





Universitatea POLITEHNICA din București
Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor
Tehnologice



Journal of Industrial Engineering and Robotics

2020, Volume 4, Issue 4

Comitetul Științific al Revistei de Inginerie Industrială

Prof.dr.ing.	AMZA Catalin
Conf.dr.ing.	BACIU Florin
Conf.dr.ing.	CATANA Madalin-Gabriel
S.l.dr.ing.	DIJMARESCU Manuela-Roxana
S.l.dr.ing.	NICULAE Elisabeta
Conf.dr.ing.	POPA Laurentiu
S.l.dr.ing.	POPESCU Adrian
Prof.dr.ing.	SEVERIN Irina
S.l.dr.ing.	TUDOSE Daniela Ioana
Conf.dr.ing.	UNGUREANU Liviu Marian

Comitetul de Redacție al Revistei de Inginerie Industrială

Prof.dr.ing.	DUMITRESCU Andrei
S.l.dr.ing.	PARPALA Radu
S.l.dr.ing.	RADU Constantin
S.l.dr.ing.	ROTARU Alexandra
S.l.dr.ing.	TUDOSE Virgil

Editori

Prof.dr.ing.ec.	DOICIN Cristian
Conf.dr.ing.	VLĂSCEANU Daniel

Cuprins

Research on financing programmes for car fleet renewal RADU Maria-Diana	1
Analysis and development of a metallic elements production company NECULCEA Gabriela	6
Analysis of the performance of a commercial society based on the profit account and loss evolution PĂUN Andreea-Alina	12
The management and improvement of the administrative process of the ensemble of references within vehicle development projects TUDOSE Elena	18
Research on the provision of vocational education and training for disadvantaged categories and on the training of young entrepreneurs POPA Bianca Alexandra	24
Economic analysis of a product made by additive manufacturing BĂJĂNARU Elena-Georgiana, LAZĂR Anamaria-Simona	30
Optimization of a business management system ABUAYYASH Hosni, IBADOF Alin-Gabriel	36
Financial-accounting diagnosis and measurement of performance indicators for an IT business DRĂGAN Silviu-Daniel	42
Modeling of ultrasonic chains with torsional vibrations for various applications ȘOAGHER Ionuț-Ovidiu, CREȚU Raluca	48
Development of an online platform for measuring available parking spaces near a location VLĂDOI Vasile-Bogdan	54
Modeling and simulation of a process of nanoholes electrical discharge machining BĂZĂR Diana, DUMITRU Steluța, DOGARU Adrian	60
Optimization and technological validation of process turning by cam simulation with the manufacture module of the Autodesk Fusion 360 POPONETE Ștefan-Mădălin	66
Studies on modeling, simulation, 3D printing and optimization of a manufacturing equipment IORGA Alexandru, RADU Daniel Marian, RĂDULESCU Alexandru	72
Optimization and technological validation of turning operations from process by simulation CAM with the HSM module of Autodesk Inventor BANU George-Sebastian	78
Preliminary studies regarding the utilization of a Lidar system for obstacle detection ENACHE Andrei-George, BOSOC Vlad-George	84
Modeling and simulation of a microfluidic device for leukocyte analysis CÎRSTINA Maria-Mihaela, DECA Anca-Loredana, NEACȘU Alexandru-Ionuț	90
Research regarding the anatomical modelling of a wrist orthosis for 3D printing application IONESCU Raluca	96
Study on aided design of complex products BARBU Georgiana-Cristina, RĂDUCANU Florian	102

Analysis and development of assembly operations for automotive engines CONSTANTINESCU Mihaela-Cătălina, UȚICĂ Nicoleta-Georgiana	108
Analysis and development of technological devices integrable into CNC systems BĂCIOIU Mihaela-Roxana, MIERLIȚĂ Iulia-Sorina	114
Analysis and development of the Dacia dashboard TOMESCU Gabriel-Ionuț, MACOVEI Marius-Ștefănel	120
The use of generative design and topology optimization in CAD environment ȘCHEAU Dumitru	126
Study on the concept of timeless design SANDA Simina Mihaela	132
Research regarding the use of structural optimization in the product design process CREȚA Gheorghe-Cosmin	138
New trends in the development of titan-based biocompatible alloys IUGA Ana-Cristina	144
Research on internal cylindrical honing of long holes RUSU Iulia Roxana	150
Research on additive manufactured molds for polymeric products UȚĂ Mihai-Gigi	156
Target positioning systems for laser acceleration experiments of electron and photon beams MIHALCEA Alexandru	162
Research regarding resin transfer molding of polymer composite products using ultrasound VĂLIMĂREANU Beniamin-Constantin	168
Constructive solution for polystyrene cutting LAZĂR M. Marius, BULGARIU G. Gabriel Florin, DARIE D. David-Hariton	174
Feed system for electrochemical microprocessing TÎRTEA Bogdan-Alexandru, BUZEA Silviu-Petrișor	182
Brake disc with differential progressive microgeometry MIHAI Sabin, IAMANDI Alexandru, PĂTRAȘCU Valentin	190
Mobile aggregate for the supply of environmentally friendly dielectric liquids at EDM POPESCU Oana-Cornelia, DRAGOMIR Marian-Ionuț, ROȘU Domnica-Hristina, PÂRLEA Iulia-Bianca	198
Robotic device - robotic talking hand (RTH) PELTEA Cristian, PAVĂL Costel, AIRINEI Mihai, ȘERBAN Elena Iulia	206
Sorting robotic arm for Industry 4.0 BOUDER Arthur, LE STANC Maxime	214
Modular equipment for electrochemical deburring ENE Gabriela-Marina, COȚOFANĂ Alexandra-Daniela, SAVU Laurențiu	222
Bottle manipulator with vacuum gripper CARUSO Noemi, DIACONU Britany, LABANCA Nicoletta Annetta	230

CERCETĂRI PRIVIND ÎNNOIREA PARCULUI AUTO PRIN PROGRAME DE FINANȚARE SPECIFICE

RESEARCH ON FINANCING PROGRAMMES FOR CAR FLEET RENEWAL

RADU Maria-Diana

Facultatea:FIIR, Specializarea:Inginerie Economică Industrială, Anul de studii:IV, e-mail:
radu.mariadiana@yahoo.com

Conducător științific: Ș.l.dr.ing **Cristian TARBĂ**

REZUMAT: În această lucrare se va prezenta scopul programului de finanțare care este constituit de îmbunătățirea calității mediului prin înnoirea Parcului auto național, finanțarea nerambursabilă din Fondul pentru mediu, acordată sub formă primei de casare, pentru achiziționarea autovehiculelor noi, mai puțin poluante, în schimbul predării spre casare a autovehiculelor uzate, diminuarea efectelor poluării asupra mediului.

ABSTRACT: The paper presents a research on financing programmes for car fleet renewal. The programmes aim to improve the quality of the environment by renewing the National Car Fleet by non-reimbursable financing from the Environmental Fund. The programmes provide a financing scheme for the purchase of new vehicles, less polluting, in exchange of handing over used vehicles, reducing the effects of pollution on the environment.

CUVINTE CHEIE: AFM, ecobonus , CO₂, primă de casare.

1. Introducere

Încă din anul 2005 România desfășoară Programul de Stimulare a Înnoirii Parcului Auto, în anul 2019 fiind lansată cea de-a 15 ediție. Cunoscut sub numele de “RABLA”, susținut din fonduri alocate de Ministerul Mediului. Anual statul român acordă cu titlu gratuit o primă de casare persoanelor posesoare de autovehicule, cu an de fabricație vechi, dispuse în a-și achiziționa o mașină nouă, mai puțin poluantă. [2] Programul este structurat astfel:

-Rabla Clasic → statul acordă o primă de casare pentru achiziția unui autovehicul nou în schimbul unui autovehicul vechi;

-Rabla Plus → este un program nou, prin care se stimulează achiziționarea unui autovehicul nou, electric sau electric hybrid, fără obligativitatea casării unui autovehicul vechi.

Rabla Clasic se desfășoară prin intermediul Administrației de Fondului de Mediu (AFM), punând la dispoziție un anumit buget pentru cei care își doresc să schimbe mașină veche cu o alta nouă. În cadrul programului aceștia pot opta pentru achiziționarea de autoturisme cât și de autoutilitare ușoare. [3]

Funcționarea programului are la bază acordarea reducerii la achiziția unui autovehicul nou, după ce cumpărătorul face dovada casării mașinii vechi. Diferența dintre prețul mașinii noi și prima de casare obținută de la stat se poate face prin achitarea din sursele proprii, credit bancar sau printr-un contract de leasing financiar.

2. Stadiul actual

CARACTERUL PROGRAMULUI ȘI ARIA GEOGRAFICĂ DE APLICARE

Programul are caracter multianual și se aplică la nivel național.

Programul se desfășoară în perioada 2017 - 2019.

SUMA MAXIMĂ PE PROIECT: Cuantumul primei de casare este de 6.500 lei. Prima de casare se acordă în funcție de cantitatea de emisii de CO₂/km generată de sistemul de propulsie al autovehiculului nou, în regim de funcționare mixt, astfel:

- în anii 2017-2018 se acordă pentru autovehiculul nou al cărui sistem de propulsie generează maximum 130 g CO₂/km;
- în anul 2019 se acordă pentru autovehiculul nou al cărui sistem de propulsie generează maximum 120 g CO₂/km.

La prima de casare se poate adăuga un ecobonus, în următoarele condiții:

- la achiziționarea unui autovehicul nou, echipat cu sistem de propulsie care generează o cantitate de emisii de maximum 98 g CO₂/km în regim de funcționare mixt, se acordă un ecobonus în valoare de 1.000 lei, pentru anul 2017-2018;
- la achiziționarea unui autovehicul nou, echipat cu sistem de propulsie care generează o cantitate de emisii de maximum 96 g CO₂/km în regim de funcționare mixt, se acordă un ecobonus în valoare de 1.000 lei, pentru anul 2019;
- la achiziționarea unui autovehicul nou, echipat cu sistem de propulsie hibrid, se acordă un ecobonus în valoare de 1.700 lei. [1]

CONDIȚII DE ACORDARE A PRIMEI DE CASARE

PERSOANĂ FIZICĂ
Are domiciliul sau reședința în România;
Nu are obligații de plată la bugetul local;
S-a înscris la un producător validat în vederea achiziționării unui autovehicul nou, obținând nota de înscriere;
A predat autovehiculul uzat unui colector autorizat și a obținut certificatul de distrugerea, potrivit prevederilor prezentului ghid;
A radiat din evidența circulației autovehiculul uzat și a obținut certificatul de radiere, potrivit prevederilor prezentului ghid;
A prezentat producătorului validat dovada distrugerii și a radierii din evidența circulației a autovehiculului uzat, potrivit prevederilor prezentului ghid;
A achiziționat autovehiculul nou de la producătorul validat care a eliberat nota de înscriere.

PERSOANĂ JURIDICĂ

A obținut din partea Autorității aprobarea dosarului de acceptare;

S-a înscris la un producător validat în vederea achiziționării unui autovehicul nou, obținând nota de înscriere;

A predat autovehiculul uzat unui colector autorizat și a obținut certificatul de distrugere;

A radiat din evidența circulației autovehiculul uzat și a obținut certificatul de radiere;

A prezentat producătorului validat dovada distrugerii și a radierii din evidența circulației a autovehiculului uzat;

A prezentat producătorului validat dovada distrugerii și a radierii din evidența circulației a autovehiculului uzat, potrivit prevederilor prezentului ghid;

A achiziționat autovehiculul nou de la producătorul validat care a eliberat nota de înscriere.

3. Evoluție

Unul dintre cei mai mari competitor ai pieței care au în desfășurare programul RABLA este și Grupul francez Renault care în anul 1999 a cumpărat uzinele Dacia de la Statul Roman și a intrat în parteneriat cu grupul japonez Nissan, astfel formând alianță Dacia-Renault-Nissan, devenind unul dintre cei mai mari constructori auto din lume. [2]



Fig 1. Platforme Grup Renault la nivel mondial

Evoluția Programului de stimulare a înnoirii Parcului auto național (RABLA)

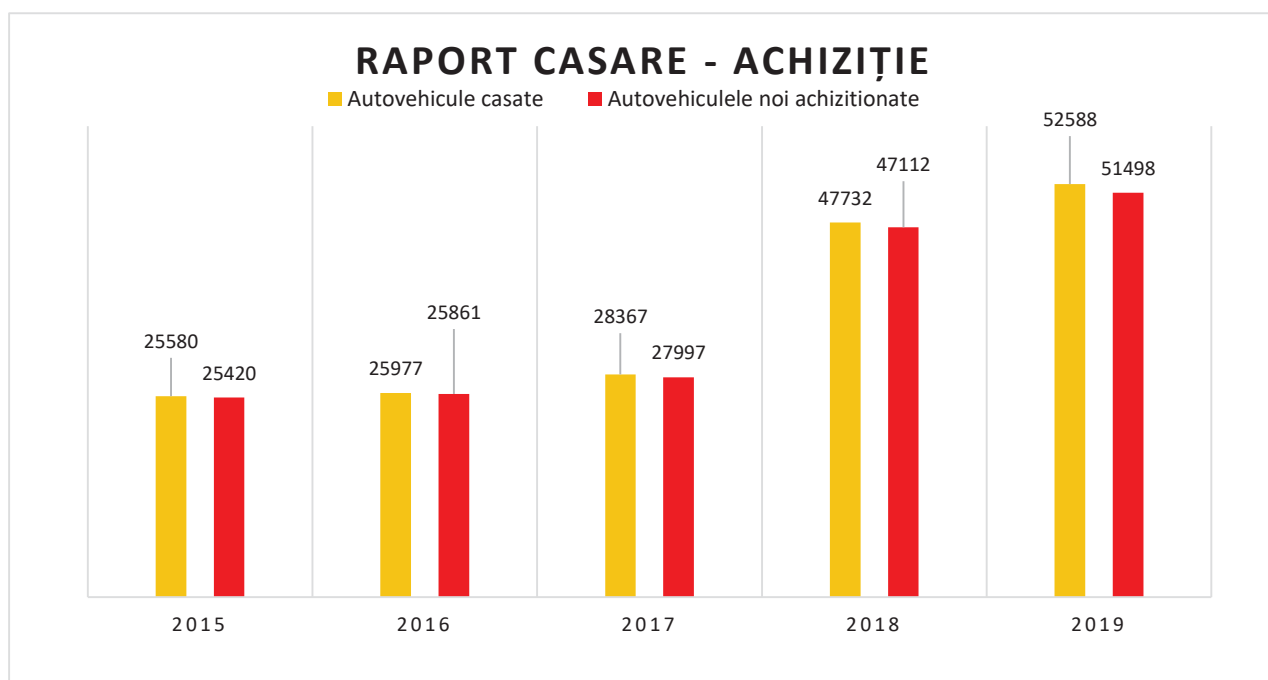


Fig 2. Evoluția Programului de stimulare a înnoirii Parcului auto național (RABLA) în ultimii 5 ani (2015-2019)

Tabelul .1 Evoluția în timp a Programului de stimulare a înnoirii Parcului auto național

<i>An</i>	<i>Autovehicule casate</i>	<i>Autovehiculele noi achiziționate</i>	<i>Valoare primei de casare/tichetului</i>	<i>Buget alocat (lei)</i>
2005	14 607	14 607	3.000 lei	45.000.000
2006	15 110	15 110	3.000 lei	49.500.000
2007	16 444	16 444	3.000 lei	49.500.000
2008	30 466	30 466	3.000 lei	120.000.000
2009	32 327	32 327	3.800 lei	190.000.000
2010	189 360	62 550	3.800 lei	722.000.000
2011	118 526	39 216	3.800 lei	456.000.000
2012	44 857	15 149	3.800 lei	171.000.000
2013	19 846	13 465	6.500 lei	150.000.000
2014	20 517	20 391	6.500 lei	140.000.000
2015	25 580	25 420	6.500 lei	220.000.000
2016	25 977	25 861	6.500 lei	180.000.000
2017	28 367	27 997	6.500 lei	195.000.000
2018	47 732	47 122	6.500 lei	331.000.000
2019	52 588	51 498	6.500 lei	375.000.000
Total	682 304	437 623	-	3.394.000.000

Raport statistic la sfârșitul anului 2019, vânzări Remat

Dacia-Renault-Nissan

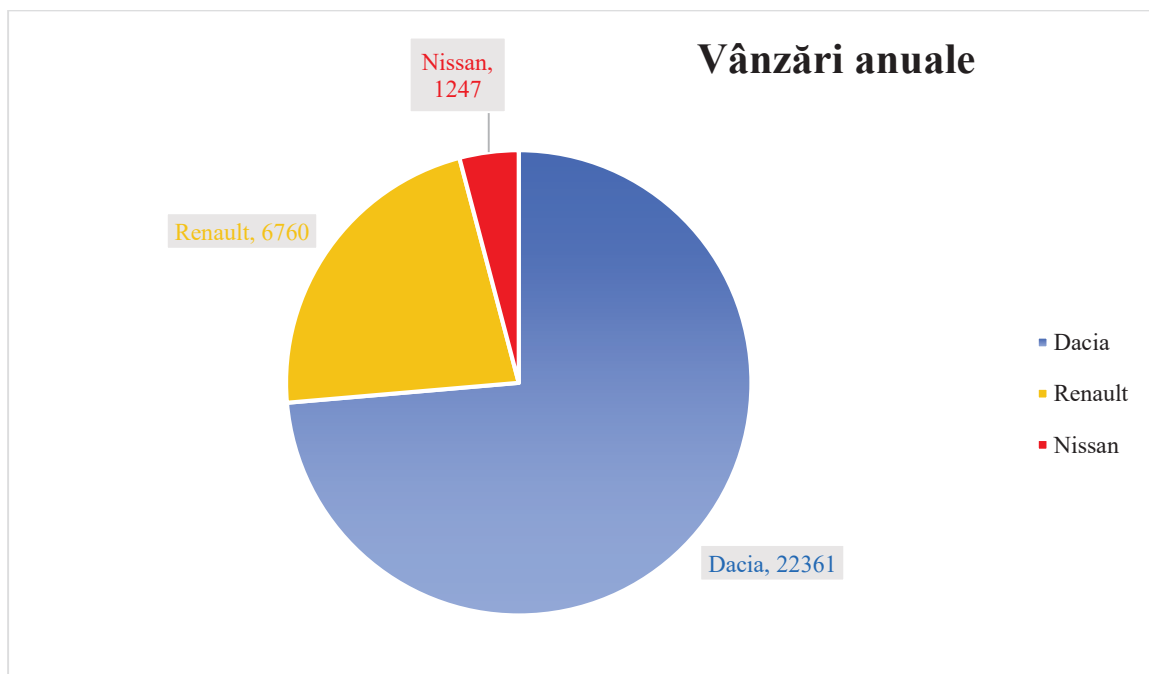


Fig 3. Total vanzari Remat – 2019

4. Concluzii

Programul privind înnoirea parcului auto prin metode de finanțare specifice, aduce un aport important vânzărilor de autoturisme dar și îmbunătățiri calității mediului. Finanțarea programului se realizează din veniturile Fondului pentru mediu, care, anual, alocă un budget aprobat conform legii. În prezent suma totală alocată acestui program este de 3.394.000.000 lei. [2]

Consider că acest program poate fi îmbunătățit în ceea ce privește partea de birocrație, clientul fiind nevoit să obțină foarte multe documente pentru demararea proiectului.

5. Bibliografie

- [1]. Ghidului de finanțare a Programului de stimulare a înnoirii Parcului auto național 2020-2024.
- [2]. Documentație preluată din cadrul companiei Renault.
- [3]. ***Administrația fondului pentru mediu <https://www.afm.ro/> accesat la data de 18.04.2020.

ANALIZA ȘI DEZVOLTAREA UNEI FIRME DE PRODUCȚIE ELEMENTE METALICE

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF A METALLIC ELEMENTS PRODUCTION COMPANY

NECULCEA Gabriela

Facultatea: FIIR, Specializarea: IEI, Anul de studii: IV, e-mail: neculceag11@gmail.com

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**, Drnd. ing. **Cristin ZAHARIA**

ABSTRACT: Small businesses and SMEs play a key role in the European economy and account for 99% of all businesses in the EU. The analyzed company has a small number of employees and a small product portfolio. The paper presents a model to study the technical-economic factors in order to develop it by expanding the product nomenclature and, accordingly, by the necessary investments.

CUVINTE CHEIE: întreprindere, produs, fabricare, comercializare, plan de afacere.

1. Introducere

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta elemente relevante privind analiza și dezvoltarea firmei SC VIDAS MET SRL, care să contribuie la dezvoltarea cunoștințelor de bază specifice - suport în activitatea de analiză și dezvoltare a întreprinderilor mici și mijlocii.

Metodologia de cercetare – dezvoltare este structurată în raport cu următoarele elemente de referință: cadrul general; date inițiale relevante; condiții industriale de producție; indicatori economici; variante de dezvoltare.

2. Date generale privind firma VIDAS MET SRL

Firma VIDAS MET SRL face parte din categoria întreprinderilor mici și mijlocii prin numărul său de angajați, având ca domeniu de activitate proiectarea, debitarea și comercializarea de elemente metalice.

Perspectiva firmei este de a realiza produse și servicii la un nivel înalt de calitate și un raport avantajos calitate - preț. Firma este o întreprindere mică, cu un personal constituit din 10 operatori, un director, un contabil și un proiectant.

Detalii de identificare [7]

Nume firmă: VIDAS MET SRL
Cod Unic de Înregistrare: 17246078
Nr. Înmatriculare: J29/371/2005
EUID: ROONRC.J29/371/2005
Data înființării: 2005

Informații de contact [6]

Județ: PRAHOVA
Localitate: Sat Brazii de Sus
Adresă: Str. Lalelelor 8 A C
Tel.: 0726 696 355
Fax: 0244 480 257

3. Elemente generale privind întreprinderile mici și mijlocii

O întreprindere este clasificată ca microîntreprindere sau ca întreprindere mică sau mijlocie în raport cu trei criterii: numărul mediu de salariați; cifra de afaceri anuală netă; activele totale [3]. Categoria Întreprinderilor Mici și Mijlocii (IMM) este formată din întreprinderi care angajează mai puțin de 250 de persoane, care au o cifră de afaceri anuală netă de până la 50 de milioane de euro și/sau dețin active totale de până la 43 de milioane de euro .

Îmbunătățirea competitivității IMM-urilor este unul dintre obiective tematice pentru politica de coeziune în perioada 2014-2020 [4].

În prezent, clienții IMM-urilor sunt din ce în ce mai sofisticăți și solicită servicii, precum și asistență imediată și personalizată. În plus, în timp ce solicitările clienților sunt în creștere, companiile sunt constrânse să facă mai multe cu aceleași sau chiar cu mai puține resurse [5].

4. Structura de producție a firmei VIDAS MET SRL

Produsele fabricate de firma VIDAS MET SRL sunt elemente din metal, schițe ale unora dintre acestea fiind prezentate în Fig.1.

Elementele metalice la comandă sunt executate din oțel, inox sau aluminiu.



Fig. 1. Elemente din metal [5]

5. Procesul de producție la firma VIDAS MET SRL

Piesele din metal se realizează prin mai multe etape de producție [6], și anume:

1. Întocmirea desenului de execuție aferent cererii clientului
2. Calculul consumului de material
3. Ofertă de preț către beneficiar, ulterior acceptare ofertă + aprovizionare materie primă
4. Intrare materii prime în magazie, întocmirea notei de intrare - recepție
5. Lansarea în fabricație - document în care sunt cuprinse toate datele necesare execuției
6. Fabricare + raport de producție, pe baza căruia se înregistrează în contabilitate obținerea produselor finite sau a producției neterminate, conservare-depozitare
7. Vânzarea produsului finit cu eliberarea facturii și documentului de încasare

5.1. Semifabricate și repere achiziționate

Principalele semifabricate și repere achiziționate sunt prezentate în Tabelul 5.1 [7].

Tabelul 5.1. Categoriile de produse, semifabricate și repere achiziționate

Produs	Semifabricate achiziționate	Repere achiziționate
Raft	● Profile metalice 30 x 30 x 6 x 1500 mm	● Bride
Cărucior	● Tablă 3000 x 1500 mm	● Roți
Gard	● Fier forjat	● Șuruburi
Profile L și U	● Țeavă rectangulară 50 x 30 x 6 mm	● Elemente de design pentru gard

5.2. Structura simplificată a procesului de producție

Nomenclatorul simplificat al operațiilor proceselor de producție asociate produselor considerate se prezintă în Tabelul 5.2 [7].




Tabelul 5.2. Nomenclatorul simplificat al operațiilor proceselor de producție

Raft	Cărucior	Gard	Profil L	Profil U
10. Debitare	10. Debitare	10. Debitare	10. Debitare	10. Debitare
20. Debavurare	20. Debavurare	20. Debavurare	20. Debavurare	20. Debavurare
30. Îndoire	30. Îndoire	30. Îndoire	30. Îndoire	30. Îndoire
40. Control	40. Control	40. Control	40. Control	40. Control
50. Sudură	50. Sudură	50. Sudură	50. Filetare	50. Filetare
60. Control final	60. Control final	60. Control final	60. Control final	60. Control final
70. Conservare-depozitare	70. Conservare-depozitare	70. Conservare-depozitare	70. Conservare-depozitare	70. Conservare-depozitare

5.3. Mașini din sistemul de producție

Principalele mașini utilizate de firmă pentru realizarea elementelor metalice sunt prezentate în Tabelul 5.3.

Tabelul 5.3. Mașini din sistemul de producție

Denumire	Utilizare	Imagine
Trumpf TruBend 5230	Îndoire	
Trumpf TruLaser 3030 (L20)	Debitare	
Aparat de sudare SAF-FRO	Sudare	

6. Costuri de producție ale firmei VIDAS MET SRL

6.1. Costuri de fabricare

Costurile de fabricare ale componentelor ansamblurilor se prezintă în Tabelul 6.1. Costurile de fabricare ale componentelor au cost fix (15%), cost care se adaugă costului variabil.

Tabelul 6.1. Costuri de fabricare actuale

Produs	Cant., buc.	Cost fix, lei	Cost variabil, lei	Cost total, lei
Raft	1	81	459	540
Cărucior	1	270	1 530	1800
Gard	1	750	4250	5000
Profil L și U	1	1,8	13,8	12

6.2. Costuri generale anuale

Costurile generale anuale ale firmei sunt prezentate în Tabelul 6.2 și reprezentate grafic în Fig.2.

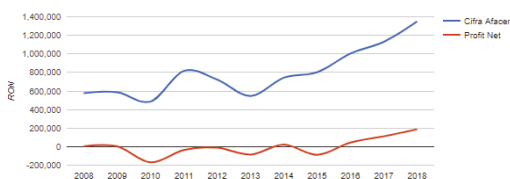


Fig. 2. Costuri generale

Tabelul 6.2. Costuri generale anuale

An	Cifra afaceri	Profit net	Datorii	Active imobilizate	Active circulante	Număr de angajați
2018	1 349 317	187 104	667 899	533 345	438 207	11
2017	1 129 571	111 295	738 747	430.242	390 704	11

7. Plan de afacere privind dezvoltarea întreprinderii

Planul de afacere urmărește următoarele obiective: dezvoltarea și extinderea întreprinderii prin lărgirea portofoliului de produse; consolidarea poziției printre primele întreprinderi de elemente metalice din județul Prahova.

7.1. Concurența și clienții

Pe piață funcționează o serie de companii mari care desfășoară activități complexe de producție, distribuție prin dealeri și export.

În funcție de tipul de produselor metalice fabricate, clienții pot fi persoane fizice sau juridice. În cazul produselor realizate la comandă, majoritatea cumpărătorilor sunt persoane fizice.

Schimbările tehnologice și clienții exigenți creează un mediu mai intens, mai complex și mai nesigur de cunoștințe. Organizațiile, care sunt capabile să construiască continuu noi active strategice mai rapide și mai ieftine decât concurenții lor, creează avantaje competitive pe termen lung [1].

7.2. Direcții de dezvoltare

Planul de dezvoltare are la bază cererile clienților. Modul de abordare și dezvoltare a întreprinderii se exemplifică cu o investiție privind angajarea a noi salariați, servicii de promovare și achiziționarea unei mașini de îndoit.

7.3. Dezvoltarea personalului de lucru

Având în vedere lărgirea portofoliului de produse, sunt necesare, pentru buna funcționare a întreprinderii, noi angajări: 3 operatori, un inginer în departamentul de calitate și un agent comercial. Cei 5 viitori angajați vor fi aleși, în urma unui interviu realizat la sediul firmei, astfel încât să aibă experiență acceptabilă în domeniu pentru a realiza, încă de la început, o activitate de calitate.

7.4. Promovarea dezvoltării întreprinderii

Cea mai utilizată modalitate de promovare este internetul, iar un site bine realizat poate atrage numeroși clienți externi, dar și locali: realizarea unui portal web, prin care clienții își pot alege modelul.

Dezvoltarea unei strategii de marketing este un proces care permite firmei sau organizației să se concentreze asupra resurselor limitate pentru cele mai bune oportunități, pentru a crește vânzările și a avea un avantaj competitiv durabil [2].

7.5. Achiziția unei mașini de îndoit

În legătură cu achiziția și utilizarea mașinii de îndoit, o serie de caracteristici tehnico - economice ale unui astfel de tip de utilaj se regăsesc în Tabelul 7.1.

Tabelul 7.1. Caracteristici ale mașinii de achiziționat

Denumire	Descriere	Preț, lei
Mașina de îndoit Trumpf TruBend 5050	Mașina realizează îndoirea pieselor de dimensiuni mici și în serie mare	30 000 euro
Forță de presare: 850 kN; Lungimea de îndoire: 2210 mm; Pasaj de suport liber: 1750 mm; Înălțime de montaj utilă: 385 mm; Viteză max. axa Y: 25 mm/s		

7.6. Categoriile de amortizări ale investiției

Amortizarea reprezintă repartizarea valorii de intrare asupra întregii perioade de funcționare a bunului respectiv. Duratele normale de funcționare sunt stabilite prin intermediul catalogului privind clasificarea mijloacelor fixe utilizate în economie. Astfel, mașina de îndoit face parte din subgrupa 2.1 și are o durată normală de funcționare de 9-12 ani [8].

Amortizarea lunară, $A_l <€/lună>$, a unui echipament în valoare de 30 000 de euro într-o durată de 10 ani, pentru primul an din cei zece este:

$$A_l = V_t / d_f / 12 \quad (1)$$

unde: $V_t <€>$, este valoarea totală a echipamentului, iar $d_f <ani>$ - durata de funcționare.

Amortizarea cumulată, A_c , este:

$$A_c = A_{l(n)} + A_{l(n+1)} \quad (2)$$

unde: n este numărul lunii din an la care se face referire.

Valoarea rămasă de amortizat, V_{ra} , este valoarea rămasă de amortizat după cele 12 luni - primul an, respectiv:

$$V_{ra} = V_t - A_c \quad (3)$$

Rezultatele calculelor de mai sus sunt prezentate în Tabelul 7.2.

Tabelul 7.2. Categoriile de amortizări

	Luna	1	2	...	12
Amortizare lunară, A_l	€/lună	250	250	...	250
Amortizare cumulată, A_c		250	500	...	3000
Amortizare rămasă, V_{ra}		29 750	29 500	...	27 000

7.7. Costul de fabricare

Costul de fabricare [9] este:

$$C = AX + B$$

unde: C este costul de fabricare <lei>, X – volumul de producție <buc>, A – costul de fabricare direct unitar (dependent de produs) <lei/buc>, B – costul de fabricare indirect (independent de produs) <lei>.

Costul de fabricare direct unitar, A, este:

$$A = C_{\alpha} + C_{\beta} + C_{\gamma} + C_{\delta} + C_{\eta} + C_{\theta} \quad (4)$$

unde: C_{α} <lei/buc> este costul materialului consumat, C_{β} <lei/buc> - costul manoperei; C_{γ} <lei/buc> - costul asigurărilor sociale, C_{δ} <lei/buc> - costul ajutorului de șomaj, C_{η} <lei/buc> - costul regiei (pentru energie, substanțe de lucru, curățenie etc.), C_{θ} <lei/buc> - costul amortizării și reparațiilor capitale ale utilajelor.

Costul materialului consumat, C_{α} <lei/buc>, este:

$$C_{\alpha} = m_r c_r + m_d c_d \quad (5)$$

unde: m_r este masa produsului, m_d este masa deșeurilor, c_r - costul unitar al materialului produsului; c_d - costul unitar al materialului deșeurilor. Se recomandă: $c_d = 0,5 c_r$.

Costul manoperei, C_{β} <lei/buc>, în condițiile în care toate activitățile din operație se efectuează de același operator, este:

$$C_{\beta} = \sum Tu_i S_i / 60 \quad (6)$$

unde: Tu <min/buc> este norma de timp, S <lei/oră> - salariul operatorului, i - nr. de ordine al operației, $i = 1, 2, \dots$

Costul asigurărilor sociale, C_{γ} <lei/buc>, este:

$$C_{\gamma} = K_{\gamma} C_{\beta} \quad (7)$$

unde K_{γ} <%> este o cotă procentuală, $K_{\gamma} = 25 - 45 \%$.

Costul ajutorului de șomaj, C_{δ} <lei/buc>, este:

$$C_{\delta} = K_{\delta} C_{\beta} \quad (8)$$

unde K_{δ} <%> este o cotă procentuală, $K_{\delta} = 5 - 10 \%$.

Costul regiei, C_{η} <lei/buc>, este:

$$C_{\eta} = K_{\eta} (C_{\beta} + C_{\gamma} + C_{\delta}) \quad (9)$$

unde K_{η} <%> este o cotă procentuală, $K_{\eta} = 35 - 85 \%$.

Costul amortizării și reparațiilor capitale ale utilajului achiziționat, C_{θ} <lei/buc>, este:

$$C_{\theta} = Vu(1/Zu + Ku/100)Tu/60Hu \quad (10)$$

unde: Vu <lei> este valoarea de achiziție a utilajului, Zu <ani> - numărul anilor de amortizare, Ku <%> - cotă procentuală privind reparațiile capitale, Hu <ore/an> - numărul orelor de funcționare pe an.

Costul de fabricare indirect, B <lei>, reprezintă costul amortizării și întreținerii echipamentelor (scule, dispozitive etc.) speciale,

$$B = \sum Ve_j(1/Ze_j + Ke_j) \quad (11)$$

unde: Ve <lei> este valoarea de achiziție/ fabricare a echipamentului, Z <ani> - numărul anilor de amortizare, Ke <%> - cotă procentuală privind întreținerea.

În continuare, se consideră că, în primul an de utilizare a utilajului achiziționat la fabricarea produsului *cărucior* corespunzător unei programe $P_p = 1200$ buc/an, costurile sunt după cum urmează.

Costul materialului consumat: $m_r = 50$ kg, $c_r = 16$ lei/kg, $m_d = 2$ kg, $c_d = 0,5$ lei/kg, respectiv, $C_{\alpha} = 801$ lei/buc. Costul manoperei se determină pe baza datelor din Tabelul 7.3, respectiv, $C_{\beta} = 30,83$ lei/buc.

Tabel 7.3. Date pentru calculul manoperei

Operația	10. Debitare	20. Debavurare	30. Îndoire	40. Control	50. Sudură	60. Control final	70. Conservare - depozitare
$Tu_i, \text{min/buc}$	30	10	5	20	20	5	5
$S_i, \text{lei/oră}$	22	18	22	18	18	18	18

Se adoptă: $K_\gamma = 30$, $K_\delta = 8$, $K_\eta = 55$, $V_u = 30\ 000\ \text{€} = 145\ 200\ \text{lei}$, $Z_u = 10\ \text{ani}$, $K_u = 25$, $H_u = 2040\ \text{ore/an}$. Rezultă: $C_\gamma = 9,25\ \text{lei/buc}$, $C_\delta = 2,46\ \text{lei/buc}$, $C_\eta = 23,41\ \text{lei/buc}$, $C_\theta = 14,53\ \text{lei/buc}$.

Astfel, costul de fabricare direct este: $A = 850,65\ \text{lei/buc}$. De asemenea, se apreciază că $B = 0$.

Costul de fabricare asociat programei $P_p = 1200\ \text{buc/an}$ este: $C = 850,65 * 1200$, respectiv, $C = 1\ 020\ 780\ \text{lei/an}$, iar costul de fabricare al unui produs este $c_0 = 850,65\ \text{lei/buc}$.

7.8. Prețul de vânzare și amortizarea investiției

La un adaos comercial de 20 %, rezultă că produsul *cărucior* va avea, în primul an de producție, un preț de vânzare $P_v = (1 + 20\%)c_0$, respectiv, $P_v = 1021\ \text{lei/buc}$.

Costul de fabricare al unui produs, $c_0 = 850,65\ \text{lei/buc}$, este de valoare mai mică decât cea anterioară investiției (v. Tabel 6.1), ceea ce reprezintă un element în favoarea realizării investiției.

În primul an de producție: $P_p C_\theta > A_c$, unde $P_p C_\theta = 3602,5\ \text{€/an}$, iar $A_c = 3\ 000\ \text{€/an}$ (v. Tabel 7.2), respectiv, prin comercializarea produsului *cărucior*, se acoperă costul anual al amortizării și reparațiilor capitale ale utilajului achiziționat.

8. Concluzii

IMM-urile sunt orientate spre satisfacerea necesităților pieței și valorifică, de obicei, resursele și forța de muncă locale, având astfel o contribuție substanțială în soluționarea problemelor sociale.

IMM-urilor le revine un rol esențial în economie, ca o sursă de abilități antreprenoriale, inovare și creare de locuri de muncă.

Conform planului de afacere propus, achiziționarea unei mașini de îndoit reprezintă o investiție profitabilă, cu avantaje privind normele de timp și costurile.

9. Bibliografie

- [1] Nanda T., et al., *An original framework for strategic technology development of small manufacturing enterprises in emerging economies*, Benchmarking-An International Journal, Volume 27, Issue 2, pp. 81-816, DOI: 10.1108/BIJ-02-2019-0074, 2020.
- [2] ***, <http://www.brandmagic.ie/marketing-strategy> (accesat la 5.04.2020).
- [3] ***, http://old.fonduri-ue.ro/res/filepicker_users/cd25a597fd-62/Documente_Suport/Studii/1_Studii_POR/8_Ce_este_un_imm_definitia_europeana.pdf (accesat la 03.04.2020).
- [4] ***, <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/ro/sheet/63/intreprinderile-mici-si-mijlocii> (accesat la 03.04.2020).
- [5] ***, https://www.cisco.com/c/dam/global/ro_ro/assets/pdfs/imm/IDC_Studiu_IMM.pdf (accesat la 03.05.2020).
- [6] ***, <https://www.listafirme.ro/vidas-met-srl-17246078/> (accesat la 04.04.2020).
- [7] ***, Documentație a firmei VIDAS MET SRL, Aprilie 2020.
- [8] Doicin C.V., *Proiecte de investiție*, Note de curs, UPB, 2018-19.
- [9] Gheorghe M., *Ingineria și managementul proceselor de producție I*, Note de curs, UPB, 2018-19.

ANALIZA PERFORMATEI UNEI SOCIETĂȚI COMERCIALE PE BAZA EVOLUȚIEI CONTULUI DE PROFIT ȘI PIERDERI

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF A COMMERCIAL SOCIETY BASED ON THE PROFIT ACCOUNT AND LOSS EVOLUTION

PĂUN Andreea-Alina

Facultatea:FIIR, Specializarea:Inginerie Economică Industrială, Anul de studii: IV,

e-mail: alinaa.andreea1997@yahoo.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Mădălin-Gabriel CATANĂ**

ABSTRACT: This analyzes the performance of a commercial society based on the profit account and loss evolution aiming to analyze a series of indicators for assessing economic and financial performance. For this analysis Prospectiuni S.A Bucharest company was chosen, processing data since 2017 2018.

CUVINTE CHEIE: societate comercială, performanță, indicatori economici, rată a rentabilității, eficiență economică.

1. Introducere

Prospectiuni S.A. este o companie românească cu tradiție și un important furnizor de expertiză geologică și geofizică, cu 65 de ani de experiență în industria de petrol și gaze românești. Compania operează pe plan internațional și sunt echipați cu parteneri tehnici pentru a oferi soluții specializate. Au planuri majore de extindere suplimentară pe piața mondială [4].

2. Stadiul actual

În prezent, societatea comercială Prospectiuni S.A. își desfășoară activitatea și înregistrează venituri, iar această analiză are rolul de a urmări performanța și echilibrul financiar pe baza unor indicatori de performanță clasici.

3. Analiza performanței economice a unei societăți comerciale pe baza evoluției contului de profit și pierderi

Performanțele firmei sunt evidențiate în cadrul documentului “Contul de profit și pierdere”. Contul de profit și pierdere reprezintă documentul de sinteză contabilă care măsoară performanțele unei firme prezentând veniturile, cheltuielile și rezultatele în cursul unei perioade date. Se vor analiza datele din anul 2017, respectiv 2018.

3.1. Întocmirea și prezentarea bilanțului financiar

3.1.1. Elemente patrimoniale ale activului

a. Active immobilizate

Activele immobilizate evidențiază fluxurile de valori economice destinate să servească societății comerciale o perioadă îndelungată de timp și care nu sunt consumate după prima utilizare. Sunt delimitate pe trei categorii: immobilizări necorporale, immobilizări corporale și immobilizări financiare [1].

În tabelul 1 sunt evidențiate valorile activelor immobilizate pentru anul 2017, respectiv 2018:

Tabelul 1. Valoarea activelor imobilizate

	Valoarea [lei]	
	2017	2018
Active imobilizate	171947453	180270868
Imobilizări corporale	171373194	179500869
Imobilizări necorporale	29559	225460
Imobilizări financiare	544700	544539

Activele imobilizate în funcție de categoriile din care sunt alcătuite se prezintă procentual în figura următoare:

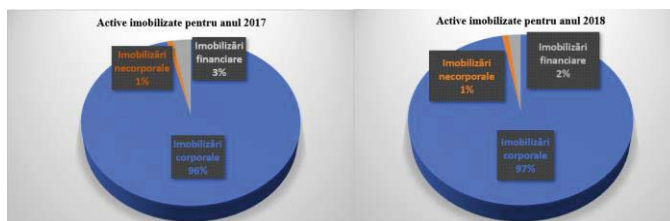


Fig. 1. Ponderea activelor imobilizate

În figura 1 în care se prezintă ponderile activelor imobilizate se observă o creștere a imobilizărilor corporale cu un procent de 1% față de anul 2017, datorită scăderii imobilizărilor financiare cu același procent.

Rata activelor imobilizate reprezintă ponderea elementelor patrimoniale ce servesc întreprinderea în mod permanent în totalul activului, măsurând gradul de investire a capitalului în societatea comercială respectivă [1]. Indicatorul se calculează cu formula (1), iar valorile se vor prezenta în tabelul 2:

$$R_{Ai} = \text{Active imobilizate} / \text{Total active} * 100\% \quad (1)$$

Tabelul 2. Calculul ratei activelor imobilizate

Anul	Total active [lei]	Rezultatul ratelor active imobilizate
2017	258281166	$R_{Ai2017} = 171947453 / 258281166 * 100 = 66,57\%$
2018	285965958	$R_{Ai2018} = 180270868 / 285966158 * 100 = 63,04\%$

Analizând valorile calculate în tabelul 2 se observă o scădere cu 3,53% a ratei activelor imobilizate pentru anul 2018.

b. Active circulante

Activele circulante evidențiază activele pe termen scurt sub forma stocurilor, creanțelor, investițiilor pe termen scurt și a disponibilității din casă și bănci [1].

Tabelul 3. Valoarea activelor circulante

	Valoarea [lei]	
	2017	2018
Active circulante	86113430	105291365
Stocuri	7076217	12304967
Creanțe	65476042	60122903
Disponibilitatea din casă și bănci	13561171	32863495

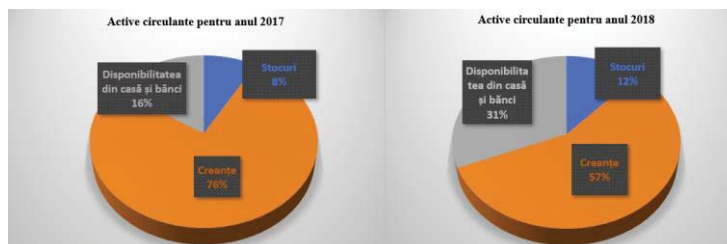


Fig. 2. Ponderea activelor circulante

La sfârșitul anului 2018, stocurile și disponibilitatea din casă și bănci au înregistrat o creștere în valoare de 5228750 lei, respectiv 19302324 lei, în comparație cu anul 2017. Această creștere a influențat valoarea creanțelor care a fost mai mică cu 5353139 lei.

Rata activelor circulante reprezintă un indicator cu o importanță foarte mare în analiza activității unei societăți economice [1]. Se vor calcula aceste valori cu relația (2) și se vor prezenta în tabelul 4:

$$R_{Ai} = \text{Active circulante} / \text{Total active} * 100\% \quad (2)$$

Tabelul 4. Calculul ratei activelor circulante

Anul	Rezultatul ratelor active imobilizate
2017	$R_{Ac2017} = 86113430 / 258281166 * 100 = 33,34\%$
2018	$R_{Ac2018} = 105291365 / 285966158 * 100 = 36,82\%$

Valoarea ratei activelor circulante crește de la un an la altul, datorită creșterii stocurilor și a disponibilității în casă și în bancă.

3.1.2. Pasivul bilanțului

a. Capitaluri proprii

Societatea comercială înregistrează la sfârșitul anului 2018 capitaluri proprii în valoare de 181612218 lei, acestea fiind mai mari față de anul 2017 cu 41318521 lei.

Tabelul 5. Valoarea capitalurilor proprii

Anul	Valoarea [lei]
2017	140293697
2018	181612218

b. Datoriile societății

Societatea comercială a avut datorii în valoare de 169164355 lei în anul 2017, iar în anul 2018 acestea scad cu 14600346 lei. Valorile acestora sunt evidențiate în tabelul 6, respectiv figura 3.

Tabelul 6. Valorile datoriilor societății

	Valoarea [lei]	
	2017	2018
Datoriile societății	169164355	154564009
Datorii pe termen scurt	34631211	55485221
Datorii pe termen lung	82830642	48868719
Datorii curente nete	51702502	50210069

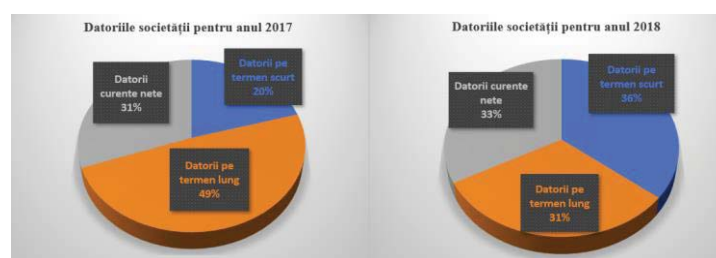


Fig. 3. Datoriile societății pentru anii 2017-2018

3.2. Contul rezultatului exercițiului

3.2.1. Venituri

Veniturile totale înregistrate în anul 2018 au fost în creștere cu 61081780 lei în comparație cu anul 2017. Aceste valori sunt prezentate în tabelul 7.

Tabelul 7. Valorile veniturilor

	Valoarea [lei]	
	2017	2018
Venituri totale	121809262	182891042
Venituri din exploatare	110306189	178449638
Venituri financiare	11503073	4441404

Ponderile veniturilor sunt prezentate în figura 4:



Fig. 4. Veniturile pentru anii 2017-2018

3.2.2. Cheltuieli

Cheltuielile înregistrate pentru societatea comercială Prospectiuni S.A. în anii analizați sunt analizate în tabelul 8:

Tabelul 8. Valorile cheltuielilor

	Valoarea [lei]	
	2017	2018
Cheltuieli totale	155683242	164668872
Cheltuieli din exploatare	100653654	159990833
Cheltuieli financiare	55029588	4678039

Ponderile raportate la cheltuieli totale sunt reprezentate în figura 5:

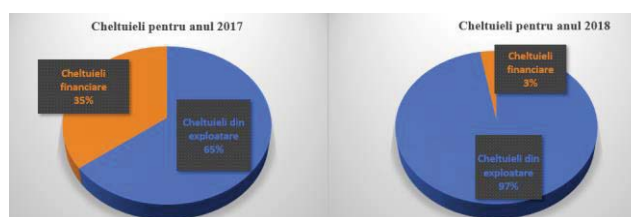


Fig. 5. Cheltuielile pentru anii 2017-2018

3.3. Analiza echilibrului financiar

Pentru a analiza echilibrul financiar se calculează indicatorii clasici cum ar fi: situația netă, fondul de rulment, nevoia de fond de rulment și trezoreria netă. Toate aceste valori se regăsesc în tabelul de mai jos:

Tabelul 9. Calculul echilibrului financiar

Indicatori	Formula de calcul	2017	2018
Situația netă (SN)	$SN = \text{Capital propriu (CP)}$	140293697	181612218
Fond de rulment (FR)	$FR = \text{CP} + \text{Datorii pe termen lung} - \text{Imobilizări (IMO)}$	51176886	50210069
Fond de rulment propriu (FRP)	$FRP = \text{CP} - \text{IMO}$	-31653756	1341350
Fond de rulment împrumutat (FRI)	$FRS = \text{FR} - \text{FRP}$	82830642	48868719
Nevoie de fond de rulment (NFR)	$NFR = (\text{stoc} + \text{creanțe}) - \text{Datorii curente}$	20849757	22217801
Trezorerie netă TN	$TN = \text{FR} - \text{NFR}$	30327129	27992268

Situația netă reflectă activul neangajat în datorii, iar sub aspect valoric se indentifică sub denumirea de capitalurile proprii ale unei firme. Deoarece situația netă este pozitivă și crescătoare, aceasta reflectă o gestiune corectă la nivelul societății comerciale.

Fondul de rulment este un indicator de echilibru financiar pe termen lung care verifică finanțarea activelor cu durata mai mare de un an din resurse cu scadența de peste un an [2].

Fondul de rulment propriu reprezintă autonomia firmei pentru finanțarea investițiilor proprii. În anul 2017, indicatorul are o valoare negativă deoarece firma nu se poate finanța singură.

Valorile calculate pentru necesarul de fond de rulment sunt pozitive rezultând un surplus de necesar temporar față de resursele temporare ce pot fi mobilizate, fiind o consecință a unor investiții privind creșterea necesarului de finanțare.

3.4. Analiza indicatorilor de performanță

Datele din tabelul 10 sunt necesare pentru calcularea indicatorilor de performanță care urmăresc evoluția societății comerciale. Indicatorii calculați sunt următorii: rata rentabilității economice, rata rentabilității financiare, efectul de pârghie, rata profitului și rata utilizării activelor.

Tabelul 10. Date pentru calculul indicatorilor

An	Impozit (lei)	Profit net (PN) [lei]	Total venituri (V) [lei]	Total active (A) [lei]	Capital propriu (CP) [lei]
2017	0	-33873980	121809262	258060888	140293696
2018	2501391	15720779	182891042	285562233	181612218

În situația prezentă rezultatul net este pozitiv pentru anul 2018, deci reprezintă profit, acesta urmează a fi repartizat conform legii, parțial distribuit sau reinvestit și permite refacerea capitalurilor investite în întreprindere, urmând să se regăsească în creșterea capitalului propriu. Pierderea netă din anul 2017 reflectă imposibilitatea refacerii capitalului investit și poate deteriora capitalul propriu, determinând creșterea riscului de insolvabilitate.

Calculul ratei rentabilității economice reflectă corelația dintre un rezultat economic și mijloacele economice (capitalul) angajate pentru obținerea acestuia. Se calculează cu relația următoare (3):

$$RRE = PN/A * 100 [\%] \quad (3)$$

În tabelul 11 se prezintă valorile calculate ale ratei rentabilității economice.

Tabelul 11. Valorile ratei rentabilității economice

An	Rezultatul
2017	$R_{RRE2017} = -33873980/258060888 * 100 = -13,13\%$
2018	$R_{RRE2018} = 15720779/285562233 * 100 = 5,5\%$

Comparându-se valorile din tabelul de mai sus se observă creșterea ratei economice în anul 2018 cu un procent 7,63%. Această creștere se datorează profitului mult mai mare înregistrat de către societatea economică la sfârșitul anului 2018.

Calculul ratei rentabilității financiare exprimă corelația dintre profit și capitaluri în calitatea lor de surse de finanțare a activității întreprinderii [3] și se calculează cu relația (4):

$$RRF = PN/CP * 100 [\%] \quad (4)$$

Evoluția ratei rentabilității financiare pentru cei doi ani se prezintă în tabelul următor:

Tabelul 12. Valorile ratei rentabilității financiare

An	Rezultatul
2017	$R_{RRF2017} = -33873980/140293696 * 100 = -24,14\%$
2018	$R_{RRF2018} = 15720779/181612218 * 100 = 8,66\%$

În cazul ratei rentabilității financiare, evoluția este de două ori mai mare în comparație cu cea economică, astfel că diferența între anii 2017-2018 este de 15,48%. Valoarea cea mai mică este cea din anul 2017 fiind și negativă din cauza pierderii brute cu care s-a confruntat societatea economică.

Efectul de pârghie se calculează cu relația (5), acesta permite explicarea evoluției în funcție de doi factori principali: modificarea ratei profitului și a ratei rentabilității financiare [3].

$$EF = A/CP * 100 [\%] \quad (5)$$

Efectul de pârghie în anii 2017 și 2018 este prezentat în tabelul 13:

Tabelul 13. Valorile efectului de pârghie

An	Rezultatul
2017	$R_{EF2017} = 258060888/140293696 * 100 = 18,39\%$
2018	$R_{EF2018} = 285562233/181612218 * 100 = 15,73\%$

Anul 2018 a înregistrat o scădere față de anul 2017 cu 2,66%, acesta fiind influențat în cea mai mare măsură de creșterea capitalului propriu.

Rata profitului este un indicator financiar de profitabilitate calculate cu relația (6), care arată în procente cât de profitabilă este activitatea totală a unei companii.

$$RP = PN/V * 100 [\%] \quad (6)$$

Rata profitului este prezentată în tabelul 14 pentru cei doi ani.

Tabelul 14. Valorile ratei profitului

An	Rezultatul
2017	$R_{RP2017} = -33873980/121809262 * 100 = -27,8\%$
2018	$R_{RP2018} = 15720779/182891042 * 100 = 8,6\%$

Analizând cele două valori din tabelul de mai sus, se poate observa că pentru anul 2017 valoarea ratei profitului este negativă deoarece societatea comercială în acest an nu a înregistrat profit.

Rata utilizării activelor depinde natura activității întreprinderii și se calculează cu relația (7) ca fiind raportul dintre totalul veniturilor și totalul activelor.

$$RUA = V/A * 100 [\%] \quad (7)$$

Valorile pentru rata utilizării activelor se prezintă în tabelul 15 astfel:

Tabelul 15. Valorile ratei utilizării activelor

An	Rezultatul
2017	$R_{RP2017} = 121809262/258060888 * 100 = 47,2\%$
2018	$R_{RP2018} = 182891042/285562233 * 100 = 64,05\%$

Pe durata celor doi ani analizați se poate observa o creștere de procentaj de 16,85%, nivelul ratei în anul 2017 fiind de 47,2%.

4. Concluzii

Societatea Prospectiuni S.A. a înregistrat o creștere considerabilă la sfârșitul anului 2018 a profitului net în valoare de 15720779 lei față de anul 2017 când valoarea era -33873980 lei. Profitul net este un indicator economic primordial pentru evaluarea relațiilor economice și productivității unei societăți comerciale.

De asemenea, majoritatea indicatorilor de performanță au fost în creștere de la un an la altul, numai efectul de pârghie a înregistrat o scădere de 2,66% fiind influențat de creșterea capitalului propriu.

În urma analizei, societatea comercială Prospectiuni S.A. a înregistrat o performanță economică superioară în perioada 2017-2018, fapt demonstrat și de evoluția profitului realizat la finalul anului 2018.

5. Bibliografie

- [1] DOICIN, C. (2009), *Analiza economică în inginerie*, Ed. BREN, București, ISBN 9789736488429
- [2] DOICIN, C. (2009), *Analiza proiectelor de investiții în inginerie*, Ed. BREN, București; ISBN 9789736488535
- [3] ȘUȘU, Ș. și BÎRSAN, M. (2013), *Analiză economico-financiară în comerț și turism. Metodologie de realizare*, Ed. Didactică și pedagogică, București; ISBN:9789733035213
- [4] *** Prospectiuni S.A.: <http://www.prospectiuni.ro/>. Accesat la data: 28/01/2020
- [5]. *** Bursa de Valori București: <http://www.bvb.ro/FinancialInstruments>. Accesat la data: 28/01/2020

MANAGEMENTUL ȘI ÎMBUNĂTĂȚIREA PROCESULUI DE GESTIONARE AL ANSAMBLULUI DE REFERENȚIALI DIN CADRUL UNOR PROIECTE DE DEZVOLTARE VEHICULE

THE MANAGEMENT AND IMPROVEMENT OF THE ADMINISTRATIVE PROCESS OF THE ENSEMBLE OF REFERENCES WITHIN VEHICLE DEVELOPMENT PROJECTS

TUDOSE Elena

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
Anul de studii: IV, e-mail: tudoseelena52@yahoo.com

Conducători științifici: Conf.dr.ing. **Bogdan Felician ABAZA**
Ing. **Florin AGAVRILOAE**

ABSTRACT: The management process of the ensemble of references it is based on the vehicle components quality assurance by fulfilling requests from the technical documentation and engineering teams. This ensemble contains: the structure and the name of the generic parts of the vehicle, data sharing with the two teams and newly created components. For their quality assurance, but also for their improvement, it has been calculated the added value of each type of request, it has been analysed and stages from their fulfilling have been improved. After this step, the risk assessment has been completed in order to eliminate the risks that emerged during the process, and to analyse what stages of the process can be automatised, which would be the advantages and disadvantages of this decision, but also the costs of implementation.

CUVINTE CHEIE: gestionar DICO, piese generice, valoare adăugată.

1. Introducere

Cercetarea s-a desfășurat în cadrul stagiului la Groupe Renault S.A., departamentul de Asigurarea Calității Machetei Numerice. Activitatea procesului are la bază crearea de piese generice și funcții nomenclator (principale, de legătură și asamblate), crearea denumirilor normalizate și punerea la zi a codurilor reglement-securitate-electricitate. În cadrul procesului de închidere al cererilor pentru asigurarea calității machetei numerice, s-a urmărit eliminarea timpului mare de așteptare a răspunsurilor din partea echipelor colaboaratoare, îmbinarea a două sau mai multe etape pentru a îmbunătăți calitatea procesului și durata totală a acestuia, dar și eliminarea riscurilor ce duc la întârzierea întregului proiect. Modalitățile folosite pentru îmbunătățirea procesului sunt: întocmirea logigramelor pentru fiecare tip de cerere și calculul valorii adăugate pentru a vedea ce activități aduc valoare procesului, dar și activitățile care trebuie eliminate sau reorganizate, precum și analiza de riscuri folosind metoda AMDEC pentru eliminarea riscurilor, urmată de automatizarea anumitor etape din cadrul procesului.

2. Descrierea procesului

Procesul de închidere al cererilor are la bază rezolvarea situațiilor neprevăzute, care apar în timpul asamblării pieselor vehiculului în aplicația Enovia V6 și duc la degradarea machetei numerice. Gestionarul de dicționar (DICO) are responsabilitatea de a asigura calitatea asamblării prin rezolvarea și închiderea cererilor primite din partea echipei de documentație tehnică.

Misiunea gestionarilor DICO este aceea de a rezolva și închide aceste cereri într-un timp cât mai scurt pentru ca proiectul să nu aibă întârzieri. Cele mai frecvente tipuri de cereri sunt pentru piese generice regulate (PG-R), care au ca scop crearea unei piese noi în baza de date; piese generice asamblate și piese generice de legătură (PG-A și PG-L), ce au ca scop activarea unei piese noi în baza de date și

dezactivarea piesei vechi; cereri pentru denumiri normalizate (DNO), în cadrul cărora se realizează modificări ale denumirilor sau se creează denumiri noi. [4]

În Fig.1 este prezentat procesul de închidere al unei cereri, datele de intrare fiind informațiile primite în baza cererii, setul de activități ce transformă intrările în ieșiri și livrabilele care ajung la uzină, acestea fiind piesele noi create ori denumirile normalizate, într-un timp de 60 de minute.

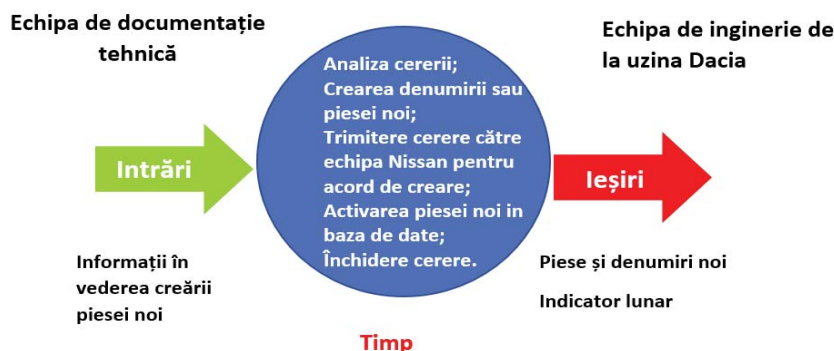


Fig. 1. Procesul de închidere al unei cereri

3. Analiza valorii adăugate și managementul riscurilor

3.1. Analiza valorii adăugate

Se urmărește a se diferenția pașii care adaugă valoare proiectului, de cei care nu adaugă valoare. Analiza permite îmbunătățire prin: eliminarea activităților fără valoare; eliminarea risipei; micșorarea timpilor; reducerea întârzierilor. [1]

În acest caz, pentru îmbunătățirea procesului s-au folosit logigramele de proces pentru fiecare tip de cerere și s-a calculat valoarea adăugată a acestora, astfel încât să rezulte acțiunile care trebuie să fie îmbunătățite, sau în cazul acțiunilor fără valoare adăugată, eliminate sau simplificate.

Pe baza calculului valorii adăugate pentru fiecare tip de cerere, s-a demonstrat că toate procesele de închidere a unei cereri au nevoie de îmbunătățiri. Valorile inițiale rezultate sunt următoarele:

- cererile de denumiri normalizate: 31%;
- cererile de piese asamblate: 21%;
- cererile de piese de legătură: 48%;
- cererile de piese generice regulate: 18%.

Procentele identificate și pașii procesului se pot observa în Fig.2.a, Fig.3.a, Fig.4.a, Fig.5.a.

Aceste rezultate indicau valoare adăugată redusă și impuneau analize pentru îmbunătățire, deoarece conțin etape de risipă clasice, cum ar fi: supraprocesarea, se strâng un număr mare de informații pentru soluționarea cererilor; așteptarea, de exemplu, așteptarea răspunsului de validare din partea echipei; mișcarea, aici intră activitățile de căutare a documentelor, ori activitățile de analiză a informațiilor furnizate. [3]

După analiza acestor procente și identificarea etapelor de risipă, s-au stabilit următoarele norme de îmbunătățire:

- timpul maxim de așteptare al validării piesei sau denumirii noi să fie maxim 20 de minute, astfel încât să rezulte o îmbunătățire a numărului de cereri încheiate într-o zi;
- îmbinarea pasului de verificare a corectitudinii, cu pasul de închidere al cererii;
- analiza în baza informațiilor să se desfășoare într-un timp cât mai scurt posibil, favorabil ar fi maxim 10 minute;

Aceste îmbunătățiri se observă în Fig.2.b, Fig.3.b, Fig.4.b, Fig.5.b.

Implementarea îmbunătățirilor a dus la un nou calcul al valorii adăugate. În figurile de mai jos se prezintă o comparație a procesului cu și fără îmbunătățiri:

Proces:		Sumar																																																																																								
Subiect:		Activitate	Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)																																																																																					
Inceput:		Operatie	12	35,00																																																																																						
Sfarsit:		Transport	--	--	--																																																																																					
		Inspectie	1	15,00																																																																																						
		Intarziere	1	60,00																																																																																						
		Stocare	2	2,00																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pas Nr.</th> <th>Temp (min)</th> <th>Distanța (m)</th> <th>Activitate</th> <th>Descrierea pasului</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire cerere</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Deschidere cerere</td></tr> <tr><td>3</td><td>15,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză în baza informațiilor furnizate</td></tr> <tr><td>4</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Căutare în baza de date a unor piese similare</td></tr> <tr><td>5</td><td>6,00</td><td>x</td><td></td><td>Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii</td></tr> <tr><td>6</td><td>4,00</td><td>x</td><td></td><td>Stabilirea denumirii piesei noi</td></tr> <tr><td>7</td><td>1,50</td><td>x</td><td></td><td>Gruparea tuturor DNO-urilor</td></tr> <tr><td>8</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Solicitarea acordului pt. avizare</td></tr> <tr><td>9</td><td>60,00</td><td>x</td><td></td><td>Așteptarea acordului</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire acord</td></tr> <tr><td>11</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Recepționarea indicațiilor primite conform acordului</td></tr> <tr><td>12</td><td>10,00</td><td>x</td><td></td><td>Realizarea modificărilor conform indicațiilor</td></tr> <tr><td>13</td><td>2,00</td><td>x</td><td></td><td>Activare DNO în baza de date</td></tr> <tr><td>14</td><td>2,00</td><td>x</td><td></td><td>Completare cerere</td></tr> <tr><td>15</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Verificarea corectitudinii</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,50</td><td>x</td><td></td><td>Închidere cerere</td></tr> </tbody> </table>						Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului	1	1,00	x		Primire cerere	2	1,00	x		Deschidere cerere	3	15,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate	4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare	5	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii	6	4,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi	7	1,50	x		Gruparea tuturor DNO-urilor	8	3,00	x		Solicitarea acordului pt. avizare	9	60,00	x		Așteptarea acordului	10	1,00	x		Primire acord	11	1,00	x		Recepționarea indicațiilor primite conform acordului	12	10,00	x		Realizarea modificărilor conform indicațiilor	13	2,00	x		Activare DNO în baza de date	14	2,00	x		Completare cerere	15	1,00	x		Verificarea corectitudinii	16	0,50	x		Închidere cerere
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului																																																																																						
1	1,00	x		Primire cerere																																																																																						
2	1,00	x		Deschidere cerere																																																																																						
3	15,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate																																																																																						
4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare																																																																																						
5	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii																																																																																						
6	4,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi																																																																																						
7	1,50	x		Gruparea tuturor DNO-urilor																																																																																						
8	3,00	x		Solicitarea acordului pt. avizare																																																																																						
9	60,00	x		Așteptarea acordului																																																																																						
10	1,00	x		Primire acord																																																																																						
11	1,00	x		Recepționarea indicațiilor primite conform acordului																																																																																						
12	10,00	x		Realizarea modificărilor conform indicațiilor																																																																																						
13	2,00	x		Activare DNO în baza de date																																																																																						
14	2,00	x		Completare cerere																																																																																						
15	1,00	x		Verificarea corectitudinii																																																																																						
16	0,50	x		Închidere cerere																																																																																						
Valoarea adăugată a procesului =					31%																																																																																					

Fig.2.a Cerere DNO fără îmbunătățiri

Proces:		Sumar																																																																																			
Subiect:		Activitate	Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)																																																																																
Inceput:		Operatie	12	36,50																																																																																	
Sfarsit:		Transport	--	--	--																																																																																
		Inspectie	1	5,00																																																																																	
		Intarziere	1	15,00																																																																																	
		Stocare	1	1,00																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pas Nr.</th> <th>Temp (min)</th> <th>Distanța (m)</th> <th>Activitate</th> <th>Descrierea pasului</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire cerere</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Deschidere cerere</td></tr> <tr><td>3</td><td>5,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză în baza informațiilor furnizate</td></tr> <tr><td>4</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Căutare în baza de date a unor piese similare</td></tr> <tr><td>5</td><td>6,00</td><td>x</td><td></td><td>Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii</td></tr> <tr><td>6</td><td>4,00</td><td>x</td><td></td><td>Stabilirea denumirii piesei noi</td></tr> <tr><td>7</td><td>1,50</td><td>x</td><td></td><td>Gruparea tuturor DNO-urilor</td></tr> <tr><td>8</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Solicitarea acordului pt. avizare</td></tr> <tr><td>9</td><td>15,00</td><td>x</td><td></td><td>Așteptarea acordului</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire acord</td></tr> <tr><td>11</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Recepționarea indicațiilor primite conform acordului</td></tr> <tr><td>12</td><td>10,00</td><td>x</td><td></td><td>Realizarea modificărilor conform indicațiilor</td></tr> <tr><td>13</td><td>2,00</td><td>x</td><td></td><td>Activare DNO în baza de date</td></tr> <tr><td>14</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Completare cerere și verificarea corectitudinii</td></tr> <tr><td>15</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Închidere cerere</td></tr> </tbody> </table>						Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului	1	1,00	x		Primire cerere	2	1,00	x		Deschidere cerere	3	5,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate	4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare	5	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii	6	4,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi	7	1,50	x		Gruparea tuturor DNO-urilor	8	3,00	x		Solicitarea acordului pt. avizare	9	15,00	x		Așteptarea acordului	10	1,00	x		Primire acord	11	1,00	x		Recepționarea indicațiilor primite conform acordului	12	10,00	x		Realizarea modificărilor conform indicațiilor	13	2,00	x		Activare DNO în baza de date	14	3,00	x		Completare cerere și verificarea corectitudinii	15	1,00	x		Închidere cerere
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului																																																																																	
1	1,00	x		Primire cerere																																																																																	
2	1,00	x		Deschidere cerere																																																																																	
3	5,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate																																																																																	
4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare																																																																																	
5	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii																																																																																	
6	4,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi																																																																																	
7	1,50	x		Gruparea tuturor DNO-urilor																																																																																	
8	3,00	x		Solicitarea acordului pt. avizare																																																																																	
9	15,00	x		Așteptarea acordului																																																																																	
10	1,00	x		Primire acord																																																																																	
11	1,00	x		Recepționarea indicațiilor primite conform acordului																																																																																	
12	10,00	x		Realizarea modificărilor conform indicațiilor																																																																																	
13	2,00	x		Activare DNO în baza de date																																																																																	
14	3,00	x		Completare cerere și verificarea corectitudinii																																																																																	
15	1,00	x		Închidere cerere																																																																																	
Valoarea adăugată a procesului =					63%																																																																																

Fig.2.b Cerere DNO cu îmbunătățiri

Rezolvarea cererii de denumiri normalizate, prezintă o îmbunătățire semnificativă a valorii adăugate, pornind de la stadiul inițial de 31%, prin identificarea îmbunătățirilor de scădere a timpilor și îmbinare a două etape, s-a produs o creștere la 63%. Acest lucru se observă la pasul de analiză în baza cererii, la care timpul a scăzut de la 15 minute la 5 minute, timpul de așteptare a validării din partea echipei colaboratoare care s-a micșorat la 15 minute, de la 60 de minute.

Aceste îmbunătățiri au fost validate la nivelul echipei, activitatea procesului se desfășoară acum urmând pașii din Fig.2.b, Fig.3.b, Fig.4.b, Fig.5.b, iar la nivelul echipelor colaboratoare s-a pus în discuție implementarea acestor îmbunătățiri, dar personalizate fiecărui tip de proces.

În mod similar s-au îmbunătățit și procesele pentru cererile de PG-A, PG-L și PG-R.

Proces:		Sumar																																																																																								
Subiect:		Activitate	Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)																																																																																					
Inceput:		Operatie	10	28,00																																																																																						
Sfarsit:		Transport	--	--	--																																																																																					
		Inspectie	3	17,00																																																																																						
		Intarziere	1	90,00																																																																																						
		Stocare	2	1,50																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pas Nr.</th> <th>Temp (min)</th> <th>Distanța (m)</th> <th>Activitate</th> <th>Descrierea pasului</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire cerere</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Deschidere cerere</td></tr> <tr><td>3</td><td>15,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză în baza informațiilor furnizate</td></tr> <tr><td>4</td><td>7,00</td><td>x</td><td></td><td>Căutare în baza de date a unor piese similare</td></tr> <tr><td>5</td><td>4,00</td><td>x</td><td></td><td>Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii</td></tr> <tr><td>6</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Decizie pt. a utiliza o funcție existentă</td></tr> <tr><td>7</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Stabilirea denumirii piesei noi utilizate</td></tr> <tr><td>8</td><td>5,00</td><td>x</td><td></td><td>Crearea unei solicitări către echipa Nissan</td></tr> <tr><td>9</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Adăugarea unei alerte pt. solicitarea făcută</td></tr> <tr><td>10</td><td>90,00</td><td>x</td><td></td><td>Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan</td></tr> <tr><td>11</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire răspuns din partea Nissan</td></tr> <tr><td>12</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Verificarea preliminară a stadiului solicitării</td></tr> <tr><td>13</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Activarea piesei noi în baza de date</td></tr> <tr><td>14</td><td>2,00</td><td>x</td><td></td><td>Completarea cererii</td></tr> <tr><td>15</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Verificarea corectitudinii</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,50</td><td>x</td><td></td><td>Închidere cerere</td></tr> </tbody> </table>						Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului	1	1,00	x		Primire cerere	2	1,00	x		Deschidere cerere	3	15,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate	4	7,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare	5	4,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii	6	1,00	x		Decizie pt. a utiliza o funcție existentă	7	3,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi utilizate	8	5,00	x		Crearea unei solicitări către echipa Nissan	9	1,00	x		Adăugarea unei alerte pt. solicitarea făcută	10	90,00	x		Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan	11	1,00	x		Primire răspuns din partea Nissan	12	1,00	x		Verificarea preliminară a stadiului solicitării	13	3,00	x		Activarea piesei noi în baza de date	14	2,00	x		Completarea cererii	15	1,00	x		Verificarea corectitudinii	16	0,50	x		Închidere cerere
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului																																																																																						
1	1,00	x		Primire cerere																																																																																						
2	1,00	x		Deschidere cerere																																																																																						
3	15,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate																																																																																						
4	7,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare																																																																																						
5	4,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii																																																																																						
6	1,00	x		Decizie pt. a utiliza o funcție existentă																																																																																						
7	3,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi utilizate																																																																																						
8	5,00	x		Crearea unei solicitări către echipa Nissan																																																																																						
9	1,00	x		Adăugarea unei alerte pt. solicitarea făcută																																																																																						
10	90,00	x		Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan																																																																																						
11	1,00	x		Primire răspuns din partea Nissan																																																																																						
12	1,00	x		Verificarea preliminară a stadiului solicitării																																																																																						
13	3,00	x		Activarea piesei noi în baza de date																																																																																						
14	2,00	x		Completarea cererii																																																																																						
15	1,00	x		Verificarea corectitudinii																																																																																						
16	0,50	x		Închidere cerere																																																																																						
Valoarea adăugată a procesului =					21%																																																																																					

Fig.3.a. Cerere PG-A fără îmbunătățiri

Proces:		Sumar																																																																														
Subiect:		Activitate	Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)																																																																											
Inceput:		Operatie	11	30,00																																																																												
Sfarsit:		Transport	--	--	--																																																																											
		Inspectie	1	5,00																																																																												
		Intarziere	1	15,00																																																																												
		Stocare	1	1,00																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pas Nr.</th> <th>Temp (min)</th> <th>Distanța (m)</th> <th>Activitate</th> <th>Descrierea pasului</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire cerere</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Deschidere cerere</td></tr> <tr><td>3</td><td>5,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză în baza informațiilor furnizate</td></tr> <tr><td>4</td><td>7,00</td><td>x</td><td></td><td>Căutare în baza de date a unor piese similare</td></tr> <tr><td>5</td><td>4,00</td><td>x</td><td></td><td>Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii</td></tr> <tr><td>6</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Decizie pt. a utiliza o funcție existentă</td></tr> <tr><td>7</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Stabilirea denumirii piesei noi utilizate</td></tr> <tr><td>8</td><td>5,00</td><td>x</td><td></td><td>Crearea unei solicitări către echipa Nissan</td></tr> <tr><td>9</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Adăugarea unei alerte pt. solicitarea făcută</td></tr> <tr><td>10</td><td>15,00</td><td>x</td><td></td><td>Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan</td></tr> <tr><td>11</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire răspuns din partea Nissan</td></tr> <tr><td>12</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Activarea piesei noi în baza de date</td></tr> <tr><td>13</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Completarea cererii și verificarea corectitudinii</td></tr> <tr><td>14</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Închidere cerere</td></tr> </tbody> </table>						Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului	1	1,00	x		Primire cerere	2	1,00	x		Deschidere cerere	3	5,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate	4	7,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare	5	4,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii	6	1,00	x		Decizie pt. a utiliza o funcție existentă	7	3,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi utilizate	8	5,00	x		Crearea unei solicitări către echipa Nissan	9	1,00	x		Adăugarea unei alerte pt. solicitarea făcută	10	15,00	x		Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan	11	1,00	x		Primire răspuns din partea Nissan	12	3,00	x		Activarea piesei noi în baza de date	13	3,00	x		Completarea cererii și verificarea corectitudinii	14	1,00	x		Închidere cerere
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului																																																																												
1	1,00	x		Primire cerere																																																																												
2	1,00	x		Deschidere cerere																																																																												
3	5,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate																																																																												
4	7,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare																																																																												
5	4,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii																																																																												
6	1,00	x		Decizie pt. a utiliza o funcție existentă																																																																												
7	3,00	x		Stabilirea denumirii piesei noi utilizate																																																																												
8	5,00	x		Crearea unei solicitări către echipa Nissan																																																																												
9	1,00	x		Adăugarea unei alerte pt. solicitarea făcută																																																																												
10	15,00	x		Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan																																																																												
11	1,00	x		Primire răspuns din partea Nissan																																																																												
12	3,00	x		Activarea piesei noi în baza de date																																																																												
13	3,00	x		Completarea cererii și verificarea corectitudinii																																																																												
14	1,00	x		Închidere cerere																																																																												
Valoarea adăugată a procesului =					69%																																																																											

Fig.3.b. Cerere PG-A cu îmbunătățiri

Proces:		Sumar																																																																									
Subiect:		Activitate	Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)																																																																						
Inceput:		Operatie	9	24,00																																																																							
Sfarsit:		Transport	--	--	--																																																																						
		Inspectie	4	26,00																																																																							
		Intarziere	--	--	--																																																																						
		Stocare	--	--	--																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pas Nr.</th> <th>Temp (min)</th> <th>Distanța (m)</th> <th>Activitate</th> <th>Descrierea pasului</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire cerere</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Deschidere cerere</td></tr> <tr><td>3</td><td>12,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză în baza informațiilor furnizate</td></tr> <tr><td>4</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Căutare în baza de date a unor piese similare</td></tr> <tr><td>5</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză între solicitarea inițială și variantele existente</td></tr> <tr><td>6</td><td>6,00</td><td>x</td><td></td><td>Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii</td></tr> <tr><td>7</td><td>10,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiza funcției inițiale a piesei</td></tr> <tr><td>8</td><td>5,00</td><td>x</td><td></td><td>Altruirea unei funcții specifice noi</td></tr> <tr><td>9</td><td>4,00</td><td>x</td><td></td><td>Crearea unei piese de legătură</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Activarea piesei noi în baza de date</td></tr> <tr><td>11</td><td>2,00</td><td>x</td><td></td><td>Completarea cererii</td></tr> <tr><td>12</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Verificarea corectitudinii</td></tr> <tr><td>13</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Închidere cerere</td></tr> </tbody> </table>						Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului	1	1,00	x		Primire cerere	2	1,00	x		Deschidere cerere	3	12,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate	4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare	5	3,00	x		Analiză între solicitarea inițială și variantele existente	6	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii	7	10,00	x		Analiza funcției inițiale a piesei	8	5,00	x		Altruirea unei funcții specifice noi	9	4,00	x		Crearea unei piese de legătură	10	1,00	x		Activarea piesei noi în baza de date	11	2,00	x		Completarea cererii	12	1,00	x		Verificarea corectitudinii	13	1,00	x		Închidere cerere
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului																																																																							
1	1,00	x		Primire cerere																																																																							
2	1,00	x		Deschidere cerere																																																																							
3	12,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate																																																																							
4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare																																																																							
5	3,00	x		Analiză între solicitarea inițială și variantele existente																																																																							
6	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii																																																																							
7	10,00	x		Analiza funcției inițiale a piesei																																																																							
8	5,00	x		Altruirea unei funcții specifice noi																																																																							
9	4,00	x		Crearea unei piese de legătură																																																																							
10	1,00	x		Activarea piesei noi în baza de date																																																																							
11	2,00	x		Completarea cererii																																																																							
12	1,00	x		Verificarea corectitudinii																																																																							
13	1,00	x		Închidere cerere																																																																							
Valoarea adăugată a procesului =					48%																																																																						

Fig.4.a. Cerere PG-L fără îmbunătățiri

Proces:		Sumar																																																																				
Subiect:		Activitate	Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)																																																																	
Inceput:		Operatie	9	25,00																																																																		
Sfarsit:		Transport	--	--	--																																																																	
		Inspectie	3	12,00																																																																		
		Intarziere	--	--	--																																																																	
		Stocare	--	--	--																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pas Nr.</th> <th>Temp (min)</th> <th>Distanța (m)</th> <th>Activitate</th> <th>Descrierea pasului</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Primire cerere</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Deschidere cerere</td></tr> <tr><td>3</td><td>6,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză în baza informațiilor furnizate</td></tr> <tr><td>4</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Căutare în baza de date a unor piese similare</td></tr> <tr><td>5</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiză între solicitarea inițială și variantele existente</td></tr> <tr><td>6</td><td>6,00</td><td>x</td><td></td><td>Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii</td></tr> <tr><td>7</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Analiza funcției inițiale a piesei</td></tr> <tr><td>8</td><td>5,00</td><td>x</td><td></td><td>Altruirea unei funcții specifice noi</td></tr> <tr><td>9</td><td>4,00</td><td>x</td><td></td><td>Crearea unei piese de legătură</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Activarea piesei noi în baza de date</td></tr> <tr><td>11</td><td>3,00</td><td>x</td><td></td><td>Completarea cererii și verificarea corectitudinii</td></tr> <tr><td>12</td><td>1,00</td><td>x</td><td></td><td>Închidere cerere</td></tr> </tbody> </table>						Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului	1	1,00	x		Primire cerere	2	1,00	x		Deschidere cerere	3	6,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate	4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare	5	3,00	x		Analiză între solicitarea inițială și variantele existente	6	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii	7	3,00	x		Analiza funcției inițiale a piesei	8	5,00	x		Altruirea unei funcții specifice noi	9	4,00	x		Crearea unei piese de legătură	10	1,00	x		Activarea piesei noi în baza de date	11	3,00	x		Completarea cererii și verificarea corectitudinii	12	1,00	x		Închidere cerere
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Activitate	Descrierea pasului																																																																		
1	1,00	x		Primire cerere																																																																		
2	1,00	x		Deschidere cerere																																																																		
3	6,00	x		Analiză în baza informațiilor furnizate																																																																		
4	3,00	x		Căutare în baza de date a unor piese similare																																																																		
5	3,00	x		Analiză între solicitarea inițială și variantele existente																																																																		
6	6,00	x		Strângerea informațiilor pt. soluționarea cererii																																																																		
7	3,00	x		Analiza funcției inițiale a piesei																																																																		
8	5,00	x		Altruirea unei funcții specifice noi																																																																		
9	4,00	x		Crearea unei piese de legătură																																																																		
10	1,00	x		Activarea piesei noi în baza de date																																																																		
11	3,00	x		Completarea cererii și verificarea corectitudinii																																																																		
12	1,00	x		Închidere cerere																																																																		
Valoarea adăugată a procesului =					62%																																																																	

Fig.4.b. Cerere PG-L cu îmbunătățiri

Proces: Rezolvarea cererii de PG-R		Gestionar DICO		Sumar		
Subiect: Gestionar DICO		Activitate		Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)
Inceput: Primire cerere		Operatie		9	24,00	
Starsit: Completarea și încheierea cererii		Transport		--	--	--
Insert Step		Inspectie		4	15,00	
Append Step		Intarzire		1	90,00	
Remove Step		Stocare		2	2,00	
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Descrierea pasului			
1	1,00		Primire cerere			
2	1,00	x	Deschidere cerere			
3	10,00		Analiză în baza informațiilor furnizate			
4	5,00	x	Căutare în baza de date a unor piese similare			
5	3,00		Analiză între solicitarea inițială și variantele existente			
6	1,00	x	Decizie pentru a crea o nouă funcție			
7	2,00	x	Stabilirea denumirii piesei noi			
8	7,00	x	Crearea unei solicitări către echipa Nissan			
9	2,00	x	Adăugarea unei alerte pt. solicitarea creată			
10	90,00		Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan			
11	1,00		Verificarea primărilor a stărilor solicitării			
12	1,00		Primire răspuns din partea Nissan			
13	3,00	x	Activarea piesei în baza de date			
14	2,00	x	Completarea cererii			
15	1,00		Verificarea corectitudinii			
16	1,00		Închidere cerere			
Valoarea adăugată a procesului =						18%

Fig.5.a. Cerere PG-R fără îmbunătățiri

Proces: Rezolvarea cererii de PG-R		Gestionar DICO		Sumar		
Subiect: Gestionar DICO		Activitate		Numar de pasi	Temp (min)	Distanța (m)
Inceput: Primire cerere		Operatie		10	26,00	
Starsit: Completarea și încheierea cererii		Transport		--	--	--
Insert Step		Inspectie		2	8,00	
Append Step		Intarzire		1	20,00	
Remove Step		Stocare		1	1,00	
Pas Nr.	Temp (min)	Distanța (m)	Descrierea pasului			
1	1,00		Primire cerere			
2	1,00	x	Deschidere cerere			
3	6,00	x	Analiză în baza informațiilor furnizate			
4	5,00	x	Căutare în baza de date a unor piese similare			
5	2,00	x	Analiză între solicitarea inițială și variantele existente			
6	1,00	x	Decizie pentru a crea o nouă funcție			
7	2,00	x	Stabilirea denumirii piesei noi			
8	7,50	x	Crearea unei solicitări către echipa Nissan			
9	2,00	x	Adăugarea unei alerte pt. solicitarea creată			
10	20,00		Așteptarea deciziei din partea echipei Nissan			
11	1,00		Primire răspuns din partea Nissan			
12	3,00	x	Activarea piesei în baza de date			
13	3,00	x	Completarea cererii și verificarea corectitudinii			
14	1,00		Închidere cerere			
Valoarea adăugată a procesului =						47%

Fig.5.b. Cerere PG-R cu îmbunătățiri

3.2. Procesul de management al riscului

S-au parcurs patru etape de lucru în vederea identificării și simplificării riscurilor:

- planificarea riscului: s-au stabilit responsabilii ce răspund de fiecare risc: teamleader-ii, echipa DICO, echipa de documentație tehnică și echipa IT;
- identificarea riscului: sursele posibile de risc care ar putea afecta derularea proiectului s-au identificat printr-o ședință de brainstorming, și sunt prezentate în Fig.6, în grila de criticitate;
- analiza riscului: se analizează impactul pe care îl poate avea fiecare risc dacă acesta se manifestă în derularea proiectului sau activității. O consecință gravă pe care un risc o poate avea asupra proiectului este întârzierea acestuia, iar asupra unei activități sunt diferite cauze prezentate în Fig.6;
- monitorizarea și controlul riscului: scopul principal este acela de a cunoaște apariția unor situații noi de risc, sau apariția unor modificări ale parametrilor existenți, preîntâmpinând astfel posibilele evenimente necunoscute ce pot apărea în timpul derulării procesului. [2]

După parcurgerea acestor etape, s-a decis aplicarea metodei AMDEC (Analiza Modurilor de Defectare, a Efectelor și a Criticității), principalele riscuri apărute în timpul procesului sunt cele tehnice și cele de management de proiect.

AMDEC pentru acest proces, urmărește ca modul de rezolvare și închidere al unei cereri să fie unul complet și corect, să se reducă disfuncțiunile procesului și timpii de așteptare, dar și ca resursa umană să nu mai fie suprasolicitată.

Probabilitatea de apariție a modului de defectare se consemnează în grila de criticitate din Fig.6:

Nr.	Descriere risc	Efecte (asupra activităților sau etapelor)	Consecințe (asupra proiectului)	Data limita de apariție	Gravitate (1.2,3,4)	Frecvența (1.2,3,4)	Detectabilitate (1.2,3)	Criticitate (GxFxO)	Acțiune preventivă sau corectivă	Responsabil	Data (Termenul limita de acțiune)
1	Formularea greșită a cererilor sau cereri incomplete	Îngreunează și suprasolicită sarcinile resursei umane	Întârziere proiect	În timpul înținerii cererii	4	4	3	48	Formulările tipizate în cadrul aplicației pentru fiecare cerere astfel încât erorile de completare să fie eliminate	Teamleader	Imediat după implementarea acțiunii corectivă
3	Primirea unei număr mare de cereri	Suprasolicitare resursă umană	Întârziere proiect	Înainte de începerea procesului de închidere al cererilor	3	4	4	48	Rezolvarea cererilor din urmă până în momentul în care sunt aduse la zi, fără a mai exista proiecte prioritare	Echipa DICO	Până la trecerea jalonului, respectiv până proiectul ajunge în stadiul de asamblare
9	Indisponibilitate resursă umană	Întârziere realizare sarcină	Întârziere proiect	În timpul procesului de închidere al cererilor	4	4	3	48	Amanțarea în prealabil a sarcinilor astfel încât resursa umană să își stabilească prioritățile	Teamleader	Imediat după implementarea acțiunii corectivă
4	Erori în timpul utilizării aplicației OneDictionary	Temp de așteptare mai mare pentru finalizarea activității	Întârziere proiect	În timpul utilizării aplicației	2	5	4	40	Actualizarea aplicației	IT	Imediat după implementarea acțiunii corectivă
6	Cerinte complexe pentru rezolvarea cererilor	Suprasolicitare resursă umană	Întârziere proiect	Anunci când se analizează cererea și se începe procesul de închidere al cererilor	3	4	3	36	Oferirea mai multor detalii și explicații cu privire la cerințe	Echipa documentație tehnică	Până la trecerea jalonului, respectiv până proiectul ajunge în stadiul de asamblare
5	Erori software	Temp de așteptare mai mare pentru finalizarea activității	Întârziere proiect	În timpul utilizării soft-ului	2	3	4	24	Actualizarea soft-ului	IT	Imediat după implementarea acțiunii corectivă
10	Slabă comunicare între echipe	Întârziere realizare sarcină	Întârziere proiect	În timpul procesului de închidere al cererilor	3	3	2	18	Implementarea unei ore de relaxare și jocuri de comunicare odată pe lună între echipe	Teamleader	Imediat după implementarea acțiunii corectivă
2	Estimarea greșită a timpului de așteptare	Afectează închiderea în timp util a cererilor	Întârziere proiect	În timp ce se așteaptă răspuns din partea echipei Nissan	4	2	2	16	Estimarea să aibă o mică abatere astfel încât să se poată realiza și o verificare a datelor din completarea cererii	Echipa DICO	Până la trecerea jalonului, respectiv până proiectul ajunge în stadiul de asamblare
7	Date limită de rezolvare a cererilor cu un timp insuficient	Suprasolicitare resursă umană	Întârziere proiect	În timpul procesului de închidere al cererilor	3	2	2	12	Corectarea termenelor astfel încât resursa umană să se încadreze în timp	Echipa documentație tehnică	Până la trecerea jalonului, respectiv până proiectul ajunge în stadiul de asamblare
8	Competențe resurse umane	Întârziere realizare sarcină	Întârziere proiect	În timpul procesului de închidere al cererilor	3	2	2	12	Exprimarea clară în prealabil a acțiunilor pe care resursa umană urmează să le realizeze	Teamleader	Până la trecerea jalonului, respectiv până proiectul ajunge în stadiul de asamblare

Fig. 6. Grila de criticitate

Pentru riscurile cu cel mai ridicat grad de criticitate, s-au propus diferite acțiuni preventive sau corective. Până în prezent, au fost implementate de echipă doar acțiunile care presupun tipizarea cererilor, s-au rezolvat cererile care nu erau pe proiecte prioritare, astfel încât toate cererile sunt la zi, și s-a implementat o oră de relaxare pentru a se îmbunătăți comunicarea la nivel ierarhic. Restul acțiunilor sunt la nivel de discuție în echipă și se analizează implementarea lor.

3.3 Rezultatele analizelor

După implementarea îmbunătățirilor reieșite din logigrame, dar și din analiza de risc, cererile sunt mult mai complex formulate; timpii de așteptare sunt reduși; cererile primite, dar neîncheiate, din cauza faptului că nu se aflau pe proiecte prioritare, au fost aduse la zi; comunicarea la nivel ierarhic s-a îmbunătățit.

În urma implementării îmbunătățirilor reieșite din metoda AMDEC, se observă îmbunătățiri și la nivelul logigramelor, deoarece s-a eliminat pasul de analiză a informațiilor primite, acum înscriindu-se toate informațiile într-un format tipizat, și pasul de adăugare a unei alerte pentru solicitarea făcută către echipa Nissan, deoarece timpul de așteptare a scăzut conform îmbunătățirii aduse în cadrul analizei valorii adăugate. Noile procente ale valorii adăugate sunt: cererile de denumiri normalizate: 70%; cererile de piese asamblate: 64%; cererile de piese de legătură: 81%; cererile de piese generice regulate: 51%.

În Fig.7 sunt prezentate rezultatele îmbunătățirii procesului de închidere al cererilor în urma cercetării, sub formă de indicatori lunari.

În luna februarie, procentul cererilor încheiate cu succes era de 36%, 11% cereri refuzate, 53% cereri fără acord din partea echipei Nissan, iar exhaustivitatea machetei în procent de 89%. Exhaustivitatea este procentul pieselor aflate în macheta numerică din nomenclatorul companiei. [4]

Luna martie a adus îmbunătățiri în privința completării cu succes a cererilor într-un procent de 41%. Iar în luna aprilie se observă creșterea procentului cererilor încheiate cu succes până la 63%, 29% cereri fără acord din partea echipei Nissan, dar și îmbunătățirea cererilor refuzate la un procent de doar 8%. [4]

EXHAUSTIVITE BJI STP PITESTI S1920.1

OFE	IND with LP link	IND without LP link	Expected IND absent	Grand Total	Exhaustivity
11	88	138	36	262	86%
12	0	349	49	398	88%
13	90	83	29	202	88%
14	4	270	11	285	96%
31	103	18	2	123	98%
32	133	14	2	149	99%
41	133	44	21	198	89%
42	25	0	4	29	86%
43	42	3	0	45	100%
51	102	57	13	172	92%
52	0	17	7	24	71%
54	32	8	1	41	98%
55	0	18	0	18	100%
61	41	3	3	47	94%
62	187	12	10	209	95%
63	2	21	0	23	100%
71	0	43	31	74	58%
72	0	19	6	25	76%
73	0	85	6	91	93%
74	0	29	1	30	97%
76	0	47	26	73	64%
81	0	5	2	7	71%
83	0	43	0	43	100%
84	0	29	7	36	81%
85	0	78	0	78	100%
86	0	7	15	22	32%
87	0	6	0	6	100%
88	0	15	0	15	100%
91	2	3	3	8	62%
92	1	22	19	42	55%
94	15	0	0	15	100%
95	33	0	5	38	87%
Grand Total	1033	1486	309	2828	89%

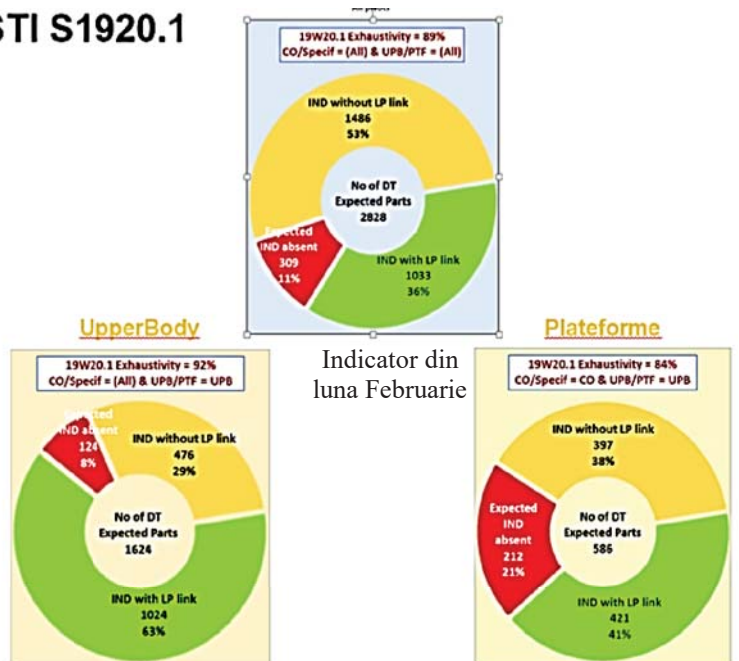


Fig.7 Indicatori lunari

4. Concluzii

Această cercetare are ca scop îmbunătățirea procesului de închidere al cererilor, prin eliminarea timpilor mari de așteptare, îmbinarea unor etape asemănătoare din proces, îmbunătățirea comunicării la nivel ierarhic, dar și soluționarea unui număr mai mare de cereri într-o zi.

Pentru acestea, s-a folosit analiza valorii adăugate, ce urmărește diferențierea etapelor care aduc valoare procesului, de cele care nu aduc valoare. Pe partea de logigrame din procesele studiate, s-au reușit îmbunătățiri de până la 81%, procentul maxim, identificandu-se etape de risipă clasice, care au fost eliminate sau reorganizate.

În ceea ce privește analiza riscurilor, s-au depistat zece tipuri de risc, fiecare având efecte negative asupra activităților procesului și posibilitatea de a aduce întârzieri proiectului, iar pentru riscurile cu grad de criticitate ridicat, s-au implementat deja la nivel de echipă acțiunile corective sau preventive.

Obiectivul calculului valorii adăugate și analiza riscurilor, a fost acela de a se ajunge în situația soluționării unui număr mai mare de cereri într-o zi, deoarece catitatea de cereri primită este ridicată, iar timpii mari de așteptare, ori analizare, dăunau procesului rapid de soluționare al cererilor. Cu ajutorul acestor metode s-au găsit factori de îmbunătățire, cum ar fi micșorarea semnificativă a timpului de așteptare pentru validarea piesei noi create, astfel că procentul de soluționare cu succes al cererilor a crescut de la 36% în luna februarie, la 63% în luna aprilie. [4]

Feedback-ul primit din partea echipei de la Renault este unul pozitiv, s-au implementat deja șase norme de îmbunătățire propuse, restul celor prezentate în grila de criticitate sunt la stadiul de discuție și analiză. Cercetarea se desfășoară în continuare pe baza automatizării unor etape din cadrul procesului de soluționare al cererilor, cum ar fi căutarea, ori activare pieselor noi în baza de date. Acest proces se află în stadiul de analiză a avantajelor și dezavantajelor implementării, costurile aferente, dar și verificarea investiției în timp.

5. Bibliografie

- [1] Bogdan Abaza, 2019-2020, *Logistică 2: Note de curs*;
- [2] Bogdan Abaza, 2019-2020, *Management de proiect 3: Note de curs*;
- [3] Rodica Rohan, 2019, *Managementul calității 4: Note de curs*.
- [4] Documentație preluată din cadrul companiei Renault

6. Notații

Următoarele abrevieri sunt utilizate în cadrul lucrării:

Gestionar DICO = gestionar de dicționar (gestionar al aplicației OneDictionary);

PG-R = piese generice regulate;

PG-L = piese generice de legătură;

PG-A = piese generice asamblate;

DNO = denumirea normalizată a piesei.

CERCETĂRI PRIVIND FURNIZAREA DE EDUCAȚIE ȘI FORMARE VOCAȚIONALĂ ÎN CADRUL CATEGORIILOR DEFAVORIZATE, PRECUM ȘI PENTRU PREGĂTIREA TINERILOR ANTREPRENORI

RESEARCH ON THE PROVISION OF VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING FOR DISADVANTAGED CATEGORIES AND ON THE TRAINING OF YOUNG ENTREPRENEURS

POPA Bianca Alexandra

Facultatea: FIIR, Specializarea: Inginerie Economică Industrială, Anul de studii: IV, e-mail:
popabianca11@yahoo.com

Conducător științific: Ș.l.dr.ing. **Ioan-Cristian TARBĂ**

REZUMAT: Obiectivul general al lucrării este constituit de facilitarea accesului la locuri de muncă pentru persoanele de etnie romă, persoane din mediul rural, persoane vulnerabile sau șomeri pe termen lung prin furnizarea de măsuri active personalizate pentru creșterea nivelului de competențe. De asemenea, această lucrare are ca scop, stimularea integrării pe piața forței de muncă a persoanelor din grupurile vulnerabile și a combaterii sărăciei, prin înființarea de întreprinderi sociale și crearea de noi locuri de muncă.

ABSTRACT: The general objective of the paper is to facilitate access to employment for the Roma people, people from countryside, vulnerable people or the long-term unemployed by providing personalized vocational education and training to get and improve their skills. This paper also aims to stimulate the integration into the labor market of people from vulnerable groups and combat poverty, by setting up social enterprises and creating new jobs.

CUVINTE CHEIE: formare profesională, categorii defavorizate, cursuri de calificare, antreprenor, competențe

1. Introducere

Am analizat mediul rural din zona Sud Muntenia, în județele Dâmbovița, Prahova, Giurgiu și Călărași. Analiza pieței muncii din zona de implementare a fost realizată în vederea evidențierii a unei serii întregi de nevoi complexe cu privire la situația Grupului Țintă (format din persoane de etnie romă, persoane din mediul rural, șomeri pe termen lung etc.) și a angajatorilor din cele 4 județe menționate mai sus. Am ales aceste județe deoarece acestea au fost considerate a fi importante pentru sectorul construcții [1], [4].

Privind diversitatea ocupațiilor înregistrate ca fiind în nevoie în rândul angajatorilor și structura Grupului Țintă, soluția propusă vizează cursuri de calificare considerate a fi ușor asimilate ulterior de către piața muncii din sectorul construcții [4].

Totodată, am analizat dezvoltarea economiei sociale în vederea creșterii oportunităților de angajare pentru grupurile vulnerabile, locuri de muncă, ce vor fi ocupate de către persoane care își au domiciliul sau reședința în mediul urban sau rural din regiunea Vest, în județele Arad, Timiș, Hunedoara, Caraș-Severin. Soluția propusă în acest caz se rezumă la derularea unui program de formare antreprenorială specifică, a unui program de dezvoltare a capacității și abilităților acestora în diferite domenii relevante, în concordanță cu caracteristicile și nevoile Grupului Țintă vizat, dar și cu cerințele pieței muncii, furnizarea de servicii personalizate de consiliere în vederea implementării planurilor de afaceri și prin sprijinirea înființării și demarării funcționării unor întreprinderi ce vor implementa planurile de afaceri realizate de către Grupul Țintă (format din persoane fizice cu vârste peste 18 ani, cu studii medii/universitare/postuniversitare) [1].

2. Stadiul actual

Strategia Națională de Ocupare a Forței de Muncă 2014-2020 își propune să impulsioneze eforturile de a atinge ținta de ocupare stabilită de România pentru anul 2020, și anume o rată de ocupare de 70% pentru populația în vârstă de 20-64 printr-o creștere inteligentă, durabilă și favorabilă incluziunii prin găsirea unor mijloace pentru a crea noi locuri de muncă [2].



Fig. 1. Probleme evidențiate la nivelul județelor din regiunea Vest

În anul 2012, conform Atlasului Economiei Sociale (2014, IES), în regiunea Vest, se evidențiau 3.723 organizații de economie socială, în care erau angajate 11.533 persoane. Această regiune a generat venituri din economia socială sub media națională, însă toți indicatorii au înregistrat un trend crescător în 2012 comparativ cu 2011 [2].

Tabelul 1. Evidența întreprinderilor sociale pe regiuni

Conform Registrului unic de evidență a întreprinderilor sociale - actualizat în Octombrie 2018, publicat de ANOFM:						
Cele mai multe întreprinderi sociale sunt înființate în regiunea Nord-Vest (27%)	Întreprinderi înființate în Centru (16%)	Întreprinderi înființate în Nord - Est (14%)	Întreprinderi înființate în Sud - Est (14%)	Întreprinderi înființate în Sud Muntenia (11%)	În Sud - Vest Oltenia sunt înregistrate doar 10 întreprinderi sociale	În Vest sunt înregistrate doar 7 întreprinderi sociale

Deși spiritul antreprenorial în regiune este mai dezvoltat decât la nivel național, există totuși un număr redus de IMM-uri (23.5 IMM-uri la 1.000 loc., indicator aflat la jumătatea mediei europene) iar afacerile mici tind să nu supraviețuiască [2].

Economia socială este un domeniu insuficient exploatat, dar mai ales unul care nu beneficiază încă de atenția necesară în raport cu potențialul semnificativ pentru suportul acordat grupurilor vulnerabile. În acest context, economia socială are rolul de a schimba fundamental mecanismul intervenției de solidaritate unidirecțională, prin promovarea inițiativelor de afaceri care implică solidaritate reciprocă între promotorii acesteia, pe baza unui sistem de valori în care procesul decizional democratic acordă prioritate ființei umane și nu capitalului.

3. Studii de caz

În prezent, fac parte dintre angajații unei firme care se ocupă cu derularea a două proiecte europene, ce au ca scop furnizarea de educație și formare vocațională în cadrul categoriilor defavorizate.

Unul dintre proiecte are denumirea “CROIM VIITORUL”, obiectivul general al acestui proiect fiind constituit de facilitarea accesului la locuri de muncă pentru 504 persoane, în special pentru persoanele de etnie romă, persoane din mediul rural, persoane ocupate în agricultura de subzistență și semi-subzistență, persoane vulnerabile sau șomeri pe termen lung prin furnizarea de măsuri active personalizate pentru creșterea nivelului de competențe. În cadrul proiectului este vizată realizarea de cursuri de formare profesională de tip calificare pentru 504 persoane cu următoarea structură:

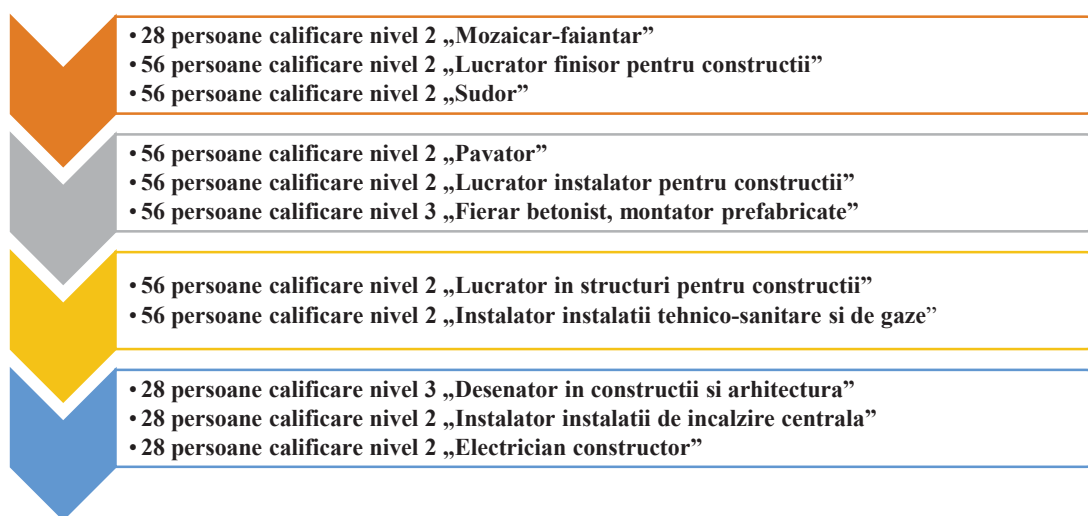


Fig. 2. Numărul de persoane necesar pentru fiecare tip de curs de formare profesională

Proiectul se implementează în mediul rural din zona Sud Muntenia, în județele Dâmbovița, Prahova, Giurgiu și Călărași și va viza 504 persoane din această regiune. Analiza pieței muncii din zona de implementare realizată în vederea scrierii cererii de finanțare a evidențiat o serie întreagă de nevoi complexe cu privire la situația GT și a angajatorilor din cele 4 județe. Proiectul vizează 4 județe din regiunea Sud Muntenia, județe considerate a fi importante pentru sectorul construcțiilor [1].

Metodologia de analiză realizată pentru identificarea nevoilor angajatorilor a vizat aplicarea de chestionare în județele Călărași, Dâmbovița, Giurgiu, Prahova. Analiza a vizat identificarea, caracterizarea și interpretarea indicatorilor specifici pieței muncii regăsiți în statisticile promovate de INS. Aplicarea chestionarelor către angajatori a fost realizată ținând cont de sectoarele abordate în cadrul proiectului, în cazul de față, sectorul construcțiilor. Chestionarul aplicat în relația cu angajatorii a avut următoarele obiective: identificarea caracteristicilor angajatorului care a completat chestionarul – activitate, mediu de desfășurare a activității, situația forței de muncă, intenția de a angaja [1].

Toate cele 504 persoane din GT vor beneficia de măsuri integrate, participând la activități de consiliere, de formare profesională de tip calificare și de mediere a muncii [1].

Una dintre activitățile cele mai importante ale proiectului este cea de informare și consiliere, furnizată celor 504 persoane ce aparțin GT, ce are rolul de a furniza întregul set de informații specifice pieței muncii, de a motiva membrii GT în vederea reintegrării sociale și pe piața muncii dar și de a identifica profilul și deficitul de informații și competențe pe care îl are GT. O altă activitate a proiectului se referă la formarea profesională de tip calificare, la care vor participa 504 persoane, având rolul de a furniza GT competențe care înregistrează o cerere pe piața muncii și care asigură accesul la un loc de muncă și la potențialul de dezvoltare a carierei. Printre ultimele activități ale proiectului se numără activitatea de mediere a muncii pentru 504 persoane ce aparțin GT, vizând doar 252 dintre acestea care vor beneficia la final de un loc de muncă prin intermediul măsurilor de mediere a muncii [1].

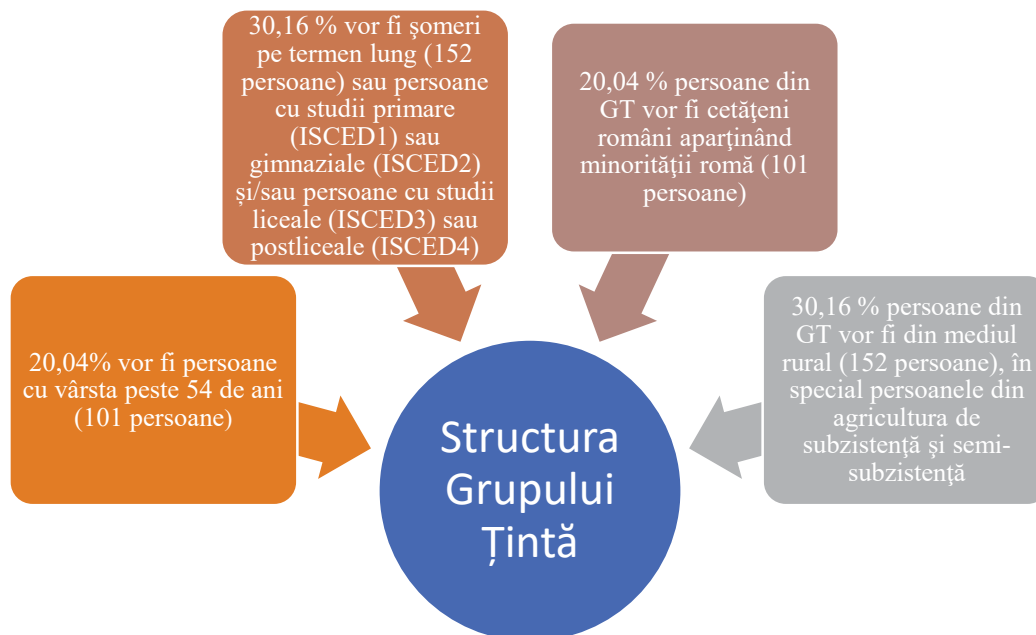


Fig. 3. Structura Grupului Țintă

Cel de-al doilea proiect are denumirea “SPRIJIN PENTRU ÎNFIINȚAREA DE ÎNTREPRINDERI SOCIALE IN REGIUNEA VEST”. Obiectivul general al proiectului constă în creșterea numărului de structuri ale economiei sociale cu 21 de entități ce vor fi înființate în mediul rural al Regiunii Vest (Județele Arad, Timiș, Hunedoara, Caraș-Severin) și în care vor fi angajate 105 persoane.

Soluția adoptată în cadrul proiectului este aceea de a dezvolta o rețea de întreprinderi sociale care să co-participe la dezvoltarea economiei sociale la nivelul județelor menționate. Întreprinderile sociale sunt înființate de către persoane care au o cunoaștere directă a mediului de afaceri și a corelației cu obiectivele sociale de incluziune socială a grupurilor vulnerabile și sunt familiarizate cu realizarea unor afaceri sociale. În acest sens, se susține soluția de informare, recrutare și selectare a 101 persoane care doresc să înființeze întreprinderi sociale pentru a participa la cursuri de formare în domeniul economiei sociale și de formare de competențe în domeniile relevante pentru acestea, pentru a primi sprijin în elaborarea planurilor de afaceri de către Grupul Țintă, precum și pentru 21 de persoane în a beneficia în mod efectiv de implementarea planurilor de afaceri selectate prin proiect (consiliere, asistență juridică, monitorizare, stimularea participării la parteneriate) [1].

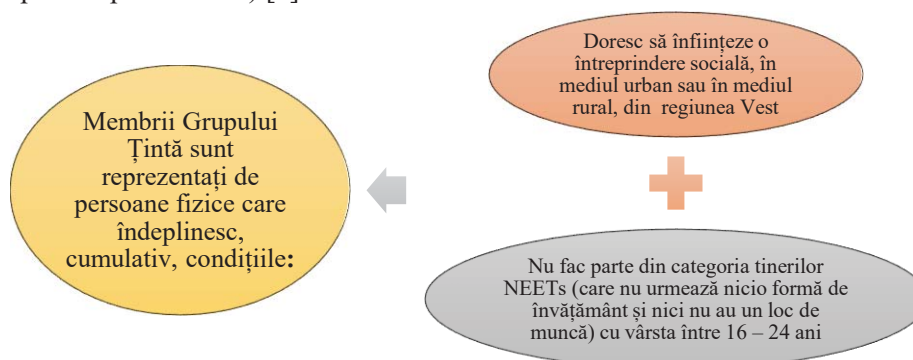


Fig. 4. Structura Grupului Țintă

Conform Global Entrepreneurship Monitor 2015 Global Report, în România, rata activității antreprenoriale în stadiu incipient este de 10,8%, fiind vorba de procentul din populația activă care a făcut

ceva pentru demararea unei afaceri (a strâns bani, a elaborat un plan de afaceri, a demarat procedurile de înființare a unei companii etc.) sau care are deja o companie cu o vechime de pana la 3,5 ani. Conform studiului “A Pilot Profile of Social Entrepreneur (Tigu G., Iorgulescu M-C., Ravar A.S. and Lile R., 2014, Amfiteatru Economic, 17(38), pp. 25-4) - Majoritatea intervievaților au declarat ca s-au decis să dezvolte o organizație de economie socială deoarece au simțit întotdeauna că misiunea lor este să schimbe ceva în lume. S-a identificat un consens asupra faptului că, după identificarea mai multor probleme în comunitate și a unei lipse de inițiativă de a le rezolva, intervievații au simțit că ceva trebuie făcut pentru a schimba situația de fapt. Drept urmare, antreprenorii sociali intervievați au decis sa dezvolte o întreprindere socială conduși de pasiunea și dorința puternică de a aduce un impact pozitiv asupra comunității lor. Toți respondenții au recunoscut că înființarea unei întreprinderi sociale a fost văzută drept o șansă de a se dezvolta profesional și de a obține independență financiară, chiar dacă obținerea profitului nu a fost obiectivul și motivația principală, ceea ce este în concordanță cu definițiile antreprenorului social menționate în recenzia literaturii de specialitate” [3].

Impactul proiectului asupra Grupului Țintă este concret, vizibil, realist și cuantificabil și aduce acestora beneficii care nu ar putea exista fără implementarea proiectului. Populația regiunii de implementare va fi mult mai informată și implicată activ, întrucât va cunoaște problemele cu care se confruntă comunitățile și în special grupurile vulnerabile care au nevoie de sprijin pentru a ieși din sărăcie și excluziune socială. Toate acestea se pot realiza prin dezvoltarea economiei sociale în România, așa cum este dezvoltată în alte state membre ale Uniunii Europene. Prin acțiunile realizate în sprijinul sustenabilității proiectului, pe termen lung, impactul celor 21 de întreprinderi de economie socială va fi mult mai amplu [3].

Principalele probleme care justifică intervențiile legate de aceste proiecte vizează nevoia GT de a avea acces la oportunitățile oferite de piața muncii, de a avea oportunități de dezvoltare a carierei și de a avea un venit care să contribuie la reducerea sărăciei dar și o viață decentă [4]. Voi enumera mai jos, câteva exemple de astfel de probleme:



Fig. 5. Exemple de probleme apărute la nivelul Grupului Țintă

Pentru problemele identificate nici autoritățile publice locale, nici ONG-urile sau alți actori de pe piața muncii și din societate nu au găsit încă suficiente soluții [4]. Totodată, din analiza nevoilor realizată au reieșit următoarele:



Fig. 6. Concluzii în urma efectuării analizei nevoilor

Aspectele enumerate reprezintă o prioritate pentru membrii grupului țintă vizat care au dorința de a deveni antreprenori, de a soluționa probleme sociale la nivel de comunitate pe care din poziția de angajat sau șomer nu le pot rezolva, de a crea locuri de muncă și pentru alte persoane și de a dezvolta sectorul economiei sociale în zonele unde locuiesc.

4. Concluzii

Concluzionând, sunt de părere că aceste proiecte sunt unele inovative deoarece vin să rezolve un set de probleme de maximă importanță pentru piața muncii, cum ar fi: necorelarea cererii cu oferta de forță de muncă, reducerea șomajului și a sărăciei pentru persoane fără un loc de muncă și persoane care provin din grupuri vulnerabile dar și reducerea deficitului de forță de muncă resimțit de angajatori.

Grupul Țintă al proiectelor a fost ales în urma campaniilor de informare a publicului interesat prin realizarea de evenimente de tip workshop/seminarii/conferințe prin care le-a fost prezentat, în special persoanelor vulnerabile, oportunitățile pe care le oferă proiectul.

În urma cursurilor la care Grupul Țintă a participat, membrii acestuia vor dobândi și dezvolta cunoștințe, abilități și capacități necesare pentru ocuparea unui loc de muncă sau chiar pentru înființarea unei întreprinderi de economie socială. Aceste programe de instruire au rol în formarea profesională și integrarea persoanelor vulnerabile în direcția dezvoltării profesionale, a perspectivei ocupării unui loc de muncă, a integrării sociale, a creșterii calității vieții.

Persoanele înscrise în acest proiect vor beneficia de servicii de consiliere personalizate, care vor completa cunoștințele și aptitudinile dobândite la cursurile de formare, având un rol de motivare și sprijinire în inițierea unui drum către succes.

5. Bibliografie

- [1]. Documentație preluată din cadrul firmei S.C. HURAD AB S.R.L
- [2]. *** <https://adrvest.ro/ghidul-solicitantului-conditii-generale-de-accesare-a-fondurilor-in-cadrul-por-2014-2020/> , accesat la data de 13.04.2020
- [3]. *** <https://www.fonduri-ue.ro/pocu-2014> , accesat la data de 15.04.2020
- [4]. *** <https://www.fonduri-ue.ro/poad-2014> , accesat la data de 21.04.2020

ANALIZA ECONOMICĂ A UNUI PRODUS REALIZAT PRIN FABRICARE ADITIVĂ

ECONOMIC ANALYSIS OF A PRODUCT MADE BY ADDITIVE MANUFACTURING

BĂJĂNARU Elena-Georgiana, LAZĂR Anamaria-Simona

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
Anul de studii: 4, e-mail: bajanarugio@gmail.com

Conducători științifici: As.drd.ing. **Roman MURZAC**, Conf.dr.ing. **Ionuț Gabriel GHIONEA**

ABSTRACT: The chosen theme refers to the realization of a product designed by traditional manufacturing (injection in the mold) and rapid prototyping, so the cost analysis of the two manufacturing methods will be performed. To determine the costs a general economic model will be developed, taking into account the batch of 1000 pieces. The generation of 3D printing will simulate two situations: one in which the analyzed part is filled with 20% material and the other in which the filling is 100%. In the present paper by studying the costs of manufacturing with FDM technology compared to injection molding, the difference between the costs of the two technologies was observed, 3D printing allowing to vary the filling gradient. Depending on the functional role of the part, a reduction of costs was obtained, without modifying the functional or structural role of the part.

CUVINTE CHEIE: fabricare aditivă, personalizare, analiză

1. Introducere

Printarea 3D sau prototiparea rapidă este un proces de realizare a unor obiecte tridimensionale solide, pornind de la un model digital. Crearea unui obiect prototipat 3D este posibilă prin folosirea proceselor aditive. Printr-un astfel de proces, un obiect este creat strat cu strat, până se ajunge la forma finală a obiectului dorit. Avantajele printării se pot observa prin crearea formelor complexe, timpul scurt de producție, costul redus, dar și flexibilitatea de lucru. Deoarece tendința de a personaliza experiența consumatorului, devine foarte cunoscută în rândul mărcilor ce doresc ca afacerea lor să se transforme în una din ce în ce mai profitabilă, am ales aceasta temă de analiză, respectiv de comparare a costurilor între fabricația tradițională (injecția în matriță) și prototiparea rapidă.

Modelul analizat este o jucărie aparent simplă, deoarece nu va fi supusă la încercări mecanice, dar una foarte complexă din punct de vedere al suprafețelor [10].

Din punct de vedere economic, printarea 3D contribuie la generarea unei sinergii între materialele de marketing digitale și cele tangibile, dând acces la noi posibilități și metode de interacțiune între consumatorii, angajații unei companii sau partenerii de afaceri. Această metodă nouă de execuție a materialelor publicitare potențează revoluționarea modurilor de relaționare ale mărcii în piața, imposibil de realizat anterior prin tehnologiile clasice, de producție în masa [10].



Fig. 1. Modelul analizat

2. Stadiul actual

a) *Tehnologia de fabricare prin injecție.* Procesul de formare prin injecție constă în aducerea amestecului pe bază de polimeri termoplastici în stare plastică, urmată de introducerea sa sub presiune într-o matriță relativ rece, în care trece în stare solidă. Utilajul folosit este matrița pentru injecție. Aceasta acoperă o gamă largă de produse, de la componente din plastic utilizate în industria auto până la piese și produse din plastic utilizate în industria bunurilor de larg consum. Tipul materialului plastic, forma/masa produsului și proiectarea corectă a matriței au impact direct asupra costurilor de producție a rentabilității produsului. Materialul utilizat este polipropilena. Este un material rezistent la căldură.



Fig. 2. Mașină de injecție



Fig. 3. Imprimantă Zortrax M300 Plus

b) *Tehnologie de fabricare-FDM.* Folosind proiectarea asistată de calculator (CAD) sau scanerile de obiecte 3D, fabricarea aditivă permite crearea de obiecte cu forme geometrice complexe. Acestea sunt construite strat cu strat. Fabricarea aditivă poate fi utilizată cu o mare varietate de materiale, inclusiv ceramică, metale și polimeri. Utilajul folosit este Zortrax M300 Plus, o imprimantă 3D cu unul dintre cele mai mari spații de lucru din clasa sa. Mai multe imprimante 3D Zortrax M300 Plus pot fi conectate wireless, astfel încât se pot produce modele mari în serii mici sau medii. Pentru acest tip de imprimantă, alegem ca material Z-HIPS, deoarece se pot obține produsele finale ce corespund cerințelor. Finisajul semi-mat reduce cantitatea de post-procesare necesară și maschează stratul. Prototipurile 3D imprimate cu acest filament de polistiren sunt, de asemenea, potrivite pentru teste de performanță și impact.

3. Model economic general

Pentru determinarea costurilor se va porni de la un model economic general, având în vedere lotul de 1000 de bucăți. Pentru a fabrica acest model se utilizează printarea 3D și injecția în matriță. Pentru printarea 3D se vor simula două situații: una în care piesa analizată este umplută cu material 20% și cealaltă în care umplerea este 100%.

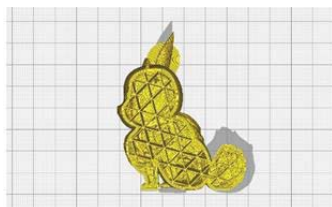
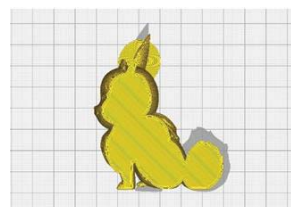


Fig. 4. a) Simulare cu umplere 20%



b) Simulare cu umplere 100%

Costul de fabricație al unei piese se poate calcula cu relația:

$$C_i = A_i + \frac{D}{n} \quad (1) \quad [1, (9.1), \text{pag } 166]$$

unde: n = numărul de piese din lot = 1000 buc; D = cheltuieli dependente de lot; A_i = cheltuieli independente de lot [lei/buc.];

$$A_i = c_m + c_s + c_{if} + c_{ind} \text{ [lei/buc.]} \quad (2) \text{ [1, (10.10), pag 169]}$$

unde: c_m = costul materialului [lei/buc.]; c_s = cheltuieli cu retribuția directă; c_{if} = cheltuieli cu întreținerea și funcționarea utilajelor; c_{ind} = cheltuieli indirecte;

$$c_m = m_s * c_{sf} \text{ [lei/buc.]} \quad (3) \text{ [1, (10.11), pag 169]}$$

unde: m_s = masa semifabricatului în kg; c_{sf} = costul semifabricatului [lei/kg];

$$c_s = \sum_{i=1}^k \frac{t_{ui}}{60} * s_m \text{ [lei/buc.]} \quad (4) \text{ [1, (10.12), pag 169]}$$

unde: t_{ui} = timpul unitar pentru executarea operației “i” [min.]; s_m = retribuția tarifară; k = numărul de operații tehnologice;

$$c_{if} = \sum_{i=1}^k \frac{t_{ui}}{60} * a_i \text{ [lei/buc.]} \quad (5) \text{ [1, (10.13), pag 169]}$$

unde: a_i = cota de amortizare a imprimantei cu întreținerea și funcționarea [lei/h];

$$a_i = \frac{C_{masinii*2,3}}{F_n*5} \quad (6)$$

unde : F_n = fondul nominal de timp;

$$F_n = z * k_s * h * 60 \text{ [min/an]} \quad (7) \text{ [1, (10.1), pag 167]}$$

unde: z = 251 zile lucrătoare în 2020; k_s = numărul de schimburi/ zi (un singur schimb); h = 8 ore/schimb;

$$c_{ind} = c_s * \frac{R_f}{100} \text{ [lei/buc.]} \quad (8) \text{ [1, (10.14), pag 169]}$$

unde: R_f = regia fabricației pentru secția în care se fac prelucrările (R_f = 150...200);

$$D = B + C \text{ [lei/lot]} \quad (9) \text{ [1, (10.15), pag 169]}$$

unde: B = cheltuieli cu pregătirea – încheierea fabricației; C = cheltuieli cu întreținerea și funcționarea utilajelor;

$$B = \left(1 + \frac{p}{100}\right) * \sum_{i=1}^k \left(\frac{t_{pii}}{60}\right) * s_{ri} \text{ [lei/lot]} \quad (10) \text{ [1, (10.16), pag 169]}$$

$$C = \sum_{i=1}^k \left(\frac{t_{pii}}{60}\right) * a_i \text{ [lei/lot]} \quad (11) \text{ [1, (10.17), pag 169]}$$

unde: t_{pii} = timpul normat pentru pregătirea-încheierea lucrărilor de la operația “i” [min./lot]; s_{ri} = retribuția tarifară a reglorului de la operația “i”; p = procent care ține seama de cheltuielile cu pregătirea administrativă a lansării lotului (p = 5...25%); Se ține cont de următoarele date:

Tabelul 1. Date inițiale

	Masa piesei [g]	Cost material [lei/kg]	Cost utilaj [lei]
Printare 3D (20%)	23g	246	19579
Printare 3D (100%)	52g	246	19579
Injectie în matriță	54g	2,23	84985,10

4. Comparația costurilor

a. Cost pentru injecția în matriță:

$$A_i = 0,12 + 1,25 + 648,95 + 1,78 = 652,1 \text{ [lei/buc.]} \quad (12)$$

$$c_m = 0,054 * 2,23 = 0,12 \text{ [lei/buc.]} \quad (13)$$

$$c_s = \frac{2}{60} * 15 = 1,25 \text{ [lei/buc.]} \quad (14)$$

$$c_{if} = 2 * 324,47 = 648,95 \text{ [lei/buc.]} \quad (15)$$

$$a_i = \frac{84985,10 * 2,3}{120,480 * 5} = 324,47 \text{ [lei/h]} \quad (16)$$

$$F_n = 251 * 1 * 8 * 60 = 120,480 \text{ [min/an]} \quad (17)$$

$$c_{ind} = 1,25 * \frac{150}{100} = 1,87 \text{ [lei/buc.]} \quad (18)$$

$$D = 0,62 + 1,35 = 1,97 \text{ [lei/lot]} \quad (19)$$

$$B = \left(1 + \frac{25}{100}\right) * \left(\frac{2}{60}\right) * 15 = 0,62 \text{ [lei/lot]} \quad (20)$$

$$C = \left(\frac{2}{60}\right) * 324,47 = 10,81 \text{ [lei/lot]} \quad (21)$$

$$C_i = 662,91 \text{ [lei/buc]} \quad (22)$$

b. Cost pentru printare 3D cu umplere de material 100% :

$$A_i = 14,51 + 1,25 + 0,92 + 1,87 = 18,55 \text{ [lei/buc.]} \quad (23)$$

$$c_m = 0,059 * 246 = 14,51 \text{ [lei/buc.]} \quad (24)$$

$$c_s = \frac{5}{60} * 15 = 1,25 \text{ [lei/buc.]} \quad (25)$$

$$c_{if} = 5,7 * 0,074 = 0,92 \text{ [lei/buc.]} \quad (26)$$

$$a_i = \frac{19579 * 2,3}{120.480 * 5} = 0,074 \text{ [lei/h]} \quad (27)$$

$$F_n = 251 * 1 * 8 * 60 = 120.480 \text{ [min/an]} \quad (28)$$

$$c_{ind} = 1,25 * \frac{150}{100} = 1,87 \text{ [lei/buc.]} \quad (29)$$

$$D = 1,5625 + 0,0061 = 1,5686 \text{ [lei/lot]} \quad (30)$$

$$B = \left(1 + \frac{25}{100}\right) * \left(\frac{5}{60}\right) * 15 = 1,5625 \text{ [lei/lot]} \quad (31)$$

$$C = \left(\frac{5}{60}\right) * 0,074 = 0,0061 \text{ [lei/lot]} \quad (32)$$

$$C_i = 18,55 \text{ [lei/buc]} \quad (33)$$

c. Cost pentru printare 3D cu umplere de material 20% :

$$A_i = 5,65 + 1,25 + 0,26 + 1,87 = 9,03 \text{ [lei/buc.]} \quad (34)$$

$$c_m = 0,023 * 246 = 5,65 \text{ [lei/buc.]} \quad (35)$$

$$c_s = \frac{5}{60} * 15 = 1,25 \text{ [lei/buc.]} \quad (36)$$

$$c_{if} = 5,7 * 0,074 = 0,26 \text{ [lei/buc.]} \quad (37)$$

$$a_i = \frac{19579 * 2,3}{120.480 * 5} = 0,074 \text{ [lei/h]} \quad (38)$$

$$F_n = 251 * 1 * 8 * 60 = 120.480 \text{ [min/an]} \quad (39)$$

$$c_{ind} = 1,25 * \frac{150}{100} = 1,87 \text{ [lei/buc.]} \quad (40)$$

$$D = 1,5625 + 0,0061 = 1,5686 \text{ [lei/lot]} \quad (41)$$

$$B = \left(1 + \frac{25}{100}\right) * \left(\frac{5}{60}\right) * 15 = 1,5625 \text{ [lei/lot]} \quad (42)$$

$$C = \left(\frac{5}{60}\right) * 0,074 = 0,0061 \text{ [lei/lot]} \quad (43)$$

$$C_i = 9,031 \text{ [lei/buc]} \quad (44)$$

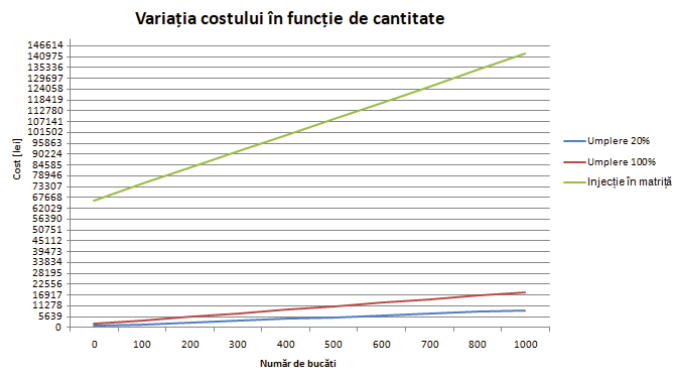


Fig. 5. Graficul de variație al costului

5. Optimizarea modelului economic și procesul tehnologic

În urma analizei costurilor, se observă prețul cel mai scăzut în cazul printării 3D. Pentru optimizarea modelului economic se va lua în considerare tehnologia cea mai bună din punct de vedere economic. Se analizează diferențele dintre costul total, costurile independente și cele dependente.

$$C_{100\%} - C_{20\%} = 18,55 - 9,03 = 9,52 \text{ lei} \quad (45)$$

Tabelul 2. Costurile pentru cele două obțiuni de printare 3D

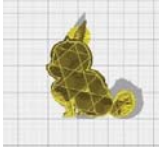
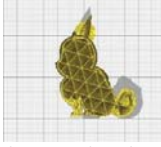

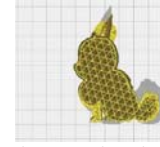
	Umplere 100%	Umplere 20%	Δ Costuri
Costuri independente	18,55	9,03	9,52
Costuri dependente	1,56	1,56	0

În tabelul 2, variază costurile independente. Pentru a determina parametrul care influențează această variație, comparăm A_i ale celor 2 cazuri. Costurile dependente nu influențează în mod direct prețul piesei.

Tabelul 3. Comparația costurilor

A_i	Umplere 100%	Umplere 20%	Δ Costuri
c_m	14,51	5,65	8,86
c_s	1,25	1,25	0
c_{if}	0,92	0,26	0,66
c_{ind}	1,87	1,87	0

Tabelul 4. Calculul costului cu materialul

Figura				
	Fig.6. Simulare 1	Fig.6.2 Simulare 2	Fig.6.3 Simulare 3	Fig.6.4 Simulare 4
Procent de umplere	10%	15%	25%	30%
Masa (m_s)	0,020 g	0,022 g	0,026 g	0,027 g
c_m	4,92 lei	5,41 lei	6,39 lei	6,64 lei

Deoarece c_s , c_{if} și c_{ind} nu afectează foarte mult costul total, iar ponderea acestora este destul de mică, le considerăm constante și cu ajutorul formulei cheltuielilor independente vom afla costul materialului pentru prețul de 10 RON, 15 RON, respectiv 18,55 RON.

$A_i = 10 \text{ RON} \rightarrow c_m = 5.96 \text{ RON} \rightarrow \text{masa} = 0.024 \text{ kg} \rightarrow \text{umplere} = 25\%$

$A_i = 15 \text{ RON} \rightarrow c_m = 10.96 \text{ RON} \rightarrow \text{masa} = 0.045 \text{ kg} \rightarrow \text{umplere} = 75\%$

$A_i = 18,55 \text{ RON} \rightarrow c_m = 13.96 \text{ RON} \rightarrow \text{masa} = 0.059 \text{ kg} \rightarrow \text{umplere} = 100\%$

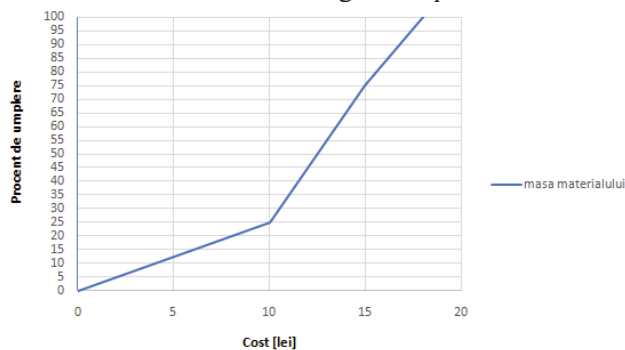


Fig. 6. Graficul variației costului materialului

În urma estimării costului analizei economice se optimizează procesul de producție cu ajutorul graficului din figura 6. În acest studiu, structura interioară este foarte importantă. Piesele care nu au un rol funcțional, pot fi produse cu un procent de umplere mic, reducând astfel costul.

6. Concluzii

Printarea 3D a făcut posibilă atât personalizarea produselor cât și fabricarea unor produse cu forme geometrice complexe imposibil de realizat prin tehnologiile convenționale la un preț convenabil. De asemenea, această tehnologie a permis atât realizarea prototipurilor cât și fabricarea produselor funcționale într-un timp foarte scurt ceea ce a făcut posibilă optimizarea proceselor tehnologice de fabricare a produselor cât și partea economică a acestora.

În prezenta lucrare, prin studiul costurilor cu fabricația prin tehnologia FDM în comparație cu injecția în matriță s-a observat diferența dintre costurile celor două tehnologii, printarea 3D permițând să se varieze gradientul de umplere. În funcție de rolul funcțional al piesei, s-a obținut o reducere a costurilor, nemodificând rolul funcțional sau structural al piesei. De asemenea, în cadrul figurii 6 din lucrare, în funcție de costul dorit pentru produsul dat, producătorul poate să decidă cu ajutorul acestui grafic, ce gradient de umplere să folosească. Pe viitor acest model se poate aplica pentru o gama largă de produse, iar ulterior pentru obținerea unui model matematic generalizat.

7. Bibliografie

- [1]. Napoleon Andrei și Elena Drăgulănescu, *Elemente tehnologice pentru prelucrările prin așchiere*, Editura Bren, București.
- [2] <https://ro.scribd.com/doc/58704817/Procesul-de-injectie>, accesat la 23.03.2020
- [3] <https://ro.scribd.com/document/177736463/1-Stabilirea-%C5%9Fi-analiza-rolului-func%C5%A3ional-al-pieseii>, accesat la 23.03.2020
- [4] <https://mould.ro/matrițe-injecție/>, accesat la 23.03.2020
- [5] <https://ro.wikipedia.org/wiki/Polipropilen%C4%83>, accesat la 31.03.2020
- [6] <https://www.twi-romania.com/ce-facem/intrebari-frecvente-faq/ce-este-fabricatia-aditiva-additive-manufacturing>, accesat la 31.03.2020
- [7] <https://www.f64.ro/imprimanta-3d-zortrax-m300-plus-wi-fi-300x300x300-fff-125044580/p>, accesat la 31.03.2020
- [8] <https://zortrax.com/filaments/z-hips/>, accesat la 08.04.2020
- [9] <http://www.print3dbucuresti.ro/aplicatii-printare-3d/print-3d-productie-publicitara/>, accesat la 08.04.2020
- [10] <http://www.print3dbucuresti.ro/aplicatii-printare-3d/print-3d-productie-publicitara/>, accesat la 08.04.2020
- [11] https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Plastic_Mold.html?gclid=Cj0KCQjw7qn1BRDqARIsAKMbHDZPvxOaUXQ6qIa4yS-YqOMyRY-fmipWL8Kp4Hnx8BirkKp4G4yt3D0aAjR5EALw_wcB, accesat la 08.04.2020
- [12] <https://m.made-in-china.com/product/Pet-Bottle-Making-Preform-Injection-Molding-Machine-for-Pet-Bottles-874658355.html?fbclid=IwAR0T7yVZ4wFREzw1kaaVmTCp0ZB-fcMx-uE3NAIVrGE-PaMSB-Srgy9dWCs>, accesat la 23.03.2020

OPTIMIZATION OF A BUSINESS MANAGEMENT SYSTEM

ABUAYYASH Hosni, IBADOF Alin-Gabriel

Faculty: Industrial Engineering and Robotics, Specialization: Industrial Engineering,

Year: 2nd, E-mail: Hosni.ayyash@gmail.com

ABSTRACT: The aim of this paper is to embed knowledges of Modelling & Simulation, Economics and Databases into one application regarding business management system optimization to apply what we have learned and see the integrity of them together as a whole. This paper takes the idea of a business model that should help a business production line to operate efficiently and deliver better quality services to their customers by pointing a few concepts we have learned in the mentioned disciplines. The power of databases on the Cloud and the services of IBM's "Watson Studio" was used to present these papers. In order to reach our objective, we have simulated an interactive unit for a business production line where we needed to populate with data for a whole year so we can apply some analytical statistics in order to help the management of the business to take better decisions. [6], [7]

KEYWORDS: economics, business management, databases, optimization, PED

1. Introduction

The focus of this paper is a production line database which has been simulated to integrate the orders, stocks of raw materials and logistics, labour, suppliers, and sales to build a virtual model. By creating an algorithm to generate orders for one year for both production lines in this virtual model, we took in concern the integrity functions of the whole system by using SQL language. The purpose of this is to subtract reports of data for the whole year (employees, sales, costs, revenue, profits, taxes, and prices). The next step was to model a few views out of this data in order to show the management of this production line some economic aspects like salary checks based on the current Romanian system, the diverse sales taxes depending on the raw materials, highlighting the variable cost and fixed costs. And at last, Modelling & Simulation ideas were used to simulate sales for 23 years on Microsoft's Excel [8] and to connect it back to the relevant database where Python has been used to see the effect of changing the price on the quantity sold in purpose to increase the revenues by applying the concepts of economics "Price Elasticity of Demand" and "Revenue elasticity of Demand" through tables and graphs. Although the we have created on our own the database for the simulation, as well as the calculations, we needed to use an open-source code for Python to plot the graph (Price vs. Quantity) [4].

2. Modules

After carefully analysing a few small to middle-size business management systems we have gathered the required information for building our database which contains 16 main tables and another 8 auxiliary tables to help create the algorithm for populating the modelled database.

The stocks tables have been created to handle the raw materials needed in the production line as well as the logistics and housekeeping.

Connected to these stocks, are two lists of products offered for sale through an order table where the employees are placing the order by using a trigger that provides the ability to check the availability of raw materials in the stock and then subtracting these quantities from stocks and placing the equivalent quantities in a demanding table in advance for next week's order to the suppliers with the purpose of refilling the stock again to keep the flow of production. By the end of this operation, the mentioned trigger will assure the registering of the ordered product into the receipt table on the spot with the specific date and time.

The employee table has been created to hold information about name, salary, wage, position, address, IBAN, and the contact data. Again, this table is a part of a system that is connected with the objective of assuring the flow of production (placing orders, performing the production line's operation, receiving from supplier and of course managing the production system) while respecting a schedule determined by a check-in – check-out table (this table also helps to calculate the salaries at the end of each month).

Algorithms used for generating orders took in concern the spatial and human resources capacity on the location and the time related to the production and services provided day by day in a rational way where it can be that certain days are more busy than others, as well as a period of each day, and at last the season of the year. These algorithms use a different trigger to operate the orders because they need to randomize the mentioned times, which prevent using the regular trigger.

Implementation of this production line model was easier by using the knowledge gained throughout the Modelling & Simulation course where we have learned there is no perfect system, and always there will be a margin of error which we took in consideration while building our algorithms for populating the production database. The course also offered us the tools for modelling the data which is required to perform some analytical reports and applying, of course, few concepts we have learned in economics. We used this because our populated database performed a production operation just for one year while we needed data for many years in order to test the effect of changing the prices of the business unit on the quantity sold with the purpose of making the right decision and as a result making more revenue.

The output reports of the populated data in the production database have been established respecting the economic aspects (See Fig. 1)

- Price
- Cost
 - Fixed cost
 - Rent
 - Utilities
 - Salaries
 - Housekeeping
 - Variable cost
 - Raw materials
 - Tax of production line 1, 2
 - Error of production line 1, 2
- Revenue
 - Revenue production line 1, 2
- Profit

DATE	REVENUE_KITCHEN	COST_KITCHEN	TAX_KITCHEN	ERROR_KITCHEN	REVENUE_BAR	COST_BAR	TAX_BAR	ERROR_BAR	FIX_COST	PROFITE
2019-03-04	3017.00	956.9990	150.8500	120.52	2095.00	515.1400	361.2300	71.74	2099.654400	1822.166600
2019-03-05	3052.00	1069.4930	152.6000	153.96	2037.00	518.1600	348.2500	32.86	2099.654400	1701.702600
...										
2020-02-29	5258.00	1661.2680	262.9000	140.92	3881.00	924.4200	661.0900	84.10	2215.344000	4203.458000

Fig. 1. Sales Report

Revenue calculated:

$$\text{Revenue1} = \text{quantity sold1} * \text{price} \quad (1)$$

$$\text{Revenue2} = \text{quantity sold2} * \text{price} \quad (2)$$

Tax:

$$\text{Tax1} = \text{revenue} * 0.05 \quad (3)$$

$$\text{Tax2} = \text{revenue} * 0.19 \quad (4)$$

Profit:

$$\text{Profit} = \text{Revenue1} + \text{Revenue2} - \text{Variable cost} - \text{Fixed cost} - \text{Tax1} - \text{Tax2} \quad (5)$$

Fixed cost:

$$\text{Fixed cost} = \frac{((\text{utilities} + \text{rent} + \text{salaries} + \text{housekeeping cost}) \text{ per month})}{\text{no. of the month's working days}} \quad (6)$$

Cost is calculated by summing the cost of raw materials per unit produced. Price is established based on the list of products. Error cost is calculated by summing the cost of raw materials per unsold unit. Salaries have been calculated as the way done in the Romanian salary ticket (See Fig. 2).

	DATE	Name	Wage/Hour	No_hours	SALARY_BRUT	CASS	CAS	RETINUT	BAZA	IMPOZIT	REVINE
0	2019-03	Hosni Abuayyash	45.45	160	7272	727	1818	2545	4727	473	4254
1	2019-03	Alin Ibadof	32.95	176	5799	580	1450	2030	3769	377	3393

.....

14	2019-03	Anne Marie	15.91	168	2673	267	668	936	1737	174	1564
15	2019-03	Lionel Reeves	15.91	168	2673	267	668	936	1737	174	1564

Fig. 2. Salary tickets table

$$\text{Wage/Hour} = \frac{\text{salary per month}}{176 \text{ hours}} \quad (7)$$

$$\text{No_hours} = \sum \text{daily checked in and checked out hours} \quad (8)$$

$$\text{Salary_brut} = \text{wage/hour} * \text{no_hours} \quad (9)$$

$$\text{CASS} = \text{salary brut} * 0.10 \quad (10)$$

$$\text{CAS} = \text{salary brut} * 0.25 \quad (11)$$

$$\text{Retinut} = \text{CASS} + \text{CAS} \quad (12)$$

$$\text{BAZA} = \text{salary brut} - \text{retinut} \quad (13)$$

$$\text{Impozit} = \text{baza} * 0.10 \quad (14)$$

$$\text{Revine} = \text{baza} - \text{impozit} \quad (15)$$

Statistical description for the whole year sales report, shown in Fig. 3.

	REVENUE_KITCHEN	COST_KITCHEN	TAX_KITCHEN	ERROR_KITCHEN	REVENUE_BAR	COST_BAR	TAX_BAR	ERROR_BAR	FIX_COST	PROFITE
count	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000	363.000000
mean	3430.024793	1196.901116	171.501240	101.097576	2409.129477	580.623278	415.437631	56.368044	2230.845752	2085.285970
std	1032.893988	364.875792	51.644699	44.917280	734.397658	176.615029	128.332714	21.416697	71.777349	1047.968691
min	1305.000000	432.279000	65.250000	9.000000	1034.000000	238.590000	175.230000	16.400000	2106.654400	79.807000
25%	2915.500000	991.968500	145.775000	70.060000	2017.000000	476.240000	340.030000	40.745000	2210.344000	1662.206000
50%	3346.000000	1166.021000	167.300000	95.960000	2356.000000	570.250000	406.750000	55.350000	2226.344000	2016.666000
75%	3807.500000	1359.615000	190.375000	125.020000	2665.000000	645.650000	464.305000	69.755000	2324.033600	2373.504000
max	6472.000000	2393.219000	323.600000	289.060000	4943.000000	1185.230000	858.390000	156.360000	2337.033600	4978.933000

Fig. 3. Statistical report for sales

3. Price Elasticity of Demand (PED)

Price elasticity of demand is an economic measure of the change in the quantity demanded or purchased of a product in relation to its price change. [1]

We used the output data of our simulated business production line to estimate Price Elasticity of Demand and the Price Elasticity of Revenue. Therefore, because we have populated this simulation for one-year orders, it was required to model more data for another 22 years, where we have done the following:

- ⇒ Price: We have 18 items on the product list offered for sale from which we have taken the mean of the maximum and the minimum price;
- ⇒ Quantity sold: the output of the generated data was for one year, depending on counting the timestamp from each receipt. (See Fig. 4)



Fig. 4. Quantity Sold per month

The mentioned data has been moved through a Comma Separated Values file (.csv), and then by using a pivot table on Excel we got a summarization for the quantity sold each quarter of the year. Using this we have calculated the mean of those quarters and we plugged it to the top of a modelled table as the first quarter for the year 1997 followed with the mean price.

We decided the value 1.0124 for price percentage incrementation and we added to it the “Random” Excel built-in function multiplied with 0.5, multiplied again to a (-1,1) “Randombetween” function.

For quantity sold, the value 0.988 has been decided as a decremented percentage multiplied with the quantity from the modelled table in addition to “Randombetween(-1000,1000)” function. The output value was rounded to an accuracy of 0 decimals.

Both equations have been extended starting from the first season of 1997 until the last season of 2019, as well as containing the corresponding year and season number.

This table has been uploaded to the IBM’s Cloud, where our simulated production database is located.

At the end, the connection to IBM’s Watson Studio service was established where we used a Python notebook to perform some functions to display the concept of price elasticity of demand, through tables and graphs, the outputs shown in table of Fig. 5 and graph of Fig. 6.

	year	Quarter_x	QUANTITY	price
0	1997	1	17243	49.0000
1	1997	2	16425	49.1217
2	1997	3	15736	49.6059
3	1997	4	15526	50.5604
...
91	2019	4	5710	145.3714

Fig. 5. The generated model of the changing in price and quantity seasonally through 23 years

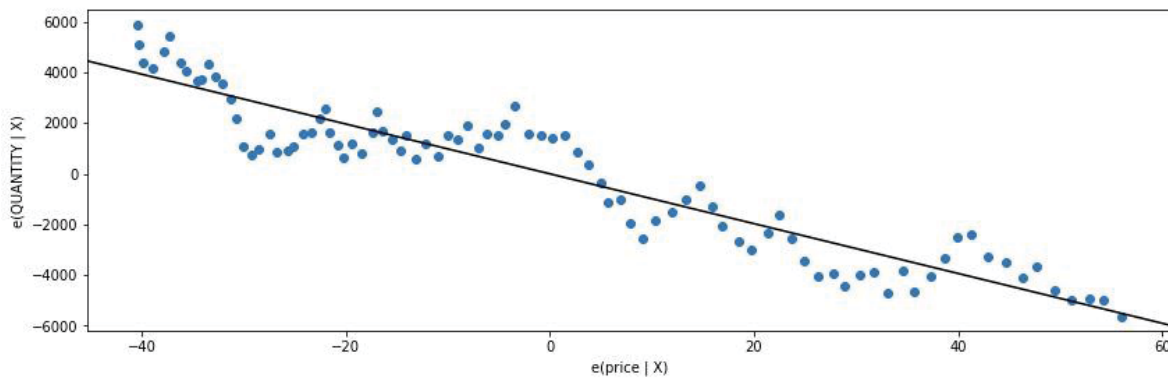


Fig. 6. Graphical representation of price corresponding to quantity

To demonstrate the concept of price elasticity of demand (PED) is required to calculate the price through equation (17)

$$PED = \frac{\%Q_{sold}}{\%P} = \frac{\frac{\Delta Q_{sold}}{Q_{soldo}}}{\frac{\Delta P}{P_0}} = \frac{\Delta Q_{sold}}{\Delta P} \cdot \frac{P_0}{Q_{soldo}} \quad (16)$$

After that, revenue has been calculated for each season using the following equation:

$$\text{Revenue} = \text{price} * \text{quantity sold} \quad (17)$$

The resulting revenue values have been added as a column to the table mentioned before. To find out the price elasticity of revenue (PER), we have used the following formula:

$$PER = \frac{\%R}{\%P} = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta P}{P_0}} = \frac{\Delta R}{\Delta P} \cdot \frac{P_0}{R_0} \quad (18)$$

Where “R” refers to the revenue and “P” refers to the price. The result is the following:

Date	QUANTITY	price	PED	Revenue	RED
1997-03-03	17243	49.0000	NaN	8.449070e+05	NaN
1997-06-02	16425	49.1217	-19.100555	8.068239e+05	-18.147994
1997-09-01	15736	49.6059	-4.255616	7.805984e+05	-3.297564
1997-12-01	15526	50.5604	-0.693557	7.850008e+05	0.293098
...
2019-12-02	5710	145.3714	-8.525656	8.300707e+05	-7.631373

Fig. 7. Price Elasticity of Demand and Revenue Elasticity of Demand along 23 years

5. Conclusion

Price elasticity of revenue is an important parameter like the price elasticity of demand. No matter what a production line business is, when there is a discussion about the revenue, any management in charge's desire is to choose the price that maximizes the revenue and consequently the profit. For this purpose, we have decided to describe the price elasticity of demand which is defined as the percentage change in price divided on the percentage change in quantity sold.

6. References:

- [1]. WILL KENTON (2020), Price Elasticity of Demand, <https://www.investopedia.com/terms/p/priceelasticity.asp>, Accessed on 07.05.2020
- [2]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Elasticity_\(economics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Elasticity_(economics)), Accessed on 07.05.2020
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Price_elasticity_of_demand, Accessed on 07.05.2020
- [4]. Susan Li (Sep 1, 2018), Price Elasticity of Demand, Statistical Modeling with Python, <https://towardsdatascience.com/calculating-price-elasticity-of-demand-statistical-modeling-with-python-6adb2fa7824d>, Accessed on 07.05.2020
- [5]. https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_cloud_computing, Accessed on 07.05.2020
- [6]. <https://www.ibm.com/cloud/db2-on-cloud/>, Accessed on 07.05.2020
- [7]. <https://www.ibm.com/cloud/watson-studio>, Accessed on 07.05.2020
- [8]. https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel, Accessed on 07.05.2020

7. Abbreviations

The following symbols are used in the work:

- PED = Price Elasticity of Demand
- PER = Price Elasticity of Revenue
- CASS = Contribuția de asigurări sociale
- CAS = Contribuția de asigurări sociale de sănătate
- Q_{sold} = Quantity Sold
- Q_{sold0} = Initial Quantity Sold

DIAGNOSTICAREA FINANCIAR-CONTABILĂ ȘI MĂSURAREA INDICATORILOR DE PERFORMANȚĂ PENTRU O SOCIETATE COMERCIALĂ DIN DOMENIUL IT

FINANCIAL-ACCOUNTING DIAGNOSIS AND MEASUREMENT OF PERFORMANCE INDICATORS FOR AN IT BUSINESS

DRĂGAN Silviu-Daniel

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
An de studii: IV, e-mail: dragandaniel97@yahoo.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Mădălin-Gabriel CATANĂ**

ABSTRACT: In this present paper, named "FINANCIAL-ACCOUNTING DIAGNOSIS AND MEASUREMENT OF PERFORMANCE INDICATORS FOR AN IT BUSINESS" was realised a partial diagnosis of the company's activities, focusing on financial-accounting and productivity growth. During the diagnosis, you can highlight the ways the company has evolved and identify the main issues leading to the performance level.

CUVINTE CHEIE: Indicatori de performanță, diagnosticare, rentabilitatea economică, rentabilitatea financiară, marja profitului brut.

1. Introducere

Procesul de diagnosticare reprezintă modalitatea de identificare a disfuncționalităților, identificarea cauzelor acestora și modalitățile prin care se poate îmbunătăți performanțele organizației analizate.

Diagnosticarea se află în strânsă legătură cu strategiile de dezvoltare ale companiilor, cunoscute ca totalitatea acțiunilor și proceselor decizionale pentru identificarea celor mai optime variante referitoare la obiective, resurse, tehnici de evoluare.

În vederea realizării prezentei lucrări s-a ales societatea S.C. CLASS IT OUTSOURCING S.R.L, care activează în domeniul IT. Încadrarea firmei în obiectul de activitate se face în „activități de realizare a soft-ului la comandă – software orientat client (cod CAEN 6201)”, această clasă incluzând activități de scriere (programare), modificare, testare și asistență privind produsele software [3].

Principalele servicii pe care compania le oferă clienților sunt: suportul pentru utilizatori atât la sediul clienților, cât și de la distanță 24/7 prin intermediul sistemului de ticketing, suportul și administrarea serverelor și comunicațiilor, servicii de securitate, servicii de audit IT [3].

2. Stadiul actual

În prezent, activitățile desfășurate de compania S.C. Class It Outsourcing S.R.L. sunt realizate în mod coerent și au scopul exclusiv de a crește profitabilitatea și performanța companiei. Astfel că, cu ajutorul diagnosticării propuse, se dorește identificarea nivelului de performanță și creșterea semnificativă a productivității companiei. Se vor studia diagnosticarea financiar-contabilă și măsurarea indicilor de performanță cu ajutorul unei serii de indicatori contabili, pe o perioadă de 2 ani [3].

3. Diagnosticarea financiar-contabilă și măsurarea indicatorilor de performanță

Pentru realizarea unei comparații în ceea ce privește activitatea companiei în anii anteriori, s-a realizat selectarea unei serii de indicatori financiar-contabili, pe o perioadă de 2 ani, 2017 și 2018, care au fost selectați din bilanțul contabil corespunzător fiecărui an.

3.1. Sintetizarea și prezentarea bilanțului contabil

Sintetizarea bilanțului pe anul 2018 se poate face astfel:

Tabel 1. Bilanțul contabil sintetizat (2018)

Indicatori	Simbol	Valoare absolută
1.Cifra de afaceri	CA	23 637 829 lei
2.Profit brut	Pb	7 857 809 lei
3.Profit net	Pn	6 559 863 lei
4.Active imobilizate	Ai	2 026 388 lei
5.Active circulante	Ac	12 549 318 lei
6.Stocuri	S	209 207 lei
7.Creanțe	C	10 139 673 lei
8.Casa și conturi bănci	Cc	2 200 438 lei
9.Capital propriu	Cp	7 814 490 lei
10.Capital social	Cs	200 lei
11.Datorii	Dat	4 796 376 lei

Ținându-se cont de elementele prezente în bilanț se va realiza compararea valorii acestora pe perioada de referință formată din anii 2017 și 2018 și interpretarea modificărilor care apar [3].

La nivel de active imobilizate se poate observa o scădere a valorii acestora, de la valoarea de 2 761 488 lei înregistrată la sfârșitul anului 2017, la valoarea de 2 026 388 înregistrată la sfârșitul anului 2018. Valoarea imobilizărilor financiare a scăzut în anul 2018 cu un procent de 36,27% comparativ cu anul 2017, datorită faptului că a scăzut valoarea acțiunilor proprii deținute pe termen lung [3].

Raportul dintre totalul activelor imobilizate și totalul activ determină rata activelor imobilizate, reprezentată în procente, conform tabelului următor:

Tabel 2. Calculul ratei activelor imobilizate

Anul	Calculare rata active imobilizate
2017	$RAi = \frac{2\,761\,488}{9\,774\,037} * 100 = 28,2 \%$
2018	$RAi = \frac{2\,026\,388}{14\,575\,706} * 100 = 13,9 \%$

Se poate observa o scădere de 14,3 % în ceea ce privește calculul ratelor aferente activelor imobilizate pentru anii 2017 și 2018, datorită scăderii activelor imobilizate.

Valorile activelor circulante ale companiei au înregistrat creșteri semnificative ajungând de la valoarea de 7 012 549 lei în anul 2017 la valoarea de 12 549 318 în anul 2018. De asemenea, apar creșteri și în cazul stocurilor, de la valoarea de 127 547 lei la valoarea de 209 207 lei, a creanțelor, prin creșterea de la valoarea de 4 672 660 lei la valoarea de 10 139 673 lei, precum și creșteri ale disponibilului din casă și bănci de la valoarea de 2 212 342 lei la valoarea de 2 200 438 lei.

Raportul dintre activele circulante totale și totalul activ reprezintă rata activelor circulante și se poate reprezenta în tabelul următor: [1]

Tabel 4. Calculul ratei activelor circulante

Anul	Calcul rata activelor circulante
2017	$RAC = \frac{7\,012\,549}{9\,774\,037} * 100 = 71,7 \%$
2018	$RAC = \frac{12\,549\,318}{14\,575\,706} * 100 = 86 \%$

Se observă o creștere de 14,3 % în ceea ce privește calculul ratelor activelor circulante pentru anii 2017 și 2018, care se datorează majorării activelor circulante [1,2].

Valoarea pe care capitalul propriu o înregistrează la data de 31.12.2017 este de 6 391 564 lei, iar valoarea pe care capitalul propriu o înregistrează la data 31.12.2018 este de 9 814 490 lei, creșterea acestuia fiind de 3 422 926 lei. [3]

La nivel de datorii, compania a înregistrat o creștere a acestora, de la valoarea de 3 362 564 lei la valoarea de 4 796 376 lei, datorate majorării valorii datoriilor către furnizori de la valoarea de 2 800 243 lei la valoarea de 4 006 719 lei, precum și datoriile către bugetul statului care au crescut de la valoarea de 562 321 lei la valoarea de 789 657 în anul 2018. [3]

Veniturile înregistrate de societatea S.C. Class IT Outsourcing S.R.L. în anul 2017 sunt de 14 377 034 lei, iar cele înregistrate în anul 2018 sunt de 24 982 783 lei [3].

Cheltuielile înregistrate de societatea S.C. Class IT Outsourcing S.R.L. în anul 2017 sunt de 10 640 727 lei, iar cele înregistrate în anul 2018 sunt de 17 124 497 lei.

S.C. Class IT Outsourcing S.R.L. a înregistrat o creștere a cheltuielilor de 6 483 770 lei, datorată creșterii cheltuielilor cu personalul de la valoarea de 5 325 177 lei la valoarea de 10 358 201 lei, a cheltuielilor cu amortizările de la valoarea de 335 478 lei la valoarea de 758 364, precum și a cheltuielilor executate de terți de la valoarea de 4 980 072 lei la valoarea de 6 007 932 lei. [3]

3.2. Măsurarea indicatorilor de performanță

Activitatea companiei poate fi astfel stabilită prin calcularea unor indicatori ce stabilesc nivelul de performanță al companiei din punct de vedere economico-financiar, fiind împărțiți în mai multe grupe:

a) *Indicatori de activitate (eficiența firmei în realizarea sarcinilor, cât de eficient este gestionat capitalul și activele pe termen lung).*

1. *Viteza de rotație a activelor imobilizate*, obținută prin raportul dintre cifra de afaceri și activele imobilizate, conform tabelului următor:

Tabel 5. Viteza de rotație a activelor imobilizate

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$VRA_i = \frac{13\,927\,938}{2\,761\,488}$	5,04 rotații
2018	$VRA_i = \frac{23\,637\,829}{2\,026\,388}$	11,66 rotații

Acest indicator reprezintă numărul de rotații efectuate de activele imobilizate pentru realizarea cifrei de afaceri. De asemenea, se evaluează eficiența managementului activelor imobilizate, prin intermediul valorii cifrei de afaceri generate prin exploatarea acestora [1,2].

2. *Viteza de rotație a activelor circulante*, determinată prin raportul dintre cifra de afaceri și activele circulante, conform tabelului următor:

Tabel 6. Viteza de rotație a activelor circulante

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$VR_{Ac} = \frac{13\,927\,938}{7\,012\,549}$	1,98 rotații
2018	$VR_{Ac} = \frac{23\,637\,829}{12\,549\,318}$	1,88 rotații

Acest indicator exprimă eficiența cu care sunt folosite activele circulante ale firmei.

3. *Viteza de rotație a activului total*, determinată prin raportul dintre cifra de afaceri și activele totale, conform tabelului următor:

Tabel 7. Viteza de rotație a activului total

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$VR_{At} = \frac{13\,927\,938}{9\,774\,037}$	1,42 rotații
2018	$VR_{At} = \frac{23\,637\,829}{14\,575\,706}$	1,62 rotații

Indicatorul determină eficiența managementului activelor totale, prin intermediul valorii cifrei de afaceri generate de activele firmei [1,2].

b) *Indicatori de lichiditate (capacitatea companiei de a-și îndeplini obligațiile pe termen scurt):*

1. *Lichiditatea curentă (Lc, care se determină prin raportul dintre active circulante și datorii:*

Tabel 8. Lichiditatea curentă

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$L_c = \frac{7\,012\,549}{3\,362\,741}$	2,08
2018	$L_c = \frac{12\,549\,318}{4\,796\,376}$	2,61

Valoarea recomandată a acestui indicator este în jurul valorii 2, o valoare mai mare reprezentând o lichiditate mai mare a companiei, adică o capacitate mai mare a companiei de a-și îndeplini datoriile pe termen scurt [1,2].

2. *Lichiditate imediată (Li), care se obține ca raport între activele totale, în afară de stocuri, și datoriile curente, conform tabelului anterior:*

Tabel 9. Lichiditatea imediată

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$L_i = \frac{7\,012\,549 - 127\,547}{3\,362\,741}$	2,04
2018	$L_i = \frac{12\,549\,318 - 209\,207}{4\,796\,376}$	2,57

Valoarea recomandată pentru acest indicator este de 0,8. Valoarea obținută fiind mai mare, reprezintă un nivel mai mare de lichiditate [1,2].

c) *Indicatori de solvabilitate (ponderea de creanțe din capitalul companiei, gradul de adecvare al câștigurilor și al fluxului de numerar pentru a acoperi cheltuielile).*

1. *Rata solvabilității generale, care se obține ca raport între activele totale și datoriile totale, astfel:*

Tabel 10. Rata solvabilității generale

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$R_s = \frac{9\,774\,037}{3\,362\,741}$	2,90
2018	$R_s = \frac{14\,575\,706}{4\,796\,376}$	3,03

Această rată măsoară riscul de incapacitate de plată a datoriilor companiei. Valoarea acestui indicator trebuie să fie supraunitară, sugerând faptul că firma își poate plăti datoriile la scadență. Dacă rezultatul este o valoare subunitară, înseamnă că firma se află în situație de insolvență [1,2].

2. *Gradul de îndatorare generală*, obținut prin raportarea datoriilor totale la capitalul propriu, conform tabelului următor:

Tabel 11. Lichiditatea curentă

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$Gig = \frac{7\,012\,549}{3\,362\,741}$	2,08
2018	$Gig = \frac{12\,549\,318}{4\,796\,376}$	2,61

Cu cât valoarea acestui indicator este mai mare, cu atât solvabilitatea este mai scăzută [1, 2].

d) *Indicatori de profitabilitate (capacitatea unei companii de a genera profituri din capitalul investit).*

1. *Marja profitului brut*, calculată ca raport între profitul brut și cifra de afaceri, astfel:

Tabel 12. Marja profit brut

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$Mpb = \frac{3\,736\,307}{13\,927\,938}$	0,26
2018	$Mpb = \frac{7\,857\,809}{23\,637\,829}$	0,33

Acest indicator arată procentul de venituri disponibile pentru a acoperi cheltuielile [1].

2. *Rentabilitatea economică*, determinată cu ajutorul raportului dintre profitul net și activele totale, conform tabelului următor:

Tabel 13. Rentabilitatea economică

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$Re = \frac{3\,180\,628}{9\,774\,037}$	0,32
2018	$Re = \frac{6\,599\,863}{14\,575\,706}$	0,45

Acest indicator măsoară randamentul obținut de companie pe baza activelor sale. Cu cât valoarea este mai mare, cu atât este generat mai mult profit de un anumit nivel de activitate [1].

3. *Rentabilitatea financiară*, obținută prin raportul dintre profitul net și capitalurile proprii, astfel:

Tabel 14. Rentabilitate financiară

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$Rf = \frac{3\,180\,628}{6\,391\,564}$	0,49
2018	$Rf = \frac{6\,599\,863}{9\,814\,490}$	0,67

Acest indicator măsoară randamentul obținut de companie pe baza capitalului propriu. Un nivel mare al indicatorului reprezintă o investiție mică a acționarilor, care a fost transformată într-un profit mai mare [1].

4. *Rata profitului*, calculată cu ajutorul raportului dintre profitul net și venituri, exprimată procentual astfel:

Tabel 15. Rata profitului

An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$Rp = \frac{3\,180\,628}{14\,377\,034} * 100$	22%
2018	$Rp = \frac{6\,599\,863}{24\,982\,783} * 100$	26%

Se poate observa o creștere de 4% a profitului de la anul 2017 la anul 2018, acest lucru reprezentând faptul că nivelul societății se află în creștere [1].

5. *Efectul de pârghie (EP)*, obținut cu ajutorul raportului dintre active totale și capitaluri proprii (tabelul 16). Se poate observa o scădere a acestui indicator, de aproximativ 0,85, cauza acesteia fiind creșterea capitalului propriu în anul 2018, fiind diminuată apelarea la resurse suplimentare [1].

6. *Rata utilizării activelor (RUA)*, calculată prin raportul dintre venituri totale și active totale conform tabelului 17:

Tabel 16. Efectul de pârghie			Tabel 17. Rata utilizării activelor		
An	Mod de calcul	Rezultat	An	Mod de calcul	Rezultat
2017	$Ep = \frac{9\,774\,037}{6\,391\,564}$	1,52	2017	$RUA = \frac{14\,377\,034}{9\,774\,037}$	1,47
2018	$Ep = \frac{6\,599\,863}{9\,814\,490}$	0,67	2018	$RUA = \frac{24\,982\,783}{14\,575\,706}$	1,71

Valorile ratei de utilizare a activelor în perioada analizată înregistrează valori apropiate, observându-se o creștere de 0,24 în anul 2018, față de anul 2017 [1].

4. Concluzii

Rezultatele diagnosticării financiar-contabile a companiei S.C. Class IT Outsourcing S.R.L. evidențiază faptul că din punct de vedere a elementelor bilanțului contabil, în majoritatea cazurilor, pot fi observate creșteri ale valorilor parametrilor considerați.

Societatea se bucură de o ascensiune considerabilă, cifra de afaceri și profitul net înregistrate în anul 2018 sunt considerate rezultatul unor activități bine executate, precum și factorii care pot contribui pe viitor la un nivel crescut de productivitate și la o bună susținere financiară a tuturor activităților ce urmează a fi efectuate.

În ceea ce privește măsurarea indicatorilor de performanță ai companiei se observă faptul că valorile înregistrate sunt situate în jurul valorilor medii admise sau peste aceste valori, ceea ce demonstrează faptul că societatea se bucură de un succes considerabil și de un nivel ridicat al performanței, fiind sesizate creșteri considerabile în anul 2018 față de anul 2017.

Această evoluție este reprezentată grafic în figurile 1, 2 și 3:



Fig. 1. Capitalul propriu al societății

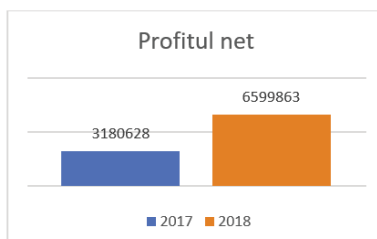


Fig. 2. Profitul net al societății

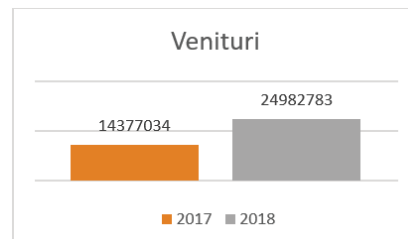


Fig. 3. Veniturile societății

5. Bibliografie

- [1]. DOICIN, C. (2009), Analiza economică în inginerie, Ed. BREN, București, ISBN 9789736488429
 [2]. DOICIN, C. (2009), Analiza proiectelor de investiții în inginerie, Ed. BREN, București; ISBN 9789736488535
 [3]. www.startechteam.ro. Accesat la data: 20/02/2020

MODELAREA UNOR LANȚURI ULTRASONICE CU VIBRAȚII TORSIONALE PENTRU DIVERSE APLICAȚII

MODELING OF ULTRASONIC CHAINS WITH TORSIONAL VIBRATIONS FOR VARIOUS APPLICATIONS

ȘOAGHER Ionuț-Ovidiu, CREȚU Raluca

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Nanotehnologii și Sisteme Neconvenționale, Anul de studii: 4, e-mail: creturaluca22@yahoo.com

Conducător științific: Prof.Dr.ing **Daniel GHICULESCU**

ABSTRACT: The paper presents existing theoretical and practical considerations regarding the transformation of longitudinal ultrasonic waves into torsional waves using helical horns, with various geometries, integrated in ultrasonic chains with usual transducers for longitudinal waves. Applications of torsional ultrasonic waves in several fields are also presented, highlighting their advantages related to surface geometry and kinematics required in assisted processes. Several variants of horns were modeled and the propagation of ultrasonic waves was simulated within them, using finite element analysis with the dedicated program, Comsol Multiphysics. The influence of the geometric elements of the horns on the amplification of the oscillations and on the own frequency was studied, in order to obtain the resonance condition necessary for the achievement of the ultrasonic chains.

CUVINTE CHEIE: lanțuri ultrasonice, unde torsionale, modelare, simulare, elemente finite.

1. Introducere

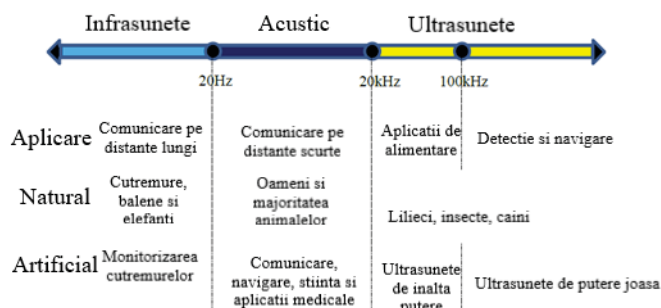


Fig. 1 Clasificarea undelor sonore [1]

vibrație, undele sunt de mai multe tipuri, printre care cele *longitudinale* și *torsionale* (Fig.2).

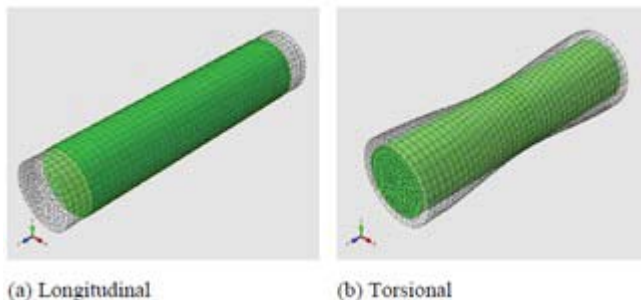


Fig.2 Tipuri de unde [1]

variantă).

„Ultrasonic”(US) este un termen care face referire la aplicarea undelor sonore, în transportul energiei mecanice mai mare decât pragul sonor. Acesta este considerat, uzual, 20kHz. Numărul de secvențe repetate per unitate de timp reprezintă frecvența care poate fi utilizată pentru a clasifica undele sonore (Fig 1). Așadar, cuvântul „ultrasonic” se folosește ca termen scurt pentru orice echipament ce utilizează unde ultrasonice. Având în vedere modul de

Aceste tipuri de unde sunt obținute prin utilizarea - unei *instalații mecanice* de producere a undelor ultrasonice, când energia primară folosită este aceea mecanică (metodă cunoscută pentru producerea frecvențelor ultrasonice de până la 30 kHz, prin utilizarea *fluierului Galton*);
- unei *instalații electro-acustice*, la care energia primară folosită pentru producerea vibrațiilor mecanice este *energia electrică* (cea mai folosită

2. Stadiul actual privind lanțurile ultrasonice care generează vibrații torsionale

Transductorul ultrasonic este elementul care transformă cu randament impus energia primară (electrică) în energie acustică.

Concentratorul ultrasonic permite ca energia acustică să fie concentrată într-un volum mai mic și să se obțină unde ultrasonice de intensități ridicate; face legătura între transductor și obiectul de transfer (scula) cu scopul de a mări amplitudinea de oscilație și de a asigura un acord de impedanță între transductor și sarcina din spațiul de lucru.[2]. Cel mai folosit tip de transductor piezoelectric, se numește transductor Langevin și uneori este sub forma unui “sandwich” Fig 3.

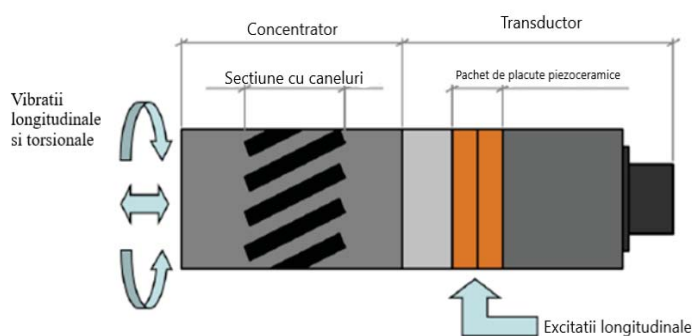


Fig. 3 Schema de degenerare a vibrațiilor longitudinale într-un transductor sandwich. [1]

conică [2]

Structura complexă a concentratorului are un miez solid uniform și fantele profilate elicoidale înfășurate pe o suprafață conică. Sunt evidențiate forțele și momentele care acționează asupra concentratorului în timpul funcționării.[1]

3. Aplicații ale vibrațiilor torsionale

Vibrațiile longitudinale și torsionale (LT) sunt utilizate în multe aplicații industriale pentru a îmbunătăți performanța. Aplicații precum: prelucrarea găurilor și microgăurilor cu axa longitudinală curbă; sudarea cu ultrasunete[6]; foraj (gaurire) cu ultrasunete[8], motoarele cu ultrasunete, disecția cu ultrasunete[6].

De asemenea, introducerea mișcării torsionale în forajul cu ultrasunete poate îmbunătăți considerabil procesul de foraj. Se raportează că mișcarea pe traiectorie elicoidală, care se obține prin această cuplare vibrațională, poate crește cuplul în motoarele cu ultrasunete și poate spori rezistența și uniformitatea lipirii la sudarea cu ultrasunete

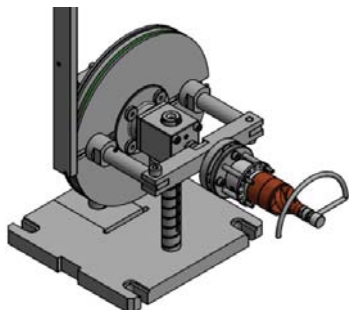


Fig. 4 Echipament pentru Prelucrarea găurilor și microgăurilor curbe [3]

Echipamentul pentru prelucrarea găurilor și microgăurilor cu axa longitudinală curbă este prezentat în fig.4. Acesta execută vibrații torsionale în jurul axei longitudinale care coincide cu axa de rotație a roții conducătoare [3].

Echipamentul pentru strunjirea interioară[4] prezintă un lanț ultrasonic, iar aplicarea vibrațiilor torsionale permite reducerea forțelor de așchiere și creșterea preciziei de prelucrare prin reducerea deformațiilor sistemului tehnologic.

Electrodul-sculă este montat la capătul unui lanț ultrasonică, în care se produc vibrații torsionale transformate din cele longitudinale.

4. Etape de modelare cu metoda elementelor finite

Modelul matematic are ca punct de plecare, relațiile de mai jos pentru un concentrator de formă simplă. Astfel, pentru concentratorul în trepte, după Merkulov și Kharitonov [2], pentru a avea amplificarea K ,

$$K = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (1)$$

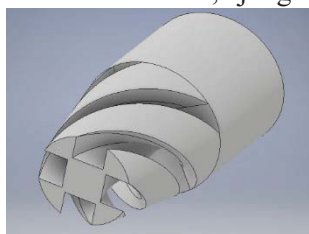
unde D_1 și D_2 sunt diametrele de intrare și de ieșire ale concentratorului, lungimile treptelor l_1 și l_2 ale concentratorului trebuie să satisfacă relațiile:

$$l_1 = 1,5 / \alpha \quad [\text{m}] \quad (2)$$

$$l_2 = 1,6 / \alpha \quad [\text{m}] \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [\text{m}] \quad (4)$$

Numărul de undă α din relațiile (2) și (3) este $\alpha = 2\pi / \lambda$ unde: λ este lungimea de undă; c - viteza sunetului în materialul concentratorului; f - frecvența; E - modulul de elasticitate; ρ - densitatea materialului. În cadrul modelării (v. parametrii modelelor, etapa 1 la modelul creat integral în Comsol), a fost modificată geometria concentratoarelor, ajungându-se la variantele prezentate în continuare.



Model 3D

modelul, alegând spațiul 3D.

Etapele modelării sunt prezentate în continuare:

Modelarea geometrică a fost abordată în programul Inventor, unde se realizează forma secțiunii concentratorului, raza acestuia, conicitatea și lungimea acestuia. Construirea concentratorului s-a realizat în funcție de secțiunea și diametrul acestuia. Determinarea frecvenței proprii a concentratorului și simularea funcționării acestuia s-a realizat în programul Comsol Multiphysics. Se alege spațiul de lucru, urmând să se importe Fig.5

Pasul următor este selectarea modului de calcul, Solid Mechanics, Eigenfrequency (Fig.6). În etapa următoare se alocă materialul din meniul Materials.

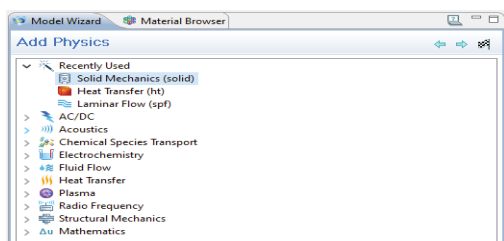


Fig.6 Selectarea modului de calcul

Selectarea frecvenței în meniul Eigenfrequency unde putem selecta și numărul de frecvențe căutate. Rularea programului și apoi selectarea frecvenței astfel încât concentratorul să nu se înconvoaie (vibrații transversale) în modul de vibrație selectat. În figura 7 se prezintă discretizarea unui model. În final se vizualizează rezultatele și simulează funcționarea concentratorului, utilizând facilitatea "Play". Aceasta simulează modul de vibrație și afișează pe lângă frecvența proprie și amplificarea la diverse momente de timp (Fig.8).

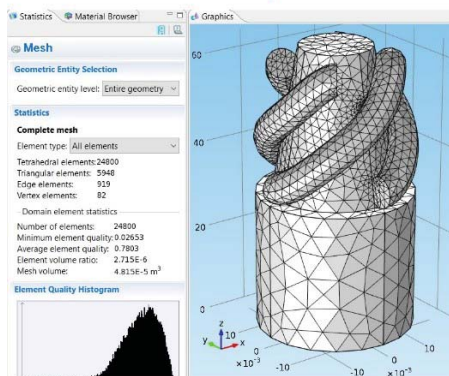


Fig.7. Statistica discretizării pentru modelul creat integral în Comsol

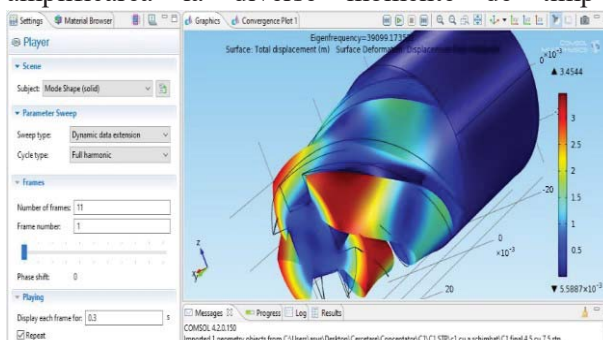
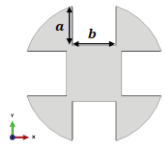
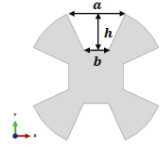
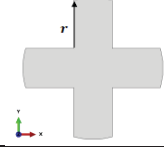
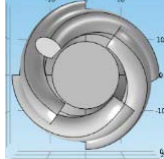


Fig.8. Simularea modului de vibrație prin facilitatea "Play"

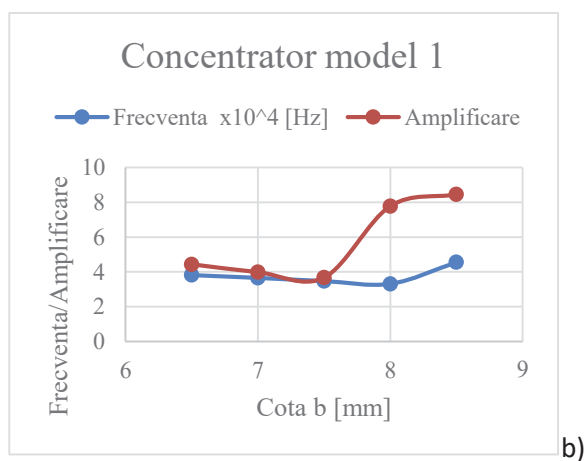
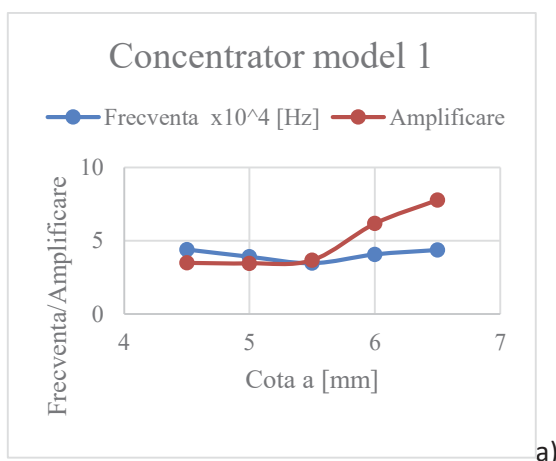
5. Rezultatele modelării cu metoda elementelor finite:

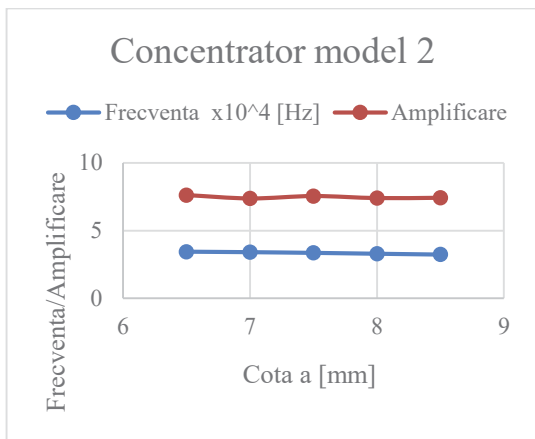
În tabelul 1 sunt prezentate în sinteză, rezultatele în urma simulării modelelor realizate:

Tabelul 1. Rezultatele obținute la modelarea concentratoarelor

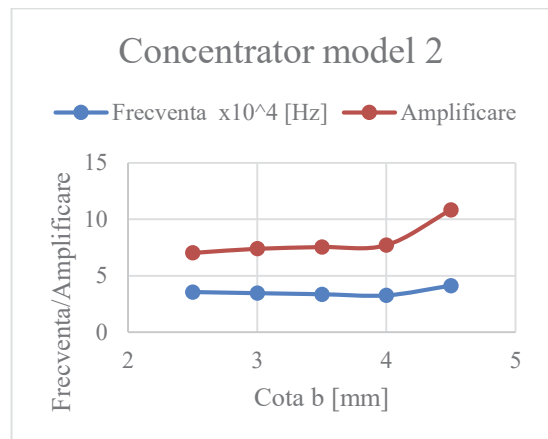
Nr. crt	Secțiune transversală model	Cote	Frecvența [Hz]	Amplificarea maximă
1.		a=5.5mm b=8.5mm Geometrie modelată în Inventor și importată în Comsol	45547	8.4526
2.		a=7,5mm b=4,5mm h=7mm Geometrie modelată în Inventor și importată în Comsol	41242	10.8420
3.		r=7 mm Geometrie modelată în Inventor și importată în Comsol	46021	8.8843
4.		K=0.10; raportul dintre raza mare și mică a conului, Geometrie creată și modelată integral în Comsol	45831	7.2527

Graficele de variație ale frecvenței și amplitudinii pentru cele 4 modele, în funcție de parametrii geometrici ai secțiunii transversale sunt prezentate în figura 9 (a-g):

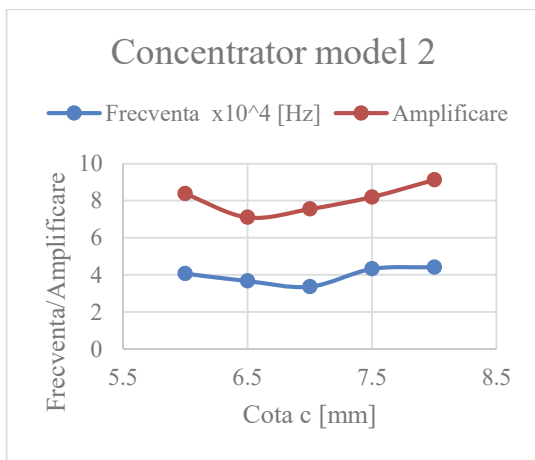




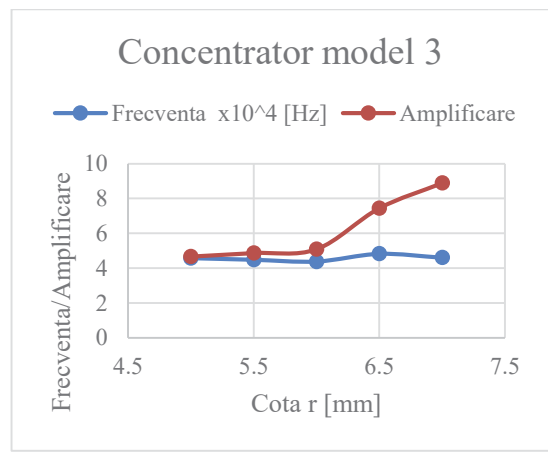
c)



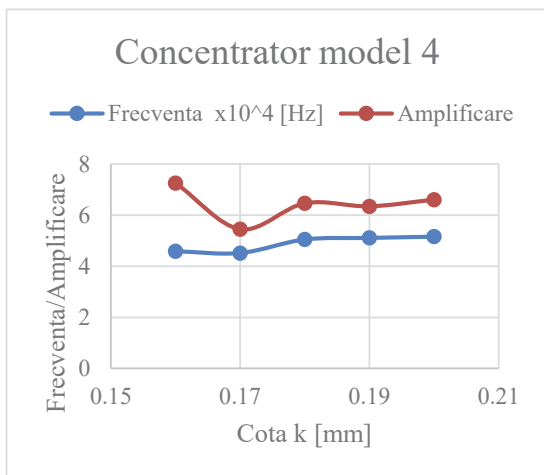
d)



e)



f)



g)

Din analiza graficelor privind influența parametrilor geometrici ai secțiunii transversale asupra variației frecvenței proprii și amplitudinii se observă următoarele:

- La modelul 1, creșterea cotei a determină o creștere a amplificării; frecvența proprie se menține relativ constantă, cu o ușoară creștere, determinată de condiția ca modul de vibrație al concentratorului să nu implice și vibrații transversale, ci numai torsionale – condiție verificată la fiecare model, cu facilitatea de animație *play*; , variația cotei b , presupune o creștere a amplificării;

La modelul 2, care implică trei parametri geometrici, creșterea cotei a nu modifică substanțial amplificarea, în schimb, creșterea cotei b determină, creșterea semnificativă a amplificării, atingându-se, valoarea maximă în cazul acestui model; la cota c , înălțimea trapezului se obține o amplificare maximă la valorile extreme ale acestui parametru.

În ceea ce privește, influența asupra frecvenței proprii, creșterea parametrului a determină o evoluție relativ constantă a frecvenței proprii; creșterea parametrului b determină o creștere a frecvenței proprii, iar în ceea ce privește cota c se obține valori relative mari la capetele intervalului de variație.

La modelul 3, creșterea parametrului r presupune, amplificarea concentratorului, în timp ce frecvența proprie se menține relativ constantă;

La modelul 4, prin variația parametrului k care reprezintă raportul dintre razele conului pe care se înfășoară cele patru elice poziționate la un unghi de 90 pe circumferința conului, amplificarea maximă, se obține la valoare mică a parametrului k și valori mai mari odată cu creșterea acestui parametru; frecvența proprie a concentratorului crește odată cu mărirea parametrului k .

5. Concluzii

1. A fost abordată modelarea concentratoarelor ultrasonice, integrate în lanțurile ultrasonice care prezintă transductoare uzuale care produc vibrații longitudinale și care sunt transformate în vibrații torsionale de către concentratoare - varianta mai puțin costisitoare decât utilizarea transductoarelor cu vibrații torsionale.

Lucrarea subliniază importanța vibrațiilor torsionale, prin prezentarea aplicațiilor acestui tip de vibrații ultrasonice în cazuri cum sunt: realizarea găurilor și microgăurilor cu axă longitudinală curbă și a suprafețelor elocoidale prin electroeroziune, asistarea prelucrărilor prin așchiere, sudarea suprafețelor, chirurgie, foraj etc.

Se evidențiază complexitatea geometriei concentratoarelor, a căror realizare practică presupune o etapă premergătoare de modelare computerizată cu metoda elementelor finite în vederea obținerii condiției de rezonanță. Aceasta este condiția de funcționare a lanțurilor ultrasonice, care presupune egalarea frecvenței proprii a concentratorului cu aceea a transductorului.

Parametrii geometrici ai secțiunii transversale, care este baleiată pe o elice, înfășurată pe o suprafață conică influențează decisiv amplificarea oscilațiilor realizată de concentrator și frecvența proprie a acestuia. Modelarea cu elemente finite în Comsol Multiphysics furnizează valorile pentru amplificarea maximă și frecvența proprie și parametrii constructivi pentru realizarea concentratoarelor.

6. Bibliografie

- [1] Al-Budairi H.D., *Design and analysis of ultrasonic horns operating in longitudinal and torsional vibration*, PhD thesis., UK, 2012, disponibil la <http://theses.gla.ac.uk/3851/>, accesat la: 6.04.2020
- [2] Marinescu N.I., Ghiculescu, D. s.a. Tehnologii cu oscilații ultrasonice, Printech, București, 2019.
- [3] Ghiculescu L.D., Marinescu N.I., Alupei O.D., Popa L., *Echipament pentru prelucrarea găurilor și microgăurilor curbe prin electroeroziune asistată de ultrasunete*, Brevet 2016, disponibil la: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057351231/publication/RO131489A0?q=ghiculescu> accesat la: 6.04.2020
- [4] Ghiculescu L.D., Marinescu N.I., Alupei O.D., Popa L., *Echipament pentru prelucrarea suprafețelor elicoidale prin electroeroziune asistată de ultrasunete*, Brevet, 2016, disponibil la <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/057351257>, accesat la: 6.04.2020
- [5] Ionescu, N., *Nanotehnologii pentru fabricarea produselor*, curs, master INPN, anul I, 2019, disponibil la: <https://fiir.curs.pub.ro/2019/>, accesat la: 6.05.2020.
- [6] Ding H.J.; Fu H.; Jiang F.; Ma Y.; Zhao Q.; Zhao W., *Ultrasonic torsional vibration deep hole boring device*, Brevet, 2007, disponibil la: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/050219359/>, accesat la: 26.04.2020
- [7] Mackool R, James Y.C., *Torsional Ultrasound Hand Piece That Eliminates Chatter*, Brevet, 2006, disponibil la <https://patents.google.com/patent/US20100324581A1/en>, accesat la: 26.04.2020
- [8] K. Ragulskis, K. Kanapeckas, R. Jonušas, K. Juzėnas, *Applications of torsional vibrations for vibro-drilling operations*, Brevet, 2011, disponibil la: <http://mechanika.ktu.lt/index.php/Mech/article/view/726> accesat la: 26.04.2020.

DEZVOLTAREA UNEI PLATFORME ONLINE PENTRU CONTORIZAREA LOCURILOR DE PARCARE DISPONIBILE ÎN PROXIMITATEA UNEI LOCAȚII

DEVELOPMENT OF AN ONLINE PLATFORM FOR MEASURING AVAILABLE PARKING SPACES NEAR A LOCATION

VLĂDOI Vasile-Bogdan

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
An de studii: IV, e-mail: vlbogdan@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Mădălin-Gabriel CATANĂ**

ABSTRACT: In this paper, we can see how to build and test a piece of equipment connected to the data care base that ensures the efficiency of how to locate a place of care in the desired area. The equipment is integrated in a virtual platform for the care of data and information about the Arduino UNO board and uses several sensors from the same board to detect their presence or absence with vehicles in a place of care. The care data will be collected after counting the parking spaces will be hosted on an online WAMP platform, and the entire communication of the hardware and the online application is food for the data network.

CUVINTE CHEIE: Locuri de parcare, Arduino UNO, platforma online, senzori, bază de date.

1. Introducere

În decursul ultimilor ani numărul automobilelor a crescut foarte mult, astfel găsierea și parcare a autovehiculelor a devenit foarte complicată deoarece timpul petrecut pentru astfel de acțiuni este un timp pierdut. Găsierea unui loc de parcare în marile orașe este destul de grea, de multe ori, după ce ai scos mașina pe stradă deja te gândești, "Bun, dar unde o să las mașina?".

De multe ori, conducătorii auto mergând la o anumită parcare, observă că toată este plină, absolut nici un loc nu este disponibil. Acest lucru îl face să caute o altă parcare, să piardă timp și să mai consume și combustibil din care rezultă destul de mult dioxid de carbon (CO₂).

Pentru a beneficia de un transport mai eficient este necesar pentru a implementa un sistem de monitorizare a parcarilor. Acesta poate oferi acces în permanență la un site WEB cu mai multe detalii despre locurile de parcare, toate acestea având ca scop diminuarea consumului de carburant și respectiv eliminarea noxelor.

Motivul care m-a împins să fac această cercetare a fost unul destul de simplu. și eu sunt șofer și de multe ori pășesc să nu găsesc absolut nici un loc liber de parcare la nevoie. Și totuși, trebuie să conștientizăm că orașele trebuie să fie într-o continuă modernizare.

Astfel, tema cercetării constă în dezvoltarea unui sistem care să faciliteze conectarea la o bază de date, actualizată în permanență cu date clare a locurilor de parcare. Prin aceste metode, fiecare localnic sau vizitator poate să verifice starea unei parcări pentru a avea certitudinea că ajunge în locul dorit și poate să își parcheze autovehicolul fără nici o problemă.

2. Structura sistemului

În momentul de față, Arduino este o platformă ce se bazează pe hardware și software simplu de folosit. Plăcuțele Arduino UNO sunt capabile să citească intrări și ieșiri cum ar fi: lumina cu un senzor;

apăsarea unui buton; un mesaj; activarea unui servomotor; aprinderea unui LED; se poate publica ceva online sau într-o bază de date.

Pentru a putea realiza dezvoltarea platformei online pentru contorizarea locurilor de parcare disponibile, este necesară folosirea următoarelor echipamente și softwuri: placă Arduino UNO, senzor ultrasonic pentru monitorizarea distanței între obiect și senzor, LED-uri de avertizare, rezistențe pentru protejarea LED-urilor, baza de date WAMP, limbaj de programare Notepad++ și Arduino. Plăcuța Arduino UNO (Fig. 1) este realizată pe baza microcontrolerului ATmega328P. Acesta din urmă prezintă un procesor AVR cu o arhitectură de tip RISC (set restrâns de instrucțiuni). Fig. 2 prezintă caracteristicile microcontrolerului [1]:

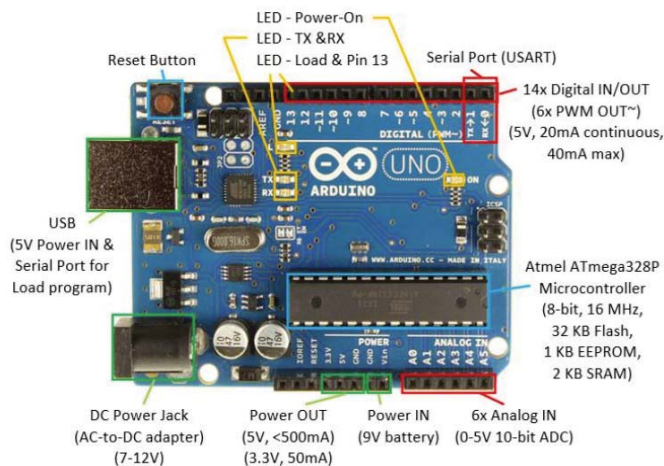


Fig. 1.

Name	Value
Program Memory Type	Flash
Program Memory Size (KB)	32
CPU Speed (MIPS/DMIPS)	20
SRAM Bytes	2,048
Data EEPROM/HEF (bytes)	1024
Digital Communication Peripher...	1-UART, 2-SPI, 1-I2C
Capture/Compare/PWM Periph...	1 Input Capture, 1 CCP, 6PWM
Timers	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
Number of Comparators	1
Temperature Range (C)	-40 to 85
Operating Voltage Range (V)	1.8 to 5.5
Pin Count	32
Low Power	Yes

Fig. 2.

Placa dispune de 6 pini analogici cu tensiuni la intrare între 0-5V, unde sunt citite valori între 0-1023 și 14 pini digitali de intrare/ieșire, pini care notați cu (~) și sunt capabili să genereze semnale (PWM).

Senzorul ultrasonic HC-SR04 este unul dintre cei mai utilizați senzori pentru aflarea distanței. În special folosit pentru proiectele cu plăci de dezvoltare Arduino UNO, are avantaje față de senzorii analogici, necesitând doar pini I/O digitali și are imunitate mai mare la zgomotul din jur.[2]



Fig. 3. Senzor ultrasonic –HC-SU4

Conexiune Hardware:

- VCC- 5V Supply
- Trig- Trigger Pulse Input
- Echo-Echo Pulse Output
- GND- 0V Ground

Server Web:

WampServer.este un mediu de dezvoltare Web, acesta permițând crearea de aplicații web cu PHP și baza de date MySQL. Pe lângă acestea, aplicația PhpMyAdmin.permite gestionarea cu ușurință a bazei de date printr-o interfață grafică [3].

Relația este următoarea: utilizatorul (clientul) aflat în dreptul unui computer pe care are instalată o aplicație tip browser solicită (serverului) prin intermediul unui url o anumită pagină web; serverul rulează anumite linii de cod și returnează un rezultat (Fig. 4).

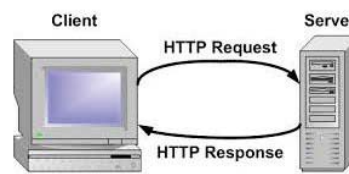


Fig. 4. Relația client- server

3. Arhitectura sistemului și a programului de comandă

Proiectarea arhitecturii sistemului s-a făcut cu ajutorul platformei Tinkercad [4], aceasta făcând parte din suita Autodesk.

Pentru început s-a ales un număr de 4 senzori de tip ultrasonic, împreună cu 4 LED-uri de avertizare. Pentru fiecare LED în parte se montează în serie cu acesta un Rezistor de 220 Ohmi pentru protejarea LED-ului. Toate componentele în parte au fost montate corespunzător pe Breadboard. (Fig.5).

În figură se prezintă modul de conectare a tuturor componentelor la plăcuța Arduino UNO (Fig. 6). Pinul VCC al sensorului se leagă la 5V al placuței, Trig (emițătorul) se leagă la un pin digital, ECHO (receptorul) la alt pin digital iar GND se leagă la masa plăcuței(GND). Se procedează la fel și cu LED-ul, Catodul (-) se leagă la GND iar Anodul (+) la un pin digital.

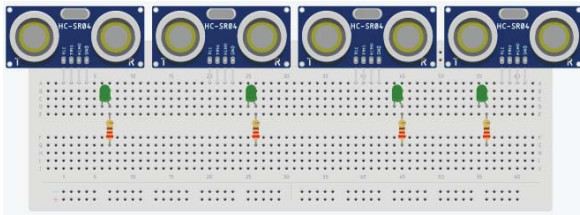


Fig. 5 Montajul componentelor

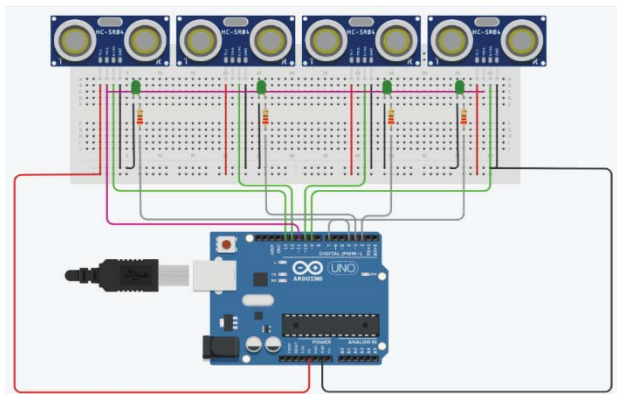


Fig. 6 Conectarea componentelor

Descrierea programului de control pentru sistemul de monitorizare al locurilor de parcare se realizează în programul Arduino (Fig. 7). Se declară toate elementele de intrare-ieșire cu pinul digital propriu, urmând să fie scris codul cu formula de calcul pentru un senzor, urmând ca programul să utilizeze aceeași formulă pentru fiecare senzor în parte.

```
int ultrasonic1=13;
int ultrasonic2=12;
int ultrasonic3=10;
int ultrasonic4=9;
int TrigPin=11;
long duration;
long distance;

int LED1=4;
int LED2=3;
int LED3=2;
int LED4=7;
int val1;
int val2;
int val3;
int val4;

int ReadSensor(int ultrasonic, int LEDposition)
{
    int valoare;

    digitalWrite(TrigPin,HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TrigPin,LOW);

    duration = pulseIn(ultrasonic, HIGH);
    valoare=duration*0.034/2;

    Serial.println("cm: ");
    Serial.print(valoare);

    if (valoare<=30)
    {digitalWrite(LEDposition, HIGH);
    }
    else{
        digitalWrite(LEDposition, LOW);
    }
}

void setup() {
    pinMode(ultrasonic1, INPUT);
    pinMode(ultrasonic2, INPUT);
    pinMode(ultrasonic3, INPUT);
    pinMode(ultrasonic4, INPUT);
    pinMode(TrigPin, OUTPUT);

    pinMode(LED1, OUTPUT);
    pinMode(LED2, OUTPUT);
    pinMode(LED3, OUTPUT);
    pinMode(LED4, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    ReadSensor(ultrasonic1, LED1);
    delay(10);
    ReadSensor(ultrasonic2, LED2);
    delay(10);
    ReadSensor(ultrasonic3, LED3);
    delay(10);
    ReadSensor(ultrasonic4, LED4);
    delay(10);
    delay(50);
}
```

Fig. 7 Programul de control

După un anumit număr de testări practice s-a ajuns la concluzia că distanța optimă dintre senzor și autovehicul, la care LED ul să se aprindă este de 30cm (Fig. 8). În final a fost realizată și testarea programului (Fig. 9) prin intermediul aceluiași program Tinkercad, LED-urile aprinse indicând locurile ocupate, si cel stins locul liber.



Fig. 8 Functionare senzor

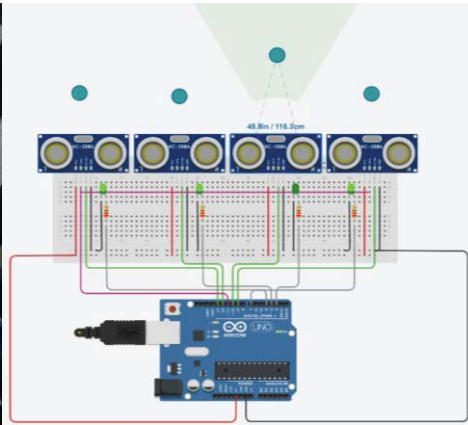


Fig. 9 Testarea programului

Implementarea bazei de date :

Baza de date creată cu ajutorul aplicației WAMP, descrisă în capitolul anterior, are rolul de a stoca toate informațiile despre parări. În figura următoare se prezintă crearea unui tabel (Fig.10). Pentru testarea bazei de date, s-au folosit date fictive pentru monitorizarea unui singur loc de parcare cu un senzor ultrasonic (Fig.11).

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	ID	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop More
2	nume_parcare	varchar(255)	utf8mb4_0900_ai_ci		No	None			Change Drop More
3	locuri_disponibile	int(11)			No	None			Change Drop More
4	locuri_total	int(11)			No	None			Change Drop More

Fig. 10 Creare tabel

ID	nume_parcare	locuri_disponibile	locuri_total
1	Parcare AFI	1	1
2	Parcare Centrala	0	0
3	Parcare Regie	0	0

Fig. 11 Inserare date

În folderul “www” al aplicației WAMP se va adăuga un nou folder denumit “includes “ (Fig. 12) unde vor fi create trei fișiere de tip *.php (Fig. 13). Acestea vor ajuta la comunicarea permanentă între baza de date, server și programul Arduino.

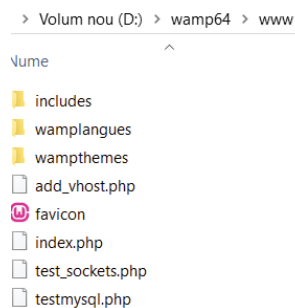


Fig. 12 Folderul “www”

Nume	Data modificării	Tip
conectare_baza_date.php	03.05.2020 15:02	Fișier PHP
update.php	03.05.2020 12:19	Fișier PHP
view.php	03.05.2020 12:19	Fișier PHP

Fig. 13 Crearea fișierelor *.php

În figurile următoare se prezintă scrierea codurilor în Notepad++ pentru realizarea conectării la baza de date (Fig. 14), comunicării programului Arduino cu baza de date (Fig. 15) și codul pentru afișarea tabelului cu parcări (Fig. 16).

```

1 <?php
2
3     $servername='localhost';
4     $username='root';
5     $password='';
6     $database_name='project_db';
7     $connect = new mysqli($servername,$username,$password,$database_name);
8

```

Fig. 14 Cod conectare bază de date

```

1 <?php
2
3 include("conectare_baza_date.php");
4
5 $nume_parcare = $_GET['ID'];
6 $locuri = $_GET["locuri"];
7 $sql_update_data = "UPDATE parcari SET locuri_disponibile = $locuri WHERE ID = $nume_parcare ";
8 mysqli_query($connect, $sql_update_data);
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19 <!DOCTYPE html>
20 <html>
21 <head>
22     <title>Vizualizare Situatie Parcari</title>
23 </head>
24 <body>
25
26

```

Fig. 15 Cod comunicare Arduino-baza de date

```

1 <?php
2
3 include("conectare_baza_date.php");
4
5
6 <!DOCTYPE html>
7 <html>
8 <head>
9     <title>Vizualizare Situatie Parcari</title>
10 </head>
11 <body>
12
13
14 <table>
15 <tr><td>NR.</td><td>Nume</td><td>Locuri Disponibile</td></tr>
16
17 <?php
18 $sql = "SELECT * FROM parcari ";
19 $result = mysqli_query($connect,$sql);
20 $count = 1;
21 while($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
22
23 <tr><td>?</td><td align="center">?</td><td align="center">?</td></tr>
24
25 <?php $count++;}
26
27 </table>
28 </body>
29 </html>
30

```

Fig. 16 Cod afișare tabel

Pentru ca placa Arduino UNO să fie conectată la internet și să comunice cu limbajul din Notepad++, programul Arduino trebuie să primească un update în scrierea codului. (Fig. 17).

Funcționarea sistemului realizat în regie proprie în mod practic :

Funcționarea întregului sistem, presupune conectarea componentelor la o sursă de alimentare, iar apoi se așteaptă o durată de timp până se realizează automat conectarea la rețeaua wireless. În momentul în care senzorul detectează autovehicolul la o distanță mai mică de 30cm (Fig. 18), LED-ul de avertizare se aprinde iar programul urmează să trimită date către server pentru a actualiza baza de date (Fig. 19).

```

Cod.cercetare
Cod.cercetare
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
#include <Bridge.h>
#include <HttpClient.h>
int locuri_var_global;
int ultrasonic1=13;
int ultrasonic2=12;
int ultrasonic3=10;
int ultrasonic4=9;
int TrigPin=11;
long duration;
long distance;

int LED1=4;
int LED2=3;
int LED3=2;
int LED4=7;
int val1;
int val2;
int val3;
int val4;

int ReadSensor(int ultrasonic, int LEDposition)
{
  int valoare;

  digitalWrite(TrigPin,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TrigPin,LOW);

  duration = pulseIn(ultrasonic, HIGH);
  valoare=duration*0.034/2;

  Serial.println("cm: ");
  Serial.print(valoare);

  if(valoare<=30)
  {digitalWrite(LEDposition, HIGH);
  locuri_var_global++;
  }
  else{
  digitalWrite(LEDposition, LOW);
  locuri_var_global--;
  }
}

void setup()
{
  pinMode(ultrasonic1, INPUT);
  pinMode(ultrasonic2, INPUT);
  pinMode(ultrasonic3, INPUT);
  pinMode(ultrasonic4, INPUT);
  pinMode(TrigPin, OUTPUT);

  pinMode(LED1, OUTPUT);
  pinMode(LED2, OUTPUT);
  pinMode(LED3, OUTPUT);
  pinMode(LED4, OUTPUT);
  Bridge.begin();
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial); // wait for a serial connection
}

void actualizare_bd(int locuri_var_global) {
  String url;
  HttpClient client;
  url = "http://localhost/includes/update.php?ID=1&locuri=";
  url+=locuri_var_global;
  client.get(url);
  while (client.available()) {
    char c = client.read();
    Serial.print(c);
  }
  Serial.flush();
}

void loop()
{
  ReadSensor(ultrasonic1, LED1);
  delay(10);
  actualizare_bd(locuri_var_global);
  ReadSensor(ultrasonic1, LED2);
  delay(10);
  ReadSensor(ultrasonic3, LED3);
  delay(10);
  ReadSensor(ultrasonic4, LED4);
  delay(10);
  delay(50);
}

```

Fig. 17 Update cod arduino

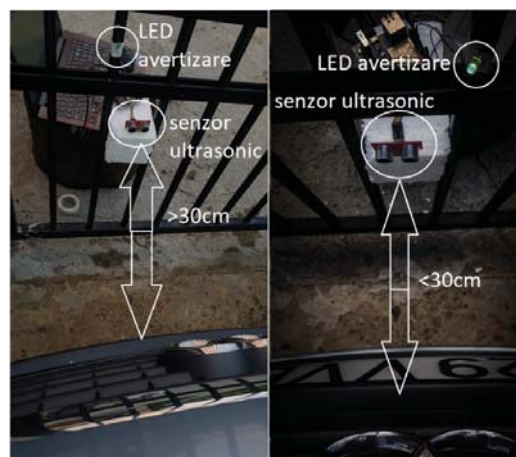


Fig. 18 Funcționare sistem

NR.	Nume	Locuri Disponibile	NR.	Nume	Locuri Disponibile
1	Parcare AFI	1	1	Parcare AFI	0
2	Parcare Centrala	0	2	Parcare Centrala	0
3	Parcare Regie	0	3	Parcare Regie	0

Fig. 19 Afișarea datelor online

4.Concluzii

În final s-a prezentat modul de construire și de testare a unui echipament conectat la o bază de date care servește la eficientizarea modului de localizare a unui loc de parcare într-o zonă dorită. Echipamentele au fost integrate într-o platformă virtuală care primind date și informații de la o placă Arduino UNO cu ajutorul unor senzori, s-a identificat prezența sau absența unui vehicul într-un loc de parcare.

Ca dezvoltări ulterioare pentru sistemul prezentat, se va realiza implementarea aplicației într-un server global si crearea unei aplicații mobile care să faciliteze rezervarea unui loc de parcare din orice zonă prin intermediul internetului, astfel eliminând pur și simplu ‘vânarea’ lor.

5.Bibliografie

- [1]<https://ftp.utcluj.ro/pub/users/peculea/CAN/Laboratoare/Introducere%20Arduino/Introducere%20Arduino.pdf> accesat la data 27.04.2020
- [2]<https://sites.google.com/site/arduinoelectronicsiprogramare/arduino-si-senzori/1> accesat la data 28.04.2020
- [3] <http://localhost/phpmyadmin/>
- [4] <https://www.tinkercad.com/dashboard?type=circuits&collection=designs>
- [5]Prof. Ileana Dugășescu, Bazele Sistemelor Mecatronice, Note de curs, 2019-2020.

MODELAREA ȘI SIMULAREA UNUI PROCES DE REALIZARE A NANOĞĂURILOR PRIN ELECTROEROZIUNE

MODELING AND SIMULATION OF A PROCESS OF NANOHOLE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

BĂZĂR Diana, DUMITRU Steluța și DOGARU Adrian

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Anul de studii: IV, e-mail: bazardiana20@gmail.com

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

ABSTRACT: The paper deals with the modeling and simulation of machining nanoholes by electrical discharge machining (nEDM). The state of the art is approached concerning different types of nanotechnologies applied for achieving nanoholes very much required nowadays in different fields like medicine, IT, electronics etc. The nEDM offers a lower cost technology to obtain nanoholes within the most used materials, in the mentioned domains, like Au, Ti and Ni. The finite element analysis with Comsol Multiphysics was applied to nEDM of nanoholes, based on two models: constant radius and time dependent radius of discharge plasma channel. The variations of hole radius and depth depending on discharge time were presented, emphasizing influence of material, and initial roughness. The data from computers models were validated by experiments from the state of the art.

CUVINTE CHEIE: nanogauri, nanotehnologii, electroeroziune, modelare, experimentare.

1. Introducere

Conceptul de nanotehnologie a fost introdus de Richard Feynman, prin lucrarea There's Plenty of Room at the Bottom. Domeniul nano cuprinde dimensiuni de la 1 la 999 nm.

În această prelegere, Feynman a prezentat studenților o scară mică, ceea ce creează un domeniu de cercetare în știință. Feynman are această idee grozavă de a reduce dimensiunea; este un indiciu pentru a ajuta oamenii de știință să descopere nanotehnologia. Posibilitatea manipulării și controlului obiectelor mici nu încalcă principiul fizicii și este posibil să fie nevoie să ne gândim la scară atomică. În aceeași linie de producție și consumatoare de timp, poate fi chiar un beneficiu economic pentru această afacere de a face lucrurile foarte mici și mici. Când avem capacitatea de a manipula materialele la scară atomică sau moleculară, am putea avea șansa de a merge mai departe la un nivel avansat. Mai mult, este posibil să aflăm multe fenomene inedite în lumea minusculă.[1]

Nanotehnologiile sunt tot mai des întâlnite în domeniul industrial, de la lasere până la prelucrări prin electroeroziune. Tehnologiile de prelucrare neconvenționale utilizează concentrarea de energie, de la sculă la piesă, pe o suprafață foarte mică, făcându-le mult mai adecvate pentru domeniul nano [18].

Procedee de prelucrare precum: acelea cu radiație laser, fascicul de electroni și de ioni, chimică și fotochimică sunt exemple de procedee care permit prelucrarea unor suprafețe compatibile cu domeniul nanometric.

Pentru fabricarea sistemelor la nano-scala avem nevoie de anumite caracteristici esențiale pentru prelucrarea cavitațiilor, canalelor, etc. [2] Una dintre cele mai mari provocări cu care se confruntă prelucrarea la nano-scala [3] constă în producerea unor caracteristici la scară nano pe diverse materiale precum aur, nichel, polimeri metalizați pentru aplicații electronice și pe titan greu de tăiat, aliaje pentru aplicații bio-medicale [3]. Prin urmare, dezvoltarea de noi procese capabile de prelucrare nano dispune de o gama largă de materiale la care sunt esențiale o viteză mare și un cost redus.

Procedeul de electroeroziune (EDM – electrical discharge machining) poate răspunde la această provocare tehnologică datorită capacității sale de concentrare a descărcării de energie în canalul de plasmă, a cărui secțiune poate fi încadrată în domeniul micro, chiar și nano. De asemenea, EDM mai prezintă

avantajul costurilor mai scăzute decât a altor prelucrări neconvenționale cum ar fi laser, ion și prelucrarea fasciculului de electroni care sunt capabile să producă suprafețe prin ultraminiaturizare [4].

2. Echipamente pentru nano-electroeroziune

Diverse echipamente și procese utilizate pentru îndepărtarea materialului la scară nano ar fi: microscopul de scanare a sondei (STM) pe baza de indentare și zgariere [5-6], nano-imprimare [7], fascicul de ioni focalizați (FIB) [8-9], laser femto-second [10], litografie UV [11], litografie cu fascicul de electroni (EBL) [12] și litografie cu raze X [13]. Cele mai multe dintre aceste tehnici abordează în primul rând îndepărtarea materialelor polimerice și de siliciu.

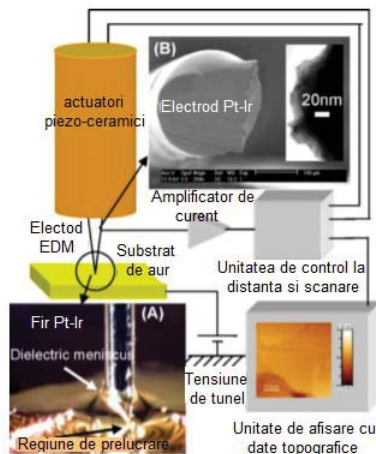


Fig. 1. Schema configurației nano-EDM.

Figura 1 prezintă o schemă a procesului nano-EDM cu inserții care prezintă geometria tipică a regiunii active a vârfului nano-sucei, interfața lichidă dintre vârful sucei și suprafața de aur atomic plană și morfologia tipică a vârfului. În timpul prelucrării, vârful sucei nano-EDM [17] a fost părtinitor astfel încât să producă curenți de tunel negativ, ceea ce duce la un flux de electroni de la vârful sucei nano-electrod către substrat, analog metodologiei utilizate în procesul EDM la scară macro.

Materialul Pt-Ir a fost ales datorită conductivității sale electrice bune, stabilității (electrodul nu oxidează în timpul procesului de prelucrare), și temperatura ridicată de topire, dar de asemenea se poate folosi și wolfram. Electrozii subțiri pot fi obținuți cu vârful ascuțit de câțiva atomi, care este necesar pentru STM.

3. Parametrii de proces

Procesul nano-EDM a fost realizat cu ajutorul unui instrument de electrod metallic (rază la vârf – 15-20 nm și fabricat dintr-un aliaj de Platină-Iridiu Pt-Ir) și un ulei dielectric “gata de folosință” (rezistență dielectrică > 41,2 kV/ 2,5 mm). Sondă conductoare electric și piesă de prelucrat au fost separate printr-un decalaj de 2 nm și STM a fost operat într-un mod de curent constant în timpul procesului de prelucrare [16].

Caracteristicile au fost scrise prin aplicarea a 10V între un vârf Pt-Ir și suprafața monstreii de aur folosind impulsuri de 60, 90 și 120 de secunde în ulei dielectric. Bavura creată prin prelucrare rămâne la suprafață, deoarece în aceste condiții experimentale nu a existat posibilitatea îndepărtării sale cu lichid dielectric (spălare).

Figura 2 (A) prezintă nano-EDM cu o caracteristică de raport de aspect -1: 1 pe suprafața de aur. Profilul secțional al funcției prin intermediul caracteristicii demonstrează îndepărtarea materialului bine definit cu profil în formă de "V". Diferența de descărcare de 2nm dintre electrod și substratul de aur a fost menținută de curentul de tunelare constantă. Astfel, acest profil în formă de "V" este imaginea negativă a electrodului utilizat pentru prelucrare, similar cu prelucrarea observată în EDM cu scufundare macro.

Figura 2 (B) prezintă morfologia materialului re-depus generat în timpul procesului nano-EDM. Un strat re-depus este, de asemenea, observat în mod obișnuit în procesele de prelucrare macro și micro descărcare.

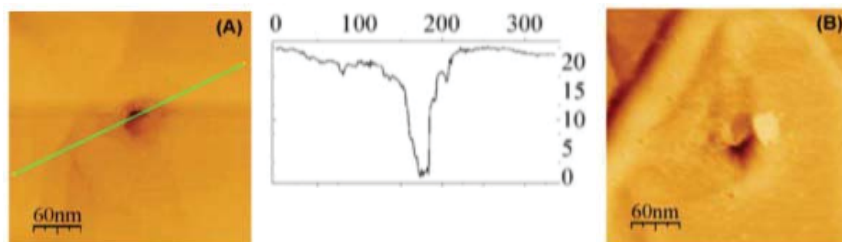


Fig. 2. (A) Secțiune transversală a unei funcții nano-EDM creată la 90 de secunde timp de prelucrare cu impuls de 10V, 1nA. (B): caracteristica Nano-EM creată la 240 secunde timp de prelucrare și 10V.

4. Modelare cu metoda elementelor finite

Modelarea s-a realizat în Comsol Multiphysics cu ajutorul modulului dependent de timp al transferului de căldură în solide.

Relațiile de calcul utilizate în modelul Comsol sunt:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u_{trans} \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q \quad (1)$$

unde: ρ – densitatea [kg/m³]; C_p – capacitatea calorică la presiune constantă [J/kg K]; k – conductivitatea termică [W/mk]; u_{trans} - vectorul de transport (în cazul modelului cu raza canalului de plasmă variabilă în timp) [m/s]; Q - cantitatea de căldură introdusă în volumul piesei de probă de către descărcarea electrică [J].

Prima abordare a fost cu rază constantă a canalului de plasmă. A doua abordare studiată pentru realizarea prelucrărilor de nanogăurilor cu ajutorul EDM este acela cu rază variabilă a canalului de plasmă. Timpul de impuls ales pentru realizare este de 60, 90 și 120 secunde. Cel de-al doilea model realizat se bazează pe modelul lui Salonitis [19] care a considerat următoarea relație de calcul pentru rază canalului de descărcare în funcție de dependența de timp, adaptată pentru modelarea în COMSOL:

$$R_{cp} = 10000 \cdot I^{0,43} \cdot t_i^{0,44} \quad (2)$$

unde: I – curentul electric [A], t_i – timpul de impuls baleiat [s].

Etapele folosite la modelarea și simularea procesului de electroeroziune a nanogăurilor sunt prezentate în continuare:

Etapa 1: Parametrii de proces – în cadrul acestei etape s-a realizat parametrizarea procesului de realizare a nanogăurilor prin electroeroziune conform figurii 3 în cazul modelului cu rază constantă a canalului de plasmă, iar pentru abordarea cu rază variabilă a canalului de plasmă se adaugă parametrii prezentați în figura 4. În cazul celui de-al doilea model apare un timp de impuls baleiat care merge de la valoarea de 0 până la un timp de impuls final. Rularea programului a fost realizată pentru un timp de impuls final de 60, 90 și 120 de secunde.

Name	Expression	Value	Description
lp	2e6	2000000.0	lungime SF
hp	0.1e6	100000.0	inaltime SF
acr	100	100	raza microvale initiala
bcr	10	10	adancime microvale initiala
ti	0.1e-6	1.0E-7	timp de impuls
rcp	5	5	raza canal plasma
tf	2800 + 273.15	3073	temperatura de fierbere Au
rbg	250	250	raza bula gaz
tt	1064	1064	temperatura de topire Au

Fig. 3. Parametrizarea procesului de realizare a nanogăurilor prin electroeroziune modelare prin variație a timpului de impuls

Name	Expression	Value	Description
tif	90	90	timpul de impuls final
ti	0	0	timpul de impuls baleiat
rcpt	$k \cdot I^{0.43} \cdot t_i^{0.44}$	0	raza canal plasma dependenta...
k	10000	10000.0	constanta model Salonitis
I	1e-9	1.0E-9	curentul descarcarii

Fig.4. Parametrii utilizați pentru modelare cu rază variabilă în funcție de timpul de impuls

Etapa 2: Geometria – s-a realizat folosind unitatea de măsură nm pentru evitarea erorilor de desen. Acesta s-a reprezentat cu microneregularitățile suprafeței folosind 2 elipse, pentru a simula cât mai real situația prezentată. Pentru început s-a realizat un dreptunghi care reprezintă secțiunea canalului de plasmă format în timpul descarcării în procesul de gaurire n-EDM.

În cazul modelării cu rază variabilă a canalului de plasmă singură modificare care apare în cadrul geometriei. În plus față de modelul inițial apare raza canalului de plasmă dependentă de timp (rcpt) după relația dependenței de timp a lui Salonitis [19].

Etapa 3: Materialul – se alege materialul semifabricatului.

Materialele pe care le utilizăm pentru simulări sunt: Aur, Nichel și Tital. Acestea sunt cele mai utilizate în domeniul medical și electronic. În figura 5 se pot observa proprietățile de materialului care vor fi utilizate în continuare.

Property	Name	Value	Unit	Property group
✓ Thermal conductivity	k	327	W/(m*K)	Basic
✓ Heat capacity at constant pressure	Cp	125.604	J/(kg*K)	Basic
✓ Density	rho	rho(T)/K...	kg/m^3	Basic

Fig. 5. Selectarea materialului și proprietățile acestuia

Etapa 4: Au fost stabilite condițiile la limită pentru transferul de căldură – pentru a se realiza nanogăurirea, un prim pas este izolarea termică în jurul suprafeței unde este poziționată între 2 puncte (cele 2 puncte fiind marginea razei bulei de gaz față de origine $\pm r_{bg}$). Acest lucru este evidențiat în figura 6. De asemenea este evidențiată temperatura materialului în mediul ambiant de 293.15K. În interiorul canalului de plasmă se setează temperatura de fierbere a Au +100K care este supraîncălzirea [4] conform figurii 7. Supraîncălzirea este dată de faptul că acolo există o presiune mare dată de canalul de plasmă pe zona unde se realizează descărcarea. Astfel presiunea fiind mare, materialul nu fierbe, doar se supraîncălzește și el va fierbe după ce se încheie descărcarea.

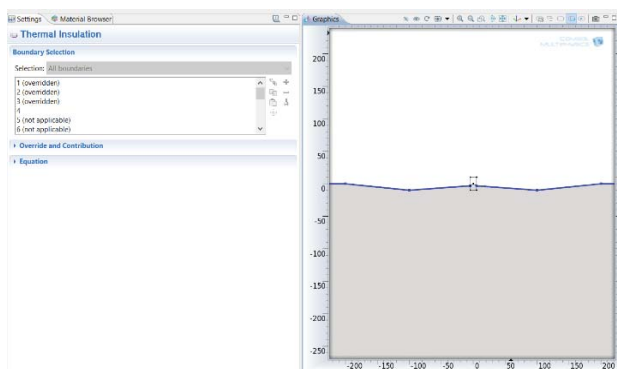


Fig. 6. Suprafețele izolate termic în jurul electrodului scula

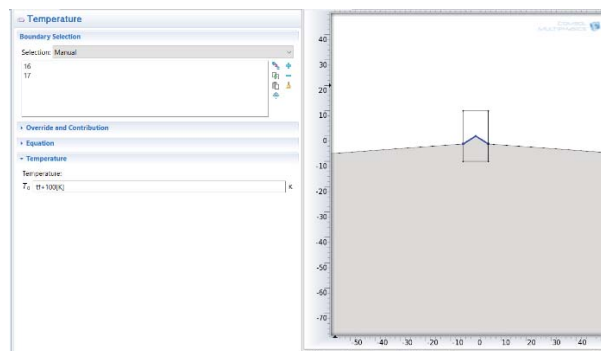


Fig. 7. Temperatura de fierbere a Aur-ului în interiorul canalului de plasmă

Etapa 5: Realizarea discretizării – în figura 8 este prezentată repartizarea mesh-ului în jurul suprafeței prelucrate, numărul de elemente ale mesh-ului pe piesă și calitatea medie a acestuia. În figura 8 este prezentată o calitate a rețelei obținută. În dreapta este prezentă bara de calitate a rețelei, unde 1 reprezintă calitatea maximă. Triunghiurile echilaterale reprezintă calitatea maximă iar cu cât triunghiurile sunt mai deformate cu atât calitatea scade.

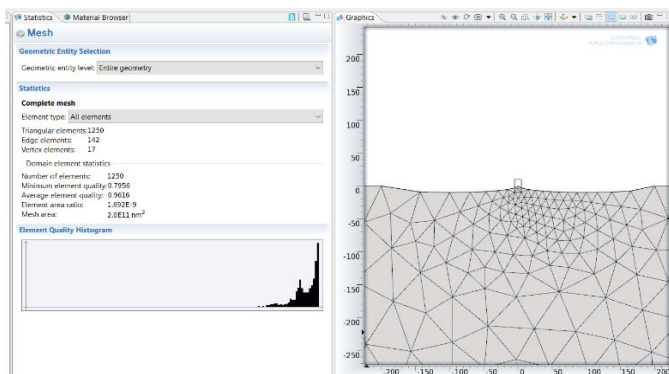


Fig. 8. Realizarea Mesh și elementele acestuia

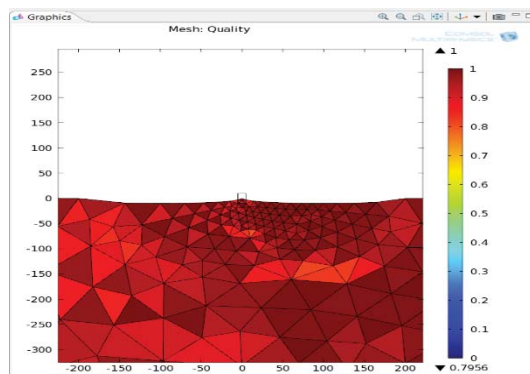


Fig. 9. Calitatea rețelei

Etapa 6: Dependența de timp

În această este prezentat domeniul de variație, unde 0 este valoarea inițială, $0,1 \cdot t$ valoare intermediară și t valoare finală pentru modelul cu rază constantă a canalului de plasmă.

În cazul modelului cu rază variabilă a canalului de plasmă dependența de timp a procesului se modifică.

Etapa 7: Rezultatele obținute

În figura 10 este rezultatul final al modelului cu rază constantă a canalului de plasmă. Se poate observa domeniul care prin modelul supraîncălzirii ne arată că fierberea este principalul mecanism de îndepărtare a materialului la nano-EDM. În cadrul domeniului la temperatura minimă se utilizează temperatura de fierbere a materialului.

5. Rezultate obtinute

Conform informațiilor prezentate în paragrafele anterioare, am realizat două tipuri de modele simulate cu COMSOL Multiphysics pentru procedeul de gaurire nano EDM. Unul dintre aceste modele este cel cu rază constantă a canalului de plasmă ($r_{cp} = 5 \text{ nm}$). S-a studiat variația razei și adâncimii prelucrate pentru diverse durate ale descărcări pe trei materiale: Aur, Titan și Nichel.

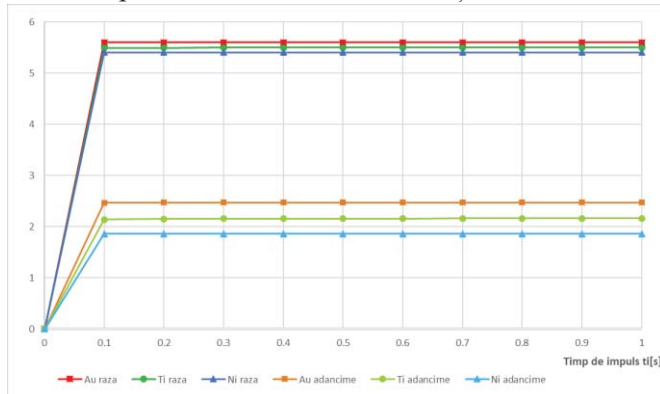


Fig. 11. Grafic de variație ale razei și adâncimii prelucrate [nm] pentru Aur, Titan și Nichel când raza canalului de plasmă este constantă

în funcție de timpul de impuls. Timpul de impuls ales pentru realizarea studiului este de 60, 90 și 120 secunde, pentru cele trei materiale. În figura 12 este prezentat graficul de variație al razei și adâncimii pentru cele trei materiale în funcție de timpul de impuls.

Pentru cel de-al doilea model, pentru care s-a realizat simularea procesului de electroeroziune a nano găurilor, s-au observat că în funcție de rugozitatea suprafeței mostrei, pe care s-a realizat procesul, sunt diferențe de prelucrare.

În figura 13 este prezentat graficul de variație a razei și adâncimii găurilor, când adâncimea microdepresiune de pe mostră diferă ($Rz = bcr = 4, 8 \text{ și } 16 \text{ nm}$).

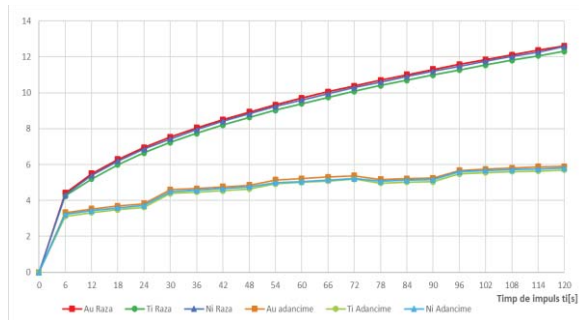


Fig. 12. Grafic de variație ale razei și adâncimii prelucrate [nm] pentru Aur, Titan și Nichel când raza canalului de plasmă este variabil în funcție de timpul de impuls (60, 90 și 120 secunde), la Rz constant

6. Concluzii

A fost abordată modelarea și simularea unui proces de prelucrare a nanogăurilor prin electroeroziune, utilizând metoda elementelor finite cu două modele de proces: cu rază constantă a canalului de plasmă și cu rază variabilă dependentă de timpul de descărcare. A fost determinată variația razei și

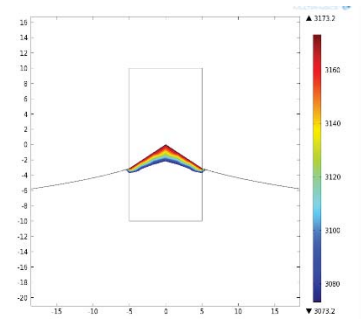


Fig.10. Material îndepărtat

Folosind modelul supraîncalzirii pe același grafic se reprezintă variația razei și adâncimii pentru cele trei materiale în intervalul 0 ... timpul de impuls și. Se studiază variația razei și adâncimii modificând timpul de impuls 0 ms ... 1s. În figura 11 este prezentat graficul de variație al razei și adâncimii pentru cele trei materiale în funcție de timpul de impuls.

Al doilea model studiat pentru prelucrarea nano găurilor cu ajutorul procesului EDM este acela cu rază variabilă

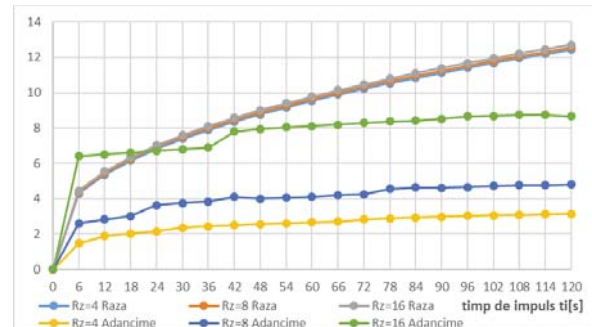


Fig. 13. Grafic de variația razei și adâncimii [nm] atunci când raza canalului de plasmă este variabilă în funcție de rugozitatea inițială Rz pentru Aur

adâncimii nanogăurii în cele două cazuri, obținându-se valori apropiate de datele experimentale din stadiul actual al domeniului. În cazul primului model, a fost pus în evidență o creștere bruscă a razei și adâncimii și menținerea pe un palier la creșterea duratei descărcării. La al doilea model, creșterea celor doi parametri este mai lentă la creșterea duratei descărcării. Comportamentul celor trei materiale studiate este relativ apropiat în acest domeniu dimensional. Valorile mai mari ale rugozității inițiale determină valori mai mari ale volumului de material prelucrat.

7. Bibliografie

- [1]. Feynman, Richard P. (1961). "There's Plenty of Room at the Bottom". In Gilbert, Horace D. (ed.). *Miniaturization*. Reinhold. pp. 282–296;
- [2]. Moseler et al. (2000), Formation, stability, and breakup of nanojets, *Science*, 289, 5482, 1165-1169;
- [3]. Wataha, J. C. et al. (1999), Ability of Ni-containing biomedical alloys to activate monocytes and endothelial cells in vitro, *J. Biomed. Mater. Res.*, 45, 3, 251-257;
- [4]. Jahan, M.P., et al. (2015), *Electrical Discharge Machining (EDM), Types, Technologies and Applications*, Nova Publishers, New York, USA;
- [5]. Binyang Du et al. (2001), Direct measurement of plowing friction and wear of a polymer thin film using the atomic force microscope, *J. Mater. Res.*, 16, 5, 3, 1487-92;
- [6]. Schumacher, H. W. et al. (1999), Nanomachining of mesoscopic electronic devices using an atomic force microscope, *Appl. Phys. Lett.*, 75, 8, 11 07-9;
- [7]. Austin, M. D. et al. (2004), Fabrication of 5 nm linewidth and 14 nm pitch features by nanoimprint lithography, *Appl. Phys. Lett.*, 84, 26, 5299-5301.
- [8]. Olbrich, A. et al. (1999), High aspect ratio all diamond tips formed by focused ion beam for conducting atomic force microscopy, *J. Vac. Sci. Technol. B*, 17, 4, 1570-4;
- [9]. Matsui, S. et al. (2000), Three-dimensional nanostructure fabrication by focused-ion-beam chemical vapor deposition, *J. Vac. Sci. Technol. B* 18. 6. 3181-3184;
- [10]. Ostendorf, A. et al. (2003), Precise deep drilling of metals by femtosecond laser pulses, *RIKEN Review*, 50, 87-9;
- [11]. Madou, Marc J. (2002), *Fundamentals of Microfabrication: The Science of Miniaturization*, CRC Press, New York;
- [12]. Park, Y.D. et al. (2000), Comparative study of Ni nanowires patterned by electron-beam lithography and fabricated by lift-off and dry etching techniques, *J. Vac. Sci. Technol. B*, 18, 1, 16-20;
- [13]. Guckel, H. (1998), High-aspect-ratio micromachining via deep X-ray lithography, *Proc IEEE*, 86, 8, 1586- 93;
- [14]. Binnig, G. et al. (1982), Surface studies by scanning tunneling microscopy, *Phys. Rev. Lett.*, 49, 57-61;
- [15]. Guo, C. X. (1992), Material transfer between metallic tips and surface in the STM, *Ultramicroscopy*, 42-44, Part B, 1452-1458;
- [16]. Ajay P. Malshe, K. Virwani, K.P. Rajurkar and D. Deshpande, (2005), *Investigation of Nanoscale Electro Machining (nano-EM) in Dielectric Oil*, Elsevier Ltd., USA;
- [17]. A.J. Melmed, (1991) The art and science and other aspects of making sharp tips. *J. Vac. Sci. Technol. B*, 9(2), 601-608;
- [18]. Pokropivny, V. et al. (2007), *Introduction to nanomaterials and Nanotechnology*, ISBN 973-9949-11-741-3, Tartu University Press;
- [19]. K. Salonitis, A. Stournaras, P. Stavropoulos G. Chryssolouris (2009), Thermal modelling of the material removal rate and surface roughness for die-sinking EDM, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 40, No. 3-4, pp. 316-323.

OPTIMIZAREA ȘI VALIDAREA TEHNOLOGICĂ A OPERAȚIILOR DE STRUNJIRE DIN PROCES PRIN SIMULARE CAM CU MODULUL MANUFACTURE AL AUTODESK FUSION 360

OPTIMIZATION AND TECHNOLOGICAL VALIDATION OF PROCESS TURNING BY CAM SIMULATION WITH THE MANUFACTURE MODULE OF THE AUTODESK FUSION 360

POPONETE Ștefan-Mădălin

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
Anul de studii: IV, e-mail: stefan.m.poponete@gmail.com

Conducător științific: **Conf. dr. ing Mădălin-Gabriel CATANA**

ABSTRACT: This paper studies the possibility of optimizing the productivity of four complex turning operations performed on a CNC lathe, by simulating the execution of the processing phases using the Manufacture module of Autodesk Fusion. Several embodiments of the phases have been studied, which differ in the processing schemes used by the tools. The optimal phases of the phases have been established, which ensure a maximum productivity of the operation by reducing the basic and auxiliary times.

KEY WORDS: turning, CAM simulation, productivity, processing schemes, optimal variants.

1. Introducere

Software-ul folosit pentru studiul de față se numește Autodesk Fusion 360 2020 cu modulul Manufacture. Programul poate simula o întreagă gamă de operații de tip strunjire-frezare și alte tipuri de prelucrări cu comandă numerică. În biblioteca de scule a programului se regăsesc o multitudine de scule pentru orice tip de prelucrare atât metric cât și imperial, iar în cazul în care nu se găsesc, acestea pot fi introduse ca și valori, caracteristici ale sculelor [1].

Obiectivul acestei lucrări este creșterea productivității operațiilor de strunjire prin micșorarea timpilor de bază și auxiliari. Modalitatea aleasă pentru atingerea obiectivului este optimizarea traseului sculei prin compararea diferitelor strategii de îndepărtare a adaosului prin așchiera următoarelor operații: 20. Strunjire 2 din procesul tehnologic 1; 30. Strunjire 3 din procesul tehnologic 1; 20. Strunjire 2 din procesul tehnologic 2; 30. Strunjire 3 din procesul tehnologic 2 [4].

2. Stadiul actual

Fusion 360 permite exportarea operațiilor simulate într-o mare varietate de limbaje de programare CNC datorită numeroaselor tipuri de prelucrări ce pot fi realizate cu ajutorul acestuia, permițând astfel realizarea programului pe PC și trecerea acestuia pe mașina CNC în scurt timp. Acest nivel de automatizare le permite programatorilor să se concentreze pe întregul proces de prelucrare rapid.

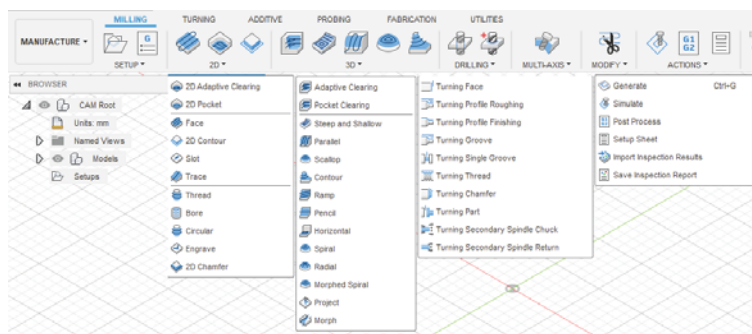


Fig. 1. Tipuri de prelucrări

Modulul poate fi integrat în mai multe programe de proiectare CAD 3D, ca Fusion 360, Inventor sau SolidWorks, ceea ce permite realizarea modelului 3D și simularea CAM în același program. [5].

3. Pregătirea Fusion 360 Manufacture pentru simularea operațiilor de strunjire

Se prezintă modul de desfășurare a activităților de pregătire a simulării CAM a operațiilor:
20. Strunjire 2 din Procesul tehnologic 1; 30. Strunjire 3 din Procesul tehnologic 1; 20. Strunjire 2 din Procesul tehnologic 2; 30. Strunjire 3 din Procesul tehnologic 2. Acestea vor fi denumite în continuare: 20.Pt.1, 30.Pt.1 și 20.Pt.2, 30.Pt.2.

3.1 Definirea mașinii unelte

Pentru ca simularea să fie cât mai apropiată de modul real de prelucrare se definesc în program strungul cu comandă numerică GENOS L250 și vârful de centrare SMA-MK2 (vezi figura 2).

Definirea în program a acestor elemente reduce riscul coliziunilor sculelor cu diferite componente de prindere sau ale mașinii. Softul va ține cont de acele obiecte definite în simulare.

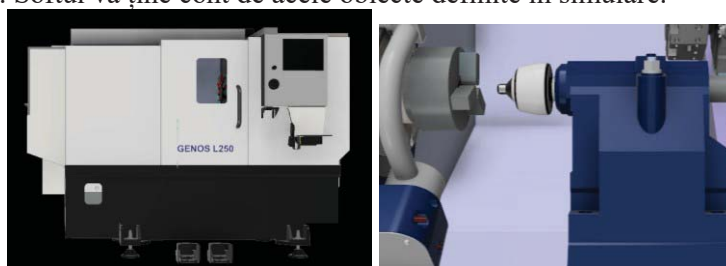


Fig. 2. Strung CNC GENOS L250 și vârful de centrare SMA-MK2

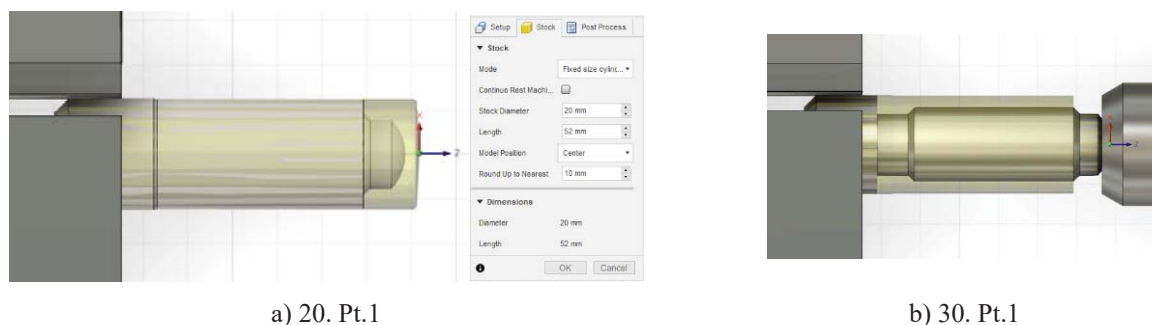
3.2 Definirea semifabricatului

Se vor defini semifabricatele pentru stadiile de dinainte și după prelucrare în soft sub forma de *Bodies* ale modulului de *Design* vor fi constrânse în universalul strungului CNC respectiv între universalul strungului CNC și vârful [3].

Înainte de a selecta metoda de strunjire se va realiza *Setup-ul*, unde se vor introduce datele necesare, cele mai importante fiind alegerea axei z, alegerea produsului după prelucrare prin selectarea de *Model* și definirea semifabricatelor prin *Stock*.

Pentru semifabricatele din 20.Pt.1, 30.Pt.1 se va utiliza *From Solid* deoarece prin acest mod se poate introduce forma complexă a semifabricatului înainte de prelucrare. Forma semifabricatului laminat înainte de prelucrare fiind simplă pentru 20.Pt.2, 30.Pt.2 se utilizează *Fixed size cylinder*, programul definind forma unui cilindru.

Forma semifabricatului după prelucrare este expusă mai departe ca un solid iar forma semifabricatului înainte de prelucrare va fi expusă printr-o transparență (vezi figurile 3 și 4), [2].



a) 20. Pt.1

b) 30. Pt.1

Fig. 3. Semifabricate pentru operațiile procesului Pt.1

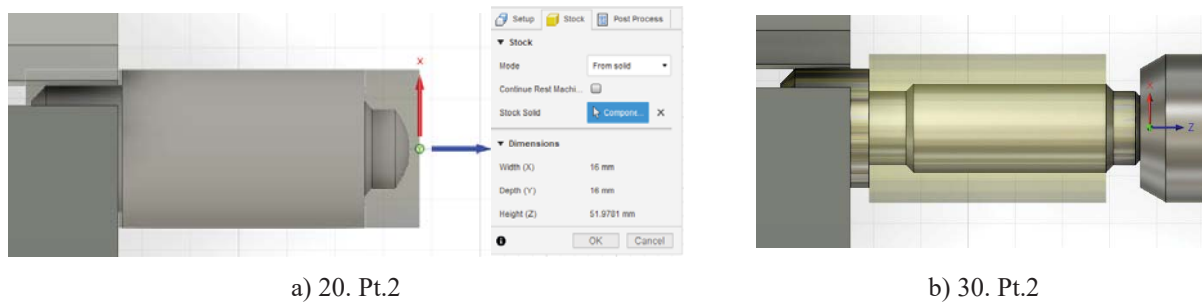


Fig. 4. Semifabricate pentru operațiile procesului Pt.32

3.3 Definirea fazelor de prelucrare

Pentru operațiile de strunjire 20.Pt.1, 30.Pt.1 , 20.Pt.2, 30.Pt.2 se prezintă fazele procesului de prelucrare [1] (vezi figurile 5,6 și 7).

- 20.1 Prindere semifabricat
- 20.2 Strunjire de degroșare contur $\Phi 10/3,5$; $R7/ \Phi 10$ și $1 \times 45^\circ$
- 20.3 Strunjire de finisare suprafață sferică $\Phi 10/3$ și $R7$
- 20.4 Desprindere și depunere piesă

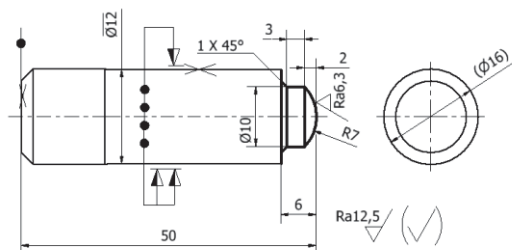


Fig. 5. Schița operației 20. Pt1

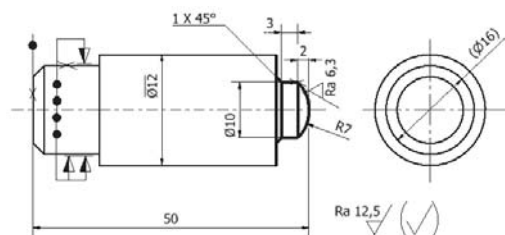


Fig. 6. Schița operației 20. Pt.2

- 30.1 Prindere semifabricat
- 30.2 Strunjire contur $\Phi 12/26$; $\Phi 10/5$; $1 \times 45^\circ$ și $\Phi 16/ \Phi 10$
- 30.3 Desprindere și depunere piesă

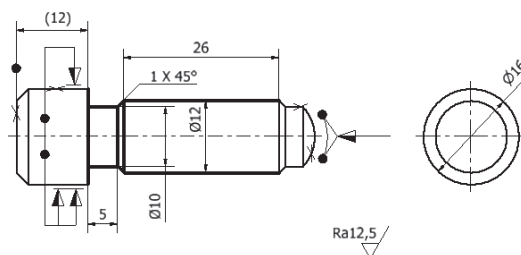


Fig.7. Schița operației 30. Pt.1și Pt.2

3.4 Definirea sculelor necesare prelucrărilor

După implementarea datelor referitoare la definirea de semifabricate în meniul de setări urmează selectarea tipului de strunjire ce va conduce la obținerea suprafețelor după prelucrare astfel se va selecta din listă acea modalitate (vezi figura 8).

În funcție de tipul strunjirii se vor alege cuțite ce pot prelucra atât forma, cu precizia impusă cât și atingerea rugozităților prescrise în desenul de execuție al piesei. Datele introduse în soft pentru a obține caracteristicile necesare se referă la: forma plăcuței, raza la vârf, dimensiunea laturii, grosimea plăcuță, unghiul plăcuței de pe muchia tăietoare, dimensiuni ale cozii etc [4].

Faza 20.2 și faza 20.3 atât din Pt.1 cât și din Pt.2 se realizează utilizând o sculă ce prelucrează după contur fiind utilizat și în faza 20.3, fază ce reprezintă finisare. Definirea sculelor se realizează în mod similar cu datele introduse inițial.

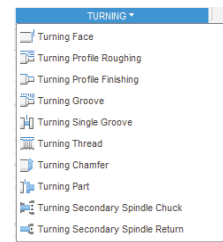


Fig. 8. Lista tipurilor de strunjire

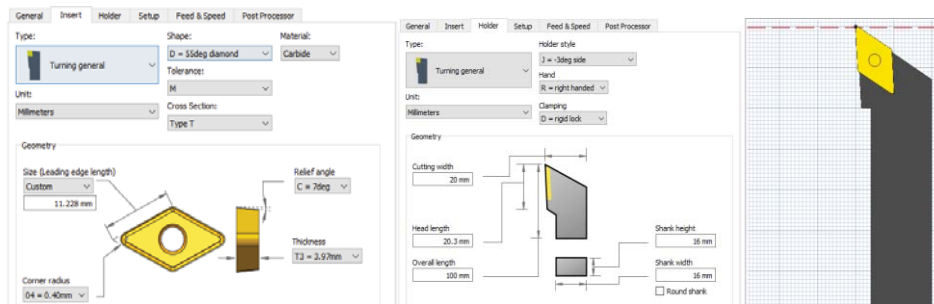


Fig. 9. Alegerea caracteristicilor cuțitului de strunjire la faza 20.3

3.5 Parametrii regimurilor de așchiere

Regimurile de așchiere sunt introduse ca valori în soft, aceste valori fiind proiectate anterior [4].

Regimurile de așchiere pentru fazele operațiilor sunt prezentate sub formă tabelară pentru Pt.1 și Pt.2 fiind aceleași regimuri de așchiere (Tabel. 1).

Tabelul .1 Regimuri de așchiere [4]

Faza	T [min]	F [mm/rotatie]	V [m/min]
20.2	15	0,15	257
20.3	15	0,15	226
30.2	15	0,15	257

4. Optimizarea în modulul Manufacture al Fusion 360 prin simularea operațiilor

Analiza se va face pe scheme de prelucrare diferite care utilizează scule diferite pentru 20.Pt.1, 30.Pt.1, 20.Pt.2, 30.Pt.2.

4.1. Optimizarea schemelor de prelucrare pentru fazele 20.Pt.1

4.1.1. Scheme de prelucrare pentru faza 20.2

Prima faza, 20.2 Pt1 se realizează prin degroșarea longitudinală (vezi figura 10). Acesta constă în îndepărtarea adaosului la degroșare prin mai multe treceri cu adâncimea maximă de 1 mm. Schema următoare va îndepărta materialul prin mai multe treceri pe contur cu aceeași adâncime de așchiere maximă (vezi figura 11).

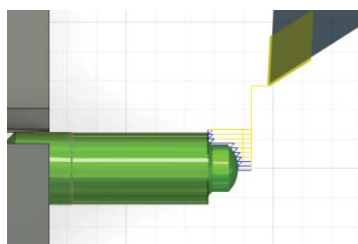


Fig. 10. Descrierea schemei de prelucrare 1

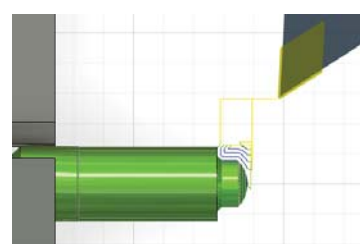


Fig. 11. Descrierea schemei de prelucrare 2

După simulările realizate cu ajutorul softului Fusion 360 se obțin datele cu privire la duratele operațiilor din Pt.1 faza 20.2 unde schema 1 se poate realiza în 19 secunde iar schema 2 în 17 secunde, se optează pentru varianta a doua, cu timp mai redus.

4.1.2. Scheme de prelucrare pentru fazele 20.3 Pt.1 și 20.3 pt.2

Pentru aceste faze există o singură variantă de prelucrare, deoarece adaosul de prelucrare este foarte mic se îndepărtează prin conturare pe o singură trecere, adâncimea de așchiere fiind 0,5 mm (vezi figura 12).

În urma simulării, aceste faze se pot obține în 15 secunde.

Timpul total optimizat pentru operației 20.PT.1 este de: 32 secunde.

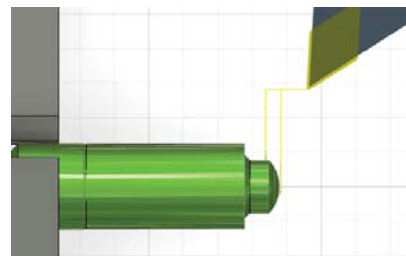


Fig. 12. Descrierea schemei de prelucrare 3 pentru 20.3 Pt.1 și 20.3 Pt.2

4.2. Optimizarea schemelor de prelucrare pentru fazele optimizarea 30.PT.1

4.2.1. Scheme de prelucrare pentru faza 30.2

Ca și în cazul anterior, degroșarea se face prin îndepărtarea adaosului longitudinal. Acesta constă în îndepărtarea adaosului de degroșare prin o serie de treceri succesive, iar pentru următoarea schemă de prelucrare se realizează prin conturarea în mai multe treceri pe o adâncimea de așchiere maximă de 1 mm.

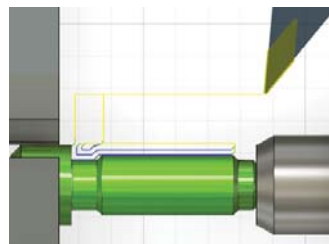
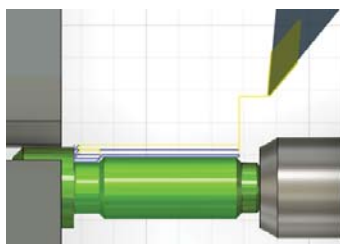


Fig. 13. Descrierea schemei de prelucrare 4 Fig. 14. Descrierea schemei de prelucrare 5

După simulările realizate cu ajutorul softului Fusion 360 se obțin datele cu privire la duratele operațiilor din Pt.1 faza 30.2 unde schema 1 se poate realiza în 23 secunde iar schema 2 în 21 secunde, se optează pentru varianta a doua, cu timp mai redus.

4.3. Optimizarea schemelor de prelucrare pentru fazele 20.PT.2

4.3.1. Scheme de prelucrare pentru faza 20.2

Prima faza de degroșarea din operația 20.2 PT2 se realizează prin așchiera longitudinală (vezi figura 15). Acesta constă în îndepărtarea adaosului la degroșare prin mai multe treceri cu adâncimea de așchiere maximă de 1 mm. iar pentru următoarea schemă de prelucrare se realizează prin conturarea în mai multe treceri pe o adâncimea de așchiere maximă de 1 mm (vezi figura 16).

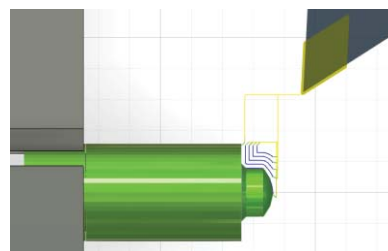
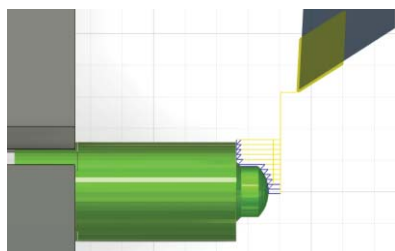


Fig. 15. Descrierea schemei de prelucrare 6 Fig. 16. Descrierea schemei de prelucrare 7

După simulările realizate cu ajutorul softului Fusion 360 se obțin datele cu privire la duratele operațiilor din Pt.2 faza 20.2 unde schema 1 se poate realiza în 21 secunde iar schema 2 în 18 secunde, se optează pentru varianta a doua, cu timp mai redus.

Timpul total optimizat pentru operației 20.PT.2 este de: 33 secunde

4.4. Optimizarea schemelor de prelucrare pentru fazele 30.PT.2

4.4.1. Scheme de prelucrare pentru faza 30.2

Ca și în cazul anterior, degroșarea se face prin îndepărtarea adaosului longitudinal. Acesta constă în îndepărtarea adaosului la degroșare prin o serie de treceri succesive cu adâncimea de prelucrare maximă de 1 mm (vezi figura 16). Schema următoare va îndepărta materialul prin mai multe treceri pe contur cu aceeași adâncime de așchiere maximă (vezi figura 17).

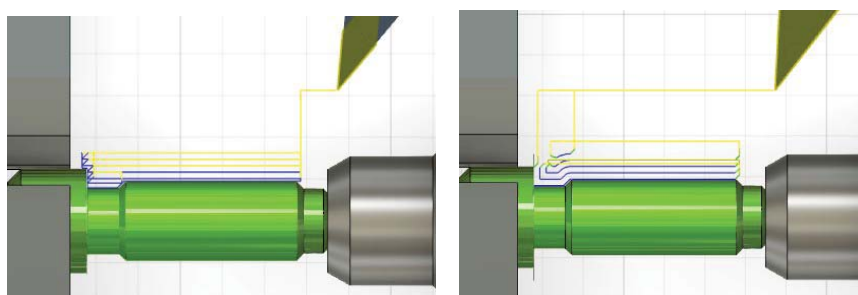


Fig. 16. Descrierea schemei de prelucrare 8 Fig. 17. Descrierea schemei de prelucrare 9

După simulările realizate cu ajutorul softului Fusion 360 se obțin datele cu privire la duratele operațiilor din Pt.2 faza 30.2 unde schema 1 se poate realiza în 31 secunde iar schema 2 în 32 secunde, se optează pentru varianta a doua, cu timp mai redus.

5. Concluzii

Simularea și modul de lucru au permis alegerea schemelor fazelor de prelucrare cu duratele cele mai mici pentru optimizare astfel încât să se obțină productivitatea maximă a operațiilor. De asemenea schemele de prelucrare nu s-au intersectat cu elementele de prindere ale strungului cu comandă numerică.

Timpii de prelucrare fiind asemănători celor din proiectarea anterioară unde s-au utilizat relații de calcul specifice astfel se obține validarea tehnologică.

6. Bibliografie

- [1]. <https://www.autodesk.com/> Accesat la data 01/02/2020;
- [2]. CHRISTENSEN Lars, “ Setup of Lathe Turning & Mill/Turn — Fusion 360”, Accesat la data 10/02/2020;
<https://www.youtube.com/watch?v=xGy2FL2ft2w&t=672s>
- [3]. DIJIMĂRESCU M. (2017), note de curs : Proiectare Asistată de Calculator ;
- [4]. POPONETE S., Proiect Produse Procese si Sisteme 2, Universitatea Politehnica București, Facultatea de Inginerie Industrială si Robotică, Specializarea Inginerie Economica Industrială 2019;
- [5]. SMID Peter, (2003), CNC Progaming handbook. Editura Industrial Press, Inc 10016-4078, New York, SUA;

STUDII PRIVIND MODELAREA, SIMULAREA, PRINTAREA 3D ȘI OPTIMIZAREA UNOR ECHIPAMENTE DE FABRICARE

STUDIES ON MODELING, SIMULATION, 3D PRINTING AND OPTIMIZATION OF A MANUFACTURING EQUIPMENT

IORGA Alexandru, RADU Daniel Marian, RĂDULESCU Alexandru
Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea TCM, Anul de studii IV,
e-mail iorgaalexandru221997@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. Nicolae IONESCU

ABSTRACT: The research topic aims to make an equipment at minimum cost, to obtain profiles that do not have a high precision, which can replace other equipment in the field of plastic deformation, to perform modeling operations such as: bending, copying by contour, etc. The equipment performs a wire bending with the help of an Arduino DIY board, using motors, as well as 3D printed parts. Basic geometric shapes can be made such as: rectangle, triangle, hexagon, spiral. The shapes made are varied, it being possible to add new profiles by modifying the Arduino code.

CUVINTE CHEIE: proiectare, simulare, cost, echipament.

1. Introducere

Problematika căreia i ne adresăm o constituie echipamentele de deformare, prin care sunt realizate diferite corpuri geometrice, profile, forme delimitate după contur, având anumite proprietăți și îndeplinind un rol funcțional precis .

Lucrarea prezentată, presupune o analiză a unor profile rezultate în urma unor studii privind modelarea, printarea și realizarea unui echipament prin care sunt realizate profile geometrice din cupru, dar cu posibilități multiple în alegerea materialului.

Pe plan internațional există foarte multe echipamente ce servesc prelucrărilor pieselor din sârmă.

Sunt realizate atât la nivel industrial, serie și unicat, cât și mașini de dimensiuni reduse, realizate în manieră proprie la nivel de prototip, servind aceluiași scop de realizarea a unor profile din sârmă.

Structura echipamentului presupune un ansamblu de elemente, de natură mecanică și electrică, ce dau viață întregului proces urmărind un traseu de realizare al profilelor la un cost cât mai redus și la o calitate optimă.

Pentru a ajunge la stadiul în care să putem defini ansamblul și mecanismul prin care acesta funcționează avem nevoie să cunoaștem toate componentele, rolul funcțional al acestora, cât și succesiunea logică de asamblare din cadrul echipamentului. Ne propunem să dezvoltăm acest echipament la un cost cât mai mic, într-o variantă accesibilă ,care să nu necesite dispozitive speciale, greu de realizat , urmând ca echipamentul să fie realizat și fizic, nu doar teoretic.

O parte dintre rețetele utilizate la acest proiect sunt realizate prin tehnologii de fabricație aditivă (TFA), iar componentele electrice precum :motoarele, plăcuța Arduino DIY, urmând a fi achiziționate, în vederea realizării propriu-zise a echipamentului în stare fizică.

Gândirea echipamentului și a întregului proces este destinată folosirii pentru realizarea profilelor de diverse forme, având dimensiuni reduse, contribuind la partea teoretică a unor noțiuni acumulate din mecanică, deformare plastică, dispozitive de fabricație.

S-a plecat de la ideea realizării unui dispozitiv care să substituie alte echipamente de dimensiuni mari, ce nu pot fi utilizate în orice condiții. Dacă realizarea profilelor este necesară pentru o producție de serie, atunci se va aborda tehnologia injectării în matriță (TIM), fiind un proces mult mai complex ce necesită o precizie ridicată.






2. Proiectare, elemente componente

În cadrul lucrării de cercetare s-au modelat mai multe repere care alcătuiesc ansamblul, cu ajutorul soft-urilor CAD (Inventor 2020, Catia, SolidWorks).

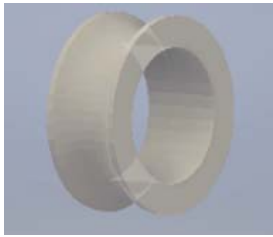
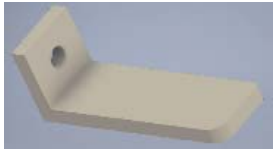
Elementele au fost proiectate ținând cont de un spațiu cât mai restrâns de utilizare a echipamentului și pentru a evidenția principiul costului minim și al eficientizării unor procese. Întregul echipament servește drept prototip pentru operațiile de îndoire având avantajul accesibilității și transportului eficient, fiind realizat la dimensiuni reduse, în comparație cu echipamentele clasice de îndoire și tăiere .

În tabelul 2.1.1 sunt prezentate elementele componente din cadrul ansamblului :

Tabel 2.1.1 : Elemente componente

Nr.crt./Denumire	Element	Rol funcțional
1.Placă susținere 1		Susține motorul electric 1 și preia vibrațiile acestuia ,pentru o funcționare optimă.
2.Rolă pas		Stabilește pasul profilelor, exercitând o mișcare de rotație data de motorul electric 2.
3.Placă susținere 2		Susține motor electric 2 și preia vibrațiile acestuia ,pentru o funcționare optimă.
4.Susținător role 1		Susține rolele ansamblului care îndreaptă și respective ghidează firul.
5.Susținător role 2		Rol de susținere si reglare

Tabel 2.1.1 : Elemente componente

Nr.crt./Denumire	Element	Rol funcțional
6.Rolă fir		Ghidare fir
7. Susținător rolă fir		Susținere

3. Simulare și mod de funcționare

Simularea presupune modul în care componentele conclud în finalizarea profilelor, prin acționarea electrică a componentelor mecanice implicate în mișcare de translație și rotație de-a lungul axelor X, Y, Z.

4. Conceptul de fabricare

Echipamentul este conceput să funcționeze utilizând componente mecanice, acționate electric. Pentru acest lucru s-au folosit 3 motoare de 12V , comandate prin programarea plăcuțelor Arduino DIY.

Industria 4.0 descrie tendința spre automatizare și schimbul de date în tehnologii și procesele de fabricație care includ sistemele ciber-fizice (CPS), internetul lucrurilor (IoT), internetul industrial al lucrurilor (IIOT), cloud computing, calculul cognitiv și inteligența artificială

În figura 2.3.1 este prezentat ansamblul elementelor electrice interconectate [1].

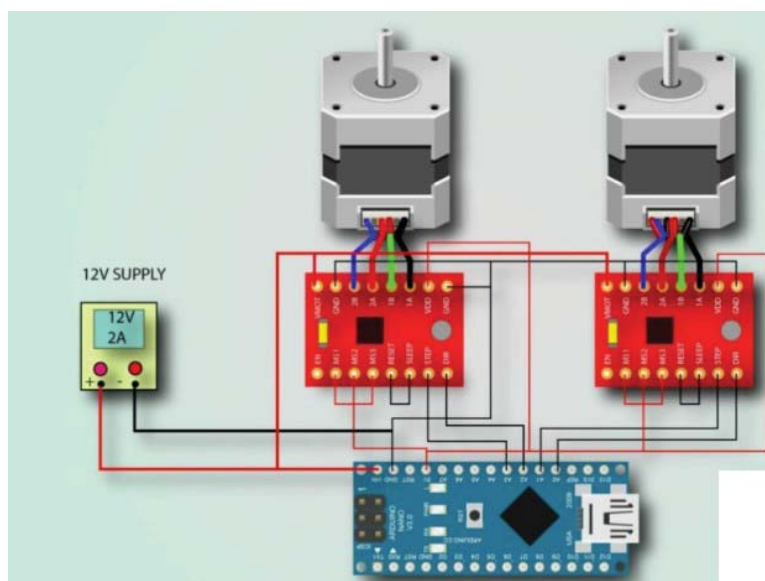


Fig 2.3.1. Ansamblul electric

În figura 2.3.2 este prezentat și mecanismul prin care se realizează tăierea profilului după încheierea procesului de obținere [5].

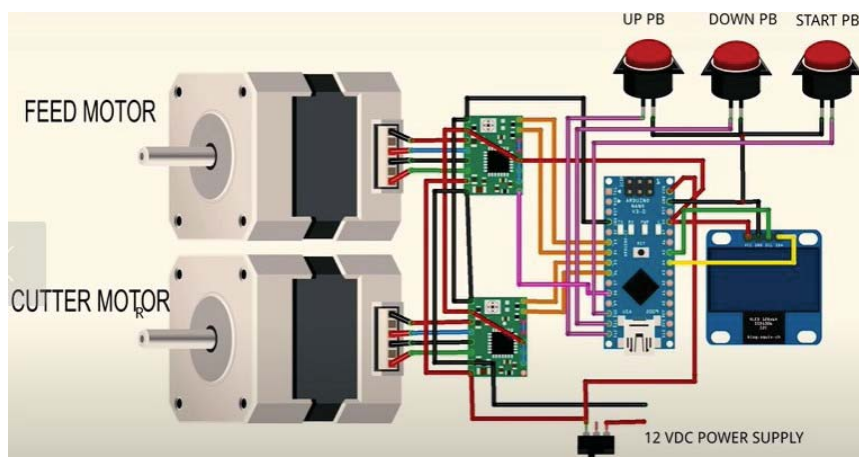


Fig 2.3.2. Mecanism de tăiere

5. Etape documentare și mijloace de obținere

S-a pornit de la ideea conceperii unui echipament ce poate fi realizat fără costuri deosebit de ridicate, fiind util pentru îndeplinirea unor cerințe constructive în comparație cu procedeele plastice de deformare plastice la rece care sunt mult mai costisitoare și mult mai complexe. Luând în considerare necesitatea de a crea un dispozitiv accesibil ca preț și rapid ca asamblabilitate, s-a decis ca unele elemente să fie realizate prin printare 3D, fiind o variantă mai puțin costisitoare și mult mai accesibilă. Acest proces s-a realizat prin intermediul softului de imprimare 3D Ultimaker Cura 4.5 Pentru realizarea acestui reper s-a utilizat mașina de printare 3D Creality CR-20 Pro ce folosește materialul PLA (Acid polilactic). Principalul scop este digitalizarea întregului proces

În figurile 2.4.1 și 2.4.2 se prezintă modul de obținere și optimizarea parametrilor pentru îndeplinirea rolului funcțional stabilit.

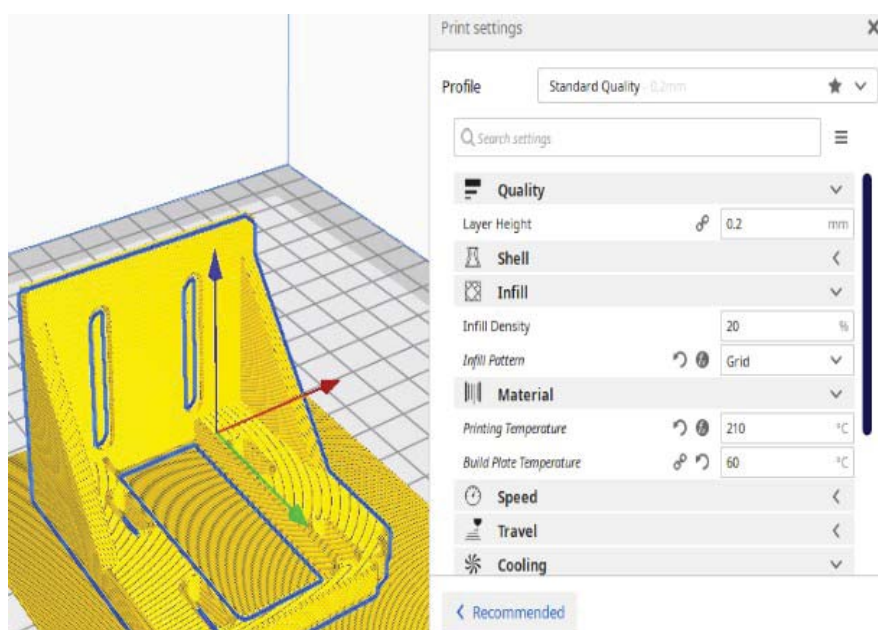


Fig 2.4.1. Piesă imprimată 3D (Placă susținere)

În urma procesului de printare s-au obținut următorii timpi aferenți fiecărui parametru selectat și timpul necesar de obținere al piesei, chiar și cantitatea de material utilizată.

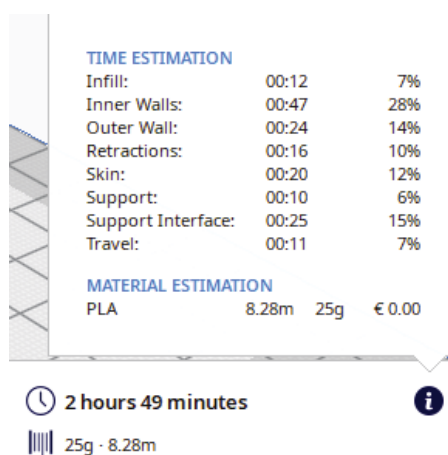


Fig 2.4.2. Timpi parametrii

În figura 2.4.3 este prezentat ansamblul final.

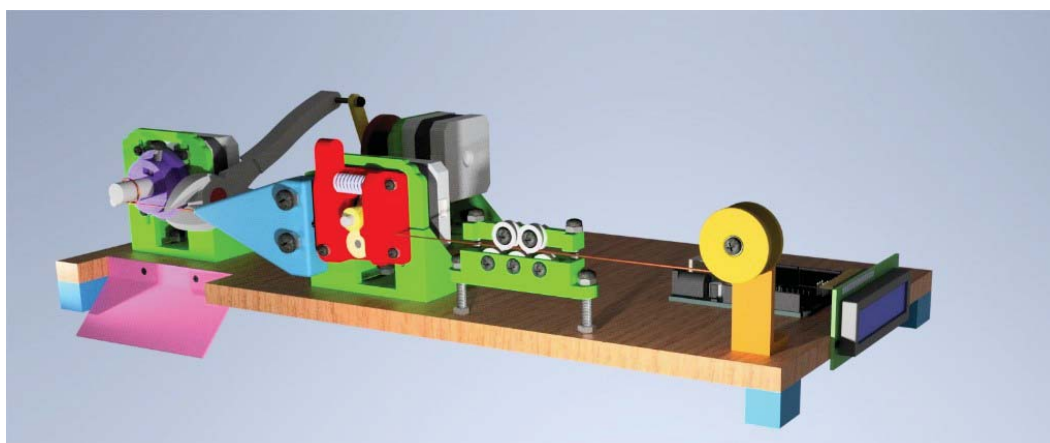


Fig 2.4.3 Ansamblu final

Surse de documentare în vederea achiziționării părții din domeniul electric al echipamentului pentru realizarea fizică a proiectului.

Nema 17 motor - <https://amzn.to/2UQ2mpD> A4988

Driver - <https://amzn.to/2VEdxPA>

Arduino Nano - <https://amzn.to/2VDoH2> 16x2 I2C

Display - <https://amzn.to/2UPs9OI> Tactile

push buttons - <https://amzn.to/2UK0C1h>

Extruder - <https://amzn.to/2P0njsw>

Wire cutter - <https://amzn.to/2P4bvFH>

<https://www.thingiverse.com/thing:3556317> https://www.youtube.com/watch?v=Ixln9wI0_uQ

5. Concluzii

În urma studiului efectuat în acest domeniu s-a luat decizia de a se proiecta și printa elemente proprii prin tehnologii de fabricare aditivă , cât și ideea de a soluționa evacuarea profilelor realizate.

Lucrarea constituie și o parte a proiectului de diplomă, ce urmează a fi îmbunătățită până la data susținerii examenului de licență și continuată în programele de masterat.

6. Bibliografie

- [1] <https://components101.com/motors/nema17-stepper-motor>, accesat la 28.04.2020
- [2] <https://grabcad.com/library/nema-17-11>, accesat la 20.04.2020
- [3] <https://securereservercdn.net/198.71.233.106/k8u.855.myftpupload.com/wp-content/uploads/2019/08/BENDER-MACHINE-1024x726.jpg> , accesat 21.04.2020
- [4] https://www.mediafire.com/file/cyc6lvn2556za2n/sketch_aug04a.ino/file, accesat la 21.04.2020
- [5] <https://www.mediafire.com/file/1dmhb3x4hx96rh2/cutter.ino/file>, accesat la 21.04.2020

OPTIMIZAREA ȘI VALIDAREA TEHNOLOGICĂ A OPERAȚIILOR DE STRUNJIRE DIN PROCES PRIN SIMULARE CAM CU MODULUL HSM AL AUTODESK INVENTOR

OPTIMIZATION AND TECHNOLOGICAL VALIDATION OF TURNING OPERATIONS FROM PROCESS BY SIMULATION CAM WITH THE HSM MODULE OF AUTODESK INVENTOR

BANU George-Sebastian

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
Anul de studii: IV, e-mail: banu_george25@yahoo.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Mădălin-Gabriel CATANĂ**

ABSTRACT: This paper presents an example of the use of the High Speed Machining module of the Autodesk Inventor program for the optimization and technological validation of several variants of processing schemes for two turning operations performed on CNC lathe. The CAM simulation determined the optimal variants for removing the processing additions in operations. For the technological validation of optimal variants of processing schemes were used in the simulation of the CAM the 3D geometric models of the machine and equipment for catching the part in operations.

CUVINTE CHEIE: strunjire, simulare CAM, HSM Inventor, tehnologie, durata operației, optimizare

1. Introducere

Producția asistată de calculator (CAM) reprezintă utilizarea de software pentru controlul mașinilor unelte utilizate în procesul de producție. Această metodă a devenit o practică comună în optimizarea operațiilor tehnologice de prelucrare prin așchiere. Aceasta se folosește pentru a simula prelucrarea unei piese și de a identifica din timp schemele neproductive sau apariția unor coliziuni cu echipamentele tehnologice.

Autodesk este o companie de software fondată în anul 1982 în Statele Unite. Aceasta se ocupă cu dezvoltarea de soluții software 2D și 3D care sunt utilizate în inginerie, construcții, arhitectură, etc. Pentru realizarea acestei lucrări a fost folosit un program software care se numește Autodesk Inventor Professional 2018 cu modulul High Speed Machining, program ce poate simula o întreagă gamă de operații de strunjire, frezare, găurire, etc.[5].

Această lucrare are scopul de a crește productivitatea operațiilor de strunjire prin micșorarea timpilor de bază și auxiliari. Modalitatea aleasă pentru atingerea obiectivului este prin optimizarea schemelor de prelucrare folosite de scule prin compararea diferitelor strategii de îndepărtare a adaosului a două operații.

2. Stadiul actual

În momentul de față, există numeroase variante de simulare CAM pentru PC cât și integrate pe comanda numerică a mașinilor unelte. Diferite softuri prezintă diferite avantaje, în funcție de caracteristicile lor, compatibilitatea cu controller-ele mașinilor sau diferite integrări în controller-ul mașinii unealtă [6].

Modulul High Speed Machining permite exportarea operațiilor simulate într-o mare varietate de limbaje de programare CNC, permițând astfel realizarea programului pe PC și trecerea acestuia pe mașina CNC în câțiva pași simpli.

Modulul High Speed Machining poate fi integrat în mai multe programe de proiectare CAD 3D, ca Inventor, Fusion 360 sau SolidWorks, ceea ce permite realizarea modelului 3D și simularea CAM în același program.

3. Pregătirea HSM pentru simularea operațiilor

Se prezintă modul de lucru prin care a fost realizată simularea CAM a două operații de strunjire. Prima operație, care se numește 30. Prelucrare complexa 2 din PT1 utilizează un semifabricat care inițial a fost obținut prin matrițare. Această operație se va denumi în continuare 30.PT1. În a doua operație, care se numește 40. Prelucrare complexa 2 din PT2 utilizează un semifabricat care inițial a fost obținut prin laminare. Această operație se va denumi în continuare 40.PT2 [1].

3.1. Definirea mașinii unelte cu comandă numerică

Pentru a realiza validarea tehnologică a operațiilor în programul Inventor se definește ansamblul mașini unelte CNC Doosan Lynx 2100 precum și a echipamentelor tehnologice folosite (vezi figura 1). După cunoașterea acestor elemente, programul ține cont la calculul deplasării sculelor pentru a nu exista o coliziune cu acestea [2].

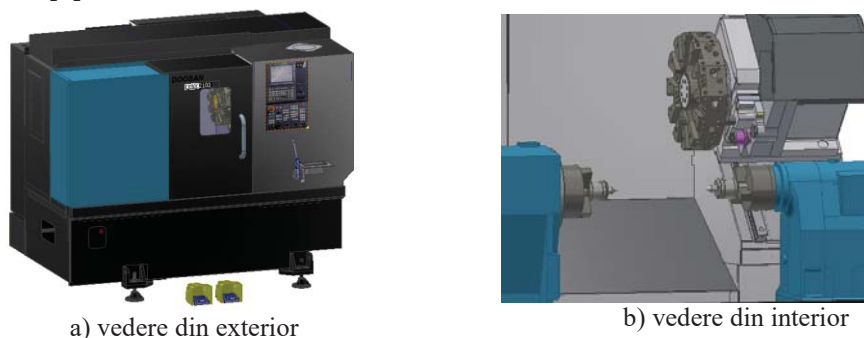


Fig.1. Ansamblul mașinii-unelte CNC

3.2. Definirea semifabricatului

Se definește construcția 3D la sfârșitul prelucrării din 30.PT1 și 40.PT2. Aceasta a fost modelată prin intermediul softului Autodesk Inventor 2018, fiind necesar pentru pașii următori. (vezi figura 2).



Fig. 2. Semifabricatul la sfârșitul operațiilor 30.PT1 și 40.PT2

Următorul pas este prin alegerea tipului de semifabricat (vezi figura 3). Pentru definirea semifabricatului la începutul operației 30.PT1, se alege opțiunea “From solid” și se selectează un solid definit ca semifabricat când s-a realizat modelul 3D al reperului [3] ; [4] (vezi figura 4) :

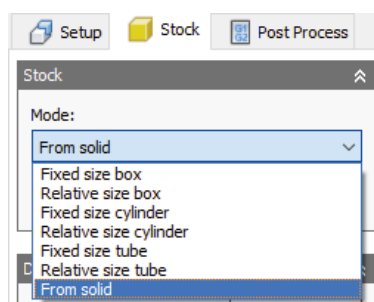


Fig. 3. Opțiuni pentru definirea semifabricatului



Fig. 4. Semifabricatul la începutul operației 30.PT1

Pentru definirea semifabricatului la începutul operației 40.PT2, se alege opțiunea “Fixed size cylinder” și se specifică dimensiunile și poziția (vezi figura 5), rezultând astfel semifabricatul (vezi figura 6).

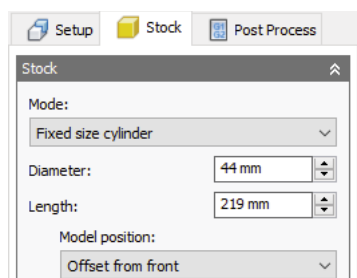


Fig. 5. Stabilirea dimensiunilor pentru semifabricatul de tip bară



Fig. 6. Semifabricatul la începutul operației 40.PT2

3.2.1. Definirea fazelor de prelucrare

Definirea fazelor de prelucrare din operațiile 30.PT1 și 40.PT2 se vor defini în concordanță cu proiectarea anterioară. Ambele operații conțin fazele următoare și sunt descrise prin schița [1] (vezi figura 7):

1. Prindere semifabricat
2. Strunjire degroșare după contur $\text{Ø}26,2 \times 18,2$; $\text{Ø}26,2 / \text{Ø}40$
3. Strunjire degajare B $0,6 \times 0,3$
4. Strunjire finisare după contur $1,8 \times 45^\circ$; $\text{Ø}25,6 \times 18,7$; $\text{Ø}25,6 / \text{Ø}40$; $2,3 \times 45^\circ$
5. Filetare la TR40X3 x 200,6
6. Desprindere și depunere piesă

Pentru realizarea fazelor de prelucrare se definesc în program următoarele date:

-suprafața de prelucrare, scula utilizată, parametrii regimului de prelucrare, iar schema de îndepărtare a adaosului de prelucrare se regăsește în capitolul 4.

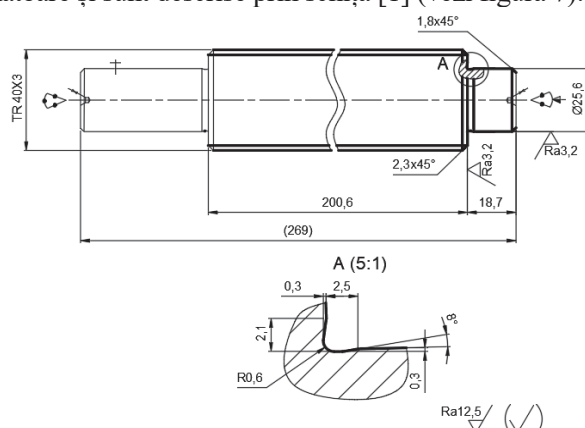


Fig. 7. Schița pentru operațiile 30.PT1 și 40.PT2

3.2.2. Definirea sculelor de prelucrare

Definirea sculelor de prelucrare se face din meniul „Tool Library” folosind submeniul pentru scule de strunjire. După selectare va apărea un meniu cu diferite tipuri de cuțite sau plăcuțe pentru operațiile de strunjire: triunghiulare, paralelipipedice, circulare, pentru canale, pentru filetare etc. (vezi figura 8).

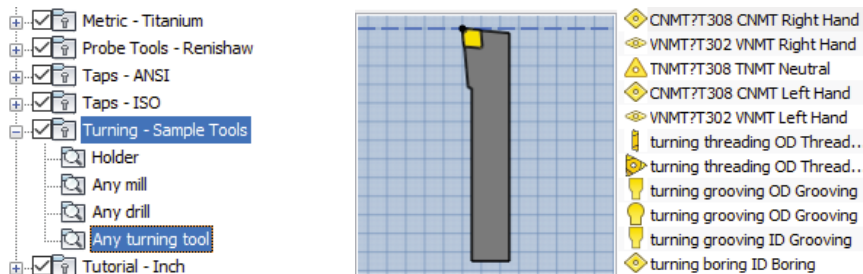


Fig.8. Alegerea sculelor

Pentru fazele 2, 3, 4, 5 se folosește un cuțit de strunjit la dreapta (vezi figura 10).

Pentru faza 2 este folosită o plăcuță rombică de tip V (vezi figura 11)

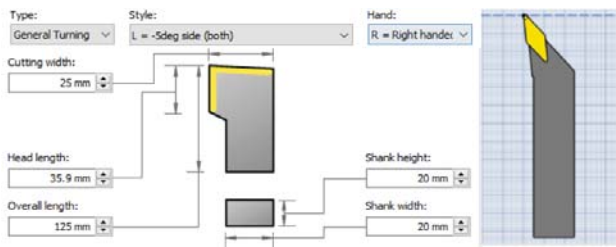


Fig. 10. Sculă

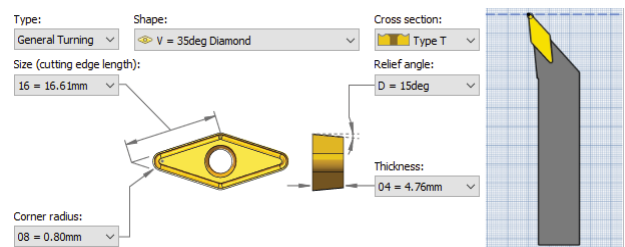


Fig. 11. Plăcuță rombică

Definirea sculelor de prelucrare pentru următoarele faze s-a făcut în același mod prezentat anterior.

3.2.3. Definirea parametrilor regimului de așchiere

Se definesc regimurile de așchiere pentru fazele operațiilor cu valori din următorul tabel [1] (vezi tabel 1):

Tabelul 1 Regimurile de așchiere

Faza	T[min]	F[mm/rot]	V[m/min]
2	15	0,579	332
3	15	0,2	249
4	15	0,146	277
5	15	3	144

4. Optimizarea cu HSM prin simularea operațiilor

Optimizarea celor două operații se va face prin analiza mai multor scheme de prelucrare posibile de aplicat pentru operațiile 30.PT1 și 40.PT2. Schemele de prelucrare sunt simulate în HSM rezultând timpii necesari pentru realizarea lor. Pe baza acestor timpii, operațiile vor putea fi optimizate prin includerea în cadrul lor a schemelor optime, realizate într-un timp cât mai scurt.

4.1. Optimizarea schemelor de prelucrare pentru fazele operației 30.PT1

4.1.1. Scheme de prelucrare pentru faza 30.2

Se analizează două scheme pentru faza 30.2 din operația 30.PT1. Îndepărtarea adaosului pentru prima schemă se face longitudinal cu adâncimea de așchiere de 1,2 mm (vezi figura 15).

Îndepărtarea adaosului pentru a doua schemă se face cu trecerile sculei dispuse perpendicular pe axa de rotație (vezi figura 16).

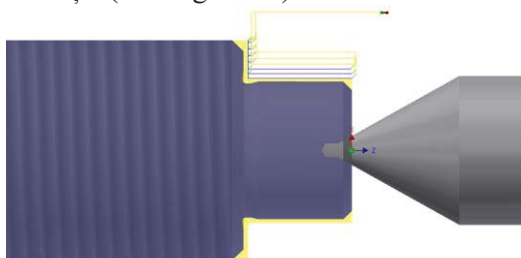


Fig. 15. Simularea schemei 1 de prelucrare pentru faza 30.2.PT1

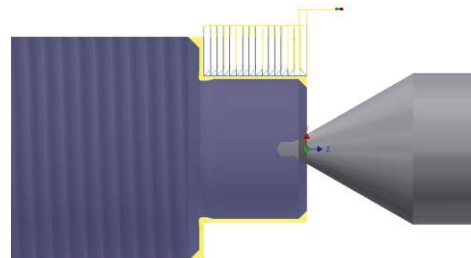


Fig. 16. Simularea schemei 2 de prelucrare pentru faza 30.2.PT1

În urma simulării cu ajutorul programului Inventor rezultă următoarele date cu privire la duratele fazelor din 30.2.PT1: schema 1: 24 secunde; schema 2: 31 secunde

În urma analizei rezultă că schema 1 este cea optimă, având timpul mai scurt cu aproximativ 7 secunde în comparație cu schema 2. Aceasta este folosită în calculul duratei operației.

4.1.2. Schemă de prelucrare pentru faza 30.3

Deoarece adaosul de prelucrare în faza 30.3 este mic rezultă o schemă de îndepărtare a adaosului de prelucrare (vezi figura 17).

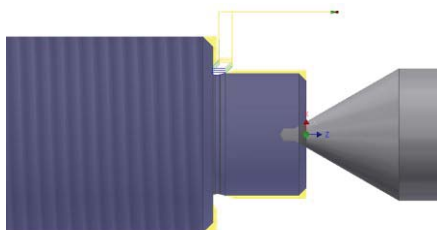


Fig. 17. Simularea schemei de prelucrare pentru faza 30.3.PT1

Pentru această fază, timpul obținut prin simulare a fost de: 22 secunde

4.1.3 Schemă de prelucrare pentru faza 30.4

Deoarece adaosul de prelucrare în faza 30.4 este mic rezultă o schemă de îndepărtare a adaosului de prelucrare (vezi figura 18).

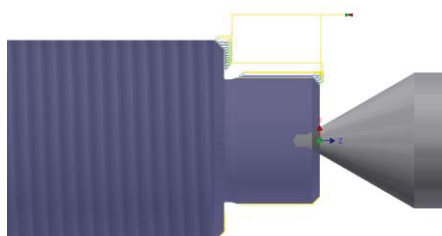


Fig. 18. Simularea schemei de prelucrare pentru faza 30.4.PT1

Pentru această fază, timpul obținut prin simulare a fost de: 36 secunde

4.1.4 Schemă de prelucrare pentru faza 30.5

Pentru filetare programul admite o singură schemă de prelucrare (vezi figura 19).

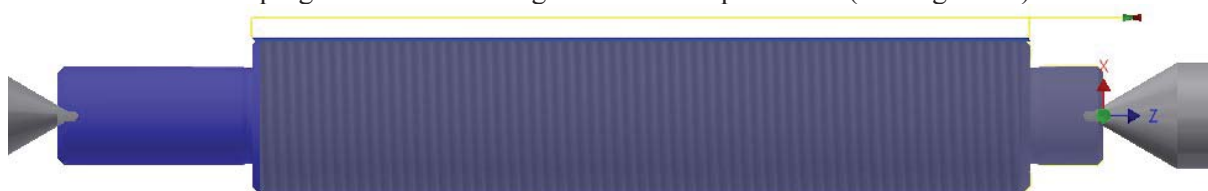


Fig. 19. Simularea schemei de prelucrare pentru faza 30.5.PT1

Timpul pentru această fază obținut prin simulare a fost de: 2,13 minute

În urma simulării tuturor fazelor și a selectării schemelor optime, timpul total pentru operația 30.PT1 afișat de program a fost de 3,37 minute

4.2. Optimizarea schemelor de prelucrare pentru fazele operației 40.PT2

4.2.1 Scheme de prelucrare pentru faza 40.2

Se analizează două scheme pentru faza 40.2 din operația 40.PT2. Îndepărtarea adaosului pentru prima schemă se face longitudinal cu adâncimea de așchiere de 1,2 mm (vezi figura 18).

Îndepărtarea adaosului pentru a doua schemă se face cu trecerile sculei dispuse perpendicular pe axa de rotație (vezi figura 19).

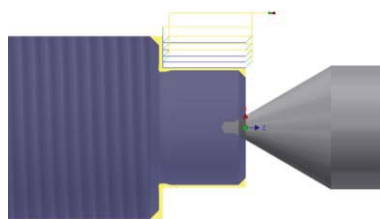


Fig. 18. Simularea schemei de prelucrare 1 pentru faza 40.2.PT2

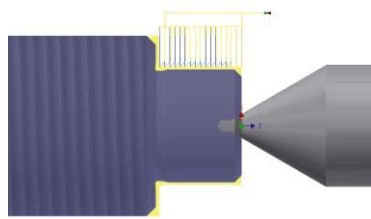


Fig. 19. Simularea schemei de prelucrare 2 pentru faza 40.2.PT2

Îndepărtarea adaosului pentru a treia schemă se face cu trecerile sculei dispuse după conturul piesei cu o adâncime de așchiere de 1,2 mm (vezi figura 19).

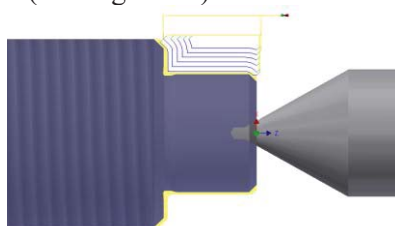


Fig. 20. Simularea schemei de prelucrare 3 pentru faza 40.2.PT2

În urma simulării cu ajutorul programului Inventor sunt generate următoarele date cu privire la duratele operațiilor din PT2:schema 1 : 26 secunde; schema 2 : 31 secunde; schema 3 : 28 secunde

În urma analizei rezultă că schema 1 este cea optimă, având un timp mai scurt cu aproximativ 2 secunde.

Schemele de prelucrare și timpii pentru fazele 40.3 ; 40.4 ; 40.5 din PT2 sunt identice ca în cazul fazelor 30.2 ; 30.3 ; 30.4 din PT1 . Rezultând timpul pentru operația 40 din PT2 este de 3,39 minute .

În urma simulării fazelor operațiilor din PT1 și PT2 folosind schemele de prelucrare optime alese s-a constatat ca nu se produc coliziuni între sculele de prelucrare cu mașina unealtă cu comandă numerică și cu echipamentele de prindere a semifabricatului.

5. Concluzii

În urma acestei simulări CAM și a modul de lucru, a permis variante optime pentru cea mai bună schemă de prelucrare a fazelor reprezentate.

În urma simulării optimizate în HSM au rezultat valorii apropiate față de cele proiectate anterior unde au fost folosite relații de calcul specifice. În urma acestei comparații a fost efectuată validarea tehnologică. Prin introducerea datelor pentru fiecare operație inclusiv schemele de prelucrare, nu au adus la apariția de coliziuni între scule și echipamente.

6. Bibliografie

- [1]. Banu G., Proiect Produse Procese și Sisteme 2, Universitatea Politehnica București, Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea Inginerie Economică Industrială 2019
- [2]. Dijimărescu M. (2017), note de curs : Proiectare Asistată de Calculator 1
- [3]. Inventor 2020 HSM meniul help
<http://help.autodesk.com/view/INVCAM/2020/ENU/?guid=GUID-25B71382-B155-4A3C-B1F8-B9931EA3DAA9>. Accesat la data 12/03/2020
- [4]. Peter De Strijker (2014): Hands-on: Inventor HSM Express 90 minutes Hands-on For Beginners <https://docplayer.net/32253236-Hands-on-inventor-hsm-express-minutes-hands-on-for-beginners.html> Accesat la data 22/03/2020
- [5]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk>. Accesat la data 14/02/2020
- [6]. <https://www.scan2cad.com/cnc/which-cnc-controller-software-should-i-use/>. Accesat la data 14/04/2020

STUDII PRELIMINARE PRIVIND UTILIZAREA UNUI SISTEM LIDAR PENTRU DETECTAREA OBSTACOLELOR

PRELIMINARY STUDIES REGARDING THE UTILIZATION OF A LIDAR SYSTEM FOR OBSTACLE DETECTION

ENACHE Andrei-George, BOSOC Vlad-George

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Informatica Aplicată în Inginerie Industrială,
Anul de studii: III, e-mail: enache.andrei.george@gmail.com

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. **Tom SAVU**

ABSTRACT: In today's industries and day to day activities, different actions usually performed by humans are in the past, these activities being performed by robots on different intelligence levels, ranging from robotic arms to entire production lines that do not need any human interaction to make a finished product. All of this is possible thanks to algorithms and softwares that can manipulate data, and more important, different types of sensors that can measure and accumulate the desired data at high precision. An example of such a sensor is the LIDAR, a sensor that can measure the distance to the things around it using different light sources and receivers. A very common use of this type of sensors is found in the development of AGVs, autonomous vehicles used in factories and deposits that can maximize productivity and shorten the time for different processes. In this paper, we will cover some important aspects of LIDAR and its use in technologic fields.

KEY WORDS: LIDAR, AGV, automation, sensors

1. Introducere

LIDAR-ul este un dispozitiv utilizat pentru măsurarea elementelor înconjurătoare, folosind lumină infraroșie cu lungimea de undă variind între 600 nm și 1500 nm. În principal există 3 metode principale de emisie a luminii și citire a informației: scanare cu undă laser și citire cu fotodiodă receptoare, flash luminos și citire cu panouri de arseniură de galiu sau rețea de fază și citire cu ajutorul unui chip.

Datorită costului mai scăzut decât în cazul celorlalte metode, cei mai mulți producători aleg să utilizeze tehnologia LIDAR cu raze laser.

Cea mai utilizată metodă de măsurare a distanței cu acești senzori este reprezentată de "timpul de zbor" ("Time Of Flight"), aceasta constând în măsurarea timpului necesar razei de lumină să se întoarcă la senzor și ținând cont de viteza luminii. În funcție de modul de citire a informațiilor și afișarea acestora, sistemele LIDAR pot fi 1D (un punct), 2D (linii de diferite forme formate din puncte, vezi figura 1.) sau 3D (mai multe straturi de linii formate din puncte, vezi figura 2). Prin mișcarea unghiulară a unui lidar unidimensional putem obține imaginea bidimensională a mediului înconjurător, iar prin adăugarea unui unghi de mișcare perpendicular pe planul bidimensional putem obține imaginea 3D a obiectelor din jur.

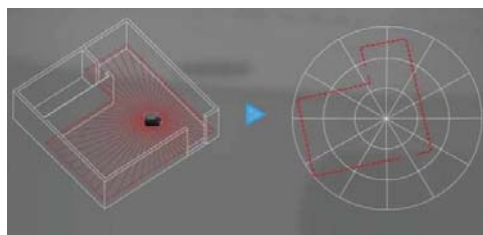


Fig. 1. Model de citire a unui LIDAR 2D la 360°



Fig. 2. Model de citire a unui LIDAR 3D la 360°

Cei mai importanți parametri ce definesc calitatea unui sistem LIDAR sunt [1][2]:

-Frecvența de eșantionare - se măsoară în Hz, reprezintă numărul valorilor ce pot fi acumulate într-o secunda;

-Frecvența de scanare - se măsoară în Hz, reprezintă numărul de scanări în unitatea de timp;

-Unghiul de scanare (FOV) - reprezintă unghiul la care senzorul poate scana mediul înconjurător;

-Densitatea punctelor - numărul de puncte dintr-o anumită suprafață (această caracteristică definește de obicei performanța cea mai importantă a senzorului);

-Aria de acoperire (suprafața reală ce este scanată, în funcție de rata de repetare, altitudine, unghi și distanță);

-Suprapunerea - în cazul platformelor aeriene, reprezintă mărimea suprafeței redundante ce este acoperită de mai multe ori în timpul unor zboruri repetate apropiate;

-Altitudinea de zbor (în cazul stațiilor aeriene).

În funcție de platforma pe care acestea sunt plasate, LIDAR-ele se împart în următoarele categorii:

1) Spațiale - folosite pentru a măsura viteza vântului, pentru a crea topografia și rugozitatea pământului, dar și alte proprietăți geografice. În general, acestea folosesc spectrul infraroșu îndepărtat cu lungimi de undă medii sau mari, între 1.5–15 μm ;

2) Aeriene:

a) Topografice - utilizate pentru a crea modele digitale de altitudine, înălțime a terenului sau coridoare de transport [4]. Acestea operează cu laser infraroșu cu lungimi de undă între 1000-1500 μm [2];

b) Batimetrice - utilizate pentru a crea modele digitale de adâncime a apei. Operează cu lungimi de undă vizibile, verzi, de aproximativ 532 nm, pentru o mai bună penetrare a apei [3]

3) Terestre (folosesc lumină infraroșie cu lungimi de undă de 500-600 nm [4]):

a) Mobile - utilizate pentru modelarea 3D a diferitelor străzi, poduri etc., dar și pentru detectarea de obstacole în cadrul vehiculelor inteligente;

b) Statice - utilizate pentru supravegherea și monitorizarea zonelor fixe.

De obicei, pe lângă senzorul de colectare care conține un transmițător laser și un receptor, sistemul LIDAR mai are încorporat și un sistem de poziționare globală (GPS) și o unitate de măsurare inerțial (IMU) pentru calculul rotirii, pasului și a direcției platformei în cazul structurilor aeriene sau un instrument de măsurare a distanței (DMI), în cazul platformelor terestre. Aceste instrumente suplimentare sunt necesare pentru o acuratețe mai bună a imaginilor, astfel încât putem corela imaginile prelevate cu suprafețele zonelor din lumea reală. În plus, prezența unui GPS și a sistemelor de măsurare a poziției ajută la calcularea traiectoriei vehiculului și oferă feedback în timp real algoritmilor de generare automată a traiectoriei.

Cea mai comună formă de stocare a norului de puncte obținut cu ajutorul unui LIDAR este stocarea în fișiere de format LAS. Acestea permit o citire rapidă a datelor pentru diverse aplicații.

Fiecare punct stocat în fișierele LAS are următoarele informații: coordonatele spațiale x,y,z, intensitatea fasciculului la întoarcere, numărul de ordine al întoarcerii dintr-un puls, numărul întoarcerilor dintr-un puls, direcția de scanare, clasificare, timpul GPS, sursa punctului, etc. Pentru a reconstitui o imagine cât mai clară a mediului înconjurător, în cazul în care avem nevoie de o hartă 3D, punctele stocate sunt clasificate după diferite criterii (puncte neclasificate, pământ, copaci, clădiri, străzi, etc.), urmând ca un filtru de interpolare să fie aplicat pentru a netezi imaginea finală.

Printre aplicațiile cele mai semnificative ale acestui sistem se numără detectarea tipurilor de vegetație, măsurători atmosferice sau de teren, dar și detectarea obstacolelor pentru sisteme de transport în vehiculele autonome [5].

În cadrul acestei lucrări se vor evidenția principalele metode de detectare și evitare a obstacolelor de către vehiculele industriale, dar și cei mai utilizați algoritmi de generare a traiectoriei din momentul actual.

2. Stadiul actual

Cel mai mare beneficiu al automatizărilor și a metodelor din ce în ce mai avansate de prelucrare a datelor, pe lângă creșterea exponențială a randamentului proceselor de lucru, este reprezentat de nivelul foarte scăzut al erorilor umane. În plus, în cazul daunelor provocate de diferite aparate, datele anterioare accidentelor pot fi citite pentru a oferi o perspectivă clară asupra cauzelor, putând fi făcute modificări cu scopul eliminării viitoarelor probleme asemănătoare.

O foarte mare importanță pentru dezvoltarea industriei tehnologice și a producției este reprezentată de creația Vehiculelor Automate Ghidate (AGV), roboți mobili ce pot transporta diverse bunuri în diferite locații, fără interacțiuni umane. Astfel se pot elimina timpii morti cauzăți de epuizarea umană, iar utilizând diferite software-uri de management al flotelor de roboți ne putem asigura ca aceștia nu își vor intersecta traiectoriile în timpul sarcinilor de lucru.

Aceste vehicule automate pot lua diverse forme și dimensiuni (stivuitoare (Fig. 3.), aparate de tractare (Fig. 4.), platforme mobile de lucru (Fig. 5), cărucioare), dar indiferent de structura lor acestea au nevoie de Sisteme Automate de Ghidare (AGS) care să le conducă și să informeze sistemul de management al flotei despre poziția lor [8].



Fig.3. Stivuiitor Smart Laser forklift
AGV transfer robot X14-L01 Series



Fig.4. Tractor de remorcare
Kivnon K20



Fig. 5. Platforma mobila
MiR100

Cele mai comune sisteme de navigație AGV sun următoarele [8]:

- a) Navigație Laser (Laser Navigation Vehicle, LGV)- Acesta este unul dintre cele mai populare sisteme de navigație pentru stivuitoare automate. Fiecare vehicul este echipat cu un dispozitiv de navigare poziționat pe partea superioară a acestuia care se rotește la 360°, trimițând semnale laser. Aceste raze laser ating mai multe ținte reflectorizante poziționate pe coloane sau pereți, iar odată ce minim 3 astfel de semnale se întorc la dispozitivul de navigație, acesta poate calcula poziția vehiculului (Fig. 5).
- b) Bandă Magnetică- Ruta de navigație este făcută cu bandă magnetică plasată pe podea, iar un senzor magnetic situat în AGV detectează câmpul magnetic și urmărește traiectoria dorită.
- c) Puncte magnetice- Vehiculele navighează urmărind cilindri magnetici situați în podea (Fig. 6).
- d) Navigație Naturală sau Navigație liberă- AGV-ul navighează liber, identificând elementele din jur și făcând o hartă a mediului înconjurător. Acești roboți se mai numesc și Roboți Autonomi Mobili (AMR) ce pot recunoaște apoi anumite zone din jur pentru a se putea autolocaliza pe hartă. Se bazează pe tehnica de Localizare și Cartografiere Simultană (SLAM).
- e) Navigație cu fire- Mod de navigație învechit ce necesită un cablu de curent încorporat în podea.

f) Navigație optică- AGV-ul urmărește o bandă colorată sau vopsită de pe podea.

g) Vision Navigation- Un tip de navigație naturală ce folosește prelucrare de imagini și camere video.



Fig.5. Transmițător și receptor laser

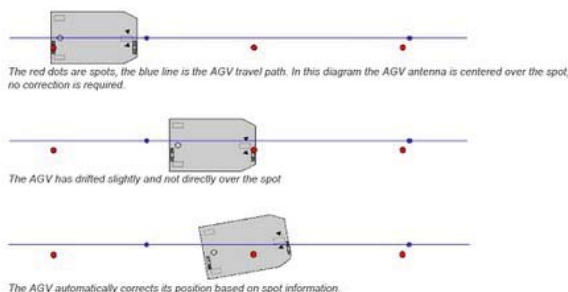


Fig. 6. Reprezentarea punctelor magnetice

În momentul actual, din punct de vedere tehnologic, cele mai performante vehicule automate folosesc sistemul de navigație naturală, acești roboți luând denumirea de Roboți Mobili Autonomi (AMR). Aceștia se bazează pe tehnologia LIDAR pentru a se putea orienta în spațiu. În comparație cu AGV-urile clasice, ei pot nu doar să detecteze apariția unui obstacol și oprirea la nevoie, dar pot calcula traiectoria necesară ocolirii acestuia astfel încât să se obțină cea mai mică distanță până la destinație. Alte avantaje ale AMR sunt costul redus al acestora și flexibilitatea.

3. Mod de funcționare

Vehiculele primesc comanda de a se deplasa într-o anumită poziție a hărții pentru a îndeplini o sarcină. La fiecare scanare a senzorului LIDAR, vehiculul primește date cu ajutorul cărora poate vedea elementele fizice din jur, putând reacționa la acestea. De asemenea, robotul potrivește măsurătorile primite de pe teren cu o hartă teoretică încărcată anterior pentru a-și putea estima poziția reală în mediu. Aceste informații asupra poziției nu sunt suficiente, așa că avem nevoie de date odometrice (acelerație, poziția roților, giroscop) și inerțiale (calculate cu ajutorul altor senzori) pentru a putea stabili performanțele reale și a satisface nevoile reale.

Așadar, AGV-ul folosește nu doar datele teoretice și cele măsurate din exterior, având nevoie și de informațiile propriilor caracteristici pentru o poziționare cât mai exactă.

Pentru utilizare industrială nu este nevoie neapărată de o scanare 3D a mediului exterior, astfel încât se pot folosi sisteme LIDAR 2D cu vizibilitate de până la 360°

4. Algoritmi de generare a traiectoriei

Pentru a utiliza la potențial maxim vehiculele autonome, este nevoie ca acestea să poată determina distanța cea mai scurtă între puncte atunci când au de îndeplinit diferite sarcini pentru a putea calcula ruta cea mai scurtă. Exemple de astfel de algoritmi folosiți în planificarea traiectoriei roboților sunt următorii:

-Algoritmi D*- reprezintă o metodă de căutare incrementală, folosind datele acumulate în trecut pentru a putea calcula mai rapid și mai precis datele curente. Acest algoritm citește nodurile din apropiere, iar dacă acestea sunt libere, calculează cea mai scurtă distanță până la următorul nod care este cel mai apropiat de destinație. În cazul în care robotul observă un

obstacol în cale, acesta citește din nou nodurile din jur pentru a putea recalcula cea mai scurtă traiectorie. În medii mari și complicate, acesta planifică rute mai scurte decât algoritmul A*[9].

-Algoritmi A*- reprezintă o metodă de căutare a unui grafic pentru generarea traiectoriei. Acest algoritm este mai încet decât D* deoarece stochează toate nodurile generate în memorie. Acesta funcționează pe baza calculului costului celui mai scăzut (distanța minimă) până la locația finală. În medii mai mici și mai simple, acest algoritm funcționează mai bine decât algoritmul D*.

-Algoritmul RRT (Rapidly-exploring RandomTree) (Fig. 7.) - acesta este un algoritm complex creat pentru a genera traiectorii, utilizând ramuri ce se construiesc la întâmplare, alegând apoi ramura cu cel mai mic cost pentru a ajunge la destinația dorită. O problemă a acestui algoritm este tendința de a căuta în zonele neexplorate largi ale hărții, încetinind procesul.

-Algoritmul RRT* (Fig. 8.) - acesta este o versiune îmbunătățită a algoritmului RRT. Acesta înregistrează distanța vectorului de la punctul precedent (costul vectorului). Dacă se găsește un nod cu cost mai scăzut decât cel mai apropiat nod, acesta din urmă este înlocuit de primul [11].

-Harta probabilistică- este un algoritm de planificare a mișcărilor, luând valori la întâmplare din spațiu, verifică dacă acestea sunt spații libere sau nu, apoi folosește un planificator local pentru a conecta aceste valori. După ce aceste drumuri sunt create, putem adăuga valorile poziției inițiale și finale pentru a le conecta la celelalte puncte (Fig.9). Cu cât mărim numărul de noduri existente, probabilitatea de a nu găsi o traiectorie (în cazul în care aceasta există) se apropie de 0 [13].

-Rețele neuronale- În unele situații s-a încercat implementarea unor rețele neuronale pentru calculul drumului cel mai scurt și evitarea obstacolelor. Un astfel de exemplu ar fi Regresia cu Logica Fuzzy utilizând Rețele Neuronale [12].

- Algoritmul lui Dijkstra- reprezintă un algoritm utilizat pentru a găsi cea mai scurtă cale între 2 noduri ale unui grafic [14]. Acest algoritm folosește calculul costului vectorilor pentru a stabili valoarea optimă a drumului ales (Fig.10.).

Majoritatea acestor filtre folosesc diagramele lui Voronoi, o metodă prin care fiecărui nod de pe hartă i se atribuie un poligon, fiecare punct din acest poligon fiind mai apropiat de nodul său decât de celelalte noduri.

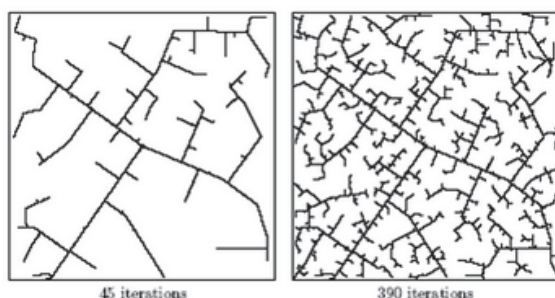


Fig.7. Afișarea algoritmului RRT

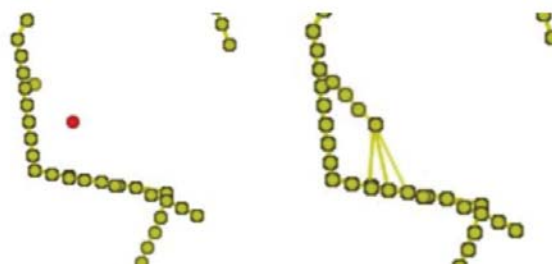


Fig. 8. Afișarea algoritmului RRT*

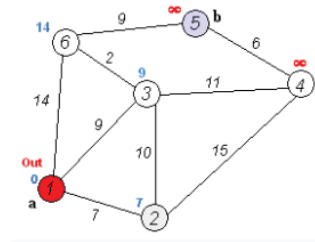
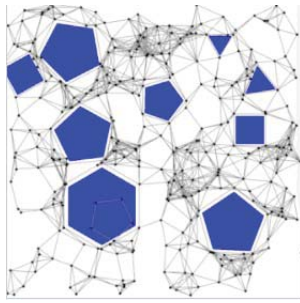


Fig.9. Representarea hărții probabilistice Fig.10. Representarea algoritmului lui Dijkstra

În funcție de aplicațiile dorite, de spațiul necesar operațiilor și de variabilele existente în mediul înconjurător, putem folosi diferiți algoritmi de evitare a obstacolelor. Astfel, diverși producători pot folosi metode diferite de calcul a traiectoriei, neexistând încă un algoritm omologat ca fiind optim pentru o gamă largă de activități.

6. Concluzii și îmbunătățiri

După analiza tuturor acestor caracteristici ale sistemului LIDAR și a utilizărilor acestuia, următorul pas în dezvoltare îl reprezintă achiziționarea unui senzor rotativ 2D la 360° pentru a putea acumula datele reale din mediul înconjurător și a putea testa algoritmi prezenți. Acesta va fi montat pe o mașinuță pentru a putea crea baza unui vehicul autonom.

7. Bibliografie

- [1] James Young (2011), "Lidar for dummies", Wiley Publishing, Inc., Hoboken, ISBN978-0-470-94225-3
- [2]. <https://felix.rohrba.ch/en/2015/four-essential-lidar-parameters/>
- [3]. Andreas Fix, Giampiero Naletto, Ian Hutchinson, Nikos Karafolas, Wolfgang Riede, Arnaud Heliere, Bob Menzies & Haris Riris(2019), "Space Lidar and Space Optics", CEAS Space Journal, 359-362
- [4]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>
- [5]. https://www.ngs.noaa.gov/corbin/class_description/Nayegandhi_green_lidar.pdf
- [6]. Pinliang Dong and Qi Chen(2018), "LIDAR Remote Sensing and Applications", Taylor & Francis Group, Boca Raton, ISBN 978-1-4822-4301-7
- [7] <https://www.mobile-industrial-robots.com/en/insights/get-started-with-amrs/agv-vs-amr-whats-the-difference/>
- [8] <https://www.agvnetwork.com/types-of-navigation-systems-automated-guided-vehicles>
- [9] Dae Hwan Kim(2018), "A Guide to Selecting Path Planning Algorithm for Automated Guided Vehicle(AGV)", International Conference on Advanced Engineering Theory and Applications
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/D*
- [11] <https://medium.com/@theclassytim/robotic-path-planning-rrt-and-rrt-212319121378>
- [12] Hamed Fazlollahabadi, Mohammad Saidi-Mehrabadi(2015), "Autonomous Guided Vehicles", ISBN 978-3-319-14747-5
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Probabilistic_roadmap
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm

MODELAREA ȘI SIMULAREA UNUI DISPOZITIV MICROFLUIDIC PENTRU ANALIZA LEUCOCITELOR

MODELING AND SIMULATION OF A MICROFLUIDIC DEVICE FOR LEUKOCYTE ANALYSIS

CÎRSTINA Maria-Mihaela, DECA Anca-Loredana, NEACȘU Alexandru-Ionuț
Facultatea: IIR, Specializarea: TCM, Anul de studii: IV, e-mail: cirstinamihaela97@gmail.com

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. **Daniel GHICULESCU**

ABSTRACT: The paper deals with the modeling and simulation of lab-on-a-chip microfluidic device is used for counting leukocytes in blood samples. Some aspects regarding the development stages of lab-on-a-chip devices are shown, which are extremely useful in the current pandemic conditions due to the rapidity of providing analysis results and the opportunity to perform certain determinations that are impossible using current conventional equipment. Comsol Multiphysics was used for finite element modeling and simulating device working, and for its geometric optimization. The velocities and the required travel time of the blood sample, the lysing and stop lysing substances, within two circuits are considered. These are formed by multiple coils with two counting channels of two cell types and a cells capture chamber. The conditions for the execution of the device were created on a millimeter silicon wafer using photochemical microtechnologies.

CUVINTE CHEIE: microfluide, leucocite, microtehnologii fotochimice.

1. Introducere

Acronimul pentru Sistemele Micro-Electro-Mecanice este “MEMS” (Micro Electro Mechanical Systems) și a fost adoptat oficial în 1989 de Dr. Albert P. Pisano. Acesta a folosit termenul “MEMS” pentru a descrie structurile rezonante care au fost fabricate pentru stabilizatori de frecvență [1].

Microsistemul de analiză cunoscut și sub numele de „lab-on-a-chip” a fost propus la începutul anilor 1990. Fluxul de fluide în dispozitivele microfluidice prezintă proprietăți diferite datorită scalării, de la 0,1 μm la 1 mm [2].

Globulele albe sau *leucocitele* includ neutrofilele, *limfocitele*, monocitele, bazofilele, eozinofilele și trombocitele. În prezenta lucrare a fost analizată curgerea microfluidelor necesare, pentru realizarea unui MEMS folosit la determinarea numărului de *limfocite de tip T* dintr-o probă de sânge (denumite astfel pentru că se maturizează în *timus* și care nu pot fi numărate cu ajutorul mijloacelor de analiză convenționale) și care au un rol major în răspunsul imunitar prin atacul asupra celulelor infectate de viruși [5].

2. Stadiul actual

Pentru realizarea unui dispozitiv de tip MEMS se apelează la litografie, care reprezintă transferul unui model de pe un material fotosensibil prin expunere selectivă la o sursă de radiație [3].

Sângele este alcătuit dintr-o parte lichidă, plasma sanguină, care conține 90% apă, în care plutesc o serie de celule specifice sângelui, țesut lichid de origine mezenchimală, în care se găsesc *elementele figurate* (eritrocitele, leucocitele și trombocitele) [5].

Dispozitivul microfluidic a fost creat cu intenția de a observa la nivel “micro” modificările survenite celulelor din sânge datorate diferitelor boli. Tehnologiile microfluidice sunt o alternativă a metodelor tradiționale de detectare a celulelor în fluide [2].

Geometria unui sistem microfluidic este determinată de următorii parametri (utilizați și la modelarea dispozitivului din lucrarea de față), conform fig. 1: lățimea canalului central (W_c); lățimea canalului lateral (W_l); adâncimea canalului (h); unghiul de intersecție (α) dintre canale.

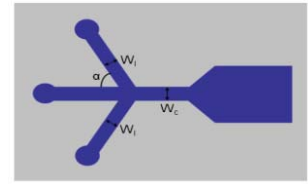


Fig. 1. Parametrii geometrici ai canalului

Matrițele sunt realizate cu ajutorul procesului de fotolitografie (v. fig. 2) fiind realizat într-o cameră curată cu lumină fără ultraviolete pentru evitarea solidificării accidentale a rășinii fotosensibile la această radiație. Forma canalului se realizează cu ajutorul elastomerului PDMS care vine în contact cu o bucată de sticlă (figura 3) [6].

Schema unui dispozitiv microfluidic și modul său de funcționare este prezentată în fig. 4: sângele este introdus în prima intrare (i), împreună cu o soluție de lizare, a doua intrare (ii). Cu ajutorul soluției, sângele circulă prin canalele dispozitivului, ajungând să fie măsurat numărul de celule care au intrat de către un senzor (iii), unele din acestea vor rămâne în camera de captură (iv), având dimensiuni mai mari și astfel, se vor număra celulele care trec de dimensiuni mai mici, la ieșirea (v) [7].

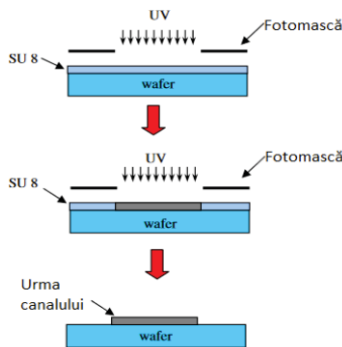


Fig. 2. Fabricarea prin fotolitografie a unui canal [6]

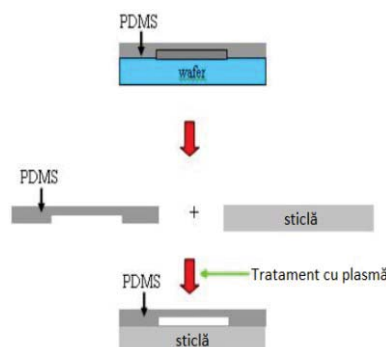


Fig. 3. Realizarea unui microcanal cu PDMS/Sticlă [6]

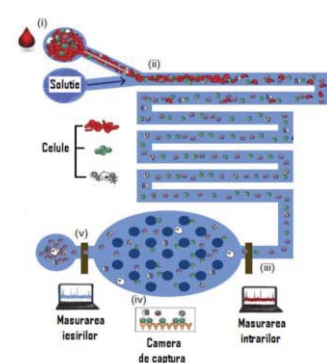


Fig. 4. Schema de principiu a dispozitivului [7]

Modelarea curgerii fluidelor în acest caz, are la bază principiul lui Bernoulli (figura 5), care afirmă că presiunea totală în lungul unei linii de curent într-un fluid incompresibil și lipsit de vâscozitate, aflat în curgere staționară, este constantă, conform relației:

$$\frac{v^2}{2} + g \cdot z + \frac{p}{\rho} = \text{constant} \quad (1)$$

unde: v - viteza de curgere a fluidului într-un punct pe o linie superioară; g - accelerația datorată gravitației; p - presiunea la punctul ales; ρ - densitatea fluidului în toate punctele.

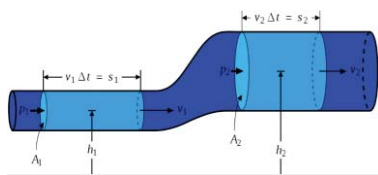


Fig. 5. Legea lui Bernoulli [8]

Principiul lui Bernoulli poate fi derivat din principiul conservării energiei. Dacă fluidul curge dintr-un rezervor, suma tuturor formelor de energie este aceeași pe toate liniile de flux, deoarece într-un rezervor energia per volum de unitate este aceeași peste tot [8].

3. Modelarea și simularea dispozitivului microfluidic

Cu ajutorul programului Comsol Multiphysics dedicat pentru analiza cu element finit, s-a realizat modelarea dispozitivului microfluidic pentru analiza leucocitelor dintr-o probă de sânge.

Pentru modelare, s-au folosit următoarele date de intrare [7]:

1. Intrare sânge cu debitul de 5 $\mu\text{l}/\text{min}$;
2. Intrare soluție de lizare cu debitul de 60 $\mu\text{l}/\text{min}$;

3. Intrare soluție de stopare a lizării, având debitul de 265 μl/min.

Viteza curgere	Vsange	0.0002	m/s	1.00	Raport viteze
	Vlizare	0.0024	m/s	12.00	
	Vstopizare	0.010600	m/s	53.00	

S-au determinat vitezele de intrare, prezentate în figura 6, cunoscându-se secțiunile circuitelor.

Fig. 6. Valorile vitezelor

Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare [7]:

Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare [7]:
 Etapa 1. Alegerea modulului de calcul: Se alege spațiul dimensional 2D și curgerea laminară.



Fig. 7. Alegerea modulului de calcul

Name	Expression	Value	Description
l1c	15000	15000.0	lungime chip
l2c	10000	10000.0	latime chip
a	300	300	latime canal
l6	1500	1500	lungime intrare sange
lin	100	100	lungime intrare s si l
l1	1000	1000	lungime canal 1 orizontal pentru constructie
vs	0.0002	2.0E-4	viteza intrare sange [m/s]
vl	vr*12	0.0024	viteza intrare lizare [m/s]
pout	101325	101300.0	presiune la iesire [Pa]
rac	300	300	raza racordare
l2	1500	1500	lungime canal 2 vertical
l3	1000	1000	lungime canal 3 vertical, la intrare stop lizare
l4	1500	1500	lungime canal 4 orizontal

Fig. 8. Parametrii de modelare din 'Global definition'

Name	Expression	Value	Description
vl	vr*12	0.0106	viteza intrare stopare lizare [m/s]
l5	200	200	lungime iesire
b	15	15	latime segment numarare
l6	60	60	lungime segment numarare
l7cap	4002	4002	lungime camera de captare
l7cap	3052	3052	latime camera de captare
rp	178/2	89	raza piloni
d1cap	12	12	distanta intre piloni
rep	(l7cap-d1cap)/(d1cap+2*rp)	16	numarul de piloni pe axa x
rep	(l7cap-d1cap)/(d1cap+2*rp)	21	numarul de piloni pe axa y
l2	12	12	latime canal numarare 2
l1	30	30	lungime canal numarare 2

Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare [7]:
 Etapa 2. Parametrizarea modelului este exemplificată în figura 8, unde sunt evidențiate dimensiuni.

Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare [7]:
 Etapa 3. Crearea geometriei: Luând în considerare faptul că majoritatea dimensiunilor sunt exprimate în μm, se adoptă dimensiunea generală a geometriei această unitate de măsură, cu evidențierea părților specifice ale dispozitivului microfluidic, conform fig. 9.

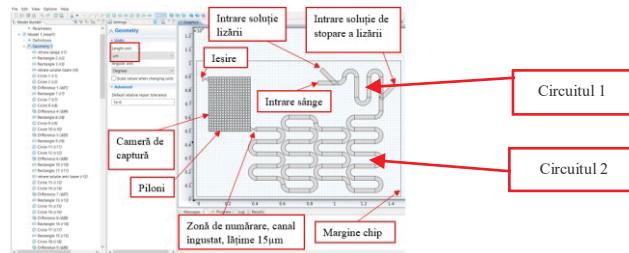


Fig. 9. Crearea geometriei dispozitivului microfluidic

Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare [7]:
 Etapa 4. Alocarea materialului: Lichidele implicate în modelare se asimilează cu apa, care se află în proporția cea mai mare în compoziția acestora peste 99,7 %, care se va alocă geometriei (fig. 10):

Property	Na...	Value	Unit
✓ Dynamic viscosity	mu	eta(T[1/K])[Pa*s]	Pa*s
✓ Density	rho	rho(T[1/K])[kg/m^3]	kg/m^3

Fig. 10. Alocarea materialului

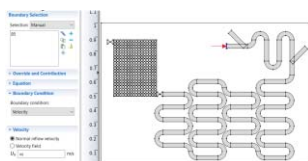
Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare [7]:
 Etapa 5. Condiții la limită: Se utilizează modelul matematic conform ecuațiilor diferențiale (2) și (3), pe care le rezolvă modul de calcul adoptat:

$$\rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} = \nabla \cdot \left[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^T) - \frac{2}{3}\mu(\nabla \cdot \mathbf{u})\mathbf{I} \right] \quad (2)$$

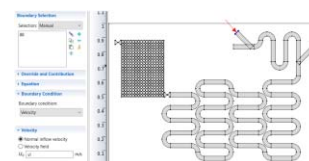
$$\nabla \cdot (\rho\mathbf{u}) = 0 \quad (3)$$

unde: u- viteza fluidului [m/s]; ρ- densitatea [kg/m³], μ- vâscozitatea dinamică [Pa*s]; p- presiunea [Pa]; l- lungimea [m]; T- temperatura; variabilele μ și ρ sunt dependente de temperatură [9].

În figura 11 sunt prezentate condițiile la limită sub forma a trei intrări exprimate în viteze perpendiculare pe suprafața de intrare și o ieșire sub formă de presiune la ieșire.

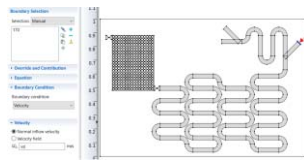


I. Intrare sânge [m/s];

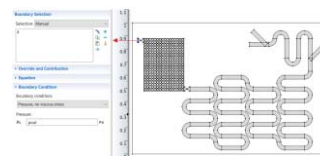


II. Intrare soluție de lizare [m/s];

Fig. 11.1. Condiții la limită



III. Intrare soluție de stopare a lizării [m/s];



IV. Ieșire, presiunea atmosferică [MPa].

Fig. 11.2. Condiții la limită

Etapa 6. Discretizarea: Se realizează cu elemente triunghiulare libere de tip fine (vezi figura 12).

Etapa 7. Rularea modelului și vizualizarea rezultatelor: S-au calculat în regim staționar vitezele de curgere și presiunile în fiecare punct al circuitului (vezi figura 13).

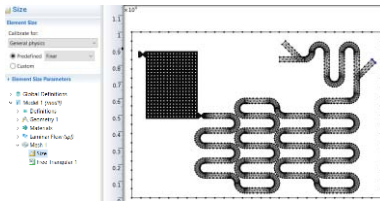


Fig. 12. Discretizarea circuitului de curgere a celor trei fluide

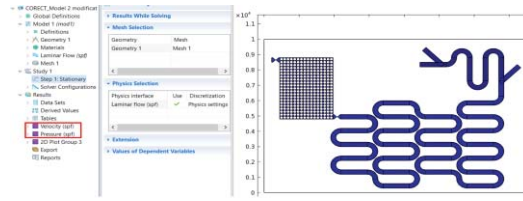


Fig. 13. Rularea modulului de calcul în regim staționar

4. Rezultate

Dispozitivul este format din două circuite: primul circuit și al doilea circuit. Timpul de parcurgere ale celor două circuite trebuie să se încadreze în anumite intervale de timp: la primul, între 3 și 5 secunde pentru a se realiza o descompunere cât mai bună a eritrocitelor și a se evita lizarea leucocitelor; la doilea circuit, între 6 și 20 secunde pentru a se stopa efectul soluției de lizare și a nu produce și descompunerea limfocitelor [7].

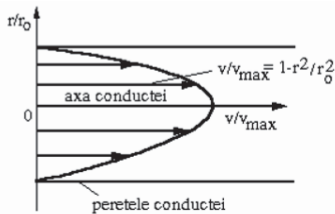


Fig. 14. Distribuția vitezei [9]

Conform figurii 14 se poate observa faptul că viteza la mișcarea laminară a fluidului într-un tub de curent are o distribuție parabolică. Datorită distribuției parabolice valoarea minimă a vitezei, chiar nulă, este pe peretele conductei, iar valoarea maximă a acesteia este pe axa longitudinală.

Au fost construite 10 variante de geometrie (vezi figurile 15-24) pentru care s-au calculat timpii de parcurgere a circuitelor și s-au comparat rezultatele obținute cu intervalele cerute, menționate anterior.

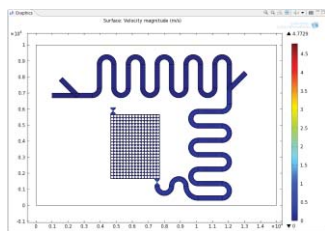


Fig. 15. Viteza în varianta inițială a geometriei

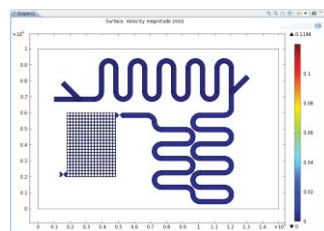


Fig. 16. Viteza în prima variantă modificată

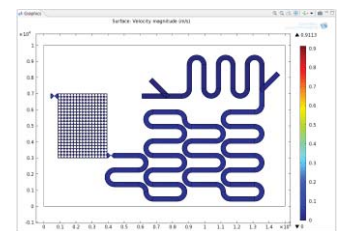


Fig. 17. Viteza în a doua variantă modificată

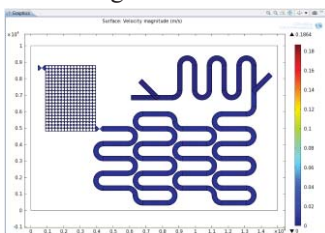


Fig. 18. Viteza în a treia variantă modificată

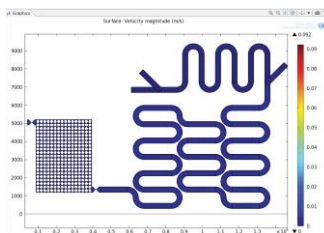


Fig. 19. Viteza în a patra variantă modificată

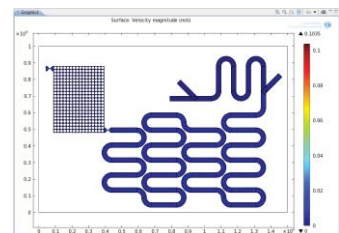


Fig. 20. Viteza în a cincea variantă modificată

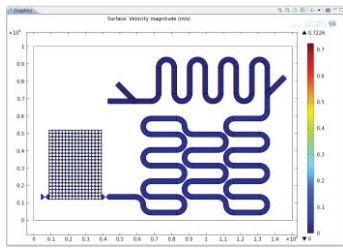


Fig. 21. Viteza în a șasea variantă modificată

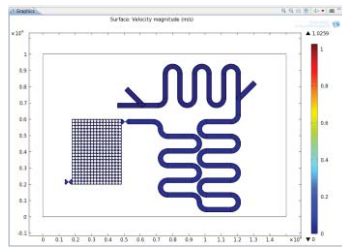


Fig. 22. Viteza în a șaptea variantă modificată

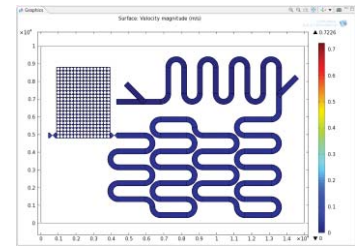


Fig. 23. Viteza în a opta variantă modificată

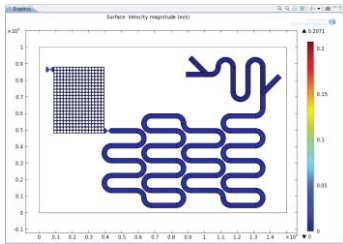


Fig. 24. Viteza în a noua variantă - finală

1.82E-03	viteza medie	m/s	
0.00135	3*12	m	3 segmente verticale
0.004239	3*3.14*(rac+a/2)	m	3 arce de cerc
0	3.14*(rac+a/2)/2	m	sfert de cerc
0.005589	lg circuit	m	lungimea totala
3.07E+00	timp	s	
1500	l2	um	
450	rrac+a/2	um	

Fig. 25. Timpul de parcurgere - primul circuit

0.0058144	viteza medie	m/s	
0.036	24*14	m	24 segmente orizontale
0.01413	20*(rac+a/2)*pi/2	m	20 arce de cerc
0.0049455	7*pi*(rac+a/2)/2	m	7 sferturi de cerc
0.001	l3	m	canal vertical
0.0560755	lg circuit 2	m	lungimea totala
6.53450908	timp	s	
450	rrac+a/2	um	
1500	l4	um	
1000	l3	um	

Fig. 26. Timpul de parcurgere - al doilea circuit

În varianta finală, pentru viteza de intrare a sângelui $v_s = 0.0002$ m/s, s-au obținut următoarele valori ale timpului de parcurgere (conform figurilor 25 și 26):

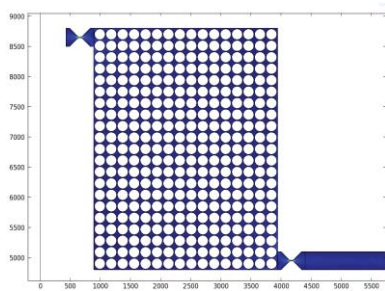


Fig. 27. Camera de captură cu piloni de reținere

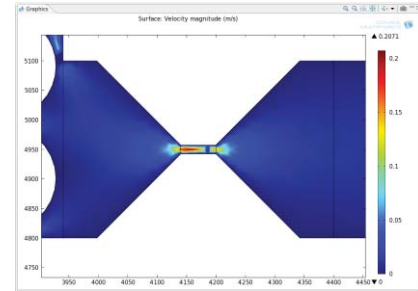


Fig. 28. Canal de numărare 1 a limfocitelor T

În figura 28 se poate observa faptul că viteza în canalul de numărare (v_2), crește semnificativ față de restul circuitului (v_1), odată cu reducerea secțiunii de la valoarea a la valoarea b (v. relația 4) [9]:

$$Q = a h v_1 = b h v_2 \quad (4)$$

unde: Q - debitul volumic; v_1, v_2 – vitezele de curgere; a, b – dimensiunile transversale ale canalului de curgere; h - înălțimea circuitului.

Vizualizarea rezultatelor se face urmărind variația vitezei de curgere a fluidelor (figura 29) și a presiunii acestora (figura 30). Conform figurilor 31 și 32 se poate observa faptul că presiunea scade în momentul în care se ajunge în canalul de numărare datorită lungimii circuitului și schimbării de direcție de curgere.

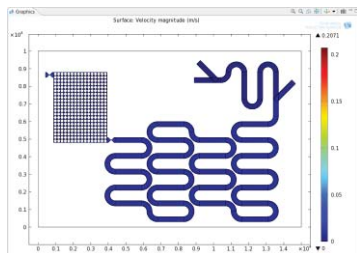


Fig. 29. Viteza în dispozitiv

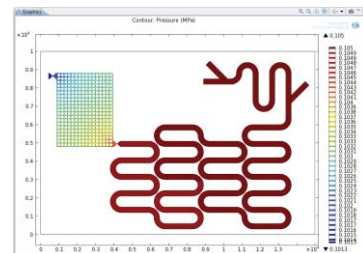


Fig. 30. Presiunea din dispozitiv

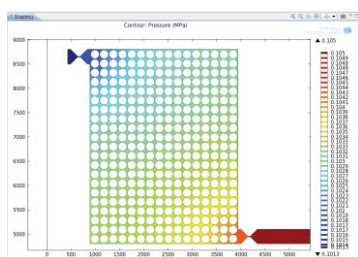


Fig. 31. Presiunea din camera de captură

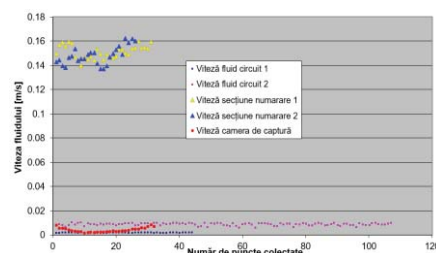


Fig. 32. Variația fluidului în puncte de pe traseu

Graficul de variație a vitezei fluidului este prezentat în figura 32. Se pot observa următoarele aspecte: viteza fluidului prin cele două circuite se menține relativ constantă; viteza în camera de captură are formă convexă; vitezele în cele două secțiuni de numărare au tendință crescătoare (vezi figura 28).

5. Concluzii

1. A fost modelat un dispozitiv microfluidic de tip lab-on-a-chip (MEMS), în vederea realizării practice pe o plăcuță de siliciu cu dimensiuni milimetrice, folosind microtehnologii fotochimice; dispozitivul este utilizat pentru determinarea numărului de limfocite T dintr-o probă de sânge.

2. Acest MEMS prezintă avantaje majore printre care: furnizează un rezultat rapid al acestei analize; utilizează un volum foarte redus al probei de sânge; oferă mai ales posibilitatea determinării numărului de limfocite pentru două tipuri diferite, ceea ce nu este posibil cu aparatura convențională de analize, fiind calibrat dimensional în acest scop în funcție de tipul de limfocite determinate.

3. Au fost construite iterativ 10 modele cu geometrii diferite și ajustate vitezele de alimentare cu lichide, realizabil practic cu ajutorul unor micropompe, păstrând raportul debitelor acestora, cu scopul de a obține timpi de parcurgere a probei de sânge mixată cu substanțele de lizare și antilizare a celor două circuite dedicate, în intervalele de timp prescrise, pentru ca substanțele folosite să își facă efectul.

4. Au fost vizualizate pe varianta finală, variațiile vitezei de curgere și ale presiunii, care demonstrează că lichidele mixate parcurg întregul circuit al dispozitivului microfluidic, permițând intrarea în canalul de numărare pentru determinarea analogică a numărului de limfocite T, apoi în camera de captură a acestora, eliberând numai limfocite cu dimensiuni mai mici spre a fi numărate într-un al doilea canal dedicat.

6. Bibliografie

- [1] Marinescu, R. și Ghiculescu, D. (2017), „Technological aspects regarding the use of photolithography in obtaining micro-electro-mechanical systems (MEMS)”, *Nonconventional Technologies Review*, Vol. XXI, Nr. 1, p. 24-29, ISSN 2359 – 8646.
- [2] Jingdong, C. și Di, C. (2013), „Progress of Microfluidics for Biology and Medicine”, *Nano-Micro Lett.* 5 (1), p. 66-80.
- [3] *** „DSA Re-Enters Litho Picture”, disponibil la: <https://semiengineering.com>, accesat la: 07.02.2020
- [4] *** „Un nou dispozitiv microfluidic poate detecta celulele canceroase din sange”, disponibil la: <https://www.medlife.ro/articole-medicale>, accesat la: 07.02.2020.
- [5] *** „Sânge” disponibil la <https://www.csid.ro>, accesat la: 11.02.2020.
- [6] BARTHES-BIESEL, EDWARDS-LEVY, 2009, „Conception et réalisation d’un système microfluidique pour la production de gouttes calibrées et leur encapsulation”
- [7] Ghiculescu D., Curs „Ingineria Asistată a Micro și Nanotehnologiilor”, disponibil la: <https://fiir.curs.pub.ro/2019/>, accesat la: 20.02.2020.
- [8] *** „Principiul lui Bernoulli”, 2018, disponibil la <https://www.setthings.com/ro/principiul-lui-bernoulli/>, accesat 25.03.2020
- [9] *** Popescu D., „Mecanica Fluidelor”, Universitatea din Craiova, Disponibil la: <http://retele.elth.ucv.ro/Popescu%20Daniela/Mecanica%20Fluidelor>, accesat la 02.05.2020

RESEARCH REGARDING THE ANATOMICAL MODELLING OF A WRIST ORTHOSIS FOR 3D PRINTING APPLICATION

IONESCU Raluca

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială, Anul 3,
e-mail: raluca.ionescu98@gmail.com

Conducator științific: Conf.dr.ing.ec. **Mihaela ULMEANU**

ABSTRACT: The aim of this research is to study the possibility to develop an anatomical model of a wrist orthosis by using additive manufacturing technology. This paper represents a further research of the study “Cercetări privind dezvoltarea și fabricarea unei orteze personalizate pentru încheietura mâinii” and an optimization of the previously obtained model by using Autodesk Fusion 360 software. The improvements made to the last orthosis model were: the possibility to empirical modify the shape and dimensions of the splint, the possibility to create a Voronoi pattern and to adjust it according to the functional and aesthetical needs and creating a closing solution for the orthosis, fact that will make wearing it easier. The further research directions include the designing of a parametrical model of orthosis, testing more solutions for the fixing system and implementing generative modelling.

KEY WORDS: anatomical modelling, additive manufacturing, Fusion 360, Voronoi, 3D printed orthosis

1. Introduction

An anatomical model is a representation that copies with high accuracy the shapes and outlines of the human body. Those models are used in the medical industry, firstly, for learning and secondly, for better understanding the right way to approach a medical problem (preoperative planning).

As it can be easily observed, the human body has a complex geometry that is hard to reproduce. One accessible solution to recreate this type of geometry is the additive manufacturing. AM represents the process of creating an object using a technique of adding layer upon layer by using a 3D representation of the object. This technology is already used for the fabrication of medical devices and models because it offers some big advantages, such as rapid prototyping, variety of materials, the possibility to create complex geometries and accessible costs. [1]

The medical field which is deeply improved by using additive manufacturing fabrication process is orthopedics: AM is used to produce orthosis, prosthetics, or orthopedic implants.

This paper represents a research regarding the anatomical modelling of a medical device that ease the recovery of a body part that we use in almost all our daily activities, sometimes even without noticing it: the wrist. The aim of this research is to analyze the possibility to model an anatomic wrist orthosis (by using *Autodesk Fusion 360*, a CAD software that is free for personal use) that can be edited, modified according to the patients' needs and 3D printed.

2. Current stage

Medical reports inform that orthosis for the wrist are treatment for medical conditions such as: fracture, dislocation, tendonitis, carpal tunnel syndrome, post-operative, etc. So that, the splint for the wrist must provide stability, allow some mobility, but not in an excessive way, correctly align the wrist and the hand and resist to the external forces. Living with a hand splint may take time to get used to, so medical specialists and engineers are trying to develop and constantly improve solutions to ease the problems of

the patients. The following part of the paper presents some of the last solutions for designing additive manufactured orthosis [2].

One study [3] has presented the possibility to create a personalized 3D printed orthosis by using SolidWorks software. To design the 3D model, there was used anthropometric measurement of patients' hand and a file of a scanned arm, which served as a guidance. The pattern was generated as a sketch of holes of random sizes and position. The orthosis was made of PLA and used a Velcro fastener.

Another solution [4] that has been developed is a 3D CAD software specially created for generating 3D customized models of orthotics (fig. 1 a). The software uses *.ply or *.stl files which are prepared and simplified. Then, there are drawn and trimmed the curves that represent the contour of the future splint. In the end, there are generated patterns or lattice structures and there are attached accessories such as fasteners or other details.



Fig. 1. a. Wrist orthosis created by Mediace3D [4]; b. Wrist orthosis created with Xkelet software [5]; c. Wrist orthosis realised with Rhino 3D and Grasshopper [6]

There is another software, Xkelet, that ease a lot the designing process for the medical personnel. The software keeps a rigorous evidence of the patients' personal data. Also, Xkelet can scan the hand and recommend the most suitable orthosis according to the lesion and the hand geometry. Another innovation of the orthosis produced in this way is the helicoidal cut, that according to the designers, improves the resistance of the product to possible impacts and increases the stability of the union between two pieces. Further, the openings are designed to assure comfort and to facilitate access for the realization of the cures and the closing system allows the solving of post-inflammatory processes (fig. 1 b). [5]

Other study [6] tried to make the entire process even more accessible, so that it will not be necessary for the designer of the orthosis to have previous knowledge of how to use a CAD software. The first step is to acquire the data by 3D scanning. For the 3D designing there were used two software Rhino 3D and Grasshopper. They were able to develop a parametric CAD model that was printed with a FDM printer. The orthosis was made of two parts, used four screws as fasteners and had a Voronoi pattern (fig. 1 c).

According to a previous research [7], additive manufacturing can be used to create custom made orthosis by following three main steps:

1. 3D scanning
2. Postprocessing of the data
3. 3D printing

For the first step, there was used a 3D scanner and the image needed to be postprocessed with a special software; for the second step there were used the 3D sculpting software *Autodesk Meshmixer* and also, *Blender*; for printing the product there was used PLA (Polylactic Acid) and the FDM printing technology (fig. 2).

In the following part of the paper there are presented the improvement made to this product.

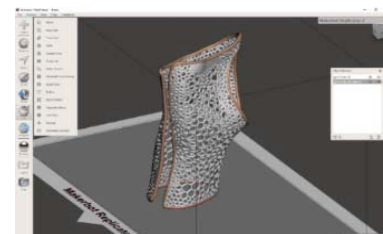


Fig. 2. Wrist orthosis made of PLA by using Meshmixer software [7]

3. Modelling and manufacturing the orthosis

3.1. Using a CAD software

The inconvenient that the previous 3D model presented was the fact that surface and shape could not be modified in *Meshmixer*. Thus, to solve that problem, it was decided to use a CAD software to design the model. There was chosen *Fusion 360* because it was more suitable for designing complex surfaces.

The first step was to introduce in Fusion 360 the 3D scanned hand (*.obj file) to be used as a model to the new design (fig. 3).

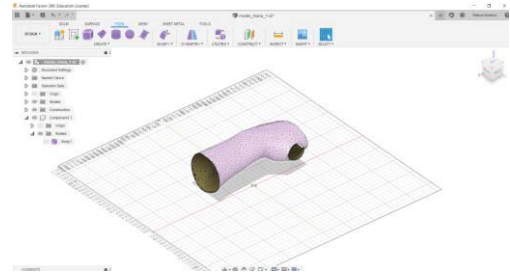


Fig. 3. Introducing the *.obj file in Fusion 360

To obtain a model as similar as possible to the scan, it was used *Form* menu that allows the t-splines modelling. T-spline represents a mathematical model for defining freeform surfaces.

It was easily observed that the shape of the hand can be approximated by a cylinder, so there was defined a primitive cylinder shape on the YX plane, with the dimensions approximately equals with the hand's dimensions. The cylinder had 8 diameter faces and 6 height faces (fig. 4 a). After that, each face and edge were scaled, translated, or rotated until it was obtained the shape that better fitted the hand scan (fig. 4 b).

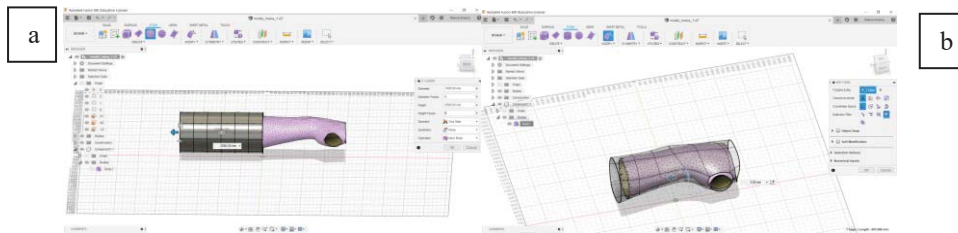


Fig. 4. a. Defining the cylinder; b. Modelling the shape of the orthosis

This process represented one step ahead because now it is possible to empirically modify the shape, the surface, and the dimensions of the 3D model of the orthosis. Before using Fusion 360, it was impossible to adjust the scan, the only changes that could have been made were Boolean operations, measuring and adding a pattern.

3.2. Adding volume and patterns

For the printing process there cannot be used a t-spline surface, there is needed a volume. To obtain that, there was used the *Convert* option and there was chosen the type *T-Splines to Brep* (fig. 5 a). After that, there was obtained a surface. There was used the *Thicken* option from the *Surface* menu to create volume fig.5 b). The product is going to be 2.5 mm thick so that it can be light and comfortable to wear and be resistant and confer protection in the same time (fig. 5 c).

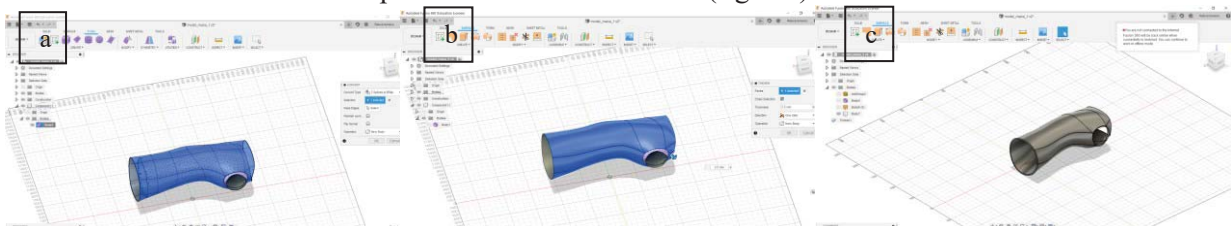


Fig. 5. a. Converting T-splines to surface; b. Converting surface to volume; c. The result of conversion

In the actual shape, without any openings (besides the one for the thumb), it is difficult for the patient to put the orthosis on the hand. In addition, it can worsen the medical problem and harm the skin.

So, the next step is to cut the orthosis in two parts so that in the following stage to be created a closing system. Firstly, there is needed a sketch (fig. 6 a). On the interior side, there is designed a sketch for the future cut. The cut will be made along the entire orthosis and it will have a special form so that the two parts of the orthosis will not fall apart. With the sketch that have just been created, is going to be made the cut by using *Split* command from *Modify* tab (fig. 6 b).

On the other side, the exterior one, there is going to be made a plain cut by using a box primitive form from the Create menu. The box is sized so that it can cut along the entire orthosis, with a height of approximately 23 mm (fig 7 a). Also, there is applied the fillet option to the sharpen sides to obtain soft edges (fig 7 b) that will not cause injuries or cuts when the orthosis is put on or taken of.

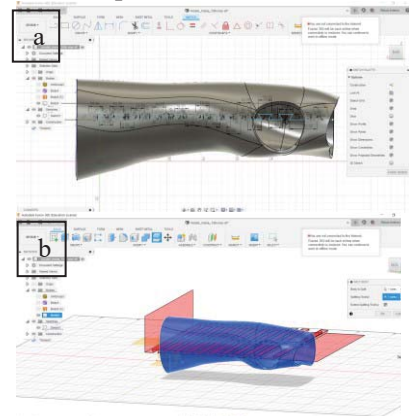


Fig. 6. a. Realizing the sketch; b. Splitting the orthosis

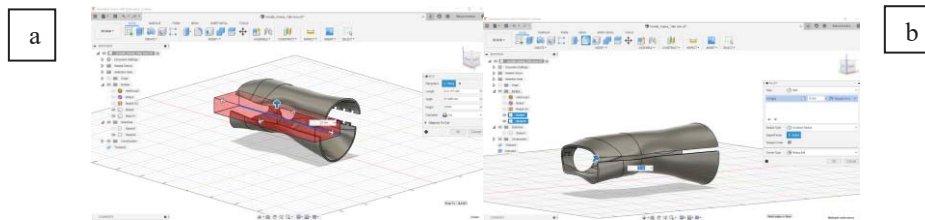


Fig. 7. a. Cutting the orthosis; b. Applying fillet to the edges

After that, a pattern can be applied to the future orthosis. *Fusion 360* offers the possibility to use *Voronoi Sketch Generator*. *Fusion 360* generates a rectangular sketch on which there is a random pattern. The user can select the shape of the pattern (round or straight edges), the number of the pattern on the rectangle, the density of the pattern and the dimensions of the rectangle and the dimensions of the rectangle. There are presented the results obtained by using both straight (fig. 8 a) and round (fig.8 b) edges. The dimensions used for the sketch were approximated so that it can cover entirely the orthosis. After that, the pattern of the sketch was edited, so that the cuts are not too close to the margins of the orthosis and affect its resistance. After editing the pattern there is used *Extrude* command from the *Create* menu. The distance of the extrusion is not very important, but the essential condition is to assure that it is bigger than the orthosis dimensions. Another important option is to select *Intersect* type of extrusion.

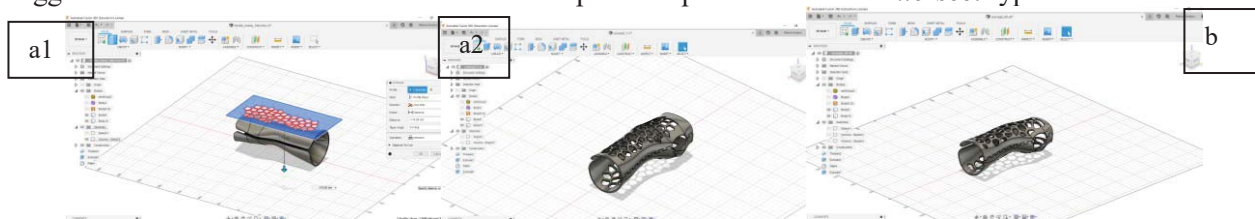


Fig. 8. a1. Generating and editing Voronoi sketch; a2. Orthosis with Voronoi pattern with straight edge; b. Orthosis with Voronoi pattern with round edges

In this step, there was obtained a pattern that can be empirically edited and positioned so that it will not affect the functionality or resistance of the orthosis. Those changes could not be made by using either *Meshmixer* or *Blender* software. Those only allowed the generation of a pattern that could not be either dimensioned or edited.

3.3. Designing a closing system

In some cases, the orthopedist or rheumatologists recommend to the patient to wear the orthosis only a certain amount of the time (for example, wearing it only during daytime). In addition, patient must attend to frequent medical visits that require the exam of the affected wrist. This means that they should be able to easily take off the orthosis and put it back on. Thus, the orthosis must have an opening and closing system that is easy and comfortable to use. In this part of the research it was tried to improve the orthosis by adding this system. There have been made cuts along the orthosis. Also, by using *Hole* option, there have been made 3 holes on each part of the orthosis: the superior one and the inferior one.

There will be manufactured fixing clamps of rubber silicone to fix the orthosis on the hand. For the left part, there will be made 3 clamps from HT 33 silicone, a flexible type of silicone and for the right part there will be manufacture clamps from ZA13 silicone (fig. 10). Both types of silicone are liquid, the vulcanization is made at the room temperature (RTV). The silicone has 2 components: the base and the catalyst. Those will be mixed at a 1:1 rate and put on the model that will be reproduced.

To manufacture the clamps, there will be designed molds with the negative model of the clamp.

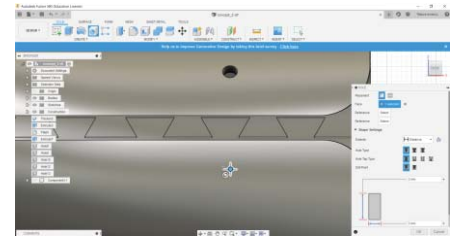


Fig. 9. Creating the holes for the closing system

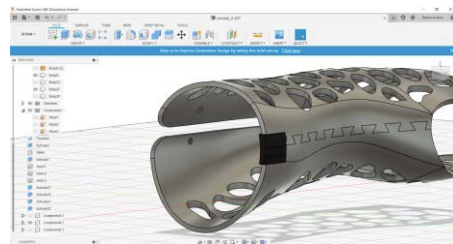
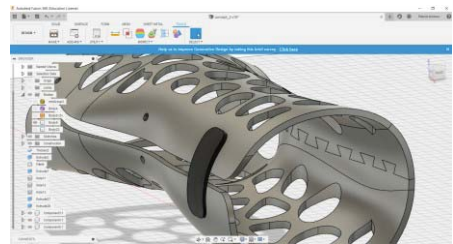


Fig. 10. Designing fixing clamps

4. 3D Printing

The orthosis design will be exported from *Fusion 360* as a *.stl file. It will be 3D printed by using FDM technology. The printer will be *3D Kreator* and the parameters for the printing process will be selected on *Ultimaker Cura 4.5* software (presented in table 1).

Because the orthosis has a complex structure there have been created a support structure (blue in fig 11) to assure that the orthosis is correctly printed. The entire printing process will take approximately 35 hours and the mass of the splint will be about 103g.

After printing, there should be a post-processing step in which the support structure is cut off.

Table 1. Printing parameters

Parameters	Value
Profile thickness	Fine - 0,1 mm
Material	PLA
Printing temperature	210 ⁰ C
Print speed	30 mm/s
Travel speed	30 mm/s
Filament diameter	1,75 mm
Flow density	100%

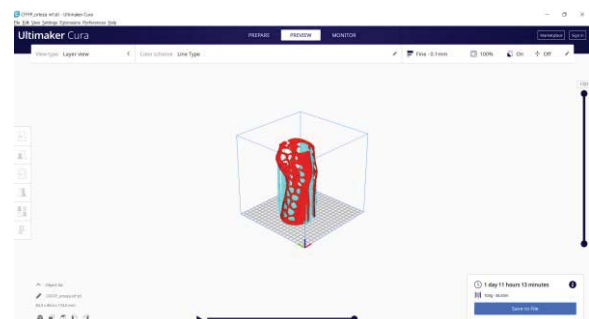


Fig. 11. Printing simulation in Cura

5. Conclusion

In this research clear improvements of the first orthosis concept were described and important progress to design a new concept was made. Even though, the product that has been manufactured is not the final one and it will need future development to obtain an optimal product.

This research contributed to the continuous development of the implementation on the additive manufacturing and CAD software in medicine. The most important aspects that were elaborated were:

- Discovering the possibility to design an anatomical modelling by using a 3D scanned image only as guide, so the entire process will not depend so much on scanned data and its quality;
- The possibility to empirically edit the shape and dimensions of the curves, fact that was impossible to do by using *Meshmixer* and *Blender* software;
- A way to create patterns that can be edited and placed on the orthosis so that they respect both the functional and aesthetic functions of the product;
- A closing system that will help the patient to easily fix the orthosis on the hand.

The progresses stated before are just a few steps toward future research directions, such as:

- Identifying the equations of the curves that describes the anatomical model of the hand;
- Creating the possibility to modify the curves parameters so that there can be used the parametrical modelling to obtain the orthosis. In this case, the production process will be even more accessible because there will not be needed the 3D scan image;
- Testing more solutions for the fixing system to make it even more comfortable;
- Creating a generative model of the wrist orthosis.

6. Bibliography

- [1] Paterson, M., A., (2014), *Computer Aided Design to support fabrication of wrist splints using 3D printing: A feasibility study*, <https://pdfs.semanticscholar.org/51db/1f4ddd8421c21ae6017b7a9f1fc555edb373.pdf>
- [2] ***, Alberta Association of Orthosis and Prosthesis, *Wrist Hand Orthoses Custom and Custom Fit*, available at <http://www.albertaoandp.com/wrist-hand-orthoses>
- [3] Aguado Pérez, J., (2018), *3D printed orthosis design*, <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/104704/AGUADO%20%20Dise%C3%B1o%20de%20%C3%B3rtesis%20en%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] ***, MediACE3D software official website: <http://www.mediace3d.com/en/mediace3d.html#content05-39>
- [5] ***, Xkelet software official website: <https://www.xkelet.com/en/products/#titleimm>
- [6] Jianyou, L., Tanaka, H., (2018), *Feasibility study applying a parametric model as the design generator for 3D-printed orthosis for fracture immobilization*, *3D Printing in Medicine*, https://www.researchgate.net/publication/322411172_Feasibility_study_applying_a_parametric_model_as_the_design_generator_for_3D-printed_orthosis_for_fracture_immobilization
- [7] Ionescu, Raluca, (2018), *Cercetări privind dezvoltarea și fabricarea unei orteze pentru încheietura mâinii*, Sesiunea de comunicări științifice studențești, UPB, Mai 2018

STUDIU PRIVIND PROIECTAREA ASISTATĂ A PRODUSELOR COMPLEXE

STUDY ON AIDED DESIGN OF COMPLEX PRODUCTS

BARBU Georgiana-Cristina, RĂDUCANU Florian

Facultatea: FIIR, Specializarea: IEI, Anul de studii: IV, e-mail: barbu.georgiana.cristina02@gmail.com

Conducători științifici: Șef lucr. dr. ing. **Daniel-Silviu MANOLACHE**,
Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**

REZUMAT: În această lucrare se prezintă elemente privind utilizarea tehnologiilor de tip CAD/ CAE la proiectarea produselor complexe. Se analizează ceea ce constituie un produs complex și cum pot fi utilizate aceste software-uri pentru optimizarea caracteristicilor produsului. Se iau în considerare două cazuri de produse complexe.

ABSTRACT: This article presents elements on the use of CAD/ CAE technologies in the design of complex products. It expounds on what constitutes a complex product and how these software can be used for optimization of product characteristics. Two case studies of a complex product have been analyzed.

CUVINTE CHEIE: produs complex, proiectare, CAD, simulare.

1. Introducere

Obiectivul lucrării de față este de a analiza influența programelor de proiectare asistată (CAD) în proiectarea și producția produselor complexe.

Utilizarea programelor CAD a câștigat popularitate datorită eficientizării stadiului de conceptualizare a produsului, a reducerii timpului și costurilor aferente modificării produsului înainte de etapa de fabricație.

Astfel, s-au cercetat următoarele aspecte privind dezvoltarea unor produse: proiectarea asistată, produse complexe, date inițiale, proiectare, simulare/ testare și concluzii.

2. Proiectarea asistată de calculator

Tehnologiile de tip CAD au din ce în ce mai multe aplicații în industria de azi, de exemplu în industria auto, industria aerospațială și sectoare navale [1]. Majoritatea companiilor care deja utilizează diverse programe CAD - CATIA V5, SOLIDWORKS, Autodesk INVENTOR, AUTOCAD Mechanical etc. - au productivitatea cantitativ și calitativ sporită comparativ cu companiile care nu au implementat utilizarea programelor de proiectare [4].

O serie de procese de proiectare și de fabricație se simulează folosind noi metodologii disponibile, incluzând metode experimentale combinate cu instrumente statistice (de exemplu: analiza de regresie, analiza variației, metodologia Taguchi etc.), analiza cu elemente finite aplicată în etapa de proiectare, instrumente de tip CAD pentru optimizarea proiectării și instrumente bazate pe CAM pentru optimizarea prelucrărilor [1].

Ca urmare a creșterii complexității produselor, a fost extinsă dezvoltarea de noi metode, instrumente și sisteme pentru proiectarea produselor complexe.

Pe lângă geometria produsului generată în CAD, proiectantul trebuie să considere și informațiile produsului care nu sunt legate de geometria lui, și anume informații despre ciclul de viață al produsului, fabricarea, precum și funcționarea/utilizarea acestuia, iar din punct de vedere al simulării/ evaluării, un

produs este evaluat cu diverse metode în diferite aspecte ale ciclului de viață al produsului, precum fabricarea și serviciile aplicate funcționalității produsului [2].

De asemenea, există multiple funcționalități ale software-ului CAD, care pornesc de la crearea modelului 3D, transpunerea în desen tehnic a acestuia, facilitarea colaborării și comunicării inginerilor din echipă (CAD cu bază de date de tip CLOUD) [4] până la simularea produsului din punct de vedere structural, termic, mecanic, dinamica computațională a fluidelor. Software-ul CAM ajută la definirea traiectoriilor sculelor CNC pentru prelucrare, a matrițelor pentru piese turnate, piese din tablă îndoite sau ștanțate. Totodată, programele CAD permit ca structura unui ansamblu să fie gestionată sub forma unui tabel *Bill of Materials* (BOM), informație utilizată ulterior în planificarea producției, achiziția de material și gestiunea inventarului de materiale. Reprezentările de tip realistice ale produsului pot fi utilizate în vânzări și în marketing, iar modelele 3D pot fi analizate fără a fi necesară instalarea altor programe particulare. Acestea pot fi utilizate, de asemenea, în realizarea ilustrațiilor tehnice pentru documentația clientului și de instrucțiuni pentru întreținere și reparații [3].

3. Produse complexe

Un produs complex se referă la un ansamblu de piese sau chiar o piesă cu geometrie complicată și care costuri ridicate de proiectare. Pentru un utilizator, produsul constituie mijlocul de satisfacere a unei necesități. Pentru o întreprindere, produsul constituie rezultatul unui proces tehnologic care implică diverse activități.

Tipologia proceselor de producție depinde de caracteristicile produsului și ale mijloacelor de producție, de modulul de organizare a acestora (Fig. 1) [5]. Astfel, se observă că evoluția proceselor de automatizare a avut ca scop creșterea productivității și a condus, astfel, la dezvoltarea sistemelor tehnologice complexe (roboți industriali, sisteme de fabricație flexibilă) și a celor software (CAD / CAM).

Etapa de proiectare conceptuală a produsului se realizează atât printr-o integrare spațială, concretizată prin activități ale specialiștilor din mai multe domenii, cât și printr-o integrare temporală, definită prin activități desfășurate în paralel.

Se prezintă, în Fig. 2, componente ale sistemului integrat CAD/ CAM, prin intermediul cărora fiecare cerință de proiectare este analizată [5].

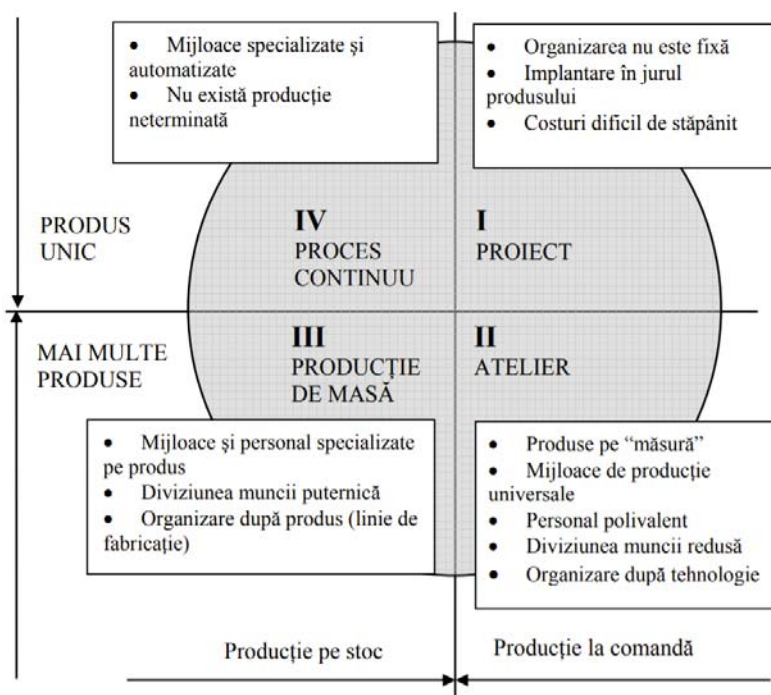


Fig. 1. Tipologie procese de producție [5]

Astfel, implementarea cu succes a oricărui sistem integrat CAD/CAM va depinde de integrarea atât a modelelor analitice de calcul, cât și a facilităților oferite de către modulele de proiectarea asistată de calculator.

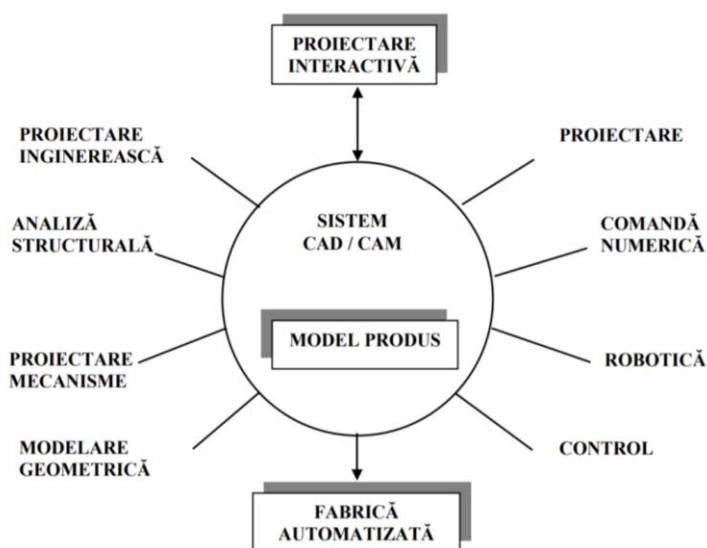


Fig. 2. Schema integrării sistemului CAD/CAM [5]

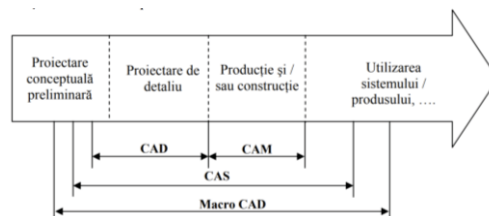


Fig. 3. Integrarea CAD/CAM în producție [5]

În mod generic, metodele de proiectare asistată de calculator sunt utilizate prin intermediul modulelor: CAD, CAED, CADD, CAM, CIM, CAS. Relația dintre metodele precizate este prezentată în Fig. 3 [5].

Proiectarea unui produs complex este complicată și necesită un sistem de triere pentru obținerea produsului optim corespunzător cu cerințele inițiale. O schemă care ilustrează procesul de optimizare al generării soluției se prezintă în Fig. 4 [2].

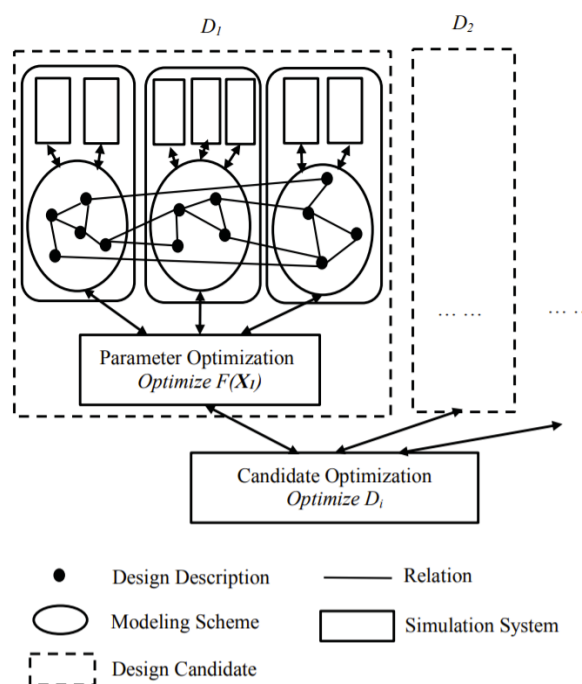


Fig. 4. Schemă pentru proiectarea unui produs complex [2]

4. Date inițiale privind proiectarea unor produse complexe

Produsul 1 selectat pentru analiză se numește Amortizor de evacuare XV.01. Se consideră două variante pentru acest produs și se realizează un studiu comparativ între cele două soluții de produs. Obiectivul este acela de a afla dacă fluxul gazelor de ardere ce trec prin produs poate fi modificat în prima cameră de amortizare. Ulterior, produsul este testat într-un soft de simulare cu element finit pentru curgerea fluidelor. Produsul (Fig. 5) are următoarele dimensiunile de gabarit de 380 x 180 x 700 mm.

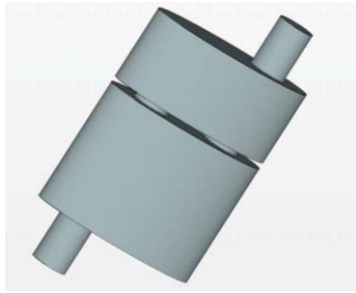


Fig. 5. Vedere 3D produs 1

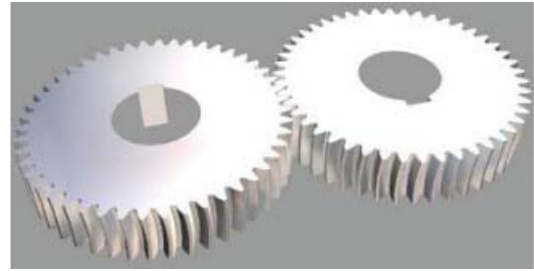


Fig. 6. Vedere 3D produs 2

Produsul 2 (Fig. 6) este reprezentat de un angrenaj cilindric cu două roți dințate. Principala caracteristică a produsului este dată de forma curbată a dinților, astfel că liniile dinților formează sectoarele unui hipociclu prelungit și scurtat. Caracteristici ale produsului sunt: $z_1 = z_2 = 47$, $m = 2.5$ mm, lățimea $b = 25$ mm, profil de referință conform STAS 821, distanța dintre axe $a = 117.5$ mm.

5. Proiectare

În cazul produsului 1, se proiectează cele două variante ale amortizorului de evacuare. Diferența dintre cele două variante nu este foarte mare, constând în îndepărtarea unei secțiuni din primul cilindru (Fig.7) [6]. Modificarea s-a realizat într-un program CAD, obținându-se o prima versiune a amortizorului de evacuare, iar pentru realizarea celei de-a doua versiuni se intervine asupra unei copii a primului fișier CAD și se realizează modificarea, timpul de reproiectare fiind astfel mai redus.

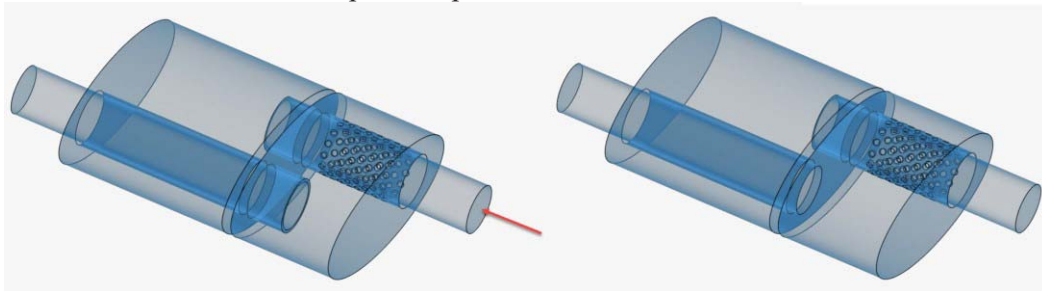


Fig. 7. Variante amortizor de evacuare

În cazul produsului 2, proiectarea se realizează folosind comanda polyline, din meniul *Draw*. Pentru realizarea flancului dintelui sunt necesare următoarele elemente: un profil involute; linie flanc interior - un hipocicloid scurtat; linie flanc exterior - un hipociclu extins. Sunt ilustrate flancul dintelui extrudat (Fig. 8) și dintelul extrudat (Fig. 9); se multiplică dintele și, astfel, se realizează roata dințată (Fig. 10) [7].

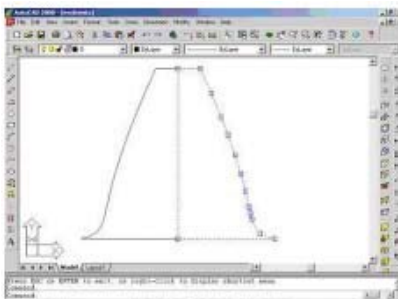


Fig. 8. Profilul dintelui

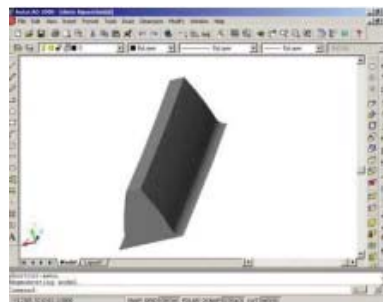


Fig. 9. Extrudare dinte

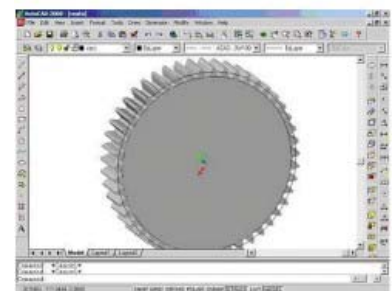


Fig. 10. Roată dințată 3D

6. Simulare și testare

În această etapă, se realizează studiul comparativ al celor două amortizoare de evacuare prin simularea lor din punct de vedere a modului de curgere a gazului de evacuare în interiorul cavității analizate.. Pentru a realiza această simulare [6] s-a utilizat aplicația SimScale (Fig. 11) care este un program pentru simularea cu element finit a curgerilor diferitelor tipuri de fluide.

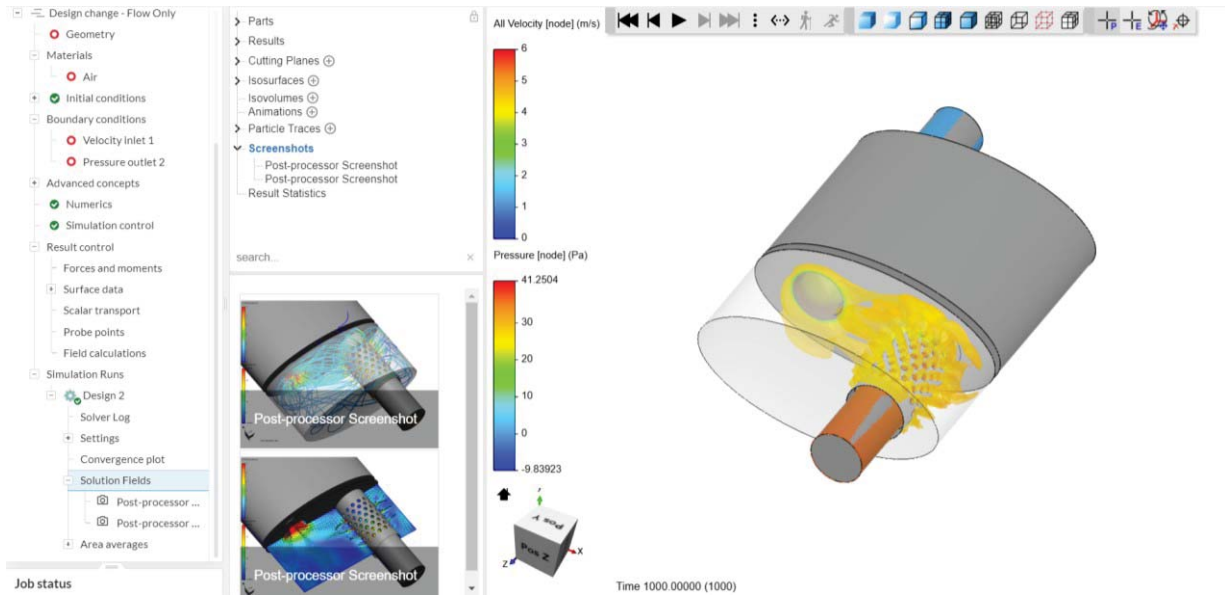


Fig. 11. Simulare amortizor de evacuare în SimScale

Pentru prima variantă a amortizorului de evacuare [6], se generează fluxul pe un plan transversal cu reprezentarea vectorilor, astfel încât direcția de curgere a gazului să fie clară (Fig. 12). Direcția de curgere are puține regiuni de recirculare a gazului, astfel încât gazele trebuie să circule înapoi pentru a se evacua pe partea stângă. Se pot observa traseele fluxului de gaze în Fig. 13. Este afișată și o suprafață ISO ce ilustrează viteza de curgere a fluxului de gaz - de 2m/s (Fig. 14). În partea de intrare este aparent că debitul nu este echilibrat 100% între găuri (Fig. 15), așa că se poate lua în considerare o posibilitate de proiectare a unei versiuni de amortizor cu găuri mai mari pe o parte.

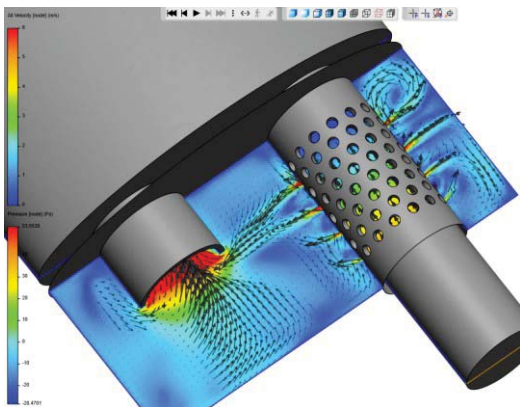


Fig. 12. Flux gaze reprez. cu vectori

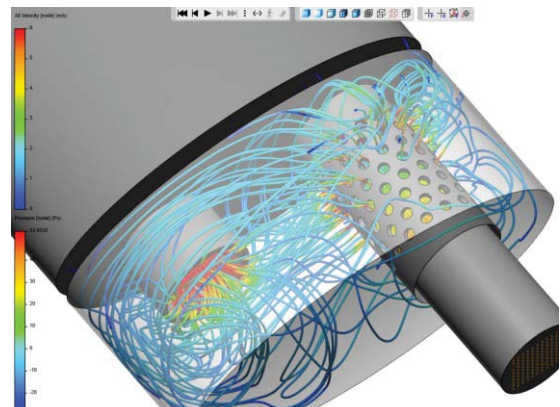


Fig. 13. Traseul fluxului de gaze

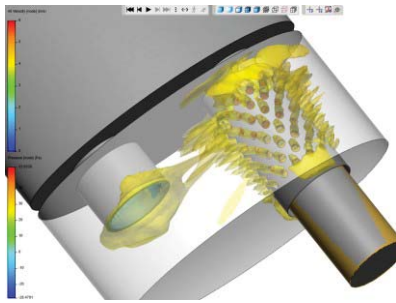


Fig. 14. Suprafață ISO



Fig. 15. Vedere intrare

Pentru a doua variantă a amortizorului de evacuare [6], este prezentat fluxul pe plan transversal cu reprezentarea vectorilor (Fig. 16), flanșa fiind îndepărtată pentru a ajuta fluxul să circule mai lin. Se observă traseele fluxului de gaze (Fig. 17), precum și o bună circulație a fluxului de gaze la ieșirea din conducta doi (Fig. 18).

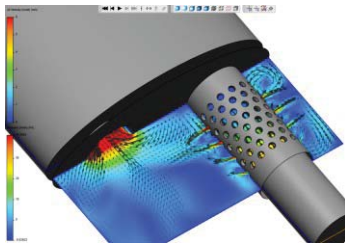


Fig. 16. Flux de gaze reprezentat cu vectori, var. 2

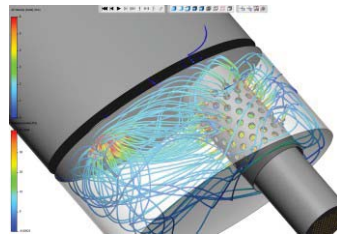


Fig. 17. Traseul fluxului de gaze, var. 2

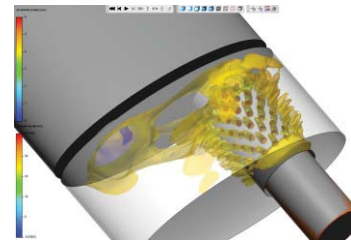


Fig. 18. Suprafață ISO, var. 2

Există mai multe variante posibile ale acestui amortizor de evacuare care pot fi testate. Un exemplu poate fi reprezentat de amortizoare cu orificii interne de ghidare a gazelor de evacuare cu forme diferite de cea rotundă sau modele radical schimbate care pot fi simulate utilizând sisteme care procesează calculele necesare în paralel sau pe cloud.

7. Concluzii

În prezent, industria se definește printr-un proces de inovare în continuă evoluție, iar metodele de proiectare trebuie să fie în concordanță cu schimbările tehnologice.

În cadrul acestei cercetări au fost prezentate două cazuri prin care software-urile CAD/CAE contribuie la procesul de proiectare.

8. Bibliografie

- [1] Panagiotis, K., Konstantinos K. și Angelos P. M., “Advances in CAD/CAM/CAE Technologies”, Machines, 2020
- [2] Xue, D. și Imaniyan, D. (2018), “A framework for optimal design of complex products”, 28th CIRP Design Conference, Nantes, France, Mai 2018
- [3] Manolache D., “Proiectare asistată de calculator 2”, Note de curs, UPB, 2018-2019
- [4] ***<https://www.cadcrowd.com/blog/the-advantages-of-cad/>
- [5] Dolga, V. , “Proiectarea Sistemelor Mecatronice”, Note de curs, UPT, 2020
- [6] *** https://www.simscale.com/projects/Jon_Wilde/flow_region_creation/
- [7] Anania D., Ghionea I., “Utilization of computer programs in CAD and 3D modelling of toothed wheels and gears ”, 2002

ANALIZA ȘI DEZVOLTAREA UNOR OPERAȚII DE ASAMBLARE MOTOARE AUTO

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF ASSEMBLY OPERATIONS FOR AUTOMOTIVE ENGINES

CONSTANTINESCU Mihaela-Cătălina, UȚICĂ Nicoleta-Georgiana
Facultatea: FIIR, Specializarea: IEI, Anul de studii: 4, constantinescucatalina@yahoo.com

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**,
Ing. **Cristian Viorel RADU**, Conf. dr. ing. **Ovidiu-Aurelian BLĂJINĂ**

REZUMAT: În industria auto, informațiile bine proiectate și prezentate sunt importante pentru a se efectua operații de asamblare eficiente și precise. Lucrarea de față prezintă rezultatele principale ale unor activități de studiu și dezvoltare de operații/ posturi de asamblare, în vederea optimizării indicatorilor de performanță tehnico-economici.

ABSTRACT: In the automotive industry, well-designed and well-presented information is important for efficient and accurate assembly operations. This paper presents the main results of study and development activities on operations/ assembly stations, in order to optimise the technical-economic performance indicators.

CUVINTE CHEIE: asamblare, operație, timp de ciclu, echilibrare, robot.

1. Introducere

Obiectivul general al acestei lucrări este analiza unor operații de asamblare privind motoare auto, cu propuneri de dezvoltare privind condițiile de operare și reducerea timpului de ciclu. Deși automatizarea se amplifică în sistemele de producție, asamblarea manuală este încă o parte vitală a procesului de asamblare și trebuie luată în considerare [1].

2. Studii privind procesele și sistemele tehnologice de asamblare

Numeroase industrii aleg să înlocuiască forța de muncă intens umană, cu roboți și alte echipamente [2]. Planificarea și dezvoltarea sistemelor robotizate de asamblare se realizează progresiv [3].

Pentru un produs de tip asamblu, procesul tehnologic de fabricare este format din procesele tehnologice de semifabricare, procesele tehnologice de prelucrare, procesele tehnologice de control și procesul tehnologic de montaj – asociate elementelor componente ale ansamblului [4].

În sistemele de asamblare inteligentă, vehiculele ghidate (AGV) pe linii de asamblare asigură un sistem de producție fiabil și flexibil [5].

Operațiile de asamblare acceptate includ activități de inserare și fixare, precum și componente standard - șuruburi, piulițe, șaibe, angrenaje, conectoare electrice etc., după caz [6].

În construcția de mașini se deosebesc, în principal, două metode de asamblare: staționară, și respectiv, mobilă (sau în flux), care se pot organiza cu ritm liber sau cu ritm impus (Fig. 1). Operațiile (fazele) succesive de asamblare trebuie să se efectueze în timpi egali sau mai mici decât ritmul de asamblare. Ritmul de asamblare, R_a , în cazul unei linii de asamblare este dat de rel. (1), iar în cazul unui sistem constituit din mai multe linii paralele de asamblare – de rel. (2) [7], respectiv:

$$R_a = \frac{60 \cdot T_a}{N_{pa}} + t_d \quad [\text{min}] \quad (1)$$

$$R_a = \frac{60 \cdot T_a}{N_l \cdot N_{pa}} + t_d \quad [\text{min}] \quad (2)$$

în care: T_a este timpul necesar asamblării, în ore, N_{pa} - numărul posturilor de asamblare de pe o linie, t_d - timpul necesar deplasării echipelor de la un post la altul, în min, N_l - numărul liniilor paralele.

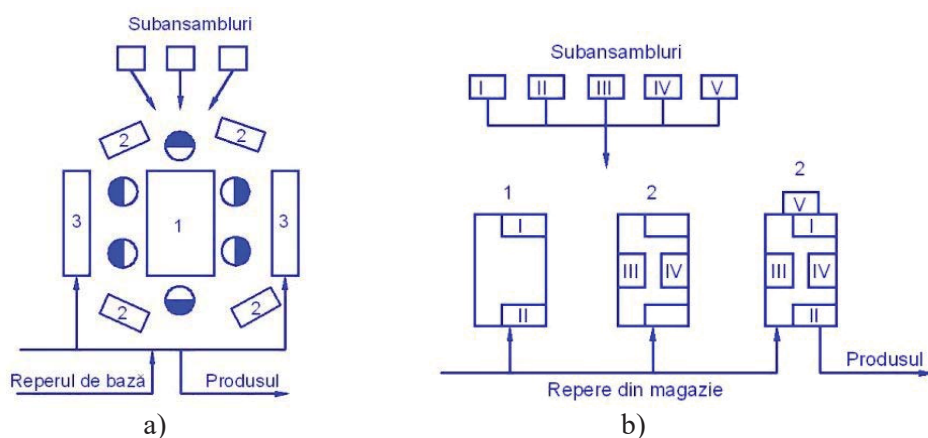


Fig. 1. Scheme ale asamblării staționare: a) cu ritm liber, 1 - reperul de bază, 2 – raft pentru scule, 3 – raft pentru repere; b) cu ritm impus, I, II, III, IV, V – subansambluri, 1, 2, 3 – locuri de muncă [7]

3. Date inițiale la analiza și dezvoltarea unor operații de asamblare

Se consideră linia de asamblare a unui grup de motoare auto [8]. Spre exemplificare, o serie de componente ale motoarelor se prezintă în Fig. 2, iar elemente ale desenelor 2D și 3D asociate reperului Tub răcire apă turbo - în Fig. 3.

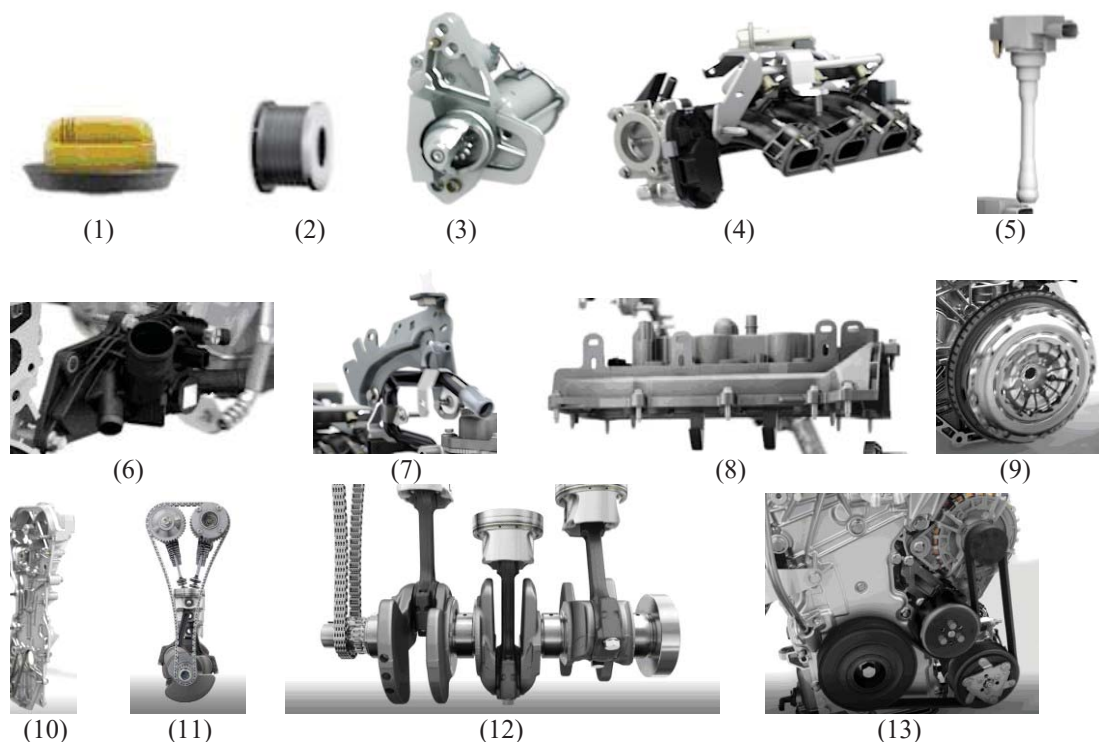


Fig. 2. Componente ale motoarelor [8]: (1) – Bușon umplere ulei, (2) – Galetă, (3) – Demaror, (4) – Ansamblul clapetă accelerație și repartitor aer, (5) – Bobină, (6) – Cutie ieșire apă, (7) – Suport rampă carburant injecție, (8) – Capac chiulasă, (9) – Ansamblul volant ambreaj, (10) – Capac distribuție, (11) – Ansamblul distribuție, (12) – Arbore cotit, pinion, bielă, piston, (13) – Ansamblul rotire motor (fulie, pompă apă/ ulei)

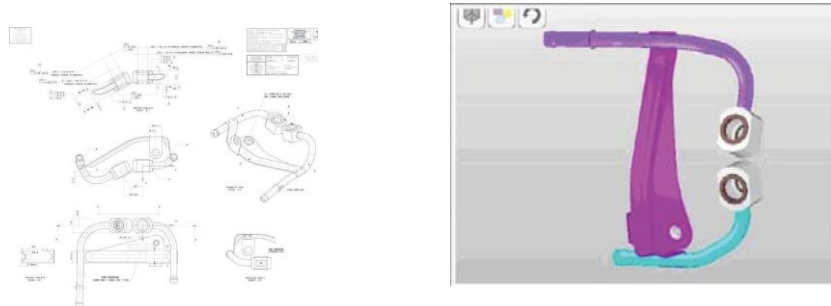


Fig. 3. Elemente ale desenelor 2D și 3D asociate reperului Tub răcire apă turbo [8]

4. Caracteristici ale liniei de asamblare

Structura generală a liniei de asamblare considerate se prezintă în sinopticul din Fig. 4.

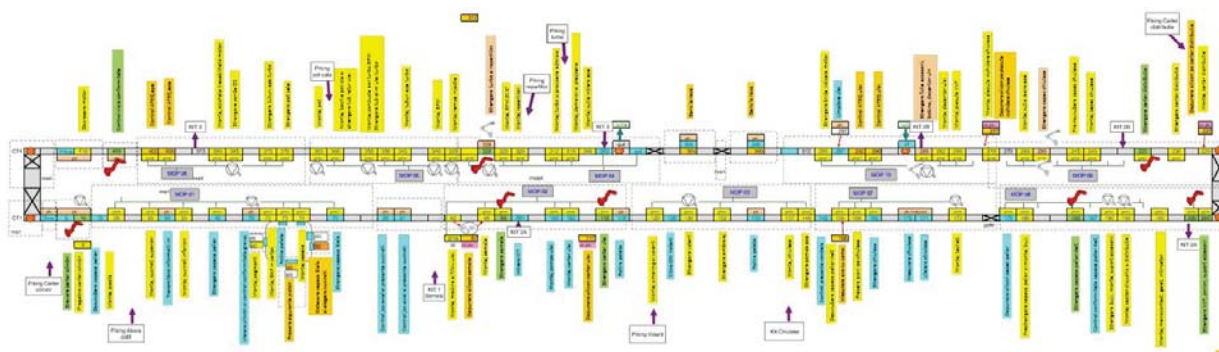


Fig. 4. Sinopticul liniei de asamblare motoare [8]

Linia de asamblare este constituită din 84 de posturi în cadrul cărora sunt: 45 de posturi manuale; 8 roboți ABB cu un cuplu de strângere de până la $C = 450 \text{ Nm}$; 3 roboți colaborativi cu un cuplu de strângere de până la $C = 25 \text{ Nm}$. În anumite zone, un operator deservește două posturi semiautomate. Timpul de ciclu pentru asamblarea unui motor, T_c , este, de exemplu, $T_c = 76 \text{ cmin} = 46 \text{ s}$, unde $100 \text{ cmin} = 60 \text{ s}$ [8].

Exemple de valori ale cuplului de strângere aplicat șuruburilor de fixare a unor tuburi de alimentare cu ulei [8] se prezintă în Tabelul 1.

Tabelul 1. Exemple de valori ale cuplului de strângere

Elemente supuse strângerii	Cuplul de strângere, C [Nm]		
	Limita inferioară	Nominal	Limită superioară
Șurub - tub alimentare ulei - turbo	12,6	14	15,4
Șurub - tub alimentare ulei - carter cilindri	34	40	46

5. Analiză a operației tehnologice din postul Px55 al liniei de asamblare

Exemple de elemente constructive [8] supuse unor activități tehnologice în operația din postul Px55 al liniei de asamblare se prezintă în Fig. 5.

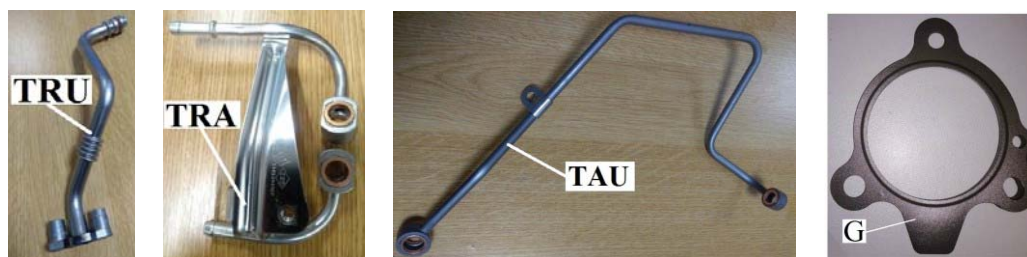


Fig. 5. Exemple de elemente constructive supuse unor activități tehnologice în operația din postul Px55: TRU - Tub retur ulei turbo (v. și Fig. 3), TRA - Tub răcire apă turbo, TAU - Tub alimentare ulei turbo și carter cilindri, G - Garnitură

Elemente tehnologice asociate fazelor operației realizate în postul Px55 al liniei de asamblare [8] se prezintă în Fig. 6 și Tabelul 2, respectiv: a) Translație paletă port-motor PPM în post; b) Îndepărtare obturatoare de protecție găuri filetate OP din turbo T; c) Preluare două șuruburi S1, 2, introducerea S1 în bucușa de orientare – antrenare a mașinii electrice de înșurubare MEI, rabatere tub retur ulei TRU și strângere S1 – TRU – T, apoi idem S2; d) Preluare și pre-asamblare șuruburi S3, 4 - tub răcire apă TRA - turbo T; e) Strângere șurub S5 - tub alimentare ulei TAU – turbo T; f) Strângere șurub S6 - TAU - carter cilindri CC; g) Pre-asamblare garnitură G - turbo T.

Se menționează că toate activitățile auxiliare și de pre-asamblare se efectuează manual, de către operator - cu exemplificare (O) în Fig. 6- b, mișcările de translație paletă port-motor (PPM) în/din post – semiautomat, iar cele de strângere finală – prin intermediul unei mașini electrice de înșurubare (MEI).

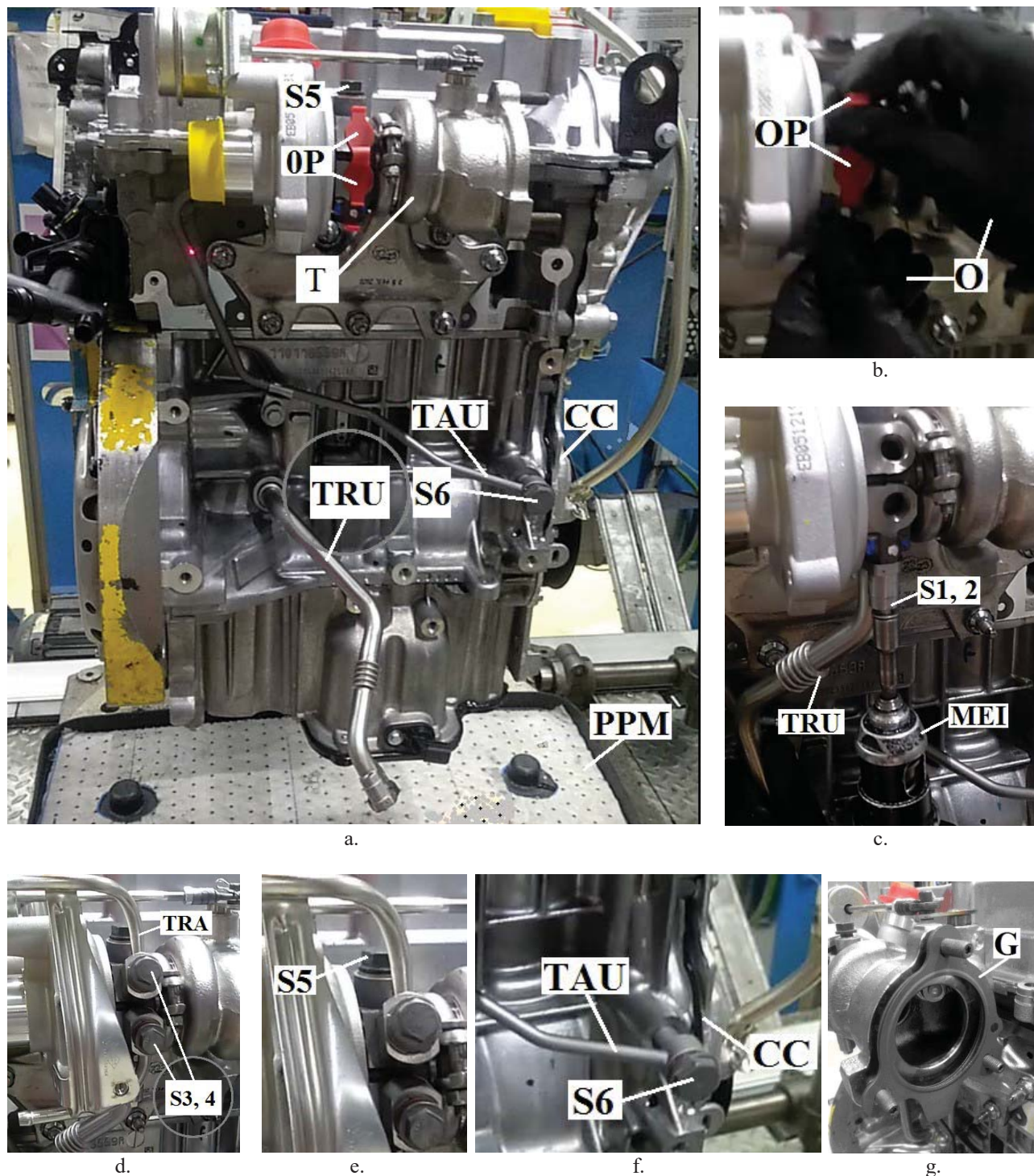


Fig. 6. Elemente constructive asociate fazelor operației de asamblare din postul Px55

Tabelul 2. Elemente ale fazelor operației de asamblare din postul Px55

Post	Fază tehnologică	Motor	MT1
		Timp de fază, cmin	
Px55	Translație paletă port – motor (PPM) în post	TM	10
	Îndepărtare obturatoare de protecție găuri filetate din turbo (OP - T)	Tma	6
	Asamblare șuruburi - tub retur ulei - turbo (S1, 2 - TRU - T)	Tma	10
	Pre-asamblare șuruburi-tub răcire apă - turbo (S3, 4 - TRA -T)	Tma	14
	Strângere șurub-tub alimentare ulei - turbo (S5 - TAU - T)	Tma	10
	Strângere șurub-tub alimentare ulei - carter cilindri (S5 - TAU - CC)	Tma	12
	Pre-asamblare garnitură - turbo (G - T)	Tma	6
	Validare operație post	Tma	2
Timp efectiv al operației			70
<i>Legendă: 1 cmin = 0,6 s; TM - timp de mașină, Tma - timp manual</i>			

6. Soluții de îmbunătățire a postului de asamblare Px55

Pe linia de asamblare, în cadrul postului Px55 [8], la motoarele, de exemplu, MT' și MT'', se assemblează două categorii de șuruburi, S' și, respectiv, S2'', care se deosebesc numai prin lungimea nominală (Fig. 7- a). În vederea pre-asamblării și asamblării:

- la preluarea șuruburilor S' și S'', fiecare din câte o *cutie* de depozitare deschisă (Fig. 7- b) se produceau erori privind diferențierea lor, din cauza scăderii gradului de atenție a operatorului;
- în cadrul sistemului Poka Yoke, o primă schimbare a modului de lucru a constat din înlocuirea *cutiilor* deschise cu *tuburi* prevăzute cu un *capac* amovibil (Fig. 7- c); astfel, este posibil accesul numai la *tubul* neacoperit, dar nu se elimină riscul de a continua preluarea de șuruburi din acest *tub* la schimbarea tipului de motor. În continuare, o a doua schimbare a modului de lucru a constat din introducerea unui monitor IHM (interfață om-mașină) de interdicție (Fig. 7- d); astfel, numai după mutarea *capacului* este posibilă preluarea de șuruburi din *tubul* neacoperit, prin care se asigură preluarea corectă a tuturor șuruburilor necesare.



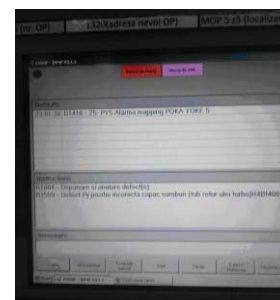
a.



b.



c.



d.

Fig. 7. Elemente ale postului de asamblare Px55: a) șuruburi S', S'' (de asamblare TRU - T), b) cutii de depozitare deschise, c) *tuburi* de depozitare prevăzute cu un *capac* amovibil, d) monitor IHM

7. Propunere de echilibrare a unor posturi de asamblare

În cadrul liniei de asamblare considerate, postul Px55 este critic (bușon), deoarece timpul efectiv al operației asociate de 70 cmin (v. Tabelul 2) este foarte apropiat de valoarea timpului de ciclu Tc (76 cmin), iar la postul Px25, cu timpul efectiv al operației asociate de 53 cmin, sunt condiții de realizare a unor activități din postul Px55.

Pentru a crește gradul de echilibrare asociat liniei de asamblare, se propune o variantă de îmbunătățire care constă din mutarea fazei de asamblare șuruburi - tub retur ulei - turbo (S1, 2 - TRU - T), de durată 10 cmin (v. Tabelul 2), din postul Px55 în Px25.

Astfel, la posturile Px55 și Px25 duratele operațiilor vor fi de 60 cmin și, respectiv, 63 cmin (Tabelul 3), prin care se asigură un grad de echilibrare superior.

Tabelul 3. Variantă de elemente ale fazelor operațiilor de asamblare din posturile Px25 și Px55

Post	Fază	Motor	MTI
		Timp de fază, cmin	
Px25	Translație paletă port - motor (PPM) în post	TM	9
	Asamblare diverse elemente (I)	Tma	21
	Asamblare șuruburi - tub retur ulei - turbo (S1, 2 - TRU - T)	Tma	10
	Asamblare diverse elemente (II)	Tma	21
	Validare operație post	Tma	2
	Timp efectiv al operației		
Px55	Translație paletă port - motor (PPM) în post	TM	10
	Îndepărtare obturatoare de protecție găuri filetate din turbo (OP - T)	Tma	6
	Pre-asamblare șuruburi - tub răcire apă - turbo (S3, 4 - TRA - T)	Tma	14
	Strângere șurub - tub alimentare ulei - turbo (S5 - TAU - T)	Tma	10
	Strângere șurub - tub alimentare ulei - carter cilindri (S5 - TAU - CC)	Tma	12
	Pre-asamblare garnitură - turbo (G - T)	Tma	6
	Validare operație post	Tma	2
	Timp efectiv al operației		
<i>Legendă: 1 cmin = 0,6 s; TM - timp de mașină, Tma - timp manual</i>			

O a doua variantă de îmbunătățire a postului Px55 este implementarea unui robot în cadrul postului. Implementarea robotului poate conduce la optimizarea indicatorilor de performanță tehnico-economici - durate, costuri, randament, rebuturi, comparativ cu un post robotizat care prezintă valori optime ale indicatorilor de performanță. Astfel, operatorul din postul Px55 poate activa în alte posturi.

De asemenea: se redactează Fișa Operație Standard, FOS, privind respectarea standardelor; se întocmește documentul de securitate *constat* pentru protejarea operatorilor din posturile învecinate etc.

8. Concluzii

Analiza activităților care se desfășoară pe o linie de asamblare poate conduce la soluții de îmbunătățire a indicatorilor de performanță tehnico-economici.

În cadrul sistemului Poka Yoke, s-au propus și implementat progresiv două soluții de îmbunătățire a unor activități de asamblare. De asemenea, s-au propus soluții de echilibrare a unor posturi și de echipare cu robot a unui post critic de asamblare.

În perspectivă, este necesară continuarea cercetării, atât teoretic, cât și experimental, referitor la echilibrarea posturilor, implementarea unor roboți de asamblare etc., care să conducă la îmbunătățirea indicatorilor de performanță tehnico-economici.

9. Bibliografie

- [1] Brolin A., et al., *Experimental study of cognitive aspects affecting human performance in manual assembly*, Production & Manufacturing Research, An Open Access Journal, vol. 5 (1), 2017
- [2] Costa, et al., *A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry*, The Int'l J. of Advanced Manufacturing Technology, vol. 91 (9-12), pp 4043–4054, 2017
- [3] Skubic M., D. Noe, *Computer Aided Planning of Robotized Assembly Systems*, Robotics in Alpe-Adria Region, pp 183-184, 1994
- [4] Gheorghe M., *Bazele ingineriei și managementului*, Note de curs, UPB, 2019-20
- [5] Rahman F., et al., *An integrated approach for line balancing and AGV scheduling towards smart assembly systems*, Assembly Automation, vol.40 (2), pp 219-234, ISSN: 0144-5154, 2020
- [6] Kenneth K., et al., *Benchmarking Protocols, Evaluating Small Parts Robotic Assembly Systems*, IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 5 (2), pp 883-889, 2020
- [7] Olaru I., *Asamblarea în construcția de mașini*, <http://cadredidactice.ub.ro/ionelolaru/files/2011/06/cap1.pdf>, pp 1-50, 2011
- [8] ***, *Procese și sisteme tehnologice din industria auto*, 2020

ANALIZA ȘI DEZVOLTAREA UNOR DISPOZITIVE TEHNOLOGICE INTEGRABILE IN SISTEME CNC

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL DEVICES INTEGRABLE INTO CNC SYSTEMS

BĂCIOIU Mihaela-Roxana, MIERLIȚĂ Iulia-Sorina

Facultatea: IIR, Specializarea: IEI, Anul de studii: 4, e-mail: roxana.mihaela16@gmail.com

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**,
Dr. ing. **Ion CIOCAN**, Șef lucr. dr. ing. **Daniel-Silviu MANOLACHE**

REZUMAT: Orientarea, fixarea și rigidizarea pieselor în cadrul operațiilor/ sistemelor tehnologice de prelucrare CNC se realizează prin intermediul unor elemente individuale sau dispozitive specifice. În cadrul lucrării de față, se analizează și se prezintă caracteristici tehnico-economice ale unor elemente și dispozitive tehnologice integrabile în sisteme CNC.

ABSTRACT: Orientation, fixing and stiffening of parts within CNC technological machining systems/ operations are achieved by specific elements/ devices. In the present paper, there are analysed and presented certain relevant technical – economic features associated to such of elements and devices integrable into CNC system.

CUVINTE CHEIE: orientare, fixare, CAFD, dispozitiv tehnologic, CNC.

1. Introducere

Proiectarea dispozitivelor este o problemă importantă în dezvoltarea sistemului de fabricare. Ca un proces de activitate de proiectare critică, automatizarea în proiectarea de dispozitive joacă un rol integral în legarea proiectării asistate de calculator și a fabricării asistate de calculator.

Obiectivul lucrării de față este de a se dezvolta un sistem de baze de date cu elemente și dispozitive din/ pentru sisteme tehnologice CNC, ca suport în activitatea de analiză și dezvoltare tehnologică.

2. Proiectarea dispozitivelor asistată de calculator

Proiectarea dispozitivelor asistată de calculator (CAFD) conduce la reducerea timpului necesar procesului de proiectare. Activitatea se desfășoară într-o atmosferă virtuală, cu avantajul suplimentar de a împiedica un proiectant să nu omită pașii de lucru necesari în timpul proiectării și de a evita greșelile. De asemenea, pe lângă timp și costurile pot fi reduse [1].

În procesul de proiectare a dispozitivelor, mai multe cerințe de proiectare ar trebui să fie luate în considerare în același timp pentru fiecare etapă de proiectare. Cerințele generice sunt: cerințe fizice (PR), prevenirea coliziunilor (CP), constrângerile proiectării (DC), cerințele de utilizare (UR), cerințele de resurse (AR) și cerințele de toleranță (TR) [2].

Punctele forte ale cercetării CAFD se regăsesc, în principal, în metodele de verificare care s-au concentrat pe examinarea stabilității piesei și a deformării în procesul de prelucrare, precum și pe metodele de planificare ce urmăresc să minimizeze deformarea piesei ca urmare a forțelor din timpul prelucrării.

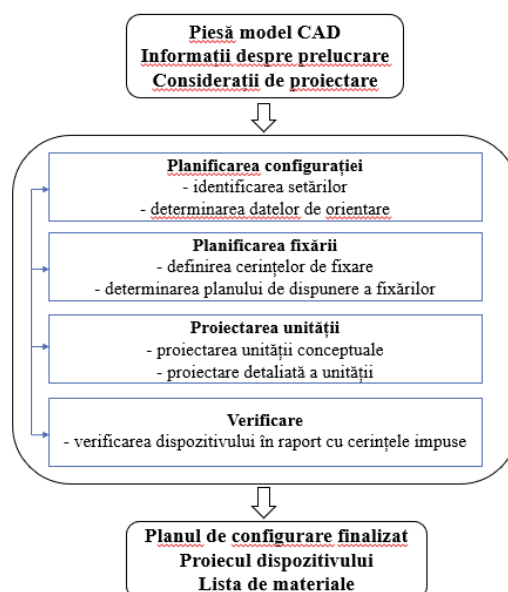


Fig. 1. Etape ale proiectării dispozitivelor [3]

Având în vedere cercetările semnificative din ultimele două decenii, se dovedește că accentul CAFD a fost pus pe etapele de planificare și verificare a dispozitivului [1].

În procesul de proiectare a dispozitivelor, se pot distinge patru etape [3]: planificarea configurației, planificarea fixării, proiectarea unității și verificare (Fig.1). În etapa de planificare a fixării, sunt de obicei generate cerințe de fixare care pot fi grupate în șase clase. Planificarea fixării se concentrează pe determinarea orientării și fixării pieselor în funcție de cerințele procesului. Această etapă este o activitate bazată în mare parte pe experiență, iar rezultatul garantează stabilitatea pieselor. Etapa de proiectare a unității este de a obține precizia și rigiditatea orientării și de a evita deformarea componentelor. Verificarea unui proiect de dispozitiv actual implică furnizarea de sugestii relevante pentru îmbunătățirea proiectării [4].

3. Abordări inteligente pentru sisteme de proiectare

Cercetările s-au concentrat pe metode inteligente pentru a îmbunătăți performanța sistemelor de proiectare a dispozitivelor asistate de calculator.

Eforturile din ultimele decenii în domeniul proiectării dispozitivelor au avut ca rezultat numeroase aplicații de proiectare asistată de calculator (CAFD) folosind diverse metode inteligente: sisteme expert, algoritm genetic (GA), rețea neuronală artificială (ANN), metoda elementului finit (FEM), raționament bazat pe cazuri (CBR) etc. [5].

GA este un un algoritm evolutiv, adesea aplicat pentru a rezolva probleme de optimizare. GA este utilizat pentru a crea noile seturi de puncte de contact până când este obținut un optim care minimizează deformarea piesei de lucru ca urmare a forțelor de fixare și prelucrare. În unele domenii de proiectare a dispozitivelor, FEM și GA sunt utilizate, cum ar fi pentru generarea unui aspect optim de configurare. Analiza deformării utilizează, de obicei, FEM. Performanțele GA au fost testate și comparate pe baza diferitelor sisteme nodale [6].

4. Raționamentul bazat pe cazuri

Raționamentul bazat pe cazuri, CBR, constă în indexarea, reprezentarea și organizarea cazurilor de proiectare anterioare într-o bibliotecă de cazuri, astfel încât să poată fi amintite, modificate și reutilizate pentru scenarii de proiectare viitoare (Fig. 2). Indexarea este utilizată pentru a identifica aspectele soluțiilor anterioare care sunt legate de problema actuală. Prin urmare, indexarea implică definirea unei abordări cuprinzătoare pentru indexarea informațiilor de proiectare aferente, pe baza criteriilor de proiectare a dispozitivelor. Recuperarea este aplicată pentru a identifica cazurile care au unele sau toate atributele necesare, ca un proces principal al CBR; calitatea cazului preluat din baza de date are efect asupra performanței aplicației bazate pe CBR. Adaptarea identifică diferențele care există între noua problemă și proiectul selectat care necesită o soluție de proiectare [7].

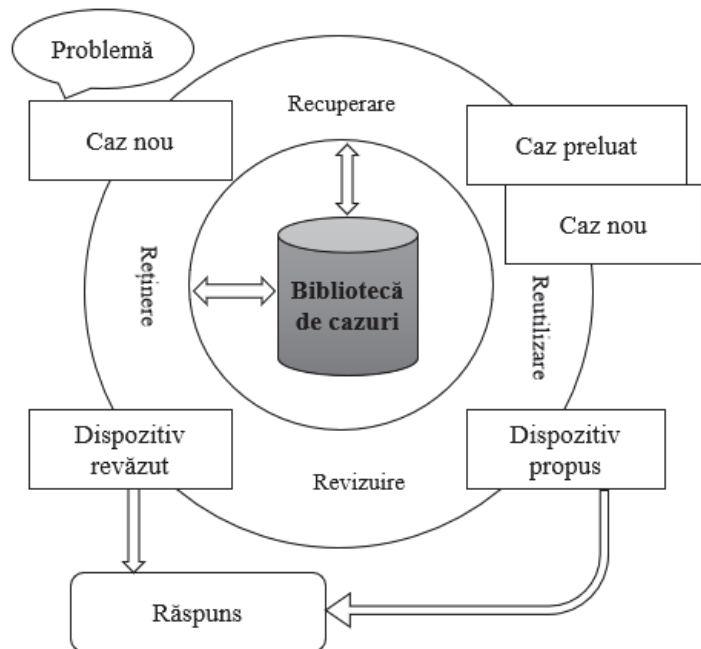


Fig. 2. Cadrul modificat al unui sistem bazat pe CBR [1]

Una dintre principalele preocupări în CBR este tehnica de reprezentare a proiectării dispozitivelor. Reprezentarea este adesea critică pentru succesul și fezabilitatea unei metode inteligente propuse [8].

5. Caracteristici tehnico-economice ale unor elemente și dispozitive tehnologice

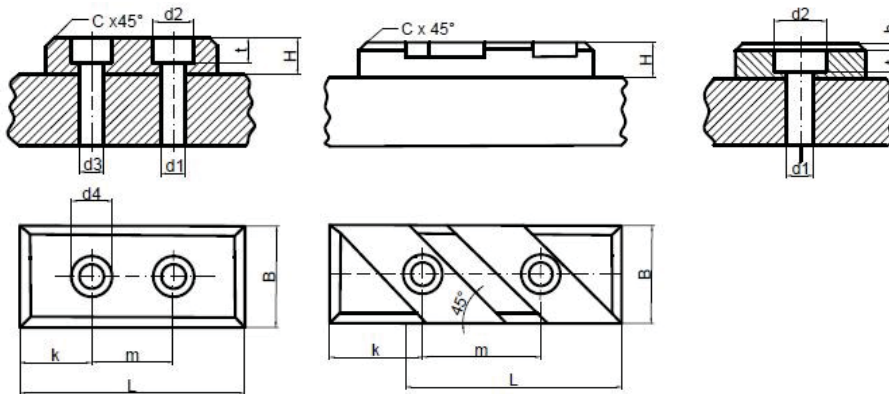
Dispozitivele port-piesă(e) din sistemele de prelucrare sunt constituite, după caz, din: elemente sau mecanisme de orientare, de fixare sau de orientare – fixare, respectiv, elemente de tip placă, prismă, bolț etc., mecanisme cu bacuri, cu prisme etc., elemente/ mecanisme de fixare magnetice sau cu pană/ șurub-piuliță/ motor hidraulic etc. și plunjer/ bridă etc. [9].

Având în vedere abordări și realizări în domeniu, dintre care unele sunt prezentate mai sus, se consideră oportun a se dezvolta metoda proiectării dispozitivelor tehnologice, clasice și, respectiv, integrabile în sisteme CNC, în cadrul raționamentului general bazat pe cazuri.

Astfel, se propune crearea unui sistem de baze de cunoștințe privind elemente și dispozitive tehnologice, ca suport în activitatea de analiză și dezvoltare tehnologică.

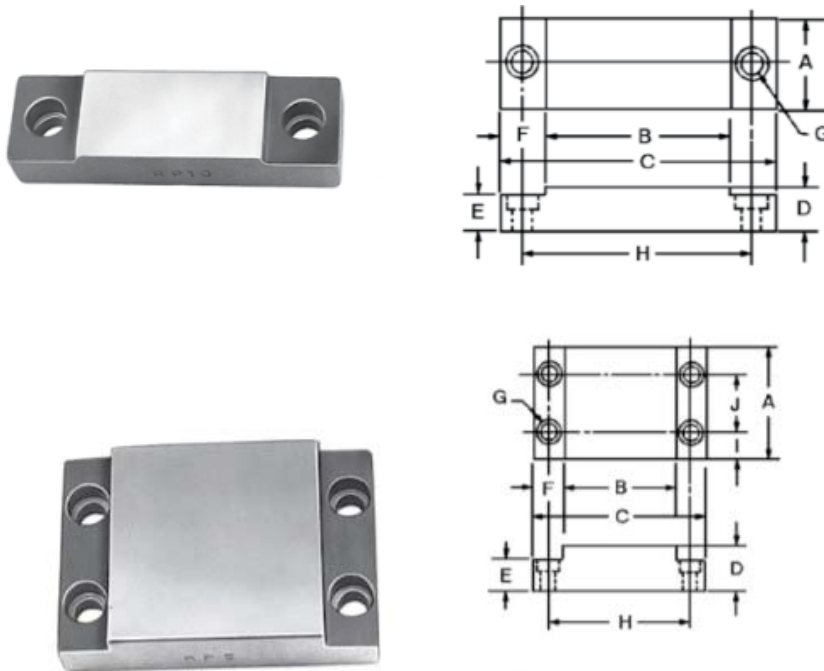
Într-o primă etapă, se prezintă o serie de exemple/ cazuri privind elemente și dispozitive tehnologice, inclusiv pentru sisteme CNC, ale căror caracteristici tehnico-economice sunt reglementate prin norme sau cataloage de referință, după cum urmează.

• Elemente de orientare de tip plăcuță (Fig. 5.1, a, b)



a.

*Dimensiuni,
material etc./
Bază de elemente:*
[\[TCM UPB\]](#)



b.

*Dimensiuni,
material etc./
Catalog:*
[\[Jergens\]](#)

Fig. 5.1, a, b

● Elemente de orientare de tip cep fix (Fig. 5.2, a, b)

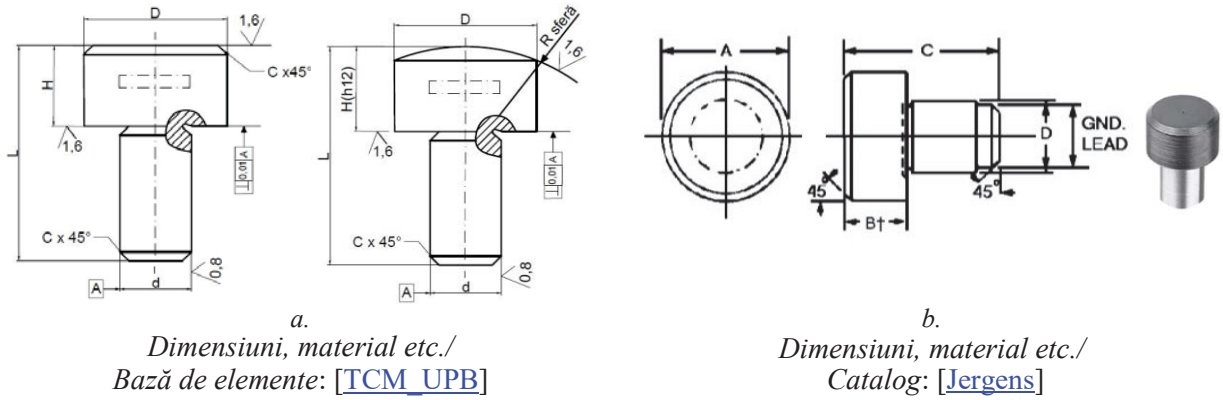


Fig. 5.2, a, b

● Elemente de orientare de tip prismă (Fig. 5.3, a, b)

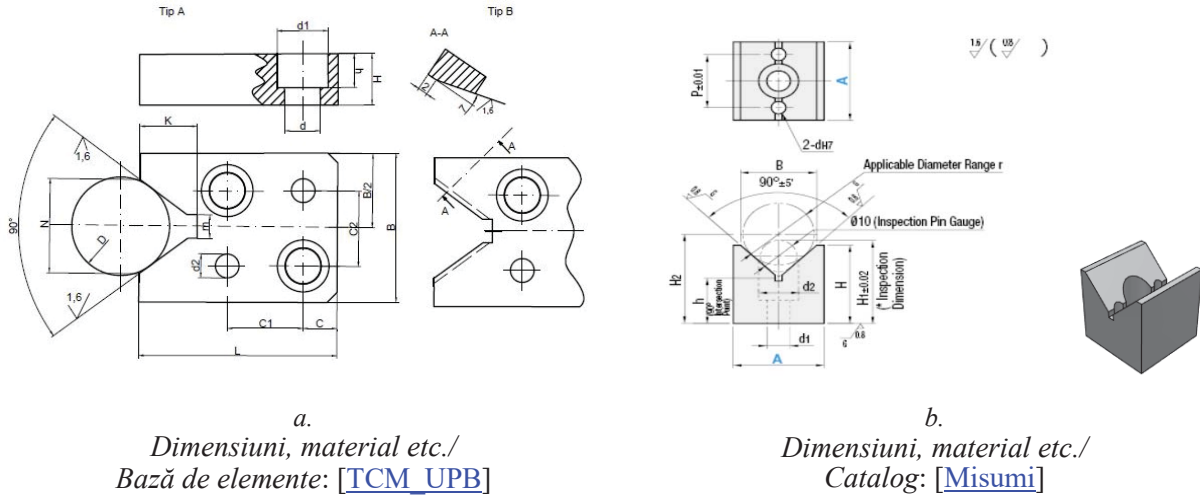


Fig. 5.3, a, b

● Elemente de orientare de tip bolț cilindric (Fig. 5.4, a, b)

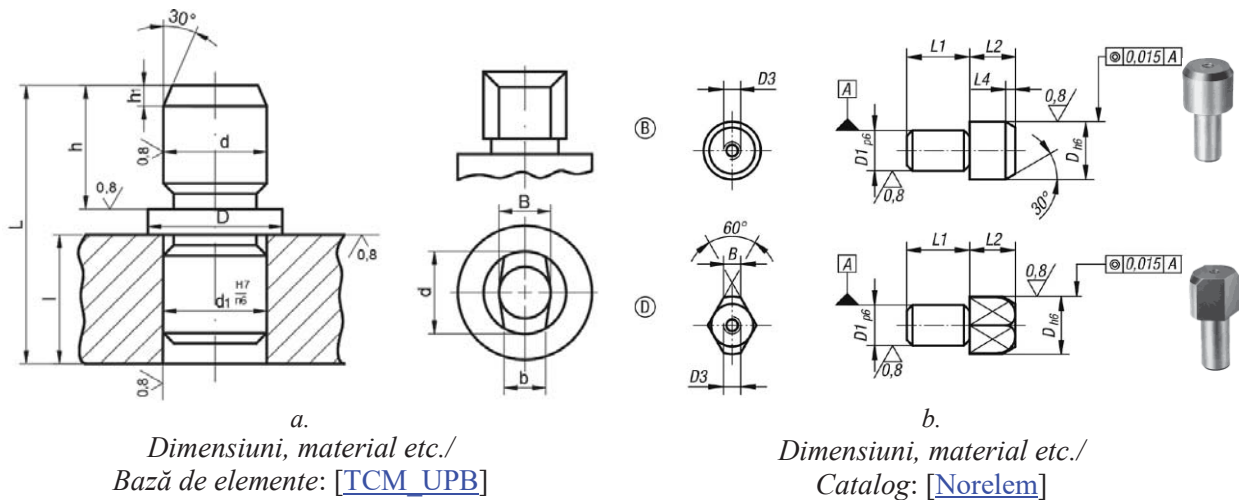
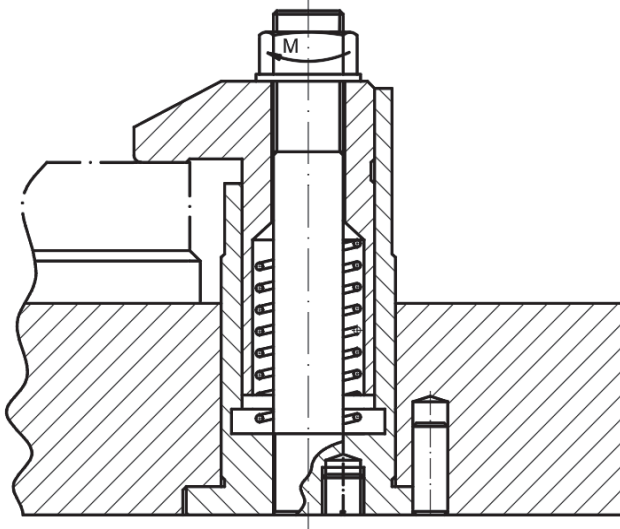


Fig. 5.4, a, b

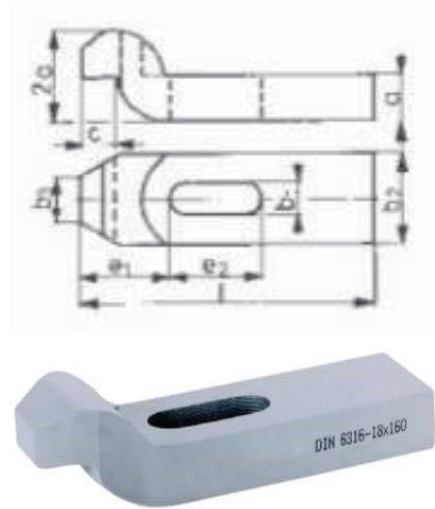
● Mecanism cu bridă L
(Fig. 5.5)



Dimensiuni, material etc./
Bază de elemente: [\[TCM_UPB\]](#)

Fig. 5.5

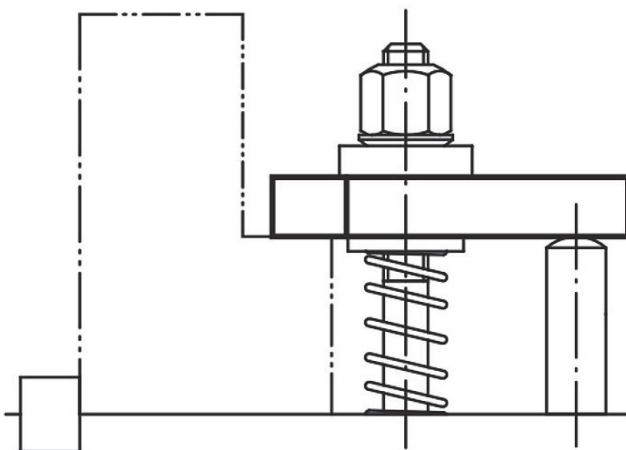
● Elemente de fixare tip bridă cotită
(Fig. 5.6)



Dimensiuni, material etc./
Catalog: [\[Rocast\]](#)

Fig. 5.6

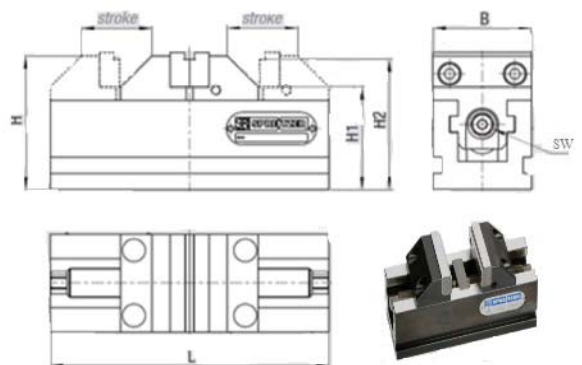
● Mecanism de fixare de tip
șurub – piuliță - bridă
(Fig. 5.7)



Dimensiuni, material etc./
Catalog: [\[Norelem\]](#)

Fig. 5.7

● Mecanism/ Dispozitiv de tip
menghină de centrare – fixare
(Fig. 5.8)



Dimensiuni, material etc./
Catalog: [\[Spreitzer\]](#)

Fig. 5.8

6. Concluzii

În cadrul operațiilor/ sistemelor tehnologice de prelucrare CNC, orientarea, fixarea și rigidizarea pieselor/ semifabricatelor se realizează prin intermediul unor elemente individuale – de orientare, fixare și, respectiv, rigidizare, sau prin intermediul unor dispozitive specifice.

Cazurile prezentate reprezintă elemente și dispozitive tehnologice, inclusiv pentru sisteme CNC, ale căror caracteristici tehnico-economice sunt reglementate prin norme sau cataloage de referință.

În perspectivă, este important a se dezvolta un sistem de baze de cunoștințe privind elemente și dispozitive din/ pentru sisteme de fabricare, ca suport în activitatea de analiză și dezvoltare tehnologică.

7. Bibliografie

- [1] Heidar H. et al., *Recent Developments on Computer Aided Design : Case Based Reasoning Approaches*, Advances in Mechanical Engineering, <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1155/2014/484928>.
- [2] Boyle, I., Rong, Y., and Brown, D. C., *A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 27, no. 1, pp. 1–12, 2011.
- [3] Kang, Y., Rong, Y., and Yang, J. C., *Computer-aided fixture design verification—part 1. The framework and modelling*, The Int'l J. of Advanced Manufacturing Technology, vol. 21, no. 10–11, pp. 827–835, 2003.
- [4] Rong, Y., Huang, S. H., and Hou, Z., *Advanced Computer-Aided Fixture Design*, Academic Press, 2005.
- [5] Price, S., *A study of case based reasoning applied to welding computer aided fixture design*, M.S. Thesis, Worcester Polytechnic Institute, 2009.
- [6] Krishnakumar, K. and Melkote, S. N., *Machining fixture layout optimization using the genetic algorithm*, Int'l J. of Machine Tools and Manufacture, vol. 40, no. 4, pp. 579–598, 2000.
- [7] Wang, H. and Rong, Y., *Case based reasoning method for computer aided welding fixture design*, Computer-Aided Design, vol. 40, no. 12, pp. 1121–1132, 2008.
- [8] Peng, G. et al., *Applying RBR and CBR to develop a VR based integrated system for machining fixture design*, Expert Systems with Applications, vol. 38, no. 1, pp. 26–38, 2011.
- [9] ***, [TCM_UPB], www.tcm.pub.ro .
- [10] ***, [Jergens], http://www.jergensinc.com/site/templates/PDFs/JERGENS_LOCATING_0911.pdf (accesat la 05.04.2020).
- [11] ***, [Misumi], <https://us.misumi-ec.com/vona2/detail/110302018920/> (accesat la 17.04.2020).
- [12] ***, [Norelem], <https://www.norelem.com/us/en/Products/Product-overview/Flexible-standard-component-system/03000-Spring-plungers-Indexing-plungers-Stops-Centring-positioning-components-Ball-lock-pins-T-slot-nuts/Locating-pins-positioning-systems/03106-Locating-pins-removable-Form-B-and-D.html> (accesat la 24.04.2020).
- [13] ***, [Rocast 2019], <https://vinix.cld.bz/Catalog-Rocast/455/#zoom=z> (accesat la 29.04.2020).
- [14] ***, [Spreitzer], https://www.spreitzer.de/en/clamping-technology/centre-clamping-vises/?gclid=EAIaIQobChMI_8PKgd2Y6QIVIE0YCh1NmAzpEAAYASAAEgLGefD_BwE (accesat la 28.04.2020).

ANALIZA ȘI DEZVOLTAREA PLANȘETEI DE BORD DACIA

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF THE DACIA DASHBOARD

TOMESCU Gabriel-Ionuț și MACOVEI Marius-Ștefănel
Facultatea: FIIR, Specializarea: IEI, Anul de studii: al IV-lea, e-mail: gaby.tomescu@yahoo.com

Conducători științifici: Șef lucr. dr. ing. **Daniel-Silviu MANOLACHE**,
Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**

REZUMAT: În lucrarea curentă se propune o modernizare a bordului de instrumente pentru autoturismele Dacia. Modernizarea propusă contribuie la o mult mai bună integrare a funcțiilor actuale și viitoare, având în vedere așteptările tot mai mari ale clienților care, căutând mereu îmbunătățiri, apreciază opțiunea de personalizare. Trecerea către modelele electrice face necesară re-proiectarea panoului de instrumente, zonă foarte puțin modificată de aproape două decenii. Soluția propune înlocuirea actualului panou de instrumente, cu forma și funcții prestabilite, neconfigurabile, cu un panou de afișare tip LCD TFT pe care se pot configura, la cerere, toate elementele afișate. Cercetarea prezintă soluțiile directe care pot fi aplicate pentru a realiza, cu minimum de modificări, schimbarea bordului de instrumente și evidențierea avantajelor generate de noua variantă.

ABSTRACT: The current paper proposes a modernization of the instrument panel for Dacia cars. The proposed modernization contributes to a much better integration of current and future functions, given the growing expectations of customers, who are always looking for improvements, appreciate the customization option. The transition to electric models makes it necessary to redesign the instrument panel, an area that has been changed very little in almost two decades. The solution proposes to replace the current instrument panel, with the default shape and functions, non-configurable, with a TFT LCD display panel on which all the displayed elements can be configured, on request. The research presents the direct solutions which can be applied to achieve, with a minimum of modifications, the change of the instrument panel and highlighting the advantages generated by the new variant.

CUVINTE CHEIE: bord, indicatoare, display, EOBD.

1. Introducere

Actualmente, numai autovehiculele de clasă superioară beneficiază de instrumente afișate pe ecrane digitale, renunțând la instrumentele clasice cu sisteme mecanice. Lucrarea are în vedere segmentarea tot mai mare a cotelor de piață pentru vânzarea de autoturisme, context în care o facilitate de configurare a elementului central al autoturismului, panoul de instrumente, conferă un criteriu important în atragerea clientului.

Cercetarea propune o abordare cât mai facilă de modificare a panoului de instrumente, minim invazivă pe lanțul de producție, însă cu un impact vizual și funcțional major.

Deși trecerea către sisteme de propulsie electrice pare că ar simplifica parametrii de monitorizare, în realitate are loc doar o înlocuire a lor.

Preluarea unor funcții ale consolei centrale, unde vizualizarea este mult mai greoaie și cere mutarea privirii într-o direcție complet în afara direcției de mers [3], afișarea mesajelor de pe dispozitivele mobile etc. se pot realiza de un nou sistem de indicatoare.

2. Stadiul actual a planșetelor cu instrumente de bord pentru modelele Dacia

Cu o istorie de peste o jumătate de secol în România, autoturismele Dacia, proiectate și fabricate sub licență Renault sau în variantă autohtonă, au avut o evoluție continuă asupra formei, motorizărilor și altor elemente. Variantele de autoutilitare au preluat instrumentele de bord folosite pe berline.

Forma și structura panourilor de instrumente la principalele modele Dacia se prezintă în Tabelul 1. Se evidențiază, astfel, evoluția lor în timp, din punct de vedere stilistic și al funcționalității, precum și variantele care au fost destinate publicului larg sau în serie mică, cum ar fi, de exemplu, Dacia 500 denumită și Lăstun.

Tabelul 1. Evoluția panourilor de instrumente la modele Dacia [1, 2]

An/ Denumire Model și Panou Instrumente	Aspect mașină	Aspect bord
1970/ 1300 		
1992/ 1325 		
2001/ SuperNova 		
2003/ Solenza 		
2004/ Logan 1 		
2013/ Logan 2 		
2017/ Duster 2 		

Din analiza acestor modele de panouri de bord, se remarcă câteva trăsături comune care s-au păstrat de la primele modele până în prezent. Astfel, panourile au trei zone de afișare, o suprafață relativ constantă, de aproximativ 300 x 130 mm, iar la ultimele produse, din 2004 până în prezent, se utilizează mini ecrane de tip LCD monocrom, rezultând astfel doar două tipuri principale de panouri de bord pe toate modelele actuale.

Dacă la modelele anterioare doar turometrul era integrat cu o parte electronică, din 2003 modelul Solenza a fost primul echipat cu un bord ce are instrumente cu aspecte mecanice dar complet digitalizate din punct de vedere al semnalelor de intrare / ieșire.

Pornind de la prezența acestor semnale în magistrala principală de date a modelelor respective, lucrarea propune o nouă soluție de afișare pentru instrumentele de bord.

Există la ora actuală mai multe studii axate pe îmbunătățirea experienței utilizatorului cu planșeta de bord, care se concentrează în special pe modul estetic și funcțional ce poate oferi cele mai utile informații sau pe elementele conceptuale și design-ul panoului de bord din prisma procesului tehnic [4].

Pentru că fiecare utilizator are o abordare personală legată de autoturism, noua soluție va fi în sprijinul celor care nu își doresc un număr impresionant de parametri și au în vedere doar aspectul mobilității sau sunt conservatori, dar și al celor care sunt dornici să simtă progresul tehnologic, vor să monitorizeze cât mai mulți parametri și doresc să personalizeze experiența cu autoturismul (Tabelul 2) [4].

Tabelul 2. Tipuri de utilizatori auto [4]

Utilizator simplu	Utilizator Expert
	

3. Soluția de afișare și implementare a noii variante a instrumentelor de bord

Evoluția sistemelor de afișare tip LCD TFT, OLED și AMOLED, ieftinirea acestor soluții de afișare și trecerea a aproape două decenii în care instrumentele de bord par neschimbate obligă saltul spre o nouă soluție.

În lucrarea curentă se evidențiază o metodă de a moderniza planșeta de bord cu implicații minime în ce privește costul de fabricație, poate chiar reducerea acestuia, prin prisma unei soluții generalizate ce permite personalizarea facilă pe viitor prin modificarea temelor de aspect sau a software-lui, fără a implica costuri suplimentare cu producerea unor elemente dedicate pentru fiecare nouă serie.

Trebuie menționat că înlocuirea directă a panoului de instrumente nu este posibilă, deoarece constructorul a implementat un protocol de securitate, astfel încât este nevoie de o abordare la nivel de producător sau emularea acestei secvențe de securitate dacă producătorul oferă suport.

În prezența acestor limitări de securitate, care nu permit înlocuirea soluției din fabrică, se pot testa cu succes alte soluții cât timp bordul original este prezent, informațiile pentru noua soluție fiind extrase separat prin intermediul altui protocol existent.

3.1. Schema structurală a soluției propuse

Elementele soluției propuse sunt prezentate generic în schema structurală din Fig. 1.

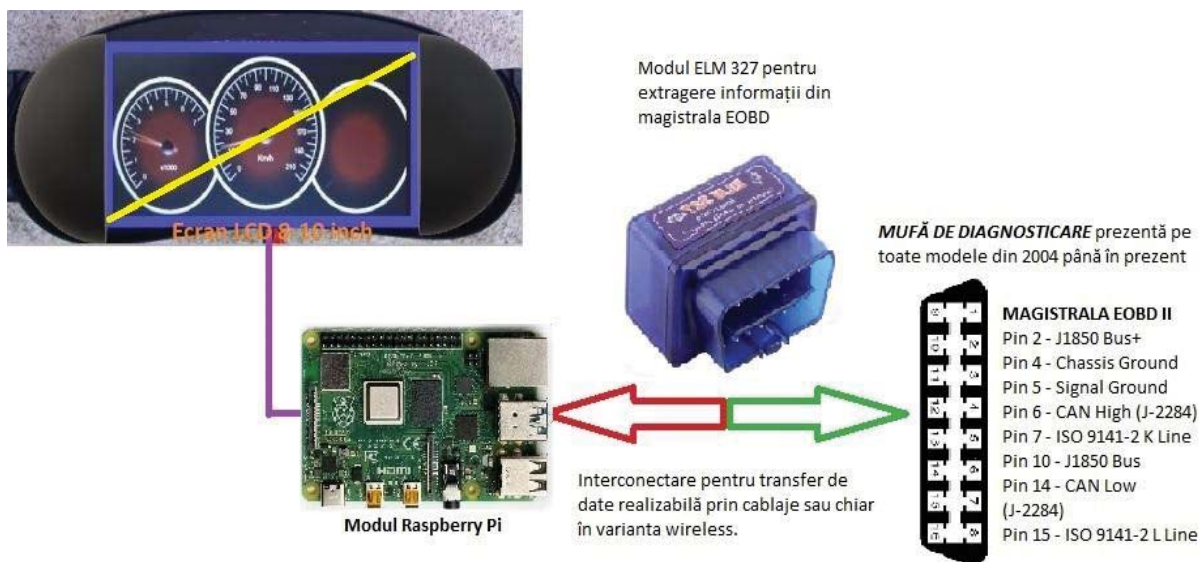


Fig. 1. Schema structurală a soluției propuse

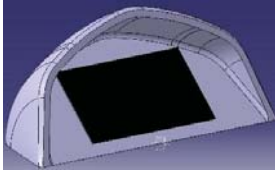

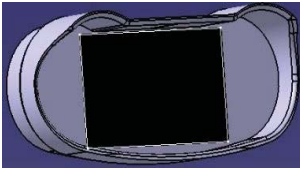

Din schemă se pot distinge două etape de realizare a proiectului de modernizare, după cum urmează.

3.2. Etapa de modificare aspect și încadrare a soluției de afișare

În aceasta prima etapă, s-au realizat modele 3D ale planșetei (Tabelul 3) în vederea simulării a încadrării ecranului în forma existentă a carcasei instrumentarului de bord. Modelarea și simularea, realizate în mediul de proiectare asistată 3D Catia V5R21, arată că, fără a modifica dimensiunea suprafeței de afișare și pentru a putea încadra direct în bordul actual soluția propusă, este necesar un ecran cu o diagonală de maximum 200 mm, în cazul modelului Logan II și de 250 mm în cazul modelului Duster II. O variantă mai mare ar presupune fie modificarea bordului în sine, fie utilizarea unor ecrane cu dimensiuni la comandă.

Un ecran de tip LCD TFT, cu o rezoluție minimă de 1024x768, ar oferi un spațiu suficient de informare iar pentru varianta de 250 mm se poate alege un ecran cu o rezoluție crescută. O variantă mult îmbunătățită ar fi utilizarea unui ecran AMOLED, însă este important ca modificarea să fie cât mai accesibilă și costurile să fie minime.

Tabelul 3. Simulare încadrare ecran de afișare

			
Logan II diagonală ecran 200 mm	Logan II	Duster II diagonala ecran 250 mm	Duster II

3.3. Etapa de prelucrare și afișare a semnalelor primite

Această etapă este cea mai complicată și suportă mai multe abordări. La nivelul informațiilor care sunt documentate prin intermediul diferitelor protocoale sau standarde din piață, fără a avea acces asupra sistemului primar de comunicație al datelor pentru modelele de automobile analizate, s-a ales varianta în care semnalele sunt extrase din magistrala de date EOBD (European On Board Diagnostic) destinată diagnosticării. O variantă îmbunătățită ar consta în conectarea chiar în cablajele existente ale actualului bord de instrumente, însă e necesară o schemă electrică detaliată de la constructor.

Magistrala EOBD oferă tot ce se poate afișa pe vechile panouri de instrumente, la care se pot adăuga și alte informații directe sau determinate prin calcul. Un alt mare avantaj ar fi capacitatea de a explica martori de informare. Nu va mai fi necesar să se tipărească un manual, dat fiind că, simultan cu simbolul de eroare sau avertizare se afișează problema și eventuale simple soluții/ mesaje suport, ca, de exemplu, “presiune insuficientă în pneuri” cu un posibil mesaj suport de tipul ”pentru siguranță în trafic și un consum optim echilibrați presiunea la prima vulcanizare”.

Pentru a extrage informațiile necesare se poate utiliza un modul ELM 327, în Fig. 2 fiind prezentate câteva din datele ce pot fi extrase prin intermediul acestui dispozitiv electronic.

Conform standardului SAE J1979 [5], folosit în general la baza protocolului de date transferate pe magistrala EOBD, există o serie de parametri multipli ce sunt ușor accesibili și care oferă informații în timp real asupra stării de funcționare a diferitelor componente ale automobilului.

Pentru a exemplifica câteva din informațiile uzuale prezente pe panoul de instrumente, ca și cele de mai sus - viteză de deplasare, turație motor, temperatura lichidului de răcire, tensiunea de încărcare a bateriei, sunt utilizați PID - uri (IDentificatori de Proces) conform tabelului 4 [6]:



Fig. 2. Achiziție date din magistrala de date EOBD

Tabelul 4. Exemple de EOBD PID folosite [6]

PID (hex)	Număr de octeți returnați	Descriere	U.M.	Formulă de calcul
05	1	Temperatură lichid de răcire	°C	A-40
0C	2	Rotații pe minut	rpm	(256A+B)/4
0D	1	Viteză vehicul	Km/h	A
42	2	Tensiune modul de control	V	(256A+B)/1000

În formula de calcul a valorilor, parametrul A reprezintă primul octet recepționat. iar parametrul B al doilea octet recepționat.

Pentru efectuarea calculului necesare se propune utilizarea unui modul Raspberry Pi ca unitate centrală de calcul, modulul oferind suport și pentru un sistem de operare pe care se vor rula aplicațiile necesare, aplicații care vor genera imaginea instrumentelor de afișat pe ecran. Acesta devine necesar pentru această variantă externă de implementare și ar putea să fie eliminat în momentul în care se cunosc detaliile proprietare oferite de constructor privind comunicația cu magistrala de date.

Prin combinarea acestor soluții devine facilă dezvoltarea unor teme și aplicații grafice ce pot fi ușor configurate și adaptate. Există, la ora actuală, aplicații pentru sistemul de operare Android capabile să afișeze informațiile primite de la modulul ELM 327 sub forma unui panou de bord personalizat (Fig. 3).



Fig. 3. Exemple de panouri de bord dezvoltate de terțe părți

În afară de aplicațiile deja existente se pot crea și soluții dedicate, de exemplu, pe bază de tehnologie HTML5/JavaScript. În cazul acestora există o flexibilitate mult mai mare privind modul de prezentare și funcționalitatea interfeței. Un exemplu, creat cu resurse gratuite oferite sub licență MIT (Massachusetts Institute of Technology), se prezintă în Fig. 4. Folosind o librărie *JavaScript* se poate reproduce relativ ușor aspectul original al panoului de instrumente actual de pe modelul Dacia Logan 2 (Fig. 4).



Fig. 4. Panou de instrumente asemănător Dacia Logan 2 creat în HTML / JavaScript

4. Concluzii

Având în vedere accesibilitatea relativ facilă la resursele necesare implementării unei soluții privind modernizarea panoului cu instrumente de la un automobil, la informații referitoare la protocoalele de comunicație cu magistrala de date a automobilelor moderne, la informații privind panourile de afișare LCD-TFT, AMOLED, dar și la resurse de programare pentru interfața grafică, în prezenta lucrare sunt prezentate elementele necesare implementării unei asemenea soluții de instrumentar de bord cu afișaj programabil.

Astfel, un afișaj digital va permite o durată mai lungă a ciclului de viață al produsului, justificat de ușurința cu care se pot face viitoare adaptări și modernizări, reutilizare dar și posibile venituri adiționale obținute din comercializarea de teme adiționale ca și accesorii.

Costul final de implementare al unei astfel de soluții pe termen lung ar trebui să justifice saltul tehnologic de la soluția curentă la una similară celei propuse în acest studiu.

5. Bibliografie

- [1] ***, www.dacia.ro
- [2] ***, www.olx.ro/oferta/ceasuri-bord-dacia
- [3] Cobble E., *Why The Car Industry Needs To Rethink The Dashboard User Interface Design*, 2015
- [4] Hao Wu și Shan Zhou, *Automotive Cockpit Design 2020*, 2011
- [5] ***, *Vehicle E&E System Diagnostic Standards Committee, E/E Diagnostic Test Modes*, 2017
- [6] Keith McGuard, *Automotive Diagnostic Systems, Understanding OBD-I&OBD-II*, 2011

STUDIU PRIVIND UTILIZAREA OPTIMIZĂRII TOPOLOGICE ȘI A DESIGNULUI GENERATIV LA PROIECTAREA ÎN MEDIUL CAD

THE USE OF GENERATIVE DESIGN AND TOPOLOGY OPTIMIZATION IN CAD ENVIRONMENT

ȘCHEAU Dumitru

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
Anul: IV, e-mail: scheaudumitru@gmail.com

Conducător științific: Conf. Dr. ing. **Ionuț-Gabriel GHIONEA**

ABSTRACT: In this research paper I analyzed two options for creating parts using CAD environment software. The use of Generative Design and Topology Optimization is meant for parts that require an improvement of weight and the shape of the part without changing the role the it has in an assembly. Many design solutions are created when using Generative Design, these can vary depending on the material, constraints, loads and manufacturing method, it is up to the designer to choose the most suitable solution. The software tools available can significantly reduce the time a part spends in the design stage, improve the mass of the part and reduce the total manufacturing costs. At the end of the study, the parts met the imposed requirements and had a reduced mass of up to 60% of the initial part.

CUVINTE CHEIE: Generare, Fusion 360, proiectare, program CAD/CAM, optimizare topologică.

1. Introducere

Programarea asistată de calculator este un mediu care s-a dezvoltat într-un ritm constant în ultimii ani, reușind să încorporeze în programele software, cu fiecare iterație, cele mai inovatoare soluții pentru rezolvarea problemelor în procesul de proiectare. Obiectivul acestei lucrări este de a îmbunătăți designul unui produs în etapa de proiectare prin explorarea mai multor opțiuni ale formei și tehnologiei de realizare a acestuia, de asemenea se urmărește o eliminare substanțială a masei comparativ cu masa produsului inițial, păstrând un factor de siguranță corespunzător. Proiectarea în mediul CAD/CAM permite micșorarea timpului pe care un produs îl petrece în stadiul de proiectare și, mai apoi, în stadiul de realizare a acestuia, prin identificarea și eliminarea etapelor care sunt în neconcordanță cu noile modalități de realizare. În această lucrare soluțiile de design ale produsului studiat au fost obținute utilizând modulul Generative Design din cadrul Autodesk Fusion 360.

2. Stadiul actual

Proiectarea de produse este un proces iterativ care implică utilizarea unei cantități mari de informații legate de utilitatea finală, locul și funcția produselor într-un ansamblu. Mediul CAD/CAM/CAE (computer-aided design / computer-aided manufacturing / computer-aided engineering) permite crearea de prototipuri, produse finisate, ansambluri de piese și linii de producție în sisteme software integrate. Piața programelor de proiectare asistată de calculator este într-o continuă creștere, iar funcțiile pe care acestea le implementează oferă un avantaj competitiv, în special la scurtarea timpului de lansare a produsului pe piață.

2.1. Printare 3D și Mașini CNC

Tehnologiile noi de printare FDM, SLS, SLA au înregistrat progrese foarte mari, acestea devenind din ce în ce mai precise și mai accesibile din punct de vedere al prețului de achiziție. Avantajul pe care îl oferă aceasta piață este acela că permite fabricarea unor serii mici și mijlocii de produse fără a

mai avea nevoie de o linie de producție industrială. Realizarea unor produse într-un timp scurt, la costuri reduse comparativ cu opțiunile tradiționale și prototiparea rapida sunt atuurile pe care aceasta tehnologie de fabricare, le oferă utilizatorilor.

Mașinile CNC, pe de alta parte, continua să fie structura de rezistență pe care se sprijină cele mai multe companii industriale. Mediul CAM de proiectare permite inginerilor să realizeze produse care conțin forme și suprafețe care acum câțiva ani nu erau posibile, aceasta datorită programelor software noi și sculelor de o calitate înaltă.

2.2. Serviciile de Cloud și Designul Generativ

Designul Generativ nu utilizează metoda de analiză cu element finit, comparativ cu optimizarea topologică, în acest caz programul realizează o serie de iterații pornind de la un volum în care se stabilesc constrângeri și în care se încadrează viitoarea piesă. La designul generativ este eliminată etapa de creare a unui model discretizat. Datorită formelor neconvenționale pe care programul le oferă ca soluții de design, este nevoie de tehnologii de fabricație corespunzătoare, cum sunt printarea 3D cu pudră metalică, mașini CNC cu 5 axe sau turnarea în cochilie sub presiune a metalului topit. Designul Generativ oferă o gama mare de opțiuni când vine vorba de metode de fabricare, programul oferă soluții ținând seama de metoda de fabricare indicată, fie că este vorba de lungimea sculei așchietoare la mașini CNC sau unghiul maxim de inclinare pentru suprafețele pieselor realizate prin printare cu pudra metalică. Un studiu efectuat în Modulul Generative Design realizează minim 25 de iterații pentru fiecare piesă, iar un studiu conține minim 12 piese. Acest lucru permite reducerea timpului de proiectare prin faptul că oferă o gama foarte mare de piese la realizarea unui singur studiu, iar în cele mai multe cazuri soluția optimă este identificată utilizând unelte de filtrare a soluțiilor oferite, acestea pot fi volumul piesei, masa piesei, valoarea factorului de siguranță, metoda de fabricare și costul de fabricare.

Serviciile de Cloud ale softurilor de simulare oferă soluții de management al companiilor, spații colaborative de lucru pentru îmbunătățirea fluxului de muncă și putere de procesare foarte mare, limitată doar de conexiunea la internet. Serviciile de Cloud sunt o soluție optimă pentru companiile mici care nu își permit să investească sume uriașe din primii ani de activitate, iar soluțiile oferite de aceste servicii nu fac altceva decât să aducă utilizatorului unelte de care are nevoie pentru rezolvarea diferitelor probleme în proiectare și fabricare. În această lucrare s-au utilizat serviciile de Cloud ale Autodesk Fusion 360.

3. Utilizarea Optimizării Topologice și Designul Generativ în proiectarea unei piese

3.1. Analiza desenului de execuție

Studiul privind optimizarea topologică și design generativ se va face pentru piesa din desenul de execuție din figura 1. Această piesă face parte din construcția unei aeronave, din acest motiv se dorește îmbunătățirea formei piesei prin eliminarea unor zone de material păstrând un factor de siguranță de minim 1,4.

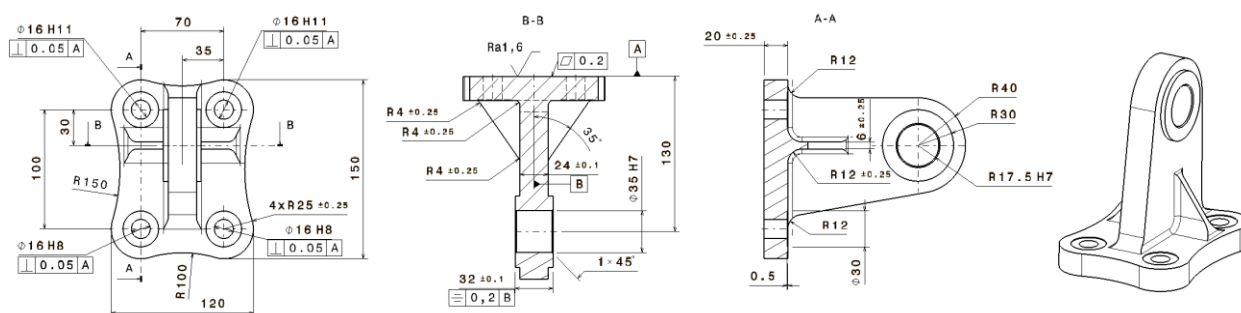


Fig. 1. Desen de execuție "Bridă R-01"

3.2. Optimizare Topologică

Optimizarea Topologică utilizează un model 3D, care este discretizat în elemente finite parabolice cu ajutorul softului Fusion 360 Simulation. Pentru această simulare piesa a fost discretizată în 2585454 de noduri și 1812884 de elemente tetraedrice, dimensiunea elementelor discretizate variază în funcție de zona în care se afla pe piesa.



Fig. 2. Modelul discretizat

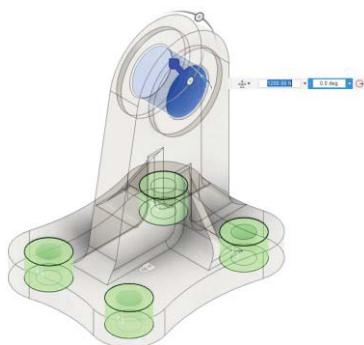


Fig. 3. Aplicarea forțelor

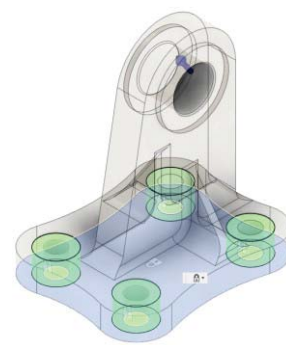


Fig. 4. Aplicarea constrângerilor

Modelul discretizat este fixat în cele 4 găuri de la baza piesei. Un alt pas important este alegerea materialului și aplicarea acestuia pe model. Materialul ales pentru această simulare este Ti-6Al-4V, acest aliaj de titan este unul din cele mai des utilizate materiale în industria aeronautică și aplicații biomecanice.

Tabelul 1.

Material	Densitate, g/cm ³	Modulul lui Young, GPa	Coefficientul lui Poisson	Rezistența întindere, MPa	Rezistența rupere, MPa	Duritate Rockwell C
Ti-6Al-4V	4,429	104	0,31	880	950	36

Proprietățile fizice și mecanice ale aliajului din Titan sunt prezentate în tabelul 1, acest material a fost selectat din librăria de materiale Fusion 360. Piesa este constrânsă în cele 4 găuri de la baza modelului discretizat, iar o forță de 1200N este aplicată pe interiorul suprafeței alezate Ø36 H7.

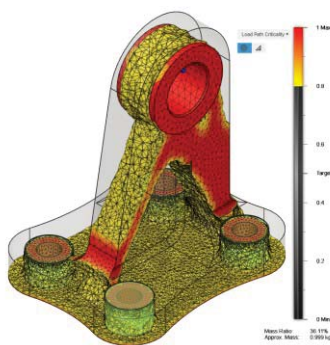


Fig. 5. Model Rezultat cu 36% din masa inițială

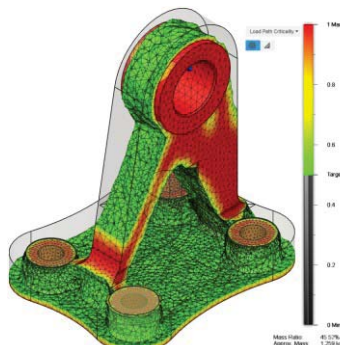


Fig. 6. Model Rezultat cu 45% din masa inițială

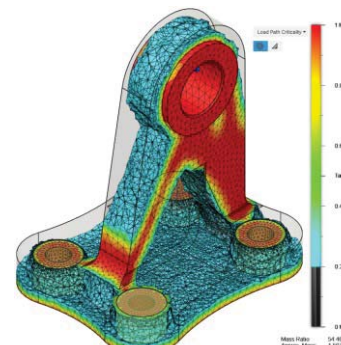


Fig. 7. Model Rezultat cu 54% din masa inițială

Modelul din figura 5 reprezintă punctul maxim de material care poate fi eliminat, dar analizând forma generată și nivelul de stres din piesă, deducem că această soluție nu este favorabilă în acest caz. În figura 6, avem o piesă care păstrează doar 45% din masa piesei de la care am pornit, aceasta poate fi o soluție optimă, dar din cauza valorii factorului de siguranță, s-a ales piesa din figura 7, aceasta păstrează 51% din masa originală și încărcarea pe suprafețe este mult mai mică comparativ cu piesa din figura 6, cu toate că diferența de masă dintre cele 2 este de doar 5%.

Următoarea etapă este cea în care promovăm unul din modelele simulate în funcție de masa pe care dorim să o obținem. Având în vedere zonele de stres maxim din figurile de mai sus am ales piesa din figura 7, cu 54% (1,507 kg) din masa piesei originale (2,767 kg).

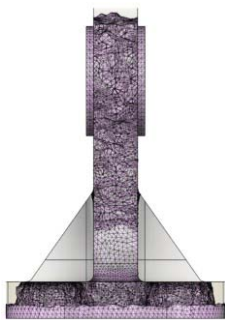


Fig. 8. Vedere de jos



Fig. 9. Vedere din lateral



Fig. 10. Piesa îmbunătățită

Pentru a micșora costurile de fabricație, am adoptat o metodă de proiectare care utilizează modelul generat pentru a identifica zonele de material care vor fi eliminate prin așchiere. Acest model poate fi realizat și prin printare 3D, dar această metodă nu este convenabilă în acest caz. În figura 10 este modelul construit după forma generată de către program, această piesa are o masă finală de 1,774 kg și elimină 35% din masa piesei originale păstrând aceleași caracteristici de funcționare.

3.3. Design Generativ

Designul Generativ are o altă abordare în realizarea simulărilor, acesta nu are neapărat nevoie de o piesa de la care să pornească forma soluției de design, este suficient să se stabilească constrângeri și limitări de suprafață pentru spațiul în care programul va construi piesa. Pentru realizarea studiului este necesar să construim corpuri separate care să indice programului în spațiul de lucru care sunt zonele ce trebuie păstrate și zonele limită, acestea sunt necesare pentru funcționarea corespunzătoare a ansamblului.

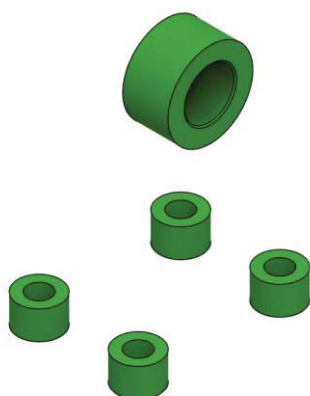


Fig. 11. Geometrii de conservare

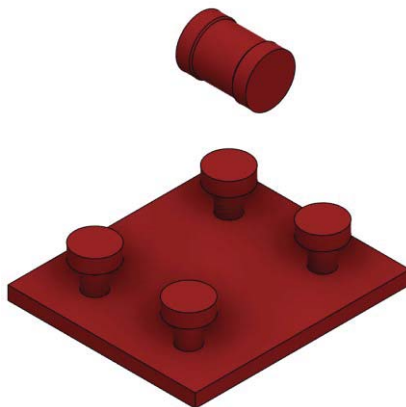


Fig. 12. Geometrii de limitare

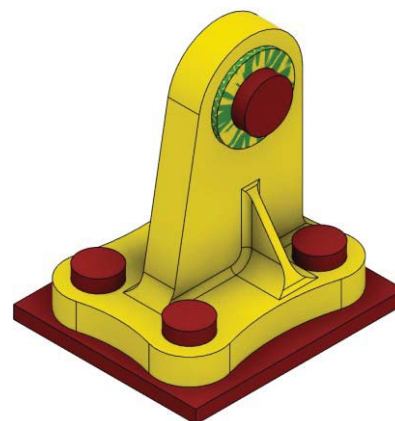


Fig. 13. Piesa in spațiul de lucru

Corpurile din figurile de mai sus sunt poziționate pentru conservarea găurilor din piesa originală. Pentru acest studiu am stabilit materiale pentru construirea piesei, materialele corespund câte unei metode de fabricare. De asemenea am selectat 4 metode de fabricare, prima este fabricarea nerestricționată, cea de-a doua este fabricarea aditivă, următoarea metodă creează soluții ce pot fi realizate pe mașini CNC cu 5 axe, iar ultima metodă de fabricare este turnarea în cochilie a metalelor sub presiune.

Pentru acest studiu am obținut 40 de rezultate. Pentru identificarea soluțiilor avem la dispoziție mai multe filtre. Din graficul de mai jos putem observa că există soluții de piese din 4 tipuri de metale diferite care respectă condiția factorului de siguranță și care au o masă mai mică de 1,5 kg. În continuare se va selecta câte un rezultat pentru fiecare material.



Fig. 14. Graficul pieselor generate



Fig. 15. Piesă din Aluminiu 6061, Iterația 34



Fig. 16. Piesă din Inconel 718, Iterația 30



Fig. 17. Piesă din C60, Iterația 33



Fig. 18. Piesă din Titan 6Al-4V, Iterația 21

Din aceste 4 opțiuni am decis să aleg piesa din figura 18, datorită materialului și a modalității de fabricare pe strung CNC cu 5 axe sau printare metalică. Factorul de siguranță pentru această piesă este 2, iar greutatea ei este de 0,607 kg.

4. Analiza și compararea rezultatelor obținute

Rezultatele obținute în urma optimizării topologice și studiul de design generativ oferă o gama largă de piese. Realizarea analizei FEA pe piesa obținută prin design generativ, indică faptul că poate fi utilizată în ansamblul din care face parte, factorul de siguranță pentru acest model fiind 4. Fabricarea acestor piese este mult mai costisitoare decât piesa de la care am pornit studiul, dar aceste soluții sunt utile în cazurile în care este necesar ca greutatea totală a piesei să fie cât mai mică, neținând seama de costurile de fabricare. Aceste piese sunt utilizate în industria aeronautică, în producții de serie mică sau unicat, unde masa totală poate influența performanța produsului iar uneltele de modelare și simulare oferă soluții care creează un avantaj competitiv și îmbunătățesc calitatea finală a produsului din care fac parte.

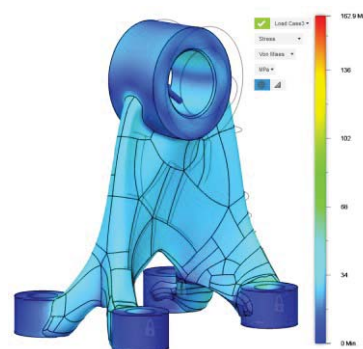
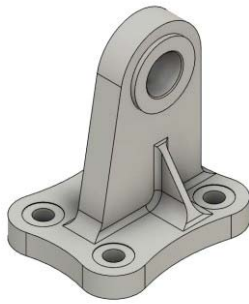


Fig. 19. Analiza FEA



Ti 6Al-4V
2,76 kg

Fig. 20. Piesa inițială



Ti 6Al-4V
1,75 kg

Fig. 21. Piesa Optimizată Topologic



Ti 6Al-4V
1,029 kg

Fig. 22. Piesa obținută prin Design Generativ

5. Concluzii

În această lucrare utilizând softuri de modelare și simulare am identificat următoarele:

- Utilizarea corespunzătoare a uneltelor de simulare poate reduce timpul de proiectare a produselor, cantitatea de material utilizată și costurile de producție;
- Optimizarea topologică poate reduce masa unei piese dintr-un ansamblu la jumătate păstrând în același timp toate caracteristicile funcționale și structurale ale acesteia;
- Utilizarea soluțiilor software de proiectare și simulare noi, poate fi destul de costisitoare, unele programe devin inaccesibile utilizatorilor din cauza costurilor foarte mari;
- Soluțiile de design create prin procesul de Optimizare Topologica sau Design Generativ nu sunt întotdeauna cea mai bună abordare în procesul de proiectare, de aceea trebuie identificate cazurile când aceste soluții pot avea impactul cel mai mare în etapa de proiectare;
- Designul Generativ oferă soluții inedite la problemele din etapa de proiectare, această metodă elimină o parte a procesului iterativ din proiectare, prin gama foarte mare de rezultate disponibile la realizarea primului studiu, iar aceste soluții de design pot fi transformate în produse utilizând mijloacele moderne de fabricare.

6. Bibliografie

- [1]. Andrew T Gaynor, Current and future trends in topology optimization for additive manufacturing 2018 ([10.1007/s00158-018-1994-3](https://doi.org/10.1007/s00158-018-1994-3))
- [2]. Ghionea, I.-G. (2007) Proiectare asistată în CATIA v5. Elemente teoretice și aplicații, Editura BREN, ISBN: 978-973-648-654-8, București, disponibil la: <http://www.catia.ro/download/democratia2.pdf>
- [3]. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/generative-design>
- [4]. Iacob-L. S. (2017) TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE IN ENGINEERING
- [6]. Haibing Li, Roland Lachmayer, 2018, Generative Design Approach for Modeling Creative Designs
- [7]. Cheng HM. (2006) Generative Design in an Evolutionary Procedure. In: Van Leeuwen J.P., Timmermans H.J.P. (eds) Innovations in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning. Springer, Dordrecht

STUDIUL ASUPRA CONCEPTULUI DE DESIGN ATEMPORAL

STUDY ON THE CONCEPT OF TIMELESS DESIGN

SANDA Simina Mihaela

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială, Anul de studii: IV,
e-mail: mihaelasimina06@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Andrei DUMITRESCU**

ABSTRACT: In the context of circular economy, the attention of design researchers and theorists has focused on a new type of design, namely timeless design, aimed to determine a prolonged use of products. Because the achievement of timeless design by the average practicing designer is difficult, some researchers have proposed as a methodological approach the design oriented towards neo-retro, minimalism or exceptional. This paper presents the results of an experimental research meant to: a) identify which of the three types of design is associated by consumers with timeless character; b) prioritize the three types of design in terms of aesthetic impression and purchase intention; c) identify possible correlations between the term "timeless" and the terms "classical", respectively "traditional". The trendy design was used as a control element.

CUVINTE CHEIE: design atemporal, design neo-retro, design minimal, design excepțional.

1. Introducere

Teoria și practica designului a generat numeroase categorii ale acestui domeniu al esteticii produselor. Astfel, ar exista: design structural, design sculptural, design ecologic, design la modă, design tradițional, design anonim, design integrat, design virtuos, design visceral ... și lista ar putea continua.

Una din ultimele propuneri ale cercetătorilor din domeniu este designul atemporal („timeless design”). Conform dicționarului DEX 2009 [1], atemporal este un adjectiv care înseamnă „care nu este legat de condiții determinate de timp, de un moment istoric dat.” Într-o altă exprimare, atemporal este calitatea de a nu fi afectat de trecerea timpului. Din această perspectivă, designul atemporal se referă la acea estetică a produselor care nu este databilă, contemplatorul fiind incapabil să determine data proiectării designului pe baza unor elemente asociate modei, tehnologiei epocii etc.

Apariția categoriei designului atemporal și mai ales interesul de care se bucură este legată de introducerea economiei circulare. Designul atemporal este important din următoarele cauze:

- reduce consumul inutil de produse prin atenuarea influenței modei în design; oamenii nu se mai simt obligați să „arunce” produse încă funcționale, doar pentru că arată demodat [2];
- facilitează acceptarea și comercializarea produselor recondiționate, contribuind la scăderea producției de produse noi, cu scăderea consumului aferent de resurse materiale, energetice și financiare, contribuind și la reducerea poluării;
- permite, prin durata îndelungată de utilizare, stabilirea unei legături emoționale între utilizator sau proprietar și produs, contribuind astfel la starea psihologică de bine a omului;
- scutește utilizatorul de efortul de adaptare la noul produs (date de noi moduri de operare sau noi interfețe), efort mai intens pe măsura înaintării în vârstă a consumatorului;
- amplifică relevanța semiotică a produselor în mintea oamenilor [3];
- reduce influența nocivă a kitschului, deoarece designul atemporal educă populația în spiritul valorilor solide și perene.

Opus termenului de design atemporal este designul la modă („trendy”). Designul la modă este acea specie de design care are înglobată demodarea planificată („planned obsolescence”). Demodarea planificată se referă la acele detalii care permit identificarea cu precizie a anului sau a sezonului când a

fost lansat produsul cu scopul precis și declarat de a determina proprietarul sensibil la modă să înlocuiască produsul de teamă de a nu se face de răs în fața semenilor cu un obiect învechit.

2. Stadiul actual

Pentru a fi operant, conceptul de design atemporal trebuie definit cu precizie. Wallner, Magnier, și Mugge [2] au propus o definiție: Designul atemporal este reprezentat de experiența estetică de lungă durată, izolată de schimbările tendințelor stilistice, ce contribuie la îmbunătățirea durabilității emoționale a produselor, conducând la durate de utilizare mai lungi.

Cercetătorii și teoreticienii au investigat demersuri care să fie utile, directe și eficiente pentru designerul practicant obișnuit. Flood Heaton și McDonagh [4] au identificat trei tipuri de design care pot conduce la obținerea caracterului de atemporal. Respectivetele tipuri sunt:

- design minimal;
- design neo-retro;
- design excepțional.

Deși cercetătoarele americane [4] au propus termenul de „simplistic design” și au subliniat unele diferențe notabile (în opinia lor) dintre „simplistic design” și „minimalistic design”, în continuare se va utiliza termenul de design minimal, deoarece este elocvent și mai clar în limba română. Designul minimal este perceput ca fiind atemporal, deoarece nu are caracteristici (îndeosebi de tipul celor adăugate) dataabile, respectiv care pot fi asociate cu o anumită perioadă din motive date de modă sau de introducerea unei tehnologii inovatoare.

Designul neo-retro reprezintă reinterpretarea designului din trecut, din punct de vedere al formelor, culorilor, texturilor, sunetelor etc. În ceea ce privește alegerea momentului din trecut fezabil de evocat, sunt două variante: a) se alege o perioadă remarcabilă prin originalitatea formală (Art Nouveau-ul cu curbele sale unduioase și culorile pastelate, anii '60 cu culorile lor vii etc.); b) se alege perioada copilăriei sau adolescenței consumatorilor de vârstă a doua și a treia. Indiferent de variantă, designul neo-retro este asociat emoțional cu sentimentul nostalgiei. Trebuie subliniat faptul că designul neo-retro poate fi asociat cu inovația tehnologică [5].

Designul excepțional nu are din păcate o metodologie de proiectare sau măcar o „rețetă”. Designul excepțional apare atunci când designerul are un moment de inspirație epocală, când designerul se distanțează radical de tradiție și de „curentul principal” sau atunci când publicitatea, conjunctura și reacția publicului transformă un design obișnuit într-unul memorabil.

Metoda de cercetare a lui Flood Heaton și McDonagh [4] a fost mai curând teoretică. Aceleași aspecte au fost analizate de Wallner, Magnier și Mugge [2] printr-o cercetare calitativă, utilizând interviuri aprofundate.

Se impune o cercetare cantitativă a următoarelor aspecte:

- asocierea dintre cele trei tipuri de design (neo-retro, minimal și excepțional) și caracterul de atemporal din perspectiva publicului;
- ierarhizarea celor trei tipuri de design din punct de vedere al impresiei estetice;
- corelația dintre termenii „atemporal” și „clasic”; „atemporal” și „tradițional”;
- corelația dintre caracterul atemporal și intenția de cumpărare.

3. Proiectarea experimentului

În proiectarea experimentului, s-a ținut seama de necesitatea cercetării cantitative rezultată în urma analizei stadiului actual. Proiectarea experimentului a avut două faze: alegerea

















produselor care vor constitui subiectul experimentului; proiectarea chestionarului prin care se vor colecta datele experimentale. Cele două faze s-au desfășurat succesiv.

Pentru început, s-au strâns aproximativ 120 de fotografii de produse al căror design poate fi încadrat la categoria design atemporal. În această primă etapă, nu s-a ținut seama de cele trei tipuri recomandate de alți autori. Apoi, au fost căutate cele mai reprezentative imagini pentru cele trei tipuri (minimal, neo-retro și excepțional). Curând, a devenit evident că folosirea unor imagini de produse din clase diferite nu o să conducă la obținerea unor rezultate concludente. S-a renunțat la această abordare și fotografiile au fost triate pe clase mai întâi. Apoi, s-au selectat patru clase pe baza următoarelor criterii: a) să conțină imagini din toate cele trei tipuri; b) imaginile să fie cât mai diferite; c) clasele să fie cât mai diferite.

Au rezultat clasele: autoturisme; scaune; storcătoare de citrice și radiouri portabile. Ulterior, au fost alese câte o imagine reprezentativă pentru fiecare din cele trei tipuri. Pentru control, au fost selectate câte un produs „trendy” (la modă) pentru fiecare din cele patru clase.

Imaginile celor 16 produse selectate sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Produsele utilizate în experiment

			
Produsul 1 (neo-retro)	Produsul 2 (excepțional)	Produsul 3 (minimal)	Produsul 4 („trendy”)
			
Produsul 5 (minimal)	Produsul 6 („trendy”)	Produsul 7 (excepțional)	Produsul 8 (neo-retro)
			
Produsul 9 („trendy”)	Produsul 10 (minimal)	Produsul 11 (excepțional)	Produsul 12 (neo-retro)
			
Produsul 13 (minimal)	Produsul 14 („trendy”)	Produsul 15 (neo-retro)	Produsul 16 (excepțional)

Chestionarul a fost proiectat pentru a înregistra profilul participantului (sex; vârstă; predispoziția spre nostalgie, materialism, ostentație și tradiționalism; valorile și scopurile individuale și societale; atitudinea față de designul trecutului), evaluarea fiecărui produs (estetică, atractivitate, impresie, caracter atemporal, caracter clasic, caracter tradițional) și tendința de cumpărare. Cu excepția primelor două întrebări (nume și vârstă), s-au folosit scale Likert cu 7 niveluri. Având în vedere că sunt 16 produse de evaluat, au rezultat 147 de întrebări.

Predispoziția spre nostalgie a fost evaluată conform modelului lui Holbrook și Schindler [6], cea spre materialism în conformitate cu modelul Richins și Dawson [7], cea către ostentație a fost inspirată de chestionarul lui Argan, Akyildiz, Argan și Kaya [8] și tendința spre tradiționalism a fost inspirată din modelul Duckitt, Bizumic, Krauss și Heled [9]. Valorile individuale și societale au determinate conform modelului „List of Values (LOV)” [10], iar scopurile – conform modelului Young & Rubicam [11]. Intenția de cumpărare a fost evaluată printr-o singură întrebare directă.

4. Rezultatele experimentale

Experimentul s-a desfășurat cu ajutorul a 36 de participanți (25 femei și 11 bărbați), Vârsta medie a participanților a fost de 26,9 ani. Participanții nu aveau cunoștințe de design sau despre segmentarea pieții. Participanții au fost voluntari și nu au fost recompensați financiar pentru implicarea în experiment. Participanții au completat chestionarul online.

Pentru a verifica relevanța informațiilor introduse de fiecare participant, s-a calculat scorul Z pentru fiecare participant, atât pentru toate informațiile, cât și doar pentru informațiile de profil. Scorul Z a variat între -2,35 și 2,48 (scor general) și între -2,12 și 1,99 (scor profil). Deoarece nici un scor nu s-a plasat în afara intervalului (-3; +3), nu a fost necesară eliminarea informațiilor oferite de vreun participant. Deoarece fiabilitatea rezultatelor experimentului este foarte importantă, s-a decis verificarea rezultatelor cu ajutorul coeficientului Cronbach alpha. Valoarea coeficientului pentru acest experiment a fost de 0,92, ceea ce indică faptul că rezultatele experimentale sunt concludente și relevante.

În tabelul 2 este indicat profilul participantului la experiment. Trebuie subliniat că valorile din tabel sunt mediile notelor acordate cu ajutorul scalei Likert. Scala fiind cu 7 niveluri, media este 4. Deci, toate mediile trebuie raportate la 4. Variația (preferată abaterii standard din cauza metodologiei calculării coeficientului Cronbach alpha) are valori relativ ridicate, ceea ce indică o anume relativitate a profilului rezultat.

Tabelul 2. Profilul participantului la experiment

	Trăsături	Femei	Bărbați	Total	Varianța
	Nostalgie	5,24	5,00	5,17	2,43
	Materialism	2,60	3,27	2,81	2,10
	Ostentație	3,16	3,91	3,39	2,07
	Tradiționalism	5,12	4,91	5,06	2,80
LOV	Respect de sine	5,80	6,91	6,14	2,01
	Siguranță (personală, a familiei ...)	5,88	6,55	6,08	2,08
	Relații prietenoase cu ceilalți	5,12	6,55	5,56	2,14
	Împlinire personală și profesională	5,56	6,55	5,86	2,35
	Auto-suficiență	4,84	5,27	4,97	3,28
	Respectul celorlalți	4,88	6,64	5,42	3,22
	Sentiment de apartenență	5,24	6,45	5,61	2,42
	Distrație în viață	5,24	6,36	5,58	2,02
	Entuziasm	5,20	6,36	5,56	2,25
Y&R	Statut social	3,72	5,18	4,17	3,17
	Trăirea de noi experiențe	5,00	6,27	5,39	2,19
	Controlul situației	4,80	6,09	5,19	2,56
	Erudiție (Acumularea de cunoștințe)	5,28	6,91	5,78	2,29
	Scăpare de griji	4,96	6,55	5,44	2,77
	Supraviețuire	5,12	5,91	5,36	2,69

Se observă că profilul participantului este adecvat pentru tendința de apreciere pozitivă a designului atemporal. Nostalgia și tradiționalismul au înregistrat valori ridicate, pe când materialismul și ostentația au avut valori scăzute. În ceea ce privește valorile individuale și societale (măsurate cu scala LOV), s-a remarcat că toate valorile sunt ridicate, cu excepția „autosuficienței”, care nu este o valoare favorabilă designului atemporal. Scopurile Y&R nu au marcat aceleași valori ridicate, cum ar fi fost de așteptat pentru „Trăirea de noi experiențe” și „Erudiția”. Faptul că „Statutul social” a înregistrat o valoare mică este benefic.

În tabelul 3, sunt indicate mediile notelor centralizate de tipurile de produse (neo-retro, minimale, excepționale și „trendy”). Nu s-au luat în considerare împărțirea pe sexul participanților, deoarece proporția bărbaților a fost mică.

Tabelul 3. Mediile notelor obținute de tipurile de produse

Produse	neo-retro	minimale	excepționale	"trendy"
Frumusețe	4,06	3,49	4,53	4,23
Atractivitate	3,86	3,35	4,52	4,09
Impresie	3,64	3,35	4,67	4,20
Caracter atemporal	4,98	5,11	3,81	3,70
Caracter clasic	5,12	5,33	3,33	3,15
Caracter tradițional	5,21	5,12	3,15	3,19
Intenție de cumpărare	3,48	3,53	3,89	3,55

Se observă că produsele cu un design excepțional conduc detașat la trăsăturile estetice (frumusețe, atractivitate și impresie). Urmează cele la modă („trendy”) și în final produsele cu un design neo-retro și cele cu un design minimal. Nu trebuie uitat că, dacă produsele cu un design minimal nu reprezintă toate design strălucit, toate produsele cu un design neo-retro utilizate în experiment sunt absolut remarcabile pentru acest tip. (De altfel, trei dintre acestea sunt citate în literatura de specialitate.) Astfel, poziția fruntașă a produselor cu un design excepțional este una previzibilă. Însă plasarea produselor cu un design neo-retro după cele cu un design la modă este neașteptată, mai ales având în vedere profilul participanților la experiment. Consecința este că designul neo-retro nu impresionează atât de mult cum au sugerat unii cercetători.

În ceea ce privește caracterul atemporal, produsele cu un design excepțional nu au sugerat participanților atemporalitatea, după cum s-a indicat în lucrarea [4]. După cum era de așteptat, atât produsele cu un design neo-retro, cât și cele minimale, au fost asociate cu caracterul atemporal. Tendința însă nu a fost foarte puternică, deoarece mediile notelor de abia au depășit valoare 5, maximum posibil fiind de 7.

Deoarece s-a prevăzut o anumită neînțelegere a termenului de atemporal de către participanți, au fost analizați și doi termeni asemănători, respectiv clasic și tradițional. Au fost calculați coeficienții de corelație pentru perechile de termeni și s-au obținut valorile din tabelul 4.

Tabelul 4. Coeficienții de corelație asociați termenului „atemporal”

Produse	neo-retro	minimale	excepționale	"trendy"
Corelație atemporal-clasic	0,63	0,79	0,76	N/A
Corelație atemporal-tradițional	0,49	0,71	0,66	N/A

Termenul cel mai apropiat ca înțeles de „atemporal” este „clasic”, corelația fiind puternică și semnificativă mai ales pentru produsele minimale și cele cu un design excepțional. Acest aspect al cercetării necesită însă aprofundarea cercetărilor.

Intenția de cumpărare nu s-a manifestat la cote înalte, având în vedere că toate valorile mediilor au fost sub valoarea mediană 4 a scalei Likert cu 7 niveluri. Produsele cu un design excepțional au fost cele mai apreciate, iar cele cu design neo-retro cel mai puțin. Diferența este mică (doar 0,4), dar indică un interes scăzut pentru respectivul tip de produse. Rezultatul contravine concluziilor lucrării [2], dar trebuie menționat că scopul cercetărilor prezentate în respectiva lucrare era valorificarea produselor recondiționate.

5. Concluzii

Designul minimal și designul neo-retro sunt asociate de consumatori cu caracterul atemporal. Designul excepțional nu este asociat în aceeași măsură cu atemporalitatea.

Corelația dintre termenii „atemporal” și „clasic” este mai puternică decât cea dintre „atemporal” și „tradițional”. Când se analizează atitudinea consumatorilor se recomandă o structură a chestionarului din cel puțin două întrebări pentru determinarea atemporalității, respectiv o întrebare care să conțină cuvântul „atemporal” și cealaltă – „clasic”.

Intenția de cumpărare relevată de experiment s-a situat la o cotă redusă. Valoarea cea mai ridicată a fost înregistrată pentru designul excepțional, ceea ce era previzibil. În ciuda segmentului de piață relativ adecvat scopului cercetării, atât designul minimal, cât și cel neo-retro, nu s-au remarcat prin valori ridicate ale intenției de cumpărare.

Designul excepțional produce o puternică impresie estetică consumatorilor, urmat de designul la modă și de abia la urmă apar designul neo-retro și designul minimal.

6. Bibliografie

- [1]. ***** (2009), *Dicționar explicativ al limbii române*, Editura Univers Enciclopedic.
- [2]. Wallner, T. S., Magnier, L., & Mugge, R. (2020). An exploration of the value of timeless design for the consumer acceptance of refurbished products. *Sustainability*, 12(3), 1213-1230.
- [3]. Lobos, A., & Babbitt, C. W. (2013). „Integrating emotional attachment and sustainability in electronic product design”. *Challenges*, 4(1), 19-33.
- [4]. Flood Heaton, R., & McDonagh, D. (2017). „Can Timelessness through Prototypicality support sustainability? A strategy for product designers”. *The Design Journal*, 20(sup1), S110-S121.
- [5]. Schiavone, F., Castellano, S., Adnane, M., Safraou, I., Fort-Rioche, L., & Ackermann, C. L. (2013). „Consumer innovativeness, perceived innovation and attitude towards “neo-retro”-product design”. *European Journal of Innovation Management*.
- [6]. Holbrook, M. B., & Schindler, R. M. (1991). „Echoes of the dear departed past: Some work in progress on nostalgia”. *ACR North American Advances*.
- [7]. Richins, M. L., & Dawson, S. (1992). „A consumer values orientation for materialism and its measurement: Scale development and validation”. *Journal of consumer research*, 19(3), 303-316.
- [8]. Argan, M., Akyildiz, M., Argan, M. T., & Kaya, S. (2015). „An Investigation on Conspicuous Consumption from Perspective of Sport Products”. *Studia sportiva*, 9(1), 125-130.
- [9]. Duckitt, J., Bizumic, B., Krauss, S. W., & Heled, E. (2010). „The authoritarianism-conservatism-traditionalism model”. *Political Psychology*, 31(5), 685-715.
- [10]. Kahle, L. R., & Kennedy, P. (1988). „Using the list of values (LOV) to understand consumers”. *Journal of Services Marketing*, 2(4), 49-56.
- [11]. <https://issuu.com/youngandrubicam/docs/4cs>, accesată pe 17.01.2019.

CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA OPTIMIZĂRII STRUCTURALE ÎN CADRUL PROCESULUI DE PROIECTARE DE PRODUS

RESEARCH REGARDING THE USE OF STRUCTURAL OPTIMIZATION IN THE PRODUCT DESIGN PROCESS

CREȚA Gheorghe-Cosmin

Facultatea: IIR, Specializarea: IEI, Anul de studii IV, e-mail: cosmin.creta10@gmail.com

Conducător științific: Șl.dr.ing **Manuela Roxana DIJMĂRESCU**

ABSTRACT: The paper presents general information and the state of the art regarding the use of structural optimization in the product design process. A structural optimization case study for a component of the structure of a robotic gripper is performed. The steps followed for this case study were: making the simplified 3D model with the help of Autodesk Inventor software, topological analysis with the help of Fusion 360 software, shape optimization according to software recommendations, modification of the initial model and realization of component's final model.

KEY WORDS: product design, structural optimization, gripper

1. Introducere

Continua dezvoltare a industriei a dus la impunerea utilizării unor metode de optimizare a structurilor. Scopul principal al analizei structurale este de a prezice comportamentul design-ului. Rezultatele analizelor structurale sunt utilizate pentru a evalua alternativele de design cu privire la criteriile de proiectare stabilite.

Dezvoltarea analizei structurale a elementului finit a început la mijlocul anilor 1950, odată cu disponibilitatea computerului digital „de mare viteză”. În primii ani de zile, s-au investit sume mari de bani în cu scopul de a face analiza structurală un instrument folositor pentru analiza inginerescă. Din anii 1970 metoda s-a considerat a fi bine dezvoltată și o varietate de soft-uri și-au făcut apariția pe piață. A devenit posibilă modelarea unor structuri foarte mari și foarte complexe, care înainte nu putea fi luate în considerare utilizând metode analitice. Declarația lui Schmit [1], făcută în 1984, rămâne și astăzi valabilă : “Istoric, dorința de a reduce greutatea structurală, păstrând, în special, integritatea structurală, mai ales în aplicațiile aerospațiale, a constituit o puternică forță motrică în spatele dezvoltării metodelor de optimizare structurală. Astăzi, nevoia de conservare a energiei în sistemele de transport prin reducerea greutății oferă o motivație suplimentară pentru aplicarea metodelor de optimizare structurală. Utilizarea în creștere a materialelor compozite din fibre în structuri este probabil să crească cererea de instrumente analitice moderne care să facă să exploateze pe deplin potențialul de proiectare oferit de aceste noi materiale”.

Existența unor structuri generale și a unor fiabile capabilități de analiză însoțite de creșterea continuă a puterii de calcul digitale, a dus la o creștere remarcabilă a optimizării structurale. În literatura de specialitate se întâlnesc mai multe definiții ale acestui concept, una dintre ele fiind:

Optimizarea este un proces matematic complex, iterativ care impune utilizarea calculatorului și a soft-urilor dedicate [2]. Orice mărime, a piesei, care este parametrizată poate fi optimizată, cum ar fi: dimensiunile de gabarit ale piesei, forma piesei prin crearea de raze de racordare, frecvențele proprii etc.

Pe baza funcțiilor geometrice care sunt parametrizate, descrise de variabila de proiectare, problema optimizării structurale poate fi clasificată în:

Optimizarea mărimii: variabila de proiectare, reprezintă o grosime structurală, cum ar fi o grosime distribuită sau o zonă în secțiune transversală a unui model de grinzi care poate varia. Grosimea

optimă de obicei minimizează o anumită cantitate fizică cum ar fi energia de deformare sau de deviere, în timp ce constrângerea de echilibru trebuie să fie îndeplinită [3].

Optimizarea formei: variabila de proiectare, reprezintă limita ecuației de stare. În acest caz, limita domeniului considerat, x , poate varia astfel încât o anumită cantitate fizică să fie minimizată. O sarcină tipică a optimizării formei poate fi reprezentată de reducerea la minim a nivelului de stres în unele regiuni. Metodele de optimizare a formei disponibile pot fi împărțite în metode parametrice și non-parametrice [3].

Optimizarea topologică: este un proces prin care se determină cea mai eficientă formă geometrică a unei piese. Forma optimizată a piesei se obține în urma aplicării criteriilor de optimizare. Prin optimizarea structurală se dorește determinarea tensiunilor minime ale piesei, rigiditate mare, deplasări minime, cost minim și o masă minimă a piesei [4]. Procesul de optimizare topologică este prezentat în figura 1. În interiorul figurii 1 traseul discontinuu delimitează bucla de optimizare. În urma procesului de optimizare rezultă modelul final care satisface restricțiile și condițiile impuse de funcționarea produsului final.

Scopul lucrării este acela de a prezenta importanța

utilizării optimizării structurale în procesul de proiectare de produs și exemplificarea acestui lucru printr-un studiu de caz specific.

2. Stadiul actual

Optimizarea structurală reprezintă o clasă de probleme de optimizare unde evaluarea unei funcții obiective sau a unei constrângeri necesită utilizarea de analize structurale. Pentru a formula problema de optimizare structurală trebuie introdusă o funcție obiectiv, variabile de proiectare și variabile de stare.

Funcția obiectiv reprezintă un scop care ar putea să fie de maximizare sau de minimizare. Un obiectiv tipic poate fi reprezentat de rigiditatea sau de volumul unei structuri. Variabilele de proiectare descriu designul structurii, pot reprezenta geometria. Variabilele de stare reprezintă răspunsul structural care poate fi de exemplu recunoscut ca tensiune, solicitare sau deplasare. Variabilele de stare depind de variabilele de proiectare.

Funcția obiectiv este supusă constrângerilor variabilelor de proiectare și de stare pentru a orienta optimizarea către o soluție căutată. Poate fi introdusă o funcție de stare, care reprezintă variabilele de stare, de exemplu o deplasare într-o anumită direcție. Această funcție de stare poate fi încorporată ca o constrângere la sarcina de optimizare, unde de obicei este formulat astfel încât valoarea acesteia să fie mai mic sau egal cu 0 [3].

Variabila de proiectare este de obicei un vector de parametri care descrie geometria unui produs. De exemplu (x) , $f(x)$, $g(x)$ și $h(x)$ pot fi dimensiunile produsului, greutatea produsului, o condiție de stres împotriva cedării și, respectiv, constrângerile asupra dimensiunilor produsului. În funcție de definiția variabilei de proiectare, domeniul său D poate fi continuu (de exemplu un interval continuu de lungimi ale unei bare), discret (de exemplu grosimea standard a unei plăci sau existența unui element structural într-un produs), sau o combinație a celor două. De asemenea, o variantă de optimizare structurală are mai multe obiective, în care funcția obiectivă este o funcție vectorială, mai degrabă decât o funcție scalară. Întrucât optimizarea este un proces iterativ, funcția obiectiv și funcțiile de constrângere, trebuie evaluate de mai

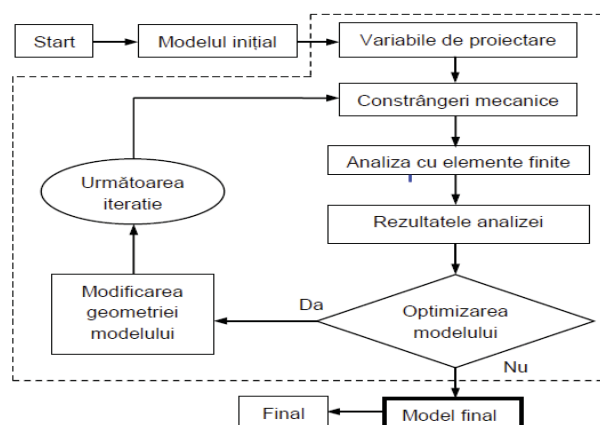


Fig. 1 Diagrama procesului de optimizare [5]

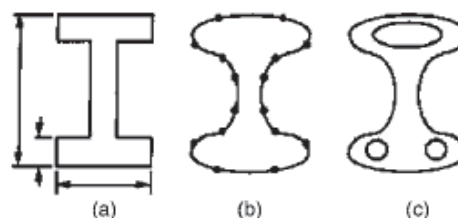


Fig. 2.1 Tipuri de constrângeri geometrice:
(a) mărime, (b) formă, (c) topologie

multe ori pentru a obține o soluție. Metodele de aproximare înlocuiesc analize structurale costisitoare în timpul iterațiilor de optimizare, deci soluția poate fi obținută într-un interval de timp rezonabil.

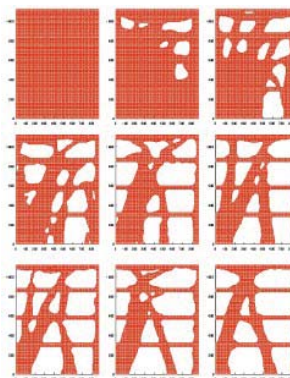
În practică, interacțiunea dintre simulare și inginerie poate fi descrisă astfel: Inginerul de simulare folosește schița de proiectare deja finalizată și o verifică prin intermediul instrumentelor de calcul, dacă sunt îndeplinite anumite cerințe sau se poate realiza o optimizare structurală. Modelele CAD ale inginerului de proiectare, în cazul în care procesul de proiectare este în prim plan, sunt adesea nepotrivite inginerului de simulare, astfel încât modelele trebuie să fie pregătite pentru noile scopuri [6]. Această situație este similară și în ordine inversă: componentele recalculat sau optimizate pot fi dificile de fabricat deoarece inginerul de simulare nu are aceleași cunoștințe de fabricație și experiență ca inginerul de proiectare. Adesea, sunt necesare multiple iterații între aceste două părți. Cu ajutorul folosirii metodelor și instrumentelor de calcul de către inginerul de proiectare, cantitatea de iterații ar putea fi redusă.

Optimizarea structurală dispune de un spectru larg de aplicabilitate în diverse industrii cum ar fi mecanică, aerospațială, inginerie civilă etc. Exemple sunt prezentate în figura 3.

-Modelul 3D al structurii centrului de convenții din Doha - iterații ale algoritmului ESO pentru proiectul Akutagawa



-Element structural optimizat prototipizat prin utilizarea tehnologiei SLS de imprimare 3D



-Aplicarea algoritmului optimizării topologice în proiectarea zgârie-norilor

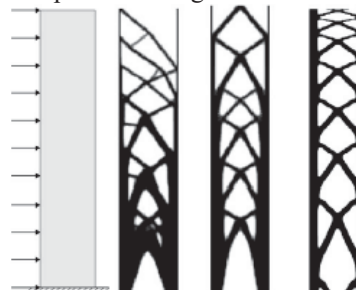


Fig. 2.2 Aplicațiile optimizării structurale

3. Studiu de caz

Tema studiului de caz este reprezentată de optimizarea structurală a unei gheare de prindere din structura unui clește robotic. Modelul inițial al piesei ce urmează a fi optimizată este prezentată în figura 3.1.

Îndeplinirea scopului studiului de caz s-a utilizat softul Fusion 360, modulul de simulare – Shape optimization. Pentru efectuarea optimizării structurale a componentei *Gheară de prindere* s-au utilizat 3 tipuri diferite de materiale, proprietățile fizico-mecanice ale acestora fiind prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Proprietăți fizico-mecanice [7]

Material	STAS SR EN	Limita de curgere R_e [MPa]	Rezistența la tracțiune R_m [MPa]
E295 (OL50)	10025-2	295	470
C45 (OLC 45)	10083-2	370	580
34CrNiMo6	10083-2	540	780

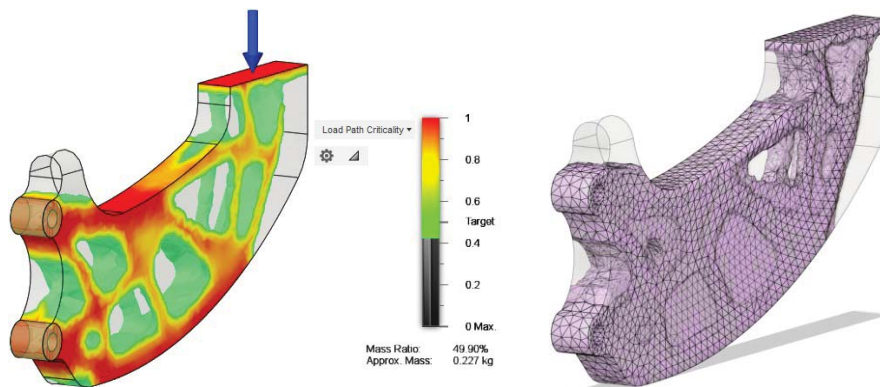


Fig. 3.4 Studiul 5 (material C45, rigiditate maximă, masa ≤ 50%)

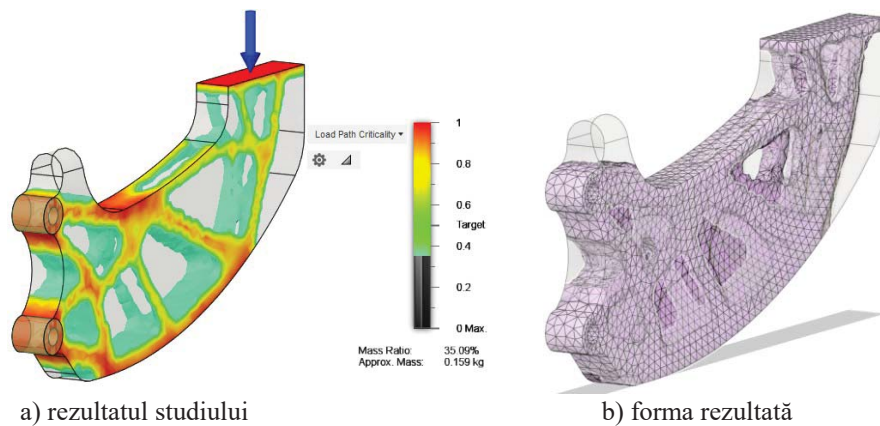


Fig. 3.5 Studiul 6 (material C45, rigiditate maximă, masa ≤ 35%)

Studiile realizate s-au concentrat atât pe utilizarea mai multor tipuri de materiale dar cât și pe minimizarea masei piesei. Având în vedere rezultatele obținute prin realizarea studiilor de optimizare cu ajutorul softului Fusion 360, a fost modificată forma inițială a piesei (vezi figura 3.6a). Forma optimizată a piesei este prezentată în figura 3.6b.

A rezultat o masă a piesei finale de 0.275 kg (E295), 0.279 kg (C45) și 0.280 kg (34CrNiMo6) rezultând astfel o reducere a masei piesei cu un procent de aproximativ 61% pentru toate cele trei materiale considerate în analize. Deși studiul a dus la obținerea unei greutate minime a piesei de aproximativ 0.16 kg, pentru realizarea modelului final s-a luat în considerare faptul că piesa trebuie să aibă o formă tehnologică.

Modelul final al subansamblului Clește robotic este prezentat în figura 3.7.

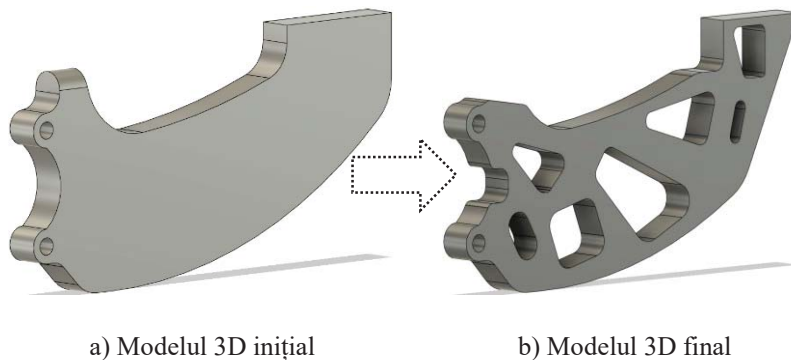


Fig. 3.6 Tranziția de la modelul inițial la modelul final

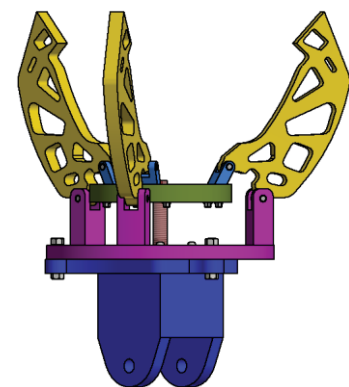


Fig. 3.7. Clește robotic

4. Concluzii

În urma realizării acestei lucrări de cercetare au rezultat următoarele concluzii:

- S-au prezentat aspecte generale ale optimizării structurale cât și stadiul actual privind importanța utilizării optimizării structurale în cadrul proiectării de produse noi.
- S-a realizat un studiu de caz aplicat pe o componentă din cadrul unui robot: gheara de prindere din cadrul subansamblului clește robotic.
- Plecând de la condițiile limită impuse ale piesei și în funcție de criteriile de optimizare luate în considerare în cadrul studiului de caz s-au realizat nouă studii de caz ce au avut ca scop optimizarea formei componentei analizate.
- Masa a piesei finale este de 0.275 kg pentru materialul E295, 0.279 kg pentru materialul C45 și 0.280 kg pentru materialul 34CrNiMo6 rezultând astfel o reducere a masei piesei cu un procent de aproximativ 61% pentru toate cele trei materiale considerate în analize.
- Rezultatele obținute în urma realizării simulărilor au contribuit la obținerea unei forme constructive noi a componentei *gheară de prindere* și implicit la reducerea masei acesteia, rezultând astfel o economie în ceea ce privește costurile cu materialul necesar fabricării acestei componente.

Cercetările viitoare privind acest domeniu al optimizării structurale vor consta în completarea informațiilor privind stadiul actual, efectuarea unor noi studii de caz asemănătoare celor prezentate în cadrul acestei lucrări pentru o evidențiere mai bună a importanței utilizării tehnicilor de optimizare structurală în cadrul proiectării de produse noi, dar și utilizarea unor noi tipuri de analiză, unde se vor lua în considerare și utilizarea altor valori ale forței la care este supusă piesa.

5. Bibliografie

- [1]. A.J.G. Schoofs, (2008), „Structural optimization history and state-of-the-art”, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Olanda.
- [2]. Emiliani, P.L., Burzagli, L., Como, A., Gabbanini, F. și Salminen, A.-L. (2009), *Assistive technology from adapted equipment to inclusive environments*, Volumul 25 al seriei Assistive Technology Research Series, Editura IOS Press, 2009, ISBN 978-1-60750-042-1.
- [3]. Robin Larsson, (2016), „Methodology for Topology and Shape Optimization”, Chalmers University of Technology, Goteborg, Suedia.
- [4]. Rozvany, G.I.N. (2009), „A critical review of established methods of structural topology optimization”, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Volum 37 (3), pp. 207-237, ISSN 1615-147X.
- [5]. Scurtu, I.L., Bodea, Sanda Mariana, Jurco, Ancuta Nadia, „Design optimization method used in engineering”, *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics*, Volum 11.
- [6]. T.Stangl, M.Pribek, S.Wartzack, (2014), „Integration of structural optimization in the engineering design process”, *International design conference*, Dubrovnik, Croația
- [7]. STANDARD NEN-EN 10025-2:2005, „Produse laminate la cald din oțeluri de construcții. Partea 2: Condiții tehnice de livrare pentru oțeluri de construcții nealiat”.

TENDINTE NOI IN DEZVOLTAREA ALIAJELOR BIOCOMPATIBILE PE BAZA DE TITAN- STUDIU BIBLIOGRAFIC

NEW TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TITAN-BASED BIOCOMPATIBLE ALLOYS

IUGA Ana-Cristina

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotica, Specializarea: TCM, Anul de studii: III,
e-mail: iugaanacristina@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Alexandra BANU**

ABSTRACT: Metallic biomaterials are used in various applications in the most important medical fields, such as orthopedics, dentistry and cardiovascular surgery. The main metallic biomaterials used in the human body are stainless steels, cobalt-based alloys (Co) and titanium-based alloys (Ti). Titanium and its alloys are of greater interest in medical applications because they have the necessary characteristics for implant materials, namely, good mechanical properties (modulus of elasticity lower than stainless steel alloys or CoCr alloys, fatigue strength, high strength to corrosion), high biocompatibility. The aim of this essay is to describe and compare the main characteristics (mechanical properties, corrosion resistance and biocompatibility) for the latest research on non-toxic titanium alloy biomaterials used in various medical applications.

KEY WORDS: titanium alloys, biomaterials, mechanical properties, corrosion resistance

1. Introducere

Materialele pentru aplicații medicale trebuie să aibă, într-o primă aproximație, două proprietăți globale fundamentale (fiecare dintre acestea fiind definite prin indicatori specifici), să garanteze siguranța pacienților și să aibă proprietăți mecanice corespunzătoare solicitărilor la care este supus organul reconstruit. Prima caracteristică, exprimată global prin biocompatibilitate, este determinată de compoziția chimică a materialului în timp ce proprietățile mecanice sunt determinate în special de istoria termomecanică a materialului și de tehnologia de prelucrare. Între aceste două caracteristici majore se găsește o a treia, care le influențează pe fiecare dintre ele, și anume comportarea la coroziune în biofluide. Astfel, dacă materialul se corodează trimite în organism ioni metalici toxici și în același timp implantul se degradează fizic, pierzându-și proprietățile mecanice.

Biocompatibilitatea unui material se definește prin toxicitatea acestuia, prin eventualele efecte cancerigene și sensibilitatea materialului la eliberarea de ioni în biofluide. Toate aceste posibile efecte adverse trebuie să fie cuantificate, adică trebuie să se definească valorile de risc pentru a asigura succesul oricărei intervenții chirurgicale reconstructive. Dintre aliajele metalice cel mai frecvent utilizate în aplicații medicale in vitro sau in vivo sunt aliajele de titan, aliajele cobalt crom și oțelurile inoxidabile înalt aliate. Numeroasele studii de biocompatibilitate efectuate in vitro, dar și analizele clinice desfășurate de-a lungul timpului [1-3] au evidențiat faptul că atât oțelurile inoxidabile cât și aliajele CoCr sunt predispuse la coroziune, eliberând ioni metalici în corp, ioni care pot cauza reacții adverse. Ca urmare, eforturile cercetătorilor sunt focalizate în ultimii ani pe promovarea unor aliaje pe bază de titan, astfel formulate încât să combine proprietățile mecanice optime, de regulă apropiate de ale țesutului biologic pe care îl înlocuiesc, cu non toxicitate ridicată.

Domeniile medicale care utilizează din ce în ce mai mult materiale metalice pentru diferite aplicații sunt, chirurgia ortopedică, cardiologia și ortodonția, fiecare tip de aplicație impunând cerințe specifice aliajului utilizat.

Conform studiilor efectuate [4], implanturile dentare au fost clasificate, în funcție de procesele biochimice care au loc la interfața implant țesut viu, în: implanturi oseointegrate, mini-implanturi pentru ancorare ortodontică și implanturi pentru reconstrucția sau înlocuirea osului zigomatic [5]. Fiecare tip de implant are nevoie de proprietăți mecanice diferite fiind supuse unor solicitări diferite, dar în toate cazurile non toxicitatea și cantitatea de ioni dizolvați trebuie să fie minime. Implanturile dentare din titan au devenit tipul de implant cel mai acceptat și utilizat cu succes, datorită capacității sale excepționale de oseointegrare.

În chirurgia cardiovasculară, aliajele pe baza de titan sunt utilizate în mod obișnuit sub forma de stenturi metalice (NiTi), proteze cu valve cardiace și inimi artificiale. Cel mai des utilizat material este nitinolul (50at% Ti+50at% Ni), sub forma de stenturi autoexpandabile, un aliaj cu memoria formei care își păstrează forma, dimensiunile și configurația.

Domeniul în care titanul este utilizat pe scară largă este chirurgia ortopedică. Exemple de aplicații ortopedice includ articulațiile artificiale ale șoldului, articulații artificiale ale genunchiului, plăci osoase, șuruburi pentru fixarea fracturilor, bare, tije, sarme, coaste extensibile, înlocuire de degete de la mâini și picioare, proteze maxilo-faciale [6-8]. În momentul de față aliajele de titan cele mai utilizate sunt titanul pur CP-Ti și aliajele Ti-6Al-4V sau Ti-6Al-7Nb în cazul în care sunt necesare implanturi ca plăci osoase, șuruburi sau fire. Deși aliajele de titan prezintă proprietăți excelente în comparație cu alte materiale de implant precum aliajele pe bază de cobalt sau oțelurile inoxidabile, există și dezavantaje. În ultimii ani este intens discutată prezența elementelor tipice de aliere în aliajele de titan, adică vanadiu și aluminiu din cauza efectelor negative potențiale asupra sănătății. Chiar dacă nu sunt încă studii clinice relevante care au investigat absorbția aluminiului din implanturi, în special pentru cele utilizate mai mult timp, lumea medicală atrage atenția asupra faptului că prezența aluminiului în astfel de implanturi și transferul de aluminiu în corpul uman poate fi o problemă posibilă [9-10].

Este de asemenea bine cunoscut faptul că vanadiul, ionii și oxizii săi sunt citotoxici [11]. Chiar dacă cantitatea totală de vanadiu în Ti-6Al-4V este de doar 4%, după anumite tratamente termomecanice efectuate în scopul realizării unei structuri cu proprietăți mecanice apropiate de cele ale țesutului osos (faza β) conținutul de vanadiu, element de aliere beta stabilizator, poate crește local până la concentrații mai mari de 10%. În consecință, stratul de oxid format deasupra fazei β (îmbogățit cu vanadiu) este eterogen, compus din oxizi de titan, de tip rutil (TiO_2) și oxizi de vanadiu, V_2O_5 . Analizele efectuate pe implanturile Ti-6Al-4V au demonstrat că V_2O_5 a fost extras dintr-un strat pasiv eterogen care s-a depus în țesutul înconjurător [12] provocând reacții alergice și inflamatorii, care pot duce la respingerea implantului.

2. Stadiul actual al cercetărilor în domeniul promovării aliajelor de titan fără Al și V

Din datele prezentate în literatura de specialitate [13] pentru stabilirea unor compoziții de aliaje de titan cercetătorii au analizat influența elementelor de aliere asupra citotoxicității, a proprietăților de comportare la coroziune în medii biologice și a proprietăților mecanice.

Elementele de aliere din aliajele de titan contribuie la o gamă largă de proprietăți microstructurale și mecanice. Astfel, elementele de aliere sunt împărțite în trei categorii: stabilizatoare ale fazei α : C, N, O, Al; stabilizatoare ale fazei β : V, Nb, Mo, Ta, Fe, Mn, Cr, Co, W, Ni, Cu, Si, H₂ și elemente neutre: Zr, Sn, Hf, Ge, Th.

Conform studiilor recente, începând cu anul 1990, aliajele din titan au fost studiate și îmbunătățite cu diverse elemente de aliere. Autorii au corelat valorile caracteristicilor mecanice cu rezultate difracției cu raze X și au subliniat faptul că un modul de elasticitate redus, apropiat ca valoare de cel al țesutului osos necesar unui implant, au numai aliajele de titan monofazice de tip β .

În momentul de față sunt cunoscute o multitudine de aliaje de titan pentru diferite aplicații: Ti-Al, Ti-Al-Sn, Ti-Al-Zr, Ti-Al-Sn-Cu, Ti-Cu-Zr (faza α), Ti-Al-Mn, Ti-Al-V, Ti-Al-Mo, Ti-Al-Mo-V, Ti-AlMo-Cr (faza $\alpha+\beta$), Ti-Mo, Ti-Nb, Ti-Ta, Ti-Zr, Ti-ZrNb, Ti-Sn-Nb, Ti-Nb-Ta-Zr (faza β), Ti-Mo-Si, Ti-MoZr-Ta, Ti-Al-Zr, Ti-Al-Sn-Cu, Ti-Cu-Zr (faza α), Ti-AlMn, Ti-Al-V,

Ti-Al-Mo, Ti-Al-Mo-V, Ti-Mo, Ti-Nb, Ti-Ti, TiZr, Ti-Zr-Nb, Ti-Sn-Nb , Ti-Mo-Si (faza β), Ti-Mo-Zr-Ta (faza β). Pentru aplicații medicale se selectează compoziții chimice care să asigure o structură monofazică β , să fie non toxice, să fie stabile din punct de vedere al coroziunii, să fie prelucrabile în condiții economice.

2.1. Analiza toxicității elementelor de aliere

În funcție de reacția țesutului în contact cu implantul, Heimke și colaboratorii [14] au clasificat materialele pentru implanturile ortopedice în trei categorii: material biotolerant, prezintă osteogeneza îndepărtată (formarea țesutului osos are loc cu contact indirect cu materialul), material bioinert, prezintă osteogeneza de contact (formarea osului cu contact direct cu materialul) și material bioactiv, arătând osteogeneza lipită (formarea osului cu legătură chimică sau biologică cu materialul). Biocompatibilitatea acestor aliaje este influențată de elementele de aliere. În Tabelul 1 sunt prezentate principalele elemente de aliere ale titanului și influența acestora asupra biocompatibilității.

Tabel 1. Analiza critică a aspectelor biologice ale principalelor elemente de aliere a titanului [15-16]

Element chimic	Aspecte biologice
Molibden	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Corpul uman conține aproximativ 0.07 molibden ➤ Este un element esențial pentru numărul important de enzime a metabolismului celular ➤ Este mai puțin toxic față de alte metale (Co, Cr și Ni)
Tantal	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Are o excelentă rezistență la coroziune într-un număr mare de acizi; rezistența la coroziune a tantalului este aproximativ la fel cu cea a sticlei ➤ Este un element non-toxic și cel mai biocompatibil în corp din toate metalele utilizate pentru dispozitivele implantabile
Zirconiu	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Este regăsit în corp în medie 1 mg ➤ Zirconiu are o biocompatibilitate ridicată în corp dintre toate metalele și compușii zirconului au o toxicitate scăzută
Aluminiul	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prezintă o toxicitate acută în cantități foarte mari ➤ Multe studii arată că expunerea excesivă la aluminiu poate crește riscul cancerului mamar și alte afecțiuni neurologice ca boala Alzheimer
Niobiu	Un studiu recent arată ca cercetătorii au găsit ca ionii de niobiu sunt cei mai toxici, împreună cu cobaltul, capabil să inducă deteriorarea ADN-ului și poate cauza moartea celulelor imune. Acest element trebuie tratat cu grijă, în special când este utilizat cu alte elemente de aliere

În urma acestor tipuri de analize o direcție de dezvoltare a aliajelor de titan pentru aplicații medicale este reprezentată de grupa TiZrMo.

În lucrarea sa “J. of Alloys and Compounds” [14] Diego Correa a arătat faptul că nivelurile de citotoxicitate ale aliajelor Ti-15Zr-xMo, se situează într-un interval tolerabil, așa cum este prezentat și în Figura 1.

Din în figura 1 rezultă faptul că molibdenul nu este toxic, nivelul citotoxicității se menține relativ constant prin creșterea concentrației de molibden de la 2,5% până la 20%. Mai mult, adaosul de molibden în aliajul Ti cu 15% Zr scade ușor citotoxicitatea acestuia. Un aspect deosebit de important al implanturilor pe bază de titan constă în stabilitatea lor dimensională datorată pasivării suprafeței prin formarea unui film de oxid de titan, iar consolidarea acestui film prin oxidare electrochimică îmbunătățește comportarea acestora. Prin oxidare electrochimică, în anumite condiții precis controlate pe suprafața probelor de titan și aliaje de titan, pot fi crescute straturi de nanotuburi de oxid de titan.

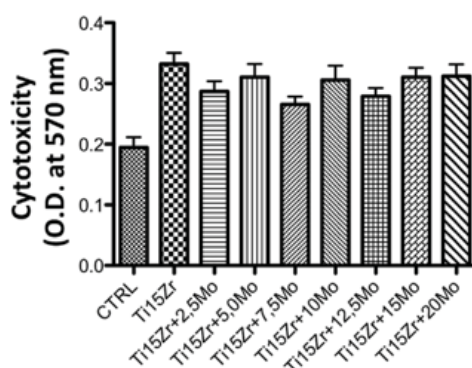


Fig. 1. Rezultatul testului citotoxic pentru aliajele Ti-15Zr-Mo

Conform standardului ASTM F756-00 un indice hemolytic (sau procentul de hemoliza calculat ca raportul dintre plasma fără hemoglobină și concentrația totală de hemoglobină plasmatică) sub 2 evidențiază că materialul este non-hemolitic, adică nu provoacă distrugerea celulelor roșii din sânge. Rezultatele obținute conform ASTM F756-00 la testul de hemoliza au arătat valoarea indicelui hemolitic de 0.30 (0.08) a aliajului Ti13Nb13Zr înainte de oxidarea electrochimică și 0.00 după creșterea anodică de nanotuburi cu un singur perete (SWNT) pe suprafața aliajului. Acest lucru demonstrează că modificarea suprafeței elimină complet procesul de hemoliză și asigură o hemocompatibilitate excelentă a aliajului poros Ti13Nb13Zr cu SWNT. Grupul de aliaje Ti-Mo au o rezistență la coroziune superioară datorită unui film de dioxid de titan subțire, compact și extrem de stabil care se formează în câteva secunde după contactul cu mediul.

2.2. Proprietățile mecanice ale aliajelor de titan β fără Al și V obținute prin fabricare aditivă

Tendențele actuale în domeniul fabricării implanturilor medicale le constituie fabricarea aditivă, monitorizarea proprietăților mecanice fiind cea mai eficientă metodă pentru stabilirea parametrilor de fabricare și în special temperatura și timpul de topire. Astfel, pentru aliajul Ti-12Mo, Xu V și colaboratorii urmărind evoluția densității, durității și tracțiunii în funcție de temperatura de sinterizare au obținut rezultate care au condus la stabilirea condițiilor de fabricare. Așa cum se observă în fig 2 duritatea, rezistența la tracțiune și elongația cresc odată cu creșterea temperaturii înainte de a ajunge la 1400°C și ulterior scad ușor. Modulul de elasticitate crește similar cu creșterea temperaturii de sinterizare, dar este stabilizat la aproximativ 73.2 ± 5.1 GPa când este sinterizat la, sau peste, 1400°C. Temperatura optimă de sinterizare este 1400°C, ceea ce a dus la proprietăți la tracțiune bune.

De asemenea, alte studii au arătat că aliajele pe baza de Ti-Mo cu diferite elemente de aliere prezintă proprietăți mecanice superioare, precum rezistența la tracțiune ridicată și un modul de elasticitate mult mai scăzut, apropiat de cel al osului uman, comparativ cu alte biomateriale. Valorile modulului de elasticitate longitudinal al aliajelor Ti-Mo în comparație cu cele clasice sunt prezentate în Figura 3.

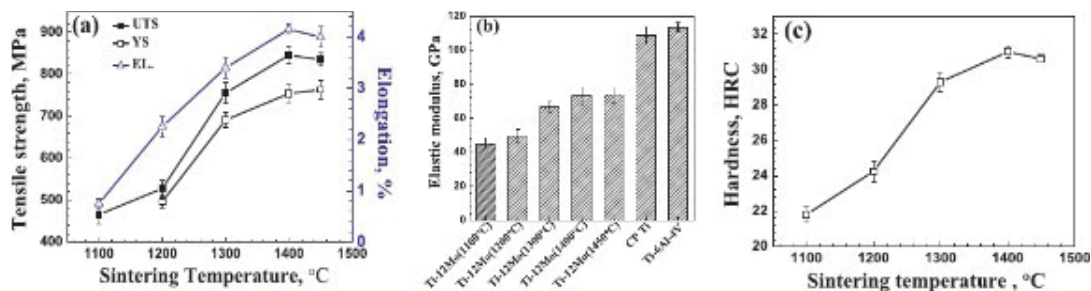


Fig. 2. Proprietățile mecanice ale epruvetelor din aliaj Ti-12Mo fabricate cu MIM la diferite temperaturi de sinterizare (timp de menținere 2 ore) (a) proprietățile la tracțiune; (b) modulul de elasticitate; (c) duritate [16]

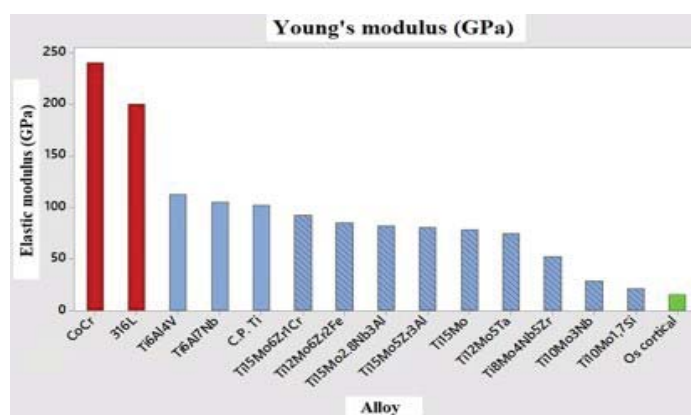


Fig. 3. Valorile modulului de elasticitate pentru diferite aliaje din titan [19]

Aliajele de tip β au valori mult mai mici ale modulului de elasticitate longitudinal în comparație cu aliajele α sau $\alpha+\beta$, motiv pentru care cercetarea și dezvoltarea lor reprezintă o prioritate pentru cercetatori. D.R.N Correa a studiat proprietățile mecanice (densitatea, duritatea și modulul lui Young) al aliajului Ti-15Zr-Mo și a găsit, în cazul acestui aliaj, o compatibilitate mecanică excelentă pentru utilizarea sa în implantologia biomedicală. În cazul implanturilor de osteosinteză, cerințele referitoare la proprietățile mecanice sunt mai puțin stricte în comparație cu implanturile permanente, deoarece plăcile osoase, șuruburile și firele trebuie să poarte sarcini numai până când oasele sunt recuperate complet. În cazul implanturilor pe termen lung, devine foarte importantă rezistența la oboseală și așa cum se observă în tabelul 2, titanul pur are cea mai scăzută rezistență la oboseală, motiv pentru care pentru implanturi permanente se utilizează aliajele de titan.

Tabel 2. Comparație a rezistenței la oboseală a diferitelor aliaje de titan, după același număr de cicluri încărcare-descărcare

Tip implant	Rezistența la oboseală [MPa]
Titan pur (CP-titan)	430
Ti-6Al-4V	500
Ti-6Al-7Nb	500-600
Ti-5Al-2.5Fe	580
Ti-13Nb-13Zr	500
Ti-12Mo-6Zr-2Fe	520

Se precizează faptul că aliajul Ti-12Mo-6Zr-2Fe fără Al și V poate fi o soluție bună pentru înlocuirea aliajului Ti-6Al-4V utilizat pe scară mare în momentul de față.

3. Concluzie

Lucrarea își propune explorarea proprietățile de bază ale aliajelor de titan fără elemente cu toxicitate demonstrată. Începând cu anii 1960, cercetările permanente asupra aliajelor de titan au continuat să modifice compoziția acestora și caracteristicile suprafeței pentru a dezvolta un material care să aibă cea mai bună combinație de proprietăți mecanice și chimice. Totuși CP-Ti și Ti-6Al-4V (ELI) sunt încă cele mai utilizate materiale, chiar dacă au anumite dezavantaje. Au fost dezvoltate implanturile de titan β cu scopul de a scădea modulul Young și de a îmbunătăți rezistența la oboseală chiar dacă nu este încă suficient de aproape de modulul Young al osului. De precizat că materialele cu o valoare foarte mică a modulului Young (~ 55 GPa), au o rezistență scăzută la uzură. Elementele de aliere precum aluminiu și vanadiu, utilizate pe scară largă în diferite implanturi de titan sunt considerate potențial periculoase. Drept urmare, se depun eforturi pentru producerea de implanturi care prezintă o biocompatibilitate mai bună. De asemenea, se utilizează diferite tratamente de suprafață pentru îmbunătățirea proprietăților, precum rezistența la uzură și la coroziune și lipirea oaselor în cazul implanturilor de titan. Diferite tehnici avansate

de prelucrare urmate de acoperiri și modificări adecvate de suprafață, de exemplu ceșterea nanotuburilor de oxid de titan, sunt utilizate pentru a atinge proprietățile necesare ale implanturilor de titan.

4. Bibliografie

- [1]. Alexandra Banu, Octavian Radovici, Maria Marcu, The Alloying Influence On Corrosion Behaviour Of Chromium Surgical Alloys, *Revue Roumaine De Chimie*, 2008, 53(10), 947–953
- [2]. Markhoff, J., Krogull, M., Schulze, C., Rotsch, C., Hunger, S., Bader, R., Fibroblasts And Macrophages, *Mat.*, 10, No. 52, 2017, P.17.
- [3]. C. Siemers, F. Brunke, K. Saksl, J. Kiese, M. Kohnke, F. Haase, M. Schlemminger, P. Eschenbacher, D. Wolter, H. Sibum, In: *Development Of Advanced Titanium Alloys For Aerospace, Medical And Automotive Applications, Proceedings Of The Xxviii International Mineral Processing Congress, Qu_Ebec City, Canada, September 11–September 15 2016*, (Paper No 603), Canadian Institute For Mining, Metallurgy And Petroleum, 2016.
- [4]. Alexandra Banu, O. Radovici, Maria Marcu, Electrochemical Behavior Of Corroding Ni-Cr Dental Alloy In Artificial Saliva, *Roumanian Biotechnological Letters* Vol. 9, No.2, 2004, Pp 1603-1608
- [5]. Luciana Laura Dincă, Alexandra Banu, Aurelian Vișan, Additive Manufacturing In Maxillofacial Reconstruction, *Matec Web Of Conferences* 137, 02001 (2017) Doi: 10.1051/Mateconf/201713702001
- [6]. Scholz, M.S., Blanchfield, J.P., Bloom, L.D., Coburn, B.H., Elkington, M., Fuller, J.D., Gilbert, M.E., Muflahi, S.A., Pernice, M.F., Rae, S.I., Trevarthen, J.A., White, S.C., Weaver, P.M., Bond, I.P., 71, 2011, P. 1791–1803.
- [7]. Bombac, D.M., Brojan, M., Fajfar, P., Kosel, F., Turk, R., *Materials And Geoenvironment*, 54, No.4, 2007, P. 471.
- [8]. Geetha, M., Singh, A.K., Asokamani, R., Gogia, A.K., *Mater. Sci.*, 54, 2009, P. 397.
- [9]. Niinomi, M., Narushima, T., Nakai, M., *Adv. In Met. Biomaterials*; Springer, 2015.
- [10]. Markhoff, J., Krogull, M., Schulze, C., Rotsch, C., Hunger, S., Bader, R., Fibroblasts And Macrophages, *Mat.*, 10, No. 52, 2017, P. 17.
- [11]. Heimke, G., Stock, D. *Orthopedic Ceramic Implants*, 4, 1984, P.19.
- [12]. Gepreel, M.A.H, Niinomi, M., *J. Of The Mec. Behavior Of Bio. Mat.* 20, 2003, P. 407.
- [13]. Minciuna, M.G., Vizureanu, P., Geanta, V., Voiculescu, I., Sandu, A.V., Achitei, D.C., Vitalariu, A.M., *Rev. Chim. (Bucharest)*, 66, 2015, P. 891.
- [14]. Correa, D.R.N., Kuroda, P.A.B., Lourenco, M.L., Fernandes, C.J.C., Buzalaf, M.A.R., Zambuzzi, W.F., Grandini, C.R., *J. Of Alloys And Compounds* 749, 2018, P. 163.
- [15]. *Astm 756, Standard Practice For Assessment Of Hemolytic Properties Of Materials*, Ed. 2017
- [16]. Xu, W., Lu, X., Wang, L.N., Shi, Z.M., Lv, S.M., Qian, M., Qu, X.H., *J. Of The Mec. Behavior Of Bio. Mat.*, 88, 2018, P. 534.

CERCETĂRI PRIVIND HONUIREA CILINDRICĂ INTERIOARĂ A ALEZAJELOR DE LUNGIMI MARI

RESEARCH ON INTERNAL CYLINDRICAL HONING OF LONG HOLES

RUSU Iulia Roxana

Facultate: Inginerie Industrială și Robotică, Anul de studii: IV, e-mail: roxanaiulia.rusu@yahoo.com

Conducător științific: Șl. Dr. Ing. Florin TEODORESCU

ABSTRACT: The research paper's starting point is the piece of the draft license – pneumatic cylinder with code 2018.R2-001-0, with the measurements $\varnothing 100 \times \varnothing 120 \times 570$ – of which, for minimizing interior surface roughness parameters, R_a and R_z , and for obtaining precision of the geometric figure and of the imposed diameter in the execution drawing – for the length of 570 mm, at the end of the technological process, the cylinder is applied with an operation of inner honing. The research paper presents an introduction to honing theory in general with the presentation of honing of the long bores and the presentation of the actual situation of the interior honing procedure. In the end it is also presented the designing process of a guidance device and fixing for a pneumatic cylinder with the code 2018.R2-001-0 for honing.

CUVINTE CHEIE: honuire cilindrică interioară, alezaje de lungimi mari,

1. Introducere

Honuirea este o prelucrare prin așchiere fină a suprafețelor cilindrice interioare și a suprafețelor cilindrice exterioare sau plane, pentru aproape toate materialele, în ultima parte a procesului de fabricație a unei piese mecanice. Scopul acestei prelucrări este de a obține precizia formei geometrice și a diametrului (fig.1), precum și proprietățile cerute de tribologie pentru calitatea dorită a suprafeței. Prin honuire se micșorează parametrii rugozității suprafeței R_a sau R_z , se păstrează microduritatea și structura stratului superficial, se mărește suprafața portantă. (R_a -abaterea medie aritmetică a profilului de rugozitate evaluat; R_z - înălțimea totală a profilului de rugozitate). Honuirea se aplică în special la finisarea blocurilor de cilindri ale motoarelor sau a cilindrilor hidraulici, pentru finisarea cămășilor de cilindri, finisarea alezajului capului (mare) al bielei și a alezajului piciorului bielei. Se pot obține alezaje cu abateri de la cilindricitate până la 0,01 mm și rugozitatea suprafeței $R_a = 0,63 \dots 0,04 \mu\text{m}$. [1]

Scula de honuit denumită hon sau cap de honuit primește de la axul principal al mașinii de honuit, o mișcare de rotație într-un singur sens și o mișcare rectilinie alternativă, în timp ce piesa de prelucrat este fixă, folosind și un lubrifianț corespunzător pentru ungere și răcire. Traectoria unei granule abrazive pe suprafața prelucrată reprezintă o elice spre dreapta, la mișcarea honului într-un sens și o elice spre stânga la deplasarea honului în sens invers, de aceea, după honuire, pe suprafața piesei prelucrate se poate observa o rețea fină de linii elicoidale încrucișate, caracteristică procedurii de prelucrare prin honuire. Viteza mișcării axiale a honului $v_{ax} = 5 \dots 15 \text{ m/min}$, viteza tangențială a mișcării de rotație $v_t = 10 \dots 35 \text{ m/min}$. [1]

Deosebirea dintre honuire și rectificarea interioară constă în faptul că la honuire, presiunea de contact a barelor abrazive pe suprafața alezajului este de 6...10 ori mai mică, viteza de așchiere este de 50...120 ori mai mică, iar în procesul de așchiere participă de 100...1000 ori mai multe granule abrazive decât la rectificarea interioară cu pietre abrazive.

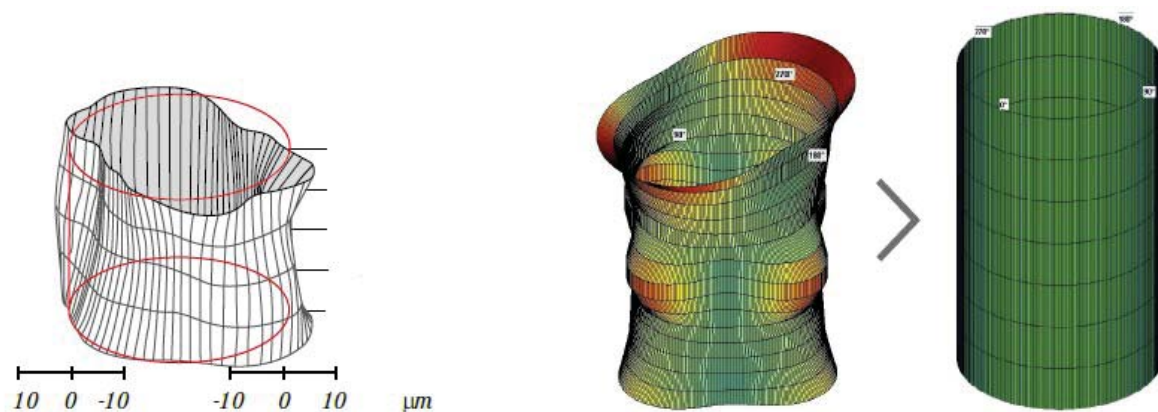


Fig. 1. Obținerea precizia formei geometrice ideale a diametrului unui cilindru prin honuire [2]

Procedeele mai noi de honuire combină honuirea interioară cu operațiile de structurare laser a suprafețelor. Honuirea cu laser, prin exactitatea ei poate reduce uzura piesei honuite, remarcabil față de cele honuite clasic. Astfel la blocul motor ale motoarelor diesel in partea superioară a alezajului blocului, acolo unde pistonul își schimbă cursa, prin aplicarea unui procedeu combinat honuire și fascicul laser se pot obtine micro pocketuri extreme de fine care îmbunătățesc uzura la blocul motor [3]. Pentru motoarele Diesel euro 5 și Euro 6, structurarea combinată cu laser a devenit un standard de producție. (Fig. 2,3,4)

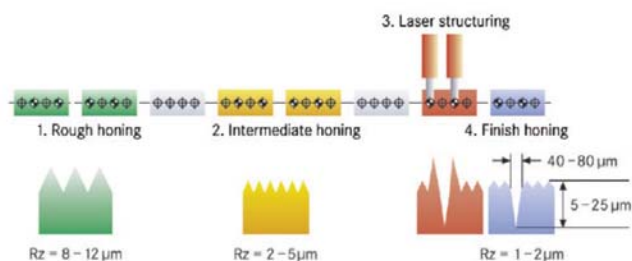


Fig. 2. Combinarea honuirii cu structurarea laser la blocul motor [3]



Fig. 3. Capul blocului motor după structurarea combinată [3]

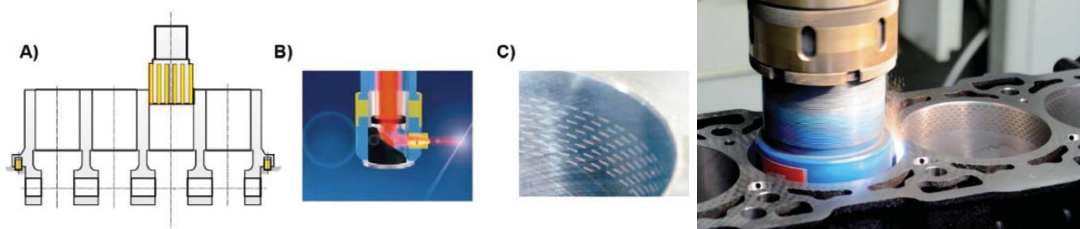


Fig. 4. Structurarea combinată honuire – fascicul laser [3]

2. Materiale superabrazive

Superabrazivii se definesc ca fiind materiale cu duritate mai mare decât duritatea abrazivilor convenționali: carbura de siliciu și oxidul de aluminiu.

Astăzi se cunosc [1] două clase mari de materiale superabrazive: materiale superabrazive pe bază de diamant și materiale superabrazive pe bază de nitrură cubică de bor. (Fig. 5)

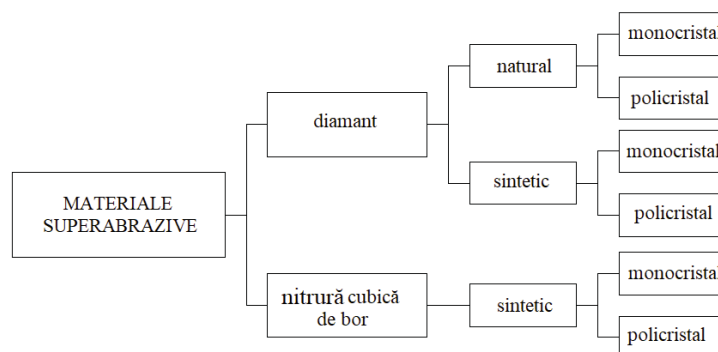


Fig. 5. Clasificare materialelor superabrazive

3. Elemente de baza

Prelucrarea cu muchii aşchiotoare nedefinite geometric este aşchiera prin acţiunea mecanică a muchiiilor aşchiotoare asupra materialului (DIN 8580, a treia grupă a grupei principale “aşchiere”). Muchiile aşchiotoare aparţin granulelor de material dur. Acestea au forme neregulate şi sunt dispuse aleator. Geometria muchiei aşchiotoare nu este deci descrisă în raport cu o singură granulă. Muchia aşchiotoare individuală este nedefinită geometric. Procedeele sunt subîmpărţite în următoarele grupe:

- Rectificare cu scula rotitoare;
- Rectificare cu bandă abrazivă;
- Honuire;
- Lepuire;
- Lustruire;
- Prelucrare prin abraziune prin explozie (DIN8200). [5] [6]

Elementul comun al acestor procese este acela că granulele de material dur formează mai multe muchii aşchiotoare. Unghiurile importante ale muchiei aşchiotoare cu rol în formarea aşchii, unghiul de aşezare α , unghiul de degajare γ şi unghiul de ascuţire β , sunt specificate doar prin intermediul parametrilor statistici, cum ar fi media sau distribuţia. În general, se formează unghiuri de aşezare puternic negative şi zone de contact şi de frecare mari între granule şi piesă. Muchiile aşchiotoare pătrund doar câţiva microni în material. Distribuţia grosimii aşchii nominale depinde de poziţia muchiiilor aşchiotoare în amestecul de granule (micrografia zonei muchiiilor aşchiotoare) şi de geometria suprafeţii piesei prelucrate. Are loc nu doar îndepărtare de aşchii, ci şi de produs şi deformaţii elastice şi plastice fără îndepărtare de material [5-6].

Procesele de prelucrare cu muchii aşchiotoare nedefinite geometric se utilizează frecvent ca procedee de prelucrare finale (de finisare) ale pieselor, la cerinţele de calitate impuse. În fig. 6 se prezintă o comparaţie a diverselor procedee de prelucrare de precizie în raport cu rezultatele prelucrării şi de eficienţa acestora. Se poate observa că procedeele de rectificare asigură viteze mari ale îndepărtării de material, în timp ce honuirea şi lepuirea sunt capabile să producă cele mai bune calităţi ale suprafeţii [5-6].

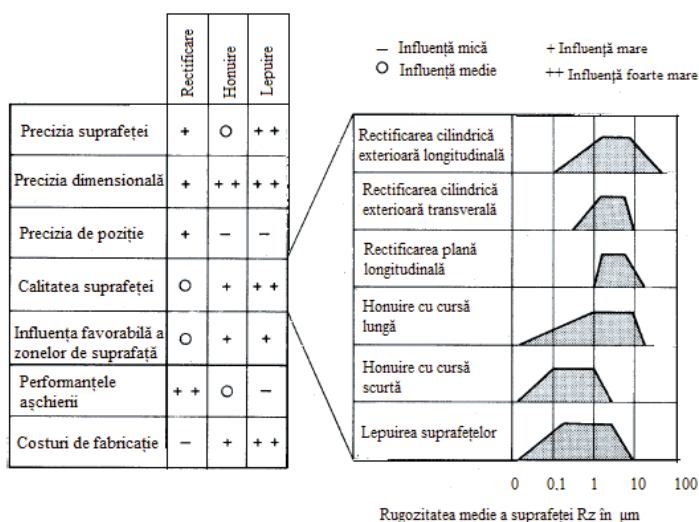


Fig. 6 Comparaţie economică şi tehnologică a diverselor procedee de prelucrare de precizie [5]

Muchiile așchietoare sunt formate din profilele granulelor de material dur. Materialele utilizate sunt materiale dure-fragile, cum ar fi zirconiu, corindon (ZrO_2 cu Al_2O_3), corindon (Al_2O_3), carbură de siliciu (SiC), carbură de bor (B_4C), nitură de bor (NB) și diamantul (C). Duritatea lor este prezentată în Tabelul 1.1. Totuși, diamantul nu este recomandat pentru prelucrarea oțelului, deoarece există o mare afinitate chimică între diamant și fier, ceea ce conduce la o uzură rapidă a sculei. [1]

Tabelul 1.1

Proprietăți	Duritate Knoop	Modul de elasticitate	Rezistența la compresiune
Material	kg/mm ²	$\times 10^3$ kg/mm ²	kg/mm ²
Diamant	7.00	118,1	886,6
Nitură cubică de bor	4.700	~90	~550
Carbură de siliciu	2.480	38,7	57,6
Oxid de Al	2.100	35,2	300,2

La prelucrarea cu muchie așchietoare nedefinită geometric, utilizarea lichidului de răcire-ungere este foarte importantă pentru rezultatul final. Efectul de răcire și de ungere poate reduce uzura sculei. Mai mult, temperatura piesei se micșorează și pericolul de degradare a straturilor superficiale se reduce. Lichidele de așchiere utilizate pot fi insolubile (uleiuri) și solubile (emulsii, soluții) (DIN 51 385), efectul lor putând fi îmbunătățit prin aditivi (aditivi polari și EP pentru îmbunătățirea efectului de ungere, agenți antispumănți și inhibitori de coroziune). Efectul de răcire depinde de proprietățile fizice: căldura specifică c în kJ/kgK, coeficientul de transmisibilitate termică α în W/m²K, conductivitatea termică λ în W/mK, căldura latentă de vaporizare l_d în kJ/kg și tensiunea superficială σ în N/m. Efectul de ungere este descris prin caracteristicile tribologice ale lichidului de răcire-ungere. [5] [6]

4. Honuirea

Honuirea se realizează cu o sculă așchietoare cu puncte multiple (muchii așchietoare multiple) din granule abrazive legate (unite) având o mișcare de așchiere din două componente, dintre care cel puțin una este oscilatorie. Principalele procedee de honuire sunt: honuirea cilindrică exterioară, honuirea cilindrică interioară și honuirea plană. După amplitudinea oscilațiilor, se pot distinge două grupe principale: honuirea cu cursă lungă și honuirea cu cursă scurtă (fig. 7) [5] [6].

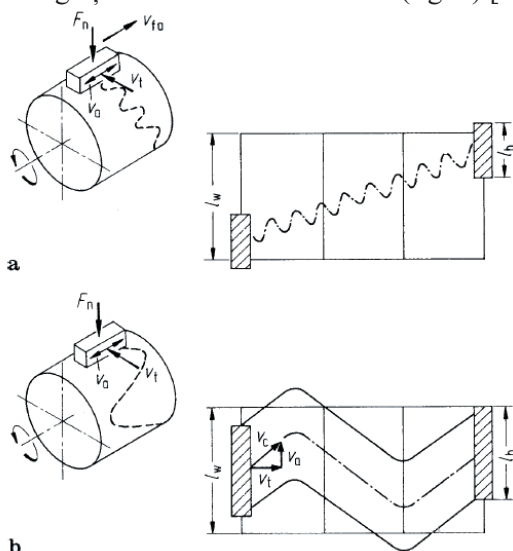


Fig. 7

Fig. 7. Geometria și cinematica la honuirea cilindrică exterioară: a – cursă scurtă și b – cursă lungă; v_{fa} – viteza de avans axial; l_w – lungimea piesei; l_h – lungimea pietrei de honuit

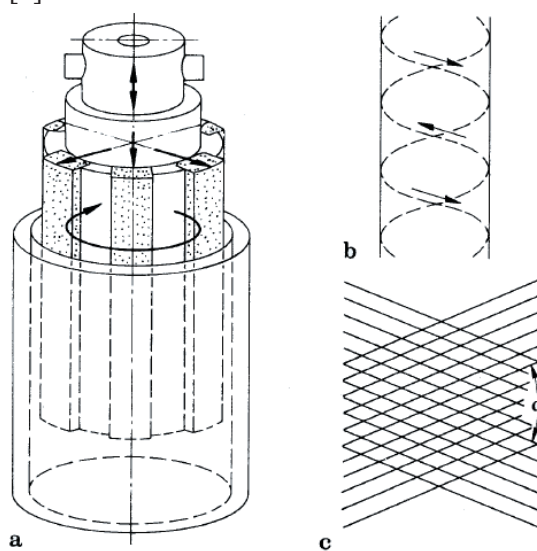


Fig. 8

Fig. 8 Procedeele de lucru la honuirea cu cursă lungă; a – principiul de lucru; b – mișcarea de honuit a sculei; c – structura suprafeței (unghiul de intersecție α).

Honuirea cu cursă lungă folosește o mișcare de joasă frecvență; la honuirea cu cursă scurtă mișcarea oscilatorie se realizează cu amplitudine mică și o frecvență ridicată corespunzătoare. Traectoriile din fig. 7 descriu mișcarea unei pietre de honuit pe suprafața prelucrată a piesei. Datorită mișcării suprapuse în timpul honuirii, suprafața piesei prezintă urme ale granulelor abrazive, ce se intersectează, unghiul dintre cele două urme fiind α (fig. 8). Mărimea unghiului α este determinată de alegerea raportului componentelor vitezei de așchiere axială (v_a) și tangențială (v_t). Pentru piese fără canale longitudinale sau transversale, unghiul α este în general 45° . Viteza de așchiere v_c se poate calcula prin intermediul componentelor mai sus menționate prin relația: $v_c = (v_a^2 + v_t^2)^{1/2}$. Viteza de așchiere nu depășește în mod obișnuit valoarea $v_c = 1,5$ m/s.

În timpul mișcării de avans, pietrele de honuit sunt presate pe suprafața piesei de prelucrat cu o forță normală de honuire F_m care poate fi realizată prin intermediul unor sisteme diferite (fig. 9). În cazul forței dependente de avans, se realizează de către mașină o presiune hidraulică definite p_{oil} . Forța de avans rezultantă F_z se transmite pietrelor de honuit printr-o tijă cu cap tronconic. La avansul dependent de traiectorie, se generează traiectoriile de avans definite, de exemplu, cu un motor pas cu pas, care generează forța normal F_n a pietrelor de honuit.

Variabilele cele mai importante care influențează rezultatul honuirii sunt tipul materialului abraziv, mărimea granulei, tipul liantului, duritatea și impregnarea pietrelor de honuit. Tipurile de abrazivi pot fi împărțite în materiale abrazive convenționale, corindonul și carbura de siliciu, și materiale abrazive extradure, diamantul și nitrura cubică de bor cristalină (NCB).

Mărimea granulelor influențează volumul așchiilor în unitatea de timp și calitatea suprafețelor. Rugozitățile suprafețelor ce se pot realiza sunt de $R_s = 1$ μm pentru honuirea cu cursă lungă și $R_z = 0,1$ μm pentru honuirea cu cursă scurtă. Se obține o precizie dimensională și o precizie a formei piesei prelucrate de 1 ... 3 μm . Spre deosebire de rectificarea, datorită mișcării de oscilație, granulele fixate în pietrele de honuit nu sunt solicitate doar după o singură direcție. La fel ca la rectificarea, și la honuire se utilizează lichide de răcire-ungere. Datorită vitezei de așchiere reduse, totuși, încălzirea este minimă așa încât efectul de răcire joacă un rol minor. Suprafața de contact dintre piatra de honuit și piesă necesită în schimb un efect de reducere a frecării prin ungere. Astfel, se utilizează, de obicei, ulei pur aditivat.

5. Concluzii

Lucrarea de cercetare a avut ca punct de plecare piesa de la proiectul de licență – cilindru pneumatic cod 2018.R2-001-01, de dimensiuni $\varnothing 100 \times \varnothing 120 \times 570$ – căreia, pentru micșorarea parametrilor rugozității suprafeței interioare, R_a și R_z , și, pentru a se obține precizia formei geometrice și a diametrului impuse în desenul de execuție - pe lungimea de 570 mm, la finalul procesului tehnologic, cilindrului i se aplică o operație de honuire interioară. Lucrarea de cercetare a prezentat o introducere în teoria honuirii în general cu prezentarea honuirii alezajelor lungi și cu prezentarea situației actuale a procedurii de honuire interioară. În final se prezintă și proiectarea unui dispozitiv de orientare și fixare pentru cilindru pneumatic cod 2018.R2-001-0 în vederea honuirii. (fig. 11, 12) Cercetarea va fi continuată pentru lucrarea de licență fiind parte integrată a lucrării de licență.

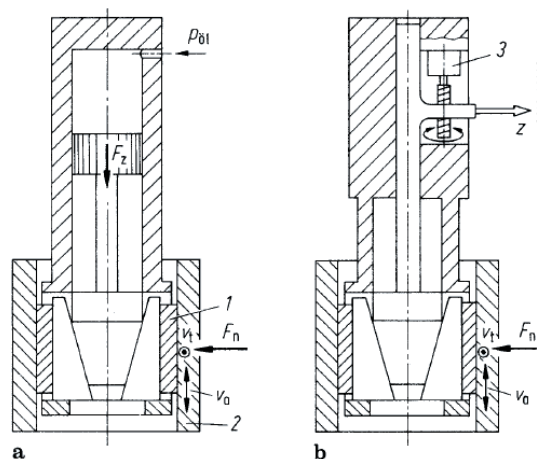


Fig. 9. Dispozitive de avans dependente de forță și de traiectorie la honuire: a – dependent de forță; b – dependent de traiectorie; 1 – piatra de honuit; 2 – piesa; 3 – motorul pas cu pas [5] [6]

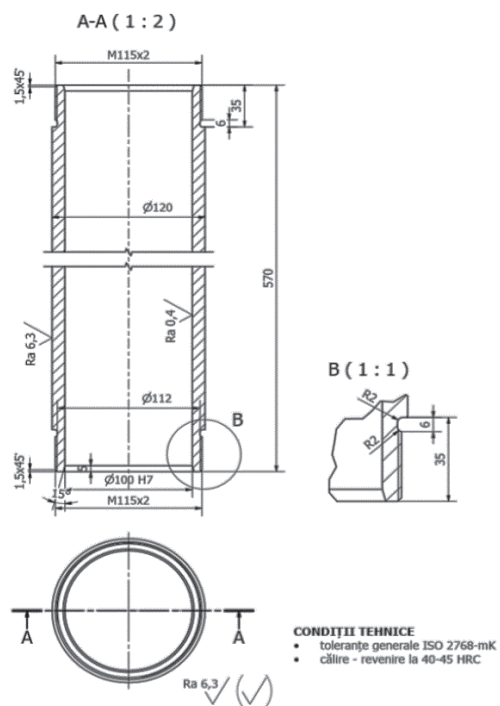


Fig. 10. Piesa cilindru pneumatic cod 2018.R2-001-01

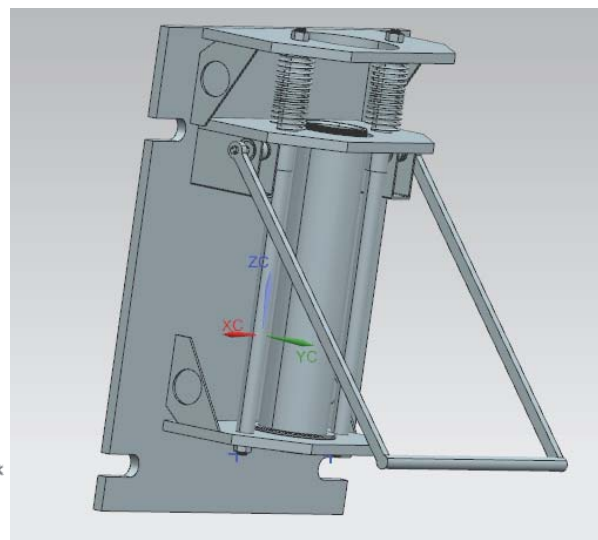


Fig. 11. Dispozitiv de orientare și fixare pentru honuire verticală proiectat de autoare



Fig. 12. Dispozitiv de orientare și fixare pentru honuirea interioară orizontală a unui cilindru [4]

6. Bibliografie

- [1] Bardac Doru, CALITATEA ȘI PRECIZIA ALEZAJELOR HONUITE CU SUPERABRAZIVI, Editura Agir Bucuresti, 2000, ISBN: 973-8130-32-8
- [2] Günter Spur, Handbuch Spannen, ISBN: 978-3-446-42826-3, Carl Hanser Verlag, München 2014, Germania
- [3] https://www.gehring-group.com/sites/default/files/text/laserhone_en-en-ww.pdf
- [4] deep honing horizontale hohnmaschinen. Gehring
- [5] Duebbel Taschenbuch fuer den Maschinenbau, 23 Auflage, ISBN 978-3-642-17305-9, Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- [6] Dubell, Manualul inginerului mecanic, Editura Tehnica, 1998 Bucuresti ISBN 973-31-1271-2

CERCETĂRI PRIVIND MATRIȚE DE INECȚIE PRODUSE POLIMERICE CU ELEMENTE STRUCTURALE FABRICATE PRIN TEHNOLOGII ADITIVE

RESEARCH ON ADDITIVE MANUFACTURED MOLDS FOR POLYMERIC PRODUCTS

UȚĂ Mihai-Gigi

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, TCM, Anul de studii: 4,
e-mail: utamihai_17@icloud.com

Conducător științific: Prof. univ. dr. ing. **Constantin Gheorghe OPRAN**

Conducător științific: Drd.ing. **Camelia ROSIORU**

ABSTRACT: This paperwork represents the study of the modern additive manufacturing and how can this improve the way we are making molds in 2020. Most of the research is regarding the possibility of creating molds for short run production. If this approach was t reliable before, now, with the recent increase of quality, and mechanical properties of 3d printing, additive manufactured molds are possible. I have studied every additive manufactured technologies that exist in nowadays, and the way that we are using injection moulding and how we can make them work together for the best result in a small amount of time. Furthermore I am looking to create a mold for a plastic part that fits the dimension of an interchangeable tool from Meusburger.

CUVINTE CHEIE: Additive Manufacturing, Injection Molding, Interchangeable molds.

1. Introducere

Tema de cercetare include 2 tehnologii distincte întrepătrunse, pentru care s-a analizat pe scurt fiecare tip de tehnologie în parte pentru a sesiza particularitățile specifice fiecăreia.

1.1. Fabricare Aditivă

Fabricarea aditivă, cunoscută și ca 3D printing, este într-o ascensiune continuă în ultimii ani. Face parte din industria 4.0 și este prezentă în orice întreprindere care se respectă, în aproape orice liceu și universitate într-o varietate de forme.

Fabricarea aditivă se împarte în 7 categorii conform ISO:

- Stereolitografie – SLA / DLP
- Powder Bed Fusion (pentru metale) – DMLS SLM EBM
- Binder Jetting
- Modelare prin extrudare – FDM
- Material jetting – DOD
- Direct Energy Deposition – DED
- Laminarea de foi (LOM - UC)

1.2. Tehnologii de Injecție în Matrița

Tehnologia complexă de injecție este una dintre cele mai răspândite științe de prelucrare a materialelor de mase plastice prin intermediul căreia sunt fabricate numeroase produse, în principal cele din materiale polimerice.

• Injecția în matriță

Injecția în matriță se definește ca fiind operația de introducere sub presiune ridicată și cel mai adesea sub acțiunea căldurii, a unui material de tip monomaterial sau compozit în stare fluidă, semifluidă sau a suspensiilor unui corp într-un spațiu închis, respectiv cavitatea activă interioară a unei matrițe de injecție unde are loc răcirea și solidificarea lui, în scopul obținerii unui produs cu caracteristici bine determinate. [1]

• Matrița de injecție

Matrița de injecție se definește ca fiind un echipament alcătuit din mai multe piese componente asamblate cu cel puțin o piesă numită semimatriță cu o suprafață internă concavă reprezentând negativul produsului final, aceasta fiind cavitatea activă interioară a matriței, folosită pentru prelucrarea injecției sau combinat deformare plastică și injecție a unui material plasticizat pentru ca acesta să obțină forma interioară a produsului final. [2]

2. Stadiul actual privind matrițe de injecție produse polimerice cu elemente structurale fabricate prin tehnologii additive

Tematica problemei de la care s-a plecat a fost să vedem în ce măsură este posibilă realizarea unor piese polimerice prin injecție într-o matriță cu elemente structurale realizate prin tehnologii de fabricare aditive.

Bineînțeles am căutat online și am descoperit câteva articole realizate de 3D HUBS, o companie din Olanda și STRATASYS o companie din Statele Unite care confirmă teoria, dar fără să dea extraordinar de multe detalii. După această lectură, s-au putut trage mai multe concluzii.

Tehnologia de fabricare aditivă permite prin intermediul a câtorva materiale capabile să reziste la temperaturile și presiunile ridicate realizarea de matrițe capabile de o producție mică, 20 – 100 de piese.

În prezent există două tehnologii aditive care permit realizarea de piese cu acuratețe mare, din materiale care permit utilizarea în condițiile specifice unei matrițe de injecție, adică la temperaturi mari și presiuni ridicate: Mașinile SLA (stereolitografie și material jetting).

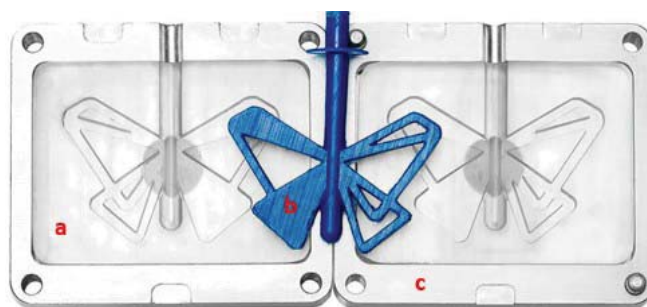


Fig. 1. – Varianta pentru matrițe interschimbabile compania Fromlabs [8]

În figura 1 se identifică 3 elemente distincte:

- a) Semi-matrița realizată din rășina formlabs (high temp) prin tehnologie SLA
- b) Piesa injectată, la care nu se cunosc nici materialul nici parametrii mașinii de injecție.
- c) Placa aluminium în care sunt inserate semi matrițele.



Fig. 2. – Varianta pentru matrițe interschimbabile compania Stratasys

Pentru cel de al doilea model, figura 2 s-a folosit digital ABS plus pentru tehnologia material jetting.

În vederea realizării practice a unei piese fabricate prin injecție în matriță, matrița cu elemente structurale fabricate prin tehnologii aditive asemenea figurilor 1 și 2 sunt necesare următoarele echipamente și materiale:

- Echipamentul Formlabs Form 2 (vezi figura 1) cu un volum de $145 \times 145 \times 175$ mm și cu capacitatea de a dezvolta straturi de până la $25 \mu\text{m}$ (25, 50, 100, 200,300). [3]
- Rășina „High Temp Resin” cu specificațiile din tabelul 2.1.

Tabelul 2.1 – Specificații tehnice rășina

Proprietate Mecanică	Curățat	Curățare + tratate termică	Curățat + dubla tratare termică	Metoda
Rezistența la tracțiune	20.9 MPa	58.3 MPa	48.7 MPa	ASTM D 638-14
Alungire la rupere	14 %	3.3 %	2.3 %	ASTM D 638-14
Dilatare termica	$118.1 \mu\text{m}/\text{m}/\text{ }^\circ\text{C}$	$79.6 \mu\text{m}/\text{m}/\text{ }^\circ\text{C}$	$74.5 \mu\text{m}/\text{m}/\text{ }^\circ\text{C}$	ASTM E 831-13
Deformare la caldura la 0,45 MPa	$49 \text{ }^\circ\text{C}$	$120 \text{ }^\circ\text{C}$	$238 \text{ }^\circ\text{C}$	ASTM D 648-16
Deformare la caldura la 1,8 MPa	$44 \text{ }^\circ\text{C}$	$78 \text{ }^\circ\text{C}$	$101 \text{ }^\circ\text{C}$	ASTM D 648-16

Din tabelul 2.1 se poate extrage următoarea concluzie: Pentru aplicația curentă se va utiliza cel puțin o tratare termică, dar se pot lua în vedere ambele variante pentru a trage concluzii privind diferența de timp / calitate a produsului injectat între cele două tipuri de tratare termică [4].

- Echipamente pentru tratare termică.

- Matrița modulară. Meusburger, un producător austriac recunoscut pe plan mondial, fabricant de plăci pentru matrițe și elemente structurale pentru acestea oferă matrițe în varianta modulară a căror dimensiuni este satisfăcătoare aplicației curente [5].

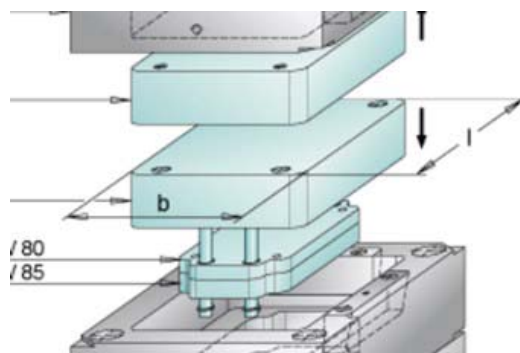


Fig. 3. Elemente interschimbabile Meusburger [6]

Tabelul 2.2 – Dimensiuni plăci modulare

Nr. Crt.	1	2	3	4	5	6	7
b	100	100	130	130	170	170	210
l	140	190	180	230	220	270	260
B	156	156	196	196	246	246	296
L	196	246	246	296	296	346	346

Unde **b** și **l** sunt dimensiunile plăcilor interschimbabile, iar **B** și **L** sunt dimensiunile plăcilor în care se montează plăcile interschimbabile.

Aplicația curentă impune ca dimensiunile plăcii să se încadreze în 145 x 145 mm. [7]

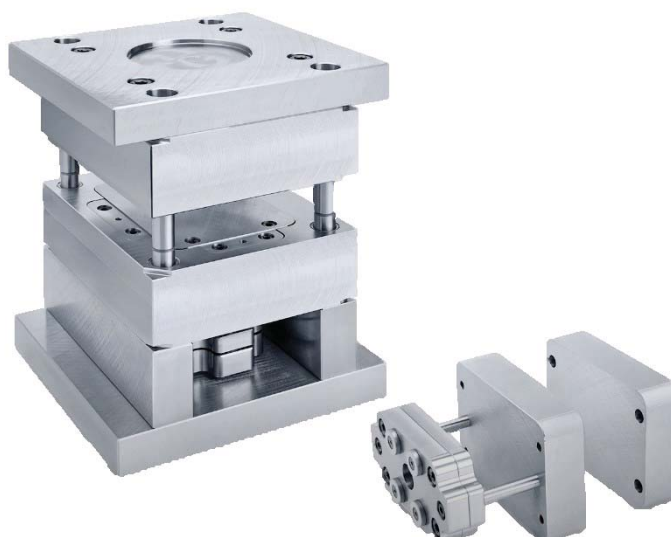


Fig. 5. – Meusburger – Matrița cu plăci interschimbabile potrivită pentru piesa elementul obturator [7]

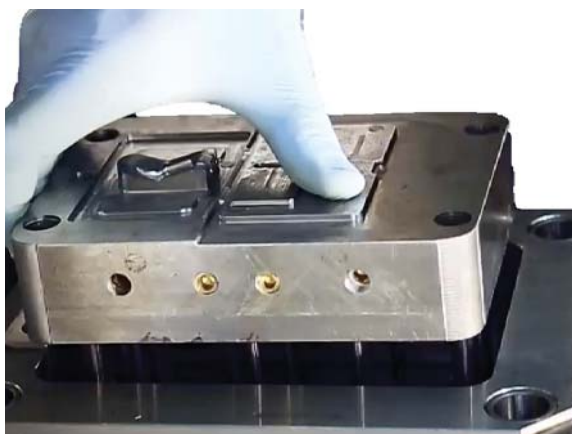


Fig. 6 – Meusburger – înlocuirea elementelor interschimbabile pentru fabricarea de alte produse [7]

3. Contribuții privind matrițe de injecție produse polimerice cu elemente structurale fabricate prin tehnologii additive

Această tehnologie se va aplica cu precădere pieselor din industria auto acolo unde există mai multe intrații până se ajunge la designul și funcționalitatea finală a produsului, evident pentru piesele care respectă condițiile tipodimensiunii.

În ansamblul unui autoturism, care este reprezentat de 30% plastic, se va putea aplica aceasta metoda de fabricare pentru următoarele tipuri de piese :

Detalii din zona postului de conducere – butoane de comanda / mâner acționarea ușă / buton de acționare înmuietoare / elemente din ventilația autoturismului.

Elementul pe care s-a studiat soluția tehnica este o piesa din ansamblul obturatorului de la ventilația AC, vezi figura 4.



Fig. 4. – Element sistem ventilație

Acest timp de element trece adese prin schimbări ale designului și ale cotelor dimensionale, ceea ce îndeamnă tot mai mult la utilizarea fabricării produsului în matrițe modulate cu elemente interschimbabile.

Fabricarea în această variantă reduce costurile și timpul de producție, facilitând testarea rapidă a produsului. Se poate opta chiar pentru o reducere drastică a costurilor, pentru ca pe aceeași matrița modulara prin înlocuirea plăcilor interschimbabile se pot fabrica piese precum butoanele de comanda sau mânerul ușilor, vezi fig. 5 si fig. 6.

Fabricarea aditivă a acestor elemente interschimbabile aduc pe lângă numeroasele avantaje in ceea ce privește rapiditatea prin care sunt elaborate matrițele de injecție pentru produse polimerice si dezavantajul uzării rapide si un număr scăzut de piese ce se pot injectă în aceste cavități, ceea ce amplasează aceasta tehnologie in faza de dezvoltare a proiectelor (in

perioada in care produsul nu este definit 100%, perioada de teste). Nu se dorește ca aceasta tehnologie sa înlocuiască matrițele fabricate prin tehnologii clasice, ci se aspiră către perfecționarea produsului injectat, prin scurtarea timpilor de decizie ca rezultat al punctelor forte ce sunt oferite de tehnologia aditiva si a matrițelor cu elemente interschimbabile.

Contribuția personală se remarcă în utilizarea tehnologiei de fabricare aditivă pentru matrițe de injecție pentru piese elemente ventilație autovehicul (vezi fig. 4)

Realizarea matriței piesei/pieselor pentru elemente ventilație autovehicul face tematica continuării acestei lucrări, pentru lucrarea de diploma.

4. Concluzii

Îmbinarea tehnologiei de injecție in matrița cu tehnologia de fabricarea aditiva, poate conduce la economii uriașe in industrie, acolo unde este nevoie de mai multe integrații pana se ajunge la un design final al produsului (cel puțin 3-5 modificări ale formei produsului). Economie care se propaga nu doar in bugetul companiei ci și in fondul de timp al acesteia.

Plăcile interschimbabile fabricate prin tehnologii aditive sunt utilizabile pentru anumite tipodimensiuni de piese, conform tabelului 2.2

Producția produselor polimerice trebuie sa fie scăzută întrucât uzura plăcilor interschimbabile fabricate prin tehnologii aditive se manifesta rapid, la un număr scăzut de piese, 20 – 100.

Există restricții in ceea ce privește complexitatea pieselor ce trebuie injectate, inclinarea suprafețelor pentru a facilita ieșirea din Semimatrițe trebuie sa fie cel puțin 2° fata de axa principala. Nu se admit suprafețe care formează sub tăieturi (undercut) adică suprafețe care generează alte axe fata de cea principala.

5. Bibliografie

- [1]. OPRAN Constantin Gheorghe; 2017; Tehnologia produselor din materiale avansate, Îndrumar laborator; Editura BREN; București, Romania; pp.158; ISBN 978-606-610-097-8; pp.158.
- [2]. OPRAN Constantin Gheorghe; 2016; Tehnologii de injecție în matriță produse polimerice; Editura Bren; București, Romania; pp.252; ISBN 978-606-610-201-8; pp.253.
- [3]. OPRAN Constantin Gheorghe; 2014; Tehnologii de injecție în matrițe, Îndrumar proiectare; Editura Bren; București, Romania; pp.108; ISBN 978-606-610-085-4; pp.109.
- [4]. OPRAN Constantin; NICOLAE Vasile; RACICOVSCHI Vasile; 2004; Biostructuri polimerice degradabile in mediu natural; VASILE GOLDIS University Press; ARAD, Romania; pp.146; ISBN 973-664-041-8.
- [5]. From 2 User Guide, Formlabs, 2018
- [6]. High Temp Resin DATA SHEET, 2019
- [7]. Meusburger Catalog Online, 2020
- [8]. 3D HUBS – KNOW HOW

SISTEME DE POZIȚIONARE A ȚINTELOR PENTRU EXPERIMENTE DE ACCELERARE CU LASER A FASCICULELOR DE ELECTRONI ȘI PROTONI

TARGET POSITIONING SYSTEMS FOR LASER ACCELERATION EXPERIMENTS OF ELECTRON AND PHOTON BEAMS

MIHALCEA Alexandru

Facultatea: IIR, Specializarea: NSN, Anul de studii: IV, e-mail: mihalceaalex@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Elena LĂCĂTUȘ**

ABSTRACT: The aim of this paper is to configure the motorized target positioning system for laser accelerated electron and proton beam experiments with PW class lasers. Since any electronic system is subjected to ionizing radiation exposure during the experiments, as well as sensitive to intense electromagnetic pulses, the control unit for the motorized stages was conceived as small as possible, based on Raspberry PI single board computer, in order to optimize the footprint and its electromagnetic shielding. Consequently, the command control software was adapted to the hardware limitations and it was developed based on Python 3 scripts in order to remotely control the target positioning.

CUVINTE CHEIE: sistem de poziționare, poziționare ținte, Python

1. Introducere

Lucrarea are ca scop prezentarea unor soluții originale pentru optimizarea sistemului de poziționare a țintelor în experimentele de accelerare cu laser a particulelor, electroni și protoni. În majoritatea laboratoarelor de cercetare programele software de comandă și control sunt realizate în LabView, program prezent pe platforma Windows ce rulează în general pe stații de lucru de tip PC-uri. Utilizarea unei stații PC impune utilizarea unor soluții pentru ecranarea echipamentelor electronice, expuse la pulsuri electromagnetice (EMP) din timpul experimentelor de accelerare laser. Utilizarea echipamentelor și dispozitivelor electronice complexe în proximitatea incintei experimentale cu laser de clasa PW duce la întreruperi în funcționarea sistemului și conexiunea cu calculatorul de comandă. Acest lucru îngreunează pornirea și rularea sistemului limitând numărul de pulsuri laser pe oră. Acest lucru duce la creșterea costurilor de întreținere și folosirea întregii infrastructuri de accelerare cu laser.

Obiectivul acestei lucrări de cercetare este de a configura sistemul de poziționare motorizată a țintelor pentru a eficientiza întregul proces și pentru a reduce costul de întreținere și de funcționare.

Acest obiectiv a fost atins realizând un program similar celui ce funcționează până în momentul de față în institut, în Python, limbaj de programare prietenos cu utilizatorul și înlocuirea calculatorului care rulează programul de poziționare cu calculator single-board, platforma aleasă fiind Raspberry Pi.

2. Stadiul actual

În momentul de față sistemul de poziționare al țintelor este în fază experimentală, întrucât nu a fost testată funcționarea acestuia în vid. Programul este funcțional, lucrându-se la optimizarea acestuia și la adăugarea funcției de aliniere automată a țintelor în fasciculul laser, iar momentan în atmosferă obișnuită.

Motivația provine din faptul că aceste experimente de accelerare cu laser a fasciculelor de electroni și protoni se realizează într-o incintă vidată la circa 10^{-6} mbar, condiție în care sistemul de poziționare și de diagnosticare trebuie automatizat complet.

Tabellul 1. Axe motorizare S2C-ROBOT-PWLaser

Axele motorizate folosite	Rezoluție pas	Determinări	
		Analitic	Experimental
8MT160V-300XY	2.5 μm	2.5 μm	2.5 μm
8MT175V-200-VSS42	2.5 μm	2.5 μm	2.5 μm
8MT173V-30-VSS42	1.25 μm	1.25 μm	1.25 μm
8MR190V-2-VSS42	0.01°	0.01°	0.01°

Atât axele motorizate cât și suporturile sunt fabricate astfel încât sa poată funcționa în parametri optimi în condițiile experimentale de vid. Axele fiind achiziționate de pe site-ul producătorului Standa.

Fiecare axă motorizată folosește la bază principiul șurub-piulită, transformând mișcarea de rotație a șurubului micrometric în mișcare de translație. Șurubul micrometric face parte din rotorul motoarelor pas cu pas. Regimul de alimentare al acestora fiind de maxim 42V la 1.2A.

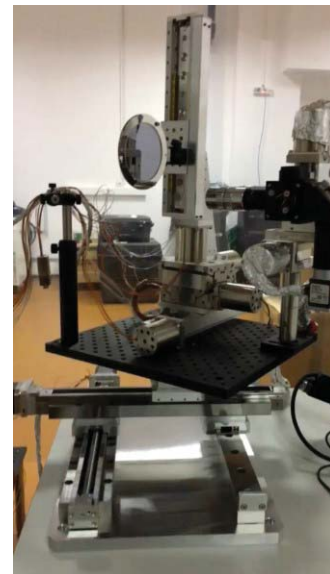


Fig. 1. Robot poziționare ținte

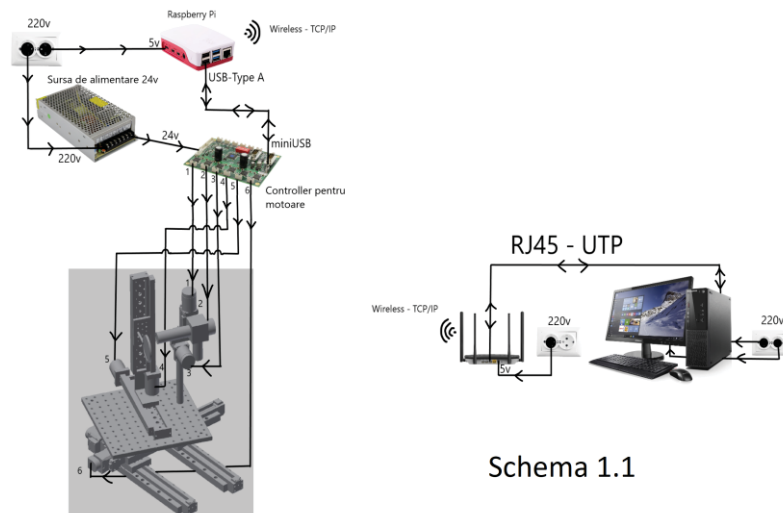


Fig. 2. Schemă experimentală Robot PWLaser

Întreg ansamblul de comandă este compus din:

- Controller motoare pas cu pas TCMC 6110 ce poate comanda până la 6 motoare, având în vedere faptul ca robotul foloseste 11 axe motorizate, se vor folosi 2 controllere pentru utilizarea întregului robot.
- Un calculator single-board Raspberry Pi, calculator unde va rula programul realizat in urma stagiului de practica
- O sursa de alimentare de 24V pentru controllerul TCMC
- O sursa de alimentare 5V pentru Raspberry Pi

Toate acestea sunt configurate conform schemei experimentale din figura 2.

Raspberry Pi-ul funcționează sub forma unui server unde va rula programul la pornire, însa acesta trebuie în primul rând să primească toate comenzile de poziționare din partea unui calculator de comandă unde se alfa interfața cu utilizatorul. Legatura între Raspberry Pi și calculatorul de comandă se realizează prin intermediul protocolului TCP/IP, mai precis prin intermediul unei conexiuni directe către rețeaua internă prin wi-fi, fie direct prin cablu ethernet.

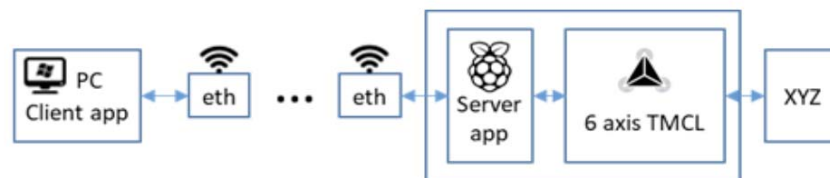


Fig. 3. Principiul de funcționare al sistemului de poziționare

3. Realizarea programului de comandă cu ajutorul limbajului de programare Python

Programul de comandă realizat în LabView a fost conceput având la baza funcții simple precum:

- Comandă de mișcare relativă
- Comandă de mișcare absolută
- Comandă pentru oprirea tuturor axelor motorizate
- Comandă pentru returnarea poziției actuale
- Setarea unei noi viteze de funcționare (viteza de lucru)
- Precum și o comandă pentru calibrarea fiecărei axe motorizate cu ajutorul unei funcții « home »

Producătorul controllerului TCMC a furnizat o librărie pentru comenzile ce pot fi adresate acestuia, însa aceasta este funcțională numai pe o versiune anterioară Python, lucru care necesită a fi remediat pentru a rula pe ultima versiune : Python 3.

Comenzile echivalente programului LabView:

- Stop
- Move_r
- Move_a
- Home
- Set_vel
- Get_pos

4. Implementarea comenzilor

Principiul de funcționare al acestui program constă în realizarea unei funcții pentru fiecare comandă enumerată anterior în Capitolul 3. Pe lângă acestea, o funcție « citește » verifică în permanență

protocolul TCP/IP și citește orice comandă primită, o interpretează și o execută în conformitate cu mesajul primit de la panoul de comandă.

Funcția « stop », este realizată pentru a întrerupe rularea oricărei alte comenzi deja executate astfel prevenind rularea unei comenzi introdusă greșit.

```
if command == 'stop':
    controller = StepRocker(24, port='/dev/ttyACM0')
    controller.TMCL.mst(0)
    controller.TMCL.mst(1)
    controller.TMCL.mst(2)
    controller.TMCL.mst(3)
    controller.TMCL.mst(4)
    controller.TMCL.mst(5)
    print('Motoarele au fost oprite!')
    return
```

Fig. 4. Comanda de oprire

Funcțiile « move_r » și « move_a » constau în mișcarea relativă și respectiv absolută, astfel se poate în orice moment monitoriza poziția fiecărei componente și să se analizeze datele obținute.

```
if command=='move_r':
    global reply
    arg1=dataMessage[3]
    if int(arg1)==1:
        nr_tmcl=0
    elif int(arg1)==2:
        nr_tmcl=1
    else:
        print('Numarul controllerului nu este corect!')
        reply=('Numarul controllerului nu este corect!')
        conn.send(bytes(reply, "utf-8"))
        return

    if len(data_list[0])==len(data_list[1]):
        for i in data_list[0]:
            index_motor=data_list[0].index(i)
            valoare=data_list[1][index_motor]
            controller = StepRocker(24, port='/dev/ttyACM'+str(nr_tmcl))
            controller.TMCL.mvp(i-1, 'REL', valoare)
            print('Valoarea motorului '+str(i)+' este: ' + str(valoare))
            reply=('Valoarea motorului '+str(i)+' este: ' + str(valoare)+'\n')
            conn.send(bytes(reply, "utf-8"))
```

Fig. 5. Comanda pentru mișcare relativă

Funcția home constă în parcurgerea întregii curse a fiecărei axe motorizate până la capătul acesteia urmând ca mai apoi programul să memoreze acea poziție drept punctul de plecare (poziția 0).

```
elif command == 'home':
    if arg_nr==3:
        arg1=dataMessage[3]
        if int(arg1)==1:
            nr_tmcl=0
        elif int(arg1)==2:
            nr_tmcl=1
        else:
            print('Numarul controllerului nu este corect! (3 argumente)')
            reply=('Numarul controllerului nu este corect! (3 argumente)')
            conn.send(bytes(reply, "utf-8"))
            return
        if len(data_list[0])==len(data_list[1]):
            for i in data_list[0]:
                index_motor=data_list[0].index(i)
                valoare=data_list[1][index_motor]
                home(i, valoare, nr_tmcl)
        else:
            print('Valorile nu corespund numarului de motoare!')
            reply=('Valorile nu corespund numarului de motoare!')
            conn.send(bytes(reply, "utf-8"))
    if arg_nr==2:
        arg1=dataMessage[2]
        if int(arg1)==1:
            nr_tmcl=0
        elif int(arg1)==2:
            nr_tmcl=1
        else:
            print('Numarul controllerului nu este corect! (2 argumente)')
            reply=('Numarul controllerului nu este corect! (2 argumente)')
            conn.send(bytes(reply, "utf-8"))
            return
        for t in data_list[0]:
            mn1=t
            side=0
            home(mn1, side, nr_tmcl)
```

Fig. 6. Comanda pentru reinițializarea axelor

```

comanda      nr. axei      nr.
              controller
'get_pos [1,2,3,4,5,6] 1'

```

Fig. 7. Comanda pentru returnarea poziției axelor

```

comanda      nr. axa      viteza motor      nr.
              controller
'set_val [1,2] [1000,1000] 1'

```

Fig. 8. Configurarea vitezei pentru fixare axa motorizată

Folosind panoul de comandă se realizează întâi de toate, conexiunea către Raspberry Pi urmând ca numai după deschiderea unui canal între cele doua dispozitive, să se poată realiza transferul de date.

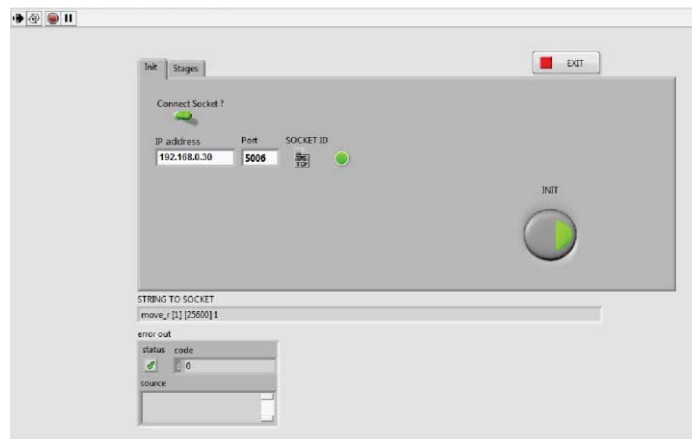


Fig. 9. Interfața de conectare TCP/IP panou comandă

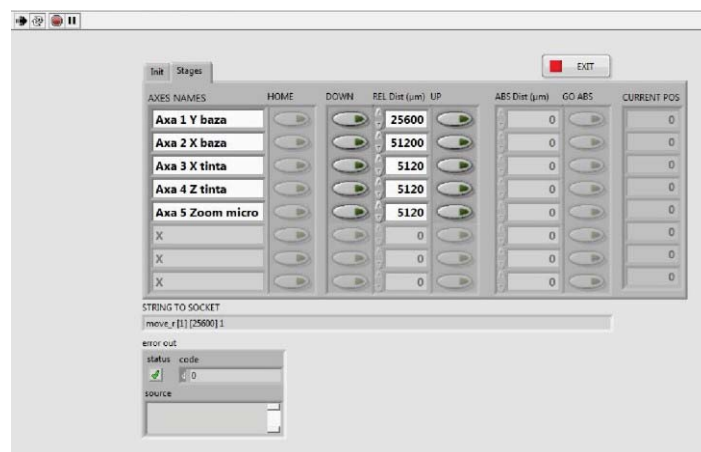


Fig. 10. Interfața de comunicare panou comandă

Interfața grafică realizată cu ajutorul programului LabView, ce rulează pe calculatorul de comandă poate fi folosită și pentru transmiterea comenzilor către Raspberry Pi și pot fi interpretate în conformitate pentru poziționarea țintei în cadrul experimentelor de accelerare de electroni și protoni.

5. Tipuri de ținte folosite

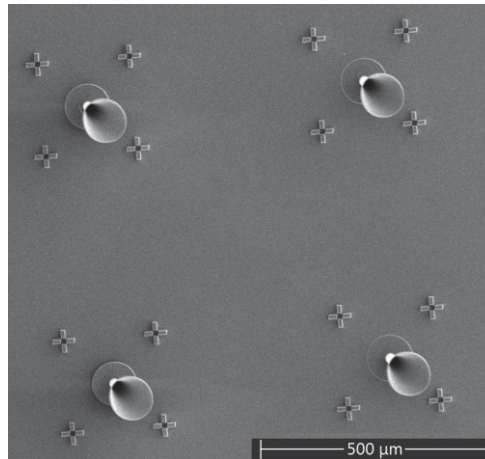


Fig. 11. Suport de siliciu cu repere tip cruce și ținte laser cu forma conică pentru direcționarea fascicului laser

Acest tip de ținte sunt folosite deoarece subiectul experimentului se poate realiza cu mare precizie la baza conului, folosind cele patru repere de tip « cruce ». În centrul acestora se află o membrană, cu grosime de ordinul a zeci de micrometri. Pentru concentrarea fascicului laser către această membrană se folosesc construcții de tip con, înclinate conform unghiului de atac al fascicului laser pentru a direcționa fasciculul către această fereastră.

6. Concluzii

Implementarea software este un proces complex, însă datorită aspectului modular al programului, acesta poate fi foarte ușor adaptat, îmbunătățit și optimizat.

Procesul de implementarea a unui program Python substituent pentru cel realizat cu ajutorul programului LabView conduce către scăderea considerabilă a timpului de pornire, de executare și de răspuns între calculatorul de comandă și robot-ul propriu-zis. Pe lângă acest lucru, ecranarea unui dispozitiv de dimensiunile acestui calculator single-board se poate realiza mult mai ușor și conduce către menținerea funcționării echipamentului de control și în timpul experimentelor, spre deosebire de folosirea unui calculator clasic, unde înainte de realizarea fiecărui impuls laser, trebuie închis întregul echipament de comandă, având posibilitate numai de a observa experimentul nu și de a interveni asupra acestuia.

8. Bibliografie

[1]. Python, librării și exemple <https://docs.python.org/3/library/index.html>

7. Notații

Următoarele prescurtări sunt utilizate în cadrul lucrării:

S2C-ROBOT-PWLaser – Sistem de Comandă și Control – ROBOT- poziționare-ținte-PWLaser

CERCETĂRI PRIVIND TRANSFERUL RĂȘINII ÎN MATRIȚĂ A PRODUSELOR COMPOZITE POLIMERICE FOLOSIND ULTRASUNETE

RESEARCH REGARDING RESIN TRANSFER MOLDING OF POLYMER COMPOSITE PRODUCTS USING ULTRASOUND

Student: VĂLIMĂREANU Beniamin-Constantin
Faculty: FIIR, Domain: TCM, Year of study: 4, e-mail: valimareanubenya@yahoo.com

Coodinators: prof.univ. **OPRAN Constantin Gheorghe**, drd.ing. **ION Sorin Mihai**

ABSTRACT: This paper presents the analysis of Resin Transfer Molding Technology (RTM) of a polymer composite product reinforced with fiberglass, using ultrasound. The objective of the work was to make a 3D model of a part in the automotive field, using resin transfer molding technology. Based on them was made to simulate the flow of polymer composite material using special software in this field and the mathematical model of resin transfer technology in the mold.

KEYWORDS: Resin Transfer Molding, polymeric composite, mathematical model, modelling- simulation, ultrasound.

1. Introducere

Transferul rășinii în matriță a materialului compozit polimeric ranforsat cu fibră de sticlă s-a realizat folosind tehnologia cu ultrasunete, această tehnologie conducând la anumite avantaje precum creșterea productivității, umplerea cavității în condiții mai bune sau îndepărtarea defectelor legate de solidificarea prea rapidă a materialului polimeric.

Astfel de analiză este necesară pentru a putea, pe viitor, concepe forme diferite de piese în domeniul auto din materiale compozite polimerice cu o rezistență foarte bună, la costuri scăzute. Piesa, sub formă de semițeavă scurtă cu lungime de 200 mm, rază R103 mm și grosimea peretelui de 3 mm a fost modelată în soft-ul Inventor 2020, iar simularea curgerii a fost realizată în Moldflow.

2. Stadiul actual privind tehnologia produselor compozite polimerice

Compozitele polimerice fac parte din cadrul materialelor noi utilizate în construcția produselor moderne. Compozitul se definește ca un sistem de material artificial unitar, obținut pentru îndeplinirea unor cerințe impuse, alcătuit din două sau mai multe materiale diverse constituente integrate, având interfețe intenționat realizate, cu proprietăți superioare materialelor componente, în care fiecare material constituent își menține identitatea proprie. Părțile compozite cuprind două componente distinct diferite- fibre și un material matricial (cel mai adesea, o rășină polimerică)- care, atunci când sunt combinate, rămân discrete, dar funcționează interactiv pentru a face un material nou, ale cărui proprietăți nu pot fi prezis prin simpla însumare a proprietăților componentelor sale [2,4].

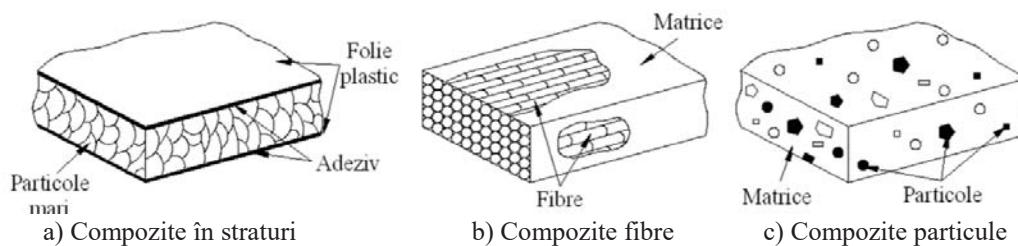


Fig. 1. Structura tipică a compozitelor [1]

Ca elemente de ranforsare s-au folosit fibrele de sticlă, acestea fiind cele mai vechi și cele mai frecvente armături utilizate în majoritatea aplicațiilor de pe piața finală pentru înlocuirea pieselor metalice mai grele. Fibra de sticlă cântărește mai mult decât fibra de carbon, a doua armătura cea mai folosită, și nu este la fel de rigidă, dar este mai rezistentă la impact și are o alungire mai mare la rupere.

3. Stadiu actual privind tehnologia de transfer a rășinii în matrită a produselor compozite polimerice

Procedeul folosit la injectarea materialului compozit polimeric este procedeul de transfer al rășinii în matrită (Resin Transfer Molding- RTM). Acesta este un proces de obținere a pieselor cu presiune mică, în care un amestec de rășină și catalizator este injectat într-o matrită închisă care conține elementul de ranforsare.

Acest proces include o serie de avantaje precum: piesele obținute au o bună calitate a suprafețelor pe ambele fețe; matritele pot fi realizate la dimensiunile foarte apropiate cu cele ale pieselor; costul scăzut al sculelor comparativ cu alte procedee; procedeul se realizează la presiuni scăzute; se pot obține piese de grosime uniformă, o depunere uniformă a materialului de ranforsare ceea ce conferă pieselor o contracție uniformă; piesele obținute au porozități scăzute; în timpul procesului emisiile de gaze sunt scăzute; permite automatizarea.[2,4]

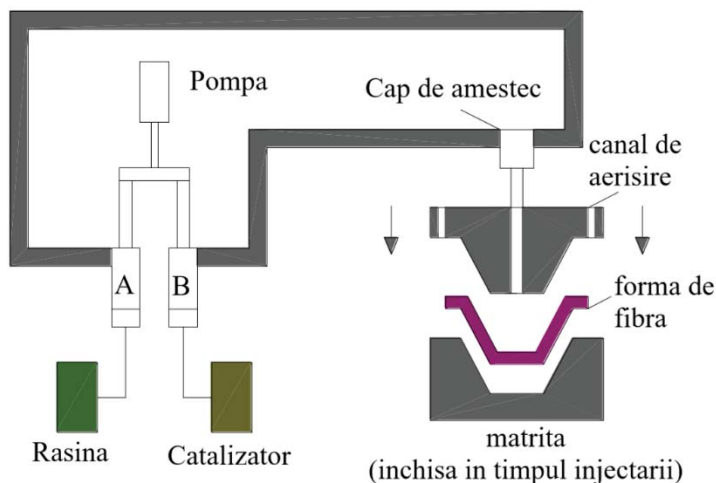


Fig. 2. Reprezentarea schematică a instalației RTM

4. Cercetări privind modelarea matematică a tehnologiei de transfer a rășinii în matrită

Pentru a analiza fluxul de rășină, ranforsarea a fost presupusă a fi un mediu poros cu permeabilitate anizotropă. Conservarea în masă a fluxului de rășină este: [3]

Aplicând teorema lui Green [3], obținem relația finală între punctele limită și punctul generic din cadrul matritei RTM:

$$\frac{1}{\sqrt{k_1 k_2}} p^i + \int_{\Gamma} p q \cdot d\Gamma = \int_{\Gamma} p \cdot q d\Gamma \quad (1)$$

Pe limită se menține ecuația următoare:

$$\frac{1}{\sqrt{k_1 k_2}} c^i p^i + \int_{\Gamma} p q \cdot d\Gamma = \int_{\Gamma} p \cdot q d\Gamma \quad (2)$$

Unde c^i este o constantă geometrică. Dacă limita este suficient de netedă, c^i este $\frac{1}{2}$. Dacă împărțim limita în n elemente de limită și aplicăm ecuația (2), obținem:

$$\frac{1}{\sqrt{k_1 k_2}} c^i p^i + \sum_{j=1}^N \int_{\Gamma_j} p q \cdot d\Gamma = \sum_{j=1}^n \int_{\Gamma} p \cdot q d\Gamma \quad (3)$$

Unde Γ_j reprezintă fiecare element de delimitare. Ecuația (3) poate fi rescrisă sub forma matricei:

$$\frac{1}{\sqrt{k_1 k_2}} c^i p^i + \sum_{j=1}^N H_{ij} = \sum_{j=1}^N G_{ij} \quad (4)$$

La fiecare etapă, fluxul de rășină din interiorul matriței este considerat ca fiind aproape constant. Prin urmare, noua locație a frontului de rășină este determinată de:

$$\vec{S}(t + \delta t) = \vec{S}(t) + \bar{u} \delta t = \vec{S}(t) - \frac{1}{\mu} [k J \nabla p \delta t \quad (5)$$

Unde \vec{S} indică deplasarea fiecărui nod din procedura de element finit.

Unele noduri apropiate de suprafața matriței se pot deplasa din peretele solid. La fiecare nouă intersecție dintre fața de rășină și peretele matriței se adaugă un element nou de delimitare a elementelor peretelui.

Se prezintă în continuare calcule și reprezentări ale modelării hidraulice (curgerea fluidului-rășină) și transferul termic din ultima etapă de polimerizare în faza staționară.

În reprezentare funcția erf este funcția erorilor, notat adesea cu $\phi(z)$:

$$\text{erf}(z) = \int_0^z e^{-\alpha^2} d\alpha \quad (6)$$

În transformări originale am mai efectuat obținerea funcției **erf** astfel :

- în funcție Hermite: (studiul probabilităților)

$$\frac{2 \text{ Hermite} \left(-1, \frac{1}{2} \frac{x}{\sqrt{kt}}\right)}{\sqrt{\pi} e^{\frac{1x^2}{4kt}}} \quad (7)$$

Modelul parabolic descrie bine fenomenele de transfer, aparent dintr-o sursă punctuală, instantanee, fapt ce ar corespunde propagării infinite de rapide a marimilor transferate în contradicție cu desfășurarea reală a fenomenelor. [1,3]

5. Cercetări privind simularea curgerii materialului compozit polimeric în cazul procedurii de transfer al rășinii în matriță

Modelul 3D al matriței de injecție este prezentat în figura 3, fiind prezentată poziția cu cele două cavități ale matriței deschise, moment în care piesa este extrasă.

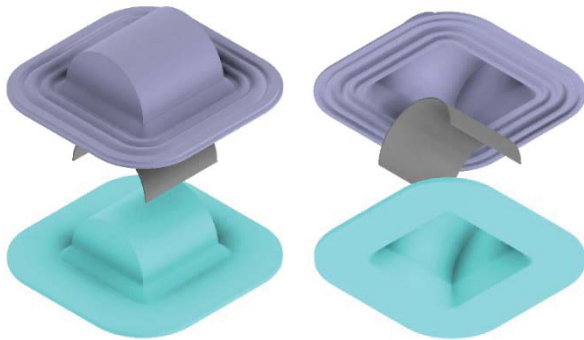


Fig. 3. Modelul 3D al matriței de injecție

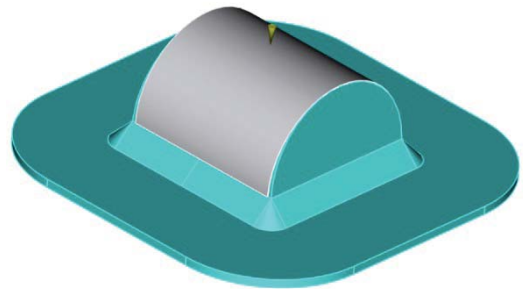


Fig. 4. Modul de așezare al compozitului și al elementului de ranforsare pe matriță în softul Moldflow

Contribuția originală a lucrării este modelarea și simularea procesului de transfer al rășinii în matriță pentru piesa Semițeavă scurtă (figura 3- culoare negru) și obținerea unor rezultate teoretice ce se vor compara cu procesul RTM folosind ultrasunete.

Simularea curgerii materialului compozit polimeric pentru piesa Semițeavă scurtă a fost realizată în programul Autodesk Moldflow Insight conform figurilor de mai jos.

Odată selectat tipul de material (compozit polimeric- rășină și element de ranforsare- fibră de sticlă) rămâne de poziționat locul prin care va avea loc injectarea materialului în cavitatea matriței de injecție unde se află elementul de ranforsare. Pentru aceasta am realizat un studiu cu 3 locații diferite ale punctului de injecție- injecția materialului din lateral, injecția în jumătatea piesei de jos în sus și injecția de sus în jos, conform figurii următoare.

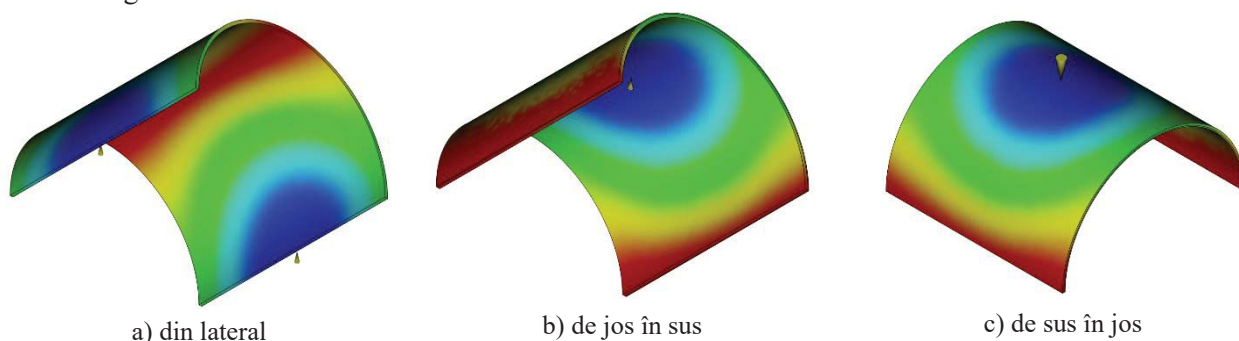


Fig. 5. Poziția punctului de injecție

În urma acestui studiu am obținut următoarele rezultate: Injecția materialului din lateral stânga și dreapta va produce linii de sudură ce vor afecta rolul functional al piesei și rezistența acesteia, fiind mai sensibilă la rupere în zona liniilor de sudura. Cât despre injecția de jos în sus, aceasta necesită o presiune mai mare pentru ca materialul polimeric să umple complet cavitatea matriței de injecție. În concluzie, cea mai bună metodă de injecție a materialului din punct de vedere al calității piesei obținute și al consumului de energie este injecția de sus în jos, la jumătatea piesei (vezi figura 5.c.).

Având în vedere materialul compozitului polimeric, al elementului de ranforsare și modul de poziționare al matriței de injecție, în urma simulării am pus în evidență următoarele:

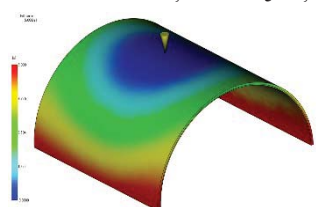


Fig. 6. Timpul de umplere $t = 5$ sec



Fig. 7. Presiunea necesară $P_{max} = 9$ Mpa

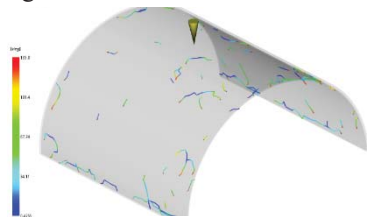


Fig. 8. Liniile de sudură

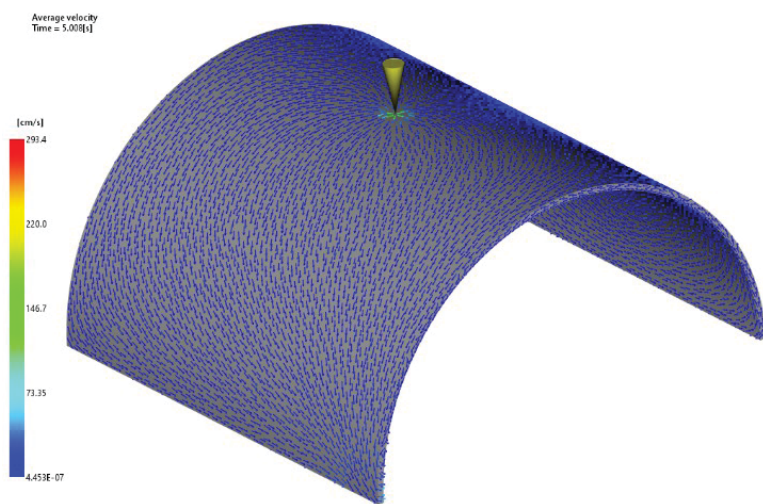


Fig. 9. Direcția de deplasare a materialului în interiorul cavității matriței

Ultrasunetele reprezintă vibrații mecanice care se propagă în medii solide sau fluide de frecvențe superioare valorii de 20 kHz (20 000 de cicluri pe secundă), imperceptibile de către urechea umană. În cazul activării ultrasonice a injectării materialelor plastice a fost identificată apariția unei serii de efecte [6,7].

Efectul de suprafață (reducere a frecării)- La suprafața de separație dintre concentrator și topitură, vibrația ultrasonică a concentratorului determină o deplasare infimă a topiturii la o distanță de ordinul micronilor, suficientă pentru a se realiza desprinderea materialului de pe concentrator.

Efectul de înmuiere acustică- Propagarea undelor ultrasonice în materiale metalice generează tensiuni acustice și deformații elasto-plastice ce determină dezancorarea dizlocațiilor și deplasarea lor în structuri cristaline.[5]

Efectul ultrasonic termo-pelicular- Activarea ultrasonică determină la nivelul suprafeței laterale de contact a concentratorului cu topitura formarea unui strat subțire de material polimeric supraîncălzit ce favorizează curgerea materialului plastic prin orificiul de injectare.

În urma rezultatelor obținute mai sus, am realizat o comparație între procesul clasic de transfer al rășinii în matriță, RTM (figurile 6-9) și același proces RTM, însă folosind ultrasunete. Acestea din urmă oferă următoarele avantaje:

- activarea ultrasonică este o soluție viabilă în vederea ameliorării capacității de umplere a cavităților de formare și a îmbunătățirii calității pieselor injectate. Rezultă o umplere corectă, completă, deci având în vedere graficul FILL (conform analiza Moldflow- figura 6) se reduce timpul de umplere al cavității de injectare;

- ultrasunetele conduc la o legătură mai strânsă și mai bună a materialului compozit cu elementul de ranforsare (fibra de sticlă);

- se reduce presiunea de lucru (în comparație cu presiunea din graficul PRESSURE- figura 7) și scade numărul liniilor de sudură apărute;

- scăderea riscului de solidificare prea rapidă a materialului, deci apariția a cât mai puține capcane de aer pe suprafața piesei și o posibilă creștere a temperaturii;

Toate acestea sunt concluzii obținute în urma simulării, deci concluzii teoretice. Practic, rezultatele pot fi diferite. Astfel, ofer noi direcții de cercetare experimentală a transferului rășinii în matriță folosind ultrasunetele.

6. Concluzii privind utilizarea ultrasunetelor în procesul de transfer al rășinii în matriță

Contribuția originală este simularea unui proces de transfer în matriță a unei piese de tip Semițeavă scurtă- modelată 3D- și determinarea avantajelor pe care le oferă utilizarea ultrasunetelor în acest proces.

În concluzie, metoda folosirii ultrasunetelor în procesul de transfer al rășinii în matriță este o metodă eficientă, cu multe avantaje, dintre care cel mai important fiind formarea unei legături strânse a materialului compozit cu elementul de ranforsare, ceea ce conduce la creșterea calității piesei rezultate.

7. Bibliografie

- [1]. Ion, S., Opran, C., Lamanna, G.; 2020; “*Mathematical Model of Vacuum -Resin Transfer Molding for Polymeric Composites Products*”, Macromolecular Symposia, Vol.389, 2070003; WILEY -VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 69469, Weinheim; International Conference on Design and Technologies for Polymeric and Composites Products- POLCOM 2019, 10-11 October 2019, Bucharest, Romania; DOI: 101002/masy.201900108; pp.1900108 (1-3of 3);
- [2]. Opran, C., “*Tehnologii de injecție în matriță, Tehnologii de injecție în matriță a produselor din compozite polimerice*”, Editura Bren, București, România, pp.252; ISBN 978-606-610-201-8 pp.253;
- [3]. Opran, C., Marinescu, A., Ovidiu, B., “*Researches on Mathematical Modeling of Specific Phenomena in Resin Transfer Molding Technology*”, International Workshop “Trends and Research in Composites Materials Recycling”, TRECRY 2007, 11-12 October 2007, Brasov, Romania, pp.38-44;
- [4]. Riza, I.; Opran, C.; 2019; “*Methods and Special Functions Bessel and Kummer Applied in Composites Diffusion Modelling*”; Materials Science Forum; ISSN: 1662-9752, Vol.957; Trans Tech Publications, Switzerland; International Conference on Design and Technologies for Polymeric and Composites Products- POLCOM 2018, 1-2 November 2018, Bucharest, Romania; doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.957.465; pp.465-474;
- [5]. Rozenberg, L.D., “*Physical principles of ultrasonic technology*”, Vol I, II, Plenum Press, NY 1973;
- [6]. Sîrbu, N.A., Iclănzan, T., Oancă, O., “*Construction particularities of the ultrasonic equipments for flow activation of polymeric media, in the extrusioninjection processes*”, Rev. BID, nr. 4/2008;
- [7]. Stan D., Șerban I., Tulcan L., Turc C., Tulcan A., “*Thermoplastics Extrusion Die with Ultrasonic Thermo-Pellicular Effect*”, Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems & Sustainable Development, 2010.

SOLUȚIE CONSTRUCTIVĂ PENTRU TĂIEREA POLISTIRENULUI

CONSTRUCTIVE SOLUTION FOR POLYSTYRENE CUTTING

LAZĂR¹ M. Marius¹ BULGARIU² G. Gabriel Florin² și DARIE³ D. David-Hariton³
¹Facultatea:IMST, Specializarea:IPFP, IAAC, IEMA Anul de studii:II,
e-mail: :lazarmarius182@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Tom SAVU**

ABSTRACT: This paper presents the objectives of the dissertation, what was realized by now. The concepts are evaluated and one of them is selected. In the detailed design, it begins the calculation in terms of functionality (required motor power, current intensity required to heat the wire to a set temperature, forces inside the wire, speed calculation).The methodology for establishing the processing parameters (feed rate, temperature) is presented.

CUVINTE CHEIE: lungimea firului variabilă, geometrii complexe.

1. Introducere

Se prezintă o soluție inovativă de echipament pentru tăierea polistirenului. Polistirenul este un material polimeric, slab transparent, amorf sau cristalin, termic prelucrabil. Polistirenul este unul din cele mai răspândite tipuri de masă plastică, cu un consum mondial (semnificativ) de miliarde de kilograme pe an [1]. Echipamentul prezintă următoarele avantaje: poate realiza forme complexe, deoarece dispozitivul este gândit a se atașa unui braț robotic, având mai multe grade de libertate (în funcție de brațul pe care se va atașa); lungimea activă a firului este variabilă, poate avea astfel acces în zone mai înguste ale pieselor de prelucrat, măbind astfel gama de repere realizabile; firul nu este static, acesta rulează continuu, astfel uzura este distribuită uniform pe toată lungimea acestuia, crescând durata de viață a firului. În cadrul acestei lucrări sunt dezvoltate ultimele două aspecte.

2. Stadiul actual al realizării disertației

Până în acest moment au fost realizate: marketingul strategic al produsului, realizarea conceptului general de funcționare și generarea conceptelor.

S-a realizat schema electrică generală a echipamentului.

3. Selectarea conceptului

Pentru a putea selecta un concept într-un mod cât mai corect și pentru a păstra un echilibru între costurile produsului și valoarea adăugată de acesta se vor parcurge următoarele etape:

- Trierea conceptelor;
- Evaluarea conceptelor.

Trierea conceptelor

În cadrul acestei etape, din cele zece concepte realizate de membrii echipei, se vor selecta trei dintre acestea pentru a fi ulterior evaluate. Pentru aceasta se va folosi metoda matricei decizionale. Matricea compară mai multe elemente pe baza unor criterii. Criteriile se aleg în funcție de caz. În cazul de față, ținând cont de natura conceptelor, se stabilesc următoarele criterii de selectare:

- Cr1- Simplitatea operării;
- Cr2- Ușurința folosirii;
- Cr3- Fiabilitatea;
- Cr4- Design și ergonomie;
- Cr5- Universalitatea;
- Cr6- Ușurința fabricării;
- Cr7- Cost.

Conceptul de referință se alege a fi conceptul 1, deoarece este cel mai simplu și cel mai ieftin. Conceptul de referință va avea la toate criteriile ”0”, iar celelalte concepte ”+”, ”-” sau ”0”, în funcție de situație. În continuare se realizează matricea decizională.

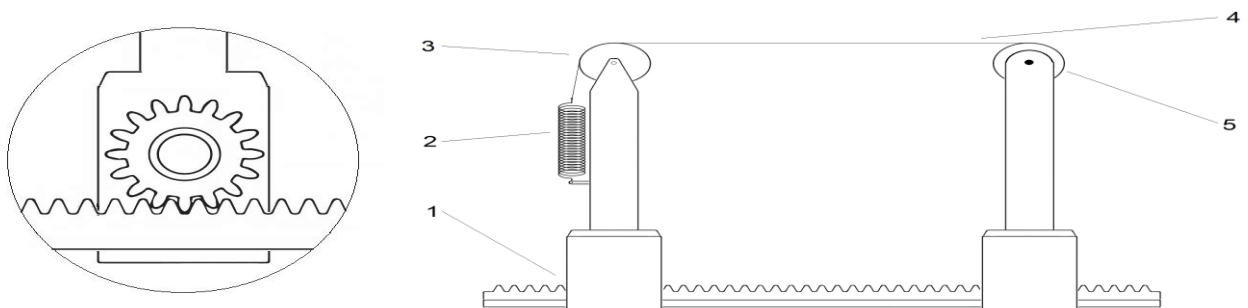
Tabel 3.1. Matricea decizională

Criteriu de selecție	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Cr1	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cr2	0	+	0	+	-	0	+	+	+	+
Cr3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Cr4	0	+	+	-	0	+	+	+	+	+
Cr5	0	+	+	+	+	+	+	0	0	+
Cr6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	0	1	0	-1	-2	0	1	0	0	2
Rang	3	2	3	4	5	3	2	3	3	1

Conceptele ce vor intra în etapa de evaluare sunt C10, C7 și C2.

O mare parte din conceptele prezentate în tabel au fost realizate în cadrul lucrărilor anterioare. În continuare se prezintă rezultatele din urma etapei de triere.

Concept 2 Capăt de tăiere cu sistem de reglare cu cremalieră

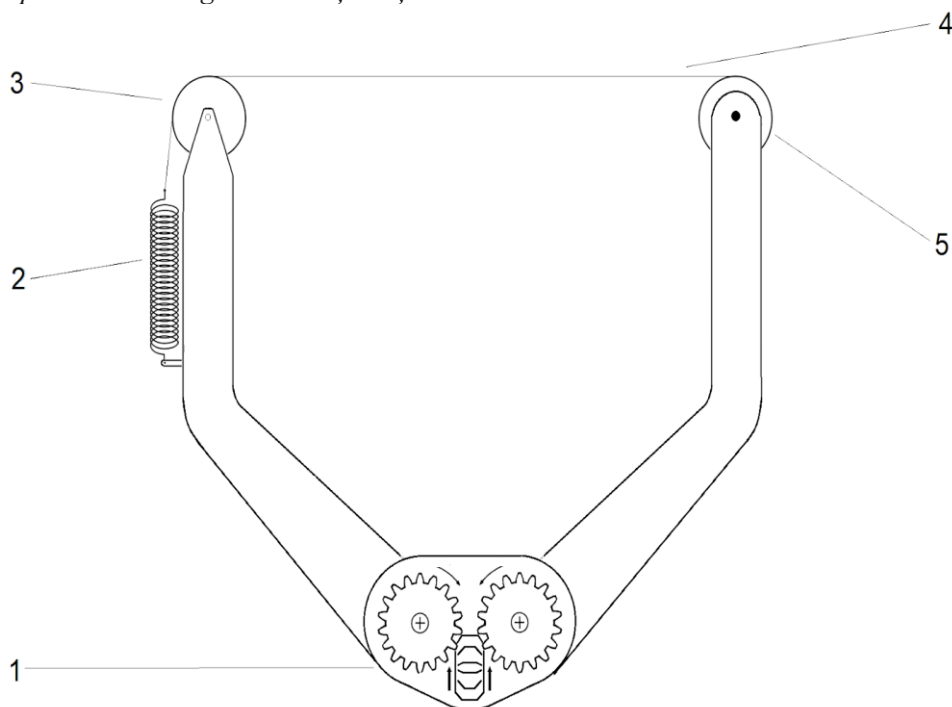


1. Cremaliera; 2. Arc tensionare fir; 3. Roata; 4. Fir; 5. Bobina fir;

Fig. 3.1. Capăt de tăiere cu sistem de reglare cu cremalieră

Pentru a putea tăia polistiren cu o precizie bună, firul trebuie să fie întins, pentru aceasta se prevede arcul de tensionare 2. În spatele brațelor de susținere se află motoare pas cu pas ce acționează roțile dințate, roți ce vor rula pe cremalieră astfel variind lungimea firului. În spatele bobinei cu rulează firul se află un motor ce realizează mișcarea de rotație a bobinei, astfel să ruleze sau să elibereze fir în funcție de sensul variației lungimii firului.

Concept 7 Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate



1. Sistem central de reglare dimensiuni; 2. Arc tensionare fir; 3. Roată; 4. Fir; 5. Bobină fir;

Fig. 3.2. Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate

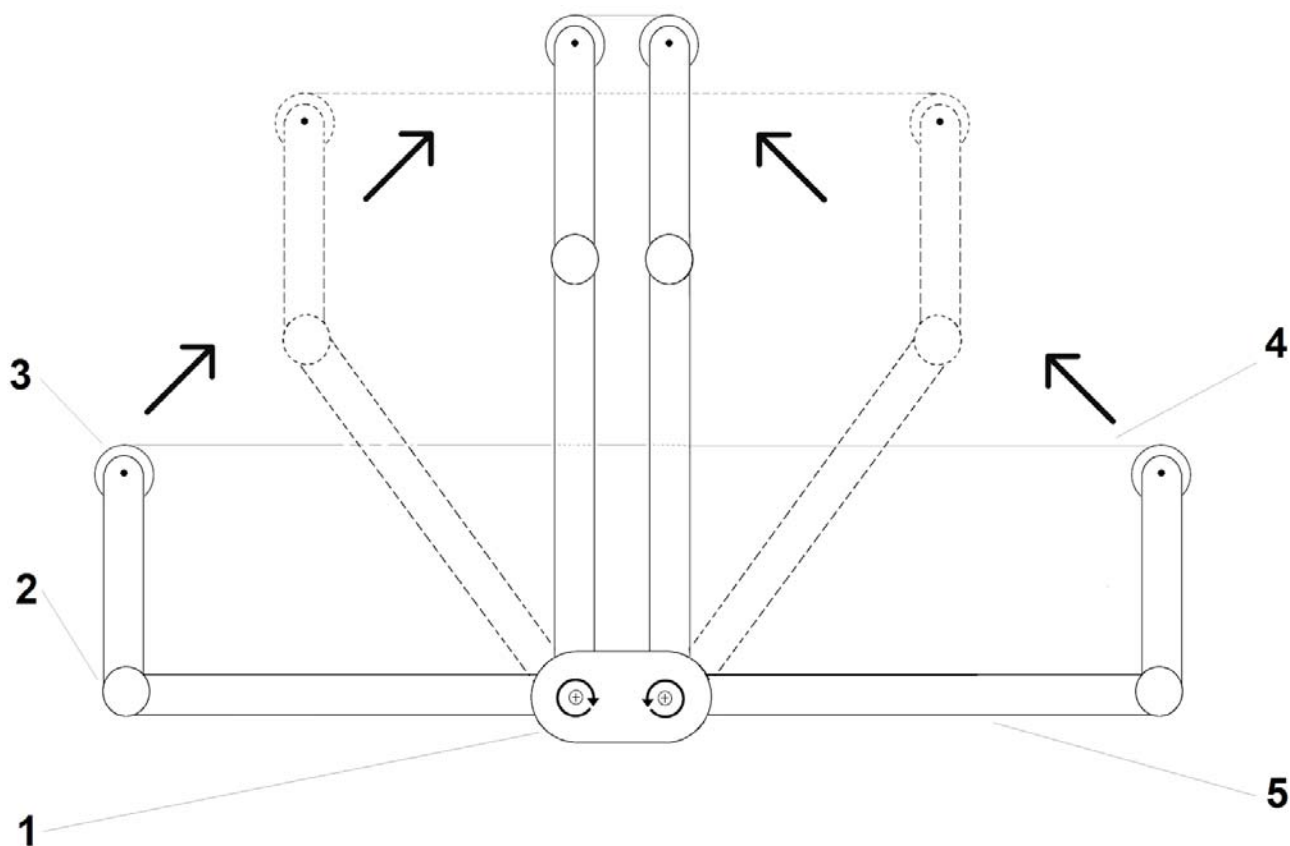
Avantaje:

- Dimensiunea zonei de tăiere la apropierea maximă a brațelor este mult mai mică decât la celelalte variante;
- Accesul ușor în zone de dimensiuni reduse și aproape de masa de lucru;
- Manevrabilitate crescută;
- Posibilitatea ajustării adâncimii de tăiere;
- Este nevoie de un singur motor pentru reglarea brațelor;

Dezavantaje:

- La depărtarea maximă a brațelor zona de tăiere este foarte aproape de trunchi, astfel adâncimea de tăiere este redusă;

Concept 10 Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate și curele de transmisie



1. Angranaj roți dințate; 2. Arc tensionare fir; 3. Roata; 4. Fir; 5. Bobina fir;

Fig. 3.2. Capăt de tăiere reglabil cu roți dințate și curele de transmisie

La baza dispozitivului se prevede un angrenaj cu roți dințate cilindrice drepte. Pe una dintre acestea este asamblată cu un motor pas cu pas. Brațele sunt fixate pe roți. În momentul rotației axului motorului, roțile angrenează, astfel realizându-se deplasarea brațelor lungi. Pe brațele lungi se află un angrenaj cu roți dințate și curea de transmisie. Roțile dințate sunt dispuse la capete brațelor lungi. Cea ce la baza brațului primește mișcare de rotație de la un servomotor. Mișcarea de rotație va fi transmisă la cealaltă roată prin intermediul unei curele dințate. Cele două brațe scurte, sunt asamblate cu roțile dințate ce primesc mișcarea de rotație. În momentul în care roțile conduse primesc mișcarea de rotație, se realizează deplasarea brațelor secundare (scurte).

În urma matricei de evaluare a conceptelor rezultă că va fi dezvoltat conceptul C10.

4. Proiectarea detaliată

Au fost identificate următoarele probleme ce trebuie rezolvate în cadrul proiectării produsului:

- dimensionarea componentelor din punct de vedere dinamic;
- calculul cuplului necesar al motorului electric;
- alegerea materialelor care să permită izolarea electrică a firului, față de restul ansamblului;
- alegerea de materiale izolante termic;
- determinarea intensității necesare a curentului pentru a atinge temperatura optimă de prelucrare;
- determinarea forței necesare pentru întinderea firului;

Dimensionarea dispozitivului

Se realizează modelul 3D al unui dispozitiv. Construcția dispozitivului actual a fost realizată după cerințele pieței, fiind nevoie ca acesta să poată realiza o gamă largă de piese atât ca dimensiuni cât și complexitate.

Un prim model al DTFI (dispozitiv de tăiere cu fir încins) este prezentat în figura 4.1.

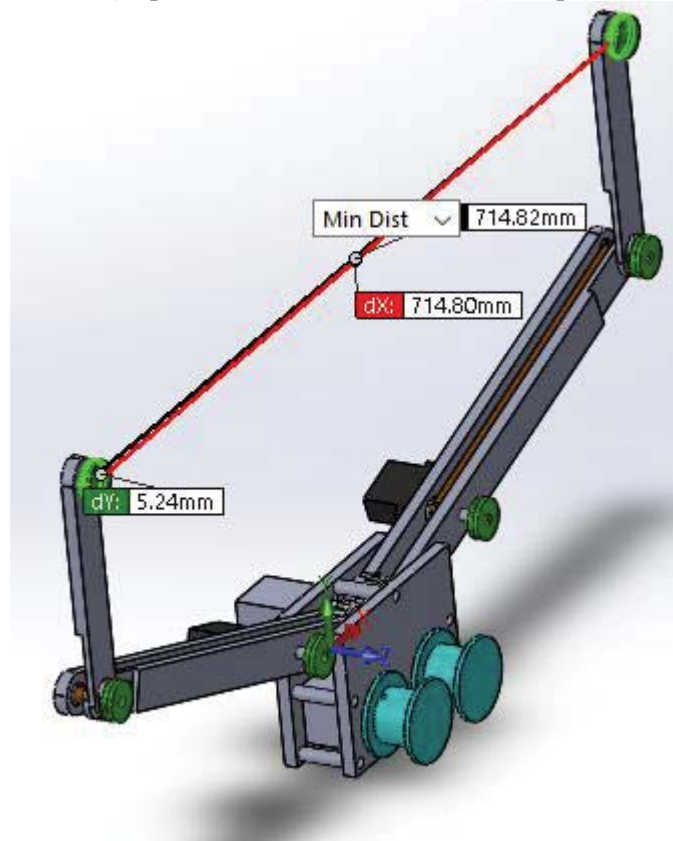


Fig. 4.1. Prototip 3D al DTFI

Calculul cuplului necesar al motorului

Diagrama de echilibru de forțe și momente a dispozitivului este prezentată în figura 4.2. După modelarea DTFI, urmează alegerea motoarelor. Pentru aceasta este nevoie a se calcula cuplul necesar.

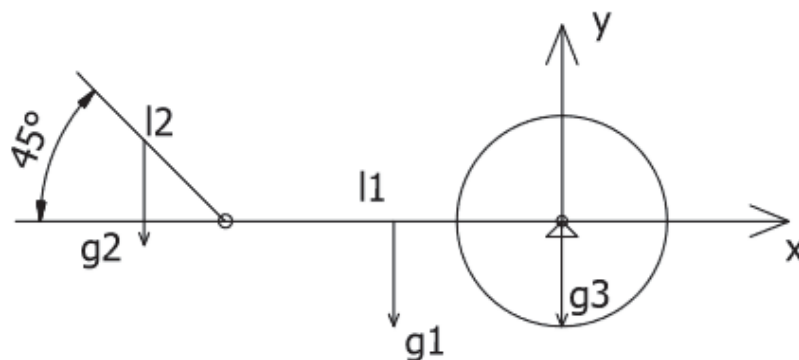


Fig. 4.2. Diagrama de echilibru de forțe și momente a dispozitivului

Momentul necesar va fi egal cu suma momentelor dezvoltate de fiecare component în parte. Există mai multe variante de calcul al momentului rezultat, ori se calculează fiecare moment și se adună acestea, ori se calculează centrul forțelor paralele și se calculează momentul. Centrul forțelor ce acționează, este același cu centrul de greutate al brațelor și se calculează cu ajutorul formulelor:

$$X_c = \frac{\sum x_i * l_i}{\sum l_i} \quad [2] \quad (1)$$

$$X_c = \frac{\sum F_i * x_i}{\sum F_i} \quad [2] \quad (2)$$

Se va folosi formula (1), pentru calcularea centrului de greutate de unde acționează forța rezultantă. Se calculează suma forțelor pe axa X:

$$\sum F_x = g_2 * \cos(45) + 2 * g_1 + g_3$$

$$\sum F_x = 0,13 * 0,7 + 2 * 0,6 + 0,07 = 1,361 \text{ Kg} = 13,61 \text{ N}$$

Pentru calcularea maselor s-a folosit programul SolidWorks, utilizând densitățile aferente pentru materialele componente.

Se calculează

$$\sum l_i = 400 + 200 = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$\sum x_i * l_i = 200 * 400 + [(\cos(45) * 200 + 400) * 200] = 174000.$$

Înlocuind în formula (1) rezultă: $\frac{174000}{600} = 290 \text{ mm} = 0,29 \text{ m}$.

Momentul necesar este: $13,61 \text{ N} * 0,29 \text{ m} = 3,94 \text{ Nm}$. Ținând cont că dispozitivul are două brațe, aceste momente se dublează. Deci cuplul necesar ce trebuie dezvoltat este de $7,88 \text{ Nm}$, pentru siguranță se rotunjește la 8 Nm .

În continuare se va realiza calculul dinamic al forțelor dispozitivului. Acest calcul ține cont de accelerațiile componentelor și de momentele de inerție ale acestora. În urma calculului dinamic, cuplul necesar va crește

Fiindu-ne necesar un motor ce are cuplul mai mare de 8 Nm , necesar angrenării roților dințate, am realizat un scurt studiu de piață, iar în urma acestuia am clasificat trei variante.

Prima ar fi să achiziționăm cu motor cu cuplul de peste 8 Nm .

A doua soluție ar fi să achiziționăm un motor cu cuplul mic, dar să amplificăm cuplul cu ajutorul unui reductor. Există reductoare planetare, care amplifică cuplul până la 42 de ori (fig. 4.3).

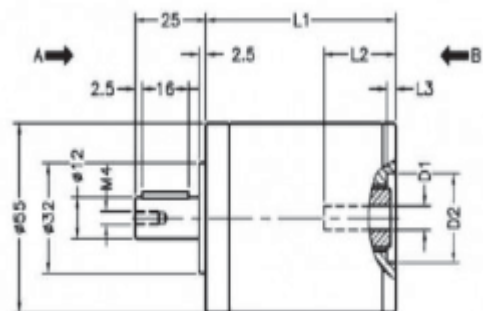


Fig. 4.3. Reductor planetar [3]

Cu acest reductor planetar, cuplul motorului al unuia dintre cele mai accesibile motoare, de 0,43Nm devine 18 Nm.

O altă soluție mai poate fi mărirea diametrelor roților ce angrenează și de a adăuga o altă roată mai mică, la care va fi conectat motorul, astfel se va putea amplifica cuplul.

Se va alege o soluție în urma unui studiu tehnico-economic.

Calculul intensității de curent

Din literatura de specialitate s-a constatat că temperatura de lucru a firului este de 250⁰ C[4]. Metoda prin care vom încălzi firul este de a introduce curent electric în acesta.

Temperatura crește în funcție de rezistența materialul.

Formula rezistenței este următoarea:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [5] \quad (3)$$

Se observă că lungimea și aria secțiunii transversale a firului influențează direct rezistența firului.

Aria secțiunii nu se modifică în timpul prelucrării, dar lungimea firului este variabilă. Conform formulei, rezistența firului va scădea în funcție de lungimea firului, astfel va diferi și temperatura de lucru, făcând procesul de prelucrare instabil. Pentru a stabili procesul, în fir trebuie variată și cantitatea de curent ce este introdusă.

Pentru a calcula intensitatea curentului necesar se pornește de la formulele:

$$R = \frac{U}{I} \quad [5] \quad (4)$$

$$\rho = \rho_0 (1 - \alpha \Delta T) \quad [6] \quad (5)$$

Modelul matematic pentru intensitate devine:

$$I = \frac{U * A}{\rho_0 [(1 - \alpha(T - T_0))]l} \quad (6)$$

Se observă că singurul element ce va fi variabil este lungimea, astfel intensitatea se va modifica după caz menținând o temperatură de prelucrare constantă.

Determinarea parametrilor regimului de prelucrare

Parametrii regimului de prelucrare sunt temperatura de lucru a firului și viteza de avans.

Pentru a-i corela, s-a achiziționat un dispozitiv de tăiere manual și polistiren EPS80.

Pentru a cunoaște viteza de avans, dispozitivul se montează pe un router CNC (figura 4.4).

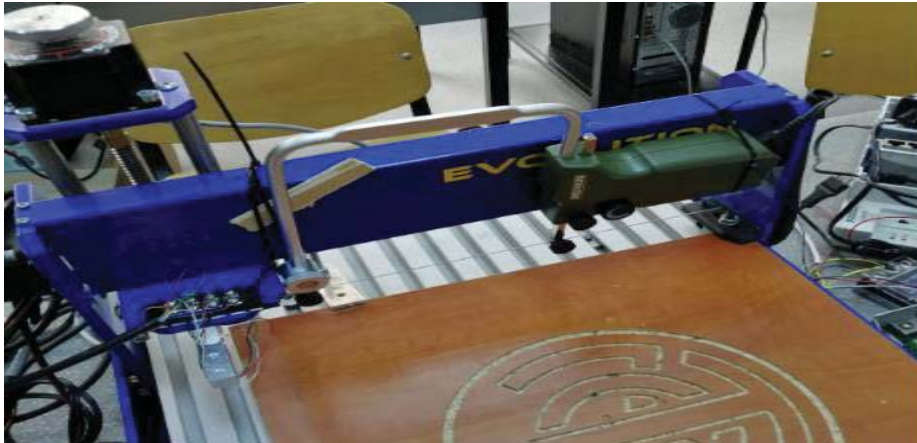


Fig. 4.4. Mașină de tăiat manual montată pe router CNC

5. Concluzii

În viitorul apropiat ne propunem să realizăm calculul dinamic al echipamentului, pentru a determina cuplul necesar acționării acestuia.

Se va determina un interval de forțe necesar pentru întinderea firului și deplasarea acestuia de la o bobină la alta.

Unul dintre cele mai importante task-uri pe care le avem este acela de a corela mișcarea firului de pe rola derolatoare pe rola rulantă, asta în timp ce distanța dintre brațe poate varia în funcție de geometria modelului de prelucrat.

Ne mai propunem să stabilim parametrii regimului de prelucrare în mod experimental (temperatura de lucru a firului, viteza de avans).

6. Bibliografie

- [1]**, Polistiren, <https://ro.wikipedia.org/wiki/Polistiren> (accesat la 26.10.2019);
- [2] Alexandru Darabont, Dab Văiteanu, Marius Munteanu, *Mecanică Tehnică*, Scrisul Românesc, 1983;
- [3]**, Reductor planetar, <https://www.dioda.ro/reductoare/179-reductor-planetar-cu-flansa-de-prindere-nema-23.html> (accesat la 1.05.2020);
- [4]**, Temperatura de lucru, <https://www.heatersplus.com/nichrome.html> (accesat la 12.04.2020);
- [5]**, Rezistivitate electrică, https://ro.wikipedia.org/wiki/Rezistivitate_electric%C4%83 (accesat la 12.04.2020);
- [6]**, Coeficientul de temperatură, https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_coefficient (accesat la 12.04.2020).

SISTEM DE AVANS PENTRU MICROPRELUCRĂRI ELECTROCHIMICE

FEED SYSTEM FOR ELECTROCHEMICAL MICROPROCESSING

TÎRTEA Bogdan-Alexandru, BUZEA Silviu-Petrișor

Facultatea: IIR, Specializarea: INPN, Anul de studii: I, e-mail: bogdantirtea@yahoo.com

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. **Daniel GHICULESCU**

ABSTRACT: This paper presents a new and innovative industrial product for the micro-electrochemical machining sector. It represents a feed system for the tool electrode with the possibility of moving on the vertical axis with a minimum value of $\Delta = 0,2 \mu\text{m}$. This value was gathered after extensive search in the industry, to find its main demands for precision micromachining, and also by analyzing the current state of this sector along with a few competitors. This product addresses small enterprises specialized in the micromachining domain who use these technologies to produce special pieces for the most demanding industries, including aerospace, military, medical and so on. This sector is a very competitive one, because often times these small companies sell their products to bigger companies who need those pieces, like the airplane makers, who often externalize such production. This is why products like the one presented in this paper are very important for these small businesses, who have to meet expectations but also keep the costs to a minimum.

CUVINTE CHEIE: ECM – prelucrări electrochimice; μECM – microprelucrări electrochimice.

1. Introducere

De-a lungul timpului, în domeniul tehnologic, s-a manifestat o continuă micșorare a dimensiunilor produselor obținute datorită nevoilor de miniaturizare din diversele industrii aferente, precum industria aerospațială, auto, militară, medicală și bijuterii. Aceste industrii au beneficiat foarte mult datorită noilor tehnologii bazate pe utilizarea unor piese mai mici, mai ușoare, mai compacte și, implicit, mai performante.

Obținerea acestor piese se face prin așa-numitele microprelucrări. Acestea reprezintă variante ale procedeelor deja existente, precum prelucrarea cu laser, electroeroziune, electrochimie. Toate acestea au fost implementate deja cu succes în industria aerospațială, datorită avantajelor considerabile precum uzura redusă sau inexistentă a sculei, precizia foarte bună de prelucrare, rugozitatea foarte mică obținută, productivitatea la nivel industrial și faptul că duritatea piesei nu contează. Dintre acestea, prelucrările electrochimice se remarcă în mod special datorită faptului că nu formează microfisuri la nivelul suprafeței prelucrate, ceea ce le conferă un avantaj foarte important în dezvoltarea lor în viitor și explică ponderea lor ridicată de folosire în industria aerospațială și auto. [1]

Prelucrarea electrochimică, a fost propusă pentru prima dată în 1929 de către V.N.Gusseff, care în invenția sa brevetată în Marea Britanie, enunță diferite particularități ale procedurii, aproape identice cu procesul în etapa lui actuală de dezvoltare. Cu toate avantajele evidente ale acestui procedeu, a fost nevoie de aproape 20 ani ca dezvoltarea tehnică să-l impună ca metodă de prelucrare și să-i asigure – în multe cazuri – prioritatea în raport cu metodele clasice. [2]

Datorită preciziei slabe obținute în raport cu alte procedee de prelucrare și a poluării excesive, ECM a fost oarecum ignorat în anii '90, dar după descoperirea variantei la nivel micro la începutul anilor 2000, ECM a devenit din nou o tehnologie relevantă și s-au dezvoltat de asemenea și alte variante ale procedurii, mai eficiente, care au ridicat considerabil utilizarea acestei tehnologii. Aceste noi variante includ asistarea cu ultrasunete, detoxifierea electrolitului precum și prelucrarea cu jet de electrolit. [3]

În prezent, cel puțin 50-60 % din totalul pieselor pentru aeronave, rachete sunt realizate prin ECM și diverse variante ale acesteia, iar 70% din piesele care intră în componența sateliților artificiali și a aparatelor interplanetare sunt realizate numai prin aceste tehnologii. [2]

2. Stadiul actual

Odată cu dezvoltarea sistemelor micro-electro-mecanice (MEMS), microprelucrările au ajuns să fie un domeniu din ce în ce mai important. Structurile metalice miniaturizate au o folosire foarte diversă în multe industrii importante, precum cea aerospațială, militară, medicină etc. Unul dintre procedeele de microprelucrare ce a cunoscut o utilizare din ce în ce mai mare odată cu descoperirea sa este reprezentat de microprelucrarea electrochimică (μ ECM).

Acest procedeu prezintă numeroase avantaje, precum inexistența uzurii sculei, nedependența de duritatea piesei, precizia foarte bună de prelucrare și, în special, lipsa microfisurilor lăsate pe piesă în urma prelucrării. Datorită acestor avantaje, s-a pus accent pe acest procedeu în cercetare-dezvoltare, atât pe tehnologie, cât și pe echipamentul respectiv. Un astfel de echipament de μ ECM este prezentat în figura 1. [5,6]

Acesta reprezintă un echipament tipic de μ ECM, cu toate componentele aferente, cum ar fi sursa de curent pulsatoriu, sistemul de pompare al electrolitului și sistemul de avans al electrodului-sculă.

Una dintre principalele provocări ale procesului de μ ECM este reprezentată de menținerea constantă a valorii interstițiului de prelucrare. Din tabelul 1 se poate observa o scădere considerabilă a interstițiului de prelucrare odată cu trecerea la μ ECM, ceea ce conduce implicit la modificarea unei componente a instalației pentru a menține constant interstițiul de prelucrare cu valorile cerute.

Componenta la care se face referire este reprezentată de sistemul de avans al electrodului-sculă. Acesta se ocupă cu gestionarea interstițiului de lucru și reprezintă un ansamblu de mai multe piese, fiecare cu un anumit rol și cu o anumită funcție îndeplinită, detaliate.

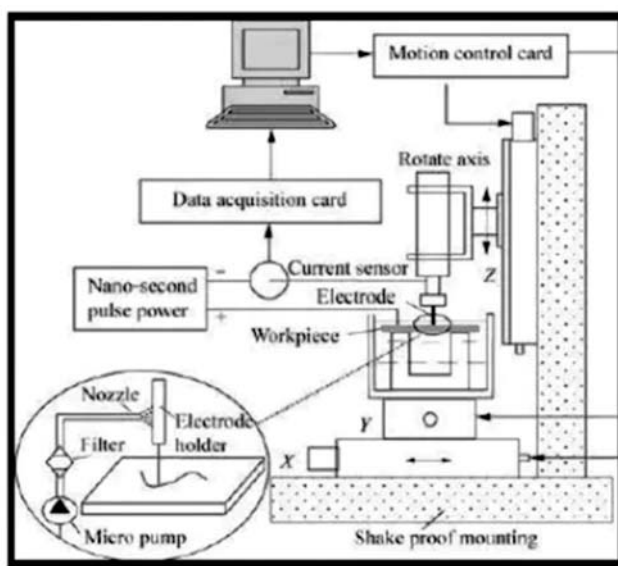


Fig. 1. Schema unui sistem de μ ECM [6]

3. Marketing strategic al produsului

Acest sector al microprelucrărilor este unul foarte competitiv, întrucât este compus din întreprinderi mici și mijlocii, specializate pe un anumit tip de piese obținute sau pe un anumit tip de tehnologie folosită, care realizează produse destinate în principal multinaționalelor din industria aerospațială. Acestea trebuie să practice o îmbunătățire continuă a calității pieselor dar și a proceselor utilizate, menținând în același timp costurile la un nivel cât mai mic. Prelucrarea electrochimică și varianta sa micro reprezintă o tehnologie care oferă aceste posibilități acestor firme, de aceea având o pondere mare în principalele industrii precum cea aerospațială.

3.1 Identificarea clienților

Pe baza unei analize a pieței, s-au determinat clienții țintă ai produsului sistem de avans pentru microprelucrări electrochimice. Aceștia sunt reprezentați de firme mici, clasificate ca IMM-uri, localizate

în România și specializate în diverse industrii (aerospațială, ștanțe și matrițe, militară, medicală, auto etc.). Motivul principal pentru determinarea acestor firme ca potențiali clienți este reprezentat de specializarea lor în microprelucrări în industriile principale specifice μ ECM. Tabelul 1 prezintă detaliile acestor firme, precum adresa lor și industria pe care sunt specializate fiecare.

Tabel 1. Lista clienților țintă

Nr. Crt.	Denumire	Adresă	Industrie
1	Fermit Ștanțe și Matrițe	Aleea Industriei, Nr. 1, Râmnicu Sărat	Ștanțe și matrițe
2	ICTCM SA	Șoseaua Olteniței, Nr. 103, Sector 4, București	Cercetare și dezvoltare
3	Electroprecizia automotive equipment SRL	Strada Parcului, Nr. 18, Săcele	Auto
4	Biotechnik SRL	Strada Transilvaniei, Nr. 14B, Cismădic	Medicală
5	West Metal SRL	Str. Aurel Păunescu-Podeanu, Nr. 146A, Timișoara	Aeronautică, auto
6	LasPin Technology	Str. Garoafei, Nr. 1A, Sector 5, București	Aeronautică

3.2. Date despre produse concurente

Produsele concurente de pe piață sunt reprezentate de echipamente, instalații de prelucrare prin μ ECM, cu referire la sistemul de avans al electrodului sculă. Produsele concurente cât și specificațiile acestora sunt dispuse în tabelul 2. [7,8,9]

Tabelul 2. Lista produselor concurente

Nr. Crt.	Firma producătoare	Denumire, model echipament	Deplasarea minimă pe axa Z, Δ [μ m]
1	INDEC	Mașină de ECM Bet8000-2D	2
2	EMAG	Mașină de μ ECM PO 900 BF	0,5
3	PEMTec	Mașină de μ ECM PEM 800 S	0,2

Pentru sistemul de avans cea mai importantă specificație este valoarea deplasării minime pe axa Z a electrodului sculă. Aceasta este o caracteristică de tipul “smaller the better”, cu cât mai mică cu atât mai bine. Din analiza competitorilor, rezultă că pentru a fi competitiv pe piață și a aduce în același timp o inovare, valoarea acestei deplasări trebuie să fie de $\Delta = 0,2 \mu\text{m}$.

4. Proiectarea conceptuală

În cadrul acestui capitol este evidențiat algoritmul parcurs pentru a ajunge în final la un concept optim de produs, care să atingă obiectivul principal, ci anume deplasarea $\Delta = 0,2 \mu\text{m}$.

4.1 Analiza funcțiilor produsului

Funcțiile produsului sunt de mai multe feluri, de la funcția generală, care este formată din mai multe funcții principale, care la rândul lor determină mai multe funcții secundare. Deoarece sistemul de avans este un produs industrial, funcțiile sale s-au determinat în funcție de cerințele acelor industrii.

Funcția generală reprezintă ansamblul însușirilor produsului pentru satisfacerea cerințelor respective. Pentru sistemul de avans, funcția generală este de a menține interstițiul de prelucrare la o valoare optimă, precizată în funcție de cerințele procesului de μ ECM.

Funcțiile principale reprezintă însușiri ale sistemului de avans ce determină funcția lui generală.

Funcțiile secundare reprezintă interacțiunile dintre funcțiile principale între ele, caz în care se numesc interacțiuni interne sau cu mediul înconjurător, caz în care se numesc interacțiuni externe. Tabelul 3 prezintă toate aceste funcții.

Tabelul 3. Funcțiile produsului

Nr. Crt.	Funcții primare	Funcții secundare
1	Deplasarea incrementală pe verticală a electrodului sculă	<ul style="list-style-type: none"> • Montarea motorului; • Strângerea șuruburilor motorului; • Montarea cuplajului elastic;

Nr. Crt.	Funcții primare	Funcții secundare
		<ul style="list-style-type: none"> • Montarea șurubului conducător; • Montarea lagărului; • Montarea coloanei.
2	Ghidarea coloanei pe verticală	<ul style="list-style-type: none"> • Montarea carcasei bușei; • Strângerea șuruburilor; • Fixarea bușei cu bile.
3	Transformarea mișcării de rotație în mișcare de translație	<ul style="list-style-type: none"> • Montarea șurubului cu bile/role.
4	Preluarea rotației coloanei	<ul style="list-style-type: none"> • Montarea axului rolei; • Montarea suportilor rolei de urmărire; • Fixarea rolei de urmărire.
5	Reglarea perpendicularității	<ul style="list-style-type: none"> • Verificarea perpendicularității coloanei cu un comparator cu palpator; • Ajustarea coloanei.
6	Reglarea înclinării	<ul style="list-style-type: none"> • Desfacerea șuruburilor pentru reglarea înclinării; • Rotirea suportului în poziția dorită; • Strângerea șuruburilor pentru reglarea înclinării.
7	Reglarea pe verticală	<ul style="list-style-type: none"> • Desfacerea șuruburilor pentru reglarea pe verticală; • Deplasarea suportului pe verticală; • Strângerea șuruburilor.
8	Divizarea incrementului unghiular al motorului	<ul style="list-style-type: none"> • Montarea driverului digital al motorului.
9	Prinderea electrodului sculă	<ul style="list-style-type: none"> • Fixarea electrodului sculă în mandrină/bușă elastică.
10	Prinderea întregului sistem de avans	<ul style="list-style-type: none"> • Așezarea pieselor pe găurile șuruburilor suportului sistemului de avans; • Strângerea șuruburilor.
11	Prinderea pe suportul care se va așeza pe canalele T ale mașinii-unelte	<ul style="list-style-type: none"> • Alinierea găurilor suportului sistemului de avans cu găurile suportului mașinii; • Strângerea șuruburilor.
12	Realizarea prelucrărilor μ ECM	<ul style="list-style-type: none"> • Așezarea suportului pe canalele T ale mașinii-unelte; • Strângerea șuruburilor.

S-au stabilit, de asemenea, funcțiile critice, cele responsabile de succesul comercial al produsului și care rezultă din cerințele de importanță maximă ale industriilor, în cazul nostru fiind vorba de funcțiile 1,5,6,7,8,12.

4.2 Fenomene care stau la baza procesului de μ ECM

ECM este utilizată numai la prelucrarea metalelor și aliajelor și are la bază fenomenul de dizolvare anodică, ce este însoțit de reacțiile chimice de electroliză dintre piesă și electrodul utilizat. [2]

Acest ansamblu determinat de piesă, electrodul sculă și mediul de lucru – electrolitul – precum și sursa de curent se numește celulă electrolitică 1 – fig. 2. [10]

În spațiul dintre anod (piesa, 8) și catod (electrodul sculă, 3) de prelucrare (interstițiul de prelucrare – s), au loc fenomenele care stau la baza legilor electrolizei, datorită trecerii curentului prin electrolit 2. Sub acțiunea tensiunii electrice U din interstițiu ia naștere un câmp electric E dirijat de la anod spre catod. Intensitatea câmpului electric se determină cu relația (1):

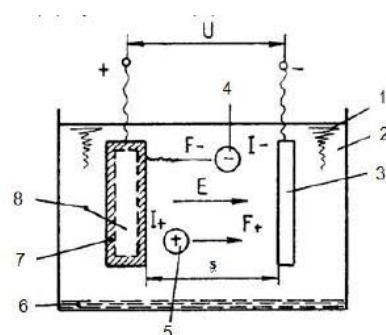


Fig. 2. Schema generală a procesului ECM [2]

$$E = U/s \quad (1)$$

Ionii pozitivi 5 și negativi 4, existenți în electrolit, sunt acționați de forțele electrostatice și dirijați spre polii de semn contrar ionului. La anod, ionii negativi 4 ai electrodului sculă (catodului), întâlnesc ionii pozitivi ai sculei și se formează un strat pasivizat (neutru electric). Acesta se îndepărtează pentru a continua prelucrarea (depasivizare). Această depasivizare se poate realiza în 3 moduri: *natural*, atunci când stratul este îndepărtat cu ajutorul forțelor rezultate din degajările de gaze sau este dizolvat în electrolit; *hidrodinamic*, cu ajutorul presiunii electrolitului (peste 20 atm); abraziv, de către particulele abrazive ale sculei, caz specific la ECM abraziv.

În domeniul tensiunilor aplicate la ECM, care sunt mai mici de 30V (tabelul 5), se respectă legile lui Faraday (legile electrolizei). La tensiuni mai mari, acestea nu se mai respectă și se intră într-o altă ramură a procesului, ci anume ECM cu tensiuni înalte.

Unul dintre cei mai importanți parametri este reprezentat de interstițiul de prelucrare. Acesta se determină cu următoarea relație:

$$s_{min} = \frac{(U-\Delta U)M\kappa}{F\rho_p v_f} \quad (2)$$

unde: U este tensiunea [V]; ΔU - căderea de tensiune din interstițiu [V]; M - echivalentul chimic al materialului de prelucrat [g]; κ este conductivitatea electrică a electrolitului [$(\Omega \text{ cm})^{-1}$]; F - numărul lui Faraday (26,8 Ah); ρ_p este densitatea materialului piesei [g/cm^3]; v_f este viteza de avans a electrodului sculă [mm/min].

Procesul de microprelucrare electrochimică – μECM , este o tehnică nouă care reprezintă practic ECM la nivel micro, adică un ECM cu un control mai strict asupra parametrilor de lucru și cu scule mai speciale. Tabelul 4 prezintă diferențele între parametrii de proces utilizați la ECM și μECM .

Tabelul 4. Parametrii ECM vs μECM [4]

Parametrii	ECM	μECM
Tensiunea	10 – 30 V	< 10 V
Intensitatea curentului	150 – 10000 A	< 1 A
Densitatea curentului	20 – 200 A/cm ²	75 – 100 A/cm ²
Tipul curentului folosit	Curent continuu	Curent pulsatoriu
Frecvența	în intervalul Hz – kHz	în intervalul kHz – MHz
Debitul de electrolit	10 – 60 m/s	< 3 m/s
Tipul de electrolit	Soluție de sare	Sare naturală sau acid diluat
Temperatura electrolitului	24 – 65 °C	37 – 50 °C
Concentrația electrolitului	> 20 g/l	< 20 g/l
Mărimea sculei	Mare spre medie	Micro
Interstițiul de prelucrare	100 – 600 μm	5 – 50 μm
Rata de îndepărtare a materialului	0,2 – 10 mm/min	5 $\mu\text{m}/\text{min}$
Mărimea interstițiului lateral	> 20 μm	< 10 μm
Precizia de prelucrare	0,1 mm	0,02 – 0,1 mm
Rugozitatea obținută	0,1 – 1,5 μm	0,05 – 0,4 μm
Toxicitate	Ridicată	Moderată

Principalele diferențe sunt:

- Cantitatea de curent impus, care este mult mai mică la μECM , datorită raportării la nivel micro;
- Tipul curentului folosit. Față de ECM, se utilizează obligatoriu curent pulsatoriu deoarece, în condițiile procesului la nivel micro, utilizarea curentului continuu ar conduce la fierberea electrolitului, fapt ce ar face imposibilă prelucrarea, deoarece electrolitul are un rol foarte important de a îndepărta adaosul de prelucrare transformat prin dizolvare anodică în compuși chimici;
- Rugozitatea obținută la nivel micro este foarte bună – 0,05 – 0,4 μm ;
- Mărimea interstițiului de prelucrare, care este de 10 ori mai mic la μECM . Sistemul de avans trebuie să fie capabil să gestioneze valori ale interstițiului de prelucrare în intervalul 5-50 μm .

Procedul μECM este destinat fabricării pieselor cu cerințe ridicate de precizie, în principal, din industria aerospațială. Aici mai există ca procedee electroeroziunea și prelucrările cu laser, toate optimizate la nivel micro. Dintre acestea, μECM are ponderea cea mai mare de utilizare și are prioritate în cercetare-

dezvoltare, datorită unui avantaj foarte important pentru această industrie foarte pretențioasă, ci anume faptul că nu produce microfisuri la nivel micro, deoarece materialul nu fierbe ca la electroeroziune și laser, ci este îndepărtat de electrolit după dizolvarea anodică. [1]

În concluzie, principalele fenomene care intervin în funcționarea sistemului de avans sunt cele legate de ECM, ci anume fenomenele electrochimice de electroliză, dar și alte fenomene uzuale care intervin în celelalte funcții de deplasare, respectiv montare și reglare a anumitor componente. Aceste fenomene sunt reprezentate de forța gravitațională, ce afectează direct deplasarea pe verticală, precum și orice montaj al unei piese deoarece tot sistemul este vertical, echilibrul de forțe ce afectează diversele reglaje de înclinare și pe verticală și frecarea, care influențează montarea diverselor componente, precum șurubul conducător, coloana în bușă cu bile etc.

4.3 Cercetare externă

Pentru a găsi diverse soluții conceptuale, s-au cercetat diverse brevete/invenții înregistrate de-a lungul timpului.

Brevet CN102513626A – Hao Tong, Long Zhang, Yong Li, China, 2012 – figura 3. [11]

Invenția se referă la un sistem de avans pentru micro-electroeroziune cu fir, care conține un sistem complet electronic cu funcție de control a poziției unghiului circumferențial al microelectrodului, rotația completă cu viteză variabilă și avansul astfel încât să permită integrarea pe o linie de fabricație. Sistemul are în componența sa un motor pas cu pas 5, conectat la driverul digital 33, care face posibilă ajustarea în timp real a poziției microelectrodului. Design-ul compat al dispozitivului de prindere al microelectrodului sculă și sistemul de ghidare al acestuia reduce distanța față de piesă, ceea ce duce la o utilizare mai mare a părții electrodului destinată prelucrării, adică o utilizare mai eficientă, deci costuri reduse cu materialul sculei. Motorul pas cu pas este rotit cu 90 grade în direcția opusă dispozitivului de prindere al microelectrodului sculă, ceea ce-l face pe acesta să se deschidă, nemaifiind nevoie de un driver electric în interior. De asemenea, rezolvă problema dispozitivului de prindere al electrodului sculă, care dacă ar fi fost închis permanent necesita să fie confecționat din plumb pentru conductivitatea electrică la driverul respectiv. Astfel, se elimină nevoia de plumb ca material al dispozitivului de prindere al microelectrodului, ceea ce duce la o fiabilitate mai bună a mecanismului.

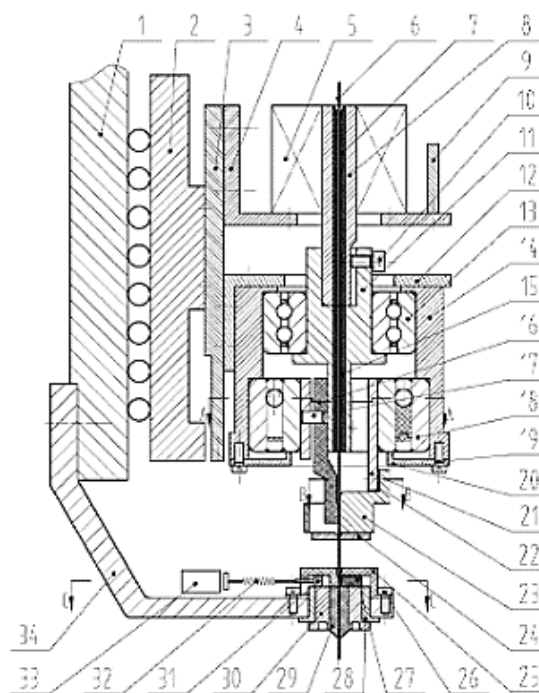


Fig. 3. Brevet CN102513626A [11]

4.4 Cercetare internă

Folosind diverse metode de stimulare a creativității, au fost identificate diverse concepte de grup, dispuse în tabelul 5. Pentru fiecare funcție aplicabilă, s-a identificat cel puțin o soluție tehnologică. Pentru 3 funcții, cea de deplasare pe verticală incrementală s-au identificat 2 tipuri de motoare, pentru funcția de transformare a mișcării de rotație a motorului în mișcare de translație s-au identificat 2 tipuri de șuruburi, iar pentru prinderea electrodului sculă s-au identificat 2 soluții tehnologice.

Tabelul 5. Concepte de grup [12,13]

Nr. Crt.	Funcții	Soluții tehnologice
1	Deplasarea incrementală pe verticală a electrodului-sculă	A1: Motor pas cu pas
		A2: Motor de curent continuu
		Coloană

Nr. Crt.	Funcții	Soluții tehnologice
2	Ghidarea coloanei	Bucșă cu bile
3	Transformarea mișcării de rotație în mișcare de translație	B1: Șurub cu bile și flanșă B2: Șurub cu role
4	Reglarea poziției sistemului de avans (înclinare, verticală)	Șuruburi
5	Divizarea incrementului unghiular al motorului	Driver digital
6	Prinderea electrodului sculă	C1: Mandrină C2: Bucșă elastică
7	Prinderea sistemului de avans	Suport sistem de avans
8	Realizarea prelucrărilor μ ECM	Suport pentru prinderea sistemului de avans pe canalele T ale mașinii-unelte

În afară de aceste soluții tehnologice, au fost identificate inițial și alte soluții constructive simple pentru celalalte funcții:

- lagăr cu rulment și piuliță pentru fixarea șurubului conducător;
- carcasă pentru bucșa cu bile pentru fixarea acesteia;
- rola de urmărire pentru preluarea rotației coloanei;
- suporturi pentru rola de urmărire;
- șuruburi pentru fixarea motorului.

Cu ajutorul conceptelor de grup identificate, s-au construit conceptele individuale. S-au identificat 8 concepte, 4 cu motor pas cu pas și 4 cu motor de curent continuu.

Fiecărui concept individual găsit i se adaugă restul de soluții tehnologice găsite pentru cazurile în care numai o singură soluție tehnologică a fost găsită pentru funcția respectivă.

Pentru obținerea conceptului optim, din fiecare categorie s-a ales câte o soluție tehnologică, având în vedere următoarele observații:

- Motorul nu poate fi sub nicio formă de tip curent continuu, deoarece acest tip de curent, atunci când este folosit la μ ECM, determină fierberea electrolitului și implicit imposibilitatea de prelucrare. Motorul pas cu pas funcționează pe curent pulsatoriu, ideal pentru μ ECM. De asemenea, precizia μ ECM necesită precizia unui motor pas cu pas, realizând $\Delta = \varphi \times p / (n \times 360^\circ) = 0,2 \mu\text{m}$;
- unde: φ = incrementul unghiular al motorului pas cu pas $0,36^\circ$, $n = 10.000$ de incremenți în care driverul digital împarte acel increment unghiular al motorului pas cu pas, iar p este pasul șurubului cu bile [mm]. Rezultă valoarea de $\Delta = 0,2 \mu\text{m}$, conform obiectivului proiectării.
- Tipul șurubului conducător nu contează foarte mult, ambele putând îndeplini cu succes rolul respectiv. În această situație, s-a ales varianta cea mai ieftină și simplă tehnologic, ci anume șurubul cu bile;
- Bucșa elastică a fost ales drept dispozitiv de prindere al electrodului sculă, datorită dimensiunilor compacte, potrivite pentru sistemul de avans.

În concluzie, conceptul optim determinat este A1 – B1 – C2, ci anume conceptul ce cuprinde motorul pas cu pas, șurubul cu bile, bucșa elastică și restul componentelor menționate mai sus.

5. Proiectarea detaliată

Conceptul optim proiectat este prezentat în figura 7. Motorul pas cu pas (1) creează mișcarea de rotație, aceasta fiind transmisă prin axul motorului către cuplajul elastic (3). În cuplajul elastic (3), se introduce într-o intrare axul motorului, iar în cealaltă șurubul cu bile (5). Șurubul cu bile (5) este susținut și ghidat de lagărul (4). Șurubul cu bile (5) transformă mișcarea de rotație a motorului în mișcare de translație, cu ajutorul piuliței (6). Piulița (6) se assemblează cu coloana (7), aceasta trimite mișcarea de translație spre bucșa elastică (10). Coloana (7) este ghidată de bucșa crestată (9). Mișcarea de rotație a coloanei (7) este restricționată de către rola de urmărire (8). Componentele (1), (4), (9), se assemblează pe suportul sistemului de avans (2). Suportul sistemului de avans (2) se assemblează pe suportul de prindere pe canalele T ale mesei mașinii (11).

6. Concluzii și cercetări viitoare

- Microprelucrările electrochimice sunt tehnologii neconvenționale de o importanță deosebită în industria aerospațială, unde majoritatea pieselor sunt realizate prin această tehnologie, capabilă de o precizie foarte bună de prelucrare, fără să creeze microfisuri precum alte procedee ca microelectroeroziune sau microprelucrările cu laser;

- S-au realizat atât cercetări externe, cât și interne pentru găsirea de soluții tehnologice potrivite produsului sistem de avans;

- S-a obținut în final un concept optim, care îndeplinește obiectivul proiectului cu valoarea $\Delta = 0,2 \mu\text{m}$, iar acesta a fost ulterior proiectat detaliat.

Cercetările viitoare se vor axa pe analiza economică și realizarea unui prototip.

7. Bibliografie

- [1] - B. Bhattacharyya et al., "Electrochemical machining: new possibilities for micromachining". Robotics and Computer Integrated Manufacturing 18, pag. 283–289, 2002;
- [2] - Marinescu, N.I, Ghiculescu, D., Tehnologii de prelucrare electrochimică și procedee conexe. Tratat, 562 pagini, Editura Printech, ISBN 973-718-380-0, București, 2005;
- [3] Natsu W., *Micro Electrochemical Machining*, „Micro and Nano Fabrication Technology”. ISBN 978-981-13-0098-1, pag. 807 – 855, 2018.
- [4] - Bhattacharyya .B and Munda .J, “Experimental investigation on the influence of electrochemical machining parameters on machining rate and accuracy in micromachining domain”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol.43, pp.1301-1310, 2003.
- [5] Chithirai Pon Selvan et al., „Review of Current State of Research and Development in Electrochemical Machining”, American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics, 19(1), ISSN 2328-3580, pp. 14-26, June-August, 2017.
- [6] Di, Z., Yong, L. and et. al. (2010) 'Experimental Investigation on Complex Structures Machining by Electrochemical Micromachining Technology.' Chinese Journal of Aeronautics 23, 578-584.
- [7] <http://www.indec-ecm.com/en/equipment/xet/%C5%D28000-2D/> - compania INDEC, accesat la data de 06.05.2020.
- [8] <https://www.emag.com/machines/ecm-pecm-machines/po-900-bf.html> - compania EMAG, accesat la data de 06.05.2020.
- [9] <https://pemtec.de/en/machines/pem-800s> – compania PEMTec, accesat la data de 06.05.2020.
- [10] Daniel Ghiculescu, Curs Tehnologii Neconvenționale, 2017-2018.
- [11] Hao Tong, Long Zhang, Yong Li, Brevet CN102513626A, China, 2012.
- [12] <http://www.directindustry.com/> - bancă de date pentru soluțiile tehnologice, accesat la 07.05.2020.
- [13] <https://www.hennlich.ro/produse/ghidaje-liniare-cu-bile-bucse-axe-bucse-cu-bile-bucse-cu-bile-standard-2963/tip-lme.html> – bușe cu bile tip LME, accesat la 07.05.2020.

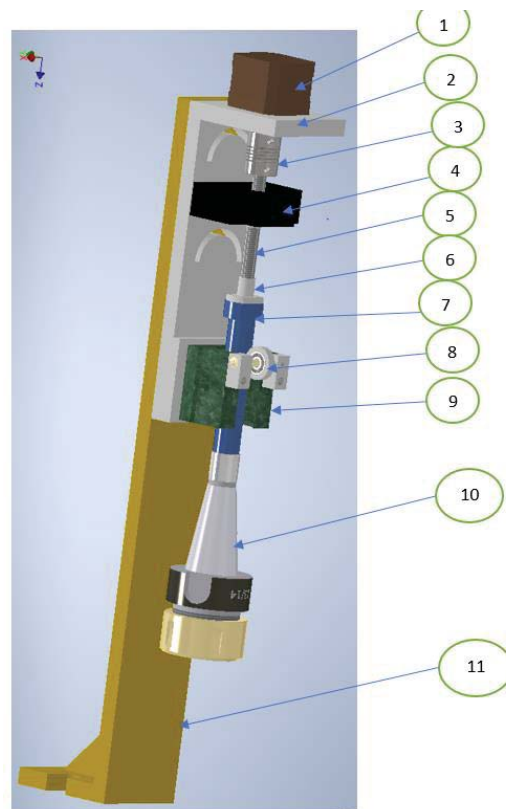


Figura 7. Proiectarea detaliată a conceptului optim

DISC DE FRÂNĂ CU MICROGEOMETRIE PROGRESIV-DIFERENȚIATĂ

BRAKE DISC WITH DIFFERENTIAL PROGRESSIVE MICROGEOMETRY

MIHAI¹ Sabin¹, IAMANDI Alexandru și PĂTRAȘCU² Valentin²

¹Facultatea: IIR, Specializarea: INPN, Anul de studii: 1, e-mail: mihai.sabin1996@gmail.com

²Facultatea: IIR, Specializarea: IPFP, Anul de studii: 1,

Conducător științific: Conf.dr.ing. **Elena LĂCĂTUȘ**

ABSTRACT: While laser processing is already a well-established fabrication method in automotive production, new techniques are being developed to bring further advantage to this prominent market sector. Some of these techniques, such as metal 3D printing and lightweight materials joining, are empowering new structural designs for the parts of automotive products.

This paper presents studies regarding the implementation of a coating process, known as “laser cladding”, used in order to produce brake discs with a progressive microgeometry able to generate an effective protection against wear and corrosion, on a fast and economic fabrication process.

CUVINTE CHEIE: disc de frână, pulbere metalică, LMD, placare laser

1. Introducere

Primele discuri de frână au fost folosite în anii 1890, în Anglia. Primul sistem de frânare de acest tip a fost patentat de Frederick William Lanchester, în Birmingham, Anglia, 1902, fiind folosit cu succes pe automobilele Lanchester. Totuși, în prima jumătate a secolului 20, singurul material din care erau executate discurile de frână era cuprul. Performanțele discurilor de frână realizate din cupru erau reduse.

Odată cu evoluția industriei constructoare de mașini și a foțelor la care este supus discul de frână din sistemul de frânare al autovehiculelor, forma constructivă a discurilor a suferit o serie de îmbunătățiri pentru a realiza un proces de frânare eficient. În figura 1 este prezentată dezvoltarea constructivă a discurilor de frână.

Dezvoltarea primelor prototipuri de automobile cu combustie internă (1886), a determinat începerea apariției primelor experimente pentru determinarea unor sisteme de frânare și a evoluției materiale cu proprietăți mecanice (fig. 2) care să îndeplinească noile cerințe pentru a efectua un proces de frânare în condiții optime de siguranță. Primul material folosit la fabricarea discurilor de frână a fost fonta cenușie deoarece este un material ce respectă cerințele impuse pentru realizarea condițiilor necesare unei frânări eficiente. În momentul actual fonta cenușie rămâne principalul material din care se fabrică discurile de frână datorită proprietăților sale fizico-chimice (punctul de topire ridicat, conductivitatea, stabilitate termică excelentă, duritate mare și rezistență ridicată la frecare) care previn supraîncălzirea și uzura suprafeței, dar și a costului scăzut [2]. Cu toate acestea, fonta cenușie prezintă unele dezavantaje, cum ar fi: rezistența slabă la coroziune, masa mare ce contribuie la creșterea consumului de combustibil și emisia de particule rezultate în urma uzurii discului de frână ce afectează mediul înconjurător [3], acest fapt ducând la continuarea experimentelor pentru a obține un material optim și astfel au apărut materiale cu elemente de natură organică și discurile de frână cu elemente ceramice. Utilizarea discurilor de frână ceramice care să elimine din limitările enunțate mai sus, prezintă ca dezavantaj prețul foarte mare în comparație cu prețul fontei cenușii.

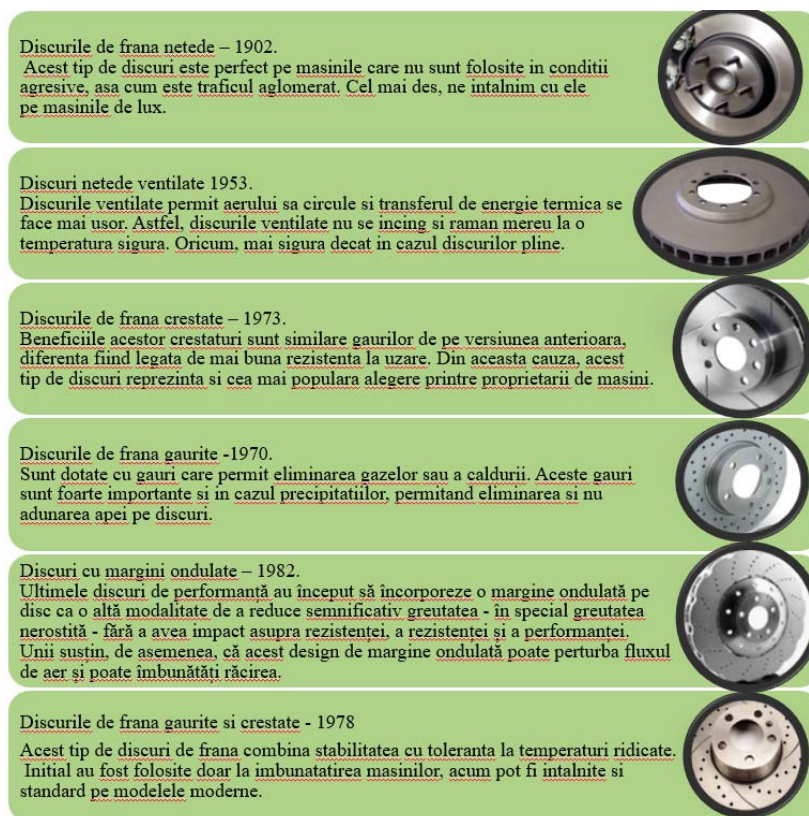


Fig. 1. Evoluția modelelor constructive a discurilor de frână[1]

Tabel 1. Evoluția materialelor utilizate pentru fabricarea componentelor de fricțiune din sistemul de frânare [4]

Descrierea Materialelor	Aplicatii	Anul de dezvoltare
Fontă pe oțel	utilizat în componentele frânelor auto	1870
Bumbac sau păr (curele)	roata de căruță și primul automobil	1897
Fibre de azbest și alte fire pentru a crește rezistența și performanța	camioane și automobile	1908
Particule de bronz cu conținut, produse bituminoase, produse cu armarea internă a fibrelor scurte	camioane și automobile	1926
Material turnat dintr-un amestec uscat de post-metal pentru a înlocui discul de frână din fontă fragilă la trenurile electrice	Metroul Londonez	1930
Rășină flexibilă dezvoltată cu elemente uniform distribuite în structură	armare frână tambur	1930
Metal aliat cu rășină	utilizat în industria aeronautica	1950
Fibrele de sticlă, minerale, metalice, de carbon și sintetice, pentru a oferi semi-metalelor performanțe mai bune decât fibrele de azbest (începutul discuției despre siguranța folosirii fibrelor de azbest)	camioane și automobile	1960
Compuși fără azbest	pentru frâne cu tambur și echipament auto	1980
Sugestii privind utilizarea fibrelor de carbon	frâne auto	1991

Pentru asigurarea exigențelor actuale privind siguranța rutieră, dezvoltarea unei noi tehnologii care sa permită micșorarea influențelor termice și creșterea performanțelor sistemului de frânare, dar păstrând costurile de fabricație cât mai scăzute este necesară. Această tehnologie este una de acoperire a discurilor de frână prin placare laser pentru îmbunătățirea caracteristicilor mecanice și pentru

eficientizarea procesului de frânare astfel încât în urma utilizării discurilor, particule fine desprinse de pe suprafața acestora datorită interacțiunilor de natură mecanică, să fie într-o cantitate minimă pentru a nu afecta calitatea mediului înconjurător.

2. Stadiul actual

Există numeroase metode de acoperire a suprafețelor metalice care combat uzura și coroziunea, iar prezenta lucrare se concentrează pe o tehnică de acoperire care pleacă de la material metalic/ceramic sub formă de pulbere care este topit de un fascicul laser și care se solidifică într-un strat aderent, compact și uniform pe suprafața discului. În literatura de specialitate această tehnică se numește placare laser (engl. "laser cladding"). Procesul de acoperire este capabil să ofere discurilor de frână o protecție eficientă împotriva uzurii și coroziunii, fiind în același timp un proces rapid și economic.

Există numeroase studii despre metoda de placare laser a unor substraturi din fontă cenușie utilizând tehnica LMD (engl. Laser melting deposition) plecând de la material metalic sub formă de pulbere, însă acestea se limitează la teste fizico-chimice realizate în condiții de laborator, fără a valida rezultatele obținute în mediul de funcționare specific. În această lucrare am variat parametrii pentru a produce depuneri metalice dense și a rezolva din impedimentele care pot interveni în timpul depunerii prin metoda LMD: distribuție neuniformă a elementelor componente în materialul depus și incompatibilitate cu substratul, crăpături, prezența porilor în structura materialului. Această tehnică permite acoperirea într-o singură etapă, a unui strat de material metalic cu dimensiuni cuprinse între 0.3-2 mm grosime, fără defecte, cu aderență ridicată între substrat și depunere, dar și cu aport minim de căldură în substrat. În literatură există totuși studii, care au arătat că tehnologia de depunere laser prin topire aplicată pe materiale tip fontă cenușie are anumite restricții. S-a studiat rezistența la uzură a depunerii de materiale pe baza de NiCrBSi [5], utilizând surse laser de mare putere în emisie continuă.

3. Dinamica procesului de frânare

În timpul procesului de frânare, datorită decelerațiilor, puntea față a automobilului este încărcată cu o greutate mai mare decât cea a punții spate. Pentru a preveni frânarea excesivă a punții spate, ce poate provoca blocarea roților acesteia, supapa de reglare a presiunii reglează presiunea de frânare a punții spate în funcție de încărcarea automobilului.

În timpul frânării materialele utilizate la fabricarea sistemelor de frânare alcătuiesc un cuplu de frecare care trebuie să asigure transformarea energiei cinetice a sistemului în energie termică prin intermediul suprafețelor de frecare. Modelarea temperaturii tranzitorii pe disc este de fapt utilizată pentru a identifica factorul de proiectare geometrică a discului pentru modelarea, în cadrul discului, a unui sistem de ventilație. Analiza termo-structurală este apoi utilizată cu cuplaj pentru a determina deformarea admisibilă și distribuția presiunii de contact în plăcuțe.

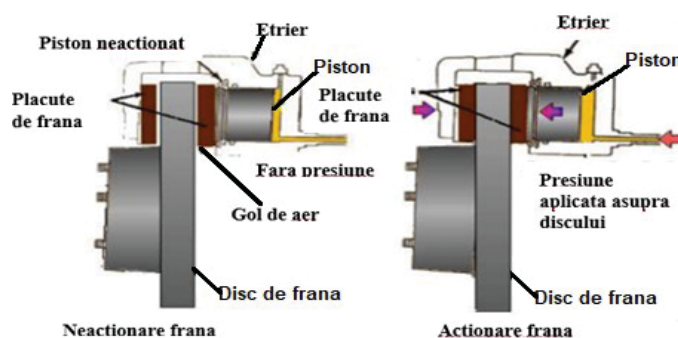


Fig. 3. Funcționarea sistemului de frânare

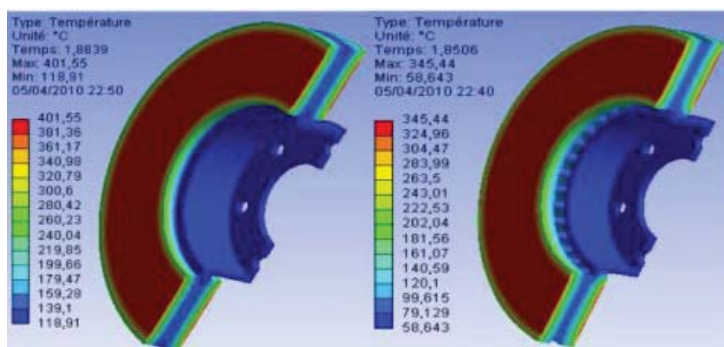


Fig. 4. Distribuția termică a unui disc plin (stanga) și a unui disc ventilat (dreapta)[6]

În figura 5 este prezentată evoluția presiunilor de contact de-a lungul pozițiilor unghiulare ale plăcuței de frână. Valoarea maximă a presiunii de contact este situată la marginea de față și la nivelul marginii inferioare a plăcuței.

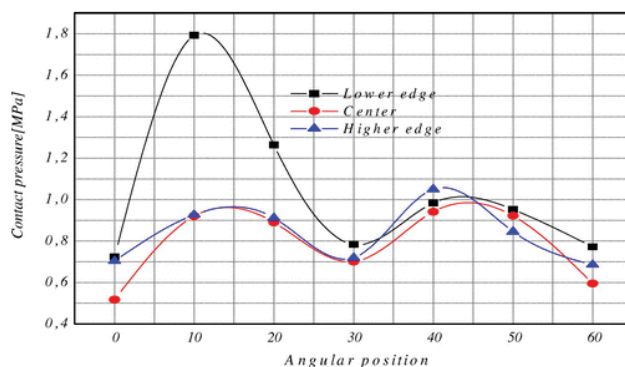


Fig. 5. Variația presiunii în funcție de poziționarea plăcuței pe discul de frână [7]

4. Aspecte privind dinamica frânării autovehiculelor singulare

În acest capitol se analizează răspunsul vehiculului la forțele produse de către sistemul de frânare. Este prezentat modul de stabilire a optimului forțelor la frânarea pe o cale orizontală. Sunt definite forțele de frânare reale și comparate cu cele optime și este discutat conceptul de utilizare a aderenței.

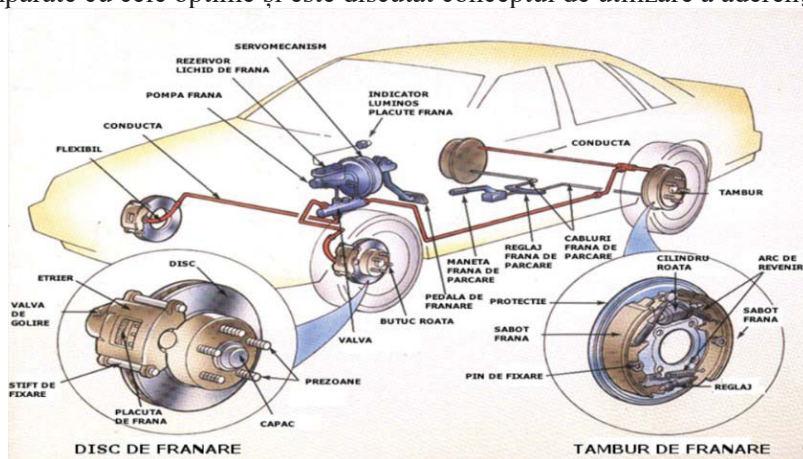


Fig. 6. Componentele sistemului de frânare

4.1. Încărcările statice ale punților

Forțele ce acționează asupra unui vehicul nedecelerat, fie staționar sau deplasându-se la o viteză constantă la nivelul drumului, sunt prezentate în fig. 7.

Datorită distribuției greutății față/spate la un autoturism, punțile față și spate pot avea diferențe semnificative ale greutăților repartizate. Distribuția încărcării pe punte în varianta statică este definită de raportul dintre încărcarea pe puntea spate și greutatea totală a vehiculului, definită cu ajutorul ecuațiilor (1) și (2).

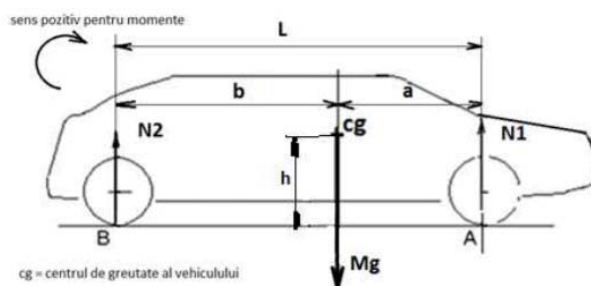


Fig. 7. Încărcarea statică a punților

$$G = M * g \quad (1)$$

$$\frac{N_2}{M * g} \quad (2)$$

unde: N_2 = încărcarea pe puntea spate, static, [N]

G = greutatea vehiculului (M = masa vehiculului, kg, g = accelerația gravitațională, m/s²), [N]

Încărcarea relativă pe puntea față, static, este dată de:

$$1 - \frac{N_2}{M * g} = \frac{N_1}{M * g} \quad (3)$$

unde: N_1 = încărcarea pe puntea față, static, [N]

4.2. Încărcările dinamice ale punților

Când frânele sunt acționate, cuplul dezvoltat de către acestea, reacționează pe circumferința pneului unde este în contact cu solul. În cazul blocării frânei, mărimea forțelor de frecare este o funcție directă a cuplului produs de către frâna roții.

Forțele ce acționează asupra unui vehicul cu două punți decelerând, pe o cale orizontală sunt ilustrate în figura 8.

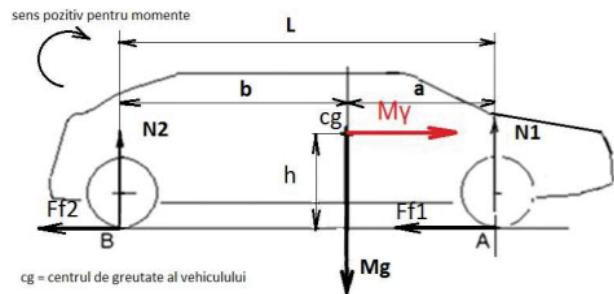


Fig. 8. Încărcări dinamice ale punților

$$F_{f1} + F_{f2} = F_{ftotala} = M * y \quad (4)$$

$$y = \frac{F_{ftotala}}{M} \quad (5)$$

$$N_1 + N_2 = M * g \quad (6)$$

unde: y = decelerație [m/s²]

5. Metode de acoperire a suprafețelor funcționale a discurilor de frână.

De-a lungul anilor, au fost încercate diferite tehnologii de placare pentru a combate problemele de uzură și coroziune a materialelor metalice, iar unele dintre acestea ar putea fi folosite și în domeniul discurilor de frână. Există două metode de placare a suprafețelor, acoperiri prin conversia elementelor componente ale suprafețetei și acoperiri prin depunere de material. În figura 9 sunt reprezentate diferite tehnici de placare care sunt în proces de cercetare pentru aplicația de acoperire a discurilor de frână. Posibilele tehnici sunt grupate în două mari categorii: (i) Procese de pulverizare non-termică și (ii) procese de pulverizare termică. Tehnicile ce utilizează ca principiu procese de pulverizare non-termică se referă la placări în care materiale metalice sub forma de pulbere sunt livrate prin diverse metode la o „flacără” de temperatură ridicată și încălzite până când ajung în fază lichidă, iar apoi depuse pe suprafața substratului. A doua categorie, procese termice de pulverizare, este reprezentată de tehnici electrochimice de tratare a suprafeței.

În această lucrare se va prezenta o tehnică de placare a suprafețelor de fricțiune a discurilor de frână realizate din fontă cenușie pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice ale acestora.

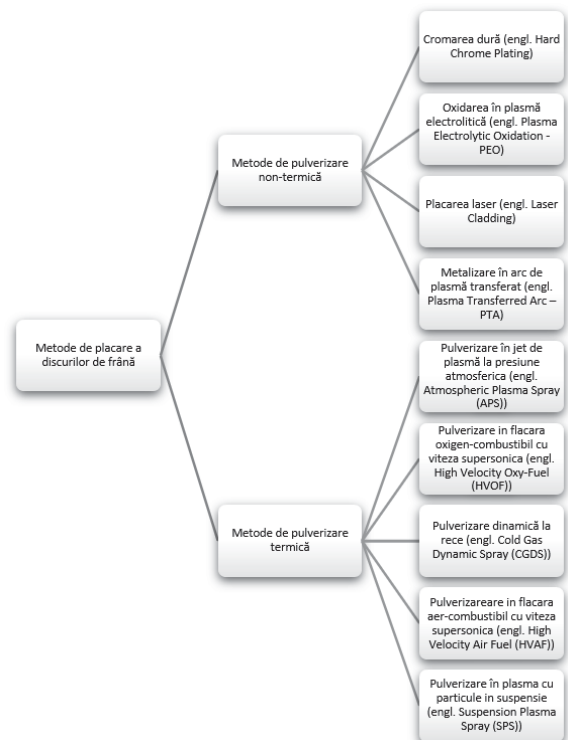


Fig. 9. Clasificarea metodelor de placare a discurilor de frână [8]

Tehnica prezentată se numește placare laser prin metoda „Depunere Laser prin Topire” (engl. Laser Melting Deposition – LMD), care este o metodă de adaos de material metalic pe un substrat prin topirea suprafeței acestuia și introducerea în zona topită a unui nou material sub formă de pulbere, fir sau bandă metalică [9]. Metoda poate fi utilizată pentru a repara defecte ale pieselor cu grade ridicate de uzură, pentru a ajusta forma unor componente, a suda piese între ele sau pentru a acoperi funcțional suprafețe pentru a dobândi proprietăți mecanice superioare.

Scopul cercetărilor experimentale îl constituie identificarea influenței parametrilor de proces principali, precum tipul și debitul de pulbere, puterea laserului și viteza de deplasare, dar și ai celor secundari, cum este valoarea debitului de gaz care asistă procesul, în vederea asigurării calității depunerii. Se urmărește determinarea unui set de parametri prin intermediul cărora se obține o depunere uniformă și o interfață fără defecte între substrat și materialul de adaos. În figura 10 este prezentat un protocol de realizare a plăcii laser a discurilor de frână prin metoda LMD.

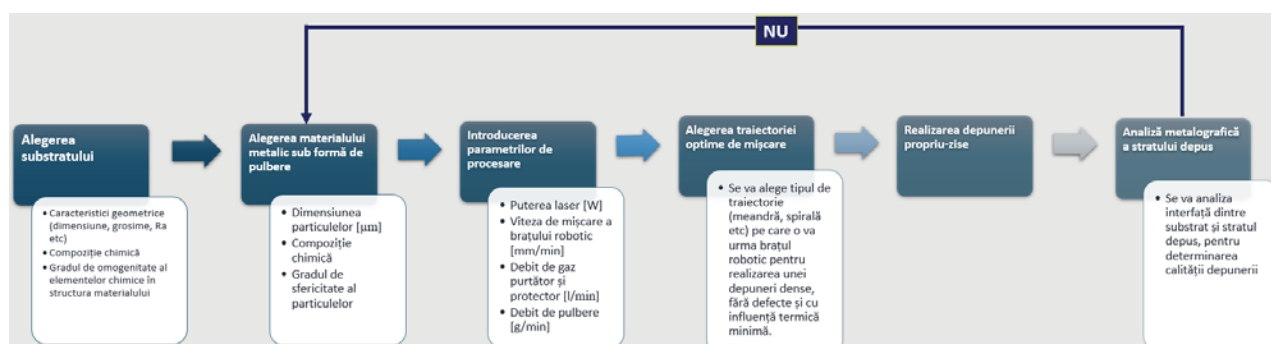


Fig. 10. Protocol de realizare a depunerii de material metalic sub formă de pulbere pe substrat din fontă cenușie

6. Montajul experimental

Sistemul integrat LMD utilizat pentru experimentele de depunere de pulbere metalică este compus dintr-o sursă laser Yb:YAG TruDisk 3001 (Trumpf, Germania) cu emisie în modul continuu și lungimea de undă de 1030 nm (Fig. 11, 1).

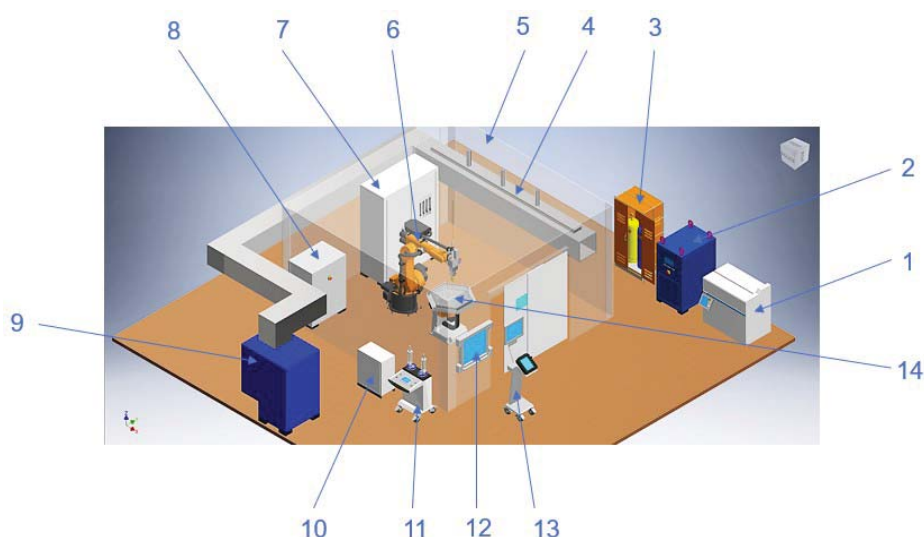


Fig. 11. Schema instalației de placare laser a discurilor de frână 1. sursă laser cu funcționare în mod continuu, 2. Sistem auxiliar de circulare a agentului de răcire, 3. Gaze de proces (He+Ar), 4. Tubulatură de extracție a pulberii reziduale, 5. cabină de protecție, 6. Braț robotic, 7. Compartiment pentru realizarea conexiunilor și reglarea debitului de gaz, 8. sistem hardware utilizat pentru comanda brațului robotic și a poziționatorului, 9. sistem de evacuare și extracție a pulberilor, 10. Panou de siguranță, 11. Distribuitor de material metalic sub formă de pulbere, 12. Ecran de observare a procesului, 13. panou de control cu suport propriu, 14. poziționator cu două axe

Fasciculul laser este transportat prin fibra optică la un sistem robotic TruLaser Robot 5020 (Trumpf, Germania), constând dintr-un robot Kr30HA (Kuka, Germania) cu 6 axe de mișcare (Fig. 11, 6) și optică de procesare care dispune de o duză de livrare a pulberii cu 3 canale cu diametrul de $\varnothing 1,4$ mm (Trumpf, Germania). Dimensiunea spotului fasciculului laser focalizat pe proba a fost de $\varnothing 2,5$ mm. Procesul de distribuire a pulberii este asistat de un mix de gaz (Ar și He) și aceasta este transportată prin furtunuri cu diametru de $\varnothing 4$ mm la brațul robotului prin intermediul unui sistem de alimentare cu platane (Fig. 11, 11). Cele 3 fascicule de pulbere au fost calibrate astfel încât fasciculul laser și particulele metalice să se întâlnească pe substrat în același punct. Distanța dintre substrat și duza de injectare a pulberii este de 17 mm și este menținută constantă pe tot parcursul experimentelor.

7. Rezultate experimentale

A. Metoda de analiză cu ultrasunete

În principiu, controlul nedistructiv cu ultrasunete constă în introducerea unui fascicul de ultrasunete într-un material și analiza perturbațiilor propagării fascicolului în materialul vizat. Datorită caracteristicilor elastice diferite, dintre materialul de bază și un defect anume (fisură, segregatie, suflură, etc.), la interfața dintre acestea va avea loc un fenomen de reflexie a ultrasunetelor, ceea ce va permite punerea în evidență, localizarea și măsurarea defectului.

Atunci când un traductor funcționează în modul „transmitere”, un semnal electric alternativ induce vibrații de frecvență înaltă în traductor, vibrații care sunt transmise ca unde ultrasonore materialului testat. Funcționarea traductorului în modul recepție presupune recepționarea vibrațiilor primite dinspre materialul analizat (ultrasunete reflectate de defecte sau de pereții probei) și transformarea acestor vibrații în semnal electric, ce poate fi mai apoi afișat și analizat.

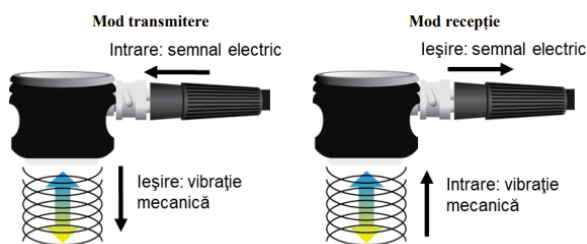


Fig. 12. Funcționarea traductorilor de ultrasunete în mod transmitere și mod recepție

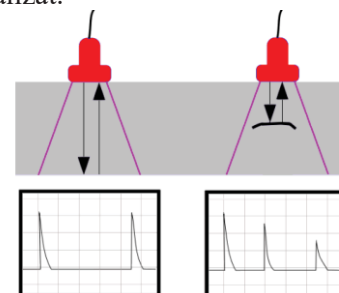


Fig. 13. Imaginea prezentată de receptor într-un material fără defecte (stânga), cu defecte (dreapta) [10]

B. Metoda de analiză folosind raze X

Radiațiile X sau gama au proprietatea de a putea penetra substanțe, motiv pentru care sunt denumite radiații penetrante. Controlul nedistructiv cu radiații penetrante (raze X sau raze gama) constă în obținerea unei imagini a structurii macroscopice a materialului. Această imagine se obține prin înregistrarea pe un film radiografic (similar cu filmul fotografic) a radiațiilor ce penetrează proba. Astfel, pe film apare imaginea internă a materialului examinat, imagine care se formează pe baza atenuării diferite a radiațiilor penetrante de către neomogenitățile macroscopice prezente în material sau de variații ale grosimii acestuia. Schița de principiu a examinării cu radiații penetrante este prezentată în figura 10.

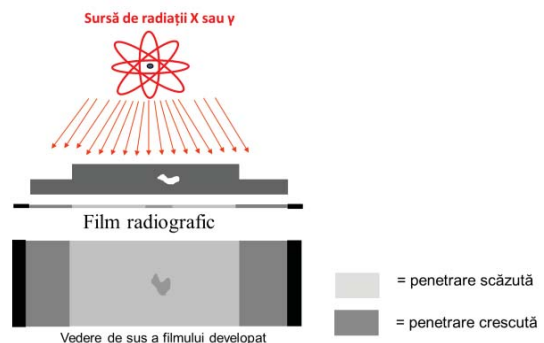


Fig. 14. Schița de principiu a examinării cu radiații penetrante a unei probe care prezintă variații de grosime și goluri[11]

Între sursa de radiații, care emite un fascicul de radiații de formă conică, și filmul radiografic se intercalează materialul supus examinării. O parte din radiația emisă de sursă va fi absorbită de probă iar o altă parte va trece prin probă impresionând filmul radiografic. Materialele cu densitate mare sau cu grosime mare vor absorbi o cantitate mai mare de radiații. Gradul de înnegrire a filmului radiografic variază în funcție de cantitatea de radiație care penetrează obiectul examinat.

8. Discuții și Concluzii

Discurile de frână reprezintă unul dintre componentele de baza din construcția sistemului de frânare, motiv pentru care acestea au evoluat semnificativ în ultimii ani din punct de vedere al formei geometrice și al compoziției chimice.

În această etapă s-a determinat varianta de montaj experimental pentru efectuarea procesului de placare laser a suprafețelor unui disc de frână, pentru a putea obține depuneri dense și aderente la substrat.

S-a realizat un protocol de lucru pentru a permite optimizarea parametrilor implicați, în vederea obținerii unor depuneri dense, fără porozitate sau crăpături, cu elementele chimice componente distribuite uniform în volumul materialului, plecând de la materiale metalice sub formă de pulbere. Partea de proiectare a traiectoriei urmată de fasciculul laser va avea o importanță majoră în procesul de placare laser, pentru a limita introducerea de fisuri în structura substratului după depunere cauzate de stresul rezidual care apare din cauza dilatărilor și contracțiilor termice rapide

Straturile de material ce se vor depune prin metoda de placare laser indicată în lucrare pe substratul de fontă cenușie, vor fi analizate din punct de vedere tribologic (rezistența la uzură și coroziune, dinamica coeficientului de frecare) pentru a vedea dacă se respectă condițiile de funcționare optime din timpul procesului de frânare.

9. Bibliografie

- [1]. Driver preference, and other technical requirements of the application or chassis (2016) <https://www.brembo.com/en/company/news/brembo-brake-discs-type-performance> - accesat la data de 29.04.2020
- [2]. Rashid, A. (2014), Overview of disc brakes and related phenomena—A review. *Int. J. Veh. Noise Vib.*, 10, 257–301.
- [3]. Hjortenkrans, D.S.T.; Bergbäck, B.G.; Häggerud, A.V. (2007) Metal emissions from brake linings and tires: Case studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005. *Environ. Sci. Technol.*, 41, 5224–5230.
- [4]. Maluf, O. & Angeloni, M. & Milan, M. & Spinelli, Dirceu & Wladimir, Waldek & Filho, Bose. (2004). Development of materials for automotive disc brakes. *Pesquisa Tech. Minerva*. 2,
- [5] Fernández, E.; Cadenas, M.; González, R.; Navas, C.; Fernández, R.; Damborenea, J. (2005) Wear behaviour of laser clad NiCrBSi coating. *Wear*, 259, 870–875.
- [6]. Venkatramanan R, Kumaragurubaran SB, Vishnu Kumar C, Sivakumar S, Saravanan B (2015) Design and Analysis of Disc Brake Rotor, *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 19
- [7]. <http://www.solutiicnd.ro/blog/controlul-nedistructiv-al-fisurilor-cu-pulbere-magnetic%C4%83-mt/> - accesat la data de 28.04.2020
- [8]. Aranke, Omkar & Algenaid, Wael & Awe, Samuel & Joshi, S.V. (2019). Coatings for Automotive Gray Cast Iron Brake Discs: A Review. *Coatings*. 9. 27. 10.3390/coatings9090552.
- [9]. M. Brandt (Ed.) (2017) *Laser Additive Manufacturing Materials, Design, Technologies, and Applications*, Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, Pages 21-53
- [10]. http://www.wermac.org/others/ndt_ut.html - accesat la data de 28.04.2020
- [11]. https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html - accesat la data de 29.04.2020

AGREGAT MOBIL PENTRU FURNIZAREA LICHIDELOR DIELECTRICE ECOLOGICE PENTRU ELECTROEROZIUNE

MOBILE AGGREGATE FOR THE SUPPLY OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY DIELECTRIC LIQUIDS AT EDM

POPESCU Oana-Cornelia, DRAGOMIR Marian-Ionuț, ROȘU Domnica-Hristina
și PÂRLEA Iulia-Bianca

Facultatea: FIIR, Specializarea: INPN, Anul de studii: I, e-mail: [oanacorneliaaaa@gmail.com](mailto: oanacorneliaaaa@gmail.com)

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

ABSTRACT: Electrical discharge machining (EDM) is a non-traditional machining process based on removing material from a part by means of a series of repeated electrical discharges between tools, called electrodes, and the part being machined in the presence of a dielectric fluid. This paper aims to develop a specialized equipment for the filtration of environmentally friendly dielectric liquids that can be assembled on any classic EDM machine, due to the modular design. The paper deals with aspects of strategic marketing, project management, specification, conceptual design, marketing and product recycling.

CUVINTE CHEIE: electrical discharge machining, dielectric liquid, environmentally friendly filtration equipment

1. Introducere

Prelucrarea prin electroeroziune are loc ca urmare a unor descărcări electrice controlate între suprafața electrodului sculă și suprafața piesei prelucrate între care există un mediu de lucru izolator electric. Cele mai importante aplicații ale acestui procedeu se întâlnesc în fabricarea matrițelor, a ștanțelor, în industria de automobile, aerospațială precum și a echipamentelor chirurgicale. Are o putere specială de a folosi energia termică pentru a prelucra componente electrice conductive cu duritate ridicată [1]. Agregatele pentru utilizarea lichidelor dielectrice fac parte din componența mașinii de electroeroziune, având un rol bine definit în cadrul procesului, ajutând la răcirea, filtrarea și recircularea lichidului dielectric pentru o bună funcționare a procesului [2]. Segmentul de piață căruia i se adresează echipamentul este format din întreprinderi micro, mici și mijlocii (IMM-uri), care prelucrează suprafețe cu dimensiuni transversal în orice material conductiv electric. În mod obișnuit, aceste IMM-uri au resurse financiare reduse și nu își permit să achiziționeze agregate pentru furnizarea lichidelor dielectrice la performanțele actuale, de sute de mii de EUR și care nu sunt în mod necesar specializate în electroeroziune.

2. Stadiul actual

În ultimii ani, tehnologia EDM a permis o calitate superioară a finisajelor suprafețelor pieselor produse. Acest lucru se datorează îmbunătățirii procesului și mașinii, inclusiv filtrarea îmbunătățită a fluidului dielectric. Cinematica sistemului de filtrare este aceeași la mașinile de electroeroziune clasică, dar și la mașinile cu comandă numerică, singura diferență este reprezentată de dimensiunile echipamentului sau componentelor de filtrare care sunt mai mari în cazul mașinilor de electroeroziune CNC. În domeniul EDM, metodele de comparație definite în mod clar lipsesc. O

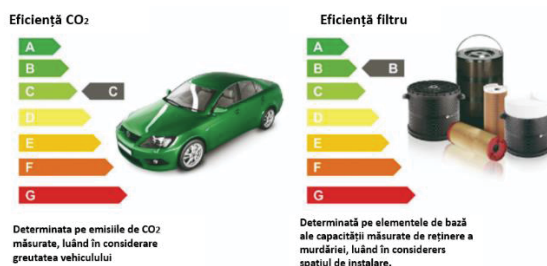


Fig. 1. Comparație clase de eficiență între emisiile degajate de autoturisme și cele degajate de filtre agregatului de lichid dielectric [3]

soluție bine definită care poate fi o metodă de comparație este reprezentată de introducerea unor clase de eficiență bazate pe capacitatea măsurată de reținere a murdăriei, luând în considerare spațiul de instalare disponibil pentru filtru (figura 1). În alte domenii industriale, clase de eficiență au fost introduse în urmă cu mai mulți ani pentru a oferi o metodă de comparație. În industria auto, eficiența CO₂ a unei mașini se bazează pe emisiile măsurate. Dacă acest concept este transferat la filtrarea EDM, atunci eficiența unui filtru EDM se bazează pe dimensiunea spațiului de instalare a filtrului și capacitatea măsurată de păstrare a murdăriei [3].

3. Marketingul strategic al produsului

Strategia de marketing a produsului studiat are ca scop în prezenta lucrare de a identifica totalitatea segmentelor pieței de desfacere cu criteriile de segmentare care pot acționa pe cele prezente cât și prezentarea în ansamblu a existenței competitorilor poziționând astfel produsul în cadrul segmentului ales: tehnologii de lucrări neconvenționale – agregat de lichid dielectric. Înainte de identificarea segmentelor de piață a fost identificat portofoliul de nevoi ale clienților care cuprinde următoarele nevoi: n₁ - Nevoia de a avea un agregat pentru filtrarea unor lichide ecologice (ulei de floarea-soarelui și/sau rapița), n₂ - Nevoia de accesibilitate a agregatului de filtrare pentru orice mașina de electroeroziune clasică, n₃ - Nevoia de a asigura un mediu de lucru nepoluat. În România s-a observat că cei mai mulți furnizori care utilizează prelucrarea de electroeroziune sunt cei din domeniul ștanțelor și matrițelor și matrițe de injecție. Cele două domenii au reprezentat punctele de plecare în cercetarea oportunităților de piață, astfel încât analiza a fost realizată pe date colectate la nivelul a 20 de orașe, prezentate în figura 3. În figura 3 este prezentat numărul companiilor în ordinea descrescătoare din cele două domenii aflate în orașele incluse în analiză.

Nume oraș	Număr total companii (stanțe-matrițe și/sau matrițe de injecție)	Nume oraș	Număr total companii (stanțe-matrițe și/sau matrițe de injecție)
1.București	34	11.Galați	2
2.Iași	12	12.Brașov	2
3.Timișoara	11	13.Botoșani	2
4.Oradea	10	14.Constanța	1
5.Cluj-Napoca	9	15.Craiova	1
6.Sibiu	7	16.Bacău	1
7.Pitești	6	17.Arad	1
8.Ploiești	5	18.Baia Mare	1
9.Brăila	3	19.Buzău	1
10.Târgu-Mureș	3	20.Suceava	1

Fig.2. Număr total de companii în funcție de orașele incluse în analiză

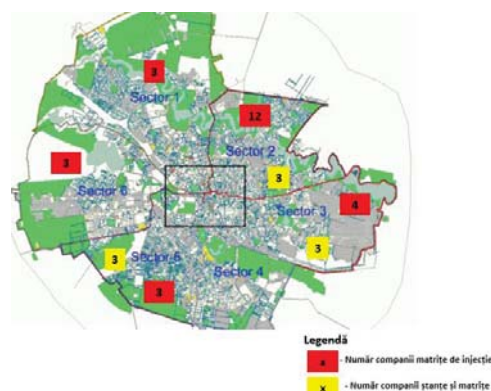


Fig.3. Reprezentarea grafică a numărului companiilor pe sectoare în București

Ulterior vor fi analizați ca și potențiali clienții aceia care se regăsesc în orașul București, din motive economice (figura 3). Pentru realizarea agregatului pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice au fost analizate cerințele clienților, acestea fiind prezentate în tabelul 1 alături de importanța relativă a cerințelor.

Tabelul 1. Importanța relativă a cerințelor principale

Nr. Crt	Cerință principală	Importanța relativă
N ₁	Filtrarea lichidelor ecologice (uleiuri vegetale)	5
N ₂	Echipamentul este mobil	5
N ₃	Echipamentul de filtrare conține mai mult de 3 filtre pentru interschimbabilitatea lichidului	5
N ₄	Echipamentul de filtrare are o capacitate optimă de lichid dielectric	4
N ₅	Echipamentul folosește valorii ale presiunii optime pentru spălarea interstițiului	5
N ₆	Echipamentul folosește regimuri optime pentru fiecare operație în parte	5
N ₇	Echipamentul are trepte de finețe pentru filtrele folosite	5

Nr. Crt	Cerință principală	Importanța relativă
N ₈	Echipamentul folosește metode adecvate de filtrare	5
N ₉	Echipamentul de filtrare are dimensiuni mici	4
N ₁₀	Echipamentul de filtrare este ușor de curățat	4
N ₁₁	Echipamentul de filtrare este ușor de întreținut	4
N ₁₂	Echipamentul prezintă siguranță în funcționare	5
N ₁₃	Echipamentul are elemente reciclabile/reutilizabile	5
N ₁₄	Echipamentul are manual de utilizare și întreținere	4
N ₁₅	Echipamentul este relativ ieftin	3
N ₁₆	Echipamentul este simplu și ușor de utilizat	3
N ₁₇	Echipamentul conține alerte atunci când trebuie curățat	3
N ₁₈	Echipamentul nu poate fi folosit fără o instruire a utilizatorului	5

4. Managementul proiectului

În realizarea agregatului mobil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice, toată echipa este responsabilă pentru realizarea acestuia, fiecăruia i-au fost atribuite anumite sarcini, conform structurii de dezagregare a organizării. Structura de dezagregare a organizării (SDO) este necesară pentru identificarea responsabilităților și măsura în care este implicat fiecare participant al acestui proiect.

Tabelul 2. Structura de dezagregare a resurselor în sarcini

Cod	Activitate	R1	R2	R3	R4
A1	Analiza oportunităților de piață	X	X	X	X
A2	Formalizare proiect	X	X	X	X
A3	Planificare activități	X	X	X	X
Cercetare inițială de piață					
A4	Stabilirea unui grup de nevoi generale	X	-	-	-
A5	Întocmire interviu și realizare anchetă	X	-	-	-
A6	Prelucrare statistică a datelor	X	-	-	-
A7	Întocmire listă declarată de nevoi și ierarhizare nevoi	X	-	-	-
Definirea specificațiilor obiectiv					
A8	Întocmire matricei cerințe-caracteristici ale calității	-	X	-	-
A9	Stabilirea valorilor obiectiv și limită pentru caracteristici	-	X	-	-
Cercetare externă					
A10	Cercetare patente OSIM	-	X	-	-
A11	Cercetare internet	-	X	-	-
A12	Cercetare internă a conceptelor	-	X	-	-
A13	Cercetare produse concurente	-	X	-	-
Generare concepte					
A14	Realizarea individuală a conceptelor	X	X	X	X
A15	Realizarea de grup a conceptelor	X	X	X	X
A16	Cercetarea internă a conceptelor	X	X	X	X
A17	Stabilirea soluțiilor constructive	X	X	X	X
Proiectare produs					
A18	Proporționare forme și dimensiuni	-	X	-	-
A19	Stabilirea materialului	-	X	-	-
A20	Realizarea desenelor de ansamblu și de execuție	-	X	-	-
Fabricarea produsului					
A21	Fabricarea prototipului produsului	-	X	-	-
A22	Testare prototip	-	X	-	-
Analiza economică a proiectului					
A23	Structura de descompunere a costurilor	-	X	-	-
A24	Calculul costului cercetării- dezvoltării	-	X	-	-
A25	Stabilirea prețului de vânzare al produsului	-	X	-	-
A26	Calculul profitului	-	X	-	-
Managementul proiectului					
A27	Stabilirea activităților proiectului	-	-	X	-

Cod	Activitate	R1	R2	R3	R4
A28	Programarea realizării activităților	-	-	X	-
A29	Realizarea caietului de sarcini	-	-	-	X
A30	Omologare produs	X	-	-	-
A31	Cartea produsului	-	-	-	X

Costul unității de sarcină, adică zile-persoană va fi: 2230 RON – salariu brut/luna; 167,33 lei – salariu brut/zi, (reprezintă costul unității de sarcină).

Realizarea agregatului mobil se va derula pe 70 zile pentru toate cele 4 resurse, costul total fiind calculate cu relația 1 [4].

$$C_{\text{total}} = \text{nr.de zile} \times \text{salariu brut [lei]} \quad (1)$$

$$C_{\text{total}} = 70 \times 167,33 = 11713,1 \text{ lei}$$

În cazul realizării agregatului de lichid dielectric C_{material} estimativ este de 500 lei. $C_{\text{forțamunca}}$ include: costul manoperei propriu-zise, costurile pe operație, costul operațiilor de control. R cuprinde costul apei, energiei, electrice, agenților tehnologici, ce va fi estimată cu o sumă de 300 lei. Stabilirea costului total estimativ se calculează cu relația 2 [4].

$$C_{\text{total}} = C_{\text{materiale}} + C_{\text{forțamunca}} + R \quad (2)$$

$$C_{\text{total}} = 500 + 11713,1 + 300 = 12513,1 \text{ lei} \sim 2606,89 \text{ Euro}$$

5. Stabilirea specificațiilor

S-au prezentat principalele caracteristici și clasificarea acestora pentru produsul „agregat mobil de furnizare lichid dielectric ecologic” în tabelul 3.

Tabelul 3. Caracteristicile produsului

Denumirea Caracteristicii [unitatea de măsură]	Criterii de clasificare și grupe de caracteristici asociate acestora									
	Criteriul 3 Influența asupra calității			Criteriul 4 Natura caract.			Criteriul 5 Importanța Caract.			
	Optimi	Mărit	Redus	Tehn.	Econo	Social	Psihos.	Princip	Secund.	Minor
Dimensiuni exterioare ale echipamentului [cm]			*	*				*		
Masa echipamentului [kg]			*	*				*		
Dimensiuni compartimente lichide [cm]		*		*				*		
Număr compartimente lichide [buc]		*		*				*		
Tipuri de lichide folosite	*			*				*		
Tipuri de filtre folosite	*			*				*		
Finețea de filtrare [μm]	*			*				*		
Trepte de filtrare		*		*				*		
Volume rezervoare lichid dielectric [l]		*		*				*		
Volum cuva de lucru alimentată cu lichid [l]	*			*				*		
Putere motoare de alimentare pompă [W]	*			*				*		
Debit lichid dielectric [l]		*		*				*		
Presiunea lichidului dielectric [MPa]		*		*				*		
Posibilitatea de alimentare a lichidul prin injecție			*	*				*		
Posibilitatea de alimentare a lichidul prin aspiratie			*	*				*		

Denumirea Caracteristicii [unitatea de măsură]	Criterii de clasificare și grupe de caracteristici asociate acestora									
	Criteriul 3 Influența asupra calității			Criteriul 4 Natura caract.			Criteriul 5 Importanța Caract.			
	Optimi	Mărit	Redus	Tehn.	Econo	Social	Psihos.	Princip	Secund.	Minor
Posibilitatea de alimentare a lichidul prin spălare laterală			*	*				*		
Dimensiuni maxime ale piesei de prelucrat [mm]		*		*				*		
Tipul de alimentare cu curent			*	*				*		
Lungimea maximă a cablului de alimentare [cm]		*		*				*		
Masa maximă a piesei de prelucrat [kg]		*		*				*		
M. T. B. F. [ore]		*		*						
Siguranța	*						*	*		
Design-Ergonomic	*						*		*	
PRET [LEI]			*			*		*		

Au fost identificate produsele concurente de pe piață pentru a cunoaște specificațiile necesare unui agregat de lichid dielectric prezentate în figurile 4-6.



Dimensiune cu recipient pentru lichid: 1160x640x1650 mm;
Dimensiune fără recipient pentru lichid: 1160x640x1220 mm;
Volumul rezervorului de lichid filtrat / lichid nefiltrat / împreună: 84 l / 84 l / 168 l;
Recipient pentru volumul de lichid: 20l;
Filtru: 1x filtru SUPER340C sau SUPER 340CS, de asemenea, se pot utiliza filtre de înălțime inferioară SW-43-1;
Alimentare: 230V AC, 50Hz;

Fig 4. Dispozitiv pentru filtrare la găurirea EDM al companiei ELERO [5]



Controlul ultra-fin al contaminării mai fin decât un 1µm;
Dimensiuni: 584,2x529x552 mm
Funcție de transfer de fluide cu sau fără filtrare
Buton de reglare a debitului pentru a regla fluxul de uleiuri cu vâscozitate ridicată prin filtru
Alimentare: 115 VAC, 60 Hz;

Fig. 5. Sistem de filtrare MODEL COMO 120 [6]



Capacitate de filtrare 720 litri/oră
Capacitate de transfer 720 litri/oră;
Echipat cu 6 unități de filtrare fină tip SDU -H8 – Cartușe SDFC 6 bucăți incluse;
Conexiuni de transfer pentru pompare fără filtrare.
Buton de aspirație și retur cu cuple rapide;
Conexiuni de transfer pentru pompare fără filtrare.
Furtunuri de aspirație și retur;

Fig. 6. Instalatie KLEENOIL 6SE [7]

Matricea clientului este un instrument utilizat la elaborarea strategiei pentru obținerea avantajului competitiv durabil (ACD). Variabilele matricei clientului sunt prețul perceput (abscisa sistemului de coordonate) și valoare de utilizare percepută de client - VUP (ordonată) [8]. Ponderile caracteristicilor sunt centralizate în tabelul 4. În acest tabel sunt centralizate datele celor mai importante caracteristici pentru segmentul de utilizatori aleși.

Tabelul 4. Evaluarea valorii de utilizare percepute (VUP)

Caract.	A		B		C		D		P _{imed} [%]
	X _i	X _{ir}	X _i	X _{ir}	X _i	X _{ir}	X _i	X _{ir}	
[cm]	690 x 450 x 756	1	-	0	-	0	-	0	5
[kg]	40	1	-	0	-	0	180	0,25	3
[cm]	335x165x400	1	-	0	-	0	-	0	3
[buc]	2	0,5	1	0	2	0,5	6	1	4
-	floarea soarelui/ rapită	1	-	0	-	0	Uleiuri sintetice	0,25	10
-	grosier/fin	1	-	0	Fin	0	Fina	0,5	8
µm	1-99 µm	1	-	0	-	0	>1	0,5	7
-	2	1	-	0	-	0	-	0	4
[cm ³]	28000	1	-	0	-	0	15000	0,5	7
[cm ³]	22000	1	-	0	-	0	10000	0,5	6
Watt	-	0	-	0	-	0	-	0	3
m ³ /h	-	0	-	0	-	0	-	0	6

Caract.	A		B		C		D		p _{med} [%]
	X _i	X _{ir}	X _i	X _{ir}	X _i	X _{ir}	X _i	X _{ir}	
atm	0.4-40	1	-	0	-	0	6	0,5	5
DA/NU	NU	0	NU	0	NU	0	NU	0	2
DA/NU	DA	1	NU	0	NU	0	DA	1	2
DA/NU	DA	1	DA	1	DA	1	DA	1	2
[mm]	500x500x500	1	-	0	-	0	-	0	4
C.A/C.C	C.A	1	C.A	1	C.A	1	C.A	1	2
[cm]	300	0,5	1000	1	-	0	-	0	2
[kg]	-	0	-	0	86	1	-	0	2
[ore]	-	0	-	0	-	0	-	0	4
DA/NU	DA	1	DA	1	DA	1	DA	1	3
DA/NU	DA	1	DA	1	DA	1	DA	1	3
RON	-	0	-	0	--	0	-	0	3

6. Proiectare conceptuală

Funcția generală este definită ca ansamblul însușirilor produsului prin care satisface nevoia pentru care se proiectează [9]. Pornind de la nevoile identificate, s-a stabilit că funcția generală a produsului dezvoltat este filtrarea și recircularea lichidelor dielectrice ecologice (ulei de rapiță și ulei de floarea soarelui).

Funcția generală se supune unui proces de analiză din care vor rezulta în primul rând funcțiile principale și apoi cele secundare. Funcțiile echipamentului sunt prezentate listate în tabelul 5.

Funcțiile critice determină succesul comercial al produsului, și fac referire la nevoile cu importanță maximă. La agregatul mobil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice sunt reprezentate prin funcțiile:

f₂- Alimentarea interstițiului de prelucrare cu lichid dielectric, f₃- Filtrarea grosieră a lichidului cu impurități, f₄- Filtrarea fină a lichidului dielectric.

Cercetarea externă pentru generarea de soluții noi pentru agregatul mobil de furnizare a lichidelor dielectrice ecologice a reprezentat un aspect important pentru realizarea produsului, fiind analizate brevetele pentru înțelegerea și îmbunătățirea produsului.

Invenția expusă în brevetul US5298161A prezintă un echipament de filtrare a lichidului dielectric folosit la EDM și ECM [10]. Echipamentul are un aparat de protecție pentru acumularea impurităților, acesta fiind compus dintr-un filtru cu membrană și un dispozitiv de spălare a filtrului. Figura 7 prezintă o imagine de ansamblu a întregului echipament de prelucrare EDM sau ECM în care este integrat și aparatul de filtrare a lichidului dielectric. În urma analizei soluțiilor parțiale a fost elaborată o schiță a agregatului de lichid dielectric. În figura 8 este prezentată vederea izometrică a agregatului, iar în figura 9 vederea de sus a acestuia. Lichidul dielectric (ulei de floarea-soarelui sau ulei de rapiță, este vărsat gravitațional din cuva mașinii de lucru cu ajutorul unei conducte flexibile. În funcție de lichidul ales acesta ajunge în containerului său specific trecând mai întâi printr-un procedeu de filtrare grosieră realizat de către o sită care are orificiile mai mari de 10 microni.

După realizarea procedurii de filtrare grosieră lichidul este mai apoi transmis în cel de-al doilea container putându-se opta pentru două procedee de filtrare de finețe (figura 10). Primul pentru prelucrări uzuale de finețe trecând printr-un filtru cu o precizie de 5 microni sau cel de-

Tabelul 5. Prezentarea funcției principale și funcțiile secundare ale produsului

Funcția generală	Filtrarea și recircularea lichidelor dielectrice ecologice
	Prinderea și reglarea agregatului la mașina EDM <i>Funcții secundare:</i> orientare, reglare și fixare
	Alimentarea interstițiului de prelucrare cu lichid dielectric <i>Funcții secundare:</i> orientarea orificiului de spălare către zona de lucru aglomerarea particulelor în interstițiul de prelucrare
	Filtrarea grosieră a lichidului dielectric <i>Funcții secundare:</i> trecerea lichidului cu impurități din bazinul alocat acestuia în bazinul de filtrare grosieră
	Filtrarea fină a lichidului dielectric <i>Funcții secundare:</i> trecerea lichidului de la filtrare grosieră la filtrare fină trimiterea lichidului dielectric în cuva de lucru /interstițiul de prelucrare
	Curățare și verificarea agregatului <i>Funcții secundare:</i> curățare sistemului de alimentare cu lichid dielectric curățarea pompelor, filtrelor și a tubulaturii

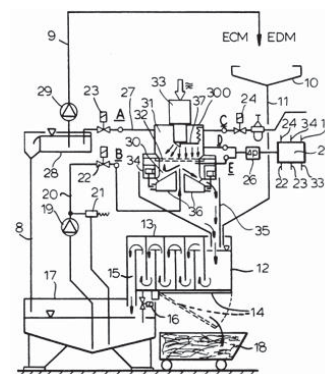


Fig.7 Echipamentul prezentat în brevetul US5298161A [10]

al doilea folosit preponderent pentru prelucrări de superfinisare având o precizie de 1 micron. Apoi lichidul este extras cu ajutorul unei pompe din container și transmis înapoi în folosire cu o presiune ridicată.

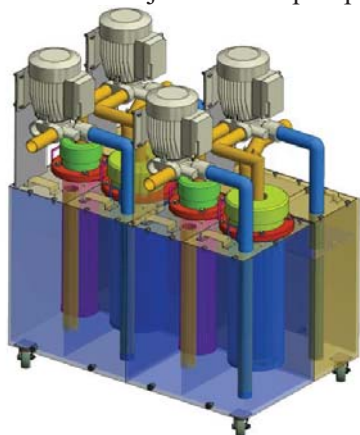


Fig. 8. Vederea izometrică a agregatului de lichid dielectric ecologic

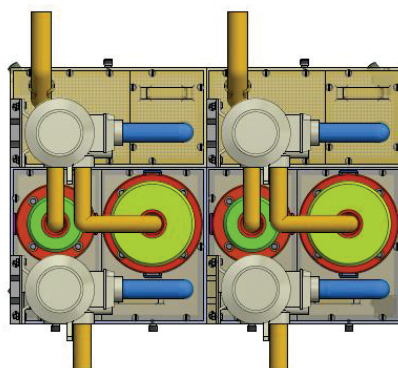


Fig. 9. Vederea de sus a agregatului de lichid dielectric ecologic



Fig. 10. Filtru agregat

7. Omologarea, utilizarea, comercializarea și reciclarea produsului

Comercializarea agregatului mobil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice în procesul de electroeroziune” se va face în primă fază către clienții de bază, aceasta fiind companii mici și mijlocii care au ca prim obiect realizarea matrițelor de injecție.

Se poate observa că majoritatea clienților principali sunt din zona București-Ilfov (figura 11).

Reciclarea reprezintă introducerea unor reziduuri sau deșeuri într-un proces tehnologic pentru a obține reutilizarea și valorificarea lor sau în scopuri ecologice [11]. Agregatul amovibil pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice în procesul de electroeroziune este realizat din următoarele materiale: fontă (pompa), cauciuc sintetic (exterior furtun ranforsat), împletituri de sârmă-oțel (interior furtun ranforsat), C15, C45, OL50, polipropilena, plastic. Echipamentul rezultat din proiectat va fi alcătuit din elemente reciclate astfel încât este important să fie cunoscute și înțelese noțiunile de reciclare. Cauciucul reciclat trebuie să întrunească mari cerințe pentru a fi adecvat la fabricarea produselor de înaltă calitate. Pentru produse cu valoare ridicată, industria are nevoie de pulberi cu granulație cuprinsă între 100 și 600 μm și un domeniu foarte larg al suprafeței specifice [12].

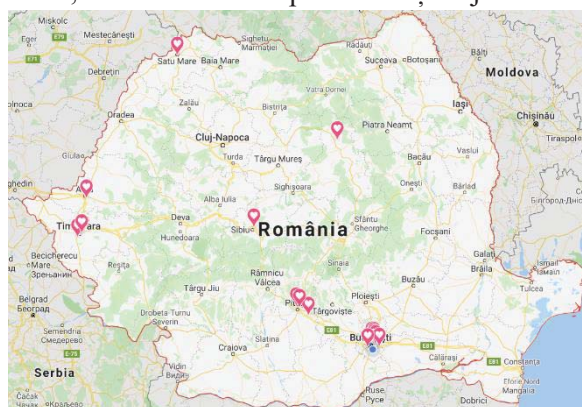


Fig. 11. Harta principalilor clienți pentru comercializare

Uimitoarele proprietăți metalurgice ale oțelului permit reciclarea sa continuă, fără degradarea randamentului de la un produs la altul. Astfel, utilizarea de oțel reciclat conduce la economii în ceea ce privește energia și utilizarea de material brut, în cazul în care producția bazată pe minereu poate fi evitată [13].

Carbonul este foarte important pentru viața de pe Pământ – este prezent în toate organismele vii. Este ciudat cum o cantitate mare de carbon în atmosferă ne poate fi dăunătoare – în prezent este una din cauzele principale ale încălzirii globale. Tonele de dioxid de carbon eliberate în atmosferă provin din arderea combustibililor fosili, cum sunt cărbunele, petrolul sau benzina [14]. Reciclarea materialelor plastice rezultate din tratarea și dezmembrarea vehiculelor scoase din uz poate constitui o soluție atât pentru reducerea impactului asupra mediului cât și pentru utilizarea eficientă a resurselor naturale, limitate și în plin proces de epuizare [15]. Această lucrare evaluează tehnologiile actuale și emergente de reciclare a materialelor plastice, în scopul de a oferi linii directe pentru dezvoltarea viitoarelor strategii de reciclare.

8. Concluzii

Contribuțiile originale: Au fost identificate segmentele de piață pentru identificarea portofoliului de nevoi ale clienților cuprinzând cele trei nevoi principale. Au fost realizate etape din managementul proiectului și stabilite caracteristicile produsului în funcție de cele trei criterii și produsele concurente pentru determinarea unor specificații optime ale agregatului mobil de lichid dielectric ecologic.

A fost determinată funcția principală a produsului, dar și funcțiile critice. O primă schiță a agregatului mobil a fost elaborată, având în componența sa elementele necesare exercitării funcției de filtrare și recirculare a lichidului dielectric ecologic.

A fost realizată analiza de comercializare a produsului, potențialii client aflându-se în zona orașului București. Totodată au fost introduse și noțiunile de reciclare ale produsului, având în vedere un caracter poluator cât mai mic al produsului. Lucrarea de față și-a propus să prezinte anumite etape necesare realizării agregatului de lichid dielectric necesar funcționării procesului de electroeroziune clasică.

Cercetările viitoare se vor extinde asupra realizării tuturor etapelor necesare pentru prezentarea unui model fizic și funcțional al agregatului pentru furnizarea lichidelor dielectrice ecologice.

9. Bibliografie

- [1]. Ghiculescu, D. și Marinescu, A. (2000), “Performances obtained with local air purification system with active coal at EDM”, *Revista de Ecologie Industrială*, nr 10-12, p11-14;
- [2]. Ghiculescu D. (2018), Curs „Tehnologii neconventionale”, platforma Moodle, accesat la: <https://fiir.curs.pub.ro/2018/course/index.php?categoryid=86>, la data 15.04.2020;
- [3]. *** EDM Filtration Fundamentals: Efficiency Classes for EDM Filters Required, Today’s Motor Vehicles, accesat la <https://www.todaysmotorvehicles.com/article/edm-filtration-fundamentals-mann-hummel-10914/>, la data 15.04. 2020;
- [4]. *** Costuri, accesat la https://www.academia.edu/33583074/Costul_fix_si_costul_variabil, la data 02.05.2020;
- [5]. *** Equipment for EDM, accesat la <http://www.eler.sk/en/products>, la data 29.04.2020;
- [6]. *** Portable filter carts, accesat la <http://www.comofiltration.com/products/portables/model-120>, la data 29.04.2020;
- [7]. *** Instalație KLEENOIL 6SE, accesat la <http://antosgrup.ro/instalatie-de-filtrare-kleenoil-6se/> / <https://www.kleenoilpanolin.com/en/kleenoil/anlagen/>, la data 29.04.2020;
- [8]. Ghiculescu, D., Vulturescu, V. (2015) “*Management strategic pentru organizații inovative*“, Editura Printech, București 240 p., ISBN 973-652-975-4;
- [9]. Cojocaru, D. și Mușat, A. (2015), “Cap ultrasonic cu vibrația sculei pentru microgăuri prin electroeroziune”, Sesiunea Științifică Studentească;
- [10]. Siend, A. (1991), “Apparatus for cleaning the working liquid of an EDM or ECM machine”, Elveția, US5298161A;
- [11]. *** Reciclarea, accesat la <https://ro.wikipedia.org/wiki/Reciclare>, la data 23.04.2020;
- [12]. Fazli, A. și Rodrigue, D. (2019), “Waste Rubber Recycling: A Review on the Evolution and Properties of Thermoplastic Elastomers”, *Materials* nr 13;
- [13]. *** Reciclarea oțelului, accesat la <https://www.h-metal.ro/blog/reciclarea-otelului/>, accesat la data 23.04.2020;
- [14]. *** Recircularea carbonului, accesat la <https://alexchimie.blogspot.com/2013/11/circuitul-carbonului-in-natura.html/> accesat la data 23.04.2020;
- [15]. Nagy, A. și Uriciuc, W. (2013), “Evacuarea reciclării materialelor plastice din punct de vedere al eco-eficienței”, Conferința Națională multidisciplinară – cu participare internațională, “ Profesorul DORIN PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești ”, Sebeș;

DISPOZITIV ROBOTIZAT - ROBOTIC TALKING HAND (RTH)

ROBOTIC DEVICE - ROBOTIC TALKING HAND (RTH)

PELTEA Cristian¹, PAVĂL Costel², AIRINEI Mihai³, ȘERBAN Elena Iulia⁴

¹Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică: ^{1,2}INPN, ^{3,4}IEMA.
Anul de studii: 2, e-mail: cristian.peltea@yahoo.com;

Conducător științific: Prof. dr. ing. ec. **Cristian DOICIN**

ABSTRACT: This paper aims to describe the steps for establishing specifications and conceptual design and to determine the optimal concept of product development. For this purpose, will be developed the quality functions, the analysis of the performances of the competing products, the target values, the general function of the product, the component functions, the collection of concepts, the systemic exploration, the method of contradictions and the product architecture.

KEYWORDS: robotic hand, dactyl language, dactyl language translation, educational.

1. Definirea proiectului:

Invenția se referă la un dispozitiv de mână robotizată pentru traducerea limbajului dactil român, care poate fi un produs de sine stătător sau poate fi utilizat în componența unui robot umanoid. În acest sens, scopul produsului Robotic Talking Hand este acela de a veni în sprijinul persoanelor cu deficiențe de auz, făcând cunoscut limbajul dactil român atât acestora cât și persoanelor valide, oferind astfel o platforma educațională interactivă și sănătoasă, prin dobândirea de noi capacități de comunicare.

Pentru a îndeplini scopul principal al produsului Robotic Talking Hand, respectiv aspectul manual și funcționarea cât mai uman posibilă, s-a proiectat o mână protetică ce reproduce limbajul dactil român, respectiv prin simbolizarea alfabetului și a numerelor, cu ajutorul telemanipulării.

În acest sens, se va utiliza pentru programarea și punerea în funcțiune a sistemului mecanic a produsului **RTH** platforma gratuită "Arduino" cu ajutorul căreia vom crea un algoritm matematic ce va sincroniza servomotoarele de curent continuu cu scopul de acționare a firelor de nailon și de a pune în funcțiune falangele degetele mâinii robotizate **RTH**, pentru a reproduce gesturile naturale umane, respectiv comunicarea prin limbajul dactil român. Prinderea obiectelor mai ușoare necesită o înțelegere diferită deoarece mâna robotizată **RTH** trebuie să se adapteze formei obiectului.

Pentru a realiza gesturile necesare ce reprezintă alfabetul dactil român se vor defini strategii de bază și control ale forței:

- metode ce implică relația dintre poziție și forța aplicată: controlul științei prin răspunsul poziției și controlul științific prin corecția răspunsului forței aplicate;
- metode de aplicare a relației dintre viteza și forța aplicată: controlul impedanței și controlul admisiei;
- metode care aplică poziția directă și forța aplicată: poziția hibridă;
- metoda de aplicare a răspunsului forței aplicate direct: controlul forței explicite.

După stabilirea funcțiilor ce urmează a fi reproduse de mâna robotizată **RTH** se vor proiecta părțile componente (falange, palma, articulații, îmbinări, placa suport ș.a.) prin intermediul programului Autodesk AutoCAD, iar simularea finală a prototipului se va realiza în programul Autodesk Maya, cu ajutorul căruia vom efectua prezentarea unei animații video de funcționare a tuturor ansamblurilor componente.

2. Aplicarea metodei QFD în vederea dezvoltării produsului RTH

Valorile folosite în cadrul acestei etape sunt stabilite în funcție de specificațiile produselor concurente, astfel încât acestea să asigure un avantaj, atât din punct de vedere funcțional, cât și tehnic al produsului dezvoltat. Pentru a determina specificațiile obiectiv s-a găsit o corespondență între fiecare cerință primară și mărimea măsurabilă care o caracterizează. Astfel, în figura 1 este reprezentată aplicația metodei QFD în vederea dezvoltării produsului RTH. [1]

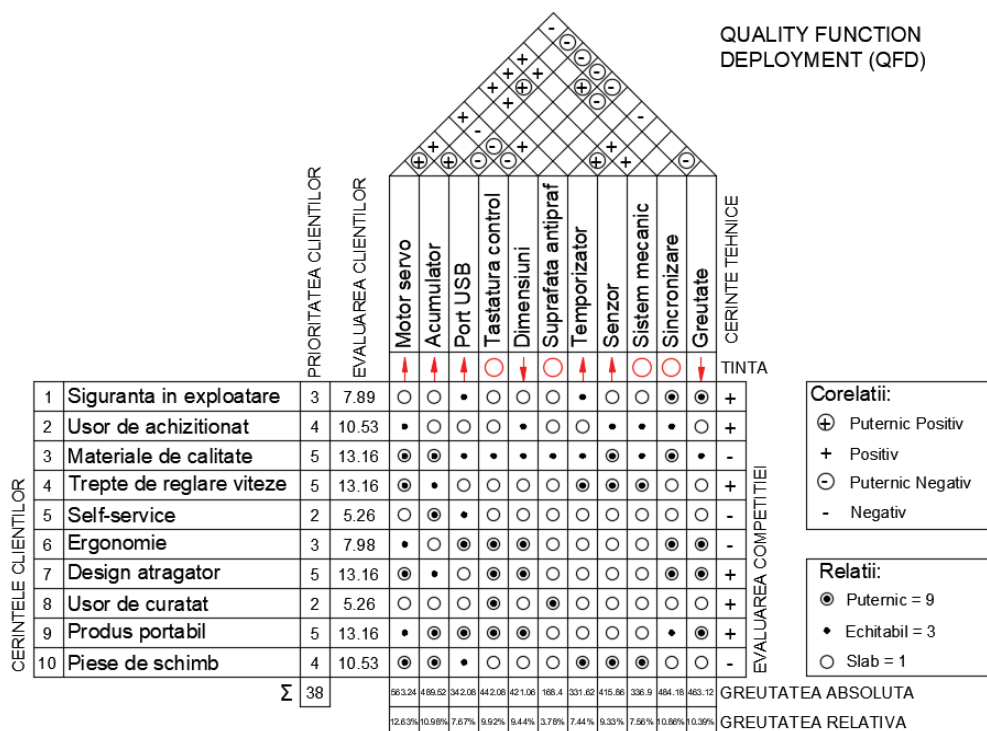


Fig. 1. Casa calității – metoda QFD aplicată produsului RTH

3. Valorile obiectiv și limită

Pentru stabilirea valorilor obiectiv ideale și limită acceptabile se alege, pentru fiecare mărime, un obiectiv ideal și un obiectiv limită acceptabil. În acest scop, s-au folosit următoarele moduri de exprimare: **cel puțin x**: stabilim obiective pentru limita inferioară a unei marimi, dar o valoare mai mare este mai bună; **cel mult x**: stabilesc obiective pentru limita superioară a unei marimi, valorile mai mici fiind mai bune; **între x și y**: stabilesc atât limita superioară cât și pe cea inferioară a unei marimi. În acest sens, valorile obiectiv și limită sunt prezentate în tabelul 2. [5]

Tabelul 2. Valorile obiectiv și limită ale produsului RTH

Nr. Mar.	Nr. Nevoii	Mărimea	Imp. Rel.	Unitatea	Val. Lim.	Val. Ideale
1	1; 4; 10	Buton de pornire/oprire amplasat ergonomic	5	Da/Nu	Da	Da
2	2; 5; 6	Echipare cu microservomotoare	5	Da/Nu	Nu	Da
3	1; 7	Asigură protecția utilizatorului	4	Da/Nu	Nu	Da
4	2; 6	Nivele de reglare a vitezelor	4	Da/Nu	Nu	Da
5	4, 6, 12	Aspect	4	Subiectiv	Plăcut	Neplăcut
6	11	Structura antișoc	3	Subiectiv	Nu	Da
7	3; 12	Produs portabil	5	Da/Nu	Nu	Da
8	5, 14	Garanția produsului	4	ani	>1	2

9	7; 8	Tip de alimentare	4	Subiectiv	24V	Acumulator
10	14	Manual de întreținere	3	Da/Nu	Nu	Da
11	10;11; 13	Produs de calitate	5	Da/Nu	Nu	Da
12	2; 12	Greutate totala	3	kg	<1.2	0.9
13	2 ; 4; 12	Dimensiuni de gabarit	5	mmxmmxmm	<325x200x380	300x180x350
14	2; 3	Timp de montare/ demontare	4	min	<100	80
15	7; 10	Produs impermeabil	4	Adimensional	>IP45	IP65
16	2; 7; 8	Puterea consumată	5	W	<150	40
17	3; 5	Senzori	4	Da/Nu	Nu	Da
18	2; 5; 9	Preț de vanzare	5	\$	120 - 160	150

4. Funcția generală și funcțiile componente ale produsului RTH

Funcția generală se supune unui proces de analiză din care vor rezulta în primul rând funcțiile principale și apoi cele secundare. *Funcțiile principale* reprezintă însușiri ale produsului care determină funcția generală. *Funcțiile secundare* rezultă din interacțiunea funcțiilor principale între ele, și poartă denumirea de interacțiuni interne, și din interacțiuni dintre funcțiile principale și mediul în care acestea se dezvoltă și reprezintă interacțiuni externe.

Tabelul 1. Centralizarea funcțiilor principale

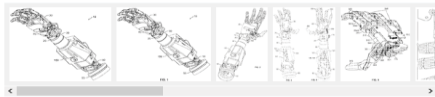
Funcția generală	Traducerea limbajului dactil român
Nr. Funcție	Funcțiile principale ale produsului
Ø ₁	Pornirea/ Oprirea dispozitivului robotizat
Ø ₂	Interoperabilitatea și transmiterea semnalelor
Ø ₃	Alimentarea cu energie electrică
Ø ₄	Fixarea pe suprafața de contact
Ø ₅	Dexteritatea dispozitivului RTH
Ø ₆	Ergonomia RTH
Ø ₇	Continuitatea fizică a elementelor componente
Ø ₈	Îmbinarea elementelor componente între ele
Ø ₉	Fiabilitatea RTH
Ø ₁₀	Suprafața impermeabilă
Ø ₁₁	Estetica RTH

5. Brevete/ Patente OSIM

Modular and lightweight myoelectric prosthesis components and related methods

Abstract
Prosthetic devices and, more particularly, modular myoelectric prosthesis components and related methods, are described. In one embodiment, a hand for a prosthetic limb may comprise a rotor, motor, a transmission, comprising a differential roller screw, a linkage coupled to the transmission, and at least one finger coupled to the linkage. In one embodiment, a component part of a wrist of a prosthetic limb may comprise an exterior rotor motor, a planetary gear transmission, a clutch, and a cycloid transmission. In one embodiment, an elbow for a prosthetic limb may comprise an exterior rotor motor, and a transmission comprising a planetary gear transmission, a non-backdrivable clutch, and a screw.

Images (15)



Classifications
A61F2/582 Elbow joints
View 24 more classifications

US20190380846A1
United States
Download PDF Find Prior Art Similar

Inventor: James Lipsay, Jon Sensinger
Current Assignee: Rehabilitation Institute of Chicago

Worldwide applications
2015 - WO US EP EP US EP WO 2017 - US 2019 - US

Application US16/448,756 events
2014-02-04 • Priority to US201461935836P
2015-02-04 • Priority to US14/614,231
2017-11-07 • Priority to US15/806,209
2019-06-21 • Application filed by Rehabilitation Institute of Chicago
2019-06-21 • Priority to US16/448,756
2019-12-19 • Publication of US20190380846A1
2020-04-08 • Application status is Pending

Info: Patent citations (210), Cited by (34), Legal events, Similar documents, Priority and Related Applications
External links: USPTO, USPTO Assignment, Espacenet, Global Dossier, Discuss

Fig. 2. Model de utilitate US20190380846A1 - Dispozitiv protetic modular [2]

6. Publicații online pentru produse cu funcții similare

Brațul robot Extreme Dextrous (figura 2), Cercetătorii de la OpenAI au dezvoltat un braț robot care folosește inteligența artificială pentru a rezolva cubul rubik-ului cu o singură mână. Robotul Extrem Dextrous prezintă un design asemănător unui om-24 de articole și a durat doar patru minute pentru a finaliza sarcina. [3]

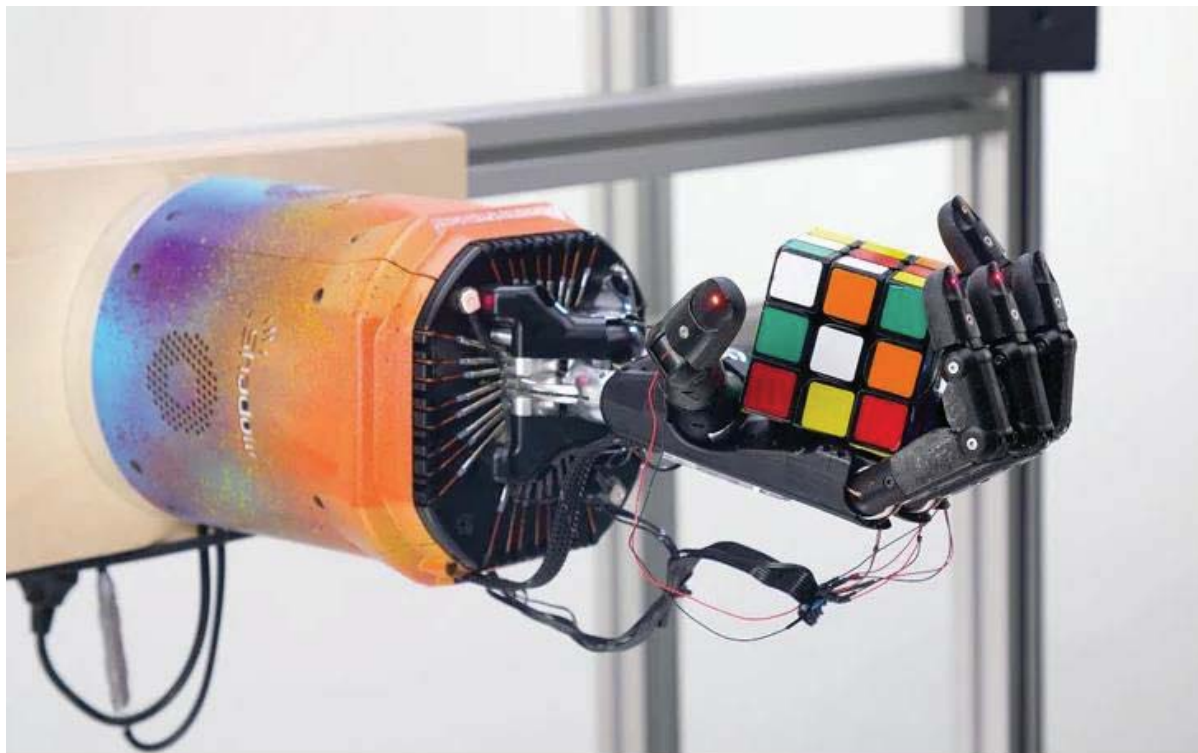


Fig. 3. Brațul robot Extreme Dextrous [3]

7. Consultarea experților din domeniul limbajului dactil român

Alfabetul dactil adaptat tactil a fost creat în scopul comunicării cu persoanele cu surdocecitate dobândită prin noțiunile limbii vorbite de către comunitatea validă. Avantajul lor constă în faptul că partenerii valizi le pot învăța ușor. Cu ajutorul schițelor sau a imaginilor scanate referitoare la configurația literei, orice persoană poate transmite mesaje unei persoane cu surdocecitate și se poate implica direct în conversații. Fluxul conversației este mai redus, dar se pot folosi abrevieri care accelerează ritmul de transmitere și receptare (Fărcaș, 2012). Dactilemele sunt folosite de către persoanele cu surdocecitate dobândită care au achiziționat în prealabil limbajul oral ca limbă maternă sau care erau surde și efectuau alfabetul dactil în comunicare. [4]

8. Construcția celor 9 Ecrane

În figura 4, este prezentată o aplicație practică a TRIZ – Metoda celor 9 ecrane pentru dispozitivul RTH - mână robotizată ce reproduce limbajul dactil. Aplicația reprezintă o incursiune în istoria evoluției limbajului dactil, a metodelor folosite mediului de studiu și permite predicția modului de dezvoltare a acestei practici. [1]

TMP	TRECUT	PREZENT	VIITOR
CLASIFICARE: SUPRASISTEM			
SISTEM			
SUBSISTEM			

Fig. 4. Construcția celor 9 ecrane pentru dezvoltarea produsului Robotic Talking Hand

9. Explorarea sistemică

Ca urmare a cercetării externe efectuate pentru alcătuirea bazei de date a soluțiilor conceptuale cunoscute și a dezvoltării funcțiilor principale ale produsului, se vor stabili soluții tehnice prin procedeul de combinare a conceptelor. Ulterior acestei etape, filtrarea soluțiilor tehnice posibile se va realiza ținând cont de specificațiile obiectiv stabilite în capitolele precedente. În tabelul 2, sunt centralizate conceptele integrale.

Tabelul 2. Centralizarea conceptelor integrale

Nr. Concept	Pornirea/Oprirea dispozitivului robotizat	Interoperabilitatea și transmiterea semnalelor	Fixarea pe suprafața de contact	Alimentarea cu energie electrică	Dexteritatea dispozitivului RTH	Imbinarea elementelor componente între ele	Estetica RTH
C1	Buton tactil	Micro servomotor	Platforma din plastic	6V	Sisteme de scripete	Fixare cilindrică	PLA
C2	Buton cu autorevenire	Servomotor	Platforma reglabila	12V	Mecanism cu cama rotativa tachtet traslat	Suruburi	HIPS
C3	Buton cu senzor de miscare	Mini micro motor DC 3V	Platforma metalica	3.3V	Angrenaje conice	Fixare prin clipsare simpla	ABS
C4	Buton siliconic	Motor DC 3V	Platforma aderenta	9V	Rapoarte de transmisie	Fixare prin clipsare dubla	PVA
C5	Buton cu senzor tactil	Motor pas cu pas	Platforma magnetica	20V	Cremaliere	Suruburi	Lemn
C6	Buton tactil	Micro servomotor	Platforma aderenta	12V	Sisteme de scripete	Fixare cilindrică	PLA
C7	Buton siliconic	Mini micro motor DC 3V	Platforma reglabila	6V	Cremaliere	Suruburi	PVA
C8	Buton cu senzor de miscare	Servomotor	Platforma reglabila	3.3V	Cremaliere	Fixare prin clipsare simpla	ABS

În etapa generării conceptelor ce satisfac funcția generală a produsului dezvoltat, respectiv reproducerea limbajului dactil român, au rezultat 8 concepte integrale. Aceste concepte vor fi selectate prin intermediul criteriilor ce caracterizează funcția generală dezvoltată de produs, stabilită pe baza nevoilor clienților și ale firmei producătoare, criteriile având pondere egală.

Se recomandă să utilizăm un concept de referință cu o soluție simplă, care implică costuri reduse și care se regăsește în cadrul unor produse similare existente pe piață. În acest sens, a fost ales ca și concept de referință **conceptul C7** deoarece acest concept este utilizat în cadrul unui produs aflat pe piață. Este o soluție relativ simplă, ce implică costuri mici.

10. Metoda TRIZ

Produsul ce urmează a fi dezvoltat în cadrul proiectului este un dispozitiv de mână robotizată ce traduce limbajul dactil. Pentru a aduce îmbunătățiri produselor de tip mână robotizată existent pe piață, se vor formula anumite contradicții tehnice, iar rezolvarea lor va conduce la dezvoltarea unui concept inovativ de mână robotizată pentru traducerea limbajului dactil român.

Conflictele tehnice apar atunci când o îmbunătățire a unei caracteristici a sistemului conduce la înrăutățirea unei alte caracteristici a acestuia. Un conflict tehnic implică, astfel, două caracteristici ale sistemului, după cum urmează:

- Ø Integrarea unui acumulator intern implică nevoia unui spațiu adecvat pentru a putea fi alimentat;
- Ø Amplasarea servomotoarelor va crește riscul pornirii/ opririi accidentale a altor comenzi;
- Ø Reducerea greutateii dispozitivului prin utilizarea unor servomotoare mici va conduce la reducerea vitezei de mișcare;
- Ø Creșterea impermeabilității dispozitivului va scădea posibilitatea ventilării căldurii produse în interiorul acestuia;
- Ø Creșterea gradului de dexteritate va conduce la complexitatea dispozitivului;
- Ø Creșterea gradului de versatilitate/ adaptabilitate a dispozitivului conduce la scăderea ușurinței de fabricare.

11. Arhitectura produsului

În urma evaluării conceptelor generate în procesul de dezvoltare a produsului RTH, conceptul selectat cu ajutorul matricei de selecție și a matricei de evaluare a fost Conceptul 6, acesta urmând a fi dezvoltat în continuare. Elementele componente ale schemei de produs (vezi figura 5) sunt atât fizice cât și funcționale:

Elemente fizice:

- Platforma de prindere;
- Placa electronică;
- Acumulator;
- Buton tactil;
- Servomotoare;
- Fir nailon;
- Subansamblul falange;
- Arcuri;
- Stifturi;
- Suruburi;
- Piesa de reglare;
- Tastatura alfa-numerică;

Elemente funcționale:

- Stocare, inmagazinare;
- Aliniere, potrivire;
- Ghidare, dirijare;
- Cuplează, decuplează;
- Sistem mecanic;
- Elemente de legatură;
- Fixează RTH pe suprafața de contact;

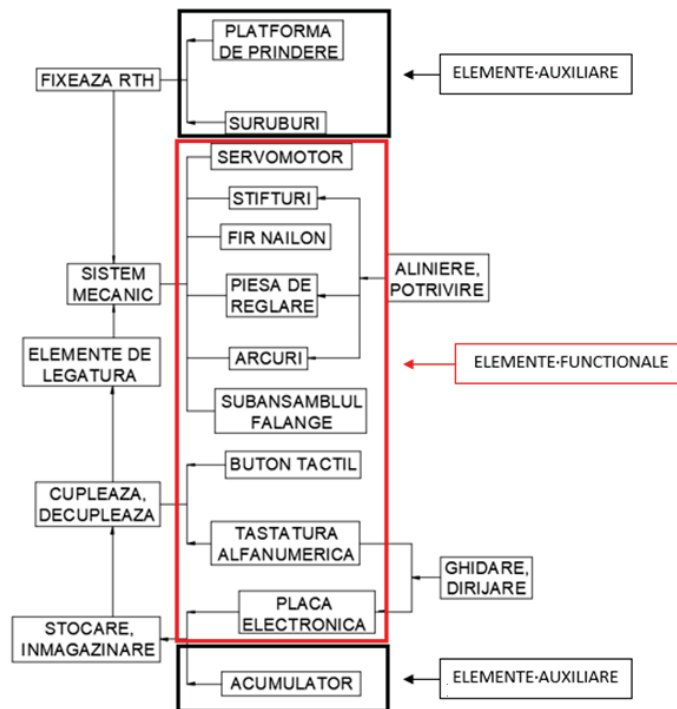
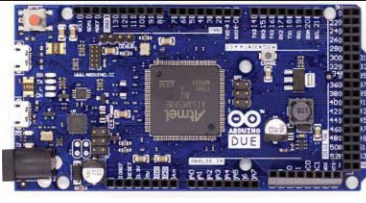





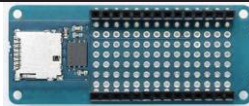



Fig. 5. Elementele componente ale schemei pentru arhitectura produsului RTH

În funcție de condițiile ergonomice, produsul va fi redesenat și va avea o funcție suplimentară, respectiv reproducerea sonoră a codului Morse, integrând astfel tastatura alfanumerică în cadrul platformei ce va conține componentele electronice prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Centralizarea componentelor electronice ale produsului RTH

Nr. Crt.	Denumire componenta	Cant. [buc.]	Imagine
1	Placa Arduino Due cu Atmel SAM3X8E	1	 [6]
2	Arduino Pro Mini 328	1	 [7]
3	Breadboard 830 puncte MB-102	1	 [8]
4	Motor Servo SG90 9g 180 grade	5	 [9]
5	Ecran LCD 1602 - Afișaj electronic pe doua randuri	1	 [10]

6	Boxa ultra subtire 40mm 8 ohms 0.5W	2	 [11]
7	Arduino MKR MEM Shield	1	 [12]
8	Contact tastatura mecanica	48	 [13]

12. Concluzii

Încadrarea produsului RTH în una din cele trei grupe de produse, respectiv cu tehnologie dominantă, cu utilizare dominantă sau cu tehnologie și utilizare dominantă, se va realiza în funcție de natura provocării dominante.

Natura provocării dominante poate fi: atingerea performanțelor tehnice, realizarea designului pentru exterior și a interfețelor cu utilizatorul sau combinate. Produsul Dispozitiv robotizat RTH are un grad ridicat de interacțiune cu utilizatorul care studiază limbajul dactil român, însă produsul trebuie să îndeplinească anumite cerințe de performanță tehnică pentru a îndeplini funcția generală, respectiv de traducere a limbajului dactil. În acest sens, s-a stabilit că produsul Dispozitiv robotizata RTH face parte din categoria produselor cu tehnologie dominantă.

13. Bibliografie

- [1] Curs *Creativitate și Proprietate Intelectuală*, Prof. dr. ing. Daniel Ghiculescu, Prof. dr. ing. Nicolae Ionescu
- [2] Lipseș, J., Sensinger, J., *Modular and lightweight myoelectric prosthesis components and related methods*, SUA, US20190380846A1, 2019
- [3] Extremely dextrous robot arm uses AI to solve rubik's cube one-handed
<https://www.designboom.com/technology/openai-dactyl-robotic-hand-rubiks-cube-10-16-2019/>
(designboom, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [4] Tufar, I., *Alfabetul dactil și influența dactilării asupra abilităților de citire a copiilor cu dizabilități auditive*, Romania, DOI: 10.26744/rrttlc.2018.4.1.03, 2018
- [5] Curs *Dezvoltarea Produselor I*, Prof. dr. ing. ec. Cristian Doicin
- [6] <https://www.robofun.ro/arduino-62/placa-arduino-due-cu-atmel-sam3x8e.html>
(robofun, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [7] <https://www.robofun.ro/arduino-62/arduino-pro-mini-328-3-3v-8mhz.html>
(robofun, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [8] <https://cleste.ro/breadboard-830-puncte-mb-102-mb102.html>
(cleste, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [9] <https://cleste.ro/motor-servo-sg90-9g-180grade.html>
(cleste, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [10] <https://cleste.ro/ecran-lcd-1602-afisaj-electronic-pe-doua-randuri.html>
(cleste, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [11] <https://www.sigmanortec.ro/Boxa-ultra-subtire-40mm-8-ohms-0-5W-p136285784>
(sigmanortec, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)
- [12] <https://store.arduino.cc/arduino-mkr-mem-shield> (arduino, 2020) (accesat 22 aprilie 2020)
- [13] https://www.amazon.com/dp/B07K7LWWQZ/ref=twister_B07K7K792G?encoding=UTF8&psc=1
(amazon, 2020)(accesat 22 aprilie 2020)

SORTING ROBOTIC ARM FOR INDUSTRY 4.0

BOUDER Arthur¹, LE STANC Maxime

¹Faculty:ERASMUS Students, INSA Rennes, France Year of study: 5, e-mail:arthur.bouder98@gmail.com (Corresponding author only)

Scientific Leader: **Bogdan ABAZA**, PhD

(e.g. Scientific Leader: Conf.dr.ing. **Ion POPESCU**)

SUMMARY: This paper is a report of a work project at the University Politehnica of Bucharest, regarding the Industry 4.0 module. This report is about the theoretical work on the application of a robotic arm in a context of industry 4.0. The main goal is to develop an application that could be evolved with more advanced components. So will be presented results that are likely going to change.

KEY WORDS: robotic arm, Industry 4.0, 3D printing

1. Introduction

This research explores the work in the Small and Medium Business. Currently, in some of them, they handle the sort and the sending by hand but they want to improve their competitiveness. What's more, manual handling can expose workers to hazards resulting in musculoskeletal disorders. So the idea is to create a cyber-physical system that would automatize the sort and prepare the sending of their products in different areas in the country. They are looking for different benefits through our method such as: cheaper, faster, automatic and useful. The objective is to create a prototype of a sorting robotic arm able to identify the destination of a package and to sort it depending on this destination. This arm would allow for the possibility of getting to an industry 4.0. It's currently hard for the SMB to optimize their production, due to the price of the Cyber Physical System. Additive manufacturing will be used to reduce the cost of the machine. Because of its good mechanical characteristics, ABS plastic will be used to print the robot, but in real fatigue conditions, it should be updated to a more resistant material. Thanks to the flexibility of this technology the sorting arm will be adapted to each customer request as for example the shape of the gripper (the design of the gripper could be adapted depending on the demand and on its function) or the connectivity between the robot and the production line.

2. Business Strategy

On the factories there are many workers who make repetitive gestures, typical of assembly line work. This is the main reason of the appearance of musculoskeletal disorders. In France, in 2017, MSD represent 87% of professional diseases and their direct cost to companies is estimated to almost two billion euros. For employees, almost the half of this diseases have serious consequences with the risk of professional dissertation.

To deal with this workplace health issues, robots appeared during the 3rd industrial revolution. They are used intensively in factories to perform repetitive, arduous tasks and replace men. Nowadays, after several years of improvement, they are able to perform more precise and rapid movements. This project is to design and create a handling and sorting robot that can be used at the end of a production line. Each industry needs this kind of equipments in order to separate differents products and redirect them to the next operation. The Sorting Robotic Arm is a prototype which aims to attract potential customers in order to launch full-size production.

Obviously there are already similar solutions to the one developed in this report. Among the existing concepts two were selected.

The first one is the Zortrax Robotic Arm which is a pick and place device. This robot is able to lift part that weight up to 100g and all of the components are 3D printed. The user can also change the tool heads as he wants (sucker, electromagnet, drill...). However there are only three axes which are powered and the others are positioned by hand.



Fig. 1. Zortrax Robotic Arm

The second is the Little Arm which has a very simple design. The servo motors are basic components and we have already seen who to drive them during the mechatronics courses. “The LittleArm is a perfect miniature analog for large industrial robot arms.” according to his designer.



Fig. 2. Little Arm

The idea for this project is to keep the advantages of competing concepts and try to improve them in order to have a place on the market sector and a large customer base. In the next table there is the comparison between the two previous robotic arms and the Sorting Robotic Arm for Industry 4.0.

Table 1. Comparative table of projects

Project	3D printing	Interchangeable tool heads	Controlled remotely	Optimization of parts	Maximum mass liftable (kg)
Zortrax Robotic Arm					0.100
Little Arm					-
Sorting Robotic Arm					0.200

The robot will be fully created with 3D printing except for the mechatronics components (servo motors, wires, sensors...) and the fixing elements as screws. Thanks to this technology it's possible to have the same mechanical characteristics as metal while reducing considerably the weight of each part. After have developed a first type of head tools it will be interesting to design some others in order to answer the market demand. The movement will be controlled remotely and the optimization of the parts will allow to increase the maximum mass liftable at the end of the arm.

3. External Functional Analysis

To understand the needs targeted by this robot had to be made a functional analysis. The goal of this functional analysis is to define precisely the principle and constraint functions that the robot will have to fill. It also introduces the technical solutions that could be used to answer this problems. This analysis leads mainly to three principle functions:

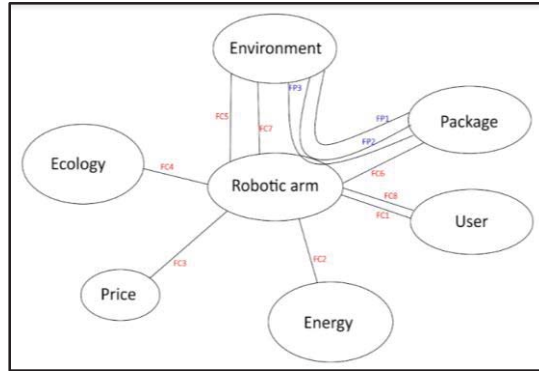


Fig. 3. Octopus of the Sorting Robotic Arm

FP1 : Be able to transport the package

To do it so, it was necessary to think of the best way to pick the package. Actually, there is plenty of technical solution to do it. The three principles that stood out to realize this function are a system of magnet (one on the arm and the other on the package), a grab device at the end of the arm that could pick the package and a sucking device, with a system of compressed air.

FP2 : Be able to access all the working areas

The distance from the robot to the working areas are a primordial factor in the design of the robot, and in the choice of its components. Indeed, to be useful for a large number of companies, it had to have a big working area. But actually, to keep the price as low as possible a compromise had to be found because this distance directly influences the value of the mass liftable by the arm.

FP3 : Be able to read the destination of the package

As it is explained previously, the aim of this robot is to sort the package depending on its destination. To do it so, the arm needs to detect specific criterias that could differentiate one package to another. Two solutions to fill this task were brought up. The first one is based on barcodes. It would require a barcode reader that would determine the destination of each box by simply reading the barcode on the package and isolating the associated information. The second is based on a color reader. The package would be equipped with color spot that would be read by the color sensor. This way, the robot would be able to sort the packages depending on this color.

To complete this functional analysis were added some criterias that were primordial to have a good final product. Here are some constraint functions added to the functional analysis:

FC1 : Must be easily usable, user-friendly

FC3 : Must not be expensive

FC8 : Must be safe

These different constraint functions are built to get a limit around the project. With these, it is possible to know what solutions are forbidden for example.

4. Competing Concepts

As it is explained in the previous part, to answer correctly the functional analysis, there is plenty of solutions available but only one was developed through the project. So, to understand the choice of solution will be discussed in this part the advantages and the inconveniences of each technical possibility.

First of all, will be chosen the solution that will permit the robot to lift the package. As it is said higher, three principal technicals solutions will be discussed.

The first one is a sucking device. On the technical part, it is pretty easy to implement, as there is no power transmission to think about. However, it remains a lot of problems caused by this choice. Indeed, the first one is a matter of space. To use such a device, a stock of compressed air is needed. Therefore it needs space to stock it and it involves a certain cost. What's more, the sucking device is not very versatile. Indeed, the sucking device will not be able to stick to any surface (dusty, smooth..).

The second solution that was mentioned is the grab. The main disadvantage of this system would be that it needs a servo motor to work. However, as the robot already uses three servo motors, and that the code for these is really simple on arduino, it is possible to overcome this problem. To this adds the fact that the grab has the huge advantage that it can be adapted depending on the type of application the user requires. Indeed, it is possible to think about different types of tool head. It is also 3D printable and therefore pretty cheap.

The last solution brought up was the system of magnets, but in this case, every package should have a system of magnet, and that would be very expensive after a while.

Now, the choice will be made about the system that will read and control the destination of the package. If the choice was pretty simple for the device of picking, it is more difficult for this one. Indeed, each solution have very good advantages.

The first solution mentioned higher is about the use of a barcode reader. The system of barcode is a really robust technical solution. Past the coding part, it is possible to stock many useful information in the barcode such as the size of the package, its weight, its destination and so on. The robot could easily adapt depending on these information. However, its principal inconvenience is its price. Indeed, as the robot is destined to be a prototype, this type of device is unaffordable.

That's why the second solution will be chosen. It is based on a color detector. This device will be used to detect the color of a spot placed on the box. Depending on this color, the robot will choose a zone in which sort the package. The device is so much easier to program, as there is less information accessible through it. However, it fills the function expected.

5. Selected Concept

The Sorting Robotic Arm is a prototype of a larger concept intended to move packages in the factories at a sorting area. The idea is to create a three axis robotic arm prototype that will be composed by five main parts: the base, the tower, the first arm, the second arm and the gripper. The objective of this robot is to be able to lift 0,200g. After studying the existing concepts, the length of the arms will be fixed at 120mm.

By taking in account the weight of the parts and the package that the robot will lift, the characteristics of the servo motors can be calculated. For the three axis of rotation a MG995 servo motor is necessary and the gripper solution requires a SG90 servo motor.

On the next figure there is the kinematics diagram of the project and the characteristics of the servo motors on the following table:

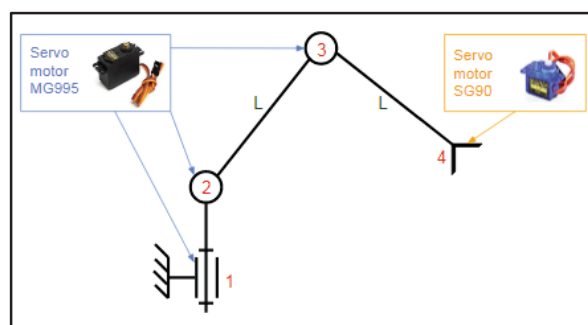


Fig. 4. Kinematics diagram

Table 2. Characteristics of servo motors

Servo motors	Weight (kg)	Torque (Nm)	Price (€)
MG995	0.055	0.83	7
SG90	0.015	0.24	2

After the components that will be used were determined, the next thing to work on was to design the global shape of the robotic arm. According with the rules imposed by the 3D printing technology, mainly not to create angles upper 45 degrees or avoid horizontal bridges, the following design was established, and it is currently the state of the project.

Remaining in the same optic as during the whole project, and as it is written higher, the goal is to reduce the price of production, by optimizing the volume of our parts. To do it so, it was necessary to work on topological and parametric optimizations, mainly on the arms. Indeed, the two arms are the more important parts because their weight define the mass liftable by the whole machine. It is also foreseen to optimize the base of the robotic arm because it is pretty massive.

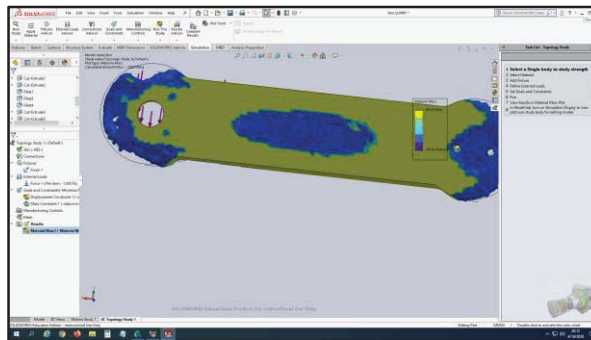


Fig. 6. Topological optimization of the first arm

In parallel, an application is developed and will come with the robotic arm. This application, that is designed with Labview [2], will allow the user to take the manual control of the arm, even if the goal is to implement an automatic mode.

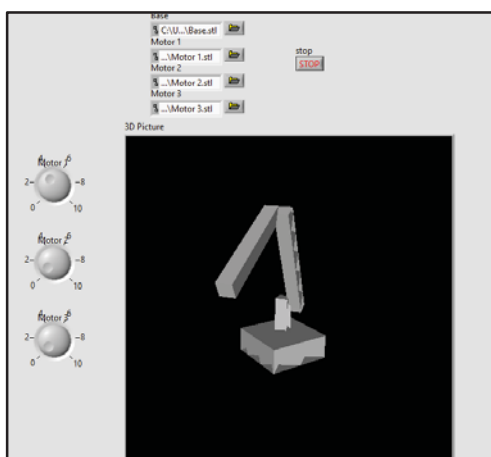


Fig. 7. Current state of the labview application

As we can see on the Fig.7, the application permits the user to control each articulation of the arm. It still misses some specific functionalities as the change of mode (between automatic and manual) or the display of the detected color. Nevertheless the core of the application has been built.

What's more, a simulation on how the circuit will work was built on TinkerCAD. Unfortunately, as some specific components (as the color sensor) are used, it is difficult to get a really realistic approach on it and the connexion with Labview is impossible. That's why some alternatives were found to be able to work on it whatever. For instance, the color detector is currently simulated by the use of a temperature sensor: each color corresponds to a specific range of temperature in the program. This temporary solution allows to see what problem could show up. To get something more realistic, a simulation of the color sensor could be created on LabView to generate a random sequence of color that would be sent to the arduino card. Nevertheless, the simulation is working pretty good in its current state. Indeed, the working modes and the main functions have been set to follow the "scenario d'action". Finally, it remains to work on the manual mode : Some potentiometers will be added to control the servo motors by hand when the mode is switched from automatic to manual.

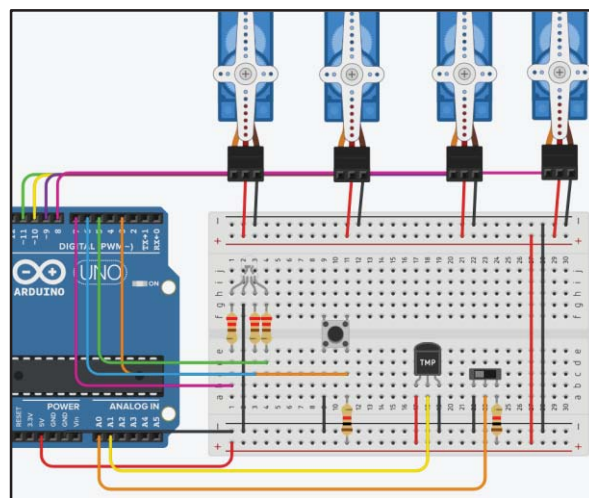




Fig. 8. Development of the circuit on TinkerCAD



6. Economic Analysis

As it was explained previously, the first goal of the robot is to be accessible by small companies. That's the main reason why the robot must be simple but efficient, and its price of production has to remain low. To justify the use of additive manufacturing, a first comparison of prices is necessary. Indeed, here is an idea of the price the robot would have cost without the use of additive manufacturing.

So, the components would be used to build the exact same components that will be printed, among other things, two arms, one base and one tower. For the system of gripper, it is hard to have an idea of where to buy it.

Table 3. Components

Item	Picture	Quantité	Unit Price (\$)
1202 Series Angle Pattern Mount (1-1)		3	5,99
1106 Series Square Beam (6 holes, 48mm Length)		4	1,79

1109 Series goRAIL (120mm Length)		2	3,49
1116 Series Grid Plate (5x7 Hole, 40x56mm)		1	1,59
Total Price		33,70\$	

Of course, this list of components is just an idea of what could be taken to build the structure and it doesn't take in account components like screws, bolt or even servo motors. But actually, there would be another point to add to these : the weight. As said previously, the weight of the structure is one of the biggest advantage of the additive manufacturing. Indeed, the lower the weight is, the lower the torques of the servo motors have to be. If the components were made of metal, it would have been also necessary to change the servo motors chosen for stronger ones (and ineluctably more expensive ones).

Now, it is possible to put the designed parts in the software Cura Ultimaker to have an idea of what that would cost using additive manufacturing. The parameters set are just hypothetical, as there is still work to do on it.

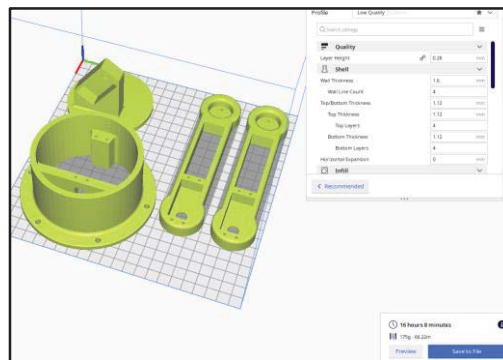


Fig. 9. Result of the printing simulation

As we can see, this printing is using only 175g of ABS to print the parts. Regarding the price of the raw material, that would be worth less than 4 euros. It is hard to put an exact price on the process because it takes 16 hours to print, and that should be taken in account in the calculation of the final price.

7. Conclusions

To finish this report with will be made a point about the current state of the project and what remains to improve.

Concerning the state of advancement of the project, if the general design of the robot is drawn, it remains to work on the design of the grab. As explained previously, it would be interesting to implement at least two types of grippers that the shapes still have to be determined. To reduce the cost of printing, the shape of the base will also be reviewed and optimized to get a less massive part.

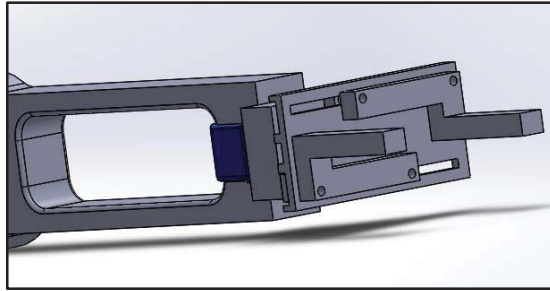


Fig. 10. Gripper of the robotic arm (work in progress)

For the software part, there is still functions to add to the application and the information exchanged between the arduino and the application have to be fully defined. The big works remaining concerning the software part will be to get a link between TinkerCAD and the Labview application. For example, it would be relevant to create a labview application able to read data written in a file by TinkerCAD circuit. The next steps are so to go further in the Labview application by creating a simulation of color detection and an exchange with the arduino.

The current results about the robot are pretty encouraging, as the mass liftable keeps increasing as optimization goes by. The robot is now capable to lift nearly 230g against 150 at the beginning of the project. In the future, to improve the adaptability of this work, there is plenty of direction to explore. For example, there is an infinity of new gripper shapes to design. It is also possible to upgrade the current devices that are used to improve the capacities of the robot. This way, it could be able to either lift heavier packages, or to pick them at a further distance. To get the robot robuster, it would also be possible to replace the color detector by the barcode reader.

Concerning the robot developed in this study, it obviously remains a prototype because of the cost a real robot could cost. Due to the current world situation, this robot will likely not see the light of day, but all the main clues are studied to get it realistic.

8. Bibliography

- [1].Grames E, "10 Best DIY / 3D Printed Robot Arms in 2020", 2020 <https://all3dp.com/2/10-best-robot-arms-to-3d-print-or-buy/>
- [2].Menelaos K , "myRoboLab : Custom design Robotic Arm", 02/06/2015 <https://forums.ni.com/t5/myRIO-Student-Projects/myRoboLab-Custom-design-Robotic-Arm/ta-p/3499870?profile.language=fr>
- [3].Fuster A.M.G, "Greaper design and development for a modular robot", June 2015 <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/79988/AnnaMariaGil-report.pdf>
- [4].ABAZA Bogdan, Industry 4.0 course

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

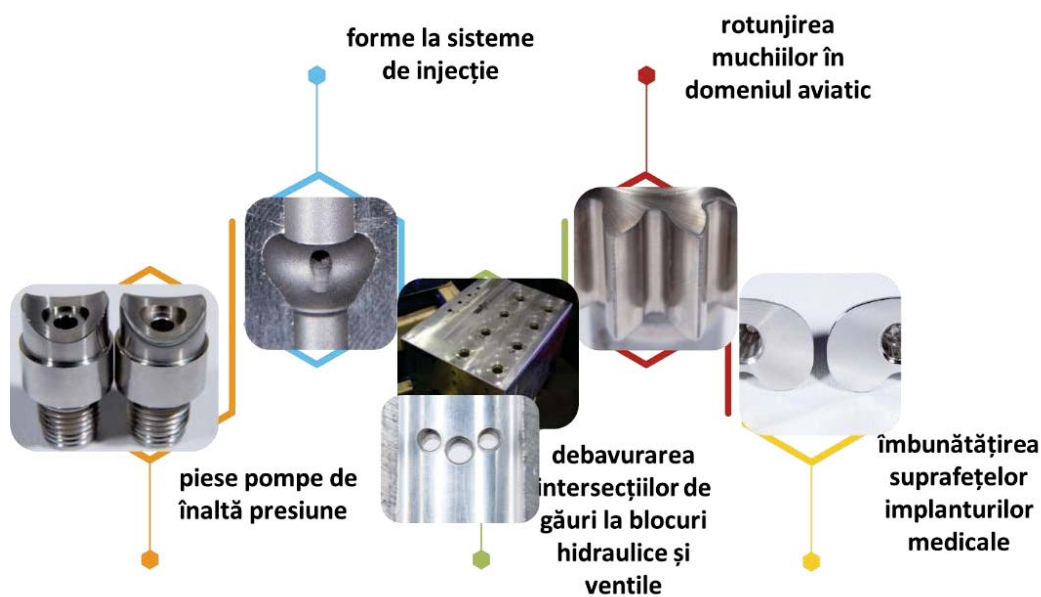


Fig. 2. Tipologii de piese prelucrate prin ECD

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.

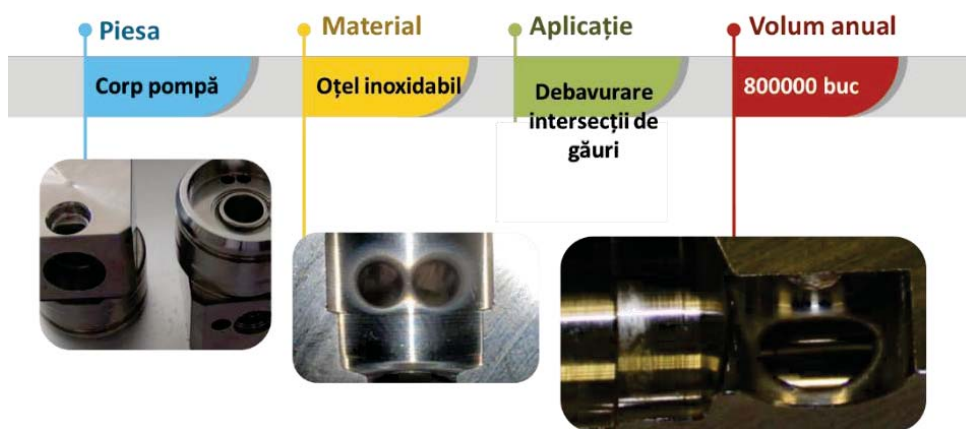
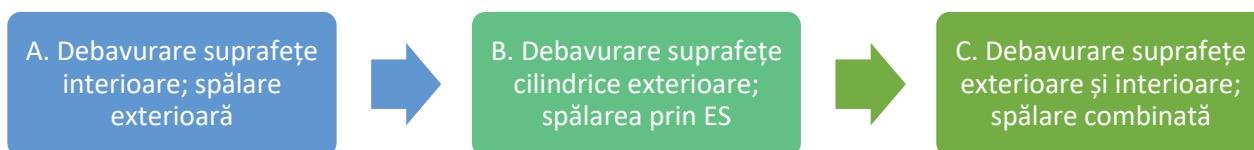


Fig. 3. Studiu de caz: Corp pompă- debavurarea și rotunjirea muchiilor și intersecțiilor [2]

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.

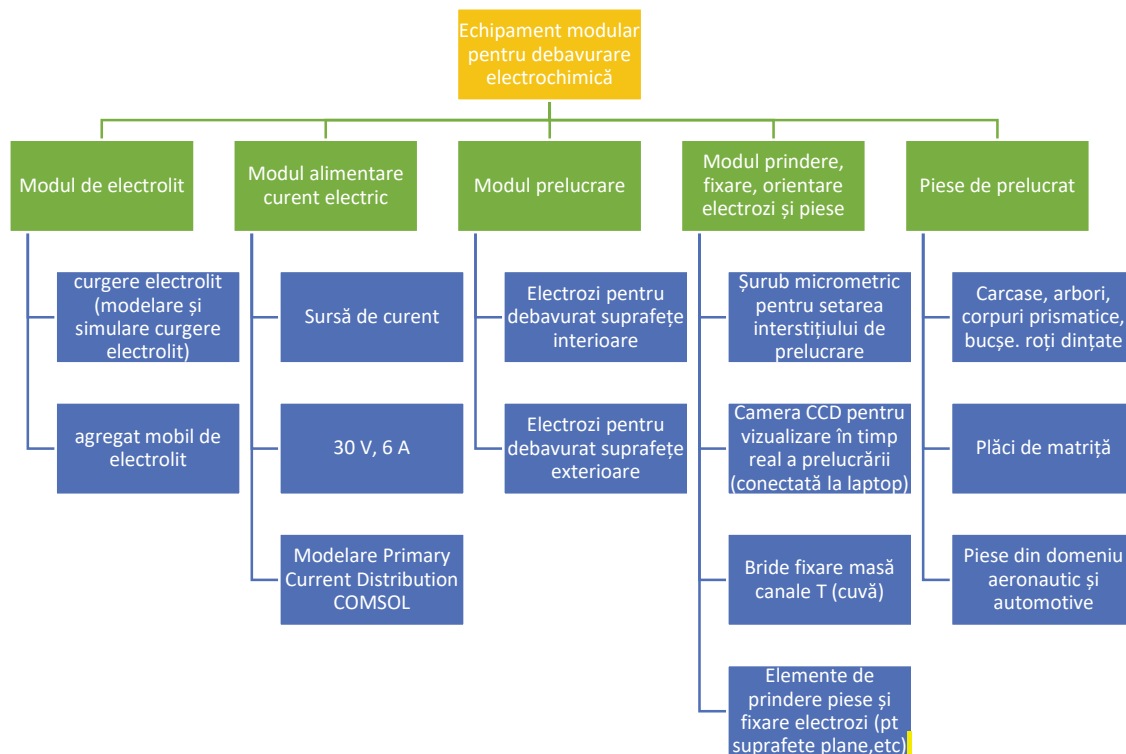


Fig. 4. Schema de module

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.

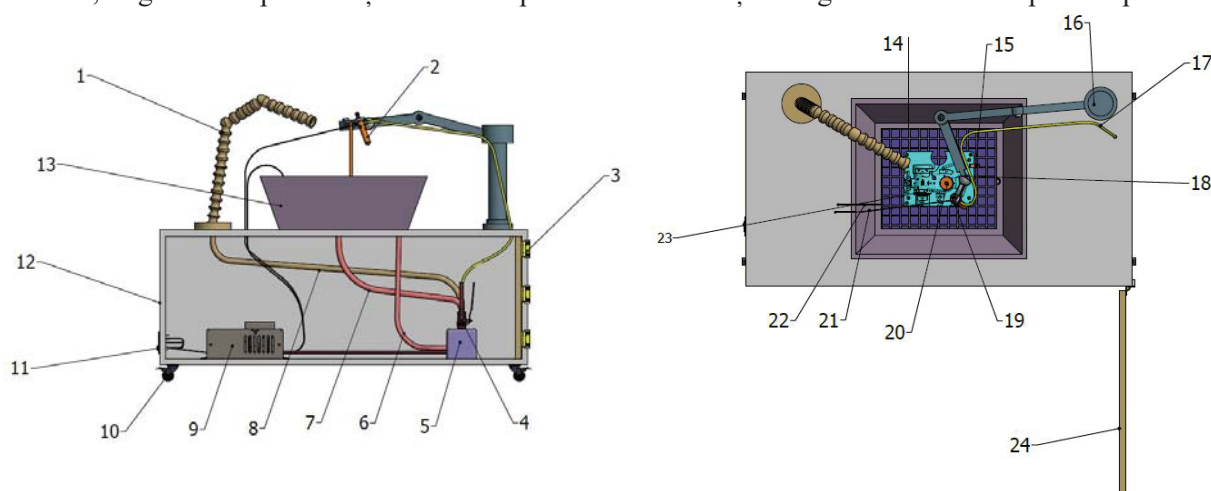


Fig. 5. Elementele componente ale echipamentului

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.

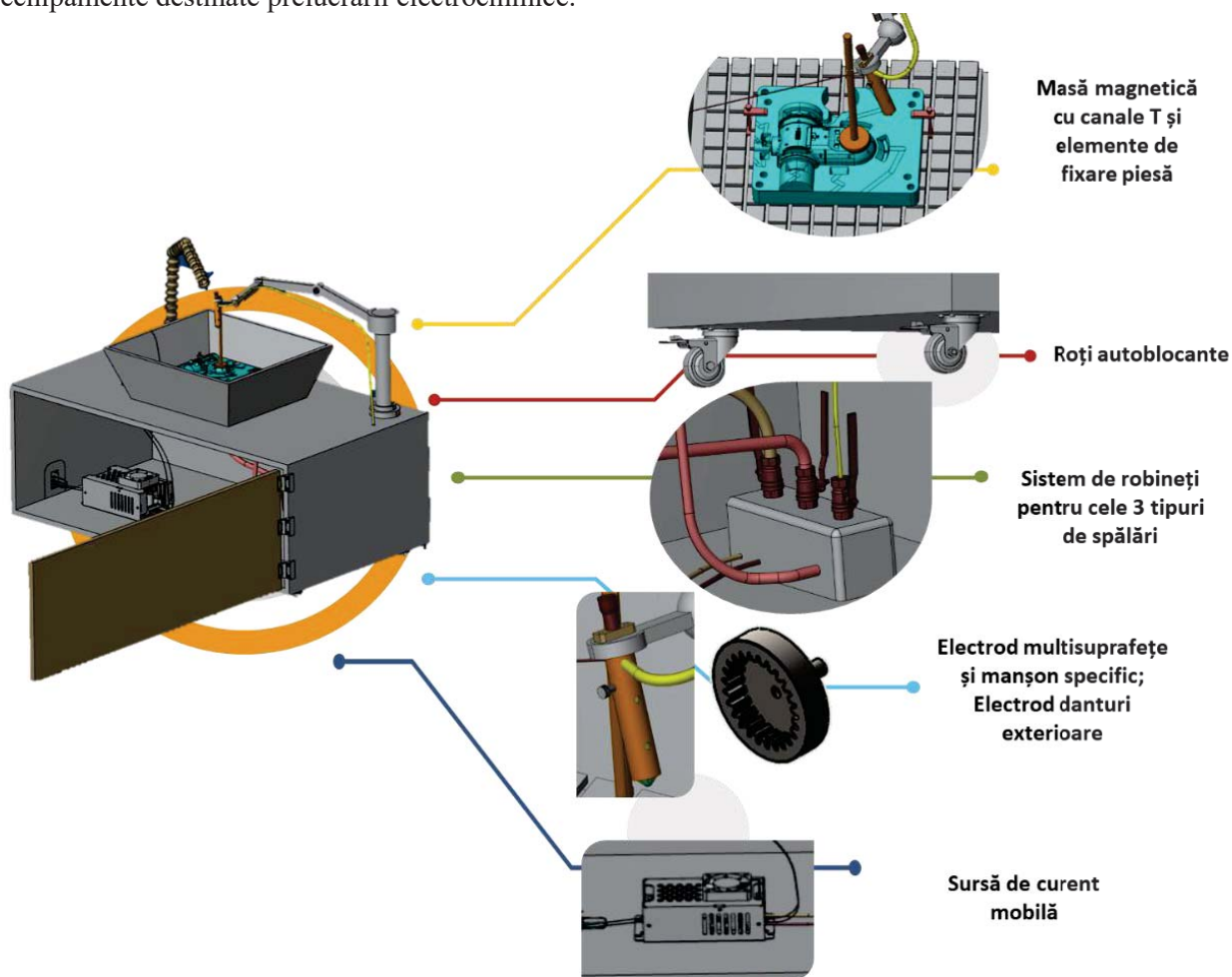


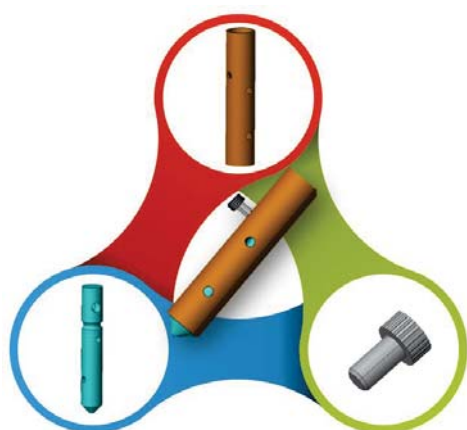
Fig. 6. Echipamentul modular pentru debavurare electrochimică-spezifcații

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 bucșe 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.

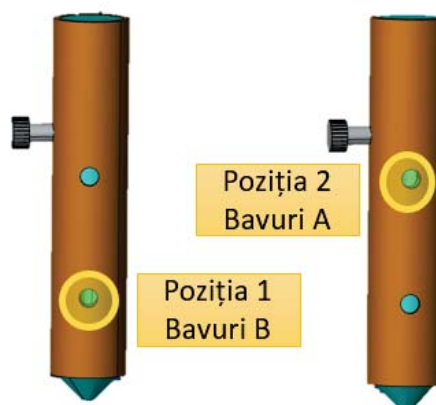
Roțile atașate echipamentului permit mobilitatea acestuia, în vederea asigurării unui transport facil. În vederea selectării materialelor potrivite pentru construcția echipamentului, este necesar a se consulta manualele de specialitate. Funcție de eforturile care pot apărea în timpul funcționării dar 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.

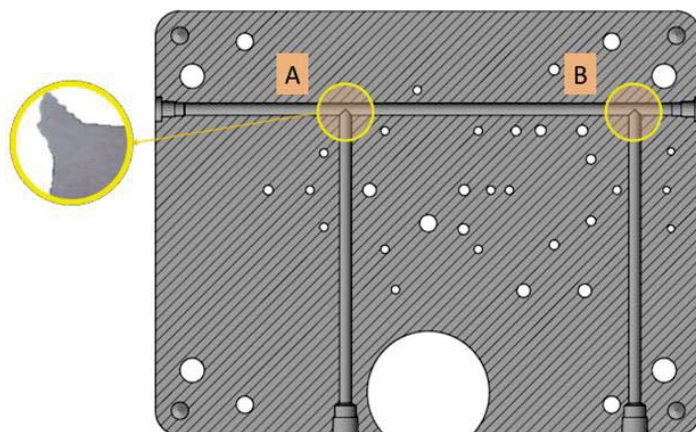


Fig 8. Intersecția de găuri pe piesa de prelucrat



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.

COMSOL MultiPhysics

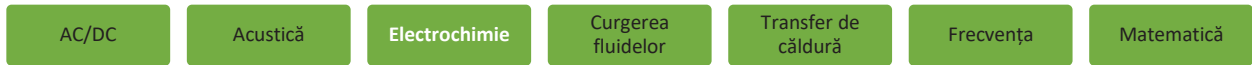


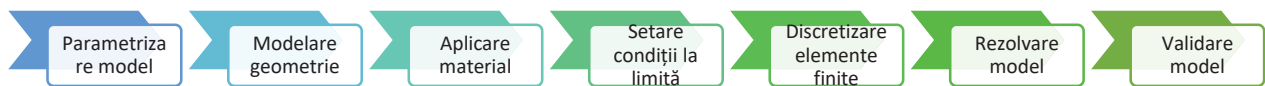
Fig. 10. Arhitectura programului de simulare COMSOL

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.

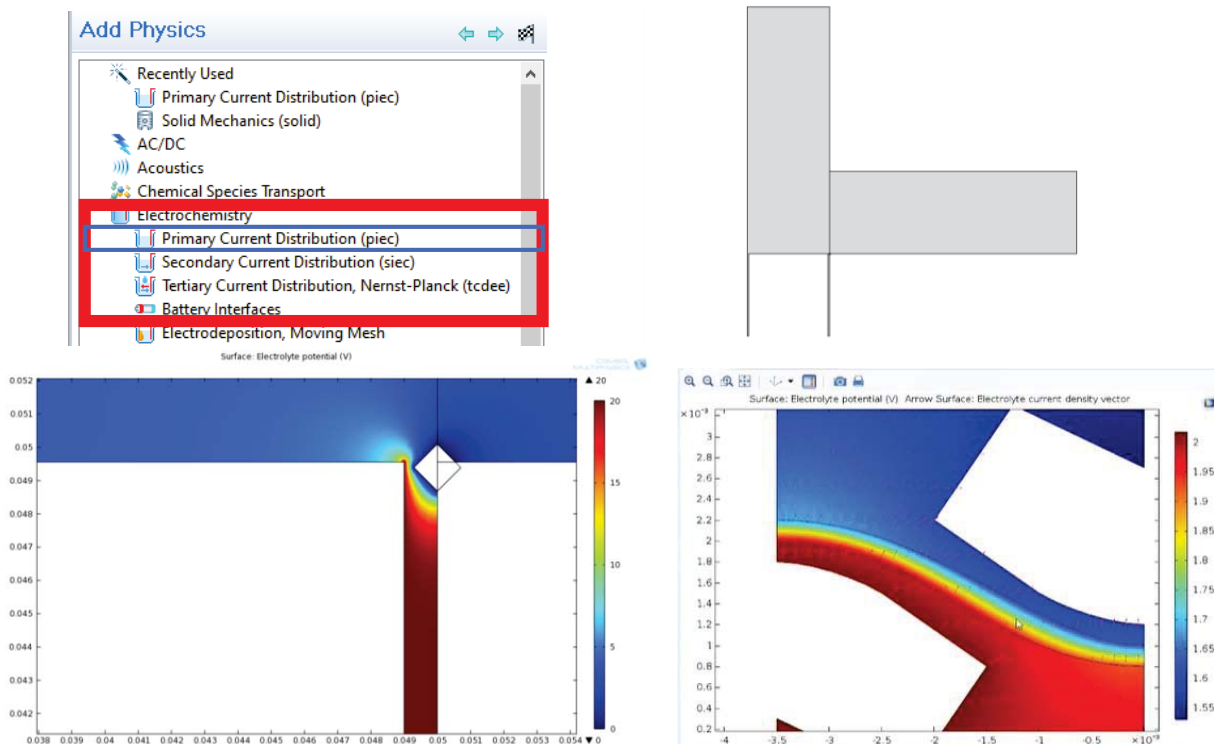


Fig. 11. Capturi din programul de simulare COMSOL pentru o intersecție de găuri și un interstițiu de 1 mm, dimensiune a bavurii de max. 10 mm; electrod izolat cu manșon.

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).

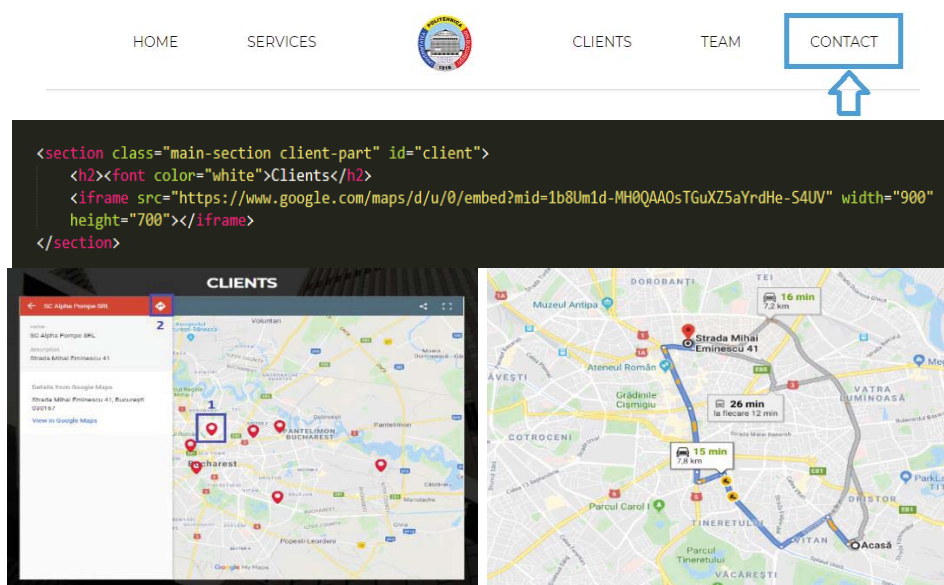


Fig. 12. Site destinat comercializării echipamentului (cod HTML; pin-uri clienți și traseu sugerat pentru un timp minim până la sediul firmei)

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.

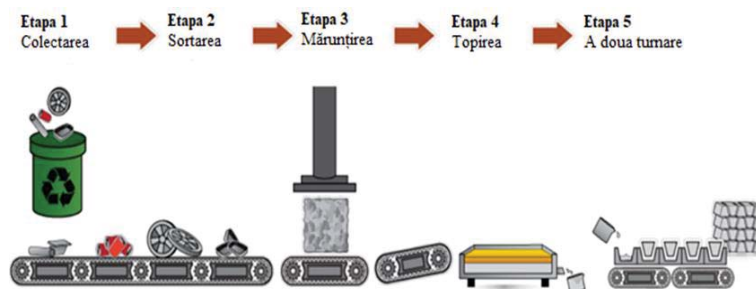


Fig. 13. Schema de reciclare a oțelului [4]

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.

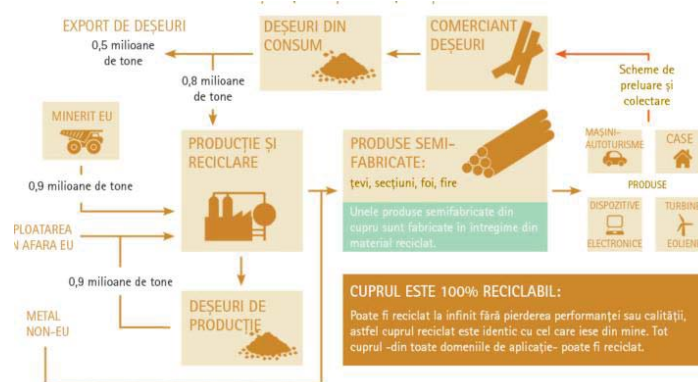


Fig. 14 Schema de reciclare a cuprului [4]

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

BOTTLE MANIPULATOR WITH VACUUM GRIPPER

CARUSO Noemi¹, DIACONU Britany, LABANCA Nicoletta Annetta

¹Faculty: FIIR, Specialization: Erasmus, Year of study: 2, e-mail: n.caruso5@studenti.unisa.it

Scientific Leader: Assoc.Prof.. **Bogdan Felician ABAZA**, Prof. **Adolfo SENATORE**

ABSTRACT: Handling of palletizing bottles in the beverage sector led to the development of specialized systems currently in use. Changes in the packaging (material and shape) of the products in order to reduce the consumption of plastic could make these systems no longer adequate: a study has been carried out for the development of a new product that, according to fourth industrial revolution, allows greater flexibility for the objects to be manipulated. For this purpose, the needs of the market were analyzed, identifying the target segment and the USPs; then the needs were transformed into functions and technical solutions through functional analysis. Several concepts have been designed and analyzed: economic analysis and general considerations showed that the concept with the best performance and that best meets the needs of the target client consists of a granular clamp that allows the handling of bottles thanks to the phenomenon of jam, generated through the creation of vacuum.

KEYWORDS: granular gripper, vacuum gripper, bottle manipulator, palletizing, industry 4.0.

1. Introduction

The industrial area of interest for the following project is represented by the drink industry. A common problem for all beverage companies is the organization of bottles full in stable pallets, ready for transport. This aspect of the outgoing logistics is the specific domain of the proposed product: a system that allows to take the bottles from the filling structure and transport them consequently to the palletizing islands, through the action of the vacuum, adapting to the bottle with high flexibility. This is a Business-To-Business (B2B) product, so trade takes place between companies; in particular, the main target is medium and large companies. The product meets their explicit needs: faster operations, higher productivity, greater safety and ergonomics at the workplace, physical relief for the operator, more flexibility to cope with changes in packaging (shape, size and materials) that companies need to use in order to reduce the amount of plastic used.

2. Business strategy

In order to implement a marketing plan aimed at the successful product and capture the latent needs of consumers not satisfied by the products of the competition, was carried out the analysis of competitors; the most important results of which are shown in Table 1. Flexibility refers to the product's ability to pick and place on bottles with different diameters. Pick and place capability refers to the ability to grab multiple bottles simultaneously, while automation refers to the possibility of operation without significant human intervention.

Table 1: Main results competitive analysis

	Anver [1]	Simtech GGW [2]	Simtech GGS [3]	Solaut [4]	Lifts All [5]	UniGripper [6]	Pronal [7]	Vmeca [8]	Schlmaz [9]	Piab [10]
Flexibility				X		X		X		
Automation	X	X		X		X	X			X
Pick-and-place capacity		X		X	X	X	X		X	X

The analysis shows that the main competitors are those highlighted in green: their limit is that to take advantage of the high flexibility of the product it is necessary to incur additional costs. Objective of the planning study will therefore exceed this limit equipping the device of inherent flexibility. Instead of achieving high collection and placement capacity, the focus has been on making flexibility the strong point of the product due to a significant change in market conditions that is affecting the beverage industry. Plastic pollution is one of the most serious environmental threats of our time, this drives companies to reassess their processes, including packaging, to ensure greater environmental sustainability. The change in the materials used could cause variations in the shape or size of the treated products, as happened with the natural mineral water of the San Benedetto industry. The proposed product allows to adapt without problems to the possible variations that companies in the beverage sector may decide to implement (intrinsic flexibility – no additional cost). In addition, we must not forget the evolution that is transforming all companies, the fourth industrial revolution, aiming at intelligent production currently at the forefront. The developed device is a combination of intelligent physical components, with built-in processing and storage options, that connect over the network.

3. Functional analysis

Based on research carried out in the context of market analysis, functional analysis may be performed. The core of external functional analysis is represented by the realization of the Octopus Diagram (Fig. 1), which highlights the associations of the system with the elements of the environment.

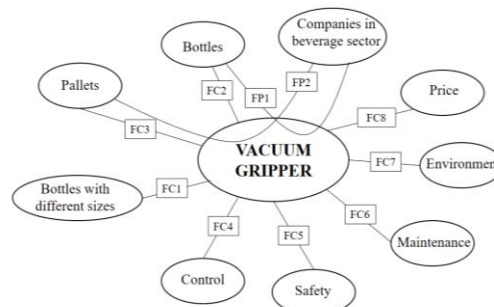


Figure 1: Octopus Diagram

Such association can be main functions (FP) or constraint functions (FC). For each identified service function (SF), acceptance criteria and requirement level have been specified. The results are summarised in the table 2.

Table 2: Table of the specifications

SF	SERVICE FUNCTION	ACCEPTANCE CRITERIA	REQUIREMENT LEVEL
FP1	Allow the user to grab, leave and move bottles	Weight	From 0 to 3 kg
FP2	Allow the user to palletize bottles	Distance from pallet	From 500 to 1000 mm
		Pallet size	1.200 x 800 mm (UNI-EN 13698-1)
		Number of bottles	From 109 to 272
FC1	Handle bottles with different sizes	Diameter of the bottle	From 20 to 100 mm
		Height of the bottle	From 100 to 400 mm

FC2	Must identify the moment when the bottle is ready to be taken	Relative pressure	Different from 0 (from 0,01 to 1 bar)
FC3	Identify where the bottles are to be left (palletizing islands)	Free position on pallet	Speed of sound * flight time given by the ultrasound sensor
FC4	Must be controllable	Connection mode	Relay - Arduino
		Type of software	LabVIEW
FC5	Must ensure the safety of operators	Visual signal when the approach of operators is possible	Green light
FC6	Must allow real-time information detection for predictive maintenance	State of resources	No signs of wear
		Rhythm of manipulation	Approximately constant value
FC7	Must resist its environment	Temperature	From 0°C to 40°C
		Humidity	Less than 60%
FC8	Must have an acceptable price	Price	Comparable with the prices of competition products

For internal functional analysis (internal components and their technical functions), the FAST Diagram was used (Functional Analysis System Technique). This diagram allows to connect the functions in a hierarchical way and details in multiple levels as each service function is concretized in one or more technical solutions. The diagram (Table 3) represents the starting point for the development of competing concepts.

Table 3: FAST Diagram

Allow users to do pick-and-place operations (1)						
Grab, leave and move bottles (1.1)			Palletize bottles (1.2)	Real time capabilities (1.3)		
Handle bottles with different sizes (1.1.1)	Identify the moment when the bottle is ready to be taken (1.1.2)	Identify where the bottles are to be left (1.1.3)	Place the bottle in the free space on the pallet (1.2.1)	Controllable 1.3.1)	Real time information detection for predictive maintenance (1.3.2)	Ensure the safety of operators (1.3.3)

By hand (1.1.1.1)
Granular gripper (1.1.1.2)
Pneumatic clamps (1.1.1.3)
Suction cups (1.1.1.4)
Inflatable callipers (1.1.1.5)
Flexible foam (1.1.1.6)
Pressure sensor with strain gauge (1.1.2.1)
Ultrasonic sensors (1.1.2.2)
Micro switch (1.1.2.3)
Manual settings of coordinates (1.1.3.1)
Ultrasonic sensor (1.1.3.2)
By hand (1.2.1.1)
Robotic arm (actuator) (1.2.1.2)
Conveyor (1.2.1.3)
Locally and visually (1.3.1.1)
PC (Relay, Arduino, LabVIEW) (1.3.1.2)
Manufacturing Execution System (1.3.2.1)
Walkable strips for safe distance (1.3.3.1)
Emissions of light signals (1.3.3.2)

4. Competing concepts

Following functional analysis, the possible concepts that best fit the needs of potential customers in the Industrial Area of Interest have been determined, in congruence with the business strategy and the USPs. In accordance with the FAST Diagram (Table 3), the concept proposals include the technical solutions specified in table 4.

Table 4: Technical solution for competitive concepts

<i>TECHNICAL FUNCTION</i>	<i>CONCEPT 1</i>	<i>CONCEPT 2</i>	<i>CONCEPT 3</i>
FT 1.1.1	Granular gripper (1.1.1.2)	Flexible foam (1.1.1.6)	Granular gripper (1.1.1.2)
FT 1.1.2	Pressure sensor with strain gauge (1.1.2.1)	Micro switch (1.1.2.3)	Pressure sensor with strain gauge (1.1.2.1)
FT 1.1.3	Ultrasonic sensor (1.1.3.2)	Manual settings coordinates (1.1.3.1)	Manual settings coordinates (1.1.3.1)
FT 1.2.1	Robotic arm – actuator (1.2.1.2)	Robotic arm – actuator (1.2.1.2)	Robotic arm – actuator (1.2.1.2)
FT 1.3.1	PC – Relay, Arduino, LabVIEW (1.3.1.2)	PC – Relay, Arduino, LabVIEW (1.3.1.2)	PC – Relay, Arduino, LabVIEW (1.3.1.2)
FT 1.3.2	Manufacturing Execution System (1.3.2.1)	Manufacturing Execution System - MES (1.3.2.1)	Manufacturing Execution System (1.3.2.1)
FT 1.3.3	Emissions of light signals (1.3.3.2)	Emissions of light signals (1.3.3.2)	Emissions of light signals (1.3.3.2)

In addition, it was necessary to define the reference range, for bottle size and pallets, in order to allow an optimal design of the device. The reference values are given in table 5.

Table 5: Reference range for concept design

BOTTLE SIZE RANGE	Weight	0 – 3 [Kg]
	Diameter	20 – 100 [mm]
	Height	100 – 400 [mm]
PALLET SIZE RANGE	Size (UNI-EN 13698-1)	1.200 x 800 [mm]
	Distance of the pallet from the pick-up point	500 – 1.000 [mm]
	Number of bottles on pallet	109 – 272 [items]

The first concept involves the use of a granular gripper supported by an aluminium base, drilled at the top to allow the passage of the tube for air intake, necessary for the creation of the vacuum. The pressure sensor indicates the presence of the bottle while the ultrasonic sensors identify the height of the bottle at first and the free position on the pallet later. In order to ensure perfect adhesion between the base of the clamp, the membrane and the suction tube, two O-Ring gaskets in nitrile rubber have been inserted.

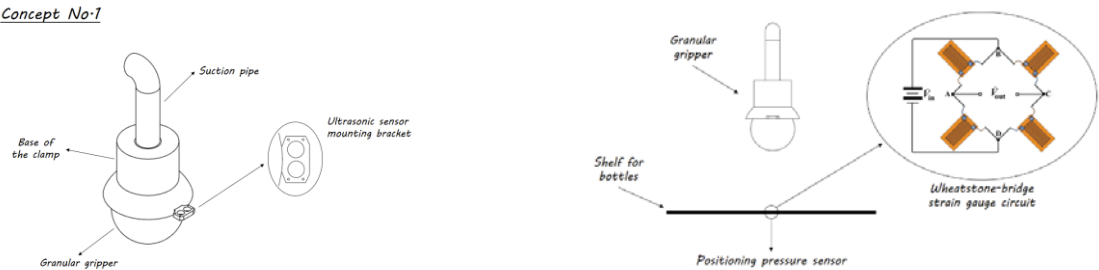


Figure 2: Concept 1

The concept 1 consist of components that are not expensive and that are easily available on the market, making it a competitive product economically. In addition, it satisfies the USPs, ensuring flexibility (wide range of diameter of bottles that can be handled) as an intrinsic feature and, in accordance of fourth industrial revolution, it is a combination of intelligent physical components, with embedded computing and storage possibilities, which are connected through network.

a)

b)

c) Components:

PVC membrane	Pressure sensor with strain gauge
Rubber granules	Ultrasonic sensor HC-SR04
Clamp base	Relay 220V
O-Ring gaskets	Arduino UNO
Suction pipe	LEDs
Gantry robot	

Figure 3: (a) 3D model of concept 1 (b) positioning of the product on the Gantry robot (c) List of main components

The second concept is characterized by a basic clamp, on which there are a vacuum gripping system for the generation of external vacuum and for the discharge function for a quick release of the product and separate connection from the Gantry Robot, through bolted flange. Below the base clamp is the flexible foam in EPDM, visible from the zoom in figure 4, and it is characterized by offset circular holes that allow suction and a strong hold of the object. Finally, connected to the flexible foam, there is a protective layer, suited for mark-free handling and applications with increased demands on the chemical resistance of the foam. Concept 2 is characterized by components whose production costs are high. In fact, from the study carried out the flexible foam has non-standard dimensions and therefore not present on the market. Moreover, since it is micro-perforated, it will have to be customized, for this reason it is estimated that the cost will be high. This also applies to the special bonding layer without silicone. Another disadvantage is related to the micro-switch: if it does not receive enough pressure to close the circuit and then to join the two contacts, the output signal does not undergo an instantaneous variation from top to bottom, then there is a bounce of the signal, which is to generate spurious signals, called symbols. Based on these considerations, the concept chosen for the development is the first.

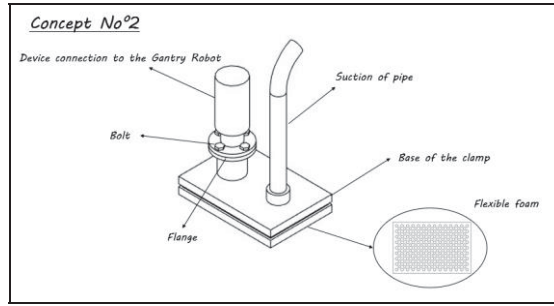


Figure 4: Concept 2



Figure 5: (a) 3D model of concept 2 (b) positioning of the product on the Gantry robot (c) List of main components

5. Controls and Electrical System Architecture

With reference to the chosen concept, the product innovation consists of the granular gripper: a clamp consisting of 3 mm thick elastic PVC membrane and filled with sub-millimeter particles (EPDM rubber granules) [11]. The resulting advantage is the possibility of pick and place operations even in the case of incomplete coverage of the object thanks to the phenomenon called jamming transition. The granular material can flow freely, so the clamp approaches in soft state on the bottle deforming around it; following the air intake, the material hardens ensuring a firm seal of the object [12]. The weight of a grabbed object is scaled with volume but the holding forces adapt to the area. So knowing the size of the bottles it was possible to estimate the jamming pressure required by the gripper with the formula 1.

$$P_{jam} \approx R_{max} \rho g \quad (1)$$

With regard to density, the materials considered are plastic (PET – Polyethylene terephthalate), aluminium and glass. From the calculation emerges a maximum value of 1.340 Pa, obtainable also with small pumps. The start mode of the device comes with the arrival of the bottle at the pick-up point: on the shelf there are 4 strain gauge sensors with semiconductor connected in a Wheatstone circuit, two in radial direction and two in tangential direction. The choice of these sensors is due to their accuracy even for low-pressure values [13] [13bis], as the bottles will exercise on the shelf a pressure that varies from 13,367 to 35,681 mbar. The range has been obtained by determining for each type of bottle the pressure exerted on the shelf and therefore on the pressure sensors. As a result of the pressure they undergo a mechanical deformation and a change in the value of resistor's conductivity, providing in output a change in resistance and a value of voltage different from the reference value. The final value that returns the Wheatstone circuit is unique and follows the formula 2.

$$V_{out} \approx V_{ref} \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} \quad (2)$$

The Wheatstone circuit output becomes input to the actuator, the Gantry robot on which the clamp is positioned: it is a Cartesian robot with linear control axes [14] that works with a coordinate system x, y and z, and the Physical Computing, so all communications between sensors and actuators, are

managed via Arduino. The activation of the robot involves simultaneously the activation of the ultrasonic sensor positioned on the appropriate mounting bracket, designed in accordance with the datasheet of the chosen sensor. Since the sensor has to determine the height of the bottle to be handled but also the free position on the pallet, the ultrasonic sensor HC-SR04 has been chosen for its range coverage. The emitter generates an ultrasonic pulse which propagates and is reflected until the receiver is reached: flight time is a function of distance. Knowing the distance value, Gantry robot will move the granular gripper along the z-axis, allowing the same to deform around the bottle. At this point the air intake begins, controlling the pump directly from the PC thanks to the presence of relay [15] and LabVIEW software. When a pressure value suitable for handling is reached, the valves shall be closed in order to maintain this value within the circuit: the bottle is ready to be handled and the movements of the Gantry robot along the x and the y axis allow the achievement of the palletizing island. The free position will be determined using the ultrasonic sensor once again: then the signal for the opening of the air valves, which allow the release of the bottle, is sent. The return of the Gantry robot to the initial position allows to start the manipulation of a new object. In order to ensure a safe and reliable working environment for the operator, a system has been adopted that, using light signals from LEDs (red/green based on motion/stationary mode), allows to signal when it is possible approach the device. In addition, the organizational evolution and the control of the process in real time is allowed thanks to the presence of the MES that, to operating level in the pyramid of the automation, collects information which rhythms of manipulation, speed, number of objects manipulated, coordination of movements. The MES, Manufacturing Execution System, assumes a fundamental role because it allows the organizational evolution of the production thanks to automatic collection of the data, ability to control and monitoring of the processes, so the production management will be able to verify in real time the evolution of the production, state of resources and to optimize processes. In order to configure connections between the components, a simulation was performed with Tinkercad (Fig. 6): a switch DPST DIP adjust the device on and off; the pressure exerted with the mouse on the pressure sensor simulates the arrival of the bottle and determines the lighting of the red LED, while with the release of the same lights the green LED; the ultrasonic sensor detects the distance along the z-axis, when it is less than 70 cm the bottle is present on the shelf so the servo motor, representative of the Gantry robot, moves in order to bring the clamp to the bottle and ensure its handling (Fig. 7). The current simulation has highlighted the correct interaction and communication between the sensors and the actuator chosen for the design of the device. Have also been identified starting mode, state machines and working modes.

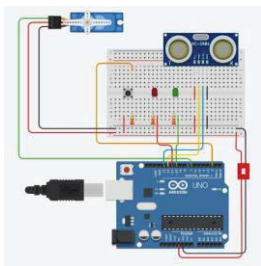


Figure 6: Tinkercad simulation



Figure 7: Approach of the clamp to the bottle for subsequent handling

6. Conclusions

After having thoroughly analyzed the two concepts, the winning concept was chosen in order to develop it and realize it. Regard to the implementation process, in according with the initial macroplanning, we made a risk management analysis from which the most important risk was related to the COVID-19, which hinders daily activities and therefore also university activities, preventing us from meeting and working face to face. The obstacle was partly circumvented, developing our concept virtually using 3D software, implementing and simulating sensors with LabVIEW and connection configurations with Tinkercad. As regard possible future developments, after finalizing the simulation of all controllers state machine modes, the focus will be mainly on the development of the prototype, based

on simulations and tests developed virtually; then, from the studies carried out the device works for the considered ranges but it could be improved in order to be able to lift bottles with larger weights and belonging to wider ranges, in line with European standards, with a view to a world plastic free and environmental sustainability.

7. Bibliography

- [1]. Anver corporation. <https://anver.com/BottleHeadGripper>
- [2]. Simtech. <https://www.simtech.biz/products/ggw-grippers-for-gripping-bottles/>
- [3]. Simtech. <https://www.simtech.biz/products/gripper-for-all-types-of-bottle-necks-ggs/>
- [4]. Solaut. <https://www.solaut.it/en/palletizer-robot-gripper-bag-palletizing-slip-sheet-dispenser/robot-palletizers-grippers-for-bottles-flacons-jars.htm>
- [5]. Lifts all. <https://www.liftsall.com/lifting-tools/customised-grippers/vacuum-grippers/bottle-gripper-89-10638/>
- [6]. Industry search. <https://www.industrysearch.com.au/intelligent-air-vacuum-gripper-for-plastics-unigripper/p/18668>
- [7]. Pronal lifting bag. <http://pronal-liftingbag.com/pick-up-your-bottles-with-our-custom-designed-grippers/>
- [8]. Vmecca. <https://www.vmecca.com/product-category/v-grip-system-en/>
- [9]. Schmalz. <https://www.schmalz.com/en/vacuum-lifters-and-crane-systems/vacuum-tube-lifters-jumbo/vacuum-tube-lifter-jumboflex>
- [10]. Piab. <https://www.piab.com/applications/solutions/packaging/handling-of-flexible-packages/>
- [11]. Miettinen, J., Frilund, P., Vuorinen, I., Kuosmanen, P., Kiviluoma, P. (2019), “Granular jamming based robotic gripper for heavy objects”, Department of Mechanical Engineering, Aalto University, Espoo, 2019;
- [12]. Brown, E., Rodenberg, N., Amend, J., Mozeika, A., Steltz, E., Zakin, M., Lipson, H., Jaeger, H. (2010), “Universal robotic gripper based on the jamming of granular material”, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 107, no. 44, 18809-18814;
- [13]. Stssensors (2017). <https://campaign.stssensors.com/blog/it/misurazione-elettronica-della-pressione>
- [13 bis] HBM. <https://www.hbm.com/it/6992/using-weighing-technology-for-automated-filling-processes/>
- [14]. Giamod.it (2001). http://www.giamod.it/documentazione%20robot/generalita/gen_robot.htm
- [15]. Electgo (2019). <https://www.electgo.com/what-is-a-relay/>
- [16]. Course material Industry 4.0 (2020) - Assoc. Prof.. Bogdan Felician ABAZA. <https://fiir.curs.pub.ro/2019/course/view.php?id=1560>

8. Notations

The following symbols are used in the document:

P_{jam} = jamming pressure [Pa];

R_{max} = maximum radius of bottles to be handled [m];

ρ = density of bottle material [kg/m^3];

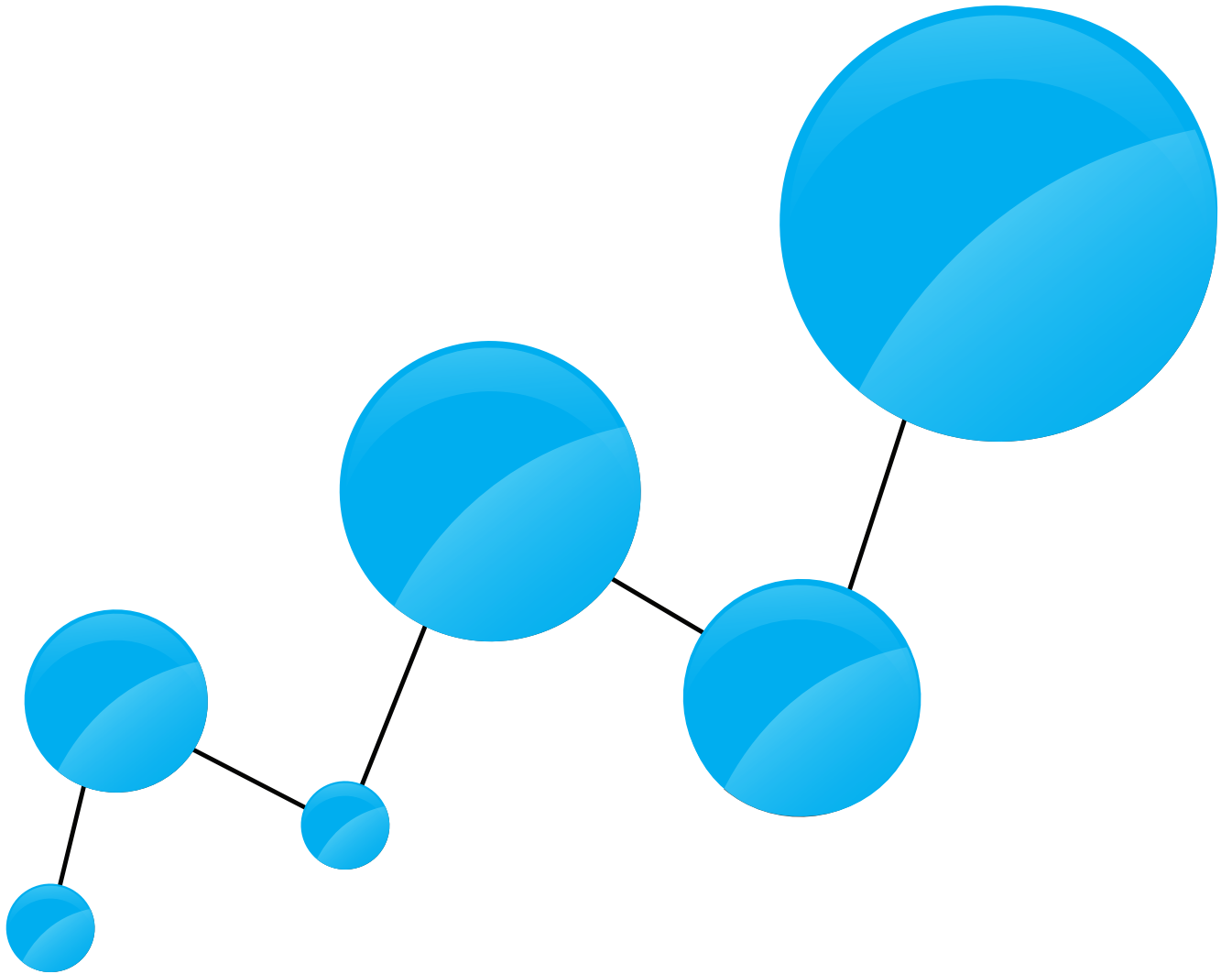
g = gravitational constant [m/s^2];

V_{out} = Voltage output from Wheatstone circuit [V];

V_{ref} = Wheatstone circuit reference voltage [V];

R = equivalent resistance of Wheatstone circuit [Ω];

ΔR = variation of the equivalent resistance of the Wheatstone circuit [Ω]



www.imst.pub.ro