

Transfer de tehnologie pentru optimizarea tratamentului mecanic de suprafață al unor reperi utilizate în industria aeronautică

„Această lucrare este susținută de Ministerului Cercetării, Inovării și Digitalizării, prin CCCDI - UEFISCDI, numărul de proiect PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0195, în cadrul PNCDI III”.

Relevanța proiectului

Ideea de proiect (Scop și obiective).

Scopul proiectului este *optimizarea tehnologiei de tratament mecanic al suprafeței pieselor metalice prin tehnica shot-peening (numit pe scurt ecruisare superficială), aplicată în cadrul S.C. TURBOMECANICA S.A. București (TMB) pentru reperi destinate industriei aeronautice, în vederea eficientizării acestui proces și creșterii productivității.*

Obiectivele proiectului sunt:

1. *Identificarea factorilor de proces care influențează productivitatea și calitatea reperelor ecruisate și determinarea punctelor slabe ale tehnologiei actuale;*
2. *Optimizarea parametrilor de proces ai tehnologiei de tratament mecanic superficial, în vederea creșterii productivității și a calității suprafeței;*
3. *Analiza avansată a modificărilor structurale și microstructurale induse în stratul superficial al aliajelor, sub influența tratamentului mecanic de suprafață;*
4. *Validarea industrială a tehnologiei optimizate.*

Având în vedere că **procesul de ecruisare este parte componentă a programelor strategice majore multianuale de mentenanță și modernizare a produselor aeronautice, eficientizarea acestei tehnologii reprezintă un obiectiv strategic al companiei**, a cărei realizare va contribui semnificativ la obținerea nivelului de calitate cerut de standardele din acest domeniu, reducerea ciclurilor de fabricație/reparație și implicit a termenelor de livrare, reducerea costurilor de producție, creșterea cifrei de afaceri și consolidarea poziției companiei pe piața specifică.

Caracterul inovativ în raport cu stadiul actual pe plan național și internațional în domeniul propunerii de proiect.

Prin tehnologia *shot-peening* durata de viață a diferitelor componente poate crește cu 500-1000%. O serie de materiale metalice precum oțelurile, fontele nodulare (ductile), aliajele de aluminiu, nichel sau titan pot fi supuse operației de *shot-peening*. În străinătate procesarea mecanică a suprafeței prin *shot-peening* nu este utilizată pe scară largă, fiind un procedeu aplicat izolat, pentru creșterea duratei de viață a unor componente mecanice solicitate la uzură și oboseală din industria aeronautică, auto și cu destinații speciale. *La nivel internațional tehnologiile avansate de procesare mecanică superficială prin shot-peening sunt protejate, iar achiziționarea lor este costisitoare. În România, există cercetări izolate în acest domeniu, iar rezultatele sunt limitate la câteva tipuri de particule (anumite compoziții și forme geometrice).* La nivel național această tehnologie este aplicată la scară redusă, în cadrul câtorva unități industriale (*Aerostar Bacau, BMT Aerospace Romania, CONFIND, Rosler Romania, Technics Impex SRL*). La TMB se încearcă de ceva timp introducerea operației de tratament mecanic al suprafeței prin *shot-peening* în fluxul de producție a diverse reperi din industria aeronautică. Astfel, TMB a început modernizarea unei instalații de *shot-peening*, pe care să se realizeze operația de tratament mecanic al suprafeței unor reperi aflate în producție proprie (roți dințate, pinioane, capace, sateliți, etc.), în vederea creșterii gradului de calitate al acestora și eliminării blocajelor în fluxul tehnologic. Informațiile tehnice și tehnologice relativ la acest procedeu fiind însă reduse, se impune efectuarea de cercetări proprii, în parteneriat cu o instituție de cercetare, pentru optimizarea tehnologiei de ecruisare aplicată în prezent. Cercetările ce se vor efectua de către TMB împreună cu UPB au în vedere efectuarea de experimente în care să se utilizeze pentru ecruisare particule de diferite dimensiuni și durități, atât din oțel, cât și materiale ceramice, și identificarea parametrilor optimi de procesare, în vederea stabilirii tehnologiei optime de obținere a unor produse de calitate superioară, concomitent cu reducerea costurilor de producție și creșterea productivității și a rentabilității.

Caracterul inovativ al proiectului este susținut de următoarele efecte scontate: **a. îmbunătățirea semnificativă a tehnologiei actuale de ecrusare prin shot-peening (inovare de proces) și transferul de tehnologie pentru optimizarea tratamentului mecanic de suprafață al unor repere utilizate în industria aeronautică;** **b. asigurarea unei mai bune calități a componentelor metalice supuse ecrusării și obținerea unor produse cu raport excelent calitate/ pret;** **c. investiții în echipamente tehnologice și software-uri necesare activității prin dezvoltarea infrastructurii de cercetare și producție existente** (up-gradarea infrastructurii, hardware și software de modelare asistată de calculator a proceselor de deformare plastică, achiziția de noi echipamente); **d. reducerea poluării mediului și economisirea de resurse valoroase prin extinderea în cât mai multe domenii industriale a procedurii shot-peening, prin care cresc calitatea și durata de funcționare a produselor, contribuind astfel la intensificarea competitivității pe termen lung a întreprinderii și a economiei, în general;** **e. Potențialul transfer al rezultatelor proiectului în beneficiul alți producători autohtoni/internaționali din industria aeronautică și auto care aplică această tehnologie** (acest proces este destinat practic oricărui potențial client din industria de aviație sau auto).

Cunoașterea provocărilor tehnologice: Pentru stăpânirea tehnologiei de tratament mecanic al suprafeței prin metoda *shot-peening* este nevoie de cunoașterea în detaliu a influenței diversilor factori/parametri ai procesului asupra rezultatelor obținute. Cei mai importanți parametri de influență ai tratamentului mecanic al suprafeței prin metoda *shot-peening* sunt: *natura și dimensiunea sferelor/corpurilor deformatoare (shot-urilor); viteza cu care acestea lovesc suprafața procesată; debitul bilelor, presiunea și timpul cu care acționează bilele asupra stratului superficial supus tratamentului; unghiul de procesare* (unghiul dintre jetul de sfere și suprafața procesată); *densitatea de impacturi* raportată la unitatea de suprafață procesată; *numărul de treceri; gradul de acoperire al suprafeței* ce trebuie procesată, etc., controlul tuturor acestor parametri ridicând provocări cu efecte asupra rezultatului/calității operației de tratament mecanic al suprafeței. Un alt factor limitativ ar putea fi *vechimea instalației utilizate de TMB pentru tratamentul mecanic prin ecrusare*. În concepția planului de realizare a proiectului și a conținutului activităților acestuia (*secțiunea B2.2*) s-a ținut cont de toți acești factori de influență.

Modalitatea de implementare a proiectului

Descrierea activităților necesare pentru atingerea obiectivelor asumate, cu contribuția explicită a membrilor echipei de cercetare de la coordonator, respectiv a echipei/echipelor de cercetare parteneră/partenere; Livrabilele asociate fiecărei activități.

Pachet de activități nr.	1	Titlu	Cerințe tehnologice și specificații de produs pentru reperele supuse tratamentului mecanic de suprafață, utilizate în industria aeronautică			
Parteneri implicați / Om-lună		CO / 2	P1 / 2	Lună de început / lună de sfârșit	1 / 2	
Obiective: O1.1. Definirea cerințelor tehnologice de realizare a tratamentului mecanic de suprafață și a caracteristicilor pentru reperele supuse tratamentului mecanic de suprafață, utilizate în industria aeronautică.						
Descrierea activităților:						
Activitatea 1.1. Definirea cerințelor tehnologice de realizare a tratamentului mecanic de suprafață (CO) - Se va efectua analiza critică a cerințelor tehnologiilor de realizare a tratamentului mecanic de suprafață prin metoda <i>shot-peening</i> .						
Activitatea 1.2. Definirea specificațiilor de produs pentru reperele supuse tratamentului mecanic de suprafață utilizate în industria aeronautică (CO; P1) - Se va efectua analiza critică a cerințelor pentru reperele procesate prin tratamentul mecanic de suprafață prin metoda <i>shot-peening</i> .						
Activitatea 1.3. Definirea metodologiei de cercetare (metode de procesare, metode de caracterizare, cerințe privind probele ce vor fi utilizate, etc) (Luna 1) (CO; P1) - Se va analiza și propune metodologia de cercetare adecvată pentru îndeplinirea obiectivelor proiectului (procesarea mecanică a suprafeței prin metoda <i>shot-peening</i> , metodele de caracterizare microstructurală și mecanică, cât și cerințele pentru probele utilizate în cadrul cercetărilor experimentale).						
Livrabile asociate: D1.1. (Luna 1) Specificații privind tehnologia de realizare a tratamentului mecanic de suprafață (CO, P1); D1.2. (Luna 2) Cerințe privind piesele supuse tratamentului mecanic de suprafață (CO, P1); D1.3. (Luna 2) Metode de caracterizare (CO, P1); D1.4 (Luna 2) Cerințe privind probele utilizate (cantități, dimensiuni, caracteristici, etc) (CO, P1).						
Pachet de activități nr.	2	Titlu	Proiectarea și experimentarea integrată a tehnologiei de tratament mecanic de suprafață pentru reperele utilizate în industria aeronautică			
Parteneri implicați / Om-lună		CO / 2	P1 / 2	Lună de început / lună de sfârșit	3 / 13	
Obiective: O1.1. Stabilirea parametrilor tehnologiei de realizare a tratamentului mecanic de suprafață pentru reperele utilizate în industria aeronautică.						

Descrierea activităților:

Activitatea 2.1. Studiul influenței parametrilor industriali utilizați în tratamentul mecanic al suprafețelor: natura și dimensiunea mediului de procesare a suprafeței (material/dimensiune), presiune de tratament, durata de tratament (CO) Se va realiza studiul critic al influenței diversilor parametri caracteristici ai tehnologiilor de procesare mecanică a suprafeței asupra caracteristicilor microstructurale și mecanice.

Activitatea 2.2. Proiectarea și experimentarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață, în condiții de laborator (CO; PI) Se va proiecta și experimenta tehnologia de tratament mecanic a suprafeței în condiții de laborator. În proiectarea etapelor tehnologie de tratament mecanic de suprafață se va ține cont de condițiile industriale existente la CO (echipamente, parametri tehnologici, condiții specifice). În cadrul experimentării se vor varia parametrii specifici (natura materialului corpurilor deformatoare; dimensiunea acestora; presiunea de aplicare; gradul de acoperire al suprafeței, ș.a.) în vederea obținerii unor parametri optimi ai procesului de tratament mecanic al suprafeței.

Activitatea 2.3. Caracterizarea microstructurală și mecanică avansată a probelor procesate, în condiții de laborator (CO; PI) Toate probele procesate vor fi analizate microstructural (structura fazică, morfologie, dimensiune de grăunți cristalini) și mecanic (limita de curgere, limită de rezistență, alungire la rupere, microduritate). Datele obținute vor constitui sursă de *feed-back* pentru *activitatea 2.2*, în vederea optimizării parametrilor tehnologiei de procesare a suprafeței. Caracterizarea microstructurală va fi efectuată prin analize de microscopie optică (microscop metalografic inversat Metkon IMM 901), microscopie electronică SEM (TESCAN Vega II-XMU) și difracție de raze X (difractometru PANalytical X'Pert PRO). Caracterizarea mecanică va fi efectuată prin analiza curbelor tensiune-deformație în regim static (mașină universală testare mecanică INSTRON 3382) și prin teste de micro-duritate (micro-durimetru Wilson-Woppert 401MVA).

Activitatea 2.4. Validarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață, în condiții de laborator (CO; PI) Validarea tehnologiei de procesare mecanică a suprafeței în condiții de laborator va fi efectuată având în vedere repetabilitatea și reproductibilitatea caracteristicilor microstructurale și mecanice. În vederea validării, se vor folosi câte 10 probe procesate în condiții identice. Pentru toate probele se vor analiza statistic datele de repetabilitate și reproductibilitate. Pe baza datelor statistice și a deviației standard, se va realiza raportul de validare a tehnologie de procesare mecanică a suprafeței.

Activitatea 2.5. Caracterizarea microstructurală și mecanică avansată a probelor procesate în condiții de laborator (CO; PI) Toate probele procesate în condiții de laborator vor fi analizate microstructural și mecanic, la fel ca în *activitatea 2.3*.

Activitatea 2.6. Proiectarea și experimentarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață, având în vedere condițiile industriale de realizare a acestuia (utilaje existente, materiale, parametri de tratament (CO; PI) Se va proiecta și experimenta tehnologia de tratament mecanic a suprafeței, în condiții industriale. Datele obținute în urma derulării *activităților 2.2 și 2.4* vor fi folosite în proiectarea tehnologiei de procesare termo-mecanică în condiții industriale. Experimentările vor fi efectuate pe probe specifice.

Activitatea 2.7. Caracterizarea microstructurală și mecanică avansată a probelor procesate în condiții industriale (CO; PI) Toate probele procesate în condiții industriale vor fi analizate microstructural și mecanic, așa cum este descris în *activitatea 2.3*.

Activitatea 2.8. Validarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață aplicat probelor, în condiții industriale (CO; PI) Validarea tehnologiei de procesare mecanică a suprafeței în condiții industriale va fi efectuată având în vedere repetabilitatea și reproductibilitatea caracteristicilor microstructurale și mecanice. În cadrul testărilor se vor folosi probe specifice. În vederea validării, se vor folosi câte 10 probe procesate în condiții identice. Pentru toate probele se vor analiza statistic datele de repetabilitate și reproductibilitate. Pe baza datelor statistice și a deviației standard, se va realiza raportul de validare a tehnologie de procesare mecanică a suprafeței.

Activitatea 2.9. Caracterizarea microstructurală și mecanică avansată a probelor procesate în condiții industriale (CO; PI) Toate probele procesate în condiții industriale, în vederea validării tehnologiei de tratament, vor fi analizate microstructural și mecanic, așa cum este descris în *activitatea 2.3*.

Livrabile asociate: D1.1 (Luna 4) Studiul parametrilor industriali utilizați în tratamentul mecanic al suprafețelor (CO, PI); **D1.2** (Luna 8) Parametrii tehnologici pentru tratamentul mecanic de suprafață (CO, PI); **D1.3** (Luna 8) Probe cu suprafețe procesate mecanic (CO, PI); **D1.4** (Luna 10) Raport de caracterizare microstructurală și mecanică a suprafețelor (CO, PI).

Pachet de activități nr.	3	Titlu	Validarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață pentru repere utilizate în industria aeronautică		
Parteneri implicați / Om-lună	CO / 2	P1 / 2	Lună de început / lună de sfârșit	14 / 20	
Obiective: O1.1. Validarea funcționalității tehnologiei de realizare a tratamentului mecanic de suprafață					

pentru repere utilizate în industria aeronautică.

Descrierea activităților:

Activitatea 3.1. Optimizarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață, în condiții industriale (CO; PI) În vederea optimizării tehnologiei de tratament mecanic a suprafeței, se vor procesa repere pentru aeronautică din oțeluri slab aliate, selectate din gama sortimentală a TMB supusă durificării superficiale. Datele obținute în urma derulării *activităților 2.6 și 2.8* vor fi folosite în optimizarea tehnologiei de procesare mecanică a suprafeței a unor repere pentru aeronautică, în condiții industriale.

Activitatea 3.2. Caracterizarea microstructurală și mecanică avansată a reperelor procesate în condiții industriale (CO; PI) Probele prelevate din fiecare tip de reper procesat industrial vor fi analizate din punct de vedere al caracteristicilor microstructurale și mecanice, după procedura descrisă în *activitatea 2.3*. Datele obținute vor constitui sursă de *feed-back* pentru *activitatea 3.1*, în vederea optimizării parametrilor industriali ai tehnologiei de procesare a suprafeței.

Activitatea 3.3. Validarea tehnologiei de tratament mecanic de suprafață a reperelor pentru aeronautică, în condiții industriale (utilaje existente, materiale, parametri de tratament)(CO; PI). Validarea tehnologiei de procesare mecanică a suprafeței în condiții industriale pentru reperele selectate va fi efectuată având în vedere repetabilitatea și reproductibilitatea datelor, procesând un număr mai mare de repere de același tip. În cadrul testărilor se vor procesa repere pentru aeronautică din oțeluri slab aliate, selectate din gama sortimentală a TMB supusă durificării superficiale. În vederea validării, se vor folosi pentru fiecare tip de reper 10 probe procesate în condiții identice. Pentru toate probele procesate se vor analiza statistic datele de repetabilitate și reproductibilitate. Pe baza datelor statistice și a deviației standard, se va realiza raportul de validare a tehnologiei de procesare mecanică a suprafeței.

Activitatea 3.4. Caracterizarea avansată microstructurală și mecanică a reperelor procesate, în condiții industriale (CO; PI) - Validarea în condiții industriale a tehnologiei de procesare mecanică a suprafeței reperelor pentru industria aeronautică (pentru tipurile de repere selectate), va fi efectuată având în vedere repetabilitatea și reproductibilitatea caracteristicilor microstructurale și mecanice. Caracterizarea microstructurală și mecanică vor fi efectuate conform procedurii descrise în *activitatea 2.3*. Pe baza datelor statistice și a deviației standard se va realiza raportul de validare a tehnologiei.

Livrabile asociate: D1.1 (Luna20) Studiu de validare a tratamentului mecanic al suprafețelor reperelor procesate mecanic pe suprafață (CO, PI); **D1.2** (Luna20) Raport de caracterizare microstructurală și mecanică a suprafețelor reperelor procesate mecanic pe suprafață (CO, PI).

Pachet de activități nr.	4	Titlu	Exploatarea rezultatelor proiectului (Diseminarea rezultatelor, Drepturile de proprietate intelectuală); Managementul proiectului		
Parteneri implicați / Om-lună	CO / 2	P1 / 2	Lună de început / lună de sfârșit	1 / 22	

Obiective: O4.1. Evaluarea eficienței rezultatelor de cercetare obținute; Identificarea și atribuirea rezultatelor științifice inovatoare ale proiectului; Diseminarea și exploatarea rezultatelor științifice; Atribuirea drepturilor de proprietate intelectuală.

Descrierea activităților:

Activitatea 4.1. Diseminarea rezultatelor (CO; P1); Ca obiectiv principal, diseminarea rezultatelor cu impact adecvat atât asupra cercetării academice, cât și a celei industriale, este o necesitate. Acest lucru este atins prin diseminarea rezultatelor proiectului în cadrul comunității științifice și prin transferul rezultatelor către utilizatorii finali industriali. La începutul proiectului *va fi stabilit un plan pentru exploatarea și diseminarea rezultatelor (PEDR)*, inclusiv *un plan de acțiuni și resurse necesare*, actualizat continuu în timpul implementării proiectului. PEDR va rezuma strategia beneficiarilor și acțiunile concrete legate de protecția, diseminarea și exploatarea rezultatelor proiectului. Atât CO – TURBOMECHANICA SA București, cât și P1- Universitatea Politehnica București, vor contribui la diseminarea rezultatelor neconfidențiale ale proiectului, prin **lucrări științifice publicate în reviste ISI** (*Journal of Alloys and Compounds; Materials Science and Engineering A; Materials Science and Engineering C; JOM-US; Materials and Corrosion; Metals; Materials*, etc.), **lucrări științifice prezentate în conferințe / ateliere internaționale** (*International Conference on Innovative Technologies - IN-TECH; European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes - EUROMAT; International Conference on Advanced Computational Engineering and Experimenting - ACEX; International Conference on Materials Structure & Micromechanics of Fracture – MS&MF; International Conference on Materials Science and Engineering - BRAMAT; International Conference on Materials Science and Technologies - ROMAT*; etc.), pe **internet** prin pagini web; prin **participarea la târguri naționale și internaționale de profil**, etc.

Activitatea 4.2. Drepturi de proprietate intelectuală (CO; P1); PEDR va cuprinde un plan privind drepturile de proprietate intelectuală (DPI), care va oferi o protecție adecvată și eficientă a cunoștințelor create în proiect, cu privire la interesele legitime ale partenerilor și drepturile de proprietate intelectuală ale

acestora. Diseminarea este supusă restricțiilor rezultate din protecția DPI, a normelor de securitate sau a intereselor comerciale legitime. Proprietatea asupra rezultatelor științifice inovatoare, împreună cu toate drepturile rezultate, vor fi atribuite partenerilor implicați în obținerea lor, în conformitate cu fiecare contribuție. Se va stabili regimul implicit de proprietate comună, transferul rezultatelor și licențierea rezultatelor între parteneri și către utilizatorii finali potențiali. Pentru prim-planul generat în timpul proiectului, se aplică următorul principiu: DPI pentru rezultatele primare este deținut de cei care l-au generat.

Activitatea 4.3. Managementul proiectelor (CO; P1); A fost realizată o planificare prudentă cu privire la activitățile și responsabilitățile fiecărui partener în cadrul consorțiului. Obiectivul este de a asigura finalizarea cu succes a contractului, asigurându-se că toate rezultatele și reperatele sunt îndeplinite. Managementul și implementarea proiectului vor respecta prevederile contractului financiar cu Autoritatea de finanțare (UEFISCDI), prevederile din Acordul de Consorțiu (AC), prevederile legale privind activitățile de cercetare și dezvoltare, precum și achizițiile publice din reglementările privind fondurile bugetare. *Consiliul executiv (CE)*, format din directorul de proiect și responsabilul de proiect al fiecărui partener, va fi responsabil pentru managementul tehnic, financiar și administrativ. CE va fi condus de TMB(CO). Managementul proiectului va cuprinde următoarele activități: management juridic, contractual, financiar și administrativ general al consorțiului; organizarea reuniunilor consorțiului, prezidarea ședințelor consorțiului, pregătirea proceselor-verbale ale reuniunilor partenerilor; controlul dezvoltării obiectivelor proiectului; întocmirea rapoartelor tehnice; colectează Declarația de costuri de la parteneri și raportează informațiile de consolidare în fiecare an; monitorizează și analizează conformitatea între parteneri și obligații; coordonează și stimulează o comunicare eficientă între partenerii proiectului; management de date; asigura comunicarea cu Agențiile de Finanțare. Procedurile de management al proiectului și procedurile de soluționare a conflictelor trebuie să fie convenite de parteneri cât mai curând posibil prin intermediul AC.

Managementul științific al proiectului va fi realizat pe baza analizei și a deciziilor CS (coordonatori, parteneri și persoane cheie). Îndeplinirea fiecărui pachet de lucru este responsabilitatea partenerului desemnat, care va aplica deciziile CS pentru a obține rezultatele estimate și pentru a atinge obiectivele intermediare stabilite. Va fi efectuată o analiză a riscurilor, care poate sta la baza introducerii corecțiilor necesare. Desfășurarea activităților prin elaborarea proiectului este condiționată de obținerea unor rezultate esențiale (reper), care pot garanta atingerea obiectivelor stabilite. La începutul proiectului, va fi furnizat un *Plan adecvat de management al datelor*. CO, prin intermediul *Managerului de date*, va fi responsabil pentru gestionarea datelor.

Livrabile asociate: **D4.1.** (Luna 12) Planul de diseminare și exploatare a rezultatelor (CO); **D4.2.** (Luna 12) Planul drepturilor de proprietate intelectuală (CO); **D4.3.** (Luna 10, 18) 2 depuneri de lucrări științifice la reviste ISI (CO; P1); **D4.4** (Luna 8, 14, 20) 3 comunicări științifice în cadrul unor evenimente științifice internaționale (CO; P1).

S.C. TURBOMECHANICA S.A. (TMB). TMB a câștigat un loc important în lanțul de aprovizionare a marilor producători de sisteme de propulsie prin demonstrarea permanentă a capacității de asigurare a calității produselor livrate, de diversificare a capacităților tehnice și de utilizare eficientă a capacităților de producție și nu în ultimul rând a capacității de operare în baza unor nevoi flexibile. La baza reputației TMB stau experiența inginerescă, sistemul de asigurare a calității și procesele speciale aprobate de NADCAP, alături de înalta calificare, pasiunea și loialitatea specialiștilor.