

Fig 3. Variația potențialului staționar timp de 60 min în soluție pentru probele influențate ultrasonic cu interstițiul de 10 mm

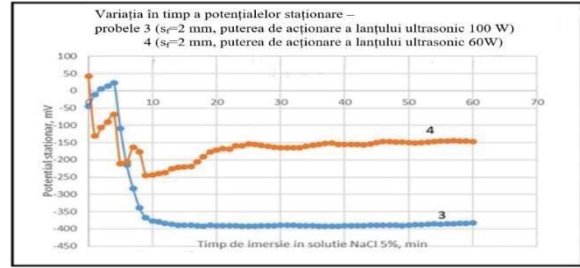


Fig 4. Variația potențialului staționar timp de 60 min în soluție pentru probele influențate ultrasonic cu interstițiul de 2 mm

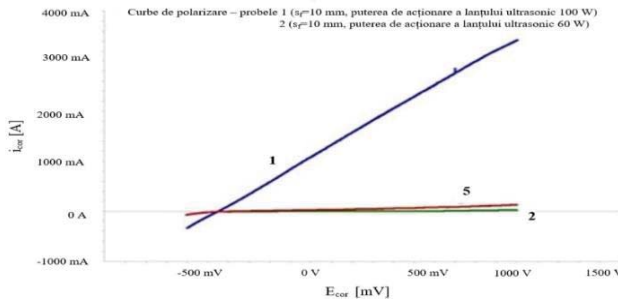


Fig 5. Curbele de polarizare anodică a probelor din aliaj de titan Ti-Al-4V cu interstițiu de 10 mm

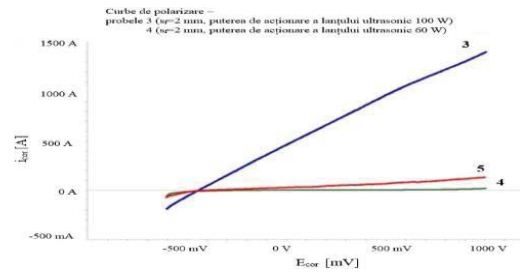


Fig 6. Curbele de polarizare anodică a probelor din aliaj de titan Ti-Al-4V cu interstițiu de 2 mm

În figurile 5-6 este prezentată influența curentului de coroziune în funcție de potențialul de coroziune pentru a scoate în evidență prelucrabilitatea suprafeței. Relația generală dintre curentul de coroziune și corodarea suprafeței se explică prin faptul că numai atunci când curentul de coroziune crește se distruge starea de pasivare și suprafața se corodează. În figura 5 constatăm că proba 1 are o suprafață prelucrabilă deoarece atunci când curentul de coroziune are o evoluție constantă, suprafața se corodează prin distrugerea stării de pasivare, atingând valoarea de 3200 mA, în timp ce proba 2 rămâne neprelucrată deoarece curentului de coroziune rămâne la valoarea de 0 A. În figura 6, în cazul probei 3 observăm că există o suprafață prelucrabilă prin distrugerea stării de pasivare deoarece curentul de coroziune crește până la valoarea de 1450 mA și astfel suprafața probei se corodează, în timp ce proba 4 nu se prelucreează deoarece curentul de coroziune rămâne constant la valoarea de 0 A.

2.3. Netezirea ultrasonică în câmp electrochimic a suprafeței aliajului unui semifabricat din Ti6Al4V

În tabelul 4 este prezentată rugozitatea obținută la diferite interstiții între capătul suprafeței frontale a lanțului ultrasonic și piesă și diferite puteri de acționare a lanțului ultrasonic.

Tabelul 4. Rezultatele analizei suprafeței probelor prin microscopie de forță atomică

Proba martor - 5	$s_f = 10$ mm		$s_f = 2$ mm	
	puterea de acționare 100 W	puterea de acționare 60 W	puterea de acționare 100 W	puterea de acționare 60 W
RMS: 80,11 nm Ra: 61,24 nm	RMS: 90,83 nm Ra: 68,64 nm	RMS: 50,17 nm Ra: 38,09 nm	RMS: 164,9 nm Ra: 133,5 nm	RMS: 51,9 nm Ra: 40,16 nm

Observăm că în cazul utilizării puterii de acționare a lanțului ultrasonic de 100 W atât în cazul probei 1 unde am avut un interstițiu de lucru de 10 mm, cât și în cazul probei 3 unde interstițiul a fost de 2 mm, undele de șoc ultrasonic rezultate din producerea cavitației, s-au propagat perpendicular pe suprafața piesei și a rezultat o rugozitate medie aritmetică a măsurătorilor (Ra) de 68,64 nm și rădăcina medie pătratică a vârfurilor și văilor (RMS) de 90,83 nm, respectiv 133,5 nm și 164,9 nm. La utilizarea puterii de acționare a lanțului ultrasonic de 60 W atât în cazul probei 2 unde a fost folosit un interstițiu de lucru de 10 mm, cât și în cazul probei 4 unde interstițiul este de 2 mm, ultrasunetele au venit paralel cu suprafața de prelucrat și a rezultat o șlefuire a suprafeței cu o rugozitate Ra de 38,9 nm și RMS de 50,17nm, respectiv 40,16 nm și 51,9 nm [5].

3. Modelarea materialului cu metoda elementelor finite

Pentru a realiza modelarea materialului în programul Comsol Multiphysics V4.2 se începe cu parametrizarea geometriei modelului și realizarea acestuia, conform figurii 7 [6].

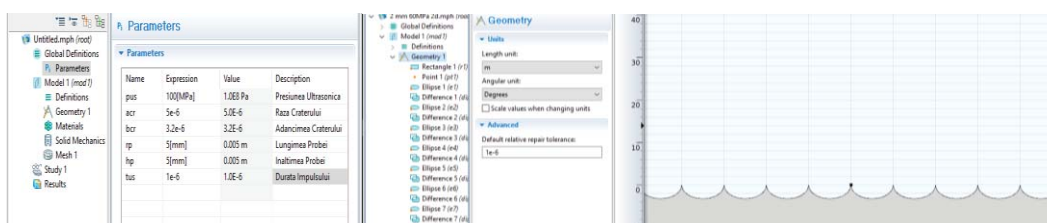


Fig 7. Parametrizarea modelării materialului și realizarea geometriei

După realizarea geometriei se adaugă materialul Ti6Al4V din biblioteca proprie programului, iar pentru studiul efectului presiunii ultrasonice se discretizează modelul realizat anterior, conform figurii 8.

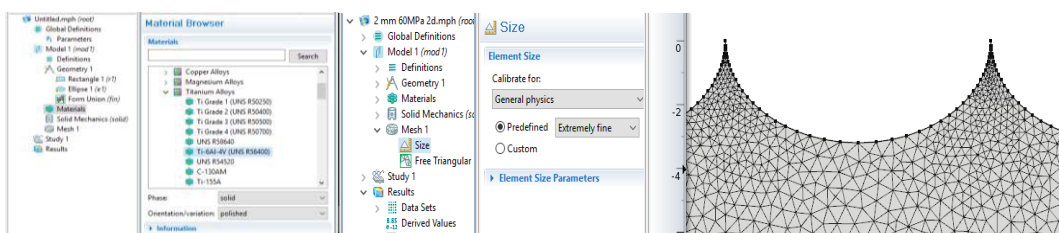


Fig 8. Adăugarea materialului și discretizarea modelului

În vederea observării efectelor în timp, în meniul Time Dependent se folosește parametrul menționat anterior, tus și limitarea manuală a valorii minime a efortului unitar, figura 9.

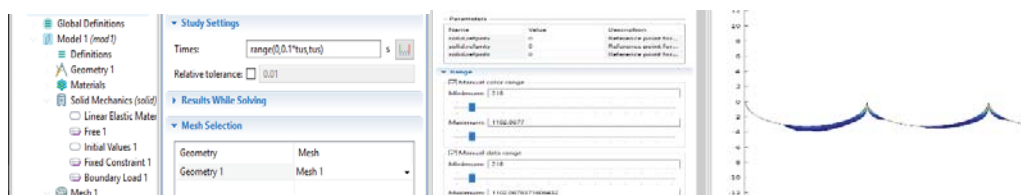


Fig 9. Stabilirea parametrului de timp, tus și a valorii minime a efortului unitar

Pentru a putea calcula valoarea minimă a efortului unitar la care materialul se rupe (este îndepărtat) am utilizat următoarele formule 1-2 [7]:

$$\tau_0 = 1,12(40 + 0,16 \sigma_r) \tag{1}$$

$$\tau_{0t} = 1.5 * 0.6 * \tau_r \tag{2}$$

unde, σ_r este rezistența la rupere a materialului și τ_r , rezistența la forfecare.

Rezultatele sunt specificate în tabelul 5.

Tabelul 5. Rezistența la forfecare și compresiune

τ_0 [MPa]	τ_{0t} [MPa]
218,62	727,5

4. Rezultate

După cum se poate observa în tabelul 6, atunci când presiunea este aplicată perpendicular și de la o distanță mare rezultatele apar la presiuni ultrasonice mari, peste 400 MPa din cauza rezistenței la compresiune care este de aproximativ 970 MPa, pe când la o distanță mică forța este aplicată tangențial pe geometria rugozității ceea ce determină productivitate bună la presiuni mici, însă la presiuni mai mari de 60 MPa se prelevează prea mult material și astfel crește rugozitatea suprafeței prelucrate.

Tabelul 6. Rezultate după aplicarea presiunii ultrasonice

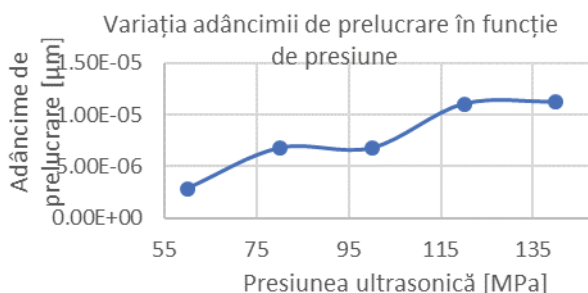
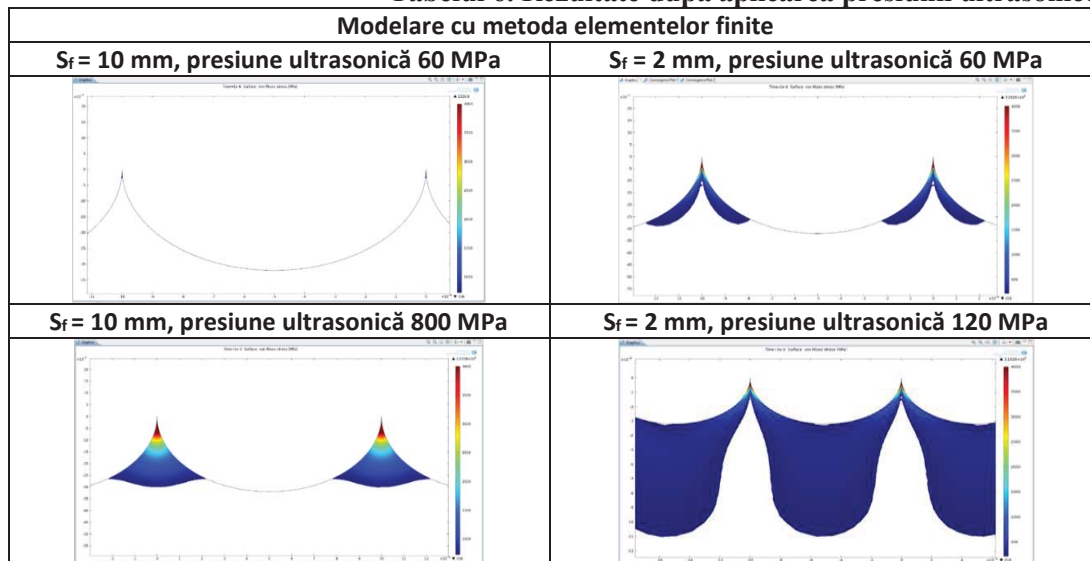


Fig 10. Variația adâncimii de prelucrare la 2 mm

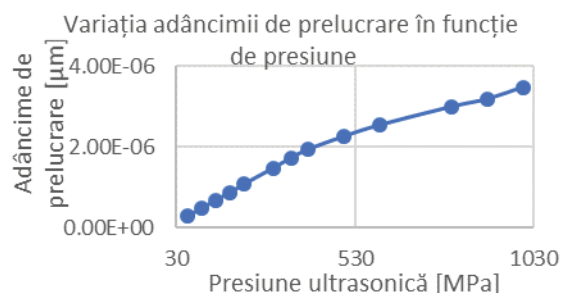


Fig 11. Variația adâncimii de prelucrare la 10 mm

5. Concluzii

Contribuții originale

- Descrierea comportamentului electrochimic al aliajului Ti6Al4V pe baza datelor experimentale obținute pe baza măsurătorilor realizate cu aparatele potențostat GAMRY Reference 600, generator de ultrasunete GUS 20-E și cu ajutorul celor trei electrozi, adică electrodul de referință-calomel, contra-electrodul de grafit și a probei de studiat a parametrilor potențial staționar (E_{cor}) și curent de coroziune (i_{cor}).

- Evaluarea microgeometriei suprafeței studiate cu ajutorul parametrilor de rugozitate RMS și Ra utilizând microscopul de forță atomică (AFM).

- Modelarea computerizată a efectului cavitației ultrasonice asupra microgeometriei suprafeței și evidențierea volumului de material îndepărtat cu efect asupra rugozității și validarea calitativă a rezultatelor obținute la măsurătorile cu AFM.

În urma analizei comportamentului electrochimic s-a constatat că:

1. La o putere mai mare de acționare a lanțului ultrasonic, depasivarea este mai puternică.
2. La utilizarea unor valori mai mici ale interstițiului frontal și a puterii lanțului ultrasonic se mărește efectul de pasivare.
3. La creșterea puterii consumate pe lanțul ultrasonic, volumul de material îndepărtat crește.
4. Indiferent de mărimea interstițiului frontal, prin introducerea presiunii ultrasonice, volumul de material prelevat crește, înlăturând stratul pasivizat și vârfurile microgeometriei suprafeței.
5. La creșterea interstițiului de prelucrare la valori relativ mari, propagarea undelor de șoc ultrasonice produce creșterea rugozității stratului pasivat comparativ cu experimentările efectuate la valori mici ale interstițiului frontal.
6. La reducerea puterii de acționare a lanțului ultrasonic cu cca 40% se obține o reducere a rugozității stratului pasivat.

În urma analizării modelului realizat cu metoda elementelor finite pentru prelucrarea ultrasonică s-a constatat că:

7. La prelucrarea cu ultrasunete, interstițiul frontal cu valori mari necesită putere ultrasonică foarte mare pentru reducerea rugozității, undele de șoc ultrasonice propagându-se pe o direcție perpendiculară pe suprafața probelor.
8. În cazul prelucrării prin ultrasunete, un interstițiu frontal redus permite utilizarea unor valori mult mai mici ale presiunii ultrasonice, undele de șoc ultrasonice propagându-se paralel cu suprafața prelucrată, obținându-se reducerea rugozității.

Viitoarele cercetări

- Vom extinde cercetările la utilizarea unor valori mai mici ale interstițiului dintre capătul lanțului ultrasonic și suprafața probelor precum și la un domeniu mai larg al variației puterii de acționare a lanțului ultrasonic urmărind optimizarea procesului.

- Se va aplica tehnologia hibrid, dizolvare anodică în câmp ultrasonic în scopul obținerii unei calități superioare a suprafeței prelucrate prin sinergia creată de combinația electrochimiei cu ultrasunetele.

6. Bibliografie

- [1]. *** Titanium Grade Overview, disponibil la: <http://www.supraalloys.com/titanium-grades.php>, accesat la: 4.01.2019;
- [2]. *** TiAl6V4 Titanium Alloy, disponibil la: <http://www.arcam.com/wp-content/uploads/Arcam-Ti6Al4V-Titanium-Alloy.pdf>, accesat la : 4.01.2019;
- [3]. Inagaki I., Takechi T., Shirai Y., Ariyasu N., *Application and Features of Titanium for the Aerospace Industry*, NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL TECHNICAL REPORT No. 106, 2014, disponibil la: <http://www.nssmc.com/en/tech/report/nssmc/pdf/106-05.pdf>, accesat la: 4.01.2019;
- [4]. *** Titanium TI-6AL-4V Properties & Common Uses, 2016, disponibil la: <https://titaniumprocessingcenter.com/titanium-ti-6al-4v-properties-common-uses/>, accesat la: 4.01.2019;
- [5]. Soare O., Lepădatu D., Vălu T. și Dobre D., *Influența câmpului ultrasonic asupra comportării la coroziune a aliajelor de titan în mediul marin*, Sesiunea de Comunicării Stiințifice Studentești – Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea IMST, 2018;
- [6]. Ghiculescu D., *Ingineria asistată de calculator a procedeelelor de prelucrare neconvenționale*, Indrumar de laborator, Printech, București, 2013;
- [7]. Drobotă V., *Rezistența materialelor*, editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.