





Universitatea POLITEHNICA din București
Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor
Tehnologice



Journal of Industrial Engineering and Robotics

2021, Volume 5, Issue 2

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

Modelling and simulation of electron and ion beam machining BÎȚOI Ion-Vlăduț-Valentin, COCOȘATU Bogdan, IUGA Ana-Cristina	1
Development of machining operations variants integrable in industrial technological systems POPESCU Ioana-Dana, DINCĂ Florentin-Laurențiu, IONIȚĂ Anastasia-Ștefania, NECȘOIU Mihaela-Mădălina	7
Bibliographic study on bio-nanocomposite materials used in food packaging ENE Elena	13
Development on variants of technological part-holding devices in industrial conditions CIOBOATĂ Ioana-Olivia, GHIȚĂ Nicoleta-Sorina, FĂTU Andrei-Marian	19
Developments regarding modules of a dividing head with digital display GHIȚĂ Nicoleta-Sorina, CIOBOATĂ Ioana-Olivia, , FĂTU Andrei-Marian	25
Research concerning inconel alloy by conventional and nonconventional machining TECUCEANU Roxana-Alexandra	31
Industrial development on modules of an injection mold BARBU Radu-Cristian, BUCĂ Julia-Elena, DINU Alexandra-Maria	37
Research about making a portable equipment for electrical discharge machining with contact breaking HĂTIȘ-CONDOIU George-Bogdan, TOPORAN Silviu-Daniel	43
Gestionarea securității cibernetice privind algoritmi de învățare automată DIONISIE Ștefania	49
Optimizing a logistic flow using dedicated software applications MITROI Viorel-Ionuț-Marius	57
Cresterea productivității fluxului de prelucrare și pregătire a reperelor din industria petrolieră după etapa de automatizare MORARU Cosmin Marian	65
Optimizarea sistemelor de depozitare folosind metoda FIFO ILIE Daniela-Mariana	73
Research regarding smart devices for diabetics PANAITE Andreea Lăcramioara	81
Haptic glove immersive system for upper limb rehabilitation DARABONT Vlad-Andrei	89
Optimization of the hip prosthesis according to the patient's weight DRAGU Maria	96
Research on monitoring people with Alzheimer COSTACHE Iulia	103
Study of the characteristics of cardboard packaging for refrigerated and frozen foods TETELEA Cristina	111
The analysis of the organization of production flows to ensure the quality of the offset printing process RÂBIȚĂ (OVESIA) Otilia	119

Comparative analysis of colors and errors specific to securities papers like postal stamps PĂUNESCU Mihai	126
Increasing the productivity of offset print equipment by implementing an in-line print quality control system TURCEA Adrian-Florin	134
Optimization of typographical production flows by reducing auxiliary times MOLDOVEANU (TAȘCĂU) Elena	142
Experimental stand for determining some characteristics of printing substrates KAPUSI Zalán	150
Variation of the box compression test according to the dimensions of the carton box and its quality DUMITRESCU (POPA) Clara – Maria	156
Analysis of glass graphics in printing processes DOROFTEI Marius-Marian	164
Tehnologii de control și recondiționare a pieselor executate din oțeluri turnate de tipul rotilor POPESCU George, VLADUCA Dan	172
Determining the endurance of a surface put to the abrasion test using the finite element method CRĂCIUN Ștefan, ȚURCANU Mihai Daniel	178
Shape memory materials MILEA Oana Elena, Claudiu Răzvan VIȘAN	184
Nanotehnologiile și lumea miraculoasă a metamaterialelor AVADANEI Irina Mihaela, BRATU Mihnea Alexandru	191
Accelerarea procesului de curățire a pieselor de autovehicule cu ajutorul ultrasunetelor TOADER Robert Valentin, SASU Cosmin Gabriel	194
Research regarding the welding behavior of austenitic stainless steel AISI 304L MĂRĂȘESCU Cristian	199
Ciocănitarea Mecanica PETRICIANU Alexandru Daniel, GÎDIUȚĂ Ioana, DIACICOV Călin Marian	207
Ingenuity helicopter - a new space technology GOLOGAN Ioana-Elisa, IFTODE Ana-Lorena	214
Medical applications of shape memory materials BANIAS Rebeca, NINU David, MATEI Ștefan	220
The relation between glass and technology VLAD Ionut Alexandru, VITA Ioan Paul Lucian, ZLATESCU Ioan Alexandru	227

MODELLING AND SIMULATION OF ELECTRON AND ION BEAM MACHINING

BÎȚOI Ion-Vlăduț-Valentin, COCOȘATU Bogdan, IUGA Ana-Cristina
 Facultatea: IIR Specializarea: TCM, Anul de studii: 2020-2021, e-mail: vladvalentin04@gmail.com

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

ABSTRACT: This paper deals with the modeling and simulation of electron and ion beam machining. A dedicated software was used for finite element modelling and simulating device working. In this application the coil was modeled to simulate the variation of the magnetic flux and how it affects the trajectory of the beam by changing the number of coils and the intensity. Also, an ion implantation system was modelled and simulated where the effects on the surface of the product were analyzed. The obtained results showed that for low intensities it is recommended to be used for drilling operations, and for high intensities it is recommended for heat treatments, and the ions are less affected by the magnetic field of the coil as opposed to electrons.

CUVINTE CHEIE: electron, ion, machining, magnetic flux, modelling.

1. Introducere

Rezolvarea unor probleme tehnologice din industria constructoare de mașini nu se mai poate face fără utilizarea unor tehnologii neconvenționale avansate, printre care prelucrarea cu fascicule laser, de electroni, de ioni și microunde ocupă un loc tot mai important [1]. Prelucrarea cu fascicul de electroni și ioni au în comun emisia electronilor de către catod care ionizează molecule de gaz. Aceste tehnologii permit realizarea unei game foarte diverse de prelucrări cum sunt: litografie, găurire, sudură, tăiere și tratamente termice.

2. Stadiul actual

Prelucrările cu fascicule dirijate se dovedesc deosebit de eficiente în ramurile de vârf ale tehnicii: mecanica fină, microelectronica, construcția navelor cosmice, tehnica nucleară etc [1].

Prelucrarea cu fascicul de electroni (Electron Beam machining - EBM) este un proces de prelucrare termică în care electronii de mare viteză concentrați într-un fascicul îngust sunt folosiți pentru încălzirea, topirea sau vaporizarea instantanee a materialului. Fasciculul este ușor focalizat și deviat de lentilele de focalizare electromagnetice și lentilele de deviere (fig. 1).

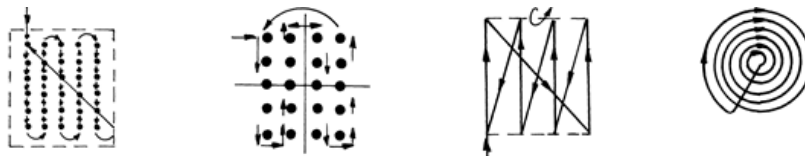


Fig. 1 Matrici de acoperire la durificarea superficială cu fascicul electronic [1]

Densitatea de putere este, de asemenea, ușor de controlat prin modificarea tensiunii de accelerație. Prin urmare, fasciculul de electroni permite diferite tipuri de prelucrare termică. Din acest motiv, poate fi aplicată găurirea precisă și sudură de înaltă precizie cu o zonă de fuziune profundă în domeniul industrial [2].

Elementul primar, care stă la baza fenomenelor fizice ce au loc la EBM (electron beam machining), este particula elementară cu sarcină negativă, electronul, caracterizat prin: sarcina $e^- = 1,602 \cdot 10^{-19} C$; masa $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} kg$; sarcina specifică $e^-/m_e = 1,759 \cdot 10^{11} C/kg$.

Electronii liberi se pot obține prin încălzirea suprafeței unui metal cu o anumită cantitate de energie, care se transferă electronilor, iar aceștia părăsesc suprafața metalului, având loc așa numita emisiune termoelectronică. Densitatea medie de curent realizată - ce depinde de caracteristicile termofizice ale emitorului respectiv (catod), temperatura de încălzire, proprietățile suprafeței catodului și se poate determina cu ajutorul relației lui Richardson -Dashman:

$$q_e = ATe^{e\psi_0/kT} \quad (1)$$

unde: A este constanta de emisie; T - temperatura absolută a emitorului permit creșterea productivității [K]; $e\psi_0$ - energia specifică a emitorului [J]; k - constanta lui Boltzmann [3].

Schema unui echipament de prelucrare cu fascicul de electroni se prezintă în fig. 2. Se compune dintr-un tun cu fascicul de electroni, o bobină electromagnetică, o bobină de deviere, o masă XY și un sistem de vid [2].

Cea mai mică dimensiune a fasciculului este de ~ 13,5 nm datorită limitei de lungime de undă cauzată de oscilația fotonului.

Similar cu prelucrarea cu fascicul de electroni, prelucrarea cu fascicul de ioni (Ion Beam Machining – IBM) are la bază emisia electronilor de către catod care, ulterior, ionizează molecule de gaz de tip argon, xenon, neon etc., ionii astfel obținuți fiind puternic accelerați de către un câmp electric. Ionizarea moleculelor de gaz se mai poate obține și prin descărcare în gaz [5].

Principiile de bază pentru aplicațiile IBM se bazează pe interacțiunea particulelor încărcate cu câmpuri electromagnetice prin forța Lorentz și principiile de detectare ale acestor particule [6].

Efectul fizic al bombardamentului ionic se determină prin randamentul de pulverizare, exprimat ca raportul dintre numărul de atomi ejectați din piesă și numărul de ioni incidenți și care se determină cu ajutorul relației [3]:

$$\eta_e = 26,6 (\Delta m/A)/It \quad (2)$$

unde: Δm este pierderea de masă din piesa supusă bombardamentului ionic [μg]; A - masa atomică a atomilor materialului piesei prelucrate [μg]; I - intensitatea curentului ionic [μA]; t - timpul cât piesa este supusă bombardamentului ionic [ore].

În general, echipamentul de prelucrare a fasciculului de ioni constă din surse de ioni, accelerator prin care ionii au accelerat electrostatic până la energia dorită, camera de vid și ținta de prelucrat, figura 3 [2]. Instalațiile au în componență următoarele elemente: un tub de sticlă termorezistentă, în care este înglobată camera de ionizare, anodul și catodul, cuplați la tensiunea de accelerare, și care, constructiv, formează camera de accelerare.

Fasciculul ionic trece prin camera de bombardare, unde s-a creat vid de $10^{-4} \dots 10^{-5}$ Pa și acționează asupra piesei de prelucrat [1]. Procedul este eficient la prelucrarea materialelor dure și extradure; se pot realiza microsuduri sau suduri pe piese agabaritice, frezarea unor canale cu dimensiuni de 5 - 20 μm , prelevarea straturilor subțiri (<10 μm), găuriri de ordinul a 4...6 μm [3].

3. Etape ale modelării și simulării fasciculelor de electroni și ioni

Cu ajutorul programului Comsol Multiphysics 4.2 dedicat pentru analiza cu element finit, s-a realizat acest studiu prin accesarea succesivă: 2D Axisymmetric⇒Magnetic fields⇒Stationary.

Etapele de modelare în Comsol Multiphysics sunt prezentate în continuare:

Etapa 1. În parametrizarea modelului sunt evidențiate dimensiunile (fig. 4).

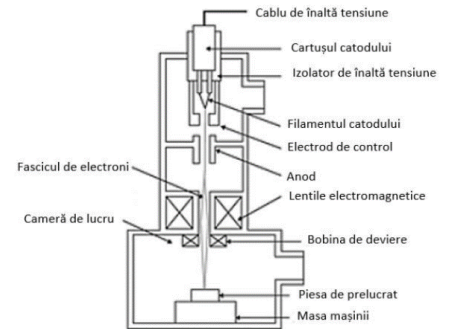


Fig. 2 Echipament de prelucrare cu fascicul de electroni [2].

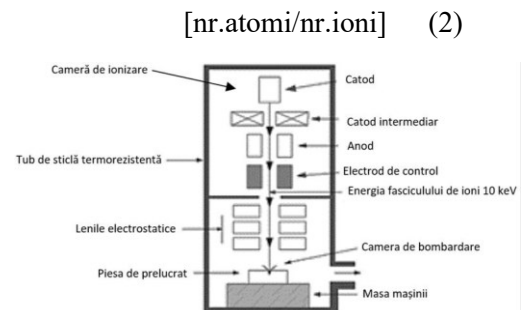


Fig. 3 Schema de principiu a instalației de prelucrare cu fascicul de ioni [7]

Etapa 2. Geometrizarea este reprezentată în figura 5.

Name	Expression	Value	Description
Nc	1000	1000	Numar de spire
rbe	10	10	raza exterioara bobina
hb	2.5	2.5	inaltime bobina
rbi	6	6	raza interioara bobina
rcol	20	20	raza colimator
hcol	50	50	inaltime coloana
scol	35	35	distanța de tinta în coloana
hc	2.5	2.5	inaltime catod
rc	2.5	2.5	raza catod
dic	7.5	7.5	distanța catod_bobina
E0	500[V]	8.011E-17 J	energia initiala
V0	(2*E0/me_const)*0.5	1.326E7 m/s	viteza initiala a electronilor
tpar	0.001*hcol/V0	2.639E-9 s/m	timpul de parcurgere a distantei tinta

Fig. 4 Parametrii adăugați în *Global definitions*

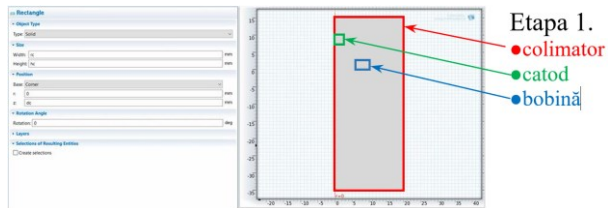


Fig. 5 Geometrizare

Etapa 3. Alocarea materialului: Colimatorului și catodului se vor atribui materialul aer, iar bobinei cuprul (conform fig. 6).

Etapa 4. Se introduc condițiile la limită din *Multi-turn coil domain* și se vor adăuga la proprietăți, numărul de spire (Nc) și intensitatea (Ic) indicate anterior la parametri (fig. 7).



Fig. 6 Alocarea materialelor și proprietățile acestora.

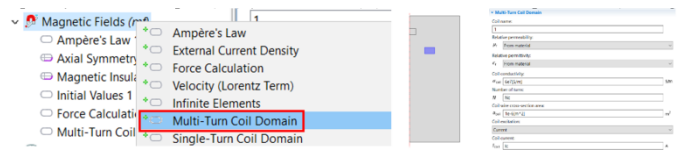


Fig. 7 Multi-turn coil domain

Etapa 5. Discretizarea se realizează cu elemente triunghiulare, precise (alegând Extra fine) și este prezentată împreună cu calitatea corespunzătoare obținută - prin accesarea funcției *Statistics* din meniul *Mesh* – figura 8. Elementele sunt mai fine pentru a crește precizia.

Etapa 6. Rularea modelului și vizualizarea variației parametrilor de interes au fost realizate în regim staționar pentru o singură bobină (fig. 9).

Traectoria electronilor în timp ce trec prin câmpul magnetic generat de bobină este reprezentată în fig. 16. Electronii se focalizează într-un punct pe axa longitudinală z. Distanța focală este dată de relația [8]:

$$f = K \frac{V}{i^2}$$

unde K = constantă bazată pe geometria bobinei și numărul de rotații; V = tensiunea de accelerare; i = curentul bobinei.

Etapa 7. Pentru a studia variația fluxului magnetic, s-a mai adăugat o bobină (sistem Helmholtz - [9]), conform figurii 10.

Etapa 8. Pentru această etapă, s-au parcurs pașii ca la prima bobină, iar pentru a evidenția fluxul magnetic s-a folosit Study ⇒ Stationary ⇒ Compute (conform fig. 11).

Etapa 9. Se realizează aceiași pași din studiul 1 dar cu ajutorul Comsol Multiphysics 5.5, în următoarea ordine: 3D⇒*Magnetic fields* ⇒ *Stationary* (studiul 1) pentru a putea continua cu *Charged Particle Tracing* ⇒ *Time dependent*, iar la parametri, se adaugă aceia din fig. 11.

Etapa 10. Se adaugă forța magnetică exercitată de câmpul magnetic asupra electronului, folosindu-se modulul *Magnetic flux density* (fig. 12) din studiul anterior (fig. 13).

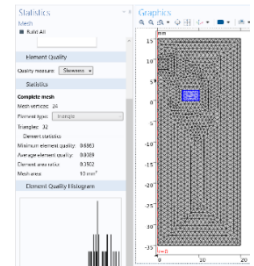


Fig. 8 Selectarea Mesh-ului

$$[\text{mm}] \quad (3)$$

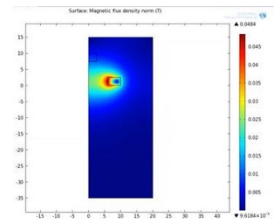


Fig 9. Rularea modulului de calcul



Fig. 10 Rularea modulului de calcul

tp	5e-9	5E-9	timp de studiu
Jsz	60000	60000	densitate de curent pe suprafata
Np	1000	1000	Nr.Particule lansate

Fig. 11 Parametrii adăugați

Etapa 11. În cazul de față se definește zona de intrare a particulelor împreună cu setările aferente studiului. Au fost specificate: suprafața 14, repartizarea uniformă a particulelor, numărul de particule lansate de pe suprafața 14 și viteza inițială a electronilor (fig. 14).

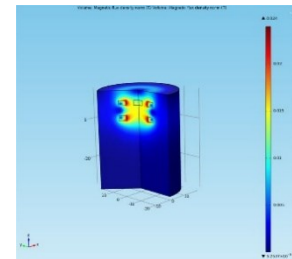


Fig. 12 Fluxul magnetic pentru două bobine

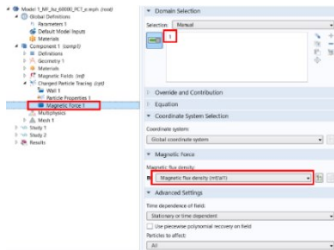


Fig. 13 Forța magnetică

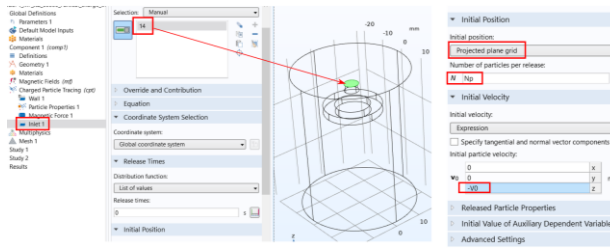


Fig. 14 Zona de intrare a particulelor și setările de intrare fascicul

Etapa 12. Se stabilește perioada de timp a studiului și se specifică faptul că se preiau valorile din studiul 1 (fig. 15).

Etapa 13. În figura 16 emisia specifică este reprezentată de-a lungul traiectoriei medii a fasciculului ca expresie a culorii și ca expresie a razei tubului. Traiectoria nominală atinge grosimea maximă la scurt timp după intrarea în obiectiv și este îngustată în locul în care este focalizat fasciculul.

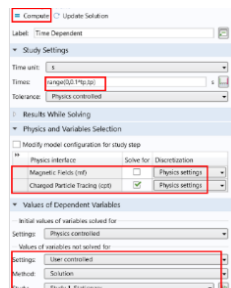


Fig. 15 Inițializarea simulării

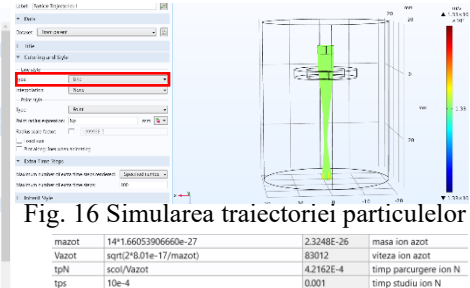


Fig. 16 Simularea traiectoriei particulelor

Etapa 14. Se realizează aceiași pași din studiul 2, cu ajutorul programului Comsol Multiphysics 5.5 cu mențiunea că se adaugă acei parametri din fig. 17 și se modifică masa, viteza particulelor și numărul de sarcini, conform caracteristicilor (fig. 18).

Fig. 17 Parametrii

mazot	14*1.66053906660e-27	2.3248E-26	masa ion azot
Vazot	sqrt(2)*8.01e-17/mazot	83012	viteza ion azot
tpN	scol/Vazot	4.2162E-4	timp parcurgere ion N
tps	10e-4	0.001	timp studiu ion N

Fig. 18 Proprietățile particulelor

Particle mass: m_p mazot kg

Charge Number: $Z = -3$ ionul N

4. Modelarea și simularea implantării ionice

În această etapă, se are în vedere modelarea și simularea unui sistem de implantare ionică. Parametrii folosiți pentru simularea acestui program sunt unghiul fasciculului θ și energia (fig. 19). Se utilizează interfața Fluid flow \Rightarrow free molecular flow. Crearea geometriei sistemului de vacuum s-a realizat cu Autodesk Inventor Professional 2021.

Pentru a putea crea waferul a fost nevoie de introducerea unui plan (fig. 20), iar modelarea acestuia este reprezentată în figura 21. Plăcuța este din siliciu, iar de pe aceasta se eliberează CO_2 prin intermediul suprafeței din fig. 22.

Fig. 19 Parametrii modelului

Name	Expression	Value	Description
theta	35	35	Wafer angle
pumpspeedcryo	12000[l/s]	12 m ³ /s	Pump speed for cryo
pumpspeedturbo	1500[l/s]	1.5 m ³ /s	Pump speed for turbo

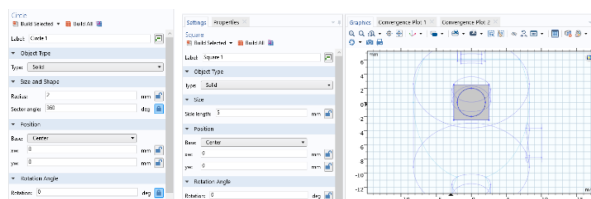


Fig. 21 Modelarea plăcuței de tip wafer

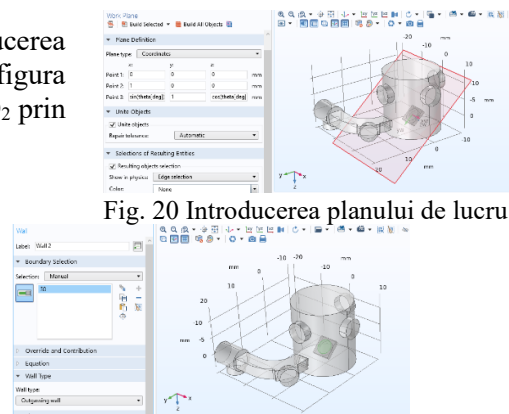


Fig. 20 Introducerea planului de lucru

Fig. 22 Suprafața prelucrată

5. Rezultate

Se dorește variația fluxului magnetic modificând intensitatea ($I_c \pm 0,2A$) și numărul de spire ($N_c \pm 100$ spire) conform cărora s-au definit variațiile fluxului magnetic (fig. 23).

Se dorește variația deviației traiectoriei electronilor și ionilor, în graficele Poincaré în fig. 25, pentru electroni și în fig. 26, pentru ioni, modificând densitatea de curent pe suprafață (J_{sz}), folosind planurile de secțiune din fig. 24.

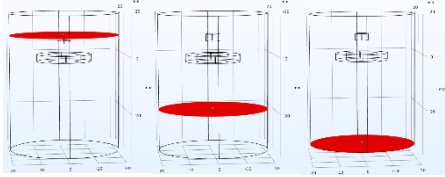


Fig. 24 Plane de secțiune $Z = \{7; -20; -35\}$ mm pentru grafice Poincaré, nostru resp. albastru

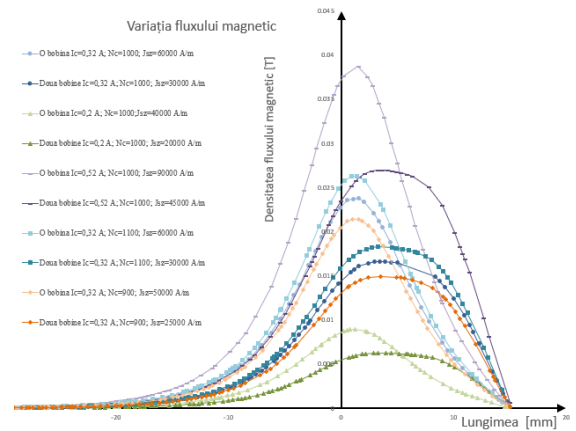


Fig. 23 Graficul variațiilor fluxului magnetic

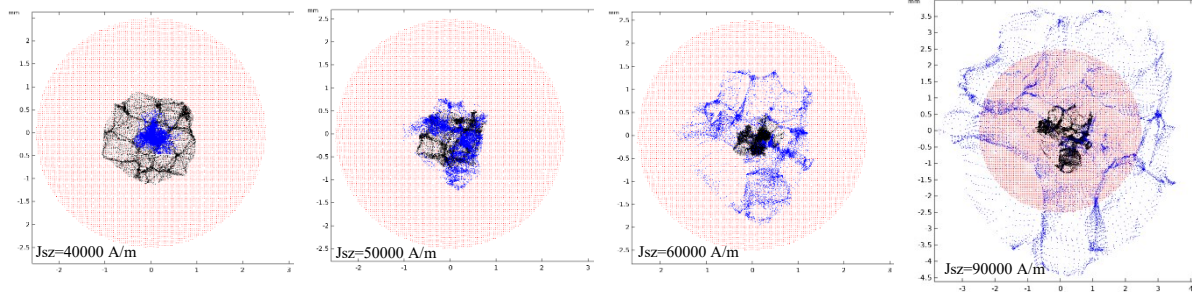


Fig. 25 Grafice Poincaré pentru dispunerea fasciculusului de electroni

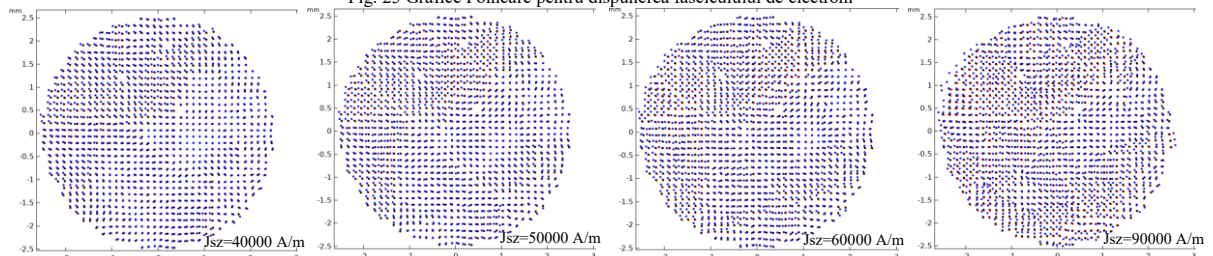
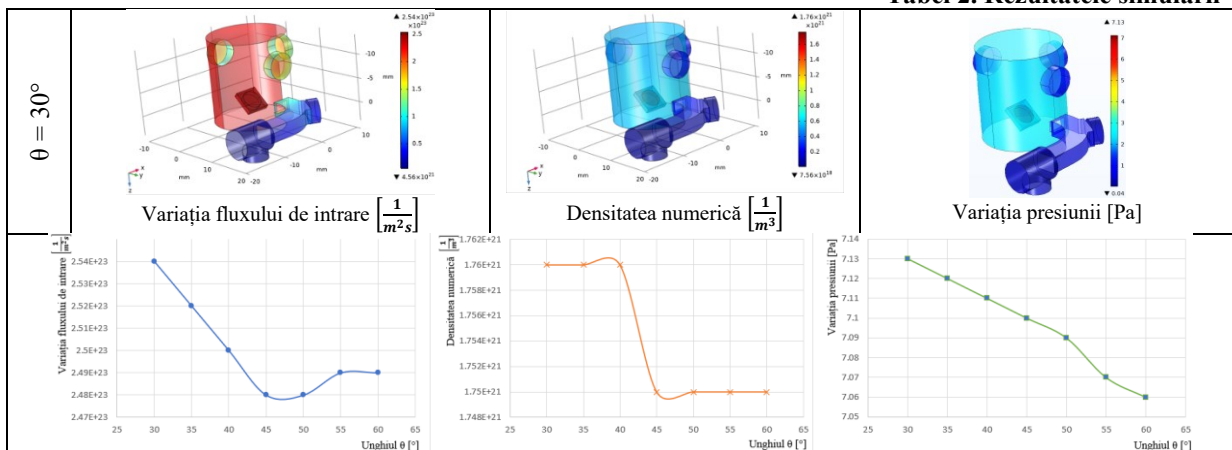


Fig. 26 Grafice Poincaré pentru dispunerea fasciculusului de ioni

Pentru a putea studia variația fluxului de intrare, densitatea numerică respectiv variația presiunii s-a modificat incremental unghiul θ cu 5° , rezultând valorile din tabelul 2.

Tabel 2. Rezultatele simulării



6. Concluzii:

Rezultatele modelării și simulării cu metoda elementelor finite au condus la următoarele concluzii: (1) Fluxul magnetic de dirijare a fasciculului de electroni și de ioni variază direct proporțional cu intensitatea curentului în bobină și numărul de spire al bobinei, având o variație mai mare atunci când variază numărul de spire, comparativ cu variația curentului; (2) La utilizarea bobinelor Helmholtz se obține o uniformizare mai mare a fluxului magnetic față de folosirea unei singure bobine, variația intensității sau numărul de spire, influențând mai puțin fluxul magnetic; (3) La analiza variației deviației traiectoriei electronilor și ionilor, cu cât crește densitatea de curent cu atât se dispersează mai mult fasciculul pe suprafața țintă; (4) bobina Helmholtz dispersează uniform fasciculul pe suprafața de capăt, acest fenomen fiind mai avantajos pentru o operație de tratament termic; (5) Distribuția ionilor este mai puțin afectată de caracteristicile bobinei pentru că ionii de azot au o masă mult mai mare decât a electronilor, de aceea pentru a putea controla traiectoria ionilor este necesară creșterea intensității curentului în bobină; (6) La analiza procesului de implantare ionică, s-a obținut o valoare maximă a fluxului de intrare a ionilor pe suprafața semifabricatului (wafer) la valori mai reduse ale unghiului de înclinare a wafer-ului; (7) Rezultatele obținute la modelarea computerizată sunt în acord cu datele din lucrările de referință din stadiul actual.

7. Bibliografie

- [1]. Marinescu, N.I., et al. (2018), Vol. 2, “Tehnologii cu fascicule de electroni, ioni și microunde”, Pag.211-217, ISBN 978-606-23-0760-8; Editura Printech, București
- [2]. Sami Chatti, Luc Laperrière, Gunther Reinhart, Tullio Tolio, (2019), “Encyclopedia of Production Engineering” Pag.582-583, ISBN 978-3-662-53121-1; Editura Springer.
- [3]. Ghiculescu, D., Curs “Tehnologii de fabricare cu fascicule și oscilații”, disponibil la: <https://curs.upb.ro/>, accesat la: 22.03.2021
- [4]. Kim, J., Lee, W.J. & Park, H.W. (2016), “The state of the art in the electron beam manufacturing processes.” Vol. 17, No. 11, Pag. 1575-1585, ISSN 2234-7593; KSPE and Springer.
- [5]. Seong-Hyun Kim, Sung-Taek Jung, Hyun-Jeong Kim, Seung-Yub Baek, Jin-Seok Kim, Eun-Goo Kang (2019), “A study on the preparation method of vaporized amplification sheets and electron beam machining characteristics.” Pag.234-240, ISSN 1526-6125; Elsevier.
- [6]. Rotaru, I.A., (2020) “Teză de doctorat Dezvoltarea de tehnici pentru analiza fasciculelor de ioni și manipularea ionilor”, Universitatea Politehnica din București, Facultatea de Științe Aplicate, București.
- [7]. Bijoy, B. (2016), “Electrochemical Micromachining for Nanofabrication, MEMS and Nanotechnology”, Pag. 14, ISBN 978-0-323-32737-4; Elsevier.
- [8]. ***, “Magnetic Lens”, disponibil la: <https://www.comsol.com/model/magnetic-lens-10185>, accesat la: 19.04.2021.
- [9]. Yang, K.C. (2016), “High frequency Helmholtz coils generate magnetic fields”, EDN, disponibil la: <https://www.edn.com/high-frequency-helmholtz-coils-generate-magnetic-fields/>, accesat la 28.04.2021

DEZVOLTAREA UNOR VARIANTE DE OPERAȚII DE PRELUCRARE INTEGRABILE ÎN SISTEME TEHNOLOGICE INDUSTRIALE

DEVELOPMENT OF MACHINING OPERATIONS VARIANTS INTEGRABLE IN INDUSTRIAL TECHNOLOGICAL SYSTEMS

POPESCU Ioana-Dana, DINCĂ Florentin-Laurențiu,
IONIȚĂ Anastasia-Ștefania, NECȘOIU Mihaela-Mădălina,
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie economică industrială,
Anul de studii 4, Grupa 642 AC, e-mail: danutapopescu1234@gmail.com

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**, Ing. **Gannam NASIM** – SC Dr. Kocher, Ing. **Nicolae Onorel POLOVȚEV** – SC Dr. Kocher

REZUMAT: Procesele tehnologice de prelucrare și, corespunzător, operațiile de prelucrare componente ale acestora se dezvoltă în diferite variante. Se configurează studii de caz privind determinarea variantelor tehnic-possibile de operații de prelucrare prin așchiere, la fabricarea unor produse în sisteme tehnologice industriale CNC sau convenționale. Programele CNC proiectate ilustrează o serie de caracteristici de detaliu ale operațiilor.

SUMMARY: The technological processes and, accordingly, their component machining operations are developed in different variants. Case studies are set up to determine the technical-possible variants of cutting operations, for the manufacture of products in CNC or conventional industrial technological systems. The designed CNC programs illustrate a number of detailed features of the operations.

CUVINTE CHEIE: operație de prelucrare, variantă tehnic-possibilă, sistem tehnologic, program CNC.

1. Introducere

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta o serie de elemente generale și studii de caz privind dezvoltarea, în condiții industriale, a unor variante de operații tehnologice de prelucrare.

Metodologia de cercetare – dezvoltare este structurată în raport cu următoarele elemente de referință: cadrul general; date inițiale principale; resurse tehnologice; condiții industriale de producție; variante de operații tehnologice.

2. Considerații generale

Operația de prelucrare reprezintă partea unui proces tehnologic în care, la un anumit loc de producție, se execută un grup bine definit de prelucrări și de alte activități tehnologice. Operațiile de prelucrare pot fi simple sau complexe și, respectiv, principale sau complementare. Procesele tehnologice de prelucrare și, corespunzător, operațiile de prelucrare componente ale acestora se dezvoltă în diferite *variante*, pe baza principiului concentrării sau a principiului diferențierii operațiilor și prin aplicarea metodelor de analiză tehnico-economică, în cadrul unei activități complexe de studii, concepție și adoptare decizii [1]. Etapele principale de lucru pentru determinarea variantelor de operații tehnologice se prezintă în Fig. 1.

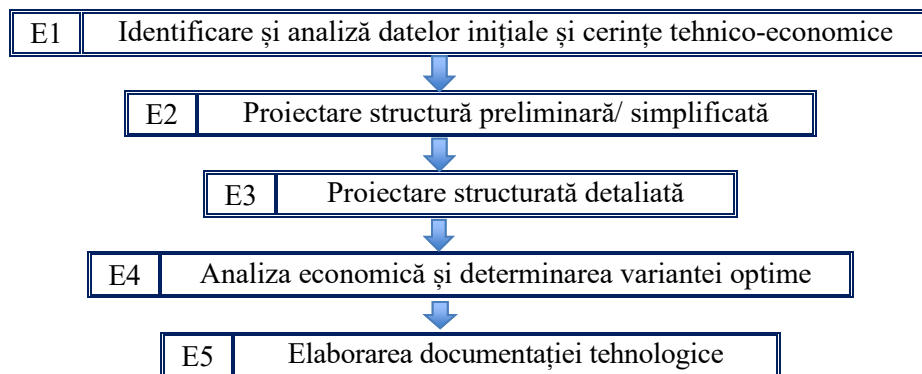


Fig. 1. Etapele principale de lucru pentru determinarea variantelor de operații tehnologice (adaptare după [1])

Variantele tehnic-posibile de operații tehnologice se determină având în vedere conținutul activităților de realizat, starea stratului superficial, forma și dimensiunile de gabarit ale produselor, programa de producție, precum și caracteristicile tehnico-economice ale metodelor și procedeele tehnologice. Variantele tehnic-acceptabile de operații tehnologice se determină, dintre variantele tehnic-posibile, pe baza calculului tehnice, care includ și caracteristici efective ale sistemelor tehnologice [2].

Centrele de prelucrare CNC au capacitatea de a prelucra piese cu cea mai mare precizie și fiabilitate în ceea ce privește finisarea suprafeței [3].

Majoritatea companiilor efectuează cercetări cu privire la diferite moduri pe care le pot adopta pentru a produce produse de bună calitate și durabile, la un cost redus. Cele mai recente tehnici de fabricație cu fluide de așchiere la prelucrarea CNC [4] sunt prezentate în Fig. 2.

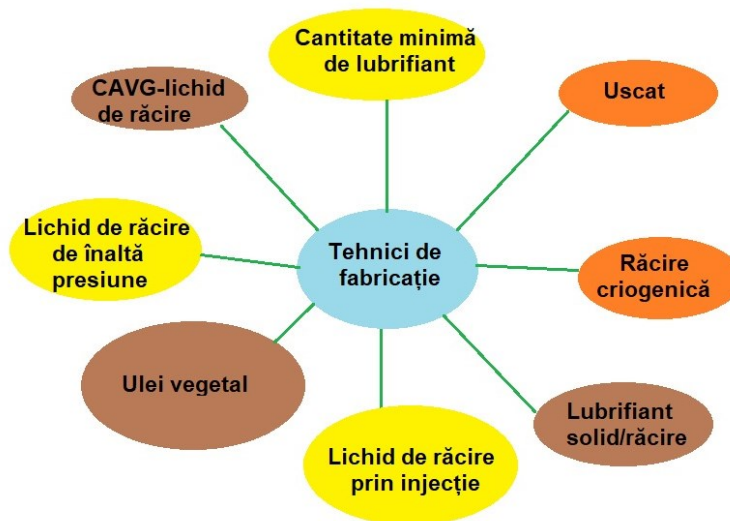


Fig. 2. Tehnici de fabricație cu fluide de așchiere la prelucrarea CNC (adaptare după [4])

Sistemele tehnologice de prelucrare cu comandă numerică sunt de tip mașină – unealtă sau centru de prelucrare cu comandă numerică computerizată, CNC. În cadrul acestor sisteme, se realizează prelucrări de tip: strunjire, filetare, găurire, alezare, adâncire, filetare etc., după caz. Pozițiile/ deplasările liniare/ unghiulare ale diferitelor elemente ale unui sistem de prelucrare CNC se programează în raport cu referențiale bine definite: carteziene – uzual ortogonale drepte, sau polare - pentru a descrie poziții unghiulare sau anumite profiluri; asociate mașinii-unelte, piesei, sculelor, dispozitivelor portscule [2].

3. Studii de caz privind dezvoltarea unor variante tehnic-posibile de operații tehnologice de prelucrare prin așchiere

În raport cu elementele metodologice principale de mai sus, se consideră determinarea unor variante tehnic-posibile de operații de prelucrare prin așchiere, în cadrul fabricării produselor *Corp*, *Flanșă*, *Ax*, *Pinion*. Astfel, la fiecare produs se determină și se prezintă variante tehnic-posibile de semifabricat și variante tehnic-posibile ale operațiilor de prelucrare prin așchiere [2], ale căror schițe sunt proiectate în cadrul programului Inventor Professional 2021 [5], după cum urmează.

(1) Studiul de caz “Produs Corp”

Sunt determinate două variante tehnic-posibile de semifabricat, C-S1 și C-S2 (Fig. 3).

În continuare, sunt determinate două variante tehnic-posibile ale operațiilor de prelucrare, C-V1OP și C-V2OP. Varianta C-V1OP este structurată în operațiile principale C-OP1.1, C-OP1.2, iar varianta C-V2OP este structurată în operațiile principale C-OP2.1, C-OP2.2, ..., C-OP2.8 (Fig. 4).

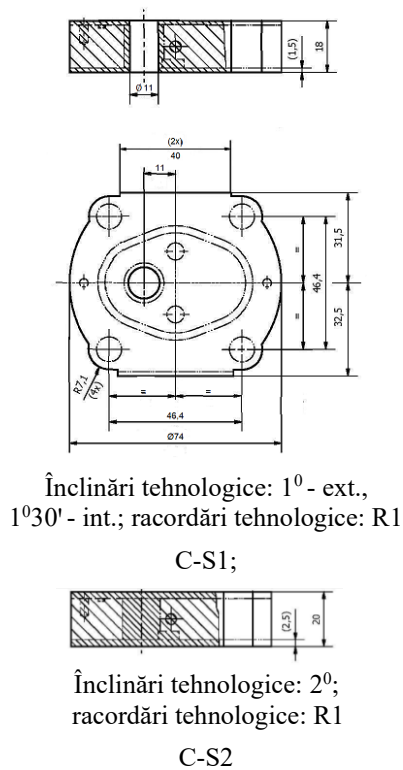


Fig. 3. Variante de semifabricat: C-S1 și C-S2, Material AA 6066/100 – 108 HB

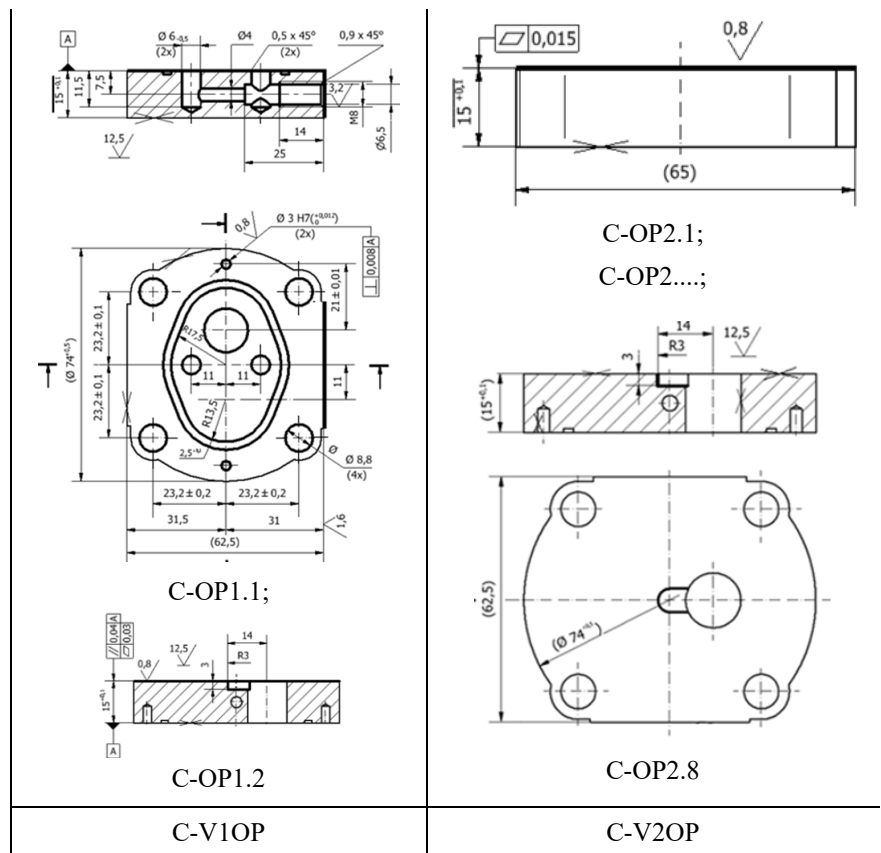
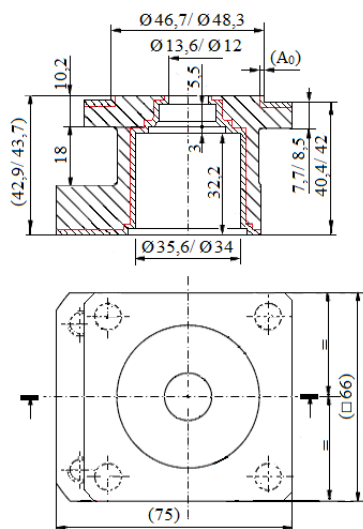


Fig. 4. Variante ale operațiilor de prelucrare: C-V1OP și C-V2OP

(2) Studiul de caz “Produs Flanșă”

Sunt determinate două variante tehnic-posibile de semifabricat, F-S1 și F-S2 (Fig. 5).

În continuare, sunt determinate două variante tehnic-posibile ale operațiilor de prelucrare, F-V1OP și F-V2OP. Varianta F-V1OP este structurată în operațiile principale F-OP1.1, F-OP1.2, iar varianta F-V2OP este structurată în operațiile principale F-OP2.1, F-OP2.2, ..., F-OP2.4 (Fig. 6).



Înclinări tehnologice: 30' - ext., 1° - int.;
racordări tehnologice: R1,5

F-S1/ $A_0 = 0,7$; F-S2/ $A_0 = 1,5$

Fig. 5. Variante de semifabricat: F-S1 și F-S2,
Material ENAC-AlSi10Mg(b)/ 90 – 94 HB

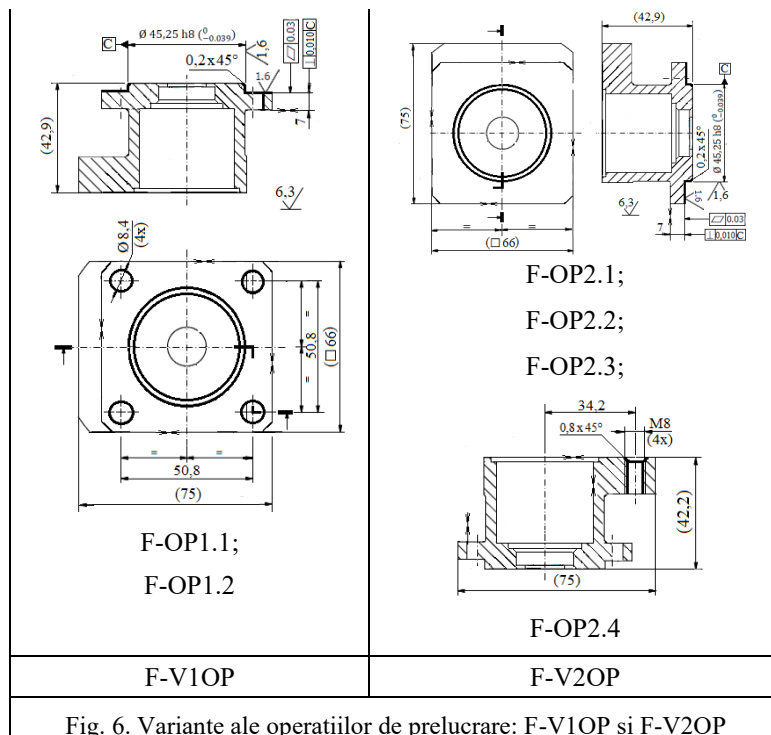
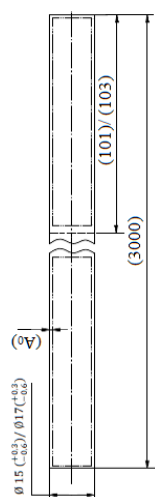


Fig. 6. Variante ale operațiilor de prelucrare: F-V1OP și F-V2OP

(3) Studiul de caz “Produs Ax”

Sunt determinate două variante tehnic-posibile de semifabricat, A-S1 și A-S2 (Fig. 7).

În continuare, sunt determinate două variante tehnic-posibile ale operațiilor de prelucrare, A-V1OP și A-V2OP. Varianta A-V1OP este structurată în operațiile principale A-OP1.1, ..., A-OP1.5, iar varianta A-V2OP este structurată în operațiile principale A-OP2.1, A-OP2.2, ..., A-OP2.8 (Fig. 8).



A-S1/
 $A_0 = 1$;
A-S2/
 $A_0 = 2$

Fig. 7. Variante de semifabricat: A-S1 și A-S2, Material 16 MnCr 5 (1.7131)/ 60 - 64 HRC

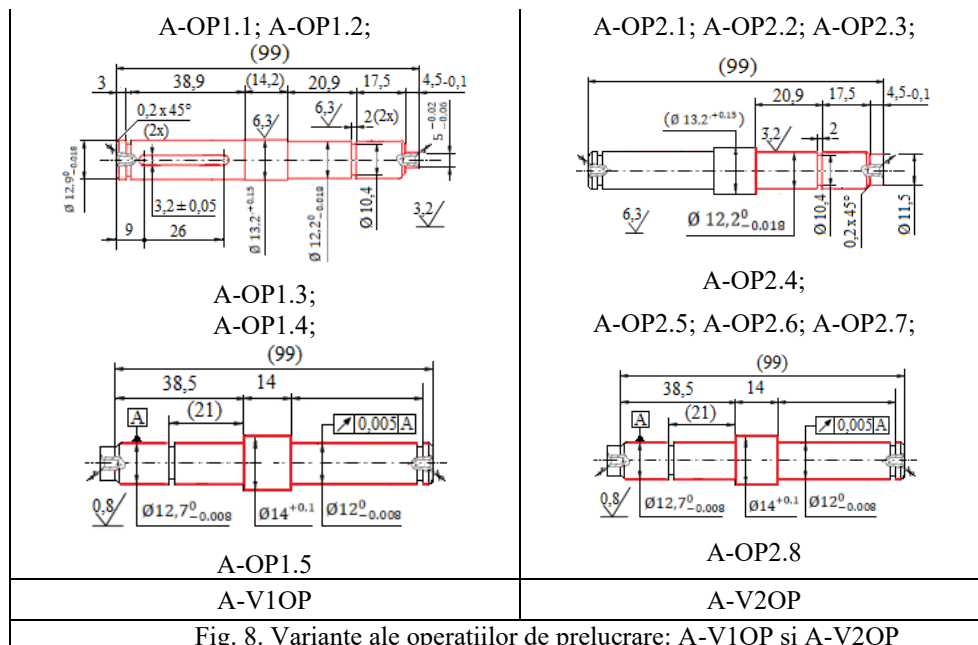


Fig. 8. Variante ale operațiilor de prelucrare: A-V1OP și A-V2OP

(4) Studiul de caz “Proodus Pinion”

Sunt determinate două variante tehnic-posibile de semifabricat, P-S1 și P-S2 (Fig. 9).

În continuare, sunt determinate două variante tehnic-posibile ale operațiilor de prelucrare, P-V1OP și P-V2OP. Varianta P-V1OP este structurată în operațiile principale P-OP1.1, ..., P-OP1.5, iar varianta P-V2OP este structurată în operațiile principale P-OP2.1, P-OP2.2, ..., P-OP2.8 (Fig. 10).

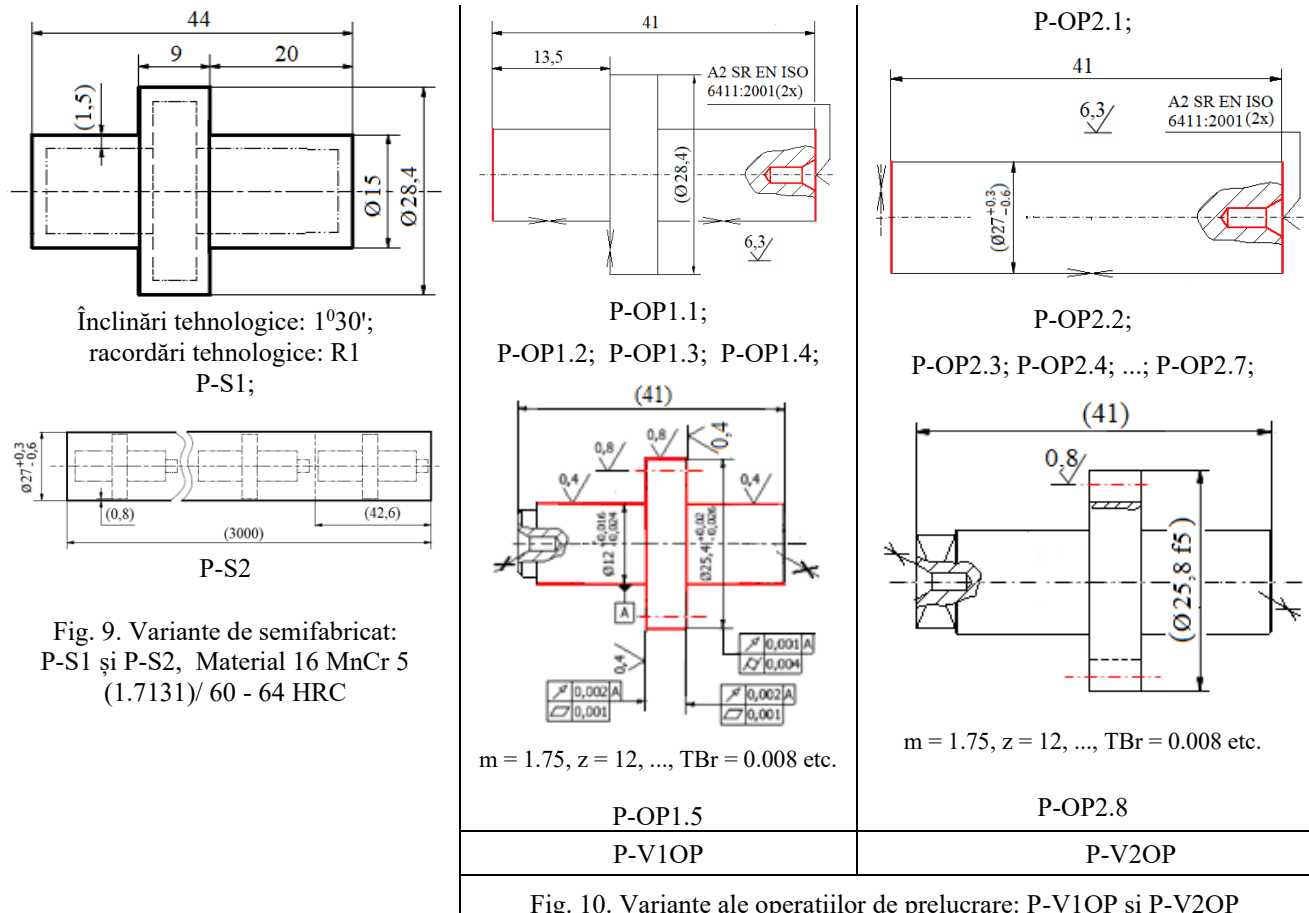


Fig. 10. Variante ale operațiilor de prelucrare: P-V1OP și P-V2OP

4. Structura detaliată a operațiilor tehnologice de prelucrare prin așchiere. Proiectarea programelor CNC

Structura detaliată a operațiilor tehnologice de prelucrare prin așchiere este definită de fazele tehnologice, scheme de orientare-fixare, regimurile de prelucrare etc.

Programele CNC asociate variantelor tehnic-acceptabile ale operațiilor tehnologice de prelucrare prin așchiere ilustrează o serie de caracteristici de detaliu ale operațiilor respective.

Astfel, pe baza elementelor specifice de lucru, s-au proiectat, în condiții applicative industriale [6, 7], programele CNC asociate cazurilor (1) – (4) de mai sus.

Secvențe din programele CNC proiectate și din procesele de simulare asociate se prezintă în Tabelul 1 și, respectiv, în Fig. 11.

Tabelul 1. Secvențe din programele CNC proiectate

(1)/ Caz C, C-OP1.1	(2)/ Caz F, F-OP1.1	(3)/ Caz A, A-OP 1.3	(4)/ Caz P, P-OP 1.2
; ... N2 ; T1 BULL NOSE MILL D8. R0.5 N3 G17 G00 G40 G90 M7 M85 M8 M25 G54 N4 G0 G90 X-2.95 Y11. S4000 M3 N5 X-2.95 Y11. Z50. N6 Z2. N7 G01 Z-0.3 F1000 N8 X-2.909 Y11.469 N9 X-2.787 Y11.923 ...	; ... N2 ; T2 DRILL D8.4 R118. N3 G17 G00 G40 G90 M7 M85 M8 M25 G54 N4 G00 G90 X-25.4 Y25.4 S1200 M3 N5 X-25.4 Y25.4 Z50. N6 Z2. N7 G1 Z-0.3 F800 N8 G0 Z2. N9 Z1.7 ...	; ... N2 (20.3.TAP) N3 G0 X0 Z500 N4 G50 S1000 N5 T01 N6 G97 G0 X-19 Z101.6 M42 S1000 M3 N7 (20.3 - TURN) N8 G95 N9 X-19 Z101.6 N10 X-12.9 ...	; ... N2 (20.4.TAP) N3 G0 X0 Z500 N4 G50 S1000 N5 T01 N6 G97 G0 X-31.37 Z3 M42 S1000 M3 N7 (20.4 - TURN) N8 G95 N9 X-31.37 Z3 N10 Z-23.861 ...



10-5.mp4



10-8.mp4

Fig. 11. Simulare: (1)/ Caz C,
Faza: Frezare la $\varnothing 14D8^{+0,077}_{+0,050}$;
(2)/ Caz F, Faza: Găurire la $\varnothing 8,4$ (4x)

5. Concluzii

S-au structurat studii de caz privind determinarea variantelor tehnic-posibile de operații de prelucrare prin așchiere, la fabricarea unor produse în sisteme tehnologice industriale CNC sau convenționale.

Programele CNC, proiectate pentru o serie de variante ale operațiilor tehnologice de prelucrare prin așchiere considerate, ilustrează o serie de caracteristici de detaliu ale operațiilor respective.

Este necesară continuarea cercetărilor, pentru dezvoltarea elementelor privind structura și conținutul operațiilor proceselor tehnologice, sistemelor tehnologice de fabricare, programelor CNC.

6. Bibliografie

- [1] Gheorghe M., *Bazele ingineriei și managementului*, Note de curs, UPB, 2017-18.
- [2] Gheorghe M., *Ingineria și managementul proceselor de producție 1*, Note de curs, UPB, 2019-20.
- [3] Deepti A., *Effect of Machining Parameters on Surface Finish and Noise Patterns for Machining EN-19 Steel with PVD-TiN Coated Mixed Ceramic Inserts in CNC Turning Operation*, March 2020.
- [4] Okokpujie I. P., *A Review of Recent Application of Machining Techniques, based on the Phenomena of CNC Machining Operations*, SMPM 2019.
- [5] ***, *Programul Inventor Professional 2021*, Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică. 2021.
- [6] ***, *Sisteme tehnologice SC Dr. Kocher*, 2021.
- [7] ***, *SolidCAM 2021*, SC Dr. Kocher, 2021, <https://www.drkocher.ro/>.

BIBLIOGRAPHIC STUDY ON BIO-NANOCOMPOSITE MATERIALS USED IN FOOD PACKAGING

ENE Elena

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie Economică Industrială,
Anul de studii: II, e-mail: ene_elena123@yahoo.com

Conducători științifici: Prof.dr.ing. **Alexandra BANU**, Asist.drnd.ing. **Gabriela Marina PÂRVU**

SUMMARY: The purpose of this paper is to acquaint with recent developments in biopolymer-based food packaging materials like natural biopolymers, synthetic biopolymers, biopolymer blending, and nanocomposites grounded on natural and synthetic biopolymers.

Plastic packaging for food and associated applications is nonbiodegradable and uses up valuable and treasured non-renewable petroleum products. With the current focus on researching alternatives to petroleum, research is progressively being channelized towards the development of biodegradable food packaging, thereby reducing adverse impact on the environment. Natural biopolymer-based nanocomposite packaging materials seem to have a sparkling future for a broad range of applications in the food industry, including advanced active food packaging with bio-functional attributes.

KEYWORDS: Plastics, Biopolymers, Bio-nanocomposites, Biodegradable packaging

1. Introducere

Utilizarea unor materiale și metode de ambalare care să asigure minimizarea pierderilor de alimente și furnizarea unor produse alimentare sigure și sănătoase a fost întotdeauna un deziderat major în industria alimentară. Există o nevoie reală de a dezvolta materiale de ambalare biodegradabile pentru a rezolva problema acumulării de materiale plastice persistente în mediul nostru.

Cantități mari de deșuri de plastic se acumulează în mediul înconjurător și se dezintegrează în microplastice - MP (bucăți cu dimensiuni mai mici de 5 mm), un subiect de reală îngrijorare în special pentru produsele și aplicațiile în care materialele plastice sunt utilizate pentru o perioadă scurtă de timp înainte de a deveni deșuri și pentru cele care sunt dificil de recuperat după utilizare și rămân în mediu.

Deși utilizarea polimerilor biodegradabili pare a fi extrem de promițătoare pe baza studiilor recente, trebuie investite eforturi intense în dezvoltarea de noi polimeri biodegradabili. În diferite articole de specialitate [1,2,7] se discută scenariul actual al acceptabilității de către mediu a polimerilor biodegradabili, oportunitățile și provocările pe care le oferă în ceea ce privește rezolvarea problemei microplastice și impactul acestora asupra mediului.

Bionanocompozitele sunt o nouă generație de materiale nanostructurate de ambalare a alimentelor, care sunt extrem de utile pentru a minimiza creșterea microorganismelor contaminante, pentru a prelungi durata de valabilitate a alimentelor și pentru a menține calitatea și siguranța produselor în timpul depozitării.

Încorporarea diferitelor nanomateriale în polimeri bio, cum ar fi (chitosan, amidon de cartofi sau de porumb, carboximetil celuloză (CMC) și gumă arabică) poate îmbunătăți diferitele proprietăți ale materialelor de ambalare prin creșterea activității antimicrobiene. Astfel se studiază potențialul utilizării filmelor cu bionanocompozite pentru a rezolva problemele atât a deșeurilor de mediu, cât și pentru a reduce deteriorarea produselor alimentare.

Majoritatea materialelor plastice detectate în mediu sunt poliolefine, polietilenă (PE), polipropilenă (PP) și polietilen tereftalat (PET). Acești polimeri persistă în mediu pentru o perioadă foarte lungă de timp care se întinde pe câteva zeci și sute de ani. Prin urmare, polimerii biodegradabili sunt foarte des discutați ca fiind una dintre soluțiile problemelor actuale de poluare cu plastic.

Trebuie investite eforturi intense în dezvoltarea de noi polimeri biodegradabili. Astfel a fost studiat scenariul actual al acceptabilității de către mediu a polimerilor biodegradabili, oportunitățile și

provocările pe care le oferă, pentru a rezolva problema maselor plastice dar și impactul lor asupra mediului [2].

1.1. Biodegradarea și polimerii biodegradabili

Este important inițial să punctăm unele dintre elementele de bază ale biodegradării. Degradarea lanțurilor macromoleculare prin acțiunea microorganismelor se numește biodegradare. La nivel molecular, este în principal un proces în doi pași care poate avea loc oriunde, de exemplu, în sol, apă sau în corpul uman (vezi figura 1).

Primul pas este o etapă de fragmentare, în care un lanț macromolecular cu masă molară mare este descompus în oligomeri cu capete de lanț polare funcționale și monomeri, rezultând pierderea proprietăților specifice ale polimerului, cum ar fi rezistența mecanică.

În a doua etapă, oligomerii și monomerii sunt mineralizați de microorganisme care formează în cele din urmă dioxid de carbon (CO_2), metan, apă și biomasă.

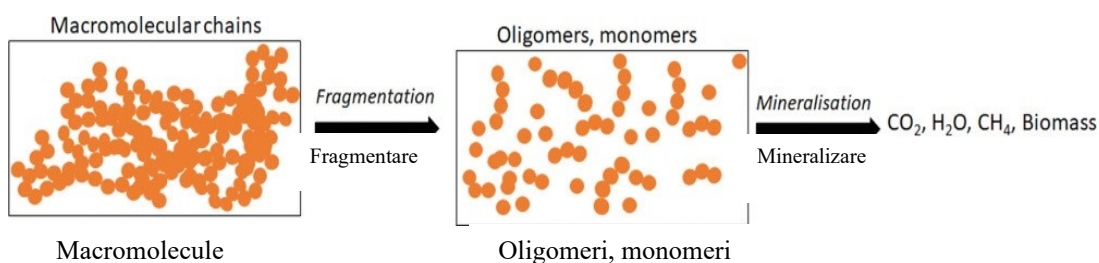


Fig. 1. Etapele biodegradării

Poliesterii alifatici conțin unități esterice ușor hidrolizabile, pe când cei aromatici necesită condiții dure de hidroliză (în mod normal acid sulfuric la 150°C) și nu sunt biodegradabili.

Unele dintre exemplele din categoria poliesterilor alifatici biodegradabili cunoscuți în literatură sunt policaprolactona semi-cristalină (PCL), acidul polilactic (PLA), poliglicolida, copolimerii acestora și poliesterii speciali produși de bacterii: polihidroxiclcanoati. Acești poliesteri sunt cunoscuți de câteva decenii și, până în prezent, au fost în principal cercetați și utilizați ca biomateriale pentru diferite aplicații.

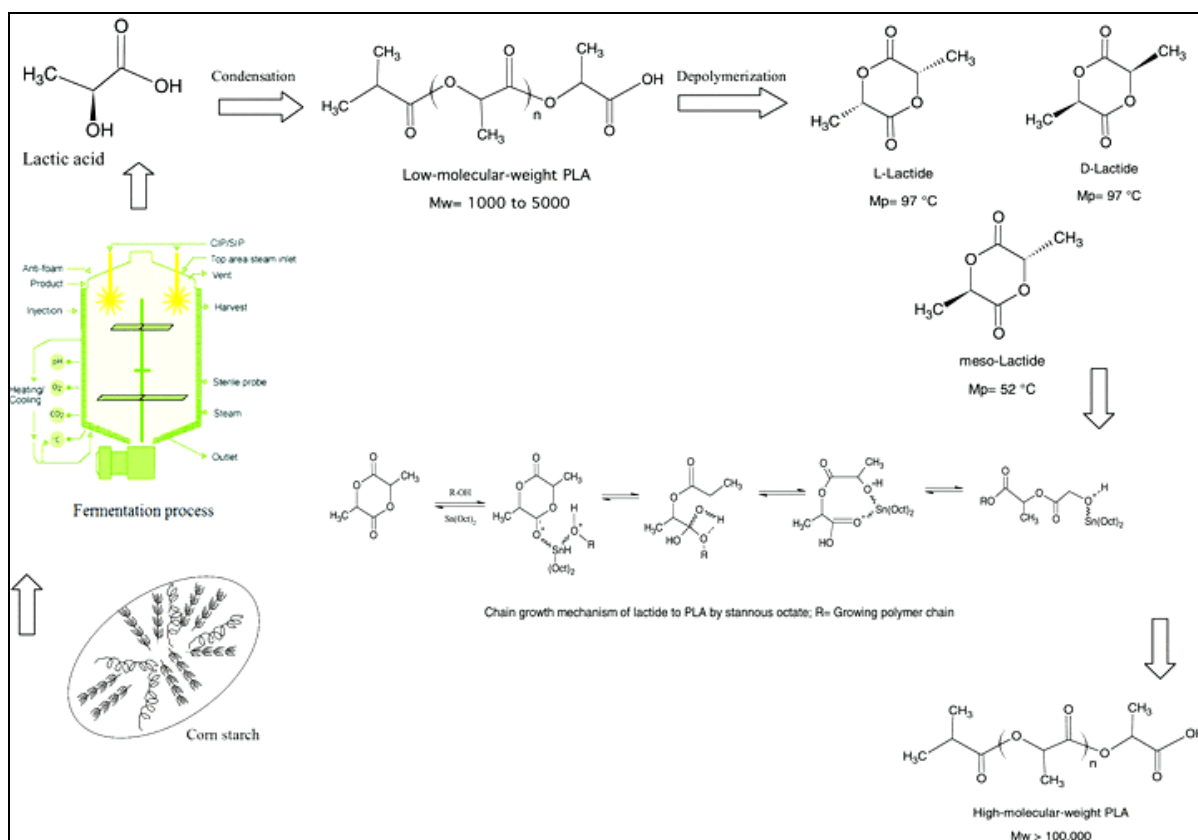
Deoarece procesul de biodegradare este influențat nu numai de proprietățile polimerului, ci depinde și de factorii de mediu, cum ar fi disponibilitatea de oxigen, lumină, pH, temperatura, umiditatea, microorganismul, tipul și concentrația de enzime, același polimer prezintă diferite viteze de degradare în diferite medii, cum ar fi apa, sol etc.

Prin urmare, biodegradabilitatea polimerilor, care are loc în condiții fiziologice, poate varia în funcție de condițiile de mediu, de viteza biodegradării și a mecanismului de degradare. De asemenea, este important în cazul în care biodegradabilitatea unui polimer este dovedită în condiții naturale de mediu, ca polimerul să se biodegradeze complet într-un timp scurt, astfel încât să nu persiste în mediu [3].

Unul dintre polimerii biodegradabili clasificați disponibili comercial, fiind foarte utilizat ca biomaterial este acidul polilactic (PLA) (vezi figura 2), acesta însă se degradează lent în condițiile specifice solului mediteranean [4].

Deși experimental nu au fost urmărite până la degradarea completă în sol, rezultatele privind biodegradabilitatea materialului realizat de *Cunha* și colaboratorii săi, din PBAT/PLA sunt extrem de încurajatoare. Aceștia au obținut rezultate promițătoare ale biodegradării în solul agricol pentru amestecurile PBAT/PLA și amidon [5].

Factorii de mediu, cum ar fi lumina soarelui, vântul, viteza vântului și umiditatea, pot avea o influență semnificativă asupra vitezei și mecanismului biodegradării polimerilor în condiții naturale, deoarece fotodegradarea și foto-oxidarea devin semnificative în mediul natural [6].



2. Fabricarea PLA-ului [7]

1.2 Clasificarea polimerilor degradabili din mediu

Este din ce în ce mai clar că biodegradarea nu înseamnă că un polimer specific se va degrada cu aceeași viteză în fiecare mediu. Clasificarea polimerilor este cea prezentată în cele ce urmează:

- Polimeri obținuți direct din biomasă, inclusiv proteine (precum zeină, gluten, proteine din zer, proteine din soia și cazeinați) și polizaharide (cum ar fi celuloză, amidonul și chitosanul).
- Polimeri sintetici obținuți din monomeri derivați din biomasă sau monomeri pe bază de ulei, inclusiv acidul polilactic (PLA), alcool etilen-vinilic (EVOH), alcool polivinilic (PVA) și policaprolactoni (PCL).
- Polimeri dezvoltati din microorganisme modificate genetic sau naturale, cum ar fi celuloză bacteriană sau polihidroxialcanoatii (PHA) [8].

Literatura academică actuală consideră un polimer biodegradabil în sol, dacă există vreo dovadă a transformării Carbonului său organic în CO₂ (mineralizare). Prin urmare, polimerul ar trebui să fie în mod ideal degradabil într-un timp definit, fie în toate tipurile de sol, fie în apă, astfel încât să i se poată atribui o clasificare clară, adică biodegradabil în sol sau biodegradabil în apă. Conform acestui argument, nu există în prezent niciun polimer care să poată avea eticheta de biodegradabil în sol și biodegradabil în apă.

Polimerul biodegradabil pur, fără aditivi, de obicei nu poate fi folosit în nicio aplicație. Materialele utilizate ca ambalaje alimentare sunt materiale compozite. În funcție de scopul aplicației sunt adăugați aditivi diferiți, fie pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice, a stabilității termice sau a proprietăților de barieră împotriva gazelor. Aditivii pot influența, de asemenea, mecanismul și timpul biodegradării influențând, de exemplu, cristalinitatea și hidrofilicitatea polimerului de bază. Prin urmare, un produs complet cu aditivi ar trebui să respecte criteriile de degradabilitate în mediu și să obțină certificarea, ceea ce întărește, de asemenea, argumentul clasificării polimerilor biodegradabili, specificând precis mediul și aplicația [9].

Durata pentru biodegradarea completă a filmelor specificate în ISO17556 este în prezent de maximum 2 ani, dar filmele cu biodegradare completă într-un timp care corespunde ciclului de cultură ar fi cele mai benefice. În caz contrar, va exista în continuare o acumulare de fragmente de plastic, iar migrarea fragmentelor din solul agricol în solul terestru sau în corpurile de apă nu poate fi eliminată.

1.3 Biopolimeri

Materialele polimerice fabricate pornind de la biopolimeri naturali, precum polizaharide (ca amidonul și celuloza) proteine, trigliceride (uleiuri vegetale), în general produse agricole, pot fi biodegradabile și pot juca un rol considerabil în rezolvarea problemelor de mediu ridicate de folosirea materialelor polimerice.

Polimerii biodegradabili se pot obține prin biosinteză bacteriană din materiale naturale (poliesteri în polizaharide), sau prin sinteze chimice din materiale naturale regenerabile (poliesteri ai acidului lactic - obținut prin fermentare pornind de la amidon [10]).

În funcție de procesul de producție și de sursă, biopolimerii pot avea proprietăți similare cu cei sintetici. În general, aceștia sunt împărțiți în trei grupe: poliesteri, polimer pe bază de amidon și alții. Aceste materiale pot fi:

- Polimeri extrași direct din biomasă precum proteine, lipide, polizaharide etc.
- Materiale polimerice sintetizate printr-un procedeu de polimerizare clasic, utilizând monomeri regenerabili bio, cum ar fi acid polilactic și monomeri pe bază de ulei, cum ar fi policaprolactoni.
- Materiale polimerice produse de microorganisme și bacterii cum ar fi polihidroxiclcanoatii.

2. Cercetări bibliografice privind studiul materialelor compozite biodegradabile

Compozitele sunt materiale compuse din două sau mai multe materiale componente cu caracteristici chimice și fizice unice considerabile care, dacă sunt integrate, furnizează un material cu caracteristici diferite de elementele constitutive individuale, rămânând în același timp separat în structură.

Un material compozit este format din matrice, sau faza continuă, care este componentul majoritar și ranforsarea sau faza dispersată.

După morfologia lor, materialele compozite sunt clasificate în trei tipuri majore:

- Compozite laminare; acestea sunt compuse din straturi de material integrate prin matrice de legătură.
- Compozite fibroase; acestea sunt compuse din fibre armate într-o matrice.
- Compozite particulare; acestea cuprind particule dispersate într-o matrice.

Astfel de particule sunt, în general, împărțite în două:

- scheletic, care cuprinde un sistem scheletic frecvent, împachetat cu unul dintre materialele suplimentare mai mari,
- fulgi care, în general, sunt compuși din fulgi plăți având o orientare paralelă unul cu celălalt, o particulă ar putea avea orice dimensiune sau configurație.

Materialele de umplutură pot reduce costurile, coeficientul de expansiune liniară, contracția, ciclurile de turnare, pot îmbunătăți conductivitatea termică și pot reduce rezistivitatea electrică.

Caracteristicile mecanice ale polimerului ranforsat sunt afectate de orientarea, dimensiunea și forma materialelor de umplutură.

3. Cercetări bibliografice privind studiul materialelor bionanocompozite sau materiale hibride biodegradabile

Materialele hibride sunt materiale compozite formate din constituenți dispersați la nivel nanometric sau molecular. În mod obișnuit, unul dintre acești compuși este anorganic, iar celălalt organic. Astfel, acestea diferă de compozitele tradiționale în care constituenții sunt la nivel macroscopic.

3.1 Clasificarea bio-nanocompozitelor

Bionanocompozitele pot fi clasificate în funcție de tipurile de matrice utilizate, dimensiunea, forma și originea armăturilor. De exemplu, pe baza întăririi formei particulelor, bionanocompozitele pot fi clasificate în structuri stratificate, particule alungite sau particulare.

Bionanocompozite particulare

În bionanocompozite particulele izodimensionale filme active (PLA / PHB) sunt utilizate în general ca ranforsări. Există un impact moderat al întăririi din cauza ratei reduse de aspect și al cauzei majore a utilizării unui astfel de tip de ranforsare pentru îmbunătățirea rezistența la inflamabilitate, costurile compozitului și permeabilitatea.

Bionanocompozite cu particule alungite

Particulele alungite (nanofibre de celuloză și nanotuburi de carbon) sunt desfășurate pentru consolidare în bionanocompozite alungite cu particule. Astfel de bionanocompozite au proprietăți mecanice mai bune datorită raportului ridicat de aspect.

Bionanocompozite întărite cu particule stratificate

Bionanocompozitele întărite cu particule stratificate, cunoscute și sub numele de nanocompozite polimerice stratificate sunt clasificate în trei componente pe baza dispersiei particulelor în matrice.

Nanocompozitele polimerice, în special polimerii naturali bio, încorporați cu nanoumplură anorganică sau organică, au caracteristici de ambalare mai bune, datorită raporturilor ridicate de aspect a nanoumpluturii. Cea mai importantă caracteristică a polimerilor naturali bio care urmează să fie utilizați ca materiale de ambalare este biodegradabilitate mai bună.

Materialele convenționale pentru ambalarea alimentelor sunt derivate din resurse fosile neregenerabile, cum ar fi materialele plastice pe bază de petrol și se confruntă cu dificultăți în eliminare și reciclare. Bionanocompozitele sunt o sursă bună pentru înlocuirea lor datorită biodegradabilității, costului comparabil, disponibilității și capacității de a reduce utilizarea pe scară largă a combustibililor fosili.

Astfel, bionanocompozitele sunt foarte promițătoare pentru a fi utilizate ca materiale de ambalare pentru brânză, cereale, produse de panificație, produse din carne, fasole verde, roșii, pere, mere, ciuperci, pepeni etc., precum și pentru fabricarea recipientelor termoformate pentru sucurile de fructe și produse lactate sau sticle pentru apă, bere și băuturi carbogazoase. Ele pot fi, de asemenea, utilizate pentru ambalajele de unică folosință, cum ar fi tacâmurile de unică folosință, pahare și ustensile, saci de gunoi, învelișuri și filme de laminare.

În ciuda cercetării și dezvoltării extrem de dinamice privind materialele provenite din surse bio și/sau biodegradabile (peste 1.400 de publicații științifice/an din ultimii 10 ani), ambalajele disponibile în comerț nu satisfac încă în mod corespunzător cerințele imense ale pieței și ale consumatorilor [11].

4. Concluzii

În urma studierii literaturii de specialitate avantajele și dezavantajele observate pentru utilizarea diferitelor materiale compozite în ambalajele pentru industria alimentară sunt prezentate următoarele concluzii:

- Deși biopolimerii sunt prietenoși cu mediul, aplicațiile industriale sunt limitate deoarece este necesară îmbunătățirea proprietăților mecanice, a rezistenței termice și a barierei pentru menținerea oxigenului sau a vaporilor de apă. Toate acestea cu un cost destul de ridicat.

- Nanomaterialele au capacitatea de a îmbunătăți proprietățile termice, mecanice și chimice precum și permeabilitatea. Acestea pot avea diferite funcționalități și aplicații în ambalajele alimentare cum ar fi: agenți antimicrobieni, biosenzori etc.

- Materialele compozite cu nanoparticule pot fi folosite cu succes datorită proprietăților antibacteriene, dar și pentru îmbunătățirea proprietăților fizice ale unui material.

- Bionanocompozitele pot îmbunătăți proprietățile fizice și chimice unice, ca și materiale în ambalajele pentru brânzeturi, produse de patiserie, fructe, legume, carne etc. însă nu se cunoaște și nu a fost studiată foarte mult migrația nanoparticulelor din ambalaj în produsul alimentar.

În urma acestui studiu bibliografic se poate observa necesitatea studierii și realizării unui material hibrid obținut din compozite cu umplutură fibroasă și biopolimeri.

Pentru obținerea unui material cu caracter biodegradabil sau compostabil se poate adăuga PLA și PCL, în diferite concentrații.

5. Bibliografie

- [1]. Al-Tayyar, N. A., Youssef, A. M., & Al-Hindi, R. (2020). Antimicrobial food packaging based on sustainable Bio-based materials for reducing foodborne Pathogens: A review. *Food Chemistry*, 310, 125915.
- [2]. Shah, T. V., & Vasava, D. V. (2019). A glimpse of biodegradable polymers and their biomedical applications. *e-Polymers*, 19(1), 385-410.
- [3]. Phale, T., Agnihotri, J., & Khale, A. (2013). Technical advancement in biodegradable polymers and their recent patents. *International Journal of Research and Development in Pharmacy & Life Sciences*, 3(1), 808-816.
- [4]. Ma, P., Jiang, L., Yu, M., Dong, W., & Chen, M. (2016). Green antibacterial nanocomposites from poly (lactide)/poly (butylene adipate-co-terephthalate)/nanocrystal cellulose–silver nanohybrids. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(12), 6417-64
- [5]. Cunha, M., Fernandes, B., Covas, J. A., Vicente, A. A., & Hilliou, L. (2016). Film blowing of PHBV blends and PHBV-based multilayers for the production of biodegradable packages. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(2).
- [6]. Ciriminna, R., & Pagliaro, M. (2020). Biodegradable and compostable plastics: A critical perspective on the dawn of their global adoption. *ChemistryOpen*, 9(1), 8-13.
- [7]. Jamshidian, M., Tehrany, E. A., Imran, M., Jacquot, M., & Desobry, S. (2010). Poly-lactic acid: production, applications, nanocomposites, and release studies. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(5), 552-571.
- [8]. Nitin Kumar, Preetinder Kaur, Surekha Bhatia, (2017) "Advances in bio-nanocomposite materials for food packaging: a review", *Nutrition & Food Science*, 47(4), 591-606
- [9]. Mahmoudi Yayshahri, A., Peighambaroust, S. J., & Shenavar, A. (2019). Impact, thermal and biodegradation properties of high impact polystyrene/corn starch blends processed via melt extrusion. *Polyolefins Journal*, 6(2), 151-158
- [10]. Paul, M., Cadar, O., Cadar, S., Chintoanu, M., Cioica, N., Fenesan, M., ... & Pascalau, V. (2011). Biopolimeri Naturali-Sursa de Materie Prima în Realizarea Ambalajelor Biodegradabile, în *Vederea Protecției Mediului. ProEnvironment/ProMediu*, 4(7).
- [11]. Gan, I., & Chow, W. S. (2018). Antimicrobial poly (lactic acid)/cellulose bionanocomposite for food packaging application: A review. *Food packaging and shelf life*, 17, 150-161.

6. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

C - Carbon	PE-polietilenă
CMC - carboximetilceluloză	PET - polietilenă tereftalat
CO ₂ - dioxid de carbon	PHA - acizi polihidroxi
EVOH - etilen vinil alcool	PLA- acid polilactic
MP - microplastic	PP - polipropilenă
PCL - policaprolactonă	PVA – alcool polivinilic

DEZVOLTAREA UNOR VARIANTE DE DISPOZITIVE TEHNOLOGICE PORT-PIESĂ ÎN CONDIȚII INDUSTRIALE

DEVELOPMENT ON VARIANTS OF TECHNOLOGICAL PART-HOLDING DEVICES IN INDUSTRIAL CONDITIONS

CIOBOATĂ Ioana-Olivia – Grupa 641 AC, GHIȚĂ Nicoleta-Sorina – Grupa 631 AC,
FĂTU Andrei-Marian – Grupa 631 AC,
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie economică industrială,
e-mail: olivia.ioanac@gmail.com

Conducători științifici: Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**, Ing. **Nicolae Onorel POLOVȚEV**,
Șef lucr. dr. ing. **Sergiu NANU**, Șef lucr. dr. ing. **Daniel-Silviu MANOLACHE**

REZUMAT: Operațiile/ procesele tehnologice de prelucrare și, corespunzător, dispozitivele tehnologice de prelucrare se dezvoltă în diferite variante. Se structurează un studiu de caz privind determinarea unor variante de dispozitiv port-piesă, în perspectiva integrării în sisteme tehnologice industriale CNC sau convenționale. Dispozitivele dezvoltate se analizează tehnic.

SUMMARY: Technological operations/ processes and, accordingly, technological devices are developed in different variants. A case study is structured regarding the determination of certain variants of a part-holding device, in the perspective of integration in CNC or conventional industrial technological systems. The developed devices are technically analyzed.

CUVINTE CHEIE: operație tehnologică, dispozitiv tehnologic, variantă constructivă, sistem tehnologic.

1. Introducere

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta o serie de elemente generale și studii de caz privind dezvoltarea, în condiții industriale, a unor variante de dispozitive tehnologice port – piesă.

Metodologia de cercetare – dezvoltare este structurată în raport cu următoarele elemente de referință: cadrul general; date inițiale principale; resurse de proiectare; structuri constructive de referință; proiectarea unor variante constructive de dispozitive tehnologice port-piesă.

2. Considerații generale

Un mijloc tehnologic/ de producție este un element, simplu sau complex, care poate realiza anumite activități de producție, în cadrul unui sistem tehnologic/ de producție. Mijloacele tehnologice sunt: de tip utilaj, dispozitiv, sculă, verificator, substanță etc. Dispozitivele tehnologice port-piesă, ca elemente ale sistemelor tehnologice de semifabricare, prelucrare, control etc., pot fi universale, specializate sau speciale, de construcție clasică sau modulată [1].

Un dispozitiv tehnologic port-piesă este în legătură cu o operație tehnologică/ grup de operații tehnologice. Proiectarea unui dispozitiv tehnologic port-piesă este o activitate complexă de studii, concepție și adoptare de decizii, care se realizează prin aplicarea metodelor de analiză tehnico-economică. Etapele principale de lucru sunt după cum se prezintă în Tabelul 1 [1].

Tabelul 1. Etapele principale de lucru pentru proiectarea dispozitivelor tehnologice port-piesă (adaptare după [1])

E1	Identificarea și analiza datelor inițiale și a cerințelor tehnico-economice privind operația/ grupul de operații tehnologice
E2	Proiectarea construcției preliminare/ de principiu, în diferite variante tehnic-posibile (VT-P)
E3	Proiectarea construcției detaliate, cu reținerea variantelor tehnic-acceptabile (VT-A)
E4	Analiză economică a VT-A și, implicit, determinarea variantei optime (VO)
E5	Elaborarea documentației tehnico-constructive

În timpul procesului de proiectare, trebuie luate în considerare în același timp mai multe cerințe de proiectare pentru fiecare etapă de proiectare. Cerințele generice sunt: cerințele fizice (PR), prevenirea coliziunilor (CP), constrângerea de proiectare (DC), cerințele de utilizare (UR), cerințele de accesibilitate (AR) și cerințele de toleranță (TR). Natura conflictuală a acestor cerințe este problematică. De exemplu, un dispozitiv greu poate fi avantajos din punct de vedere al stabilității, dar poate afecta negativ costurile. Astfel de conflicte se adaugă complexității proiectării dispozitivelor și contribuie la necesitatea unor tehnici inteligente în CAFD [2]. În mod normal, există patru etape în procesul de proiectare a dispozitivelor: planificarea instalării, planificarea dispozitivelor, proiectarea unității și verificarea (Fig. 1).

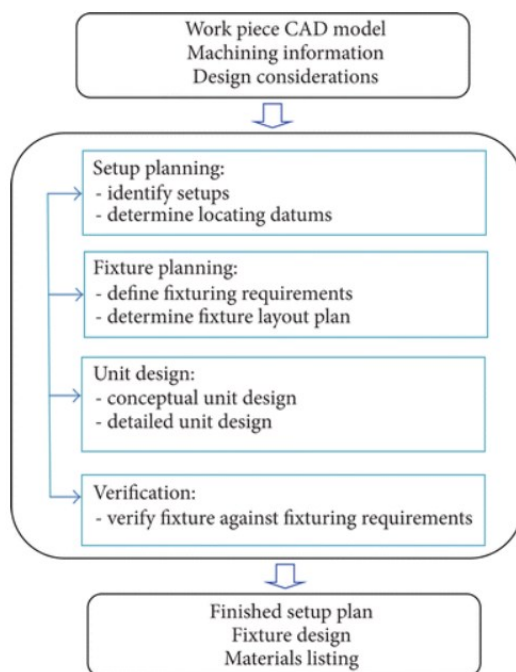


Fig. 1. Etapele proiectării dispozitivelor [2]

În continuare, se concep construcții de principiu ale dispozitivului. Se definitivează structura constructiv-funcțională a dispozitivului, respectiv, se determină caracteristicile geometrice și de material ale elementelor componente. Se definitivează desenul de ansamblu al dispozitivului, prin proiectare asistată de calculator, astfel încât acesta cuprinde: proiecțiile (secțiuni, vederi), care includ ajustajele și dimensiunile de gabarit, din care rezultă construcția și funcționarea echipamentului; condiții tehnice; indicatorul și tabelul de componență; alte date (utilaj, schița operației etc.) [3].

Corpul, elementele de prindere etc. se descriu din punct de vedere al caracteristicilor constructiv-funcționale și tehnologice. Astfel, se prezintă materiale și condiții geometrice, precum și o serie de elemente privind fabricarea elementelor componente ale dispozitivelor [4].

3. Studiu de caz privind dezvoltarea unor variante de dispozitiv port-piesă

Studiul de caz se desfășoară în raport cu elementele metodologice relevante care decurg din cele prezentate mai sus.

3.1. Schița operației tehnologice

Se consideră schița operației tehnologice *Frezare 05* după cum se prezintă în Fig. 2.

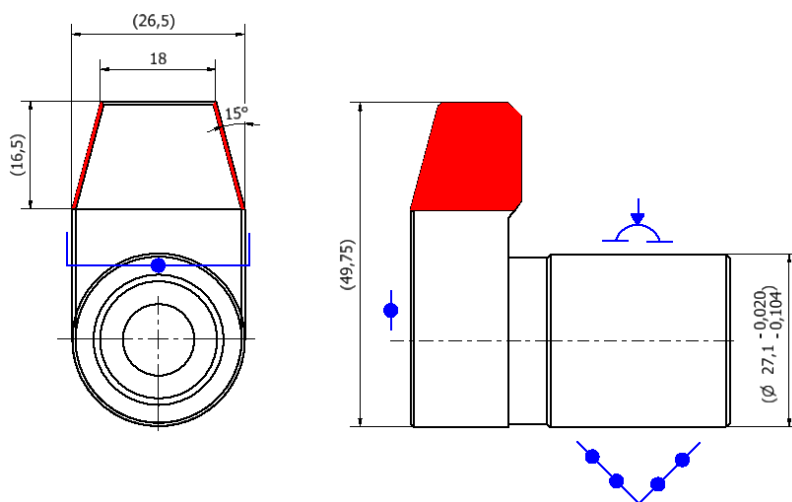


Fig. 2. Schița operației tehnologice de prelucrare *Frezare 05*

3.2. Variante tehnic-posibile de dispozitiv port-piesă

Pe baza elementelor metodologice principale de mai sus, se determină o serie de variante tehnic-posibile de dispozitive port-piesă asociate, direct sau indirect, operației tehnologice de prelucrare *Frezare 05*, după cum urmează.

3.2.1. Dispozitiv DF05 - V01

Dispozitivul DF05 - V01 este proiectat, în cadrul Programului Inventor Professional 2021 [5], astfel încât elementele componente sunt dintre cele standardizate sau speciale, după cum se prezintă în Fig. 3.

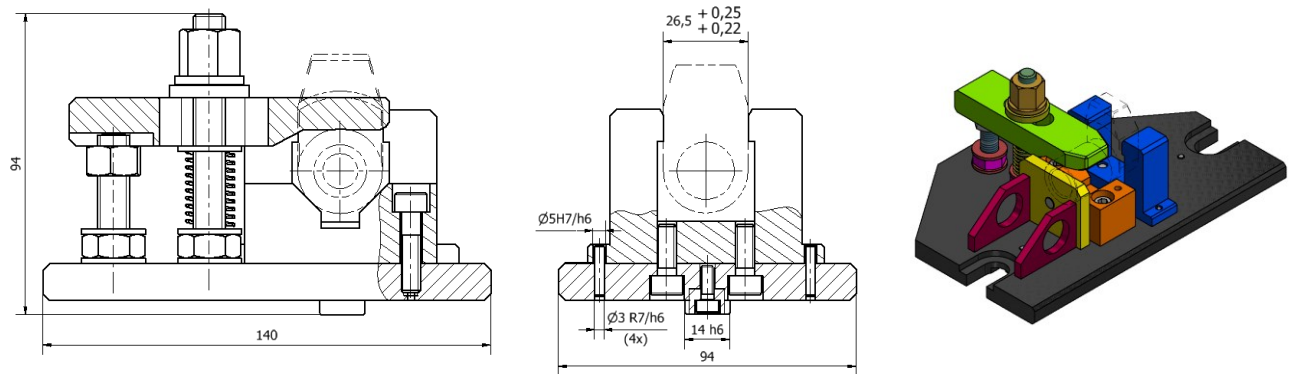


Fig. 3. Dispozitiv DF05 - V01

3.2.2. Dispozitiv DF05 - V02

Dispozitivul DF05 - V02 este proiectat astfel încât elementele componente sunt dintr-un set de elemente modulate [6], după cum se prezintă în Fig. 4.

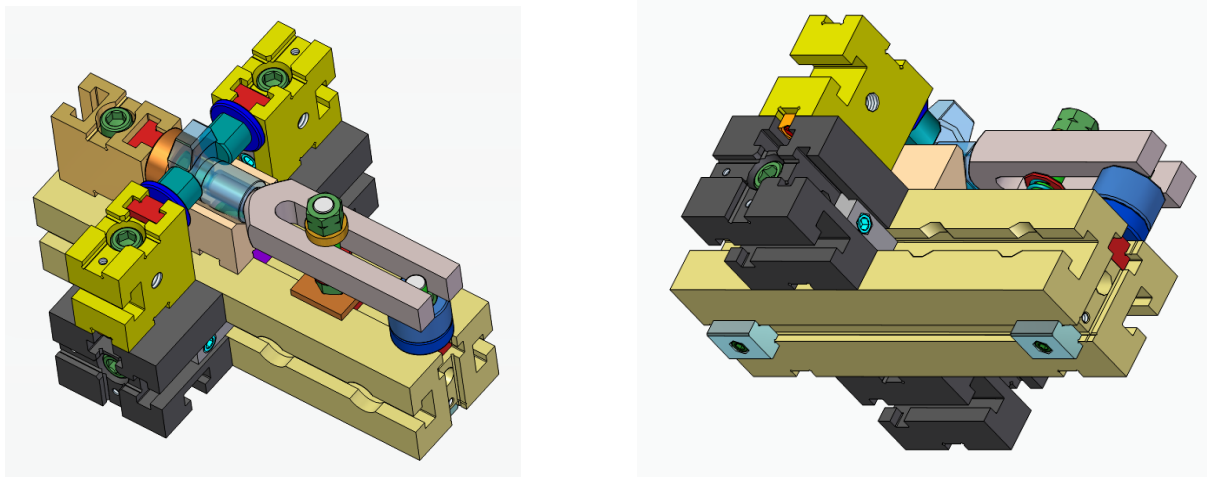


Fig. 4. Dispozitiv DF05 - V02

3.2.3. Dispozitiv DF.DK – Vi

Dispozitivul DF.DK – Vi este proiectat, realizat și implementat industrial [7], astfel încât elementele componente sunt dintre cele standardizate sau speciale, după cum se prezintă în Fig. 5.

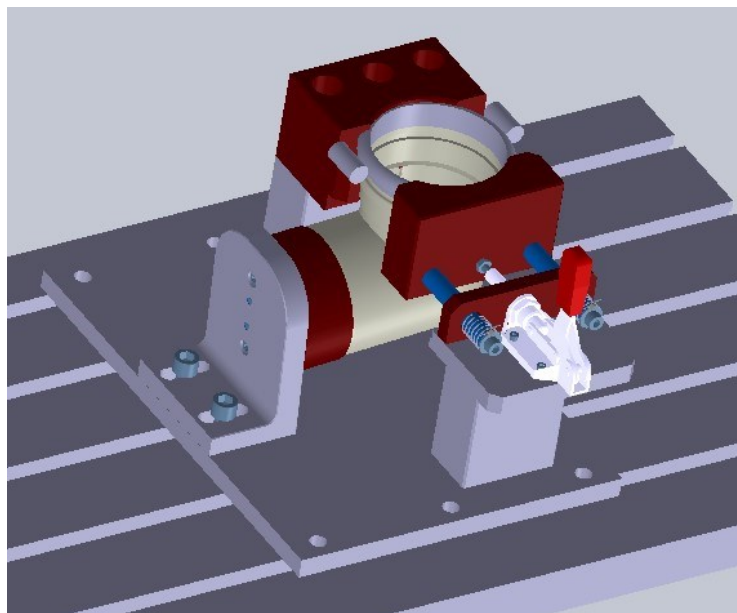


Fig. 5. Dispozitiv DF.DK – Vi

3.2.4. Analiza comparativă a dispozitivelor DF05 - V01, DF05 - V02, DF.DK – Vi

Variantele tehnice-posibile de dispozitiv port-piesă dezvoltate se caracterizează după cum se prezintă în Tabelul 2.

Tabelul 2. Caracteristici ale componentelor principale ale dispozitivelor dezvoltate

Dispozitiv		DF05 - V01	DF05 - V02	DF.DK - Vi
Componente principale	Elemente de orientare	Standardizate și unul special	Modulate	Speciale
	Elemente de fixare	Standardizate	Modulate și unul special	Tipizate și speciale
	Elemente de reglare a sculei	Parțial	Parțial	Parțial
	Elemente de corp	Speciale	Modulate	Speciale
	Elemente de asamblare	Standardizate	Modulate și standardizate	Standardizate
	Elemente de poziționare	Standardizate	Standardizate	-

În continuare, este necesară definirea și aplicarea unui sistem criterial cantitativ de evaluare tehnico-economică, care să includă elemente economice referitoare la fazele operației tehnologice, la proiectarea și fabricarea/ asamblarea componentelor dispozitivului(elor) considerate.

4. Concluzii

Un dispozitiv tehnologic port-piesă este în legătură cu o operație tehnologică/ grup de operații tehnologice.

La proiectarea dispozitivelor, trebuie luate în considerare, simultan, diferite cerințe. În raport cu acestea, se concep variant/ construcții de principiu ale dispozitivului, se definitivează structura constructiv-funcțională a dispozitivului, respectiv, se determină caracteristicile geometrice și de material ale elementelor componente și se definitivează desenul de ansamblu al dispozitivului.

Studiul de caz configurat prezintă variante de dispozitiv port-piesă, în perspectiva integrării în sisteme tehnologice industriale CNC sau convenționale, care se analizează în vederea evaluării tehnico-economice.

Se impune continuarea cercetărilor, pentru dezvoltarea dispozitivelor tehnologice într-un mediu care să permită analiza tehnico-economică a variantelor dezvoltate, în vederea selectării variantei optime.

5. Bibliografie

- [1] Gheorghe M., *Bazele ingineriei și managementului*, Note de curs, UPB, 2017-18.
- [2] Heidar H. et al., *Recent Developments on Computer Aided Design: Case Based Reasoning Approaches*, Advances in Mechanical Engineering, Volume 2014, Article ID 484928, 15pp, <https://dx.doi.org/10.1155/2014/484928>.
- [3] ***, *Produse, procese și sisteme 2*, Ghid de proiect și modele, UPB, 2020-21.
- [4] Charles Chikwendu Okpala, Ezeanyim Okechukwu C.. *The Design and Need for Jigs and Fixtures in Manufacturing. Science Research*. Vol. 3, No. 4, 2015, pp. 213-219. doi: [10.11648/j.sr.20150304.19](https://doi.org/10.11648/j.sr.20150304.19).
- [5] ***, *Programul Inventor Professional 2021*, Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, 2021.
- [6] ***, *Set de elemente modulate - Catalog SEM64*, https://curs.upb.ro/pluginfile.php/469967/mod_folder/content/0/catalog_SEM64RDG_2.pdf?forcedownload=1
- [7] ***, *Dispozitive tehnologice*, SC Dr. Kocher, 2021, <https://www.drkocher.ro/>.

DEZVOLTĂRI PRIVIND MODULE DIN STRUCTURA UNUI CAP DIVIZOR CU AFIȘARE DIGITALĂ

DEVELOPMENTS REGARDING MODULES OF A DIVIDING HEAD WITH DIGITAL DISPLAY

GHIȚĂ Nicoleta-Sorina – Grupa 631 AC, FĂȚU Andrei-Marian – Grupa 631 AC,
CIOBOATĂ Ioana-Olivia – Grupa 641 AC,
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie economică industrială,
e-mail: nicoletaghita64@gmail.com

Conducători științifici: Dr. ing. **Gheorghe POPAN** – INCDMTM,
Șef lucr. dr. ing. **Corneliu PÂRVU**, Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**

REZUMAT: Divizarea/ indexarea este un proces necesar în cadrul unor operații/ sisteme tehnologice de prelucrare, control, asamblare. În condiții industriale sau de laborator, sunt utilizate diferite variante de dispozitive de divizare unghiulară de tip cap divizor, de construcție clasică sau CNC. Lucrarea de față prezintă elementele principale ale unei activități de cercetare-dezvoltare a unor module din structura unui cap divizor cu afișare digitală, prin crearea asistată a modelelor 3D ale unor repere componente și simularea proceselor cinematice definitorii asociate unor module principale ale capului divizor dezvoltat.

SUMMARY: Dividing/ indexing is a necessary process within certain technological operations/ systems of processing, control, assembly. Under industrial or laboratory conditions, different variants of angular dividing/ indexing devices, of classical construction or CNC, are used. This paper presents the main elements of a research-development activity on some modules from the structure of an indexing head with digital display, by assisted creation of 3D models of component parts and simulation of defining kinematic processes associated to main modules of the developed indexing head.

CUVINTE CHEIE: produs, divizare, indexare, ansamblu, cap divizor.

1. Introducere

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta o serie de elemente generale și aplicații privind modelarea și simularea unor module din structura unui cap divizor cu afișare digitală.

Metodologia de cercetare – dezvoltare este structurată în raport cu următoarele elemente de referință: cadrul general; date inițiale principale; resurse de proiectare; structura capului divizor; modelarea unor module constructive; simularea modulelor realizate.

2. Considerații generale

Un cap divizor este un instrument specializat care permite indexarea circulară a unor piese de prelucrat, la mașini de frezat, mașini de găurit etc. [1].

Majoritatea capetelor de divizare funcționează la un raport de 40:1, respectiv, care, la o rotație de 360° a manivelei realizează o rotație a axului principal cu 9°.

Deoarece operatorul poate dori să rotească piesa la un unghi arbitrar, plăcile de indexare sunt utilizate pentru a se asigura că piesa este poziționată cu precizie [2]. Astfel:

$$\text{Rotirea manivelei} = \frac{40}{\text{rotire completă a axului}} \quad (1)$$

$$\text{Rotirea manivelei} = \frac{\text{unghiul necesar}}{9} \quad (2)$$

Desigur că, după realizarea a 40 de rotații ale manivelei, axul central va efectua o rotație de 360°.

Modelul utilitar prezintă un cap de indexare universal cu afișaj digital îmbunătățit, care cuprinde un mecanism de angrenaj prevăzut cu un arbore principal al capului de indexare [1].

Capul divizor este utilizat pentru a împărți circumferința piesei de prelucrat în diviziuni egal distanțate - la roți dințate, angrenaje elicoidale, șuruburi și pentru piese cu profil neregulat [3].

Plăcile de indexare sunt utilizate pentru a se asigura că piesa este poziționată cum trebuie, cu o precizie bună.

Majoritatea capetelor de divizare au o placă de indexare atașată permanent la ax. Placa este situată la capătul arborelui, foarte aproape de locul în care urmează să fie instalată piesa. Se fixează pe arbore și se rotește simultan cu arborele. Această placă este de obicei echipată cu o serie de găuri care permit indexarea rapidă la unghiuri comune, cum ar fi 30°, 45° sau 90°. Un ac de la baza capului de divizare poate fi extins în placa de indexare directă pentru a bloca rapid capul într-unul dintre aceste unghiuri. Avantajul plăcii de indexare directă este rapiditatea și simplitatea și nu sunt necesare calcule pentru a o utiliza. Dezavantajul este că poate fi utilizat numai pentru un număr limitat de unghiuri [1].

Când piesa este rotită la un unghi care nu este disponibil pe placa de indexare directă, se folosesc plăci de indexare interschimbabile. Deoarece manivela mâinii este fixată pe ax la un raport cunoscut (uzual, 40:1), plăcile de divizare montate la volant pot fi utilizate pentru a crea diviziuni mai fine pentru orientare precisă la unghiuri neregulate. Aceste plăci de divizare sunt furnizate în seturi de mai multe plăci. Fiecare placă are inele de găuri cu diviziuni diferite. De exemplu, o placă de indexare poate avea trei rânduri de găuri cu 24, 30 și 36 de găuri în fiecare rând. Un ac de pe manivela mâinii activează aceste găuri. Sunt disponibile plăci index cu până la 400 de găuri. O singură astfel de placă poate fi montată pe capul despărțitor la un moment dat. Placa este selectată de mașinist în funcție de unghiul pe care dorește să-l indexeze [1].

3. Dezvoltarea unor module din structura unui cap divizor cu afișare digitală

Capul divizor este un ansamblu cu elemente componente de referință fixe și transmite mișcare fără modificarea caracteristicilor. Axul divizor are rolul de a roti piesele. Piesele sunt poziționate între cele două vârfuri ale dorurilor de centrare de la axul divizor și păpușa mobilă [4].

Capul divizor considerat [5] a fost parțial analizat și dezvoltat (Fig. 1, 2), în cadrul disciplinei “Analiză de produs”, din anul III de studii.

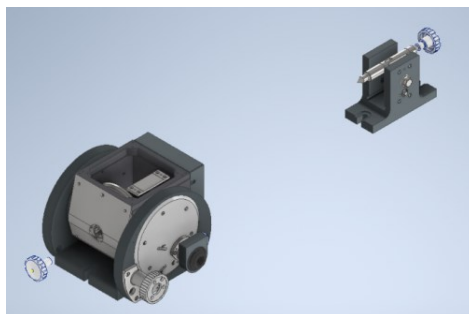


Fig. 1. Cap divizor cu afișare digitală: vedere 1

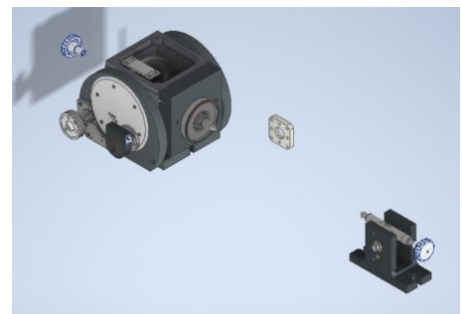


Fig. 2. Cap divizor cu afișare digitală: vedere 2

La realizarea unor componente ale ansamblului au participat 33 de studenți, ca o parte din întregul produs [4]. Aceste componente au fost modelate pe baza unor schițe primite inițial. Ulterior, s-au modificat și/sau s-au realizat componentele care intră în structura modurilor dezvoltate și prezentate în cadrul lucrării de față.

Din ansamblul prezentat, s-au modelat *roata melcată* poziționată pe axul divizor și *tamburul gradat* poziționat pe un disc de blocare, cu ajutorul soft-ului de proiectare Autodesk Inventor Professional [6], prezentate în Fig. 3 și Fig. 4.

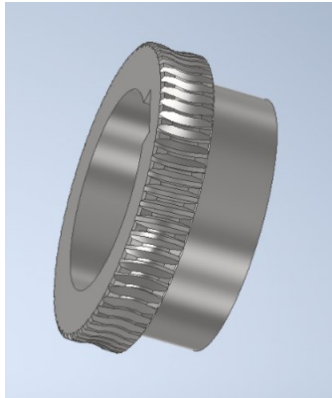


Fig. 3. Roată melcată I

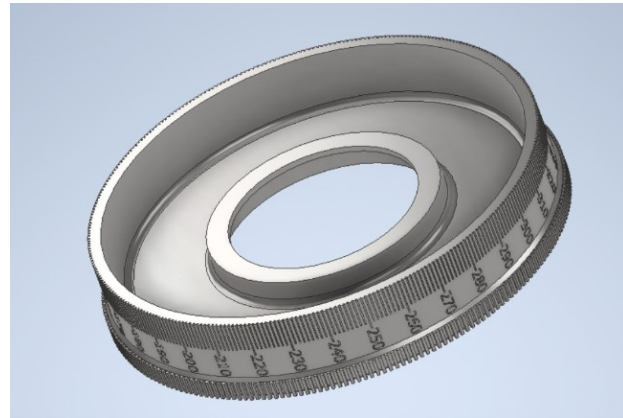


Fig. 4. Tambur gradat

În realizarea rotației angrenajului melc-roată melcată, constrâns pe axul divizor, s-au modelat piese reprezentative care intră în procesul de rotație. *Melcul II* împreună cu *roata melcată III* intră în mecanismul de avans fin. Pentru acționarea angrenajului *Melc II - Roată melcată III*, se retrage melcul cu ajutorul unui *tambur de blocare* și se rotește direct cu un *tambur de acționare*. Acest angrenaj este reprezentat în Fig. 5 și Fig. 6. Elementele *Mâner*, *Mâner 2*, *Ghidaj indexor*, *Tambur blocare*, respectiv, *Tambur acționare* au fost modelate conform desenelor de execuție.

Mânerul a fost realizat cu ajutorul comenzii „Revolve”, la o dimensiune de 40 de mm. Acesta prezintă găuri pe toată suprafața, iar în partea din dreapta - o gaură filetată $M12 \times 0,7$. *Mânerul 2*, care a fost realizat, de asemenea, cu ajutorul comenzii „Revolve”, prezintă o gaură filetată centrată, loc în care va fi asamblat *Axul indexor*, *Ghidajul indexor* este realizat la o dimensiune de 41 de mm, având gaură filetată de $M12 \times 1/10$. Acesta intră în mecanismul brațului indexor, participând la indexarea directă. *Tamburul de blocare* și *Tamburul de acționare* au pe circumferință 18, respectiv, 36 de canale simetrice.



Fig. 5. Melc II –
Roată melcată III

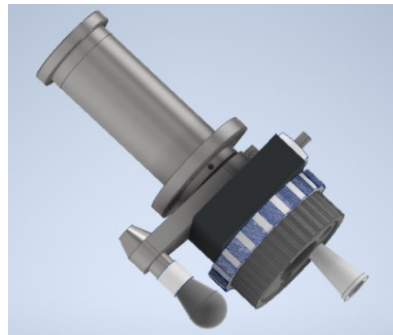


Fig. 6. Tambur blocare –
Tambur acționare

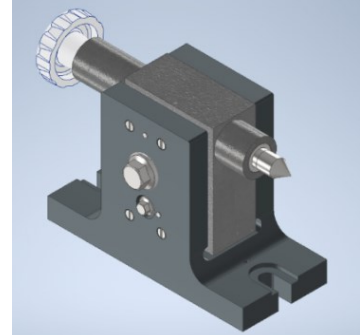


Fig. 7. Păpușa mobilă

Pentru o funcționare corectă, au fost modelate *Axul indexor* (poz.123), *Capac* (poz.122) și *Dop filetat*, conform desenului de ansamblu. Acestea au fost realizate constructiv, neavând la dispoziție dimensiunile corespunzătoare.

În cadrul păpușii mobile (Fig.7), s-au realizat constructiv piesele *Corp de reglare* și *Bucșă excentrică* pentru a se putea realiza reglarea axului acesteia coaxial cu axul capului divizor. Reglarea pe orizontală se realizează prima dată prin rotirea unei *Bucșe excentrice* și slăbirea unui *Șurub de blocare*. Apoi, se blochează *bucșa excentrică* în locașul ei din *corpul de reglare*, prin strângerea *șurubului de blocare*. Reglarea axului păpușii mobile pe verticală se realizează cu ajutorul *corpului de reglare* prin deblocarea ghidajului pe verticală cu ajutorul unei piulițe M8.

Pentru a putea pune în funcțiune modulul, s-au realizat următoarele constrângeri:

(1) planul XZ al *axului divizor* cu planul XZ al *dornului de centrare*, prin aplicarea unei constrângeri de tip unghi între aceste două plane, la 29° .

(2) constrângeri de tip "Angle" între planul YZ al *tamburului de blocare* și planul YZ al *tamburului de acționare*, între planul XZ al *dornului de centrare* și planul XY al *dornului de centrare CM2*.

(3) planul YZ al *tamburului de blocare* și planul YZ al *excentricului*, prin aplicarea constrângerii de tip "Angle" la un unghi de 360° (10 rotații) și s-a introdus la „amount of value” 3° , pentru a se face o rotație din 3 în 3° , mod în care se poate observa mai bine cum funcționează modulul.

Constrângerile aplicate în cadrul modelării sunt prezentate în Fig. 8 – 11.

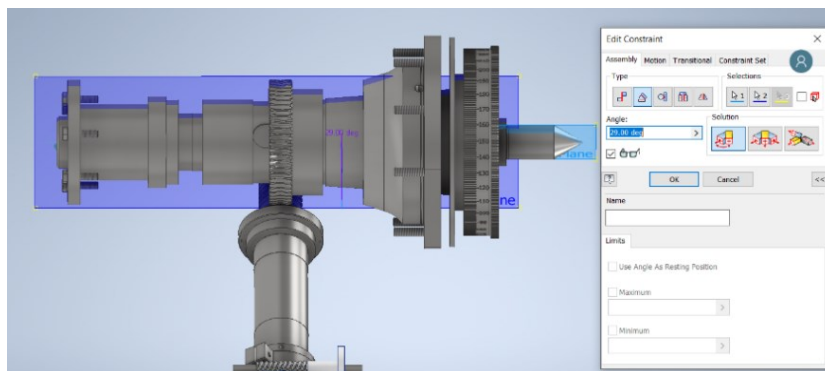


Fig. 8. Ax divizor - Dorn de centrare

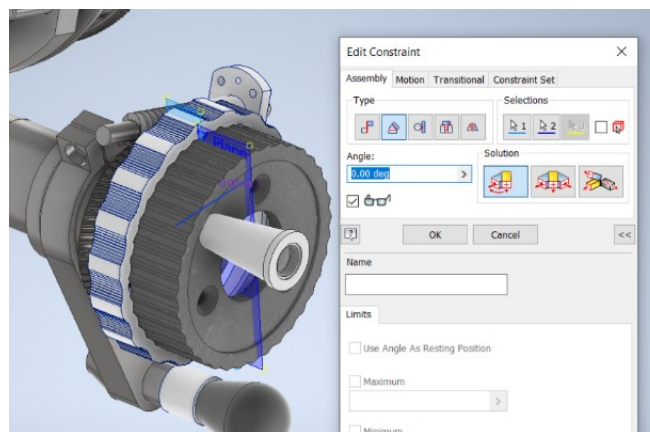


Fig. 9. Tambur blocare - Tambur acționare

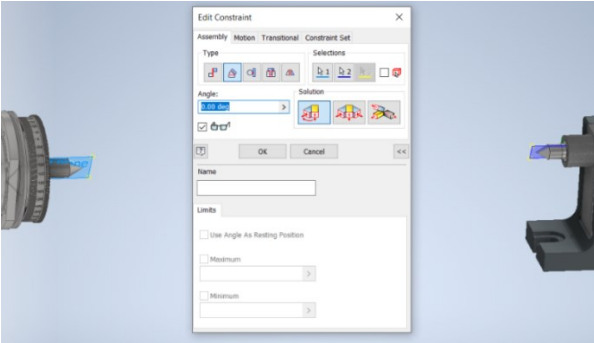


Fig. 10. Dorn de centrare - Dorn de centrare CM2

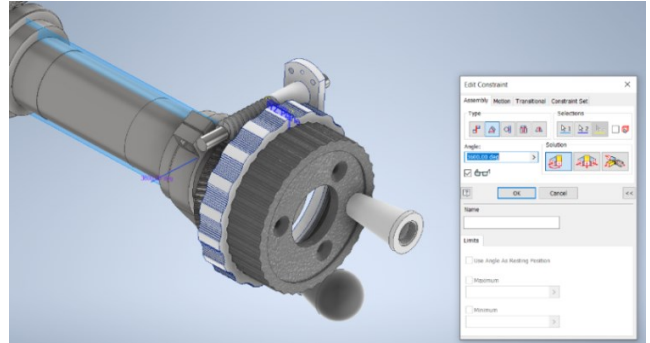


Fig. 11. Tambur blocare - Excentric

Modulele reprezentative din structura capului divizor realizate se prezintă în Fig.12.

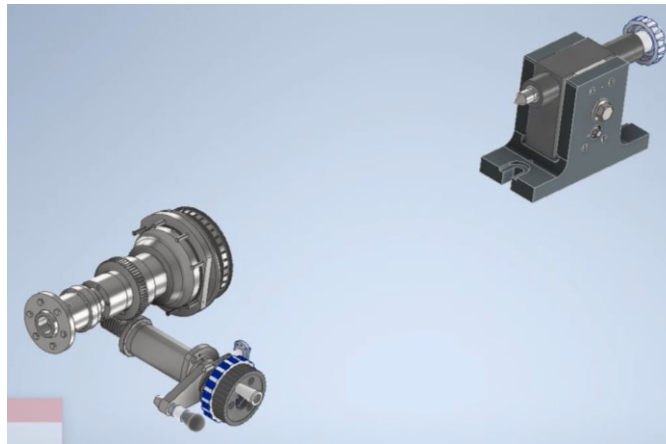


Fig. 12. Modulele reprezentative din structura capului divizor realizate:
Modul de avans fin, Modul ax indexor, Modul păpușă mobilă

Pentru a pune în funcțiune modulul, la constrângerea de tip “Angle” între componentele *tambur blocare* și *excentric*, se introduce comanda “Drive”. Simulări ale proceselor cinematice asociate unor module generate se prezintă mai jos (Fig. 13).

Astfel, se evidențiază funcționarea și acțiunea angrenajului melc-roată melcată și, respectiv, precum și mișcarea de rotație principală a capului divizor. O rotire completă a axului indexor se realizează la 60 de rotiri ale modulului de avans fin, raportul fiind de 1:60. Elementele active s-au realizat pentru acționare la 90°.

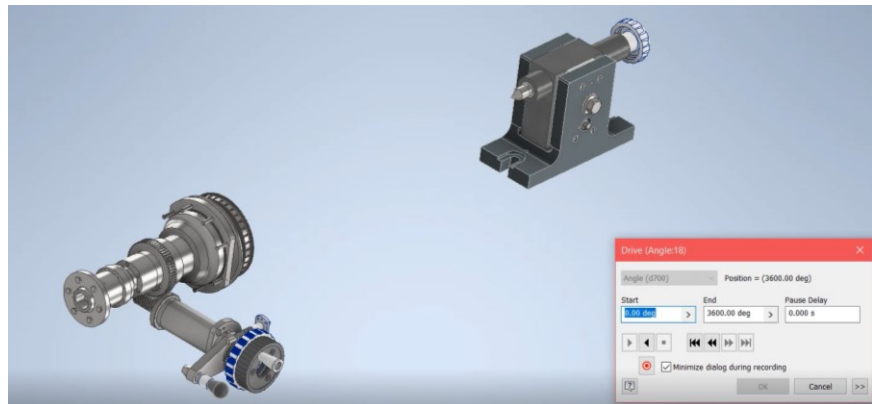


Fig. 13. Simulări ale proceselor cinematice asociate unor module generate

4. Concluzii

Divizarea/ indexarea unghiulară este un proces necesar în cadrul unor operații/ sisteme tehnologice de prelucrare, control, asamblare. Sunt utilizate, în condiții de producție sau de laborator, numeroase variante de dispozitive de divizare/ indexare unghiulară de tip cap divizor, de construcție clasică sau CNC.

Dezvoltarea unor module ale unui cap divizor cu afișare digitală s-a realizat, în cadrul unui program de proiectare Autodesk Inventor Professional, prin crearea asistată a modelelor 3D ale unor repere componente de tip corp, ax de indexare, dorn de centrare, angrenaj melc - roată etc. Modulele reprezentative generate sunt Modul de avans fin, Ax principal, Păpușă mobilă.

S-au realizat simulări ale proceselor cinematice asociate unor module generate din structura capului divizor dezvoltat.

Cercetarea, modelarea și simularea unor dispozitive complexe reprezintă un proces integrat, cu utilitate continuă în sistemele de formare și în mediul industrial.

5. Bibliografie

[1] ***, *Indexing head*, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Indexing_head#CNC_indexing_heads (accesat la 14.04.2021).

[2] ***, *Dividing heads and rotary tables*, https://www.bema.co.uk/images/Apprentice/Course/Blackboard/Week_06_06_16/MILL_PPS006_full_Dividing_heads_and_rotary_tables.pdf

[3] ***, *Cap divizor UT400/CNC*, <https://www.ertools.ro/cap-divizor-ut400-cnc.aspx> (accesat la 14.04.2021).

[4] Pârvu C., *Analiză de produs*, Note de curs, UPB, 2020-21.

[5] Gheorghe G., Stoica G., Popan G., Bucșă M., Anghel A., Munteanu M., *Cap divizor*, Brevet de invenție nr. 93377.

[6] Dijmărescu Manuela-Roxana, *Proiectare asistată de calculator I/ Inventor*, Note de curs, UPB, 2020-21.

RESEARCH CONCERNING INCONEL ALLOY BY CONVENTIONAL AND NONCONVENTIONAL MACHINING

TECUCEANU Roxana-Alexandra

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

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

ABSTRACT: The paper deals with the comparison between two types of machining Inconel 718 alloy by milling and sinking electrical discharge machining (EDM). This material was characterized by its properties, and in connection its applicability. 3D modeling was achieved in SolidWorks, CNC program and milling simulation in PowerMill. The milling operation was achieved on CNC machining center. Later, the tool-electrode was machined on another, CNC, and its technical control was done on coordinate measuring machine. Then EDM was achieved on a CNC specialized machine. Finally, the obtained results were compared by a technical-economic analysis, the optimum variant being established, respective the EDM operation. A finite element analysis was approached in order to compare the behavior at EDM of Inconel 718 alloy and the usual high alloyed steel, C120.

CUVINTE CHEIE: Inconel 718, prelucrare, electroeroziune, frezare, modelare-simulare

1. Introducere

Pentru acest studiu a fost necesară achiziționarea semifabricatului și prelucrarea acestuia prin cele două procedee diferite, convențional și neconvențional, pe una dintre fețele piesei, frezare și pe cealaltă, electroeroziune cu electrod masiv. Pentru partea obținută prin frezare au fost necesare 6 faze de degroșare și 4 de finisare, ce au condus la timpuri de execuție și costuri mari. În final, s-a făcut controlul suprafețelor pentru a se ajunge la o concluzie privind calitatea obținută. Inconel este un material foarte greu de prelucrat prin procedee convenționale, ca urmare a proprietăților sale excepționale, dar care permite utilizarea sa în industrii de vârf. Forma aleasă a suprafeței de prelucrat fiind una destul de complexă, studiul comparativ al prelucrării acesteia a fost unul foarte provocator prin prisma resurselor utilizate. Din analiza tehnico-economică, pe baza datelor experimentale obținute s-a ajuns la concluzia finală, și anume, care este varianta optimă din punct de vedere al timpurilor de prelucrare și al costurilor aferente.

2. Stadiul actual

Date despre materialul Inconel 718 (2.4668): Inconel 718 este un aliaj pe bază de nichel, cu crom, fier, molbiden, rezistența fiind datorată prezenței în compoziția sa a niobiului, titanului și aluminiului. Este potrivit pentru aplicații care necesită rezistență ridicată la temperaturi până la 1300 °F (704 °C) și la oxidare până la aproximativ 1800 °F (982 °C). [1] Pe baza concentrațiilor ridicate de crom și molibden, aliajul are o bună rezistență împotriva coroziunii abrazive și locale, cum ar fi sablarea. Datorită conținutului său ridicat de nichel, are de asemenea, o bună rezistență la crăparea la coroziune. Acesta prezintă, o rezistență excelentă la tracțiune și la impact. [2] Rezistă foarte bine la acizi organici, substanțe alcaline și săruri și la apa de mare, la carburizare, nitrurare și săruri topite, respectiv la atacul chimic cu acizii sulfuric, clorhidric, hidrofluoric, fosforic și nitric. Caracteristicile sale de sudare, în special rezistența la fisurarea post-sudare, sunt deosebite. Este disponibil sub formă de sârmă, bară, tijă, bandă, forjare, placă, tablă, tub, element de fixare și alte forme standard. [3]

Domenii de utilizare: Datorită proprietăților foarte bune și eficienței, acest material este utilizat pe scară largă pentru componentele statice și rotative în turbinele aeronavelor, cum ar fi carcase, elemente

de montare, discuri de turbină, ale turbinelor cu gaz, rachete și nave spațiale, turbo-încărcătoarele pentru autovehicule, șuruburile de înaltă rezistență, arcuri, unde se aplică cerințe dure pentru rezistența la temperaturi criogenice, oxidare și oboseală. Acesta este folosit și în industria de petrol și gaze, fiind utilizat pentru echipamentele de foraj și arbori pentru pompare. Componentele trebuie să asigure o extracție eficientă și sigură a petrolului și gazelor, cu creșterea adâncimii găurilor de foraj, a presiunilor și temperaturilor, ajungând până la unele critice. Trebuie să reziste unui mediu gazos acid (H₂S, CO₂, clorură). În tabelele 1-4 au fost structurate proprietățile materialului analizat [3], [4], [5].

Tabelul 1. Proprietăți chimice - compoziție

Element component	Ni	Cr	Mo	Nb, Ta	Co	Mn	Cu	Al	Ti	Si	C	S	P	B
Compoziție [%]	50 - 55	17 - 21	2.8-3.3	4.75 - 5.5	≤1	≤0.35	≤0.3	0.2-0.8	0.6 - 1.1 - 5	≤0.3 - 5	≤0.08	≤0.01 - 5	≤0.015	≤0.006

Tabelul 2. Proprietăți mecanice

Rezistența la rupere R _m [MPa] min. (20°C)	Modul de elasticitate E [GPa] min. (20°C)	Elasticitate A [%] min. (20°C)	Duritatea Rockwell HRC min. (20°C)	Limita de curgere R _{p0.2} [MPa] min. (20°C)	Densitate ρ [g/cm ³] min. (20°C)
1280	204	12	45	1030	8,26

Tabelul 3. Proprietăți termice

Coeficientul de dilatare termică α [1/K] min. (20°C)	Punctul de topire T _m [°C] min. (20°C)	Capacitate termică specifică c _p [J/(kg·K)] min. (20°C)	Conductivitate termică λ [W/(m·K)] min. (20°C)
1,41E-5	1257-1342	460	11.5

Tabelul 4. Proprietăți electrice și magnetice

Proprietăți electrice	Proprietăți magnetice	
Rezistivitate electrică ρ _{el} [Ω·m] min. (20°C)	Permeabilitate magnetică relativă μ _{rel} min. (20°C)	Punctul Curie T _c [°C]
1,18E-6	Max.	-195

Având în vedere caracteristicile ridicate de rezistență ale Inconel au fost raportate numeroase rezultate obținute ale prelucrării acestuia prin electroeroziune. În urma studiului amănunțit asupra acestor superaliaje s-a ales aliajul Inconel 718 [8].

3. Prelucrarea materialului prin frezare. Etape tehnologice.

- 1) Modelarea 3D a piesei: s-a efectuat în soft-ul de proiectare SolidWorks.
- 2) Simularea prelucrării și programul CNC: s-au efectuat în softul PowerMill Autodesk (Delcam). În fig.1, este prezentată o captură de ecran, unde se poate observa simularea prelucrării, iar în partea din dreapta sunt inserate primele și ultimele rânduri ale programului CNC generat. Este o fază de degroșare cu freza CF12R05, unde se prelucrează doar zona ce nu a fost prelucrată în programul anterior DEGPR.
- 3) Efectuarea prelucrării: Suprafața finită, obținută prin frezare, se poate observa în fig.2. Sculele folosite (adaosuri, turații, avansuri și timpii de execuție) sunt evidențiate în fișa de execuție, prezentată în fig. 3. Prelucrarea s-a făcut pe centrul de prelucrare cu comandă numerică, vertical Mazak Nexus 510C-II, ce se regăsește în fig.4.

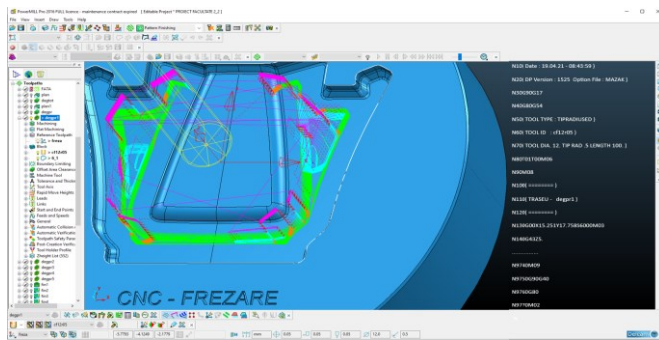


Fig. 1. Program DEGPR



Fig. 2. Suprafața executată prin frezare

Sumar program												
S.C. Electromagnetica S.A.												
D. Ghelvan Str. Debraganiilor Sudele-PROIECT FACULTATE 2-2 Pagina 1 din 1												
Program C												
Program												
Operator	Program	Material	Plan	Rezia	Forma	LT	La	Aduna	Variable	Avans	Time	Coste
Operator	Material	Plan	Rezia	Forma	LT	La	Aduna	Variable	Avans	Time	Coste	Coste
	plan	10	0		<EFO	100	0	0	0	0	0	0
	degnot	20	1		CF20R1	100	0	0	0	0	0	0
	plan1	8	0		<FR	100	0	0	0	0	0	0
	degrer	20	1		CF20R1	100	0	0,05	0	0	0	0
	degrer1	1,2	0,5		<FR1205	100	0	0,05	0	0	0	0
	degrer2	8	0,5		<FR65	100	0	0,05	0	0	0	0
	degrer3	6	0		<FR	100	0	0,05	0	0	0	0
	degrer4	4	0		<FR	100	0	0,05	0	0	0	0
	degrer5	7	0		<FR	100	0	0,05	0	0	0	0
	fin1	8	4		M04	100	0	0	0	0	0	0
	fin2	8	1		M04	100	0	0	0	0	0	0
	fin3	4	2		M04	100	0	0	0	0	0	0
	fin4	2	1		M04	100	0	0	0	0	0	0
	HSM_A	0,3	0		<FR3	100	0	0	0	0	0	0
	HSM_B	0,3	0		<FR3	100	0	0	0	0	0	0
	HSM_C	0,3	0		<FR3	100	0	0	0	0	0	0

Fig. 3. Fișă de execuție – program de frezare piesă



Fig. 4. Centrul vertical Mazak Nexus 510C-II

4. Prelucrarea materialului prin electroeroziune cu electrod masiv. Etape tehnologice.

1) Realizarea electrodului din grafit fin R8500, prezentat în fig.5 s-a efectuat pe CNC Hurco VMX 10Hsi, regăsit în fig.6. Sculele folosite (adaosuri, turații, avansuri și timpii de execuție) sunt evidențiate în fișa de execuție, din fig.8.

2) S-a efectuat controlul electrodului sculă, pentru a se putea trece la prelucrarea suprafeței date, și s-au obținut rezultatele din fig.7, toleranța maximă obținută fiind de 0,249 mm pe pereții laterali și 0,245 mm pe suprafața frontală a piesei. Această etapa a avut loc pe masa de masurat în coordonate, DEA, prezentată în fig.9.

3) Realizarea electroeroziunii a avut loc pe centrul de eroziune ONA NX3, din fig.10. Suprafața finită obținută prin EDM pe piesă este observă în fig.11. S-a creat o strategie de prelucrare, tip „Cuts,, cu deplasare pe axa Z, cu o adâncime de 4 mm și distanța de siguranța deasupra piesei de 20 mm. A fost ales electrodul de grafit fin. Subdimensionarea electrodului, cu ajutorul căruia se creează interstițiul de prelucrare, a fost aleasă de 0.15 mm. Tehnologia folosită este de grafit fin pe Inconel, iar criteriul de care se ține cont este avansul. Se pornește de la VDI 37, și se cere să se ajungă la VDI 32, urmând ca ulterior să se facă o semifinisare pana la VDI 27.

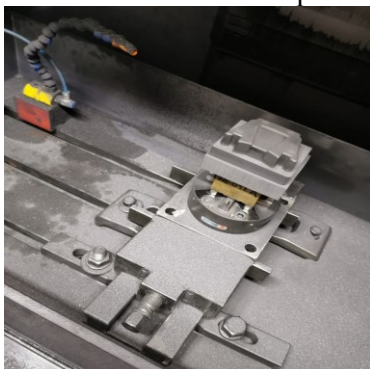


Fig. 5. Electrod grafit fin R8500



Fig. 6. CNC Hurco VMX 10Hsi

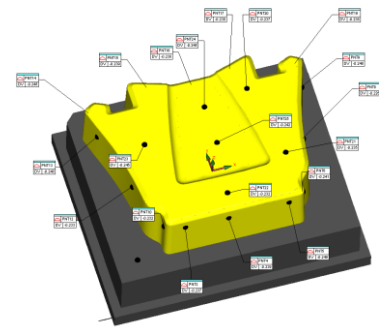


Fig. 7. Rezultate control electrod

Formular PL-110-001		Sumar programe										S.C. Electromagnetica S.A.							
electromagnetica.ro		Data:		2021-04-22										Pagina 1 din 1					
Semifabricat:		Proiect:		E:\DSerbin files\Desktop\proiect facultate\ELECTROD															
		Programator:		Adrian C.															
		Xmin:												Zmin:					
		Xmax:												Zmax:					
Operator	Inceput centrare	Terminat centrare	Program	Diam.	Raza	Felul sculei	Lt	Lp	Adaos	Turatie	Avans	Timp	Data intrare	Data iesire	Scula nr	Zmin	Zmax		
			DEG	10	0	CF10	40	0	0.3	5000	2500	0:18:32				-33.253	12		
			FIN	4	0	CF4	40	0	0	6500	2000	0:23:08				-18.699	12		
			FINB3	3	1.5	BILA3	40	0	0.1	7500	2000	0:44:15				-18.6	12		
			FINB2	2	1	BILA2	40	0	0.02	8000	2000	0:02:38				-18.68	12		
			FINB1	1	0.5	BILA1	40	0	0.02	10000	300	0:22:17				-18.68	12		
			CONT	10	0	CF10	40	0	0.02	4000	2000	0:05:00				-32.999	12		

Fig. 8. Fișă de execuție – program de frezare pentru electrodul sculă degroșare și finisare

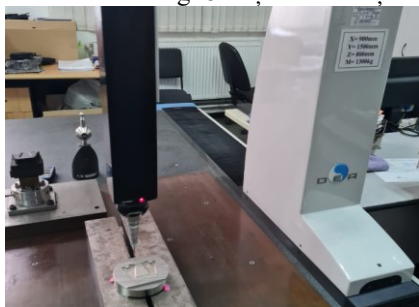


Fig. 9. Masă de control DEA

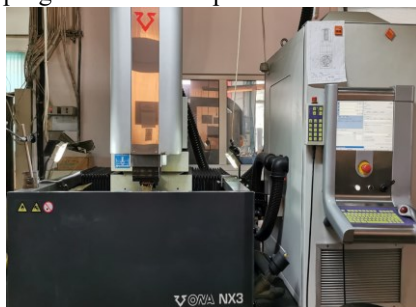


Fig. 10. Centru eroziune ONA NX3



Fig. 11. Suprafața electroeroziune

5. Controlul piesei prelucrate

S-a efectuat în prealabil controlul electrodului sculă, fig.7 și ulterior cel al suprafețelor obținute ale piesei ce fac obiectul cercetării, executate prin frezare (fig.12) și, respectiv electroeroziune (fig.13), pe mașina de măsurat în coordonate DEA Global Silver SF. Abaterea pe contur maximă, a suprafeței obținute prin EDM de 0.022 mm, iar a celei obținute prin frezare de 0.015 mm; abaterea de la forma dată, în ambele cazuri, 0.006 mm. Rugozitatea generală pentru suprafața prelucrată prin EDM este de 2.24 μm (27 VDI), iar la frezare este de 1.6 μm.

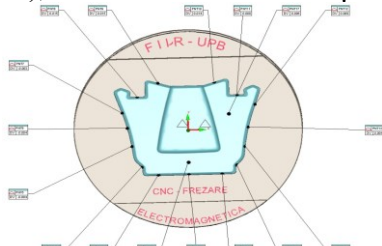


Fig. 12. Controlul suprafeței obținute prin frezare

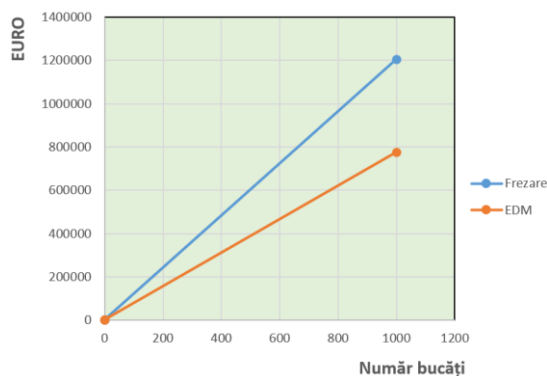


Fig. 13. Controlul suprafeței obținute prin EDM

6. Rezultate finale

În urma prelucrărilor au fost extrase datele și generate rezultatele din fig.15 a) pentru prelucrarea prin frezare, iar b) EDM, privind norma tehnică de timp: 262 min -frezare, 239 min -EDM. Din calculele economice, semnificațiile termenilor și modelul matematic, s-au obținut rezultatele: 1205€-frezare, 775€-EDM. Graficul rezultat din comparație (fig.14) demonstrează că, indiferent de situație, operația de frezare presupune costuri mai mari.

Fig. 14. Costul pentru frezare și EDM



a) Calculul normei tehnice de timp-FREZARE														
Operația	Timp	Valori	UM	Timp	%	Valori	UM	Timp/n	Valori	UM	Timp	Valori	UM	
10. degpr	$\sum \tau_b$	18.19	min	$\sum \tau_{at}$	10	1.819	min	τ_u	34.447	min	τ_{buc}	35.122	min	
	$\sum \tau_a$	9	min	$\sum \tau_{do}$	10	2.719	min	n	40	buc	τ_{buc}	Valori	UM	
	$\sum \tau_{ef}$	27.19	min	$\sum \tau_{on}$	10	2.719	min	τ_{pi}	27	min	$\tau_{buc-var}$	262.412	min	
20. degpr1	τ_{buc}	24.28	min	70. fin1	τ_{buc}	90.14	min							
30. degpr2	τ_{buc}	9.37	min	80. fin2	τ_{buc}	14.24	min							
40. degpr3	τ_{buc}	7.31	min	90. fin3	τ_{buc}	19.47	min							
50. degpr4	τ_{buc}	8.33	min	100. fin4	τ_{buc}	51.05	min							
60. degpr5	τ_{buc}	3.1	min											
b) Calculul normei tehnice de timp-ELECTROEROZIUNE (PRELUCRARE ELECTROD+PRELUCRARE PIESĂ)														
Operația	Timp	Valori	UM	Timp	%	Valori	UM	Timp/n	Valori	UM	Timp	Valori	UM	
10. DEG	$\sum \tau_b$	18.32	min	$\sum \tau_{at}$	10	1.832	min	τ_u	41.816	min	τ_{buc}	42.491	min	
	$\sum \tau_a$	15	min	$\sum \tau_{do}$	10	3.332	min	n	40	buc	τ_{buc}	Valori	UM	
	$\sum \tau_{ef}$	33.32	min	$\sum \tau_{on}$	10	3.332	min	τ_{pi}	27	min	$\tau_{buc-tot}$	239.271	min	
20. FIN	τ_{buc}	23.08	min	Prel.	τ_{buc}	100	min				PRELUCRARE PIESĂ	$\tau_{buc-pretal}$	130.1	min
30. FINB3	τ_{buc}	44.15	min											
40. FINB2	τ_{buc}	2.38	min											
50. FINB1	τ_{buc}	22.17	min											
60. CONT	τ_{buc}	5	min											
Calcul economic-FREZARE a)														
Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM
pret/kg	2.3	buc	R _r	150	%	CMU	104000	€	A1	1204.75	€			
cost sf	80	€	τ_{buc}	262.412	min	A _{1g}	8	ani						
	184	€	S _{mi et}	80	€/luna	Fara f.com.	3411356.00	€						
			Fara regie	2.1867667	€	Z _i	7	zile						
			Manopera	5.4669167	€	n _{sch}	1	ore						
						h	8	ore						
						F _n	448	ore						
						Amortizare	1015.28	€						
Calcul economic-ELECTROEROZIUNE b)														
Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM	Parametri	Valori	UM
m _r	2.3	kg	R _r	150	%	CMU et	100000	€	A1	774.52	€			
pret/kg	80	€	$\tau_{buc et}$	130.1	min	A ₁	8	ani						
cost sf	184	€	S _{mi et}	85	€/luna	CMU edm	65000	€						
			$\tau_{buc edm}$	42.491	min	A ₂	8	ani						
			S _{mi adm}	80	€/luna	Fara f.com.	1971489.38	€						
			Fara regie	1.5060188	€	Z _i	7	zile						
			Manopera	3.7650469	€	n _{sch}	1	ore						
						h	8	ore						
						F _n	448	ore						
						Amortizare	586.75	€						
						A1-A2	430.23	x						
						B2-B1	121.38	x _{cr}	0.282131	C1(K _{cr})	740.70			
						K _{cr}	0.282131176	x _{cr+1000}	1000.282	C1(K _{cr+1000})	1205492.14			
								x	0	B2	522.18			
								x _{cr}	0.282131	C2(K _{cr})	740.70			
								x _{cr+1000}	1000.282	C2(K _{cr+1000})	775258.53			

Fig. 15. Calculul tehnico-economic pentru procedeul de prelucrare prin: a) frezare și b) EDM

7. Modelarea și simularea cu elemente finite a EDM Inconel și compararea cu prelucrarea unui oțel de referință X210 Cr12 (C 120), echivalent cu D3 (UNS T30403)

Modelarea s-a realizat în Comsol Multiphysics 4.2. S-au definit parametrii din fig.16 și s-a generat geometria piesei. Pe suprafața frontală a piesei s-a creat o microgeometrie reprezentată de două cratere cu profil eliptic (fig.17). Bula de gaz din jurul canalului de plasma este delimitată de cele două puncte aflate la distanța rgb de origine. S-au introdus caracteristicile necesare simulării materialelor analizate, Inconel 718 (fig.18) și, respectiv D3 (fig.19).

Name	Expression	Value	Description
lp	100[mm]	0.1 m	latura piesei 2D
Ra	2.24E-6	2.24E-6	Rugozitatea initiala Ra
Rz	4*Ra	8.96E-6	Rugozitatea initiala Rz
dcr	20E-6	2.0E-5	Diametre medii catrene initiale Inconel
rgb	0.2[mm]	2.0E-4 m	Raza bulai gaz din jurul canal plasma al descarcarii
ti	100E-6	1.0E-4	Timp de impuls
rms	1E-6	1.0E-6	Raza material resolidificat pe marginea craterului

Fig. 16. Parametrii modelării-Global Definitions-Parameters

Property	Name	Value	Unit	Propriet
Thermal conductivity	k	k(T[1/K])/(W/(m*K))	W/(m*K)	Basic
Heat capacity at const...	cp	c(T[1/K])/(J/(kg*K))	J/(kg*K)	Basic
Density	rho	rho(T[1/K])/(kg/m...	kg/m^3	Basic
dL	dL	dL(T[1/K])-(dL(Te...		Basic
CTE	CTE	CTE(T[1/K])/(1/K)	1/K	Basic
Resistivity	res	res_solid_full_her...	Ohm	Basic
Coefficient of thermal ...	alpha	alpha(T[1/K])/(1/K...	1/K	Basic
mu	mu	mu(T[1/K])/(Pa)	Pa	Basic

Fig. 18. Caracteristicile materialului Inconel 718

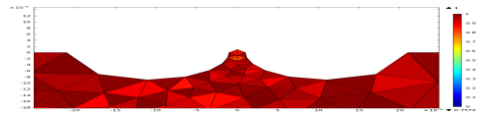


Fig. 17. Microgeometrie-discretizare

Property	Name	Value	Unit	Property
Density	rho	rho(T[...]	kg/...	Basic
Thermal conductivity	k	400	W/(...	Basic
Heat capacity at constant...	cp	386	J/(kg...	Basic
dL	dL	dL(T[1...		Basic
CTE	CTE	CTE(T[...	1/K	Basic
Coefficient of thermal ex...	alpha	alpha(...	1/K	Basic

Fig. 19. Caracteristicile materialului D3 (UNS T30403)

Spotul EDM este poziționat în funcție de axa de simetrie, iar temperatura este 3493,15 K [7], v. fig.20. În jurul acestuia se formează bula de gaz, care creează izolare termică, precum este prezentat în fig.21. Distribuția temperaturii este prezentată în fig.22. Se poate observa că influența acesteia este foarte mică, așadar produce efect doar în zona spotului. Volumul materialului prelevat de descărcare este delimitat de izoterma de fierbere, conform fig.23 pentru Inconel și fig.24 la D3, unde se pot observa coordonatele și valorile acestora. Se constată că acestea sunt similare valorilor experimentale, așadar se validează modelarea și rezultă comparația dintre valorile obținute pentru fiecare material, conform graficului din fig.25.



Fig. 20. Spotul EDM-Heat Transfer-Temperature 1



Fig. 21. Izolarea termică-Heat transfer-Thermal Insulation 1

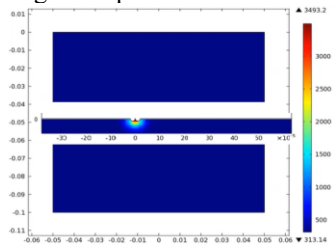


Fig. 22. Distribuție temperaturatură

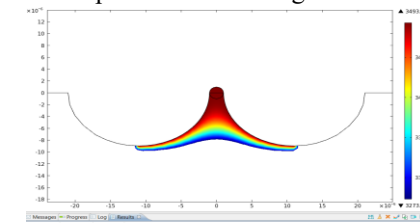


Fig. 23. Poziție izotermă fierbere Inconel

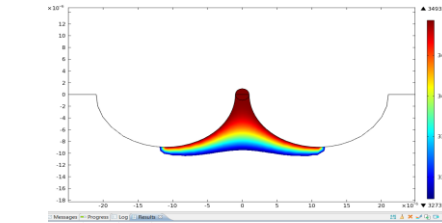
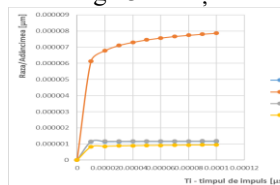


Fig. 24. Poziție izotermă fierbere D3



Inconel		C120		
r	h	r	h	ti
0	0	0	0	0
1.14E-06	6.14E-06	1.16E-06	8.19E-07	1.00E-05
1.14E-06	6.78E-06	1.17E-06	8.60E-07	2.00E-05
1.15E-06	7.11E-06	1.18E-06	8.82E-07	3.00E-05
1.15E-06	7.31E-06	1.18E-06	8.98E-07	4.00E-05
1.15E-06	7.46E-06	1.18E-06	9.11E-07	5.00E-05
1.15E-06	7.57E-06	1.18E-06	9.21E-07	6.00E-05
1.15E-06	7.67E-06	1.19E-06	9.29E-07	7.00E-05
1.15E-06	7.74E-06	1.19E-06	9.37E-07	8.00E-05
1.16E-06	7.81E-06	1.19E-06	9.43E-07	9.00E-05
1.16E-06	7.87E-06	1.19E-06	9.49E-07	1.00E-04

Fig. 25. Graficul și valorile rezultate în urma analizei cu elemente finite

8. Concluzii

În urma prelucrării comparative a aliajului Inconel 718 prin frezare și EDM, s-a efectuat o analiză tehnico-economică cu un program elaborat în Microsoft Excel, din care a rezultat varianta optimă de prelucrare, din punct de vedere al normei tehnice de timp și al costurilor. Diferențele de costuri sunt cu adevărat semnificative în favoarea EDM. Întrucât precizia de prelucrare obținută este apropiată în cele două cazuri, varianta tehnologică superioară este prelucrarea prin electroeroziune cu electrod masiv.

În urma modelării și simulării cu elemente finite a unei descărcări singulare EDM comparative pe aliajul Inconel 718 și oțelul C 120, prelucrat uzual prin EDM la matrițele pentru injecția polimerilor, s-a constatat comportamentul diferit al celor două materiale, urmărind poziția izotermei de fierbere, conform modelului supraîncălzirii. Pătrunderea termică este mai mare atât pe adâncime, cât și pe rază, la C120, față de Inconel. Deși C120 tratat termic este foarte dur, poate ajunge la peste 60HRC, comparativ cu Inconelul care are o duritate de 45HRC, Inconel are o rezistență la temperaturi ridicate remarcabilă, de aici și domeniile în care acesta este utilizat și prelucrabilitatea mai scăzută prin EDM.

9. Bibliografie

- [1]. Andreescu I. (2012), "Mechanical strength properties investigated on some heat resistant alloys (inconel x-718)", Sinteze de Mecanică Teoretică și Aplicată, Volumul 3, București, disponibil la: <http://www.smta.ro/reviste/articole/vol3nr1art4.pdf> accesat la: 29.03.2021
- [2].***, Alloy 718/Inconel 718, <https://bswmetals.ro/> accesat la: 29.03.2021
- [3].***VDM Alloy 718, disponibil la <https://matmatch.com/> accesat la: 31.03.2021
- [4].***Special Metals Corporation (2007), "INCONEL is a trademark of Special Metals Corporation group of companies", Publication Number SMC-045, disponibil la: <https://specialmetals.com/>, accesat la: 31.03.2021
- [5]. Ahmad, S. and Lajis, M.A. (2013), "Electrical discharge machining (EDM) of Inconel 718 by using copper electrode at higher peak current and pulse duration", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
- [6]. Ghiculescu, D. și Marinescu, N.I., și Alupei, O. (2016), On Overlapping the Pulses on Cumulative Microjets Stage at Ultrasonically Aided Electrical Discharge Machining, Applied Mechanics and Materials, ISSN: 1662-7482, Vol. 834, p. 126-131.
- [7]. Jahan, M. P. (2015), *Electrical Discharge Machining (EDM). Types, Technologies and applications*, Nova, New York.8].***U.S. Government Printing Office (1988), "Metallic Materials and Element for Flight Vehicle Structures", Washington, D.C.

DEZVOLTARE INDUSTRIALĂ PRIVIND MODULE ALE UNEI MATRIȚE DE INECȚIE

INDUSTRIAL DEVELOPMENT ON MODULES OF AN INJECTION MOLD

BARBU Radu-Cristian, BUCĂ Julia-Elena, DINU Alexandra-Maria
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Inginerie economică industrială,
Anul de studii: 4 AC, 642 AC, e-mail: radubarbu0@gmail.com

Conducători științifici: Ing. **Gannam NASIM** – SC Dr. Kocher,
Ing. **Nicolae Onorel POLOVȚEV** – SC Dr. Kocher, Prof. dr. ing. **Marian GHEORGHE**

SUMMARY: The injection molding and, respectively, the injection molds are achieved in relation to the requirements of functionality and technologicality, the complexity of the phenomena, the available resources, etc. An injection mold is developed, in industrial conditions, based on initial 2D assembly and parts drawings. Thus, the 3D models of the special parts are created and the 3D models of the standardized parts are imported. Progressively, 3D models of the injection component modules are generated. Simulations of some working processes of the injection mold are performed.

CUVINTE CHEIE: inecție în matriță, modelare 3D, matriță de inecție, simulare.

1. Introducere

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta elemente generale și un studiu de caz privind definirea și dezvoltarea, în condiții industriale, a unor module componente ale unei matrițe de inecție.

Metodologia de cercetare – dezvoltare este structurată în raport cu următoarele elemente de referință: cadrul general; resurse de proiectare; generarea și simulare funcționării unor module ale matriței de inecție.

2. Considerații generale

În funcție de natura anumitor legături constructiv-funcționale, produsele pot fi de tip piesă sau ansamblu. Ansamblul este o reuniune de piese interdependente constructiv-funcțional. Un produs este funcțional și tehnologic, dacă toate caracteristicile sale îndeplinesc condițiile [2]:

$$(N + A_{\text{inf}})_j \leq CF_{j\text{ef}} \leq (N + A_{\text{sup}})_j, j = \overline{1, f} \quad (1)$$

$$(N + A_{\text{inf}})_j \leq CT_{j\text{ef}} \leq (N + A_{\text{sup}})_j, j = \overline{1, t} \quad (2)$$

unde: N , A_{inf} și A_{sub} sunt valoarea nominală, abaterea inferioară și abaterea superioară prescrise caracteristicii; $CF_{j\text{ef}}$ și $CT_{j\text{ef}}$ - valorile efective ale caracteristicilor funcționale și tehnologice considerate.

Ingineria de produs și de proces se realizează prin etapele: Concepție, Design, Prototip, Fabricație, Livrare (Fig. 1) [5].

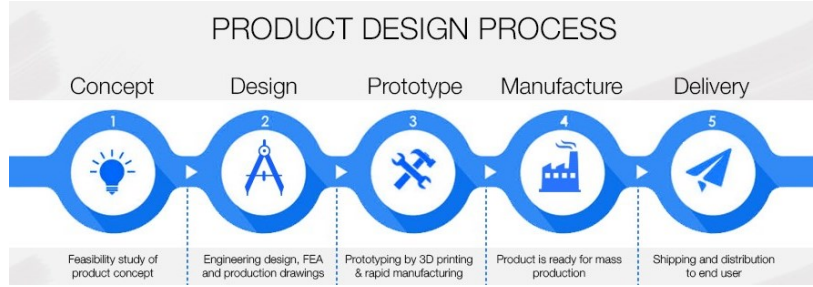


Fig. 1. Etape ale ingineriei de produs și de proces [5]

Matrița de injecție este elementul de tip sculă al unui sistem tehnologic de fabricare [2], prin care se realizează piese din material plastic.

Principalele elemente componente ale unei matrițe de injecție (Fig. 2) sunt de tip: placă de bază mobilă, placă distanțier mobilă, placă intermediară mobilă, placă formă mobilă, placă formă fixă, placă intermediară fixă, placă distanțier fixă, placă de bază fixă [10]. O matriță de injecție mai poate avea în componență [10]: elemente de fixare (șuruburi, bușe, cleme), elemente de ridicare (inele, bride), elemente de extracție produs (extractori, placă extractoare), elemente de formare produs (cuib, miez, bac), sisteme cameră caldă, circuite (electric, apă, material plastic, ulei), prize, conectori (nipluri de răcire, prize electrice), elemente auxiliare (cilindri pneumatice, cilindri hidraulici, senzori etc.).

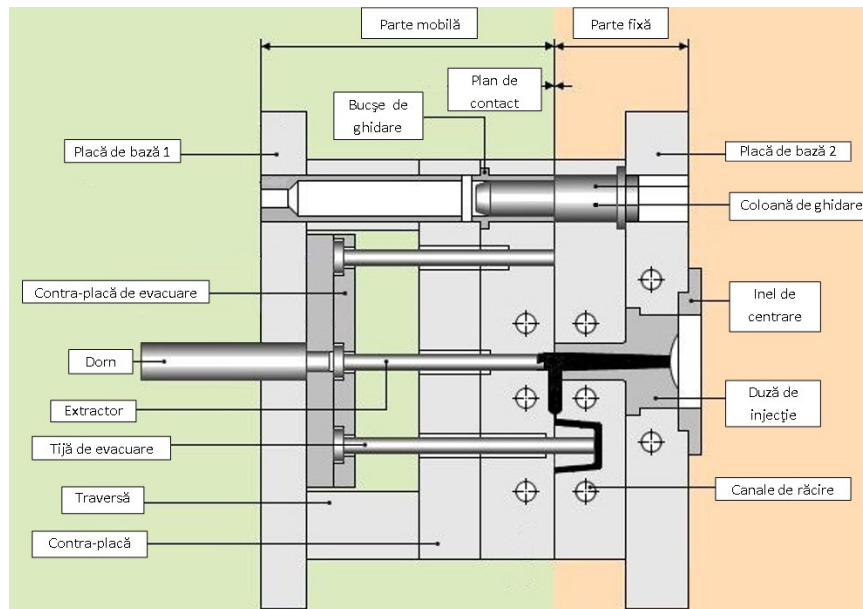
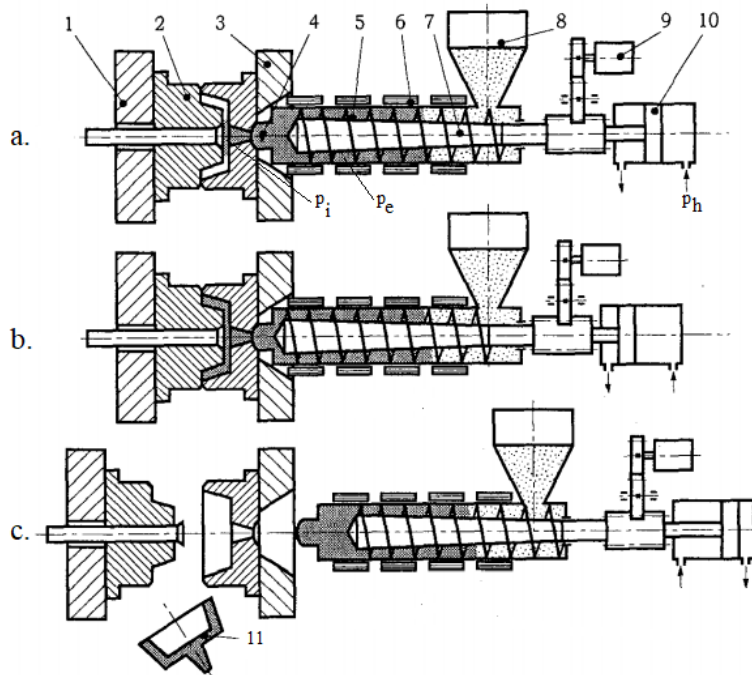


Fig. 2. Componente ale unei matrițe de injecție (adaptare după [10])

Operația de injecție în matriță este formată din mai multe faze: alimentarea materialului (dozare); încălzirea și topirea materialului în cilindrul mașinii; închiderea matriței; introducerea materialului topit sub presiune în matriță; solidificarea și răcirea materialului în matriță; deschiderea matriței; evacuarea piesei injectate din matriță (Fig. 3). Fazele nu sunt perfect delimitate. Astfel, planificarea termică a materialului începe înaintea deschiderii matriței și evacuării produsului [6].

În cadrul procesului de injecție în matriță (Fig. 3), materia primă sub formă de granule se introduce în pâlnia de alimentare 8, de unde cade în cilindrul de injectare 5. Din cilindrul de injectare,

materialul plastic este transportat de către melcul 7, în timpul mișcării de rotație, spre duza de injecție 4. Mișcarea de rotație a melcului se realizează cu ajutorul sistemului de acționare 9. În timpul transportului, granulele ajung în stare topită ca urmare a frecărilor, precum și a încălzirii cilindrului de către corpurile de încălzire 6. Materialul plastic topit este transferat sub presiune în matrița de injecție 2, de către melcul 7, ca urmare a presiunii exercitate de sistemul de acționare 10. După solidificarea și răcirea materialului în matriță, platoul mobil 1 al mașinii se îndepărtează de platoul fix 3. Astfel, matrița se deschide și ca urmare a acționării sistemului de evacuare, piesa injectată 11 este eliminată din matriță [1].



- 1 – Platou mobil
- 2 – Matriță
- 3 – Platou fix
- 4 – Duza de injecție a mașinii
- 5 – Cilindru
- 6 – Corp de încălzire
- 7 – Melc
- 8 – Pâlnie de alimentare
- 9 – Sistem de acționare în mișcare de rotație
- 10 – Sistem de acționare în mișcare de translație
- 11 – Piesă injectată

a – injecția materialului în matriță,
 b – solidificarea și răcirea topiturii,
 c – deschiderea matriței și evacuarea reperului din matriță.

p_h – presiune hidrolică,
 p_e – presiune exterioară,
 p_i – presiune interioară.

Fig. 3. Schema de principiu a injecției în matriță (adaptare după [6])

Polimerii sunt utilizați frecvent în industria materialelor plastice și a compozitelor. Polimerii includ o gamă de materiale cu o varietate de proprietăți. Cu toate acestea, au o rezistență mecanică mai mică decât metalele. Pentru a rezolva această problemă, materialele plastice armate cu fibre de sticlă sau carbon (FRP) au fost utilizate practic și aplicate elementelor structurale unde este necesară o rezistență mecanică ridicată. Temperatura de utilizare este, în general, sub 100°C [9].

În timpul procesului de injecție, forța care tinde să deschidă cele două părți principale ale matriței se poate calcula [1] cu relația:

$$F_d = k_2 p_0 A_{ep} \quad (3)$$

unde: F_d reprezintă forța de deschidere din matriță; A_{ep} – aria efectivă a proiecției piesei injectate pe planul de separație al matriței; k_2 – coeficientul ce ține cont de agregatul de plastifiere.

Sustenabilitatea, costul și timpul de fabricare sunt elemente cheie în procesul de dezvoltare a unei matrițe de injecție cu canale de răcire conforme. Analiza detaliată a elementelor constructive și de proces privind injecția în matriță a unui reper critic (Fig. 4) conduce la soluții tehnologice acceptabile [11].

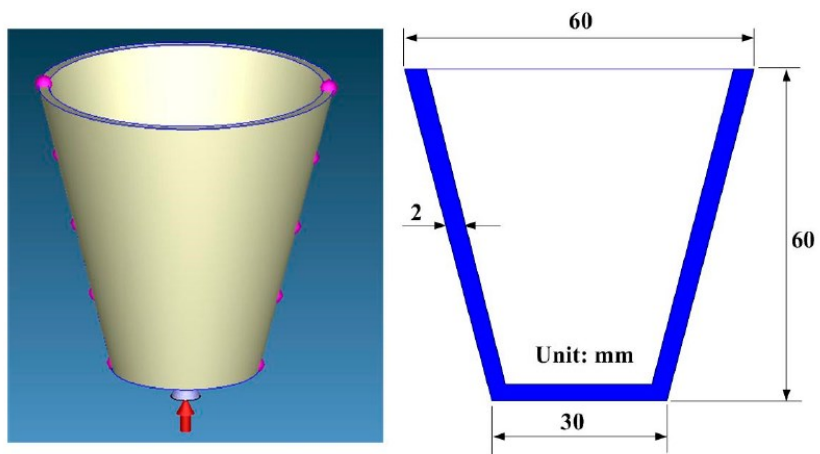


Fig. 4. Model CAD și secțiune asociate reperului produs prin injecție în matriță [11]

3. Dezvoltarea modulelor unei matrițe de injecție

Se consideră dezvoltarea unei matrițe de injecție, *Matriță DK MJ01*, în condiții de producție industriale [3].

Pe baza unor desene inițiale de ansamblu și ale reperelor componente, de tip 2D, s-au creat modelele 3D ale reperelor speciale și s-au importat modelele 3D ale reperelor tipizate [7], prin proiectare asistată în cadrul programului Inventor [8] sau SolidWorks [4]. Modelele 3D ale unor reperi componente sunt prezentate în Fig. 5.

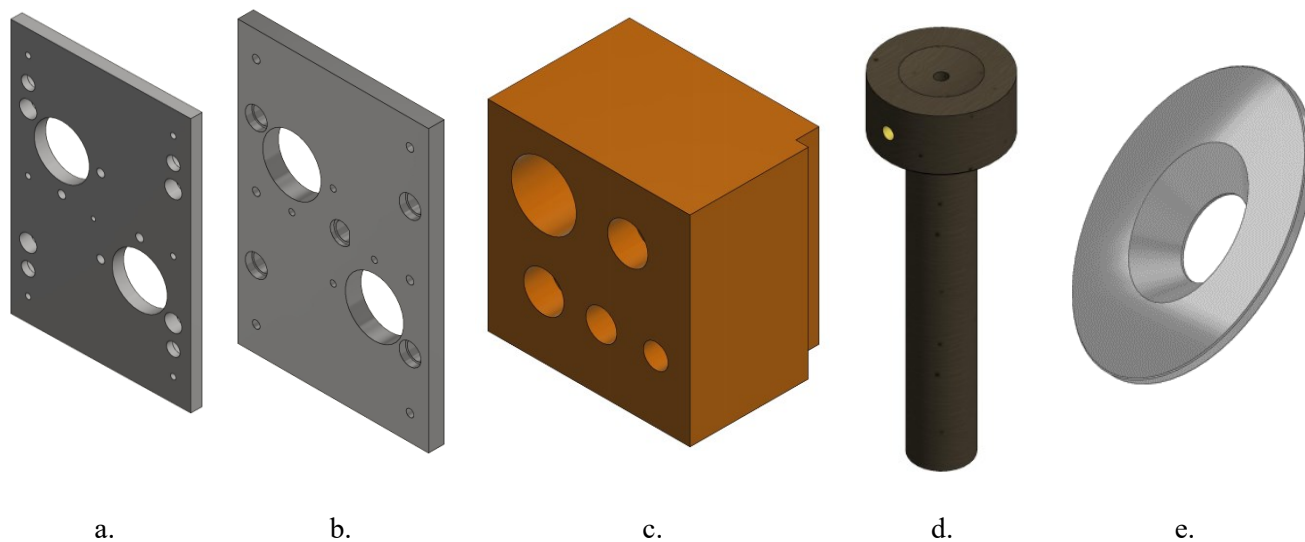


Fig. 5. Modele 3D ale unor reperi ale *Matriței DK MJ01*: componente speciale – a/ placă port-aruncătoare, b/ placă aruncătoare, c/ ghidaj bac; componente tipizate - d/ duză de alimentare, e/ inel de centrare fix

În continuare, s-au asamblat modelele 3D realizate sau importate. Modulele principale rezultate ale *Matriței DK MJ01*, respectiv, *Modulul mobil* și *Modulul fix*, sunt prezentate în Fig. 6.

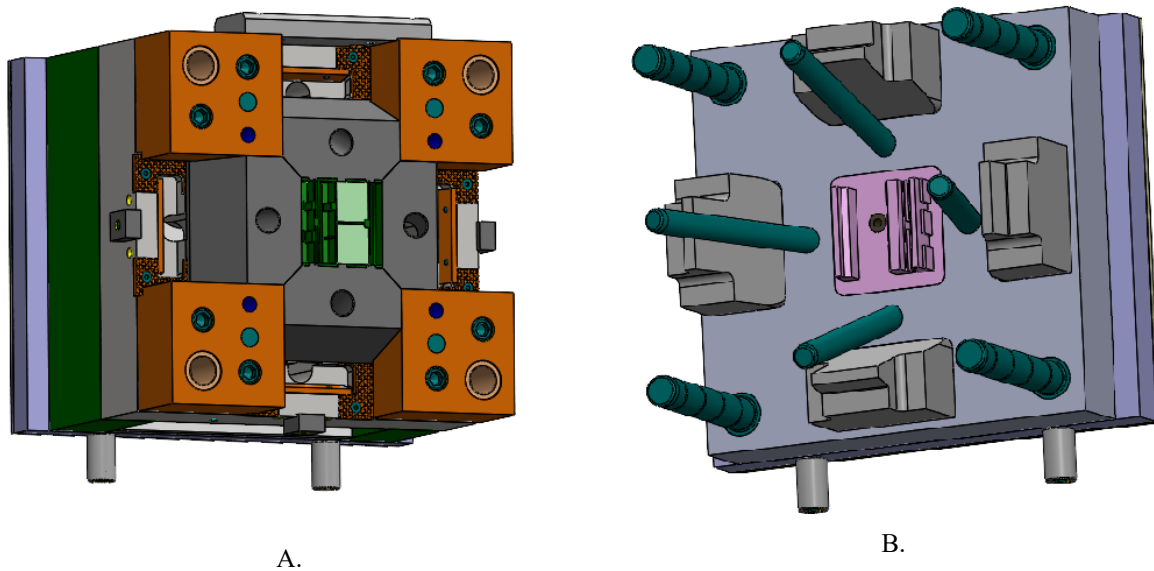


Fig. 6. Modelele 3D ale modulelor principale ale *Matriței DK MJ01*: A – *Modulul mobil*, B - *Modulul fix*

Două modele 3D ale *Matriței DK MJ01*, respectiv, *Ansamblul general* și o *Secțiune axială mediană*, sunt prezentate în Fig. 7.

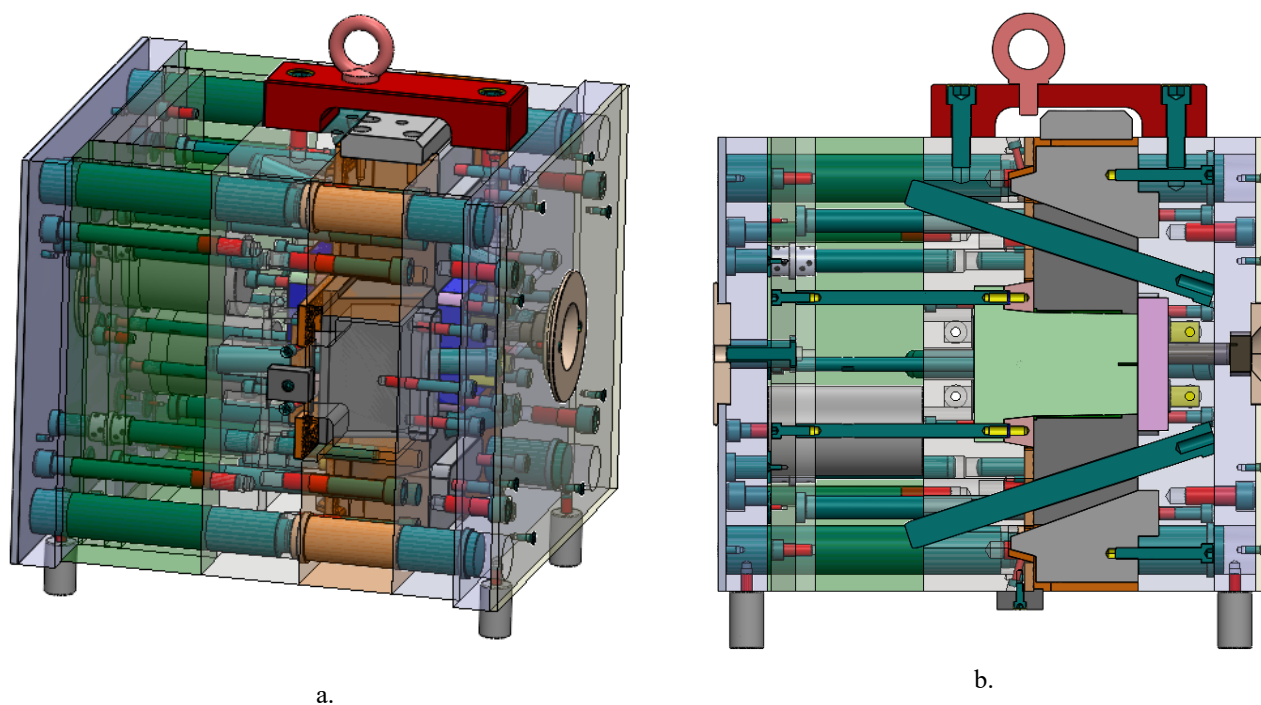


Fig. 7. Modele 3D ale *Matriței DK MJ01*: a – *Ansamblul general*, b – *Secțiune axială mediană*

RESEARCH ABOUT MAKING A PORTABLE EQUIPMENT FOR ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING WITH CONTACT BREAKING

HĂTIȘ-CONDOIU George-Bogdan, TOPORAN Silviu-Daniel

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotica, Specializarea: TCM, Anul de studii: 4,
e-mail: hatishbogdan98@gmail.com

Conducători științifici: Prof.dr.ing. **Daniel GHICULESCU**, Asist.drnd.ing. **Gabriela Marina PÂRVU**

ABSTRACT: The paper deals with the design, modeling and achievement of a portable electrical discharge machining (EDM) equipment with contact breaking that is used in the process of material removal by electrical discharges. The results from finite element modeling of designed actuating coil agreed with the real working of EDM head. The stages of making the equipment are presented as well as its testing and obtained experimental data.

CUVINTE CHEIE: descărcări electrice, rupere de contact, calcul bobinaj, modelare elemente finite

1. Introducere

Evoluția continuă în utilizarea de materiale avansate și creșterea noilor tehnologii moderne în cele mai diverse domenii se produce, folosind tehnologiile numite neconvenționale, la care uzinarea materialelor are loc printr-un transfer concentrat al energiei în diverse forme de la sculă la piesa prelucrată [1], [2]. Procesele de prelucrare prin descărcări electrice (Electrical Discharge Machining – EDM) reprezintă cele mai răspândite procedee neconvenționale [3]. EDM cu rupere de contact este un proces cu costuri reduse, utilizat la prelucrarea materialelor conductive. Prin această cercetare, se abordează modelarea parametrilor tehnologici la prelucrarea cu descărcări electrice cu rupere de contact, folosind un electrod-sculă realizat din cupru, acționat de o bobina electromagnetică, alimentat de un generator de curent continuu și un condensator care se descarcă prin scânteii electrice în interstițiul de prelucrare.

2. Stadiul actual

Prin EDM se îndepărtează materialul prin descărcări electrice succesive, generând cavități care nu pot fi prelucrate prin procedee convenționale din cauza caracteristicilor de rezistență ridicată a materialelor. Prelucrarea prin descărcări electrice cu rupere de contact reprezintă o tehnologie modernă de uzinare a unor categorii de materiale avansate dure și extra dure, în condițiile economice de eficiență optimă [4]. Se pot utiliza diferite valori ale parametrilor de lucru, determinate de materialul de prelucrat și forma suprafețelor de generat. Scula, de regulă din cupru sau grafit, și piesa de prelucrat sunt legate la polii unei surse de curent. Materialul piesei este îndepărtat prin acțiunea de vaporizare a descărcărilor electrice care au loc între electrodul sculă și electrodul piesă. Scula are de obicei forma negativului cavității care trebuie prelucrată în piesă, iar aceasta poate lua diferite forme, foarte complexe [5].

În varianta studiată, partea mecanică, respectiv capul de lucru, este simplă și portabilă. Energia descărcării se concentrează într-un canal de plasmă înconjurat de lichid dielectric. Metalul topit de descărcare se resolidifică în contact cu fluidul dielectric. Acesta este pompat continuu în interstițiul de prelucrare, după ce a fost filtrat - particulele de metal au fost separate printr-un filtru cu finețea cerută de tipul de prelucrare, care permite dielectricul purificat să fie recirculat.

Materiale prelucrate sunt:

- Prin electroeroziune se poate prelucra orice material care conduce curentul electric, indiferent de duritatea lui [6].
- Se aplică în special la oțeluri aliate și înalt aliate, în special pentru prelucrarea cavităților matrițelor.

- Conductivitatea termică, căldura specifică și temperatura de topire a materialului prelucrat, precum și căldura latentă de topire și vaporizare sunt proprietăți importante care determină viteza de îndepărtare a materialului, care determină productivitatea procedurii [7], [8].

3. Proiectarea echipamentului

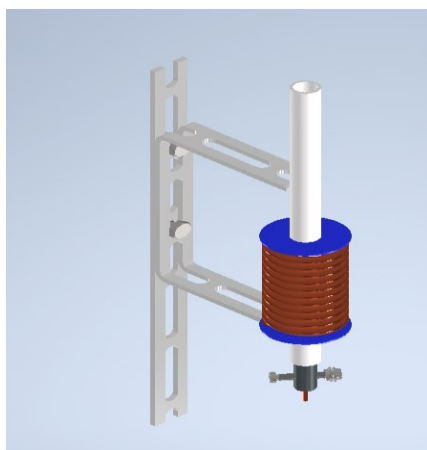


Fig. 3.1 Modelul 3D al capului de lucru

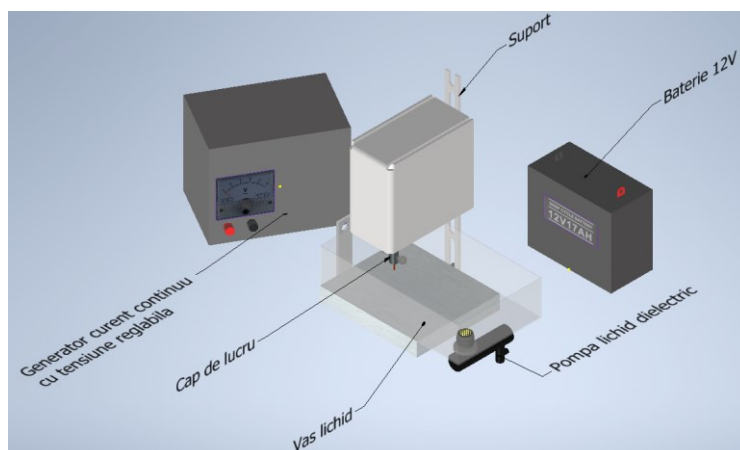


Fig 3.2. Ansamblul echipamentului

Modelarea capului de lucru și a suportului a fost realizată în Autodesk INVENTOR - fig.3.1. Ansamblul echipamentului conține generatorul de curent continuu (1), bateria de 12V (2), pompa de recirculare a lichidului dielectric(3), vasul pentru lichid (4) și capul de lucru (5) - fig. 3.2.



Fig. 3.3. Dimensionarea capului de lucru și părțile sa componente

În fig. 3.3, este prezenta structura detaliată a capului de lucru și dimensionarea elementelor sale componente.

4. Modelarea cu elemente finite a bobinei de acționare

Anterior realizării bobinei de acționare a capului de lucru, aceasta a fost modelată cu elemente finite, cu ajutorul soft-ului dedicat COMSOL Multiphysics, folosind modulul "Magnetic Fields", în regim staționar pentru a determina caracteristicile bobinei [9]. În fig.4.1 sunt prezentați parametrii de calcul ai modelului bobinei, dimensiuni ale tubului de PVC, electrodului filiform de cupru și miezului port-scula, după proiectarea lor în programul Autodesk INVENTOR.

Name	Expression	Value	Description
dtube	14	14	diametru exterior tub pvc
dtubi	11	11	diametru interior tub pvc
lbobina	60	60	lungime bobina
dbobi	13	13	dia interior bobina
dbobe	18	18	diametru exterior bobina
lcil	95	95	lungime corp otel
dcil	10	10	dia cilindru
de	2	2	diametru electrod
le	40	40	lungime electrod
l1tub	40	40	lungime superioara tub
l2tub	20	20	lungime inferioara tub
gpvc	1	1	grosime pvc
cotacil	le/2	20	cota cilindru sub tub

- Materials
 - PVC
 - Copper
 - Steel AISI 4340

Fig. 4.1 Parametri modelarii in Global Definitions și materialele folosite

Property	Name	Value	Unit
⚠ Poisson's ratio	nu		1
✓ Relative permittivity	epsil...	2.9	1
✓ Relative permeability	mur	1	1
✓ Electrical conductivity	sigma	1e-6	S/m
Coefficient of thermal expan...	alpha	100e-6...	1/K
Density	rho	1760[k...	kg/...
Thermal conductivity	k	0.1[W/...	W/(...
Young's modulus	E	2.9e9[...	Pa



Fig.4.2 Caracteristici ale PVC și alocarea materialului în cadrul capului de lucru

Property	Name	Value	Unit
✓ Relative permeability	mur	1	1
✓ Electrical conductivity	sigma	5.998e...	S/m
✓ Relative permittivity	epsil...	1	1
Heat capacity at constant pr...	Cp	385[J/(...	J/(kg...
Surface emissivity	epsil...	0.5	1
Density	rho	8700[k...	kg/...
Thermal conductivity	k	400[W...	W/(...
Reference resistivity	rho0	1.72e-...	Ω^*m
Resistivity temperature coeff...	alpha	3.9e-3[...	1/K

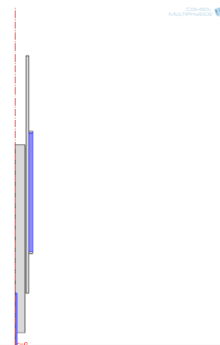


Fig.4.3 Caracteristici ale cuprului și alocarea materialului în cadrul capului de lucru

Property	Name	Value	Unit
✓ Relative permeability	mur	1	1
✓ Electrical conductivity	sigma	4.032e...	S/m
✓ Relative permittivity	epsil...	1	1
Coefficient of thermal expan...	alpha	12.3e-...	1/K
Heat capacity at constant pr...	Cp	475[J/(...	J/(kg...
Density	rho	7850[k...	kg/...
Thermal conductivity	k	44.5[W...	W/(...
Young's modulus	E	205e9[...	Pa
Poisson's ratio	nu	0.28	1

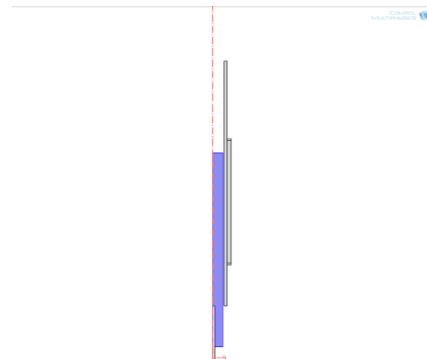


Fig. 4.4 Caracteristici ale oțelului și alocarea materialului în cadrul capului de lucru

În figurile 4.2, 3, 4 este prezentată etapa de alocare a materialelor pe model și caracteristicile aferente, pentru modulul de calcul al câmpului magnetic generat de bobina.

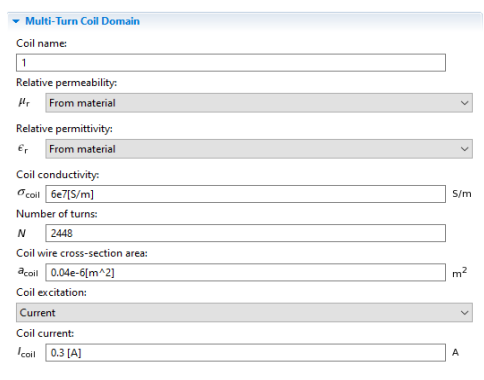


Fig. 4.5 Caracteristicile bobinei electro-magnetice



Fig. 4.6 Discretizarea

În fig. 4.5 sunt introduse condițiile la limită cu privire la caracteristicile bobinei, conductivitatea conductorului, numărul de înfășurări, aria secțiunii transversale și curentul care trece prin bobina: 0,35A, iar în fig. 4.6, este prezentată discretizarea modelului cu elemente fine.

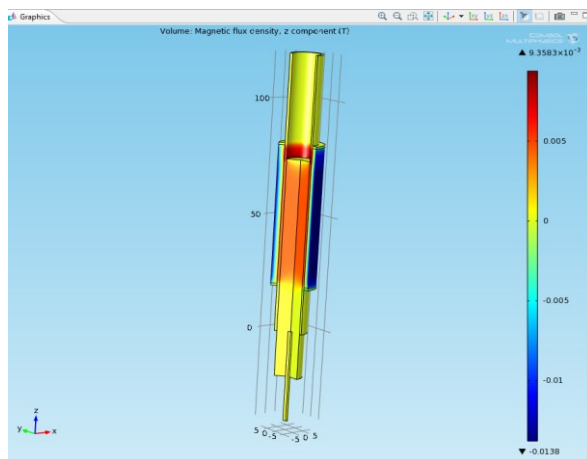


Fig. 4.7. Fluxul magnetic din bobină

Fig 4.7 reprezintă distribuția fluxului magnetic, unde se observă intensitatea maximă în interiorul bobinei, unde se găsește miezul port-sculă. Pe baza rezultatelor obținute prin modelarea cu elemente finite în programul COMSOL Multiphysics, s-au realizat calcule de bobinaj.

Forța exercitată de bobina electromagnetica asupra miezului port-sculă este determinată cu relația:

$$F = \frac{B^2 A}{2\mu_0} \quad [N] \quad [1]$$

unde: B - densitatea fluxului magnetic; A - aria secțiunii transversale a miezului.

$$\mu_0 = 4\pi(10^{-7}) \quad [NA^{-2}] \quad [2]$$

unde: μ_0 reprezinta permeabilitatea aerului .

S-a calculat forța exercitate de bobina, înlocuind valoarea B din modelarea Comsol si A din datele de la proiectare. S-a obținut valoarea forței de acționare: $F=0,743$ N.

S-a determinat greutatea miezului (cilindrului de otel) cu relația:

$$G = \frac{g\pi d_{cil}^2}{4l_{cil}\rho_{otel}} \quad [5]$$

unde: masa cilindrului este 0.070kg; volumul, $9.02358E-06$ m³;

S-a obținut greutatea miezului: $G=0.69$ N

S-a determinat greutatea electrodului sculă cu relația:

$$G = \frac{g\pi d_{cil}^2}{4l_{cil}\rho_{cupru}} \quad [6]$$

unde: masa cilindrului: 0.0026 kg; Volumul: 2.983E-07 m³; se obține: $G_{scula} = 0.026 N$

S-a determinat greutatea totală, port-scula și electrod-scula, $G_{tot} = 0.716 N$

Prin urmare $F_{bobina} > G_{tot}$; rezulta ca forța exercitată de bobină permite ridicarea părții mobile a capului de lucru.

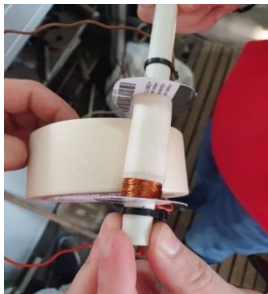


Fig 4.8 Bobina electromagnetica

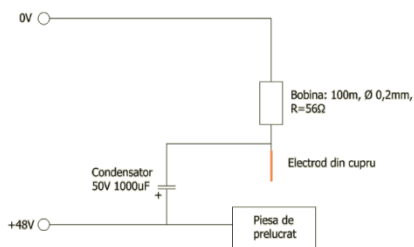


Fig 4.8.1 Schema electrică



Fig. 4.8.2 Capul de lucru

S-au efectuat calcule de bobinaj care au condus la realizarea bobinei, utilizând formulele următoare:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad [7]$$

unde:

- l = lungimea sârmei de bobinaj; $l=100 m$

- ρ = rezistivitatea sârmei de cupru $\rho(\text{cupru}) = 1,68 * 10^{-8}[\Omega m] = 0,0168[\Omega \frac{mm^2}{m}]$ [8]

- S = aria secțiunii sârmei de bobinaj $S=0.03 mm^2$

- Diametrul sârmei de bobinaj: $D_b=0,02[mm]$

- Lungimea liberă a sârmei de bobinaj: $L=60[mm]$

Calculul rezistenței bobinei:

$$R = 0,0168 \frac{100}{0.03} = 56 [\Omega] \quad [9]$$

Schema electrică din fig. 4.8.1 conține o bobină, un electrod din cupru, condensator și alimentarea circuitului. Circuitul prezintă o alimentare de 48V, polul negativ intră prin bobină, apoi trece prin condensator care este în circuit cu electrodul, urmând ca polul pozitiv să fie legat la piesa de prelucrat și la celălalt capăt al condensatorului.



Fig 4.8.3 Pompa de dielectric

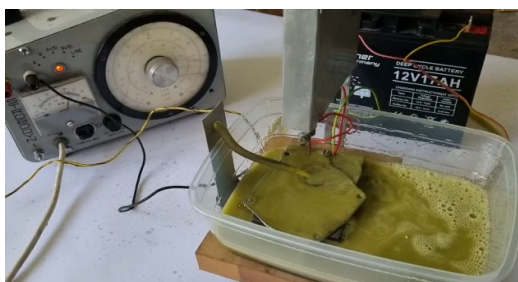


Fig. 4.9 Ansamblul EDM cu rupere de contact finalizat

După calculele aferente, s-a început construirea capului de lucru fig.4.8.2, înfășurarea bobinei, lipirea firelor și a condensatorului respectând schema electrică, urmând ca partea mobilă să fie prelucrată cu o gaură de trecere filetată pentru a introduce două șuruburi de prindere a electrodului. S-a folosit un electrod din cupru de $\varnothing 2mm$ și lungimea de $l=40 mm$. Pentru a recircula lichidul dielectric s-a folosit o pompă auto, fig.4.8.3, introducând în interiorul ei un burete pentru filtrarea lichidului. Conectarea s-a efectuat la o baterie de 12V cu un întrerupător pentru pornirea și oprirea curentului. Suportul realizat este reglabil pe înălțime, iar carcasa capului de lucru confecționată din tablă.

5. Testarea echipamentului

Pentru a determina datele experimentale s-a folosit un cronometru, multimetru, aparat de măsură cu adâncime autonomă. Măsurătorile s-au efectuat la intervalul de timp prezentat în grafic (fig. 5.1). La

prelucrări, s-a folosit o tensiune de 48V, fiind măsurată o intensitate de 0,3A (fig. 5.2) conform cu valoarea din programul “COMSOL Multiphysics”.

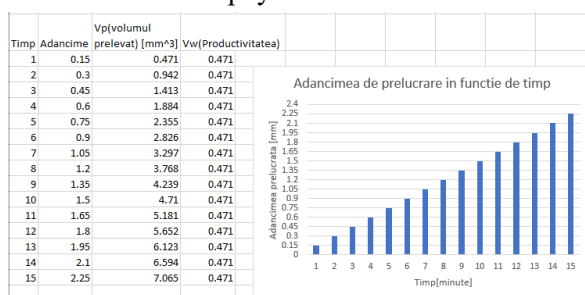


Fig.5.1 Adâncimea de prelucrare în funcție de timp și Productivitatea



Fig.5.2 Intensitatea măsurată

6. Concluzii

Pe baza modelării 3D a echipamentului și crearea modelului bobinei electromagnetice de acționare a capului de lucru, s-a realizat fizic produsul, echipament portabil de electroeroziune cu rupere de contact. Echipamentul cuprinde pe lângă capul de lucru propriu-zis, partea de poziționare în raport cu piesa prelucrată, precum și subansamblul de alimentare cu lichid dielectric și filtrare.

Rezultatele modelării cu elemente finite în softul dedicat Comsol Multiphysics au permis dimensionarea capului de lucru și realizarea sa fizică. Datele experimentale obținute la testarea produsului la un curent de circa 0,3 A arată realizarea unor găuri cu o productivitate compatibilă cu regimurile de finisare de la procesele de electroeroziune uzuale cu impulsuri de relaxare, utilizate la astfel de regimuri.

Cercetările ulterioare vor aborda realizarea unui cap de lucru cu o bobină electromagnetică care să permită lărgirea gamei de regimuri prin creșterea curentului, corespunzător unor prelucrări de degroșare și semifinisare.

7. Bibliografie

- [1]. Rober P. Langlois (1997), *Build an EDM*, Village Press, Michigan, ISBN 0-94165352-8.
- [2]. Bucur, V.(1999), Contribuții la optimizarea tehnologiei de prelucrare dimensională prin Eroziune Electrică cu Rupere de Contact (E.E.R.C) cu obiect de transfer - banda metalică. Teză de doctorat - Universitatea „Lucian Blaga”. Sibiu.
- [3]. Ghiculescu, D.(2015), Ultrasonically Aided Electrical Discharge Machining, 58 p., Chapter in *Electrical Discharge Machining (EDM), Types, Technologies and Applications*, Editor, Jahan, M.P., ISBN 978-1-63438-591-6, Nova Publishers, New York, USA.
- [4]. Chen, J.; Gu, L.; He, G.(2020), A review on conventional and nonconventional machining of SiC particle-reinforcedaluminium matrix composites.*Adv. Manuf.* 8, 279–315.
- [5]. Sabyrov, N.; Jahan, M.P.; Bilal, A.; Perveen, A.(2019), Ultrasonic Vibration Assisted Electro-Discharge Machining(EDM)—An Overview, *Materials*.
- [6]. Nanu, D., Bucur, V.(1993), *Asupra oportunității utilizării benzii metalice ca obiect de transfer, la debitarea prin E.E.R.C.* Suceava: TEHNOMUS VII, vol IV.
- [7]. Torres, A., Puertas, I., Luis, C.J.(2015), Mechanical, Modelling of surface finish, electrode wear and material removal rate in electrical discharge machining of hard-to-machine alloys. *Precision Engineering*, 40, 33–45.
- [8]. K.G. Swift, J.D. Booker(2013), *MANUFACTURING PROCESS SELECTION HANDBOOK*, editura Butterworth Heimemann, Elsevier, Oxford.
- [9]. Ghiculescu, D.(2013), *Inginerie și fabricare asistată de calculator în domeniul prelucrărilor neconvenționale.* Îndrumar de laborator, Editura Printech, ISBN 978-606-521-971-7.

GESTIONAREA SECURITĂȚII CIBERNETICE PRIVIND ALGORITMI DE ÎNVĂȚARE AUTOMATĂ

DIONISIE Ștefania

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Logistică Industrială, Anul de studii: Master II, e-mail: stefi_dio@yahoo.com

Conducător științific: Ș.l. Dr. Ing. Adrian Popescu

REZUMAT: Trecerea la o lume tot mai digitalizată câștigă din ce în ce mai multă atenție în întreaga lume și, în special, sunt efectuate studii privind inteligența artificială, big data și cloud. Riscurile de securitate cibernetică pentru dispozitivele Internet of Things (IoT) provenite de la o diversitate de furnizori și desfășurate în număr mare, cresc rapid. Totul, inclusiv informațiile despre starea tuturor obiectelor, sunt partajate în timp real și toate locațiile și obiectele sunt echipate cu senzori. Acestea acționează inteligent, cum ar fi luarea deciziilor. Deoarece senzorii sunt echipați în locații și obiecte și conectați la rețele de calculatoare, utilizatorii pot primi informații în orice moment și oriunde. Cu toate acestea, este posibil să apară probleme neașteptate din cauza complexității ridicate și a incertitudinii fabricii inteligente. Astfel, este foarte probabil să înceteze procesul de fabricație, să declanșeze defecțiuni și să transmită informații importante.

CUVINTE CHEIE: Securitate cibernetică, IoT, Fabrici inteligente, Machine learning, Deep learning

1. Introducere

Probleme multiple sunt ridicate în conformitate cu creșterea rapidă a IoT. Cu alte cuvinte, utilizatorii sunt vulnerabili la multe amenințări, cum ar fi procesarea unor cantități uriașe de date, procesarea consumului de energie, rezolvarea amenințărilor la adresa securității și criptarea / decodarea datelor masive. În consecință, utilizarea unei soluții criptate corespunzător și necesitatea criptării bazate pe inteligență artificială, inclusiv învățarea automată și învățarea profundă sunt în creștere pentru a rezolva aceste probleme atunci când numeroase instrumente sunt conectate în mediul IoT. Învățarea automată are o gamă largă de aplicații, inclusiv motoarele de căutare, diagnostice medicale, detectare de fraudă în utilizarea cardului de credit, analiză a pieței de valori, clasificarea a secvențelor de ADN, recunoaștere a vorbirii și limbajului scris, jocuri și robotică.

În acest sens, s-au depus eforturi extinse pentru a aborda problemele de securitate și confidențialitate în rețelele IoT, în principal prin abordări criptografice tradiționale. Cu toate acestea, caracteristicile unice ale nodurilor IoT fac ca soluțiile existente să fie insuficiente pentru a cuprinde întregul spectru de securitate al rețelelor IoT. Tehnicile Machine Learning (ML) și Deep Learning (DL), care sunt capabile să ofere informații integrate în dispozitivele și rețelele IoT, pot fi folosite pentru a face față diferitelor probleme de securitate.

Unele sisteme de învățare automată încearcă să elimine toată nevoia de intuiție sau cunoștințe de specialitate din procesele de analiză a datelor, în timp ce alții încearcă să stabilească un cadru de colaborare între expert și computer. Cu toate acestea, intuiția umană nu poate fi înlocuită în totalitate, deoarece proiectantul sistemului trebuie să precizeze forma de reprezentare a datelor și metodele de manipulare și caracterizare a acestora.

2. Tipuri de algoritmi

Diferiți algoritmi de învățare automată sunt grupați în funcție de producția acestora. Unele tipuri de algoritmi sunt:

a) Învățarea supervizată total

Algoritmii de învățare supervizată construiesc un model matematic al unui set de date care conține atât intrările, cât și ieșirile dorite. Datele sunt cunoscute sub numele de date de antrenament și constau dintr-un set de exemple de antrenament. Fiecare exemplu de antrenament are una sau mai multe intrări și ieșirea dorite, cunoscute și sub numele de semnal de supraveghere. În modelul matematic, fiecare exemplu de antrenament este reprezentat de o matrice sau vector, uneori numit vector caracteristic, iar datele de antrenament sunt reprezentate de o matrice. Prin optimizarea iterativă a unei funcții obiective, algoritmi de învățare supervizată învață o funcție care poate fi utilizată pentru a prezice rezultatul asociat cu noile intrări. O funcție optimă va permite algoritmului să determine corect ieșirea pentru intrările care nu au făcut parte din datele de instruire. Se spune că un algoritm care îmbunătățește precizia ieșirilor sau predicțiilor sale în timp a învățat să îndeplinească acea sarcină. Tipurile de algoritmi de învățare supervizată includ învățarea activă, clasificarea și regresia. Algoritmii de clasificare sunt utilizați când ieșirile sunt restricționate la un set limitat de valori, iar algoritmi de regresie sunt folosiți atunci când ieșirile pot avea orice valoare numerică într-un interval. De exemplu, pentru un algoritm de clasificare care filtrează e-mailurile, intrarea ar fi un e-mail primit, iar ieșirea ar fi numele folderului în care se va înregistra e-mailul. [1]

Tot procesul de modelare se realizează pe un set de exemple format numai din intrări în sistem. Prin urmare, în acest caz, sistemul trebuie să fie capabil să recunoască modele, pentru a fi capabil de a eticheta noi intrări. [1]

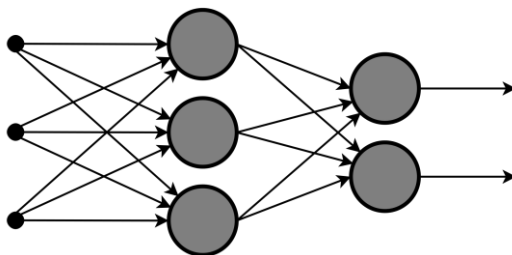


Fig. 1. Învățare supervizată [1]

b) Învățarea supervizată parțial

Învățarea supervizată parțial se încadrează între învățarea nesupervizată (fără date de formare etichetate) și învățarea supervizată (cu date de formare complet etichetate). Unele dintre exemplele de formare lipsesc, însă mulți cercetători în învățarea automată au descoperit că datele neetichetate, atunci când sunt utilizate împreună cu o cantitate mică de date etichetate, pot produce o îmbunătățire considerabilă a preciziei învățării. [1]

c) Învățarea nesupervizată

Algoritmii de învățare nesupervizată iau un set de date care conține doar intrări și găsesc structura în date, cum ar fi gruparea punctelor de date. Prin urmare, algoritmi învață din datele de testare care nu au fost etichetate sau clasificate. În loc să răspundă la feedback, algoritmi de învățare nesupervizată identifică puncte comune în date și reacționează pe baza prezenței sau absenței unor astfel de puncte comune în fiecare bucată nouă de date. O aplicație centrală a învățării nesupervizate este în domeniul estimării densității în statistici, cum ar fi găsirea funcției densității probabilității, deși învățarea nesupervizată cuprinde alte domenii care implică rezumarea și explicarea caracteristicilor datelor. Analiza clusterului este atribuirea unui set de observații în subgrupuri (numite cluster), astfel încât observațiile din cadrul aceluiași cluster să fie similare conform unui sau mai multor criterii predefinite, în timp ce observațiile extrase din diferite cluster sunt diferite. Diferite tehnici fac presupuneri diferite asupra structurii datelor, adesea definite printr-o anumită metrică de similitudine și evaluate, de exemplu, prin compacitate internă sau similitudinea dintre membrii aceluiași cluster. Alte metode se bazează pe densitatea estimată și pe conectivitatea grafică. [1]

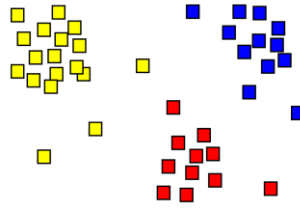


Fig. 2. Clustere (Machine learning, 2021)

d) Auto-învățarea

Auto-învățarea a fost introdusă împreună cu o rețea neuronală capabilă de auto-învățare numită crossbar adaptive array (CAA). Este o învățare fără recompense externe și fără sfaturi externe ale profesorului. Algoritmul de auto-învățare CAA calculează, într-o manieră transversală, atât deciziile despre acțiuni, cât și emoțiile (sentimentele) cu privire la situațiile de consecință. Sistemul este condus de interacțiunea dintre cogniție și emoție. Algoritmul de auto-învățare actualizează o matrice de memorie $W = \| w(a, s) \|$ astfel încât în fiecare iterație să execute următoarea rutină de învățare automată:

În situația s efectuați o acțiune a ;

Primiți situația de consecință;

Calculați emoția de a fi în situația de consecință $v(s')$;

Actualizați memoria transversală $w'(a, s) = w(a, s) + v(s')$. [1]

Este un sistem cu o singură intrare, situație s și o singură ieșire, acțiune (sau comportament) a . Nu există nici o intrare separată. Valoarea propagată înapoi (întărirea secundară) este emoția față de situația de consecință. CAA există în două medii, unul este mediul comportamental, iar celălalt este mediul genetic, din care primește emoții inițiale despre situațiile care trebuie întâlnite în mediul comportamental. [1]

e) Învățarea robotului

În robotica de dezvoltare, algoritmi de învățare a robotului își generează propriile secvențe de experiențe de învățare, cunoscute și sub denumirea de curriculum, pentru a dobândi cumulativ noi abilități prin explorarea autoghidată și interacțiunea socială cu oamenii. Acești roboți folosesc mecanisme de îndrumare, cum ar fi învățarea activă, maturizarea, sinergiile motorii și imitația. [1]

3. Învățare profundă (Deep learning)

Învățarea profundă (cunoscută și sub numele de învățare profundă structurată) face parte dintr-o familie mai largă de metode de învățare automată bazate pe rețele neuronale artificiale cu învățare prin reprezentare. [2]

Rețelele neuronale artificiale (ANN) au fost inspirate din prelucrarea informațiilor și noduri de comunicații distribuite în sistemele biologice. Rețelele neuronale tind să fie statice și simbolice, în timp ce creierul biologic al majorității organismelor vii este dinamic (plastic) și analog. [2]

Adjectivul „deep” în învățarea profundă se referă la utilizarea mai multor straturi în rețea. Învățarea profundă este o variație modernă care se referă la un număr nelimitat de straturi de mărime mărginită, care permite aplicarea practică și implementarea optimizată, păstrând în același timp universalitatea teoretică în condiții ușoare. În învățarea profundă, straturilor li se permite, de asemenea, să fie eterogene și să se abată pe larg de la modelele conexiunilor informate biologic, din motive de eficiență, formabilitate și înțelegere, de unde partea „structurată”. [2]

În învățarea profundă, fiecare nivel învață să-și transforme datele de intrare într-o reprezentare puțin mai abstractă și mai compusă. Într-o aplicație de recunoaștere a imaginii, intrarea brută poate fi o matrice de pixeli; primul strat reprezentativ poate abstractiza pixelii și codifica marginile; al doilea strat poate compune și codifica aranjamente ale muchiilor; al treilea strat poate codifica un nas și ochi; iar al

patrulea strat poate recunoaște că imaginea conține o față. Important, un proces de învățare profundă poate învăța ce caracteristici să plaseze în mod optim în ce nivel pe cont propriu. [2]

Pentru sarcinile de învățare supravegheate, metodele de învățare profundă elimină ingineria caracteristicilor, prin traducerea datelor în reprezentări intermediare compacte asemănătoare componentelor principale și derivă structuri stratificate care elimină redundanța în reprezentare. [2]

Algoritmii de învățare profundă pot fi aplicați sarcinilor de învățare nesupravegheate. Acesta este un beneficiu important, deoarece datele neetichetate sunt mai abundente decât datele etichetate. [2]

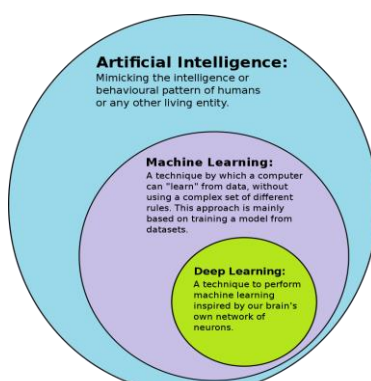


Fig. 3. Învățarea profundă este un subset de învățare automată și învățarea automată este un subset de inteligență artificială (AI) [2]

4. Analiza malware-ului

Pentru analiza malware-ului, învățarea automată s-a dovedit benefică și a fost utilizată de cercetătorii în domeniul securității și de companiile antivirus. Operațiunea generalizată a pașilor de învățare automată pentru analizele malware este prezentată în Figura 4.

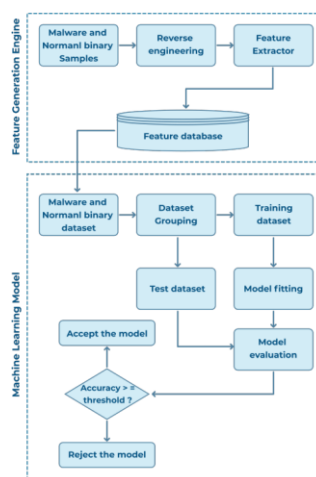


Fig. 4. Pași în învățarea automată pentru analizele malware [2]

Perspectiva de învățare automată a analizelor malware implică două componente majore: motorul de generare a caracteristicilor și modelul de învățare automată. Motorul de generare a funcțiilor începe cu colectarea de programe malware și eșantion normal. Apoi, aplicăm diverse tehnici de inginerie inversă, cum ar fi analiza și depanarea binare folosind coduri de program personalizate (codul cercetătorului folosind instrumente Linux, cum ar fi ObjDump sau alte biblioteci disponibile pentru alte sisteme de operare), surse deschise (analizor PE, Angr) sau instrumente comerciale (IdaPro). Ingineria inversă este procesul invers al încercării de a realiza ceea ce programul este destinat să facă și să cunoască

structura programului. Hackerii îngreunează sarcina de inginerie inversă prin aplicarea diferitelor tehnici de ofuscare. Rezultatul etapei de inginerie inversă oferă unele date brute, care sunt preprocesate de componenta extractor de caracteristici. Aceasta oferă setul de date cu caracteristici curate. Cea de-a doua componentă, dar vitală, este modelul de învățare automată, al cărui flux de intrare este malware și set de date binar normal obținut din faza 1. Setul de date este împărțit în două subseturi ca set de date de antrenament și test. Această divizie se bazează pe alegerea analistului de program sau a echipei de cercetare. Validarea încrucișată K-fold și împărțirea de la 60 la 40% sunt cele mai frecvent utilizate. Setul de date de instruire se încadrează în modelul de învățare automată. Algoritmii de învățare automată implementați aici pot fi supravegheați sau nesupravegheați în funcție de natura setului de date. Modelul este apoi evaluat cu setul de date de testare. Precizia trebuie să fie peste valoarea pragului definită. Modelul de învățare automată este acceptat dacă acuratețea depășește valoarea pragului, altfel experimentul este reluat cu parametrii de reglare, remodelarea sau schimbarea abordării utilizate sau algoritmii utilizați. [2]

5. Perspectivele big data

Lumea crește cu o cantitate imensă de date denumită big data. Datele cresc adesea odată cu creșterea serviciilor și resurselor utilizate de diferiți indivizi și entități dintr-o organizație sau o companie. Un site de rețele sociale, un blog, istoricul navigării clienților, urmărirea comerțului electronic, traficul în rețea, tranzacții financiare, date medicale, toate se adaugă în fiecare secundă, producând tone imense de date. Acest lucru vine cu provocarea de gestionare a datelor și deschide ușa hackerilor și altor adversari. În această secțiune, discutăm provocările care au condus la o abordare de date mari pentru analiza malware-ului, cadrele de bază de date mari, cum sunt depășite provocările de către diferiți cercetători și tehnicile utilizate pentru a depăși provocările. Fiecare persoană fizică, companie sau organizație dorește să reducă sau să prevină daunele cauzate de atacurile malware. Vor să detecteze și să împiedice atacurile malware cât mai curând posibil. Acest lucru ar fi la îndemână cu surse mici de date, dar avem o cantitate imensă de date inevitabilă. Tehnicile primitive cu resurse limitate și capacități de procesare nu sunt capabile să gestioneze big data. Apache Hadoop și Apache Spark au făcut ca sarcina de analiză a datelor mari să fie convenabilă și eficientă. Printre aceste două cadre mari distribuite de date, cercetătorii folosesc în principal Apache Spark, deoarece susține modelul de învățare automată și procesarea în timp real pentru sarcina lor de analiză malware. A. Abordarea detecției În această secțiune, discutăm abordarea generală a detecției pentru analizele malware folosind cadre de date mari. Figura 5 prezintă elementele de bază pentru abordarea de detectare. [3]

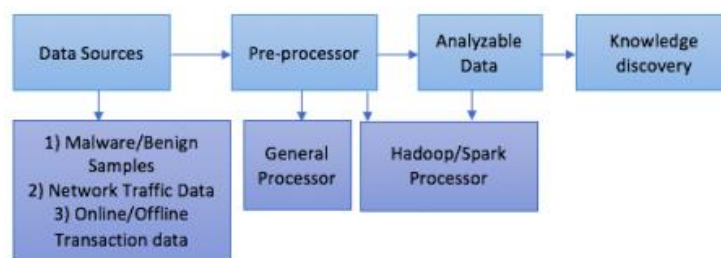


Fig. 5. Analize malware folosind cadre Big Data [3]

Sursele de date pot fi malware / fișiere executabile benigne, date despre traficul de rețea sau date despre tranzacții online / offline de unde dorim să detectăm o anomalie sau un model neobișnuit. Componenta preprocesorului este cea mai puternică componentă a acestei arhitecturi. Sursele de date intră în unele sarcini de pre-procesare utilizând capacități normale de procesare de calcul sau realizate exclusiv folosind cadrele Hadoop / Spark. Rezultatul este o dată curată și analizabilă în care aplicăm diferiți algoritmi de învățare automată sau de extragere a datelor pentru a găsi un model util, denumit și descoperirea cunoștințelor. [3]

6. Analiza programelor malware în IoT

Unul dintre cele mai notorii domenii de atac este inserarea și executarea unui virus pe dispozitivele IoT prin exploatarea vulnerabilităților existente în dispozitivele IoT. Înainte de a intra în detaliile malware-ului, este important să înțelegem tipurile de malware care pun în pericol securitatea IoT. Un malware este o amenințare care persistă ca urmare a vulnerabilităților menționate anterior și executată printr-o serie de atacuri. Tipurile comune de malware includ, dar nu se limitează la, bot, spyware, ransomware, adware, troian și virus, pentru a numi câteva. S-a descoperit prin multe studii că există dispozitive inteligente care sunt conectate la internet fără o protecție adecvată de securitate, care nu numai că reprezintă amenințări pentru dispozitivul în sine, ci permit, de asemenea, atacatorilor să utilizeze resurse pentru atacuri la scară masivă, precum DDoS. Tipurile de programe malware care au reușit să perturbe funcționalitatea normală a organizației, aplicației sau entităților țintă includ, dar nu se limitează la, NotPetya, Stuxnet, Cryptlocker, Red October, Night Dragon și așa mai departe. Acestea sunt atacurile generice de malware, în timp ce există familii optimizate de atacuri malware care vizează în special dispozitivele IoT. Astfel de atacuri includ WanaCry, Cryptlocker, Mirai, Stuxnet și așa mai departe. Acestea sunt atacurile malware care au costat industria sume uimitoare și alte pierderi, cum ar fi imaginea publică a companiei. [4]

Analiza malware bazată pe ML în IoT: S-a investigat detectarea și propagarea malware-ului în sistemul multimedia wireless (WMS) bazat pe IoT. Autorii au propus o abordare bazată pe cloud, pentru a detecta potențialele malware și propagarea acestora și au folosit joc diferențial bazat pe stări pentru a suprima malware-urile. După realizarea echilibrului Nash, autorii încearcă să găsească strategii optime pentru ca WMS să se apere împotriva malware-ului. În mod similar, a fost propusă o tehnică liniară bazată pe SVM pentru clasificarea malware-ului în IoT bazat pe Android. Deși SVM implică mai mult timp de clasificare datorită eliminării caracteristicilor inutile; cu toate acestea, este favorabil datorită complexității sale mai mici și a preciziei mai bune. Pentru a evalua acuratețea detecției modelului de detectare, autorii au luat în considerare diferite tipuri de malware și caracteristicile acestora. Rezultatele raportate de autori arată că SVM funcționează relativ mai bine decât alte clasificatoare pentru majoritatea malware-urilor investigate, unde rezultatul este peste 99%. În mod similar, se utilizează SVM și PCA pentru a detecta inserarea falsă de date în rețeaua inteligentă. Aplicarea acestei tehnici ar putea fi ușor încorporată în IoT. Autorii au folosit două metode. În prima metodă, datele etichetate sunt utilizate pentru învățarea supravegheată pentru instruirea SVM, în timp ce în a doua metodă, nu se folosește nicio formare. În plus, autorii au folosit învățarea nesupravegheată. Aceste tehnici ML sunt folosite pentru a izola datele manipulate de datele normale și pentru a detecta astfel atacurile. Rezultatele au arătat eficiența metodelor ML pentru detectarea defectuoasă a datelor care ar putea fi rezultatul fie al malware-ului, fie al altor tipuri de atacuri. [4]

Soluțiile de securitate bazate pe ML din rețelele IoT au anumite limitări: ML este utilizat pentru a crea modele, care sunt utilizate pentru proiectarea, testarea și instruirea seturilor de date. Acești algoritmi ML sunt utilizați pentru a identifica posibilele modele și asemănări în seturi de date mari și pot face predicții în noile date obținute. Cu toate acestea, observăm că limitarea fundamentală a abordărilor ML este că, în mare parte, are nevoie de seturi de date pentru a învăța, iar apoi modelul învățat este aplicat datelor reale. Este posibil ca acest fenomen să nu cuprindă întreaga gamă de caracteristici și proprietăți ale datelor. În plus, datele pentru instruirea unui model reprezintă alte provocări de securitate și atacuri cibernetice. În acest sens, tehnicile DL au fost folosite pentru a aborda limitările tehnicilor ML. Abordând limitele ML, algoritmii DL au devenit cheia succesului în industria actuală. Remarcăm, de asemenea, că modelele DL au fost utilizate de o serie de giganți tehnologici, cum ar fi Apple folosește mecanismul DL în proiectul său Siri, Microsoft folosește mecanisme DL în Cortana, Amazon folosește algoritmi DL în Alexa și în mod similar Google Photos, Spotify și Grammarly, sunt toate conduse prin algoritmii DL. În plus, DL este, de asemenea, utilizat în domenii industriale, cum ar fi industria financiară pentru prezicerea prețului acțiunilor, industria de îngrijire a sănătății pentru reafacerea medicamentelor testate pentru boli. Algoritmii DL câștigă avânt, dar aduc noi limitări: RL și DRL sunt unele dintre domeniile de cercetare promițătoare, folosite pentru extragerea automată a caracteristicilor complexe din

cantități mari de date nesupravegheate cu dimensiuni mari. În ciuda faptului că cercetările recente din aceste domenii au arătat o performanță extraordinară, există încă unele domenii în care sunt necesare îmbunătățiri mai optimizate, concentrate și specifice IoT. De asemenea, merită menționat faptul că aceste capacități de calcul combinate ale RL și DL implică cheltuieli de calcul și stocare. Prin urmare, în ciuda performanțelor lor, este posibil ca aceste metode să nu fie adecvate pentru dispozitivele IoT constrânse de resurse. [4]

6.1. Tehnici în curs de dezvoltare pentru ML în securitatea IoT

Rețelele Adversare Generative (GAN) și învățarea distribuită (Federated Learning) au câștigat recent atenție din partea comunității de cercetare.

1) Securitate IoT bazată pe Rețeaua Adversarială Generativă (GAN): GAN-urile au revoluționat metodele ML folosindu-le într-un cadru contradictoriu. În esență, două rețele neuronale sunt desfășurate într-un cadru în care concurează între ele într-un joc cu suma zero și ajung în cele din urmă la un echilibru. Cele două rețele neuronale componente includ un generator și un discriminator. Există un set de instruire pe care este instruit un discriminator. Apoi, rețeaua generatorului generează datele candidate, în timp ce discriminatorul evaluează datele fie clasificate corect, fie nu (de exemplu, maparea anumitor caracteristici pe etichetele lor respective). Scopul generatorului este de a „păcăli” discriminatorul, în timp ce scopul discriminatorului este de a se face mai puternic împotriva generatorului, rezultând în cele din urmă o convergență a rețelei. Cu alte cuvinte, generatorul încearcă să facă discriminatorul să creadă că datele de intrare au provenit din eșantion, mai degrabă decât din generator, în timp ce discriminatorul încearcă să afle dacă datele provin dintr-un eșantion real sau dintr-un generator. Structura generală a unui GAN este prezentată în Fig. 6. În contextul securității IoT, GAN-urile au produs rezultate remarcabile pentru a rezolva diferite probleme de securitate în rețelele IoT. [4]

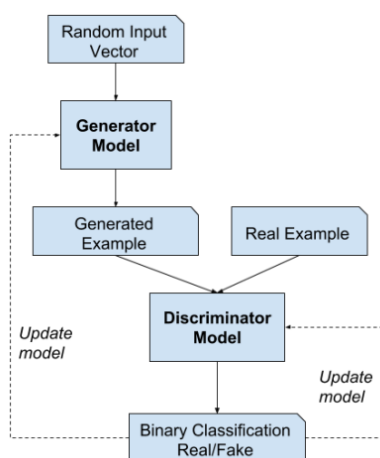


Fig. 6. Arhitectura generală a Rețelei Adversare Generative (GAN) [4]

2) Înclinare asociată și securitate IoT: Acest tip este un nou cadru de dezvoltare a modelului AI, distribuit pe dispozitive mobile. Oferă modele foarte personalizate și sigure, menținând confidențialitatea clientului / utilizatorului. În esență, în dezvoltarea modelelor FL, instruirea și evaluarea se fac fără acces direct la datele utilizatorului. Odată cu progresele recente în proiectarea cipurilor și a tehnologiei celulare, smartphone-urile (Samsung S9, Apple X) au o capacitate de calcul semnificativă și sunt echipate cu caracteristici AI. Prin urmare, majoritatea modelelor ML sunt capabile să ruleze pe aceste dispozitive mobile inteligente. Aceste dispozitive (ca parte a arhitecturii de calcul FL) pot descărca un model, care rulează local pe aceste dispozitive, iar modelul este îmbunătățit în continuare prin învățarea din datele locale stocate în aceste dispozitive. Aceste actualizări ale modelului îmbunătățit sunt rezumate de obicei sub forma parametrilor modelului și a ponderilor corespunzătoare. Aceste actualizări sunt criptate și trimise către dispozitivul principal (sau către cloud / server central). Ulterior, toate aceste actualizări sunt

calculate pentru a îmbunătăți modelul partajat. Această distribuție de analize și calcule grele pe dispozitive inteligente, spre deosebire de sistemul de calcul centralizat, va avea ca rezultat diverse beneficii. De exemplu, implementarea mai rapidă a modelului și economisirea timpului (răspuns mai rapid la schimbarea continuă a comportamentului clientului) în dezvoltarea unor motoare uriașe de recomandare (personalizate). De asemenea, îmbunătățește confidențialitatea utilizatorului (deoarece nu există acces direct la date brute în timpul dezvoltării și instruirii modelelor), iar actualizările individuale sunt neidentificate în cloud și în serverul central în timpul actualizărilor modelului. Aceste caracteristici principale fac din FL o alegere excelentă pentru rețelele mobile și distribuite (de exemplu, rețelele IoT) în ceea ce privește păstrarea confidențialității și o eficiență îmbunătățită; cu toate acestea, aduce câteva provocări. Este posibil ca rețelele IoT practice și în timp real să nu fie statice, iar configurația rețelei să se schimbe în continuare. Ca urmare, este posibil ca toate dispozitivele să nu participe complet până la convergența modelului FL. Întrucât modelele FL învață iterativ și se bazează pe dispozitivele participante, calitatea învățării FL poate fi pusă în pericol dacă puține dispozitive sunt abandonate în mijlocul procesului de învățare. [4]

7. Concluzii

Securitatea și confidențialitatea IoT sunt de o importanță capitală și joacă un rol esențial în comercializarea tehnologiei IoT. Soluțiile tradiționale de securitate și confidențialitate suferă de o serie de probleme care sunt legate de natura dinamică a rețelelor IoT. ML și mai precis tehnicile DL și DRL pot fi utilizate pentru a permite dispozitivelor IoT să se adapteze mediului lor dinamic. Aceste tehnici de învățare pot sprijini operațiunea de auto-organizare și, de asemenea, pot optimiza performanța generală a sistemului prin învățarea și procesarea informațiilor statistice din mediu (de exemplu, utilizatorii umani și dispozitivele IoT). Cu toate acestea, seturile de date necesare pentru algoritmi ML și DL sunt încă puține, ceea ce face ca evaluarea comparativă a eficienței soluțiilor de securitate bazate pe ML și DL să fie o sarcină dificilă. În această lucrare, am discutat despre tipuri de algoritmi, DL, precum și pericolele malware și perspectivele big data împreună cu tehnici de dezvoltare ML. Pentru a atenua unele dintre neajunsurile abordărilor de învățare automată a securității IoT, fundamentele teoretice ale DL și DRL vor trebui consolidate, astfel încât performanțele modelelor DL și DRL să poată fi cuantificate pe baza parametrilor precum complexitatea calculului, învățarea eficientă, precum și strategii de reglare a parametrilor.

8. Bibliografie

- [1] „Machine learning,” 10 Mai 2021. [Interactiv]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning.
- [2] „Deep learning,” 09 Mai 2021. [Interactiv]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning.
- [3] S. Poudyal, Z. Akhtar, D. Dasgupta și K. D. Gupta, „Malware Analytics: Review of Data Mining, Machine Learning and Big Data Perspectives,” 20 Februarie 2020. [Interactiv]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9002996>.
- [4] F. Hussain, R. Hussain, S. A. Hassan și E. Hossain, „Machine Learning in IoT Security: Current Solutions and Future Challenges,” 08 Aprilie 2020. [Interactiv]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9060970>.

OPTIMIZING A LOGISTIC FLOW USING DEDICATED SOFTWARE APPLICATIONS

MITROI Viorel-Ionuț-Marius

Facultatea: de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Logistică Industrială,
Anul de studii: Master 2, e-mail: marius_mitroi@ymail.com

Conducător științific: Ș.l. dr. ing. **Adrian POPESCU**

REZUMAT: Lucrarea prezintă modul de optimizare a unui flux de producție a panourilor solare utilizând o aplicație software specializată. Sunt puse în evidență modelarea fluxului logistic utilizând Witness Horizon, diagnoza fluxului modelat și optimizarea propriu-zisă, iar la final sunt interpretate rezultatele obținute.

CUVINTE CHEIE: optimizare, flux, panou solar.

1. Introducere

Fluxul care urmează să fie implementat și optimizat, este prezentat în figura 1, conține 17 echipamente, sunt necesari 8 operatori pentru buna funcționare a activităților de producție și produce 116 module solare pe ora. Celulele solare sunt introduse în flux, sunt supuse activităților de tăiere și sudare, apoi sunt transportate în laminator. După finalizarea activităților din laminatorul electric, celulele sunt supuse unor teste pentru verificarea calității, iar la final sunt sortate automat.

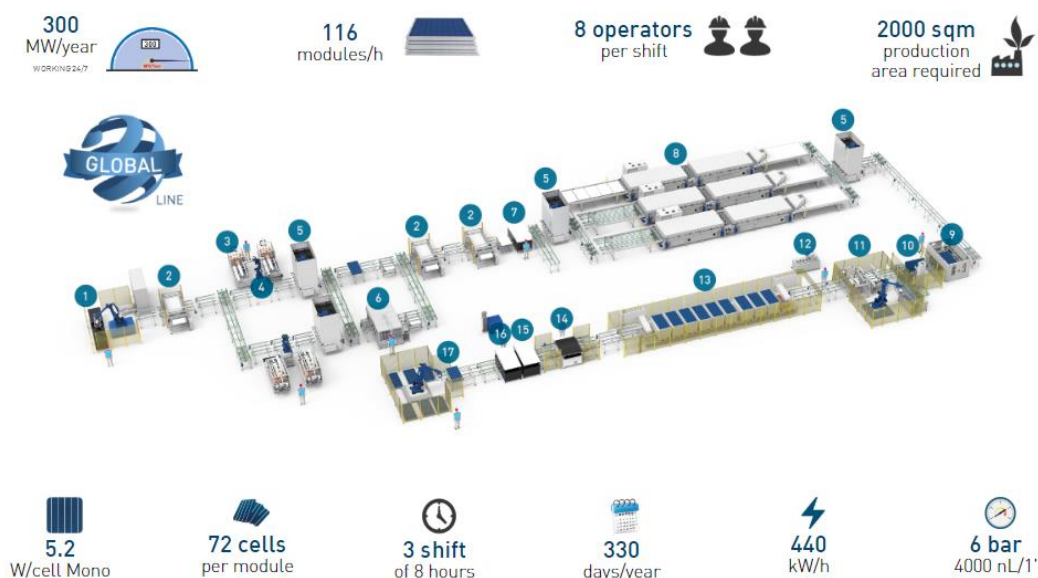


Fig. 1 Fluxul logistic pentru producția panourilor solare Ecoprogetti – 300 MW [1]

2. Modelarea fluxului logistic utilizand Witness Horizon

Pentru modelarea fluxului logistic Ecoprogetti (Figura 1), am utilizat aplicația software Witness Horizon. Am adăugat două elemente de tipul “Part”, pentru a introduce în flux, materiile prime necesare, celulele solare și sticla. Materiile prime sunt stocate temporar într-un buffer, de unde sistemul de

încărcare automat, le preia și le poziționează pe un conveier. Acestea sunt transportate de-a lungul fluxului prin intermediul conveioarelor. După activitățile de tăiere și sudare, celulele sunt stocate într-un buffer pre-laminare, de unde vor fi introduse în laminatorul electric. După finalizarea procesului de laminare, urmează procesele de verificare și testare, precum și sortarea automată, în funcție de performanța celulelor.

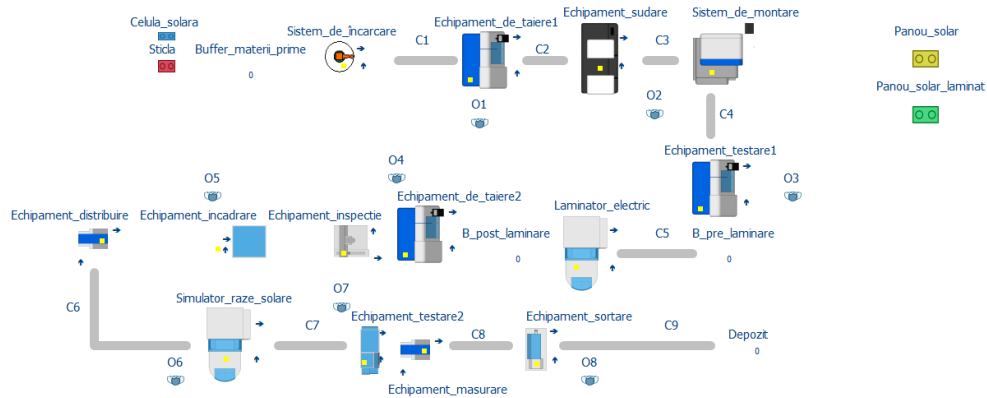


Fig. 2 Modelarea fluxului logistic pentru producția panourilor solare Ecoprogetti – 300 MW

3. Diagnoza fluxului logistic modelat

După simularea fluxului logistic Ecoprogetti pentru cinci zile, se poate observa în figura 3 rezultatele obținute.

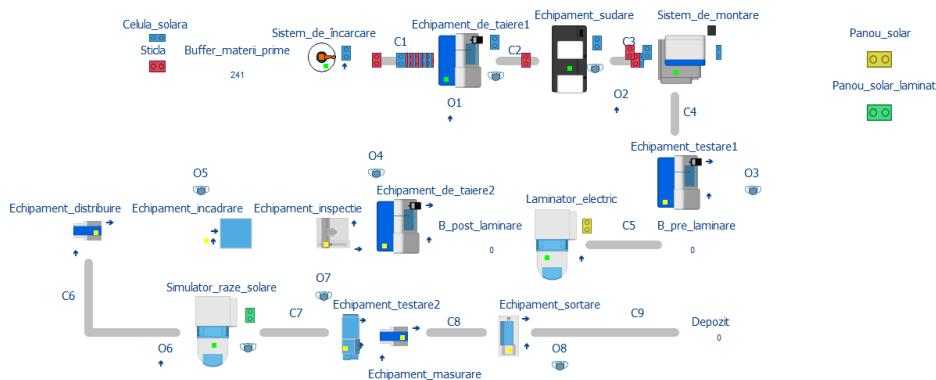


Fig. 3 Modelarea fluxului logistic pentru producția panourilor solare Ecoprogetti – 300 MW

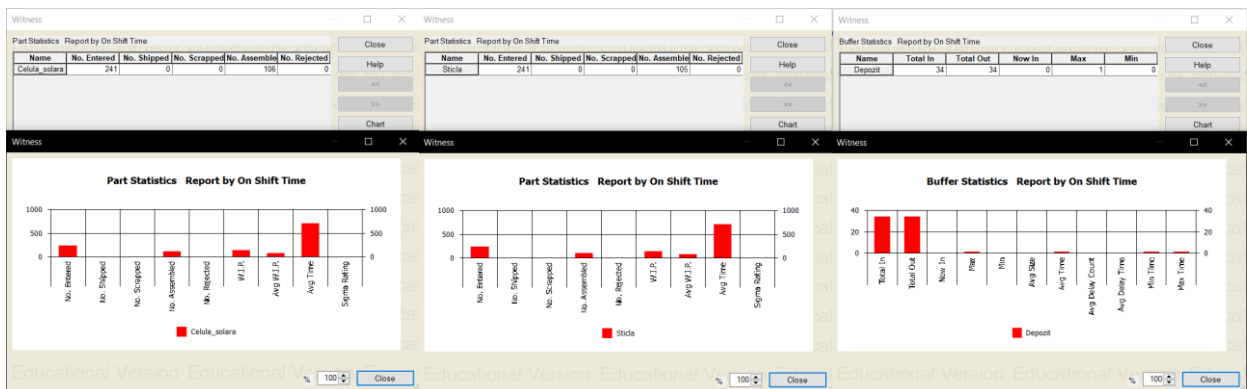


Fig. 4 Raport: materii prime - celule solare și bucăți de sticlă (stanga), produse depozitate (dreapta)

În figura 4, se poate observa numărul de produse intrate în flux, în funcție de timp. Au intrat 241 de celule solare și 241 de bucăți de sticlă, în cele 5 zile simulate. De asemenea, se poate observa numărul total de produse depozitate. Au fost depozitate 34 de panouri solare.

Tabelul 1. Venituri și costuri totale după simularea fluxului în stadiul actual

Veniturile totale	<ul style="list-style-type: none"> • Panouri solare vandute → \$10,200.00
Costuri totale	<ul style="list-style-type: none"> • Celula_solara → \$2,410.00 • Sticla → \$1,205.00 • Sistem de încărcare → \$24.00 • Echipament de taiere 1 → \$113.00 • Echipament sudare → \$112.00 • Sistem de montare → \$18.00 • Echipament testare 1 → \$18.00 • Laminator electric → \$35.00 • Echipament de taiere 2 → \$17.50 • Echipament inspectie → \$17.50 • Echipament incadrare → \$17.50 • Echipament distribuire → \$17.50 • Simulator raze solare → \$34.00 • Echipament testare 2 → \$17.00 • Echipament masurare → \$17.00 • Echipament sortare → \$17.00 <ul style="list-style-type: none"> • Conveior 1 → \$24.00 • Conveior 2 → \$24.00 • Conveior 3 → \$24.00 • Conveior 4 → \$24.00 • Conveior 5 → \$24.00 • Conveior 6 → \$24.00 • Conveior 7 → \$24.00 • Conveior 8 → \$24.00 • Conveior 9 → \$24.00 • Buffer materii prime → \$48.20 • Buffer pre-laminare → \$3.60 • Buffer post-laminare → \$3.50 <ul style="list-style-type: none"> • Operator 1 → \$240.00 • Operator 3 → \$240.00 • Operator 4 → \$240.00 • Operator 8 → \$240.00 • Operator 7 → \$240.00 • Operator 6 → \$240.00 • Operator 5 → \$240.00 • Operator 2 → \$240.00
	<ul style="list-style-type: none"> • Costuri totale → \$6,281.30
Profit realizat	<ul style="list-style-type: none"> • Profit total → \$3,918.70

4. Optimizarea fluxului logistic

Pentru optimizarea fluxului de producție a panourilor solare este utilizată remodelarea funcțională.

După simularea fluxului logistic Ecoprogetti pentru cinci zile (2400 minute), după optimizarea prin remodelare funcțională, se poate observa în figura 5 rezultatele obținute.

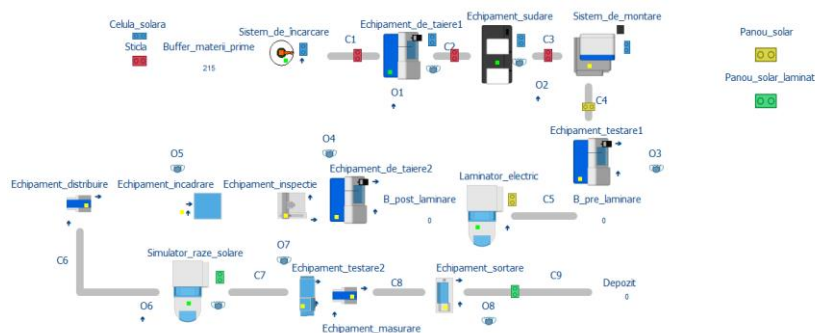


Fig. 5 Simularea fluxului pentru cinci zile, dupa optimizarea prin remodelare functionala

Tabelul 2. Venituri si costuri dupa optimizarea prin remodelare functionala

VENITURILE TOTALE	<ul style="list-style-type: none"> • PANOURI SOLARE VANDUTE → \$11,700.00
COSTURI TOTALE	<ul style="list-style-type: none"> • Celula_solara → \$2,410.00 • Sticla → \$1,205.00 • Sistem de încarcare → \$26.60 • Echipament de taiere 1 → \$132.00 • Echipament sudare → \$131.00 • Sistem de montare → \$21.50 • Echipament testare 1 → \$21.00 • Laminator electric → \$41.00 • Echipament de taiere 2 → \$20.50 • Echipament inspectie → \$20.50 • Echipament incadrare → \$20.50 • Echipament distribuire → \$20.50 • Simulator raze solare → \$40.00 • Echipament testare 2 → \$20.00 • Echipament masurare → \$20.00 • Echipament sortare → \$20.00 • Conveior 1 → \$24.00 • Conveior 2 → \$24.00 • Conveior 3 → \$24.00 • Conveior 4 → \$24.00 • Conveior 5 → \$24.00 • Conveior 6 → \$24.00 • Conveior 7 → \$24.00 • Conveior 8 → \$24.00 • Conveior 9 → \$24.00 • Buffer materii prime → \$48.20 • Buffer pre-laminare → \$4.20 • Buffer post-laminare → \$4.10 • Operator 1 → \$240.00 • Operator 3 → \$240.00 • Operator 4 → \$240.00 • Operator 8 → \$240.00 • Operator 7 → \$240.00 • Operator 6 → \$240.00 • Operator 5 → \$240.00 • Operator 2 → \$240.00
PROFIT REALIZAT	<ul style="list-style-type: none"> • COSTURI TOTALE → \$6,362.60 • PROFIT TOTAL → \$5,337.40

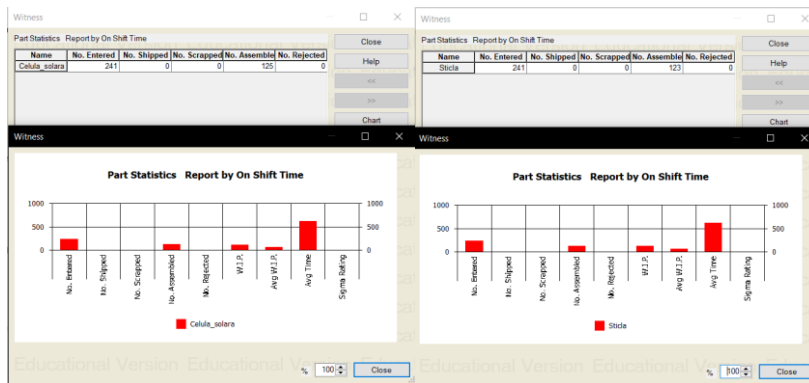


Fig. 6 Raport: materii prime - celule solare si bucați de sticlă, dupa optimizarea prin remodelare functionala

În figura 6, dupa optimizarea prin remodelare functionala, se poate observa numărul de produse intrate în flux, în funcție de timp. Au intrat 241 de celule solare și 241 de bucați de sticlă, în cele 5 zile simulate.

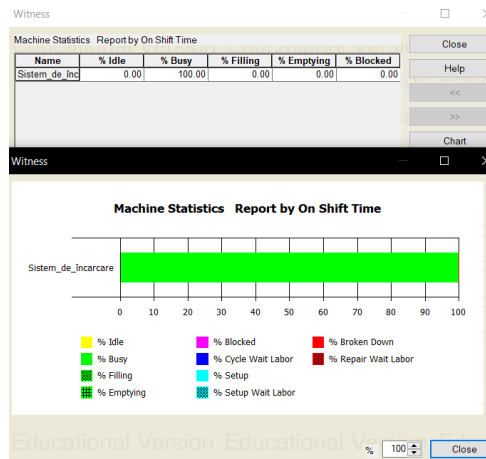


Fig. 7 Raport sistem încărcare, dupa optimizarea prin remodelare functionala

În figura 7, dupa optimizarea prin remodelare functionala, se poate observa activitatea sistemului de încărcare. Sistemul preia (încarcă) materiile prime intrate in flux 100%.

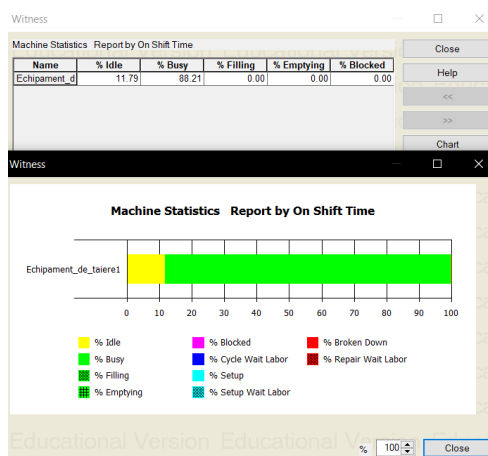


Fig. 8 Raport echipament tăiere, dupa optimizarea prin remodelare functionala

În figura 8, dupa optimizarea prin remodelare functionala, se poate observa echipamentul de tăiere 1, care funcționează 88.21% și este inactiv 11.79%.

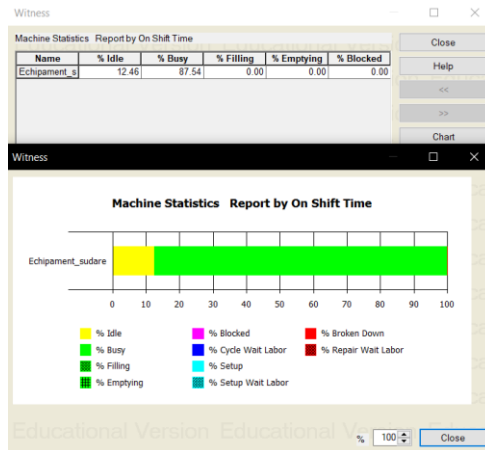


Fig. 9 Raport echipament sudare, dupa optimizarea prin remodelare functionala

În figura 9, dupa optimizarea prin remodelare functionala, se poate observa echipamentul de sudare, care funcționează 87.54% și este inactiv 12.46%.

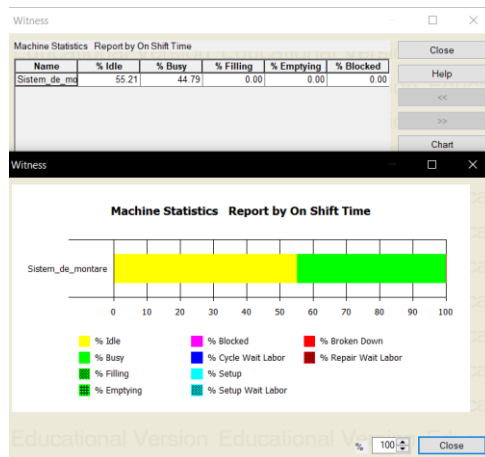


Fig. 10 Raport sistem montare, dupa optimizarea prin remodelare functionala

În figura 10, dupa optimizarea prin remodelare functionala, se poate observa echipamentul de montare, care funcționează 44.79% și este inactiv (in asteptare) 55.21%.

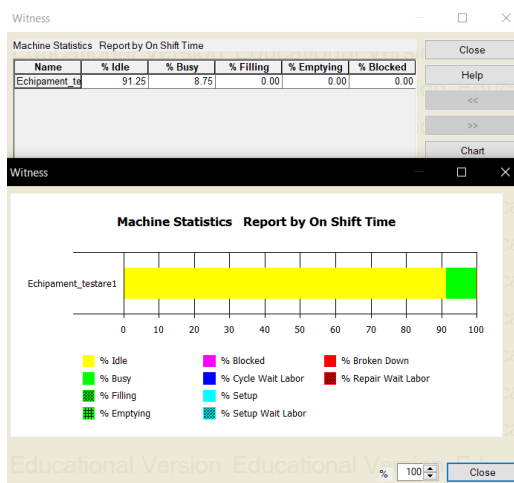


Fig. 11 Raport echipament testare, dupa optimizarea prin remodelare functionala

În figura 11, după optimizarea prin remodelare funcțională, se poate observa echipamentul de testare, care funcționează 8.75% și este inactiv (în așteptare) 91.25%.

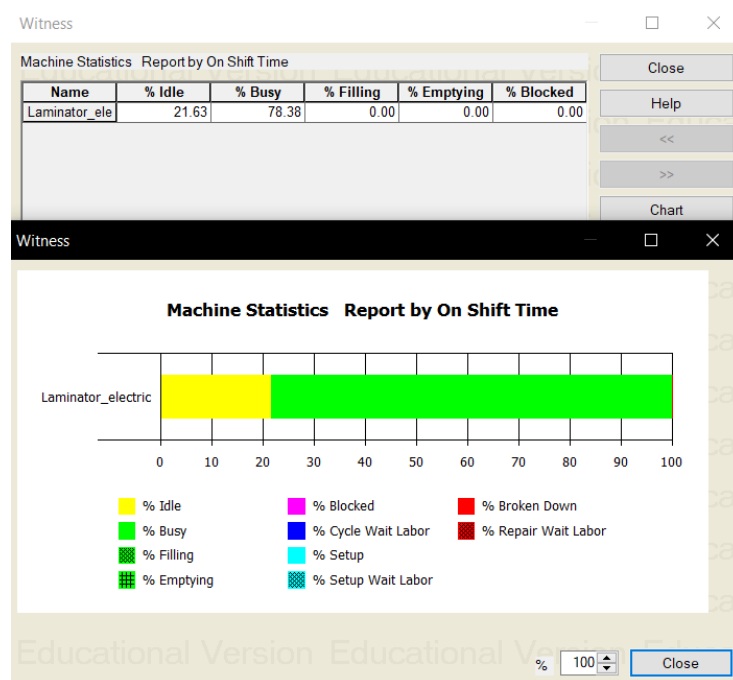


Fig. 12 Raport echipament Laminator electric, după optimizarea prin remodelare funcțională

În figura 12, după optimizarea prin remodelare funcțională, se poate observa echipamentul Laminator electric, care funcționează 78.38% și este inactiv (în așteptare) 21.63%.

5. Concluzii

Tabelul 3. Comparatie între rezultatele obținute

	Inainte de optimizarea fluxului	Dupa optimizarea fluxului
Panouri solare vandute	\$10,200.00	\$11,700.00
Cost total	\$6,281.30	\$6,362.60
Profit obtinut	\$3,918.70	\$5,337.40

Deoarece rezultatele obținute, după simularea preliminară a fluxului pentru 5 zile, nu au fost cele așteptate, a fost necesară optimizarea fluxului. S-a realizat optimizarea fluxului prin remodelarea funcțională și fluxul a fost simulat din nou pentru 5 zile. După optimizarea fluxului rezultă:

- au intrat în flux 241 celule solare și au fost asamblate 125, după optimizarea fluxului, față de 241 intrate și 106 asamblate, înainte de optimizarea fluxului;
- au intrat în flux 241 bucati de sticla și au fost asamblate 123, după optimizarea fluxului, față de 241 intrate și 105 asamblate, înainte de optimizarea fluxului;
- au intrat în buffer-ul de materii prime 482 materii prime și au fost transportate în flux 267, după optimizarea fluxului, față de 482 intrate și 241 transportate, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul în care sistemul de încărcare funcționează este 100%, atât înainte cât și după optimizarea fluxului.
- timpul de funcționare pentru conveiorul 1 a crescut la 99.63%, după optimizarea fluxului, față de 4.77%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 2 a crescut la 98.88%, după optimizarea fluxului, față de 94.06%, înainte de optimizarea fluxului;

- timpul de funcționare pentru echipamentul de taiere 1 a scăzut la 88.21%, după optimizarea fluxului, față de 94.46%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de sudare a scăzut la 87.54%, după optimizarea fluxului, față de 93.67%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 3 a scăzut la 67.96%, după optimizarea fluxului, față de 71.42%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de montare a crescut la 44.79%, după optimizarea fluxului, față de 38.21%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 4 a crescut la 17.79%, după optimizarea fluxului, față de 15%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de testare 1 a crescut la 8.75%, după optimizarea fluxului, față de 7.50%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 5 a crescut la 17.50%, după optimizarea fluxului, față de 15%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul Laminator electric a crescut la 78.38%, după optimizarea fluxului, față de 66.98%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de taiere 2 a crescut la 25.63%, după optimizarea fluxului, față de 21.88%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de inspectie a crescut la 8.54%, după optimizarea fluxului, față de 7.29%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de încadrare a crescut la 8.54%, după optimizarea fluxului, față de 7.29%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de distribuire a crescut la 8.54%, după optimizarea fluxului, față de 7.29%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 6 a crescut la 17.08%, după optimizarea fluxului, față de 14.58%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul Simulator solar a crescut la 33.54%, după optimizarea fluxului, față de 28.77%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 7 a crescut la 16.67%, după optimizarea fluxului, față de 14.17%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de testare 2 a crescut la 8.33%, după optimizarea fluxului, față de 7.08%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de măsurare a crescut la 8.33%, după optimizarea fluxului, față de 7.08%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru echipamentul de sortare a crescut la 25%, după optimizarea fluxului, față de 21,25%, înainte de optimizarea fluxului;
- timpul de funcționare pentru conveiorul 9 a crescut la 16.42%, după optimizarea fluxului, față de 14.17%, înainte de optimizarea fluxului;
- au fost depozitate și vandute 39 de panouri solare, după optimizarea fluxului, față de 34, înainte de optimizarea fluxului;

În concluzie, se poate observa din tabelul 3 și rezultatele obținute și prezentate mai sus, că varianta optimă este cea după optimizarea fluxului, chiar dacă costurile totale sunt mai mari cu 81.3\$, profitul realizat este mai mare cu 1418,7\$.

6. Bibliografie

- [1]. <https://ecoprogetti.com/300mw-line>.

CREȘTEREA PRODUCTIVITĂȚII FLUXULUI DE PRELUCRARE ȘI PREGĂTIRE A REPERELOR DIN INDUSTRIA PETROLIERĂ DUPĂ ETAPA DE AUTOMATIZARE

Student: Ing. MORARU Cosmin Marian

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică; Specializarea Logistică Industrială; Anul de studii: Master 2.

e-mai: cosminmoraru1996@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. Nicoleta CĂRUȚAȘU

REZUMAT: În această lucrare, se va prezenta o analiză de creștere a productivității sistemului deja automatizat de prelucrare și pregătire a reperelor din industria petrolieră. În urma simulării automatizării sistemului, s-a observat faptul că acesta poate fi îmbunătățit prin adăugarea mai multor echipamente ce vor servi la producerea mai multor piese. Această optimizare și creștere a productivității se va face în 2 etape, pentru a evidenția creșterea progresivă a productivității.

CUVINTE CHEIE: flux, automatizare, industria petrolieră

1. Introducere

În această lucrare mi-am propus să detaliez și să evidențiez modul în care fluxul de prelucrare și pregătire a reperelor din industria petrolieră, ce a fost automatizat, poate să fie îmbunătățit, acesta fiind următorul și ultimul pas din acest proiect de automatizare. Această analiză de creștere a productivității, s-a realizat cu ajutorul software-ului “Witness”, unde am putut să modelăm, să parametrizăm și să simulăm modul de funcționare a sistemului, și evident de îmbunătățire a acestuia.

2. Optimizarea fluxului și analiza comparativă

Pentru această proiect, a fost realizată o analiză comparativă a elementelor componente ce vor urma să înlocuiască echipamentele neautomatizate, urmată de o analiză de implementare a acestor echipamente automatizate, simulare făcută cu ajutorul programului “Microsoft Project” și la final o simulare și o analiză comparativă a celor 2 fluxuri, automatizat și neautomatizat, pentru a pune în evidență creșterea de productivitate determinată de automatizarea sistemului, realizat cu ajutorul software-ului “Witness”.

Scopul acestei lucrări este acela de a evidenția performanțele aduse unui sistem ce urmează să fie îmbunătățit. Acest upgrade, s-a realizat treptat, în 2 etape succesive unde s-au făcut mai multe modificări, ajustări și adăugiri asupra sistemului automatizat inițial.

Sistemele din componența fluxului inițial sunt prezentate în figura 1.

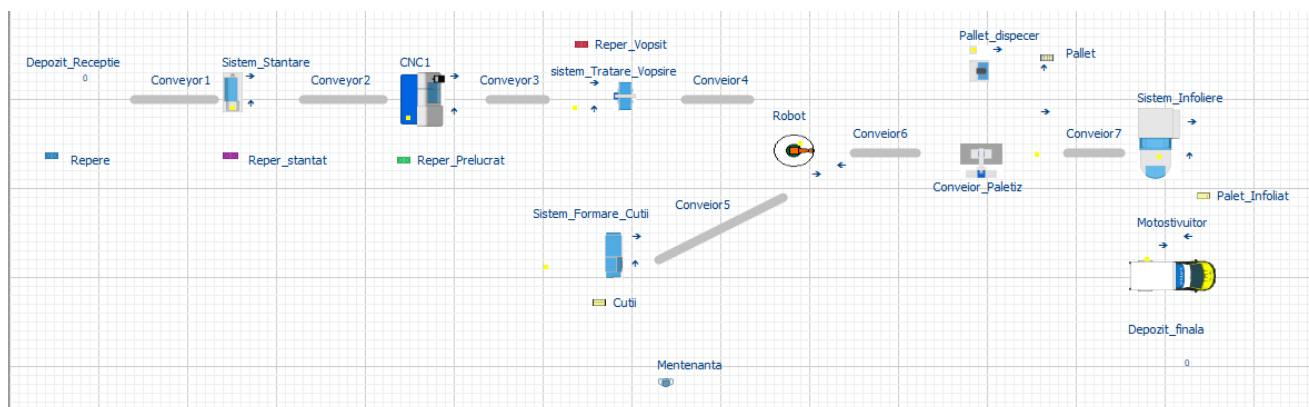


Fig. 1. Sistemul automatizat de prelucrare și pregătire a reperelor din industria petrolieră

Funcționalitatea sistemului

Piesele intră în sistem în zona de stocare inițială (Depozit_Repere) unde sunt preluate de către Conveior1. Aceste repere ajung la sistemul de ștanțare, regăsit în sistem, urmând apoi să fie preluate de către Conveiorul 2, fiind transportate către centrul de prelucrare CNC1. După ce procesul de prelucrare este gata, reperul prelucrat este preluat de către Conveiorul3 către zona de tratare și vopsire. După ce reperul este tratat și vopsit este transportat în zona de preluare a brațului robotizat, cu ajutorul Conveiorului, unde va fi preluat de Robot și introdus în cutiile create de Sistemul de formare al cutiilor, cutii transportate până în zona de preluare a robotului, de către Conveiorul5. După ce Robotul preia reperele și le introduce în cutia gata formată, acesta închide cutia și o preia urmând să o poziționeze pe Conveiorul 6, în vederea paletizării cu Conveiorul de paletizare, deservit cu paleți de către Pallet Dispencer, urmând ca paletul să ajungă pe Conveiorul 7, care îl va transporta către Sistemul de infoliere. După finalizarea infolierii, paletul este preluat de către motostivuitor și transportat în zona finală de depozitate.

Parametrizarea sistemelor

Pentru parametrizarea conveioarelor s-a alocat un timp mediu de tranziție de 1 minut.

Pentru procedura de ștanțare a reperului s-au alocat 30 de minute în prima fază de implementare a sistemului, urmând ca mai apoi, în urma upgrade-ului acest timp să se reducă datorită faptului că sistemul este automatizat.

Pentru procedura de prelucrare, s-au alocat 50 de minute, această valoare păstrându-se și după upgrade-urile ulterioare asupra sistemului.

Pentru parametrizarea sistemului de tratare și vopsire, s-au alocat 20 de minute pentru fiecare reper, acest timp ulterior urmând să fie scăzut, datorită automatizării sistemului.

Pentru Robotul de introducere în cutii a reperelor tratate și vopsite s-a alocat 1 minut per operație.

Pentru Conveiorul de paletizare s-au alocat 5 minute pentru operațiunea de paletizare după ce toate reperele ajung în zona de stocare a acestuia.

Pentru Sistemul de infoliere s-au alocat 3 minute după ce paletul gata creat a ajuns pe platoul sistemului de infoliere.

Pentru parametrizarea reperelor s-au alocat 52 de minute între sosirea a doua 2 repere în depozit, acest parametru urmând a se modifica în urma upgrade-ului, pentru o productivitate mai ridicată.

Pentru parametrizare cutiilor ce intră în sistem, s-au alocat 53 de minute între sosirea a doua cutii, timp ce urmează să scadă în următoarele upgrade-uri.

Pentru a pune în evidență diagnoza sistemului, și performanțele acestuia, s-a prezentat mai întâi prima versiune de upgrade, pentru a urmări și a compara rezultatele oferite de ambele sisteme (figura 2).

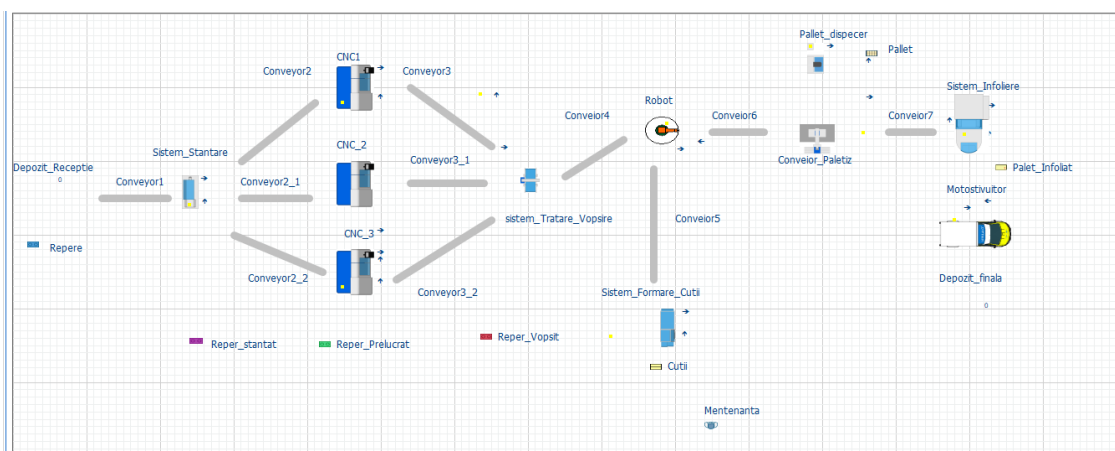


Fig. 2. Prima etapă de upgrade a sistemului de prelucrare și pregătire a reperelor din industria petrolieră

Funcționalitatea sistemului după upgrade

În esență, acest sistem urmează pașii de funcționare a sistemului inițial. De altfel, reperele sunt preluate de către Conveiorul numărul 1 și transportate în Sistemul de ștanțare, de unde, reperele ștanțate, se îndreaptă către

cele 3 puncte de prelucrare CNC cu ajutorul conveioarelor 2, 2_1 si 2_2, in funcție de disponibilitate traiectoriei (adică, dacă unul dintre sistemele de prelucrare este ocupat cu prelucrarea unui reper, urmatorul reper se va îndrepta către următorul punct de prelucrare, și așa mai departe). De aici, revenim la structura primului sistem, reperele fiind preluate de către cele 3 conveioare, 3, 3_1 si 3_2, unde ajung in sistemul de tratare si vopsire. De acolo, reperele tratate si vopsite, sunt preluate de către conveiorul 4, si transportate in zona de lucru a Robotului, care va introduce câte un reper in câte o cutie, cutie furnizată de către sistemul de formare de cutii, cu ajutorul conveiorului 5. După ce robotul închide cutia, acesta ajunge in conveiorul de paletizare cu ajutorul conveiorului 6, unde se formează paletul cu cele 8 cutii pe paletii furnizați de către palet dispencer. După ce procesul de paletizare este finalizat, paletul este transportat de către conveiorul 7 către sistemul de înfoliere, unde este infoliat și preluat de motostivuitoare către zona de Depozitate finală.

Parametrizarea primului upgrade de sistem

Parametrizarea, in proportie de 80% a rămas aceeași față de prima versiune de sistem, cu anumite ajustări asupra reperelor si cutiilor. Cele 2 sisteme de tip CNC adăugate, au primit aceleași parametrizări ca sistemul CNC inițial.

În ceea ce privește intrarea reperelor in sistem, Timpul de sosire a fost redus de la 52 de minute la 22 de minute.

În ceea ce privește intrarea cartoanelor pentru cutii in sistem, timpul de sosire a fost scăzut de la 53 de minute la 22 de minute, evident, pentru a facilita productia.

Tot in aceeasi masură, au fost reduși si timpii de ștanțare, tratare și vopsire. Pentru ștanțarea reperelor, timpul a fost redus de la 30 de minute la 20 de minute, iar pentru sistemul de tratare si vopsire timpul a rămas același.

Având diferențele dintre cele doua fluxuri, evidențiate mai sus, putem face o comparație a performanțelor, principalelor echipamente ale fluxului.

Această comparație de performanță, s-a realizat timp de 9600 de minute, ceea ce reprezintă o luna de lucru, de luni până vineri, timp de 8 ore (figurile 3 si 4 exemple pentru sistemul de ștanțare).

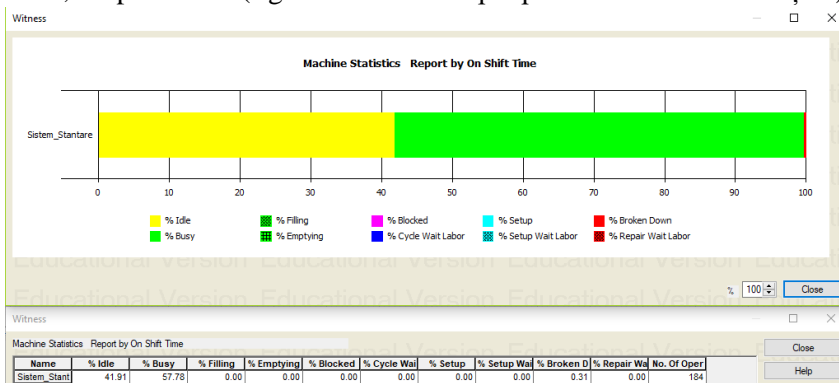


Fig. 3. Statisticile de funcționare ale primului sistem de ștanțare

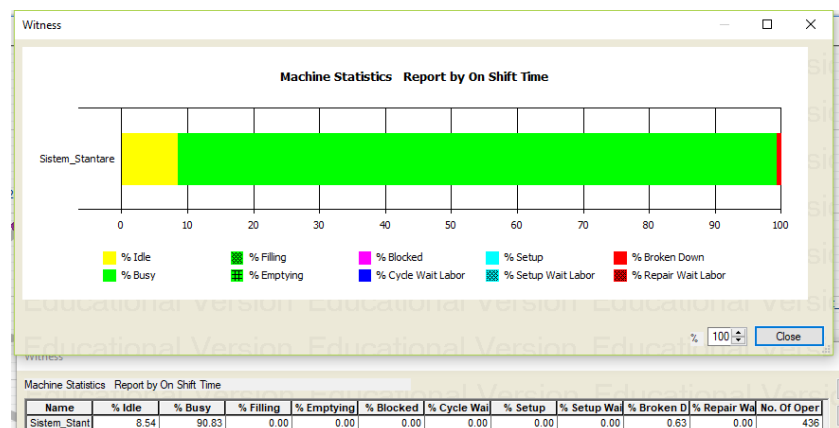


Fig. 4. Statisticile de funcționare ale celui de-al doilea sistem de ștanțare.

După cum se poate observa, in cazul sistemului 2, timpul de așteptare al sistemului de ștanțare s-a redus semnificativ, datorită faptului că acesta, primește mai multe piese într-un interval mai scurt de timp și totodată deservește 3 echipamente de prelucrare de tip CNC.

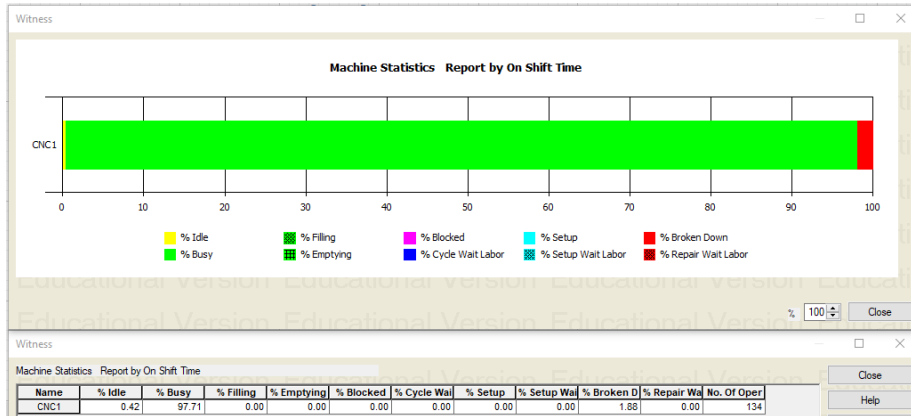


Fig. 5. Statisticile de funcționare ale sistemului CNC din primul sistem.

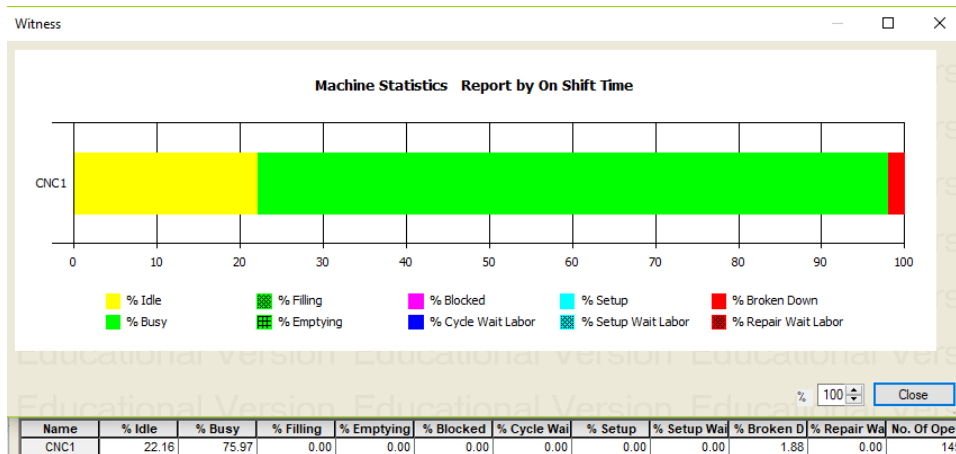


Fig. 6. Statisticile de funcționare ale primului sistem CNC din primul upgrade.

După cum putem observa, in cel de-al doilea sistem avem o majorare de 20% a timpului de așteptare, ceea ce este cât se poate de normal, dar putem deja observa o creștere substanțială în ceea ce privește numărul de operații, deja raportându-ne la un număr triplu de repere prelucrate, ceea ce se va regăsi în rapoartele finale de costuri.

Prin adaugarea celor 2 centre de prelucrare, productivitatea acestui sistem, a crescut semnificativ, cu aproximativ 50%.

În ceea ce privește performanțele următoarelor echipamente, așa cum putem vedea în cazul robotului și sistemului de formare de cutii, acestea au crescut cu câteva procente față de prima versiune a sistemului, ceea ce este normal pentru că în această zonă nu s-au adus îmbunătățiri substanțiale, iar timpul mic de funcționare a acestor echipamente face ca timpul de așteptare pentru produsele furnizate de sistemul de tratare și vopsire să fie destul de ridicat. Acest timp de așteptare, se preconizează a se micșora, la următoarea etapă de upgrade a sistemului.

Analiza primelor 2 sisteme automatizate din punct de vedere al productivității

Din punctul acesta de vedere se vor evidenția rapoartele de productivitate și costuri ale celor 2 sisteme, pe parcursul a 9600 de minute, adică o lună lucrătoare.

Analiza din punct de vedere al productivității este prezentată în următoarele figuri.

Witness

Buffer Statistics Report by On Shift Time

Name	Total In	Total Out	Now In	Max	Min	Avg Size	Avg Time	Avg Delay C	Avg Delay T	Min Time	Max Time
Depozit_final	22	22	0	1	0	0.02	10.00			10.00	10.00

Close
Help
<<

Fig. 7. Raport cu paleții realizați după o perioadă de o lună de activitate cu ajutorul primului sistem automatizat.

Witness

Buffer Statistics Report by On Shift Time

Name	Total In	Total Out	Now In	Max	Min	Avg Size	Avg Time	Avg Delay C	Avg Delay T	Min Time	Max Time
Depozit_final	53	53	0	1	0	0.06	10.00			10.00	10.00

Fig. 8. Raport cu paleții realizați după o perioada de o lună de activitate cu ajutorul celui de-al doilea sistem automatizat

În figurile de mai sus, se pot observa diferențele majore dintre aceste două sisteme, în urma upgrade-ului și a micilor ajustări asupra timpilor de producție. În primul sistem, după o lună de muncă s-au realizat 22 de paleți cu produse finite, pe când în cel de-al doilea sistem s-au realizat nu mai puțin de 53 de paleți, ceea ce rezultă o creștere a productivității de peste 100%, numai după adăugarea a încă 2 sisteme de prelucrare CNC, deci putem concluziona că, investiția ulterioară, este necesară, deoarece, productivitatea crescută, înseamnă profit crescut.

Analiza din punct de vedere a costurilor și profitului:

Cost, Revenue and Sustainability Reports

Revenues	Element	By Quantity	Total
Parts		\$330,000.00	\$330,000.00
Total Revenue		\$330,000.00	\$330,000.00

Costs	Element	Fixed	By Use	By Quantity	Total
Parts		\$0.00		\$3,200.00	\$3,200.00
Machines		\$0.00	\$0.00	\$175,874.00	\$175,874.00
Conveyors		\$1,248.00			\$1,248.00
Buffers		\$192.00	\$0.00		\$192.00
Labor		\$3,456.00	\$0.00		\$3,456.00
Total Cost		\$4,896.00	\$0.00	\$179,074.00	\$183,970.00

Profits	Element	By Quantity	Total
Parts		\$795,000.00	\$795,000.00
Total Revenue		\$795,000.00	\$795,000.00

Costs	Element	Fixed	By Use	By Quantity	Total
Parts		\$0.00		\$3,200.00	\$3,200.00
Machines		\$0.00	\$0.00	\$415,388.50	\$415,388.50
Conveyors		\$1,632.00			\$1,632.00
Buffers		\$192.00	\$0.00		\$192.00
Labor		\$3,456.00	\$0.00		\$3,456.00
Total Cost		\$5,280.00	\$0.00	\$418,588.50	\$423,868.50

Profits	Element	By Quantity	Total
Parts		\$423,868.50	\$423,868.50
Total Revenue		\$423,868.50	\$423,868.50

Profits	Element	By Quantity	Total
Parts		\$146,030.00	\$146,030.00
Total Profit		\$146,030.00	\$146,030.00

Profits	Element	By Quantity	Total
Parts		\$371,131.50	\$371,131.50
Total Profit		\$371,131.50	\$371,131.50

Fig. 9. Raport cu cheltuielile și profitul celor două sisteme automatizate

Așa cum a rezultat și din analiza de productivitate, faptul că productivitatea a crescut cu peste 100%, așa reiese și din analiza din punct de vedere al costurilor, având un profit NET de peste 371 000 de lei în loc de 146 000 de lei, deci putem să concluzionăm că, implementarea celor 2 echipamente CNC în sistem, au un impact foarte mare asupra productivității și profitului.

În continuare, se va prezenta cea de-a doua etapă de upgrade a sistemului de prelucrare și pregătire a reperelor din industria petrolieră, și se vor analiza costurile și productivitatea acestuia.

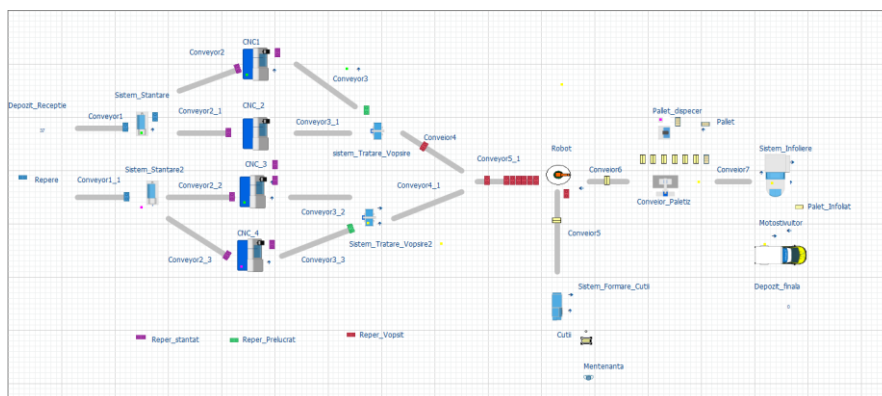


Fig. 10. Imagine de ansamblu a celui de-al doilea upgrade al sistemului

Piesele intră pe flux din sistemele de depozitare prezentate anterior, cu ajutorul a 2 conveioare, Cinveiorul 1 si Conveiorul 1_1 care vor prelua alternativ reperate ce urmeaza a fii stantate cu ajutorul sistemului de stantare 1 si al sistemului de ștanțare 2. Dupa ce reperate sunt ștanțate, Conveioarele 1 si 2_1, preiau reperate ștanțate de către Sistemul de ștanțare 1 si le transportă către primele 2 sisteme de prelucrare de tip CNC, CNC1 si CNC_2. In același timp, Conveioarele 2_2 si 2_3 preiau reperate ștanțate de către sistemul de ștanțare 2, și sunt transportate către următoarele 2 sisteme de prelucrare CNC_3 si CNC_4. De aici, reperate prelucrate de către toate cele 4 sisteme de prelucrare, sunt preluate de conveioarele 3, 3_1,3_2 si 3_3 si sunt transportate către cele 2 sisteme de tratare si vopsire. După ce reperate tratate si vopsite sunt gata, acestea sunt preluate de către conveioarele 4 si 4_1, care vor transfera reperate pe conveiorul 5_1, care are rolul de a deservi cu reperate Robotul de tip braț articulată, care le va introduce in cutiile furnizate de catre sistemul de formare de cutii cu ajutorul Conveiorului 5. După ce reperate sunt introduse în cutii, a doua variantă de upgrade, sistemul urmeaza pasii prezentati in primele 2 versiuni ale sistemului, fara mari modificări asupra acestuia.

Parametrizarea sistemului:

Din punct de vedere al parametrizării, s-a modificat timpul de intrare in sistem al cutiilor si reperate, și s-a redus timpul operatiei de stantare de la 15 minute la 20 de minute.

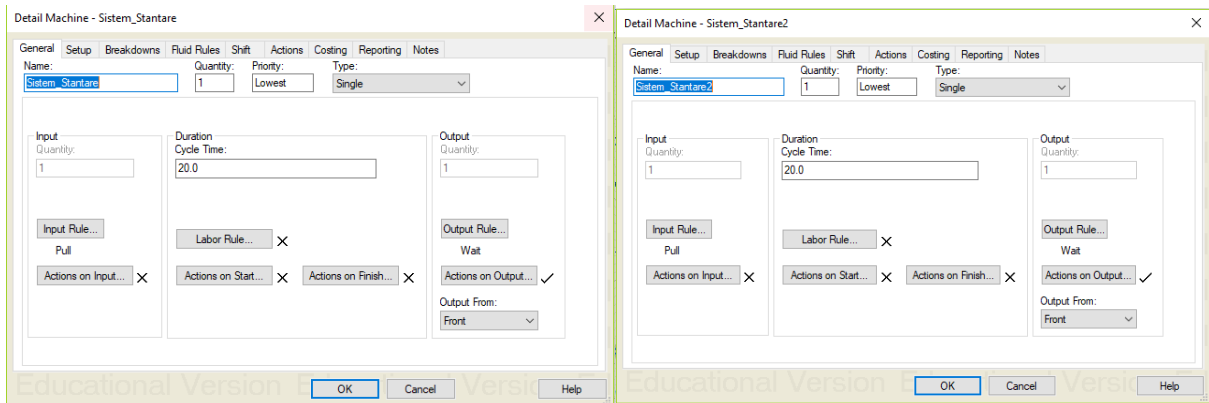


Fig. 11. Parametrizarea celor doua sisteme de stantare dupa al doile upgrade al sistemului

În ceea ce privește sosirea in sistem a reperate si cutiilor, timpul a scăzut considerabil, datorită adăugării mai multor sisteme de producție, astfel ca timpul de intrare în sistem a scăzut de la 22 de minute la 17 minute pentru reperate, respectiv 17 minute pentru intrare cutiilor în sistem.

Din punct de vedere al statisticilor de performanță, după 9600 de minute de funcționare, s-au obținut urmatoarele valori, care sunt mai mici in raport cu primul upgrade al sistemului, acest lucru datorându-se faptului ca s-au adăugat încă 2 sisteme, un sistem de ștanțare si un sistem de tratare si vopsire, astfel că s-a echilibrat fluxul.

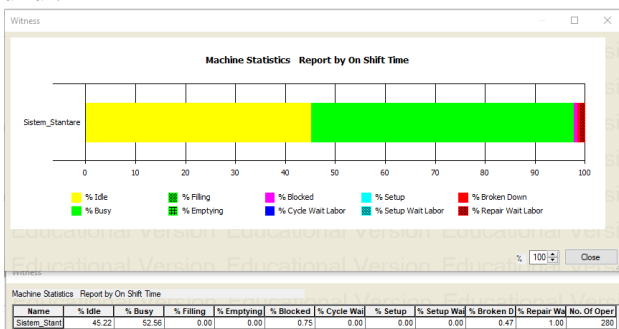


Fig. 12. Statisticile de performanță pentru primul sistem de ștanțare

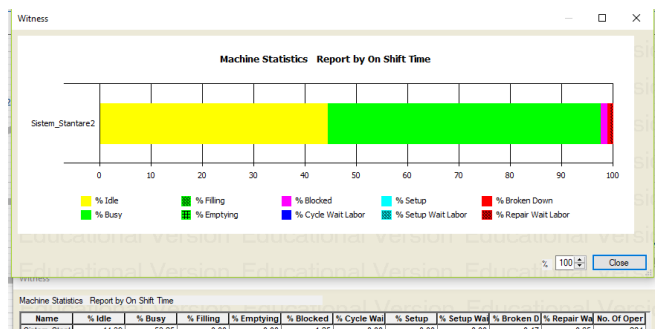


Fig. 13. Statisticile de performanță pentru al doilea sistem de ștanțare

După cum se poate observa, făcând o comparație cu primul upgrade, timpul de așteptare pentru sisteme a crescut, deoarece acum fiecare sistem de ștanțare deservește câte 2 mașini, totodată receptând semifabricatele din același sistem de depozitare.

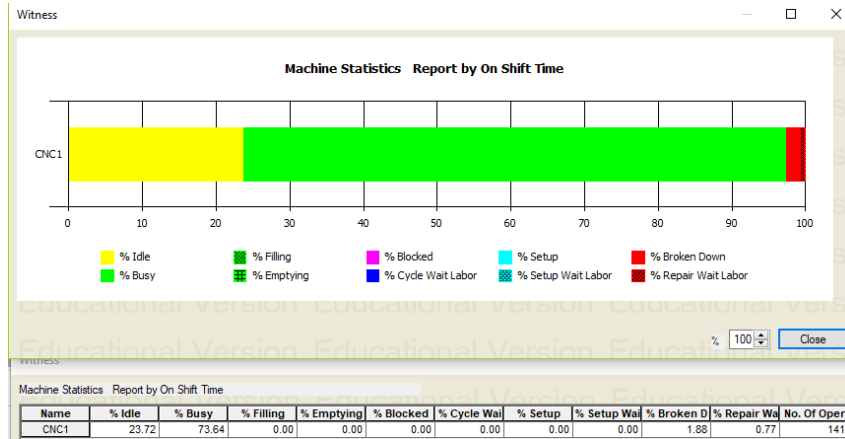


Fig. 14. Statisticile de performanță ale primului sistem de prelucrare CNC

După cum se poate observa, toate cele 4 sistemele de prelucrare CNC, au in medie 72% din timpul de lucru ocupat cu prelucrarea reperelor si aproximativ 25% din timp acestea asteaptă pentru sosirea unui nou reper de prelucrare, restul de 3% din timp, fiind alocat pentru mentenanță si eventuale blocaje.

In cazul sistemelor de tratare si vopsire, timpul de așteptare s-a mărit, cu o productivitate de 58% din timpul de funcționare.

Din punct de vedere al analizei de productivitate pentru al doilea upgrade, in cele 9600 de minute de funcționare, s-au obținut urmatoarele valori prezentate in figura 15.

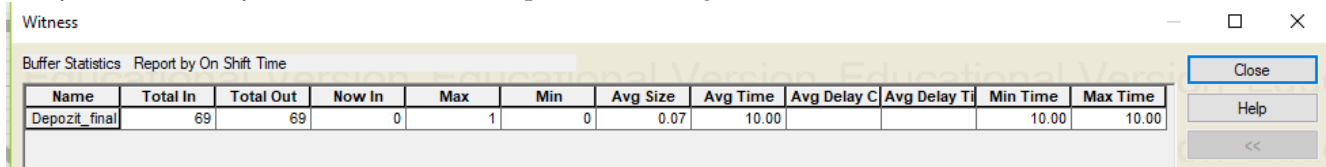


Fig. 15. Raport cu paletii obținuti din sistem după 9600 de minute de funcționare

În ceea ce privește analiza de productivitate se poate observa o majorare de 16 paleti, față de upgrade-ul anterior, astfel că in loc de 53 de paletii, s-au obținut 69 de paletii, chiar dacă pe componentele fluxului s-au regasit timp de asteptare mai mari.

Cost, Revenue and Sustainability Reports

Revenues	Element	By Quantity	Total
	Parts	\$1,035,000.00	\$1,035,000.00
Total Revenue		\$1,035,000.00	\$1,035,000.00

Costs	Element	Fixed	By Use	By Quantity	Total
	Parts	\$0.00		\$3,200.00	\$3,200.00
	Machines	\$0.00	\$0.00	\$538,482.50	\$538,482.50
	Conveyors	\$672.00		\$0.00	\$672.00
	Buffers	\$192.00	\$0.00	\$0.00	\$192.00
	Labor	\$3,456.00	\$0.00	\$0.00	\$3,456.00
Total Cost		\$4,320.00	\$0.00	\$541,682.50	\$546,002.50

Profits	Total
Profit Total	\$488,997.50

Fig. 16. Raport cu costurile si profitul sistemului după cele 9600 de minute de lucru

În ceea ce privește analiza din punct de vedere al costurilor, fiind o creștere exponențială, și suma investită s-a majorat la 1000000 de lei, dar cu un profit net de aproape 500000 de lei, mai exact 488 997 lei, în urma celui de-al doilea upgrade, cu aproximativ 110000 de lei mai mult fata de prima versiune de upgrade.

4. Concluzii

Sistemul se poate modifica si îmbunătății în nenumarate moduri pentru a crește productivitatea si profitul companiei. Aceste upgrade-uri sunt practic nelimitate, deoarece parametrii de performanță se actualizează si modifică la fiecare adaugare de echipamente.

După această creștere de productivitate, se poate observa că doar în 2 etape, profiturile nete au crescut de la aproximativ 146000 de lei, la aproape 500000 de lei, si de la o productivitate de 22 de la paleti la 69 de paletii, realizați într-o lună de muncă, astfel că procentul de productivitate este de aproximativ 200%-300%.

Astfel, la finalul proiectului de realizare a automatizării sistemului de prelucrare si pregătire a reperelor din industria petrolieră, se poate concluziona faptul că această automatizare garantează un profit mai mare de pe urma producției, profit din care se poate reinvesti constant pentru a aduce in permanenta crestesteri de performanta si profit.

5. Bibliografie

- [1]. Edward Michlowicz, and Katarzyna Smolińska, The Use of the WITNESS Simulator for Improving Flows in a Complex Production System, Computational Technologies in Engineering (TKI'2018)
- [2]. https://www.addlink.es/images/pdf/WITNESS_Simulation_Software_Paper_lr.pdf

OPTIMIZAREA SISTEMELOR DE DEPOZITARE FOLOSIND METODA FIFO

Daniela-Mariana ILIE

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Anul de studii:master II,

e-mail: daniela_ilie96@yahoo.com

Conducător științific: Ș.l.dr.ing. **Adrian POPESCU**

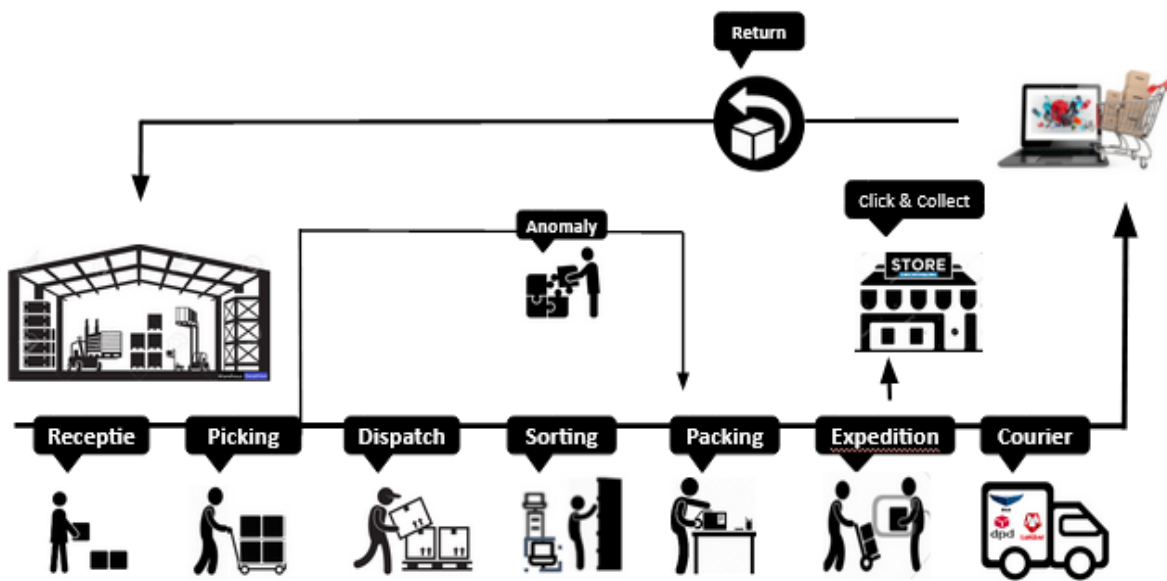
REZUMAT: În cadrul lucrării se prezintă metoda de optimizare a unui flux din cadrul depozitului precum și calculele necesare realizării acestui proces. De asemenea, se dorește optimizarea acestui flux pentru o funcționare optimă pe o perioadă îndelungată de timp a tuturor sistemelor integrate în cadrul depozitului.

Lucrarea constă în prezentarea întregului management al depozitului, modalităților de optimizare a fluxurilor și nu în ultimul rând prezentarea simulării echipamentelor optimizate.

CUVINTE CHEIE: depozit, automatizare, echipamente automatizate, produse, optimizare.

1. Introducere

În cadrul oricărui depozit se regăsește un flux logistic alcătuit din următoarele procese: preluarea și recepția mărfii, picking, sortarea, depozitarea și stocarea produselor și nu în ultimul rând livrarea acestora. Astfel, pentru acest tip de depozit, fluxul informatic al unei comenzi parcurge următoarele etape:



Optimizarea sistemelor de depozitare folosind metoda FIFO

Fig.1 Fluxul unei comenzi in cadrul depozitului

Pentru optimizarea spatiului din cadrul depozitului sunt utilizate rafturile metalice. Acestea pot fi create astfel incat sa se potriveasca perfect spatiului din depozit. De asemenea, ele pot fi realizate pentru a suporta greutatea specifica astfel incat sa se potriveasca perfect nu numai spatiului cat si necesitatilor de stocare.

Un sistem de rafturi tip Mezzanine poate ajuta la maximizarea spatiului si poate aduce imbunatatiri asupra productivitatii. Lipsa spatiului pentru depozitare este inevitabila pentru toate depozitele de stocare.

Rafturile metalice gravitationale sunt rafturi dinamice si sunt considerate cea mai optima solutie in materie de depozitare marfurilor

paletate. Aceste rafturi gravitationale reprezinta o economie la maxima a spatiului. Rafturile metalice gravitationale sunt un sistem de depozitare tunelizat (drive-in), datorita sistemului FIFO sunt recomandate in special acolo unde exista un flux continuu de manevrare al paletilor sau un volum mare de paleti cu marfuri similare

Caracteristici:

- Structura modulara;
- Optimizarea spatiului disponibil;
- Reduce timp pentru manevrare;
- Adaptare la depozitarea cutiilor sau a paletilor;
- Compatibilitate cu fiecare nivel pe inaltime;
- Rutarea perfecta a marfurilor (FIFO).

Spațiul unui depozit poate fi optimizat prin respectarea următoarelor principii:

- Depozitarea mărfurilor corespunzător proprietăților de utilizare;
- Alocarea unor spații izolate pentru mărfurile cu proprietăți particulare (temperatură, umiditate);
- Punerea la dispoziție a rafturilor de păstrare cu funcțiile principale pe care le îndeplinește depozitul;
- Asigurarea circulației tuturor mărfurilor stocate în depozit.



Fig.2



Fig.3 Rafturi metalice

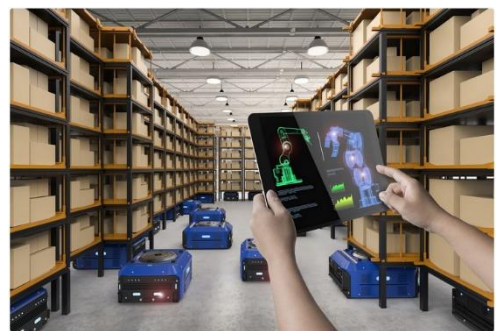


Fig.4 Depozitarea marfurilor

Deoarece in cadrul depozitului pot fi utilizate atat conveioarele cu role cat si cele cu banda, intregul flux contine ambele tipuri de echipamente alaturi de AGV-urile integrate in activitatea zilnica cat si de celelalte echipamente utilizate in procesul de realizare a unei comenzi.

2. Prezentarea intregului flux

Imaginea de mai jos evidentiaza intregul flux din cadrul depozitului precum si numerotarea fiecarui echipament. De asemenea, sunt puse in evidenta si elementele componente ale fluxului, cat si delimitarea fiecarei zone.

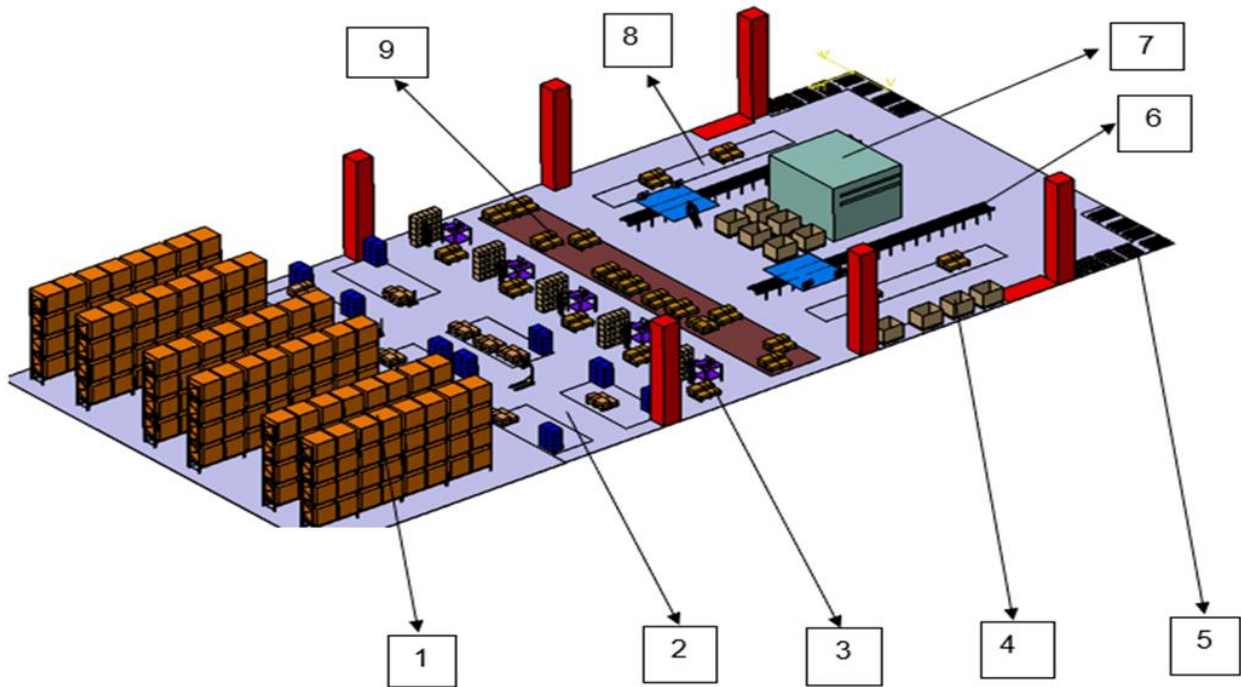


Fig.5 Fluxul din cadrul depozitului

Tabelul 1. Elementele componente ale fluxului

Numar element	Denumire
1.	Rafturi
2.	Dispatch
3.	Zona de sortare a produselor ajunse din picking
4.	Zona destinata consumabilelor
5.	Zona de expeditii
6.	Conveior cu role
7.	Echipament care realizeaza impachetarea comenzilor
8.	Buffer pentru produsele voluminoase
9.	Buffer

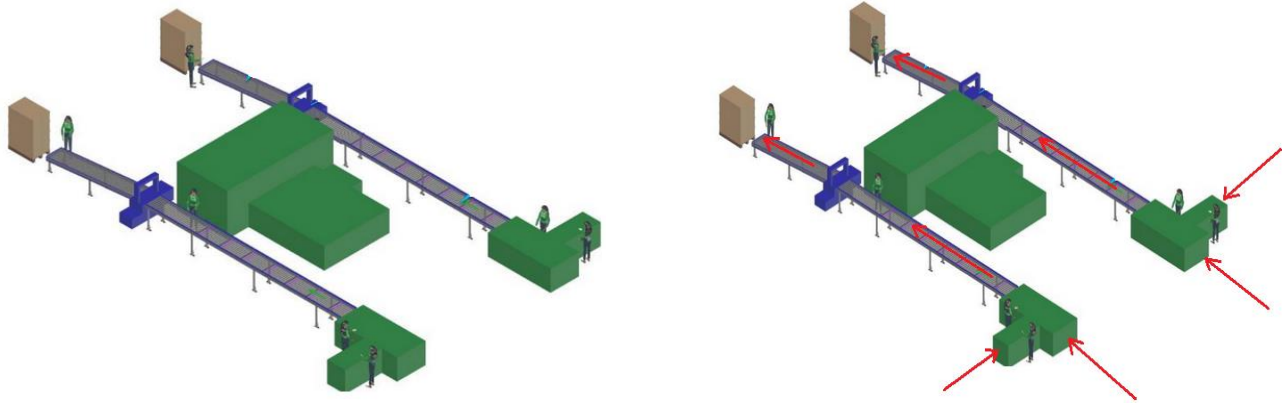


Fig.6 Vederea 3D a intregului flux si ilustrarea sensului de transport

Figura de mai sus ilustreaza vederea de ansamblu a intregului proiect, precum si sensul de orientare al conveioarelor, produselor si nu in ultimul rand al echipamentului care realizeaza impachetarea automata a produselor mici.

De asemenea, intreaga linie este alcatuita din: doua statii cu ajutorul carora se realizeaza scanarea manuala a produselor precum si inregistrarea acestora in sistem, doua conveioare cu role care au rolul de a transfera produsele de la statia de scanare pana in dreptul echipamentului care realizeaza impachetarea automata, un sistem cu banda strap (acest sistem aplica automat deasupra cutiilor banda stretch astfel incat sa ofere mai multa stabilitate coletului), doua conveioare cu role gravitationale utilizare pentru transferul comenzilor in zona destinata procesului de expeditii si nu in ultimul rand doi paleti pe care sunt pozitionate comenzile pregatite pentru livrare.

Totodata, cand produsele ajung in dreptul echipamentului care realizeaza ambalarea automata a produselor, pe cutie este lipita in mod automat si eticheta aferenta comenzii respective astfel incat cand ajunge in zona de expeditii aceasta sa poata fi scanata cu usurinta iar apoi preluata de catre firma de curierat in vederea livrarii clientului final.



Fig.7 Echipamentul care realizeaza automat adaugarea benzii strap deasupra coletelor

3. Calculele necesare pentru optimizarea sistemului

Optimizarea sistemelor de depozitare folosind metoda FIFO

Pentru optimizarea intregului sistem au fost realizate calcule ce implica productivitatea sistemului existent, volumul de lucru precum si spatiul disponibil pentru reorganizarea zonei respective.

Astfel, intregul sistem poate fi optimizat doar daca productivitatea o sa fie mai mare iar timpul de lucru aferent procesului respectiv scade semnificativ. De asemenea, optimizarea sistemului pune in evidenta si calculul pentru numarul de platforme disponibile in cadrul unui depozit, capacitatea maxima a echipamentului dar si a fortei de munca (operatorilor umani).

Volumes Quantités:												
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Volumes PAYS											0	
croissance pays				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
Part @com												
Volumes @com PAYS	1,011,138	2,311,224	2,512,308	3,171,954	4,123,541	4,989,485	5,887,593	6,829,607	7,922,344	8,951,423	0	
croissance @com		128.58%	8.70%	26.26%	30.00%	21.00%	18.00%	16.00%	16.00%	12.99%	-100.00%	
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Plateforme 1	1,011,138	2,311,224	2,512,308	3,171,954	4,123,541	4,989,485	5,887,593	6,829,607	7,922,344	8,951,423	0	
croissance			8.70%	26.26%	30.00%	21.00%	18.00%	16.00%	16.00%	12.99%	-100.00%	
Typologie d'articles												
STD	83.00%	839,245	1,918,316	2,085,216	2,632,722	3,422,539	4,141,273	4,886,702	5,668,574	6,575,546	7,429,681	0
HETE	2.30%	23,256	53,158	57,783	72,955	94,841	114,758	135,415	157,081	182,214	205,883	0
VOLU	12.00%	121,337	277,347	301,477	380,634	494,825	598,738	706,511	819,553	950,681	1,074,171	0
VELO	2.70%	27,301	62,403	67,832	85,643	111,336	134,716	158,965	184,399	213,903	241,688	0

Fig.8 Calculul volumelor si platformelor disponibile pentru fiecare an

Subgrup	Productivitate	TOTAL		M1		M2		M3		M4	
		QTY	CMD	QTY	CMD	QTY	CMD	QTY	CMD	QTY	CMD
		336,547	121,246	93,575	33,977	81,272	29,293	161,700	57,976	0	0
ANOM	15	6,823	945	3,023	426	2014	232	1,786	287		
BIKE	10	1,707	495	147	47	256	88	1,304	360		
MBIK	20	736	736	181	181	209	209	346	346		
MHET	20	1,682	1,682	556	556	465	465	661	661		
MONO	40	39,346	39,346	12,804	12,804	10698	10,698	15,844	15,844		
MVOL	20	9,515	9,515	2,017	2,017	1699	1,699	5,799	5,799		
STAN	30	200,089	50,919	59,342	14,984	53626	13,509	87,121	22,426		
VOLU	20	76,649	17,608	15,505	2,962	12305	2,393	48,839	12,253		
		28.13	2.78	28.90	2.75	29.08	2.77	27.21	2.79	#DIV/0!	#DIV/0!

Fig 9. Calculul pentru numarul total de comenzi precum si cantitatea de articole aferenta fiecarui tip de produs

Obiectivele acestei optimizari presupun:

- Scaderea timpului de realizare a procesului de picking;
- Scaderea timpului de impachetare a unei comenzi;
- Scaderea costului pentru consumabilele utilizate;
- Marirea flexibilitatii sistemului;
- Utilizarea optima atat a echipamentelor din cadrul sistemului cat si a personalului.

Totodata, pentru ca sistemul sa fie cat mai optim se doreste ca etapele ce implica realizarea unei comenzi sa fie in mod succesiv astfel incat timpul de deplasare al unui operator sa fie redus.

Optimizarea sistemelor de depozitare folosind metoda FIFO

	2021	2022	2023	2024	2025
Orders	800000	1015319	1289455	1565320	1798199
Qty	2400000	3045957	3868365	4695960	5394597
Share of Packszie	15%	16%	17%	18%	20%
Orders with Packsize	120000	162451	219207	281758	359640
Qty with packsize	360000	487353	657622	845273	1078919
Productivity manual	25	25	25	25	25
Working hours	19200	24368	30947	37568	43157
Working hours with Packsize	8128	12192	16256	16256	16256
Cost by hour	42	45	47	48	49
Manual Human Cost	806400	1096545	1454505	1803249	2114682
Packsize human cost	341376	548640	764032	780288	796544
Saving on Human cost	465024	547905	690473	1022961	1318138
Cost of Packsize machine	0	0	0	0	0
Installation cost	9760	9760	9760	9760	9760
Maintenance cost	0	0	0	0	0
Cost of convoyor + strapping machine	39040	39040	39040	39040	39040
Electricity	2016	2117	2223	2334	2450
Surface	890	890	890	890	890
Surface cost	24920	25810	26700	27590	28480
Additional works (electricity, data cables etc.)	19520	19520	19520	19520	19520
Total Building cost for packsize	95256	96247	97243	98244	99250
Carton usage Packsize	170400	230680	311274	400096	510689
Cost of carton boxes Packsize	426000	576701	778186	1000239	1276721
Transport cost	112497	118122	124028	128989	132859
Carton cost manual	240000	324902	438415	563515	719280
Carton extra cost	298497	369921	463799	565713	690300
Total cost saving	71271	81737	129431	359004	528587

Fig.10 Calculul fiecarui echipament din cadrul intregului flux

Figura de mai sus pune in evidenta calculul pe 3 ani pentru fiecare echipament inclus in cadrul fluxului, precum si productivitatea care se doreste sa se obtina aceasta perioada.

De asemenea, pentru ca activitatea desfasurata sa fie optimizata trebuie sa se tina cont de toate detaliile fluxului, precum: calculul privind electricitatea, suprafata disponibila, costul in ceea ce privesc operatorii umani, costul consumabilelor pentru impachetarea comenzilor, costurile pentru mentenanta, costul transportului si nu in ultimul rand costurile suplimentare care pot aparea dupa implimentarea sistemului.

Pe langa aceste costuri esentiale pentru a optimiza un sistem, in cazul in care se doreste sa se includa si alte echipamente pentru imbunatatirea performantelor activitatii trebuie sa se tina cont de costul conveioarelor, costul transportului echipamentelor si nu in ultimul rand de costul de mentenanta.

4. Optimizarea sistemului

Optimizarea sistemului include extinderea zonei de operare si introducerea in activitatea desfasurata zilnic a unor AGV-uri care sa realizeze in mod automat picking-ul in functie de produsele comandate de catre fiecare client.

Optimizarea sistemelor de depozitare folosind metoda FIFO

De asemenea, aceste AGV-uri isi urmeaza traiectoria dupa mai multe coduri QR astfel incat sa nu existe posibilitatea tamponarii acestora. Fiecare AGV este prevazut cu un raft rotativ cu ajutorul caruia reuseste sa aduca din picking toate articolele cerute de sistem.

Totodata, in cadrul depozitului produsele sunt impartite in mai multe categorii, precum: produse voluminoase, produse de dimensiuni mici si mijlocii si grupate in functie de furnizorul de la care provin. In acest caz, AGV-ul dispune de un sistem informatic care il ajuta sa identifice exact produsul pentru care trebuie sa se realizeze procesul de picking, unde este localizat si la ce adresa trebuie sa ajunga astfel incat sa fie utilizata si metoda FIFO.



Fig 11. Optimizarea procesului de picking folosind metoda FIFO

Algoritmul adaptiv al parametrilor de control al mișcării, bazat pe modelul de control de înaltă eficiență, realizează mișcările autonome și eficiente ale diferitelor tipuri de roboți inteligenți, cu o viteză mare și funcționare stabilă.

Avantaje

- Parametrii de mișcare sunt adaptivi;
- Deciziile de siguranță a mișcării pentru a evita coliziunile;
- Planificarea lină a traiectoriei: planificarea flexibilă a accelerației și decelerării traiectoriei țintă sunt urmărite cu precizie de către controlere multi-tip pentru a asigura o funcționare lină.

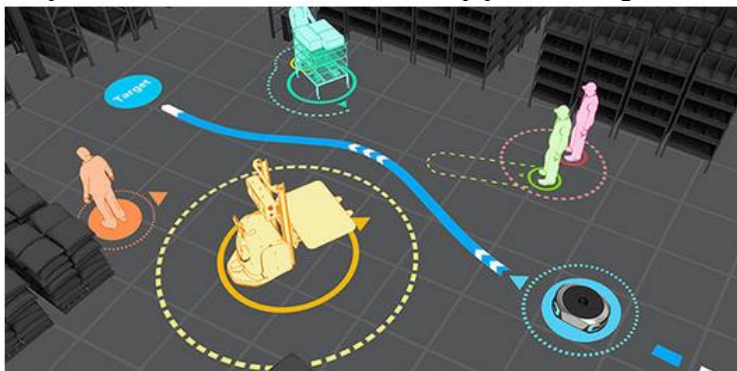


Fig.12. Controlul miscarii si deplasarii AGV-urilor

Importanta WMS-ului utilizat in cadrul procesului de optimizare a intregului flux din depozit

Cu ajutorul unui WMS pot fi optimizate procesele din cadrul depozitului deoarece dispune de urmatoarele avantaje:

- Așezarea mărfurilor dinamic pe rafturi. Acest lucru presupune că mărfurile nu vor mai fi grupate pe categorii sau furnizori ci vor fi puse oriunde în depozit, softul știind unde au fost puse și de unde trebuie luate. Astfel, ajută la un grad de încărcare mai mare al depozitului.
- Trasabilitatea. Cu ajutorul WMS-ului se va ști oricând cine ce operație a făcut și ce produs a ajuns la ce client, deoarece prin scanare softul înregistrează locația, produsul, persoana, comandă, timpul de execuție.
- Măsurarea activităților, proceselor și introducerea de indicatori de performanță KPI.
- Picking mai rapid și cu greșeli minime. Datorită algoritmilor de optimizare a rutelor de picking soluțiile WMS ajută personalul să aleagă mai rapid comenzile. De asemenea se reduce la minim numărul de erori deoarece nu se mai fac inversiuni sau identificări greșite de produse datorită faptului că acestea se scanează.

5. Concluzii

Optimizarea unui depozit consta in eficientizarea timpului de pregatire a comenzilor, timpul de receptie a produselor dar si modalitatea de obtinere a comenzilor finale intr-o varianta cat mai rapida. Astfel, pentru a optimiza toate aceste procese este necesar sa fie incluse cat mai multe echipamente automatizate astfel incat sa creasca productivitatea.

De asemenea, toate comenzile din depozit sunt pregatite cu ajutorul unui software WMS, iar articolele aferente comenzii respective sunt distribuite pentru a fi preluate conform metodei FIFO.

Pentru realizarea tuturor activitatilor si satisfacerea nevoilor tuturor clientilor intr-un timp cat mai scurt, in cadrul depozitului sunt implementate anumite metode astfel incat activitatea sa se desfasoare rapid, corect si punctual. Produsele sunt preluate conform metodei FIFO – primul produs intrat este primul produs livrat din cadrul depozitului si pregatite pentru livrare intr-un timp optim.

In cadrul acestei lucrari a fost aleasa metoda FIFO deoarece permite o automatizare crescuta si reducerea riscurilor de erori, pierderi si costuri in desfasurarea activitatii tuturor proceselor.

6. Bibliografie

- [1] <https://www.geekplus.com/technology/ai>
- [2] <https://www.geekplus.com/product/picking>
- [3] <https://trans.info/ro/logistica-4-0-wms-si-optimizarea-in-depozite-119519>
- [4] <https://smartid.ro/ro/solutii/logistica/pick-to-light/>
- [5] <https://www.geekplus.com/product/picking>
- [6] Automation and organisation of warehouse and order picking systems, (Michel ten Hompel)
- [7] Metode pentru depozite, Kees Jan Roodbergen

„RESEARCH REGARDING SMART DEVICES FOR DIABETICS”

PANAITE Andreea Lăcramioara

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotica, Specializarea: Echipamente pentru terapii de recuperare,
anul de studii: 2020-2021, e-mail: andreeapanaite98@yahoo.com

Coordonator științific: Prof.dr.ing. Cristina MOHORA, Departamentul RSP

Diabetes is an endocrinological disorder which affects the levels of blood sugar in the human body. The complications of this illness are often severe, the patient may lose parts of the body such as members or fingers because of diabetic gangrene. In this project of scientific research I chose to approach a prophylaxis method which prevents the issues of gangrene. The method I detailed is a product that incorporates a smart device that measures the extremity temperature and humidity and informs the bearer about his condition before it is too late. I analysed some other devices that could and should be integrated in the life of people suffering from diabetes and which, could in turn provide a quality of life improvement in long term usage, furthermore the research paper takes into account economical and social aspects of the disease such as the monthly cost of managing a diabetic patient and the psychological impact the disease has in the life of the individual, I also did a poll on a restricted sample.

CUVINTE CHEIE: diabet, șosete, gangrenă, arduino, senzori

1. Introducere

1.1. Motivația de alegere a temei de cercetare

În zilele noastre diabetul ca și patologie cronică își croiește drum în viața tuturor categoriilor de vârstă, de la copii la tineri adulți, dar în special la vârstnici. Fiecare dintre noi s-a întâlnit măcar o dată cu diabetul de-a lungul vieții, îl regăsim în cunoștințe, prieteni și chiar membrii ai familiei, persoane apropiate nouă care duc o luptă zilnică cu această boală.

Am ales această temă de cercetare științifică deoarece diabetul în progresia să modifice viața persoanei afectate, devenind de-a lungul timpului o dizabilitate, atunci când pacienți nu-și mai pot desfășura activitatea zilnică neîntreruși, ulterior ajungând la incapacitate, moment în care autonomia bolnavului este compromisă.

1.2. Importanța în domeniu

Lucrarea prezentată în cadrul acestor rânduri are scopul de a îmbunătăți calitatea vieții în rândul diabeticilor aflați în stadii avansate ale bolii, astfel ajutând la păstrarea integrității aparatului locomotor, la evitarea amputațiilor, prevenirea depresiei legate de incapacitate și pe termen lung îmbunătățirea prognosticului global al pacientului.

Luând în considerare totalitatea informațiilor prezentate anterior, am decis ca în cadrul lucrării să elaborez un dispozitiv pentru monitorizarea temperaturii la nivelul membrelor inferioare în cazul pacienților diabetici, pentru a putea prevenii astfel gangrena diabetică, patologie discutată ulterior în cadrul acestei lucrări de cercetare. Acest dispozitiv este reprezentat de un ansamblu de tip senzor de măsurare a temperaturii, cu aspect asemănător unor șosete, aspect care are un rol atât de practicalitate cât și de integrare a unui dispozitiv de natură medicală într-un articol cu care beneficiarul este familiarizat. În prezent, acest dispozitiv nu este disponibil în România, însă eu consider că ar fi benefică introducerea acestuia pe piață deoarece utilitatea sa ar justifica decontarea din partea statului, iar prevenirea amputărilor ar reduce costurile spitalizărilor în cazul diabeticilor pe termen lung.

1.3. Generalități privind diabetul zaharat și funcțiile endocrine și exocrine ale pancreasul

Diabetul reprezintă una dintre bolile cu o frecvență covârșitoare în rândul populației din întreaga lume, dacă ar fi să urmărim însă statisticile strict din Uniunea Europeană putem observa că acesta se situează pe o poziție îngrijorătoare în topul cauzelor de deces din anul 2016 cu aproximativ 30 de decese din rândul sexului masculin și aproximativ 20 în rândul femeilor, raport efectuat la 100.000 de locuitori.

Pentru a putea înțelege mecanismele fiziopatologice care determină apariția diabetului trebuie să amintim bazele anatomice și fiziologice.

Pancreasul este un organ abdominal cu localizare retroperitoneală (peritoneul reprezintă o foiță de țesut care căptușește cavitatea abdominală). Acesta este format dintr-un cap, un corp și o coadă pancreatică și are o funcție dublă atât endocrină cât și exocrină.

Funcția exocrină a pancreasului este determinată de secreția enzimelor pancreatice, cu un rol foarte important în procesul digestiv al alimentelor. Dintre cele mai importante, amintim amilaza (cu rol în digestia glucidelor), lipaza (cu rol în emulsionarea lipidelor) și proteaza (cu rol în digestia proteinelor și a aminoacizilor). Acest rol de glandă exocrină a pancreasului este deosebit de important deoarece o funcționare deficitară poate determina afectarea funcției endocrine.

Funcția endocrină a pancreasului este determinată de secreția de insulină și glucagon; cele două fiind secretate la nivelul unor formațiuni celulare denumite celule pancreatice Langherhans α 20%(glucagon) și β 80%(insulina).

Glucagonul este un hormon hiperglicemiant, a cărui principală funcție este de a contrabalansa secreția de insulină și de a crește glicemia.

Insulina este principalul hormon hipoglicemiant al organismului, acesta având roluri semnificative atât în metabolismul glucidic cât și în cel lipidic și proteic. Demn de menționat este faptul că insulina este un puternic hormon anabolizant (stimulează creșterea și dezvoltarea unor multitudini de structuri celulare și tisulare).

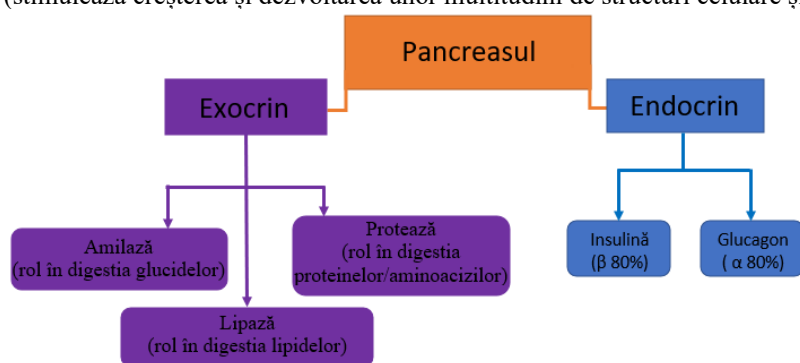


Fig 1.1. Exemplificarea vizuală a funcției endocrine și exocrine a pancreasului

Aspectele fiziologice și anatomice prezentate anterior reprezintă piatra de temelie în înțelegerea patologiei pancreasului endocrin, mai exact diabetul zaharat, patologie foarte complicată de natură cronică cu o evoluție de ordinul deceniilor, a cărei răsunet organic se poate evidenția la nivelul principalelor aparate și sisteme.

Astfel, diabetul zaharat poate fi clasificat în următoarele categorii:

- diabet zaharat de tip 1 (insulinodependent)- afectează 5-10% din pacienți, are ca trăsătură caracteristică deficitul absolut de insulină, datorat prezenței de autoanticorpi (anticelule beta și antiinsulină) care determină distrugerea celulelor beta, deci, prin urmare, acestea nu mai pot produce insulină, apare în primele decade de viață, un procent de 10% dintre acești pacienți nu prezintă markeri de imunitate și astfel diabetul în cazul acestora este clasificat sub denumirea de diabet zaharat tip 1-idiopatic;
- diabet zaharat de tip 2 (neinsulinodependent)- afectează 90% din pacienți, apare datorită alterării secreției de insulină, astfel determinând apariția insulinorezistenței, poate apărea la orice vârstă, mai frecvent după 40 de ani și cu o incidență mai mare în cazul persoanelor supraponderale;
- diabetul gestational -este diabetul care apare pe parcursul perioadei de gestație și are ca și cauză modificarea secreției de insulină ce se datorează nivelurilor hormonale fluctuante.

După mențiunile anterioare diabetul zaharat este o boală cronică cu o evoluție îndelungată, dar și un număr important de complicații, dintre care amintim:

- Microangiopatia diabetică- reprezintă afectarea în timp a membranelor bazale capilare (vase de sânge de calibru microscopic), mai exact a capilarelor, arteriolelor și venulelor; aceste perturbări având manifestări clinice la nivel renal, ocular și nervos; acest ansamblu fiind regăsit în patologii de mai jos.
- Nefropatia diabetică- reprezintă totalitatea manifestărilor apărute la nivel renal în cazul pacienților cu diabet zaharat și este principala cauză de boală cronică de rinichi la pacienții diabetici.
- Retinopatia diabetică- este o complicație a diabetului care apare după 20-30 de ani de evoluție a acestuia și poate determina leziuni la nivel ocular de grade de extindere diferite, printre cele mai grave amintim dezlipirea de retină, glaucomul și ischemia.
- Neuropatia diabetică- reprezintă patologia asociată diabetului zaharat, în cadrul căreia apar tulburările neurologice. Afectarea neurologică poate fi datorată fie ischemiei, fie modificărilor de natură diabetică.

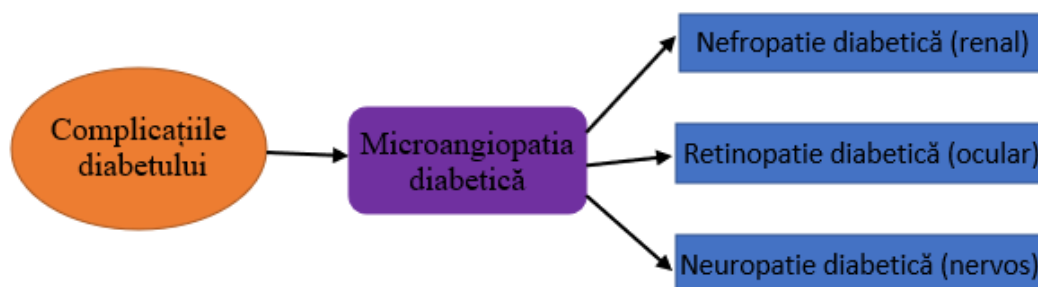


Fig 1.2. Exemplificarea vizuală a complicațiilor diabetului

Neuropatia diabetică poate fi clasificată la rândul său în polineuropatie și în neuropatie focală și multifocală. În cadrul acestei lucrări de cercetare științifică un interes deosebit îl reprezintă polineuropatia diabetică. Acest tip de neuropatie afectează în stadiile incipiente nervii lungi, astfel apar manifestări în regiune distala a membrului inferior (în șosetă), și mai rar la nivelul membrului superior (în mână).

Clinic, pacienții acuză amorțeli, parestezii, senzația de rece a extremităților, dureri de intensitate crescută și modificări de percepție a sensibilității tactile, dureroase, termice și vibratorii, apariția de tulburări trofice (ulcerul plantar). În evoluție poate apărea piciorul Charcot, o patologie de interes în cadrul acestei lucrări.

PICIORUL NORMAL



PICIORUL CHARCOT



Fig 1.3. Diferența între piciorul normal și piciorul Charcot
<https://www.myfebo.com/charcot-foot>

O bună parte dintre pacienții diabetici suferă la un moment dat în progresia bolii de gangrenă diabetică, complicație care duce deseori la amputații. O recomandare generală a medicilor curanți este verificarea zilnică a membrului inferior pentru a identifica eventuala apariție precoce a gangrenei. Specific gangrenei neuropate sunt apariția de edeme, tegumente cianotice (violet), cu temperatura normală și deseori crescută, leziune dureroasă, deformări ale piciorului și degetelor, reflexe diminuate sau abolite.

În cadrul acestei lucrări am ales să abordez factorul termic (modificările de temperatură) care poate preceda modificările trofice, astfel oferind posibilitatea de a îndrepta atenția către posibila apariție a acestei patologii silențioase.

2. Stadiul actual al cercetărilor în domeniu

2.1. Dispozitive smart pentru persoane cu diabet

2.1.1. Dispozitiv utilizat în monitorizarea continuă a glicemiei

Dispozitivul de tip plasture se atașează pe pielea pacientului, iar prin intermediul unei aplicații pentru smartphone, înregistrează glicemia purtătorului o dată la 5 minute, timp de 90 de zile.

Acest sistem prezintă pe lângă transmiterea în timp real a glicemiei și funcția de vibrație în momentul în care glicemia pacientului nu este în limite normale, gradul de acuratețe al monitorizării fiind unul mai ridicat decât în cazul altor dispozitive de măsurare a glicemiei.

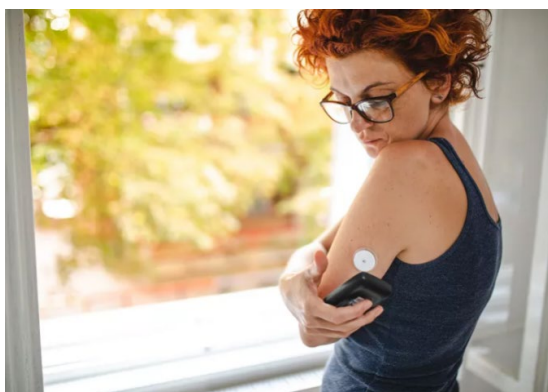


Fig. 2.1. Dispozitivul smart utilizat în monitorizarea continuă a glicemiei
(<https://www.verywellhealth.com/wearable-tech-for-diabetes-4846257>)

2.1.2. Dispozitiv utilizat în administrarea dozajului ideal de insulină

Dispozitivul de dozare al insulinei în funcție de monitorizarea aferentă este un produs îmbunătățit al dispozitivului smart discutat anterior și totodată o variantă mai complexă a acestuia, aducând în plus și dozajul ideal al insulinei astfel încât aceasta să fie mereu în parametrii optimi. Avantajul acestui sistem îmbunătățit este economisirea timpului de dozare al insulinei și menținerea acesteia într-un standard perfect, eliminând posibilitatea de eroare a elementului uman. În ceea ce privește dezavantajele acestui sistem, putem lua în calcul nevoia unui spațiu de depozitare (buzunar, geantă, etc) pentru așezarea aparatului în zona abdomenului și eventual, putem considera ca fiind un dezavantaj și elementul estetic.

Acest dispozitiv are o autonomie de până la 10 zile în funcție de cantitatea de insulină dozată și este recomandat pacienților începând de la vârsta de 2 ani.



Fig 2.2. Dispozitivul smart utilizat în administrarea dozajului ideal de insulină
(<https://www.medtronicdiabetes.com/treatments/insulin-pump-therapy>)

2.1.3. Sositele pentru diabetici cu fibra de argint

Șosetele pentru diabetici, cu fibră de argint sunt special concepute pentru picioare sensibile, în special piciorul diabeticului, nu au cusături și nu sunt compresive, astfel, acestea aduc un plus de confort, iar cu ajutorul fibrei de argint, piciorul este protejat și mereu uscat, astfel scade riscul unor posibile complicații ulterioare.



Fig. 2.3. Sosite cu fibra de argint pentru piciorul diabetic
(<https://www.verywellhealth.com/what-are-diabetic-socks-1087728>)

2.1.4. Șosete pentru diabetici cu funcția de monitorizare a temperaturii

Metoda cea mai ingenioasă, din punctul meu de vedere, rămâne a fi cea structurată sub forma unor simple șosete, metoda implementată de către firma Siren. Aceste șosete realizează o monitorizare permanentă a temperaturii periferice a membrelor inferioare în cazul beneficiarului, iar, prin intermediul aplicației puse la dispoziție de firma amintită anterior, monitorizarea este stocată și transmisă medicului care are în evidență pacientul.



Fig 2.4. Aplicația de monitorizare a șosetelor pentru diabetici Siren

(<https://siren.care/home-page/>)

În ceea ce privește serviciul complet oferit de către firma Siren, acesta include o subscripție lunară care pune la dispoziție beneficiarului, pentru suma de 20\$, 7 perechi de șosete (înlocuite gratuit de producători după fiecare 6 luni), care pot fi spălate în mod normal, simplu, la mașina de spălat rufe; alarma care raportează printr-un semnal sonor posibile nereguli termice; aplicația care realizează monitorizarea și stocarea datelor pentru iPhone și Android și transmiterea gratuită a informațiilor procesate către medicul care supraveghează cazul beneficiarului.

2.1.5. Monitorizarea într-un mediu de specialitate

Monitorizarea termică a membrului inferior, în cazul persoanelor diabetice se poate realiza și în cadrul unor clinici de specialitate, sub supravegherea medicului podolog sau diabetolog, însă acest tip de supraveghere necesită experiența unui cadru medical și/sau cu cunoștințele de bază necesare pentru interpretarea rezultatelor în ceea ce privește termografia cu infraroșu.

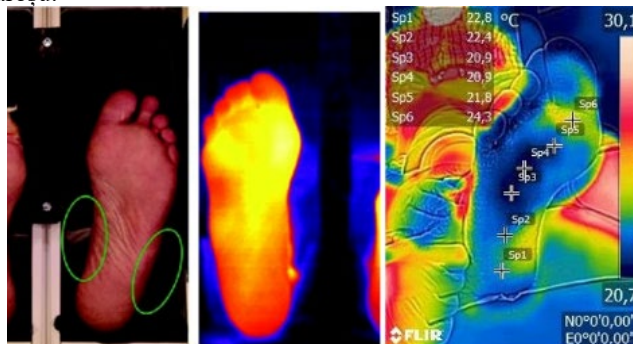


Fig 2.5. Imagistica privind analiza asimetriei cu ajutorul termografiei cu infraroșu și ilustrarea termică a scăderii temperaturii în zona plantară

(https://www.researchgate.net/publication/272190214_Automatic_detection_of_diabetic_foot_complications_with_infrared_thermography_by_asymmetric_analysis)

2.2. Cercetarea în stadiul actual al metodelor profilactice

Neuropatia diabetică a reprezentat un obiect de cercetare de-a lungul timpului, modificările termice fiind luate în considerare ca factor determinant al gangrenei diabetice, deci, îndelung studiat pentru dezvoltarea unor soluții de monitorizare și descoperire într-o etapă incipientă.

Monitorizarea termică a pacientului diabetic poate fi efectuată prin intermediul unor senzori accesibili beneficiarului sub diferite forme, astfel întâlnim senzori termici sub formă de bandă, senzori montați pe cadrul patului pacientului diabetic sau chiar monitorizarea clasică a picioarelor, în regim regulat, folosind un termometru electronic cu cap flexibil sau cu mercur și trecerea în revistă împreună cu observarea activă a progresiei temperaturii.

3. Studiu de caz

3.1. Modelul 3D si programarea Arduino

Luând în considerare tipurile de sisteme prezentate anterior, am ales să aprofundez subiectul șosetelor echipate cu senzori pentru măsurarea temperaturii, astfel, voi încercă în cadrul proiectului realizarea unui model 3D, care să ilustreze funcționabilitatea șosetelor, folosind o plăcuță Arduino, senzori și baterii de 9V; de asemenea, voi realiza o simulare de preț a produsului și un exemplu de integrare al ansamblului în cadrul unor șosete, astfel încât, în ciuda dimensiunilor dispozitivelor, șosetele să fie confortabile și facile în ceea ce privește purtarea acestora în viața de zi cu zi.

Elaborând un sistem care să îndeplinească funcțiile de monitorizare termică plantară, utilizând material CAD pus la dispoziție de către bazele 3D deja existente, am realizat un model a cărui design poate suferi modificări ulterioare, în funcție de implementările de natura ergonomica. Am ales să ilustrez dispunerea elementelor direct pe un model de picior, astfel putându-se observa mai bine dispunerea spațială corectă a acestora.

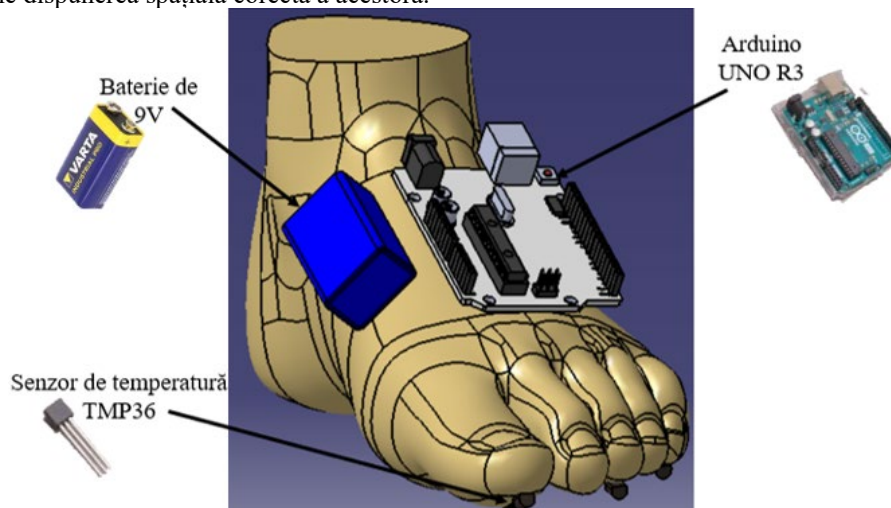


Fig 3.1. Model pentru ilustrarea dispunerii elementelor

În cazul acestui model, luând în considerare dimensiunile destul de inconfortabile pe care ar trebui să le îndeplinească șoseta, astfel încât să includă componentele ilustrate mai sus, vom lua în considerare introducerea unor elemente de tamponare din spumă textilă.

Luând în considerare implementarea monitorizării prin intermediul unei plăcuțe Arduino, am ales să ilustrez mai jos modul de operare, legăturile necesare a fi efectuate între plăcuță și senzori și un exemplu de program pentru conectarea unui senzor.

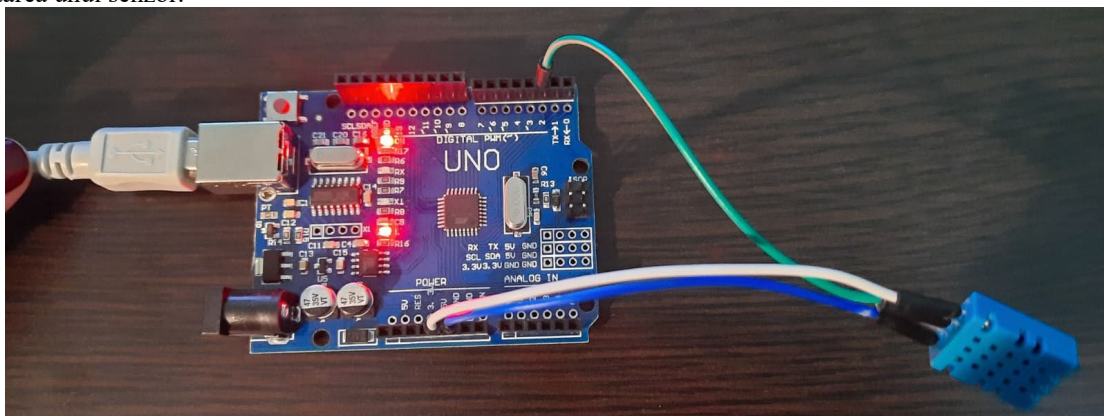


Fig 3.2. Conectarea unui senzor DHT11 la plăcuța Arduino UNO R3

<https://bc-robotics.com/tutorials/using-a-tmp36-temperature-sensor-with-arduino/>

Ca element de îmbunătățire ulterioară a ansamblului, iau în considerare implementarea unui traductor, care să convertească temperatura înregistrată în semnal electric, astfel, se poate observa diminuarea amplitudinii impulsului nervos/electric, și implicit putem determina afectarea sistemului nervos în stadiu incipient, crescând șansele de depistare precoce a gangrenei diabetice.

```

CercetareStiintifica_Panaite_Andreea | Arduino 1.8.14 Hourly Build 2021/05/11 03:33
File Edit Sketch Tools Help

CercetareStiintifica_Panaite_Andreea

#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin(); // initialize the sensor
}
void loop() {
  // wait a few seconds between measurements.
  delay(2000);
  // read humidity
  float humi = dht.readHumidity();
  // read temperature as Celsius
  float tempC = dht.readTemperature();
  // read temperature as Fahrenheit
  float tempF = dht.readTemperature(true);

  // check if any reads failed
  if (isnan(humi) || isnan(tempC) || isnan(tempF)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
  } else {
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(humi);
    Serial.print("%");

    Serial.print(" | ");

    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(tempC);
    Serial.print("°C ~ ");
    Serial.print(tempF);
    Serial.println("°F");
  }
}
Done compiling.

```

Fig. 3.3. Programul Arduino salvat pe memoria placutei pentru functionalitatea unui sensor

Humidity: 31.00% | Temperature: 28.00°C ~ 82.40°F

Fig. 3.4. Rezultatul unei rulari de program

Luam in considerare eventualitate combinarii sistemului de monitorizare a temperaturii si a umiditatii cu sosetele cu fibra de argint, astfel incat umiditatea la nivelul degetelor sa fie cat se poate de scazuta.

3.2. Analiza economica

Luand ca termen de comparatie exemplul sosetelor Siren, vom analiza costul acestora comparativ cu dispozitivul proiectat de noi.

Pachetul Siren prezintă un număr de 7 perechi de șosete pentru o subscripție de 20\$ pe lună.
20\$ ≈ 80lei/luna

După o perioadă de 6 luni, utilizatorul primește un nou lot de șosete.

Efectuând un simplu calcul, determinăm că pentru o singură pereche de șosete se alocă suma de 68.5 lei în cazul șosetelor Siren.

Făcând un total în cazul ansamblului proiectat în cadrul proiectului, determinăm astfel:

- Placuta ARDUINO UNO R3=25lei
- Senzor DHT11= 7lei
- Set fire JUMPER= 13.28lei
- Baterie Varta 9V=6.4lei

Deci, prototipul realizat în cadrul aplicației are un preț redus față de șosetele Siren, însă trebuie să fie luat în calcul și faptul că pentru mentenanță dispozitivului proiectat de noi este necesară doar schimbarea bateriei de 9V, o suma mică spre deosebire de subscripția lunară în cazul șosetelor Siren.



Fig. 3.5. Ilustrarea componentelor si simularea unui pret

Bibliografie

- [1] ADA. Position Statement. Standards of Medical Care in Diabetes – 2013. Diabetes Care 2013; S11-S66
- [2] Complicatii si boli asociate diabetului zaharat. Tratat roman de boli metabolice, Vol 2, Ed. Brumar, Timisoara, 2010
- [3] American Association of Diabetes Educators. Position Statement- Continuous Subcutaneous Insulin therapy using a pump. Diabetes pump 2009
- [4] Diabetul zaharat: Patologia Nutritionala Metabolica Universitara Craiova 2010
- [5] Insulina si analogii de insulina, Farmacoterapia diabetului zaharat, Editia a II-a, Cluj Napoca 2005
- [6] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Causes_of_death_statistics/ro
- [7] <https://bc-robotics.com/tutorials/using-a-tmp36-temperature-sensor-with-arduino/#:~:text=The%20TMP36%20temperature%20sensor%20is.making%20it%20a%20popular%20choice.>
- [8] <https://siren.care/technology/>
- [9] https://www.researchgate.net/publication/272190214_Automatic_detection_of_diabetic_foot_complications_with_infrared_thermography_by_asymmetric_analysis
- [10] Hile C, Veves A. Diabetic neuropathy and microcirculation. Curr Diab Rep. 2003;3(6):446–451.
- [11] Bharara M, Cobb JE, Claremont DJ. Thermography and thermo-metry in the assessment of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques. Int J Low Extrem Wounds. 2006;5(4):250–260
- [12] Murray HJ, Boulton AJ. The pathophysiology of diabetic foot ulceration. Clin Podiatr Med Surg. 1995;12(1):1–17.

HAPTIC GLOVE IMMERSIVE SYSTEM FOR UPPER LIMB REHABILITATION

DARABONT Vlad-Andrei

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Echipamente pentru terapii de recuperare,
Anul de studii: I, email: v.darabont@yahoo.com

Conducător științific: S.L..dr.ing. Robert IACOB

REZUMAT: In a world of incessant activity, our hands might be put in jeopardy. Because of their uniqueness and fragility, science and medicine combined found a very smart and effective solution: HAPTIC GLOVE IMMERSIVE SYSTEM. This haptic glove is able to recreate situations as closed as possible to the real world and, with the help of VR/AR, it can stimulate other senses (sight, hearing, tactile and kinesthetic) for a better and faster rehabilitation of the movement of the hand and it's tremendous capabilities.

CUVINTE CHEIE: Haptic, Imersiv, Membru superior, Recuperare

1. Introducere

Explorarea mediului înconjurător și asumarea rolului de creator au permis omului posibilitatea de a avea un oarecare control asupra propriei situații. Înaintea erei noastre, omul folosea mâna pentru a culege, pentru a vâna, pentru a se hrăni și alte activități rudimentare. În ziua de azi omul folosește mâna pentru a elibera inteligența și arta ce zace în interiorul său; acesta realizează acțiuni elaborate, cum ar fi intervențiile chirurgicale pe creier sau cântatul la vioară.

Tot ceea ce putem vedea azi în jurul nostru a fost creat de mâna omului aflată sub comanda unui sistem complex aflat în dezvoltare de mii de ani – sistemul nervos central.

Este interesant cum de la începutul timpurilor nouă ne-a fost dat un „instrument” cu un potențial colosal, un „instrument” care va urma întotdeauna, fără greșală, ceea ce creierul „dictează”.

Ideea de mai sus evidențiază posibilitatea mâinii de a face lucruri pe care la momentul actual le găsim a fi imposibile omului. Poate, în viitor omul va fi capabil să vindece o boală doar prin intermediul atingerii, însă până atunci aceasta rămâne în continuare un bun de o valoare inestimabilă pentru individ.

Prin intermediul mâinii noi reușim să cunoaștem, să explorăm și să relaționăm cu mediul înconjurător și tocmai de aceea afecțiunile acestui segment sau incapacitatea de la acest nivel constituie un subiect de maxim interes pentru lumea medicală.

Numeroase afecțiuni, atât neurologice cât și ortopedice, pot afecta independența acestei porțiuni.

În momentul în care starea de boală se instalează la nivelul mâinii, nu numai că ne pierdem independența, dar ne limitează și o mare parte din relația noastră cu mediul extern, diminuându-se masiv fluxul de informații.

Bebelușii caută mereu să aibă activitate cu mâinile, să apuce ceva, să strângă un obiect și să-și miște membrele superioare. Aceste activități au un rol foarte important în acumularea de informații din

mediul în care trăim, practic copilul învață prin activitatea sa manuală. Lucrul acesta este posibil datorită receptorilor ce se află în piele, receptori cu care putem simți dacă o suprafață este netedă sau aspră, dacă un obiect este prea rece sau cald, ori prea ascuțit, putem simți textura acestuia, greutatea acestuia, putem simți dacă se află în mișcare, vibrează sau este static, putem simți durerea și multe alte senzații. În fiecare secundă suntem bombardați de zeci de stimuli, pe marea majoritate nu îi conștientizăm pentru că sunt cunoscuți, în schimb, stimulii noi, ne atrag atenția imediat.

Având în vedere importanța membrului superior, în special a mâinii, omul a încercat să găsească metode cât mai eficiente pentru a menține sau pentru a restabili starea de sănătate a acesteia. Așa a aparut ideea de sistem haptic.

Termenul „haptic” vine de la cuvântul grecesc „haptikós” care înseamnă a fi capabil să apuci sau să percepi prin atingere. Cu alte cuvinte, experiența haptică este experiența pe care o avem de fiecare dată când atingem ceva cu mâinile sau simțim apa ori vântul în palme. Din această experiență haptică mai face parte și kinestezia, care se referă la simțul poziției segmentelor, oaselor, a mâinii în spațiu, simțul amplitudinii articulare, simțul tensiunii musculare și a tendoanelor.

Pe scurt, acest sistem haptic are capacitatea de a crea situații cât mai reale și mai obiective în vederea recuperării optime și rapide a structurilor afectate. Spre exemplu acest dispozitiv poate simula strângerea unei mingi din cauciuc cu ajutorul degetelor, iar cu ajutorul tehnologiei VR acest lucru devine aproape real.

Dispozitivul abordat în această lucrare de cercetare științifică este reprezentat de o un sistem immersiv de tip mânușă haptică. Întrebuințarea acestui dispozitiv este multiplă, însă, în lucrare, se va pune accent recuperare funcțională.

Acest dispozitiv oferă o serie de beneficii cum ar fi: poate efectua mobilizări pasive ale articulațiilor mâinii (flexie-extensie degete), poate oferi rezistență, opunându-se mișcării efectuate de pacient, poate simula prinderea unor obiecte de diferite forme și mai poate oferi stimuli mecanici (de exemplu vibrații) care să faciliteze procesele de recuperare funcțională și reeducare senzitivă. Mai multe de atât, acest echipament îl poate atenționa pe utilizator cu privire la mișcările greșite pe care le execută print-un stimul mecanic și se mai pot conecta două mănuși astfel încât segmentul indemn să realizeze mișcarea, iar cel bolnav să realizeze pasiv mișcarea în oglindă (aici mănușa face mișcarea).

Împreună cu o tehnologie VR, care să simuleze o situație din lumea reală, mănușa haptică, oferă o abordare holistică a patologiei deoarece stimulează simțul vizual, auditiv, tactil și kinestezic, ceea ce înseamnă că la encefal ajung o gramada de informații prețioase, facilitând răspunsul motor.

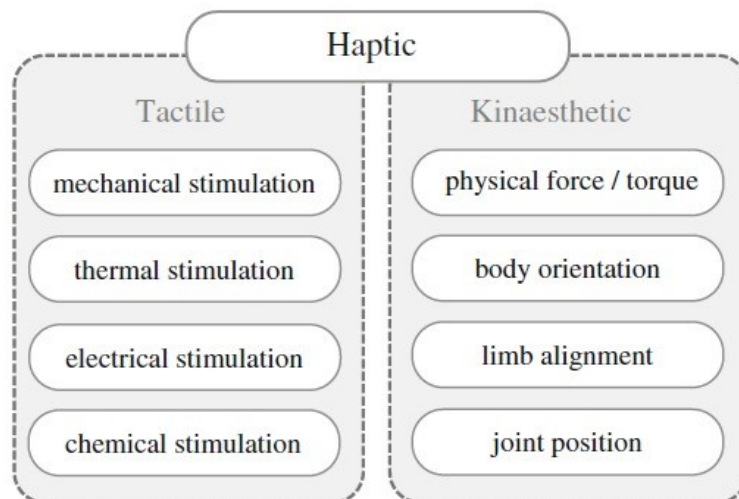


Fig. 1. Haptic

Tehnologia haptică are și alte aplicații pe lângă cele de recuperare. Spre exemplu, poate fi folosită pentru instruirea studenților la medicină: două dispozitive legate între ele, debutantul execută procedura medicală, iar supraveghetorul poate simți mișcările acestuia.

Sistemul mai poate fi folosit și pentru efectuarea unor intervenții chirurgicale de mare precizie sau la intervenții chirurgicale la distanță: medicul aflat la distanță de locul de este operat pacientul, se conectează la dispozitiv, iar, mai departe, mișcările sunt transmise unui alt dispozitiv de la locul spitalului.

2. Stadiul actual

Dispozitivele haptice au fost prima oară implementate în 1950 și 1960 odată cu apariția sistemelor robotice teleoperate. Aceste sisteme constau în controlarea de la distanță a unui braț robotic care să lucreze în medii periculoase ghidat de către un utilizator.

Mănușile haptice au fost prima oară folosite în cadrul unor investigații clinice pentru reabilitarea mâinii în ceea ce privește pacienții suferind de boli neurologice sau atac vascular cerebral. De asemenea, aceste mănuși pot să măsoare amplitudinea mișcărilor efectuate și să furnizeze un feedback care să asiste utilizatorul în procesul de recuperare.

Atunci când mănușile sunt cuplate la un mediu virtual atunci se pot crea jocuri și astfel se pot seta obiective de performanță care să stimuleze pacientul să le urmărească. O altă chestiune importantă constă în libertatea pacientului de a putea parcurge procesul de recuperare de acasă.

Provocarea de la momentul actual constă în asigurarea unui feedback cât mai realist și obiectiv.

Din păcate senzorii tactili nu au ajuns încă la același nivel de complexitate ca sistemele vizuale folosite multe în industriile și aplicații mobile ale roboților. Pentru a crea acești senzori tactili, s-au folosit mai multe variante de tehnologii: capacitivă, magnetică, piezorezistivă, piezoelectrică și optice, fiecare având avantajele și limitările sale. Cea mai mare problemă întâmpinată la majoritatea tehnologiilor este fragilitatea. Senzorii trebuie să fie robuști pentru a rezista la contactul repetat cu alte suprafețe.

Materialele moi și structurile deformabile au fost create pentru a fi incorporate în roboți maleabili, însă aceste implementări necesită noi abordări. Electronicele flexibile și care se pot întinde reprezintă un pas important în îmbunătățirea sensului tactil în mănușile haptice.

Mai multe idei și aplicații sunt în curs de dezvoltare și promet oferirea de noi perspective asupra unor domenii precum sportul de performanță, cercetare, medicină, industrii și multe altele. Un exemplu bun ar fi un dispozitiv care să informeze utilizatorul în legătură cu postura sa și să indice ce articulație se mișcă și cum.

Termenul imersiv se referă la crearea unei situații care să simuleze interacțiunea din viața reală. În altă ordine de idei, caracterul imersiv al mănușii haptice este reprezentat de posibilitatea de a reda, într-un mediu virtual, cu ajutorul tehnologiei VR, o situație reală, cum ar fi strivirea unui strugure.

Sistemele imersive de tip mănușă haptică se află în strânsă corelație cu interacțiunea naturală. Spre exemplu un utilizator avansat al computerului folosește în mod natural și intuitiv mouse-ul pentru a naviga, iar acțiunea și urmările acesteia sunt evidente. Același lucru este valabil și pentru sistemele imersive de tip mănușă haptică: utilizatorul se așteaptă să simtă o anumită senzație și să se întâmple exact ceea ce s-ar fi întâmplat și în lumea reală. Spre exemplu, dacă utilizatorul interacționează cu un cub, acesta ar trebui să-i simtă muchiile, duritatea, greutatea și fețele plane. Mai mult de atât, dacă acesta dă drumul cubului, obiectul trebuie să cadă.

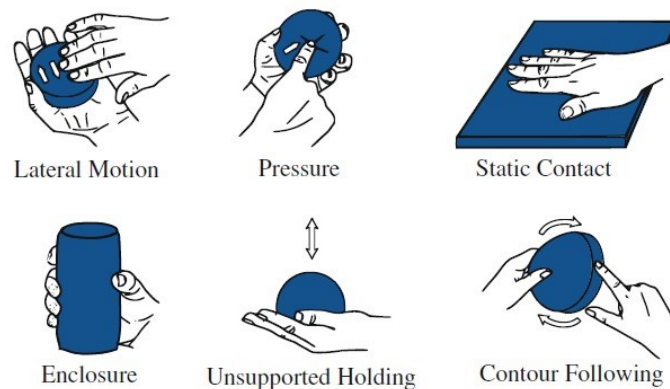


Fig. 2. Interacțiunea naturală

Pentru a crea un sistem imersiv este crucial să înglobăm cât mai multe simțuri cu o calitate cât mai bună (să fie cât mai aproape de realitate).

”**Hand of Hope**” este un dispozitiv de rehabilitare, robotizat, care combină tehnologia avansată a roboticii cu neuroștiința pentru a ajuta la recuperarea funcțională a mâinii paralizate. Aparatul se fixează pe mâna afectată, apoi se amplasează 2 senzori de suprafață pe mușchii flexori și extensori ai antebrațului pentru a detecta semnalele electromiografice de suprafață (sEMG). Aceste semnale sunt procesate și simplificate pentru a putea fi văzute printr-un feedback vizual, fapt ce impune ca pacientul să fie implicat activ pe parcursul sesiunii de terapie. Sistemul ”Hand of hope” are la dispoziție 5 jocuri cu 4 niveluri de dificultate. Dispozitivul este mutat cu ajutorul creierului pacientului.

Aceasta este utilizată pentru a facilita:

- inițierea voluntară a contracției musculare
- controlul motor și coordonarea
- relaxarea musculară
- motivația
- controlul activității musculare anormale

Sistemul de operare al ”Hand of hope” se realizează în 5 pași simpli:

1. intenția de mișcare- impulsurile nervoase sunt detectate de senzorii sEMG
2. semnaul de mișcare- semnalele sunt procesate și trimise dispozitivului
3. realizarea mișcării- dispozitivul funcționează pentru mișcarea mâinii
4. feedback-ul pozitiv- pacientul redobândește funcțiile mâinii
5. interactiv-jocurile interactive accelerează recuperarea

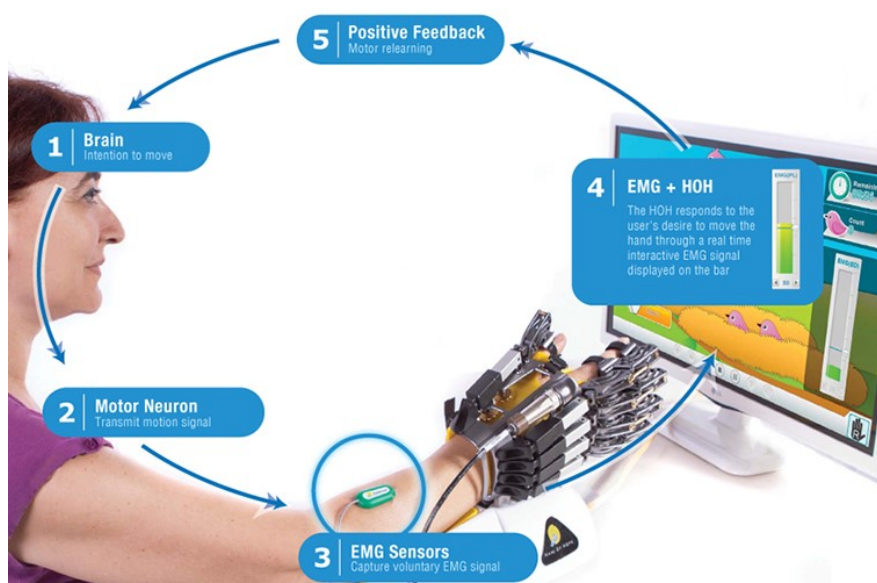


Fig. 3. Sistemul ”Hand of Hope”

”Gloreha Sinfonia”

”Gloreha Sinfonia” este un sistem complet de recuperare pentru membrul superior. Mănușa robotizată Gloreha detectează mișcarea fiecărui deget și, în funcție de capacitatea motorie, ajută complet sau parțial mișcarea pacientului. În timp ce mănușa mobilizează articulațiile degetelor, pacientul vede pe ecranul din fața lui o simulare 3D a mâinii sale.



Fig.4 Glohera Sinonia

Pacientul își poate folosi mâna sănătoasă pentru a încerca să reproducă mișcările cu mâna afectată prin mănușa Gloreha. Mănușa execută atât mișcări de flexie cât și de extensie. Chiar și pacientului care nu are mișcări reziduale, există posibilitatea executării mobilizărilor pasive încă din faza incipientă a tratamentului. Orice impuls poate fi programat, iar mănușa poate executa orice combinație de flexie și/sau extensie a degetelor. Se pot folosi obiecte reale pe parcursul terapiei. Softul Gloreha are diferite opțiuni disponibile pentru facilitarea recuperării cum ar fi: comenzi vocale personalizate, monitorizarea progresului, jocuri interactive.



Fig. 5. Mănușa Gloreha Sinfonia

Caracteristici:

- mînuşa se poate utiliza în atît în tratamentul spasticităţii, cât şi în tratamentul flacidităţii.
- palma este complet liberă, facilitînd astfel contactul real cu obiectele.
- mişcarea generată de tendoanele artificiale este fluidă şi naturală, mînuşa fiind confortabilă şi uşoară.
- terapeutul poate ajusta ROM-ul, viteza de execuţie, durata exerciţiului şi efectele audio şi vizuale.

3. Concluzii

1. Mîna are o deosebită importanţă în ceea ce priveşte desfăşurarea activităţilor zilnice fiind elementul central prin intermediul căreia se realizează diversele acţiuni prin care explorăm, cunoaştem şi relaţionăm cu mediul înconjurător, iar din această cauză patologiile prezente la nivelul acestui segment reprezintă un subiect de maxim interes pentru domeniul medical.
2. Avînd la bază o tehnologie VR, sistemul haptic este capabil să creeze situaţii cât mai reale şi obiective pentru ca recuperarea structurilor afectate să fie cât mai rapidă.
3. Hand of Hope şi Gloreha Sinfonia reprezintă rezultatul asocierii perfecte între neuroştiinţă şi tehnologia robotică, acestea fiind dispozitive utilizate în recuperarea afecţiunilor prezente la nivelul mîinii.

Bibliografie

- [1] Hatzfeld, C., Kern, T.A., (2014), "Engineering Haptic Devices", Springer, Alsbach
- [2] Jiang, J., Xie, L., Li G.,(2015) ,"A haptic device for wrist and elbow rehabilitation" Digit Med
- [3] Jones, L.A., (2018), "Haptic", The MIT Press Essential Knowledge, Massachusetts
- [4] <http://www.rehab-robotics.com.hk/hoh/index.html>
- [5] <https://exoskeletonreport.com/product/gloreha-sinfonia/>
- [6] <https://www.gloreha.com/sinfonia-plus/>

OPTIMIZATION OF THE HIP PROSTHESIS ACCORDING TO THE PATIENT'S WEIGHT

DRAGU Maria

Facultatea: Ingineria Industrială și Robotică, Specializarea: Echipamente pentru Terapii de Recuperare, Anul de studii: 1, e-mail: dragumaria91@gmail.com

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. **Constantin DOGARIU**

ABSTRACT: The aim of this paper was to present studies that include finite element analysis and fatigue analysis of hip prostheses. These types of analyzes are performed to choose correctly or protect according to the pshysionomy of each patient, but also depending on his weight, age and physical condition.

CUVINTE CHEIE: proteză de șold, analiză la oboseală, element finit, implant

1. Introducere

Obezitatea este o problema în creștere la nivel mondial. În Noua Zeelandă, rata obezității în rândul adulților, pe baza măsurătorilor reale de înălțime și greutate, a fost de 28,4%, în 2012. Este mai mică decât în Statele Unite (36,5%, în 2011), dar mai mare decât în majoritatea celorlalte țări (în medie 22,8%, în 2012) pentru care au fost disponibile date măsurate. Prevalența crescândă a obezității prefigurează creșterea apariției problemelor de sănătate și a costurilor mai mari de îngrijire a sănătății în viitor [1]. Obezitatea a atins proporții epidemice, cu peste jumătate de miliard de adulți obezi la nivel mondial. Din 1999 până în 2008, a existat o creștere alarmantă a proporției persoanelor supraponderale și obeze în SUA. Până în 2008, prevalența obezității ajustată în funcție de vârstă a fost de 34%, iar prevalența combinată a obezității și a supraponderabilității a ajuns la 68%. Pe lângă creșterea ratelor în general, obezitatea a înregistrat o creștere dramatică a numărului de persoane cu obezitate morbidă. Acum se estimează că 7% din populația SUA suferă de obezitate morbidă, definită ca un indice de masa corporală (BMI) mai mare de 40 kg/m². Între 2000 și 2010 acest număr a crescut cu 70% [2].

Obezitatea accelerează dezvoltarea osteoartritei genunchiului și șoldului. Provoacă efecte dăunătoare asupra articulațiilor, atât prin inflamare biomecanică, cât și sistemică. Ponderea pacienților cu artroplastie articulară totală care sunt obezi a crescut dramatic în ultimii ani. Impactul obezității asupra articulațiilor șoldului este profund. Deoarece fiecare kilogram de greutate corporală plasează 2 până la 3 kilograme de forță pe fiecare articulație a șoldului. În plus, prevalența durerii articulare crește odată cu creșterea BMI.

Operația de înlocuire totală a șoldului (THR) sau artroplastia totală de șold este o intervenție chirurgicală în care articulația șoldului este înlocuită cu un implant protetic. Operația de înlocuire a șoldului a fost efectuată pentru prima dată în 1940 la New York, de către Dr. Carnochan, care a fost primul chirurg care a introdus o bucată de lemn între articulația șoldului bolnav. În ultimii ani, chirurgia THR este considerată de majoritatea din domeniu drept o procedură electivă majoră de succes, în special în restabilirea mobilităților pacienților. La nivel Mondial, există aproximativ un milion de implanturi efectuate anual. Operația a devenit o rutină cu o rată minimă de complicații timpurii, oferind pacienților o ușurare mare a durerii atunci când medicamentele eșuează. În plus, oferă o îmbunătățire extraordinară a funcției și, prin urmare, a calității vieții. Prin urmare, este una dintre cele mai satisfăcătoare operații atât pentru pacienți, cât și pentru chirurg. THR se realizează ca o soluție la mai multe procese degenerative și traumatice care afectează articulația șoldului. Este o procedură chirurgicală reconstructivă.

Protezele de șold pot fi fixate cu ciment sau fara ciment (necimentate). Osul, ca țesut viu fiziologic, se poate repara, remodela și adapta la mediul său înconjurător [4]. Performanța și succesul supraviețuirii pe termen lung a protezelor totale de șold, atât cimentate, cât și necimentate, este direct legată de stabilitatea legăturii protezei și a osului [5] [6]. În protezele de șold, oboseala și uzura sunt tundele dintre preocupările majore, adesea asociate cu slăbirea componentelor, cea mai frecventă cauză a insuficienței protezei de șold [7]. Slăbirea componentelor poate fi cauzată de diverse mecanisme și conflicte biologice și mecanice. Cimentul, care unește componenta rigidă femurală a protezei cu osul este cea mai slabă verigă din toate protezele de șold cimentate din cauza proprietăților sale mecanice mai scăzute și comportamentului fragil. Dezlipirea cimentului sau crăparea acestuia sunt principalele cauze ale eșecului componentelor femurale. Din această cauză, greutatea pacientului influențează foarte mult alegerea componentelor și o greutate mare poate duce la o forță mai mare de apăsare asupra protezei, ajungându-se astfel la eșecul protezei. Singurul tratament eficient și durabil pentru obezitate rămâne chirurgia bariatrică. Chirurgia bariatrică induce o scădere considerabilă în greutate, pacienții pierzând în mod obișnuit 50-70% din excesul de greutate și 10-15 puncte BMI.

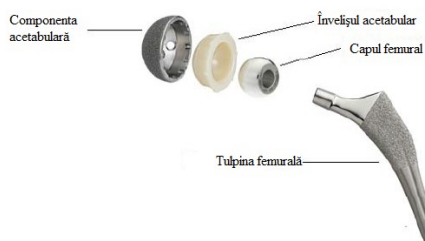


Fig.1 Componentele protezei totale de șold [3]

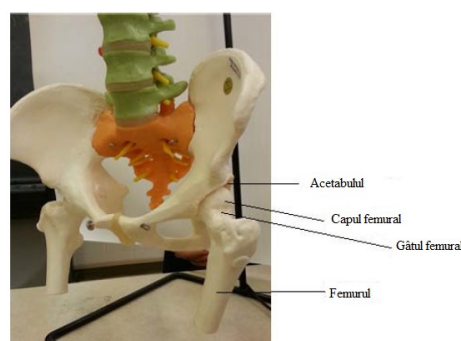


Fig.2. Articulația șoldului [3]

Proteza constă dintr-o tulpină femurală, un cap femural (bilă) care se atașează de tulpină, o cupa acetabulară și un agent de fixare pentru a fixa tulpina în femur și cupa acetabulară în acetabulul din pelvis. (Fig.1). Articulația șoldului este una dintre cele mai mari articulații din corp, asemănătoare unei articulații tipice cu bilă și soclu (Fig.2.) și este cea mai rezistentă la greutate. Se află acolo unde femurul, osul coapsei, întâlnește cele trei oase care alcătuiesc pelvisul. Operația de înlocuire a șoldului este o procedură veche și una dintre cele mai provocatoare proceduri, deoarece joacă un rol important în a ajuta pacienții care suferă de insuficiență articulară din cauza bolilor osoase [8]. Există trei tipuri de intervenții chirurgicale de înlocuire a șoldului:

1. Înlocuire totală de șold sau artroplastie totală de șold, în care întreaga articulație a șoldului, bilă și soclu, este înlocuită cu tulpina femurală și implantul protetic
2. Înlocuirea parțială a șoldului în care se înlocuiește doar capul femural.
3. O procedură de refacere a șoldului în care se înlocuiește soclul sau acetabulul, iar capul femural este tăiat, remodelat și apoi acoperit cu un capac neted [9].

O proteză totală de șold constă de obicei din două componente, o priză care este fixată pe acetabul și o tulpină care se introduce în femur. În plus, există un alt tip numită proteză monopolară sau bipolară cuprinzând o singură componentă sau un cap femural singur fără componentă acetabulară. Metoda de fixare poate fi clasificată după cum urmează: cimentat, necimentat și hibrid. În a treia categorie, fiecare dintre cele două componente sunt fixate pe oase în moduri diferite. Există două tehnici majore de fixare, prin cimentare (Fig.3.) și necimentare (Fig.4). [10]

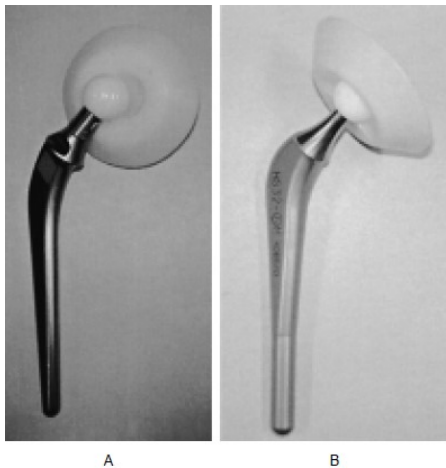


Fig.1.3. Proteză totală de șold pentru fixare cimentată [10]

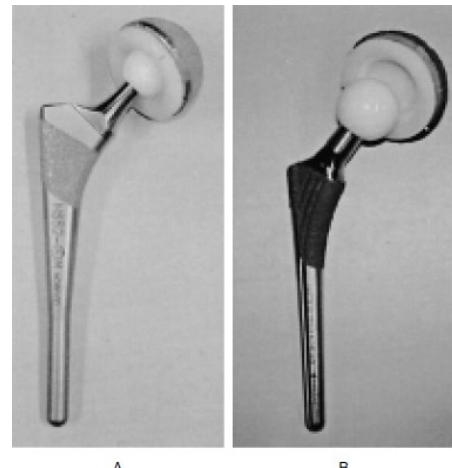


Fig.1.4. Proteză totală de șold pentru fixare necimentată [10]

Portezele de șold cimentate se fixează cu ajutorul unui ciment ortopedic. Datorită cimentării, aceste proteze au avantajul că se fixează foarte bine în os și permit sprijinul cu toată greutatea pe piciorul operat încă de a doua zi după intervenția chirurgicală.

Protezele de șold necimentate, adesea cele mai întâlnite și mai folosite, se fixează prin creșterea în interiorul protezei a osului. Componentele acestor proteze au suprafețe poroase pe care osul crește după implantare. Sunt cele mai folosite proteze de șold din ortopedie, oferind o fixare secundară foarte bună [11].

2. Stadiul actual

2.1. Analiza la oboseală a unei proteze de șold

Femurul, care se articulează cu pelvisul în proxim și tibia în distal, este cel mai lung purtător os al corpului uman. Lungimea sa variază de la persoană la persoană și este de aproximativ 25% din lungimea corpului (în medie de 45-50 cm). Forțele care acționează asupra articulației șoldului pot avea valori diferite în funcție de activitățile fizice realizate de către pacient. Forțele care acționează asupra articulației șoldului în timpul mersului sunt de aproximativ 2,6-2,8% din greutatea corporală, pe când în timpul activităților de tipul ridicare, alergare sau săritură, forțele pot fi și de 10 ori mai mari decât greutatea corporală [12].

Fracturile pot apărea pe o articulație a șoldului care se află sub influența încărcăturilor constant variabile, în funcție de vârstă, sex, nutriție, greutate și stil de viață. Fracturile de gât femoral, care constituie o parte semnificativă a fracturilor femurale, sunt observate mai ales la persoanele în vârstă din cauza osteoporozei. De asemenea, pot apărea la grupe de vârstă mai tinere după anumite trauma. În cazurile care implică greutatea corpului ridicată și activitate fizică, sarcina pe femur crește, ceea ce duce la stresul la îndoire și torsiune în componenta femurală a unui implant. Dacă acest stres este repetitiv și variabil, pot apărea fracturi de oboseală sau deformări la implanturile de șold [13].

Cercetătorul Yang împreună cu asociații săi a sugerat în lucrarea studiată ca implantul să fie mai ușor pentru a obține mai mult spațiu pentru a asigura revascularizarea medulară. În plus, s-a menționat că s-ar putea adăuga găuri pe suprafețele implantului pentru a crea o conexiune între regiunea interioară și exterioară a corpului implantului. Mai mult, studiile ce au ca subiecți animale, au arătat că implanturile ușoare și cu suprafețe aspre oferă o bună integrare cu osul în zona de implantare. De asemenea, omul de știință Koch și colaboratorii săi au studiat constatările

histopatologice referitoare la interfața os-implant a unei cupe acetabulare cu o plasă de titan după 27 de ani într-un corp uman. Rezultatele au indicat o remodelare adaptivă a oaselor la interfața cu nucleul solid profund al cupei acetabulare. Mai mult, experimentele pe corpul uman cu implanturi din aliaje de titan produse prin fabricare aditivă sunt extrem de încurajatoare în ceea ce privește osteointegrarea.

În lucrarea studiată s-au folosit nouă tipuri de exemplare de implanturi, cu diferite dimensiuni ale porilor, câte trei din fiecare (0,3 mm, 0,6 mm și solide). S-a folosit o mașină de sintetizare cu laser direct din metal (DMLS). În figura 2.5. se pot vedea toate eșantioanele folosite, cele solide (T1, T2, T3), cu pori mari de 0,6 mm (BG1, BG2, BG3) și cu pori mici de 0,3 mm (KG1, KG2, KG3). Acestea sunt prezentate împreună cu implantul de referință (0) produs prin prelucrare [14].



Fig.5. Toate tipurile de implanturi pregătite pentru testul la oboseală. [14]

În ceea ce privește rezultatele studiului, deplasările au fost direct proporționale cu diametrul porilor de pe suprafețele implantului. Tensiunile echivalente maxime au apărut în regiunea gâturilor tuturor implanturilor. Implantul solid prezintă cel mai mic stres echivalent (211 MPa) comparativ cu cele ușoare (pentru cele cu pori mici- 234 MPa și pori mari 239 MPa). În plus, implanturile ușoare s-au confruntat cu solicitări mult mai mari sub aceeași încărcare, din cauza zonei transversale mai mici. În cele din urmă, toate implanturile s-au dovedit a avea succes după cinci milioane de cicluri de încărcare. Rezistența la oboseală pentru toate implanturile a fost stabilită ca fiind infinită [14].

2.2. Analiza elementelor finite a unor diferite tipuri de implanturi.

2.2.1. Materiale și metodele folosite

În studiul ales, realizat de Chethan și colegii săi, se dorește analiza femurului, luându-se în considerare diferite tipuri de implanturi, care sunt de tip: circular, oval, elipsă și trapezoidal. Femurul uman s-a modelat folosind Mimics. Pentru realizarea modelelor de implant s-a utilizat CATIA V-6. De asemenea, analiza structurală s-a efectuat folosind ANSYS R-19 pentru a evalua cel mai bun design al implantului. Pentru studiu au fost folosite scanările CT ale unui bărbat sănătos cu vârsta de 36 de ani, cu o greutate de 76 kg și lungimea femurului de 461 mm. Scannerul CT care a fost utilizat a fost cel de la Philips Brilliance pe 64 de canale pentru a se obține imagini CT DICOM cu grosimea secțiunilor de 0,625 mm [15]. Lungimea medie a femurului adult al populației asiatice este cuprinsă între 42 și 48 cm, deci valorile pacientului au fost în grafic [16].

Pentru acest studiu, tulpina, capul femural și cupa de sprijin sunt considerate a fi din cobalt-crom și cupa acetabulară din polietilenă moleculară. Este la fel ca ceramica pe implantul de șold din polietilenă. Cele patru tulpini diferite cu secțiuni transversale sunt prezentate în Fig.6.

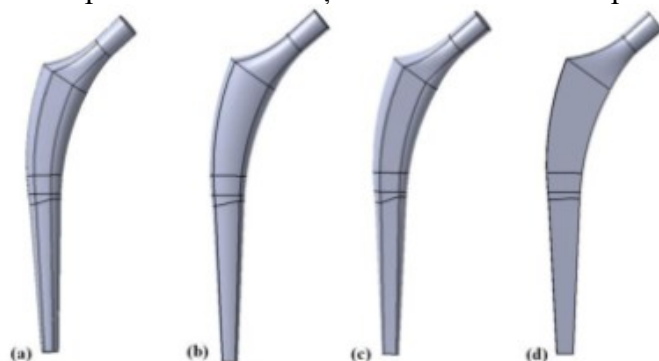


Fig.6. Diferite forme ale tije. (a) circulară, (b) elipsă, (c) ovală, (d) trapezoidală .[17]

Osul femural este considerat izotrop liniar [18], așadar materialele folosite în implanturile de șold din această lucrare au fost polietilena moleculară, aliajul CoCrMo, oțelul inoxidabil 316L și aliajul Ti₆Al₄V.

2.2.2. Condițiile la limită



Fig.7. (a) Condițiile la limită aplicate implantului, (b) Modelul discretizat al implantului complet cu femurul

Figura 7 prezintă implantul de șold cu condițiile la limită aplicate și modelul discretizat complet. După cum se observă în imagine, s-a utilizat implantul cu tija circulară pe care s-a aplicat o forță de 2300 N (roșu).

2.2.3. Rezultate și concluzii

Implantul circular a prezentat o deformare totală minimă de 0,16 mm, comparativ mai mică decât celelaltre modele. Forma circulară a arătat, de asemenea, tensiunile Von Mises de 218,78 MPa, care sunt mai mici decât la celelalte trei modele [17].

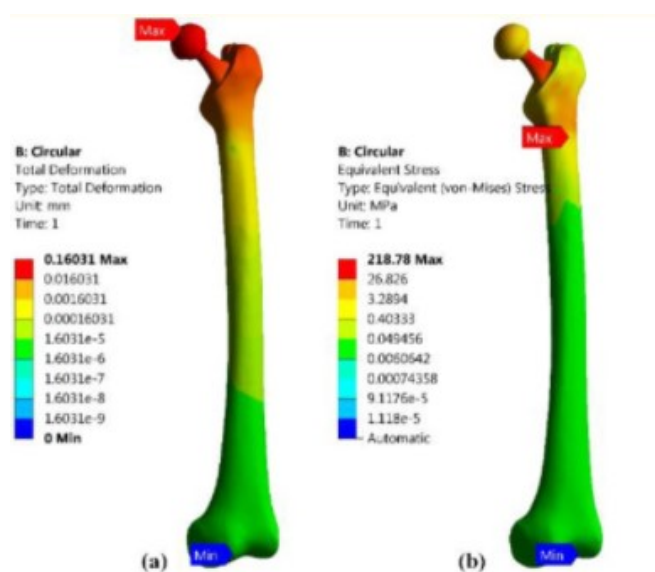


Fig.8. Implantul de formă circulară. (a) Deformarea totală. (b) Stresul echivalent (Von Mises) [17].

Figura 8 prezintă deormarea totală și tensiunile pe implantul de șold de formă circulară. Se observa punctele unde tensiunea este maximă, respective minima.

Modelul de stres a fost observant aproape la fel în toate cele patru model eluate în considerare pentru studiu. S-a constatat că deformarea totală maximă se află în partea superioară a capului femoral, iar tensiunile Von Mises au fost mai mult în centrul capului femoral. Tija trapezoidală și cea circulară au avut valori mai mici de tensiune comparative cu celelalte două. În ansamblu, implantul de formă circulară împreună cu osul femoral a avut cel mai mic stres și cea mai mica deformare, care se așteaptă să aibă o durată de viață mai lungă decât celelalte trei modele [17][18].

3.Concluzii

Această lucrare are la bază studii medicale și lucrări științifice care prezintă cauzele durerii articulației șoldului, morfofologia anatomică a acestei articulații, dar și patologiile aferente. În fiecare an vârsta la care pacienții suferă intervenții chirurgicale artroplastice de șold scade, crescând astfel numărul de operații totale de artroplastie de șold din anumite cauze, cum ar fi stilul de viață nesănătos sau obezitate morbidă, chiar și activitățile fizice în exces. În majoritatea cazurilor pacienții au vârsta cuprinsă între 50 și 80 de ani, încă există, din păcate, și artroplastii realizate la adolescenți cu artrită juvenilă.

Artroplastia de șold este una dintre cele mai de succes intervenții chirurgicale. În urma acestei operații, pacientul își poate recăpăta mobilitatea șoldului, putând să-și reia activitățile zilnice. În cazul persoanelor supraponderale, medical poate recomanda pierderea în greutate, pentru a reduce din stresul asupra implantului și pentru a limita unele riscuri asociate operației. Prin urmare, în funcție de greutate pacientului, se poate optimiza proteza de șold, însă este necesară o scădere în greutate pentru a se evita riscurile.

În majoritatea cazurilor, pacienții scapă de durere, iar calitatea vieții este îmbunătățită considerabil. De asemenea, activitatea fizică excesivă și supraponderabilitatea grăbesc procesul de uzură și pot duce la deteriorarea implantului și apariția durerii.

4. Bibliografie

- [1] Murgatroyd Sarah E., Frampton Chris M.A., (2014) *The Effect of Body Mass Index on Outcome in Total Hip Arthroplasty: Early Analysis from the New Zealand Joint Registry*, Journal of Arthroplasty
- [2] Bryan D. Springer, Jonathan T. Carter, Alexander S. McLawhorn, Keith Scharf, Mitchell Roslin, Kara J. Kallies, John M. Morton and Shanu N. Kothari, (2016) *Obesity and the role of bariatric surgery in the surgical management of osteoarthritis of the hip and knee: A review of the literature, Surgery for Obesity and Related Diseases*
- [3] H. Derar, M. Shahinpoor, (2015) *Recent Patents and Designs on Hip Replacement Prostheses*, Department of Mechanical Engineering, University of Maine, Orono, ME, USA, The Open Biomedical Engineering Journal,
- [4] Li S, Abdel-Wahab A, Demirci E, Silberschmidt V. (2013) *Fracture process in cortical bone: X-FEM analysis of microstructured models*.
- [5] Bousnane T, Benbarek S, Sahli A, Serier B, Bahir Bouiadjra B. (2018) *Damage of the bone-cement interface in finite element analyses of cemented orthopaedic implants*
- [6] Oshkour A, Davoodi M, Abu Osman N, Yau Y, Tarlochan F, Wan Abas W. (2013) *Finite element analysis of circumferential crack behaviour in cement-femoral prosthesis interface*.
- [7] Colic K, Sedmak A, Grbovic A, Burzić M, Hloch S, Sedmak S. (2016) *Numerical simulation of fatigue crack growth in hip implants*.
- [8] S. Pramanik¹, A. K. Agarwal, and K. N. Rai, (2005). "Chronology of total hip joint replacement and materials development",
- [9] C.C. Harris, (2001) "Hip replacement prosthesis",
- [10] Hirokazu, (2001), *Indications for Total Hip Arthroplasty and Selection of Prosthesis*, IIDA
- [11] <https://drapostolescu.ro/protezare/protezare-sold/tipuri-de-proteze-de-sold/>
- [12] Ertem M. (2006), *Corrosion fatigue characteristics of total hip prosthesis in simulated body fluid*.
- [13] Harkess JW(2003),. *Hip arthroplasty*. In: Canale ST (ed) *Campbell's operative orthopaedics*.
- [14] Yunus, E Delikanli and Mehmet C Kayacan, (2019), *Design, manufacture, and fatigue analysis of lightweight hip implants*
- [15] Chethan K, Zuber M, Bhat S N, Shenoy S B.(2018) *Comparative study of femur bone having different boundary conditions and bone structure using finite element method*.
- [16] Pan N. (1924) Length of Long Bones and their Proportion to Body Height in Hindus. *J Anat*.
- [17] Chethan K. N., Shyamasunder Bhat N., Zuber M., and Satish Shenoy B. (2019) *Finite Element Analysis of Different Hip Implant Designs along with Femur under Static Loading Conditions*.
- [18] Reimeringer M, Nuno N, Desmarais-Trepanier C, Lavigne M, Vendittoli P A. (2013) *The influence of uncemented femoral stem length and design on its primary stability: a finite element analysis*.

RESEARCH ON MONITORING PEOPLE WITH ALZHEIMER

COSTACHE Iulia

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Echipamente pentru terapii de recuperare,
Anul de studii: I, e-mail: iulia.costache97@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Cristina MOHORA**

ABSTRACT: Alzheimer's disease is represented by impaired cognitive function, affecting a person's memory and judgment. Currently, there is a big interest in developing of efficient systems that can provide accessible healthcare, in order to reduce the need to institutionalize patients, as well as to facilitate living in their own home. This research proposes an automated equipment for permanent monitoring of the beneficiary, as well as a constructive solution for the administration of proper medications and a programmed source of hydration. The assistive robot, developed in this paper, benefits from new advances in artificial intelligence, helping users in their daily lives, promoting their health, well-being and independence.

CUVINTE CHEIE: robot asistiv, comunicare digitală, senzori, casă inteligentă.

1. Introducere

1.1 Aspecte generale

În ultimele decenii, la nivel mondial, speranța de viață a crescut considerabil. Această îmbunătățire se datorează, în primul rând, progreselor semnificative în domeniul medicinei și a tehnologiei de diagnosticare, precum și a creșterii gradului de conștientizare cu privire la importanța igienei personale, sănătății și a educației. Cu toate acestea, speranța de viață crescută împreună cu scăderea ratei natalității vor avea ca rezultat, în viitorul apropiat, o creștere spectaculoasă a procentajului populației îmbătrânite.

În prezent, se remarcă o tendință către dezvoltarea și implementarea eficientă a unor sisteme rentabile pentru a oferi asistență medicală accesibilă, dar și servicii de monitorizare a persoanelor cu acces limitat la unitățile de asistență medicală. Din păcate, o mare parte a populației vârstnice se confruntă cu probleme de sănătate, precum boli cardiovasculare sau cronice, demență, boala Alzheimer, diabet sau altele. Aceste boli, împreună cu regresul firesc al deprinderilor cognitive și fizice ale persoanelor vârstnice, împiedică traiul independent în propriul cămin.

De asemenea, persoanele în vârstă pot necesita intervenții medicale prompte, a căror absență poate deveni incompatibilă cu supraviețuirea.

Noile evoluții ale tehnologiei de asistență vor aduce o contribuție importantă la îngrijirea persoanelor vârstnice în instituții medicale și la domiciliu. Sistemele de monitorizare video, senzorii și echipamentele electronice permit o supraveghere continuă a stării de sănătate, a stării de bine și a siguranței în rândul utilizatorilor. Îngrijirea la domiciliu este adesea preferată de pacienți și este, de obicei, mai puțin costisitoare decât alternativele instituționale.

1.2 Boala Alzheimer

Demența este un sindrom - de obicei de natură cronică sau progresivă - în care deteriorarea funcției cognitive este mult mai extinsă decât cea care apare în cadrul îmbătrânirii normale. Astfel, ea afectează memoria, gândirea, orientarea, înțelegerea, limbajul și judecata. Deteriorarea funcției cognitive este însoțită de deteriorarea controlului emoțional, a comportamentului social sau a motivației.

La fiecare 3 secunde, global, o persoană dezvoltă demență. Sunt peste 50 de milioane de persoane care trăiesc cu demență în întreaga lume, și se așteaptă ca acest număr să se dubleze la fiecare 20 de ani, ajungând la 152 milioane până în 2050. [1]

În România aproximativ 270-300.000 de persoane se confruntă cu boala Alzheimer, însă rata diagnosticării se situează între 10-15%. În țara noastră nu este încă recunoscut faptul că demența reprezintă o problemă de sănătate publică, nefiind elaborată o strategie națională privind această afecțiune. Luând în considerare numai cazurile de demență Alzheimer și, fiind dovedit faptul că alături de o persoană cu demență sunt implicate încă 3-4 persoane, calitatea vieții a cel puțin 1 milion de oameni din această țară este profund perturbată. [2]

Când capacitatea unei persoane de a efectua activități zilnice este afectată, autonomia acestora devine limitată și poate necesita asistență din partea serviciilor de îngrijire a persoanelor în vârstă. De exemplu, pacienții au dificultăți în gestionarea medicamentelor, menținerea unei rutine, programarea zilnică și desfășurarea activităților esențiale, cât și în obținerea ajutorului într-o situație de urgență.. Aceste dificultăți pot fi o povară atât pentru pacient, cât și pentru familia/îngrijitorul acestuia.

1.3 Obiective urmărite

O metodă eficientă de asistare a persoanelor cu Alzheimer se bazează pe dezvoltarea roboților dedicați, ce favorizează independența pacienților și atenuază rolul epuizant al îngrijitorului. În prezent, există roboți care ameliorează anxietatea, singurătatea și stresul printr-un procedeu multisenzorial. Alte abordări se concentrează, pe monitorizarea funcțiilor vitale ale pacientului, pe interacțiunea virtuală constantă cu un cadru medical și asistența profesioniștilor prin sisteme de supraveghere la distanță. De asemenea, actuale optimizări implementate roboților dedicați ajută la administrarea dozei corecte a medicamentelor destinate pacientului și alertând însoțitorul în caz de refuz / ratare a dozei de pastile.

Această lucrare se concentrează pe studierea și modelarea unui sistem mecatronic de asistență și monitorizare în cadrul locuinței a pacienților afectați de boala Alzheimer.

2. Stadiul actual

Roboții de asistență sunt echipamente programabile de manipulare, ce oferă servicii parțial sau complet automatizate. Aceștia dispun de multiple funcții ce pot ajuta pacienții atât fizic, prin preluarea și transportul diverselor obiecte, cât și social, prin menținerea unui contact permanent cu familia. În continuare se vor descrie câteva soluții robotizate de asistență:

2.1 Robotul Pearl

În SUA, cercetătorii de la Universitatea Michigan, Universitatea din Pittsburg și Universitatea Carnegie Mellon au dezvoltat echipamentul Pearl. Acesta este un robot mobil dedicat asistenței personale, participând activ în viața de zi cu zi a pacientului și reamintindu-i activitățile ce urmează a fi efectuate. Pearl dispune de numeroși senzori ce facilitează navigarea și recunoașterea intrărilor audio și video, precum și o interfață cu ecran tactil și software dedicat diferitelor sarcini pe care le poate îndeplini. Este un instrument tehnologic excelent pentru a ajuta persoanele cu dizabilități cognitive sau fizice să treacă prin sarcinile de zi cu zi. [3] (figura 1)



Fig. 1. Robotul asistiv Pearl

2.2 Robotul RobAlz

RobAlz, proiectat de către o echipă de cercetători spanioli de la Robotic Labs, Universitatea Carlos III din Madrid, în colaborare cu FAE (Alzheimer Spania), este primul robot conceput pentru a ajuta pacienții în stadiile incipiente ale bolii Alzheimer. Robalz prezintă diverse funcții, care includ: divertisment (povestiri, știri, muzică și film); stimulare (furnizarea de exerciții de memorie și diverse terapii, muzicale sau artistice, pentru a întârzia declinul cognitiv); asistență personală (ajutând în viața de zi cu zi și reamintind pacientului activitățile care urmează să fie efectuate); siguranță și securitate (o alarmă indică dacă utilizatorul prezintă un comportament neobișnuit). (figura 2)



Fig. 2. Robotul asistiv RobAlz

2.3 Robotul Pepper

Din familia SoftBank Robotics, robotul „Pepper” este mobil prin intermediul celor 3 roți omnidirecționale și dispune de 20 de grade de libertate. Corpul, predominant din plastic alb, este echipat cu senzori capacitivi, o tabletă și difuzoare pentru a ajuta la abilitățile sale de interacționare. De asemenea, are patru microfoane, două camere RGB, un senzor 3D în spatele ochilor, senzori sonori și senzori laser pentru a ajuta la identificarea oamenilor și a obiectelor din jurul său. În prezent, este utilizat pentru a întâmpina clienți în diverse locații, dar este, de asemenea, implicat în studii în sectorul sănătății și în case de îngrijire. Robotul Pepper are funcții de urmărire a feței, capacități de localizare a ochilor și detecție de bază a emoțiilor, care pot fi utilizate pentru a decide următoarea acțiune. [4] (figura 3)



Fig. 1. Robotul asistiv Pepper

2.4 Robotul Rudy

Obiectivul principal al robotului Rudy este de a fi perceput de utilizatorii săi, mai degrabă ca un însoțitor social, decât ca un echipament mecanic. Acest robot de asistență, creat de INF Robotics în 2017, oferă capacități de telemedicină, cum ar fi monitorizarea la distanță a pacientului (RPM), servicii de urgență permanente și alarme pentru distribuirea medicamentelor. În plus, integrează o componentă socială care, împreună cu aspectul său prietenos, angajează utilizatorii. De fapt, interacțiunile sociale sunt cele mai apreciate funcționalități ale acestui sistem, precum jocuri de memorie, muzică și dans, deoarece mențin pacienții activi fizic și psihic. Robotul are, de asemenea, o funcție de videoconferință care permite utilizatorilor să vorbească cu membrii familiei și să programeze check-in-uri virtuale cu îngrijitori profesioniști. [5] (figura 4)



Fig. 2. Robotul asistiv Rudy

3. Studiu de caz

Echipamentele automatizate de asistență medicală permit persoanelor identificate cu boala Alzheimer să trăiască parțial independent în propriul cămin pentru o perioadă îndelungată de timp. Prin urmare, se propune implementarea unui sistem de asistență și monitorizare a pacienților, din categoria „robot de serviciu”, ce dispune de funcționalități precum localizarea pacientului, detectarea parametrilor vitali, interacțiunea cu personalul specializat, stocarea și distribuirea dozei adecvate de medicamente.

Se propune analizarea unui caz de asistență al unui pacient cu Alzheimer prin intermediul unui echipament automatizat destinat monitorizării și menținerii stării de sănătate a acestuia. Echipamentele prezentate anterior, împreună cu o rețea senzorială specifică și o conexiune la internet, realizează o tehnologie inteligentă de monitorizare și asistare de la distanță a pacienților cu boala Alzheimer.

Sistemele de monitorizare senzorială și dispozitivele multimedia sunt amplasate în locuința pacientului în vederea colectării și transmiterii datelor către serverul local integrat în robot. (figura 5)

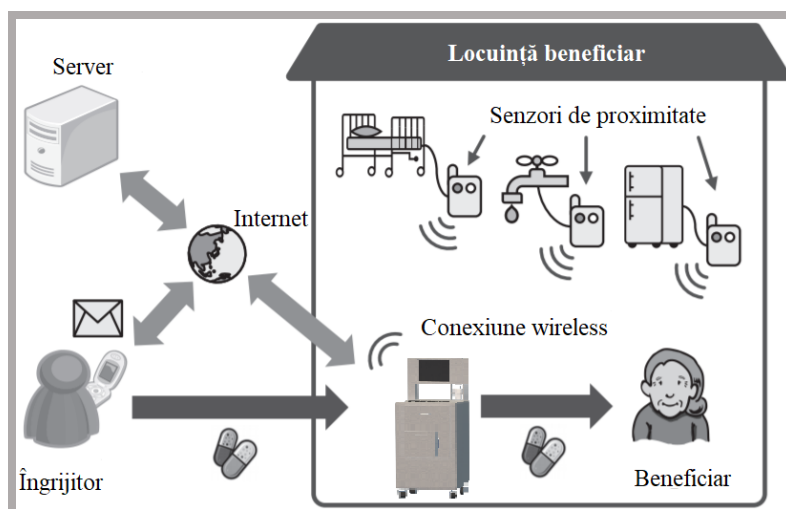


Fig. 5. Funcționarea sistemelor integrate in aplicație

3.1 Descrierea ansamblului general proiectat

Pacienții diagnosticați cu Alzheimer necesită un nivel de asistență mult mai delicată în comparație cu alte categorii de boli specifice înaintării în vârstă. În vederea monitorizării acestor persoane, am creat un concept, unde am integrat mecanisme și sisteme tehnologice, ce ajută la îngrijirea acestora în propria locuință. Sistemul mecanic operațional este interconectat cu accesoriile concepute pentru oferirea unei soluții moderne de monitorizare și asistență.

În figura 6 este prezentată o vedere izometrică a scenei modelate și animate în vederea unei posibile prototipări.



Fig. 6. Vedere izometrică animație

Funcțiile implementate sistemelor din animație permit:

- Comunicare permanentă cu îngrijitorul
- Localizare continuă a pacientului

- Monitorizare parametrii vitali
- Deplasare autonomă în locuință
- Distribuire apă și pastile
- Senzori de proximitate pentru evitarea obstacolelor
- Autonomie energetică
- Stocare medicamente, sursă de apă și pahare

3.2 Descrierea echipamentelor integrate în sistem

3.2.1 Sistem de control, monitorizare și asistare bătrâni

Robotul asistiv din concept are capacitatea de a localiza și urmări pacientul într-un cadru limitat. Acesta este echipat cu mecanisme, senzori și sisteme tehnologice destinate rolului de monitorizare și administrare programată a medicamentelor. Comanda sistemului este realizată cu ajutorul mai multor procesoare numerice ce fac posibilă primirea informațiilor generate de senzorii ambienali. De asemenea, robotul este echipat cu senzori de proximitate pentru sesizarea și evitarea obstacolelor. (figura 7)

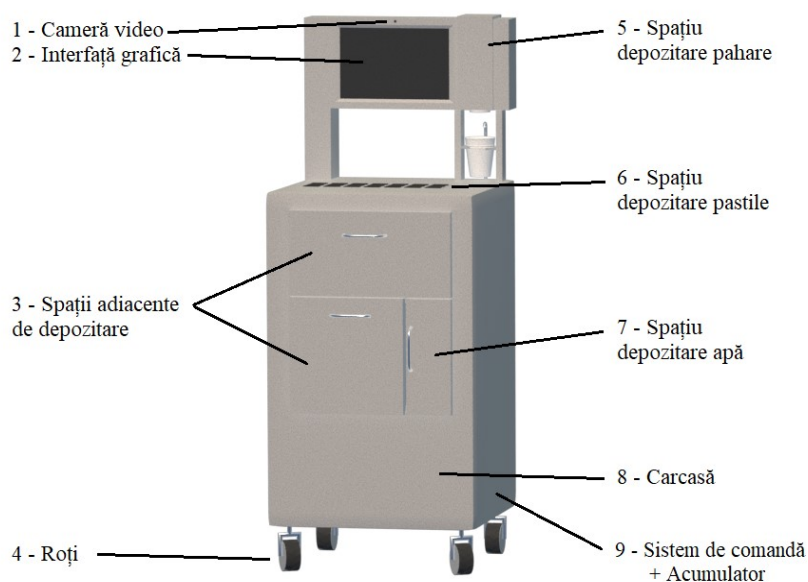


Fig. 7. Vedere frontală a robotului mobil

Elementele componente ale robotului sunt:

1. Camera video realizează monitorizarea directă a pacientului în timp real.
2. Interfața grafică integrată în sistem realizează o comunicare directă și interactivă între pacient și supraveghetor. Aceasta poate fi programată pentru a răspunde automat apelurilor săvâsite de către îngrijitor/familie, precum și de a inițializa un apel video automat în eventuala detectare a unei situații periculoase. Aceasta facilitează interacțiunile sociale pentru evitarea potențialelor situații de izolare. De asemenea, tableta integrată poate genera diverse alerte vizuale sau auditive pentru asistarea pacienților în îndeplinirea sarcinilor de rutină.
3. Spațiile de depozitare adiacente pot avea rolul de a stoca obiecte personale/sanitare ale pacientului.
4. Roțile sunt acționate prin intermediul motoarelor electrice ce asigură deplasarea și virarea sigură în cadrul locuinței.
5. Spațiul de depozitare al paharelor este destinat stocării mai multor recipiente din plastic pentru a facilita înghițirea optimă a pastilelor prescrise. Supraveghetorul pacientului poate completa periodic depozitul în timpul vizitelor.

6. Spațiul de depozitare al pastilelor este format din 21 de casete, specifice celor 3 momente principale ale zilei administrate în decursul unei săptămâni.
7. Spațiul de depozitare al apei de consum prezintă o soluție de prevenție împotriva deshidratării.
8. Carcasa robotului are rolul de a stoca elementele și mecanismele de procesare ce alcătuiesc structura echipamentului mobil.
9. Sistem de comandă și control înglobează totalitatea componentelor mecanice și electrice ce permit acționarea sistemului operațional. Acumulatorul este o sursă reîncărcabilă de energie electrică ce permite alimentarea și autonomia ideală a sistemului.

3.2.2 Sistem de alimentare prin inducție

Dispozitivul modelat folosește o tehnologie revoluționară de încărcare inductivă, wireless, a acumulatorului integrat în baza robotului, ce realizează un transfer de energie electrică. Sistemul este compus din 2 bobine inductive, una integrată în componenta de încărcare, prin care se transmite curentul electric, și una în robot. Acesta poate fi amplasat într-un punct prestabilit în cadrul locuinței, fie poate avea un modul de localizare, pentru creșterea preciziei și a flexibilității deplasării autonome a robotului către sursa de încărcare. (figura 8)



Fig. 8. Dispozitiv de încărcare a robotului

3.2.3 Sistem de localizare pacient și supraveghere parametrii vitali

Sistemul medical portabil este modelat în formă de accesoriu și dispune de funcții precum: primirea și transmiterea mesajelor sau apelurilor, monitorizarea distanțelor parcurse și a somnului beneficiarului, monitorizarea constantă a semnelor vitale ale pacientului și apelarea automată a îngrijitorului în cazul unei modificări a parametrilor optimi înregistrați. Brățara inteligentă permite supravegherea și înregistrarea anumitor parametrii biologici, precum: ritmul cardiac, puls, tensiune arterială, cantitatea de oxigen, temperatura pielii etc. (figura 9)

Conectarea brățării la rețeaua de internet, existentă în locuință, și sincronizarea cu robotul permit localizarea exactă a pacientului.



Fig. 9. Dispozitiv de localizare pacient

4. Concluzii

Schimbările socioeconomice și lipsa cadrelor medicale, ce asigură cererea neîncetată de servicii și îngrijire, au condus la necesitatea implementării unor soluții tehnologice pentru a atenua această situație. Pe lângă interacțiunea inteligentă cu mediul, tehnicile dezvoltate trebuie adoptate cu succes de către utilizatori. Există un imens stimulent economic și umanitar pentru a explora utilizarea roboților programabili în îngrijirea persoanelor diagnosticate cu boala Alzheimer.

Un robot de asistență este o tehnologie ideală pentru a monitoriza starea de sănătate a unei persoane, pentru a spori calitatea vieții, pentru a asigura siguranța acesteia și pentru a reduce potențialul declin cognitiv sau fizic. Acești roboți au potențialul de a reduce povara tot mai mare pusă pe îngrijitori și sistemul de sănătate.

Această lucrare prezintă o clasificare generală a soluțiilor de roboți ce pot asista persoanele diagnosticate cu boala Alzheimer, propune un echipament automatizat de monitorizare permanentă a beneficiarului, precum și o soluție constructivă de administrare a medicamentelor și a unei surse de hidratare programată. Aceste soluții beneficiază de noi progrese în inteligența artificială, deoarece acestea cresc nivelul de autonomie al roboților de asistență, permițându-le să se adapteze la circumstanțe neprevăzute, fără intervenția directă a unui om. Astfel, conceptul propriu de asistență, dezvoltat în această lucrare, ajută utilizatorii în viața de zi cu zi, promovându-le sănătatea, bunăstarea și independența.

Conceptul a fost modelat și animat în programul software 3ds Max. Componentele aplicației au fost modelate cu ajutorul formelor geometrice regulate ale căror puncte vectoriale au fost ulterior modificate. Pacientul a fost integrat în reprezentare prin intermediul funcției Populate, iar posibilitatea curgerii apei în pahar a fost realizată cu funcția Particle Flow Source. În scena prezentată a fost folosită o lumină de zi și s-a introdus o cameră video, ce ulterior a fost animată în vederea obținerii filmului de prezentare.

Viitoarele cercetări în domeniu pot viza integrarea robotului propus în sistemele medicale și de îngrijire a persoanelor vârstnice.

5. Bibliografie

- [1]. ToolKit, World Alzheimer's Month: <https://www.worldalzmonth.org/>;
- [2]. Florin Tudose, Cătălina Tudose, Letiția Dobranici(2002), Psihopatologie și psihiatrie pentru psihologi. Editura Infomedica, ISBN 973-9394-77-9;
- [3]. Martha E. Pollack, Sandra Engber, Sebastian Thru (2002), Pearl: A Mobile Robotic Assistant for the Elderly;
- [4]. Eva Blessing Onyeulo and Vaibhav Gandhi (2020), What Makes a Social Robot Good at Interacting with Humans? January 2020;
- [5]. Ester Martinez-Martin, Felix Escalona and Miguel Cazorla (2020), Socially Assistive Robots for Older Adults and People with Autism: An Overview, February 2020, Spain;

STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF CARDBOARD PACKAGING FOR REFRIGERATED AND FROZEN FOODS

TETELEA Cristina,

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: 2, e-mail: christhinadaria@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Miron ZAPCIU**

ABSTRACT: The paper highlights that frozen foods, through their specific characteristics, require from the design stage of the packaging a rigorous study of all materials involved, and their interactions, for the subsequent maintenance of the refrigeration chain. The development of green and environmentally friendly cardboard, with moisture-resistant agents such as polylactic acid and soy protein membrane, as well as the ecological progress of moisture-resistant coatings, must become a priority.

CUVINTE CHEIE: lanț frigorific, ambalaj carton, congelare, aliment.

1. Introducere

Ambalajele realizate exclusiv din hârtie și carton, deși sunt aprobate pentru contactul direct cu multe produse alimentare, sunt permeabile la apă, vapori de apă, soluții apoase și emulsii, solvenți organici, substanțe grase (cu excepția hârtiei rezistente la grăsimi), gaze, cum ar fi oxigenul, dioxid de carbon și azot, substanțe chimice agresive, arome și arome volatile [1].

Cu toate acestea, pe scară largă, hârtia și cartonul pot dobândi proprietăți de barieră și performanțe funcționale extinse, prin acoperire și laminare cu materiale plastice, fiind astfel competitive și pe piața alimentelor congelate.

Totuși ambalajul trebuie să aibă și funcția de protecție pasivă. Protecția mediului la nivel global și presiunile de economisire a resurselor (problemele de mediu devin din ce în ce mai importante pentru consumator) trebuie să ducă la dezvoltarea unor ambalaje ușor reutilizabile, reciclabile sau ecologice [2].

2. Metodă de conservare a alimentelor: congelarea

Congelarea are ca scop conservarea alimentelor perisabile, pentru a încetini creșterea și activitatea microorganismelor din alimente, întârziind reacțiile chimice și prevenind acțiunea enzimelor.

Procesul tehnologic de conservare prin congelare a unui produs poate cuprinde următoarele faze:

- tratamentul sau tratamentele preliminare,
- congelarea propriu-zis,
- ambalarea,
- depozitarea în stare congelată,
- transportul,
- decongelarea, pastrarea de scurtă durată în stare decongelată până la consum sau utilizare într-un proces de fabricație.

În cazul în care produsul nu este supus congelării în faza “caldă”, atunci refrigerarea poate fi privită ca un tratament preliminar [3].

Rata de congelare a alimentelor depinde de o serie de factori, cum ar fi temperatura și metoda de congelare, circulația aerului, dimensiunea și forma ambalajului, tipul de alimente. Formarea cristalelor de gheață este maximă între 0 °C și -5 °C și are loc în principal în lichidul dintre celule. Pe măsură ce gheața crește între celule, concentrația sărurilor din lichidul neînghețat crește pentru a o depăși pe cea din celulă, iar osmoza are loc cu pierderea de fluid. Cu cât rata de îngheț este mai lentă, cu atât pierderea de lichid este mai mare, ceea ce poate provoca distorsiuni celulare și o modificare a comportamentului enzimei. Acest lucru poate duce la modificări ale texturii și aromelor.

În condiții de înghețare rapidă, căldura este îndepărtată atât de repede, încât nu există timp pentru ca apa din celula internă să se transfere în afara celulei și se formează gheață în celulă. Chiar dacă țesuturile pot avea aceleași dimensiuni, acestea vor îngheța diferit din cauza caracteristicilor diferite de formare a gheții ale

fluidului din și între celule. Pe de altă parte, o rată de îngheț prea mare poate provoca tensiuni dimensionale care duc la dezintegrarea produselor sensibile [4, 5].

Lanțul frigorific ("cold chain") constă dintr-o serie de companii angajate în fabricarea, transportul, depozitarea, vânzarea cu amănuntul și servirea alimentelor proaspete, refrigerate și congelate. Eficacitatea lanțului frigorific în menținerea siguranței, termenului de valabilitate și a calității alimentelor se bazează pe controlul temperaturii produsului în fiecare etapă. Depozitarea, transportul și desfacerea produselor trebuie să se facă la temperaturi mai mici de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, fara variații importante ale acestora, iar fiecare produs congelat rapid, pus în vânzare, va avea ambalaj individual inert față de conținut, rezistent din punct de vedere mecanic și impermeabil. Respectarea acestor condiții asigură o calitate superioară a produselor congelate rapid, garantate din punct de vedere sanitar și comercial [6].

3. Protecția ambalajului pentru un aliment congelat

Pentru a menține alimentele congelate în stare perfectă în timpul depozitării și distribuției, ambalajul trebuie să ofere protecție împotriva următoarelor:

- deshidratarea cauzată de vaporii de umezeală care se scurg prin pereții sau garniturile ambalajului; această pierdere de umiditate deshidratează suprafețele alimentelor congelate și provoacă deshidratare (arsură la congelare); stratul de suprafață deshidratat poate fi foarte subțire, dar poate afecta aspectul și vandabilitatea finală a produsului;
- oxidarea favorizată de enzime care nu au fost eliminate prin albire, poate fi cauzată dacă aerul pătrunde în ambalaj;
- lumina accelerează oxidarea, în special în alimentele cu un conținut ridicat de grăsimi;
- absorbția mirosurilor din aer este puțin probabil să apară în timp ce alimentele preambalate rămân congelate;
- daunele fizice pot fi cauzate de comprimare în timpul depozitării și transportului; pot apărea alte daune ale straturilor inferioare ale pachetelor dacă ambalajele exterioare sunt aruncate pe o suprafață dură [2, 7].

4. Criterii în alegerea ambalajului pentru un aliment congelat

Un ambalaj trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

- greutatea articolului, cât și sarcina externă aplicată ambalajului;
- condițiile de depozitare: ambientale, înălțimea stivei.
- durata depozitării;
- tipul de manipulare;
- condiții de utilizare (rezistența la umiditate);
- dimensiunea produsului, determinând dimensiunile critice ale cutiei;
- maximizarea eficienței paletului prin utilizarea spațiului disponibil;
- dimensiune și tip de închidere: acuratețea dimensiunilor afectează performanța mașinii de ambalat;
- dacă necesită proprietăți de protecție: pentru umezeală, miros, etc.; vaporii pot intra / ieși prin zonele biguite sau pe la punctele de îmbinare / lipire ale cutiei; protecția împotriva vaporilor de umiditate se realizează în general prin ceruirea cartonului și se măsoară în funcție de rata de transfer a vaporilor de apă (WVTR) rezultată măsurată în $\text{g}/\text{m}^2/\text{zi}$ [8].

5. Compoziția și structura hârtiei /cartonului

Hârtia și cartonul sunt materiale în straturi, formate din rețele întretesute de fibre de celuloză. Aceste materiale sunt imprimabile și au proprietăți fizice care le permit să fie transformate în ambalaje flexibile și rigide prin tăiere, pliere, pliere, formare, lipire etc. [8bis].

Există multe tipuri diferite de hârtie și carton. Ele variază în aspect, rezistență și multe alte proprietăți, în funcție de tipul (tipurile) și cantitatea de fibre utilizate și modul în care fibrele sunt procesate în fabricarea hârtiei și a cartonului. Direcția fibrei (fig. 1) este cunoscută sub numele de direcția mașinii MD, în timp ce direcția transversală este direcția hârtiei în unghi drept față de direcția mașinii CD.

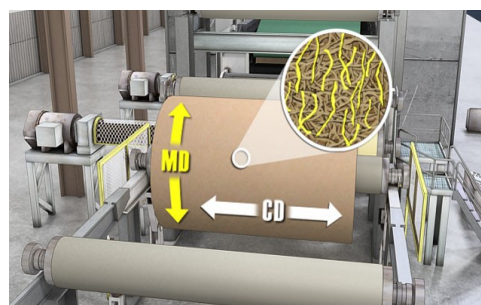


Fig. 1. Orientarea fibrei la carton [9]

5. Filme de acoperire a cartoanelor. Caracteristici de barieră

Ambalajele din hârtie și carton sunt utilizate pe o gamă largă de temperaturi, de la depozitarea alimentelor congelate până la temperaturile ridicate ale apei clocotite și încălzirii în cuptoarele cu microunde și cuptoarele convenționale cu radiație. Hârtia și cartonul pot dobândi proprietăți de barieră și performanțe funcționale extinse, cum ar fi etanșabilitatea la căldură pentru ambalarea lichidă etanșă, prin acoperire și laminare cu materiale plastice, cum ar fi polietilena (PE), polipropilena (PP), polietilen tereftalat (PET sau PETE) și alcool etilen vinilic (EVOH) și cu folie de aluminiu, ceară și alte tratamente [10]. Toate materialele plastice oferă proprietăți bune de barieră (Tabel 1) și siguranță chiar și în ambalajele monostrat: acestea sunt denumite materiale structurale. Polimerii barieră sunt utilizați pentru alimentele care sunt extrem de sensibile la oxidare, lumină sau pierdere de aromă, care sunt utilizate în ambalaje multistrat împreună cu materiale structurale [11].

Tabelul 1.

Polimer	Proprietăți		
	Permeabilitate		Rezistență
	Vapori apă	Oxigen	
Principalii polimeri structurali:			
Polietilena cu densitate scăzută (LDPE)	10	7,000	UV, acizi și baze neoxidante, solvenți polari
Polietilena cu densitate crescută (HDPE)	5	2,100	Șoc mecanic, sterilizare
Polipropilena (PP)	6 - 10	1,800 – 3,600	Stres mecanic și termic (cuptor cu microunde, sterilizare), soluții apoase minerale, acizi diluați și alcalii
Clorura de polivinil (PVC)	35	120	Produse chimice, grăsimi
Polistiren (PS)	140	4,000	Acizi diluați, soluții apoase și alcoolice
Polietilena Tereftalat (PET)	32	65	Șocuri mecanice, esteri, aromatice, alcooli, grăsimi, acizi și alcali diluați, oxidare, lumină
Poliamide (PA)	50 - 170	3 - 50	Produse chimice
Principalii polimeri de barieră:			
Alcool etilen vinilic (EVOH)	22 - 60	0,1 – 1,4	Umezeala
Clorură de poliviniliden (PVDC)	0,5 - 3	0,6 - 10	Căldură
Poliacrilonitril (PAN)	95	12	

6. Posibilități de determinare a caracteristicilor de barieră a materialelor ambalajelor

6.1. Test pentru determinarea ratei de transmitere a vaporilor de apă (WVTR - Water Vapour transmission rate)

Permeabilitatea vaporilor de apă este o măsură a trecerii vaporilor de apă printr-o membrană. Este rata de transmitere a vaporilor de apă per unitatea de suprafață per unitatea de presiune de vapori diferențială în condiții de testare. Este, de asemenea, cunoscut sub numele de rata de transmitere a vaporilor de apă (WVTR) sau rata de transmitere a vaporilor de umiditate (MVTR) [12].

Prin studierea diferitelor metode de testare a ratei de transmitere a vaporilor de apă, s-au produs multe instrumente de testare a permeabilității vaporilor de apă pe baza standardelor ASTM E96 / GB 1037 (metoda gravimetrică), ISO 15106-2 / ASTM F1249 (metoda senzorului în infraroșu), ISO 15106-3 (metoda senzorului electrolic) și ISO 15106-1 / ASTM E 398 (metoda senzorului de umiditate) [13].

Metoda gravimetrică se bazează de fapt pe metoda cupei, care constă în:

Se pregătesc două cupe (fig. 2): una este plină cu apă (cupa umedă), cealaltă este plină cu un desicant (cupa uscată). Un eșantion este plasat peste partea de sus a fiecărei cupe și sigilat. Cele două cupe sunt cântărite și apoi plasate într-o cameră de testare, care este menținută la un nivel constant de umiditate și la o temperatură constantă. Periodic, cele două cupe sunt scoase și cântărite. Se induce o diferență de presiune a vaporilor pe întreg materialul pentru a vedea cum se comportă. Interiorul cupei umede este aproape de 100 % umiditate relativă (o presiune de vapori mai mare decât camera), iar interiorul cupei uscate este aproape de 0% (o presiune de vapori mai mică decât camera). Cupa umedă va pierde vapori de apă, iar cupa uscată va câștiga vapori de apă. Cântăririle periodice monitorizează rata la care se întâmplă acest lucru și asta este ceea ce definește permeabilitatea. Doar unul dintre cele două ansambluri transportă vaporii mai repede, cu cât devine mai umed.

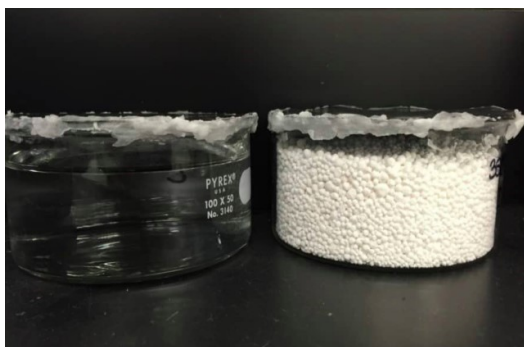


Fig. 2. Cupa umedă și cupa uscată



Fig. 3. W3/031



Fig.4. C230H



Fig. 5. C830

Instrumentul este W3/031 Water Vapor Transmission Rate Tester (fig. 3), echipat cu trei feluri de cupe individuale de testare și procesul de testare este complet automat și în conformitate cu standardele internaționale [14, 20].

6.2. C230H - Sistem de testare a vitezei de transmisie a oxigenului (fig. 4)

Proiectat și fabricat pe baza metodei senzorialului coulometric (metoda presiunii egale) și este conform ASTM D3985. Acest instrument poate fi utilizat pentru a măsura rata de transmisie a oxigenului materialelor cu barieră, cu precizie ridicată și eficiență ridicată. Instrumentul poate regla și controla cu precizie temperatura, umiditatea și debitul, garantând o sensibilitate ridicată și o repetabilitate excelentă a rezultatelor testelor. C230H se aplică la determinarea permeabilității oxigenului a filmelor din plastic, a colilor de hârtie și a altor materiale de ambalare utilizate în industria alimentară, farmaceutică, etc. [21].

6.3. C830 pentru determinarea migrării

Tester automat (fig. 5) extrem de integrat, de înaltă eficiență și automat, care poate fi utilizat pe scară largă pentru determinarea migrării diferitelor materiale nevolatile, din ambalaje către produse alimentare sau farmaceutice [16].

6.4. Studiu de caz - investigarea efectelor diferitelor ambalaje alternative asupra duratei de valabilitate a înghețatei depozitate în diferite condiții

Produsele de înghețată sunt deosebit de sensibile la căldură, prezentând risc de scăderea a calității lor, la temperaturi de depozitare fluctuante sau ridicate de peste $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (de preferință, trebuie depozitate între $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ și $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Textura netedă a înghețatei apare în parte datorită prezenței unor mici cristale de gheață formate atunci când produsul este înghețat rapid și, în parte, datorită unei emulsii alcătuite din lapte, zahăr, apă și grăsimi lactate. Dacă temperatura înghețatei crește peste $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$: dimensiunea cristalelor de gheață crește, iar emulsia se descompune, separându-se în două straturi, grăsime și apă. Netezimea produsului se pierde, creând o textură înghețată, granulată, stratificată în loc de una netedă. Aceste modificări se numesc „șoc termic” și sunt permanente: readucerea la temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sau mai mici nu anulează daunele. Pentru acest motiv înghețata trebuie să fie manipulată și depozitată în strictă conformitate cu instrucțiunile și specificațiile producătorului.

S-au testat mai multe tipuri de ambalaje și s-au obținut următoarele rezultate:

6.4.1. Permeabilitatea materialelor de ambalare (tabelul 2)

Cartonul hidrofug WR avea cea mai mare permeabilitate a vaporilor de apă, chiar și la $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ era foarte mare. Permeabilitatea altor cartoane era normală pentru acest tip de produs. Scăderea temperaturii a avut cel mai mare efect asupra permeabilității cartonului laminat termofuzibil [15, 17].

Tabelul 2.

Permeabilitățile vaporilor de apă ale tipurilor de carton testate		
Carton solid	Permeabilitatea vaporilor de apă (mg/dm ² /24h)	
	+23 °C (rezistența la umiditate 50%)	-20 °C
cu acoperire termofuzibilă	98	11
cu acoperire LDPE	57	23
cu acoperire Latex	210	38
cu acoperire WR	4820	820

6.4.2. Calitatea senzorială

Temperatura de depozitare a avut un efect atât de mare asupra calității înghețatei, încât chiar și în cutia de polistiren care a arătat cea mai bună protecție în aceste experimente, atunci când a fost depozitată la -18 °C, calitatea era deja aproape de limita acceptabilității (54 puncte, limita de acceptabilitate 40 de puncte) după doar 30 de săptămâni (tabelul 3). În schimb, calitatea eșantionului de referință stocat la -25 °C – -27 °C a fost destul de bună după o depozitare de 30 de săptămâni (puncte 77 în total, maxim 100) [15].

Tabelul 3

Efectul pachetului asupra termenului de valabilitate al înghețatei depozitate în vitrine închise pentru alimente congelate la trei temperaturi diferite							
	Termen valabilitate (săptămâni)						
	I				II		
	-12 °C	-15 °C	-18 °C		-12 °C	-15 °C	-18 °C
Ambalaje din carton:							
cu acoperire termofuzibilă	0-1	0-1	2-4		3-4	2-3	11-15
cu acoperire LDPE	0-1	0-1	4-5		3-4	3-4	7-10
cu acoperire Latex	0-1	0-1	4-5		3-4	3-4	7-10
cu acoperire WR	0-1	0-1	2-4		2-3	2-3	4-7
Ambalaje din plastic:							
PS	< 3	< 3	< 4		3-4	3-4	11-15
HDPE	< 2	< 2	< 4		2-3	2-3	< 11
Referința (-25 °C)	19				> 30		
I = durata de valabilitate referitoare la primul grad al calității;				II = durata de valabilitate referitoare la al doilea grad al calității			

Tabel 4a.**Tabel 4b.**

Efectul ambalajului asupra termenului de valabilitate al înghețatei în al treilea grad al calității, în vitrine închise pentru alimente congelate				Efectul ambalajului pe durata de valabilitate a înghețatei depozitate în stratul superior al unei vitrine deschise la o temperatură stabilită de -15 °C			
	Termen valabilitate (săptămâni)				Termen valabilitate (săptămâni)		
	-12 °C	-15 °C	-18 °C		I	II	III
Ambalaje din carton:				Ambalaje din carton:			
cu acoperire termofuzibilă	8-10	11-16	22	cu acoperire LDPE	< 2	4	10
cu acoperire LDPE	6-8	11-16	13-17	cu acoperire folie Al	< 2	6	16-18
cu acoperire Latex	6-8	7-10	22	I = durata de valabilitate referitoare la primul grad al calității; II = durata de valabilitate referitoare la al doilea grad al calității; III = durata de valabilitate referitoare la al treilea grad al calității			
cu acoperire WR	3-4	4-5	8-10				
Ambalaje din plastic:							
PS	16	22-26	> 30				
HDPE	16	19	22-36				

La -18 °C ambalajul a avut o importanță asupra duratei de depozitare, atunci când calitatea era în clasa a doua. La această temperatură, printre pachetele de carton, cutia de carton acoperită prin hot-melt, a fost cea mai bună pentru calitate, iar pachetele din plastic au fost comparabile cu cutia de carton hot-melt (tabelul 4a).

În ceea ce privește durata de valabilitate a înghețatei în clasa a treia de calitate, încă acceptabile, s-au observat diferențe semnificative în termenele de valabilitate în ambalaje diferite chiar la -12 °C (tabelul 4b). Cel mai bun pachet pentru calitatea înghețatei în aceste condiții a fost cutia din polistiren.

Pe baza analizelor de regresie, cutia de polistiren a demonstrat cea mai bună protecție a calității, diferența fiind destul de semnificativă sau semnificativă în comparație cu ambalajele din carton. La -18 °C calitatea s-a deteriorat semnificativ mai repede în cutia de carton WR decât în alte pachete. De asemenea, la temperaturi mai ridicate calitatea înghețatei ambalate în cutia de carton WR s-a deteriorat clar mai repede decât în celelalte pachete de carton, dar nu mult mai rapid. Totuși, pachetele de plastic testate au protejat calitatea și la -12 °C destul de semnificativ mai bine decât cutia de carton WR. Eșantionul de referință stocat la -25 °C – -27 °C și-a păstrat calitatea foarte semnificativ, mai bine decât toate eșantioanele stocate la -12 °C – -18 °C.

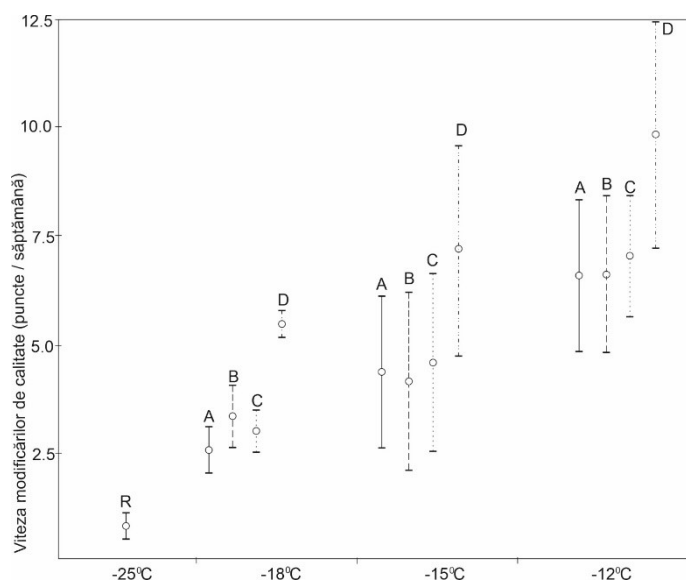


Fig. 6. Efectul diferitelor ambalaje de carton asupra ratei de schimbare a calității înghețatei depozitate în vitrinele cu alimente congelate la trei temperaturi diferite :

liniile verticale = intervalul de încredere al ratei (95% probabilitate),
R = probă de referință,
A = acoperire cu termofuziune,
B = acoperire LDPE,
C = acoperire latex i,
D = cutie de carton acoperită WR.

Modificările de calitate care au apărut în probele de înghețată au fost în natura lor diferite, pentru diferite ambalaje. Cu toate acestea, aspectul și topirea au suferit mai repede la toate temperaturile testate și în toate ambalajele decât textura și gustul. Înghețata ambalată în cutii de carton acoperite cu latex și WR a avut deja după depozitare de 1-2 săptămâni a gust puternic al cartonului, mai ales la -12 °C. De asemenea, cutia de carton acoperită cu LDPE a provocat la această temperatură un gust ușor de carton, dar numai la sfârșitul depozitării.

Înghețata ambalată în ambalajele din carton laminat termofuzibil și folie de aluminiu și în ambalajele din plastic nu a avut gustul cauzat de ambalaj.

Defectele de calitate ale înghețatei depozitate la -12 °C au diferit de cele ale înghețatei depozitate la -18 °C. Textura înghețatei depozitate la -12 °C a fost înghețată, iar aspectul cu cocoloase. Textura înghețatei depozitate la -18 °C era aluată, dură, groasă și grasă, deși la sfârșitul depozitării textura era oarecum înghețată. Potrivit, de asemenea la examinările la microscop, textura înghețatei depozitate la -12 °C a fost nisipoasă și înghețată după 2 săptămâni de stocare (diametrul cristalelor $\geq 50-60 \mu\text{m}$), în timp ce la -18 °C cristalele au început să crească semnificativ numai după 8 săptămâni de depozitare. Cu toate acestea, înghețata ambalată în pachetul de carton WR a fost nisipoasă și înghețată înainte de expirarea celor 8 săptămâni de depozitare. Textura înghețatei ambalate în ambalaje din plastic era, de asemenea, dură, grasă și groasă. Doar în ultima parte a depozitului textura era puțin cristalină. Aspectul era cu cocoloase, iar culoarea puțin galbenă.

Conservarea gustului a fost cea mai lungă în ambalajele din plastic. În ultima parte a depozitării, gustul din ambalajele din plastic a fost considerat apos, în timp ce în ambalajele din carton defectele de gust au fost în primul rând gustul de vechi și gustul cauzat de carton. Această diferență ar fi putut fi cauzată de evaporarea mai mare a apei din pachetele de carton.

Temperatura fluctuantă în vitrina deschisă a marcat efectul asupra creșterii cristalelor. Textura înghețatei depozitate în vitrina deschisă la -15 °C a fost nisipoasă și înghețată înainte ca depozitarea să fi continuat timp de 3 săptămâni, în timp ce în vitrinele închise pentru alimente congelate la -15 °C textura a fost nisipoasă după 8 săptămâni. Tipul ambalajului a avut doar un efect redus asupra prevenirii creșterii cristalelor în înghețata depozitată în vitrina deschisă.

6.4.4. Pierderi în greutate în pachetele de carton

Pierderile în greutate ale pachetelor de carton în timpul depozitării au fost determinate la sfârșitul depozitării prin cântărirea a cinci pachete din fiecare probă. Pierderile au fost semnificativ dependente de temperatura de depozitare. La -18 °C, pierderile în greutate la trei ambalaje de carton au fost doar după 20 de săptămâni, la fel de mari ca pierderile în greutate la -12 °C după 11 săptămâni (tabelul 5). În cutia de carton WR, pierderile de greutate au fost semnificativ mai mari ca urmare a permeabilității mai mari a vaporilor de apă a cartonului WR. Mai ales în ultima parte de depozitare, înghețata din acest ambalaj a fost prăbușită, uscată și cu o pojghiță pe ea. Cele mai mici pierderi de greutate s-au produs în cutia de carton acoperită cu LDPE, deși permeabilitatea la vapori de apă a cartonului acoperit cu LDPE nu a fost cea mai mică. Scăderea în greutate este, de asemenea, influențată în mod evident de etanșitate, de posibilele fracturi ale cutelor și de factori similari [15].

În cele trei pachete de carton menționate ultima dată, evaporarea apei a provocat în primul rând uscarea colțurilor, deși chiar la sfârșitul depozitării s-a putut observa și formarea pojghiței. Pierderile în greutate ale pachetelor depozitate în stratul superior al unei vitrine deschise au fost mici (tabelul 5).

Tabelul 5

Pierderi în greutate ale diferitelor ambalaje din carton, de înghețată, depozitate în vitrine închise pentru alimente congelate și în stratul superior al unei vitrine deschise				
Ambalaje din carton:	Pierdere în greutate (%)			În vitrină deschisă*
	În vitrină închisă			
	-12 °C*	-15 °C**	-18 °C***	
cu acoperire termofuzibilă	2.7	2.8	2.8	
cu acoperire LDPE	0.7	1.0	0.8	1.7
cu acoperire Latex	2.2	2.2	2.5	
cu acoperire WR	12.7	11.2	19.1	
lamine cu folie din Al				0.8
* După 11 săptămâni	** După 16 săptămâni			*** După 20 săptămâni

Concluziile studiului arata ca deși temperatura de depozitare are un efect mai mare asupra duratei de valabilitate a înghețatei decât ambalajul, iar înghețata nu poate fi păstrată mult timp la temperaturi peste -25 °C, ambalajul are o influență semnificativă, în special în condițiile de temperatură și condiții de vânzare cu amănuntul. Pe de altă parte, temperatura de depozitare a înghețatei în magazinele cu amănuntul ar trebui să fie cât mai scăzută posibil și fluctuația temperaturii cât mai mică posibil pentru a preveni, printre altele, creșterea cristalelor și pentru a garanta menținerea calității cât mai bine cât mai mult timp posibil.

La temperaturile de vânzare cu amănuntul, niciun ambalaj testat în acest studiu nu poate menține înghețata în primul grad de calitate mai mult de 4 săptămâni, chiar dacă temperatura nu ar fluctua. În vitrinele deschise durata de valabilitate este încă scurtă. Atunci când sunt acceptate pierderi de calitate până la clasele a doua și a treia, durata de valabilitate la aceste temperaturi poate fi extinsă prin alegerea ambalajelor din plastic sigilate, unde durata de depozitare poate fi de 1,5 ori mai mare decât cea a celui mai avantajos ambalaj din carton laminat termofuzibil, testat în vitrine verticale întunecate. Dintre cele două ambalaje de carton testate în vitrina deschisă, pachetul laminat din folie de aluminiu este în mod clar mai bun pentru calitatea înghețatei decât pachetul acoperit cu LDPE. Este probabil ca și în pachetele de carton bine acoperite durata de valabilitate să fie la fel de lungă ca și în pachetele de plastic dacă închiderea pachetului ar fi strânsă. În acest studiu, capetele pachetelor de carton au fost doar pliate, dar nu sigilate termic, urmând practica convențională în ambalarea înghețatei.

În plus, acoperirea materialului din carton trebuie să fie suficient de impermeabil pentru a împiedica migrația oricărei arome din carton către înghețată [16 bis]. Conform acestui studiu, acoperirea cu LDPE și a cartonului laminat termofuzibil sunt adecvate în acest sens pentru ambalajele de carton de înghețată. Acoperirea trebuie să fie, de asemenea, atât de impermeabilă încât permeabilitatea vaporilor de apă să fie foarte mică. Se pare că o permeabilitate sub 100 mg / dm² / 24 ore, la temperatura a camerei este suficientă pentru a preveni pierderile semnificative de greutate și uscarea înghețatei.

7. Concluzie

Odată cu creșterea rapidă a consumului de alimente congelate, cantitatea de carton rezistent la umiditate va crește, de asemenea, în curând. Dezvoltarea cartonului verde și ecologic, cu agenți rezistenți la umiditate, cum ar fi acidul polilactic și membrana proteinei din soia, precum și progresul ecologic al acoperirilor rezistente la umezeală, trebuie să devină o prioritate. Sunt necesare cercetări ample privind dezvoltarea de noi materiale de acoperire, metode de formare a acoperirii, metode de îmbunătățire a proprietăților de acoperire și aplicații potențiale [18]. Mai mult, filmele și acoperirile pe bază de biopolimeri pot acționa ca vehicule eficiente pentru încorporarea diferiților aditivi, inclusiv antimicrobieni, antioxidanți, agenți de colorare și substanțe nutritive. Filmele și învelișurile din biopolimeri pot servi, de asemenea, ca bariere de gaz și solut și pot completa alte tipuri de ambalaje prin minimizarea deteriorării calității alimentelor și prelungirea duratei de valabilitate a alimentelor [19].

8. Bibliografie

- [1]. Paine, F. (2011), *A Handbook of Food Packaging*, Springer Science Business Media, Dordrecht, ISBN 978-1-4613-6214-2.
- [2]. Rahman, S. (2007), *Handbook of Food Preservation*, CRC Press, London, ISBN 978-1-57444-606-7.
- [3]. Da-Wen, S. (2012), *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*, CRC Press, London, ISBN 978-1-4398-3605-7.
- [4]. Han, C. și Zhao, Y. (2004), “Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries”, volume 33, 67-78, Oregon.
- [5]. “Congelarea – ambalarea este esențială pentru păstrarea prospețimii”, <https://blog.liebherr.com/electrocasnice/ro/congelarea-ambalarea-este-esentiala-pentru-conservarea-prospetimii/>
- [6]. *** Australian Food & Grocery Council – Cold Chain Guidelines, User Guide, 2017.
- [7]. Irwin, T. (1998), *Food Storage stability*, CRC Press, London, ISBN 0-8493-2646-X.
- [8]. Jeantet, R. și Croguennec, T. și Schuck, P. (2016), *Handbook of Food Science and Technology 2*, ISTE Ltd., London, ISBN 978-1-84821-933-5.
- [8 bis]. Ek, M. și Gellerstadt, G. (2009), *Paper Products Physics and Technology*, De Gruyter, Stockholm, ISBN 978-3-11-021345-4.
- [9]. Ek, M. și Gellerstadt, G. (2009), *Pulp and Paper Chemistry and Technology*, De Gruyter, Stockholm, ISBN 978-3-11-021345-3.
- [10]. Robertson, G. (2010), *Food Packaging and Shelf Life*, CRC Press, London, ISBN 978-1-4200-7844-2.
- [11]. “Exploring The Different Types Of Frozen Food Packaging”, Industrial Packaging, <https://www.industrialpackaging.com/blog/different-types-frozen-food-packaging>
- [12]. *** GWP – Liquiguard, User Guide, 2011.
- [13]. Kirwan, M. (2011), “Paper and Paperboard Packaging”, Food and Beverage Packaging Technology, London.
- [14]. Iizuka, S. și Murata, K. (2016), “Development of a simple cup method for water vapor transmission rate measurements under high-temperature conditions”, ICEP, Saitama.
- [15]. Ahvenainen, R. și Malkki, Y. (1985), “Influence of packaging on the shelf life of frozen foods. III. Ice cream”, Journal of Food Technology, Technical Research Centre of Finland, Espoo.
- [16]. “Ambalaje carton alimentar”, Smarts, <https://ambalajecarton-bucuresti.ro/ambalaje-carton-alimentar.html>
- [16 bis]. Robertson, G. (2013), *Food Packaging Principles and Practice*, CRC Press, London, ISBN 978-1-4398-6242-1.
- [17]. “Alimente congelate”, DS Smith, <https://www.dsmith.com/ro/packaging/piete/produse-alimentare-bauturi/alimente-congelate>
- [18]. Yusuf, M. și Zakaria, F. (2018), “Enterprise Systems in Print Production Workflow”, volume 22, ISSN 01265822.
- [19]. Ayoub, A. și Hameed, F. (2018), “Food Packaging Technology and its Emerging Trends”, volume 7 (10), 16-32, ISSN 2319-7706.
- [20]. Video 1 <https://www.youtube.com/watch?v=iwpNZ9NVP1E>
- [21]. Video 2 <https://www.youtube.com/watch?v=CDdO4oP6fXk>

THE ANALYSIS OF THE ORGANIZATION OF PRODUCTION FLOWS TO ENSURE THE QUALITY OF THE OFFSET PRINTING PROCESS

RÂBIȚĂ (OVESIA) Otilia,

Facultatea: IIR, Specializarea: TSP, Anul de studii: I, e-mail: taviovesia@yahoo.it

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Viorica CAZAC**

ABSTRACT: This paper proposes a comparative analysis of the production flow in various circumstances as well as its impact on the quality of the printing process. The study was carried on at the S.C. Disz Tipo S.R.L. printing company from Săcele and it includes observation of the production flow during the following stages: (DTP) prepress, CTP, offset printing and the supply chain. This analysis focused on the key factors that influence the quality of the offset printing: paper quality, ink quality, raw materials storage and all these producing effects upon the printing quality, as stated by the ISO 9001 standards. In order to achieve this target, non-compliances identified during November 1st, 2020 - May 1st, 2021 have been analyzed and their leverage in the stages of the production flow has been transferred into a diagram. Hence the identification of the production flow stages with the highest impact on the printing quality.

CUVINTE CHEIE: calitate, neconformitate, producție, tipar offset.

1. Introducere

Deși există instrumente ce monitorizează fluxurile de lucru și multe companii tipografice le dețin, soluțiile găsite par să nu mai reflecte situațiile reale din tipografii și atunci furnizorii de servicii de imprimare folosesc alte tipuri de documente (foi de calcul, fișe de comandă) pentru a urmări procesele de producție.

Pentru asigurarea calității tiparului trebuie să existe un model funcțional de management al calității producției, aceasta fiind reflectat de funcțiile acestuia: planificare, organizare, coordonare, motivarea și controlul producției. Aceste funcții se întrepătrund astfel încât este aproape imposibil a fi considerate separat. Pentru a asigura funcționalitatea procesului prin funcțiile specificate, poate fi selectată una din cele patru metode existente: organizațională, administrativă, economică sau socio-psihologică [5].

Obiectivul principal al acestui studiu este analiza comparativă a fluxului de producție în diferite situații și evidențierea influenței acestuia asupra calității procesului de tipar. Studiul s-a desfășurat în tipografia S.C. Disz Tipo S.R.L. din Săcele, considerând etapele: DTP (pre-tipărire), CTP, tipar offset, cât și activitatea de aprovizionare. Analiza a luat în considerare și factorii principali ce influențează calitatea tiparului offset: calitatea hârtiei, a cernelurilor, modul de păstrare a materiilor prime, calitate dată de standardele ISO 9001.

Pentru atingerea acestui obiectiv au fost analizate etapele procesului tehnologic al tiparului offset, cât și toți “participanții” la acest proces: materii prime, resurse materiale și umane.

Pentru a avea un tipar calitativ trebuie parcurs întregul proces tehnologic stabilit pentru acel produs respectând tehnologiile și timpii de producție.

2. Analiza fluxurilor de producție tipografică

2.1. Formele de organizare a fluxurilor de producție tipografică

După gradul de automatizare al operațiilor distingem:

- forme de organizare a producției în flux, unde predomină munca manuală,
- forme de organizare a producției în flux, unde producția este semimecanizată,

➤ forme de organizare a producției în flux, unde producția este mecanizată sau automatizată.

După gradul de continuitate se deosebesc:

➤ forme de organizare a producției în flux continuu,

➤ forme de organizare a producției în flux discontinuu sau intermitent.

Fluxul de producție într-o tipografie este format din etapele de pre-tipărire, procesul de tipărire propriu-zis și procesul de finisare. Conexiunea între cele trei procese se face prin fluxul de materiale utilizate. Între etapa de pretipărire și procesul de tipărire legătura se face prin plăcile de tipar, între mașina de tipar și procesul de finisare, conexiunea se face prin intermediul colilor tipărite (fig 1).

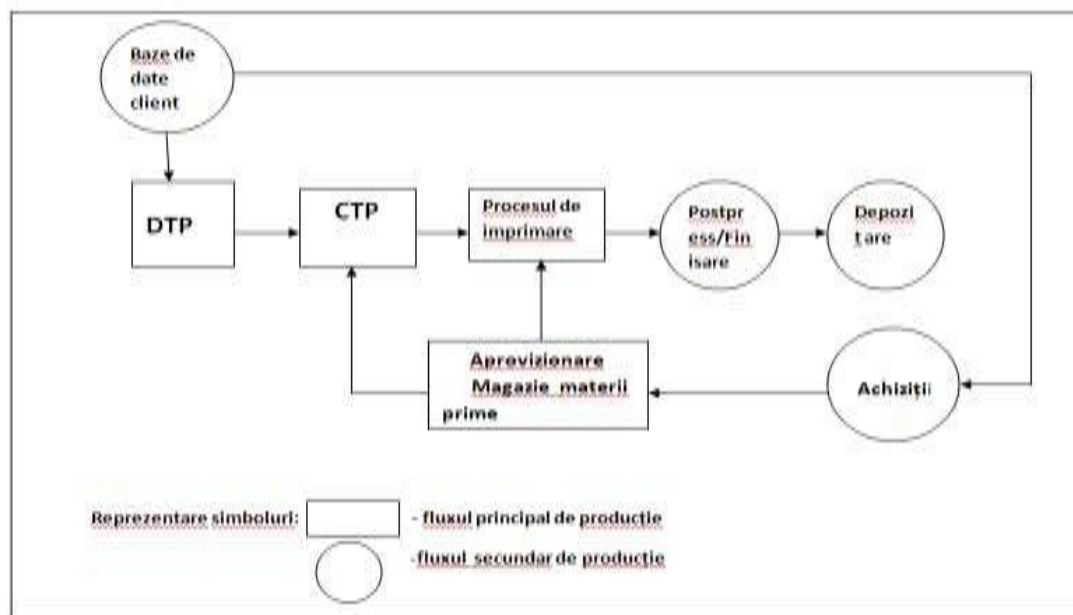


Fig. 1. Flux de producție tipografică

Fluxul tehnologic într-o tipografie offset este:

a) creație, design, tehnoredactare, DTP (artwork)

b) aprovizionare

c) pregătirea formei CTP

- materiale: filme, plăci, soluții

d) tiparul propriu-zis

- capacitate de imprimare: formate de imprimare; număr grupuri de imprimare; viteza medie de imprimare/oră

- materiale : suport de imprimare, cerneluri

e) finisare, legatorie

f) ambalare

g) depozitare și livrare

Toate aceste etape ale fluxului se regăsesc în punga de comandă care este creată de către tehnolog în urma studierii comenzii primite și care va însoți lucrarea pe tot parcursul fluxului tehnologic. Acest parcurs fiind stabilit tot de către tehnolog.

2.2. Aspecte ale organizării fluxurilor de fabricație cu implicații asupra calității proceselor tipografice

Principiul managementului calității totale folosit este abordarea bazată pe proces. Aceasta presupune o serie de activități ce pornesc de la ideea că „un proces este o transformare care adaugă valoare”. Orice proces este definit prin intrări și ieșiri, implicând persoane și alte resurse [2].

Etapa prin care materia primă suferă o transformare se numește operație tehnologică. Mai multe operații tehnologice împărțite pe diferite grupe constituie faza de fabricație, iar timpul în care are loc transformarea materiei prime în produs finit se numește ciclu de fabricație.

Pentru o înțelegere a fluxului tehnologic acesta se reprezintă prin „scheme de operații”, care conțin succesiunea în timp a operațiilor și a resurselor materiale folosite.

Fluxul de producție material și fluxul de date de producție a materialelor tipărite este prezentat în figura 2.

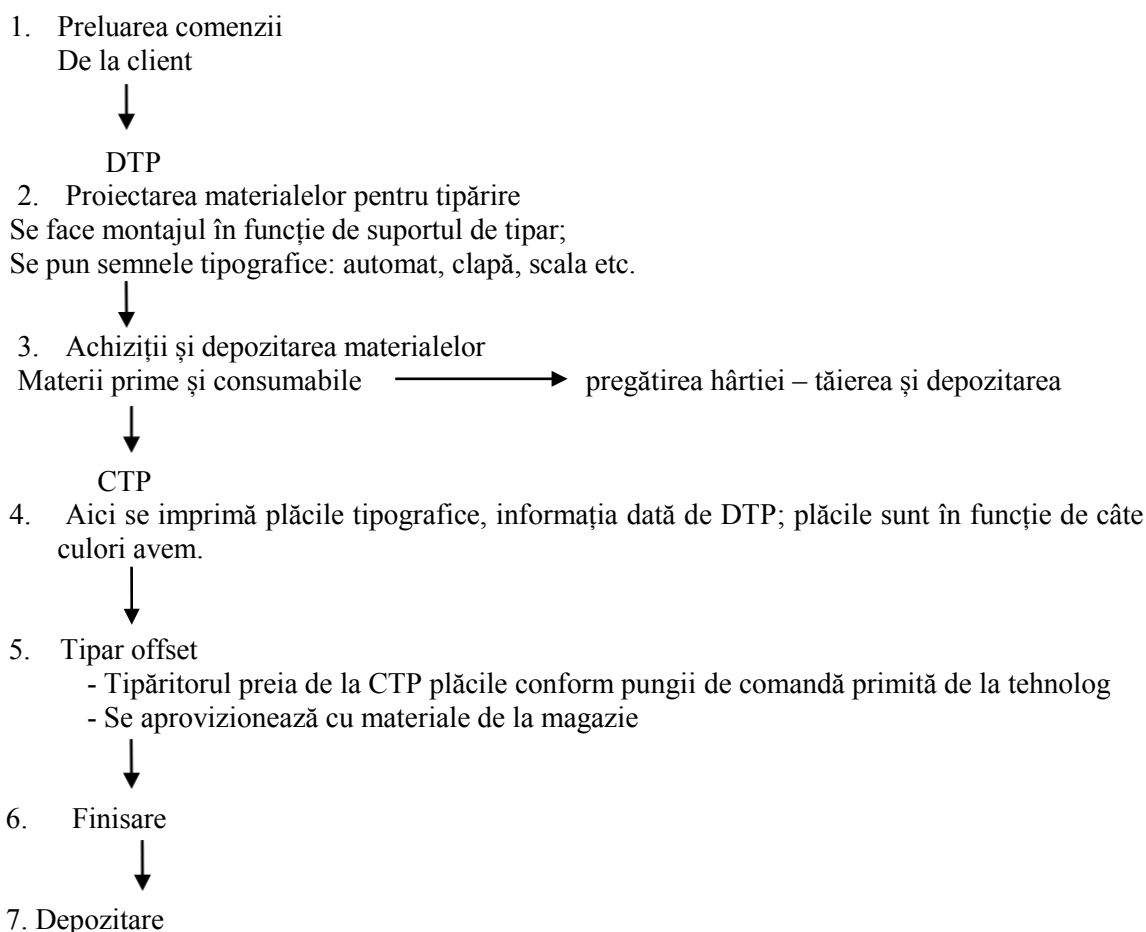


Fig. 2. Etape ale fluxului de producție

Din punct de vedere logistic etapele fluxului de producție sunt conectate între ele prin zonele de depozitare a materialelor necesare producției și prin spațiul de depozitare al produselor semifabricate sau finite.

În figura 3 este prezentată comanda internă a unui produs în care sunt specificate operațiile și timpii necesari pentru a obține produsul finit.


3. Analiza calității tiparului offset

S-a realizat analiza neconformităților de tipar înregistrate în perioada 01- noiembrie 2020 - 01 mai 2021, aceasta fiind prezentată în tabelul 1. Tipărițile s-au efectuat pe un utilaj Roland în patru grupuri de culoare, producție 1970, la tipografia Disz Tipo SRL din Săcele.







**COMANDA INTERNA
TIPOGRAFIE**

Nr. BPTD003371

4 8 7 1 6 0 0 3 3 7 1 *






Data: 20/04/2021	Numele si adresa beneficiarului: ELCOR PAPER SRL	Denumire produs: T - Elcor Unit Carton Polaris With Bottle New 8019412-2
Livrare tipografie	<i>Original (nr.PV de omologare)</i>	Cod produs 116000659
Livrare cartonaj		Nr. Bucati 4000,00
Observatii:		
Hartie necesara lucrarilor: HART.MM 160gr/630MM	Prisos 300,00	Total: Kilogram 236,00
Coala mare 102X63		Debit la format 95,5X58
Coala tipar 95,5X58		Total coli rezultate 2300
Nr culori fata 6 - CMYK+negru dialog+pentone 361 verde+plastifiere lucioasa		
Nr culori dos 0 -		
Lac 0,00		
Alte operatii		
Nr file tipo 1		









Cod bare operatie	Tiraj op.	Operatie	Utilaj	Treceri/Serii/C aderi/Coli	Timp lucru
	Tiraj 1	Taiere din bobina in coala	Utilaj taiere din bobina in coala	1300	1,30
	Tiraj 1	Taiere ghilobina/cadere cutit	Ghilatina tipografic	30	0,75
	Tiraj 1	Spalat,reglat Roland	Roland	6	6,00
	Tiraj 1	Tiraj Roland	Roland	3	4,60
	Tiraj 1	Plastefiat la cald	Masina de plastefiat	1300	4,33
	Tiraj 1	Taiere coli plastefiate la cald	Masina de plastefiat	1300	4,33




cod F-8.5.03-01.T

Fig. 3. Comanda internă a unui produs la tipografia SC Disz Tipo SRL

Tabelul 1. Identificarea neconformităților, analiza cauzelor și modalităților de prevenire / remediere a lor

Nr. crt. (1)	Neconformitate (defect) (2)	Cauze (3)	Remedieri (4)	Etapa în care se produce neconformitatea (5)
1	- Tipar murdar: ton 	- plăci neconforme;	- neconformitatea este în zona de raster, se refac plăcile;	CTP
2	- impurități(scame) 	- calitatea hârtiei;	- înlocuirea hârtiei; - aclimatizarea hârtiei;	Achiziții Depozitare Calitatea materialelor
3	- pete de culoare pe tipar 	- plăci necorespunzătoare; - soluții de dezvoltat necorespunzătoare;	- înlocuirea plăcilor;	CTP

4	- lipsă culoare 	- presiunea scăzută din cauza cauciucului deteriorat sau a cilindrilor; - reglare defectuoasă (în funcție de grosimea hârtiei);	- schimbarea așternutului și/sau a cauciucului; - reglarea presiunii conform grosimii hârtiei;	Tipar - utilaj
5	- falț 	- materii prime neconforme; - reglaj necorespunzător alimentare mașină în funcție de grosimea și rigiditatea hârtiei;	- înlocuirea hârtiei; - reglare; - aclimatizare; - menținerea parametrilor de lucru; - reparații (reglaje) mecanice;	Calitatea materialelor Tipar - resursa umană
6	Coli albe în tiraj	- funcționarea defectuoasă a aparatului de alimentare;	- reglare aparat alimentare;	Tipar - utilaj
7	Neuniformitatea culorii în tipar 	- sistem cerneluire-apă defect; - sistem de cerneluire (jgheab) nereglat;	- reparație utilaj; - reglare consum cerneală;	Tipar - utilaj
8	Zgârieturi în tipar 	- mașină murdară; - carton rigid;	- curățarea mașinii; - schimbarea cartonului sau schimbarea utilajului;	Tipar Resursa umană
9	Probleme de registru prin nesuprapunerea cromatică 	- culorile nu sunt potrivite una peste alta;	- se reglează utilajul; - hârtie umiditate - întindere; - aclimatizarea hârtiei sau satinarea hârtiei;	Tipar Calitatea materialelor
10	Coli lipite între ele	- cerneală neconformă; - praf anticopiativ necorespunzător; - neconformitatea condițiilor de mediu;	- schimbarea cernelii; - folosirea prafului anticopiativ corespunzător pentru suportul de imprimat; - asigurarea condițiilor de mediu;	Achiziții
11	Tipar nedorit pe verso 	- cilindrii murdari în mașină;	- curățare cilindrii de presiune;	Utilaj Resursa umană
12	Tipar de la lucrarea anterioară 	- curățarea defectuoasă a cilindrilor și a cauciucurilor; - presarea cauciucului în zonele tipărite;	- curățare cilindri și cauciuc; - reglaj presiune corespunzătoare;	Utilaj Resursa umana
13	Tipar încărcat 	- cerneală prea multă; - presiune prea mare;	- corecție consum cerneală; - reglaj presiune corespunzător suportului;	Utilaj

14	Culoarea devine mai puțin intensă 	1. cerneală insuficientă în valuri; 2. cerneală prea vâscoasă;	1. adăugați cerneală nouă în călimară; amestecă cerneala din fântână cu un cuțit pentru a o păstra fluidă 2. consultați producătorul de cerneală pentru a îmbunătăți formula de cerneală pentru un flux mai bun;	Cerneala Tipar
15	Smulgere 	1. lucrați și rotiți seturile prea repede 2. cernelurile de culoare închisă sunt imprimate în primul sau al doilea grup	1. consultați producătorul de cerneală pentru mai multă stabilitate, cerneală cu uscare mai lentă; 2. reglați succesiunea de cerneală;	Ordinea culorilor
16	Culoare prea slabă 	1. echilibru necorespunzător de cerneală / apă; 2. concentrația necorespunzătoare a soluției de umezire; 3. umezire neuniformă; 4. pierderea zonei imaginii; 5. role setate în mod necorespunzător;	1. realizați echilibrul corespunzător de cerneală / apă; 2. reglați soluția de umezire la un pH corespunzător sau la conductivitate (pH 4, 0-4,5) 3. curățați perii, lame; înlocuiți dacă este necesar 4. consultați problema plăcii;	Reglare utilaj tipar

În tabelul 2 sunt centralizate cauzele neconformităților și ponderea apariției lor, iar în figura 4 s-a reprezentat grafic această pondere.

Tabelul 2. Ponderea neconformităților

Nr crt.	Cauzele neconformităților	Buc.	Procent
1	Calitatea materialelor	5	31,25%
2	Utilaj	4	25%
3	Resurse umane	5	31,25%
4	Plăci neconforme	2	13%

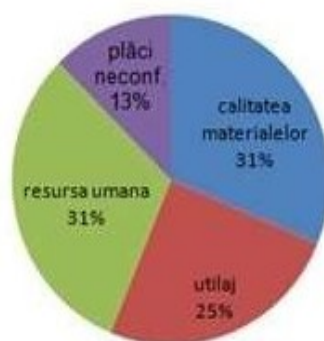


Fig. 4. Ponderea neconformităților în calitatea tiparului

În urma analizei cauzelor neconformităților s-au identificat etapele din care acestea fac parte, pe baza cărora s-a întocmit tabelul 3 și reprezentarea grafică din figura 5.

Tabelul 3. Ponderea fiecărei etape de producție

Nr. crt.	Etapele producției	Buc.	Procent
1	DTP	0	0%
2	CTP	2	13%
3	TIPAR	9	56,25%
4	ACHIZIȚII	5	31,25%

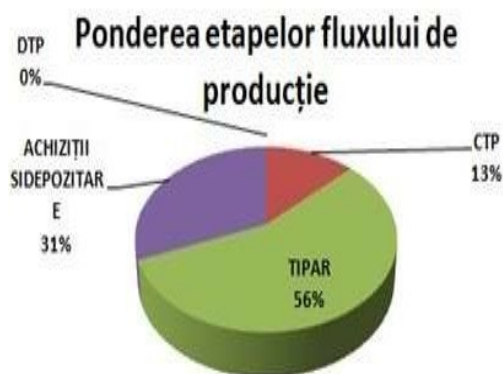


Fig. 5. Ponderea fiecărei etape de producție

3. Concluzii

Calitatea tiparului ofset poate fi influențată de oricare dintre etapele fluxului tehnologic începând de la achiziția materiilor prime, depozitarea și păstrarea acestora și până la tipar.

Ponderea cea mai mare a cauzelor analizate este în etapa de tipar: lipsă culoare, zgârieturi pe tipar, probleme de registru cauzate de nesuprapunerea culorilor, coli lipite între ele, tipar nedorit pe verso și tipar încărcat.

O pondere semnificativă a cauzelor neconformităților în etapa de tipar este calitatea cernelurilor, datorată condițiilor în care se depozitează, dar și felul în care resursa umană asigură curățarea și reglarea utilajului.

4. Bibliografie

- [1] Antonescu, V., Constantinescu, D. - *Managementul calității totale*, Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Construcțiilor de Mașini, București, 1993.
- [2] Managementul calității - suport de curs universitar - Universitatea de Vest "Vasile Goldiș", Arad.
- [3] Avram (Banciu) Petruța - Tiparul ofset - factori de influență a calității produselor tipărite; Revista "Inginerie industrială", 2016.
- [4] <https://nt-csm.ru/ro/moskovskii-gosudarstvennyi-universitet-pechati-funkcii-proizvodstvennogo-menedzhmenta-osnovnoi-funkci.html> - 20 martie 2021
- [5] <http://www.tipografiasomesul.ro/tipar-offset-digital/31/56/Tipar-offset> - 24 aprilie 2021.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COLORS AND ERRORS SPECIFIC TO SECURITIES PAPERS LIKE POSTAL STAMPS

PĂUNESCU Mihai

Facultatea: IIR, Specializarea: TSP, Anul de studii: I, e-mail: mhpaunescu@yahoo.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Emilia BĂLAN**

ABSTRACT: The paper deals with the comparative analysis of colors and printing errors specific to securities papers like Romanian postal stamp, the issue "Spic de grâu". The presented methods are a novelty in the philatelic field, wanting to create a connection between the world of scientists and that of collectors. Most of the research conducted so far is based on the study of the colors of the stamps. At the same time, in this paper are analyzed the printing samples (essays).

CUVINTE CHEIE: timbre, hârtii de valoare, culoare, erori tipar.

1. Introducere

Calitatea cercetărilor în domeniul filateliei se situează la un nivel înalt care nu este în concordanță cu nivelul de cunoaștere științifică a filatelistului, colecționarul obiectelor de valoare (obiecte de patrimoniu cultural). România se află printre țările fondatoare a Uniunii Poștelor Universale, cea care prezintă calendarul de apariție al mărcilor poștale (timbrelor) și setul de reguli stabilite între țări [1]. Majoritatea cercetătorilor în domeniul filateliei sunt oameni de știință, cultură, educație etc.

Multe personalități importante au fost atrase de filatelie și putem enumera: Regele Ferdinand, Regele Carol al II-lea, Emil Racoviță, Henri Coandă, Mihail Sadoveanu.

La fiecare apariție a unei mărci poștale se emite o fișă tehnică a emisiunii care cuprinde informații depre: caracteristicile machetei, autorul ei, modul de imprimare, dantelarea (arhaic dantelatură), gumaj, tiraj, ziua punerii în circulație și denumirea emisiunii.

Elementele de identificare a mărcilor poștale sunt: hârtia, tiparul, desenul, culoarea, filigranul, adezivul, dantelarea [1].

Hârtia - majoritatea mărcilor poștale sunt confecționate din hârtie, aceasta fiind definită ca un produs industrial pentru scris, tipărit, desenat. Hârtia subțire de 1-50 micrometri se folosește foarte rar din cauza imprimării dificile, cea de 70-100 micrometri se utilizează în general pentru tipărirea timbrelor [1].

Culoarea - culorile mărcilor poștale tipărite trebuie să fie: rezistente la lumină, sensibile la căldură sau umezeală. Până în acest moment se utilizează cartela de culori realizată de firmele specializate din domeniul filatelic [1].

Culoarea în filatelie este importantă pentru identificare, filatelia fiind una dintre cele mai răspândite pasiuni de pe glob. În literatura filatelică ea are un caracter istoric - cultural - educativ, se ocupă cu colecționarea și studierea pieselor filatelice.

Michael Color Guide este utilizat pentru identificarea culorilor timbrelor [2] în concordanță cu standardul actual. Paletarul de culori are un orificiu cu diametru de 5 cm unde se pune timbrul (fig. 1).

Filigranul - este un semn distinctiv sau inscripție din desene, cifre (fig. 2). Este folosit ca marcă de fabricație pentru a indica proveniența hârtiei, pentru a preveni și împiedica falsificarea.

După cum se știe filigranarea hârtiei se execută în timpul procesului tehnologic de fabricare a hârtiei, pe pasta încă moale, astfel încât atunci când hârtia este introdusă sub tipar, ea are filigranul deja executat.

Hârtia nu a fost întotdeauna introdusă sub tipar pe o singură parte și în aceeași poziție, astfel că, literele filigranului să apară pe marcă într-o singură poziție. În fapt, hârtia a fost introdusă în toate cele 4 poziții posibile și aceasta pe ambele fețe, astfel că filigranul ne apare în toate cele opt poziții posibile. Aceste poziții se citesc privind marca în zăre, așezată în poziție normală, cu partea tipărită spre ochi.

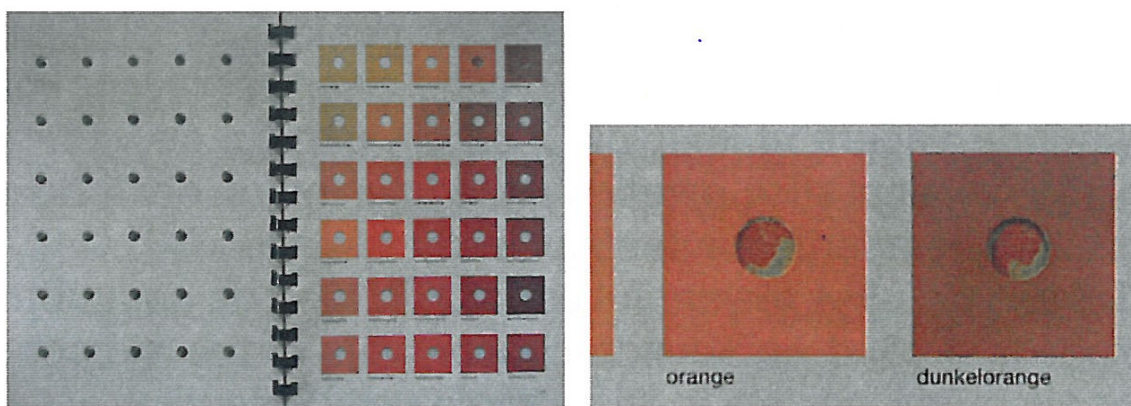
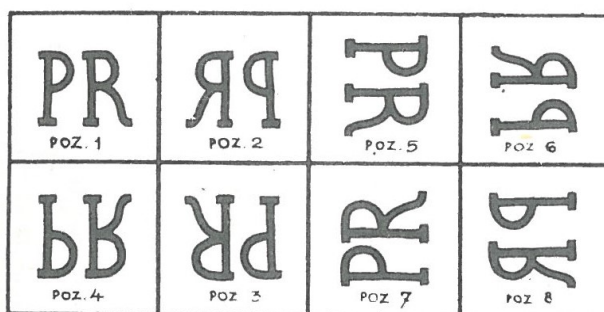
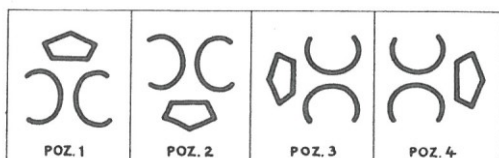


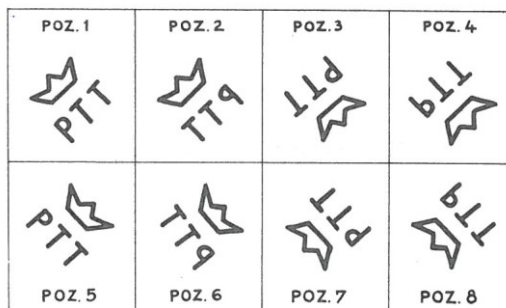
Fig. 1. Cartela de culori (stânga), identificarea nuanței marilor poștale (dreapta) [1]



a) Filigran PR



b) Filigran CC

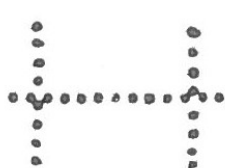


c) Filigran PTT

Fig. 2. Filigrane utilizate în timbrele românești [1]

Dantelarea - reprezintă o tăietură în formă de dinți (fig. 3) obținută cu ajutorul unei mașini speciale, prin perforare [1].

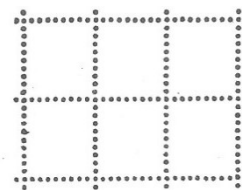
Desenul este aranjamentul grafic al unei mărci postale [1], iar adezivul este guma care se află pe spatele timbrelor.



a) linie



b) pieptene



c) caseta

Fig. 3. Tipuri de dantelare

2. Studiu de caz

Din filatelia romaneasca s-a analizat perioada 1900, fiind o perioadă de tranzit a mărcilor poștale de la o culoare la doua culori.

Emisiunea “Spic de grâu” - Carol I cu barbă, în oval sau în dreptunghi - există cadre noi în șapte modele diferite ca desen și mărime, pentru 11 valori. Șase valori sunt ornamentate cu spic de grâu, pentru valori mici și valori mari. Sunt tipărite la Fabrica de timbre București, pe hârtie albă, uneori colorată roz pe verso, de grosimi și structuri diferite, cu filigran PR 1893-1899 stema mare, iar fragmentele 1900, cu sau fără filigran 1900-1908 [5].

Cercetarea efectuată este o noutate deoarece până în prezent nu se găsesc studii referitoare la culoarea timbrelor considerate ca hârtii de valoare. Pentru această lucrare s-a studiat emisiunea “Spic de grâu” care a apărut în anul 1900. Aceste timbre au fost realizate prin tipar litografic cu diferite variante de cerneala, cu ulei de în (pigment de o anumită culoare). Numai valorile de 1 leu și de 2 lei s-au realizat cu 2 culori. În revista *Timbrofilul* se menționează că DGTP emite marcele postale de 1 leu și 2 lei, acestea având 3 machetatori propuși: C. Moroiu, Fesles și J. Thorand [3].

Introducerea în circuitul poștal a două valori din emisiunea “Spic de grâu”, respectiv valorile de 1 leu și 2 lei la data de 1 noiembrie, stil vechi, 1893 a fost comunicată prin Anunțul nr. 44247 din 21 octombrie 1893 a DGTP, publicat în Monitorul Oficial nr. 169 de joi 28 oct. 9/ noiembrie 1893 pag. 4721 la rubrica de „Anunțuri monisteriale”. Deci data de 1 noiembrie stil vechi 1893 este data la care au intrat în circuitul poștal primele mărci poștale ale emisiunii “Spic de grâu” [3].

Cerneala de imprimare reprezintă, împreună cu hârtia, materii prime de bază în industria poligrafică. Cu ajutorul cernelii se obțin, prin orice procedeu de tipar, imprimatele. De modul în care este folosită cerneala în procesul de imprimare și de calitatea acesteia depinde în mare măsură desfășurarea optimă a imprimării și calitatea tiparului obținut [7].

Pigmenții sunt substanțe colorante sub formă de pulberi, cu grad mare de dispersie, insolubile în apă, uleiuri și solvenți organici. Datorită lor apar diferite tipuri de cerneală care dau imprimatelor culoarea necesară. Pentru ca o substanță chimică să îndeplinească rolul de pigment în cerneala de tipar, aceasta trebuie să îndeplinească anumite proprietăți, ca de exemplu: grad înalt de dispersie, putere de colorant ridicată, rezistență ridicată la lumină, apă, alcali și solvenți organici, să nu aibă proprietăți antisicative, capacitate minimă de absorbție a uleiului [7].

Datorită trecerii timpului, nuanța de culoare modifică compoziția chimică a hârtiei și depinde de condițiile de păstrare ale acesteia.

Culoarea are o importanță deosebită în armonizarea hârtiilor de valoare de tip timbre, în domeniul educației cromatice a timbrelor utilizându-se sistemului cromatic românesc SCR 5969 (fig. 4). Realizarea sistemului s-a efectuat prin măsurători spectrofotometrice (tabelul 1).

Pentru a se putea determina o culoare se vor face studii comparative între valorile ce le vedem, comparativ cu cele din cataloagele de specialitate. Verificarea s-a făcut prin compararea directă, vizuală a paletelor de culori și a hârtiilor de valoare, timbrelor. Pentru orice “bun de tipar” la seria “Spic de grâu” se fac mai multe probe de tipar.

În fig. 5 este prezentată eroarea pentru “Spic de grâu” cu valoarea nominală de 1 leu care constituie o scăpare a controlului de calitate al tiparului. Acest timbru trebuia să treacă prin două procese de tipar datorită celor 2 culori (brun deschis și negru), fiind primele timbre românești în două culori.

Tabel 1. Măsurători spectrofotometrice

Denumirea ton cromatic	Lungime de unda [nm]	Valoare luminozitate [%]
Roșu	630	50
Galben	575	85
Albastru	485	35
Amestec		
Orange	530	60
Verde	595	70
Violet	410	30

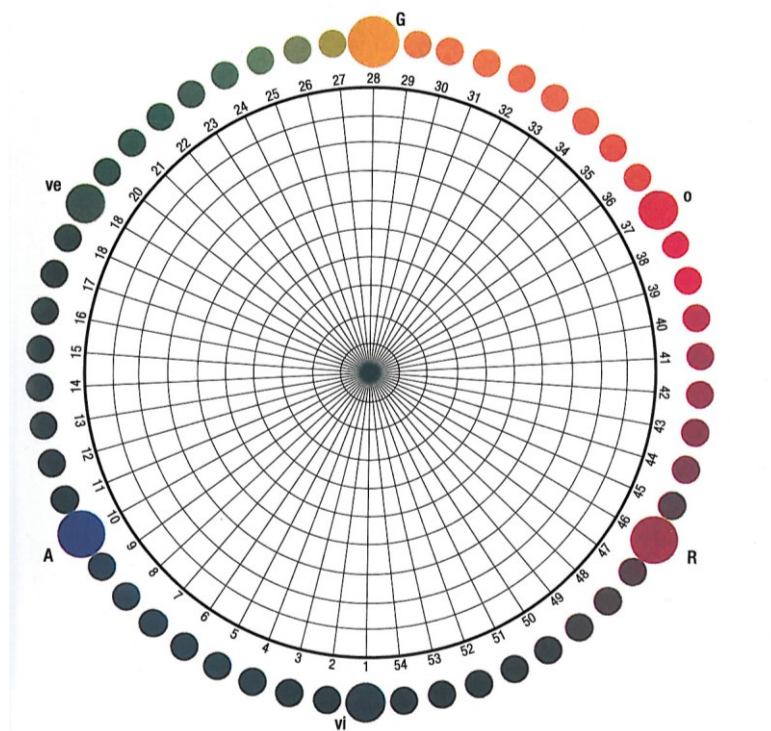


Fig. 4. Sistemul cromatic românesc - SCR 5969 [8]

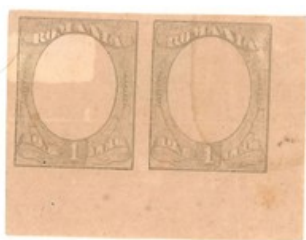


Fig. 5. Eroare - "Spic de grâu" cu valoarea de 1 leu



Fig. 6. Eseuri "Spic de grâu" cu valoarea de 1 leu



Fig. 7. Eseuri "Spic de grâu" cu valoarea de 2 lei

În fig. 6 sunt prezentate eseuri "Spic de grâu" cu valoarea nominală de 1 leu, tipărite pentru stabilirea culorilor.

În fig. 7 sunt prezentate eseuri "Spic de grâu" cu valoarea nominală de 2 lei, acestea au fost tipărite pentru un bun de tipar în vederea stabilirii culorilor.

În fig. 8 este prezentată seria "Spic de grâu" apărută în anul 1893/1898: 1 Bani - brun; 1 ½ Bani - negru; 3 Bani - brun-roșcat; 5 Bani - albastru; 10 Bani - verde; 15 Bani - roșu; 25 Bani - violet; 40 Bani - verde-albastru; 50 Bani - portocaliu; 1 Leu - brun deschis și roz; 2 lei -portocaliu și brun.

În fig. 9 sunt prezentate erori observate la seria "Spic de grâu" cu valoarea de 15 Bani - roșu și 25 Bani - violet.

În fig. 10 sunt prezentate erori observate la seria "Spic de grâu" cu valoarea de 5 Bani - verde; 10 Bani - roșu; 15 Bani - negru; 25 Bani - albastru cu filigran PR.

În fig. 11 este prezentată seria "Spic de grâu" cu filigran stema mare, cu valoarea de 1 Bani - brun deschis; 3 Bani - brun; 5 Bani - verde; 10 Bani - roșu; 15 Bani - negru; 25 Bani - albastru; 40 Bani - verde închis; 50 Bani - portocaliu; 1 leu - brun și roz; 2 lei - portocaliu și brun.

În fig.12 numerele reprezintă poziția din cercul de culori al sistemului cromatic românesc SCR 5969, culorile fiind definite prin numere conform figurii 4.



Fig. 8. Regele Carol I - "Spic de grâu" cu filigran PR -II, III, IV, V (1893)



Fig. 9. Erori filatelice



Fig. 10. Culori schimbate - Filigran PR V (1898)



Fig. 11. "Spic de grâu" cu filigran stema mare (1900)

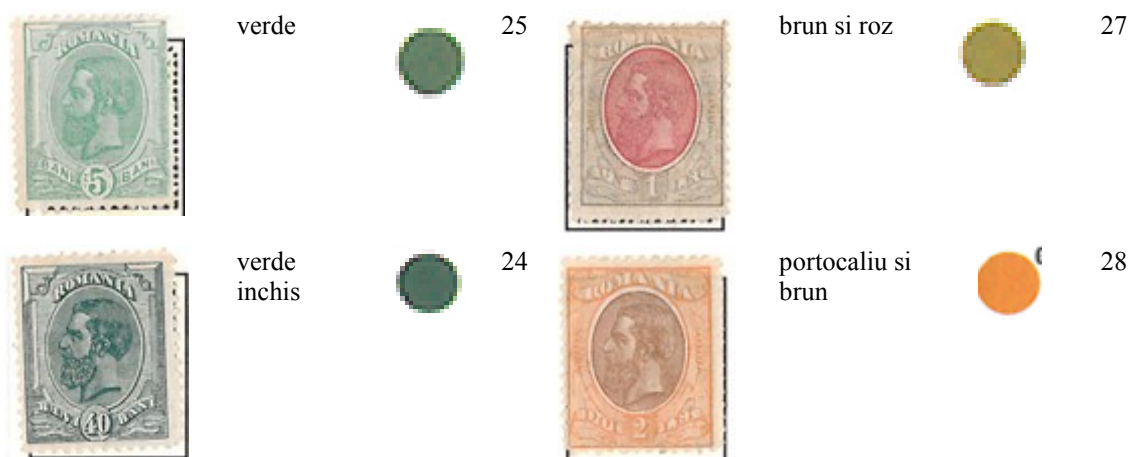


Fig. 12. Comparație “Spic de grâu” cu stema mare (1900) cu SCR 5969

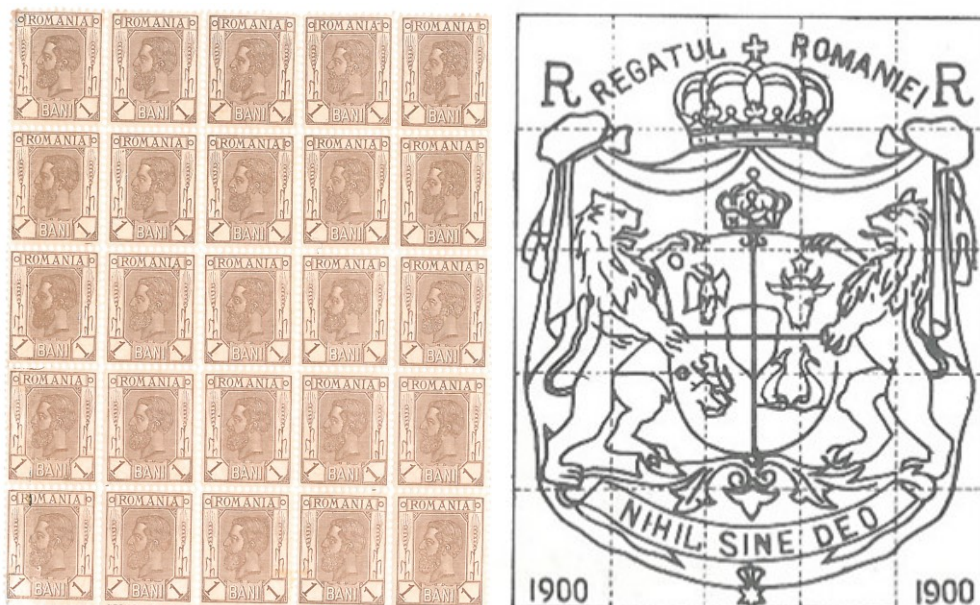


Fig. 13. “Spic de grâu” cu filigran stema mare (coală)

În fig. 13 este prezentat timbrul “Spic de grâu” cu valoarea de 1 Bani având imprimat filigranul stema mare.

În fig. 14 este prezentat “Spic de grâu” fără filigran: 1 Ban - brun deschis; 3 Bani - brun; 5 Bani - verde-albastru; 10 Bani - roșu; 15 Bani, 25 Bani - negru; 40 Bani - verde-albastru; 50 Bani - portocaliu; 1 leu - brun-gri și roz; verde-albastrui și negru; 2 lei - portocaliu și brun; brun-roșcat și negru.

În fig.15 numerele reprezintă poziția din cercul de culori al sistemului cromatic românesc SCR 5969, culorile fiind definite prin numere conform figurii 4.

În fig. 16 este prezentată greșeală de machetare în coală având valoarea de 5 Bani și 25 Bani.

În fig. 17 este prezentat un plic circulat cu ștampila Palatului Regal.

În acest moment, în lume, catalogarea se face după cartela de culori emisă de cei care tipăresc cataloagele filatelice (Michael Color Guide). În România catalogarea mărcilor poștale nu a respectat nici un sistem cromatic, fiind execută de o calitate îndoielnică și de aceea este trecută numai culoarea (brun, negru, roșu etc.). În acest moment există, în omologare, codul de culoare românesc SCR 5969, culorile fiind definite prin numere. Codul de culoare este creat pe baza pigmentilor folosiți în România.

Catalogarea s-a făcut prin comparație la lumina normală a zilei, exact cum procedează celelalte țări, cu cartela de culori.



Fig. 14. "Spic de grâu" fără filigran (1900)

	brun deschis		1		brun-roscat și negru		43
	verde-albastrui și negru		13		roșu		46

Fig. 15. Comparație "Spic de grâu" (1900) cu SCR 5969

Cunoașterea pigmentilor naturali folosiți în România în perioada 1858-1900, până când au fost aduși în țară din exterior, este determinantă în stabilirea culorii hârtiilor de valoare - timbre.



Fig. 16. Greșeală de machetare



Fig. 17. Plic circulat având ștampila „Palat Regal”

La hârtiile de valoare, fiind suprafețe de culoare compactă foarte mici (sub 2 mm²), unde se pot face măsurători de culoare, trebuie o tehnică mai deosebită cu microscop digital, cu lumină proprie.

Măsurătorile făcându-se în camere obscure, studiul trebuie să fie tot comparativ între hârtia de valoare - timbre și pigmenții folosiți.

3. Concluzii

Lucrarea prezintă o caracterizare a mărcilor poștale românești „Spic de grau” care provin din colecția personală a autorului în vederea propunerii unei metode de identificare a culorilor timbrelor.

Utilizarea standardelor de culoare este necesară pentru stabilirea catalogării culorilor timbrelor.

Este necesară analiza mărcilor poștale, deoarece în România nu s-au efectuat studii științifice, nu s-a stabilit un normativ de catalogare, de depistare a falsurilor și o legislație care să aplice viitoarele reglementări.

Tematica trebuie să stabilească bazele de amprentare a marcii poștale, culoarea și poziționarea în vederea măsurării timbrelor, catalogarea științifică a acestora. Utilizarea sistemului cromatic românesc SCR 5969 este importantă pentru hârtiile de valoare-timbre.

Studiile științifice din Europa sunt realizate de persoane super calificate, la un nivel superior față de colecționari, care nu pot interpreta rezultatele cercetărilor și astfel acestea nu sunt folosite.

4. Bibliografie

- [1] I. Poiana, *Falsuri si contrafaceri in filatelie*, Editura Alma Mater, Sibiu, 2006, ISBN 978-973-632-276-1.
- [2] J.M. Cibulskis, *Towards a stamp - oriented color guide: objectifying classification by color*. Proceedings of the 2nd International symposium on analytical methods in philately, ISBN 978-0-9978529-0-5.
- [3] M. C. Savulescu, *Cercetari privind data puneri in circulatia postala a emisiunii Spic de grau pe hartie cu filigran PR*, Revista Filatelia. Nr. 2, 2000.
- [4] A. Nicolau, *Marcile uzuale spic de grau cu filigran PR*, Revista Filatelia, nr. 9, 1970.
- [5] D. Kiriac, *Catalogul Marcilor Postale Romanesti*, Editura Casa Scintei, 1974.
- [6] https://issuu.com/emanuelpope/docs/15.01.31_gsm_info_xx accesat in 21.04.2021.
- [7] Ciurea I., Constantinescu D., *Tehnica tiparului plan*, Ed. didactica si pedagogica, Bucuresti, 1965.
- [8] Adrian M. Marian, *O istorie a ordonarii culorilor*, Editura Artpress, 2011, Timisoara, ISBN 978-973-108-228-8.

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF OFFSET PRINT EQUIPMENT BY IMPLEMENTING AN IN-LINE PRINT QUALITY CONTROL SYSTEM

TURCEA Adrian-Florin

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: II, e-mail: adrianturcea@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Miron ZAPCIU**

ABSTRACT: Against the background of technological development, the printing industry has seen important progress in recent years, in terms of automation and addressing environmental issues. The criterion of competitiveness is the one that, mainly, sorts the companies, and, based on which, the customers are oriented when choosing a business partner. "Competitive" involves, on the one hand, a high level of quality and, on the other hand, a relatively affordable price, in order to address the consumer market. In this sense, it is important to aim to increase the productivity of the commercial activity you carry out, in order to remain competitive. The implementation of a solution in this sense presupposes that, previously, the commercial activity is analyzed, and, benefiting from automation solutions, the optimal variant is chosen, taking into account the costs involved in the investment and the degree of productivity increase.

CUVINTE CHEIE: productivitate, competitivitate, automatizare, calitate, control in-line.

1. Introducere

Creșterea productivității unui echipament de tipar ofset este un deziderat general al tipografiilor ce operează asemenea utilaje. Plecând de la Gutenberg și până în zilele noastre, echipamentele de tipar au suferit modificări, adaptări, re tehnologizări, automatizări, toate în ideea de creștere a calității tiparului, scăderea costurilor de producție sau diversificare de ofertă, coroborată cu cererea de pe piață.

Dezvoltarea tehnologică exponențială din ultimul secol a permis o abordare complexă, referitor la creșterea productivității echipamentelor, cu varii soluții de automatizare, atât în ceea ce privește setarea echipamentului (schimbarea plăcilor, spălarea valțurilor etc.), cât și în ceea ce privește calitatea tiparului obținut (măsurarea calității tiparului, densitometrie, spectrofotometrie etc.).

Lucrarea de față urmărește creșterea productivității unui echipament de tipar ofset prin implementarea unui sistem in-line de control al calității tiparului.

2. Stadiul actual

Sistemele off-line pentru controlul colorimetric și densitometric al echipamentelor de tipar ofset, – cum ar fi Densitronic, Qualitronic (KBA), Inpress (Heidelberg), CCI, ColorPilot (Manroland), sunt folosite de o perioadă îndelungată. Asemenea sisteme folosesc, de obicei, următorul algoritm: periodic, operatorul preia o coală tipărită, de la partea de eliminare a echipamentului de tipar, și o așază pe masa de măsurat. Densitometrul citește valorile densității de pe bara de control, iar datele obținute sunt comparate cu valorile de referință. În consecință, profilul de culoare este ajustat la nivelul grupurilor de tipar.

Există un dezavantaj asociat cu factorul uman în acest mod de lucru. Operatorul nu poate realiza operația de măsurare suficient de des. Teoretic, aceasta poate fi efectuată la fiecare 150-200 coli, dar, practic, se realizează mai rar de atât, pe fondul faptului că sarcinile operatorului cu privire la funcționarea echipamentului de tipar nu pot fi preluate de altcineva.

În cazul unui sistem in-line de control al calității tiparului care operează în mod automat, cum se dorește a fi cel de implementat, principala diferență față de sistemele off-line menționate anterior este că

dispozitivele de măsurare sunt montate imediat după ultimul grup de tipar, și, ca urmare, pot măsura fiecare coală tipărită în parte. În consecință, profilul de culoare poate fi ajustat după măsurarea unei secvențe de 6 coli.

Pentru a putea urmări concret efectul benefic al implementării sistemului in-line de control al calității tiparului, recurgem la lansarea unui comenzi de produs finit tipărit tip flyer pașaport, operația de tipar fiind realizată pe un echipament ROLAND 508.

În tabelul 1 sunt prezentate cele trei etape de realizare a produsului finit tipărit: pre-tipărire, tipărire propriu-zisă și post-tipărire, alături de materiile prime utilizate, cantitățile în care acestea intervin, pierderile tehnologice asociate, precum și echipamentele direct implicate în obținerea produsului finit.

Tabelul 1. Comandă produs finit tipărit - flyer

	Format	Finit	Brut	Coală
		20.5 x 31.2 cm	21.5 x 32.2 cm	50 x 70 cm
Pre-tipărire	Tiraj	200.000 x 1 filă (1 x 1 x 1)		
	Echipeamente	tipar ofset, tăiat, fălțuit		
	Format coală tipărită	50 x 70 cm		
	Rezultă din coala tipărită	4 buc.		
	Tip suport	carton cretat lucios 130 g/m ² , format 70x100 cm		
	Tiraj	25000 coli		
	Pierderi tehnologice	1500 coli		
	Grafică și tehnoredactare	culori față – 4 - CMYK, culori verso – 4 - CMYK		
	Pregătirea formei	număr plăci : 8		
	Tipărire propriu-zisă	Tipărire	50000 coli	
Pierderi tehnologice		3000 coli		
Post-tipărire	Finisare	tăiate la format finit (20.5 x 31.2 cm), fălțuite cu două îndoitori		

În ceea ce privește echipamentul de tipar offset ROLAND 508, acesta are asociate: o normă de producție (NP) și o normă de timp (NT) raportate la unitatea de calcul (UC), prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Norma de timp și de producție pentru operația de tipar

Utilaj	Lucrări de complexitate mică		Lucrări de complexitate medie		Lucrări de complexitate mare	
	NT / UC	NP / 8h	NT / UC	NP / 8h	NT / UC	NP / 8h
ROLAND 508	6	80.000	8	60000	10	48000

Așa cum se poate observa în Tabelul 2, echipamentul de tipar offset ROLAND 508 are asociate pentru lucrări de complexitate medie (cum este cazul nostru, pentru comanda de produs finit – flyer), următoarele norme:

- NT/UC = 8 : norma de timp raportată la unitatea de calcul (UC = 1000 coli); concret, durează 8 minute pentru a tipări 1000 coli;
- NP/8h = 60000: norma de producție pentru un interval de 8 ore.

De asemenea, echipamentul de tipar offset ROLAND 508 are asociați următorii timpi pregătitori / de reglaj, în vederea executării comenzii în discuție (tabelul 3):

Tabelul 3. Timpi de pregătire necesari – ROLAND 508

Nr. crt.	Operația efectuată	Durata [min]
1.	Alimentare cu hârtie / 1000 coli (start)	10
2.	Închis-potrivit placă	5
3.	Schimbare plăci	10
4.	Spălare completă mașină	10
5.	Spălare cauciuc + cilindru	10
6.	Curățare jgheab cerneală	15
7.	Schimbare perii	15
8.	Schimbare cauciuc	15

9.	Schimbare folie cilindru port-placă	15
10.	Montat/demontat-spălat separatoare grup	45
11.	Schimbarea meselor de alimentare și eliminare	10
12.	Realizat față-verso	20

Urmărind datele din tabelul 3, observăm importanța pe care o are gradul de automatizare al echipamentului (schimbat plăci, spălat valțuri etc.) în realizarea operațiilor enumerate mai sus într-un interval de timp cât mai scurt, în sensul că un grad de automatizare mai ridicat presupune timpuri de pregătire îmbunătățite, precum și un nivel de calitate superior al lucrărilor executate (automatizarea se presupune că înlocuiește factorul uman, care, deseori, este predispus erorii).

Comanda în lucru are prevăzut / asumat / admis un număr de pierderi tehnologice, în funcție de formatul suportului de tipărit, de numărul de culori de tipărit și de tirajul aferent, în conformitate cu Tabelul 4.

Tabelul 4. Pierderi tehnologice – tipar offset

Format, număr culori	Tip suport	Tiraj (coli)	Pierderi tehnologice (%)
50x70 cm, 5-8 culori	Carton cretat lucios 130 g/m ²	Până la 1000	10.2
		1001-5000	9.7
		5001-10000	9.2
		10001-15000	8.7
		15001-20000	8.3
		20001-25000	7.9
		25001-30000	7.3
		30001-35000	6.8
		35001-40000	6.4
		40001-50000	5.9
		Peste 50000	5.4

Complementar acestor pierderi tehnologice menționate, anterior efectuării tirajului propriu-zis, pentru fiecare placă montată pe echipament, se alocă un număr de 25 coli, considerate, de asemenea, pierderi tehnologice, în vederea realizării operației de închidere-potrivre.

Referitor la oferta de preț pe care tipografia o poate avansa în actualele condiții de producție, regăsim în Tabelul 5 prețurile (exprimate în RON, fără TVA), asociate tehnologiei de tipar, formatului, precum și tirajului de executat.

Tabelul 5. Oferta flyer – tipar offset

Tehnologie de tipar Offset – ROLAND 508											
Format	Tiraj (buc.)										
	200	500	1000	2500	5000	10000	20000	30000	50000	100000	200000
1/3 A4 9.9 x 21 cm	0.75	0.46	0.37	0.17	0.09	0.07	0.056	0.045	0.040	0.035	0.03

În cazul particular al comenzii de executat, tipografia poate asigura un nivel de preț de 0.03 lei / buc. flyer (fără TVA), nivel de preț competitiv, raportat la oferta concurenților din domeniu. Însă, putem observa diferențe majore, în cazul nivelului de preț pentru lucrări de anvergură mai mică (Tabelul 6):

Tabelul 6. Contraofertă flyer tipografie concurență – tipar offset

Tehnologie de tipar offset											
Format	Tiraj (buc.)										
	200	500	1000	2500	5000	10000	20000	30000	50000	100000	200000
1/3 A4 9.9 x 21 cm	0.5	0.26	0.17	0.088	0.058	0.04	0.036	0.035	0.033	0.03	0.028

3. Indicatori de performanță, disponibilitate, calitate

Eficiența unui echipament de tipar poate fi cuantificată cu ajutorul unui indicator de performanță – OEE (Overall Equipment Effectiveness) [6-7]. Cu ajutorul acestuia se poate determina eficiența productivă a unei companii, departament sau echipament. Acest indicator de performanță se calculează ținând seama de trei criterii [3-5]:

- timpul de funcționare efectivă;
- eficiența funcționării (ex. abilitatea de a opera la o rată nominală);
- calitatea produsului.

OEE reprezintă o valoare procentuală și se determină cu ajutorul următoarei formule:

$$OEE = DISPONIBILITATE \times PERFORMANȚĂ \times CALITATE \quad (1)$$

unde:

$$DISPONIBILITATE = \frac{\text{Timp disponibil pentru producție}}{\text{Timp setare echipament}} \quad (2)$$

$$PERFORMANȚĂ = \frac{\text{Timp teoretic pentru realizare tiraj}}{\text{Timp disponibil pentru producție}} \quad (3)$$

$$CALITATE = \frac{\text{Tiraj realizat - pierderi tehnologice}}{\text{Tiraj realizat}} \quad (4)$$

Mean Time Between Failure (MTBF) este un indicator de performanță ce descrie durata medie dintre două defecțiuni survenite la nivelul echipamentului de tipar. Acest indicator poate fi calculat cu ajutorul următoarei ecuații [2-4]:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Timp efectiv de funcționare (TW)}}{\text{Număr total de defecțiuni în acel interval}} \quad (5)$$

unde:

$$TW = \text{Timpul total (TT)} - \text{Durata defecțiunii (TF)} \quad (6)$$

Mean Time To Repair (MTTR) este un indicator de performanță utilizat pentru a determina eficiența activităților de mentenanță, și poate fi determinat cu ajutorul ecuației (7):

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Durata reparației}}{\text{Număr total de intervenții în acel interval}} \quad (7)$$

În cele din urmă, indicatorul de performanță ce cuantifică disponibilitatea echipamentului se determină prin prisma ecuației (8):

$$DISPONIBILITATE = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \times 100\% \quad (8)$$

4. Metodologie de măsurare

În vederea creșterii productivității echipamentului de tipar, ulterior analizării datelor de intrare prezente, au fost identificate următoarele elemente/aspecte generatoare de erori / defecte / costuri suplimentare:

- Sistemul off-line de control al calității tiparului: în varianta inițială, echipamentul de tipar dispune de un sistem off-line de control al calității tiparului; s-a constatat că acesta este un sistem depășit din punct de vedere al operării, costurilor pe care le implică și al nivelului redus de control al calității.

Controlul calitatii trebuie realizat în conformitate cu standardele în vigoare. În tabelul 7 sunt prezentate caracteristicile care se măsoară conform standardelor ISO 12647-1 (Tehnologia Grafică – Controlul de proces pentru separările tonurilor de culoare, tipar proof și de serie – Partea 1: Parametri și metode de măsurare) și ISO 12647-2 (Tehnologia Grafică – Controlul de proces pentru separările tonurilor de culoare, tipar proof și de serie – Partea 2: Procese de tipar ofset). Protocolul de măsurare este în conformitate cu standardul ISO 13655:2017 [1].

Tabelul 7. Standard ISO 12647-1:2004

Articol	Caracteristica					
	L* ^a [1]	a* ^a [1]	b* ^a [1]	Luciu ^b [%]	Luminozitate ISO ^c [%]	Greutate ^d [g/m ²]
Tip suport						
1: lucios cretat, fără celuloză	93 (95)	0 (0)	-3 (-2)	65	89	115
2: mat, cretat, fără celuloză	92 (94)	0 (0)	-3 (-2)	38	89	115
3: lucios, cretat, rolă	87 (92)	-1 (0)	3 (5)	55	70	70
4: necretat, alb	92 (95)	0 (0)	-3 (-2)	6	93	115
5: necretat, tentă gălbuie	88 (90)	0 (0)	6 (9)	6	73	115
Toleranță	±3	±2	±2	±5	-	-
Suport de referință	94,8	-0,9	2,7	70-80	78	150

Având în vedere prevederile protocolului metrologic trebuie să menționeze condiția de măsurare utilizată (tabelul 8):

- M0 se utilizează în cazul oricărui suport sau colorant ce nu implică fluorescență;
- M1 (Part 1) se folosește în cazul suporturilor / coloranților care prezintă fluorescență;
- M1 (Part 2) este utilizat pentru orice suport ce prezintă fluorescență, atunci când colorantul nu prezintă fluorescență;
- M2 este folosit pentru orice tip de suport care prezintă fluorescență, însă se dorește suprimarea efectului acesteia la nivelul măsurătorilor;
- M3 este utilizat în cazul în care se dorește suprimarea influenței luciului (reflexie apropiată de cea a unei oglinzi).

Tabelul 8. Condițiile de măsurare conform ISO 13655:2017

	M0	M1/1	M1/2	M2	M3
Măsurarea suporturilor fără OBA					
Măsurarea fluorescenței colorantului					
Măsurarea fluorescenței suportului (efectul OBA)					
Ignorarea fluorescenței (eliminarea efectului OBA)					
Suprimarea influenței luciului					

Măsurătorile de colorimetrie necesită:

- spectrofotometru cu geometrie 45°/0° sau 0°/45°;
- raportare în conformitate cu standardul ISO 12647-1: CIE LAB, D50, 2°;
- în lipsa suporturilor cu OBA / tipărite folosind coloranți fluorescenți, M₀=M₁=M₂;
- se folosește, cu precădere, condiția de măsurare M₁, dar atunci când folosim orice condiție de măsurare în vederea schimbului de date, este esențială convenirea unei condiții particulare, concrete, anterior efectuării măsurătorii.

În cazul densitometriei – culori de proces – avem:

- spectrofotometru / densitometru, cu geometrie 45°/0° sau 0°/45°;
- răspunsuri ISO STATUS, valori E, I, T;
- funcție de specificul controlului de proces, poate apărea necesitatea utilizării unui filtru de polarizare (condiția de măsurare M₃).

Spațiul de culoare: CIELAB; geometrie: 45°/0°; iluminant: D50; unghi de vizualizare: 2°; au fost utilizate scale de control (color strip) certificate.

În vederea compensării creșterii valorii tonurilor și raportarea valorilor colorimetrice și spectrale realizate pe echipamentul de tipar la valorile prevăzute de standarde, s-a procedat la realizarea unei curbe de compensare a valorii tonurilor (fig. 1).

Se observă abateri mari ale valorilor măsurate raportate la cele prevăzute de standarde. Curbele de compensare prezintă valori mari, de asemenea variind, fiind instabile, în cazul testelor consecutive. Aceasta duce la o posibilă decalibrare, care necesită noi teste de conformitate.

- Sistemul de schimbare a plăcilor: acesta prezintă un nivel mediu de automatizare, iar operația în sine, din punct de vedere al duratei și nivelului calității obținute, întârzie desfășurarea activității de producție;
- Sistemul de spălare a valțurilor: în varianta inițială, operația de spălare a valțurilor are loc succesiv, individual pentru fiecare grup de tipar în parte; acest aspect crește nivelul de indisponibilitate al echipamentului.

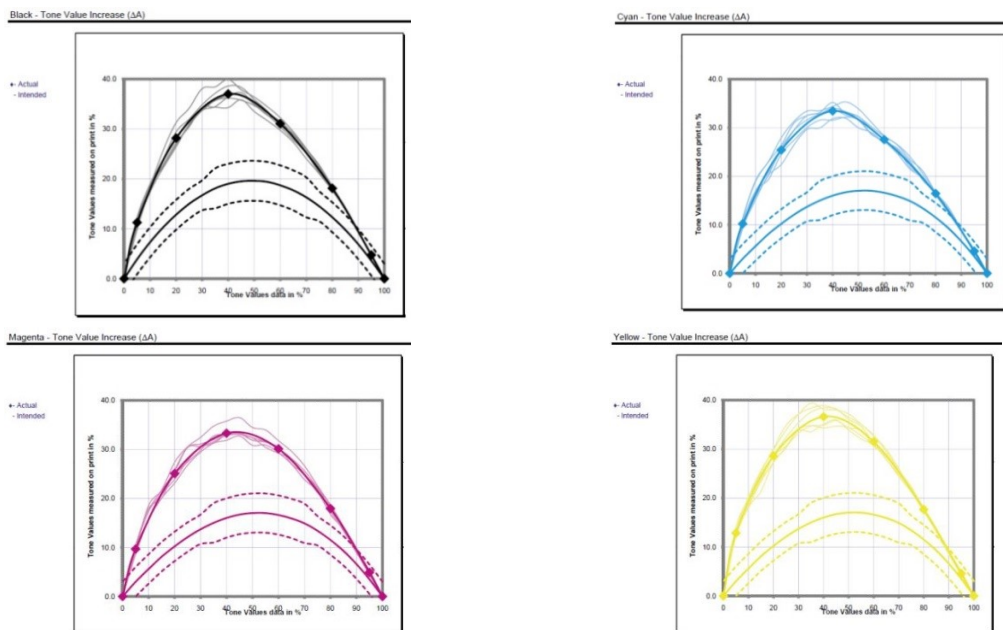


Fig. 1. Raport măsurare inițial

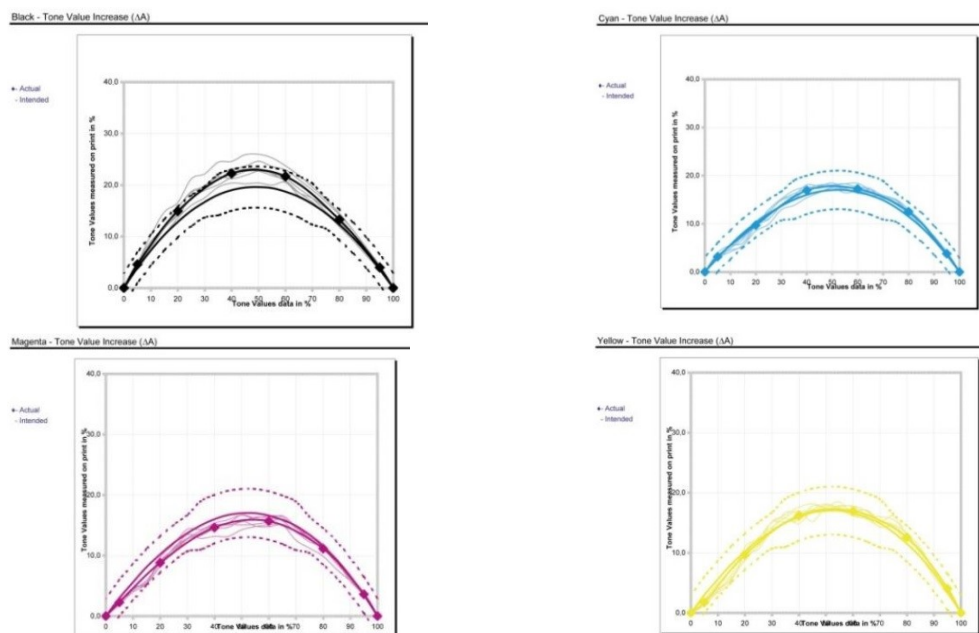


Fig. 2. Raport măsurare – după implementare

- Ca atare, pentru elementele menționate anterior, s-a recurs la implementarea următoarelor soluții:
- Sistem in-line de control al calității tiparului: acesta va crește în mod semnificativ productivitatea echipamentului de tipar. O investiție relativ mică va avea un efect economic pozitiv important într-un interval restrâns de timp. Scăderea numărului de prisoase / rebuturi și scurtarea duratelor timpilor de reglaj vor duce la reducerea imediată a costurilor de producție. Pe lângă acest aspect, este asigurată stabilitatea densităților optice pe durata tipăririi. Totodată, scăderea substanțială a colilor tipărite, extrase pentru măsurare, va duce la degrevarea operatorului, acesta putând astfel efectua alte operații la nivelul echipamentului de tipar. Un raport detaliat referitor la procesul de tipărire, care include densitățile măsurate ale tuturor cilor, este salvat în memorie și permite verificarea și asigurarea calității tiparului.

Ca urmare a implementării noului echipament de control in-line al calității tiparului, sistemul a dobândit o mai mare stabilitate, dovedită de valorile obținute în urma măsurătorilor (fig. 2). Rezultatul obținut a fost o îmbunătățire a valorilor inițiale, reducere semnificativă a valorilor neconforme și o calitate crescută în reproducerea culorilor. Totodată, valorile obținute se încadrează în normele impuse de standardul ISO 12647-X. Creșterea calității tiparului din punct de vedere colorimetric și spectral se remarcă și în cazul curbelor de compensare, ale căror valori sunt mai mici. În fig. 3 și fig. 4 sunt prezentate scalele de control.

- Sistem complet automatizat de schimbare a plăcilor;
- Sistem de spălare concomitentă a valțurilor.

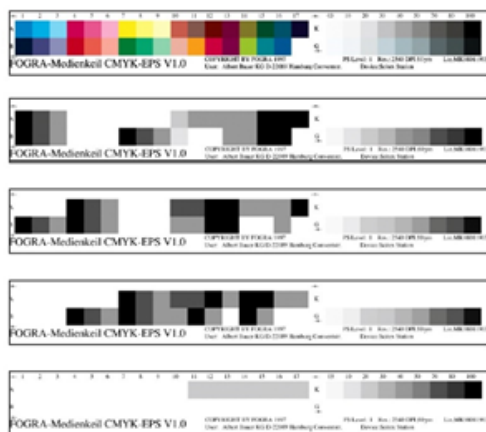


Fig. 3. Scale control - inițial

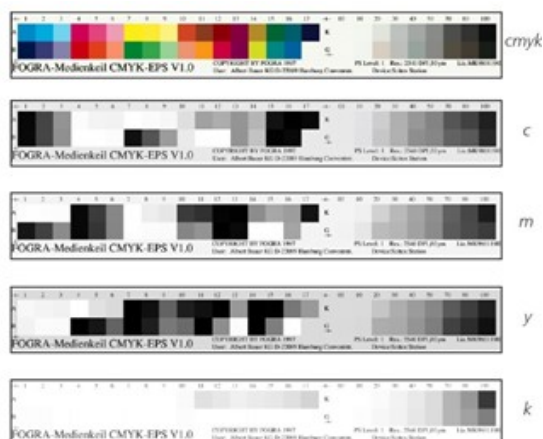


Fig. 4. Scale control – după implementare

În urma acțiunilor întreprinse în vederea creșterii productivității echipamentului de tipar, timpii de pregătire necesari s-au modificat. Aceștia sunt menționați în tabelul 9. De asemenea, precizia echipamentului in-line de control al calității tiparului are ca efect o scădere a pierderilor tehnologice asumate comenzii (tabelul 10). Scăderea timpilor de pregătire, precum și a pierderilor tehnologice, se traduce printr-o scădere a prețurilor produselor comercializate (tabelul 11).

Tabelul 9. Timpii de pregătire necesari – ROLAND 508*

Nr. crt.	Operatia efectuată	Durata (min)
1.	Alimentare cu hârtie / 1000 coli (start)	10
2.	Închis-potrivit placă	2
3.	Schimbare plăci	5
4.	Spălare completă mașină	5
5.	Spălare cauciuc + cilindru	5
6.	Curățare jgheab cerneală	15
7.	Schimbare perii	15
8.	Schimbare cauciuc	15
9.	Schimbare folie cilindru port-placă	15
10.	Montat/demontat-spălat separatoare grup	45
11.	Schimbarea meselor de alimentare și eliminare	10
12.	Realizat față-verso	20

Tabelul 10. Pierderi tehnologice – tipar offset*

Format, număr culori	Tip suport	Tiraj (coli)	Pierderi tehnologice (%)
50x70 cm, 5-8 culori	Carton cretat lucios 130 g/m ²	Până la 1000	5
		1001-5000	4.5
		5001-10000	4.3
		10001-15000	4.1
		15001-20000	3.7
		20001-25000	3.5

		25001-30000	3.3
		30001-35000	3.2
		35001-40000	3.1
		40001-50000	3
		Peste 50000	2.8

Tabelul 11. Oferta flyer – tipar offset*

Tehnologie de tipar Offset – ROLAND 508											
Format	Tiraj (buc.)										
	200	500	1000	2500	5000	10000	20000	30000	50000	100000	200000
1/3 A4	0.45	0.24	0.15	0.08	0.055	0.037	0.032	0.030	0.028	0.027	0.025

5. Concluzii

Urmare a implementării sistemului de control in-line al calității tiparului, sistemului complet automatizat de schimbare a plăcilor și a sistemului de spălare concomitentă a valțurilor, eficiența echipamentului de tipar offset a crescut.

În ceea ce privește disponibilitatea, timpul de setare a echipamentului a scăzut, timpul disponibil pentru producție a crescut, ca urmare, disponibilitatea a crescut. Performanța crește, iar calitatea, de asemenea, pe fondul scăderii numărului de pierderi tehnologice. Per ansamblu, indicatorul de performanță OEE crește. Referitor la timpii de pregătire necesari ai echipamentului, aceștia s-au îmbunătățit cu 10% (18 min/ 180 min). Pierderile tehnologice s-au redus cu aproximativ 50% pentru toate nivelurile de tiraj. Scăderea prețurilor, ca urmare a soluțiilor implementate, a fost de 40%, pentru lucrările de tiraj mic (sectorul de piață nepotrivit până de curând), iar, pentru cele de tiraj mare, de 20%. Ulterior acestor ajustări, oferta tipografiei este mai bună ca a competitorilor.

Calitatea este un deziderat general al clienților, drept urmare nu este ceva de neglijat, deoarece o investiție inițială poate implica o scădere a costurilor de producție, creștere a calității produselor obținute, atragere de noi clienți, reducerea pierderilor tehnologice, precum și a timpilor de reglaj, scădere a prețurilor produselor, în concluzie, o creștere a productivității echipamentului, care poate avea doar valențe economice pozitive.

6. Bibliografie

- [1]. ISO12647-2, (2004), “Graphic technology—Process control for the production of half-tone color separations, proof and production prints—Part II:Offset litho graphic processes”;
- [2]. Schneeweiss, W., (1997), “Mincut-based fault tree analysis revisited and extended for calculating MTBF. Reliability Engineering and System Safety”, Elsevier Science Limited, Northern Island 57 (2);
- [3]. Amorim, J.P., (2009). OEE – A Forma de Medir a Eficiência dos Equipamentos, [online], scribd.com, [RetrievedonMarch2017];
- [4]. Lanza, G., (2013), “Measuring Global Production Effectiveness”, Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP 7, p. 31 – 36;
- [5]. Relkar, A., (2012), “Optimizing and analysing Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Design Of Experiments (DOE)”, Procedia Engineering 38, p. 2973 – 2980;
- [6]. Nahmias, S., (2005), “Production and Operations Analysis”, 5th Edition, McGraw-Hill, Singapore;
- [7]. Kumar, U., (2000), “Development and implementation of maintenance performance indicators for the Norwegian oil and gas industry”, Proceedings of the 14th International Maintenance Congress (Euro Maintenance 2000), 7-10, p. 221-228;
- [8]. Pițigoi, D., (2014), “Culoarea în poligrafie – Suport de curs tipăritor offset”, București;
- [9]. Bălan, E., (2020-2021), “Managementul calității în industria poligrafică”, Note de curs;
- [10]. Mohora, C., (2020-2021), “Optimizarea sistemelor de fabricație poligrafice”, Note de curs;

OPTIMIZATION OF TYPOGRAPHICAL PRODUCTION FLOWS BY REDUCING AUXILIARY TIMES

MOLDOVEANU (TAȘCĂU) Elena,

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: 2, e-mail: tascauelena4300@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Cristina MOHORA**

ABSTRACT: The paper presents the study carried out in a printing house in order to determine the possibilities of optimizing the printing flows, with the ultimate goal of increasing labor productivity. Thus, pertinent conclusions could be drawn regarding the management of the printing houses. The possibilities that the printing house manager has to organize human resources, production and other related activities are analyzed, by delegating the authority, but also by exercising control in different phases of the manufacturing process. The Ishikawa diagram was used to identify the causes of non-timely execution of customer orders. The economic efficiency of the application of labor norms is also studied. The optimization of the polygraph processes on the flow supposes the organized rearrangement of the equipment, of the jobs, of the operators through an advantageous location of the production system and the obtaining of an improved variant of the typographic flow.

CUVINTE CHEIE: optimizare, flux de producție, normare, timpi auxiliari, diagrama Ishikawa.

1. Introducere

Organizarea în flux reprezintă, pentru întreprinderile industriale, o formă de organizare a managementului producției, care asigură cea mai eficientă utilizare a mijloacelor de producție [3]. Conceptul este cel de „linie de asamblare” introdus de Henri Ford în industria de automobile.

Forma de organizare în flux a sistemului de producție constă în faptul că operațiile tehnologice și prelucrarea obiectului muncii se execută pe anumite utilaje sau locuri de muncă amplasate în conformitate cu succesiunea procesului tehnologic. Rezultatul este excelent pentru executarea unui singur tip de produse. În zilele noastre, în cadrul producției în flux a devenit o necesitate găsirea unor soluții eficiente pentru flexibilizarea procesului de producție.

Cele mai importante caracteristici ale fluxului de producție sunt [3]:

- divizarea procesului de producție în operații simple, egale sau multiple din punctul de vedere al timpului necesar pentru execuția lor, urmărind modul de succesiune al operațiilor stabilite;
- locurile de muncă și utilajele vor fi amplasate în conformitate cu fluxul tehnologic, astfel încât obiectele supuse transformării să circule pe cele mai scurte trasee, ceea ce formează linia de producție în flux;
- deplasarea obiectului muncii de la un loc la altul se face cu mijloace de transport integrate în construcția liniei (benzi rulante, conveioare);
- executarea unui tip de produse sau a mai multor tipuri de produse apropiate între ele din punct de vedere constructiv, tehnologic, al gabariturii;
- trebuie să existe o omogenitate a materiilor prime și materialelor introduse în fabricație sub aspectul calitativ și dimensional.

Avantajele organizării producției în flux sunt:

- creșterea productivității muncii ca urmare a specializării locurilor de muncă (automatizarea, mecanizarea, asigurarea materiilor prime și a materialelor, SDV-uri);
- obținerea unui grad ridicat de utilizare a capacităților de producție ca urmare a reducerii timpilor de întreruperi în funcționare și a eliminării pierderilor tehnologice datorate pregătirii de fabricație;

- creșterea calității producției în urma unui control amănunțit la nivelul procesului și a obligativității respectării unor norme mai stricte de disciplină a muncii;
- reducerea costurilor de producție.

Resursele umane sunt reprezentate de operatorii care participă în mod direct la procesul de producție. Principalii indicatori măsurabili ai forței de muncă pe termen scurt sunt:

- timpul de lucru utilizat (număr ore/om lucrate);
- forța de muncă utilizată (număr de persoane, angajați);
- câștigurile salariale.

Calcularea productivității în funcție de timpul de lucru utilizat presupune cunoașterea structurii timpului de muncă și folosirea optimă a acestuia prin utilizarea normării muncii ca bază a dezvoltării și perfecționării permanente și optime a organizării muncii. Normarea muncii reprezintă activitatea desfășurată în vederea stabilirii cantității de muncă necesare pentru executarea unor lucrări sau pentru îndeplinirea unor funcții, pe fluxul tehnologic [7].

2. Stadiul actual

În cadrul lucrării s-a analizat stadiul actual al organizării producției într-o întreprindere poligrafică. Obiectivul principal este optimizarea fluxurilor poligrafice pentru realizarea produselor de securitate și a cernelurilor corespunzătoare. S-au studiat procesele tehnologice folosite pentru transformarea materiei prime și a semifabricatelor pentru obținerea produselor finite.

Unele dintre produsele de securitate obținute în cadrul procesului tehnologic de fabricație sunt vulnerabile la anumite amenințări de contrafacere (falsificare). Din acest motiv se va folosi tiparul de securitate, care este elementul de bază în protejarea imprimatelor de valoare. Conceptul de imprimare securizată este garantat prin securizarea celor două elemente: hârtia de securitate și a tiparului de securitate (cerneala). Fiecare dintre cele două elemente menționate asigură în proporții variabile, de la caz la caz, caracteristicile de securitate care garantează autenticitatea și descurajează falsificarea. Cernelurile folosite la imprimarea hârtiilor de valoare au proprietăți speciale ce constituie secrete de fabricație.

Produsele de securitate (fig. 1 - 2) se tipăresc pe hârtii speciale cu filigran vizibil sau UV. Ca elemente de securitate se pot întâlni: stema României, fond numismatic cu modulația grosimilor, holograme personalizate, raster special (stochastic, cu elemente de personalizare), microtext etc.



Fig. 1. Diverse hârtii de valoare (certIFICATE)



Fig. 2. Certificate de acționar

Proprietățile de imprimabilitate rezultă din interacțiunea dintre hârtie și cerneală. Se utilizează metode specifice pentru evidențierea calității hârtiei securizate și a cernelii de securitate. Tipurile cernelurilor folosite la tiparul de securitate pot fi: metalice, fugitive, fluorescente, cu absorbție la IR și UV, termocromice. Beneficiile tiparului de securitate pentru documentele ce necesită protecție sunt acelea că aceste documente sunt protejate în totalitate, brandurile fiind astfel securizate și protejate [4].

3. Descrierea fluxului de producție

Studiul de caz pentru un produs de securitate de tip certificat de acționar s-a realizat pe o linie tehnologică poligrafică în flux (tabel 1), cu ritm reglementat, caracterizată prin existența unui tact de producție în care trebuie să se încadreze toate operațiile, fapt ce va conduce la livrarea în unitatea de timp a unei cantități de produse egale cu mărimea tactului de producție. Astfel are loc sincronizarea procesului de producție [2].

Tabelul 1. Etapele fluxului tehnologic

Nr. crt.	Etapele fluxului tehnologic	Timp de execuție
1.	Etapa pre-tipărire: preluarea comenzii, obținerea BT client;	780 min
2.	Aprovizionarea cu materii prime și materiale;	în paralel cu etapa pre-tipărire
3.	Elaborarea fișei tehnologice; realizarea plăcii; obținere BT etalon;	300 min
4.	Etapa de tipărire: tipărire propriu-zisă și colatare, stivuire, control CTC (linie);	840 min (1 schimb)
5.	Etapa post-tipărire: finisarea lucrării, control CTC, împachetare, depozitare	780 min
6.	Recepția lucrării;	în termenul de execuție
7.	Preluarea lucrării de către client conform aprobărilor existente, livrare;	în termenul de execuție
8.	Măsurarea satisfacției clienților prin completarea chestionarelor.	la livrare

După ce a fost acceptată comanda clientului, în paralel cu obținerea BT-ului, se realizează procesul de aprovizionare cu materii prime și materiale. Are loc aprovizionarea cu hârtie de valoare pentru tiparul de securitate (filigran securizat cu fir metallic, 95 g/m²) și cerneala pentru tiparul de securitate. Acestea se vor păstra în condiții de mediu corespunzătoare și de maximă securitate fiind considerate secrete de fabricație.

Etapa cea mai importantă pentru obținerea produsului este etapa de tipărire propriu-zisă, cea în care se realizează tipărirea și colatarea. Linia de producție este alcătuită dintr-o mașină de tipar offset, rotativă tip EVO PRINT V 52, în 7 culori (fig. 3) și un colator BIELO-MATIK (fig. 4).



Fig. 3. Mașina de tipar EVO PRINT V52



Fig. 4. Colator BIELO-MATIK

Pentru finisarea produsului s-a utilizat o mașină de broșat automată cu alimentarea copertii cu vacuum BB 3102 (fig. 5) și o mașină de finisat broșuri BN-e (fig. 6). Aceste două utilaje sunt moderne, automatizate, la fiecare lucrează un operator, într-un singur schimb.



Fig. 5. Mașina de broșat BB 3102 EVA/PUR-C



Fig. 6. Mașina de finisat broșuri BM-e

Linia tehnologică de imprimare este sincronizată și are norma de producție unitară pentru 8 ore de $N_{p1} = 60.000$ formate tipărite/schimbul de lucru. În tabelul 2 sunt prezentați timpii de pregătire necesari pentru începerea procesului de tipărire a lucrării comandate.

S-a urmărit functionarea liniei tehnologice pe parcursul unei săptămâni de 5 zile lucrătoare, pentru schimbul 1 (tabelul 3).

Tabelul 2. Timpi de pregătire utilaje tipar

Nr. crt.	Timpi de pregătire EVO PRINT V52	Minute	Nr. crt.	Timpi de pregătire BIELOMATIK	Minute
1.	Alimentare utilaj cu hârtie, reglaje tensiune bandă hârtie	10	1.	Schimbare format sistem de eliminare în coli	35
2.	Spălare grup de culoare	10	2.	Spălare și ungere nuci numerotate	5
3.	Spălare și degresare cauciuc	10	3.	Montare, potrivire și fixare nuci	30
4.	Schimbare cauciuc și așternut	10	4.	Reglare grup înscriere, numerotare	20
5.	Închis-potrivit placă	5	5.	Reglare tensiune bandă	10
6.	Schimbare format lucrare	30	6.	Montat (demontat) masa eliminare	10
7.	Gresare utilaj	10	7.	Gresare utilaj	10

Tabelul 3. Rezultatele observărilor săptămânale la tiparire

Ore de lucru	Zilele săptămânii de lucru					Media tirajelor observate
	luni	marți	miercuri	joi	vineri	
6 ⁰⁰	alim., preg.	alim.,h. pr.	lipsă mat.pr.	preg.,gresare	def. mec.	248.000 coli : 5 zile = 49.600coli / 8h Media tirajelor realizate pe săptămâna de lucru: • tipărite; • înscriate; • numerotate; • tăiate la format. Np₁₁ = 49.600coli / 8h
7 ⁰⁰	tiraj	10.000 coli	lipsă mat.pr.	5.000coli	def. mec.	
8 ⁰⁰	15.000 coli	tiraj	tiraj	tiraj	tiraj	
9 ⁰⁰	def. electr.	15.500 coli	10.000 coli	tiraj	17.000 coli	
10 ⁰⁰	20.000 coli	def. mec.	sp. cauciuc	sch.format	tiraj	
11 ⁰⁰	tiraj	hart. probl.	tiraj	tiraj	tiraj	
12 ⁰⁰	tiraj	tiraj	25.000 coli	30.000coli	30.000 coli	
13 ⁰⁰	50.000 coli	tiraj	tiraj	tiraj	tiraj	
14 ⁰⁰	60.000 coli	30.000 coli	44.000 coli	54.000 coli	60.000 coli	

Tabelul 4. Fișa de analiză a comenzii

Fișa de analiză	
Comanda:	150.000 certificate de acționar, securizate, carnete de 25 bucăți
Termen de execuție:	3 zile de la data primirii solicitării pentru comandă
Fluxul tehnologic în desfășurare	
Pre-tipărire:	pleuarea comenzii, obținera BT client, plata efectuată de către client. 1080 minute = 18 ore
Tipărire:	tipărire propriu-zisă + colatare (înscriere, numerotare) <ul style="list-style-type: none"> Linie tehnologică (sincronizată), Np₁ = 60.000 coli / 8h; 2 certificate pe coală format 30,5 x 43 cm; hârtie filigran de securitate cu fir metallic, 95 g/m²; $A = 150.000 : 2 = 75.000$ coli $A / Np_1 = 75.000 / 60.000 = 1,25$ schimburi = 10 ore Timpi de pregătire: - tipărire propriu-zisă $T_1 = 2$ ore 25 minute; - înscriere numerotare $T_2 = 1$ oră 50 minute; $T_p = T_1 + T_2 = 4$ ore 15 minute Timpul total tipărire: 10 ore + 4 ore 15 minute = 14 ore 15 minute (1 schimb de lucru)
Post-tipărire:	<ul style="list-style-type: none"> Broșat: carnete 25 bucăți certificate, format A4 , Np₂ = 5.000 carnete / 8h; $B = 150.000 : 25 = 6000$ carnete $B / Np_2 = 6000 / 5000 = 1,2$ schimburi = 10 ore Timp de pregătire: 90 minute = 1 oră 30 minute Timpul total pentru broșat: 10 ore + 1 oră 30 minute = 11 ore 30 minute (1 schimb de lucru)
Finisare carnete:	Np₃ = 35.000 carnete / 8h, carnete 25 bucăți certificate $B / Np_3 = 6000 / 35.000 = 0,17$ schimburi = 1 oră 30 minute , Timp de pregătire: 15 minute Timpul total finisare carnete: 1 oră 45 minute (1 schimb de lucru)
Total ore: 45 ore 30 minute = 6 zile de lucru / 1 schimb de lucru	

În urma cercetării s-au stabilit cauzele care au perturbat procesul tehnologic și faptul că norma de producție Np_1 nu s-a putut realiza zilnic.

4. Studiu de caz. Optimizarea fluxului tipografic

4.1. Analiza unei comenzi de producție în execuție

În tabelul 4 este prezentată analiza timpului în care se realizează comanda, respectiv a numărului de zile necesare pentru finalizarea acesteia.

Deoarece întreprinderea poligrafică lucrează într-un singur schimb, lucrarea se va executa în 6 zile lucrătoare, depășind termenul de execuție solicitat de client. Se poate observa că întreprinderea poligrafică nu-și poate onora obligația față de client, respectiv realizarea lucrării în termenul solicitat de acesta, ceea ce poate determina pierderea clientului. S-a realizat o analiză detaliată a problemelor care apar pe fluxul tipografic și s-au căutat soluții de optimizare pentru a putea realiza comenzile în timp util și pentru a crește productivitatea muncii.

4.2. Analiza problemelor apărute pe fluxul tipografic

Pentru găsirea soluției de optimizare a fluxului tipografic al întreprinderii în studiul definirii problemelor s-a utilizat diagrama Ishikawa [1, 11, 12]. S-a constituit grupul eterogen pentru desfășurarea ședinței format din: muncitori, personal TESA, ingineri, personal de la magazii de materiale, clienți importanți ai întreprinderii. S-a realizat identificarea tuturor cauzelor care pot influența rezultatul producției și s-au grupat în conformitate cu semnificația cauzelor și a consecințelor acestora (tabelul 5 și fig. 7). Factorii cu o mai mică importanță s-au ignorat. Datele analizate au scos în evidență problema care trebuia rezolvată prin optimizare.

Tabelul 5. Identificarea cauzelor în conformitate cu regula 6M

Săgeți principale – gradul I	Săgeți – gradul II	Săgeți – gradul III
Muncitori	-Număr mare de personal care lucrează pe utilaje și pentru deservire;	
	-Salarii nemotivaționale;	
	-Personal neinstruit corespunzător conform legislației în vigoare;	
	-Echipament de lucru necorespunzător;	-Halate și salopete, încălțări deteriorate;
Mașini	-Calculatoare defecte;	
	-Defecțiuni mecanice și electrice repetate;	-Piese de schimb uzate
	-Reglaje multiple care opresc producția;	-Înruperi nereglem. multiple; -Truse cu scule depreciate; -Personal neinstruit din punct de vedere tehnic;
Materiale	-Aprovizionare cu flux de material întrerupt;	-Întârzieri în aprovizionare;
	-Materii prime și materiale neconforme;	-Hârtie necorespunzătoare; -Cerneală neconformă; -Lipsă alte materiale necesare;
Metode	-Proceduri de lucru perimate	
	-Muncitorii nu sunt consultați în problemele care apar;	-Condiții improprii de lucru; -Stimă de sine scăzută;
Măsurări	-Controale CTC evazive, necorespunzătoare;	-Evaluare neconformă a calității;
	-Ustensile de măsurare depășite fizic;	-Verificatoare neconforme;
	-Aparate de măsurare defecte;	
Mediul	-Temperatura neconformă în secție;	-Lipsă sistem de aclimatizare
	-Umiditate relativă crescută în mediul de lucru;	
	-Iluminatul este necorespunzător;	-Lipsă surse de iluminat;
	-Zgomotul de producție deranjant;	-Lipsă antifoane protecție;

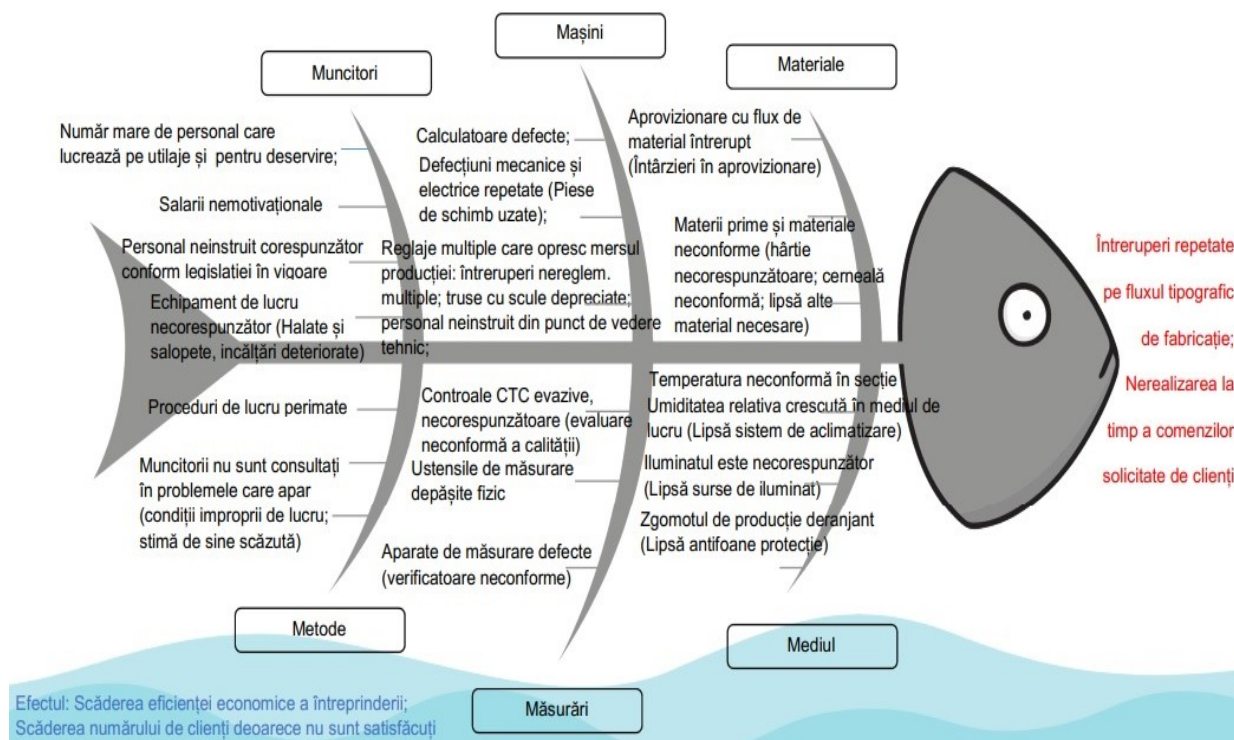


Fig. 7. Diagrama Ishikawa („cauză – efect”)

4.3. Rezolvarea problemelor prin optimizare

Optimizarea fluxului de producție tipografică s-a realizat aducându-se îmbunătățiri majore situației actuale a întreprinderii prin rezolvarea problemelor importante care au apărut după realizarea diagramei Ishikawa. Problema care a fost rezolvată prin optimizarea fluxului tipografic a fost cea a întreruperilor repetate a producției pe flux și nerealizarea la timp a comenzilor solicitate de clienți.

Obiectivele optimizării au fost [9]:

- **Aclimatizarea sorturilor de hârtie.** Hârtia securizată achiziționată este păstrată în depozit minim 30 de zile. Umiditatea relativă în depozit trebuie să fie între 60% - 65% la o temperatură între 20°C - 22°C, caracteristic atmosferei industriale. Hârtia va fi adusă în secție cu 24 ore înaintea intrării în lucru. Aclimatizarea hârtiei elimină problemele întâlnite în procesul tehnologic de tipărire, respectiv, abaterile de la standardul de calitate al lucrării.

- **Păstrarea cernelii de securitate.** S-a creat un spațiu de depozitare special pentru cerneala de securitate, deoarece aceasta trebuie să-și păstreze caracteristicile de imprimabilitate până la expirarea termenului de garanție. Cerneala trebuie păstrată în condiții de maximă siguranță fiind considerată „secret de fabricație”.

- **Calitatea, înainte de toate.** Rotativa EVO PRINT V52 este soluția ideală ce asigură un nivel de calitate de prima clasă, fiabilitate crescută și eficiență de excepție, oferind posibilitatea de configurare în scopul dorit de către managerii întreprinderii. Echipamentul a dus la creșterea productivității și la scăderea costurilor. Nivelul ridicat de automatizare al întreprinderii, timpii de setare mici au determinat creșterea performanței. Prin automatizarea utilajului pierderile tehnologice s-au redus semnificativ, de la 6% la 3%. S-a achiziționat și montat pe utilaj un sistem de control al cernelii (AIC) cu rezultate pentru aplicarea perfectă a cernelii pe suportul de imprimare.

- **Timpii de pregătire.** S-a efectuat o revizuire a timpilor de pregătire și aceștia au fost micșorați corespunzător (tabelul 6).

- **Normele de muncă.** După numeroase observări, normele de producție au crescut, ceea ce a dus la imprimarea unei cantități mai mari de produse pe schimbul de lucru, iar cerințele clienților au fost onorate. La tipărire norma de producție a crescut: $N'_{p1} = 80.000 \text{ coli} / 8h$, cu un procent de 33%.

Tabelul 6. Timpi de pregătire micșorați

Nr. crt.	Timpi de pregătire EVO PRINT V52	Minute	Nr. crt.	Timpi de pregătire BIELOMATIK	Minute
1.	Alimentare utilaj cu hârtie, reglaje tensiune bandă hârtie	5	1.	Schimbare format sistem de eliminare în coli	30
2.	Spălare grup de culoare	3	2.	Spălare și ungere nuci numerotare	5
3.	Spălare și degresare cauciuc	3	3.	Montare, potrivire și fixare nuci	20
4.	Schimbare cauciuc și așternut	5	4.	Reglare grup înscriere, numerotare	10
5.	Închis-potrivit placă	5	5.	Reglare tensiune bandă	5
6.	Schimbare format lucrare	20	6.	Montat (demontat) masa eliminare	5
7.	Gresare utilaj	5	7.	Gresare utilaj	5

- **Mediul de lucru din întreprindere.** S-au achiziționat sisteme de aclimatizare, iar umiditatea și temperatura au ajuns la valoarea optimă: temperatura la $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, umiditatea relativă $65\% \pm 5\%$. De asemenea, s-au completat sursele de iluminare lipsă și s-a ajuns la iluminatul standard de 150 luși.

4.4. Rezultate obținute după optimizare

S-a reanalizat timpul în care comanda poate fi executată în termen și s-a constatat că în urma creșterii normei de muncă de la 60.000 coli/8h la 80.000 coli/8h, la tipărire-colatare și prin micșorarea timpilor de pregătire cu aproximativ 28% la tipărirea propriu-zisă, respectiv cu 6% la colatare, lucrarea nu va mai depăși termenul de execuție. Aceasta s-a executat în 3 zile conform solicitării clientului. În tabelul 7 este prezentat prețul de cost al lucrării, înainte și după optimizare. Acesta a scăzut cu 15 % [13].

Tabelul 7. Prețul de cost al lucrării înainte și după optimizare

Comanda	Preț de cost înainte de optimizare	Preț de cost după optimizare
150.000 buc. 4 culori	Cost hârtie: Necesar: $131 \times 6\% = 139 \text{ kg}$ $A = 139\text{kg} \times 11.5\text{lei/kg} = 1599 \text{ lei}$ (fără TVA)	Cost hârtie: Necesar: $131 \times 3\% = 135 \text{ kg}$ $A = 135\text{kg} \times 11.5\text{lei/kg} = 1552,50 \text{ lei}$ (fără TVA)
Hârtie filigran cu fir metallic securizată 90g/m^2	Cost cerneală: pentru tipărire, jghebul trebuie să conțină min. 3kg cerneală B_1, B_2, B_3 cerneluri Pantone 45lei/kg; B_4 cerneală specială (invizibil) 145lei/kg; B_5 cerneală înscriere și numerotare 500lei/kg; $B = (B_1 + B_2 + B_3) \times 3 + B_4 \times 3 + B_5 \times 3 = 2340\text{lei}$ (fără TVA)	
Format hârtie $30,5 \times 43\text{cm}$	Cost plăci: $C = 4\text{culori} \times 21\text{lei} = 84\text{lei}$ (fără TVA)	
Necesar hârtie 131 kg rolă	Manoperă: 2 mașiniști $4200:168=25,00 \text{ lei/oră} \times 2 = 50,00\text{lei/oră}$ 2 ajutori $3300:168=19,64 \text{ lei/oră} \times 2 = 39,28\text{lei/oră}$ TOTAL: 89,28 lei/oră Lucrarea se execută în 14 ore $14 \times 89,28 = 1249,92 \text{ lei}$	Manoperă: 2 mașiniști $4200:168=25,00 \text{ lei/oră} \times 2 = 50,00\text{lei/oră}$ 1 ajutor $3300:168=19,64 \text{ lei/oră}$ TOTAL: 69,64 lei/oră Lucrarea se execută în 8 ore $8 \times 69,64 = 557,12 \text{ lei}$
TOTAL 1:	5272,92 lei	4533,62 lei
Regie secție:12%	5905,67 lei	5077,65 lei
Regie într:17%	6909,64 lei (fără TVA)	5940,85 lei (fără TVA)

5. Concluzii

S-au găsit soluții pentru optimizarea fluxurilor tipografice prin reducerea timpilor auxiliari. S-au studiat caracteristicile producției în flux, avantajele organizării acestui tip de producție. S-au stabilit problemele care apar pe fluxul tehnologic și s-au găsit metode de optimizare pentru creșterea productivității muncii prin micșorarea timpilor de pregătire. Pentru soluționarea problemelor s-au folosit metode și instrumente ale calității, cum ar fi: brainstorming, diagrama Ishikawa.

Obiectivele de bază ale optimizării au fost atinse prin găsirea soluțiilor pertinente care sunt:

- aclimatizarea sorturilor de hârtie specială de securitate;
- depozitarea cernelii de securitate în locuri speciale, de siguranță maximă pentru păstrarea secretului de fabricație;
- creșterea calității imprimatelor pentru satisfacerea clienților întreprinderii.

După optimizare s-au observat, la scurt timp, următoarele efecte:

- creșterea calității tiparului;
- reducerea timpului de realizare a comenzii în execuție prin respectarea criteriului „minim setup”;
- creșterea eficienței economice a întreprinderii;
- creșterea numărului de clienți satisfăcuți ai întreprinderii;
- scăderea prețului de cost al produselor tipărite.

Cercetările ulterioare se vor axa pe îmbunătățirea continuă a calității produselor.

6. Bibliografie

- [1] Bălan, E., Managementul calității în industria poligrafică, Notițe de curs, C 1-10, 2020-2021;
- [2] Bărbulescu, C., Managementul producției, vol. I, II, III, Ed. Sylvi, București, 1997;
- [3] Cazan, E., Ionescu, Gh., Munteanu, V., Negrușă, A.L., Managementul producției, vol. I, Ed. Universității de Vest, Timișoara, 2002;
- [4] Cazac, V., Tehnologii speciale de tipar, Notițe de curs, C 1-10, 2020-2021;
- [5] Constantinescu, D., ș.a., Management. Funcții. Structuri. Procese, Ed. Universitatea, Craiova, 2008;
- [6] Criveanu, I., Dragomir, Gh., Mitrache, M., Management, manual universitar, Ed. Siteh, Craiova, 2006;
- [7] Gladcov, P., ș.a., Pregătirea fabricației, Ed. Matrix, București, 2004;
- [8] Lefter, V., Manolescu, A., Managementul resurselor umane, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1995;
- [9] Mohora, C., Optimizarea sistemelor de fabricație poligrafice, Notițe de curs, C 1-9, 2020-2021;
- [10] Nicolescu, O., Verbonciu, I., Fundamentele managementului organizației, Ed. Economică, București, 2008;
- [11] Osborn, A. F., Applied Imagination: Principales and procedures of Creative Problem Solving, Ed. 3, revizuită, New York, NY: Charles Scribners Sons, 2003;
- [12] Rickards, T., Brainstorming, M. Runco & S Pritzker, Eds., Encyclopedia of creativity, San Diego: Academic Press, vol I, 1999;
- [13] Russu, C., Managementul strategic, Ed. ALL BECK, București, 1999.

EXPERIMENTAL STAND FOR DETERMINING SOME CHARACTERISTICS OF PRINTING SUBSTRATES

KAPUSI Zalán,

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: II, e-mail: kapusizalan@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Emilia BĂLAN**

ABSTRACT: This article has the main purpose to describe the calibration and the qualification of a DIY measurement tool, used in the printing and packaging industry. Last year in our paper published in the same journal, with the same title [17], we described in detail the steps of design, execution of parts, the assembly and the programming of similar measurement equipment, namely a GSM tester. In the current dissertation we use, as an example, a Carton Force Analyzer, which is intended for measuring the mechanical resistant of the creasing lines and the opening force/moment of a solid carton folding box. On the first hand we describe shortly the specific parts of design and assembly of the second measurement tool; on the other hand we analyze deeply the measurement results obtained during qualification.

CUVINTE CHEIE: măsurare, instrumente virtuale, senzorială, caracteristici fizice

1. Obiectivele cercetării

În cadrul industriei moderne de ambalare, din punctul de vedere al funcționării neobstrucționate a mașinilor automate de ambalare de mare viteză, factorii cei mai importanți sunt proprietățile fizice ale cutiilor de carton, și anume: grosimea materialului, masa specifică, rezistența la îndoire, calitatea bigurilor etc. Obiectivul principal al lucrării este realizarea instrumentelor de măsurare a mărimilor sus menționate, la un nivel de cost minim, folosind oportunitățile oferite de electronica modernă, senzorială, soluții software, respectiv de metodele moderne de prelucrare a materiilor prime (imprimare 3D, prelucrare CNC). Se vor lua în considerare standardele internaționale referitoare la fiecare măsurare în parte.

2. Realizarea instrumentelor de măsurare

În cazul instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor pentru evaluarea rezultatelor măsurătorilor este nevoie de analizarea diagramelor la o rezoluție mai mare. Din acest motiv conectarea instrumentului la un laptop este o soluție potrivită.

Rezistența bigurilor la îndoire trebuie studiată în mod dinamic, la diferite unghiuri de formare. Formarea cutiilor, respectiv îndoirea bigurilor poate fi realizată cu ajutorul unui actuator de tip servomotor. Plecând de la cerințele de viteză, momentul forței și rezoluția pașilor s-a ales tipul de servomotor *MG 996R*. Puterea electrică a servomotorului fiind mai mare decât puterea maximă permisă pentru ieșirea de alimentare încorporată în microcontroller a fost nevoie de implementarea unei surse de alimentare independentă de tip *HW 131*.

După alegerea componentelor necesare se proiectează circuitele electronice ale instrumentului (fig. 1) folosind software-ul numit *Fritzing*.

Etapă următoare este proiectarea elementelor componente ale instrumentelor de măsurare. Se realizează cu ajutorul software-ului *Autodesk Inventor Professional*, existând astfel posibilitatea modelării 3D a componentelor, respectiv a ansamblurilor, verificând compatibilitatea elementelor.

Componentele se realizează prin imprimare 3D. Acest mod de realizare asigură, printre altele, producerea relativ ușoară a formelor tridimensionale complexe. Materia primă folosită este PLA (Polylactic acid), un polimer rigid cu structură cristalină. În cursul proiectării s-au luat în considerare

contractiile care au loc în procesul de producție. Deoarece imprimanta 3D construiește obiectul proiectat din material topit, în cursul răcirii diametrul găurilor se poate diminua chiar cu 0,5 mm.

În figura 2 este prezentat proiectul 3D al instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor.

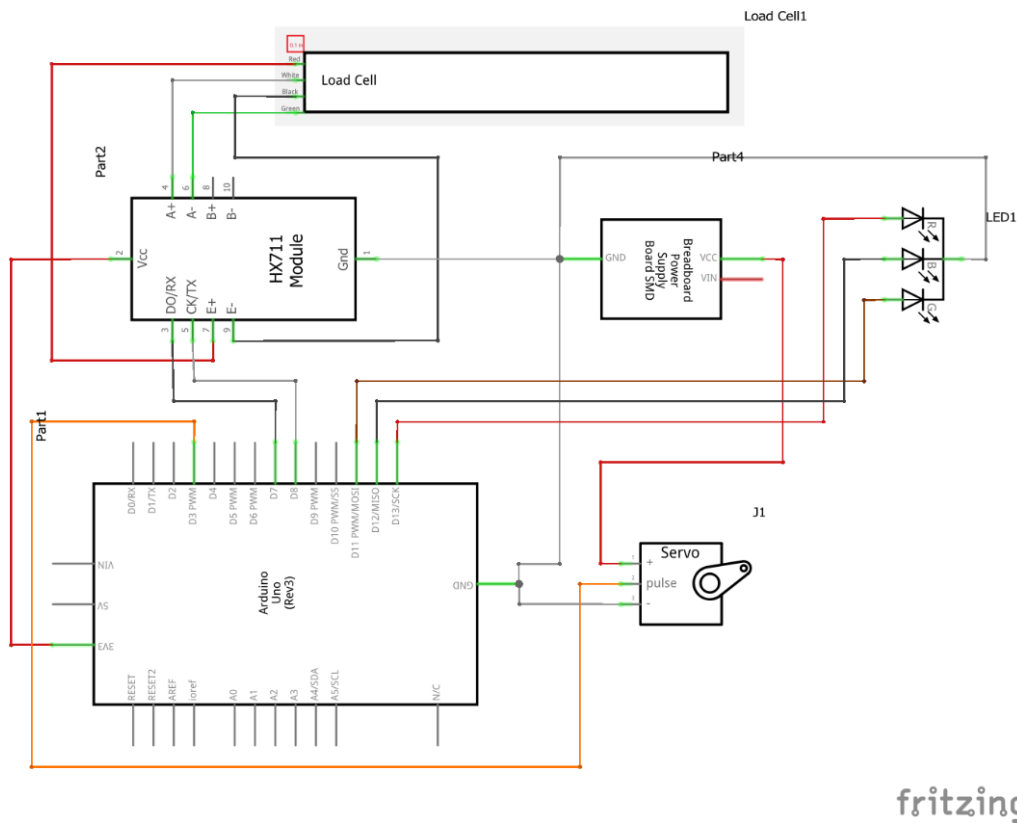


Fig. 1. Schema circuitului electronic al instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

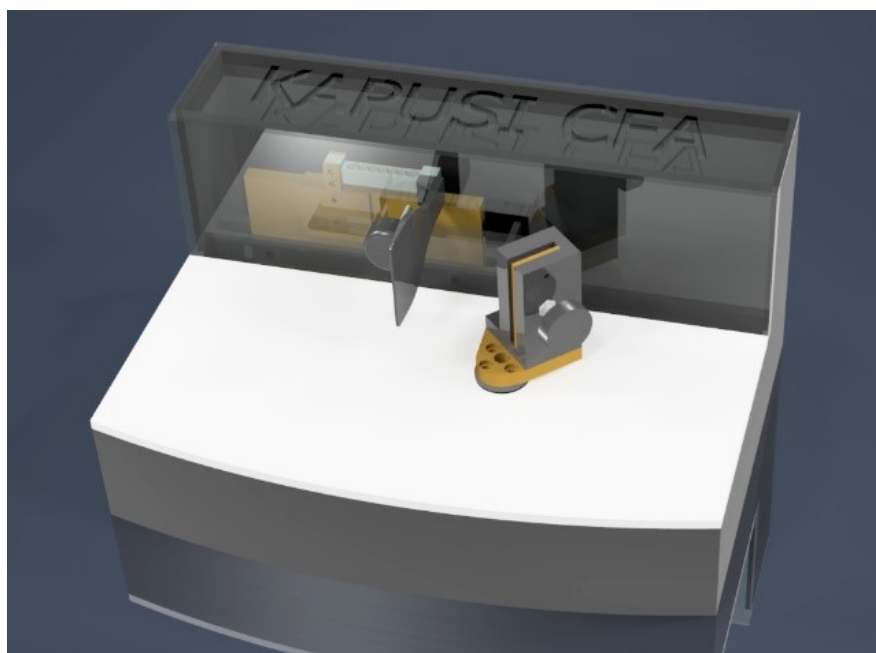


Fig. 2. Proiectul 3D al instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

Anumite componente ale ambelor instrumente (de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor, și respectiv, de măsurare a masei specifice) sunt realizate prin frezare cu ajutorul unei mașini CNC de precizie, de tip *Lang Impala 200LNC*. De exemplu, capacul camerei de măsurare este frezat din plexi-glass transparent de grosime de 7 mm.

Concomitent cu montarea elementelor de structură ale ansamblurilor se montează și componentele electronice (fig. 3).

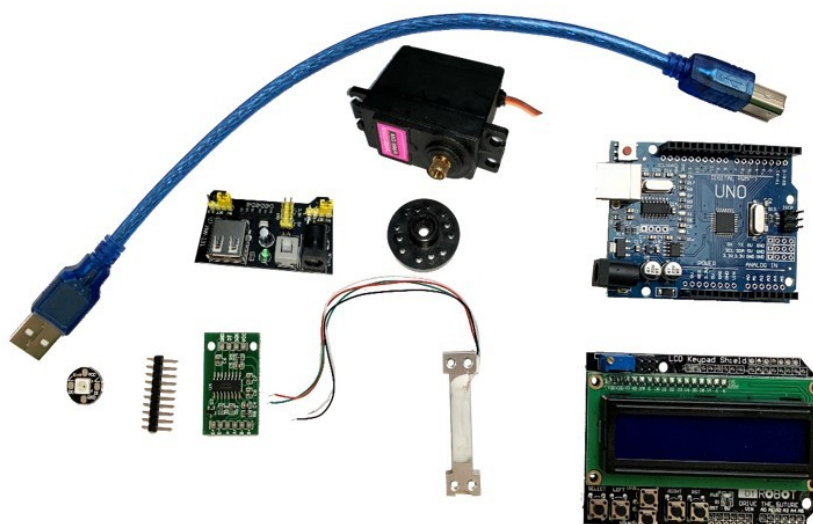


Fig. 3. Componentele electronice ale instrumentelor de măsurare

După montarea componentelor rămâne să se realizeze cablarea și încărcarea programelor pe microcontrollere, care asigură funcționarea instrumentelor, realizate în prealabil în mediul de programare *Arduino*. În fig. 4 este prezentat instrumentul de măsurare complet echipat.

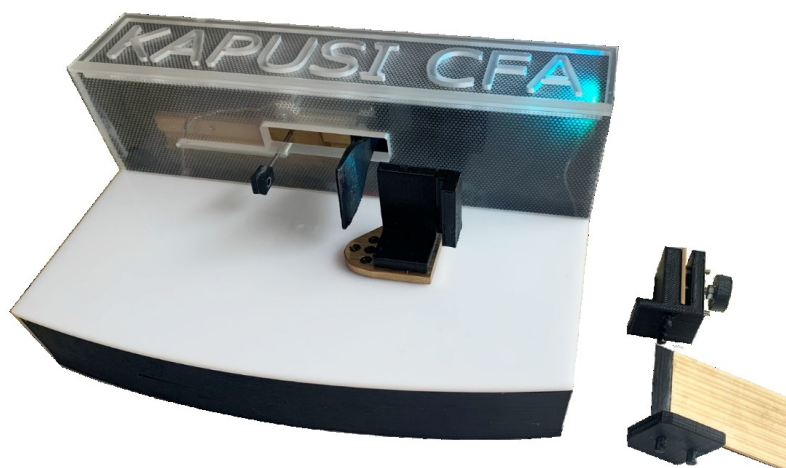


Fig. 4. Forma finală a instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

3. Calibrarea instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor

În cazul calibrării instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor folosim greutateți omologate de laborator (5 g, 10 g, 20 g, 50 g, respectiv 100 g), dar poziția orizontală a senzorului nu este favorabilă, motiv pentru care utilizăm un stativ construit din lemn. Cu ajutorul unui rulment micuț, montat pe stativ, forța de greutate verticală a greutateții omologate poate fi aplicată în plan orizontal cu ajutorul unui fir, rulmentul fiind pe post de scripete fără frecare. Forța măsurată de senzorul Load Cell

Într-o unitate arbitrară trebuie să fie convertită în unități mN. Ecuația echilibrului mecanic poate fi exprimată prin relația (1):

$$F = G * K = m * g * K \quad (1)$$

unde: F este forța exprimată în unități arbitrare, m este masa greutateii omologate, iar constata $g = 9,81 \text{ N/kg}$ este accelerația gravitațională. Necunoscuta în ecuație este factorul K , fiind factorul de calibrare. În urma calculelor obținem:

$$K = 658,5859 \quad (2)$$

Rezistența mecanică a bigului la îndoire poate fi exprimată și în unități de moment al forței, fiind produsul vectorial dintre forța și brațul forței. Din configurația instrumentului de măsurare, forța este perpendiculară pe brațul forței și ecuația în forma scalară este:

$$M = F * l \quad (3)$$

La proiectarea instrumentului de măsurare s-a avut în vedere ca brațul forței să fie $l = 20 \text{ mm}$.

În vederea calibrării instrumentului de măsurare a rezistenței mecanice a bigurilor s-au utilizat 5 tipuri diferite de cutii de carton de medicamente, și anume: cutie Anghirool, cutie Bioflu, cutie Bixtonim Xylo, cutie Devaricid și cutie Hepaprotect Regenerator Forte. În cazul fiecărui ambalaj menționat anterior s-au prelevat 10 mostre din același lot de fabricație cu dimensiunea de 28 mm, perpendicular pe clapetuța de lipire, din aceeași zonă a cutiei (fig. 5).

Cu ajutorul instrumentului de măsurare calibrat s-a măsurat rezistența la deschidere (formare) a cutiilor în condițiile unei viteze de deschidere constantă, în intervalul unghiular $0^\circ - 90^\circ$. S-a reprezentat grafic momentul forței de formare individual în cazul fiecărui ambalaj (fig. 6) și s-a determinat media valorilor maxime, exprimată în mNm (tabelul 1).

S-a ales ca proprietate relevantă valoarea maximă a momentului forței de formare deoarece caracterizează cel mai bine calitatea bigurilor cartoanelor și determină comportamentul cutiilor pe liniile de ambalare automată a medicamentelor. Cu cât momentul forței de formare este mai mic, cu atât mașinile de ambalare pot fi rulate la viteze mai mari.



Fig. 5. Mostre de cutii prelevate

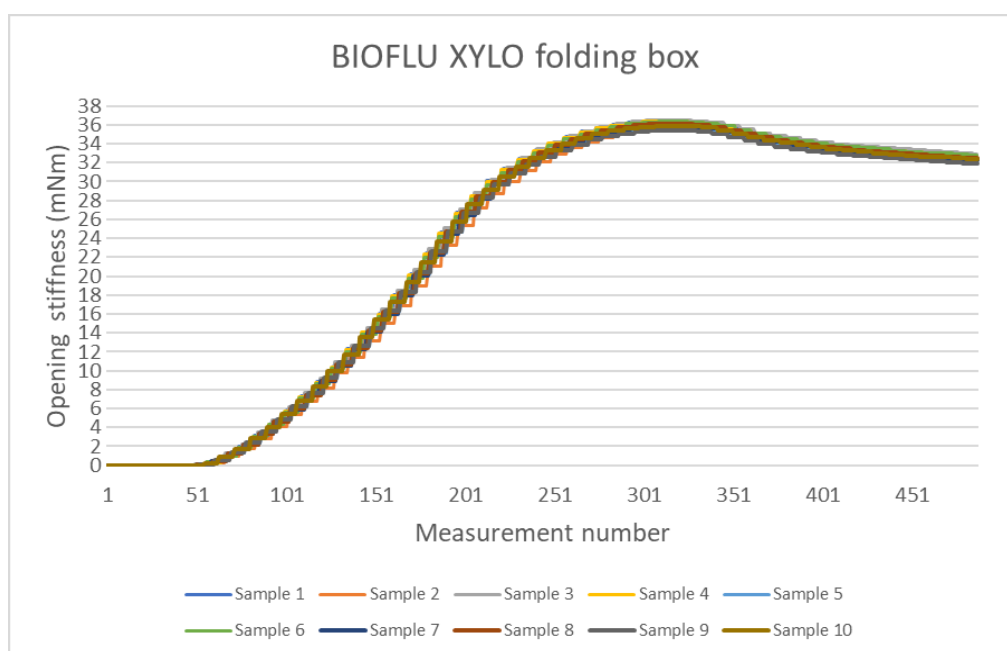


Fig. 6. Variația momentului forței de formare

Tabelul 1. Rezultatul măsurătorilor momentului forței de formare

Tip cutie	Gramaj (GSM)	Rezistență mecanică la deschidere (mNm)				
		Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3	Mostra 4	Mostra 5
Cutie Anghirol	245	36,09	36,69	36,06	36,11	37,36
Cutie Bioflu	245	36,45	35,55	36,51	36,36	35,68
Cutie Bixtonim Xylo	255	40,75	41,52	41,94	40,07	41,08
Cutie Devaricid	245	35,52	36,05	35,78	35,02	36,28
Cutia Hepatoprotect	245	36,43	36,78	36,37	37,3	36,84

Rezistență mecanică la deschidere (mNm)						Deviația standard
Mostra 6	Mostra 7	Mostra 8	Mostra 9	Mostra 10	Medie	
35,27	37,47	35,26	35,60	35,99	36,189	0,774
36,36	35,89	36,09	35,39	35,87	36,015	0,399
40,11	40,68	41,01	42,29	41,05	41,050	0,717
35,11	35,60	35,20	34,66	34,92	35,414	0,519
37,65	36,58	36,88	36,98	36,06	36,787	0,463

În cadrul mostrelor de cutii măsurate, provenite din același lot de fabricație, s-a constatat că rezultatul măsurătorilor se încadrează în marja de $\pm 2\%$. Pe graficul din fig. 6 se observă curba aferentă măsurătorilor efectuate pe cutiile de Bioflu Xylo. Forma curbelor este identică pentru toate celelalte cutii studiate, doar valorile maximelor diferă.

4. Concluzii

În lucrare s-a prezentat succint modul de realizare la costuri scăzute a două instrumente de măsurare a caracteristicilor fizice a materiilor prime pentru fabricarea ambalajelor de tip cutii de medicamente. Instrumentele au fost proiectate pentru măsurarea masei specifice a cartoanelor, respectiv pentru măsurarea rezistenței mecanice la îndoire a bigurilor. Ambele instrumente realizate au fost calibrate și utilizate pentru determinări experimentale.

Din studierea rezultatelor măsurătorilor s-a observat că momentul forței de formare a cutiilor, folosind mostre prelevate de aceeași lungime, nu depinde de grosimea și lățimea cutiilor, ci doar de calitatea cartonului și a bigurilor.

Curbele diagramei arată o creștere aproape liniară a momentului forței de formare cu unghiul de formare în prima parte a formării. La unghiul de formare de 90° se ajunge la un maxim al curbei; se constată că acesta este unghiul la care se oprește formarea cutiei. Porțiunea curbei diagramei de după maxim arată relaxarea momentului forței de rezistență. Este o dovadă a faptului că la momentul formării cutiei rezistența acesteia este mai mare, iar după oprirea de formării există o relaxare. Relaxarea se explică prin rearanjarea parțială a fibrelor în structura cartonului. Fenomenul este similar cu deformarea plastică studiată în domeniul fizicii.

Instrumentul de măsurare oferă posibilitatea măsurătorilor comparative în următoarele situații:

- compararea aceluiași ambalaj produs din cartoane diferite;
- compararea aceluiași ambalaj produs din același carton, dar cu componente de ștanțare diferite (baghete de contrabig, pertinax sau placă de tăiere frezată).

8. Bibliografie

- [1] * * * [Standardul ISO 536, ediția a 4-a, 11-2019](#)
- [2] * * * [Standardul ISO 186, ediția a 4-a, 03-2002](#)
- [3] * * * [Standardul ISO 187, ediția a 2-a, 12-1990](#)
- [4] * * * [Wikipedia – “Grammage”](#)
- [5] T. Kitagawa, S. Ohyoshi, Y. Ushijima, all of Mishina, Japan, „Load cell weighing apparatus”, United States Patent, Feb. 23, 1988.
- [6] * * * [Arduino webpage](#)
- [7] R. Shih, „Learning Autodesk Inventor 2019”, 07.2018.
- [8] Tutorial books, „Autodesk Inventor 2019 for Beginners: Part Modeling, Assemblies, and Drawings”, 20.11.2018.
- [9] B. Garret, B. Redwood, F. Schöffner, „The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications”, 2017.
- [10] N. Kloski, L.W. Kloski, „Getting Started with 3D Printing: A Hands-on Guide to the Hardware”, Software, 26.04.2016.
- [11] J. Horvath „Mastering 3D Printing”, 2014.
- [12] S. Monk, Programming Arduino: Getting Started with Sketches, 08.11.2011.
- [13] M. Geddens, „Arduino Project Handbook: 25 Practical Projects to Get You Started”, 06.01.2016.
- [14] * * * [HX711 Datasheet, 24-Bit Analog-to-Digital Converter](#)
- [15] C. Rattat, CNC Milling for Makers: Basics - Techniques – Applications, 2017.
- [16] A. Tunyagi, K. Kandrai, Z. Fülöp, Z. Kapusi, A. Simon, „Friction coefficient determination by electrical resistance measurements” - Phys. Educ. 53, 2018.
- [17] Z. Kapusi, „Experimental stand for determining some characteristics of printing substrates”- Revista “Inginerie Industrială”, 2020.

VARIATION OF THE BOX COMPRESSION TEST ACCORDING TO THE DIMENSIONS OF THE CARTON BOX AND ITS QUALITY

DUMITRESCU (POPA) Clara – Maria

Facultatea: IIR, Specializarea: TSP, Anul de studii: II, e-mail: clarampopa@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Viorica CAZAC**

ABSTRACT: Depending on the dimensions, weight and characteristics of the product to be packaged, the methods of stacking and transport, the size of the packaging, the material used and the ideal construction of the box must be decided. For increased efficiency, the packaging must be chosen so as to comply with all conditions of strength, safety and aesthetic conformity, made with minimal effort and consumables. The use of a formula for calculating the strength of cardboard packaging, as well as the realization of a program for calculating the BCT (Box Compression Test) value according to the dimensions of the box and the quality of the corrugated cardboard used in its production is both to the advantage of economic agents and users. reduces material consumption. At the same time, testing the strength of the boxes on special machines that simulate the possible causes of damage reduces the risk of further damage.

CUVINTE CHEIE: carton, ambalaj, Box Compression Test, optimizare.

1. Introducere

Pentru ca un ambalaj să fie potrivit produsului, modului de depozitare și transportare trebuie să îndeplinească mai multe cerințe, fiecare dintre acestea având o deosebită importanță. Este evident că dacă se folosește, de exemplu, un carton foarte gros pentru un obiect mic și ușor, este afectat esteticul și va exista o risipă de material și un cost suplimentar, însă pierderi similare vor fi și dacă folosim un carton care nu poate susține greutatea obiectului de transportat. În acest context, trebuie avute în vedere atât necesitatea gradului de protecție la solicitări mecanice, cât și calitatea materialelor din care sunt realizate produsele necesare de ambalat și fragilitatea acestora. În stivuirea ambalajelor în depozit sau la transportarea lor trebuie avută în vedere rezistența ambalajului de la baza stivei, aceasta evident fiind cea mai solicitată, dar și modalitatea de așezare, atât pentru rezistență, cât și pentru stabilitate.

Un calculator al BCT – ului (Box Compression Test-ului / rezistenței la compresiune a cutiilor) în funcție de dimensiunile ambalajului și caracteristicile cartonului ondulat (grosime și ECT – Edgewise Compression Test / rezistența la compresiune pe cant) este util firmelor producătoare de cutii de carton ondulat care nu dispun de laboratoare de teste și încercări.

2. Stadiul actual

Există numeroase studii și teste aplicabile atât ambalajelor din carton, cât și materialului de bază al acestora.

Evaluarea rezistenței ambalajelor de carton se bazează pe formula McKee (1) (nume preluat de la unul dintre creatorii ei) apărută în anul 1963. Întrucât în acea perioadă tehnica de calcul nu era foarte evoluată, ecuația a suferit mai multe simplificări. În practică, încă se folosește această formulă, deși au mai fost încercări de a o îmbunătăți.

$$BCT = 5,87 \cdot ECT \cdot \sqrt{(\text{perimetrul bazei cutiei}) \cdot (\text{grosimea plăcii CO})}, [\text{kN}] \quad (1)$$

Ceva mai fidele în determinarea rezistenței ambalajelor de carton sunt mașinile de încercări mecanice pentru testul de strivire și stivuire a acestora. Există astfel de mașini și testul se poate face indiferent de geometria ambalajului, dar și acestea au dezavantaje: • puțini producători de ambalaje dețin un astfel de echipament; • cutia se distruge în perioada de testare; • echipamentul are limite fizice pentru dimensiunea ambalajului (bază de maximum $1,5 \times 1,5$ m).

Cartonul ondulat este unul dintre cele mai solide și ecologice materiale de ambalare, fiind format din mai multe foi din carton, un material netoxic, reciclabil și ecologic (fig. 1).

Cartonul este ușor, igienic, uneori flexibil, alteori rigid, rezistent și apt a fi folosit pentru ambalarea alimentelor, rezistent la grăsimi, gaze, hidrocarburi, acizi (hârtia tratată prin acoperire și laminare).



Fig. 1. Straturile cartonului ondulat [21]

Pentru a putea analiza rezistența ambalajelor trebuie inițial studiate materialele folosite pentru obținerea lor (tipurile de carton, compoziția și caracteristicile acestora).

Cartonul ondulat este un material ușor, alcătuit din minimum un strat de carton gofrat și minimum un strat de carton neted.

Hârtia pentru stratul ondulat, denumită curent *hârtie miez*, reprezintă componenta principală a structurii de rezistență a cartonului ondulat, prin forma sinusoidală și punctele de lipire rigide cu straturile de hârtie netedă. Ea se opune aplatizării (strivirii) și conferă capacitate de amortizare șocurilor exercitate pe fețele cartonului. Ondulele din hârtie miez contribuie și la creșterea rezistenței la strivire pe cant a cartonului ondulat. Prin forma lor specifică și profilul identic, care se repetă practic nelimitat, ondulele asigură forma dreaptă, plană a plăcilor de carton ondulat, iar prin capacitatea de a se deforma fără a afecta integritatea cartonului, ele permit biguirea și plierea, operații principale în procesul de fabricare a ambalajelor. Datorită aerului conținut în structura sa, cartonul ondulat este și un bun izolator termic și fonic [23].

Hârtia strat neted, denumită obișnuit *hârtie capac*, este cel de-al doilea component major al cartonului ondulat care îi definește structura prin poziționarea sa atât la cele două fețe cât și intermediară straturilor de hârtie ondulată și prin formarea, împreună cu acestea, a liniilor de lipire rigide. Hârtia strat neted trebuie să confere proprietăți de rezistență cartonului ondulat și să permită imprimarea, cerințe care impun caracteristicile acestui tip de carton [23].

Primul rol, acela de a asigura soliditate cartonului, este îndeplinit prin intermediul valorilor indicelui de plesnire și rezistenței la strivire pe inel. Indicele de plesnire ridicat asigură protecția conținutului, în timp ce a doua caracteristică influențează rezistența la compresiune a cutiilor [23].

A doua cerință, aceea de a permite imprimarea, solicită hârtiei capac următoarele caracteristici: încliere, absorbție a apei, netezime, rezistență la smulgere, porozitate, planitate, etc. Aceste proprietăți trebuie să le îndeplinească la nivelul solicitat numai hârtia capac de la fața cartonului ondulat în timp ce celelalte straturi de hârtie (interior și de la spatele cartonului) trebuie să satisfacă numai caracteristicile de rezistență și cele legate de comportarea pe mașina de carton ondulat [23].

În funcție de numărul de straturi (carton de tip II, III, V, VII, IX) și de grosimea și tipul ondulei (F, G, N, E, B, C, A și K) se diferențiază mai multe tipuri (fig. 2). Numărul de straturi de hârtie și calitatea hârtiilor componente sunt principalii indicatori care definesc sortimentul cartonului ondulat.

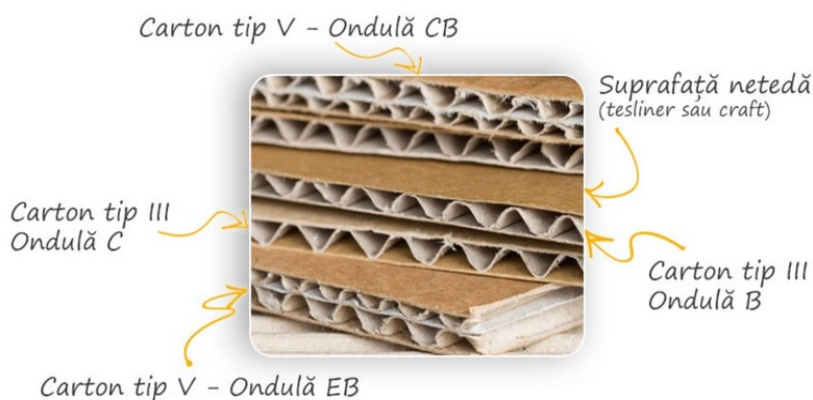


Fig. 2. Tipuri de carton ondulat [22]

Pe lângă acestea, există tipuri speciale de carton: Zenit, Duplex, Mucava (carton de legătorie) etc. Oricare dintre tipurile de carton poate fi cașerat, astfel îmbunătățindu-i-se nu doar aspectul, ci și rezistența.

Fiecare tip de carton are caracteristici proprii ce îl caracterizează și diferențiază: gramaj, grosime, umiditate, rezistența la stivuire (ECT), rezistența la plesnire (Mullen) etc.

În afară de tipul de material folosit, o mare importanță în stabilirea rezistenței ambalajului o are geometria cutiei și dimensiunea acesteia. Federația Europeană a Producătorilor de Cutii de Carton Ondulat (FEFCO) a stabilit un mare număr de ambalaje clasice.

Modalitățile de stivuire și de transport a cutiilor induc necesitatea unei rezistențe optime a ambalajelor.

Deosebit de importantă este și natura obiectelor ambalate: greutate, fragilitate, formă etc.

Condițiile ambientale de transport și depozitare (temperatură și umiditate) pot diminua rezistența ambalajului.

Astfel, pentru a construi ambalajul ideal din punctul de vedere al caracteristicilor tehnice, trebuie ținut cont de toți factorii implicați. La toate acestea se poate adăuga necesitatea ambalajului atractiv, cu un design plăcut, la cererea clientului.

Există diverse modalități de verificare ale ambalajelor, stabilite prin standarde și norme internaționale, pentru a garanta protecția adecvată și depozitarea corespunzătoare a produselor și o logistică fără probleme. Acestea nu pot fi aceleași pentru toate cazurile, variind în funcție de cerințele și funcțiile respectivelor ambalaje.

3. Metode de evaluare a rezistenței ambalajelor

Ambalajele pot fi supuse diverselor solicitări de natură mecanică, climatică, chimică, biologică și combinații ale acestora extrem de complexe ca intensitate.

Solicitările mecanice asupra ambalajului sunt solicitările cu cea mai mare varietate. Acestea pot fi provocate de mediul exterior al cutiei sau de produsul ambalat. În fazele de transport, manipulare și depozitare apar solicitări mecanice diferite substanțial ca intensitate și ca mod de exercitare a forțelor. Astfel, există riscul ca în etapele de manipulare, ambalajul să cadă sau să se lovească de suprafețe sau corpuri dure, sau, dacă nu a fost proiectat și realizat bine, să se deterioreze ca rezultat al suprasolicitării greutății conținutului sau a încărcării defectuoase. În cazul depozitării, dacă stiva este formată din cutii similare și este stivuită suprapus corect, cea mai solicitată este cutia de la baza stivei asupra căreia solicitarea de compresiune este mai mare decât solicitarea exercitată asupra celorlalte cutii de deasupra ei. În cazul stivuirii suprapuse, apare pericolul stabilității precare, cu risc de răsturnare a stivei, ceea ce duce la deteriorarea cutiilor. Altfel, dacă este stivuită întrepătruns sau stivuirea suprapusă este făcută defectuos, solicitarea de compresiune se exercită diferențiat și cu risc mai mare de deteriorare pentru unele ambalaje. Proiectantul ambalajelor trebuie să poată preciza câte cutii se pot suprapune, care este înălțimea maximă de stivuire și modul de suprapunere.

Solicitările climatologice sunt considerate solicitările datorate diferențelor mari de climă (temperatură / umiditate) apărute în timpul unui transport realizat între două zone terestre sau în cazul unei depozitări îndelungate în aer liber sau în depozite fără condiții de aclimatizare. De asemenea, radiațiile infraroșii și ultraviolete ale energiei solare sunt factori distructivi ai ambalajelor din carton, întrucât pot determina îmbătrânirea hârtiilor și adezivilor, însă cel mai agresiv parametru care afectează rezistența cutiilor de carton este umiditatea, fie ea în deficit sau în exces.

Solicitările chimice sunt cauzate de factori agresivi de natură chimică fie din mediul ambiental, fie generați de produsul care trebuie ambalat. Acești factori pot fi vapori de acizi, vapori de apă, oxigen, ozon, dioxid de sulf, umezeală sub formă de micropicături, particule solide, solvenți, vapori corozivi sau substanțe lichide. Folosirea unui alt tip de carton sau ambalarea suplimentară a produselor pot fi soluții de protecție a cutiei și, implicit, de menținere a rezistenței acesteia [3].

Solicitările biologice sunt cauzate de acțiunea microorganismelor (bacteriilor), ciupercilor și mușcăturilor. Acestea sunt accentuate de anumite condiții de temperatură, umiditate și ventilație [4].

În producerea ambalajelor, stabilirea cerințelor și funcțiilor este esențială pentru testările necesare ale ambalajelor. Pentru a putea obține rezultate realiste și standardizate, domeniul ambalajelor se orientează către standardele și normele internaționale DIN. Astfel, au fost generate câteva servicii de laborator:

1. *Măsurarea rezistenței la explozie a cartonului ondulat* se realizează un test pentru stabilirea parametrilor de stabilitate. Unei mostre de carton i se aplică o presiune în creștere, până explodează, numită presiune de explozie (John W. Mullen). Vechimea cartonului și deteriorarea lui mecanică sau de altă natură duc la scăderea rezistenței la explozie. Pentru carton, norma este reglementată de DIN EN ISO 2759 [17].

2. *Măsurarea rezistenței la compresie a cartonului / marginilor cutiei* oferă informații despre posibilitatea de încărcare a acestuia perpendicular pe ondule. Valoarea ECT a testului de rezistență la compresie a marginilor este o caracteristică a cartonului din care este construită cutia, fiind una dintre cele mai importante verificări ale cartonului. Se exprimă în kN/m.

3. *Măsurarea rezistenței la compresie prin stivuire a cutiei* se realizează în condiții climatice standard, conform DIN EN ISO 12048. BCT – testul de rezistență la compresie prin stivuire este un test care se face în laboratorul de încercări, cu o mașină de probă de tensiune. BCT indică forța pe care o cutie o poate suporta înainte de a se rupe și se exprimă în kN.

4. *Măsurarea rezistenței la transport a cutiei* constă în verificarea rezistenței la vibrații, șocuri și lovituri. Măsurarea se realizează în camere climatice.

5. *Măsurarea rezistenței la cădere a cutiei* se realizează prin testul de rezistență la cădere (Falltest). Acesta constă în simularea căderii libere a unui ambalaj atât pe colțuri, cât și pe muchii sau suprafețe, în condiții similare celor reale. Cutiile sunt pline cu produse cu aceeași greutate și volum cu cele pe care ar trebui să le protejeze și se simulează căderea liberă de la diferite înălțimi. De asemenea, se fac teste de simulare a unor frâne bruște [17].

4. Formule de evaluare a rezistenței ambalajelor

Valoarea BCT a rezistenței la compresiune a cutiilor se poate afla prin calcul. Pentru aceasta avem nevoie să cunoaștem: • ECT - rezistența la compresiune pe cant a cartonului ondulat, exprimată în N/m; • Sb - rigiditatea cartonului ondulat, pe direcția mașinii și pe direcția transversală (Sb_{MD}, respectiv Sb_{CD}); exprimată în Nm; • Z - perimetrul bazei cutiei, exprimat în m.

Acești parametri compun ecuația a lui McKee, care are forma generală:

$$BCT = a \cdot ECT^b \cdot Sb^{a-b} \cdot Z^{2b-1}, [N] \quad (2)$$

în care *a* și *b* sunt constante determinate experimental.

În cazul cutiilor din carton ondulat, formula lui McKee se particularizează:

$$BCT = a \cdot ECT^{0,75} \cdot Sb^{0,25} \cdot Z^{0,5}, [N] \quad (3)$$

în care:

$$Sb = \sqrt{Sb_{MD} \cdot Sb_{CD}}, [Nm] \quad (4)$$

În forma simplificată, formula McKee devine:

$$BCT = a \cdot ECT \cdot \sqrt{T \cdot Z}, [N] \quad (5)$$

în care T este grosimea cartonului, exprimată în m.

Valoarea constantei *a* s-a stabilit la valoarea de 5,87, care aproximează cel mai bine valorile calculate cu cele determinate în laborator. Astfel, valoarea BCT poate fi calculată conform unei formule matematice, formula practică a lui McKee – relația (6) sau cu relația (1):

$$BCT = 5,87 \cdot ECT \cdot \sqrt{T \cdot Z}, [N] \quad (6)$$

Relația (1) se folosește uzual pentru determinarea prin calcul a valorii BCT a cutiilor, indiferent de geometria acestora, fabricate din diferite tipuri de carton ondulat. Se observă că formula include doar un singur parametru de rezistență a cartonului ondulat, determinat în laborator, rezistența la compresiune pe cant (ECT). Formula McKee are și limite, de exemplu nu ține seama de înălțimea cutiilor, ori este cunoscut faptul că valoarea BCT scade cu înălțimea (la cutiile din același carton și cu același perimetru) [1].

5. Optimizarea evaluării rezistenței ambalajelor

Formula McKee nu este complicată, dar aplicarea ei cu un calculator de buzunar sau, și mai complicat, cu creionul pe hârtie poate consuma timp. Un simplu program, de exemplu realizat în C++, poate rezolva problema într-un mod elegant.

Fără a necesita instalarea unor programe specifice, folosind un compilator on-line (https://www.onlinegdb.com/online_c++_compiler) este suficientă simpla introducere (cu copy-paste) a programului:

```
#include <iostream>
#include <math.h>
using namespace std;
float BCT, ECT, t, t1, a, b, Z;
int main()
{
    cout<<"Introducerea zecimalelor se va face folosind separatorul '.', de exemplu 4.5, nu 4,5."<<endl;
    cout<<"Valoarea BCT va fi exprimată în kN/m."<<endl;
    cout<<"Introceti valoarea ECT exprimată în kN/m: ";    cin >> ECT;
    cout<<"Introceti valoarea grosimii cartonului exprimată în mm: ";    cin >> t;
```

```

    t1=t/1000;
    cout<<"Introuceti valoarea lungimii bazei cutiei exprimată în mm: ";   cin >> a;
    cout<<"Introuceti valoarea lăţimii bazei cutiei exprimată în mm: ";   cin >> b;
    Z=2*(a+b)/1000;
    if(ECT<3 or ECT>12) cout<<"Valoarea ECT introdusă poate fi greşită, fapt care va conduce la o
    valoare BCT eronată. Verificaţi unitatea de măsură!"<<endl;
    if(t<1 or t>7) cout<<"Valoarea introdusă pentru grosimea cartonului poate fi greşită, fapt care va
    conduce la o valoare BCT eronată. Verificaţi unitatea de măsură!"<<endl;
    if(a<10 or a>2000) cout<<"Valoarea introdusă pentru lungimea bazei cutiei poate fi greşită, fapt care
    va conduce la o valoare BCT eronată. Verificaţi unitatea de măsură!"<<endl;
    if(b<10 or b>2000) cout<<"Valoarea introdusă pentru lăţimea bazei cutiei poate fi greşită, fapt care
    va conduce la o valoare BCT eronată. Verificaţi unitatea de măsură!"<<endl;
    BCT=5.87*ECT*sqrt(t1*Z);
    cout << "BCT= " << BCT;
    return 0;
}

```

Apoi acesta poate fi rulat prin apăsarea butonului „Run”. Se introduc valorile solicitate, iar programul va calcula valoarea BCT-ului corespunzător, conform formulei McKee.

Programul calculează BCT-ul pentru orice valori introduse, semnalând totuși posibilele erori de introducere, ca în exemplul din figura 3.

Valorile trebuie introduse conform unităților de măsură specificate, programul realizând transformările necesare.

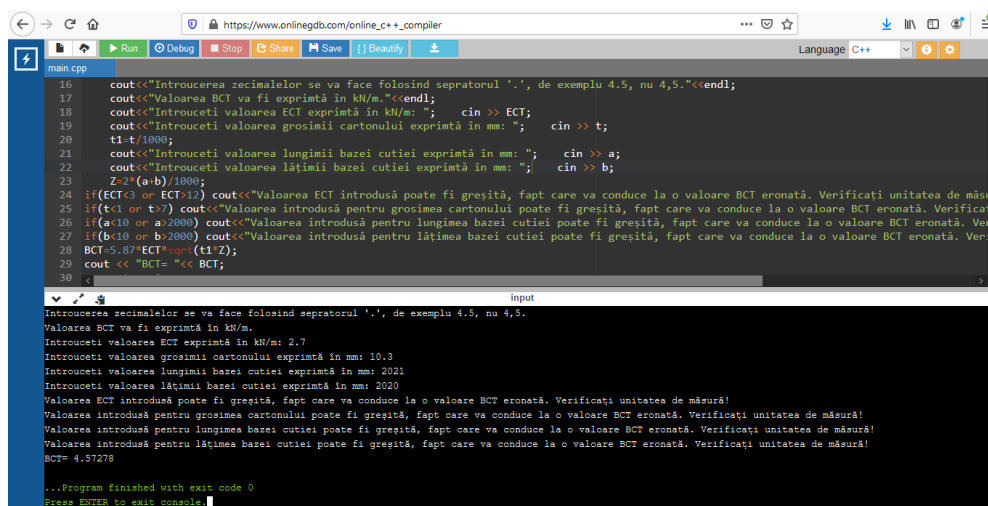


Fig. 3. Exemplu de calcul al BCT-ului (introducerea unor valori posibil eronate)

În mod similar, în Excel, dacă, de exemplu în celulele unei foi de calcul se introduc valorile necesare (după cum urmează: • în C3 am introdus valoarea ECT exprimată în kN/m; • în C4 am introdus valoarea t a grosimii cartonului ondulat exprimată în mm; • în C5 am introdus valoarea L a lungimii bazei cutiei exprimată în mm; • în C6 am introdus valoarea l a lăţimii bazei cutiei exprimată în mm) atunci în C7 se poate calcula perimetrul bazei cutiei: „ = 2 × (C5 + C6) / 1000”, iar în C8, prin introducerea formulei „ = 5,87 × C3 × SQRT(C4 / 1000 × C7)”, se va obține valoarea BCT a cutiei de carton ondulat cu caracteristicile introduse în celulele C3, C4, C5 și C6.

În formula introdusă în celula C8 au fost făcute toate transformările de unități de măsură necesare astfel încât utilizatorul să introducă valorile care îi sunt comode, așa cum am specificat. Rezultatul BCT-ului se obține în kN.

6. Variația BCT-ului cutiilor în funcție de modificarea caracteristicilor ambalajelor

6.1. Pentru a evidenția variația BCT-ului în funcție de calitatea cartonului folosit (oferită de grosimea acestuia), în studiu au fost incluse 5 tipuri de carton ondulat, dintre care trei în 3 straturi (CO3 / tip III) cu ondulă E, B și, respectiv C, și alte două în 5 straturi (CO5 / tip V) cu ondulă E + B și, respectiv C + B. S-au folosit cartoane alcătuite din materiale similare (T200-120 / WE00-090 / T300-120, respectiv T200-120 / WE00-090 / SR00-090 / WE00-090 / T300-120, în funcție de numărul de straturi ale cartonului). A fost

ales un ambalaj paralelipipedic din carton (FEFCO 202) cu laturile de 150 × 100 mm, pentru ca dimensiunile să nu genereze variații ale valorii BCT-ului, iar diferențele de valori să fie generate doar de construcția / grosimea cartonului ondulat folosit.

În tabelul 1, pe coloane sunt incluse cele 5 tipuri de carton, iar pe linii atât valorile caracteristice cartonului ondulat necesare calculului BCT-ului cu ajutorul formulei McKee, cât și dimensiunile cutiei.

Tabelul 1. Valorile BCT pentru primul lot de cutii

	E	B	C	EB	CB
ECT = rezistența la strivire pe cant [kN/m]	4,15	4,2	4,26	6,86	6,62
t = grosimea cartonului ondulat [mm]	1,45	2,8	3,8	5,15	6,56
a = lungimea bazei cutiei [mm]	150	150	150	150	150
b = lățimea bazei cutiei [mm]	100	100	100	100	100
Z = perimetrul bazei cutiei [mm]	500	500	500	500	500
BCT = rezistența la stivuire a cutiei [kN]	0,66	0,92	1,09	2,04	2,23

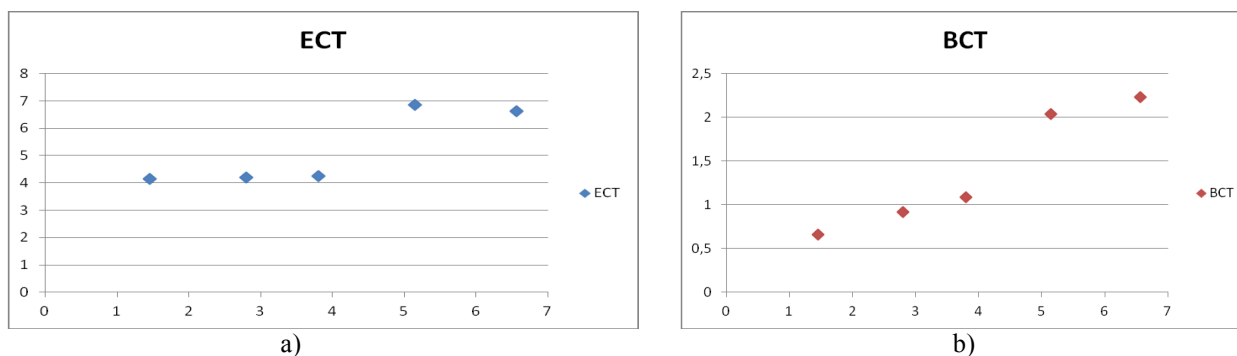


Fig. 4. Variații în funcție de grosimea cartonului: a) a valorilor ECT ale cartonului, b) a valorilor obținute BCT

În fig. 4 se observă variația ECT-ului și BCT-ului în funcție de grosimea cartonului, pentru ambalajele de aceleași dimensiuni (cu baza de 100 × 150 mm), conform calculului din tabelul 1. Se poate constata un salt al valorilor ECT și BCT odată cu trecerea de la cartonul de tip III la cartonul de tip V. De asemenea, se observă că deși ECT-ul cartonului cu ondule E+B are valoarea mai mare decât ECT-ul cartonului cu ondule C+B, diferența de grosime suplinește deficitul și BCT-ul rămâne crescător în funcție de grosimea cartonului.

6.2. Pentru a evidenția variația BCT-ului în funcție de calitatea cartonului folosit (oferită de calitatea hârtiilor componente: hârtiile capac și hârtia miez), în studiu au fost incluse 5 tipuri de carton ondulat, toate în 3 straturi (tip III) cu ondulă B. Din 39 tipuri de cartoane de tip III cu ondulă B au fost alese 5 (toate cu grosimea de 2,80 mm) și ordonate după valorile crescătoare ale ECT-ului. A fost ales un ambalaj paralelipipedic din carton (FEFCO 202) cu laturile de 150mm și 100mm, pentru ca dimensiunile să nu genereze variații ale valorii BCT-ului, iar diferențele de valori să fie generate doar de materialul din care a fost format cartonul ondulat utilizat în studiu.

```

14 int main()
15 {
16     cout<<"Introducerea zecimalelor se va face folosind separatorul '.', de exemplu 4.5, nu 4,5."<<endl;
17     cout<<"Valoarea BCT va fi exprimată în kN/m."<<endl;
18     cout<<"Introduceti valoarea ECT exprimată în kN/m: "; cin >> ECT;
19     cout<<"Introduceti valoarea grosimii cartonului exprimată în mm: "; cin >> t;
20     t=t/1000;
21     cout<<"Introduceti valoarea lungimii bazei cutiei exprimată în mm: "; cin >> a;
22     cout<<"Introduceti valoarea lățimii bazei cutiei exprimată în mm: "; cin >> b;
23     Z=(a+b)*1000;
24     if(ECT<3 or ECT>12) cout<<"Valoarea ECT introdusă poate fi greșită, fapt care va conduce la o valoare BCT eronată. Verificati unitatea de măsură";
25     if(t<1 or t>7) cout<<"Valoarea introdusă pentru grosimea cartonului poate fi greșită, fapt care va conduce la o valoare BCT eronată. Verificati unitatea de măsură";
26     if(a<10 or a>2000) cout<<"Valoarea introdusă pentru lungimea bazei cutiei poate fi greșită, fapt care va conduce la o valoare BCT eronată. Verificati unitatea de măsură";
27     if(b<10 or b>2000) cout<<"Valoarea introdusă pentru lățimea bazei cutiei poate fi greșită, fapt care va conduce la o valoare BCT eronată. Verificati unitatea de măsură";
28     BCT=5.87*ECT*sqrt(t*Z);
29     cout << "BCT= " << BCT;
30     return 0;
31 }

```

input

```

Introducerea zecimalelor se va face folosind separatorul '.', de exemplu 4.5, nu 4,5.
Valoarea BCT va fi exprimată în kN/m.
Introduceti valoarea ECT exprimată în kN/m: 4.15
Introduceti valoarea grosimii cartonului exprimată în mm: 1.45
Introduceti valoarea lungimii bazei cutiei exprimată în mm: 150
Introduceti valoarea lățimii bazei cutiei exprimată în mm: 100
BCT= 0.655927
...Program finished with exit code 0
Press ENTER to exit console.

```

Fig. 5. Exemplu de calcul al BCT-ului (valori reale – cazul cartonului cu ondulă E)

În tabelul 2, pe coloane sunt incluse cele 5 tipuri de carton, iar pe linii atât valorile caracteristice cartonului ondulat necesare calculului BCT-ului cu ajutorul formulei McKee, cât și dimensiunile cutiei.

Tabelul 2. Valorile BCT pentru al doilea lot de cutii

	SR00-090 / WE00-090 / SR00-090	T200-120 / WE00-090 / T300-120	K000-135 / WE00-100 / T300-120	K000-135 / WE00-100 / K000-135	KI03-135 / WE00-100 / KI03-135
ECT = rezistența la strivire pe cant [kN/m]	2,93	4,2	4,47	4,73	5,5
t = grosimea cartonului ondulat [mm]	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
a = lungimea bazei cutiei [mm]	150	150	150	150	150
b = lățimea bazei cutiei [mm]	100	100	100	100	100
Z = perimetrul bazei cutiei [mm]	500	500	500	500	500
BCT = rezistența la stivuire a cutiei [kN]	0,64	0,92	0,98	1,04	1,21

În fig. 6 se observă că variația BCT-ului, în funcție de ECT, este liniară pentru ambalajele de aceeași dimensiuni (cu baza de 100 × 150 mm) și aceeași grosime a cartonului utilizat conform calculului din tabelul 2, ceea ce era de așteptat din studiul formulei McKee.

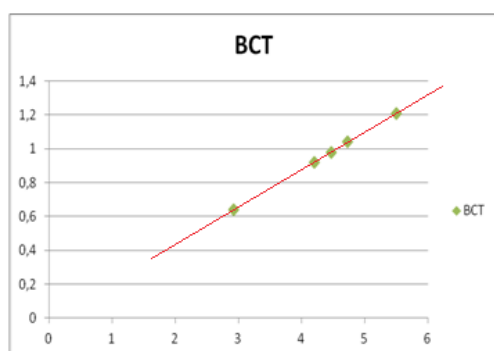


Fig. 6. Variația BCT în funcție de valorile ECT-ului

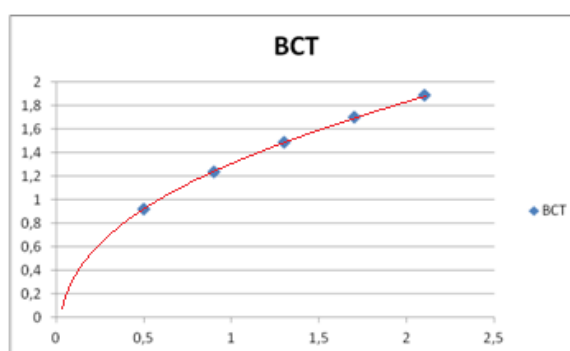


Fig. 7. Variația BCT în funcție de dim. cutiei de carton

6.3. Alegând un tip de carton ondulat, de exemplu tip III cu ondulă B, și studiind cutii paralelipipedice de carton (FEFCO 202) cu laturile de dimensiuni diferite, putem studia cum variază valoarea BCT-ului în funcție de dimensiunea cutiei (tabelul 3). Au fost alese ambalaje pentru care perimetrul bazei crește în progresie aritmetică (cu rație fixă de 40 de cm, adică crescându-se și lungimea și lățimea bazei cu câte 100 mm) pentru a se putea vedea mai bine dependența (fig. 7).

Tabelul 3. Valorile BCT pentru al treilea lot de cutii

	10x15	20x25	30x35	40x45	50x55
ECT = rezistența la strivire pe cant [kN/m]	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
t = grosimea cartonului ondulat [mm]	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
a = lungimea bazei cutiei [mm]	150	250	350	450	550
b = lățimea bazei cutiei [mm]	100	200	300	400	500
Z = perimetrul bazei cutiei [mm]	0,5	0,9	1,3	1,7	2,1
BCT = rezistența la stivuire a cutiei [kN]	0,92	1,24	1,49	1,70	1,89

S-a remarcat că valorile BCT obținute în funcție de perimetrul bazei cutiei respectă graficul funcției radical, ceea ce era de așteptat dacă studiem formula McKee de determinare a BCT-ului.

Conform formulei McKee, forma bazei cutiei nu este importantă. Indiferent de aceasta, decisivă este valoarea perimetrului bazei. Au existat și studii care au demonstrat cu ajutorul echipamentelor că, la perimetru constant, forma secțiunii nu influențează semnificativ valoarea BCT-ului [20].

Tot studii fizice au evidențiat că dublarea înălțimii cutiei reduce rezistența acesteia la compresiune cu circa 8%, deși în formula McKee nu intervine deloc înălțimea cutiei [20].

7. Concluzii

Ambalajele reprezintă produsele ce, în funcție de predestinație, necesită asigurarea multifuncțională axată pe soluții estetice atractive și prietenoase cu mediul, soluții constructive ce ar asigura

închiderea/deschiderea ușoară, conformitatea ergonomică a ambalajului cu produsul, rezistența la factorii climaterici, rezistența la solicitări mecanice etc.

Ambalajele nu pot fi concepute ca elemente separate de produs, ele se integrează și la conceperea lor trebuie luate în considerare produsele pentru care sunt predestinate și așteptările funcționale în raport cu acestea. Caracteristicile multifuncționale care trebuie asigurate ambalajelor sunt determinate de o multitudine de factori de influență interni sau externi, necesar de studiat, examinat și evaluat.

În cadrul experimentărilor prezentate în cap. 6, se evidențiază faptul că valoarea BCT crește odată cu creșterea grosimii cartonului ondulat folosit pentru construcția cutiei de carton, este liniar dependentă de valoarea ECT și crește repede, pentru valori mici, și mai lent, pentru valori mari ale perimetrului bazei cutiei de carton, în funcție de dimensiunile ambalajului, conform graficului funcției radical.

O firmă productoare de ambalaje de carton poate calcula valoarea BCT prin aplicarea formulei McKee. Cu ajutorul computerelor calculul este unul simplu, ușor realizabil. Stabilirea acestor valori permite îmbunătățirea soluțiilor constructive ale ambalajelor de tipul cutiilor din carton pentru a satisface mai bine cerințele clienților și oferă criterii obiective pentru stabilirea factorilor de siguranță.

8. Bibliografie

- [1] Gavrilesco D. – *Cu privire la rezistența la stivuire a cutiilor din carton ondulat*, Celuloză și hârtie, vol. 62, nr. 1, 2013, pp. 35 – 44.
- [2] Besen A.H. – *Design and Production of Corrugated Packaging and Displays*, Jelmar Publishing Co, 1990.
- [3] Maltenford G.G. – *Performance and Evaluation of Shipping Containers*, Jelmar Publishing Co, 1989.
- [4] * * * - TEGEWA: *Germ Load on Packaging Paper and Board*, Corrugated Internat., nr. 3, 1999.
- [5] Markstrom H. – *Testing Methods and Instruments for Corrugated Board*, Lorentzen – Wettre Stockholm, 1988.
- [6] Twedee D., Selke S.E.M. – *Cartons, Crates and Corrugated Board*. Handbook of Paper and Wood Packaging Technology, DEStech Publications, Lancaster, PA, USA, 2005.
- [7] Toth A., Gavrilesco D. – *Factors Affecting Corrugated Board Box Strength*, Proceedings of the 13th International Symposium on Cellulose Chemistry and Tehnology, Iași, 2003.
- [8] Butnaru P., Perju A., Gavrilesco D. – *Hârtii pentru cartonul ondulat din maculatură. Unii factori care influențează proprietățile de rezistență*, Celuloză și Hârtie, vol. 55, nr. 2, 2006.
- [9] FEFCO – Testing methods for corrugated board, www.fefco.org.
- [10] *Corrugated design factors*, Module 5, Part 1, <https://www.msu.edu/course/pkg/322/>
- [11] Gavrilesco D., Toth S., *Cartonul Ondulat*, Editura 3T, Sf. Gheorghe, 2007.
- [12] FCBM 37:06 *International Rules for Corrugated Board and Cases*, http://www.fcbm.org/pdf/fcbm_standa_rd_37-06.pdf
- [13] * * * – *Note Tehnice – Cercetări noi privind rezistența la compresiune a lăzilor din carton ondulat*, Celuloză și Hârtie, nr. 10, 1971, p. 462.
- [14] Boonyasarn A., Harte B.R., Twede D., Lee J. L., *Tappi J*, nr. 10, 1992, p. 79.
- [15] Van Hung D., Nakano Y., Tanaka F., Hamanaka D., Uchino T. – *Preserving the strength of corrugated cadrboard under high humidity condition using nano-sized mists*, Composites Science and Technology, Vol. 70, Iss. 14, pp. 2123-2127, 2010.
- [16] Silva L.C.C.B., Oliveira A.B., Silva D.C., Paschoarelli L.C., Coury H.J.C.G. – *Evaluation of reusable cadrboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects*, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 43, Iss. 2, 2013, pp. 154-160.
- [17] <https://www.thimm.ro/produse-servicii/servicii/testarea-ambalajelor/>, accesat în 14.01.2020.
- [18] <http://www.rossmann.ro/tipuri-de-carton-ondulat/>, accesat în 14.01.2020.
- [19] <http://www.rbi.gatech.edu/sites/default/files/documents/The%20BCT%20of%20Copy%20Paper%20Boxes.pdf>, accesat în 03.05.2020.
- [20] <http://omicron.ch.tuiasi.ro/~thmalu/ArticolDGav.pdf>, accesat în 07.05.2021.
- [21] <https://ambalajultau.ro/tipuri-de-carton/> accesat în 09.05.2021.
- [22] <https://carton.ro/despre-carton/>, accesat în 09.05.2021.
- [23] Gavrilesco D. – *Considerații cu privire la testarea cartonului ondulat și ambalajelor*, Celuloză și hârtie, vol. 61, nr. 3, 2012, pp. 15 – 23.

ANALYSIS OF GLASS GRAPHICS IN PRINTING PROCESSES

DOROFTEI Marius-Marian

Facultatea: IIR, Specializarea: TSP, Anul de studii: I, e-mail: doroftei.mm@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Nicoleta Elisabeta PASCU**

ABSTRACT: This paper identifies methods for applying graphics to flat or curved glass. This process is also analyzed both in terms of aesthetic factors - color quality and quality of graphics, as well as in terms of physical factors - adhesion to the glass surface, compositional diversity of glass. For this, identical samples of glass must be used on which a certain graphic must be printed, by all the printed methods identified, and at the end a comparison of the prints will be made in terms of the elements followed and it will be concluded which of the methods is more appropriate compared to the studied parameters. Subsequently, the parameters of interest in performing the comparative analysis will be established and the technical and graphic conditions for the execution of the tests will be defined.

CUVINTE CHEIE: sticlă, imprimare inkjet, serigrafie, sablare, gravare laser.

1. Introducere

Să facem un exercițiu de imaginație: vă puteți imagina viața modernă fără internet? Dar fără sticlă? V-ați pus vreodată întrebarea când și cum a apărut sticla? Există povestiri ce susțin că sticla ar fi fost inventată de către fenicienii cu peste 3500 de ani în urmă. Raportat la istorie sau nu, prelucrarea sticlei poate fi considerată o artă, chiar dacă vorbim de un geam, o vază sau orice alt obiect. Acest proces este complex, în continuă dezvoltare și vine la pachet cu noi provocări, una dintre acestea fiind aplicarea graficii pe sticlă, adăugându-se în acest fel o nouă funcționalitate, și anume aceea de a transmite o informație complexă și clar definită prin mesajul tipărit, cu rol estetic sau informativ. Din studierea bibliografiei se constată efortul constant al oamenilor pentru dezvoltarea și perfecționarea tehnicilor și materialelor pentru inscripționarea sticlei mergând în pas cu dezvoltarea industrială și evoluția firească a omenirii.

În această lucrare sunt identificate metodele de aplicare a graficii pe sticla de formă plană sau curbă. De asemenea, este analizat acest proces atât din punct de vedere al factorilor estetici - calitatea culorilor și calitatea graficii, precum și din punct de vedere al factorilor fizici - aderența la suprafața sticlei, diversitatea compozițională a sticlei. Pentru aceasta trebuie utilizate niște eșantioane identice de sticlă pe care trebuie să se imprime o anumită grafică, prin toate metodele de tipărit identificate, iar la sfârșit se va face o comparație a printurilor prin prisma elementelor urmărite și se va concluziona care dintre metode este mai adecvată raportat la parametrii studiați.

Metodele identificate ca pretabile pentru aplicarea graficii pe sticlă, sunt: imprimare inkjet pe suprafețe plane, serigrafie, tampografie, imprimare laser, sablare, aplicare folie autoadezivă.

2. Identificarea parametrilor analizați

Urmare a studierii direcțiilor de interes cu privire la analiza aplicării graficii pe sticlă s-au stabilit următorii parametri ce urmează a fi cercetați:

- factori cu impact asupra valorii estetice a tipăririi:
 - a) numărul culorilor ce pot fi tipărite,
 - b) claritatea tipăririi prin prisma rezoluției de imprimare;
- factori fizici cu impact asupra păstrării calității printului în timp:
 - a) aderența la suprafața sticlei,
 - b) tipuri de sticlă și caracteristicile acestora.

2.1. Numărul culorilor ca factor estetic

Culoarea joacă un rol important în stabilirea așteptărilor pentru un produs și comunicarea caracteristicilor sale cheie. Aceasta este al doilea element cel mai important care permite consumatorilor să identifice o marcă sau un produs. Conform [3] “mai multe studii au concluzionat că culoarea face parte din procesul de învățare socială datorită simbolismului semnificativ din cadrul culturii”.

În aplicația unei grafici pe sticlă culorile au un rol esențial. Pe lângă mesajul transmis, acestea au rolul de creștere a valorii estetice și funcționale, prin urmare a creșterii calității produsului tipărit. Numărul de culori tipărite depinde atât de limitările tehnologice, cât și de compoziția coloristică a graficii.

În ceea ce privește numărul culorilor la care se poate imprima, acesta este în funcție de metoda de tipar: se poate imprima cu 1 culoare (prin metoda sablării sau imprimare laser), cu 2 sau mai multe culori (prin metoda serigrafiei, tampografiei și aplicare folie) sau chiar policromie când vine vorba de imprimante plane de mari dimensiuni.

În figura 1 este prezentată diagrama Munsell care se utilizează pentru înțelegerea diversității culorilor ce ne înconjoară.

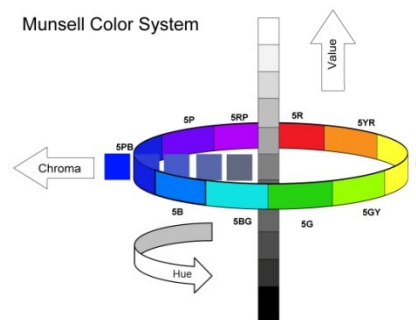


Fig. 1. Diagrama Munsell

2.2. Claritatea tipăririi prin prisma rezoluției de imprimare

Există situații în care o imagine sau un desen poate părea plăcută, dar atunci când se va imprima se dovedește a nu fi de cea mai bună calitate în ceea ce privește vizibilitatea pixelilor mari din imagine. Putem spune atunci că rezoluția nu a fost suficient de bună, de mare. Dar ce este rezoluția?

Rezoluția (dpi - puncte pe inch) este numărul de puncte dintr-o anumită unitate de zonă (cel mai adesea un inch). În prezent, există mai multe moduri de a afișa o imagine: imprimată pe un suport sau prezentată pe un suport digital (cum ar fi: monitoare, tablete și smartphone-uri). Într-un fel sau altul, toate sunt caracterizate prin densitatea de ieșire a „imaginii”, numită rezoluție măsurată, cum ar fi *puncte pe inch* (dpi) sau *pixeli pe inch* (IPP). De regulă, conform tradiției consacrate, folosim puncte pe inch, caracterizând rezoluția de imprimare, iar atunci când folosim PPI, vorbim despre o imagine de pe un afișaj digital.

După cum sugerează și numele, parametrul DPI descrie câte puncte din imagine se potrivesc într-un inch liniar. Prin urmare, cu cât DPI este mai mare, cu atât mai multe detalii pot fi afișate în imagine (fig. 2). Avantajul rezoluțiilor mai mari este, desigur, puncte de densitate mai mici. Ceea ce înseamnă că vor putea fi tipărite mai multe detalii și linii mai fine, curbe mai clare și mai contrastante, semitonuri de culoare sau umbre uniforme.



Fig. 2. Exemplificarea împărțirii punctelor per inch la o rezoluție de 20 dpi în comparație cu rezoluția de 10 dpi

Deși există o mare varietate de tipuri diferite de fișiere grafice, în realitate toate sunt combinate în doar două tipuri de grafică computerizată: un bitmap (sau un raster) și un vector.

Când vine vorba de rezoluția imaginii, aceasta este dependentă de dispozitivul cu care a fost creată, spre exemplu o cameră digitală, un scanner, un computer. Crescând sau micșorând dimensiunea unei imagini raster este afectată densitatea de puncte sau dpi. Întinderea imaginii reduce dpi, iar compresia face dimensiunea imaginii mai mică și dpi mai mare.

Prin urmare, modificarea numărului de puncte pe inch poate schimba dramatic calitatea generală a imaginii.

Graficele vectoriale (sau mai precis, desenele vectoriale), pe de altă parte, nu sunt tablouri de puncte marcate matematic. Fiecare linie, curbă sau figură este creată folosind mii, uneori milioane de instrucțiuni ale calculatorului. Desenele vectoriale sunt editate și create în editori grafici precum Adobe Illustrator, Corel Draw. În figura 3 este prezentată o grafică vectorială mărită pentru a se putea observa detaliile acesteia.



Fig. 3. Grafice vectoriale

Comportamentul vectorilor este total diferit atunci când se măresc sau se micșorează. Ei pur și simplu se autoscalează singuri - în rezoluția dispozitivului pe care sunt redade și nu în rezoluția dispozitivului pe care au fost creați pentru prima dată.

Cu alte cuvinte, imaginea vectorială va fi afișată optim pe orice dispozitiv de afișare, fie el tipărit sau digital. În figura 4 se prezintă efectul măririi celor două tipuri de grafică.



Fig. 4. Efectele scalării imaginilor bitmap și vector

Din punct de vedere al imprimării, regula generală este următoarea: cu cât sunt mai multe puncte pe inch, cu atât calitatea imaginii este mai mare, iar viteza de imprimare mai mică.

2.3. Aderența la suprafața sticlei

Aderența sau altfel spus, adeziunea mecanică, este fenomenul prin care se exercită forțele de atracție, între corpurile ajunse în contact, la nivelul moleculelor și atomilor de la suprafața de contact. Adeziunea se va mări dacă cele două corpuri intră în contact prin intermediul unei pelicule de lichid, această creștere datorându-se forței de tensiune superficială. În situația în care lichidul dintre straturi se întărește asistăm la fenomenul de lipire, iar aderența va crește semnificativ.

În situația particulară în care are loc contactul între un corp solid și un lichid, aderența se face la nivel microscopic între moleculele solidului și lichidului. În sens opus acționează forța de coeziune, diferența între cele două forțe determinând comportamentul lichidului în contact cu corpul solid. Intensitatea forței de aderare depinde și de compoziția chimică a suprafețelor, de gradul de rugozitate al suprafeței și de temperatura la momentul contactului.

În consecință dacă forța de atracție F_a este mai mare decât forța de coeziune F_c se produce fenomenul de aderență, așa cum este reprezentat grafic în figura 5. Se constată că:

- a) $F_c > F_a$
- b) $F_a > F_c$

Dacă în cazul imprimării ofset, suprafața imprimată este absorbantă, cerneala intrând în structura acesteia, în cazul imprimării pe sticlă ne confruntăm cu o situație specială. Pentru ca aderența vopselii (cernelii) să fie bună, se pot folosi promotori de aderență pentru sticlă, ca strat intermediar sau pot fi incluse în compoziție substanțe cu rol de adeziune.

O metodă simplă dar eficientă pentru testarea aderenței la zgârieturi este testerul la aderență prin zgârieturi Cross-Hatch MLSADT 502-4 pus la dispoziție de Multi Lab Romania. Acest instrument are un domeniu de măsurare în funcție de grosimea stratului și de duritatea acestuia (tabel 1).

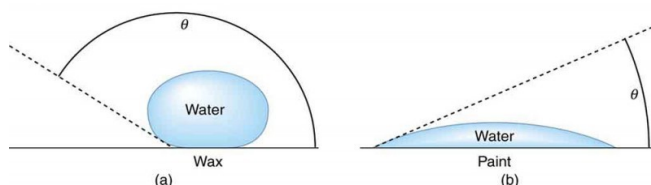


Fig. 5. Aderența lichidelor la suprafețe

Tabelul 1. Caracteristicile instrumentului de măsurare

Model	MLSADT 502-4
Domeniu de măsurare pentru învelișuri strate dure	60~120 μm
Domeniu de măsurare pentru învelișuri strate fine	0~120 μm
Numărul pătratelor	100
Conformația lamelor	11 lame, distanța între ele 2 mm

În figura 6 este reprezentat instrumentul de testare Cross-Hatch MLSADT 502-4. Acest instrument pentru testare, la tăierea încrucișată și testarea cu bandă adezivă întruneste condițiile ISO 2409 - Determination of colour (ASTM scale). Instrumentul este ideal pentru testarea învelișurilor subțiri aplicate pe suprafețe plane. Există 3 tipuri de spațiere a dinților, în concordanță cu grosimea stratului de vopsea aplicat. Metoda constă în trasarea unui caroiaj pe suprafața materialului imprimat, zgâriere executată pe 2 direcții perpendiculare și perierea suprafeței cu o perie pentru a simula stresul mecanic. După aceea se aplică o banda adezivă specială peste această grilă și se lasă un timp suficient pentru ca adezivul benzii să intre aderența maximă (30 min pentru a face priza completă). Când aderența este maximă se execută o smulgere bruscă. Verificarea se poate face cu ochiul liber sau cu dispozitivele optice de măsurare, constatându-se câte caroiaje s-au desprins. Suprafața astfel tratată se inspectează cu lupa și se evaluează cu ajutorul unui tabel. În figura 7 este prezentat rezultatul unei testări unde se văd zonele deprinse prin smulgere.



Fig. 6. Instrument de testare MLSADT 502-4

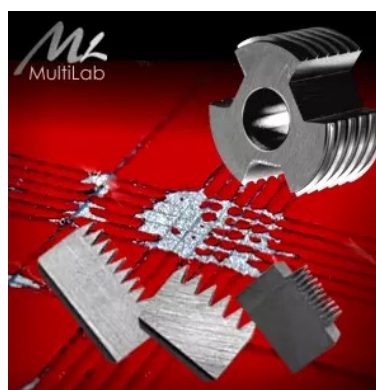


Fig. 7. Rezultatul testului

3. Tipuri de sticlă și caracteristicile acestora

Plinius Minor, scriitor roman ce a trăit în primul secol după Hristos, a creat un mit conform căruia prima formă de sticlă a fost descoperită de navigatorii fenicienii care au făcut foc pe o plajă având alături câțiva bulgări de sodă. Întâmplarea a fost infirmată de oamenii de știință care au spus că în acele condiții nu se putea ajunge la un astfel de rezultat. Totuși a fost demonstrat faptul că forme de sticlă au fost descoperite pe anumite plaje din Florida și California și au fost atribuite fenomenelor naturale (fulgerelor), care la contact cu solul (nisipul) au eliberat forțe energetice uriașe ce au putut duce la topirea siliciului.

Sticlele se definesc ca “solide amorfe, necristaline, adesea transparente, care au aplicații practice, tehnologice și decorative diverse” [4].

Variațiile calitative au apărut din antichitate, începând cu egiptenii care au produs prima dată sticla de culoare brună, continuând cu romanii care au perfecționat-o prin intermediul cuptoarelor mai performante. În epoca modernă, cei ce au avut un impact deosebit au fost englezii care au adăugat pe lângă latura estetică a sticlei și latura funcțională.

Execuția acesteia se face în topitorii prin amestecul nisipului, sodei și calcarului. Cea mai cunoscută variantă, și cea mai veche dintre ele este „sticla de siliciu”, având la bază constituentul primar al nisipului - dioxid de siliciu. “Dintre multele tipuri de sticlă existente, sticla de geam este cea mai cunoscută. Aceasta este fabricată din circa 75% SiO_2 , Na_2O obținut prin descompunerea Na_2CO_3 , CaO , precum și alți câțiva aditivi minori” [4].

Sticla colorată (fig. 8) a apărut prin adăugarea în topitură a unor oxizi metalici (de Fe, Co, Cr, Cu etc.), care formează silicații colorați. De exemplu, pentru sticla roșie se adugă oxid de cupru, pentru sticla galbenă - sulfat de cadmiu, pentru sticla albastră - oxid de cobalt, iar pentru sticla verde - oxid de crom.



Fig. 8. Aspecte privind elemente de culoare a sticlei

Proprietățile fizice ale sticlei sunt:

a. densitatea - este de $2,5 \text{ kg/m}^2$, ceea ce înseamnă o masă de 2,5 kg cu 1 mm grosime pentru sticla plană;

b. rezistența la compresiune - este foarte ridicată, respectiv 1000 N/mm^2 , ceea ce înseamnă că pentru a sparge un cub de sticlă de 1 cm este necesară o încărcătură de 10 tone;

c. rezistența la îndoire - o suprafață de sticlă supusă flexării are o față de compresie și una de extensie; rezistența de rupere la îndoire este de ordinul a 40 MPa pentru o sticlă obișnuită, 120-200 MPa pentru o sticlă întărită; aceasta depinde de grosime, finisarea marginilor și tipul de tăiere;

d. elasticitatea - sticla este un material perfect elastic, nu prezintă niciodată deformări permanente; ea este în același timp fragilă (supusă unei îndoiri încrucișate se sparge fără a prezenta fisuri prealabile).

Astăzi sticla se folosește peste tot. Întâlnim sticla ca element de înfrumusețare, cercei, podoabe, cristale ... dar mai ales ca funcționalitate, ambalaje de sticlă în industria alimentară sau pentru ferestre în industria construcțiilor, industrii care nu s-ar fi putut dezvolta în absența sticlei. Această interacțiune dintre industrii a dus la consolidarea rolului sticlei în epoca modernă. Astfel au apărut diferite tipuri de sticlă.

3.1. Sticla securizată

Sticla securizată este sticla procesată termic cu durabilitate mecanică și termică. Sticla este încălzită, atingând temperaturi de până la 600 °C și apoi este rapid (pentru securizare completă) sau încet (pentru amplificarea termică) răcită. În ambele cazuri, un control strict al procesului de răcire este solicitat. Acest proces supune suprafața de sticlă sub o forță de compresie permanentă, oferind sticlei caracteristici speciale, precum rezistența la șocuri mecanice (fig. 9) sau termice, de exemplu de 5 ori mai ridicate (tratate termic) sau de 2 ori mai puternice (amplificate termic), în comparație cu sticla convențională. Acest proces protejează sticla de spargere provocată de diferențele mari de temperatură ce se produc la nivelul suprafeței sale (ca de exemplu cele provocate de lipsa umbririi).



Fig. 9. Efectele impactului mecanic asupra sticlei securizate

Este important ca sticla expusă la radiațiile solare extinse să aibă un grad ridicat de absorbție a energiei. Mai mult decât atât, în caz de spargere, sticla securizată se destramă în particule mici și rotunde, eliminând riscul ca părțile ascuțite să provoace alte probleme (precum sticla convențională).

3.2. Sticla reflectorizantă

Sticla reflectorizantă respinge o cantitate însemnată de radiații solare, reducând semnificativ pătrunderea sa în interior. Este o alegere bună pentru zone caracterizate de lumină solară puternică, asigurând condiții cu temperaturi agreabile, mai ales vara, prevenind încălzirea excesivă datorată radiației solare intense. Totuși, probabil, există riscul de a cauza reflexii neplăcute, în mediul înconjurător.



Fig. 10. Sticla reflectorizantă

3.3. Sticla rezistentă la foc

Sticla rezistentă la foc se deosebește de celelalte tipuri de sticlă prin rezistența sa contra focului sau, în alte cuvinte, contra temperaturilor foarte ridicate.

Depinzând de utilizarea sa, poate fi geam simplu sau dublu, cu separator pentru o izolare termică mai eficientă.



Fig. 11. Sticlă cu protecție la foc

Sticla folosită în acest caz este întotdeauna sticla laminată, însemnând că încorporează forma unui sandviș, cu pelicule expansive speciale, ce se vor expanda după ce vor atinge anumite temperaturi, pentru a oferi o rezistență la foc mai crescută. Depinzând de timpul necesar întârzierii pătrunderii focului în încăpere, se poate alege sticla cea mai potrivită ce asigură protecție pentru 30, 60, 90 sau 120 minute.

4. Studiu de caz. Alegerea eșantionului de sticlă și a graficii

În vederea realizării studiului de caz s-a ales ca eșantion un segment de sticlă normală, plană, cu dimensiunile de 300×300 mm și o grosime de 4 mm. Suprafața sticlei este lucioasă, cu un grad de transparență de 99 %. Eșantionul este prezentat în figura 12. A fost aleasă această variantă deoarece este pretabilă tuturor metodelor de inscripționare menționate anterior.



Fig. 12. Eșantion de sticlă

Ținând seama de valoarea densității sticlei, de 2500 kg/m^3 , se constată că eșantionul va avea o greutate de 900 grame. Rezistența la compresiune a eșantionului este de 1000 N/mm^2 , iar rezistența la îndoire a eșantionului este de 40 MPa.

În ceea ce privește designul grafic ales, s-a propus imprimarea unui model grafic vectorial în 3 culori, reprezentativ pentru unitatea noastră de învățământ, și anume sigla facultății de Inginerie Industrială și Robotică, din cadrul Universității Politehnica din București (fig. 13).



Fig. 13. Designul grafic propus pentru imprimare

4. Concluzii

În etapele parcurse din cadrul cercetării până în acest moment au fost stabilite condițiile în care se va studia problematica aplicării graficii pe sticlă. Au fost stabilite metodele de aplicare și parametrii urmăriți pentru studiul comparativ. Totodată s-a ales suportul pe care se va face studiul, cât și designul grafic ales pentru a fi reprodus.

Din punct de vedere al parametrilor urmăriți se prevede posibilitatea ca în studiile viitoare să se adauge noi factori de interes, care să ajute în realizarea procesului de analiză comparativă.

5. Bibliografie

- [1] H. Kipphan, *Handbook of Print Media*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2001.
- [2] V. Nastas, *Metodele de tipar raportate la tehnicile gravurii*, in IV International Symposium CTM, Chisinau, 2017.
- [3] Wikipedia, Simbolismul culorilor, https://en.wikipedia.org/wiki/Color_symbolism, accessed 05.05.2021.
- [4] Wikipedia, Sticla, <https://ro.wikipedia.org/wiki/Sticl%C4%83>, accessed 10.05.2021.
- [5] A. Marco, *Direct printable rigid substrate for inkjet printing*, US Patent, United States, 2017.
- [6] E. C. Hirschman, *Role-Based Models of Advertising Creation and Production*, Journal of Advertising, 2013.
- [7] G. Muñoz, C. Francisco, *Aplicación de inspección óptica para la detección de defectos de tampografía*, 2017, <http://mexculture.citedi.mx/handle/123456789/946>, accessed 10.01.2021.
- [8] R. Forrester, *History of Printing - From Gutenberg to the Laser Printer*, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3512249, accessed 20.01.2021.

TEHNOLOGII DE CONTROL ȘI RECONDIȚIONARE A PIESELOR EXECUTATE DIN OȚELURI TURNATE DE TIPUL ROTILOR

POPESCU George, VLADUCA Dan

Facultatea: FIIR, Specializarea: IS, Anul de studii: IV, e-mail: george.gr.popescu@gmail.com

Conducător științific: conf.dr.ing **Gabriel Gârleanu**, conf.dr.ing **Delia Gârleanu**

REZUMAT: Recondiționarea prin încărcare prin sudare constă în depunerea unui strat de material prin sudare pe suprafața unei piese în vederea compensării uzurii și refacerii dimensiunilor nominale ale piesei. Între stratul depus și piesă se realizează monolitismul prin continuitatea rețelei cristaline ce se realizează fie prin topire, fie prin presiune.

Reconditioning by welding loading consists in depositing a layer of material by welding on the surface of a part in order to compensate for wear and restore the nominal dimensions of the part. Between the deposited layer and the part, the monolithism is achieved by the continuity of the crystalline network, which is achieved either by melting or by pressure.

CUVINTE CHEIE: SUDARE, INCARCARE, ÎMBINARE

1. Introducere

Sudarea este printre cele mai răspândite metode de condiționare și recondiționare a pieselor datorită avantajelor deosebite pe care le prezintă:

- posibilitatea recondiționării mării majorități a pieselor, restricțiile ținând de material și de accesibilitatea în zona de remaniere;
- reducerea consumului de materiale prin reutilizarea diferitelor piese așa- zis rebutate în rol de semifabricat;
- reducerea consumului de oțeluri speciale și materiale speciale prin construirea unor piese din materiale obișnuite și depunerea prin sudare a unor materiale deosebite în zonele puternic solicitate;
- creșterea durabilității în funcționare a pieselor încărcate prin sudare, în unele cazuri, cu peste 1000% prin protejarea suprafețelor puternic solicitate cu materiale având caracteristici de rezistență la uzare deosebite;
- creșterea siguranței în exploatare și reducerea riscului de avarie ca urmare a îmbunătățirea nivelului calitativ;
- reducerea costurilor de producție.

2. Principiul procesului de reconditionare prin sudare

Recondiționarea prin încărcare prin sudare constă în depunerea unui strat de material prin sudare pe suprafața unei piese în vederea compensării uzurii și refacerii dimensiunilor nominale ale piesei. Între stratul depus și piesă se realizează monolitismul prin continuitatea rețelei cristaline ce se realizează fie prin topire, fie prin presiune.

Elementele geometrice ale unei zone de recondiționare prin depunere prin sudare sunt prezentate în figura 1. Elementele geometrice ale unui strat depus prin sudare sunt:

- lățimea stratului, b,

- înălțimea stratului, h ,
- pătrunderea, p .

Stratul de material depus prin sudare este format dintr-o zonă de supraînălțare, formată preponderent din materialul de adaos și notată în figura 1 cu MA și o zonă de pătrundere, formată preponderent din materialul de bază topit la încărcare și notată în figura 1 cu MB. Cele două zone nu sunt strict delimitate, pentru că diluția material de bază - material de adaos joacă un rol foarte important. Aceasta trebuie să fie minimă, pentru ca stratul de material depus să fie cât mai apropiat de materialul de adaos și să se obțină structura și proprietățile specifice pentru care a fost ales un anumit material de adaos. (Fig.1).

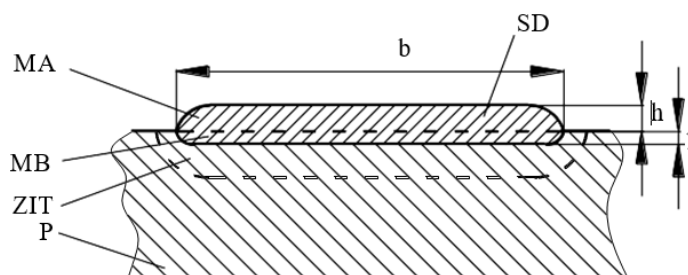


Fig.1 Elementele unei zone reconșionate prin depunere prin sudare:

P – piesa de reconșionat; SD – stratul depus prin sudare; MA – zona din stratul depus formată cu materialul de adaos; MB – zona de topire a materialului de bază (zona de pătrundere); ZIT – zona de influență termică; b – lățimea stratului depus; h – înălțimea stratului depus; p – pătrunderea.



Fig. 2. Sudarea cu arc electric cu electrod învelit din Inox, proces 111

a) b)

3. Surse de sudare

- Pentru sudarea manuala cu electrod invelit, vom folosi o sursa de sudare tip Caddy™ Arc 251i, A32

Este o sursa de curent continuu, tip inverter, destinata sudarii cu electrozi inveliti (MMA) si Tig (Wig).

Ideal pentru lucrari de confectii metalice usoare si medii, reparatii, intretinere si montaj, instalatii de santier, magistrale si conducte.



Fig. 3 Sursa de sudare tip Caddy™ Arc 251i, A32

Tensiunea de alimentare	400 V / 3 f
Frecventa	50 Hz
Siguranta fuzibila	10 A
Putere recomandata generator	14 kVA
Curent sudare MMA	
la durata activa de 30%	250 A / 30,0 V
la durata activa de 60%	190 A / 27,6 V
la durata activa de 100%	150 A / 26,0 V
Domeniu de reglare curent MMA	4-250 A
Domeniu de reglare curent TIG	3-250 A
Tensiunea de mers in gol	65 V
Factor de putere la curent maxim	0,99
Eficienta la curent maxim	81

Diametru max. electrod	5 mm
Clasa de protectie	IP23
Clasa de utilizare	S
Dimensiuni (LxlxH)	418 x 188 x 208 mm
Greutate	10,5 kg

- Pentru sudarea sub strat de flux, vom folosi o sursa de sudare MILLER SUBARC DC 800

Sursa sudare in curent continue DC, multiproces, cu performante excelente in:

- Submerged ARC
- Stick
- Flux Cored



Fig. 4 Sursa sudare sub strat de flux Miller Subarc DC 800

Gama amperaj sudura	50-815A
Amperaj sudura in regim 100%	650A
Tensiune in gol	Max72V
Greutate	247 Kg

Procedeul dual-strip este o variantă a sudării sub flux cu două benzi în care una dintre benzi nu se află în circuitul electric de sudare; ea este culcată pe suprafața materialului de bază în fața arcului electric.

Datorită benzii suplimentare care acumulează o parte din căldura arcului electric, materialul de bază se încălzește mai puțin și, astfel, apar o serie de avantaje: diluția scade cu aproape de 55%, pătrunderea este foarte mică, grosimea stratului de placare ajunge până la 8 mm, rata depunerii crește cu peste 35% față de procedeul clasic.

4. Materiale de adaos

Criteriile de alegere a materialelor de încărcare sunt următoarele:

- domeniul de utilizare,
- grupa de aliere a metalului depus,
- comportarea acestora la diverse solicitări tipice; solicitările specifice pentru care s-au creat materiale specifice sunt: abraziune, presiune, șocuri, eroziune, căldură, coroziune, cavitație etc.;
- structura stratului de material depus,
- eficiența economică.

Pentru imbinarea oțelurilor de tipul GE 240 între ele și cu alte tipuri de oțeluri, se utilizează materiale de adaos inoxidabile austenitice, rezultând imbinări rezistente.

De asemenea se folosesc tot materiale de adaos inoxidabile austenitice și pentru reincarcarea suprafețelor uzate sau a craterelor sau retasurilor rezultate din turnare în forme temporare.

5. Metalurgia sudurii în sudura de încărcare pentru recondiționare

La majoritatea proceselor de sudare folosite pentru încărcare pentru recondiționare, se formează o anumită cantitate de metal topit în zona metalului solid de bază. Metalurgia fiecărei zone sudate este legată de structura metalului de bază și a celui de sudare, de procesul de sudare și de procedurile aplicate.

Majoritatea metalelor de sudare specifice se solidifică rapid și au, de obicei, o microstructură dendritică granulată fină. Metalul de sudare este o adăugire la metalul de bază topit și depus (metal de umplere), dacă se folosește. Zona de sudare afectată de căldură este adiacentă metalului de sudare. Zona afectată de căldură este partea metalului de bază care nu se topește, dar ale cărei proprietăți mecanice sau microstructură este modificată de căldura generată de sudare.

Schimbările de microstructură generate de căldura de sudare la profilul de amorsare sau rigiditate se pot folosi pentru a stabili zona afectată de căldură. În multe cazuri, acestea sunt măsuri arbitrare ale zonei afectate de căldură, deși pot avea valoare practică pentru testarea și evaluarea îmbinării sudate.

6. Asigurarea calității la sudura de încărcare pentru recondiționare

Pentru a asigura obținerea calității necesare pentru încărcările prin sudare cu electrod învelit și sub strat de flux, este necesar să se ia în considerare următoarele aspecte:

- controlul, identificarea și depozitarea corespunzătoare a materialelor de bază și a metalelor de umplere;
- pregătirea corespunzătoare (curățare, polizare unde este cazul) a materialelor de bază înainte de sudare;

- operatorul trebuie să fie autorizat și calificat conform standardelor relevante;
- toți parametrii de sudare trebuie să fie prezenți la stația de sudare și să fie sub forma specificațiilor pentru procedura de sudare;
- după sudare, sudurile trebuie supuse examinării defectoscopice.

7. Concluzii

Depunerea straturilor în vederea recondiționării pieselor se face, de regulă, în mai multe rânduri și treceri.

Modul de așezare a rândurilor, unele față de altele influențează omogenitatea depunerii, diluția și nivelul tensiunilor reziduale.

Pentru a se obține o depunere de calitate superioară, se fac următoarele recomandări:

- pătrunderea la sudare să fie aproximativ 1/3 din grosimea stratului format prin depunere
- suprapunerea rândurilor să fie de aproximativ 1/3 până la 1/2 din lățimea rândurilor.

8. Bibliografie

Curs anul IV semestrul II prof. dr. ing. Corneliu RONTESCU, s. l. dr.ing. Ana-Maria BOGATU

Delia GÂRLEANU, Gabriel GÂRLEANU - Reconditionarea prin sudare a pieselor de tip arbore. Editura Printech, ISBN 978- 606-23-0724-0, Bucuresti 2017, 286 pag,

https://www.sfera.com.ro/caddy_arc_251i_a32

<https://echipamentsudura.ro/product-category/sudare-sub-strat-de-flux/>

DETERMINING THE ENDURANCE OF A SURFACE PUT TO THE ABRASION TEST USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Studenti: CRĂCIUN Ștefan, ȚURCANU Mihai Daniel

Facultatea: Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Ingineria Sudării,

Anul de studii: IV, e-mail: craciunstefan98@gmail.com

Conducători științifici: Conf. Dr. Ing. **Gabriel GÂRLEANU**, Conf. Dr. Ing. **Delia GÂRLEANU**

REZUMAT

This paper presents the modeling and simulation of a set of hardened materials used in the restoration process using the finite element method. The experimental research work looked for a connection between the endurance of a surface put to the abrasion test and its hardness number. The presented model was made using the ANSYS package and it becomes an instrument of prediction of the surfaces endurance. The information used for modeling was taken from the results of the abrasion test. The results acquired through modeling are very close to the ones resulted in the experimental use.

1. Introducere

În industria constructoare de mașini, peste 60% din piesele utilizate în construcția diferitelor echipamente tehnologice sunt piese din clasa arbori sau axe, majoritatea fiind foarte puternic solicitate și de cele mai multe ori scoase din funcțiune datorită uzurilor accentuate pe suprafețele funcționale.

Tema de cercetare a constat în optimizarea tehnologiei de fabricare a pieselor din oțel nealiat ce fac parte din ansamblu – Malaxor de pasta anodica – BUSS , vezi fig. 1.1 și încărcarea cu strat dur a acestora.

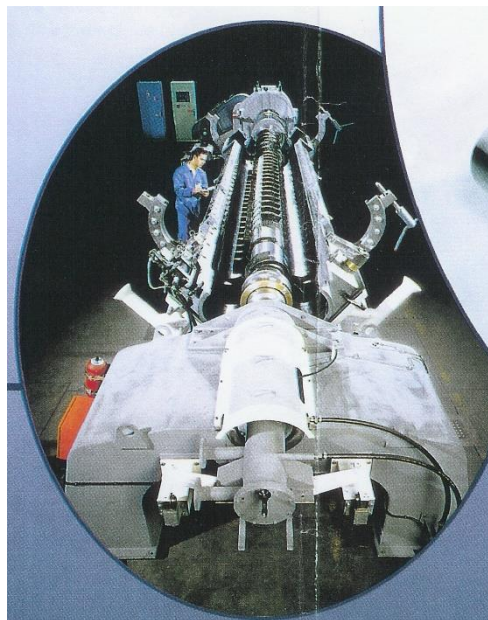


Fig 1.1 – Malaxor BUSS – Vedere generală

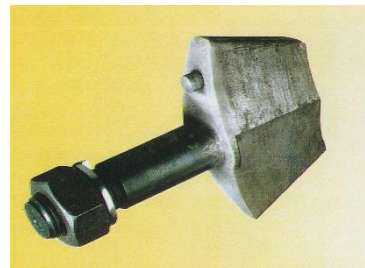


Fig 1.2 dinte fix; rotor și bucșa rotor

Obiectivele urmărite au fost descoperirea unei predicții a comportării la uzură a suprafețelor durificate prin depunere prin sudură. Suprafețele la care se face referință sunt rotorii și bușele malaxorului.

Aceste obiective au fost atinse găsind o corelație între partea practică a temei, cea experimentală și cea de element finit ce s-a realizat în ANSYS.

2. Stadiul actual

A. Cercetări experimentale pentru stabilirea duranței

Legătura între duranța unei suprafețe supuse la solicitarea de abraziune și filiația de duritate poate fi realizată printr-o încercare de uzare a unei probe pe o bandă abrazivă, prezentată în figura 1. Proba nu se apasă ci doar stă prin greutatea proprie pe banda abrazivă care are mișcare de translație. La anumite intervale de timp se întrerupe procesul de polizare și se măsoară grosimea probei.

Caracteristicile tehnice ale standului sunt: bandă de șmirghel de lățime 75 mm și granulație 40; roata antrenare cu diametru de 300 mm și turație 1400 rot/min.

Probele sunt din tablă neagră S235JR de 10 mm grosime pe care este depus materialul de adaos (1-3 straturi) în poziție de sudare 1 G conform ISO 9467. Materialul de adaos este oțel de scule, procedeul de sudare fiind SMEI cu $I_s = 160$ A și $U_s = 25$ V. Duritatea straturilor depuse este de 55 - 65 HRC.

Modul de lucru este următorul: se sudează de probă o bară de susținere (v. fig.1); se măsoară grosimea probei; se pornește sistemul mecanic de abraziune; se pune în contact fizic proba cu banda abrazivă timp de 5 minute; se oprește dispozitivul mecanic; se scoate proba și se măsoară grosimea piesei; se măsoară duritatea probei; se repetă operațiile de 5 ori.

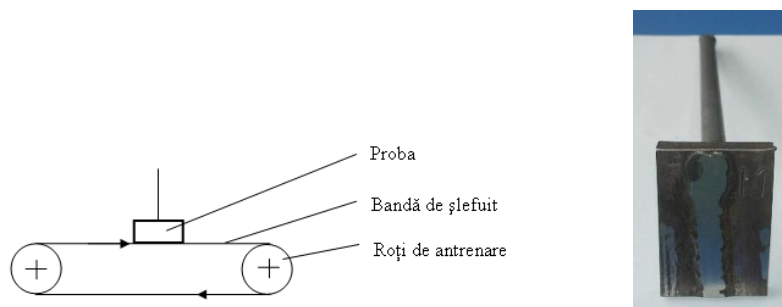


Fig. 2.0 Încercarea la abraziune

În figura 2.0 este prezentat aspectul macroscopic al probei formată din materialul de bază pe care este depus materialul de adaos dur și în figura 3 proba pregătită pentru testul de duranță (3,a) și după uzare (3,b).



Fig. 2.0.1. Aspectul macroscopic al probei



Fig. 2.0.2 Proba pregătită pentru testul de anduranță (a) și după uzare (b)

Într-un laborator acreditat, a fost determinată filiația de duritate (fig.2.0.3.) în straturile de material dur depuse pe materialul de bază.

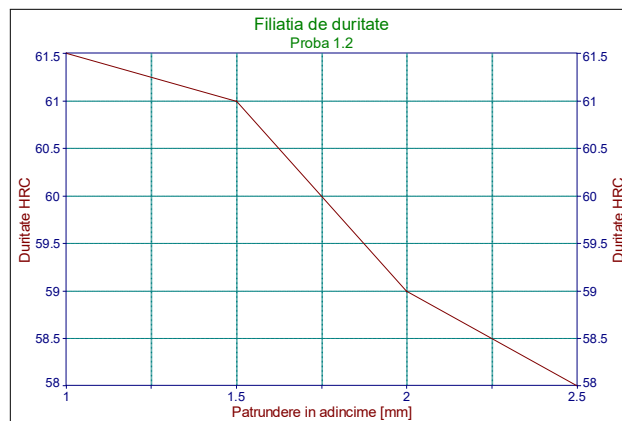


Fig. 2.0.3. Variația durității

B. Modelarea prin FEM

Modelul (fig.5), este format din două corpuri: cel inferior – un paralelipiped căruia i se atribuie proprietățile materialului de bază, pe care este depus cordonul de sudură format din 1 – 3 trei straturi dure de aproximativ 1 mm grosime cu valori crescătoare ale durității (stratul 1 – 58 HRC, stratul 2 – 66 HRC și stratul 3 – 68 HRC) și cel superior – o placă dură care în timpul procesului de uzare intră în contact cu supraînălțarea cordonului de sudură.

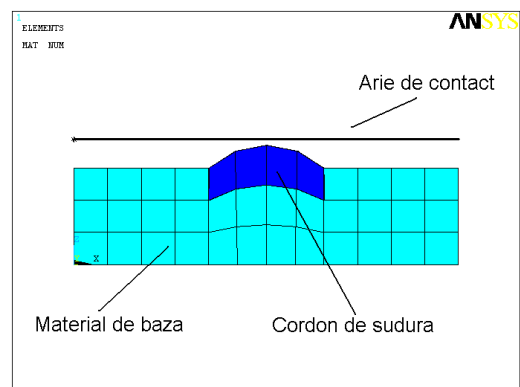
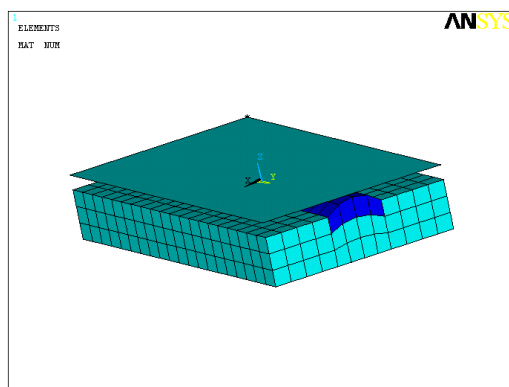
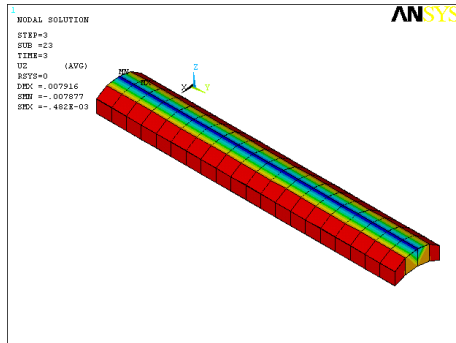


Fig. 2.1. Discretizarea cu elemente finite a volumelor materialului de bază, cordonului de sudură și a ariei suprafeței dure (abrazive)

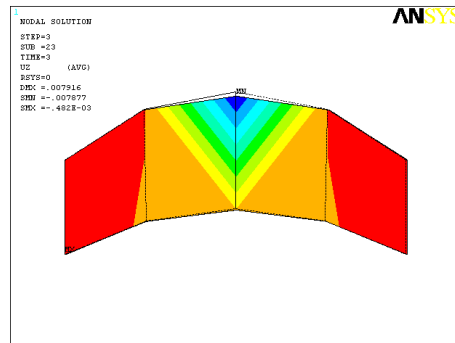
I. Rezultate privind Uzura

Uzura suprafeței dure a cordonului de sudură este interpretată din deplasarea pe direcția Z în sens negativ, pentru pașii de încărcare. Uzura este reprezentată doar pe elementele cordonului de sudare corespunzător elementului *Target170*.

În figura 2.2,a este reprezentată uzura inițială în vedere izometrică și frontală în pasul trei de încărcare și în figura 7,b uzura pentru ultimul pas.

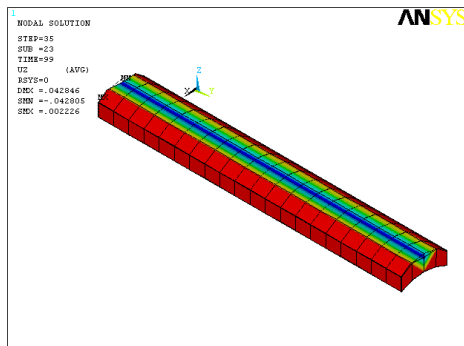


Reprezentare izometrica

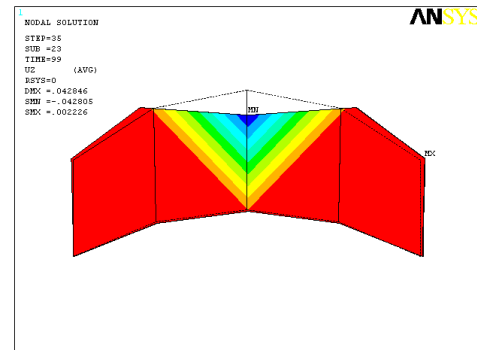


Vedere frontala

a. Deplasarea (uzura) pe Z inițială



Reprezentare izometrica



Vedere frontala

b. Deplasarea (uzura) pe Z la timpul 100

Fig. 2.2. Uzura la începutul și la sfârșitul timpului de încărcare

În tabelul 2 sunt prezentate perechile de valori *uzură – timp* ale cordonului de sudură. Din confruntarea acestor rezultate cu cele obținute din măsurătorile efectuate în condiții de laborator se constată o bună apropiere.

Tabelul 2.

Timp [s]	Uzura [mm]	Timp [s]	Uzura [mm]	Timp [s]	Uzura [mm]
0	0	33	0.81534	66	1.0033
3	0.1778	36	0.84074	69	1.01346
6	0.2794	39	0.86106	72	1.02362
9	0.3556	42	0.88138	75	1.03378
12	0.4572	45	0.9017	78	1.0414
15	0.5334	48	0.91948	81	1.04902
18	0.6096	51	0.93472	84	1.05664
21	0.6858	54	0.94996	87	1.06426
24	0.7366	57	0.9652	90	1.07188
27	0.76454	60	0.97917	93	1.07696
30	0.78994	63	0.9906	96	1.08204

Cu datele din tabelul 2 se construiește curba de variație a uzurii în timp prezentată în figura 2.2.1. Se constată că alura este specifică curbelor de uzură – o creștere bruscă urmată de o pantă moderată. Dacă curba nu se continuă, de la un moment dat, cu o creștere exponențială (așa cum se întâmplă de obicei când uzura tinde să devină catastrofală) este pentru că în cazul de față suprafața dură (abrazivă) de care se freacă cordonul de sudură nu ajunge în proximitatea materialului de bază.

Folosind un program de calcul tabelar, *TC2D*, pe baza datelor rezultate din analiza prin metoda elementelor finite, se caută o relație de dependență cu timpul a uzurii. Una din formele care aproximează această dependență este prezentată în figura 8.

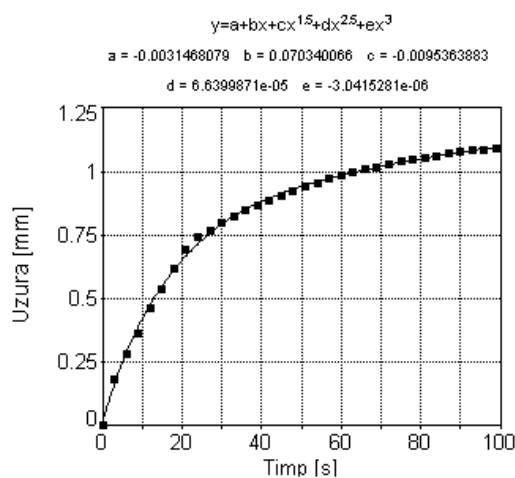


Fig. 2.2.1. Variația uzurii în timp

3. Concluzii

Modelarea prin metoda elementului finit, în cazul de față folosind pachetul ANSYS, permite efectuarea unei predicții a comportării la uzură a suprafețelor durificate prin depunere prin sudură. Modelul prezentat demonstrează că fenomenul de uzură poate fi inclus în evaluarea produselor. În configurația prezentată, uzura este calculată ca o consecință a stării de deformații pentru fiecare subpas. Incrementul deformației de uzură este calculat și adunat celui anterior. Această metodă degreveză cercetătorul de efectuarea unor încercări mecanice ulterioare. Datele de intrare pentru modelarea prin metoda elementului finit au fost valorile obținute prin măsurători, unde de cele mai multe ori este necesară doar o valoare de intrare preluată prin măsurare pentru a scala modelul pe realitate. Rezultatele obținute prin modelare sunt foarte apropiate cu cele rezultate pe cale experimentală. Este posibilă o analiză a fenomenului de uzură la scară microscopică. Pot fi puse în evidență prin calcul amănunte privind comportarea la uzură a suprafeței prin introducerea efortului în ecuația uzurii.

Referințe bibliografice

1. Kauzlarich and Willams. "Archard wear and component geometry." Proc. Instn. Mech. Engrs. Vol 215 Part J.
2. Hegadekatte et al. "Finite element based simulation of dry sliding wear." Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. 13 (2005) 57-75
3. Podra, P. and Andersson, S. "Simulating sliding wear with finite element method." Tribology International 32 (1999) 71-81.

SHAPE MEMORY MATERIALS

Studenti: MILEA Oana Elena, Claudiu Răzvan VIȘAN, anul I, licență, MIAIA, Facultatea ISB

Conducători științifici: Conf.dr.ing. Delia GÂRLEANU, S.l.dr.ing. Cornelia LUCHIAN,

Departamentul ICTI

Autor Corespondent: MILEA Oana Elena, oanaoelena18@gmail.com

Summary

The history of shape memory materials began in 1932 when it was discovered that at a certain temperature the materials have a specific elasticity. The first application of shape memory materials was exhibited in 1958 at the International Fair in Brussels. Among the many materials with shape memory, the most notable is nitinol. In order to obtain an alloy with shape memory, metallurgical operations are needed: melting, alloying, casting, primary heat treatment, plastic deformation etc. Shape memory alloys (abbreviated as MFA) have a number of properties that are very different from ordinary metal materials. Remarkable is the ability to change its geometric shape when switching from a low temperature to a high. At present these alloys have uses in the aeronautical, aerospace, mechanical, electronic, medical and industrial industries as well as in many other fields.

1.Introducere

Istoria materialelor cu memoria formei a început în 1932, odată cu descoperirea unui aliaj Au-Cd care prezenta la temperatura camerei o elasticitate surprinzătoare – de aprox. 8 % - care a fost numită de „tip cauciuc”[17]. Efectul propriu-zis de memorie a formei a fost descoperit în 1951 la Au-Cu și apoi la In-Ti în 1953. La acestea s-au adăugat și alte aliaje neferoase. Dintre care cele mai importante sunt: Cu-Zn (1956), Ti-Ni (1963), Cu-Al-Ni (1964) [21] și Cu-Zn-Al (1970) [22] precum și o serie de aliaje feroase cum ar fi: Fe-Mn-Si [23], Fe-Ni-Co-Ti și Fe-Ni-C [24].

Prima aplicație a materialelor cu memoria formei a fost expusă în 1958 la Târgul Internațional de la Bruxelles. Este vorba despre un dispozitiv ciclic de ridicare acționat de un monocristal de Au-Cd care ridică o greutate dacă era încălzit și o cobora dacă era răcit [17]. Primele experimente legate de fenomenele de memoria formei (pseudoelasticitate, efect simplu de memoria formei, efect de memoria formei în dublu sens, efect de amortizare a vibrațiilor, efecte premartensitice, etc.) au fost efectuate pe monocristale. Cum monocristalele aliajelor pe baza de cupru se obțin mai ușor, acestea au fost materialele experimentale care au permis, în anii '70, stabilirea atât a originii microstructurale a fenomenelor de memoria formei cât și a legăturii dintre acestea și transformarea martensitică [21].

NITINOL, numit astfel după Ni-Ti și Naval Ordnance Laboratory (actualmente Naval Surface Warfare Center) – locul unde a fost descoperit [25], este cel mai remarcat material cu memoria formei. Aliajul Ni-Ti prezintă în stare policristalină excelente caracteristici legate de fenomenele de memoria formei, cum ar fi capacitatea de înmagazinare a energiei elastice la încărcarea izotermă (42 MJ/m^3) sau deformațiile maxime care pot fi recuperate în cadrul memoriei mecanice (10 %) sau termice (8%). S-a calculat că în 50 l de Nitinol se poate înmagazina tot atâta energie cât în motorul unei mașini.

La ora actuală se consideră ca țările europene cele mai implicate în industria materialelor cu memoria formei sunt Franța (unde societatea IMAGO produce exclusiv dispozitive pe bază de Cu-Zn-Al) și Germania [20]. În România nu se poate vorbi, din păcate despre o "industrie" a materialelor cu memoria formei, deși există firme care comercializează – de exemplu – tuburi din polimeri termocontractabili pentru conductorii electrici de forță sau rame de ochelari din "metale cu memorie". Din punct de vedere al cercetării, însă, se poate vorbi despre un interes, mai ales în marile centre universitare (București, Timișoara, etc.) printre care și Iași.

2. Fabricarea materialelor cu memoria formei

Fabricarea unui material cu memoria formei presupune:

1. obținerea acestuia la forma dorită;
2. prelucrarea termică (tratamente termice) sau termomecanică (educare) în vederea evidențierii unui anumit fenomen de memoria formei ;
3. verificarea comportamentului materialului la Creșterea numărului de cicluri (comportarea la oboseală);

Aceste trei etape de mai sus sunt prezentate în continuare, cu referiri la cele patru tipuri de AMF de uz comercial (Ni-Ti, Cu-Zn-Al, Cu-Al-Ni și Fe-Mn-Si) dar și la unele materiale compozite cu memoria formei. În general, obținerea AMF presupune parcurgerea următoarelor operații metalografice: topirea, alierea, turnarea, tratamentul termic primar, deformarea plastică. În afară de obținerea prin metode clasice, se mai pot aplica procedee „neconvenționale” legate de metalurgia pulberilor, solidificarea ultrarapidă și ingineria suprafețelor. Principalele probleme întâlnite la obținerea materialelor cu memoria formei sunt legate de controlul compoziției chimice, deformarea plastică la rece și tratamentul termomecanic de imprimare a memoriei.

În continuare, în figura I.1 este prezentată schema de principiu a unei instalații de obținere a aliajelor cu memoria formei prin centrifugarea topiturii.

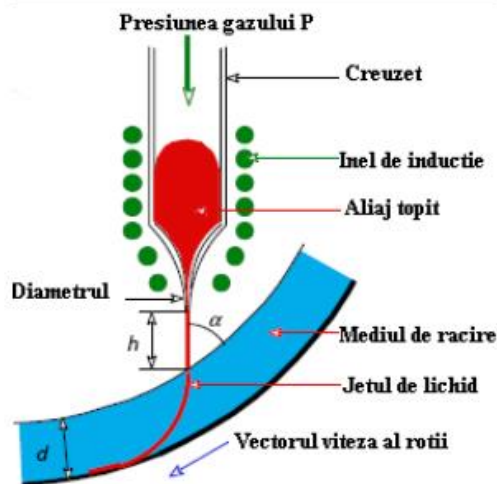


Figura I.1 Principiul de funcționare a procesului de obținere de aliaje cu memoria forme prin centrifugarea topiturii

Parametrii acestui proces sunt numeroși și doar o respectare strictă a acestora conduce la obținerea proprietăților dorite pentru aliajul obținut. Parametrii cei mai importanți din punct de vedere operațional sunt:

- *Materialul și diametrul duzei*
Materiale folosite sunt cuarț sau nitrat de bor. Diametrele minime utilizate între 80 și 200 μm , iar pentru diametrele mai mari s-au obținut fire neregulate din cauza perturbațiilor jetului.
- *Distanța dintre duză și mediul de răcire h , cât și unghiul jetului α*
 h este de preferat a fi menținut cât mai mic în vederea menținerii regimului laminar, iar unghiul α este între 20° și 80°
- *Adâncimea d a mediului de răcire, cât și temperatura acestuia-* dimensiunea stratului de răcire a fost menținută la 10mm
- *Viteza jetului de topire-* între 3 și 15 m/s, fiind dependentă de presiunea aplicată, de vâscozitatea aliajului și de temperatura topiturii
- *Viteza roții care este ajustată în funcție de viteza jetului de topitură.*

Temperatura de răcire a aliajului este menținută sub 105K/s și depinde de viteza și diametrul jetului.

Procesul de obținere a AMF pe bază de Ni-Ti presupune: topirea, turnarea, forjarea, laminarea, tragerea la rece, punerea în formă și tratamentul de imprimare a memoriei.

A. Topirea la 1240-1310 $^{\circ}\text{C}$ presupune utilizarea unei încărcături din componente pure sau din pre-aliaje. Purițiile menționate în literatură au fost de 99,7 % pentru Ti și de 99,97 % pentru Ni [67, 68, 71]. Pregătirea pre-aliajelor se face în cuptoare cu arc electric în vid și electrod consumabil (din componentele AMF) sau neconsumabil (din W) [174, 208]. Topirea propriu-zisă s-a realizat în cuptoare de înaltă frecvență

– cu creuzet de grafit, în vid [67, 68, 71, 174] sau în argon [208]

– sau cu arc de plasmă dar și cu creuzet de alumina [209] sau oxid de calciu [60].

În principiu, topitura este foarte ușor impurificată, atât cu oxigen (de exemplu cel provenit din alumină) cât și cu carbon (de exemplu cel din grafit) dacă temperatura depășește 1723 K. În cazurile când s-a urmărit obținerea unor purități foarte ridicate, s-au utilizat cuptoare cu fascicul de electroni [173], topirea fiind urmată de colectarea materialului topit într-o formă de cupru răcită cu apă, unde se solidifică de jos în sus. Topirea în arc de plasmă utilizează un catod cav și un fascicul de electroni de joasă tensiune. Din cauza energiilor mai scăzute, evaporările sunt mai puțin intense decât la topirea cu fascicul de electroni iar compoziția chimică este uniformă.

B. Alierea este practică în scopul obținerii temperaturilor critice dorite, în paralel cu mărirea rezistenței la curgere. Variația cu 1 % a conținutului de nichel duce la modificarea temperaturilor critice cu cca. 100 K. Prin introducerea unor elemente de finisare a structurii, cum ar fi: V, Cr, Mn, Fe, Co sau Cu, s-a reușit un control strict al granulației și implicit al temperaturilor critice de transformare [163].

C. Turnarea se face în forme metalice [80] din fontă [67] sau din Cupru, răcite cu apă [174]. Pentru cercetările experimentale care au urmărit caracterizarea AMF Ni-Ti, fără interferența limitelor de grăunți sau a defectelor reticulare, lingourile au fost utilizate pentru obținerea monocristalelor prin metoda Bridgman obișnuită sau modificată [67, 71, 80]. Densitatea AMF Ni-Ti astfel obținute este de $6,4-6,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

D. Tratamentul termic primar (omogenizarea) se aplică imediat după turnare și are rolul de-a uniformiza compoziția chimică și granulația în paralel cu mărirea plasticității. Tratamentul cel mai larg cunoscut este: $1000 \text{ }^\circ\text{C}/1\text{h}$ / apă cu gheață. Răcirea bruscă se aplică în scopul evitării proceselor de precipitare a fazelor secundare [67, 71, 80].

E. Deformarea plastică se aplică după omogenizare atât mono cât și policristalelor în scopul reducerii secțiunii până la grosimi $t \leq 1 \text{ mm}$. În acest scop se utilizează deformarea plastică, mai întâi la cald, între $800 \text{ }^\circ\text{C}$ [208] și $870 \text{ }^\circ\text{C}$ [79] și apoi la rece. În cadrul deformării plastice la cald, s-a utilizat forjarea, ca operație pregătitoare [67, 68] și laminarea, în urma căreia s-au obținut bare [208], plăci [67, 68, 173] sau table cu grosimi între 1 mm [124] și 0,5 mm [79]. Odată cu creșterea temperaturii, rezistența la rupere de 800-1500 MPa, la T_{amb} , scade la început lent și apoi brusc (650 K) atingând 100 MPa la 1100 K. Alungirea la rupere crește de la 40-50 % la T_{amb} până la 100 % la 900 K. Din acest motiv, deformarea plastică la cald se efectuează peste 800 K însă prelucrarea este dificilă. În cadrul deformării plastice la rece s-a utilizat laminarea și în special tragerea cu recoaceri intermediare și grade de reducere de până la 15 %, rezultând sârmă cu diametrul de 1 mm [71]. Pentru refacerea proprietăților de memorie, se aplică recoaceri intermediare, între fiecare etapă de deformare plastică la rece.

Pe lângă metodele clasice, bazate pe topire-aliere-turnare, AMF Ni-Ti au mai fost obținute și prin alte tehnologii cum ar fi metalurgia pulberilor sau solidificarea rapidă.

3. Aplicațiile materialelor cu memoria formei

În funcție de tipul de EMF care determină modul de obținere a formei calde aplicațiile bazate pe memoria termică pot fi:

- (i) cu revenire liberă;
- (ii) cu revenire reținută
- (iii) generatoare de lucru mecanic.

Toate aplicațiile bazate pe *memoria mecanică* sunt pseudoelastice.

3.1 Aplicații cu revenire liberă- au exclusiv funcție de producere a mișcării sau de deformație.

Domenii de aplicabilitate:

- medicină (filtre sangvine ce depărtează pereții venelor, oprind deplasarea cheagurilor de sânge);
- artă (sculpturi metalice mișcătoare, statui ce deschid ochii la răsăritul soarelui, flori ce se deschid sau se închid la lumină sau căldură);
- lenjerie (inel de fixare a cupelor la sutiene, cămăși care-și recapătă volumul dacă sunt puse în apă caldă);
- jucării (fluturi care bat din aripi);
- obiecte de uz casnic (scrumiere care-și ridică marginile atunci când țigările așezate pe ele ard până la capăt).

3.2 Aplicații cu revenire reținută

La aceste aplicații, materialelor cu memoria forme nu li se permite să-și redobândească forma caldă, din cauza unei constrângeri externe și din acest motiv pot dezvolta tensiuni de până la 700 MPa.

Aplicațiile cu revenire reținută pot fi de patru tipuri: cuplaje hidro-pneumatice, conectori electrici, dispozitive de fixare și aplicații spațiale.

3.2.1 Cuplaje hidro-pneumatice

Principiul de funcționare a unui cuplaj hidro-pneumatic din material cu memoria forme este ilustrat în fig.1.

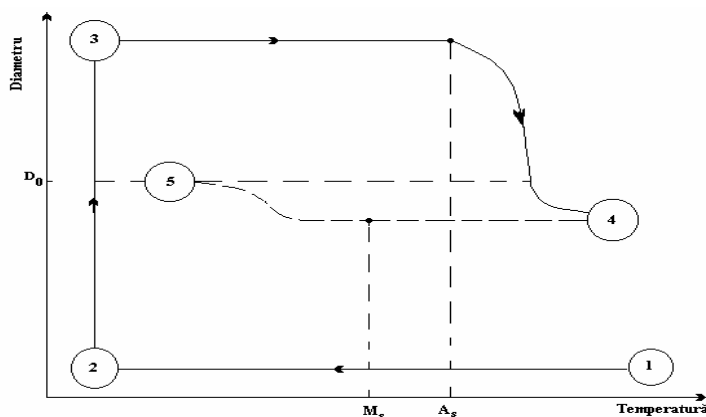


fig.1. Ilustrare schematică a principiului de funcționare a unui cuplaj hidro-pneumatic din material cu memoria forme.

Cuplajului i se imprimă forma caldă (1), caracterizată printr-un diametru interior mai mic decât cel nominal, D_0 , al conductelor sau țevilor pe care urmează să le îmbine. După răcire până în domeniul martensitic (2), cuplajul, care acum s-a înmuiat considerabil, este expandat prin introducerea forțată a unui dorn cu diametrul mai mare decât D_0 . În această stare (3), care este practic starea de livrare, cuplajul poate fi depozitat o perioadă îndelungată. La instalare, cuplajul este montat rapid, fiind scos din mediul de depozitare (de exemplu azot lichid) în atmosferă, unde se încălzește până în domeniul austenitic (4) și prin EMF cu revenire reținută, asigură strângerea necesară realizării unei îmbinări etanșe între conducte. Pentru deschiderea cuplajului, este necesară o răcire puternică până în domeniul martensitic (5). Din acest motiv, valoarea prescrisă a lui M_s este destul de scăzută: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ la cuplajele industriale, de uz comercial și $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ la cele militare [264].

3.2.2 Dispozitive de fixare

La dispozitivele de fixare, materialele cu memoria forme se folosesc sub formă de inele ce lucrează în domeniul austenitic și care permit obținerea unor asamblări permanente, nedemontabile.

Sistemele de fixare pe bază de AMF au următoarele avantaje:

- controlul tensiunii de strângere (max. 400 MPa) prin deformația de contact (max. 1,5 %);
- toleranțe mai mari ale pieselor conjugate ce pot compensa abateri dimensionale mai mari decât alte sisteme de fixare;

- presiune radială uniformă;
- temperatură scăzută de instalare;
- instalare ușoară (ce poate fi automatizată);
- temperaturi variate de funcționare ($-65 \dots 300$ °C).

Prin marcarea inelului cu o vopsea termocromatică, se poate urmări dacă încălzirea pentru instalarea lui s-a efectuat până la temperatura corespunzătoare. Alte aplicații ale materialelor cu memoria formei, ca dispozitive de fixare, sunt inelele cu diverse secțiuni transversale, utilizate în domenii specifice cum ar fi: fixarea proiectilelor, sigilarea ermetică, preîncărcarea rulmenților, etc

A. Inelul de fixare a încărcăturii proiectilelor este schematizat în Fig.2.

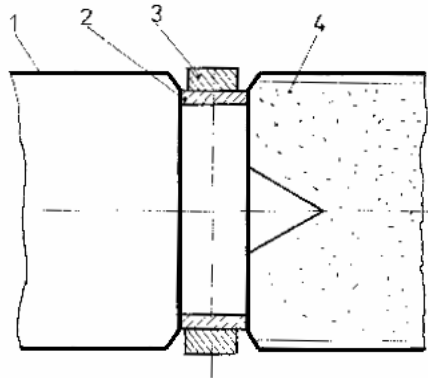


Fig.2. Schema de fixare a încărcăturii proiectilelor, cu ajutorul unui inel din AMF: 1-înveliș, 2-inel din AMF pentru fixare; 3-inel din aluminiu pentru poziționare; 4-încărcătura

B. Inelul de fixare a sigiliilor ermetice este schematizat în Fig.3.

Inelul din AMF (2) se montează peste recipientul pe care trebuie să-l etanșeze (1). Prin încălzirea inelului, acesta se strânge, deformând plastic recipientul peste baza de prindere (3).

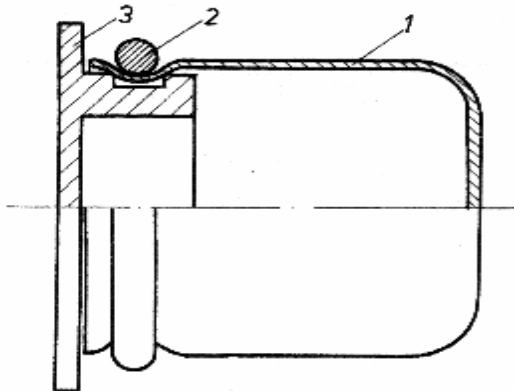


fig.3. Schema de fixare a sigiliilor ermetice: 1-recipient, 2-inel din AMF pentru fixare; 3- bază de prindere.

Concluzii

În ultimele decenii Știința și Ingineria Materialelor a înregistrat un număr mare de publicații și manifestări științifice din domeniul aliajelor cu memoria formei. În timp utilizarea și aplicabilitatea acestora a crescut, astăzi regăsindu-se în diverse domenii, de la cele de vârf precum tehnica aerospațială până la cele comerciale prin aplicații uzuale. Majoritatea aplicațiilor aliajelor cu memoria formei se bazează pe cele două proprietăți definitorii ale acestor materiale și anume memoria termică și memoria mecanică. Însă un

grad ridicat de interes este atribuit și efectului de memorie, capacitatea de disipare a energiei mecanice sau capacitate de amortizare mecanică și identificată cu fenomenul de frecare internă prezent în materiale în general.

Aliajele cu memoria formei (cu denumirea prescurtată AMF) au o serie de proprietăți mult deosebite față de materialele metalice obișnuite. Dintre acestea, caracteristică este capacitatea de a-și schimba forma geometrică la trecerea de la o temperatură scăzută la una ridicată. În anumite condiții schimbarea de formă poate fi reversibilă, astfel încât materialul poate memora două forme geometrice respectiv atât forma de temperatură înaltă (forma caldă) cât și forma de temperatură joasă (forma rece) - aceste transformări se realizează ca urmare a unui efect de memoria formei.

În prezent, pentru aplicații industriale, cele mai utilizate aliaje cu memoria formei sunt cele de tip Ni-Ti (nitinol) și cele pe bază de cupru.

Studiul acestor aliaje a determinat o dezvoltare a cercetării în diverse domenii de activitate în scopul găsirii unor aplicații corespunzătoare proprietăților aliajelor cu memoria formei [Stanciu S., 2009b; Humbeeck V., 1990]. Astfel în prezent aceste aliaje au utilizări în industria aeronautică, aerospațială, mecanică, electronică, în tehnica medicală ca și în multe alte domenii.

Bibliografie

1. Dumitrescu, C., Răducanu, Doina, Bojin, D., Ciucă, I., Pencea, I. și Răducanu, A. – *Aspecte structurale ale unor aliaje moderne cu memoria formei*, **Metalurgia**, **50**, 1998, **Nr.4**, **122-125**
2. Anna Nocivin, *Materiale avansate: materiale compozite, materiale metalice cu proprietăți speciale*, Ovidius University Press, 2001
3. **Lagoudas, D.C.** – *Shape Memory Alloys: Modeling and Engineering Applications*, Springer, 2008.
4. **Lozovan, M., Dobrea, V., Craus, M.C., Cornei, N.** – *Materiale avansate*, Editura Alfa, Iași, 2008.
5. **Popovici, E., Dvininov, E.** – *Materiale nanostructurale avansate. Prezent și viitor (vol.I)*, Editura Demiurg, Iași, 2007.

NANOTEHNOLOGIILE ȘI LUMEA MIRACULOASĂ A METAMATERIALELOR

AVADANEI Irina Mihaela BRATU Mihnea Alexandru

Facultatea: ISB, Specializarea: MIAIA, Anul de studii: I, e-mail: irinaavadanei2002@gmail.com

Conducător științific: Conf. Dr. Ing. **Delia GARLEANU**,
Conf.dr.ing. Claudiu BABIȘ

Conceptul de „nanostructuri” în ultimul deceniu a devenit o noțiune destul de obișnuită, desemnând obiecte cu dimensiuni caracteristice: câteva unități sau zeci de nanometri. Însă noțiunea de „metamateriale” este mai puțin cunoscută și obiectele cu așa denumire sunt mai puțin investigate

. 1. Introducere

Metamaterialele (din engleză „metamaterial”) sunt compozite structurate în mod deosebit, în care elementele de același tip – nanostructuri sau micros

Structuri – sunt amplasate periodic la supra-față sau în interior. Proprietățile optice, magnetice, acustice ale unui asemenea mediu se deosebesc esențial de proprietățile matricei și ale componentelor care formează metamaterialul, fiind determinate de o anumită ordonare și structură a componentelor

2. Apariție:

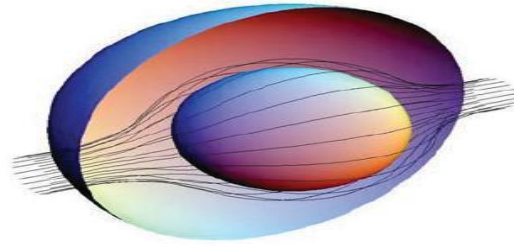
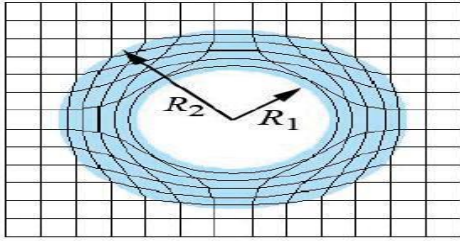
O adevărată revoluție în știință au declanșat lucrările care au demonstrat posibilitatea creării metamaterialelor cu proprietăți pe care nu le posedă materialele obișnuite. Printre cele mai cunoscute sunt metamaterialele cu indicele de refracție negativ, care manifestă simultan permeabilitate magnetică negativă și permitivitate dielectrică negativă. În cazul în care periodicitatea amplasării nanoelementelor metamaterialului este comensurabilă sau multiplă lungimii de undă a radiației electromagnetice, asemenea material a fost numit cristal fonic. În funcție de numărul de direcții spațiale, de-a lungul cărora indicele de refracție se schimbă periodic, cristalele fonice pot fi unidimensionale, bidimensionale și tridimensionale.

3.Dezvoltare:

În Institutul de Nanotehnologii al Centrului de Cercetare din Karlsruhe (Germania) se efectuează cercetări avansate în vederea creării metamaterialelor, nanostructurilor funcționale și nanocompozitelor utilizate în microsisteme, în biologie, medicină, industria aerospațială, construcții auto și navale, precum și în multe alte domenii . Se elaborează compozite pentru asamblarea metamaterialelor radio-absorbante cu permitivitatea dielectrică negativă și permeabilitatea magnetică negativă.

Importanța practică a metamaterialelor impresionează mai ales la rezolvarea problemelor de radiolocație (de exemplu, tehnologiile „Stells”), atunci când se construiesc ținte false pentru a masca obiectele reale și a le ascunde de un eventual observator.

Astfel, un obiect poate lesne deveni invizibil, doar într-o gamă anumită de frecvențe. Într-adevăr, posibilitatea de a dirija indicele de refracție al unui metamaterial, așa încât lumina să ocolească obiectul, îl face „invizibil” (vezi Fig. 1). Pentru a se obține un astfel de efect, indicele de refracție al metamaterialului trebuie să fie negativ!



4. Experimente:

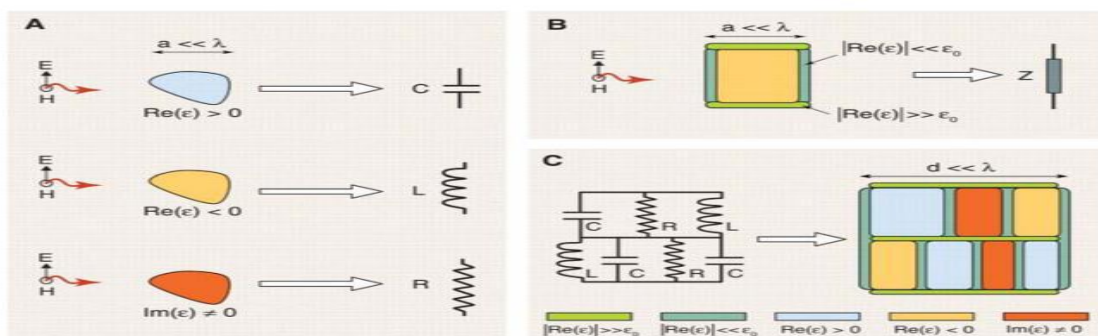
Experimentele realizate de către cercetătorii nominalizați, precum și altele, efectuate de echipe de cercetători independenți, au demonstrat justețea concluziilor teoretice ale fizicianului Veselago. Mai mult decât atât, în prezent sunt multe oferte pentru elaborarea dispozitivelor bazate pe fenomenul de refracție negativă, o parte dintre care au și fost deja realizate.

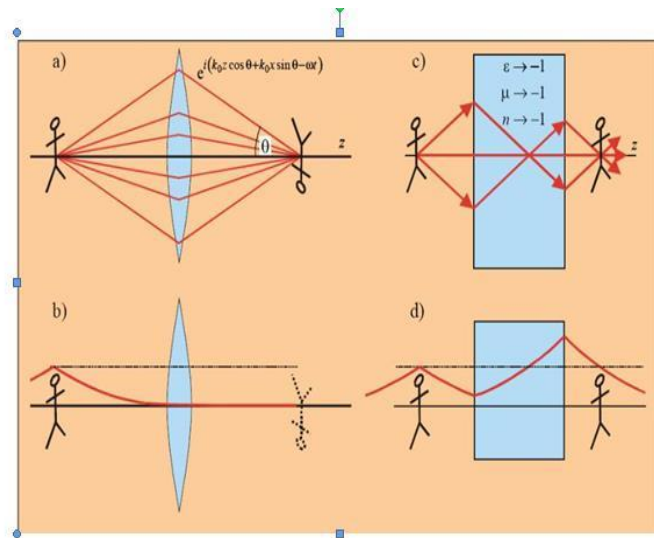
A apărut posibilitatea înlocuirii elementelor tradiționale ale circuitelor electronice cu elemente elaborate din metamateriale, care creează posibilitatea de miniaturizare în continuare a acestor sisteme, concomitent cu accelerarea proceselor de prelucrare a informației.

Metamaterialele de acest tip sunt ilustrate în Fig. 3: (A) Nanoparticule cu dimensiuni mai mici decât lungimea de undă. După iluminarea lor cu semnal monocromatic pot acționa eficient ca elemente concentrate ale circuitului optic în funcție de permitivitatea dielectrică a materialului din care sunt formate. (B) Modulul optic, constituit din nanoparticule, executat în formă de nanoelement optic izolat. (C) Bloc, compus din mai multe nano-module optice (B), conectate între ele.



Fig. 4. a) Lentilele obișnuite necesită o apertură mare pentru a obține o rezoluție bună, dar chiar și în acest caz, există limitări în rezoluție în raport cu lungimea de undă utilizată; b) Atenuarea semnalului de la obiectul de observație, care-i mai mic decât lungimea de undă a luminii într-o lentilă obișnuită; c) Lentila Veselago, spre deosebire de lentila optică obișnuită, transferă fără distorsiuni imaginea din spațiul obiectelor în spațiu imaginilor; d) Atenuarea semnalului de la obiectul de observație, care-i mai mic decât lungimea de undă a luminii, într-o lentilă Veselago.





5. Concluzii:

O particularitate importantă a „lentilei Vesela-go” constă în capacitatea ei de a transfera imaginea obiectului cu o precizie, care nu este limitată de așa-numita limită de undă. De exemplu, utilizând un sistem optic obișnuit, este imposibil să se facă distincție între două obiecte, în cazul în care ele se află la o distanță mai mică decât lungimea unei electromagnetice, de aceea, în studiul microcosmosului și crearea de microobiecte, specialiștii trebuie să utilizeze lungimi de undă tot mai mici. În plus, undele cu amplitudini amortizate nu ajung la receptor și o parte din informația de la obiectul de observație permanent se pierde.

În cazul dat, predicțiile teoretice s-au adeverit nu doar prin dovezi experimentale, dar și printr-o gamă largă de aplicații practice. Mai mult decât atât, fără investigațiile teoretice fundamentale ale profesorului Veselago este greu de spus, dacă ar fi fost posibilă o explicație satisfăcătoare a proprietăților metamaterialelor noi, obținute cu ajutorul nanotehnologiilor.

6. Bibliografie:

- [1] Pendry J.B. Negative refraction makes a perfect lens. Phys. Rev. Lett. 85, p. 3966-3969, 2000.
- [2] Michio Kaku. Physics of the Impossible. New York: Doubleday, 2008,
- [3] Shelby R.A., Smith D.R., Schultz S. Experimental Verification of a Negative Index of Refraction. Science, Vol. 292, 2001.
- [4] Smith D.R. and Pendry J.B. Homogenization of metamaterials by field averaging. În: Journal of Optical Society of America B, Vol. 23, pp. 391-403, 2006

ACCELERAREA PROCESULUI DE CURATIRE A PIESELOR DE AUTOVEHICULE CU AJUTORUL ULTRASUNETELOR

Studenti: Robert Valentin TOADER, Cosmin Gabriel SASU, anul I A, Licență,
Facultatea IMM

Conducători științifici: Conf.dr.ing. Delia GÂRLEANU, S.I. dr. ing. Cornelia
LUCHIAN, Departamentul ICTI

Autor corespondent: TOADER Robert Valentin

REZUMAT: Curatarea cu ultrasunete foloseste undele sonore disipate prin apa sa creeze implozii microscopice, inlaturand impuritatile de pe suprafete, din pori si fisuri. Bulele care creeaza o implozie actioneaza ca niste perii microscopice de spalare in tot rezervorul de curatare si indeparteaza murdaria de pe tot obiectul, mult mai eficient decat majoritatea celorlalte metode

Ultrasonic Cleaning is the use of sound waves through water to create microscopic implosions, removing contamination from surfaces, nooks and crannies. The imploding bubbles act like microscopic scrubbing brushes throughout the cleaning tank and remove dirt from all over the item, far more effectively than most other methods.

CUVINTE CHEIE: UNDE SONORE, PORI, FISURI, IMPLOZIE.

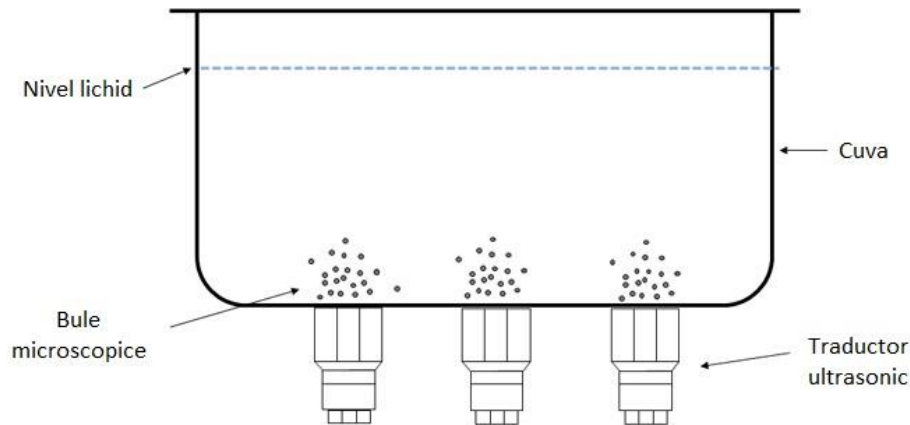
1. Introducere

Curățarea cu ultrasunete este un procedeu care utilizează ultrasunetele (vibrații ale mediilor elastice cu o frecvență mai mare de 20 kHz) și un mediu de lucru lichid (poate fi doar apă obișnuită). În cazul curățării cu ultrasunete la baza îndepărtării contaminanților stau două fenomene: alternanța presiune-depresiune generată pe suprafața piesei și cavitația acustică. În interiorul băii de curățare, generatorul de ultrasunete emite un semnal sinusoidal către transductorul piezoelectric/magnetostrictiv. Acesta generează un lucru mecanic al diafragmei (al pereților cuvei de spălare, în majoritatea cazurilor) care generează o presiune-depresiune în masa lichidului cu o frecvență mai mare de 20 kHz (de obicei 20 – 400 kHz). Viteza de mișcare și presiunea moleculelor lichidului de curățare determină pătrunderea lor în cele mai mici orificii și cavități, locuri inaccesibile în cazul spălării manuale sau sub presiune. Cavitația acustică este un fenomen de implozie a bulelor de gaz create în urma scăderii presiunii statice a fluidului. Implozia bulelor de gaz generează șocuri puternice pe suprafața piesei și determină dislocarea contaminanților.

2. Principiul de curățare cu ultrasunete

Principiul unei mașini de curățat cu ultrasunete este în principal de a transforma energia sonoră a sursei de frecvență ultrasonică în vibrații mecanice prin traductor și de a iradiza undele ultrasonice în lichidul de curățare din canelură prin peretele rezervorului de curățare. Datorită radiației undelor ultrasonice, microbubliile din lichidul din rezervor pot fi vibrat prin acțiunea

undelor sonore.



Când presiunea sonoră sau intensitatea sunetului sunt supuse unui anumit grad de presiune, bulele se extind rapid și apoi se închid brusc. În timpul acestui proces, undele de șoc sunt generate în momentul în care bulele sunt închise, astfel încât presiunea în jurul bulei este de 10¹²-10¹³ Pa și temperatura locală este ajustată. Presiunea uriașă generată de cavitația cu ultrasunete poate distruge murdăria insolubilă și îi poate determina să se diferențieze în soluție. Impactul direct repetat al cavitației de tip abur asupra murdăriei.

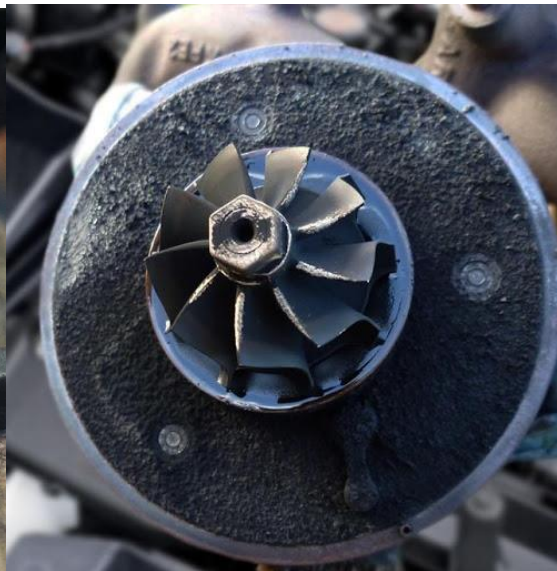
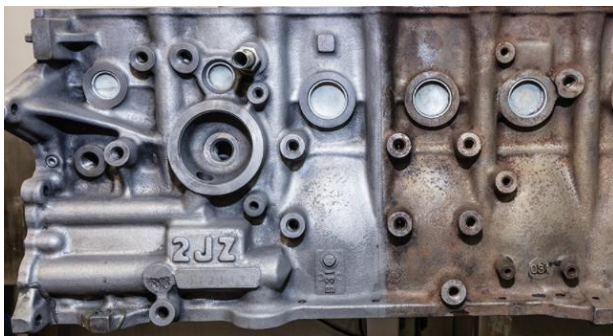
Pe de o parte, distruge adsorbția murdăriei și suprafața elementului de curățare, pe de altă parte, poate provoca respingerea oboselii din stratul de murdărie, vibrația bulelor de gaze scrubs suprafața solidă, iar odată ce cusătura este perforată, bulele imediat "Prin forarea vibrațiilor, stratul de sol se desprinde. Datorită cavitației, cele două lichide sunt rapid dispersate și emulsionate la interfață. Când particulele solide sunt înfășurate cu uleiul și aderă la suprafața elementului de curățare, uleiul este emulsionat și particulele solide decurg singure. La propagarea în soluția de curățare se va genera o presiune acustică alternativă pozitivă și negativă, iar jetul va fi format pentru a afecta elementul de curățare. În același timp, fluxul acustic și fluxul microacustic vor fi generate datorită efectului neliniar, iar cavitația cu ultrasunete va genera viteză mare la interfața dintre solid și lichid. Micro-jet, toate aceste efecte pot distruge murdăria, îndepărtează sau slăbi stratul limită, măresc agitarea și difuzia, accelerează dizolvarea murdăriei solubile și întăresc efectul de curățare al agentului chimic de curățare. Se poate observa că toate lichidele pot fi scufundate în locul unde există câmpul sonor și că caracteristicile sunt potrivite pentru curățarea pieselor cu forme de suprafață foarte complicate. În special, utilizarea acestei tehnologii poate reduce cantitatea de solvenți chimici, reducând astfel foarte mult poluarea mediului.

Al doilea super, valul sonor se propagă în lichid, determinând vibrația lichidului împreună cu rezervorul de curățare la frecvența ultrasonică. Atunci când lichidul și rezervorul de curățare vibrează, acesta are propria frecvență naturală, iar frecvența de vibrație este frecvența de undă acustică, astfel încât oamenii aud auzul.

În plus, în procesul de curățare cu ultrasunete, bulele vizibile cu ochiul liber nu sunt bule de grupuri nucleare în vid, ci bule de aer, care inhibă cavitația și reduc eficiența curățării. Numai bulele de aer din lichid sunt complet tractate, iar balonul de grupare a miezului de vacuum al cavitației poate obține cel mai bun efect.

3. Exemple de obiecte ce pot fi curățate în băi cu ultrasunete:

- piese ce urmează a fi supuse diferitelor procedee de depunere de straturi subțiri (suruburi, etrieri etc.);
- piese de mecanică fină;
- piese turnate sub presiune: carburator, bloc motor și componente ale acestora;
- anexe vitale ale motorului (turbina, egr etc.)



4. Spalarea

După spălarea exterioară a autovehiculelor introduse în unitățile de reparații auto și golirea carterelor de lubrifianți se procedează la demontarea elementelor componente ale tuturor subansamblurilor. Piesele mici se așează în containere metalice speciale ce sunt transportate de

conveiere la instalațiile de spălare și degresare, iar cele mari sunt așezate individual pe benzi. În instalațiile de curățire tip tunel, piesele trec succesiv prin patru compartimente (Fig. 1). În primul se face o degresare cu soluție alcalină; în al doilea se procedează la o încălzire cu abur; în al treilea se execută o spălare cu apă caldă, iar în al patrulea are loc uscarea cu abur

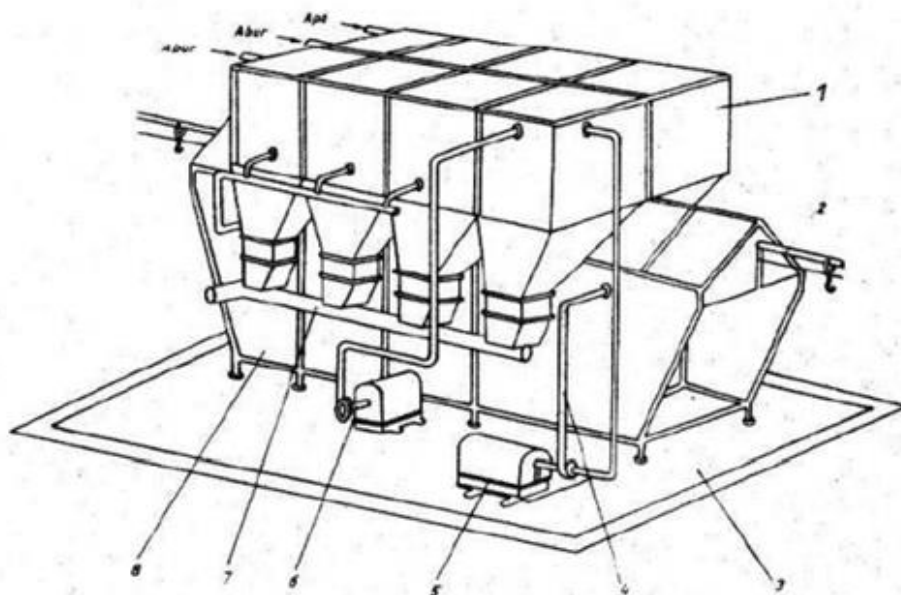


Fig. 1 Instalație de spălare tip tunel: 1 – schimbătoare de căldură; 2 – linie pentru transportul containerelor cu piese; 3 – platformă; 4 – conducte; 5,6 – pompe pentru injectarea soluției de spălare; 7 – tubulatură; 8 – tunelul de spălare.

5. Concluzii

Curățarea cu ultrasunete este o metodă de curățare a suprafeței solidelor în lichide de spălat, în care vibrațiile cu ultrasunete sunt introduse în lichid într-un fel sau altul. Utilizarea ultrasunetelor, de obicei, accelerează semnificativ procesul de curățare și îmbunătățește calitatea acestuia. În plus, în multe cazuri este posibil să înlocuiești solvenții inflamabili și toxici cu detergenți mai siguri fără a pierde calitatea curățării. Curățarea cu ultrasunete este utilizată în multe industrii, în repararea mașinilor și mecanismelor, în bijuterii și restaurări, în medicină etc. Curățarea are loc datorită acțiunii combinate a diferitelor efecte neliniare care apar într-un lichid sub influența vibrațiilor ultrasonice puternice. Aceste efecte sunt: cavitația, curenții acustici, presiunea sonoră, efectul sonor-capilar, dintre care cavitația joacă un rol decisiv. Bulele de cavitație, care pulsează și se prăbușesc în apropierea poluării, le distrug. Acest efect este cunoscut sub numele de eroziune cavitațională.

Pentru curățarea cu ultrasunete este important să selectați soluția corectă de curățare astfel încât să dizolve efectiv sau să emulsioneze contaminanții, în timp ce, dacă este posibil, să nu afecteze suprafața de curățat. Această ultimă circumstanță este deosebit de importantă, deoarece ultrasunetele accelerează în mod semnificativ procesele fizico-chimice din lichide, iar un detergent agresiv poate deteriora rapid suprafața.

Curățarea cu ultrasunete nu trebuie utilizată atunci când rezistența la cavitație a suprafeței care trebuie curățată este mai mică decât rezistența la contaminare.

De exemplu, atunci când îndepărtați pelicule lipicioase de pe piese din aluminiu, există o mare probabilitate de distrugere a pieselor în sine. Trebuie amintit din lecția de chimie din clasa a VII-a că aluminiul interacționează cu apa, cu eliberarea de hidrogen și hidroxid de aluminiu. Este protejat de o

peliculă de oxid. Care poate fi ușor distrus. Concentrația optimă a soluției de lucru este selectată experimental.

La curățarea oțelurilor foarte aliate, este de dorit clătirea cu apă distilată. Pentru a neutraliza reziduurile alcaline, se recomandă clătirea cu o soluție slabă de acid citric. Concentrația soluției de lucru și a soluției de spălare este ajustată cu un ionometru (pH-metru) sau hârtie de turnesol.

Curățarea cu ultrasunete permite înlocuirea muncii manuale, accelerând astfel procesul de curățare, obținând un grad ridicat de curățenie a suprafeței, eliminând practic utilizarea solvenților inflamabili și toxici.

În plus, în astfel de băi, este posibilă curățarea zonelor greu accesibile din produse fără utilizarea de solvenți organici, ceea ce este imposibil cu alte metode de curățare.

În plus față de aceste avantaje, curățarea cu ultrasunete are, de asemenea, caracterul ecologic și siguranța procesului care se desfășoară. Băile nu au efecte nocive sau negative asupra mediului sau sănătății umane; o astfel de curățare nu este toxică sau dăunătoare.

6. Bibliografie

1. **Nanu, A.** – *Tehnologii neconvenționale*, Editura Augusta, Timișoara, 2003.
2. Gârleanu G., Gârleanu D., Borda C., Popovici V, Arsene D., Luchian C., - *Tehnologii de fabricație*, Editura Printech, 2018.
3. **Amza, Gh., Rîndașu, V.O., Dumitru, G.M., Amza, C.Gh.** – *Tratat de tehnologia materialelor* (2 vol.), Editura Academiei Române, București, 2002.
4. **Bolunduț, I.L.** – *Știința și ingineria materialelor*, Editura Junimea, Iași, 2010.
5. **Mihăilă, I** – *Tehnologii neconvenționale* (ediția a 2-a), Editura Universității din Oradea, 2003.
6. **Nagy, I.I.** – *Ultrasunetele și utilizarea lor*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982.

RESEARCH REGARDING THE WELDING BEHAVIOR OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL AISI 304L

MĂRĂȘESCU Cristian

Facultatea:FIIR, Specializarea:IMPSC, Anul de studii: II, e-mail: marasescu.cristian20@yahoo.com

Conducător științific: Prof. Dr. Ing Ionelia Voiculescu

The paper presents the problems that occur when welding X5CrNi18-10 austenitic steel (304) using different welding processes. The welding processes used to perform the weldability tests were GTAW (WIG) and SMAW (SMEI). The choice of these welding processes was made considering the reduced thickness of the plates used in the study, of 5 mm. Welding problems were identified in all three welded samples. The main problems that occur when welding these types of steels are: intercrystalline corrosion; excessive deformation; hot cracking. After welding, the samples were subjected to non-destructive tests: visual examination, penetrating liquids (LP) and penetrating radiation (X-rays). Imperfections were identified due to the inadequate preparation of the joint, due to the melting method and lack of experience of the welder. Some of the imperfections could have been eliminated if technological shets were used at the ends of the welded plates, to start and stop the electric arc outside of the weld.

Introducere

Oțelul 304 face parte din clasa aliajelor înalt aliate inoxidabile cu microstructură austenitică. Elementul de aliere principal este Cr care determină formarea, pe suprafața oțelului, a unui strat pasiv de oxid foarte subțire, aderent, dens și impermeabil, greu solubil, care împiedică pătrunderea ionilor cu acțiune corozivă (Cl, S, F) spre matricea metalică. Pentru formarea acestui strat protector este necesară prezența O₂ în mediul activ (sau altfel spus mediul trebuie să fie oxidant) astfel încât să fie asigurate condiții pentru refacerea permanentă a peliculei protectoare de oxid de crom. În mediile slab oxidante sau neoxidante, obținerea rezistenței la coroziune se asigură prin adăugare de Ni [1-4].

Oțelurile inoxidabile austenitice conțin în general mai puțin de 0,15%C, această cantitate fiind în întregime solubila în austenită când temperatura este mai mare de 1000°C. Rezistența la coroziune nu crește monoton în funcție de conținutul de Cr, ci prezintă un salt în jurul unei concentrații de aproximativ 12% Cr la care se adaugă și alte elemente (Ni, Cu, Mo, Mn, etc). De aceea oțelurile inoxidabile sunt considerate aliajele Fe-Cr-C ce conțin minim 12 – 12,5% Cr[5-8].

Oțelurile austenitice cu Cr-Ni curențe sunt relativ puțin rezistente la coroziunea sub tensiune și mai scumpe decât cele feritice aliate doar cu Cr, care însă se sudează dificil și au o plasticitate relativ scăzută. Caracteristicile speciale ale acestora, precum rezistența la coroziune, rezistența la temperaturi înalte și la oxidare, sunt obținute prin aliere cu mai mult de 13% Cr și adăugarea de elemente precum Ni, Mo, Mn, Si, N, Ti, Co. Marca uzuală este reprezentată de oțelul 18/8 care are în jur de 18%Cr și 8% Ni. Oțelurile inoxidabile refractare au rezistență mecanică bună la temperaturi în domeniul 500 ÷ 600°C. Oțelurile austenitice nu sunt durificabile prin călire, prezenta carbonului determinând formarea de carburi (în special carburi de crom) ce înrăutățesc rezistența la coroziune. Expunerea în domeniul de temperaturi 600 – 900°C mai mult de 60 de secunde determină demararea unui proces de precipitare a carburii M₂₃C₆. [9-12]

Nichelul adăugat în procente de până la aprox. 30 % determină creșterea rezistenței la coroziune în medii cu acid sulfuric și sulfat diluat. Combinat cu Mo (0 - 6%), Ni exercită o influență favorabilă în medii clorurate și amestec de halogeni, în timp ce Mo crește în general rezistența în medii acide și clorhidrice diluate. În medii reducătoare, aliajele Ni – Mo fără fier sunt mult mai performante decât

oțelurile inoxidabile. Adăsurile suplimentare de Cu (aprox. 3%), determină ameliorarea rezistenței la coroziunea localizată în mediu cu ioni de S și N (aprox. 0,25%).

Principalele însușiri ale oțelurilor din această clasă se datorează microstructurii lor preponderent austenitice. În sistemul Fe-Cr o asemenea microstructură poate fi obținută prin aliere cu Ni sau în combinație cu alte elemente gamagene: Mn, C sau N₂. Compoziția chimică clasică din care ulterior au apărut multe mărci diferite este cea cu 18% Cr și 8% Ni, având un conținut în carbon de 0,1%C (în prezent conținutul de carbon s-a redus foarte mult pentru creșterea rezistenței la coroziune, ajungând la 0,02%C) [13-14].

Lucrarea prezintă problemele care apar la sudarea oțelului austenitic X5CrNi18-10 (304) utilizând diferite procese de sudare. Procesele de sudare utilizate pentru efectuarea testelor de sudabilitate au fost GTAW (WIG) și SMAW (SMEI). Alegerea acestor procese de sudare a fost făcută luând în considerare grosimea redusă a plăcilor utilizate în studiu, de 5 mm. Problemele de sudare au fost identificate în toate cele trei probe sudate. Principalele probleme care apar la sudarea acestor tipuri de oțeluri sunt: coroziunea intercristalină; deformare excesivă; crăpături fierbinți.

După sudare, probele au fost supuse unor teste nedistructive: examinare vizuală, lichide penetrante (LP) și radiații penetrante (raze X). Imperfecțiunile au fost identificate datorită pregătirii inadecvate a articulației, datorită metodei de topire și lipsei de experiență a sudorului. Unele dintre imperfecțiuni ar fi putut fi eliminate dacă ar fi fost folosite plăci tehnologice la capetele plăcilor sudate, pentru a porni și opri arcul electric în afara sudurii.

1. Programul experimental

2.1. Debitarea probelor din oțel AISI 304

Pentru realizarea procedurii de debitare a probelor, cotele se introduc într-un program MAGICTOOL, ce este în strânsă legătură cu echipamentul de tăiere cu plasma CNC SOITAAB (fig. 1). Cotele dimensionale ale tablelor debitate au fost;

- **Grosimea** – 5mm;
- **Dimensiuni** – 100x150mm;

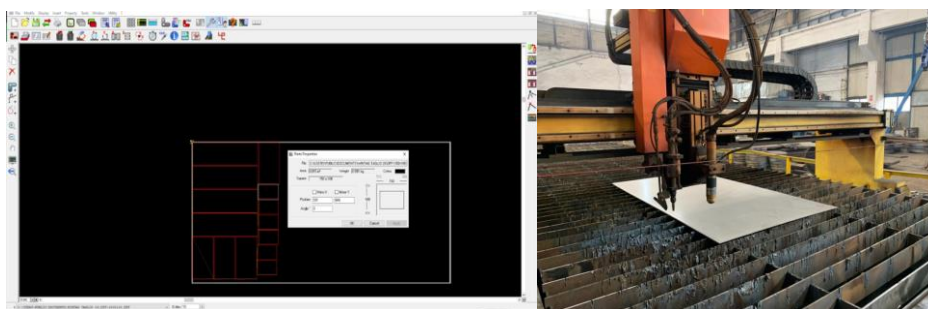


Fig. 1. Realizarea procesului de debitare a placilor pentru testarea sudabilitatii oțelului AISI 304

2.2. Curățarea suprafețelor

Curățarea suprafețelor probelor debitate s-a realizat cu un tampon din bumbac curat îmbibat cu soluție de etanol iar muchiile au fost polizate cu disc abraziv, apoi cu o perie cu sârma din oțel inoxidabil (fig. 2 și 3).



Fig. 2. Plăcile din oțel 304 înainte de curățire.



Fig. 3. Suprafața plăcii după degresarea cu etanol.

2.3. Pregătirea rostului

Datorită grosimii destul de mici a pieselor, rostul s-a prelucrat în “V”. Prelucrarea s-a realizat cu disc abraziv. Pentru menținerea în poziția corectă la sudare, au fost atașate plăcuțe de capăt la ambele capete ale sudurii (fig. 4).



Fig. 4. Prelucrarea rostului în “V”.

2.4. Alegerea procedeeelor de sudare si materialelor de adaos

Procedeele alese pentru sudarea celor 3 probe au fost:

- **GTAW (WIG);**
- **SMAW (SMEI);**

Pentru a putea observa mai bine și a distinge cât mai corect problemele la sudare, s-a stabilit ca probele să fie sudate în 3 moduri diferite (fig. 5 și 6):

- **Proba 1** – Rădăcina WIG și umplerea rostului WIG +SMEI
- **Proba 2** – Rădăcina WIG și umplerea rostului WIG
- **Proba 3** – Rădăcina WIG și umplerea rostului SMEI

Pentru umplerea rostului la sudare au fost alese următoarele materiale de adaos:

- – Bagheta **BOHLER ER316L (EN ISO 14343)** , cu dimensiunile $\text{Ø } 2.4 \times 1000 \text{mm}$ pentru procedeul **GTAW (WIG)** ;
- Electrode **BOHLER ER 316L-17 (EN ISO 14343; EN ISO 3281-A)**, cu dimensiuni $\text{Ø}3.2 \times 350 \text{mm}$ pentru procedeul **SMAW (SMEI)** ;;

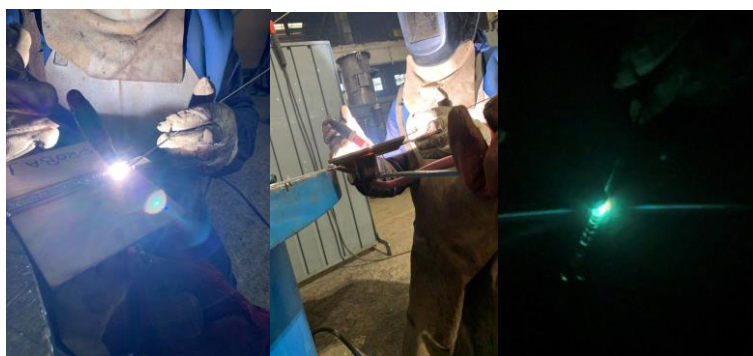


Fig. 5. Sudarea GTAW (WIG) cu protecție la rădăcină cu gaz inert.

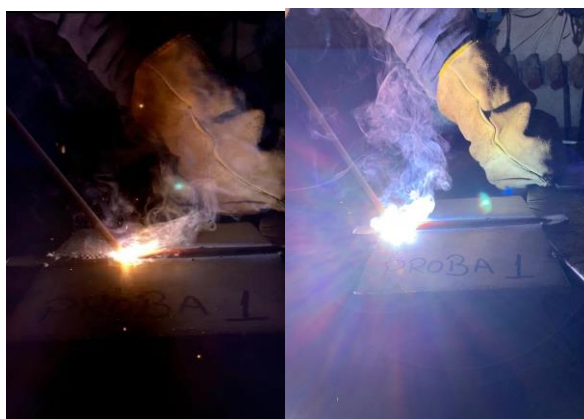


Fig. 6. Sudarea cu arc învelit SMAW (SMEI).

2.5. Controlul defectoscopic nedistructiv

Pentru evidențierea imperfecțiunilor apărute după sudare au fost utilizate trei metode de control defectoscopic nedistructiv:

- a) **Controlul optico-vizual**, care a vizat identificarea abaterilor de la forma geometrică, dezaxarea tablelor în rost, formarea de stropi, apariția craterelor la începutul și sfârșitul sudurii. Astfel de imperfecțiuni au fost identificate mai ales în cazul probei 1 (fig. 7). În acest caz s-a produs o decalare a tablelor deși au fost immobilizate cu plăcuțe tehnologice. Prinderea nu a fost suficient de fermă și regimul de sudare a fost prea intens, astfel că s-a produs o deformare unghiulară a plăcilor în zona de sudare.



Fig. 7. Aspectul sudurii și identificarea imperfecțiunilor pentru Proba 1

După sudare s-a realizat eliminarea stropilor de pe suprafețele tablelor sudate și curățarea acestora cu etanol, ocazie cu care s-au depistat imperfecțiuni cum au fost: polizarea excesivă, por superficial (2017), retasură de crater deschisă (2025), topire incompletă (401), nealiniere axială (507).

În cazul probei 2 (fig. 8), principalele imperfecțiuni identificate au fost: **507** - nealiniere axială, **401** - topire incompletă. Din vederea laterală se observă că deformațiile remanente au fost mai reduse în acest caz.



Fig. 8. Aspectul sudurii și identificarea imperfecțiunilor pentru Proba 2



Fig. 9. Aspectul sudurii și identificarea imperfecțiunilor pentru Proba 3

În cazul probei 3 (fig. 9) au fost identificate următoarele imperfecțiuni: **2017** – por superficial, **401** – topire incompletă, **ZIT** – mai extins, film de zgură, zone cu polizare excesivă
Din vederea laterală se observă că deformarea pieselor a fost minimă în acest caz.

b) Controlul cu lichide penetrante (LP);

Prin aplicarea acestei metode de control pot fi puse în evidență defecte de suprafață, sau cu deschidere la suprafață. Pentru controlul nedistructiv cu lichide penetrante s-au folosit următoarele materiale consumabile:

- Degresant SKC-S; Pentrant P125, Developant R175

Valorile parametrilor de control LP au fost:

- Timp penetrare – 20 minute

- Timp dezvoltare 10 minute



Fig. 10. Lichidele utilizate pentru controlul cu lichide penetrante.

În urma controlului s-au depistat doar mici defecte apărute la capetele pieselor sudate (la piesele P1 și P2), respectiv mici cratera de început și sfârșit de sudură) (fig.11).

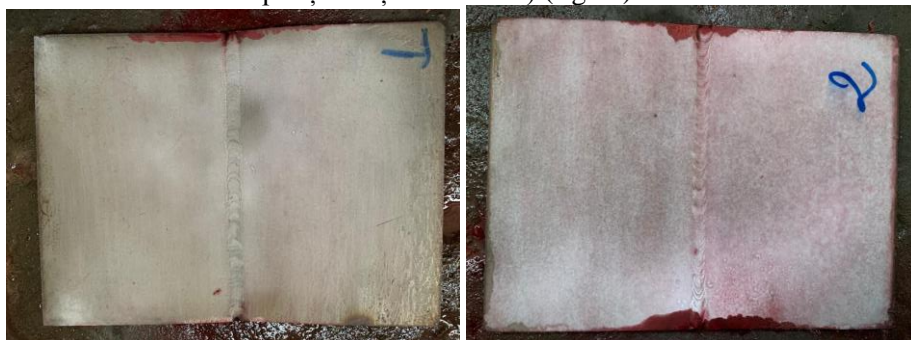


Fig. 11. Localizarea defectelor la capetele sudurilor în cazul probelor 1 și 2.

c) Controlul cu radiații penetrante

Controlul cu radiații penetrante vizează evidențierea defectelor interioare sau exterioare, cu sau fără deschiderea la suprafață. Această metodă a fost utilizată pentru că la grosimi atât de mici (5mm) alte metode, cum ar fi controlul cu ultrasunete sau controlul cu pulberi magnetice nu se pot aplica. Controlul cu pulberi magnetice nu se poate aplica la oțelurile austenitice, care nu prezintă magnetism propriu sau indus prin magnetizare, deci care nu permit acumularea pulberilor magnetizate în zonele cu defecte.

Controlul cu ultrasunete este limitat în acest caz din două motive principale. În primul rând, oțelurile austenitice prezintă grăunți maclați, cu alunecări dirijate de atomi în plane paralele, care pot să determine devierea semnalului ultrasonic cu indicație falsă de defect. În al doilea rând, la table subțiri, palpatoarele ultrasonice nu au suficientă acuratețe de măsurare, acestea având un domeniu de incertitudine de circa 3-4mm unde nu pot depista defectele superficiale. Acest

domeniu , numit *iarba sonică*, este aproape egal cu grosimea pieselor analizate în lucrare, fapt pentru care nu s-a utilizat această metodă în cadrul studiului din lucrare.

În fig. 12 și 13 se prezintă imaginile filmelor radiografice după expunere și dezvoltare.

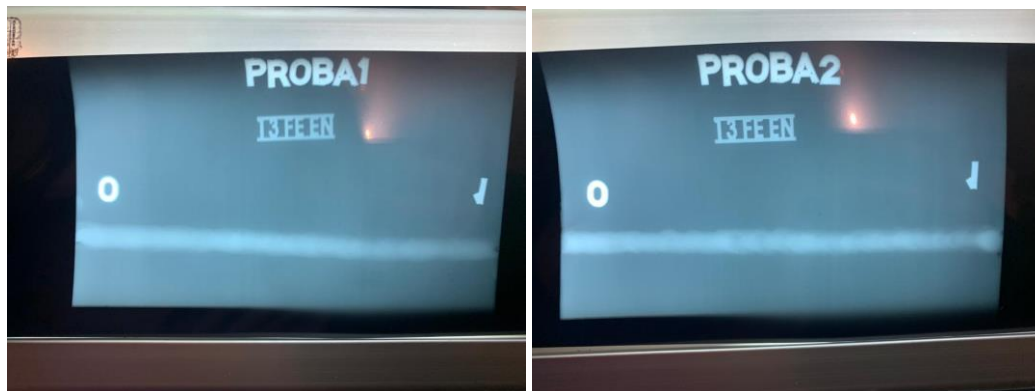


Fig. 12. Imagini ale filmelor radiografice la controlul cu Radiații penetrante pentru probele 1 și 2.

Se poate observa pe filmele radiografice că nu sunt imperfecțiuni majore care să descalifice probele 1 și 2.

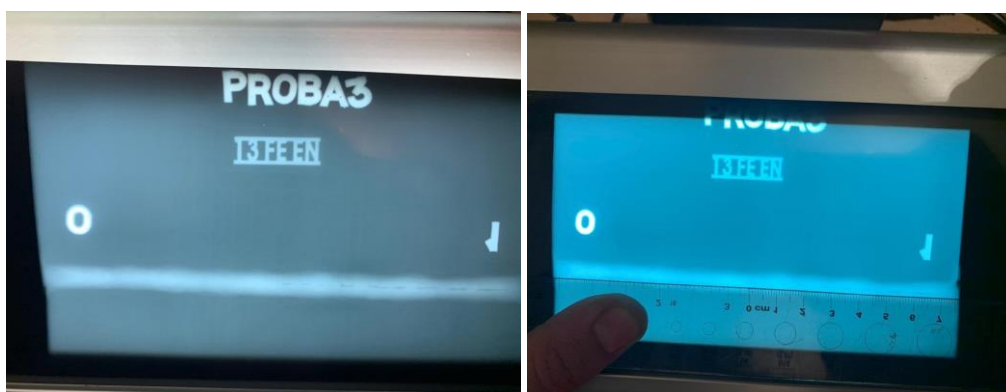


Fig. 13. Imagini ale filmelor radiografice la controlul cu Radiații penetrante pentru proba 3.

În cazul probei 3 lucrurile stau diferit, deoarece s-a identificat o lipsă de topire pe axa cusăturii, ceea ce a determinat descalificarea probei sudate P3.

3. Concluzii

1. Rezultatele controlului cu RX au descalificat proba 3, care fusese acceptată la controlul LP.
2. La probele 1 și 2 au apărut mici defecte, în special la capetele cordoanelor de sudură, identificate la controlul nedistructiv cu lichide penetrante.
3. Ca urmare a curățirii prin polizare, pe suprafețele adiacente rostului tot stratul de oxid de crom care asigură protecția oțelului la coroziune a fost distrus, imperfecțiunea fiind de polizare excesivă.
4. Dacă va fi supusă proba sudată la teste de coroziune, se va înregistra ruginirea pe toată suprafața polizată.
5. Procedeele de curățare corecte/adevrate sunt degresarea și decaparea, eventual, se poate utiliza o perie din oțel inoxidabil pentru îndepărtarea peliculelor aderente.
6. Eliminarea decalării pieselor și a defectelor de la capetele sudurilor se poate face prin prinderea mai rigidă a unor plăcuțe tehnologice mai mari, care să permită sudarea în afara zonei efective a sudurilor probelor.

4. Bibliografie

- 1) PDF Cromul, profesor Dr. Ing. Ionelia Voiculescu.
 - 2) PDF Oteluri inoxidabile austenitice, profesor Dr. Ing. Ionelia Voiculescu.
 - 3) AFSS – I. Voiculescu, V. Geanta, I.M.Vasile, Ed. Printech, 2016.
 - 4) http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=100#1
 - 1) <https://www.sudura.com/site2014/noutati-info/despre-procedeele-de-sudare-debitare/76-smeimma>
 - 4) <https://etalonmag.ro/electrozi-otel-inoxidabil/bohler/electrozi-otel-inoxidabil-bohler-aws-e3081-17-f25>
 - 5) <https://www.sudura.com/site2014/noutati-info/despre-procedeele-de-sudare-debitare/77-desprewigtig>
 - 6) <http://magnum.engineering.upm.ro/~gabriela.strnad/CURS%20AVANSAT%20DE%20MATERIALE%20-%20curs%20masterat/2%20CURS/Oteluri%20inoxidabile.pdf>
 - 7) D. N. Wasnik et al., Resistance to sensitization and intergranular corrosion through extreme randomization of grain boundaries, Acta Materialia, 2002:50, p4587-4601.
 - 8) M. Shimada et al., Optimization of grain boundary character distribution for intergranular corrosion resistant 304 stainless steel by twin-induced grain boundary engineering, Acta Materialia, 2002:50, p2331-2341.
 - 9) T. Sourmail et al., Sensitisation and Evolution of Chromium-depleted Zones in Fe-Cr-Ni-C systems, ISIJ International, 2003:43, p1814-1820 .
 - 10) C. Too, MPhil thesis, University of Cambridge, 2002 .
 - 11) T. Sourmail, Review: Precipitation in Creep-Resistant Austenitic Stainless Steels, Mater. Sci. Techn. 2001:17, p1-14.
 - 12) T.Sourmail and H. K. D. H. Bhadeshia, Simultaneous precipitation reactions in austenitic stainless steels
 - 13) W. E. Mayo, Predicting IGSCC/IGA susceptibility of Ni-Cr-Fe alloys by modeling of grain boundary chromium depletion, Mater. Sci. Eng. A, 1997:232, p129-139
 - 14) T. G. Gooch et al., Weld decay in austenitic stainless steel, The Welding Institute, Cambridge, 1975
- STAINLESS STEELS IN ARCHITECTURE, BUILDING AND CONSTRUCTION: GUIDELINES FOR CORROSION PREVENTION (2001)

Ciocănitorea Mecanica

PETRICEANU Alexandru Daniel, GÎDIUȚĂ Ioana, DIACICOV Călin Marian
Colegiul Național „Mihai Viteazul”, Profil: matematică-informatică, clasa a 11-a, email:
alexandru.daniel.petriceanu@cnmv.ro

Conducător Științific : Ș.l.dr.ing. Ștefan Constantin PETRICEANU, conf.dr.ing. Dan NIȚOI

Rezumat

Lucrarea de față se referă la modul în care poate fi simulat și analizat comportamentul ciocănitorei în vederea detectării integrității structurale a pomilor fructiferi, dar și a celor ornamentali din parcuri și/sau alei. Scopul demersului este de a ajuta atât fermele de mărimi mici și medii, dar și inginerii silvicultori să identifice exemplarele cu probleme și să le elimine. În caz contrar vor fi perpetuate pierderile economice ca urmare a producției necorespunzătoare a livezilor dar și riscurile legate de prăbușirile necontrolate ale copacilor. În debutul articolului, din studiul bibliografic au fost selectate articolele cu preocupări similare, reținându-se metodologiile care puteau fi utile prezentului proiect. A fost concepută apoi dezvoltarea teoretică a unei “ciocănitorei mecanice” dotate cu dispozitive de fixare și lovire a lemnului la forțe și impulsuri comparabile cu cele ale unei ciocănitore reale. Dispozitivul va dispune de o parte electronică, de comandă a ansamblului, precum și de una electrică care va efectua mișcările necesare la frecvența, viteza și forța predefinite. De asemenea au fost prevăzuți senzori piezoelectrice care să preia semnalul generat de “ciocănitorea mecanică” și pe care să îl transmită către softul de prelucrare, scris în limbajul de programare C++. Simulările efectuate pe diferite tipuri de lemn cu stări de degradare variabile au dovedit fezabilitatea modelului.

Introducere

Încă din 2001, se poate nota existența unor prime încercări de a determina degradarea copacilor, la început prin intermediul ultrasunetelor [1], încercându-se o metoda la fel ca cea prezentată în situația de față, neinvazivă, dar mai puțin eficientă, din cauza problemelor de cuplare acustică dintre sonotrod (emițătorul de ultrasunete) și senzorul piezoelectric (receptorul de ultrasunete). De asemenea, s-au încercat și metode ce utilizau tehnica de termografie în infraroșu, care totuși au inconveniente majore pentru că în vederea asigurării acurateții rezultatelor este necesară o intervenție vătămătoare asupra copacului prin afectarea scoarței acestuia. În alt studiu [3] se poate nota încercarea cercetătorilor de a determina când un copac nu mai poate fi salvat din cauza integrității sale scăzute, acest lucru fiind totuși determinat prin tăierea copacilor atât sănătoși, cât și a celor bolnavi. De asemenea, în 2017 acest aspect a fost dus un pas mai departe, încercându-se un model mai exact [4]. Cu toate acestea, o analiză a metodelor de a determina dacă un copac este bolnav sau nu a început încă din 1988, când totuși nu erau descoperite toate metodele [5].

Materiale și metode

a) Materiale

Au fost utilizate următoarele materiale Imprimanta 3D Creality cr-10s pro, material PLA, software Fusion 360 (pentru modelul CAD) și Sublime Text 3 (pentru scrierea codului ce face posibilă funcționarea “ciocănitorei mecanice”), servo GoBilda Superspeed (viteza de $0.15^\circ/\mu\text{sec}$), senzor Piezoelectric (frecvența: 6.3 kHz, Impedanță: 1 kOhm, Capacitate Frecvența 10000 pF @ 1 kHz, Tensiune maximă de alimentare

3V ac, Diametru: 20mm), laptop HP Pavillion 15, centura textila cu prindere, lemn (probe standardizate de ex 50 x 50 x 400 mm, secțiune pătrat și secțiune rotundă cu diametrul de 200mm, 400 mm și 600 mm).

b) Metode

Pentru început a fost elaborat suportul teoretic al sistemului fizico-matematic și au fost modelate și simulate acțiunile pe care o ciocănitore le desfășoară natural atunci când caută larvele sub scoarța de copacilor bolnavi. Din literatura de specialitate au fost identificate relațiile care modelează fenomenele fizice și au fost aranjate corespunzător în vederea utilizării lor ulterioare în software-ul de simulare.

Ecuția de propagare a unei mecanice într-un material este:

$$\Psi(t, x) = A \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad [1]$$

Unde: t – este timpul de propagare, x – este distanța de propagare, A – amplitudinea unei, T – perioada unei, λ – lungimea de undă.

Într-un material solid se pot propaga mai multe tipuri de undă: longitudinale, transversale, Love, Rayleigh, Lamb etc.

Pentru a extrage informații despre starea mediului de propagare a unei trebuie ca să fie cunoscute caracteristicile inițiale ale acesteia (frecvență, amplitudine, viteză de propagare) și să fie comparate cu cele obținute după ce unda parcurge proba. În plus, deoarece în solid există mai multe tipuri de undă care pot fi generate simultan, este nevoie de separarea acestora pentru a fi siguri că se studiază caracteristicile aceleiași unde. Separarea cea mai simplă este realizată prin viteza de propagare, cea mai rapidă undă fiind cea longitudinală și deci prima care ajunge să fie înregistrată de senzorul piezoelectric receptor.

Viteza de propagare a undelor longitudinale în lemn este dată de relația:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [2]$$

unde: E – modulul de elasticitate longitudinal, ρ - densitatea materialului.

Sarcina electrica a senzorului Piezoelectric este dată de relația:

$$Q_{xx} = d_{xx} \cdot F_x \quad [3]$$

Unde: Q_{xx} – sarcina senzorului pe direcția normală la suprafață, F_x – forța mecanică pe direcție normală, d_{xx} – constantă de material ($d_{xx} = -5 \cdot 10^{-9}$ pentru materialul considerat).

Starea de integritate sau de degradare a lemnului va fi evaluată pe baza variației densității acestuia.

Cunoaștem că:

$$F_x \cdot t = m \cdot v \quad [4]$$

Unde: m - este masa mobilă ce lovește lemnul, v – reprezintă viteza cu care ajunge în punctul de impact, F_x – forța de acțiune, pe direcție normală a ansamblului.

Ținând cont de relațiile (2), (3) și (4) se poate deduce că:

$$\rho = \frac{E \cdot m^2}{(Q_{xx}/d_{xx} \cdot t)^2} \quad [5]$$

Unde parametri implicați păstrează semnificațiile anterioare.

Din literatura de specialitate au fost luate valorile pentru modulul de elasticitate longitudinală și densitatea lemnului de molid: $E = 1100 \cdot 10^6 [N/m^2]$, $\rho_0 = 571 [kg/m^3]$.

În limbajul de programare C++ a fost scris un program care simulează propagarea undei prin diferite tipuri de lemn degradat. Această degradare este obiectivizată de algoritm prin raportul densităților $\rho/\rho_0 \cdot 100[\%]$. Au fost considerate, pentru a fi verificate în practică 3 situații posibile: lemn 100 [%] sănătos, lemn degradat în proporție de 20 [%], lemn degradat în proporție de 40 [%] sau mai mult.

Timpul scurs din momentul în care “ciocănitorea mecanică” lovește proba și până când unda ajunge la senzorul piezoelectric este înregistrat cu o precizie de 10^{-12} secunde.

În vederea optimizării programului experimental au fost mai întâi elaborate și testate virtual diferite variante și configurații de măsurare, având în vedere caracteristicile mai multor tipuri de lemn (rășinos - molid, esență tare – fag, esență moale - plop) cu densități ρ_0 diferite dar și module de elasticitate, respectiv viteze de propagare a undelor longitudinale, specifice.

Câteva secvențe ale codului sursă responsabile de cele afirmate mai sus se prezintă în figura 1.1.

Modelul 3D al “ciocănitorei mecanice” se prezintă în figura 2.1, „ciocanul” este reprezentat în figura 2.2 iar acționarea servo în figura 2.3.

```
#include <Servo.h>
#include <math>
#include <fstream>
#include <ctime>

const int ledPin = 15;
const int piezoSensor = 0;
const int threshold = 100;
const int MAX_TESTS = 15;
const double distance = 11.;

int iter=0;
int state = 0;

std::chrono::duration<double> elapsed_seconds;
std::ofstream fout("valori.txt");

Servo ciocanitoare;

double transform (int voltage) {
    double q = voltage/distance;
    return q;
}

void setup() {
    ciocanitoare.attach(0);
    ciocanitoare.write(0);
    delay(15);
}

void loop() {
    if(state==0) {
        ciocanitoare.write(15);
        delay(15);
        auto start = std::chrono::system_clock::now();
        auto end = std::chrono::system_clock::now();
        elapsed_seconds = end-start;
        state = 1;
        ciocanitoare.write(0);
    }
    if(state==1) {
        int reading = analogRead(piezoSensor);
        if(reading >= threshold) {
            fout << transform(reading) << ' ' << elapsed_seconds << '\n';
            delay(1000);
            iter++;
            if(iter>MAX_TESTS)
                state = 2;
            else
                state = 0;
        }
        delay(100);
    }
    if(state==2) {
        return;
    }
}

1 #include <fstream>
2 #include <math>
3 #include <iostream>
4
5 const double E = 11e9;
6 const double d = -5e-9;
7 const double ro0 = 571;
8 const double m = 12;
9
10 std::ifstream fin("valori.txt");
11
12 double procent(double Q, double t) {
13     double Fx = Q/d;
14     double ro = E/pow((Fx*t/m), 2);
15     return ro/ro0;
16 }
17
18 int main() {
19     double Qmed=0., tmed=0, q1, t1;
20     int iter = 0;
21     while(fin >> q1 >> t1) {
22         Qmed += q1;
23         tmed += t1;
24         iter++;
25     }
26     Qmed /= iter;
27     tmed /= iter;
28     std::cout << procent(Qmed, tmed);
29     return 0;
}
```

Fig. 1.1

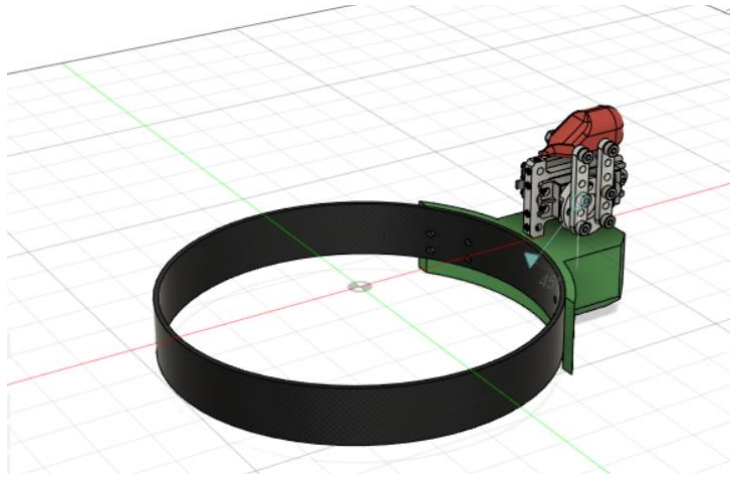


Fig. 2.2

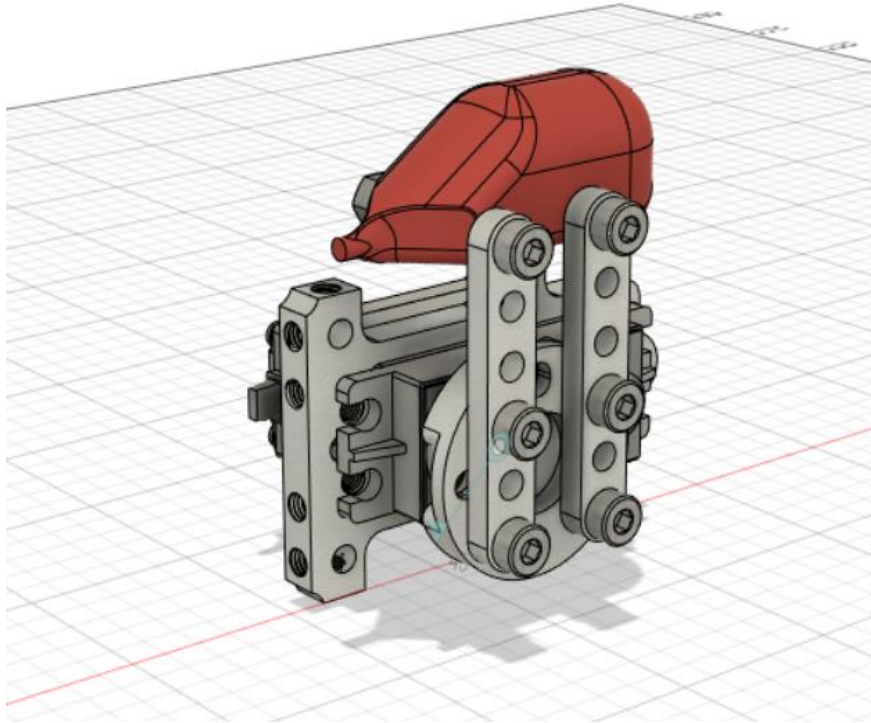


Fig. 2.3

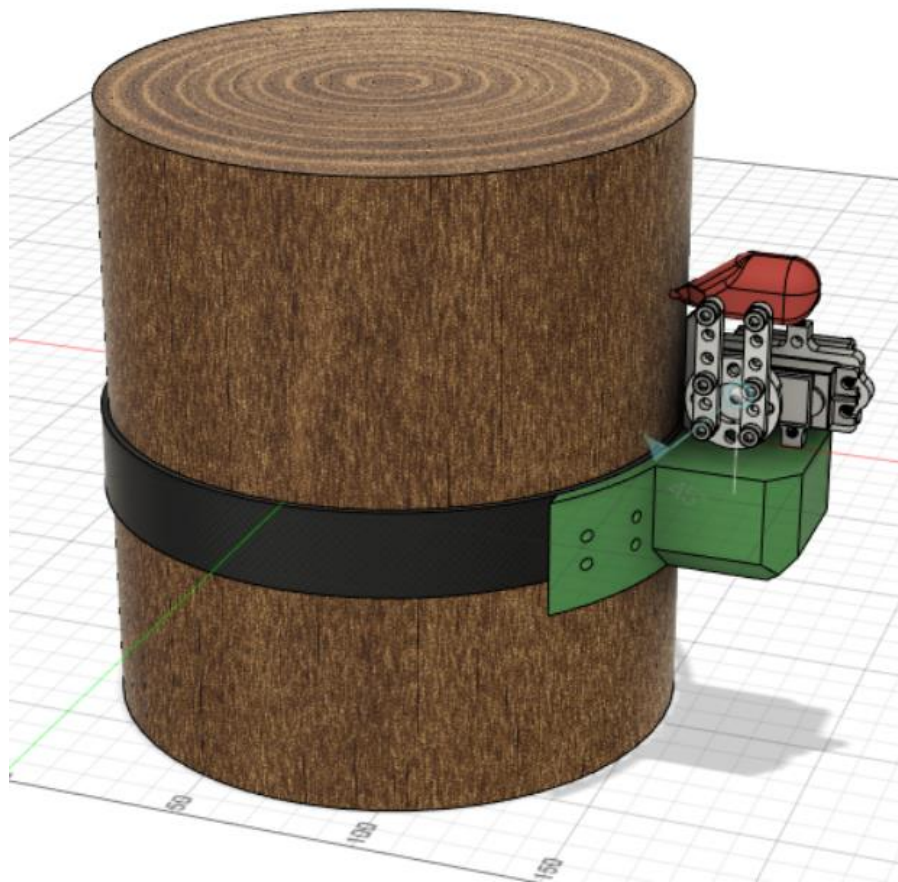


Fig 2.1

Rezultate și discuții

Au fost determinați prin simulare, pentru cele 3 tipuri de lemn (rășinos - R, esență tare - ET și esență moale - EM) corespunzătoare celor 3 stări de degradare (lemn sănătos 100%, lemn sănătos 80%, lemn sănătos 60%), și celor 2 tipodimensiuni (secțiune circulară cu diametrul de 400 și 700 de mm), parametrii de propagare ai undei generate de “ciocănitoarea mecanică”, conform tabelului numărul 1.

Se observă că vitezele de propagare cele mai mari de 4490 [m/s] se obțin pentru esențele de lemn tare cu starea de integritate 100 [%], în timp ce cele mai mici valori se înregistrează pentru esențele moi, cu starea de integritate cea mai degradată, respectiv 2586 [m/s].

Programul permite cunoașterea timpului de propagare pentru fiecare dimensiune individuală introdusă de utilizator. Prin urmare este posibil ca pe baza comparării cu situația reală să fie calculată densitatea reală a probei și starea de degradare a structurii interne a materialului lemnos.

Tabelul nr.1

Nr.crt.	Tip lemn	Tipodimensiune Ø[mm]	Integritate ($\rho/\rho_0 \cdot 100$)[%]	Viteză unde longitudinale v [m/s]	Timp propagare t [s]
1.	R	400	100	4082.00	0.000098
2.	R	400	80	3334.00	0.000119
3.	R	400	60	2586.40	0.000154
4.	ET	400	100	4111.00	0.000097
5.	ET	400	80	3357.40	0.000119
6.	ET	400	60	2603.80	0.000153
7.	EM	400	100	4490.00	0.000088
8.	EM	400	80	3660.60	0.000109
9.	EM	400	60	2831.20	0.000141
10.	R	700	100	4082.00	0.000171
11.	R	700	80	3334.00	0.000209
12.	R	700	60	2586.40	0.000270
13.	ET	700	100	4111.00	0.000170
14.	ET	700	80	3357.40	0.000208
15.	ET	700	60	2603.80	0.000268
16.	EM	700	100	4490.00	0.000155
17.	EM	700	80	3660.60	0.000191
18.	EM	700	60	2831.20	0.000247

Concluzii

Lucrarea prezentă arată modul în care este posibilă măsurarea gradului de degradare al unui arbore în mod neinvaziv, prin eliminarea limitărilor existente până în prezent de utilizarea frecvențelor ultrasonore sau a termografiei în infraroșu. Aplicabilitatea metodei este vastă: de la fermele de mărime mică sau medie care au nevoie să cunoască ce pomi fructiferi sunt afectați major și care nu mai dau productivitatea așteptată, continuând cu identificarea arborilor din zonele urbane cu potențial de risc pentru securitatea oamenilor și a bunurilor și până la proprietarii de păduri care sunt interesați să știe ce copaci ar trebui recoltați pentru că au probleme structurale. Perspectivele dezvoltării metodei se pot îndrepta spre verificarea prin experiment a rezultatelor obținute prin simulare numerică și diversificarea codului sursă al software-ului, în vederea modelării a unei varietăți mai mari de semnale, provenite de la mai multe tipodimensiuni de lemn și tipuri de esență lemnoasă.

Bibliografie:

- [1] Leininger, D. T., Schmoltdt, L. D., Tainter, H. F., Precision Forestry, "Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium", pp 99-107, 2001
- [2] Vidal, D., Pitarm, R., "Infrared Thermography Applied to Tree Health Assessment:A Review", Rev. "Agriculture" pp 1-15, 2019
- [3] Kane B., „Assessing the impact of decay on the structural integrity of trees”, 2009

[4] Oberle B, Ogle K, Zanne AE, Woodall CW (2018) When a tree falls: Controls on wood decay predict standing dead tree fall and new risks in changing forests. PLoS ONE 13(5): e0196712. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196712>

[5] DOLWIN, J.A., et al. "Detection of Decay in Trees." The Commonwealth Forestry Review, vol. 77, no. 4, 1998, pp. 277–280. JSTOR, www.jstor.org/stable/42608696

INGENUITY HELICOPTER - A NEW SPACE TECHNOLOGY

GOLOGAN Ioana-Elisa, IFTODE Ana-Lorena

Facultatea de Inginerie Aerospațială, Specializarea: Construcții Aerospațiale, Anul de studii: I, e-mail: gologan.elisa@yahoo.com

Conducător științific: Sl.dr.ing. **Marius DUMITRAS**

REZUMAT: Ingenuity is a small robotic helicopter and is part of NASA's Mars 2020 mission. It has been on Mars since February 18, 2021 and is destined to make the first motorized atmospheric flight on a planet beyond Earth. The main objective is to test the capabilities of such a device in the field of optical ground reconnaissance in this environment characterized by a very thin atmosphere that limits the lift and communication delays that prevent any direct control of the flight by a human operator. Because Ingenuity is classified as a technological demonstration and due to its small size, a lot of off-the-shelf consumer hardware was used for it. As a conclusion of the Ingenuity helicopter program, the Perseverance rover will begin to fulfill its ambitious scientific mission: searching for signs of ancient microbial life, characterizing the climate and geology of Mars, and collecting carefully selected evidence for future return to Earth.

CUVINTE CHEIE: elicopter, Marte, spațiu, tehnologie

1. Introducere

Ingenuity Helicopter – A new space technology, este un mic elicopter robotizat aflat pe Marte din 18 februarie 2021. Acesta este destinat să facă primul zbor atmosferic motorizat pe o planetă dincolo de Pământ și face parte din misiunea Mars 2020 NASA. [1]

Principalul său obiectiv este de a demonstra posibilitatea zborului unui elicopter pe Marte și furnizarea de date necesare pentru a ajuta la proiectarea unor elicoptere mai capabile în viitor. Unele dintre datele trimise de elicopter pot fi, de asemenea, utile în demonstrarea operațiunilor științifice de dovedire a conceptului sau pentru a sprijini investigațiile științifice auxiliare. [2]

2. Stadiul actual

La 19 aprilie 2021, elicopterul a efectuat primul zbor al unui aparat artificial în atmosfera planetei Marte. Ingenuity s-a ridicat la o înălțime de 3 m, unde a planat 30 de secunde. Apoi a urmat coborârea cu viteza de un metru/secundă. Acesta reprezintă primul zbor controlat, al unui dispozitiv pilotat la distanță, pe o altă planetă (în afara Pământului). [3]

3. Obiective

Primul obiectiv este demonstrarea faptului că este posibil un zbor motorizat într-o atmosferă cu o cantitate redusă de hidrogen. Atmosfera Marțiană este cu aproximativ 1% la fel de groasă ca cea a Pământului, ceea ce face foarte dificilă generarea portantei necesare zborului. De asemenea, un alt obiectiv, este demonstrarea posibilității zborului pe Marte. Testele de zbor de pe Marte vor informa echipa de ingineri de pe Pământ despre performanța reală, în adevăratul mediu de pe Marte, în comparație cu testele desfășurate pe Pământ. Inginerii vor rula elicopterul aproximativ 90 de secunde pentru fiecare zbor.

Utilizarea tehnologiei de zbor în miniatură în spațiu este un alt obiectiv. Pentru a se încadra în puterea utilă de pe suprafața rover-ului Perseverance (în care este atașat elicopterul Ingenuity), menținând în același timp capacitatea de a zbura în atmosfera subțire a lui Marte, Ingenuity a fost conceput pentru a fi cât mai ușor și compact posibil. Pe lângă faptul că trebuie să fie mici și ușoare, componentele

elicopterului au trebuit să fie testate la efort de ingineri, pentru a fi siguri că pot supraviețui temperaturilor reci și radiațiilor din spațiul adânc și de pe Marte. Calculatoarele sale de bord, bateriile, senzorii și încălzitoarele se încadrează într-un fuselaj de aproximativ dimensiunea unei cutii de țesut.

În plus, operarea autonomă a unui sistem aerian pe altă planetă sau lună este un alt scop dorit de acest program NASA. La fel ca roverul, elicopterul este prea departe de Pământ pentru a putea fi operat cu un joystick. Așadar, inginerii vor învăța să opereze vehiculul aerian de la multe milioane de kilometri distanță. Elicopterul este proiectat să zboare, să aterizeze, să comunice, să-și gestioneze energia și să se încălzească autonom. Algoritmii matematici inovatori vor permite zborul în atmosfera cu o densitate mică, vor urmări mișcările elicopterului și vor asigura că acesta rămâne pe traseul de zbor planificat. [4]

4. Structura

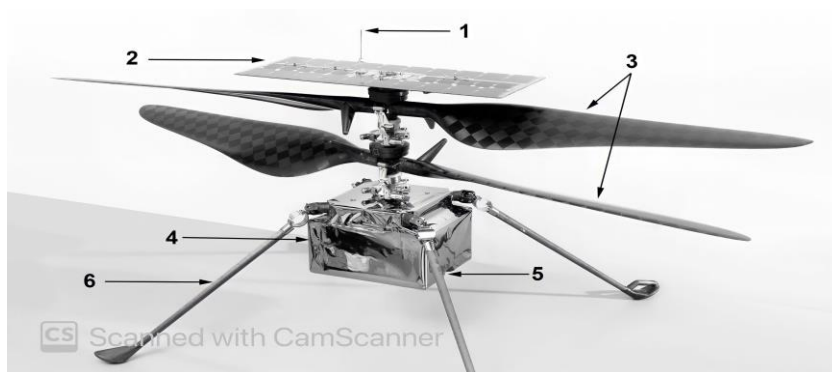


Fig.1. Schema elicopterului martian

1. Antena transmițătorului radio cu bandă UHF. Aceste antene radio fac conexiunea pe Pământ prin intermediul rover-ului Marte 2020 și al orbitelor Marte.

2. Celule solare, acestea furnizează energia care alimentează bateria.

3. Rotoare. Rotoarele elicopterului sunt concepute pentru a putea zbura în atmosfera lui Marte și sunt construite din fibră de carbon pentru a asigura portanța elicopterului.

4. Fuselaj. Fuselajul este un izolant termic și conține în principal bateriile, avionica și procesorul lui Ingenuity.

5. Camera color de înaltă rezoluție este pentru fotografierea locurilor survolate

6. Picioare flexibile ale trenului de aterizare mențin corpul aeronavei la 13 centimetri deasupra terenului plat și sunt realizate din tuburi compozite din fibră de carbon. [5]

5. Caracteristici tehnice

Deoarece atmosfera planetei Marte are o densitate echivalentă cu doar 1% din cea a atmosferei terestre, este mult mai greu pentru un aparat de zbor să se ridice, o dificultate doar parțial compensată gravitației mai mici de pe Marte (aproximativ o treime din cea a Pământului). Decolarea de pe suprafața lui Marte a fost descrisă ca echivalentă cu a zbura la 30.000 m deasupra Pământului, o altitudine care nu a fost niciodată atinsă de elicopterele existente.

Dimensiunile fuselajului elicopterului sunt de 13,6 x 19,5 centimetri, diametrul unei mingi de baschet. Împreună cu trenul de aterizare, rotoarele și panourile solare, Ingenuity are 49 de centimetri înălțime. Volumul foarte mic al fuselajului conține calculatoare, baterii, senzori (camere, altimetru) și sistemul de telecomunicații.

Elicopterul este construit în jurul unui tub vertical în care circulă legăturile electrice care leagă procesorul de rotoare, precum și de nava mamă (roverul Perseverance) în timpul tranzitului către Marte.

Pe acest tub sunt atașate de sus în jos: sistemul de fixare la rover, un panou solar, cele două rotoare, precum și servomotoarele care le pun în mișcare, partea centrală a trenului de aterizare și, în cele din urmă, fuselajul în formă pătrată.

Ingenuity are o pereche de rotoare coaxiale cu elice din fibră de carbon, lungi de 1,2 metri. Pentru a se ridica în atmosfera rarefiată, cele patru lamele trebuie să se rotească în direcții opuse cu aproximativ 2.400 rotații pe minut, adică de aproape zece ori mai repede decât ale unui elicopter de pasageri de pe Pământ. Elicopterul a fost conceput pentru a utiliza panouri solare pentru a-și reîncărca bateriile, care sunt șase celule de tip Sony litiu-ion cu o capacitate de 35-40 Wh.

Trenul de aterizare include patru picioare compozite din carbon, lungi de 38,4 centimetri atașate sub corpul lui Ingenuity la un unghi oblic față de verticală, care mențin corpul aeronavei la 13 centimetri deasupra terenului plat. Ingenuity are o masă de 1,8 kg pe Pământ, iar pe Marte, datorită diferenței de greutate dintre aceste două planete, greutatea este echivalentă cu o masă de 680 de grame. [6]

6. Structura software a avionului

Deoarece Ingenuity este clasificat ca fiind o demonstrație tehnologică, JPL este dispus să accepte mai multe riscuri. Principalele proiecte automate precum rover-urile și exploratorii spațiului profund sunt ceea ce se numește misiuni de clasă B, în care există mulți oameni care lucrează pe hardware și software robuste. Ingenuity fiind o demonstrație tehnologică, JPL este dispus să încerce noi moduri de a face lucrurile. Așadar, pentru Ingenuity s-au folosit o mulțime de off-the-shelf hardware de consum. [7]

Elicopterul folosește un procesor Snapdragon 801 cu un sistem de operare Linux. [8] Este în esență un procesor de clasă de telefonie mobilă, iar placa este foarte mică. Dar, în mod ironic, deoarece este o tehnologie relativ modernă, este mult mai puternică decât procesoarele care zboară pe roverul Perseverance. Buclele acestuia de ghidare rulează la 500 Hz pentru a menține controlul în atmosfera Marte în care zboară. Și, pe deasupra, este în stare să capete imagini și să analizeze caracteristici de urmărire de la cadru la cadru la 30 Hz și așa mai departe, este nevoie de o putere de calcul destul de serioasă pentru asta. [9] Câmpul magnetic inconsistent de pe Marte exclude utilizarea unei busole pentru navigație, așa că elicopterul folosește o cameră cu urmărire solară integrată în sistemul de navigație inerțială. Sistemul de comunicații este conceput pentru a transmite date la 250 kbit/s pe distanțe de până la 1.000 m. [10]

7. Materiale

Materialele elicopterului au fost folosite și de JPL pentru porțiunile structurale ale punții de aterizare pe Perseverance și pentru întreaga structură a elicopterului Ingenuity și pentru rotoarele acestuia. Potrivit NASA, rotoarele elicopterului sunt construite din fibră de carbon pentru a asigura portanța în atmosfera relativ subțire a lui Marte, iar picioarele elicopterului sunt realizate din tuburi compozite din fibră de carbon. [11]

8. Elicopterul Ingenuity finalizează prima călătorie ‘one-way’

Al cincilea zbor al elicopterului Ingenuity a fost surprins pe 7 mai 2021 de către una dintre camerele de navigație de la bordul rover-ului Perseverance al agenției NASA. Elicopterul a urcat la un nou record de înălțime de 33 de metri, a zburat 129 de metri către un nou loc de aterizare. Aceasta a fost prima dată când elicopterul a efectuat un zbor într-un singur sens. A fost transportat în aer în total 108 secunde.

Zborul a început la 15:26. EDT (12:26 p.m. PDT, 12:33 p.m. ora locală pe Marte) și a durat 108 secunde. Echipa de ingeniozitate a ales noul loc de aterizare pe baza informațiilor colectate în timpul zborului anterior - prima operațiune de „explorare aeriană” pe o altă lume - care le-a permis să genereze hărți digitale de înălțime care indică un teren aproape complet plat, cu aproape niciun obstacol.

Elicopterul Ingenuity de la NASA a finalizat cel de-al cincilea zbor pe planeta roșie cu prima călătorie într-un singur sens de la Wright Brothers Field la un aerodrom de 129 metri spre sud. După sosirea deasupra noului său aerodrom, Ingenuity a capturat imagini color de înaltă rezoluție ale noului său arondisment înainte de a ateriza.

După ce a aterizat cu succes la noul său aerodrom, Ingenuity va aștepta instrucțiuni viitoare, transmise prin roverul Perseverance, de la controlorii misiunii NASA. Al cincilea rover al misiunii către a Marte se îndreaptă, de asemenea, spre sud, către o regiune în care vor începe operațiunile științifice și de colectarea a probelor. Strategia pe termen scurt a echipei rover-ului nu necesită deplasări lungi care ar lăsa elicopterul mult în urmă, permițându-i lui Ingenuity să continue cu această demonstrație de operațiuni științifice. „Planul următor este de a realiza zborul elicopterului Ingenuity într-un mod care să nu reducă ritmul operațiunilor științifice realizate de roverul Perseverance”, a spus Balaram. „S-ar putea să mai realizăm câteva zboruri în următoarele săptămâni, iar apoi agenția va evalua cum ne descurcăm. Am reușit deja să adunăm toate datele privind performanța zborului pentru care am venit inițial aici. Acum, această nouă demonstrație de operațiuni ne oferă o oportunitate de a ne extinde în continuare cunoștințele despre mașinile zburătoare pe alte planete.”

„Al cincilea zbor al elicopterului Marte este o altă mare realizare pentru agenție”, a declarat Bob Pearce, administrator asociat la Direcția Misiunii de Cercetare Aeronautică a NASA. „Succesul continuu al ingeniozității dovedește valoarea reunirii punctelor forte ale diverselor seturi de abilități din întreaga agenție pentru a crea viitorul, cum ar fi să zboare un avion pe altă planetă!”

Zborul reprezintă tranziția rotorului către noua sa fază demonstrativă a operațiunilor. Această fază se va concentra pe a investiga ce fel de capacități poate oferi o aeronavă cu rotor care operează de pe Marte. Exemplele includ explorarea, observațiile aeriene ale zonelor care nu sunt accesibile de către un rover și imagistica stereo detaliată de la altitudinile atmosferice. Aceste operațiuni și lecțiile învățate de la acestea ar putea beneficia în mod semnificativ explorarea aeriană viitoare pe Marte și alte planete.

„Ne-am încredințat prima noastră casă marțiană, Wright Brothers Field, cu mulțumiri recunoscătoare pentru sprijinul acordat primelor zboruri istorice ale unei aparat de zbor planetar”, a declarat Bob Balaram, inginer șef care a lucrat la elicopterul Ingenuity. Cei de la JPL afirmă că „Indiferent de unde pornim, de aici vom purta întotdeauna cu noi un memento despre cât de mult au însemnat pentru noi toți cei doi constructori de biciclete de la Dayton în timpul urmării primului zbor pe altă planetă”.

Frații Wright au continuat să demonstreze că zborul controlat și motorizat era posibil la încercarea de a înțelege mai bine cum ar putea fi utilizată noua tehnologie. Într-un mod similar, NASA încearcă să afle mai multe cu Ingenuity cu ajutorul căruia, operațiunile cu elicopterele din generația următoare ar putea beneficia explorarea viitoare a Planetei Roșii. Această nouă fază va aduce un plus de risc pentru elicopterul Ingenuity care va trebui să realizeze mai multe zboruri într-un singur sens și să folosească manevre mai precise. [12]

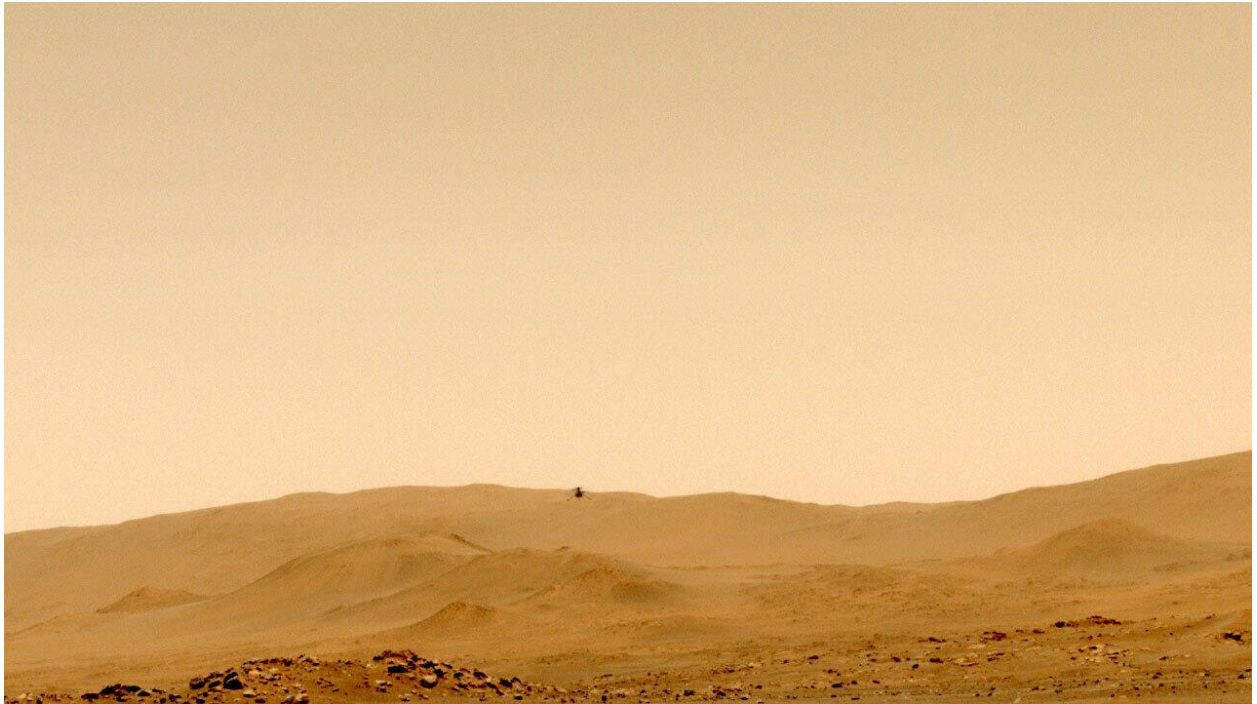


Fig.2 Al cincilea zbor de succes al elicopterului Ingenuity

9.Marte - date generale

Dimensiunea planetei Marte este aproximativ jumătate din diametrul Pământului, dar de două ori diametrul Lunii, satelitul Pământului. Fiind ca o planetă deșert, Marte are aproximativ aceeași suprafață ca suprafața uscată a Pământului. Masa acesteia reprezintă aproximativ 10% din Pământ, iar gravitația este cu aproximativ 38% la fel de puternică ca cea de pe Pământ. Orbita lui Marte este una eliptică și de aproximativ 1,5 ori mai departe de Soare decât este Pământul (aproximativ 141,5 milioane de mile sau 227,7 milioane de kilometri de Soare, în medie). Un an de pe Marte (o revoluție în jurul Soarelui) durează 687 de zile pământene. O zi pe Marte, sau sol (o rotație), are 24 de ore, 39 de minute, 35 de secunde. Densitatea planetei reprezintă aproximativ 1% din densitatea atmosferei Pământului la suprafață. Clima de pe Marte este afectată și de excentricitatea relativ mare a orbitei sale. Marte este aproape de periheliu când este vară în emisfera sudică și iarnă în emisfera nordică și aproape de afeliu când este iarnă în emisfera sudică și vară în nord. Ca urmare, anotimpurile din emisfera sudică sunt mai extreme, iar anotimpurile din nord sunt mai blânde. Temperatura atmosferică este în medie -64 de grade Fahrenheit (-53 de grade Celsius) și poate varia până la -199 de grade Fahrenheit (-128 grade Celsius) în timpul nopții polare. [13]

10. Telecomunicații: Cum comunica Ingenuity cu Pământul

Comunicațiile dintre cei care controlează misiunea la NASA, înapoi la compania JPL din California de Sud și apoi la elicopterul Ingenuity sunt retransmise printr-un șir de active. Antenele rețelei spațiale ale NASA trimit comenzi și alte date de pe Pământ direct către roverul Perseverance sau către orbitalii de pe Marte care apoi transmit aceste transmisii către rover. Calculatorul principal al roverului

transmite comenzile și datele către stația de bază, iar apoi le transmite elicopterului. În schimb, stația de bază colectează transmisii din elicopter, le stochează și le direcționează datele prin computerul principal al rover-ului pe o cale similară, iar apoi le trimite înapoi la orbitali sau ocazional, direct înapoi pe Pământ.

Ingenuity și stația de bază utilizează o legătură UHF de telecomunicații (900 MHz) pentru a comunica. Iar sistemul poate retransmite date de până la 250 kilobyte pe secundă pe distanțe de până la 3.300 picioare (1.000 metri). În timpul zborurilor, un flux de date cu sens unic va fi trimis în timp real de la elicopter la rover pentru stocare și retransmiterea ulterioară pe Pământ. După aterizare, elicopterul va retransmite fluxul de date de zbor și date suplimentare din zbor. [13]

11. Concluzii

Ingenuity, situat la 100 de metri de centrul roverului Perseverance, îl va ajuta pe acesta în a avea o vedere liberă a terenului, fie la suprafață, fie în zbor. Roverul va acționa ca un releu de comunicare între elicopterul Ingenuity și cei care controlează misiunea de pe Pământ. Se așteaptă ca cele două mașinării să furnizeze informații meteorologice (inclusiv date despre praful în aer), în timp ce camerele lor de navigație vor colecta imagini statice. Cele două microfoane ale roverului vor încerca să capteze sunetele operațiilor de zbor făcute de către Ingenuity.

Ca o concluzie a programului de testare a zborului cu elicopterului Ingenuity, roverul Perseverance va începe să își îndeplinească ambițioasa misiune științifică: căutarea semnelor vieții microbiene antice, caracterizarea climatului și geologiei planetei Marte și colectarea probelor atent selectate pentru întoarcerea viitoare pe Pământ. [14]

12. Bibliografie

- [1]. , [3]. , [5]., [6]., [8]., [10]. https://ro.wikipedia.org/wiki/Mars_Helicopter_Ingenuity
- [2]. <https://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2020/pdf/2096.pdf>
- [4]. https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/mars_2020/download/ingenuity_landing_press_kit
- [7]. <https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-designed-perseverance-helicopter-rover-fly-autonomously-mars>
- [9]. <https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-designed-perseverance-helicopter-rover-fly-autonomously-mars>
- [11]. <https://www.compositesworld.com/articles/composites-launch-to-mars->
- [12]. <https://mars.nasa.gov/news/8942/nasas-ingenuity-mars-helicopter-completes-first-one-way-trip/>
- [13]. https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/mars_2020/download/ingenuity_landing_press_kit.pdf?fbclid=IwAR2KvgKIUitco_ftP4A40tB-EIWkXHKEzGxbJdfYCgr1cfo6XIjwqsEjBV8
- [14]. https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/mars_2020/ingenuity/landing/mission/

MEDICAL APPLICATIONS OF SHAPE MEMORY MATERIALS

BANIAS Rebeca, NINU David, MATEI Stefan

Facultatea: Facultate de Mecanica și Mecatronica și Specializarea: Design Industrial, Anul de studiu: I,

e-mail: andreearebeca11032001@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr,ing. **Claudia BORDA**

REZUMAT: This paper aims to summarize the medical applications of shape memory materials, which are opening unexplored horizons and are presenting unconventional functions for the biomedical field. This kind of materials are stimulus-sensitive materials that can be deformed and fixed into a temporary stable shape under specific conditions of mechanical deformation and temperature, then recover their stress-free original shape upon exposure to an appropriate stimulus such as temperature, electric field, magnetic field, pH change, or near-infrared light. The most important and widely used classes of shape memory materials are alloys and polymers, known under the names SMAs and SMPs. This type of materials are known to be used in the orthopedic field, vascular surgery and neurosurgery fields, as well as orthodontics, endovascular surgery and tissue engineering.

CUVINTE CHEIE: aliaje, memoria formei, aplicatii medicale.

1. Introducere

Nitinolul este un material inteligent cu proprietăți elastice extraordinare, compus din aliaj de nichel și titan, în care cele două elemente sunt prezente în procente atomice aproximativ egale. Acesta prezintă două proprietăți unice și strâns legate: memoria formei și superelasticitatea. Aliajul Ni-Ti poate fi întâlnit în trei stări fazice cu proprietăți diferite: faza martensitică simplă (metalul este moale, ductil și ușor deformabil), faza martensitică cu tensiuni induse (super elastică - metalul este foarte elastic, comportament similar cu cel al cauciucului), faza austenitică (metalul este dur, rigid, asemănător cu Ti pur).

2. Stadiul actual

Aplicații ale aliajelor în domeniul medical: Datorită proprietăților remarcabile ale AMF-urilor, s-au realizat diverse investigații în diferite domenii în care acestea pot fi utilizate. Cele mai biocompatibile materiale din punct de vedere medical sunt reprezentate de aliajele Ni-Ti, prin comportamentul excelent în timpul fazei de martensită, rezistență mare la coroziune și compatibilitate cu țesutul uman (nu au efecte toxice). Aliajele care îndeplinesc calitățile biofuncționale și biocompatibile sunt Fe-Cr-Ni, Co-Cr și Ti-Al-V. Astfel, descoperim aplicații medicale în ortopedie, chirurgie și stomatologie.

a) Aplicațiile în domeniul ortopedic

Aplicațiile în domeniul ortopedic au rolul de a grăbi vindecarea fracturilor sau de a corecta diverse situații de malformație osoasă. Acest lucru este posibil datorită capacității acestora de-a exercita, prin efectul de memorie a formei, presiunea necesară fixării fragmentelor osoase, micșorând cât mai mult spațiul dintre ele. Cu acest scop se fabrică în mod curent: plăci de osteosinteză, cuie medulare, scoabe, ace artroscopice, brățări de fixare etc.[9]

A. *Tijele Harrington*

Realizate din AMF Ni-Ti aproape echiatomic, au construcția cu mult mai simplificată, față de aparatele clasice, cu cârlige din oțel care se atașează de coloana vertebrală de cele două părți ale curbării scoliotice. Tijele clasice se relaxează treptat, atât în timpul operației, cât și ulterior, astfel încât după 10-15 zile, forța de întindere a coloanei vertebrale scade la cca. 30 % din valoarea inițială, ceea ce impune, în general, efectuarea celei de-a doua operații. La tijele din AMF Ni-Ti, cu $A_f \approx 430^\circ\text{C}$, după perioada inerentă de relaxare, se aplică o încălzire externă, ceea ce produce revenirea la lungimea inițială de cca. 76 cm, în urma unei alungiri de aproximativ 1 cm, care restabilește forța corectă de întindere a vertebrelor.[1] Tijele Harrington au fost utilizate între anii 1960 și 1990, deoarece s-a descoperit de-a lungul timpului că acestea cauzează sindromul spatelui plat (flat back).

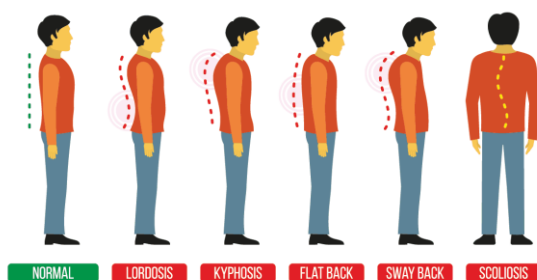


Fig. 1

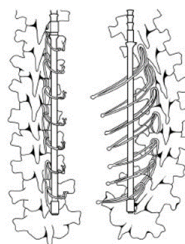


Fig. 2

B. Plăcile și scoabele de osteosinteză

Se fixează prin șuruburi pe cele două părți ale osului rupt după ce, în prealabil, au fost alungite cu 8 % în stare martensitică. Prin încălzirea plăcilor sau a scoabelor (temperatura fiind controlată de un termocuplu) acestea se strâng, închizând fisură sau golul dintre oase și asigurând o forță de comprimare între cele două fragmente, ceea ce favorizează formarea cartilajului și depunerea de calciu. După cum ilustrează fig.3, contracția este dublată, în cazul scoabelor, prin strângerea capetelor, astfel încât forța de comprimare între fragmentele de os rupt este și mai mare, grăbind vindecarea (aparatur Ilizarov utilizat pentru osteosinteză externă, fixator cu ajutorul broșelor- Fig.4)[1].

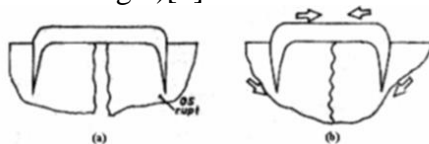


Fig. 3



Fig. 4

C. Cuiile medulare

Se utilizează la imobilizarea fracturilor „curate” și închise ale oaselor lungi. După ce se găurește cavitatea medulară a osului rupt, se introduce un știft din AMF, aflat în stare austenitică-martensitică. Știftul a fost educat pentru EMFDS și are un diametru mai mic decât cavitatea medulară. Prin turnarea unei soluții sterile și încălzite, știftul este adus în stare complet austenitică și se dilată, ocupând întregul diametru al cavității. În acest fel, știftul exercită, asupra pereților osului, o forță de comprimare care este necesară pentru grăbirea vindecării. Apoi prin știft se introduce cuiul propriu-zis,. După vindecare, știftul este răcit până sub M_f , ușurând extracția cuiului din canalul medular. [1]

D. Inelele de consolidare a vertebrelor

Au rolul de a asigura îndepărtarea și imobilizarea acestora, pentru a permite refacerea țesuturilor cartilajinoase distruse. [4]



Fig. 5

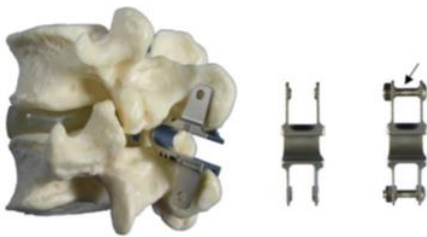


Fig. 6

E. Protezele coxo-femorale

Constau dintr-un capăt sferic, implantat în capul femurului și o cupă sferică aplicată pe osul coxal. Pentru o poziționare corectă a capătului femural, sfera coxală trebuie să aibă o margine cu diametru mai mare. Confeccionând această cupă din AMF Ni-Ti, s-a putut aplica o încălzire locală, după introducerea cupei pe capătul femural, astfel încât marginea exterioară a cupei să se contracte, „îmbrăcând” sfera. Se obține astfel o cuplă sferică stabilă, ferită de riscurile dislocării și capabilă să suporte sarcini de 3-6 ori mai mari decât greutatea corpului.[1].

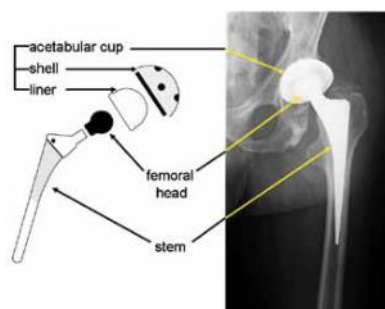


Fig. 7

b) Aplicații în domeniul stomatologie

Aliajele Ni-Ti sunt, de asemenea, utilizate cu succes în tehnica protezării dentare. În timp ce în cazul firelor din oțel inoxidabil, forțele se relaxează rapid în timpul mișcării dinților, încetinind concomitent mișcarea, firele de Ni-Ti permit dinților să se deplaseze sub o forță aproape constantă pe o durată lungă de tratament. Energia elastică stocată pentru aceeași solicitare maximă este mai mare pentru materialul superelastice în comparație cu oțelul. Acest efect face firul mai sensibil la micile schimbări de temperatură din gură, care determină apariția unor forțe intermitente ce acționează asupra dinților.

Noile tipuri de sârmă ortodontică au o temperatură de transformare sub temperatura corpului uman și permit un nivel de solicitare foarte scăzut. Avantajul este prin faptul că timpul petrecut la dentist este mai scurt și, în consecință, cheltuielile sunt mai mici, iar forța dezvoltată rămâne constantă și nu atinge nivelul care poate provoca durere. Diferite clase de fire rigide sunt accesibile în acest moment, având diametre și secțiuni diferite. Pe lângă fire, s-au dezvoltat și alte tipuri de implanturi sub formă de lame sau tije, în funcție de configurațiile cerute de protetică dentară, de a fi introduși mai mulți dinți sau doar a unuia singur în spațiile dentare. După inserție, formele predeformate sunt încălzite în mediu de aburi salini sau cu ajutorul unei bobine termice până la temperaturi sub 50°C , dar sub temperatura M_f a materialului.

A. Implanturile dentare, cu lame de fixare

Au fost oficializate în Japonia în 1985. Două exemple de astfel de implanturi sunt schematizate în Fig. 8, [5].

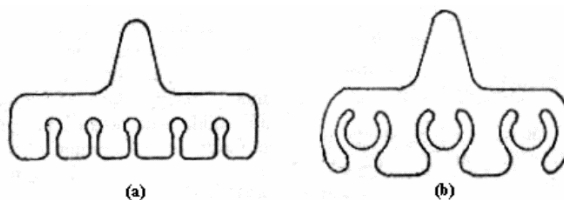


Fig. 8-Forme constructive ale implanturilor dentare din AMF Ni-Ti, cu lame de fixare: (a) cu un singur tip de lame; (b) cu două tipuri.

Fixarea implanturilor (cu $A_f = 400^{\circ}\text{C}$) se realizează prin deschiderea lamelor, în urma încălzirii locale (sub anestezie) la 420°C , prin turnarea de apă sărată. Operația este simplă și fixarea foarte stabilă.

Forme constructive ale implanturilor dentare din AMF Ni-Ti, cu lame de fixare:

- (a) cu un singur tip de lame;
- (b) cu două tipuri.

Fixarea implanturilor (cu $A_f = 400^\circ\text{C}$) se realizează prin deschiderea lamelor, în urma încălzirii locale (sub anestezie) la 420°C , prin turnarea de apă sărată. Operația este simplă și fixarea foarte stabilă.



Fig. 9

B. *Protezele ortodontice*, utilizate din 1982, sunt sârme din AMF superelastice, pe bază de Ni-Ti, cărora li s-a imprimat o formă caldă ce reproduce parțial sau total profilul danturii. Aceste sârme sunt în stare martensitică, deci relativ moi, la Tamb. Ele se introduc prin orificiile unor bride, lipite de fiecare dinte în parte și după ce pacientul închide gura, devin austenitice, exercitând o presiune constantă asupra dinților deplasați care, în câteva săptămâni, sunt aduși în pozițiile corecte. [7-8]

c) **Aplicații în domeniul chirurgiei**

În chirurgia cardiovasculară, titanul este utilizat frecvent sub formă de stenturi metalice (NiTi, TiNO). Cel mai utilizat material pentru fabricarea de stenturi auto-expandabile este nitinolul (NiTi), aliaj care are capacitatea de memorare a formei obținute la prelucrarea mecanică și termică, având dimensiunile și configurația prestabilită pentru aplicații specifice. Deoarece fiecare aplicație acoperă cerințe diferite, aceste biomateriale trebuie supuse la o serie de teste pentru identificarea tuturor proprietăților adecvate, în funcție de care se poate stabili cu precizie cea mai bună destinație la care poate fi folosit aliajul. În cazul neurochirurgiei, nitinolul este folosit pentru a produce 3 tipuri de dispozitive: bobine, stenturi și fire microghide. [1]

A. *Bobinele* sunt dispozitive folosite pentru tratamentul anevrismului cerebral care este o dilatare locală a unei artere intracraniene. Chiar dacă anevrismele pot apărea fără simptome, o atenție specială trebuie acordată evoluției lor în timp și trebuie tratate pentru a preveni o eventuală rupere. Rupturile cauzate de anevrisme și implicit hemoragia cerebrală sunt printre cauzele principale ale morților în țările occidentale. Bobinele sunt fire care sunt poziționate în anevrism în formă de bilă pentru a produce coagulare sau o reacție trombotică înăuntrul sau care, dacă au succes, o să elimine riscul de ruptură. Acestea sunt făcute în general din platină. Recent s-a produs o bobină dintr-un aliaj de platină și nitinol (EV3 neurovascular Irvine, Ca). Datorită conținutului de nitinol bobină are parte de mai puțină întindere și o rezistență mai bună la compactare. [3]

B. *Stenturile* sunt de asemenea folosite pentru tratarea arterosclerozei intracraniene. Tratamentul cu stent are ca obiectiv recuperarea fluxului normal sanguin unde este lumenul îngustat. Dificultatea în acest tratament apare la traversarea de către stent+cateter, care este relativ rigid până la ajungerea la vasul cerebral. Din cauza această, aliajele cu memoria formei care se pot dilata singure sunt preferate în locul stenturilor clasice din oțel inoxidabil sau aliaje Cr-Co. Stenturile sunt folosite de asemenea ca dispozitive ce ajută la ajustarea bobinei endovasculare în anevrismele intracraniene. După poziționarea bobinei în anevrism un stent este eliberat în zona corespondență a arterei pentru a menține bobină la locul corect. [6]

C. *Firele microghide* folosite pentru poziționarea stentului pot fi făcute din nitinol cu avantajul de a obține o refacere mai rapidă a tensiunii intravasculare, o rezistență la torsiune mai mare și de asemenea o mai bună redistribuire a tensiunii în fir, care reduce problemele de îndoire.

3. Experiment

Nitinolul este un aliaj ce conține 55% Nichel și 45% Titan. Acest aliaj este interesant deoarece își reamintește formă inițială. Când nitinolul este încălzit, atomii își amintesc poziția. Dacă firul de nitinol este deformat și apoi încălzit, atomii iau poziția inițială, și formă firului de nitinol este recuperată.



Fig. 10

4. Concluzii

Aliajele cu memoria formei fac parte din grupa materialelor inteligente. Datorită proprietăților speciale pe care le au, acestea oferă largi domenii de aplicare. Aliajele cu memoria formei au constituit încă de la începutul descoperirii lor o latură inedită și interesantă a metalurgiei prin modul în care pot transforma direct energia termică în lucru mecanic. Acest gen de aliaje oferă o multitudine de posibilități pentru diferite aplicații din industrie, deoarece dețin proprietăți unice, care le transformă în materiale multifuncționale.

Prin intermediul experimentului prezentat mai sus am subliniat principalele calități ale aliajului de Nitinol. Se pot remarca proprietăți precum elasticitate, memoria formei

5. Bibliografie:

- [1] Bujoreanu, G., Chelariu, R., & Roman, C. (2006). *Materiale metalice biocompatibile cu baza de titan*. Iași: Politehniun;
- [2] Machado, L., & Savi, M. (2003). Medical applications of shape memory alloys. *Brazilian journal of medical and biological research*, 683-691;
- [3] Petrini, L., & Migliavacca, F. (2011). *Biomedical Applications of Shape Memory Alloys*. Milan: Hindawi Publishing Corporation;
- [4] Călugaru, G., Bujoreanu, L.G., Stanciu, S., Hopulele, I., Căliman, R., Turcu, O.L. și pachiței, I. – *Memoria formei. Fenomene și aplicații în știința materialelor*, Editura „Plumb”, Bacău, 1995, ISBN 973-9150-50-0;
- [5] Miyazaki, S. – *Medical and dental applications of shape memory alloys*, Shape Mem.Mater., (Otsuka, K. and Wayman, C.M., eds.), Cambridge University Press, 1998;
- [6] Fukuyo, S., Suzuki, Y., Suzuki, K. and Saivenji, E. – *Shape memory implants*, ng.Asp.Shape Mem.All. (Duerig, T.W. et al. eds.) Butterworth-Heinemann, 1990;
- [7] Geetha M., Singh A.K.Asokamani R., Gogia A.K. Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants – A review, *Mater. Sci.*, vol. 54, 2009, p. 397 – 425;
- [8] Dobrescu M., Dumitrescu C., Vasilescu M. Titan și aliaje de titan, Ed. Printech, București, 2000;
- [9] Humbeek, V.J., Stalmans, R., Beeselink, P.A. Shape memory alloys. *Metals as Biomaterials*, John Wiley and Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO 19 1UD, England, ISBN 0471 969354, 1998.

6. Notății:

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

A_f = temperatura de sfârșit de formare a austenitei;

M_f = temperatura de sfârșit de formare a martensitei.

RELATIA DINTRE STICLA SI TEHNOLOGIE THE RELATION BETWEEN GLASS AND TECHNOLOGY

VLAD Ionut Alexandru, VITA Ioan Paul Lucian, ZLATESCU Ioan Alexandru
Facultatea: Inginerie Mecanica si Mecatronica, Specializarea: Design Industrial, Anul de studii: I licenta,
e-mail: vlad.alex56@yahoo.com

Conducător științific: **Conf .dr.ing. Claudia Borda**

***Rezumat:** In this document it will be highlighted the relation between glass and tehnology, which is a common point of interest in a lot of industries. The project itself is more focused on drinking glasses, an important aspect of people's daily lives, and laboratory glasses, which are always used by the researchers and science people to discover new bounderies and develop the branches of technology. The presented document will cover all the types of glasses used in different domains with their properties and designs.*

***Cuvinte cheie:** Sticlă, prelucrarea sticlei*

1. Introducere-Ce este sticla

Sticla este considerata una dintre componentele centrale ale tuturor tehnologiilor care ne aduc, de fapt, inovatii incredibile, fie ca este vorba de un telefon inteligent, de televizoare de ultima generatie sau de notebook-uri. Se considera ca in urmatoorii ani, sticla va fi componenta principala a tuturor tehnologiilor. Aceasta lucrare se axeaza pe caracteristicile paharelor in contextul inmagazinarii lichidelor (bauturilor) cu privire la mentinerea temperaturii, proprietatilor, aromei, gustului etc.

2. Stadiul actual

In tarile dezvoltate tehnologic prelucrarea sticlei este o industrie de elita dezvoltata de intreprinderi care concentreaza capacitati mari de productie, utilaje complexe cu grad inalt de automatizare, resurse umane cu foarte buna pregatire tehnica. Tendinta actuala in constructii este realizarea de obiective energoeconomice cu design inovativ, iar domeniul sticlei este cel mai inaintat ca realizari tehnologice in domeniu, datorita sistemelor tot mai sofisticate de procesare a acestui nobil material.

Procesul tehnologic de obținere a obiectelor din sticlă este alcătuit din etapele:

- 1.Recepția materiilor prime și auxiliare
- 2.Dozarea materiilor prime și auxiliare și realizarea amestecului
- 3.Topirea amestecului de materii prime: obținerea masei sticloase, limpezirea(afinarea), omogenizarea masei topite
- 4.Fasonarea sticlei: suflare, presare, tragere, laminare
- 5.Recoacerea produselor fasonate
- 6.Finisarea produselor din sticlă prin: șlefuire, matisare, lustruire mecanică, cizelare, gravare, pictare, emailare, perforare, pulverizare, decalcomania

Tabelul 1 – Metodele de fasonare a sticlei

Nr. crt	Metoda de fasonare	Caracteristici ale operației și ale produsului
1	Suflarea: -Manuală (cu țeava sticlarului) -Mecanică (semiautomată și automată)	Cavitatea interioară se formează prin introducerea unui jet de aer sub presiune în picătura de sticlă. Obiectele de sticlă au pereții subțiri și cu cavități interioare de forme variate și complexe.
2	Presarea: -Manuală -Semiautomată -Automată	Presarea automată cuprinde combinarea de operațiuni manuale de luare a picăturii de sticlă și alimentarea matrițelor cu operațiuni automate de presare propriu-zisă și schimbarea matrițelor. Obiectele de sticlă au pereții groși cu cavitatea interioară de forme simple și cu suprafața exterioară modelată cu reliefuri. Calitatea obiectelor din sticlă presată automat depinde în special de procedeul automatizării alimentării cu picătura de sticlă
3	Suflare-presare	Este un procedeu automat realizat cu mașini de fasonare prin suflare-presare. Se aplică pentru obiecte cu gura largă cum sunt paharele, borcanele etc.
4	Tragerea	Se aplică pentru geamuri, țevi, plăci, iar produsele sunt de calitate superioară.
5	Laminarea	Se aplică pentru geamuri ornamentale cu o față de relief.

Tabelul 2 – Metodele de finisare a obiectelor din sticla

Nr. Crt.	Denumirea operației	Caracterizarea operației
1	Tăierea (decalotarea)	Îndepărtarea calotei ce rămâne după fasonare prin suflare. Se realizează prin tăiere mecanică cu discuri abrazive sau prin tăiere termică. Defecte: tăierea înclinată, cu ondulații sau cu bavuri
2	Șlefuirea	Eliminarea proeminențelor sau marginilor obiectelor după fasonare sau tăierea cu ajutorul materialelor abrazive. Defecte: șlefuire incompletă, neuniformă a muchiei sau suprafeței, șlefuire oblică, etc.
3	Matisarea (sablarea)	Obținerea unui aspect mat pe întreaga suprafață sau pe anumite porțiuni pentru punerea în evidență a unor desene. Se utilizează nisipul care este proiectat pe suprafața obiectului folosind aerul comprimat la presiune de 3-4 atm. Defecte: matisarea incompletă sau neuniformă
4	Lustruirea mecanică	Realizează microabraziunea mecanică superficială prin eliminarea ciupiturilor foarte fine apărute în timpul șlefuirii mecanice în scopul obținerii unui luciu intens. Se execută cu discuri de pâslă, perie sau lemn moale pe care se aduce suspensie de abraziv foarte fin
5	Lustruirea chimică	Se realizează cu acid fluorhidric și are ca scop eliminarea aspectului mat de pe suprafața sculptată și obținerea unui luciu cât mai intens.
6	Sculptarea(cizelarea)	Este cea mai veche formă de decorare a sticlei, aplicată încă din secolul al VIII-lea î.e.n. Constă în realizarea unui desen în adâncime sau la suprafața obiectului cu ajutorul discurilor abrazive. Se poate face manual sau automat.
7	Perforarea (găurirea)	Constă în executarea de perforări cu ajutorul burghiilor alimentate cu o suspensie de abraziv.
8	Gravarea chimică	A fost introdusă pentru prima dată de sticlarilor romani, în secolul I î.e.n. Constă în obținerea unor desene prin coordonarea suprafeței cu ajutorul acidului fluorhidric cu o concentrație de 40%. Desenul era gravat inițial cu un vârf de diamant, cu un ac metalic sau cu roți de cupru.

9	Matisarea chimică (opacizarea)	Constă în transformarea suprafeței lucioase a obiectelor de sticlă în suprafață translucidă care difuzează lumină. Se obține atacul chimic al suprafețelor ce acid clorhidric saturat cu diferite adaosuri de fluoruri și sulfați alcalini.
10	Lustruirea chimică	Constă în obținerea unui luciu intens și eliminarea aspectului mat de pe fețele sculptate. Se utilizează un amestec de acid sulfuric, acid fluorhidric și apă care în contact cu sticlă ca forma sulfați insolubili ce vor ataca proeminențele fețelor sculptate și, deci, vor netezi și îmbunătăți luciul.
11	Pictarea	Se poate face manual sau semiautomat, prin pulverizare și folosirea unor șabloane. După pictarea cu oxizi metalici, pentru fixarea decorului, obiectele sunt reîncălzite, fapt pentru care metoda poartă numele de pictare prin decor ars. Dacă, însă, pictarea se face utilizând culori pe bază de uleiuri (coloranți organici), desenul este fixat prin aplicarea unor lacuri, iar procedeul poartă numele de pictare prin decor rece. Aceste decoruri se degravează relativ ușor, fapt pentru care folosirea lor la articolele de menaj este accidentală, fiind folosite mai mult la ornamente ocazionale (globuri de Crăciun) sau la obiectele de artă, bibelouri, etc.
12	Decalcomaniile	Reprezintă desene colorate cu culori fuzibile sau cu amestecuri de metale prețioase și emailuri, pe straturi subțiri de lac organic, depuse pe un suport de hârtie. Aplicarea decalcomaniilor necesită o nouă ardere pentru fixare, obținându-se decoruri de calitate superioară.

Sticla ca si recipient de alimente si bauturi: sticla este utilizata pe scara larga ca recipient de alimente in intreaga lume, deoarece este sigur si igienic. Toate marcele multinationale de diverse produse, alimentare si bauturi folosesc cel mai bun tip de sticla, deoarece produsul lor ramane perfect proaspăt si sanatos in el. In prezent paharele si sticlele difera foarte mult de la una la alta. Fiecare pahar in parte propune o bautura si modul in care ar trebui consumata, impartindu-se pe mai multe criterii. Formele sticlelor sunt mai evidente si, cateodata, mai importante decat tehnologia acestora deoarece cumparatorii/consumatorii se orienteaza dupa aspectul sticlei pentru a-i estima calitatea. De asemenea, si in stiinta se folosesc anumite modele "prestabilite" de recipiente pentru solutii si anumite procedee chimice. E importanta selectarea acestora pentru calculul experimental a anumitor valori, cantitati, concentratii etc. in laboratoare si descoperiri stiintifice. În multe țări ale lumii, toate produsele din sticlă în care conținutul de plumb este mai mic de 4% sunt etichetate cu "sticlă". Iar produsele în care plumbul este prezent în jur de 10% sau mai mult sunt deja etichetate ca "cristal". Sticla este in principal utilizata in industria ambalajelor, productia de sticla flat pentru geamuri sau pentru diverse alte utilizari. Cristalul poate fi folosit pentru decoratiuni, cadouri, ornamente si are multiple aplicatii in medicina. Cristalul propune costuri mai ridicate in productie decat sticla, dar este mai rezistent si se deterioreaza mai puțin si nu isi pierde transparenta.^[2]

- **Sticla in domeniul bauturilor alcoolice/nonalcoolice**

Cele mai populare bauturi alcoolice sunt berea, vinul si whisk(e)y-ul, impreuna cu celelalte alte bauturi care, de obicei, sunt puse intr-un cocktail. Fiecare bautura are nevoie de un plus de identitate in servirea acesteia intr-un pahar. Imaginea paharelor insirate pe o masa poate fi intimidanta. Fiecare a aparut cu un scop: sa puna in valoare calitatile bauturii si sa evidentieze aroma. De exemplu, paharele de Martini sunt scurte, dar au o deschidere mare pentru ca e nevoie de loc pentru gheata sau "garnituri" si pentru ca sugereaza o bautura care se bea destul de repede (din cateva guri). Flutele de sampanie sunt concepute astfel incat forma lunguiata, cu o

deschidere mai mica, sa pastreze mai bine bulele (aciditatea), iar bautura ramane efervescenta si rece cat mai mult timp^[1].



Figura 1-pahar de Martini



Figura 1-pahare de Whisk(e)y



Figura 3-pahar de sampanie

Paharele de vin au in mod traditional un picior lung, astfel incat mana sa nu atinga cupa si sa eviti amprentele care te impiedica sa observi culoarea vinului sau sa eviti incalzirea lui. Paharul de vin alb poate avea o forma de lalea inchisa sau deschisa, iar balonul paharului este mai mic ca diametru decat al celui de vin rosu. Explicatia este ca nu e indicat sa torni o cantitate prea mare, deoarece vinul alb se consuma rece si nu trebuie sa se incalzeasca in pahar. Vinul rosu are nevoie de un spatiu mai mare pentru a permite aromelor sa se elibereze, de aceea cupa este mai incapatoare si mai accentuate. Pentru degustatorii avizati exista chiar pahare pentru tipuri specifice de vin, cum ar fi cel pentru Pinot Noir care este diferit fata de cele de baza ca Cabernet Sauvignon. Marimile si formele cupelor influenteaza intensitatea si complexitatea aromelor, in timp ce marginile le directioneaza aromele in cavitatea bucala, influentand perceptia gustului sau. Acestea sunt intotdeauna "inchise" pentru a pastra cea mai multa parte a mirosului in interiorul paharului pentru a te bucura de gust mai mult, deoarece gustul se simte si cu ajutorul olfactivei.

Paharele de sampanie sau vin spumant au la randul lor picior dar cupa are forma de lalea, trompeta sau flaut. Cupa este lunguiata ca sa pastreze cat mai mult timp efervescenta bauturii. Astfel, prin aspectul lor, tin tot timpul destul de putina bautura si o prezinta ca fiind mai scumpa, pe langa faptul ca este mai tare decat vinul normal. Este singurul pahar in care se toarna maim ult de trei sferturi.

Paharele de whisk(e)y sunt in general stabile, cu un fund lat bine asezat pe masa. Sunt cel putin sase variante de pahar de whisky, dar cel mai comun dintre ele este cel patratos. Este elegant, din cristal si prin simplitatea lui ne inspira ca trebuie sa contina o bautura interesanta, aromata si totusi seaca, tare si unic colorata. Whisky nu se toarna in cantitati mai mari de 50 de ml deoarece risca sa se incalzeasca repede, iar spatial ramas permite umplerea cu gheata (pentru mentinerea temperaturii scazute si diluarea alcoolului).

Paharele de coniac au un picior foarte scurt si un balon mare si bombat pentru a isi evidentia aromele. Acest "buchet" e directionat in sus pentru a avea impact maxim asupra simturilor. Acesta are picior foarte scurt pentru ca mana sa incalzeasca putin bautura. Coniacul fiind facut din vin este foarte parfumat si nu se poate servi prea rece pentru nu a isi diminua din nuantele gustului. De asemenea, si cocktail-urile cu coniac se servesc in aceste pahare, fiind un fel de element foarte reprezentativ din cercul bauturii in sine.

Paharele de bere, la fel ca bautura, sunt diverse si aceasta varietate se imparte fiecarui fel de bere. De obicei se serveste la pahare mari de 0.3, 0.4 sau 0.5 pentru ca se bea relativ repede si nu are atat de mult alcool. Halba este cea mai cunoscuta si apreciata, dar la fel de populare sunt

paharele curbate care dau o licență mai exotica bauturii. In general se folosesc paharele drepte, dar cele curbate sunt in avantajul barului. S-a confirmat ca barul face mai mult profit cand servește bere la pahare curbate deoarece clientii nu isi dau seama cat beau, asa ca tind sa consume mai mult^[1].

Sticla in laboratoare si lucrari practice

Pentru a efectua experimente chimice, este nevoie de aparatura de uz general si de materiale auxiliare. Aparatura de uz general este confectionata, in cea mai mare parte, din sticla. Eprubetele sunt utilizate pentru efectuarea reactiilor de probă. este un recipient în formă de tub cilindric îngust, închis la un capăt, folosit în laborator în chimie, biologie, medicină și alte domenii. Capătul închis are în general o formă emisferică, mai rar conică sau plată, iar capătul deschis are adesea buza ușor evazată pentru a facilita turnarea lichidului din eprubetă în alt vas. Se folosește in chimie, fizica, biologie si medicina pentru pastrarea temporara a unor substante, pentru evaluarea unor forme de viata ca bacteriile, rasaturile sau mucegaii si, respective, pentru analiza unor probe de sange sau urina in cazul medicinei.

Paharul Erlenmeyer, cunoscut și ca pahar conic, este un instrument din sticlă de laborator constituit dintr-un fund plat, un corp conic și un gât cilindric. Este denumit după chimistul german Emil Erlenmeyer. Sunt folosite pentru anumite calcule in chimie, masurarea volumului de solutie, identificarea pH-ului etc. Datorită rezistenței la căldură, ele sunt utilizate, mai des pentru încălzirea unor substanțe sau soluții.

Biureta este un tub de sticlă gradat sau negradat, de diverse forme, folosit la analizele chimice, constituită astfel încât conținutul acestuia poate fi picurat în alt vas. Sunt foarte precise in reglarea curgerii solutiei.

Baloanele cu fund plat se folosesc pentru incalzirea, lichidelor, solutiilor.

Baloanele cu fund rotund sunt de diferite dimensiuni si se folosesc in special pentru incalzirea si distilarea lichidelor.

Cristalizatorul este folosit pentru cristalizarea substantelor dintr-o solutie in vederea separarii sau purificarii substantelor. Sunt vase cilindrice cu înălțime mică și diametrul mare pentru a asigura o suprafață mare de evaporare.

Sticla de ceas este un obiect folosit îndeosebi în laboratoarele de chimie. Are o formă circulară, convex-concavă, și un diametru de câțiva centimetri. Numele ei provine de la asemănarea cu sticla ce acoperă de obicei cadranele de ceas. În laboratoarele de chimie este folosită pentru a stimula evaporarea unui lichid. Când este folosită ca suprafață de evaporare, sticla de ceas permite observarea mai precisă a precipitatelor sau a cristalelor depuse^[3].



Figura 4-eprubeta



Figura 5-pahar Erlenmayer



Figura 6-pahar Berzelius

3. Concluzii

Viitorul sticlei

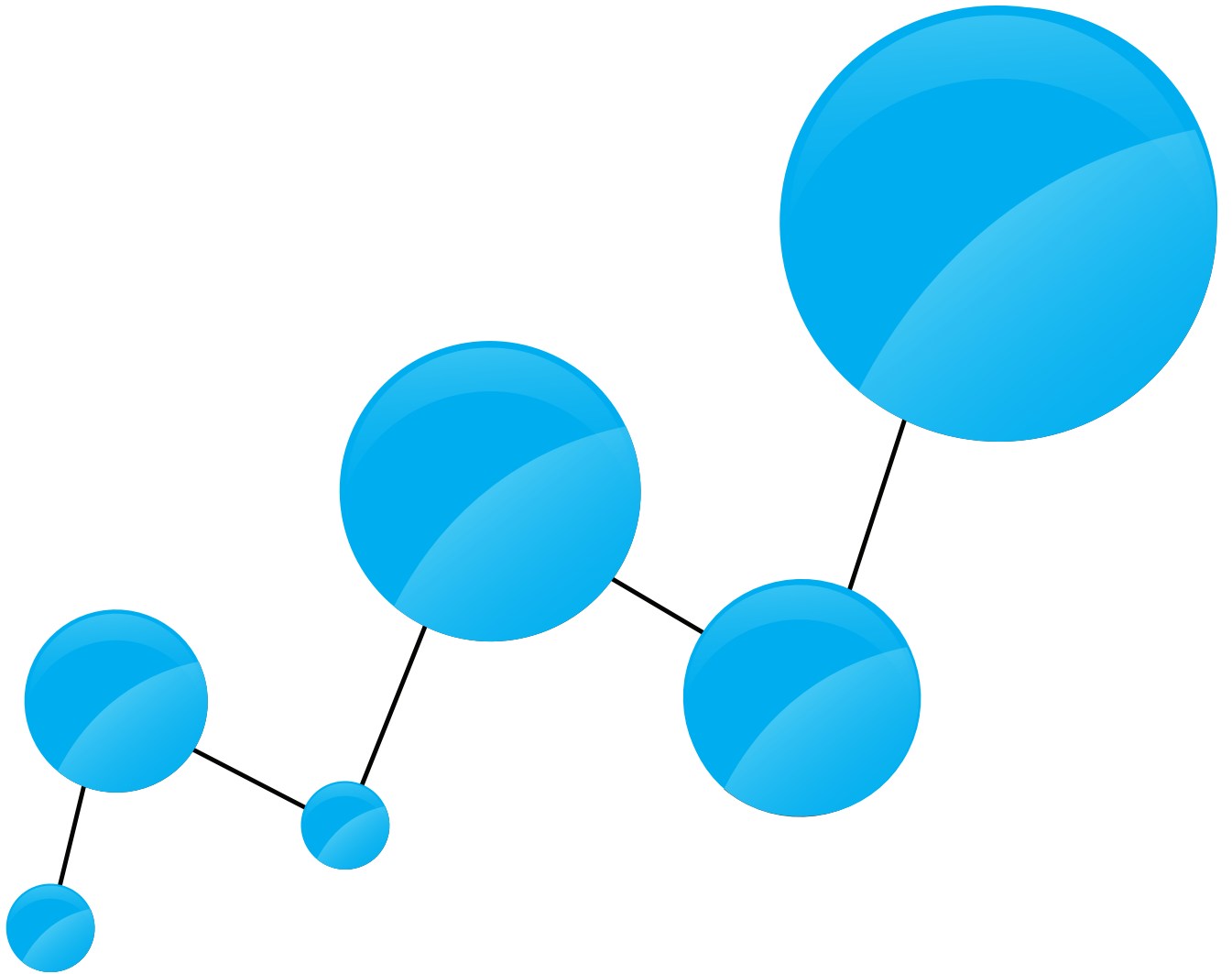
Putem lua ca si exemplu cercetarea medicala care joaca un rol important in tehnologia sticlei. Se preconizeaza ca vor exista oglinzi in viitorul apropiat, care vor putea sa evalueze starea de sanatate a persoanei cand se afla in fata ei.

De asemenea si in industria auto se preconizeaza ca va exista o trapa fotovoltaica care va furniza electricitate vehiculelor hibride si electrice care sunt in mod evident ecologice, ieftine si usor de utilizat.

Fara doar si poate, viitorul sticlei este vast, dat fiind ca este un material nelimitat a carui utilizare si numar de aplicatii sunt in continua crestere si evolutie la nivel mondial. Datorita proprietatilor unice ale sticlei care ajuta in toate aspectele vietii, tot mai multe aplicatii si companii se bazeaza din ce in ce mai mult pe aceasta.

4. Bibliografie

- [1]. Dana Gonț, <https://www.danagont.ro/paharul-potrivit-pentru-fiecare-bautura/>
- [2]. www.encristal.ro;
- [3]. https://ro.wikipedia.org/wiki/Ustensile_de_laborator
- [4]. Drăghici, G. (1999). Ingineria integrată a produselor. Editura Eurobit, ISBN 973-96065-7-1, Timișoara;
- [5]. *** COSMOS/M – Finite Element System, User Guide, 1995.
- [6]. Schwind Palmer A. – Glass, Enciclopedia Encarta, 2000
- [7]. INSTITUTUL NAȚIONAL DE STICLĂ – „Îndrumar pentru fabricarea sticlei”, Ed. Fast Print, București 1998, p. 32 și 98
- [8]. www.transparentdesign.ro
- [9]. www.bohemia.ro



www.imst.pub.ro