarea domeniului util de lucru, limitarea maselor suplimentare introduse pe căruciorul mobil, asigurarea rigidității ansamblului și integrarea controlată a componentelor necesare funcționării în cele două regimuri tehnologice.

Un obiectiv tehnic important al fazei I-a constituit modernizarea sistemului de acționare și comandă numerică. În acest sens s-a urmărit înlocuirea sistemului de comandă existent, depășit din punct de vedere tehnic, cu o arhitectură CNC modernă, bazată pe controlerul AXBB-E, acționări cu motoare pas cu pas NEMA 34 în buclă închisă și software-ul Mach3. Noua configurație trebuia să asigure controlul coordonat al axelor X, Y și Z, precizia și repetabilitatea deplasărilor, monitorizarea semnalelor de intrare și ieșire și executarea programelor de prelucrare în cod G.

Pentru modul de operare cu plasmă, obiectivul fazei a inclus integrarea sursei de tăiere, a torței, a ansamblului axei Z, a sistemului de palpăre și a dispozitivului THC pentru controlul automat al înălțimii torței. Prin această integrare s-a urmărit asigurarea funcțiilor de poziționare inițială, stabilire a înălțimii de perforare și de tăiere, pornire și oprire automată a arcului, confirmare a transferului arcului și corecție a poziției torței în timpul deplasării pe contur.

Pentru modul de operare cu jet de apă s-a urmărit păstrarea funcționalității existente și integrarea acesteia în noul sistem de comandă, astfel încât același portal și același sistem de coordonate să poată fi utilizate pentru pregătirea probelor din materiale metalice, nemetalice, compozite sau sensibile la temperatură.

Obiectivul fazei a inclus și realizarea integrării mecanice, electrice și software a celor două tehnologii, cu asigurarea unei schimbări controlate între modurile de operare și prevenirea activării simultane necontrolate a subsistemelor. În acest scop au fost avute în vedere măsuri de protecție față de umezeală, particule, temperaturi ridicate și perturbații electromagnetice, precum și integrarea limitatoarelor de cursă, a circuitului de oprire de urgență și a protecțiilor electrice necesare funcționării în condiții de siguranță.

Totodată, faza a urmărit verificarea funcțională preliminară a modelului experimental, prin testarea deplasărilor pe axe, a sistemelor de referențiere, a limitatoarelor, a opririi de urgență, a funcției de palpăre, a comenzilor specifice sursei de plasmă și a răspunsului sistemului THC.

Prin realizarea acestor activități, faza a avut rolul de a furniza infrastructura tehnică necesară pregătirii precise a probelor și materialelor substrat care vor fi utilizate în etapele ulterioare ale proiectului, dedicate realizării, depunerii, caracterizării, optimizării și validării straturilor dure și extradure prin tehnologii laser. Obiectivul fazei este în concordanță cu rezultatul de proiect referitor la obținerea unui echipament multifuncțional de debitare cu jet de apă și plasmă și cu direcția de consolidare a capacității de cercetare aplicată a ISIM Timișoara..

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

Pentru atingerea obiectivului Fazei 3 au fost preconizate rezultate tehnice, experimentale, documentare și de diseminare, corelate cu dezvoltarea și implementarea unui echipament mixt pentru prelucrarea componentelor dure prin tăiere cu jet de apă și plasmă.

Rezultatul tehnic principal preconizat a constat în realizarea unui **echipament de tăiere mixt jet de apă–plasmă actualizat**, obținut prin valorificarea portalului CNC existent, integrarea unui sistem de tăiere cu plasmă și modernizarea arhitecturii de comandă și acționare. Echipamentul urma să permită utilizarea

alternativă a celor două tehnologii, în funcție de caracteristicile materialului, grosimea semifabricatului, cerințele de precizie și influența termică admisă.

Pentru fundamentarea soluției finale au fost preconizate realizarea și analizarea unor modele constructive și funcționale de echipament mixt. Acestea urmau să vizeze modul de integrare a torței de plasmă pe portalul existent, poziționarea capetelor de tăiere, configurația axei Z, organizarea cablurilor și furtunurilor, distribuția maselor suplimentare și modul de comutare între regimurile de lucru.

Un alt rezultat preconizat a fost evaluarea comparativă a modelelor propuse și selectarea variantei experimentale optime. Evaluarea urma să țină seama de compatibilitatea cu structura mecanică existentă, rigiditatea și stabilitatea ansamblului, păstrarea curselor utile, accesibilitatea pentru reglare și mentenanță, complexitatea integrării electrice și software, siguranța în exploatare și costurile de implementare.

Pentru modelul selectat a fost preconizată implementarea unui **nou sistem CNC de acționare și comandă**, bazat pe controlerul AXBB-E, software-ul Mach3 și motoare pas cu pas NEMA 34 în buclă închisă. Sistemul urma să asigure controlul coordonat al axelor X, Y și Z, executarea programelor în cod G, configurarea vitezelor și accelerațiilor, referențierea axelor, gestionarea limitatoarelor de cursă și monitorizarea semnalelor de intrare și ieșire.

În ceea ce privește modul de tăiere cu plasmă, rezultatele preconizate au inclus integrarea sursei IWELD CUT 125 CNC LCD, a torței PT100, a ansamblului axei Z, a capului flotant și a dispozitivului THC. Prin această configurație urmau să fie asigurate funcțiile de palpăre a suprafeței piesei, poziționare la înălțimea de perforare și de tăiere, pornire și oprire automată a arcului, confirmare a transferului arcului și reglare a înălțimii torței în timpul procesului.

Pentru modul de operare cu jet de apă a fost preconizată menținerea funcționalității existente și integrarea acesteia în noua configurație CNC. Portalul urma să poată fi utilizat pentru prelucrarea materialelor metalice și nemetalice, a materialelor compozite și a celor sensibile la influența termică, cu menținerea posibilității de realizare a probelor fără apariția unei zone afectate termic.

De asemenea, a fost preconizată realizarea integrării mecanice, electrice și software a celor două tehnologii, astfel încât trecerea între modurile de operare să se efectueze controlat și în condiții de siguranță. În acest scop urmau să fie implementate limitatoare de cursă, circuite de oprire de urgență, protecții electrice, măsuri de ecranare și împământare, precum și interblocări pentru prevenirea activării simultane necontrolate a celor două subsisteme.

Un rezultat important preconizat l-a constituit verificarea funcțională preliminară a modelului experimental. Aceasta urma să includă testarea deplasărilor pe cele trei axe, verificarea sensurilor de mișcare, a revenirii la poziția de referință, a limitatoarelor de cursă, a opririi de urgență, a funcției de palpăre, a comenzilor de pornire și oprire a plasmei și a răspunsului sistemului THC.

Pe lângă rezultatele tehnice, au fost prevăzute și rezultate de natură științifică și documentară. În cadrul fazei urma să fie elaborat un studiu privind dezvoltarea și integrarea soluției mixte, precum și o lucrare științifică dedicată sistemului CNC pentru prelucrarea componentelor dure prin tăiere cu jet de apă și plasmă.

Totodată, au fost preconizate realizarea raportului de cercetare și a raportului de activitate al fazei, actualizarea paginii web a proiectului cu rezumatul și rezultatele obținute și elaborarea materialelor de promovare necesare diseminării.

Sintetic, rezultatele preconizate pentru Faza 3 au fost:

- un studiu tehnico-științific;
- modele de echipament mixt pentru tăiere cu jet de apă și plasmă;
- evaluarea și selectarea modelului experimental;
- un echipament mixt jet de apă–plasmă actualizat;
- un sistem CNC modernizat și configurat;
- moduri distincte de operare cu jet de apă și plasmă;
- o lucrare științifică;
- actualizarea paginii web a proiectului;
- materiale de promovare;
- raportul de cercetare și raportul de activitate al fazei.

Aceste rezultate sunt în concordanță cu schema de realizare a proiectului, în care Faza 3 este asociată obținerii unui studiu, unui echipament multifuncțional de debitare cu jet de apă și plasmă, unui articol științific, materialelor de promovare și raportului de fază.

5. Rezumatul fazei: (maxim 5 pagini)

Faza 3, intitulată „**Eficientizarea operațiilor de prelucrare componente dure prin implementarea de soluții tehnice inovative**”, a avut ca obiectiv principal dezvoltarea și implementarea unui model experimental de echipament mixt, destinat prelucrării componentelor dure și dificil de prelucrat prin tăiere cu jet de apă și cu plasmă. Activitățile au fost orientate către extinderea funcționalității instalației de debitare existente, prin integrarea celor două tehnologii complementare pe aceeași platformă CNC și prin modernizarea sistemului de comandă și acționare.

Necesitatea dezvoltării echipamentului mixt a rezultat din cerințele diferite ale materialelor și aplicațiilor vizate în cadrul proiectului. Tăierea cu jet de apă și abraziv permite prelucrarea materialelor metalice și nemetalice, inclusiv a materialelor compozite, dure sau sensibile la temperatură, fără formarea unei zone influențate termic. Această caracteristică este importantă pentru pregătirea probelor și a materialelor substrat destinate programelor experimentale ulterioare, deoarece limitează modificările structurale și metalurgice care ar putea influența rezultatele încercărilor.

Tăierea cu plasmă este aplicabilă materialelor conductoare electric și oferă viteze ridicate de prelucrare, în special pentru oțeluri carbon, oțeluri inoxidabile, aluminiu, cupru și alte aliaje metalice. Integrarea plasmei pe instalația existentă extinde gama de grosimi și aplicații abordabile și permite alegerea procedurii în funcție de material, sensibilitatea la temperatură, precizia solicitată, calitatea muchiei și productivitatea urmărită.

În prima etapă au fost analizate cerințele tehnologice, mecanice, electrice și de comandă asociate realizării unui echipament mixt. S-a urmărit păstrarea structurii mecanice de bază a portalului CNC existent, evitarea unor intervenții majore asupra montanților, grinzii transversale și ghidajelor și utilizarea aceleiași mese de lucru pentru ambele tehnologii. Portalul dispune de trei axe controlate: axa X pentru deplasarea

longitudinală, axa Y pentru deplasarea transversală și axa Z pentru poziționarea verticală a capului activ de tăiere.

Evaluarea soluțiilor a avut în vedere spațiul disponibil pentru montarea torței de plasmă, masa suplimentară introdusă pe căruciorul mobil, rigiditatea suportului, păstrarea curselor utile și evitarea interferențelor dintre cele două capete de lucru. De asemenea, au fost analizate organizarea cablurilor și furtunurilor, accesul pentru reglare și mentenanță, protecția componentelor electrice față de apă și umezeală și protecția sistemului CNC față de temperaturile, particulele și perturbațiile electromagnetice generate de procesul de tăiere cu plasmă.

În urma analizei a fost selectată o configurație modulară, bazată pe reutilizarea portalului mecanic existent și pe modernizarea sistemului CNC de acționare și comandă. Soluția permite folosirea alternativă a capului de tăiere cu jet de apă și a torței de plasmă, subsistemul neutilizat fiind menținut în stare inactivă și într-o poziție sigură. Prin această abordare se păstrează funcționalitatea inițială a instalației și se evită necesitatea achiziției unui al doilea portal CNC complet.

Pentru realizarea procesului de tăiere cu plasmă a fost selectată sursa **IWELD CUT 125 CNC LCD**, destinată aplicațiilor mecanizate și prevăzută cu interfață pentru funcționare în regim CNC. Sursa permite reglarea curentului de tăiere în domeniul 20–100 A și este compatibilă cu torța PT100 și cu dispozitivul de control automat al înălțimii torței. Interfața CNC pune la dispoziție semnalul de pornire a procesului, semnalul de confirmare a transferului arcului și tensiunea de arc divizată necesară funcționării sistemului THC.

Capacitatea nominală a sursei permite abordarea unei game largi de materiale conductoare. Grosimile recomandate de producător pentru tăiere de calitate sunt de până la aproximativ 45 mm pentru oțel carbon și oțel inoxidabil, 36 mm pentru aluminiu și 20 mm pentru cupru, valorile reale fiind dependente de curent, viteză, distanța torță–piesă, calitatea aerului comprimat și starea consumabilelor.

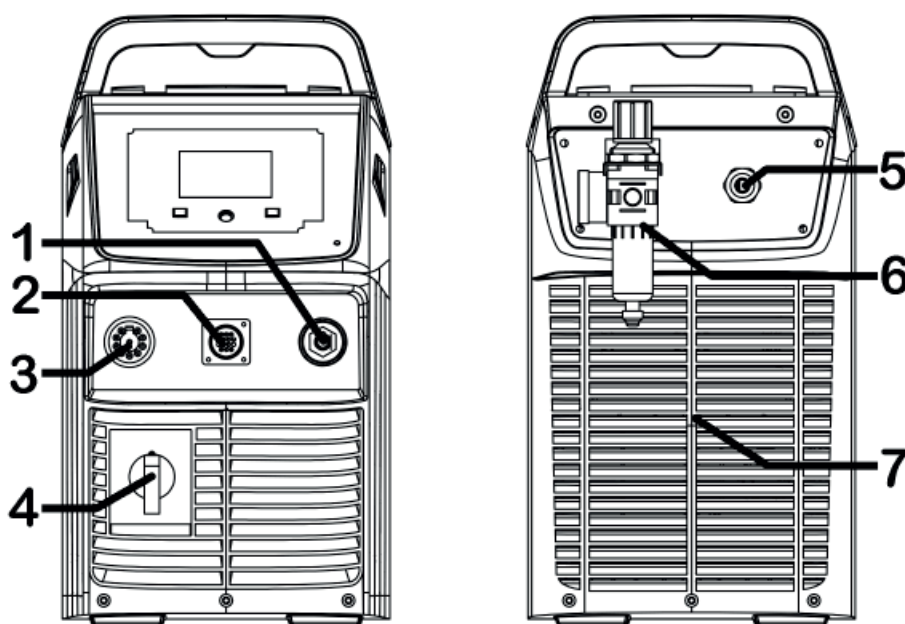


Figura 1. Sursa de plasmă IWELD CUT 125 CNC LCD și principalele elemente de conectare

Modernizarea sistemului de comandă a presupus înlocuirea vechiului echipament Burny Phantom II cu o arhitectură actualizată, bazată pe controlerul **AXBB-E**, placa de interfață **UCSB Breakout Board**, motoare pas cu pas **NEMA 34 în buclă închisă**, drive și encodere. Controlerul comunică prin Ethernet cu calculatorul dedicat și generează semnalele de tip STEP și DIR necesare acționării axelor.

Utilizarea motoarelor în buclă închisă permite supravegherea poziției și reducerea riscului pierderii neobservate a pașilor. Această caracteristică contribuie la îmbunătățirea preciziei și repetabilității

deplasărilor și este importantă în cazul tăierii cu plasmă, unde pot fi necesare viteze și accelerații mai mari decât în regimul de tăiere cu jet de apă.

Alimentarea componentelor a fost structurată pe mai multe niveluri de tensiune, fiind prevăzute surse de 72 V/480 W pentru acționări, 24 V/2,5 A pentru circuitele de comandă și senzori și 5 V pentru componentele electronice auxiliare. Sistemul include calculator dedicat, monitor, tastatură, mouse, UPS, limitatoare de cursă, senzori de referențiere, butoane de comandă și circuit de oprire de urgență.

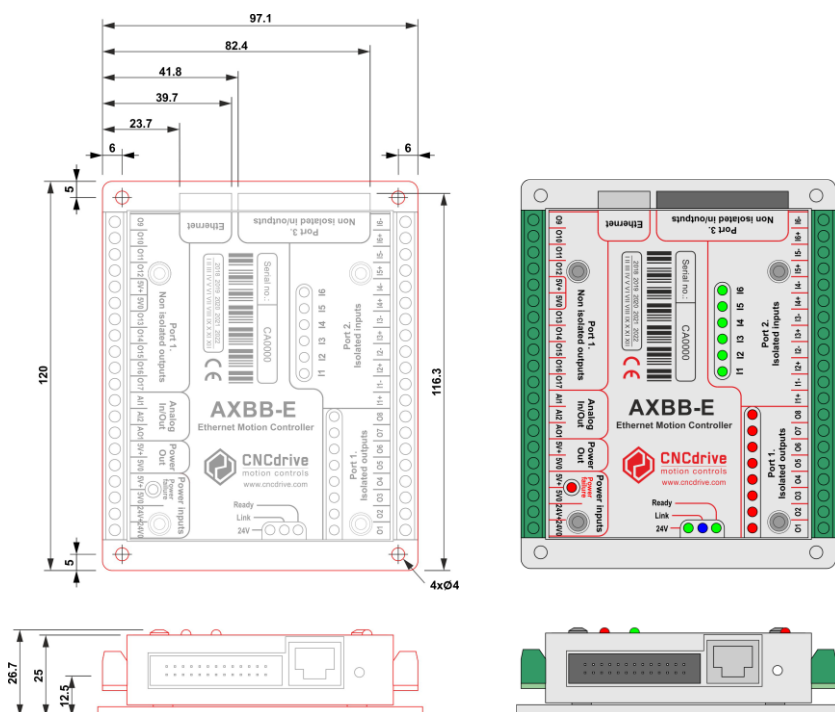


Figura 2. Principalele componente ale sistemului CNC modernizat: controlerul AXBB-E



Figura 3. Principalele componente ale sistemului CNC modernizat: acționarea NEMA 34 în buclă închisă

Pentru poziționarea torței de plasmă a fost integrat un ansamblu dedicat al axei Z, alcătuit din motor, sistem de ghidare, suport rigid, mecanism flotant și senzor de palpăre. La începutul ciclului de tăiere, torța coboară până la detectarea suprafeței semifabricatului. După activarea senzorului, poziția suprafeței este identificată, iar torța este retrasă la înălțimea programată pentru perforare și apoi poziționată la înălțimea de tăiere.

Menținerea distanței dintre torță și piesă în timpul deplasării este realizată cu ajutorul dispozitivului **THC – Torch Height Controller**. Acesta utilizează tensiunea arcului ca mărime de control și transmite comenzi de ridicare sau coborâre către axa Z. Sistemul poate astfel compensa denivelările și deformările semifabricatului și poate contribui la menținerea stabilității arcului, a lățimii rostului și a calității muchiei.

În regimul de tăiere cu jet de apă, funcția THC este dezactivată, iar axa Z este utilizată pentru poziționarea capului la distanța tehnologică stabilită față de piesă. Cele două moduri de operare folosesc aceeași structură de deplasare pe axele X și Y, dar au secvențe tehnologice și parametri de comandă distincte.

Configurarea sistemului a fost realizată prin intermediul software-ului **Mach3**. Au fost definiți parametrii axelor, numărul de impulsuri pe unitatea de deplasare, vitezele maxime, accelerațiile, sensurile de mișcare, limitele de deplasare și procedurile de referențiere. Au fost configurate intrările pentru limitatoare, oprirea de urgență și senzorul de palpăre, precum și ieșirile pentru comanda releului de pornire a plamei.

Pentru modul de tăiere cu plasmă, programul CNC controlează secvența de poziționare, palpăre, retragere la înălțimea de perforare, pornire a arcului și deplasare pe contur. Comanda de activare a sursei este transmisă printr-un releu cu contact fără potențial. După formarea arcului, sursa furnizează semnalul **Transfer**, echivalent funcțional cu semnalul **Arc OK**, iar deplasarea pe traiectorie este permisă numai după confirmarea procesului.

Pentru reducerea influenței perturbațiilor electromagnetice au fost avute în vedere separarea cablurilor de putere de cablurile de semnal, utilizarea cablurilor ecranate, montarea unui filtru EMI, izolarea circuitelor de comandă și realizarea unei legături corespunzătoare la bara de protecție PE și la sistemul de împământare. Componentele electrice și electronice sunt organizate într-un tablou protejat, prevăzut cu siguranțe, contactor, relee, cleme, canale de cablu și elemente de ventilație.

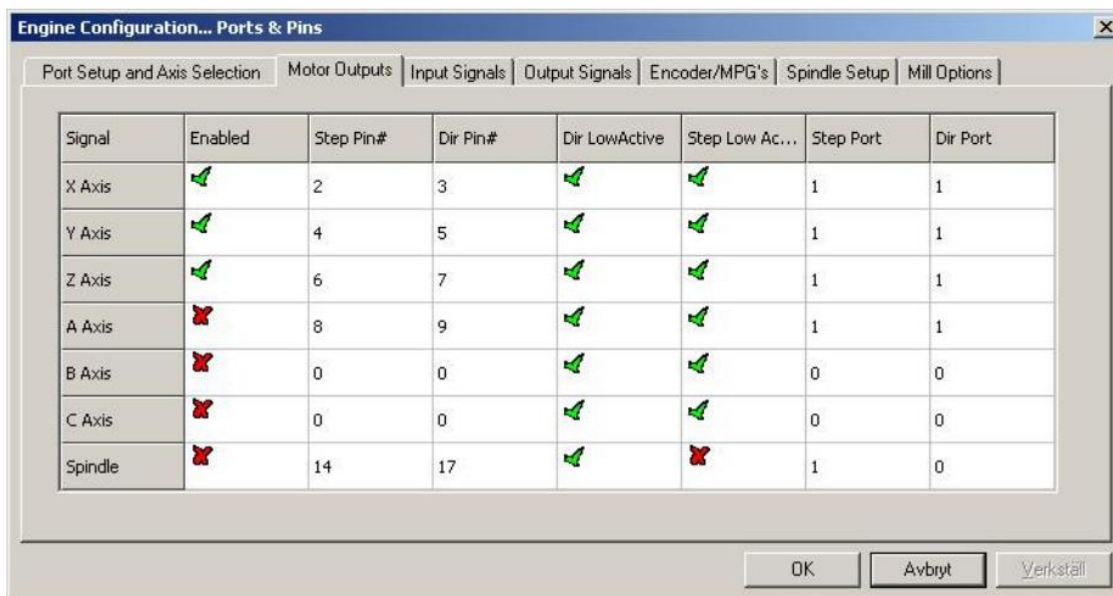


Figura 4. Configurarea semnalelor de comandă ale axelor în software-ul Mach3

După integrarea mecanică, electrică și software au fost realizate verificări funcționale preliminare. Acestea au urmărit deplasarea controlată pe axele X, Y și Z, concordanta dintre sensurile comandate și cele reale, funcționarea limitatoarelor de cursă, referențierea axelor și răspunsul circuitului de oprire de urgență. Au fost executate deplasări manuale și trasee programate, verificându-se sincronizarea axelor, stabilitatea vitezei, comportarea la schimbarea direcției și revenirea în punctul inițial.

Pentru ansamblul axei Z au fost verificate funcția de palpăre, identificarea poziției suprafeței, compensarea cursei mecanismului flotant și retragerea la înălțimea programată. Funcțiile THC Up și THC Down au fost verificate prin observarea răspunsului controlat al axei Z. De asemenea, au fost urmărite stările intrărilor și ieșirilor în ecranul de diagnosticare Mach3, funcționarea releului de pornire a plamei și separarea funcțională dintre cele două moduri de lucru.

Testarea deplasărilor axelor a fost realizată atât în regim manual, cât și prin executarea unor secvențe programate. Au fost urmărite deplasările pe axele X, Y și Z, concordanta dintre sensurile comandate și cele efectiv realizate, stabilitatea mișcărilor, comportarea la schimbarea direcției și revenirea în poziția inițială. Verificările au permis confirmarea funcționării coordonate a sistemului de acționare, a răspunsului corect al motoarelor și a compatibilității dintre configurația software și ansamblul mecanic al portalului.

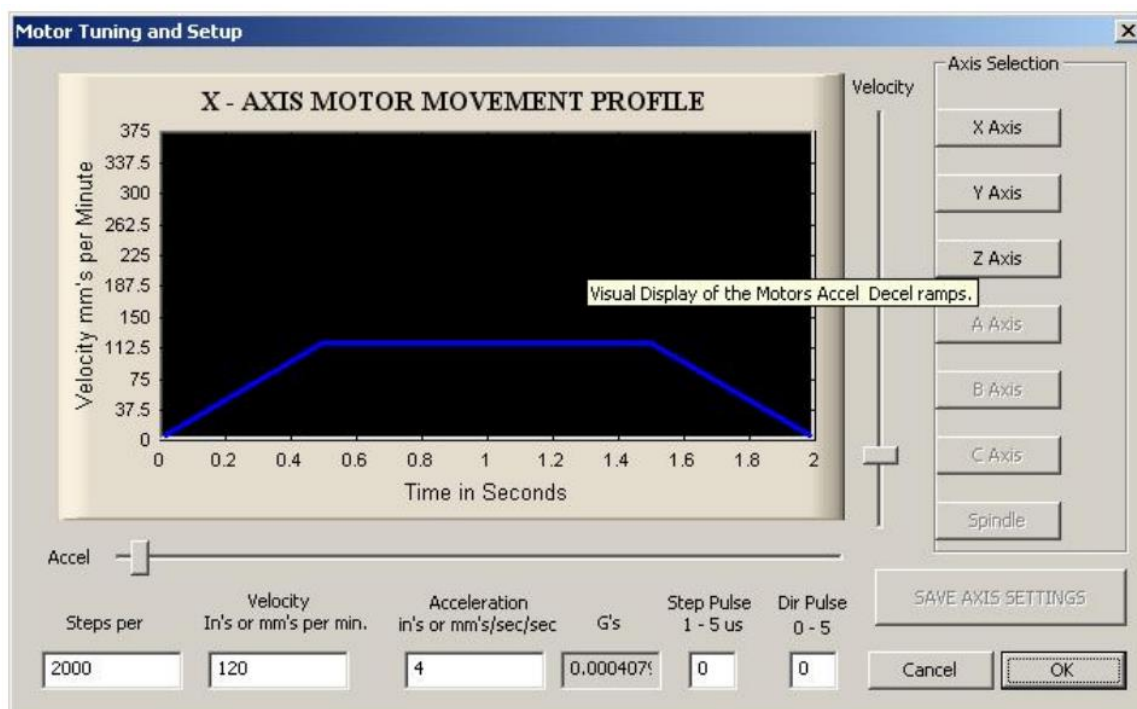


Figura 5. Testarea deplasărilor axelor modelului experimental

Verificarea dispozitivului THC a urmărit confirmarea capacității acestuia de a menține în mod automat distanța dintre torța de plasmă și suprafața semifabricatului. Funcționarea sistemului se bazează pe corelația dintre tensiunea arcului și distanța torță-piesă: creșterea distanței determină creșterea tensiunii arcului, iar apropierea torței de suprafață determină reducerea acesteia. Pe baza diferenței dintre valoarea măsurată și valoarea de referință configurată, dispozitivul THC generează comenzile de corecție pentru axa Z.

În cadrul verificărilor au fost urmărite semnalele de tip **THC Up** și **THC Down**, precum și răspunsul corespunzător al axei Z la aceste comenzi. S-a verificat dacă torța este ridicată atunci când tensiunea arcului indică o distanță prea mare față de piesă și dacă aceasta este coborâtă atunci când distanța devine prea mică. De asemenea, a fost urmărită stabilitatea răspunsului, astfel încât mișcările de corecție să fie realizate controlat, fără oscilații sau variații bruște ale poziției.

Testarea a inclus și verificarea semnalului de confirmare a arcului, necesar pentru activarea funcției de reglare automată numai după stabilizarea procesului de tăiere. Prin această condiționare se evită efectuarea unor corecții necontrolate în timpul amorsării sau înainte de transferul arcului pe piesă. Funcționarea corectă a dispozitivului THC contribuie la menținerea unei înălțimi constante de tăiere, la stabilitatea arcului și la obținerea unei calități uniforme a muchiei pe conturul prelucrat.

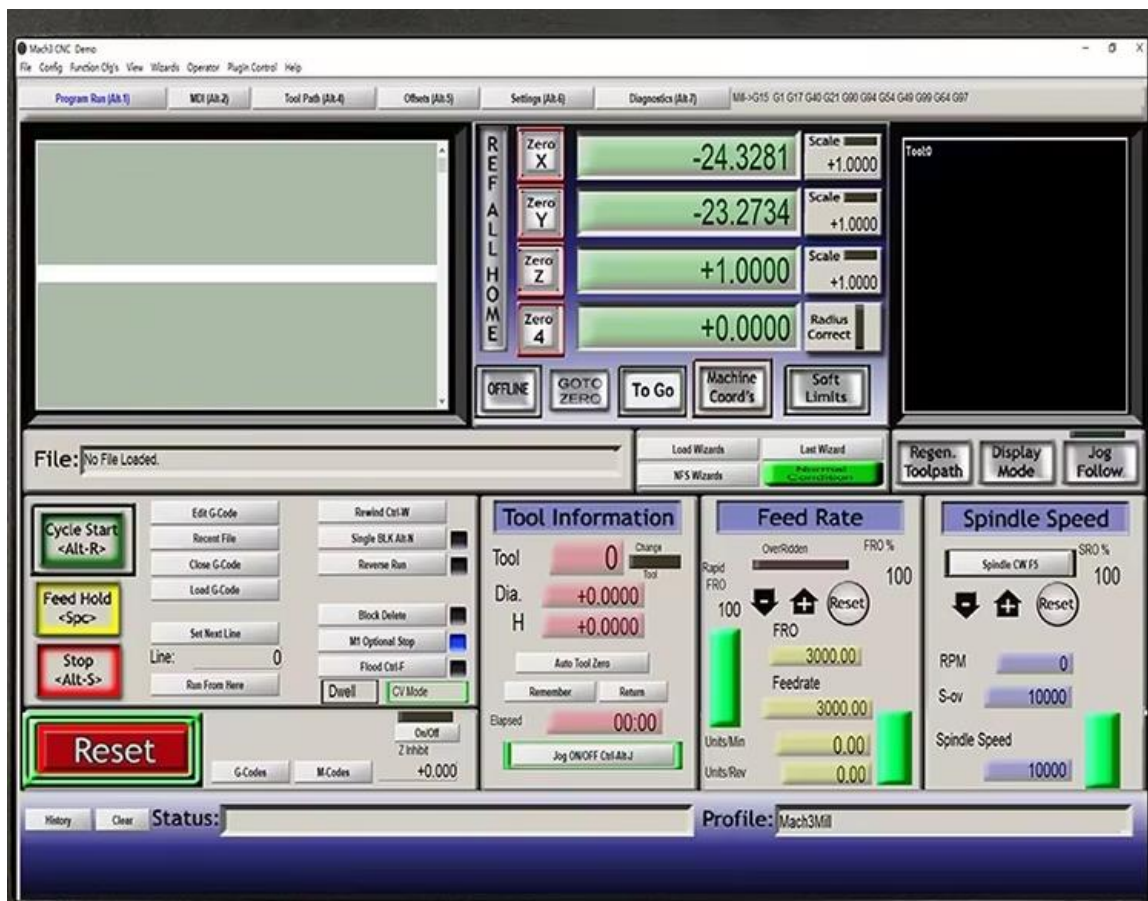


Figura 6. Verificarea funcționării dispozitivului THC și monitorizarea comenzilor axei Z în Mach3.

Rezultatul principal al fazei îl constituie realizarea unui **echipament mixt de tăiere cu jet de apă și plasmă actualizat**, capabil să utilizeze alternativ cele două tehnologii pe aceeași platformă CNC. Soluția dezvoltată valorifică infrastructura mecanică existentă, reduce costurile comparativ cu achiziția a două echipamente separate și crește flexibilitatea activităților de cercetare și pregătire a probelor.

Prin utilizarea jetului de apă pot fi pregătite probe din materiale sensibile la temperatură, composite sau nemetalice, fără afectare termică. Prin utilizarea plasmei poate fi realizată debitarea rapidă a materialelor conductoare, cu adaptarea curentului, vitezei și înălțimii torței la material și grosime. Configurația CNC modernizată asigură automatizarea deplasărilor, executarea programelor în cod G, controlul coordonat al axelor și gestionarea funcțiilor de siguranță.

Realizarea rezultatelor planificate

Correspondența dintre activitățile planificate și rezultatele obținute poate fi sintetizată astfel:

Rezultat planificat	Rezultat obținut	Grad de realizare
Realizarea modelelor de echipament mixt	Au fost definite și analizate variante pentru integrarea jetului de apă și a plasmă pe același portal CNC	Realizat integral
Evaluarea modelelor propuse	Variantele au fost evaluate mecanic, electric, funcțional și economic	Realizat integral
Selectarea modelului experimental	A fost selectată configurația modulară bazată pe portalul existent și pe integrarea sursei IWELD CUT 125 CNC LCD	Realizat integral
Modernizarea sistemului CNC	A fost implementată arhitectura cu AXBB-E, motoare NEMA 34 closed-loop și Mach3	Realizat integral
Integrarea sistemului de plasmă	Au fost integrate sursa, torța PT100, axa Z, capul flotant, THC și interfața CNC	Realizat integral
Configurarea regimului cu jet de apă	Funcționalitatea existentă a fost păstrată și integrată în sistemul CNC actualizat	Realizat integral
Configurarea regimului cu plasmă	Au fost configurate comenzile de proces, palparea, Arc OK și controlul THC	Realizat integral
Verificarea funcțională preliminară	Au fost verificate deplasările, senzorii, limitatoarele, oprirea de urgență și comenzile specifice	Realizat
Elaborarea documentației tehnice și științifice	Au fost elaborate raportul de cercetare și lucrarea științifică aferentă fazei	Realizat integral
Diseminarea rezultatelor	Au fost pregătite materialele necesare prezentării și publicării rezultatelor fazei	Realizat

Pe lângă rezultatul tehnic principal, în cadrul fazei a fost elaborată lucrarea științifică intitulată **„Development and integration of a mixed CNC system for processing hard components by waterjet and plasma cutting”**, care valorifică rezultatele privind conceperea, integrarea și verificarea preliminară a sistemului mixt. Au fost, de asemenea, elaborate raportul de cercetare, raportul de activitate și materialele necesare diseminării rezultatelor pe pagina proiectului.

În raport cu rezultatele asumate, se poate considera că au fost obținute:

- studiul și documentația tehnică privind dezvoltarea echipamentului mixt;
- echipamentul de tăiere cu jet de apă–plasmă actualizat;
- modelul experimental selectat și implementat;
- configurația CNC modernizată;
- modurile de funcționare cu jet de apă și plasmă;
- lucrarea științifică aferentă fazei;

- raportul de cercetare și raportul de activitate;
- materialele de promovare și diseminare;
- informațiile necesare actualizării paginii web a proiectului.

Continuarea activităților în etapele următoare ale proiectului

Rezultatele obținute în cadrul Fazei 3 asigură baza tehnică necesară continuării programului de cercetare. Prin modernizarea portalului CNC și realizarea echipamentului mixt pentru tăiere cu jet de apă și plasmă a fost creată infrastructura necesară prelevării, debitării și pregătirii controlate a probelor și a materialelor substrat. Cele două tehnologii complementare permit alegerea procedurii de prelucrare în funcție de natura materialului, grosimea acestuia, conductivitatea electrică, sensibilitatea la influența termică și precizia solicitată.

În următoarea etapă, activitățile proiectului vor fi orientate către realizarea unor materiale avansate dure și extradure, sub formă de aliaje, compozite și amestecuri de pulberi destinate depunerii prin tehnologii laser. Materialele dezvoltate vor fi utilizate pentru obținerea unor straturi depuse pe substraturi pregătite cu ajutorul infrastructurii de debitare modernizate. Totodată, va fi conceput și implementat un program experimental factorial pentru analiza influenței tratamentelor termice asupra caracteristicilor mecanice și funcționale ale straturilor obținute.

Ulterior, probele cu straturi depuse vor fi supuse unor activități complexe de caracterizare. Acestea vor include analize structurale și microstructurale, încercări de duritate, uzură și coroziune, precum și prelucrarea și evaluarea datelor experimentale. Pe baza rezultatelor obținute va fi selectată varianta de depunere cu cele mai bune performanțe, care va constitui punctul de plecare pentru continuarea cercetărilor.

O etapă distinctă va fi dedicată optimizării parametrilor de depunere pentru obținerea straturilor extradure. În acest scop va fi proiectat și implementat un program experimental factorial, prin care vor fi analizate influențele parametrilor procesului laser asupra geometriei, structurii, integrității și proprietăților funcționale ale depunerilor. Straturile obținute vor fi caracterizate prin încercări mecanice, examinări nedistructive și analize structurale, iar datele experimentale vor fi utilizate pentru selectarea parametrilor optimi ai procesului.

Pe baza soluției tehnologice optimizate va fi realizată validarea la nivel de laborator a tehnologiei de depunere. Validarea va presupune elaborarea documentației complete a procesului, pregătirea probelor în condiții controlate și verificarea rezultatelor prin metode complementare, precum examinări nedistructive, încercări mecanice și de uzură, măsurători ale topologiei suprafeței și analize microstructurale.

În etapa finală, rezultatele proiectului vor fi diseminate și valorificate prin elaborarea unor lucrări științifice, participarea la conferințe și târguri de specialitate, actualizarea paginii web a proiectului și elaborarea documentației pentru protejarea proprietății intelectuale. Astfel, echipamentul mixt realizat în Faza 3 constituie o componentă a unui flux integrat de cercetare, care cuprinde pregătirea materialelor substrat, realizarea depunerilor, caracterizarea straturilor, optimizarea parametrilor și validarea tehnologiei laser. Succesiunea acestor etape este prevăzută în propunerea proiectului component.

Rezultatele obținute în cadrul Fazei 3

În raport cu activitățile planificate și cu indicatorii prevăzuți în propunerea de proiect, în cadrul Fazei 3 au fost obținute următoarele rezultate:

R1 – Studiu tehnico-științific

A fost elaborat studiul privind dezvoltarea și integrarea unui echipament mixt destinat prelucrării componentelor dure prin tăiere cu jet de apă și plasmă. Studiul cuprinde analiza cerințelor tehnologice ale celor două procedee, condițiile de integrare pe portalul CNC existent, evaluarea componentelor mecanice, electrice și software, selectarea sursei de plasmă și fundamentarea configurației modelului experimental.

Studiul prezintă și cerințele referitoare la rigiditatea structurii, precizia și repetabilitatea deplasărilor, controlul axei Z, integrarea dispozitivului THC, protecția împotriva perturbațiilor electromagnetice și schimbarea controlată între cele două moduri de operare.

R4 – Echipament multifuncțional de debitare cu jet de apă și plasmă

A fost realizat și implementat modelul experimental al echipamentului mixt de tăiere cu jet de apă și plasmă. Soluția valorifică portalul mecanic existent și integrează un sistem de tăiere cu plasmă, fără eliminarea capabilității inițiale de debitare cu jet de apă și abraziv.

Echipamentul a fost modernizat prin integrarea sursei de plasmă IWELD CUT 125 CNC LCD, a torței PT100, a ansamblului axei Z, a capului flotant, a dispozitivului THC, a controlerului AXBB-E și a motoarelor NEMA 34 în buclă închisă. Au fost implementate sursele de alimentare, componentele tabloului electric, interfețele de comandă, senzorii, limitatoarele și sistemele de protecție.

Prin intermediul software-ului Mach3 au fost configurate deplasările pe axele X, Y și Z, procedurile de referențiere, intrările și ieșirile digitale, comenzile pentru pornirea plamei, semnalul de confirmare a transferului arcului și funcțiile THC Up și THC Down.

Verificările preliminare au urmărit deplasarea axelor, funcționarea limitatoarelor, revenirea la poziția de referință, oprirea de urgență, palparea suprafeței, răspunsul axei Z, funcționarea dispozitivului THC și separarea funcțională dintre cele două regimuri de lucru.

R9 – Pagina web a proiectului

Au fost pregătite informațiile necesare actualizării paginii web a proiectului, prin prezentarea obiectivului fazei, a activităților desfășurate, a soluției tehnice dezvoltate și a principalelor rezultate obținute. Rezumatul fazei și materialele relevante permit informarea comunității științifice, a mediului economic și a publicului interesat cu privire la evoluția proiectului.

Actualizarea paginii web contribuie la menținerea vizibilității proiectului și la prezentarea progresului realizat în dezvoltarea infrastructurii pentru prelucrarea materialelor și pregătirea probelor experimentale.

R10 – Lucrare științifică

A fost elaborată lucrarea științifică intitulată:

„Development and integration of a mixed CNC system for processing hard components by waterjet and plasma cutting”.

Lucrarea prezintă soluția constructivă a echipamentului mixt, integrarea sursei de plasmă pe portalul CNC existent, modernizarea sistemului de acționare și comandă, configurarea software-ului Mach3, implementarea axei Z și a dispozitivului THC și rezultatele verificărilor funcționale preliminare.

Principalele contribuții tehnice ale lucrării sunt legate de utilizarea unei platforme CNC comune pentru două tehnologii complementare, implementarea acționărilor în buclă închisă, integrarea semnalelor START și TRANSFER ale sursei de plasmă și configurarea controlului automat al înălțimii torței. Lucrarea a fost pregătită pentru publicare în BID ISIM.

R13 – Materiale și activități de promovare a proiectului și a rezultatelor obținute

Au fost pregătite materiale pentru promovarea rezultatelor Fazei 3, care prezintă dezvoltarea echipamentului mixt, configurația sistemului CNC, integrarea sursei de plasmă și avantajele utilizării alternative a celor două tehnologii de tăiere.

Materialele pot fi utilizate în cadrul paginii web a proiectului, al postărilor pe rețelele sociale, al manifestărilor tehnico-științifice, al workshopurilor și al altor activități de diseminare. Acestea contribuie la creșterea vizibilității proiectului și la promovarea rezultatelor către comunitatea științifică și mediul industrial.

R14 – Raport de cercetare și raport de activitate al fazei

A fost elaborat raportul de cercetare al Fazei 3, în care sunt prezentate în detaliu contextul și necesitatea dezvoltării echipamentului mixt, cerințele tehnologice, realizarea și evaluarea modelelor, selectarea configurației finale, implementarea sistemului CNC și verificarea funcțională preliminară.

Raportul include caracteristicile tehnice ale modelului experimental, avantajele soluției, limitările identificate, direcțiile de dezvoltare ulterioară, gradul de realizare a obiectivelor și modul de valorificare științifică a rezultatelor.

Totodată, a fost elaborat raportul de activitate al fazei, care sintetizează obiectivele, activitățile desfășurate, rezultatele preconizate și efectiv obținute, gradul de realizare și contribuția fazei la continuarea proiectului.

Sinteza rezultatelor fazei

Cod rezultat	Rezultat obținut	Grad de realizare
R1	Studiu tehnico-științific privind realizarea echipamentului mixt	Realizat
R4	Echipament multifuncțional de tăiere cu jet de apă și plasmă actualizat	Realizat
R9	Informații și materiale pentru actualizarea paginii web a proiectului	Realizat
R10	Lucrare științifică privind dezvoltarea sistemului mixt CNC	Realizat
R13	Materiale și activități de promovare a proiectului și rezultatelor fazei	Realizat
R14	Raport de cercetare și raport de activitate al Fazei 3	Realizat

Prin rezultatele obținute, Faza 3 și-a îndeplinit obiectivul privind dezvoltarea și implementarea unui model experimental de echipament mixt pentru tăiere cu jet de apă și plasmă. Infrastructura realizată permite pregătirea controlată a probelor și materialelor substrat și asigură suportul tehnic necesar continuării cercetărilor privind realizarea și caracterizarea straturilor dure și extradure prin tehnologii laser.

Responsabil proiect

Ing. PERIANU Ion-Aurel