

ECHIPAMENT MODULAR PENTRU DEBAVURARE ELECTROCHIMICĂ

MODULAR EQUIPMENT FOR ELECTROCHEMICAL DEBURRING

ENE¹ Gabriela-Marina, COȚOFANĂ¹ Alexandra-Daniela, SAVU² Laurențiu

¹Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea:¹ INPN, ² IAAC, Anul de studii:2,
e-mail: gabriela.ene4427@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Liviu-Daniel GHICULESCU**

ABSTRACT: The paper deals with the development of a modular equipment for electrochemical deburring. The main concerns in the deburring process are anticipating and calculating the size, shape of the burrs, removing them evenly and creating a process or product that minimizes and controls the size of the burrs. Thus, through this paper will be brought information on the detailed design of the final concept, simulations related to the primary current distribution in the dedicated program COMSOL Multiphysics and aspects about the sale of equipment developed in the dissertation.

CUVINTE CHEIE: debavurare electrochimică, dispozitiv modular, ECD

1. Introducere

Ulrich și Eppinger [3] definesc dezvoltarea noilor produse (NPD) ca "un set de activități care încep cu percepția unei oportunități de piață și se termină cu producția, vânzarea și livrarea produsului." După Ulrich și Eppinger există cinci faze principale implicate în crearea și lansarea noilor produse: Identificarea și selecția oportunității, Generarea conceptelor, Concepția și evaluarea proiectului, Dezvoltarea propriu-zisă și Lansarea.

În urma identificării și selecției de pe piața a oportunității, conform metodologiei predefinite anterior, s-a constatat că produsul care corespunde cel mai bine criteriilor matricei este echipamentul modular pentru debavurare electrochimică. Acest produs se adresează cu precădere IMM-urilor din România și laboratoarelor de tehnologii neconvenționale din cadrul facultăților. Se cunoaște faptul că bugetul acestor întreprinderi este limitat, astfel produsul dezvoltat permite utilizarea pe un echipament existent și poate prelucra o gamă largă de piese (fig. 2, 3) și tipodimensiuni.

Debavurarea electrochimică se bazează pe fenomenul de electroliză. Prelucrarea prin debavurare electrochimică se utilizează în domenii diverse, de la automotive până la echipamente medicale (fig. 1). Astfel, aplicabilitatea procedurii este una de interes.



Fig. 1. Domenii de aplicare debavurare electrochimică

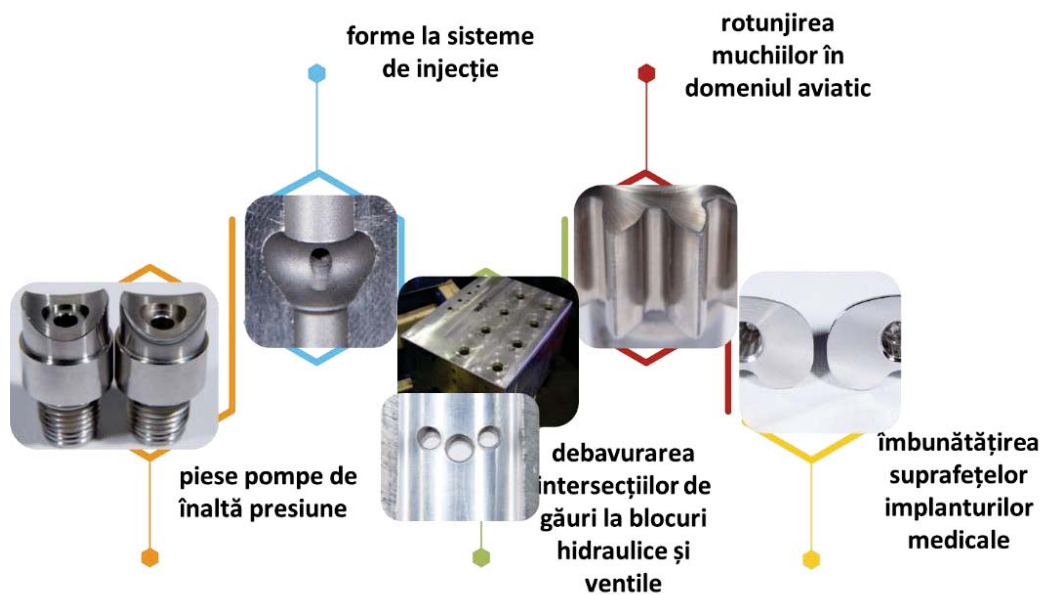


Fig. 2. Tipologii de piese prelucrate prin ECD

Prelucrarea constă în înlăturarea bavurilor apărute în urma prelucrărilor convenționale, prelevarea de material realizându-se prin dizolvare anodică. Electroful piesă (EP) este legat la polul pozitiv (anodul +) al unui generator de curent continuu, iar electroful sculă (ES) la polul negativ (catodul -) al aceleiași surse. În spațiul existent între cei doi electrozi, numit interstițiu de lucru, este recirculat un electrolit, la o presiune și o viteză prestabilite.

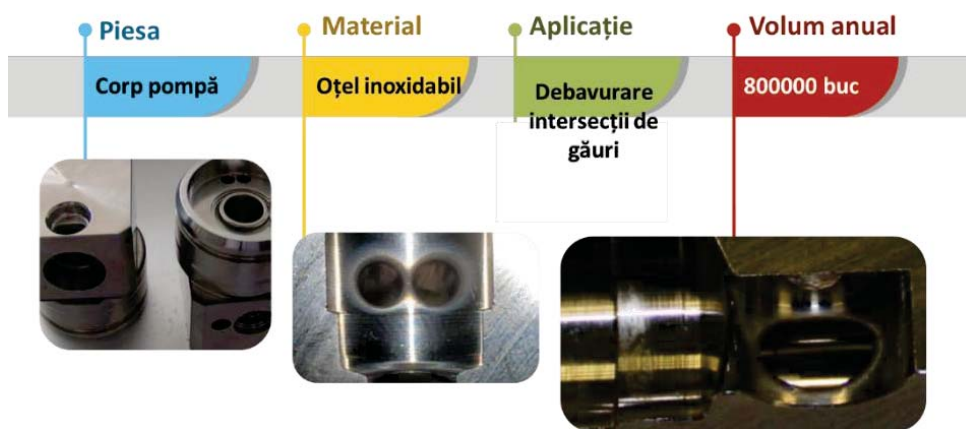
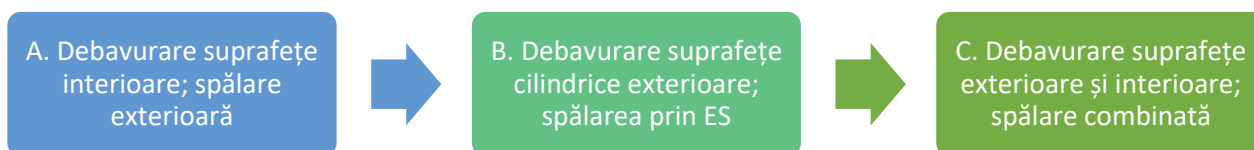


Fig. 3. Studiu de caz: Corp pompă- debavurarea și rotunjirea muchiilor și intersecțiilor [2]

2. Proiectarea detaliată

Utilizând metode TRIZ și apoi evaluând conceptele conform criteriilor stabilite au rezultat 3 concepte parțiale.



În urma selecției conceptului optim conceptul C a fost cel care întrunea condițiile. Acest concept dezvoltat este compus din 5 module distincte, așa cum se observă și în figura 4.

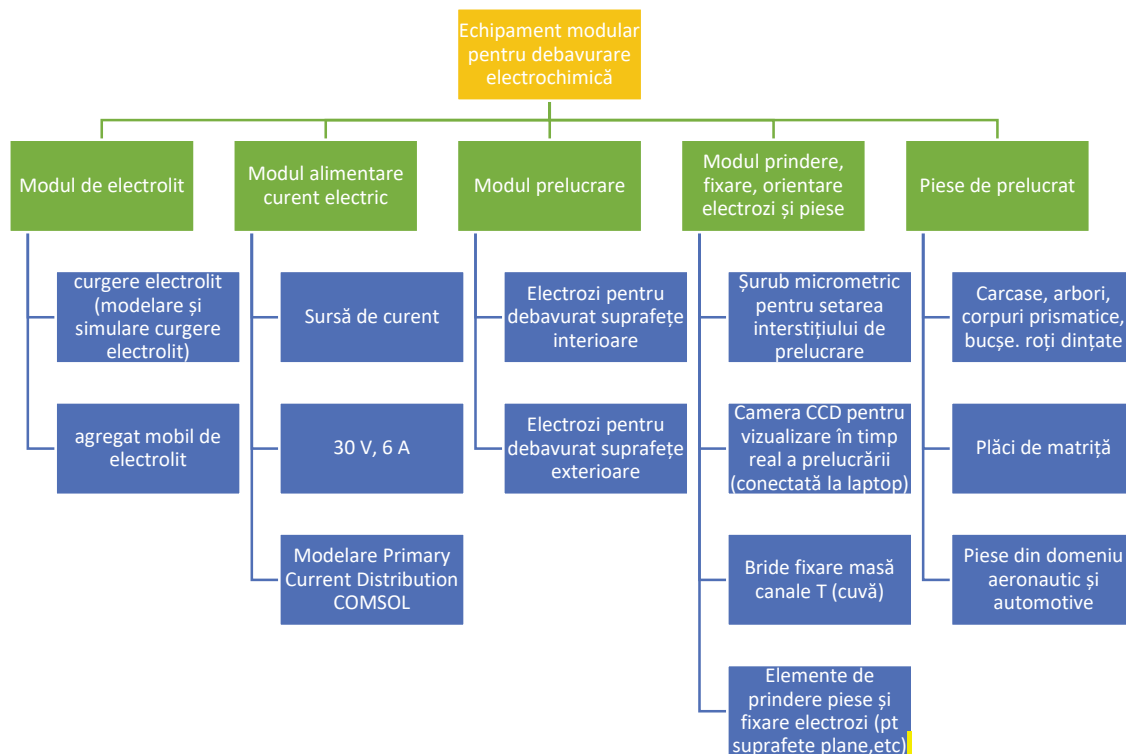


Fig. 4. Schema de module

Echipamentul pentru debavurare (fig. 5) este alcătuit din: 1-sistem spălare interioară, 2-Electrodul sculă 1 și ansamblu electrod sculă 2 (legat la polul -), 3-balamale, 4-robineteți, 5-bazin electrolit, 6-furtun recirculare electrolit, 7-furtun spălare interioară EP, 8-furtun spălare exterioară, 9-sursă AC (asigură tensiunea 8-30 V și capacitatea de debavurare de 100 A), 10-roți. 12-carcasă, 13-cuvă de lucru, 14-masă magnetică cu canale T, 15-sistem fixare piesă, 16-ansamblu port-sculă, 17-furtun spălare interioară ES, 18-articulație sferică, 19-șurub micrometric, 20-electrod sculă 3 (legat la polul -), 21-cablu alimentare catod, 22-cablu alimentare anod, 23-electrod piesă (legată la polul +), 24-usă acces.

Agregatul de electrolit are și un sistem de management al electrolitului ce filtrează lichidul, îl recirculă, asigură o temperatură și o valoare a pH-ului constante și o curgere în limitele impuse de procedeu.

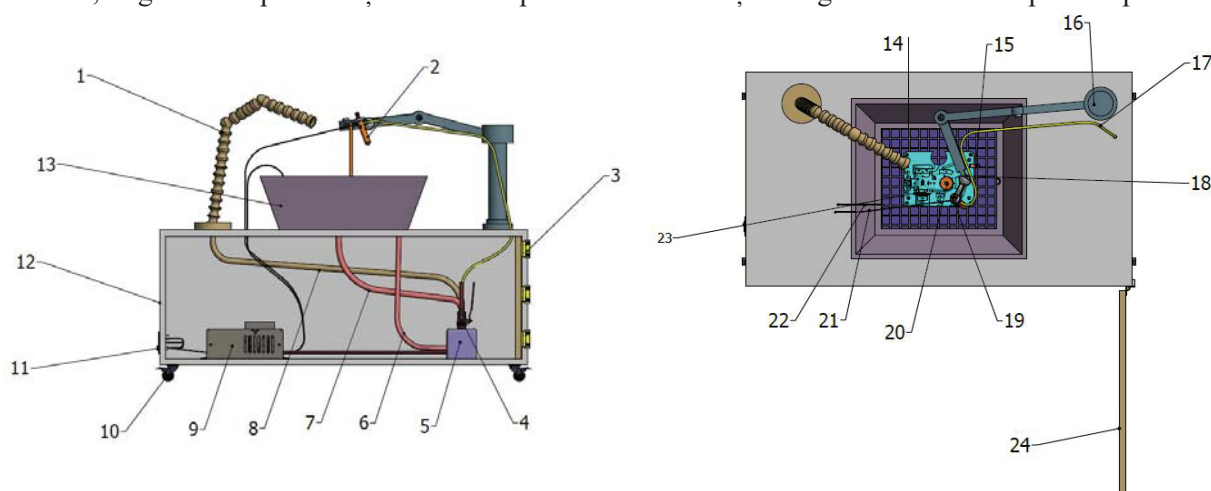


Fig. 5. Elementele componente ale echipamentului

Mediul de lucru este soluția apoasă de NaCl, putând fi schimbată cu oricare electrolit (NaNO_3 , silicat de sodiu, K_2NO_3 etc.); concentrația recomandată este între 14% și 20%, iar interstițiul de prelucrare se găsește între 0,015 mm și 3 mm.

Elementul de adaptabilitate constă în schimbarea capului de lucru 3 cu electrozi cu forma conjugată a suprafețelor de debavurat. Portabilitatea propusă pentru concept presupune montarea diferitelor module pe echipamente destinate prelucrării electrochimice.

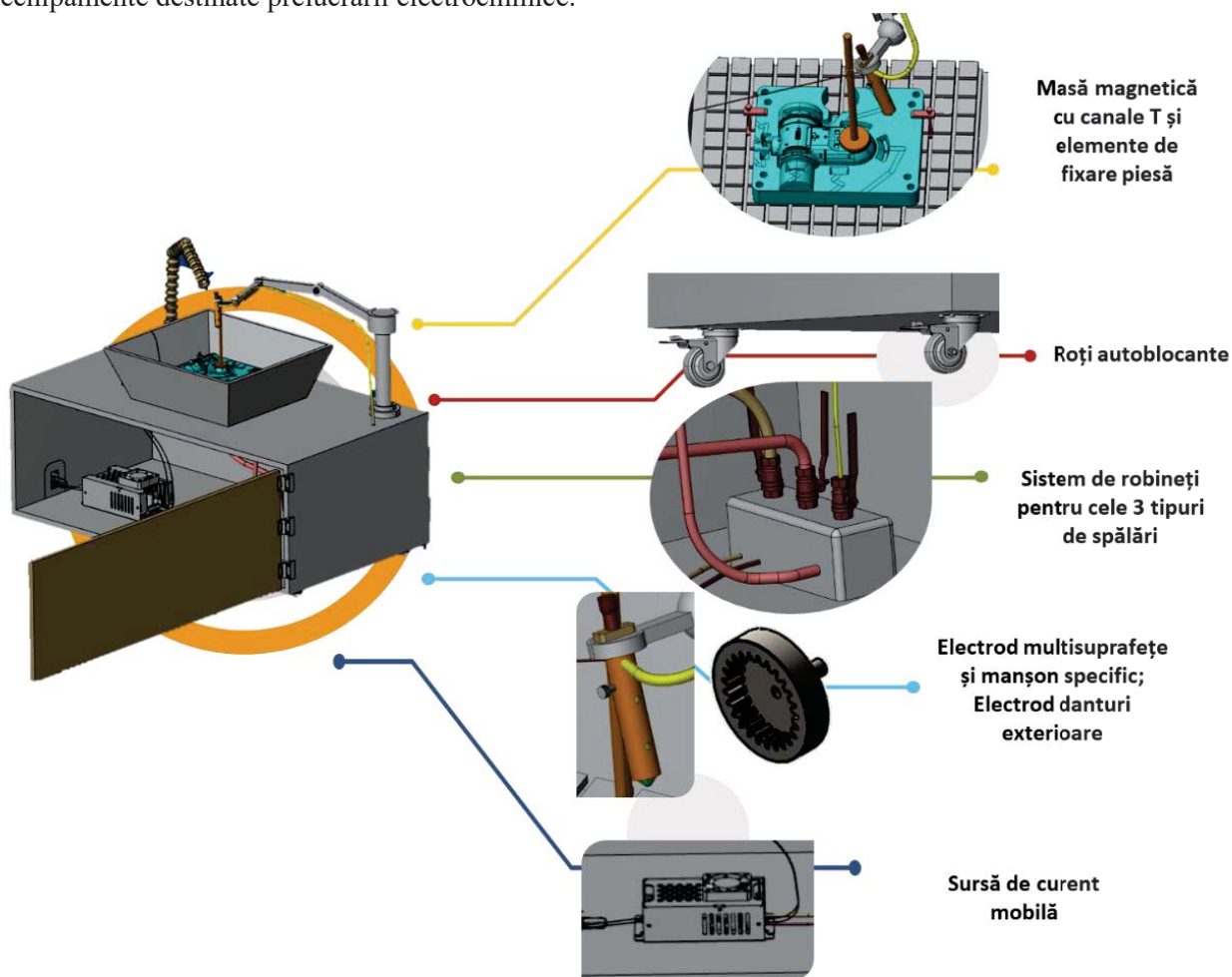
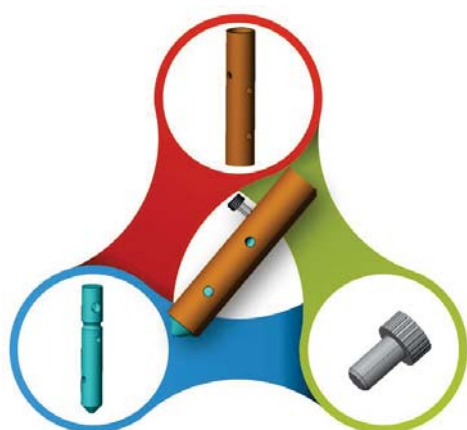


Fig. 6. Echipamentul modular pentru debavurare electrochimică-specificații

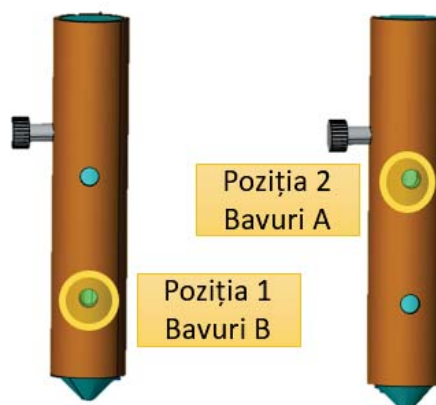
Masa cu canale T a ansamblului este magnetică. Acest lucru conferă o adaptabilitate ridicată a dispozitivului. Fixarea și poziționarea electrodului-piesă nu mai este în strânsă legătură cu elemente de prindere și orientare precum bușe de poziționare, bride, cleme, mandrine, pini, piulițe, șuruburi etc. Astfel, folosirea unei mese magnetice permite prelucrarea pieselor de diferite dimensiuni și geometrii. Masa are dimensiunea de 800 mm x 650 mm.

Roțile atașate echipamentului permit mobilitatea acestuia, în vederea asigurării unui transport facil. În vederea selectării materialelor potrivite pentru construcția echipamentului, este necesar a se consulta manualele de specialitate. Funcție de eforturile care pot apărea în timpul funcționării dar și în timpul montajului, sistemul tehnologic dispus (utilaje de prelucrare), calificare operatorilor, spațiul de depozitare, scule, se alege materialul.

Ansamblul electrod sculă (2) (fig.7) face posibilă prelucrarea mai multor găuri, folosind aceeași sculă. În cazul prelucrării unei găuri cu un electrod cilindric neizolat, lipsa izolației laterale face ca prelevarea de material să se desfășoare continuu. Astfel, se va obține o formă de paraboloid. Drept element de izolare a fost conceput un manșon din PVC. Pe lângă rolul de izolator, acesta face posibilă prelucrarea bavurilor rezultate la intersecția de găuri A, precum și a bavurilor rezultate la intersecția de găuri B. Prin rotirea șurubului, manșonul se poate învârti, dezvăluind astfel una dintre găuri, și izolând-o pe cealaltă.



a) Componentele ansamblului electrod-sculă



b) Poziții ansamblului electrod-sculă

Fig. 7. Ansamblul electrod sculă (2)

În cazul prezentat mai jos (fig. 8), folosind electrodul cu manșonul în poziția 1 (fig. 7) se pot prelucra bavurile rezultate la intersecția de găuri A. Dacă se folosește electrodul cu manșonul în poziția 2 (fig. 8), se pot prelucra bavurile rezultate la intersecția de găuri B.

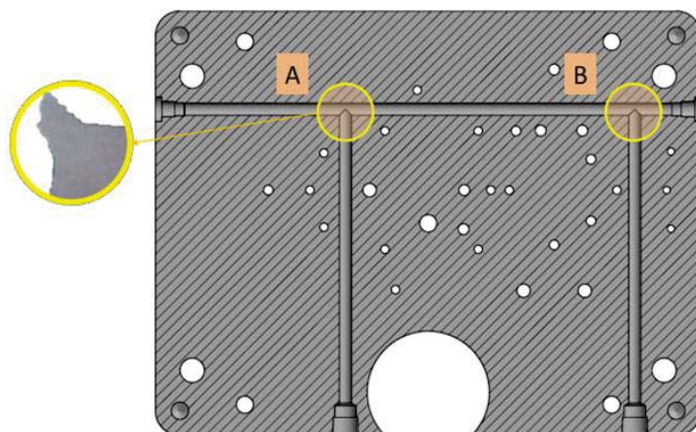


Fig 8. Intersecția de găuri pe piesa de prelucrat



Fig 9. Prindere modul prelucrare pe piese de gabarit mare (bloc hidraulic)

Totodată, echipamentul dispune de posibilitatea ca modulul de prelucrare să fie montat pe piese de gabarit foarte mare (plăci de matriță, blocuri hidraulice etc) și prelucrarea se realizează altfel decât în modul clasic (piesa se montează pe masa cu canale T). Dispozitivul de prelucrare (fig. 9) are electrodul sculă integrat-cu manșonul prezentat anterior, dispozitivul fiind realizat din material electro-neutru pentru evitarea descărcărilor electrice nedorite; dispozitivul se montează pe piesa de debavurat, având ca avantaj faptul că operatorul nu trebuie să transporte între posturile de prelucrare piesa (piesele având implicit și o greutate inadecvată unui operator uman).

3. Testarea produsului

Din punctul de vedere al fabricării și testării echipamentului dezvoltat au fost utilizate programe CAD și de simulare a funcționării. Aceste pachete de programe permit construirea 3D în mod virtual și simularea acestuia, rezultatele finale având o eroare foarte mică față de rezultatele pe piese reale. Simularea permite înțelegerea funcționării echipamentului, permițând inovarea și proiectarea optimă; testarea în mediul virtual aduce o performanță crescută, fiind mai eficientă decât testarea unor prototipuri fizice. Softul COMSOL Multiphysics este o platformă multidisciplinară ce are în componența sa module (fig. 10) ce pot fi cuplate sau utilizate singular, acestea evidențiind toate efectele fizice relevante.

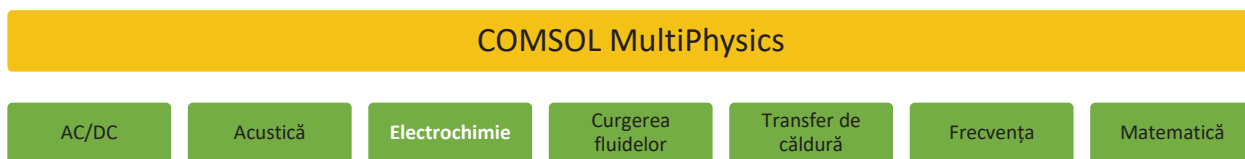


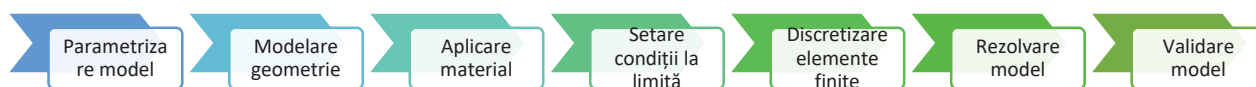
Fig. 10. Arhitectura programului de simulare COMSOL

3.1 Modul: Electrochimie

Modulul de Electrochimie face parte din pachetul de simulări la nivel chimic; în componența sa există mai multe sub-module (Distribuția primară, secundară și terțiară de curent, Coroziune v. fig. 11). Pentru a simula funcționarea echipamentului pentru debavurare electrochimică a fost luat în considerare sub-modulul de Distribuție primară a curentului. Astfel, algoritmul din spatele modulului are ecuații și condiții la limita legate de pierderile ohmice.

- Distribuția de curent primară (*Primary Current Distribution*)

Distribuția principală de curent [6] contabilizează numai pierderile datorate rezistenței soluției, neglijând efectele cinetice ale electrodului și dependente de concentrație. Transferul de sarcină în electrolit respectă legea lui Ohm. La interfața electrod-electrolit se presupune că reacția de electroliză este atât de rapidă încât se poate neglija influența cineticii electrodului și astfel diferența de potențial la limita electrodului-electrolit se abate neglijabil de la valoarea sa de echilibru. Prin urmare, distribuția curentului primar depinde doar de geometria anodului și a catodului.



Modelarea și simularea curentă doresc să evidențieze distribuția intensității de energie electrică pe bavurile existente pe piesă. Astfel se va alege un studiu staționar (fig. 11), ce nu depinde de timp.

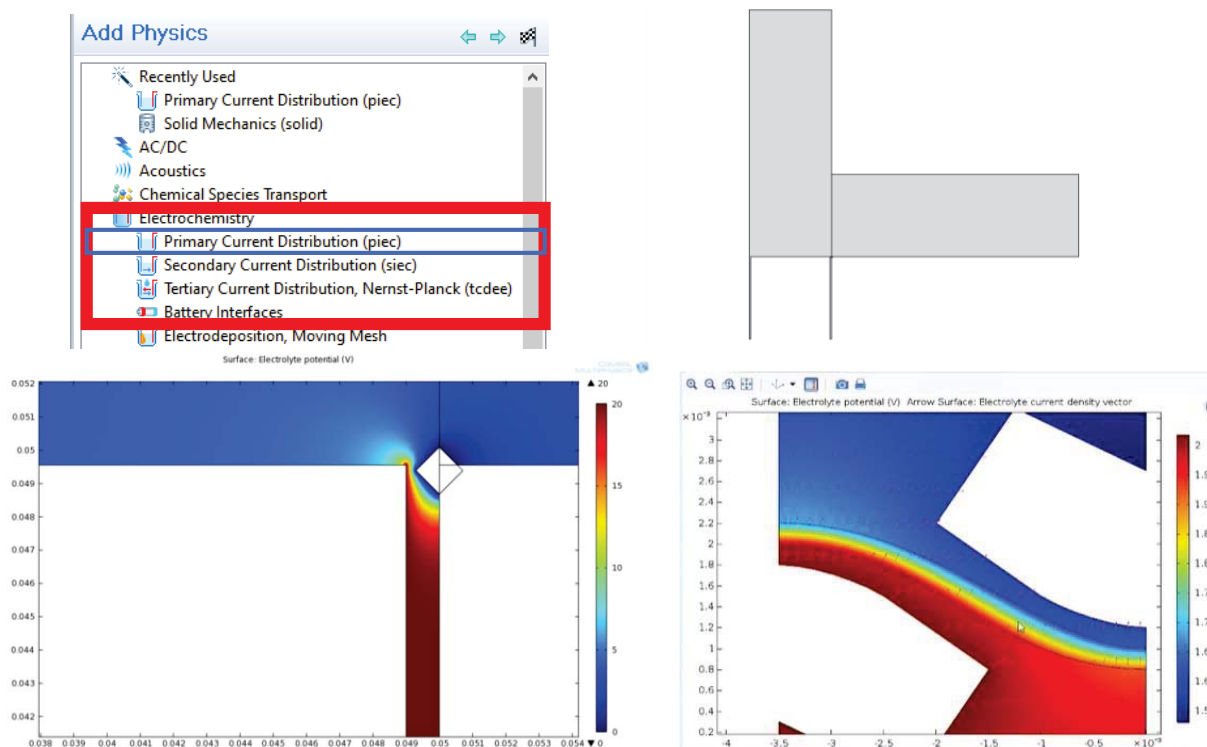


Fig. 11. Capturi din programul de simulare COMSOL pentru o intersecție de găuri și un interstițiu de 1 mm, dimensiune a bavurii de max. 10 mm; electrod izolat cu manșon.

Simularea are ca date de intrare geometria unei intersecții de găuri, situate pe suprafața unei plăci active de la o matriță de injecție mase plastice, și o bavură rezultată în urma prelucrărilor convenționale anterioare de dimensiune 10 mm, interstițiul de prelucrare este setat la 1 mm. A fost modelat și partea activă a electrodului de debavurare, restul fiind izolat cu manșonul prezentat anterior. Au fost specificate valorile conductivității electrolitului și electrodului, condiția la limită pentru acest modul (potențialul de electrolit 20 V), rămânând ca programul să determine zonele izolate electric din geometria modelată. Se poate observa că după aplicarea discretizării cu elemente finite (calitate a elementelor: foarte bună, utilizând forma elementelor impusă de modulul de fizică), pe suprafața modelului apar sub formă de săgeți sensul de deplasare a curentului. Partea din bavură ce se elimină prin prelucrarea electrochimică are valoarea maximă.

4. Comercializarea produsului

Pe piață neexistând un produs care să dețină acest avantaj de a fi modular, produsul va fi promovat ca unul nou. Deși au fost prezentate mai multe echipamente de prelucrare a bavurilor electrochimic, în partea de cercetare externă, acestea sunt în altă gamă de prețuri, nefiind considerați concurenți pe piața IMM-urilor.

Atât promovarea pe piață cât și plasamentul comenzilor se vor realiza prin intermediul site-ului creat în limbajul de programare HTML și este disponibil accesând link-ului <http://deburringteam.online/>. Potențialii clienți sunt localizați prin intermediul unei hărți Google, marcându-i cu ajutorul unor pin-uri (fig. 12).

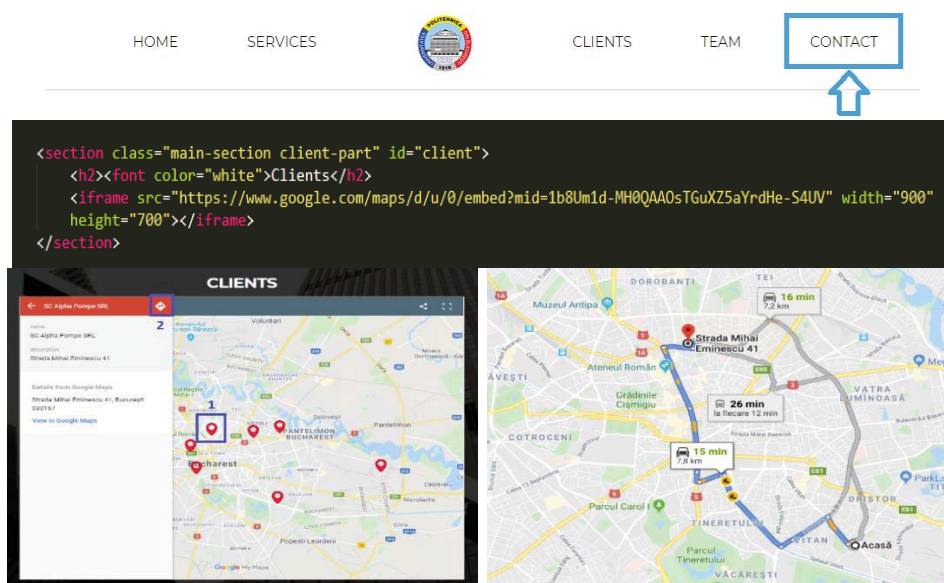


Fig. 12. Site destinat comercializării echipamentului (cod HTML; pin-uri clienți și traseu sugerat pentru un timp minim până la sediul firmei)

5. Reciclarea produsului

Reciclarea a devenit o parte importantă al lanțului de aprovizionare, menținând resursele pe plan local, creând locuri de muncă locale, economisind depozitarea de deșeuri și stimulând reciclarea altor materiale.

În componența echipamentului există piese din oțel, cupru, plastic și cauciuc. Oțelul reprezintă materialul cu cel mai mare număr de reciclări; prin utilizarea de oțel reciclat sunt realizate economii în ceea ce privește energia și utilizarea de material brut. În figura 13 este prezentată schema de reciclare a oțelului.

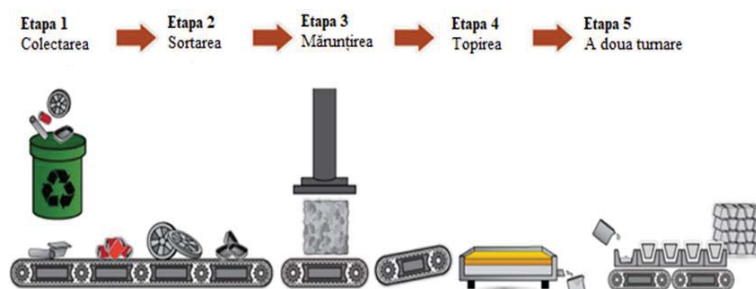


Fig. 13. Schema de reciclare a oțelului [4]

Plasticul este unul dintre cele mai răspândite tipuri de materiale utilizate în industria din ziua de azi. Avantajele sale sunt ușor observabile: este destul de rezistent, este ieftin, este ușor de manipulat și are foarte multe întrebuințări, în tot felul de multe domenii. Datorită industrializării excesive, plasticul nu este numai un material banal, ci are și un ascuns potențial nociv pentru mediu, în cazul în care nu este plasat într-un proces de reciclare a plasticului.

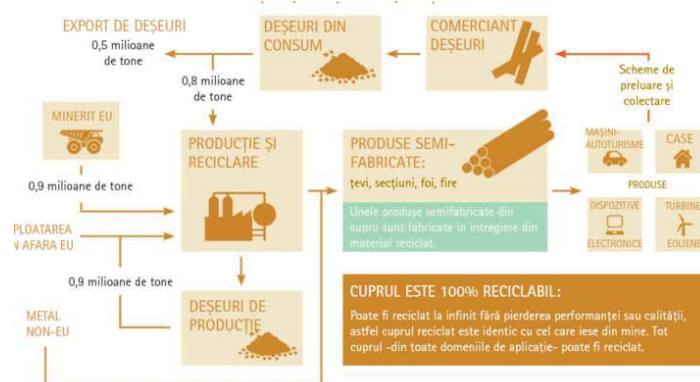


Fig. 14 Schema de reciclare a cuprului [4]

7. Concluzii

Echipamentul modular pentru debavurare electrochimică a trecut de faza de concepție și este în cea de evaluare, urmând să fie lansat. Contribuțiile aduse conceptului rezultat în capitolul de marketing strategic a suferit îmbunătățiri majore, având elemente ce aduc un aport important la portabilitatea dispozitivului și la flexibilitatea acestuia din punct de vedere al suprafețelor prelucrate. Știind cine sunt viitorii clienți (IMM-urile din România) și având site-ul de comercializare a produsului va fi facilă intrarea în contact cu aceștia în vederea tranzacționării. Produsul dezvoltat este unul modular, astfel că se pot prelucra piese de diverse dimensiuni și configurații doar adaptând electrodul la geometria piesei de prelucrat și sau utilizând doar modulul independent. Evaluarea produsului se va face în programul de simulare COMSOL și pentru alte variații de electrod (variind partea izolată electric), dar ca direcție de cercetare pentru lucrarea de disertație.

8. Bibliografie

- [1]. Marinescu N.I. ș.a. – Tratat de Tehnologia Neconvențională. Vol.4 – Prelucrarea prin eroziune electrochimică. Editura PRINTECH, ISBN (13) 978-973-718-613-3, București, 2006.
- [2]. Muhammed Kör-MB Trading- Posibilitățile prelucrărilor electrochimice ECM
- [3]. ***Product Design and Development-Eppinger &Ulrich, disponibil la <https://www.pdd-resources.net/>
- [4]. *** Reciclarea cuprului, disponibil la <https://copperalliance.ro/industria-cuprului/structura-industriei-cuprului-ue/>, accesat pe 24.04.2020
- [5]. *** Reciclarea plasticului, disponibil la <https://www.greenglobal.ro/reciclare-deseuri/reciclare-plastic/>, accesat pe 30.04.2020
- [6]. Distribuția de curent, disponibilă la <https://www.comsol.com/blogs/current-distribution-interface-use/>, accesat pe 30.04.2020