





Universitatea POLITEHNICA din București
Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor
Tehnologice



Journal of Industrial Engineering and Robotics

2020, Volume 4, Issue 3

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

Offline programming and simulation of robotic flexible manufacturing cell for machining of engine blocks using the process simulate software package AELENEI Paul-Theodor	1
Programarea și simularea OFF-line a unei celule flexibile pentru prelucrat repere cu suprafețe de revoluție, utilizand mediul de lucru process simulate CHICIUC Alexandru-Nicolae	9
Robotic cell for palletizing 20 liter bottles of water MINCĂ Laurentiu	16
OFF-line programming and simulation of a robotic deburring cell using process simulate NECȘULESCU Robert-Emanuel	24
The simulation of a robotic cell that machines parts with revolution surfaces using process simulate PREDA Bogdan-Ionuț	33
Celulă robotizată pentru depaletizare-paletizare bidoane de apa de 20 litri utilizand mediul de lucru Process Simulate Șerban Ștefan-Cristian	41
Robot de tip brat articulat dedicat pentru operațiuni de stingerea incendiilor NĂSTASE Andreea, MÎȚĂ Costas-Horia	49
Offline programming and simulation of a cell for pick and place applications using the V-Rep working environment. Signal-Based programming. BATMAN Gokhan	53
Offline programming and simulation of a robotic cell for developing the parts obtained by casting integrating an articulated arm robot, using the tecnomatrix process simulates working environment ENE Sorin-Iulian	61
Programarea si simularea offline a unei celule de sudare cu arc electric repere de dimensiuni mari pentru constructii de hale industriale utilizand mediul de lucru ABB Robot Studio. Programarea pe baza de semnale. GRIGORE D. Adrian-Georgian	69
Programming and offline simulation of a deburring cell using. Working environment KUKA SIM. Signal-based programming. VASILESCU Dinca Loredana	76
Off-line signal based programming and simulation of a robotic cell for finishing process of automotive hoods MARIN Ionuț-Gabriel	84
Offline programming & simulation of a robotic cell for round cake icing using the process simulate SW ROBU V. Silviu-Vasile	92
Studiul amprenteii foilor separatoare din aplicația de paletizare a stivelor cu farfurii din plastic de două tipuri-dimensiuni prin simulări de dinamică explicită MANGEAC Constantin Rosmin	100
Implementarea conceptului de “Physical Internet” în logistică prin containere de tip PI SCUTELNICU Petru	105
Structural analysis of ABB IRB 660 industrial robot equipped with a specific palletizing end-effector ȚELEA Laurențiu-Virgil	112

Stand demonstrativ pentru controlul în bucla al unui motor de curent continuu cu perii colectoare . DEAC George-Antoni , NASTASE Robert-Paul	118
Simularea și analiza cinematică a unei aplicații robotizate de gestionare a intrărilor și ieșirilor dintr-un AS-RS NASTASE Robert-Paul	123
Transient analysis of a spring applied break deployed in AC servomotors DUMA Vasile Cristian	130
2D transient thermal analysis of a permanent magnet brushless DC motor PESCARU Vlad	136
Cercetări privind fenomenele termodinamice în cazul procedurii de tăiere cu laser și consecințele acestora asupra preciziei pieselor de caroserie din domeniul auto BILEA Irina Mihaela	140
Proiectarea prin analiză și simulare a efectorului de paletizare multifuncțional cu care este echipat robotul ABB IRB 460 și identificarea soluțiilor de îmbunătățire a comportării statice și dinamice a acestuia. ICĂ Sebastian-Ionuț	146
Celula robotizată de paletizare, infoliere și etichetare integrând un robot brat articulată echipat cu un efector vacuumatic multifuncțional ICĂ Sebastian-Ionuț	163
The impact of environmental factors on the wear of print forms in offset lithography PĂUNICĂ Laurențiu	179
A romanian dictionary of typographic terms based on the analysis of the ISO 12637 standards family MOCANU Andrei-Cosmin	185
Analysis of printing support types and food inks in order to ensure food safety TETELEA (IONESCU) Cristina	191
Study on how the poligraphic products impact the organizational identity ȘURARIU (ENESCU) Daniela-Ștefania	199
The impact of packaging identity in the pharmaceutical industry. Case study ROINIȚĂ Liliana	207
Study regarding the graphic elements specific to different types of print supports ILIE Andreea-Mădălina	213
Increasing efficiency of the cutting process using the laser technology. Digital versus analog GUȚĂ Amoraș	221
The diagnosis of rotary machines by mechanical vibration monitoring ENCIU Cornel Cristian	227
Plastic container compaction system MUNTEAN Dragos, TIUCĂ Diana, ȘTEFAN Daniel și VARGĂU Bianca	235
Research regarding medical ventilators using generative design BARAC Olguța-Elena, BĂLĂNESCU Denisa, DĂNĂILĂ Cătălina, GEAMBAȘU Mihaela-Roxana și IGNAT Robert	243
Modeling of functional self-assembled opto-mechanic-systems MIHALCEA Răzvan-Marian, RĂILEANU Mihail	251

Charging and replacement station of autonomous vehicle batteries GÂRBAȘ Emanuel, GHEORGHE Marius Ionuț, MARCU Anamaria Liliana, SAPADIN Iasmin, ȘOPALCĂ Andrei	257
Automated double-deck storage system for transport boxes NEAGOE Adriana, STOICA Valentin, DRUMEA Mihai-Răzvan și LICĂ Cosmin-Constantin	265
Effect of particle size on properties of AlSi10Mg alloy produced by laser powder bed fusion POPESCU George	273

**PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFFLINE A UNEI CELULE
ROBOTIZATE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE INTEGRÂND DOI
ROBOȚI CU CINEMATICĂ HIBRIDĂ, UTILIZÂND MEDIUL DE LUCRU
PROCESS SIMULATE. FUNDAMENTAREA TEMEI ȘI SINTEZA CAD A
APLICAȚIEI ROBOTIZATE.**

**OFFLINE PROGRAMMING AND SIMULATION OF ROBOTIC
FLEXIBLE MANUFACTURING CELL FOR MACHINING OF ENGINE
BLOCKS USING THE PROCESS SIMULATE SOFTWARE PACKAGE.**

AELENEI Paul-Theodor

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotica, Anul de studii: anul I Master, e-mail: paulaelenei@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**

REZUMAT: The paper presents the initial stages for the dissertation thesis: the overall presentation of a flexible manufacturing cell for machining of engine blocks using two gantry articulated arm industrial robots, the computer-aided design of its main components, a flowchart describing the sequence of steps needed for the application process and the arrangement of sensors used in the robotic cell. Based on the initial information, a digital manufacturing software solution will be used in order to create an event-based simulation for the final project.

CUVINTE CHEIE: Sisteme de fabricație, proiectare asistată, organigramă

1. Introducere

Tendențele moderne de automatizare a sistemelor complexe de fabricație flexibilă au impus utilizarea la scară largă a roboților industriali, întrucât aceasta a condus la o reducere semnificativă a ciclului de timp și la o creștere accelerată a productivității. Roboții pot deservi o gamă largă de mașini industriale dedicate unor operații diverse, precum injecție mase plastice în matriță, prelucrarea metalelor sau forfecare. Întrucât operarea mașinilor unelte necesită un nivel ridicat de experiență și îndemânare, implementarea soluțiilor robotizate asigură desfășurarea operațiilor în condiții optime pentru operatorii umani, crescând astfel nivelul de siguranță și prevenind riscurile unui accident. În accepțiunea clasică, roboții industriali asigură, atât manipularea, cât și transportul semifabricatelor, preluarea și depunerea acestora pe paletele port-piesă ale mașinilor unelte realizându-se cu ajutorul unor efectori specializați.

Sistemele flexibile pentru prelucrarea prin așchiere a reperelor mecanice pot fi clasificate corelativ cu structura specifică a acestora și respectiv, tipologia și programa de fabricație a familiilor de reperi prelucrabile în cadrul acestora în: [1]

- Sisteme de fabricație flexibilă (SFF) cu automatizare realizată prin materializarea de celule de fabricație flexibilă (CFF) cu automatizare individuală / de sine stătătoare. Aceste celule de fabricație au o structură ce permite funcționarea autonomă a acestora în raport cu alte entități similare.

- SFF cu automatizarea realizată prin materializarea de CFF interconectabile. Aceste celule de fabricație au o structură ce permite interconectarea acestora în linii / sisteme complexe de fabricație flexibilă. Acestea pot fi :

- CFF cu mașini-unelte / centre de prelucrare interconectate prin roboți industriali
- Linii de fabricație flexibilă (LFF) în variantă de realizare cu CFF interconectate prin conveioare de transport a paletelor port-piese.

O soluție foarte avantajoasă o reprezintă roboții cu cinematică hibridă, întrucât aceștia combină avantajele unui robot în coordonate carteziane și ale unui robot de tip braț articulat. Spre deosebire de cele 6 axe de rotație ale unui robot tip braț articulat, prima axă comandată numeric asigură mișcarea de translație, robotul deplasându-se pe o structură portantă, iar spațiul ocupat pe podea fiind mult mai redus. Principalele avantaje ale automatizării fabricației prin soluțiile robotizate de acest tip includ :

- creșterea suplimentară a productivității, prin procesul de producție continuu și pe perioadele în care acesta nu este asistat de către operatori
- reducerea timpului de lucru disponibil pentru sistemul de producție
- posibilitatea extinderii lungimii structurii portante pentru amplasarea mai multor roboți ce pot contribui la realizarea unor operații suplimentare precum control dimensional sau debavurare

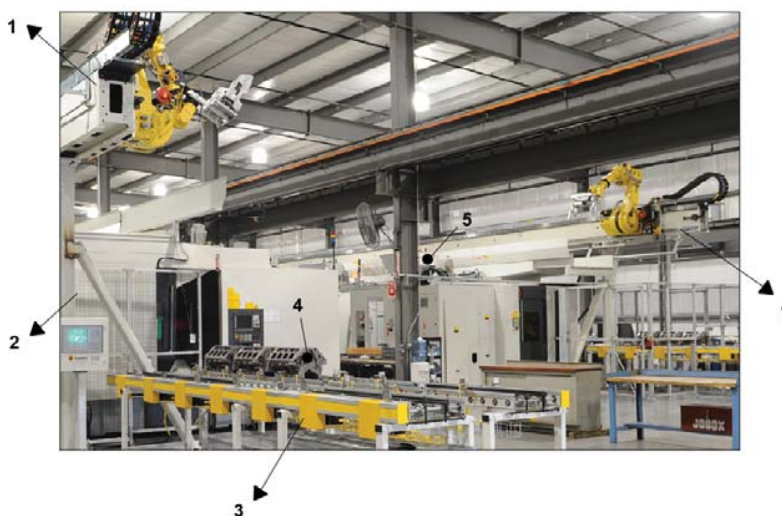


Fig. 1. Modelul de referință al unei celule robotizate de prelucrare prin așchiere a blocurilor motor, integrând doi roboți cu cinematică hibridă

În cadrul aplicației robotizate de analizat este prezentată o *celulă de fabricație flexibilă*, având trei centre de prelucrare interconectate prin 2 roboți cu cinematică hibridă. Reperul manipulat este un bloc motor ce va trece, în urma prelucrării, printr-un proces de spălare, răcire și îndepărtare a așchiilor.

Aplicația începe prin transportul pe conveiorul (3) a reperelor de tip bloc motor (4) ce urmează a fi manipulate de către primul robot (1), echipat cu un prim efector de tip sistem de prehensiune. Obiectul este preluat de către robot și așezat într-un buffer (5), timp în care, prin acționarea axei 5, robotul își va schimba orientarea și modul de prindere al obiectului. După ce reperul a fost din nou preluat de către robot, acesta este inserat pe paleta port-piesă a centrului de prelucrare orizontal (2), urmând a trece printr-un proces de control dimensional și de îndepărtare a adaosurilor tehnologice. După ce prelucrările au fost efectuate, obiectul este descărcat din mașină și poziționat pe un al doilea buffer, urmând a fi preluat de un al doilea robot, echipat cu un alt tip de efector, în vederea realizării următoarei operații.

Cel de-al doilea robot preia obiectul și îl depune în unitatea de răcire și îndepărtare a așchiilor. După terminarea ciclului, robotul va evacua reperul și îl va așeza pe conveiorul de ieșire. Obiectul își va modifica direcția de mișcare cu 90 grade, prin intermediul unei unități transversale corespunzătoare conveiorului de ieșire. În cadrul aplicației, sunt utilizați doi roboți deplasabili pe o structură portantă *FANUC R-2000iB/200T*, importul modelului CAD pentru sinteza asistată 3D realizându-se pentru o tipodimensiune de robot având sarcină portantă și spațiu de lucru asemănător. [2]

2. Stadiul actual

În urma unei analize comparative a mediilor de lucru în care poate fi realizată programarea și simularea offline a procesului, precum Robcad, ABB RobotStudio sau FANUC Roboguide, s-a optat pentru utilizarea soluției software Siemens Process Simulate în vederea realizării proiectului final.

Proiectarea inițială a ansamblului a fost realizată în soft-ul CATIA V5, acesta fiind ulterior importat în mediul de lucru CAD NX 12.

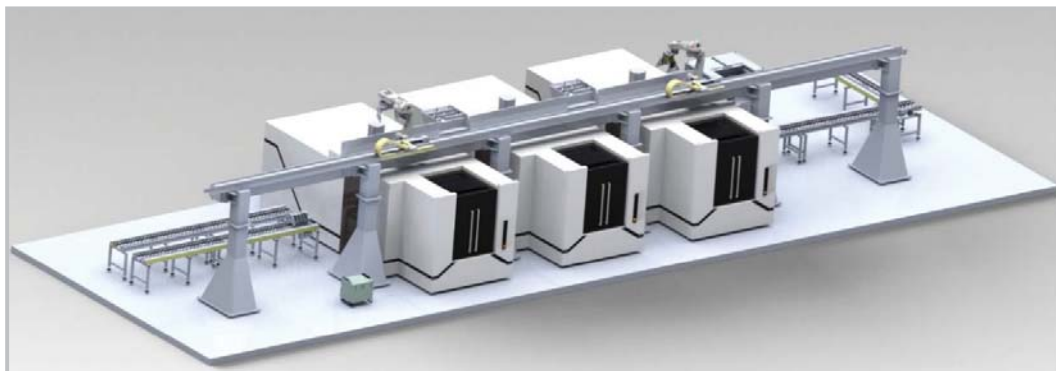


Fig. 2. Imagine de ansamblu a celulei robotizate proiectate. Interfața de import în soft-ul NX 12, modul de vizualizare Studio

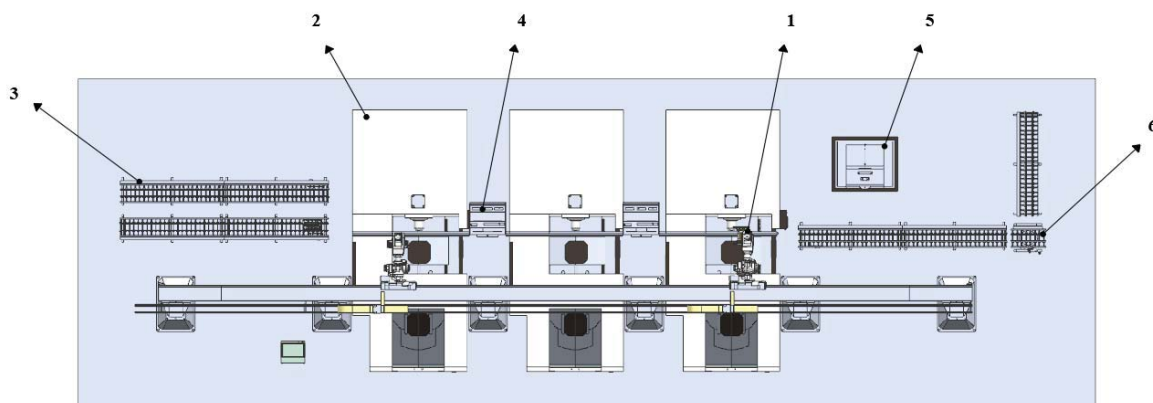


Fig. 3. Principalele subsisteme incluse în aplicație

Fiecare subansamblu este reprezentat prin marcaje, urmând a fi detaliate caracteristicile și rolul funcțional al acestora. În cadrul aplicației robotizate de proiectat, pe lângă tipodimensiunea de robot selectată, sunt evidențiate următoarele:

- reperele de prelucrat vor fi materializate prin carcase de bloc motor
- se vor utiliza conveioare longitudinale cu role, având profil hexagonal și antrenate prin lanț, ca principal sistem de transport și ca unitate transversală
- celula de fabricație va integra trei centre de prelucrare cu ax orizontal și o unitate de spălare a reperelor prelucrate

1. Roboți *ABB IRB 6620LX*

Tipodimensiunea de robot a fost selectată în urma unei analize comparative pentru mai multe modele cu arhitectură hibridă prin evidențierea parametrilor constructiv-funcționali principali. Robotul *ABB IRB 6620LX* poate fi implementat în diverse aplicații industriale, precum aplicațiile de deservire a mașinilor-unelte, manipulare a reperelor, sudare cu arc electric sau injecție în matriță. Spațiul de lucru al robotului poate fi personalizat pentru fiecare aplicație prin adaptarea platformei liniare pe o lungime de până la 33 metri și o înălțime de 4 metri.

Căruciorul poate fi configurat în două modalități, cu suprafața frontală perpendiculară (*side*) sau paralelă cu solul (*inverted*). În cadrul aplicației, căruciorul este dispus în varianta *side*. [3]



Fig. 4. Modelul real și modelul 3D al robotului utilizat în cadrul aplicației

2. Centru de prelucrare orizontal *MAG Huller Hille NBH6+*

Subsistemul a fost realizat prin solid modelling. Platoul efectuează o mișcare de rototranslație, având prevăzută paleta port-piesă pe care urmează să fie prelucrat reperul. Centrul are în structură și o ușă automată ce facilitează accesul robotului în vederea descărcării reperului. [4]

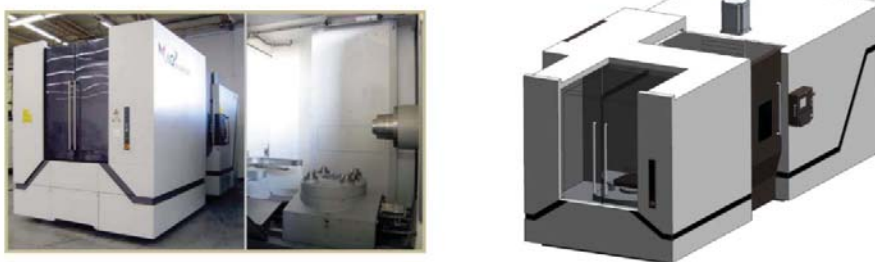


Fig. 5. Modelul real și modelul 3D al centrului de prelucrare

3. Conveior *Durr PZR*

Conveiorul are în structură arbori cu profil hexagonal, pe care sunt dispuse role cilindrice, antrenate de către un motor de curent alternativ. În interiorul conveiorului, transmisia mișcării se face prin lanț. Prin intermediul acestor role, blocul motor se deplasează, însă, pentru o mai bună susținere a reperului în timpul transportului, conveiorul are în componență două curele. Conveiorul a fost produs de către firma Durr. [5]



Fig. 6. Modelul 3D al conveiorului utilizat în aplicație

4. Buffer cu ghidaj de susținere pentru reper

Subsistem utilizat pentru poziționarea temporară a obiectului. Obiectul va fi poziționat pe un ghidaj mecanic al buffer-ului, urmând ca robotul să realizeze o prindere diferită prin orientarea end-effector-ului.



Fig. 7. Modelul real și modelul virtual al buffer-ului

5. Unitate de spălare și îndepărtare a așchiilor

Subsistemul a fost realizat prin solid modelling. În urma efectuării prelucrărilor, obiectul va fi încărcat în unitate pentru realizarea funcțiilor specifice. Ușile sunt acționate pneumatic prin cilindri de cursă lungă.



Fig. 8. Modelul real și modelul virtual al unității de spălare

6. Unitate transversală *Durr PZR Turntable*

O soluție flexibilă și economică pentru schimbarea direcției reperului aflat pe conveior o reprezintă unitățile transversale PZR. Aceasta unitate conține subsistemele ce alcătuiesc conveiorul, rotația la 90 grade efectuându-se printr-un platou rotativ aflat sub locația rolor, antrenat de către un motor pneumatic. Rolele sunt acționate electric printr-un motor localizat în partea laterală.



Fig. 9. Modelul real și modelul virtual al unității de spălare

- Efectorii utilizați

În cadrul aplicației robotizate de proiectat, sunt utilizați doi efectori realizați special pentru manipularea obiectelor de tip bloc motor.

Primul robot din cadrul aplicației are în componență un sistem de prehensiune cu bacuri acționate prin doi cilindri pneumatici, prevăzute cu pini de susținere a obiectului manipulat, ce translatează pe două tanchete cu bile aflate pe doi suporturi. Efectorul este atașat de robot prin flanșa de adaptare.

Cel de-al doilea robot este echipat cu un efector ce preia obiectul prin bacuri înclinate la 45 grade, ce se atașează de alezajele cilindrice ale reperului. În realizarea acestuia, a fost utilizat gripper-ul pneumatic *Schunk PGN-plus 380-2-AS*, cu atașarea bacurilor prevăzute cu doi cilindri de preluare a obiectului și un gripper static de susținere a marginilor reperului. Gripper-ul are în componență și un dispozitiv de creștere a forței de strângere.



Fig. 10. Variantele de end-effector utilizate în cadrul aplicației

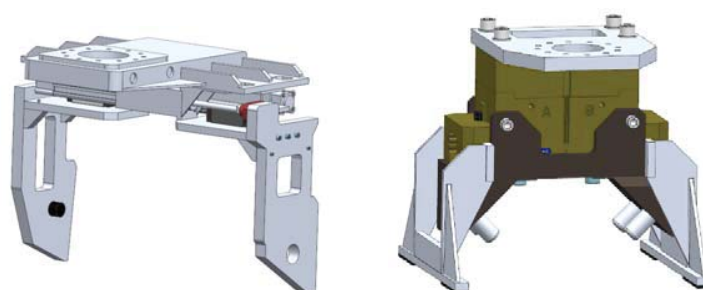


Fig. 11. Modelele 3D realizate

- Organigrama de funcționare a aplicației

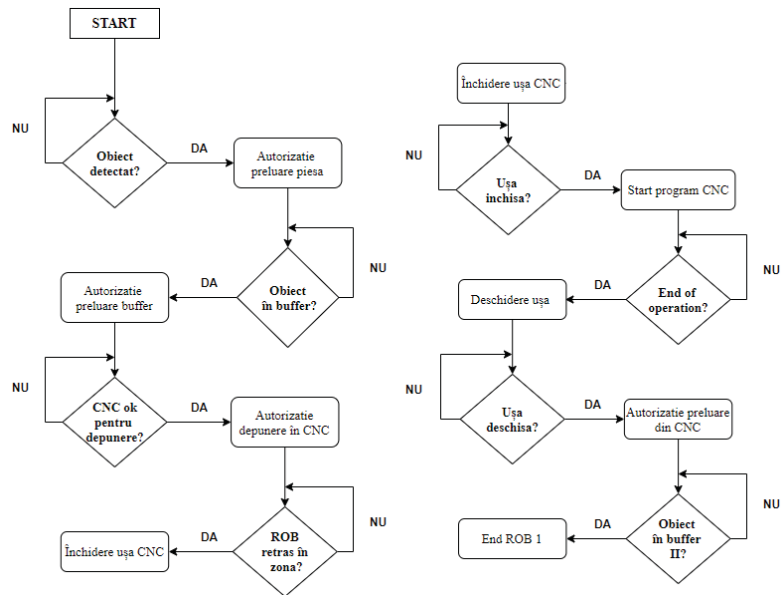


Fig. 13. Organigrama de funcționare pentru primul robot

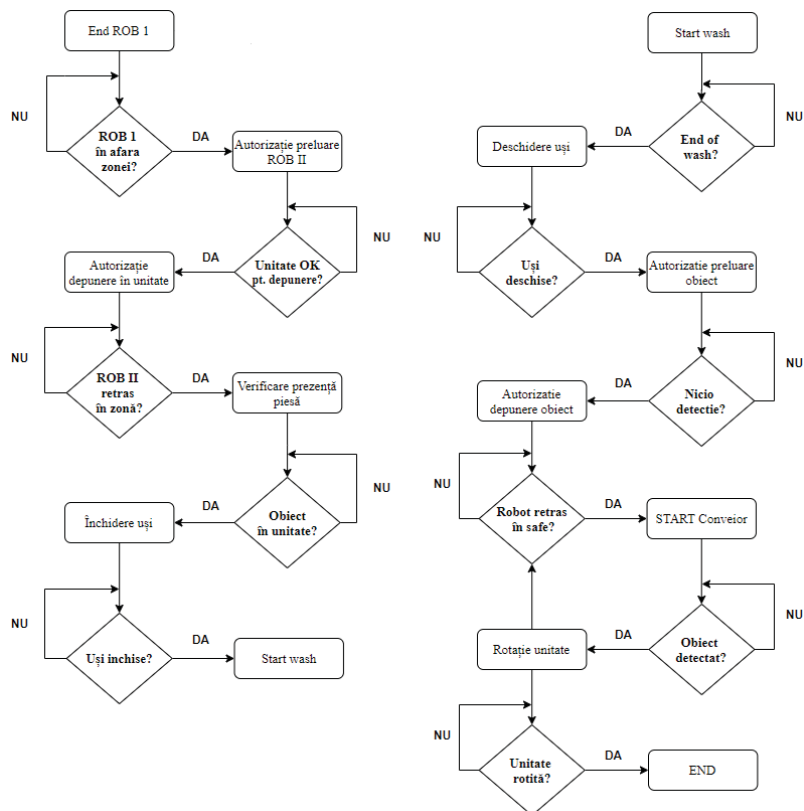


Fig. 14. Organigrama de funcționare pentru al doilea robot

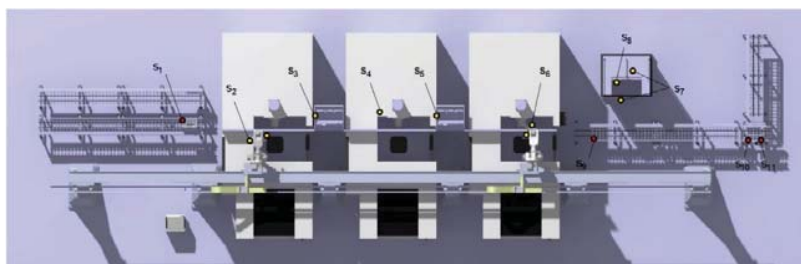


Fig. 15. Dispunerea senzorilor în cadrul aplicației

Tabelul 1. Dispunerea senzorilor

Nr. senzor	Tip senzor	Tip semnal	Eveniment
S1	Fotoelectric cu reflexie	Digital	Dectecție piesă și comanda opritorului mecanic
S2	Inductiv	Digital	Senzori prezență piesă montați pe primul end-effector
S3	Inductiv	Digital	Senzori prezență piesă pe buffer
S4	Inductiv	Digital	Senzori de poziție pentru deschiderea ușii centrului de prelucrare
S5	Inductiv	Digital	Senzori prezență pe buffer
S6	Inductiv	Digital	Senzori prezență piesă montați pe al doilea end-effector
S7	Inductiv	Digital	Senzori de poziție pentru deschiderea ușilor unității de spălare
S8	Inductiv	Digital	Senzor prezență piesă în unitate
S9	Fotoelectric cu reflexie	Digital	Senzor prezență piesă pe conveyior (semnal 0)
S10	Fotoelectric cu reflexie	Digital	Senzor prezență piesă în unitate
S11	Fotoelectric cu reflexie	Digital	Senzor de poziție piesă în unitate

3. Concluzii

În cadrul lucrării a fost prezentată sinteza CAD a aplicației robotizate și organigrama de secvențe logice ce prezintă acțiunile de îndeplinit ale robotului și ale celorlalte subsisteme. Următoarele etape în realizarea proiectului final presupun:

- Realizarea cinematicii tuturor subsistemelor ce alcătuiesc ansamblul celulei
- Programarea inițială time-based și programarea pe baza de semnale cu respectarea elementelor de logică funcțională prezentate în flowchart
- Simularea offline a modului de funcționare a aplicației

4. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, A. – Implementarea Roboților Industriali în Sistemele de Producție, note de curs, UPB, 2018
- [2]. www.youtube.com/watch?v=4rGR1UucG10
- [3]. <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-6620lx>
- [4]. <http://www.gaec.com/catalog/machines/k13556.htm>
- [5]. <http://pdf.directindustry.com/pdf/duerr-ecoclean/pzr-catalogue/24608203549.html>

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFF-LINE A UNEI CELULE FLEXIBILE PENTRU PRELUCRAT REPERE CU SUPRAFETE DE REVOLUȚIE, UTILIZÂND MEDIUL DE LUCRU PROCESS SIMULATE

CHICIUC Alexandru-Nicolae

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: 5, e-mail: alexandru.chiciuc29@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian-Florin NICOLESCU**

REZUMAT: Această lucrare ilustrează stadiul actual al lucrării temei de disertație. Aplicația aleasă ca fundament pentru proiectul de disertație evidențiază operațiile de încărcare-descărcare a unor repere cu suprafețe de revoluție realizate de un robot de tip braț articulată, integrat într-o celulă flexibilă. Conținutul lucrării cuprinde reliefarea prototipului virtual 3D al aplicației, cinematica mecanismelor, organizarea secvențială a etapelor de realizare a ciclurilor de lucru ale robotului și maparea elementelor de senzorială responsabile de transmiterea semnalelor.

1. Introducere

Tendința actuală de realizare a operațiilor de încărcare-descărcare a reperelor în/de pe mașini unelte în vederea prelucrărilor prin așchiere este orientată din ce în ce mai mult spre eliminarea necesității operatorilor umani și adoptarea roboților industriali ca variantă înlocuitoare.

Manipularea robotizată a materialelor este una dintre cele mai întâlnite aplicații industriale ale roboților. Aceasta se realizează de regulă cu roboți industriali implementați în activități de tip „preluare și depunere” sau cu manipolatoare relativ simple, fiind o aplicație industrială care nu necesită controller de proces.

Utilizarea roboților industriali în manipularea materialelor conduce la:

- reducerea costurilor cu forța de muncă;
- înlocuirea operatorilor umani în cadrul sarcinilor de lucru cu un grad ridicat de periculozitate sau rutină;
- reducerea deteriorărilor pieselor pe parcursul operației de manipulare, în comparație cu varianta clasică, în care sunt implicați operatori umani.

Manipularea materialelor este o operație relativ complexă și se referă la utilizarea metodei potrivite de manipulare pentru a furniza în condiții de siguranță cantitatea potrivită din materialul necesar în orientarea, poziția și în condițiile specificate, cât și la momentul potrivit și cu costuri cât mai reduse.

Conform concepției fabricației moderne, roboții industriali sunt integrați în sisteme de fabricație flexibile. Un sistem de fabricație flexibil reprezintă un sistem de producție alcătuit dintr-un set de mașini cu comandă numerică identice și/sau complementare, care sunt conectate printr-un sistem automat de transport.

Conform aplicației alese ca temă de proiect de disertație, sistemul flexibil evidențiat aparține companiei SVIA (preluată între timp de ABB) și este de tip celulă de fabricație flexibilă de sine stătătoare pentru prelucrat piese cu suprafețe de revoluție.

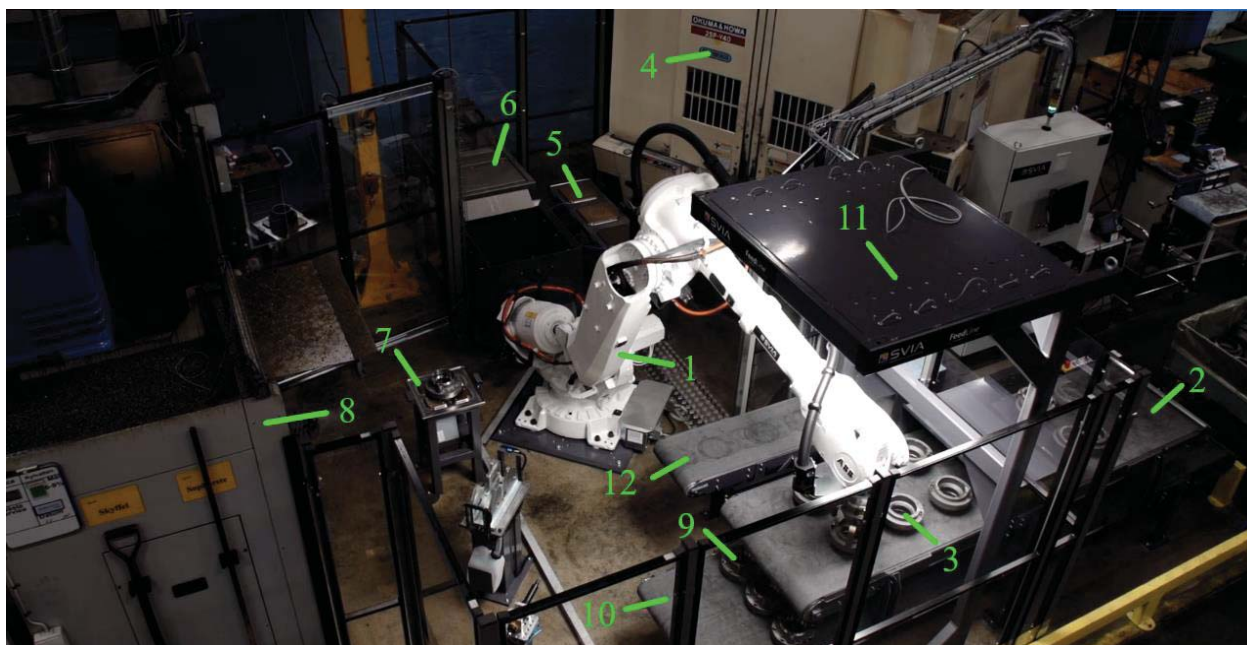


Fig.1 Aplicația aleasă ca temă de proiect

În această celulă robotul realizează operații de încărcare-descărcare a unor repere cu suprafețe de revoluție în/de pe două mașini-unelte cu comandă numerică.

Modul de funcționare al aplicației este următorul:

- a) Robotul(1) preia semifabricatele(3) de pe conveiorul de alimentare(2).Orientarea și poziția semifabricatelor este determinată în baza informațiilor furnizate de sistemul de procesare al imaginii(11).
- b) Semifabricatul preluat de robot este încărcat în strungul vertical(4) pentru a fi parțial prelucrat.
- c) După efectuarea prelucrării parțiale, reperul este descărcat de pe strungul vertical și introdus în sistemul de spălare(6).
- d) Reperul este apoi depus temporar pe postul de stocare intermediară(5), robotul urmând să își reia ciclul de încărcare a unui nou semifabricat pe strungul vertical.
- e) În timpul prelucrării noului semifabricat încărcat, cel stocat anterior pe postul intermediar este preluat de robot și încărcat în centrul de frezare(8), unde reperul este supus prelucrării finale, cu scopul obținerii geometriei piesei finite.
- f) În timp ce reperul suportă prelucrarea finală, semifabricatul prelucrat parțial (manipulat anterior ca reluare a ciclului de lucru al robotului) va fi descărcat de robot de pe strungul vertical și introdus de asemenea în sistemul de spălare-uscare, urmând ca apoi să fie depus temporar pe postul de stocare intermediară.
- g) După prelucrarea finală, piesa finite(9) este preluată de robot și depusă pe conveiorul de evacuare(10).

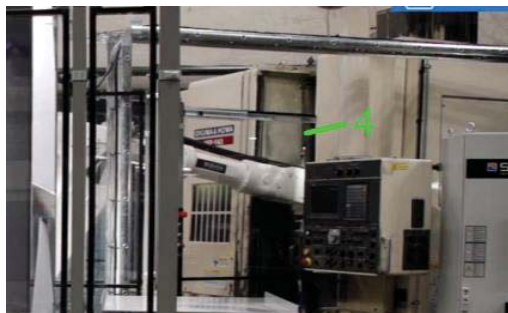


Fig.2 Încărcare semifabricat pe strung vertical



Fig.3 Descărcare piesă finită din centrul de frezare

2. Stadiul actual

Tema lucrării de disertație constă în realizarea programării și simulării cu ajutorul semnalelor. Pentru aceasta am urmat pașii:

- importarea componentelor CAD în mediul Process Simulate
- definirea cinematicii mecanismelor
- realizarea unei organigrame de tip “flowchart” cu evenimentele din aplicație
- maparea cu senzori a întregii aplicații

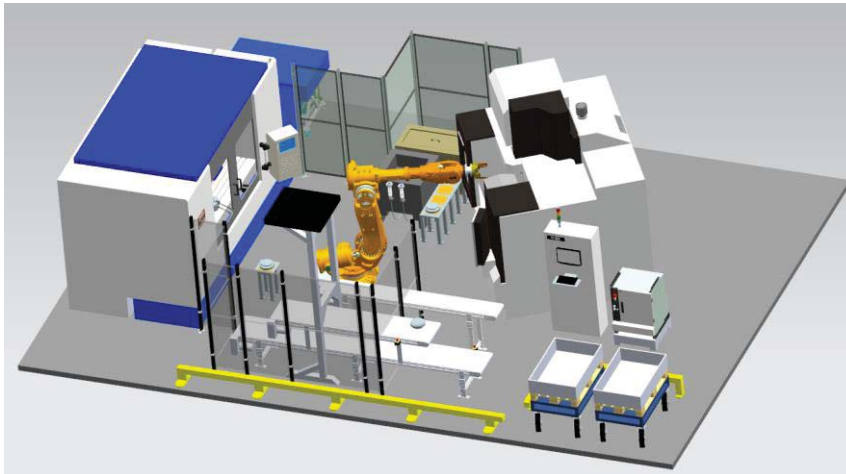


Fig.4 Prototipul virtual 3D complet al celulei robotizate

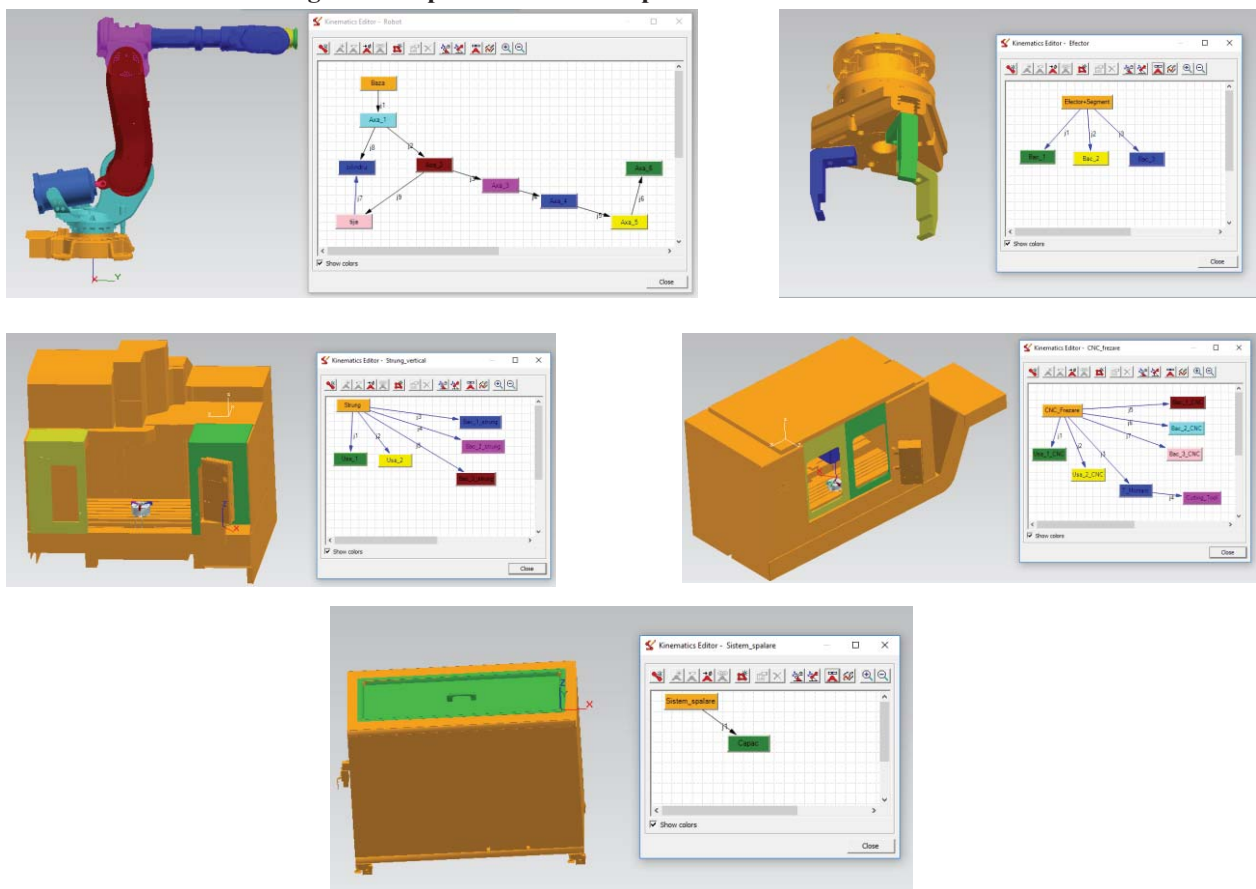


Fig.5 Definirea cinematicii efecturului

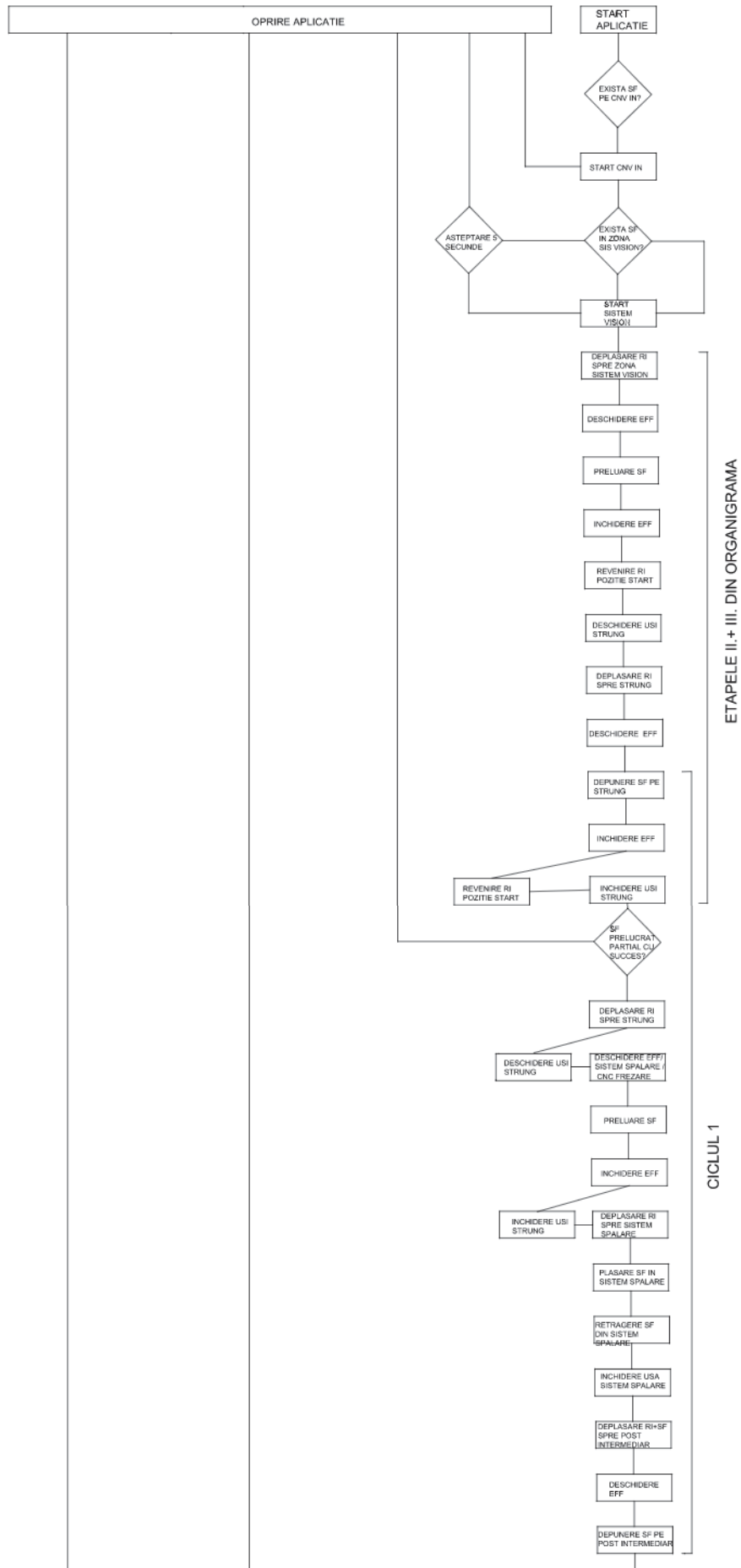


Fig.6 Organigrama de tip "flowchart" a aplicației alese

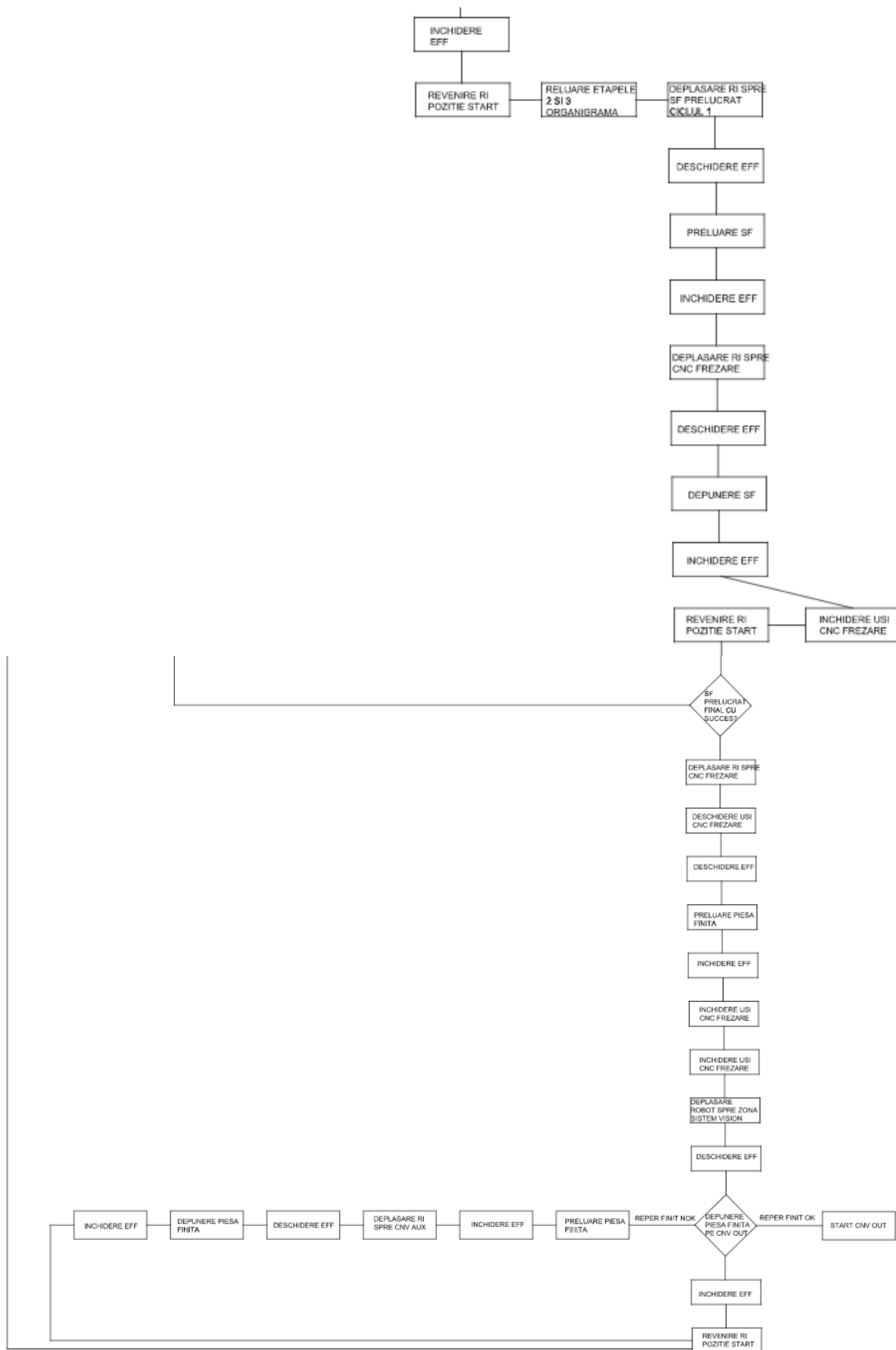


Fig.7 Continuarea flowchart-ului aplicației

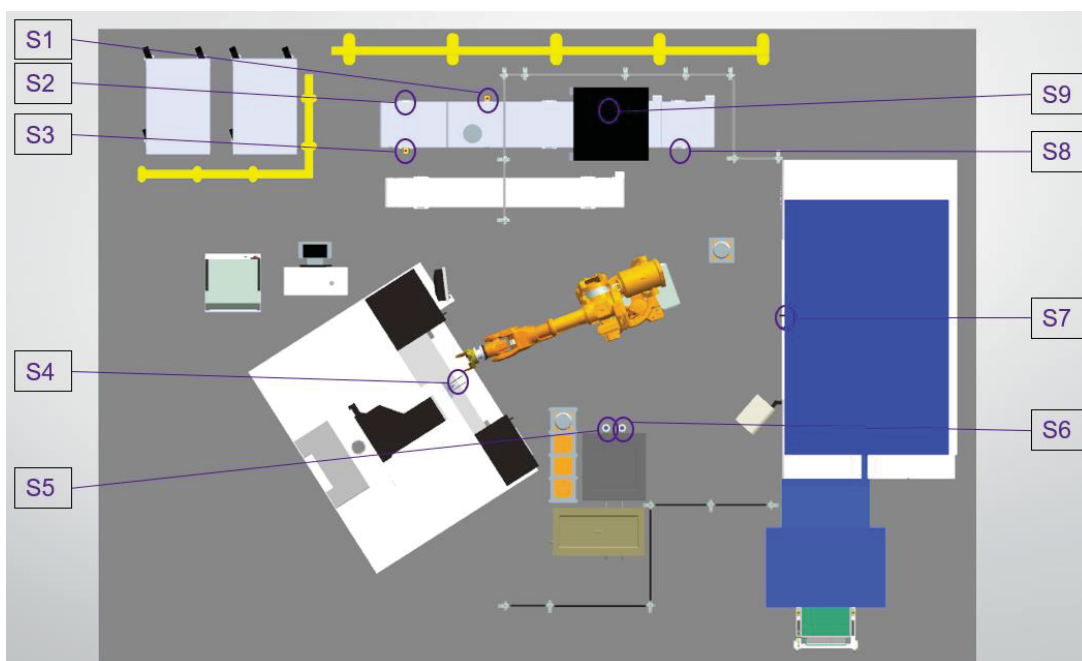


Fig.8 Maparea aplicației robotizate cu elemente senzoriale

Tabelul 1.Senzoristica aplicației

Nr.crt.	Simbol senzor	Tip senzor	Tip semnal furnizat	Funcție logică semnal	Eveniment
1.	S1	Buton oprire de urgență conveior intrare	Digital	“DA” / “NU”	Actionează ca un switch pentru a opri conveiorul de intrare
2.	S2	Senzor de proximitate inductiv	Digital	“DA” / “NU”	Detectează piesele finite ajunse în capătul conveiorului de evacuare
3.	S3	Buton oprire de urgență conveior evacuare	Digital	“DA” / “NU”	Actionează ca un switch pentru a opri conveiorul de evacuare
4.	S4	Senzor de proximitate inductiv	Digital	“DA” / “NU”	Detectează semifabricatul încărcat de robot pe strungul vertical
5.	S5	Senzor de proximitate inductiv	Digital	“DA” / “NU”	Detectează reperul prelucrat parțial adus de robot în zona sistemului de spălare
6.	S6	Senzor de nivel	Digital	“DA” / “NU”	Detectează nivelul de ulei din sistemul de spălare
7.	S7	Senzor de proximitate inductiv	Digital	“DA” / “NU”	Detectează reperul prelucrat parțial adus de robot de la sistemul de spălare
8.	S8	Senzor de proximitate inductiv	Digital	“DA” / “NU”	Detectează piesele semifabricate ajunse în capătul conveiorului de intrare
9.	S9	Senzor vision	Digital	“DA” / “NU”	Detectează obiectele din zona sistemului de recunoaștere video, forma și poziția acestora pe conveior

CELULĂ ROBOTIZATĂ PENTRU PALETIZAT BIDOANE DE APĂ DE 20 LITRI

ROBOTIC CELL FOR PALLETIZING 20 LITER BOTTLES OF WATER

MINCĂ Laurențiu

Faculty: FIIR, Robotics Year of study: 1 Master, e-mail: laurentiu_minca14@yahoo.com

Scientific leader:
prof. dr. ing. Tiberiu DOBRESCU

1. Introduction

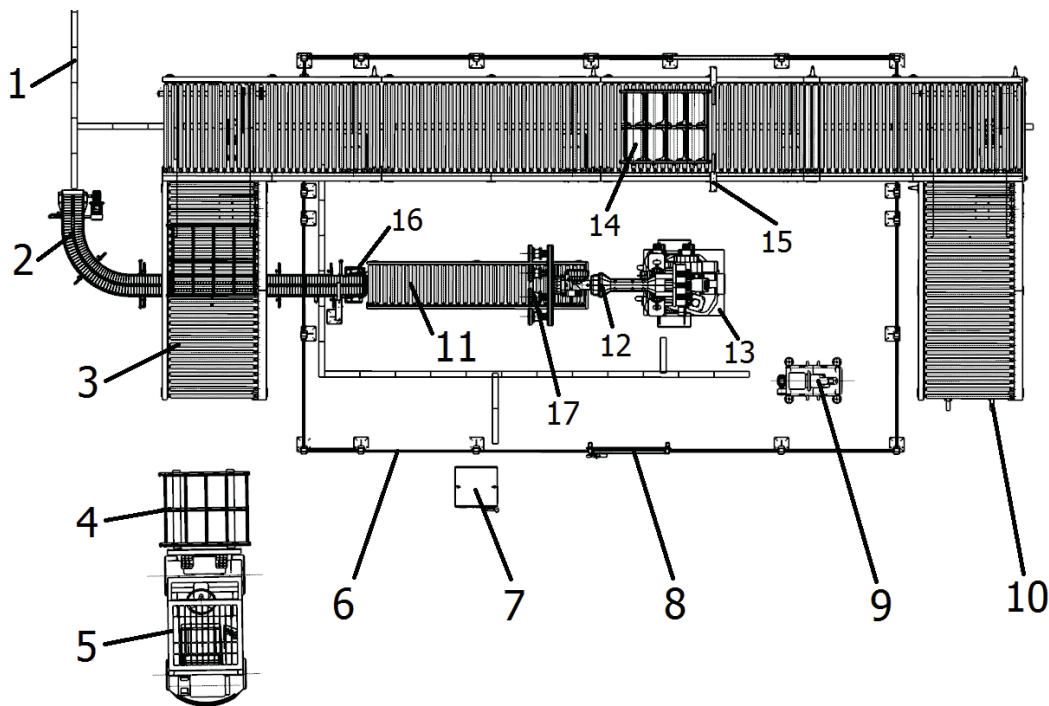


Fig. 1. Top view

Way of operation:

The human operator in the forklift (5) places an empty rack (4) on the roller conveyor (3).

The water bottles (14) enter the robotic cell using the belt conveyor (2) and are directed to the direction diverter (16). The bottles are grouped in two rows on the roller conveyor (11).

The Kawasaki MX500N industrial robot (12) which is on an elevation support (13) approaches the conveyor (11) and takes over with the help of the effector (17) and will take 8 bottles (14) which it will deposit in the rack.

The compressor (9) ensures the required compressed air flow in the cell.

Once all 32 bottles are placed in the rack, the two stops (15) will retract and the rack will move towards the end of the conveyor. The end of the stroke (10) will stop the loaded rack until the human operator lowers the rack on the conveyor with the forklift (5).

The robotic cell is provided with a protective fence (6) to ensure the protection of those working near it. The gate (8) provides access inside the cell. The Kawasaki controller model E04 (7) ensures the control of the process and is provided with an emergency button.

2. The current stage



Fig. 2. Front view

The virtual prototype of the cell was made in NX 12:

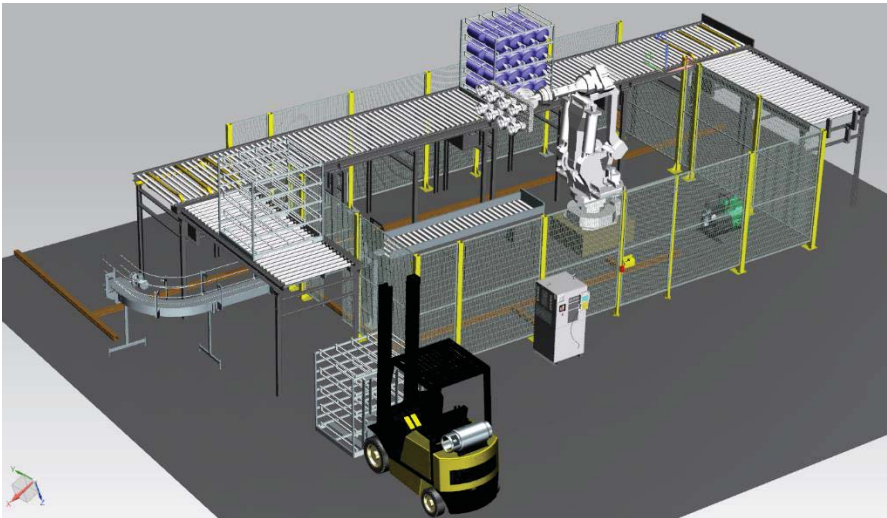


Fig. 3. Virtual prototype

Presentation of the effector.

Effector components:

- 6 profiles at the size of 80x80x1100;
- flange mounting plate model ZX200S;
- 8 spacers to the size 80x80x80;
- 8 suction cups with high rigidity ($\varnothing = 160\text{mm}$);

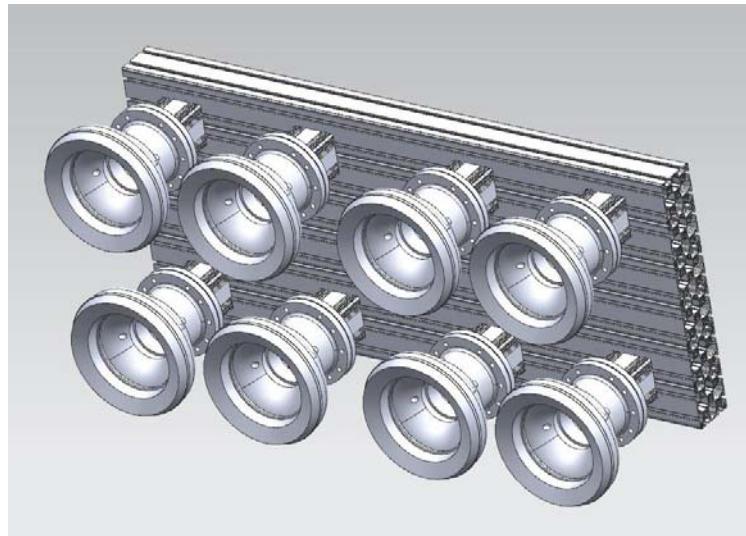


Fig. 4. Effector view

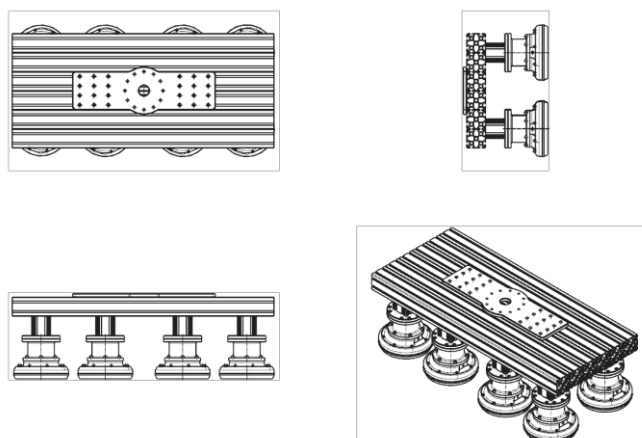


Fig. 5. Effector orthogonal views

3. Assisted simulation of the overall operation of the application / technical system designed in a CAD work environment (SIEMENS NX 12)

After downloading the 3D model of the robot, I opened it with SIEMENS NX 12 to export it in the format with the extension .JT required for PROCESS SIMULATE 13. For this robot model, we made only rotation torques with the help of the SIEMENS PROCESS SIMULATE working environment 13.

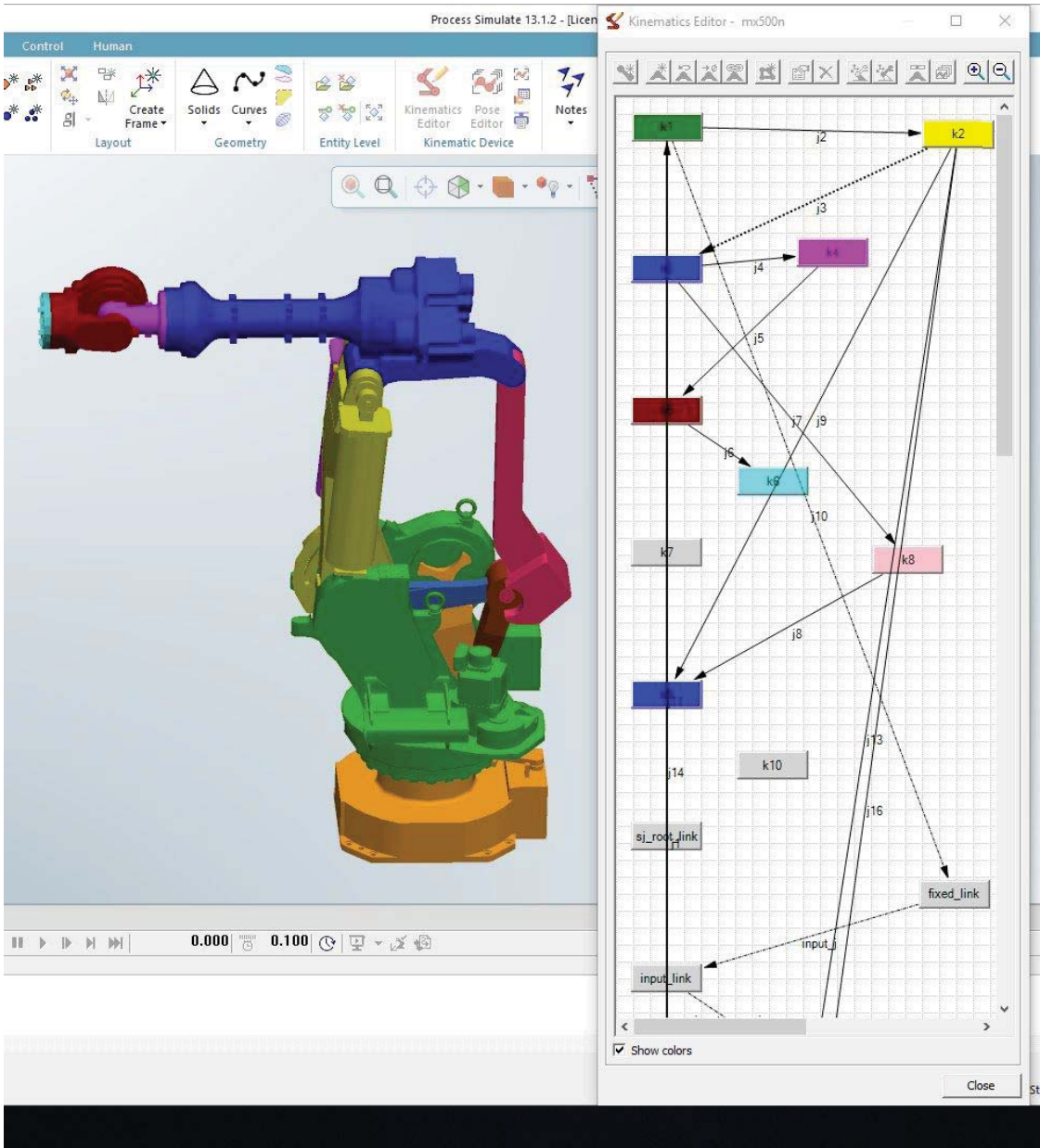


Fig. 6. Defining rotation torques

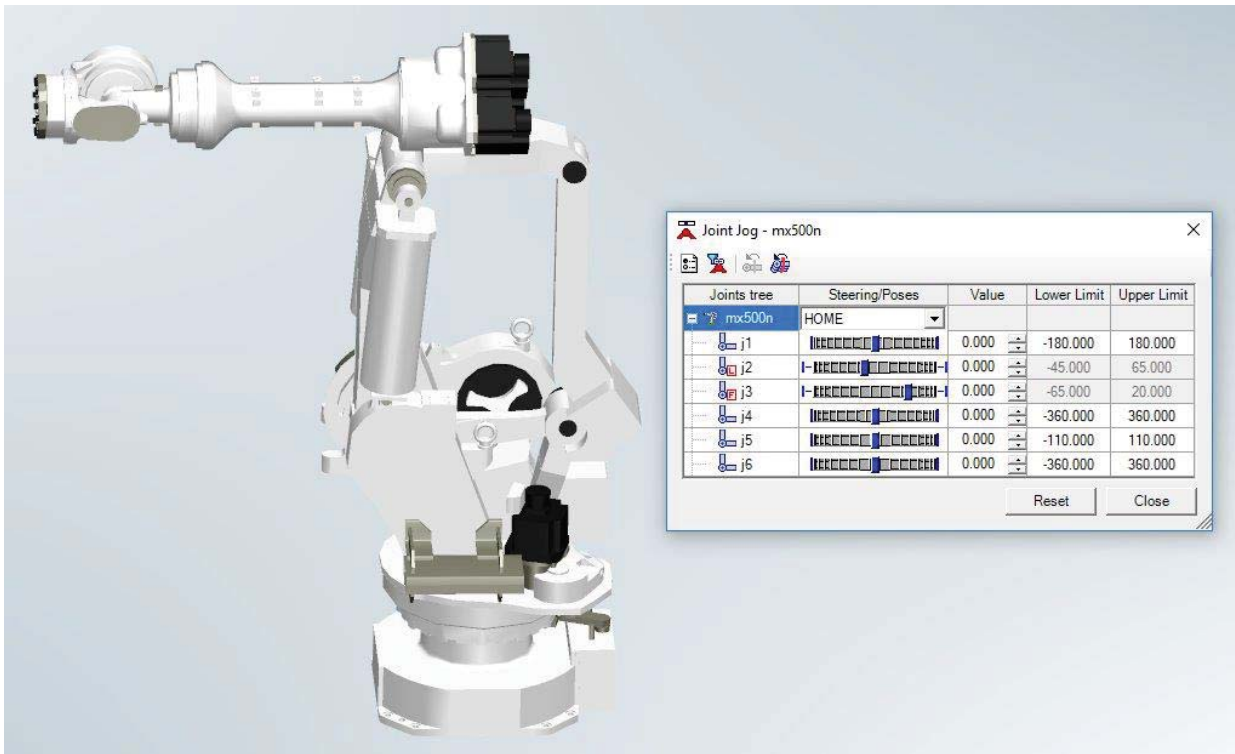


Fig 7. The possibilities of movement of the robot on each axis

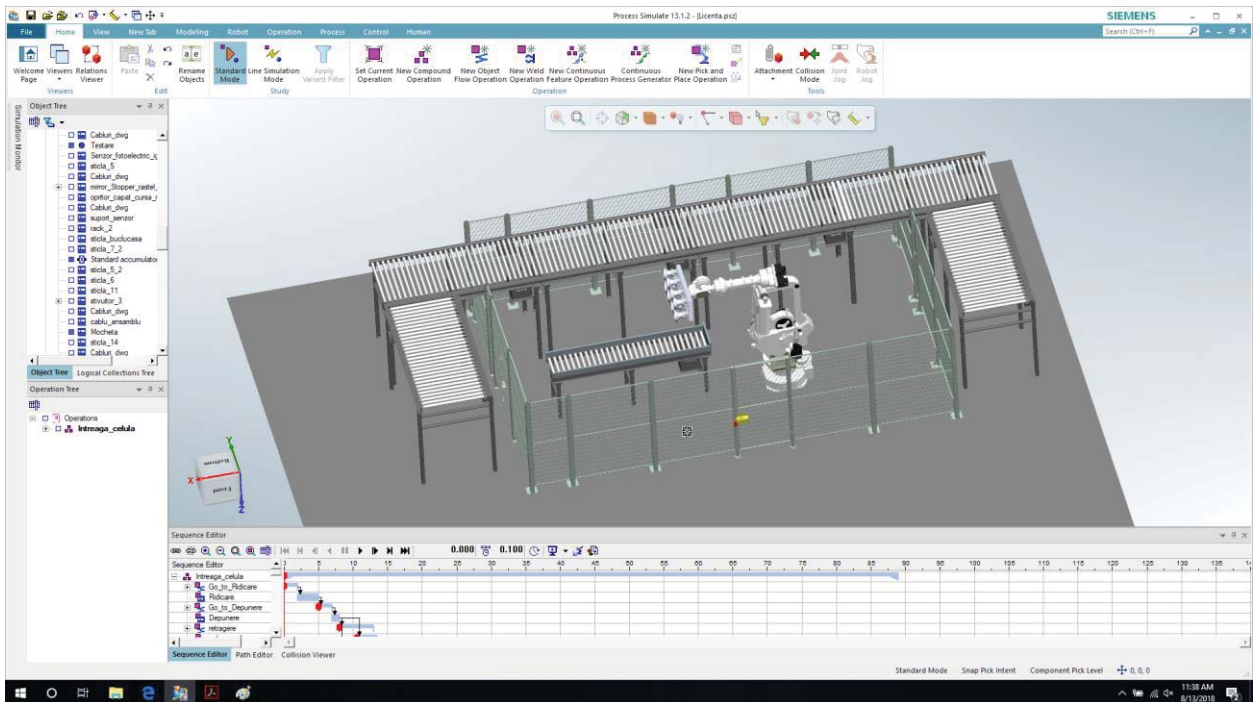


Fig 8. Defining the operations required to simulate the cell in Process Simulate 13

4. Flowchart of the chosen application

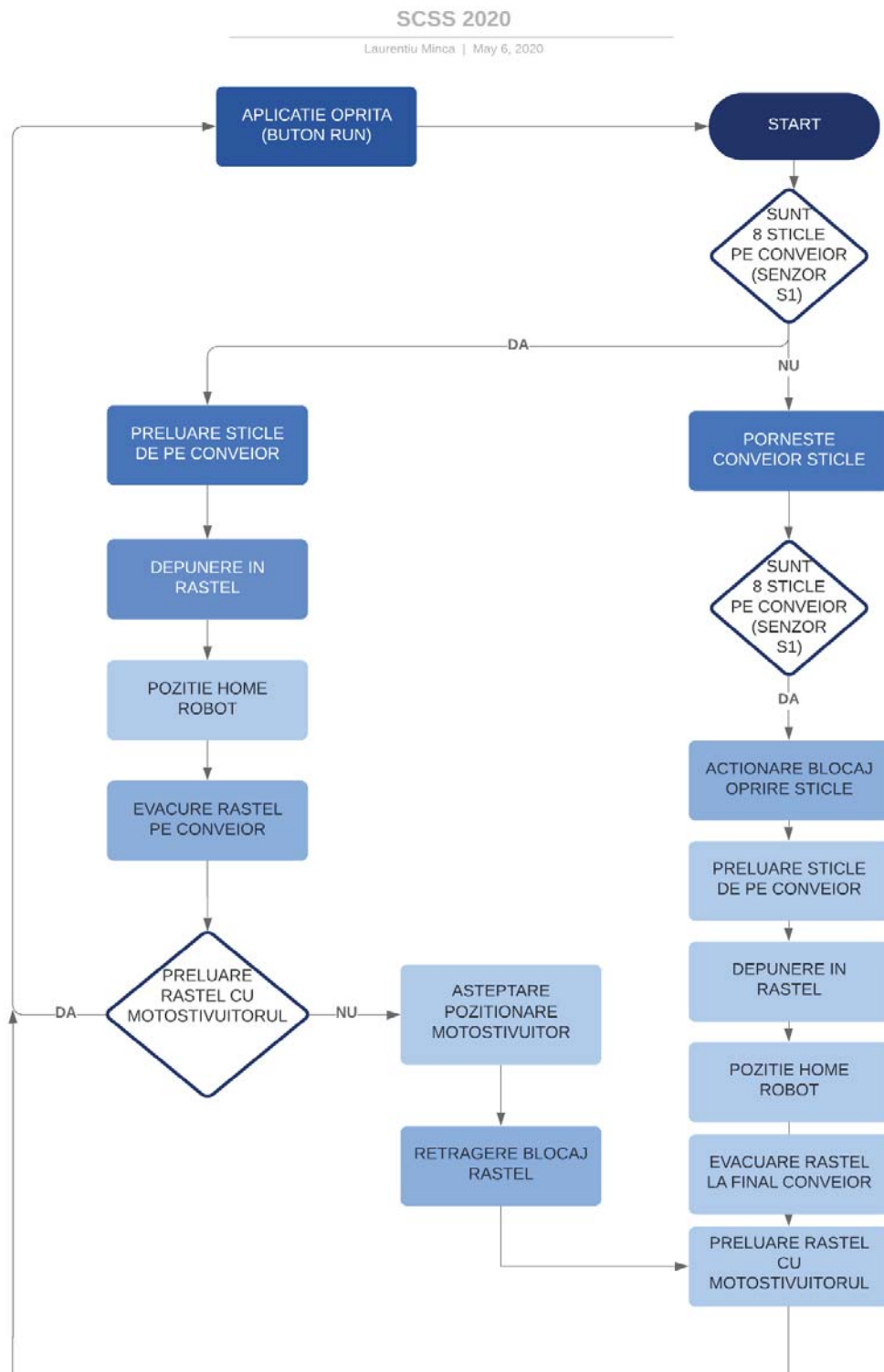


Fig. 9: Flowchart organization chart

5. Location of industrial sensors in the robotic application

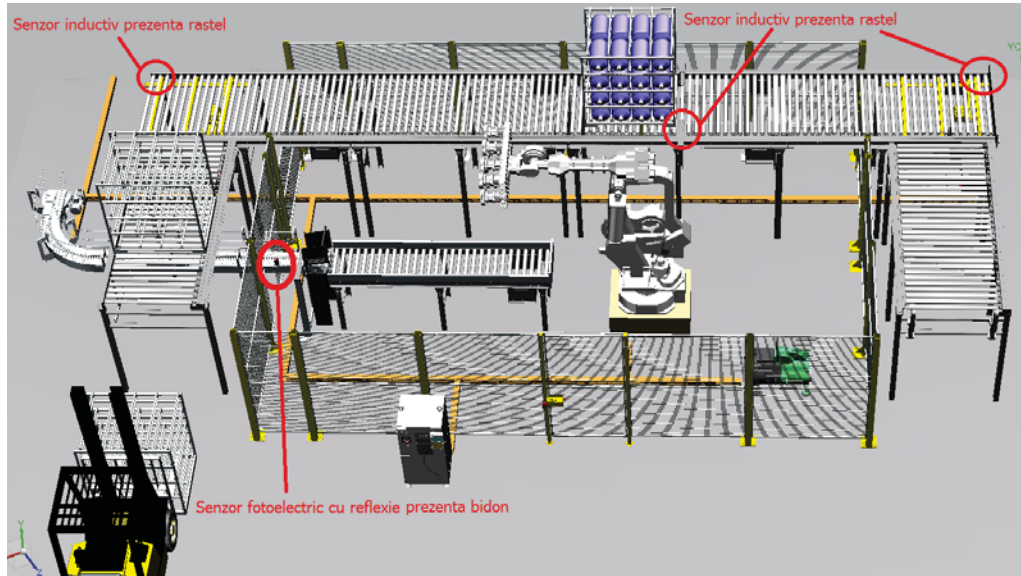


Fig 10: Location of industrial sensors

6. Personal contributions:

- Integrated cell design and modeling, activity automation solutions, using NX 12 virtual environments.
- Off-line programming and simulation and robotic integration, using SIEMENS PROCESS SIMULATE off-line simulation programming environments 13.
- Earthquake behavior analysis in the water storage rack, using the CAE environment, ANSYS Workbench 19.
- The graphic part was made using the 2D AUTOCAD 2019 working environment.
- Kinematic calculations, are calculated in the robot carcasses and cinematographic and organic works are designed for a rotational torque and can be joined to the robot.

7. Bibliography

1. Dobrescu T. – *Bazele Cinematicii Robotilor Industriali*, Ed. Bren, ISBN-973-9427-02-2, București, 1998
2. Dorin A., Dobrescu T., Pascu N., Ivan I., – *Cinematica Roboților Industriali*, Editura Bren, ISBN-978-973-648-970-9, București, 2011
3. Dobrescu T., Dorin Al. – *Încercarea Roboților Industriali*, Editura Bren, ISBN-973-648-115-8, București, 2003
4. Dobrescu T., Pascu N. – *Roboti Industriali. Încercare si Receptie*, Editura Bren, București, 2013,
5. Dorin Al., Dobrescu T. – *Actionarea Pneumatica a Robotilor*, Ed. Bren, ISBN-973-648-060-7, 2002
6. Dorin Al., Dobrescu T., Bucuresteanu A., – *Actionarea Hidraulica a Robotilor Industriali*, Ed. Bren, 2007
7. Enciu G. – *Senzori Industriali*, note de curs, UPB, 2017
8. Ghinea M. – *Masini si Sisteme de Productie*, note de curs, UPB, 2017
9. Gheorghita M. – *Tehnologia Fabricarii Componentelor Robotilor Industriali*, note de curs, UPB, 2017
10. Nicolescu A., Coman C. - *Robotica 2*, note de curs si aplicatii, UPB, 2015
11. Nicolescu A., Coman C.– *Actionari electrice pentru mecatronica si robotica*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016,
12. Nicolescu A., – *Componente si ansambluri tipizate in constructie modulara pentru RI si SPR*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2014
13. Nicolescu A., – *Componente mecanice tipizate*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016
14. Nicolescu A. – *Proiectarea Robotilor Industriali. Partea I. Conceptul sistemic unitar de robot integrat în mediul tehnologic. Subsistemul mecanic al RI. Motoare de actionare utilizate la RI*, UPB, 1997
15. Nicolescu, A. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali 1*, note de curs si aplicatii UPB, 2017
16. Nicolescu, A. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali 2*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2017

OFF-LINE PROGRAMMING AND SIMULATION OF A ROBOTIC DEBURRING CELL USING PROCESS SIMULATE

Necsulescu Robert Emanuel

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotica, Anul de studii: 1 Master, e-mail: robertemanuel_necsulescu@yahoo.com
Conducător științific: Conf. dr. ing. **Adrian Nicolescu**

In this paper we aim to make a fully automated cell for deburring an aluminum housing.

CUVINTE CHEIE: robot, celula, debavurare.

1. Introducere

Titlul, “**Introducere**”, (Times New Roman 12 puncte, bold, justificat, litere mici, numerotat).

Lucrarea va conține o *Introducere* în care vor fi prezentate aspectele generale legate de subiectul lucrării, obiectivele urmărite și modalitatea prin care au fost atinse (Font: Times New Roman, 11 puncte, Normal, Justificat).

Debavurarea este operația de eliminare a bavurilor de pe semifabricatele rezultate din turnare, matrișare, laminare, etc, prin operații de așchiere. Celula robotizată este concepută pentru debavurarea coplet automatizată a unei carcase din aluminiu obținută prin turnare în formă temporară din nisip.

Masa semifabricatului este de 12 kg. Dimensiunile de gabarit ale carcasei sunt prezentate în imaginile de mai jos.

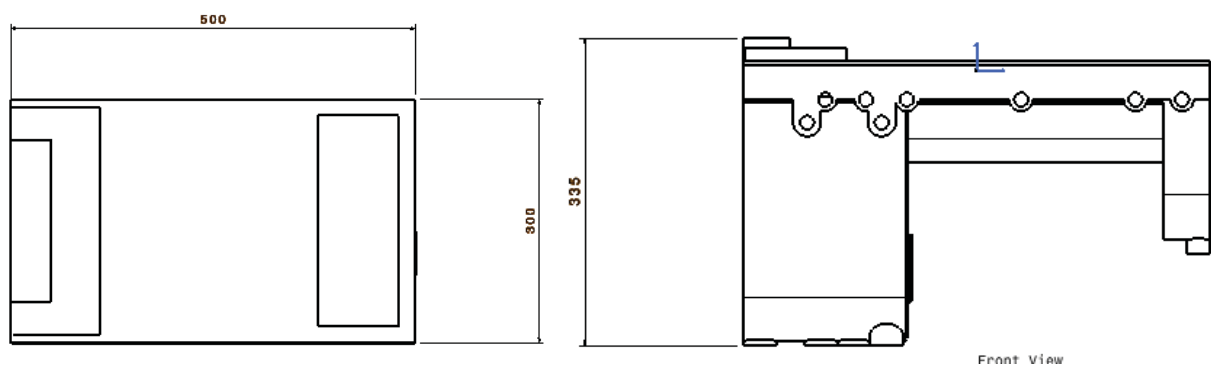


Fig. 1. Dimensiunile de gabarit ale carcasei

Maselotele și bavurile de pe conturul exterior al semifabricatelor sunt înlăturate cu ajutorul unui fierăstrău cu bandă iar bavurile de pe contururile mai complicate sau din locurile greu accesibile sunt eliminate cu ajutorul mașinilor de frezat. Retușările sunt executate cu un flex cu piatră de polizat și o mașină de rectificat cu bandă.

Mașinile de frezat sunt în număr de trei și fiecare din ele au o freză specifică în funcție de dificultatea operației de debavurare.

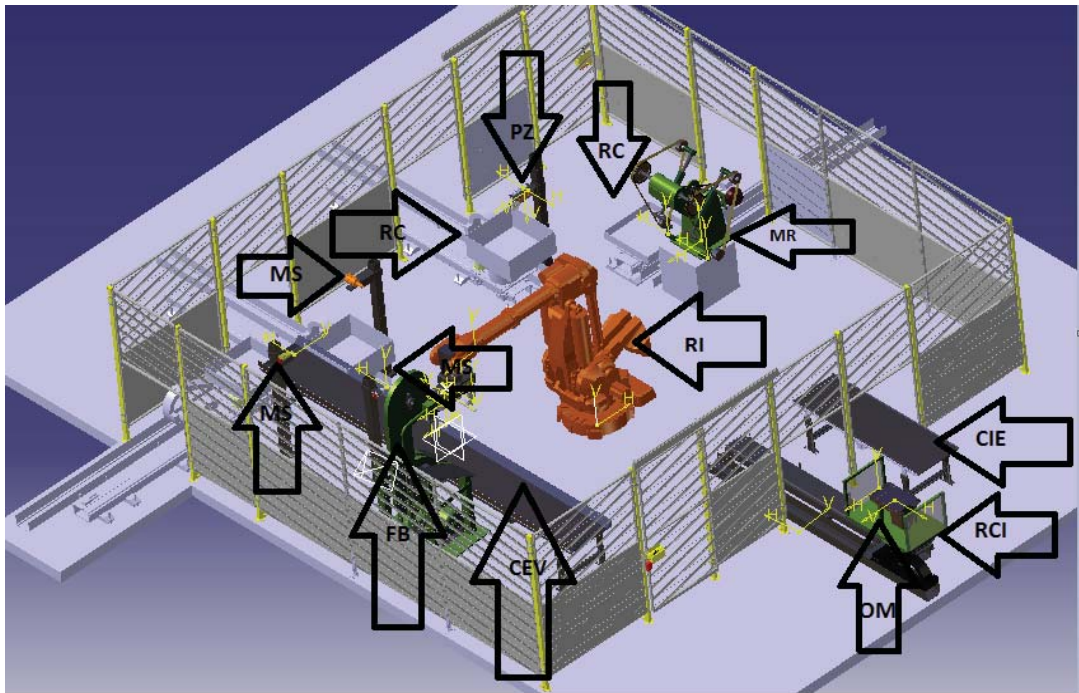


Fig.2. Vederea de ansamblu a celulei 1

RI - robot industrial ; FB – fiersastrau cu bandă ; MR – mașină de rectificat ;
 MS – mașină așchiere ; RIN – roboçar intrare ; CIE – conveior ieșire ;
 CEV – conveior evacuare ; RC – roboçar ; OM – obiect manipulat ; PZ – polizor ;

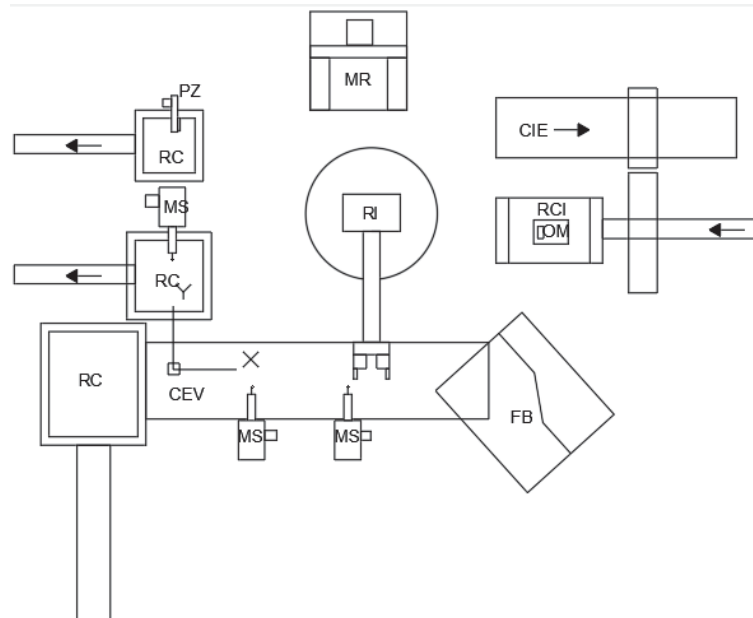


Fig. 3. Vedere de sus de tip drafting pentru aplicatia de proiectat, cu repere si legenda cu denumiri pentru toate subsistemele incluse.

Semifabricatul brut este introdus în celulă de roboçarul de intrare. Acesta este echipat cu un sistem de centrare a carcasi. După ce operatorul uman încarcă carcasa în roboçar, apasă pe un buton de confirmare că semifabricatul este pregătit. Roboçarul introduce carcasa în celulă și se oprește în stația de preluare, apoi transmite un semnal robotului că semifabricatul e gata de preluare.

Rolul funcțional major al robotului este acela de a prelua carcasa și de a o prelucra pe rând la celelalte mașini din cadrul aplicației. Efectorul robotului este echipat cu senzori de proximitate care indică poziția de preluare, luând în considerare golurile de material din carcasă. După ce robotul preia reperul, dă semnal celorlalte mașini să pornească pe rând, în ordinea efectuării operațiilor de prelucrare. Ordinea în care se face prelucrarea este următoarea:

1. Fierăstrău cu bandă – la aceasta masina se taie maselotele rezultate din turnare.

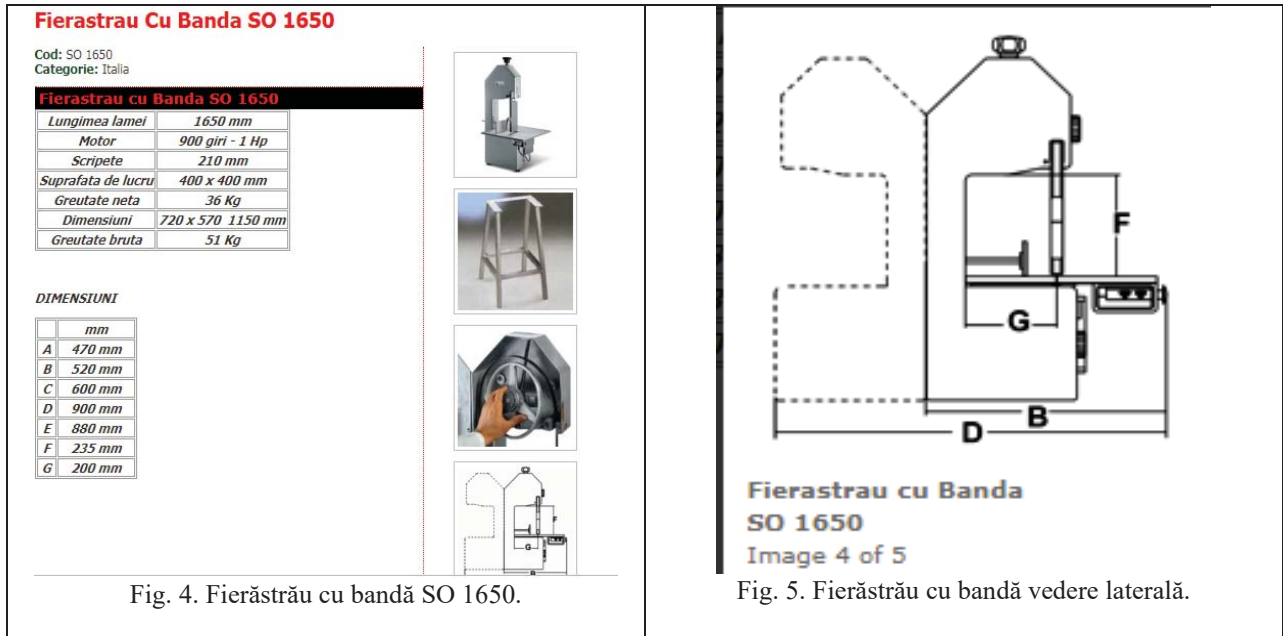
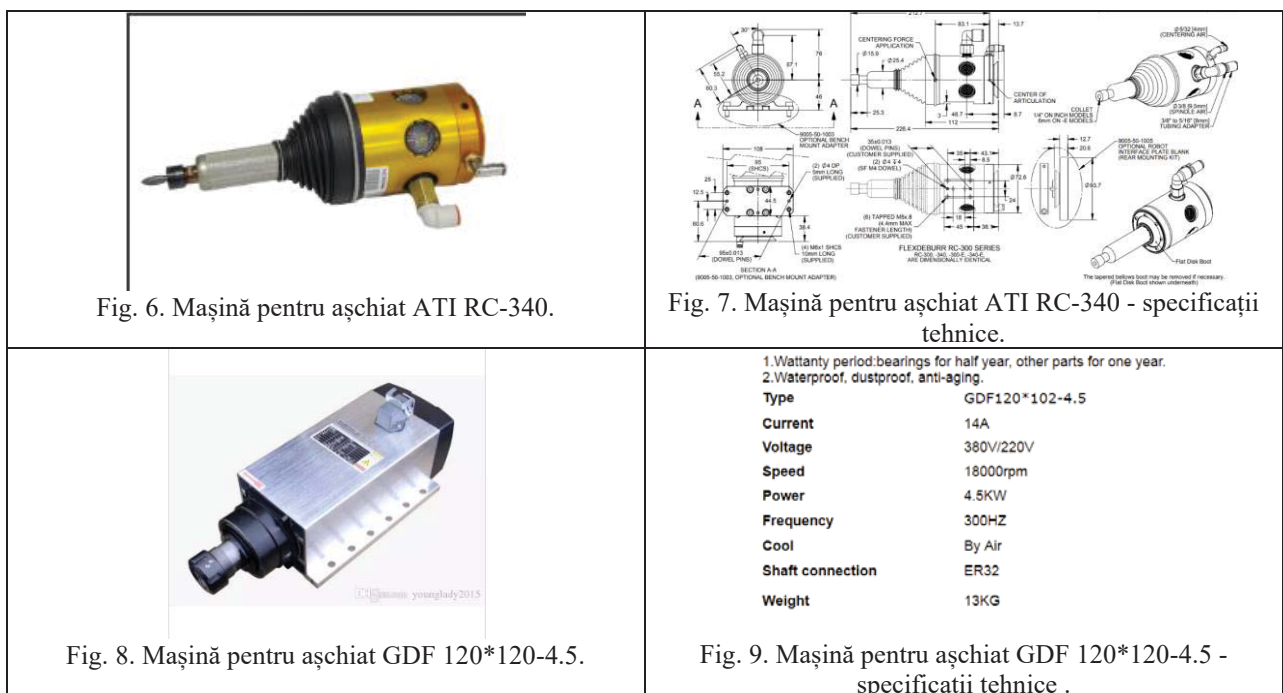


Fig. 4. Fierăstrău cu bandă SO 1650.

Fig. 5. Fierăstrău cu bandă vedere laterală.

2. Scule cu antrenare proprie – sunt în număr de trei, fiecare folosește o freza diferită în funcție de dificultatea prelucrării. Funcția majoră a acestora este de a elimina bavurile rezultate din planele de separație și din golurile piesei.






Fig. 10. Mașină pentru aşchiat TECH.

Product Specification

Brand	TECH
Phase	12-48VDC
Motor Voltage	12-48VDC
Application	DRILLING, ENGRAVING
Power	300-500WATT
Size	170MM
Speed	12000RPM
Diameter	52
Minimum Order Quantity	10 Unit

Fig. 11. Mașină pentru aşchiat TECH - specificații tehnice.

3. Polizor – retușează suprafețele prelucrate anterior.



Fig. 12. Flex bosh 1375 A.

1375A

Specifications

Attributes	
Amperage	6.0
Cut-off Disc	4-1/2"
Length	10.5"
No Load RPM	11,000
Rating	120V AC
Spindle Thread	5/8 -11 UNC
Voltage	120V
Weight	3.75lb
Wheel Diameter	4-1/2"
Includes	(1) 4-1/2 In. Angle Grinder, (1) Grinding Wheel Guard, (1) Auxiliary Handle, (1) Inner (Clamping) Flange, (1) Outer (Round Nut) Flange, (1) Spanner Wrench, (1) 4-1/2 In. Abrasive Grinding Wheel

Fig. 13. Flex bosh 1375 A - specificații tehnice.

4. Mașină de rectificat - retușează suprafețele prelucrate anterior.



Fig. 14. Masina de rectificat.

După terminarea procesului, robotul pune carcasa pe conveiorul de ieșire și da un semnal că acesta să pornească și să o scoată din celulă.

Analiza comparativa a mediilor de lucru in care se realizeaza programarea - simularea off-line a celulei robotizate:

ABB Robot Studio:

Software-ul ABB RobotStudio de simulare și programare offline, permite programarea robotului pe un computer din birou, fără a opri producția.

RobotStudio oferă instrumentele pentru a crește rentabilitatea sistemului robotizat permițând efectuarea de sarcini precum antrenament, programare și optimizare fără a deranja producția.

Aceasta oferă numeroase avantaje, inclusiv:

- Reducerea riscurilor;
- Lansare rapida;
- Schimbari rapide;
- Productivitate crescuta.

RobotStudio este construit pe ABB VirtualController, o copie exactă a software-ului real care rulează roboții în producție. Acest lucru permite realizarea de simulări foarte realiste, folosind programe robotice reale și fișiere de configurare identice cu cele utilizate pe podeaua magazinului.

Avantaje:

- Sepoate folosi intr-o gama larga de aplicatii;
- Targeturile si tracteriile sunt foarte simplu si rapid de definit;
- Contine o librerie cu o o gama variata de roboti ABB si sisteme perirobotice;
- Se poate defini orice tip de semnal;

- Genereaza linii de cod in timp ce lucrezi la aplicatie, ceea ce iti permite sa vezi foarte usor ce se va intampla in timpul rularii aplicatiei din punct de vedere a miscarilor.
- Detecteaza coliziunile din cadrul aplicatiei virtuale.

Dezavantaje:

- Nu se pot introduce sisteme de vedere artificiala si nu se poate vizualiza virtual un astfel de sistem;
- Nu genereaza cod pentru sisteme de vedere artificiala;
- Nu se pot amplasa senzori in celula robotizata virtuala;
- Nu se poate vizualiza spatial in care un senzor actioneaza si modul in care acesta sesizeaza ceva.

FANUC Roboguide

FANUC ROBOGUIDE este un simulator de roboți care simulează atât mișcarea roboților cât și comenzile din aplicație, reducând semnificativ timpul necesar pentru a crea configurații de mișcare noi. Pentru un impact minim asupra producției, celulele pot fi proiectate, testate și modificate în totalitate offline. Pentru a reduce timpul de modelare 3-D, modelele componentelor pot fi importate de pe un PC în format de date CAD. Librăria extinsă din software-ul de simulație a roboților permite utilizatorilor să selecteze și să modifice componentele și dimensiunile în funcție de preferințele proprii. Datorită conceptului său intuitiv și extrem de ușor de utilizat, ROBOGUIDE necesită o instruire prealabilă nesemnificativă. De asemenea, poate fi prevăzut cu instrumente dedicate pentru aplicații specifice.

Avantaje:

- Complex, poate fi utilizat la o gama larga de aplicatii, inclusive cele ce implica vedere artificiala.
- Flexibil;
- Are o librerie diversificata din care poti folosi o gama larga de senzori, obiecte, roboti, sisteme perirobotice, camere de vedere artificiala;
- Poti modela obiectele cu usurinta dupa necesitate;
- Simuleaza bine procesul si este foarte asemanator cu ceea ce se intampla in realitate.
- Poti scrie codul de miscare al robotului si vizualiza rapid rezultatul programarii.
- Genereaza codul pentru conectarea in retea cu alte dispozitive cum ar fi camere de vedere artificiala.

Dezavantaje:

- Interfata veche si nu foarte prietenoasa;
- Targeturile nu se definesc foarte rapid si usor;
- Generarea codului pentru formarea traectoriilor nu este foarte rapida.

Process Simulate

Process Simulate este o soluție de fabricație digitală pentru verificarea proceselor de fabricație într-un mediu 3D. Process Simulate este un factor important pentru a putea trece pe piață, permițând organizațiilor producătoare să valideze virtual conceptele de producție în prealabil - de-a lungul ciclului de viață al noilor introduceri de produse. Capacitatea de a folosi datele 3D ale produselor și resurselor facilitează validarea virtuală, optimizarea și punerea în funcțiune a proceselor de fabricație complexe, ceea ce duce la o lansare mai rapidă și o calitate mai mare a producției.

Avantaje:

- Poti simula diferite procese cum ar fi: lucrari de catre operatori umani, procese de sudura, procese de vopsire, procese de fabricatie, procese de taieri cu laser, in acelasi mediu astfel obtinanduse o vedre de ansamblu al intregului lant de productie;
- Are un modul de process de asamblare prin care se poate analiza timpzii de productie, sculele si uneltele cele mai potrivite pntru un anumit proces si detectie de coliziuni;
- Are un modul de simulare a operatiunilor ce implica operatori umani pentru a asigura un mediu de lucru sigur si a optimiza timpzii de manipulare a pieselor sau timpzii de lucru.
- Are un modul de sudare in puncte pentru a se putea analiza procesele complexe de sudare in puncte ce implica mai multi roboti. Acest modul distribuie sarcinile de lucru intre roboti in asa fel incat sa se obtina cel mai scurt timp de executie. Totodata calculeaza uzura efectorilor si foloseste acest criteriu pentru a aseza schimbul de efectori in cadrul unor timpzi morti.
- Are un modul de proiectare a celulelor robotice prin care se pot realiza procese cu mai multi roboti. In acest modul programul poate determina traectoriile robotilor in asa fel incat sa se obtina timpzii cei mai scurzi fara coliziuni intre roboti.

Dezavantaje:

- Este un program complex ce necesita pregatire in prealabil.

Robcad

Software-ul Tecnomatix Robcad face posibila proiectarea, simularea, optimizarea, analiza și programarea offline a mai multor dispozitive robotice si a proceselor de fabricatie automate in contextul productivitatii si a managementului resurselor de productie. Oferă o platformă tehnică pentru optimizarea proceselor și calcularea timpilor de ciclu. Cu Robcad poti proiecta machetele complete a celulelor robotizate si de fabricatie automatizata.

Avantaje:

- Are un mediu de modelare CAD prin care poti crea obiecte noi sau poti configura roboti care nu sunt integrati in biblioteca programului;
- Se pot planifica traectorii si analiza timpzii de executie;
- Detecteaza coliziuni;
- Programul are 50 interfete standard ce reprezinta peste 200 tipuri de controlere. Aceasta facilitate permite programarea off-line pentru majoritatea tipurilor de roboti industriali;
- Poate genera traectorii fara coliziuni intr-un spatiu aglomerat;

- Are module speciale pentru sudare in puncte, sudare cu arc electric si vopsire.
- Se poate face conversia in Process Simulate.

Dezavantaje:

- Nu contine module complexe de simulare de proces;
- Este dedicat doar aplicatiilor robotizate.

RoboDK

RoboDK este un program de programare offline a robotilor industriali. Se poate folosii pentru numeroase aplicatii cum ar fi: aplicatii de sudura, vopsire, CNC, paletizare etc..

Avantaje:

- Se poate folosi pentru programarea robotilor in procese de prelucrare cu scule cu antrenare proprie. Programarea se face asemanator cu cea pentru masinile de prelucrat cu comanda numerica in 5 axe.
- Programarea off-line se poate realiza pentru roboti fabricati de peste 30 de firme producatoare de roboti.
- Libraria contine o gama larga de roboti industriali.
- Contine programme de calibrare a robotilor pentru obtinerea de precizii ridicate.

Dezavantaje:

- Nu se pot simula procese foarte mari si complexe ce implica un numar mare de roboti.

2. Stadiul actual

Celula se afla in stadiul actual asamblata CAD la care am adaugat o simulare in DMU kinematics in Catia. In viitor urmaresc sa realizez simularea intrun mediu de programare si simulare off-line complex.

Luand in considerare analiza de mai sus, cel mai potrivit program pentru realizarea lucrarii de disertatie este Process Simulate, deoarece se pot simula procese complexe ce implica si actiunea operatorilor umani. Lucrarea mea de dizertatie este conceputa pentru o celula robotizata de debavurare care cuprinde operatiuni cum ar fi alimentarea celulei robotizate cu semifabricate si evacuarea deseurilor rezultate din procesele de debavurare, acestea fiind efectuate de operatori umani. In Process Simulate se pot efectua programe ce include masuri de siguranta pentru operatorii umani datorita complexitatii lui. Acelasi lucru nu s-ar putea face la fel de bine si rapid in celelalte programe. Cel mai apropiat program ca si complexitate este Robcad si Fanuc Robotguide, inasa primul este dedicat numai aplicatiilor robotizate si nu cuprinde si

alte procese ce depind de actiunea operatorilor umani, iar cel de-al doilea este dedicat robotilor Fanuc, ceea ce nu coincide cu marca de robot existenta in celula mea si anume ABB.

3. Concluzii

Conform celor prezentate mai sus, celula robotizata are toate componentele si urmeaza ca procesul de debavurare sa fie simulat in Process Simulate.

8. Bibliografie

1. Nicolescu A., Coman C. - *Robotica 2*, note de curs si aplicatii, UPB, 2015
 2. Nicolescu A., Coman C.- *Actionari electrice pentru mecatronica si robotica*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016,
 3. Nicolescu A., – *Componente si ansambluri tipizate in constructie modulara pentru RI si SPR*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2014
 4. Nicolescu A., – *Componente mecanice tipizate*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2016
 5. Nicolescu A. – *Proiectarea Robotilor Industriali. Partea I. Conceptul sistemic unitar de robot integrat în mediul tehnologic. Subsistemul mecanic al RI. Motoare de actionare utilizate la RI*, UPB, 1997
 6. Nicolescu, A. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali 1*, note de curs si aplicatii UPB, 2017
 7. Nicolescu, A. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali 2*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2017
- Nicolescu, A., Stanciu, M.D., Popescu D. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali - Vol.I Tendinte actuale in conceptia si exploatarea RI. Precizia de lucru si precizia volumetrica. Componente organologice specifice. Tehnici si metode de studiu al comportarii*

PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFF-LINE A UNEI CELULE ROBOTIZATE PENTRU PRELUCRAT PRIN AȘCHIERE REPERE DE TIP DISC UTILIZÂND MEDIUL DE LUCRU PROCESS SIMULATE

THE SIMULATION OF A ROBOTIC CELL THAT MACHINES PARTS WITH REVOLUTION SURFACES USING PROCESS SIMULATE

PREDA Bogdan Ionuț

Facultatea: FIIR, Specializarea: Robotică, Anul de studii: 1 (Master), e-mail: ibogdan.preda@gmail.com

Conducător științific:
Prof.dr.ing. Adrian NICOLESCU

1. Introducere

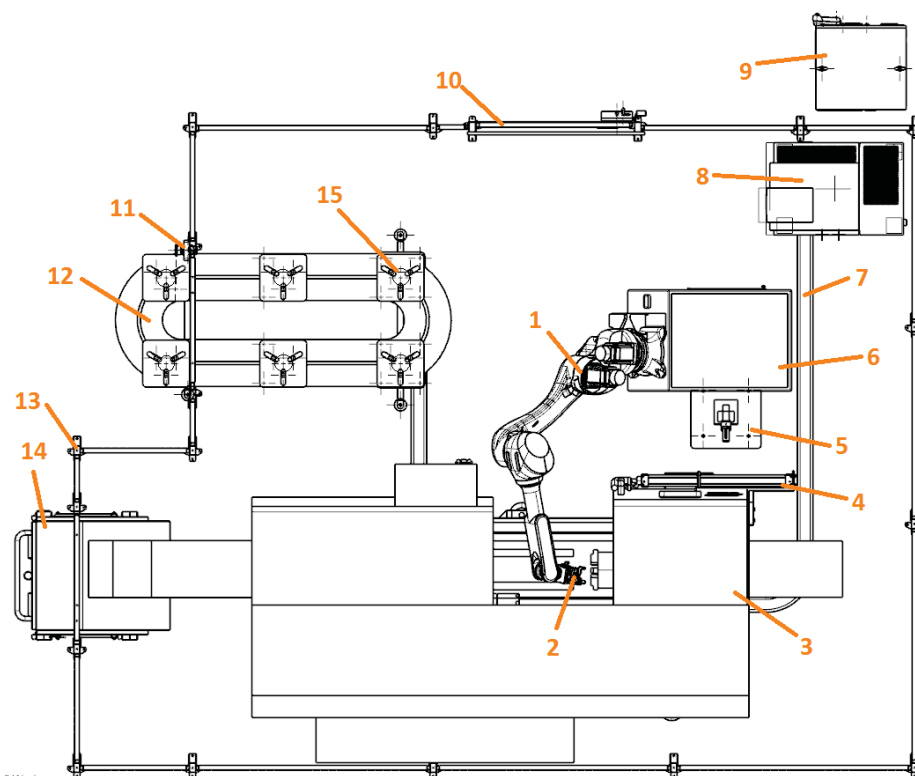


Fig. 1. Vedere de sus celulă

The robotic cell integrates a Kawasaki robot RS020n. The robot uses two grippers from Shunk, a CNC from HASS, and a special circular conveyor.

Modul de funcționare:

Reperle circulare (15) sunt poziționate de către operatorul uman pe conveiorul circular (12), Robotul preia piesa de pe conveior și o deplasează până la universalul mașinii (3). După ce piesa este prelucrată pe o parte robotul se ajută de sistemul de orientare (5) ca să prindă piesa din direcția opusă,

apoi robotul preia o poziție prin care piesa din efectuator să se poată centra gravitațional, și o introduce înapoi în universalul mașinii CNC. La finalul operației robotul depune piesa înapoi pe conveior. Operatorul uman va prelua piesele prelucrate de pe conveior când ajung în partea ușor accesibilă din afara celulei.

Comanda procesului este asigurată de către controlarele Kawasaki (9).

Aerul comprimat necesar în celulă este asigurat de către compresorul Kaeser (8).

Pentru a asigura siguranța celor care lucrează în apropierea celulei, aceasta a fost înconjurată cu garduri (13) și poarta de acces (10) Troax, iar un buton de urgență (11) amplasat lângă conveior unde operatorul uman încarcă piesele semifabricate, și preia piesele prelucrate.

Deschiderea și închiderea ușii mașinii CNC se face cu ajutorul unui piston pneumatic (4).

Robotul se află pe un suport de supraînălțare la un unghi de 45 de grade (6), pentru a avea accesibilitate crescută în spațiul de lucru al mașinii CNC.

Pentru dirijarea traseelor electrice se folosesc canale cabluri (7).

Șpanul este colectat în containerul pe roți (14) care poate fi accesat cu ușurință din exteriorul celulei.

Pentru automatizarea celulei robotizate am introdus un conveior în locul mesei de lucru RobotLoader, deoarece operatorul uman ar fi fost nevoit să intre în celulă pentru a prelua piesele prelucrate și a depune piesele semifabricate, iar procesul s-ar fi oprit în acest timp, conducând la o pierdere de productivitate.

2. Stadiul actual

Fundamentarea temei de proiect

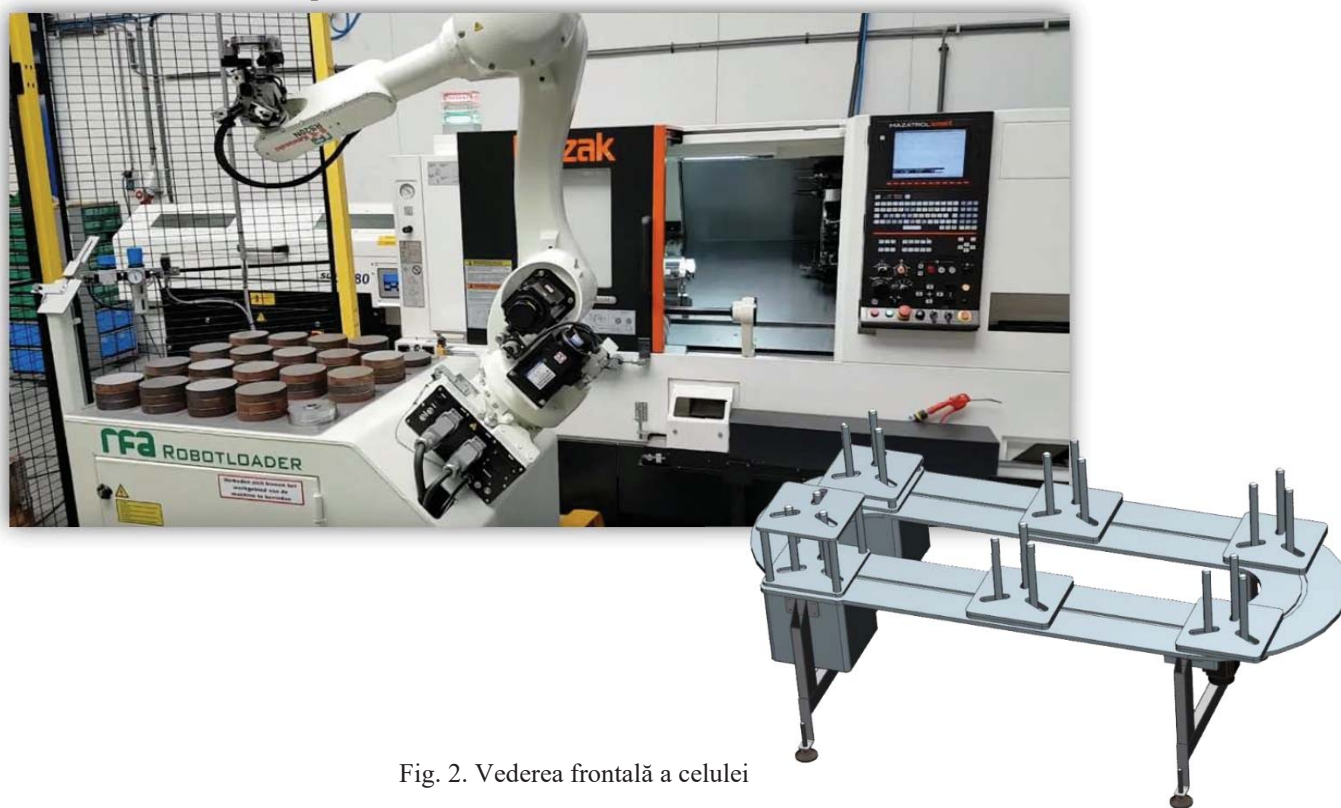


Fig. 2. Vederea frontală a celulei

Prototipul virtual al celulei a fost realizat in NX 12.0 pregatit pentru a fi important in Process Simulate



Fig. 3. Prototip virtual

3. Prezentarea sintezei CAD 3D în mediul de lucru Process Simulate

Importarea componentelor:

Din bara de la modeling din Process Simulate primul pas reprezintă definirea componentelor care urmează a fi importate in program. Componentele se definesc fie ca robot, gripper sau device, in cazul aplicației mele. Importarea are loc dupa ce definirea componenteleor a fost facuta. Componentele se pot muta cu ajutorul toolbarului prezentat mai jos.

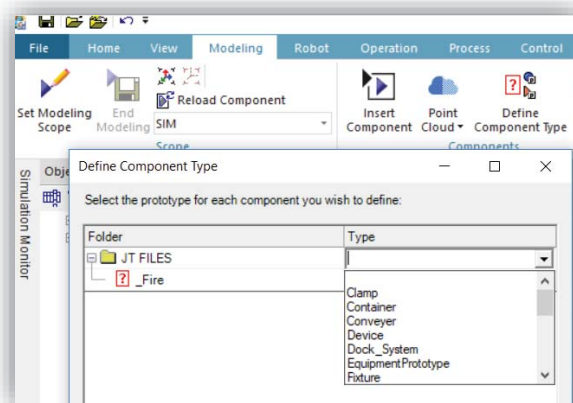


Fig. 4. Importarea componentelor



Fig. 5. Toolbar-ul folosit pentru a modifica poziția componentelor

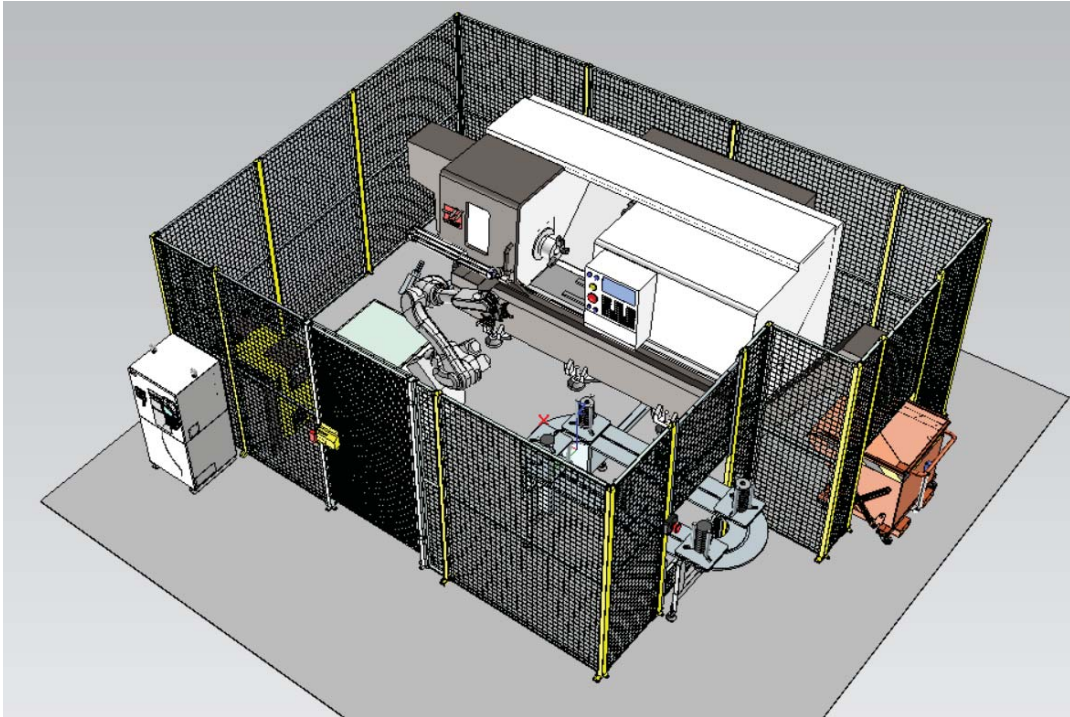


Fig. 6. Importarea și cinematizarea completa a celulei robotizate

Cinematica robotului:

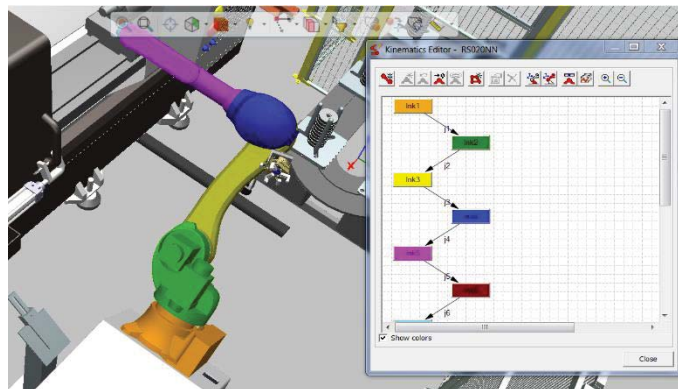


Fig. 7. Cinematica robotului

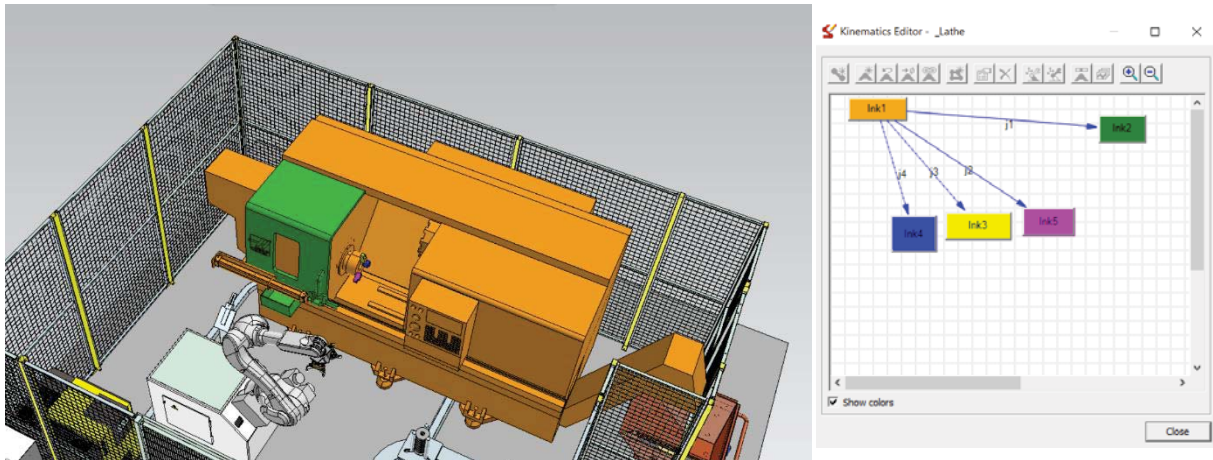


Fig. 14. Cinematica centrului de prelucrare HAAS

Se observa ca s-au folosit din nou legaturile de la “Joint Dependency” pentru a unii cele 3 bacuri intr o singura cupla.

Cinematica conveiorului cu palete:

Rotația paletelor in jurul conveiorului se va face ulterior cu opeații de “Object Flow”, data fiind complexitatea miscarii paletelor. Se pot observa in biblioteca de poziții inregistrate, numarul mare de poziții datorita faptului ca este necesară o poziție pentru fiecare indexare certicală a paletelor. Fiecare paleta are cinematica ei identică cu cea prezentată aici.

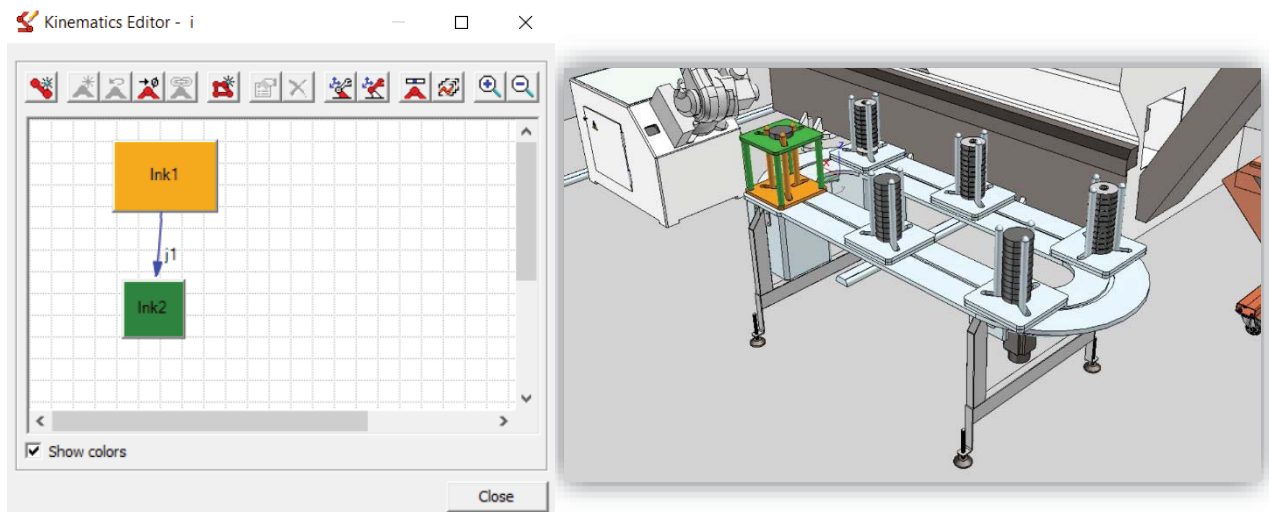


Fig. 15. Cinematica conveiorului cu paelete.

4. Maparea întregii aplicații cu elemente senzoriale

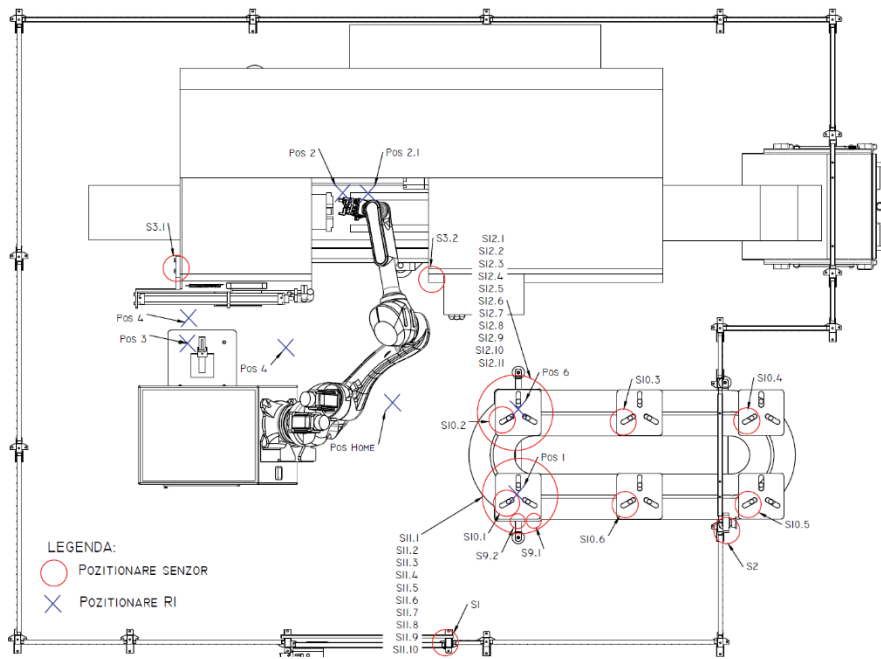


Fig. 17. Vedere de sus mapare senzori.

Senzorii atașati conveiorului sunt explicate mai jos, in sectiune prezentata in detaliu.

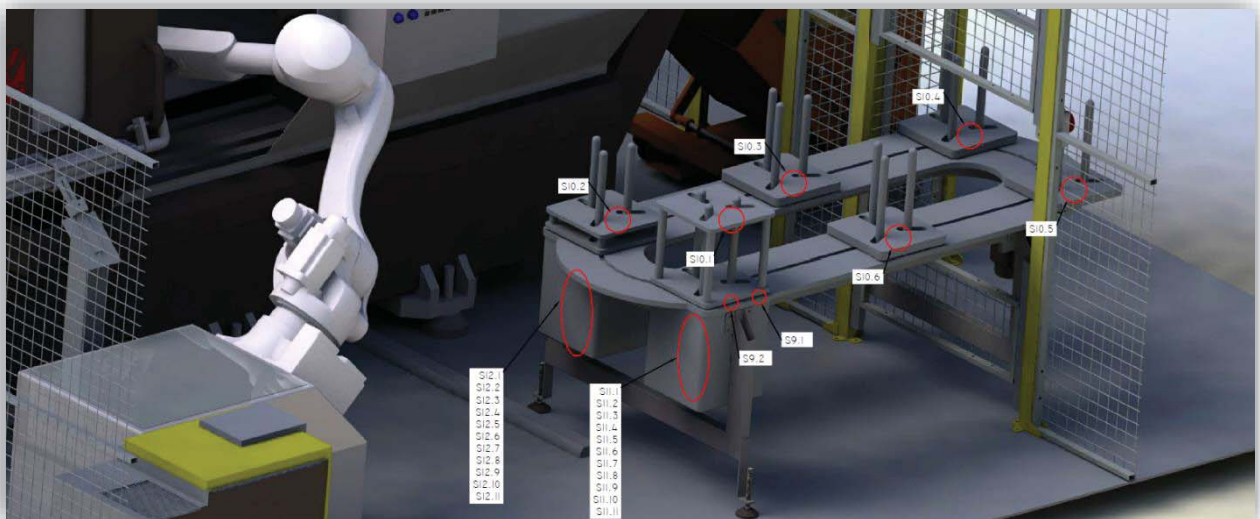


Fig. 18. Detaliu senzori conveior

În detaliu de mai sus, 2 senzori atașați structurii conveiorului au scopul de a opri paleta exact pe postul de liftare. Deasemenea există 11 senzori de prezenta pentru fiecare poziție de indexare pe posturile de liftare. Pe fiecare paleta se află câte un sensor inductiv pentru a identifica prezenta pieselor pe paleta. O listă mai în amănunt cu toți senzorii, sunt prezentați mai jos:

Seznor	Scopul Seznorului	Tip Senzor	Tip Semnal	Logica Semnal
S1	Poarta	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S2	Buton panica	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S3.1	Usa CNC Piston pneumatic limitator stanga	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S3.2	Usa CNC Piston pneumatic limitator dreapta	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S9.1	Prezenta paletii in miscare cu scopul de a decelera	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S9.2	Prezenta paletii si oprirea exacta peste postul de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis (limitator)	Digital	"Da"/"Nu"
S10.1	Prezenta discurilor metalice pe paleta conveiorului	Inductiv	Digital	"Da"/"Nu"
S10.2	Prezenta discurilor metalice pe paleta conveiorului	Inductiv	Digital	"Da"/"Nu"
S10.3	Prezenta discurilor metalice pe paleta conveiorului	Inductiv	Digital	"Da"/"Nu"
S10.4	Prezenta discurilor metalice pe paleta conveiorului	Inductiv	Digital	"Da"/"Nu"
S10.5	Prezenta discurilor metalice pe paleta conveiorului	Inductiv	Digital	"Da"/"Nu"
S10.6	Prezenta discurilor metalice pe paleta conveiorului	Inductiv	Digital	"Da"/"Nu"
S11.1	Pozitia 1 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.2	Pozitia 2 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.3	Pozitia 3 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.4	Pozitia 4 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.5	Pozitia 5 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.6	Pozitia 6 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.7	Pozitia 7 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.8	Pozitia 8 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.9	Pozitia 9 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.10	Pozitia 10 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S11.11	Pozitia 11 de indexare (jos) pe postul 1 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.1	Pozitia 1 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.2	Pozitia 2 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.3	Pozitia 3 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.4	Pozitia 4 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.5	Pozitia 5 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.6	Pozitia 6 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.7	Pozitia 7 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.8	Pozitia 8 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.9	Pozitia 9 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.10	Pozitia 10 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"
S12.11	Pozitia 11 de indexare (jos) pe postul 2 de liftare	Switch (Intrerupator) Normal Deschis	Digital	"Da"/"Nu"

Fig. 19. Detalii despre senzorii integrati in aplicatie

6. Concluzii

În prezent s-au realizat pașii pentru pregătirea întregii aplicații pentru simularea cu semnale (In line Simulation), aceștia includ:

- Cinematica întregii celule (Robot, efector, CNC, conveior..).
- Pozițiile aferente fiecărui mecanism (închis / deschis).
- Schema logica a întregii aplicații.
- Maparea întregii aplicații cu elemente senzoriale.

7. Bibliografie

1. Anania D. – *Fabricatie asistata*, note de curs UPB, 2018
2. Bucuresteanu A. – *Actionarea Pneumatica a Robotilor Industriali*, note de curs UPB, 2017
3. Bucuresteanu A. – *Elemente si sisteme pneumatice pentru actionarea robotilor industriali*, Editura Printech, ISBN 978-606-23-0081-4, Bucuresti 2013.
4. Constantin G. – *Proiectare Asistata de Calculator 2,3*, note de curs, UPB, 2016
5. Dobrescu T. – *Bazele Cinematicii Robotilor Industriali*, Ed. Bren, ISBN-973-9427-02-2, București, 1998
6. Dorin A., Dobrescu T., Pascu N., Ivan I., – *Cinematica Roboților Industriali*, Editura Bren, ISBN-978-973-648-970-9, București, 2011
7. Dobrescu T., Dorin Al. – *Încercarea Roboților Industriali*, Editura Bren, ISBN-973-648-115-8, București, 2003
8. Dobrescu T., Pascu N. – *Roboti Industriali. Încercare si Receptie*, Editura Bren, București, 2013,
9. Dorin Al., Dobrescu T. – *Actionarea Pneumatica a Robotilor*, Ed. Bren, ISBN-973-648-060-7,
10. Dorin Al., Dobrescu T., Bucuresteanu A., – *Actionarea Hidraulica a Robotilor Industriali*, Ed. Bren, 2007
11. Enciu G. – *Senzori Industriali*, note de curs, UPB, 2017
12. Nicolescu A., – *Componente si ansambluri tipizate in constructie modulara pentru RI si SPR*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2014
13. Nicolescu A., – *Componente mecanice tipizate*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB,
14. Nicolescu A. – *Proiectarea Robotilor Industriali. Partea I. Conceptul sistemic unitar de robot integrat în mediul tehnologic. Subsistemul mecanic al RI. Motoare de actionare utilizate la RI*, UPB,
15. Nicolescu, A. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali 1*, note de curs si aplicatii UPB, 2017
16. Nicolescu, A. – *Conceptia si Exploatarea Robotilor Industriali 2*, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2017

CELULĂ ROBOTIZATĂ PENTRU DEPALETIZARE - PALETIZARE BIDOANE DE APĂ DE 20 LITRI UTILIZAND MEDIUL DE LUCRU PROCESS SIMULATE

ȘERBAN Ștefan - Cristian

Facultatea Ingineri Industrială și Robotică, Specializarea:Robotică, Anul de studii:I, e-mail:cristian_stefan01@yahoo.com

Conducător științific: Conf dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**

REZUMAT: Operație de paletizare-depaletizare bidoane de 20l realizându-se procedural pe două conveioare de intrare respective ieșire și un conveior de alimentare a celulei cu bidoane de 20l.Lucrarea prezintă o abordare originală privind programarea și simularea off-line a celulelor dedicate acestui tip de operații. În prima parte lucrării este analizat stadiul actual al dezvoltării în domeniu cât și sinteză asistată 3D parametrizată și configurarea completă CAD a aplicației robotizate în mediul de lucru Siemens Tecnomatix Process Simulate . În a doua parte a lucrării se prezintă un studiu de caz privind simularea unui proces de paletizare-depaletizare bidoane 20l, fiind prezentate particularitățile privind controlul pe baza schimbului de semnale din mediul tehnologic..

CUVINTE CHEIE: paletizare, bidoane apa,automatizare,flowchart,senzori industriali

1. Introducere

Au fost realizate analizele comparative a celulelor de fabricație robotizate pentru operații de manipulare ,analiza comparativă a variantelor constructive similare de R.I. cât și analiza comparativă a mediilor de lucru în care a fost realizată programarea-simularea off-line a celulei robotizate.Totodată a fost prezentată fundamentarea temei de proiect,vederile 2D ale celulei realizate în SolidWorks,prezentarea componentelor celulei robotizate de paletizare ,prezentarea tabelului cu specificații tehnice ale robotului industrial.In continuare este prezentată sinteza asistată 3D a efectorului și echipării tehnologice complete a R.I. integrat în aplicația de paletizare.

Cu ajutorul soft-ului de simulare ProcessSimulate am realizat prezentarea sintezei CAD 3D a celulei urmând după aceea amplasarea senzorilor și reprezentarea pozițiilor robotului în celulă cât și reprezentarea schemei logice a aplicației(Flowchart).

2. Stadiul actual

Prezentarea sintezei CAD 3D in mediul de lucru Process Simulate

Realizare structurii cinemactice a robotului industrial ABB IRB 7600.

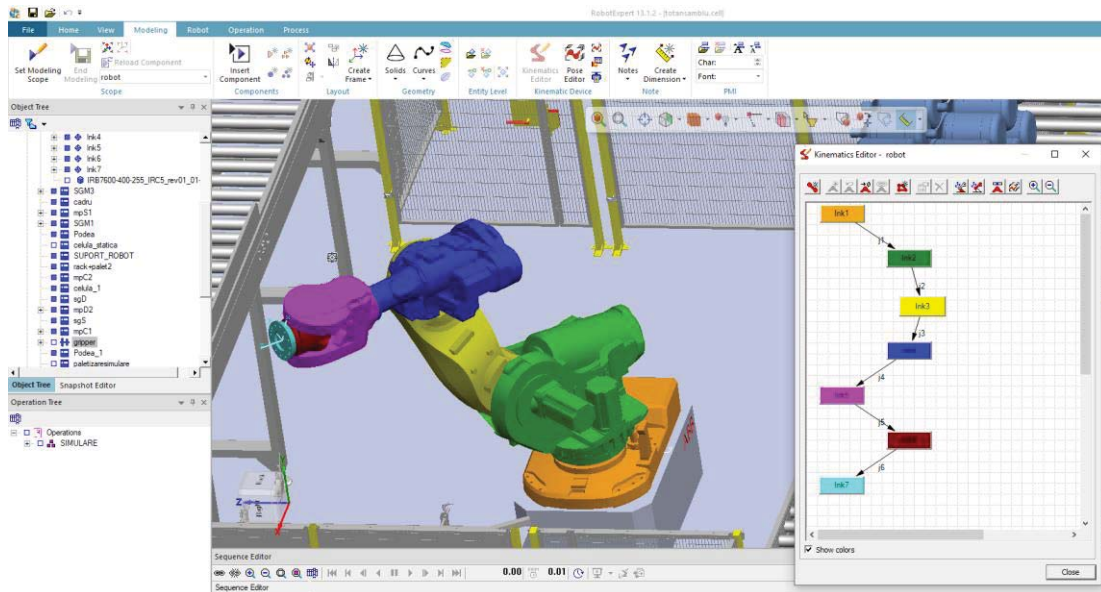


Fig.1.Meniul de lucru Kinematic Editor

Realizare structurii cinemactice a motorului pneumatic liniar.

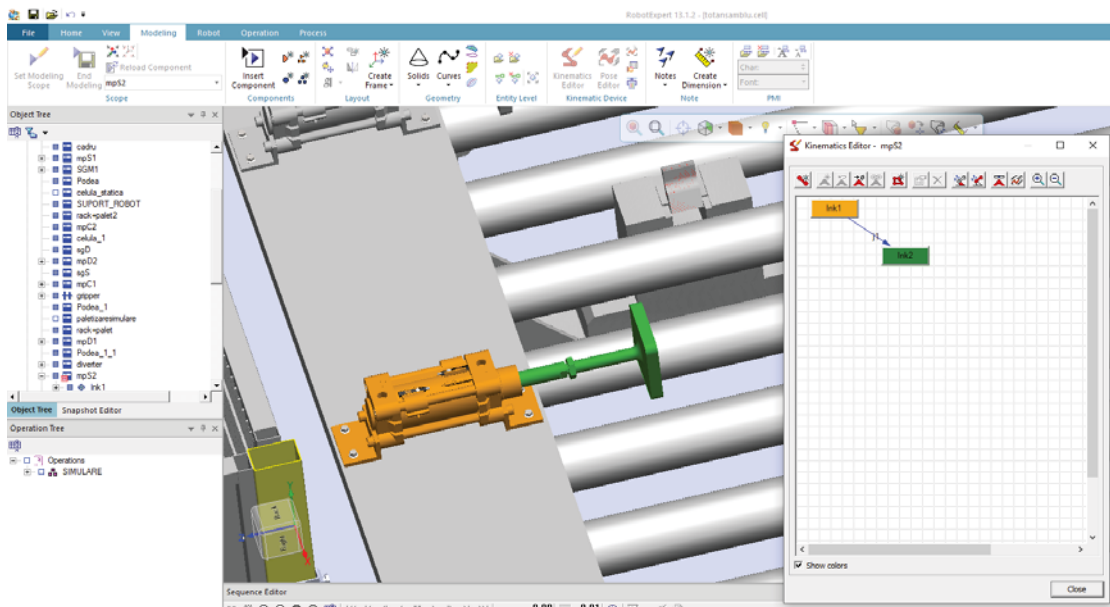


Fig.2.Meniul de lucru Kinematic Editor

Realizare structurii cinematice a sistemului de dispersare a bidoanelor cu cele 4 pozitii incrementale.

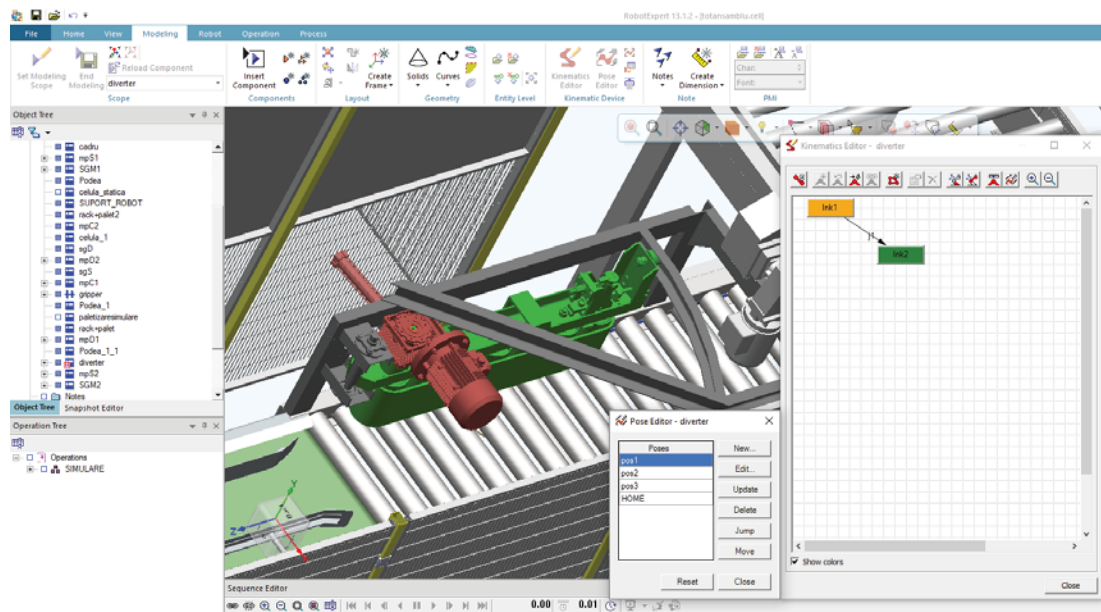


Fig.3.Meniul de lucru Kinematic Editor

Realizare structurii cinematice a separatoarelor acționate pneumatic

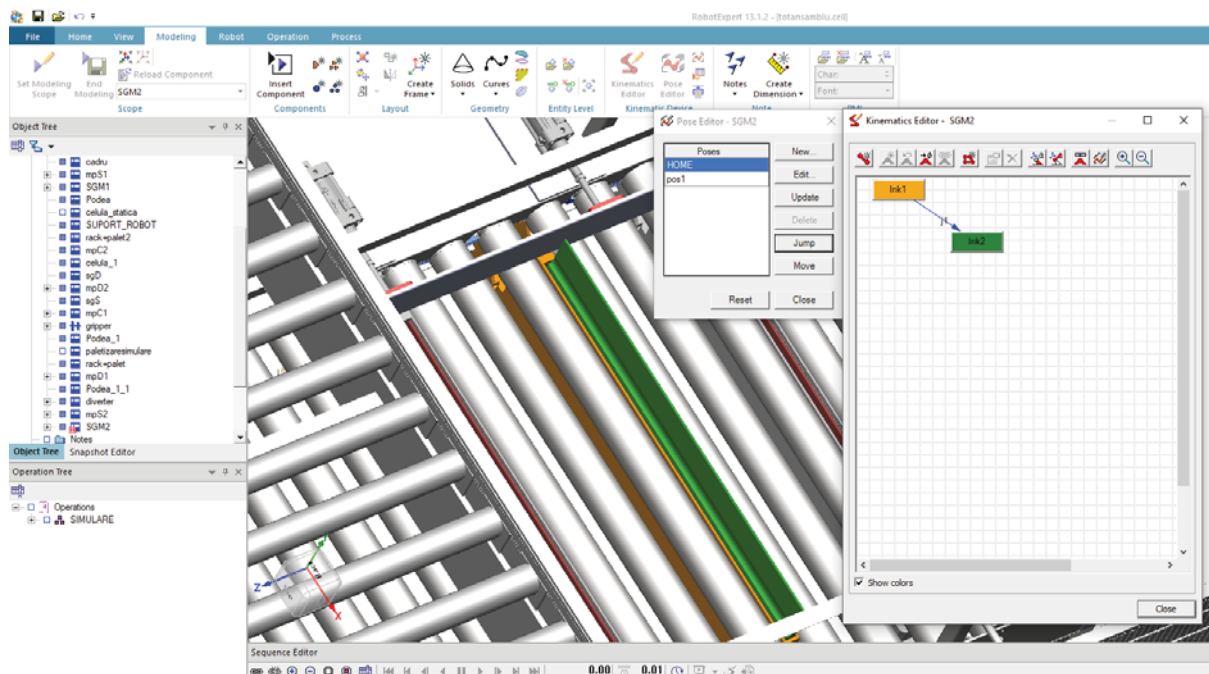


Fig.4.Meniul de lucru Kinematic Editor

Sincronizare ordinii operațiilor în celula robotizată a bidoanelor de 20l, a sistemului de dispersare a bidoanelor și respectiv a separatoarelor acționate hidraulic.

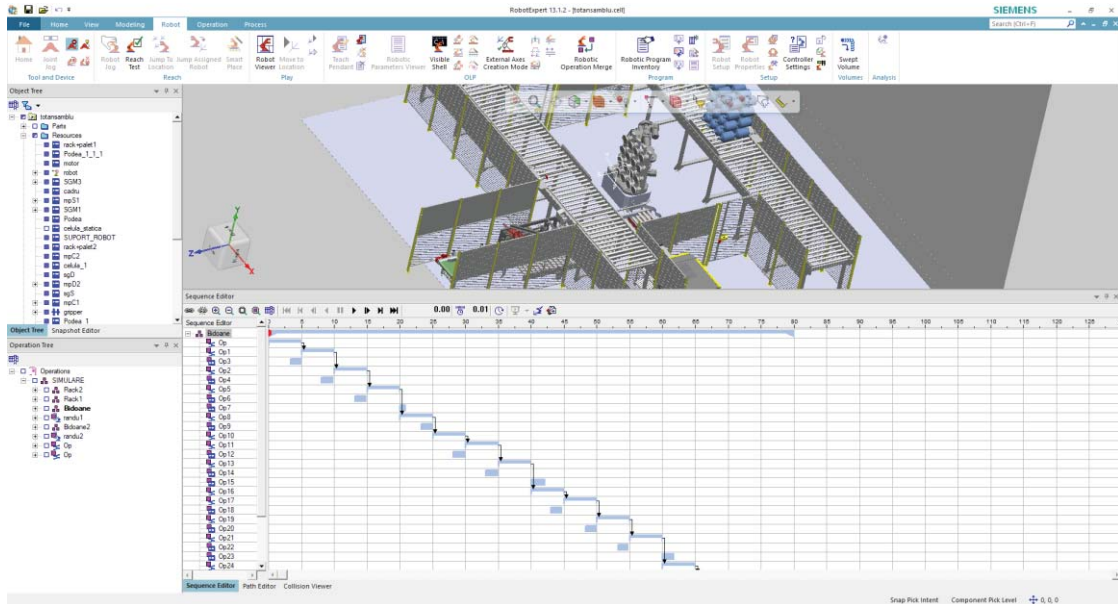


Fig.5. Interfața sincronizare operații

Definirea și realizarea traiectoriei robotului industrial într-un ciclu de lucru

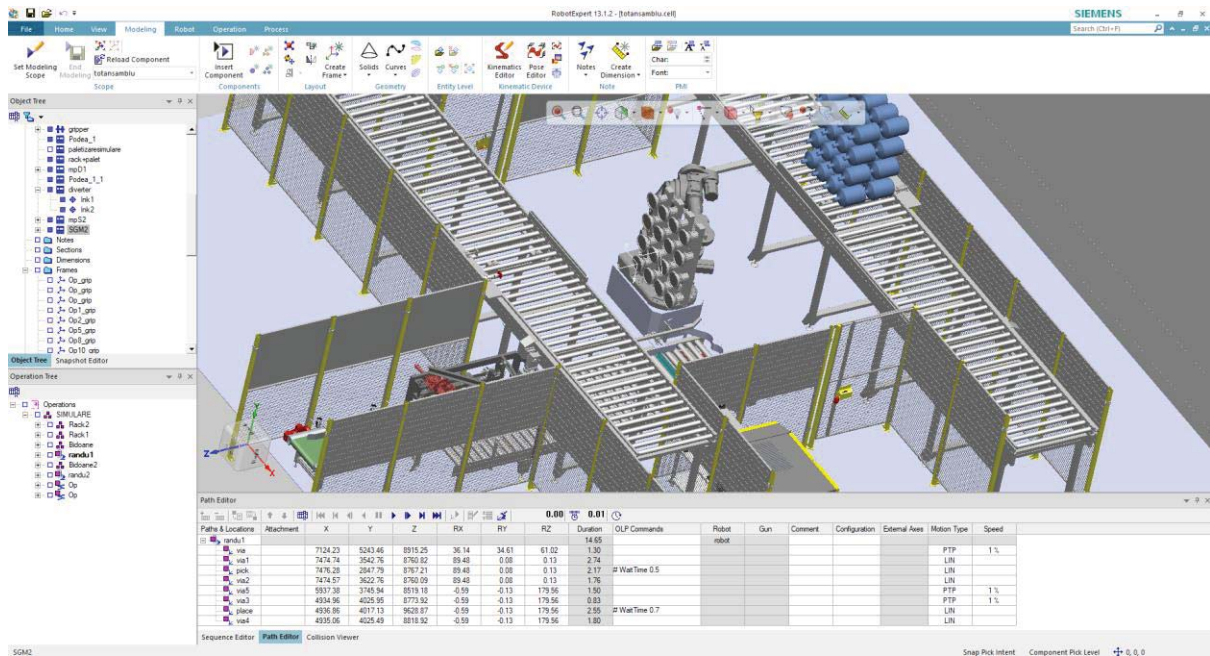


Fig.6. Interfața definire traiectorie robot industrial

Amplasarea senzorilor cât și reprezentarea pozițiilor de lucru a robotului industrial in celula robotizata

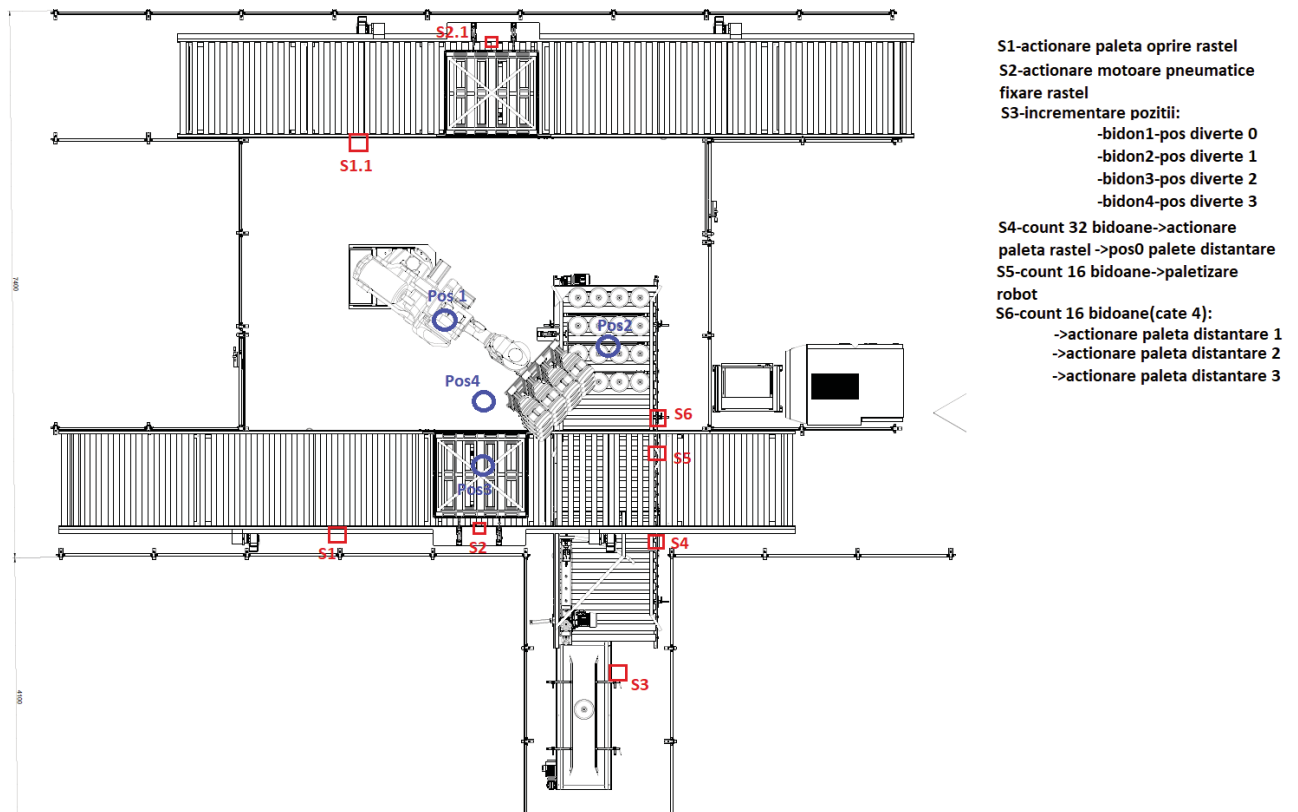


Fig.6.Maparea senzorilor și a pozițiilor R.I.

Reprezentarea schemei logice a aplicației robotizate de paletizare(Flowchart)

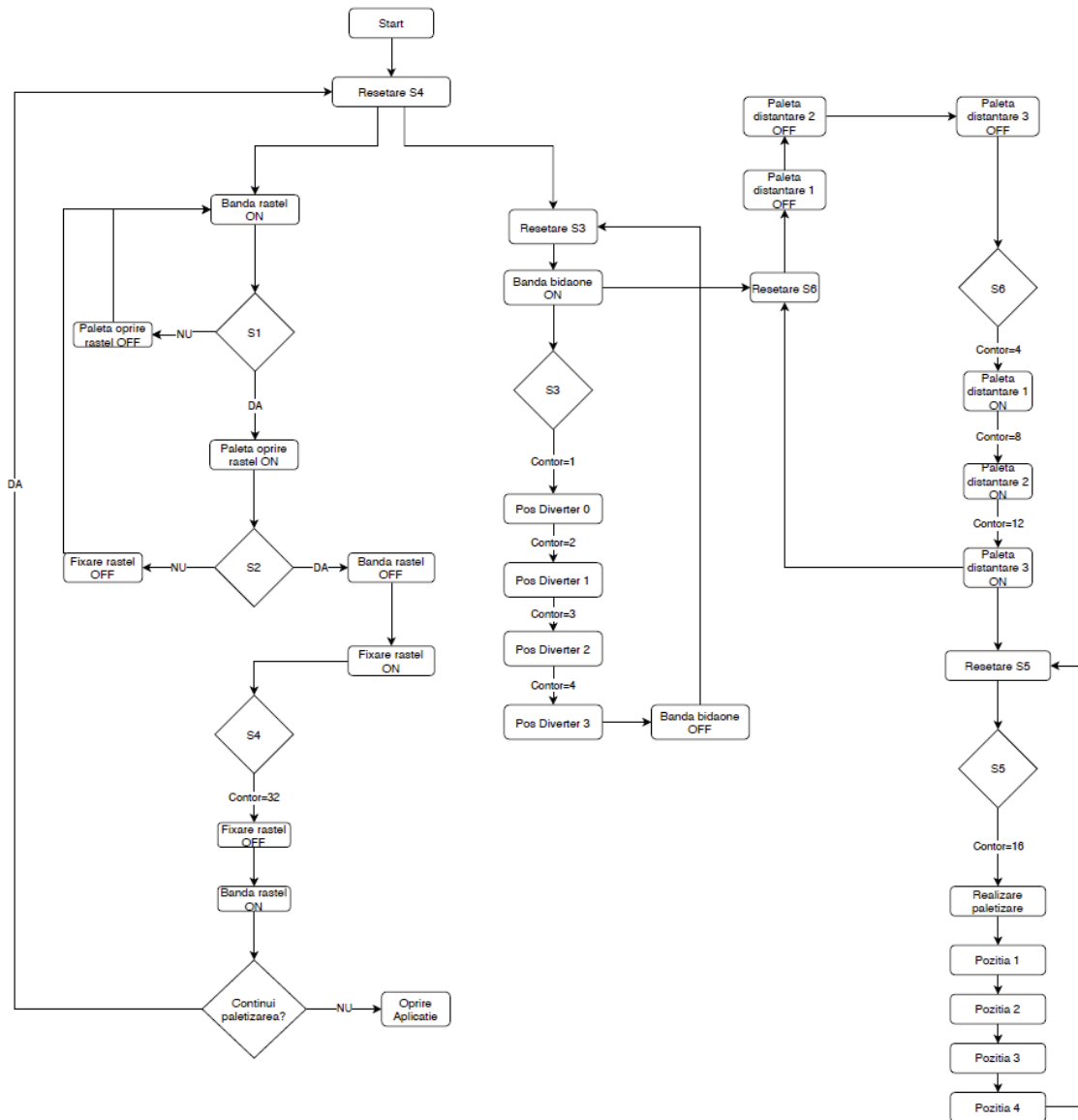


Fig.7.Schema logică a aplicației(Flowchart)

Id Senzor	Tip Senzor	Tip Semnal	Output Semnal	Descriere Senzor
S1	Senzor Inductiv	Digital	Da/Nu	Paleta oprire rastel
S2	Senzor Inductiv	Digital	Da/Nu	Motor pneumatic fixare rastel
S3	Senzor Capacitiv	Digital	Da/Nu	Actionare pozitii diverter
S4	Senzor Capacitiv	Digital	Da/Nu	Numarare bidaone pentru un ciclu de lucru
S5	Senzor Capacitiv	Digital	Da/Nu	Paletizare aplicatie
S6	Senzor Capacitiv	Digital	Da/Nu	Actionare palete de distantare

Fig.7.Tabelul de componență al senzorilor din aplicație

6. Concluzii

Toate obiectivele au fost atinse după cum uremează realizarea cinematicii tuturor componentelor mobile ale sistemului inclusiv a robotului industrial ABB IRB 7600, realizarea diagramei logice de funcționare a celulei cât și reprezentarea mapată a senzorilor și a pozițiilor de lucru ale robotului.

8. Bibliografie

- [1]. Autor, A. și Autor, B. (anul), *Titlu carte*, Editură, Oraș, ISBN.
- [2]. Autor, A. și Autor, B. (anul), "Titlul articolului", volume (issue), pagini, ISSN.
- [3]. Autor, A. și Autor, B. (anul), "Titlul articolului", în: A. Editor and B. Editor (eds.), *Volume Titlu*, Editură, Oraș, pagini, ISBN sau ISSN;

- [4]. Autor, A. și Autor, B. (anul), “Titlul articolului”, Proceedings, Denumire conferință, Organizator/ Universitate, Oraș, Dată;
- [5]. Drăghici, G. (1999). Ingineria integrată a produselor. Editura Eurobit, ISBN 973-96065-7-1, Timișoara;
- [6]. *** COSMOS/M – Finite Element System, User Guide, 1995.

ROBOTIC CELL FOR PALLETIZING-UNPALLETIZING 20L WATER BOTTLES USING WORKING ENVIRONMENT PROCESS SIMULATE

SUMMARY: The palletizing-unpalletizing 20l bottles operation is realized procedural on two entry and exit conveyors and respectively a feeding conveyor for 20l water bottles . The present paper presents an original approach to programming and off-line simulation of dedicated cell types. In the first part is analyzed the current state of development in the field as well as 3D parameterized synthesis and the complete CAD configuration of the robotic application in the Siemens Tecnomatix Process Simulate work environment. In the second part of the work is presented a case study on the simulation of palletizing-unpalletizing process, and the particularities regarding the control on the exchange of signals from the technological environment.

KEY WORDS: palletizing,water bottles,automation,flowchart,industrial sensors

ROBOT DE TIP BRAT ARTICULAT DEDICAT PENTRU OPERAȚIUNI DE STINGEREA INCENDIILOR

NĂSTASE Andreea și MÎȚĂ Costas-Horia

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotică, Anul de studii: I, e-mail:mita.horia@gmail.com

Conducător științific: Ș.I. dr.Ing. Mario IVAN

Fire war is today a critical challenge faced by the use of the fireman. In various kinds of fires, particularly fires involving industries, the fireman suffers difficulties. Some of them correctly attain the furnace scenario, put out fires by coming close to the vicinity and resulting in a variety of sorts of life threatening them with exposure. By analyzing this situation, we can understand that most accidents are caused by fire to the fireman. The Robotics technology can be applied to these circumstances. It plays a major role in the safety area. In this paper we present a fire fighting robotic arm that will function in firefighting scenario like fire man side. It can be used to improve the efficiency of firefighting and to reduce the various risks and challenges that fireman faces.

CUVINTE CHEIE : foc, robot pompier, senzor ultrasonic

1. Introducere

În lucrarea ce urmează ne propunem să vă prezentăm un robot de tip braț articulată dedicat stingerii incendiului. Am ales să încadram model nostru experimental în acesta arie de aplicare, deoarece considerăm că, deși de o importanță vitală la nivelul societății, sistemul intervențiilor de urgență nu s-a bucurat pe parcursul timpului de o îmbunătățire tehnologică semnificativă. Prin punerea în aplicare a proiectului realizat, robotul ar putea dezvolta considerabil nivelul eficienței intervențiilor prestate de cei din prima linie, diminuarea pierderilor materiale și, cu siguranța cel mai important obiectiv, micșorarea numărului de victime cauzate de aceste evenimente neprevăzute și în cele mai multe cazuri, prin lipsa tehnologiei, incontrollable.

2. Stadiul actual

Prototipul se află doar în stadiul teoretic și va fi implementat după ce situația actuală va înceta. Robotul urmează să fie testat în realitate, momentan el poate fi utilizat doar în mediul off-line, cu ajutorul platformei Tinkercad.

Robotul este compus dintr-o placuță Arduino Uno, care conține un senzor ultrasonic și unul infraroșu(în Tinkercad fiind reprezentat de un senzor de temperatură) pentru identificarea surselor de foc, iar pentru mișcăriile de rotație sunt folosite servomotoare.

Prin perechea de senzori se indică sursa focului, iar servomotoarele sunt cele care direcționează robotul către punctul indicat în spațiul virtual al robotului și apa fiind pompată către eful de tip pistol având la capăt o teava cu un diametru flexibil pentru o mai bună precizie și dexteritate.

Robotul este montat pe o mașină de pompieri și poate fi conectat la pompa de apă a mașinii sau direct de la hidrant.

3. Ecuatii

$$\text{distance} = \frac{\text{duration} \cdot 0.034}{2} \quad (1)$$

$$\text{reading} = \text{analogRead}(\text{sensorPin}) \quad (2)$$

$$\text{voltage} = \text{reading} \cdot 5 \quad (3)$$

$$\text{voltage} = \frac{\text{voltage}}{1024} \quad (4)$$

$$\text{vmed} = \text{vmed} + \text{voltage} \quad (5)$$

$$\text{ve} = \frac{\text{vmed}}{10} \quad (6)$$

$$\text{temperature}^{\circ\text{C}} = (\text{ve} - 0.5) \cdot 100 \quad (7)$$

$$\text{temperature}^{\circ\text{F}} = \frac{\text{temperature}^{\circ\text{C}} \cdot 9}{5} + 32.0 \quad (8)$$

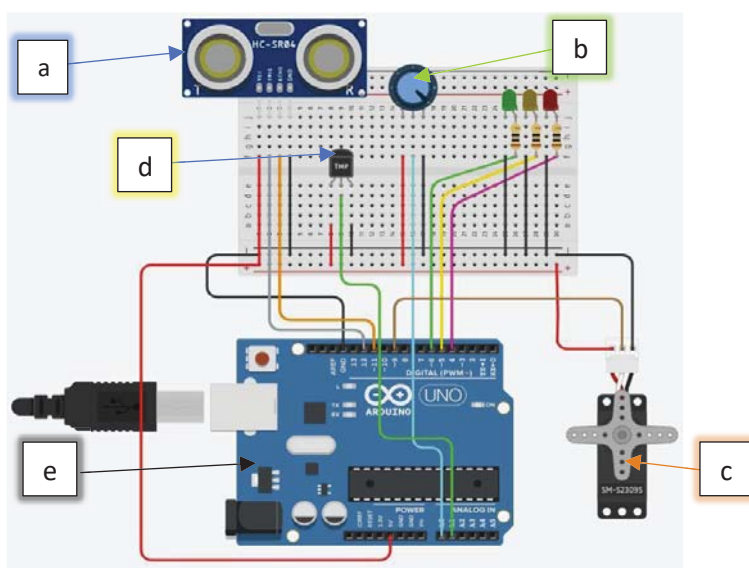
4. Tabel

Tabel nr.1

40 < T°C	40 ≤ T°C ≤ 60	60 < T°C

În tabelul nr.1 este prezentată semnificația fiecărei culori în funcție de temperatură.

5. Imagini



Imaginea.1

Imaginea.1 conține:

- a. senzorul ultrasonic
- b. potentiometrul pentru servomotor
- c. servomotor
- d. senzor de temperatură
- e. placuța Arduino Uno

6. Concluzii

Din punct de vedere obiectiv, acest robot va revoluționa serviciile prioritare de stingere a incendiilor putând îmbunătăți timpul alocat stingerii cât și reducerea daunelor.

Din punct de vedere subiectiv, el reprezintă un real ajutor în minimalizarea pierderilor umane.

Mai mult robotul va reprezenta un real sprijin pentru cei care își risca viața zi de zi pentru binele comunității, pompierii.

In același timp, trebuie să fie prioritară dezvoltarea și aplicarea conceptelor/proiectelor inovative în domeniul intervențiilor în cazul situațiilor de urgență.

Deși, deocamdată, nu s-a înregistrat niciun progres considerabil în ultimii 10-15 ani sperăm ca pe viitor acest lucru să se schimbe, astfel încât timpul să nu fie un factor decisiv în pierderea vieților.

7. Textul și referințele bibliografice

[1]. The basic clue extractor will provide measurements of time intervals (such as period or frequency, time delay) from the processing of observed source signature. The elements should include spectral analysis, signal comparison (like auto-and cross-correlation), homomorphic filtering and complex demodulation. These elements will operate on the appropriate outputs from the beam former. They map embedded measures in the signature of some indirect aspect (like time interval) of the source dynamic state into recognizable clues (minimum, maximum or slope) and into measurable clues.

[2]. A robot will neither be optimised for an application nor have the adaptability of the human. However, it can combine the reliability and predictability (at least until robots are made 'intelligent') of hard automation systems with a little of the adaptability of the human. Robots therefore have a place somewhere between these two extremes. For robots to play a positive part in supporting human activity, not only must they adequately perform a given task but the human aspects of any implementation must be thoroughly considered.

8. Bibliografie

[1]. Thomas C. Henderson (1990), "Traditional and Non-Traditional Robotic Sensors", Springer Science & Business Media, ISBN 978-3-642-75986-4, Italia;

[2]. Paul M. Taylor (1990), "Robotic Control", Macmillan International Higher Education, ISBN 978-1-349-20510-3, Anglia;

[3]. Miguel A. Cazorla Quevedo (2012), "Robotic Vision: Technologies for Machine Learning and Vision Applications", IGI Global, ISBN 978-1-466-62765-9, Spania;

[4]. Kensuke Harada, Mitsunori Tada, Tetsuyou Watanabe (2018), "Human Inspired Dexterity in Robotic Manipulation", Academic Press, ISBN 978-0-128-13396-5, Japonia;

9. Notății

Distance = distanța [cm]

Duration = timp [s]

Voltage = volți [V]

vemed = volți [V]

ve = volți [V]

Programarea si simularea offline a unei celule robotizate pentru aplicatii de tip pick and place utilizand mediul de lucru V-REP. Programarea pe baza de semnale.

OFFLINE PROGRAMMING AND SIMULATION OF A CELL FOR PICK AND PLACE APPLICATIONS USING THE V-REP WORKING ENVIRONMENT. SIGNAL-BASED PROGRAMMING.

Batman Gökhan

Facultatea:I.I.R, Specializarea:Robotica, Anul:II, e-mail:batmangokhan31@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. Anania Dorel

Rezumat: This study comprises making a 3D cell in the V-rep working environment. In the presented cell, the pick and place application is made by a simple portal robot. He takes a box from the conveyor, puts it in the assembly machine where the box lid is placed. Will be presented the application programming and its operation.

1.Introducere

Obiective tinta urmarite in lucrare sunt acelea de a realiza programarea celulei robotizate si simularea acesteia in mediul de lucru V-rep.

2.Studiu actual

Pentru fundamenarea temei de cercetare a fost folosita o aplicatie robotizata.Aceasta se prezinta dupa cum urmeaza mai jos folosind o vedere de tip drafting si o imagine reala

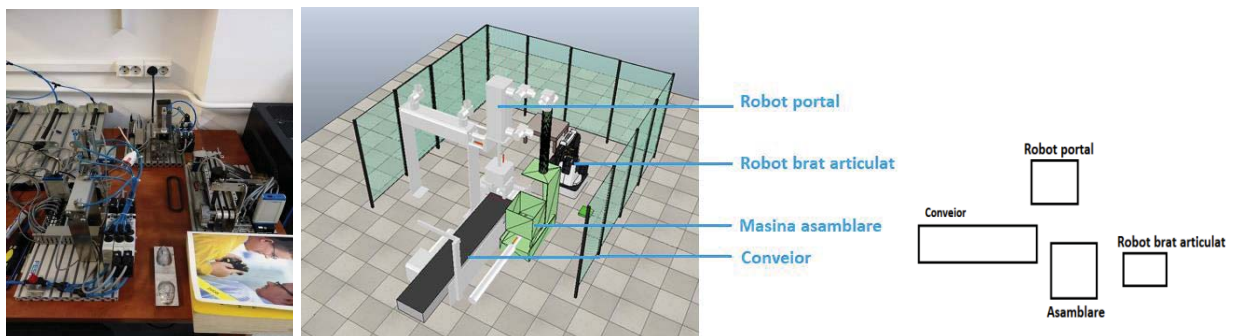


Fig.1.Prezentarea elementelor

Aceasta cuprinde un robot de tip portal simplu de la firma Festo. Aplicatia este una de pick and place. In aceasta aplicatie primul element intra pe conveior iar al doilea element este asamblat cu ajutorul dispozitivului de asamblare. Cel de-al doilea element este pus pe banda de urn robot. Piesa asamblata este o cutie la care se adauga un capac. In urmatoarea imagine este prezentata celula 3D asamblata in mediul de lucru V-rep.

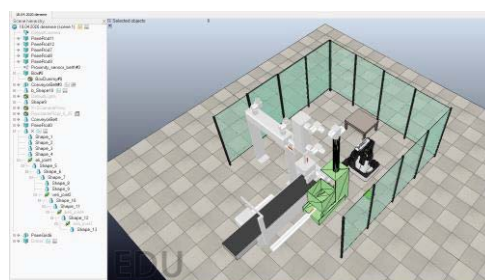


Fig.2.Aplicatia realizata

Definirea semnalelor

Pentru celula studiata avem ca si desfasurare a activitatilor urmatoarea:

Prima activitate este aceea de aprovizionare a celulei cu cutii. Aceasta aprovizionare este facuta cu ajutorul benzii transportoare. Acolo ea este sortata dupa culoare de catre un senzor vision acesta comunica cu alt senzor de la robot ce vizualizeaza capacul ce trebuie presat iar daca culoarea acestuia corespunde cu cea de pe banda cutia trece mai departe si este luata de al doilea robot. Daca culoarea capacului nu corespunde cu cea a cutiei atunci cutia este inlaturata de pe banda cu ajutorul unui mecanism.

Se va detalia sortarea cutiilor:

- daca pe banda ajunge cutia rosie iar la robot este capacul rosu atunci cutia trece
- daca pe banda ajunge cutia neagra iar la robot este capacul rosu atunci cutia nu trece
- daca pe banda ajunge cutia neagra iar la robot este capacul negru atunci cutia trece
- daca pe banda ajunge cutia neagra iar la robot este capacul rosu atunci cutia nu trece

Daca trece cutia de banda mai departe aceasta este luata de robotul portal si pusa mai departe in presa. Dupa ce este presat capacul robotul ia cutia si o pune in stiva

Semnalele celulei studiate sunt semnale de intrare si de iesire. Ca si semnale se vor folosi urmatoarele:

Tabell.Definirea semnalelor

Semnale de intrare DI	Semnale de iesire DO	Senzorul pentru banda	Senzorul pentru presa
-senzor banda	-senzor banda	-senzor banda cutie culoare rosie	-senzor presa capac culoare rosie
-senzor presa	-senzor presa	-senzor banda cutie culoare neagra	-senzor presa capac culoare neagra
-robot brat	-robot brat		
-robot portal	-robot portal		

In continuare se vor detalia operatiile realizate in aplicatia studiata si programarea acestora astfel incat sa se poata realiza simularea offline a acesteia.

Prezentarea benzii transportoare si senzor. Pe aceasta se afla un senzor de proximitate si unul vision pentru detectarea culorii obiectelor si a intrarii acestora pe banda.

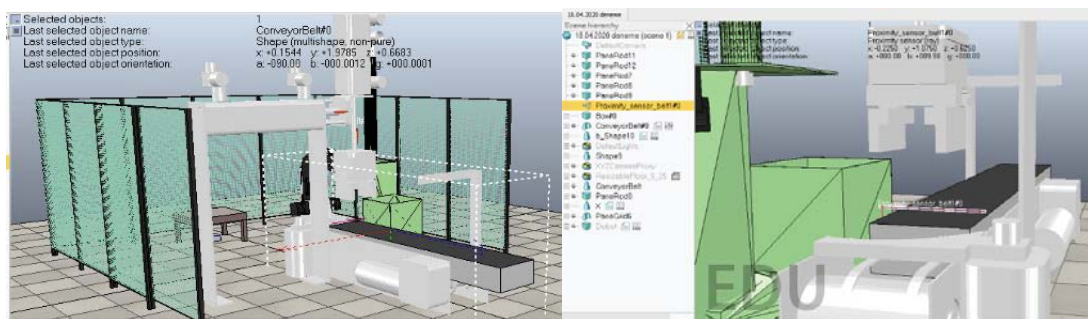


Fig.3.Prezentarea benzii transportoare si a senzorului aflat pe aceasta

Programarea. In continuare se va prezenta programarea pentru functionarea benzii transportoare.

In prima parte respectiv prima si a doua imagine de cod se va specifica viteza conveiorului,coordonatele,lungimea etc si inserarea obiectului pe banda.

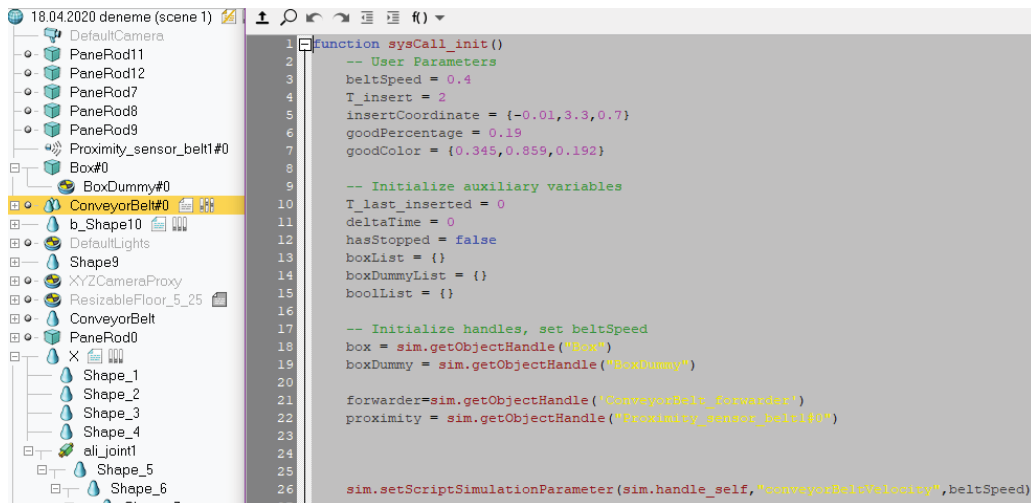


Fig. 4.Creare cod pentru programarea benzii

In imaginea urmatoare se va stabili functia de citire a obiectului daca semnalul este 0 atunci nu se citeste nici un obiect daca semnalul este 1 atunci senzorul citeste obiectul ce intra pe banda. Si se verifica daca se poate insera o noua cutie pe banda.

“function sysCall_sensing()

-- Read vision sensor (0= nothing detected, 1 = object detected)

local res = sim.readProximitySensor(proximity)

-- Check if possible to insert a new box

if (sim.getSimulationTime()-T_last_inserted > T_insert) and not hasStopped then

insertBox()

end”

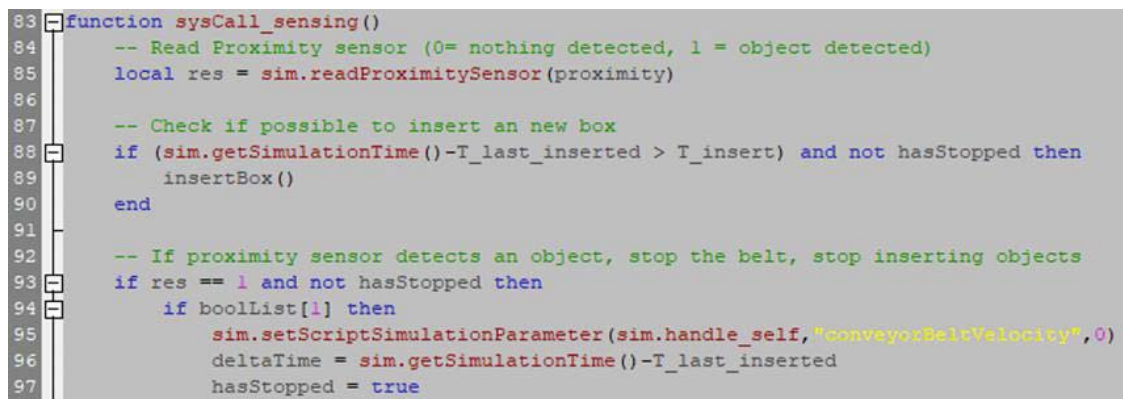


Fig. 5.Creare cod pentru programarea benzii

```

106         sim.setIntegerSignal("objectAvailable",1)
107     else
108         local box = table.remove(boxList,1)
109         local boxDummy = table.remove(boxDummyList,1)
110         table.remove(boolList,1)
111
112         sim.removeObject(box)
113         sim.removeObject(boxDummy)
114     end
115 end
116
117 -- If proximity sensor detects nothing and belt has stopped, start belt, continue inserting
118 if res == 0 and hasStopped then
119     sim.clearIntegerSignal("objectAvailable")
120     sim.setScriptSimulationParameter(sim.handle_self,"conveyorBeltVelocity",beltSpeed)
121     hasStopped = false
122     T_last_inserted = sim.getSimulationTime()-deltaTime
123 end
124 end

```

Fig. 6. Creare cod pentru programarea benzii

In continuare se va prezenta programarea robotului de tip portal simplu,pneumatic.

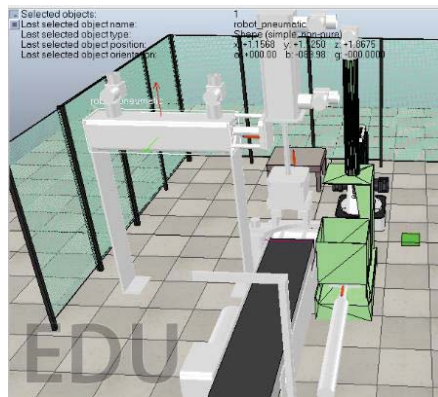


Fig.7. Prezentare robot de tip portal simplu

Robotul primeste semnalul si incepe sa se deplaseze pentru a prelua piesa. Daca senzorul detecteaza un obiect in timp ce exista deja un obiect in presa pentru asamblare robotul nu ia piesa.

```

31
32
33 function sysCall_cleanup()
34
35 end
36
37
38 function sysCall_actuation()
39     beltVelocity=sim.getScriptSimulationParameter(sim.handle_self,"conveyorBeltVelocity")
40
41
42     relativeLinearVelocity={beltVelocity,0,0}
43
44     sim.resetDynamicObject(forwarder)
45
46     m=sim.getObjectMatrix(forwarder,-1)
47     m[4]=0
48     m[8]=0
49     m[12]=0
50     absoluteLinearVelocity=sim.multiplyVector(m,relativeLinearVelocity)
51
52     sim.setObjectFloatParameter(forwarder,sim.shapefloatparam_init_velocity_x,absoluteLinearVelocity[1])
53     sim.setObjectFloatParameter(forwarder,sim.shapefloatparam_init_velocity_y,absoluteLinearVelocity[2])
54     sim.setObjectFloatParameter(forwarder,sim.shapefloatparam_init_velocity_z,absoluteLinearVelocity[3])
55 end
56
57
58
59
60 function sysCall_sensing()
61     local res = sim.readProximitySensor(proximity)
62
63
64

```

Fig.8. Creare cod pentru programarea robotului portal simplu

Se va prezenta in imagine robotul de tip brat articulat.

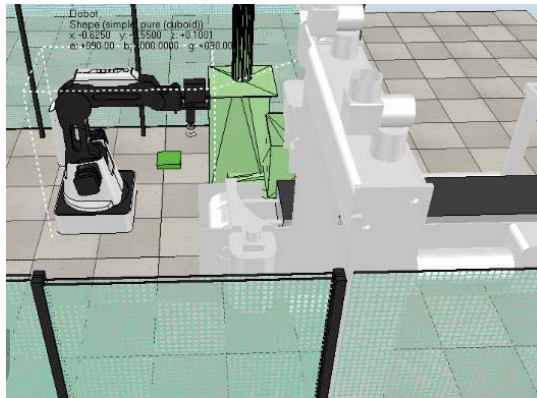


Fig.9. Prezentarea robotului tip brat articulat

Robotul primeste semnal ca a fost introdusa cutia si porneste sa ia capacul corespunzator culorii cutiei din presa. Pentru realizarea acestei operatii a fost facut urmatrul cod.

```
1 script=sim.getScriptHandle('ConveyorBelt:0')
2 function movetoPos(j1,j2,j3,j4,enable)
3   modelBase=sim.getObjectAssociatedWithScript(sim.handle_self)
4   modelName=sim.getObjectHandle(modelBase)
5
6   motorHandles = {}
7   j={j1*math.pi/180,j2*math.pi/180,j3*math.pi/180,j4*math.pi/180}
8
9   for i=1,4,1 do
10    motorHandles[i]=sim.getObjectHandle('Dobot_motor'+i)
11  end
12  for i=1,4,1 do
13    sim.setJointTargetPosition(motorHandles[i],j[i])
14    sim.wait(2)
15  end
16
17  if enable then
18    sim.setIntegerSignal(modelName .. "_suctionCup",1)
19  else
20    sim.setIntegerSignal(modelName .. "_suctionCup",0)
21  end
22 end
23
24 function sysCall_threadmain()
25   --Motor1,Motor2,Motor3,Motor4,Suction Cup
26   sim.waitForSignal('objectavailable',1)
27   sim.wait(25)
28   movetoPos(50,50,65,0,true)
29   movetoPos(50,0,0,0,true)
30   movetoPos(0,90,0,-40,false)
31   -- movetoPos(50,0,0,0,false)
32   movetoPos(0,0,0,0,false)
33 end
34
```

Fig. 10. Creare cod pentru programarea robotului brat articulat

Pentru detectarea piesei pe banda a fost programat senzorul prin urmatoarul cod. Dupa efectuarea acestuia se va realiza asamblarea capacului.

```

Non-threaded child script (ConveyorBelt#0)
function insertBox()
    local rand1 = math.random()
    local rand2 = math.random()
    local rand3 = math.random()

    local dx = (2*rand1-1)*0.1
    local dy = (2*rand2-1)*0.1
    local dphi = (2*rand3-1)*0.5
    local disturbedCoordinates = {0,0,0}
    disturbedCoordinates[1] = insertCoordinate[1]
    disturbedCoordinates[2] = insertCoordinate[2]
    disturbedCoordinates[3] = insertCoordinate[3]

    local insertedObjects = sim.copyPasteObjects({box,boxDummy},0)

    T_last_inserted = sim.getSimulationTime()

    sim.setObjectPosition(insertedObjects[1],-1,disturbedCoordinates)
    sim.setObjectOrientation(insertedObjects[1],-1,{0,0,0})

    table.insert(boxList,insertedObjects[1])
    table.insert(boxDummyList,insertedObjects[2])

    local decision = math.random()
    if decision <= goodPercentage then
        sim.setShapeColor(insertedObjects[1],nil,sim.colorcomponent_ambient_diffuse,goodColor)
        table.insert(boolList,true)
    end
end

```

Fig.11. Creare cod pentru programarea senzorului de detectare a piese de pe banda

Realizarea asamblării capacului este făcută de o mașină de asamblare ce conține și un senzor de detectare a cutiei vizuale. Aceasta are un sistem de translație care împinge capacul pentru al pune pe cutie.



Fig.12. Prezentarea mașinii de asamblare

Fig.13. Creare cod pentru programarea mașinii de asamblare a capacului

Se va prezenta în continuare schema electrică pentru aplicația studiată și detalierea ei.

Când este apăsat butonul electric, electricitatea ajunge la releu. Electricitatea care ajunge la releu închide întrerupătoarele conectate la acesta. Are rolul de a-l deschide pe cel închis. Mai departe electricitatea, supapele de cale sunt transmise electrovalvei deschizând sau închizând supapa care ar trebui să acționeze acolo.

Când pistonul care începe să se miște atinge distanța prestabilită, cheia cu role o transmite pe întrerupător și activează cheia care trebuie închisă sau deschisă. Logica generală a sistemului se bazează pe acest lucru. În figura de mai jos se regăsește schema electrică și explicația elementelor.

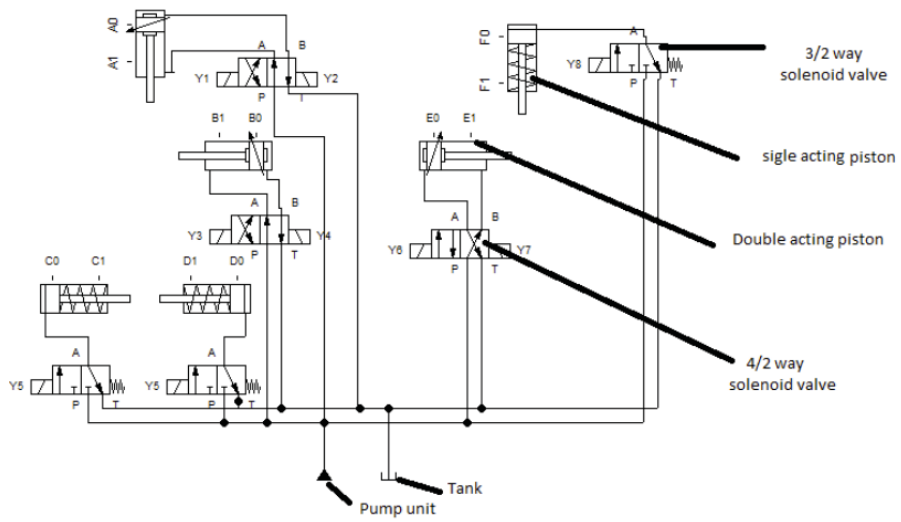


Fig.14.Schema electrica a aplicatiei studiate si explicatia ei.

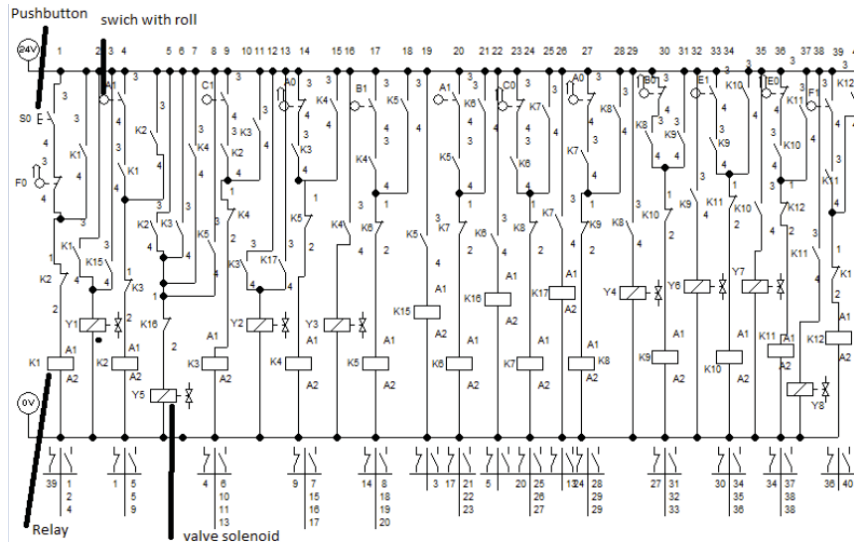


Fig15.Schema electrica a aplicatiei studiate si explicatia ei.

Capturi din simularea video realizata in V-rep

In urmatoarea imagine se prezinta intrarea cutiilor pe banda si preluarea acestora de catre robotul protal.

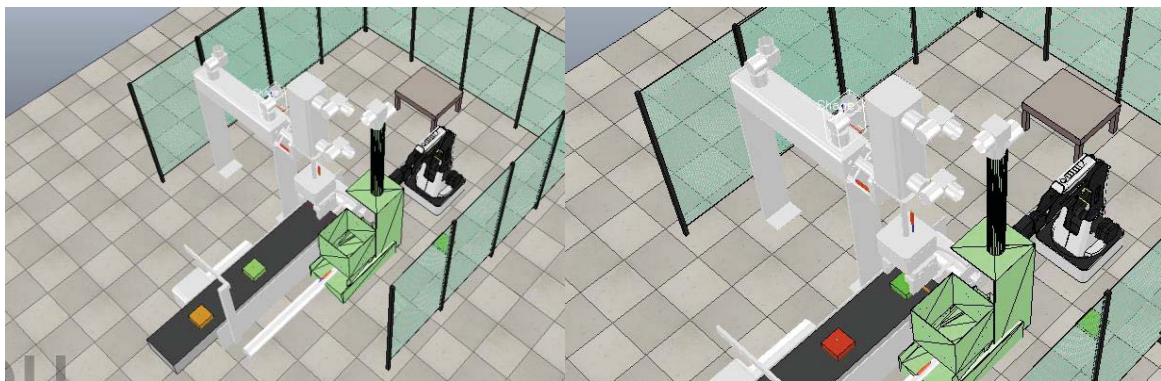


Fig.16.Intrarea si preluarea cutiilor de pe banda

In urmatoarele imagini este prezentat robotul portal cum ia cutia si o duce in masina de asamblarea a capacului.

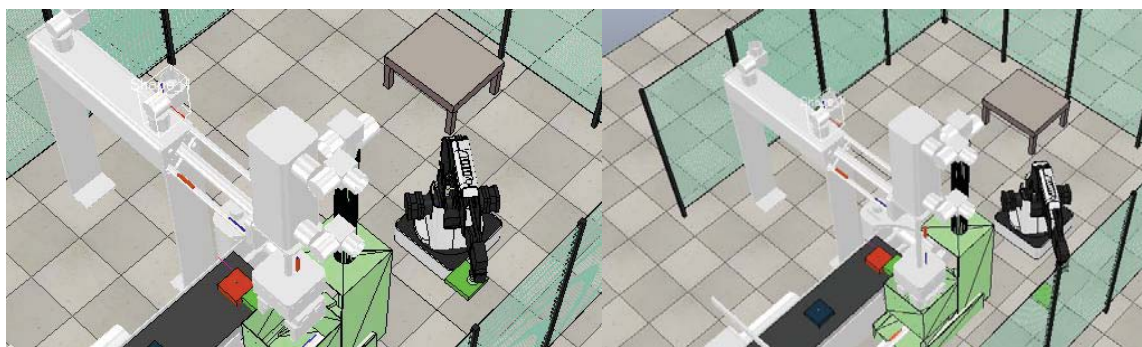


Fig.17.Punerea cutiei in masina de asamblare si preluarea capacului de catre robotul brat articulata

Capacul este luat de robotul tip brat si pus in masina de asamblare.Masina de asamblare actioneaza o tija pentru a putea pune capacul pe cutie.

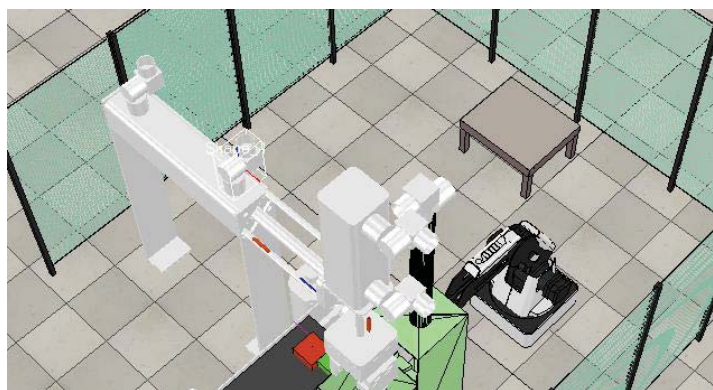


Fig.18.Punerea capacului in masina de asamblare de catre robotul brat articulata si asamblarea cutiei

Capitolul 4. Concluzii

Contributiile originale in aceasta lucrare sunt reprezentate de realizarea 3D a elementelor celulei in mediul de lucru Solidworks si importarea acestora in mediul de lucru V-rep, unde a fost creat ansamblul. Elementele realizate sunt: robotul portal simplu, conveiorul personalizat si presa ce assembleaza capacul cutiei de cutie. In continuarea cercetarii se va realiza simularea 3D a celulei robotizate. Pentru functionarea corecta a aplicatiei se vor folosi senzori ce vor fi programati astfel incat sa transmita semnale digitale. Se va realiza programarea offline a aplicatiei si simularea acesteia pe baza de semnale si cod.

Bibliografie.

1. Bucuresteanu A. – Actionarea Pneumatica a Robotilor Industriali, note de curs UPB, 2017
2. Bucuresteanu A. – Elemente si sisteme pneumatice pentru actionarea robotilor industriali, Editura Printech, ISBN 978-606-23-0081-4, Bucuresti 2013.
3. Nicolescu, A., Roboti Industriali – Vol.1 Sisteme si ansambluri componente. Structura axelor comandate numeric ale RI, ISBN 973 – 30 – 1244 – 0, Editura Didactica si Pedagogica RA, 2005, Bucuresti de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2018

**PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNEI CELULE
ROBOTIZATE PENTRU DEBAVURAREA PIESELOR OBTINUTE
PRIN TURNARE INTEGRÂND UN ROBOT DE TIP BRAȚ
ARTICULAT, UTILIZAND MEDIUL DE LUCRU TECNOMATIX
PROCESS SIMULATE**
**OFFLINE PROGRAMMING AND SIMULATION OF A ROBOTIC CELL
FOR DEVELOPING THE PARTS OBTAINED BY CASTING
INTEGRATING AN ARTICULATED ARM ROBOT, USING THE
TECNOMATIX PROCESS SIMULATED WORKING ENVIRONMENT**

ENE Sorin-Iulian
Facultatea:IIR
Specializarea:ROBOTICA
Anul de studii:II
e-mail:enesorin_95@yahoo.com

Conducător științific: Șl. dr. ing. Andrei Mario IVAN

ABSTRACT:

This paper aims to investigate an application for deburring parts obtained by casting from the automotive industry (engine block for truck). The deburring process is performed with the help of self-tapping tools located in the effector magazine to be fixed one by one on an articulated arm type robot. In the application there is another robot that supplies a perirobotic system with 2 workstations on which the parts to be deburred are fixed.

• **Introducere**

În cazul proceselor tehnologice de prelucrare prin așchiere, roboții industriali sunt folosiți, în special, pentru automatizarea operației de alimentare cu piese a mașinilor-unelte, dar se pot utiliza și pentru alimentarea automată cu scule și dispozitive sau pentru spălarea și curățirea automată a pieselor și dispozitivelor.

În aplicațiile industriale roboții pot manipula scule - caz în care ei fac parte din subsistemul de lucru sau obiecte de lucru - caz în care ei fac parte din subsistemul de manipulare.

Aplicațiile în care robotul manipulează o sculă activă într-un proces tehnologic au ca și caracteristică faptul că obiectul de lucru este instalat într-un dispozitiv de lucru, de obicei fix.

Operația tehnologică de prelucrare cu sculă purtată de robot are trei faze: apropierea sculei, faza de prelucrare propriu-zisă și îndepărtarea sculei.

În timpul operațiilor robotizate de prelucrare cu scule purtate se necesită reglarea / ascuțirea / curățirea periodică a sculelor. În acest scop, în componența sistemului de fabricație robotizat se vor

prevede posturi de lucru automate care permit executarea operațiilor amintite, cuprinse în ciclogramele de lucru ale sistemului și în programele de comandă aferente.

Aplicațiile în care robotul manipulează scule necesită informații senzoriale legate de prezența / absența / situarea obiectului de lucru, forma sa geometrică reală.

Debavurarea reprezintă procesul de îndepărtare a bavurilor de pe piesele matrițate, turnate, laminate prin ștanțare, polizare, tăiere cu disc. În metalurgie, după operația de turnare în forme, suprafețele pieselor sunt acoperite de bavuri.

În momentul în care am ales ca și tema fundamentală o aplicație de debavurare, am început căutarea mai multor aplicații similare. În majoritatea aplicațiilor de debavurare, robotii sunt echipați cu un efector de tip griper realizând operația de manipulare a pieselor semifabricate și finite. Debavurarea propriu-zisă se realizează pe posturi de lucru echipate cu freze de diferite tipuri, manson de slefuit, polizoare, iar piesele în aceste cazuri sunt de dimensiuni mici.

În aplicația aleasă, piesele ce sunt debavurate sunt de dimensiuni mari, robotul este echipat cu mai mulți efectori de tip scula cu antrenare proprie, iar piesa este fixată pe un sistem de prindere cu 2 posturi de lucru ceea ce diferă de restul aplicațiilor similare analizate. O problemă în acest caz a reprezentat-o și manipularea pieselor de pe banda transportoare până la sistemul perirobotic, dar s-a implementat o soluție cu un griper conceput special pentru piesa din aplicație (blocul motor) utilizând motoare pneumatice liniare, tanchete și rigle de ghidare pentru realizarea mișcării de translație a bacurilor griparului. Altfel spus, scopul acestei lucrări a fost să se găsească o soluție pentru realizarea procesului de debavurare a pieselor obținute prin turnare de dimensiuni mari.

- **Stadiul actual**

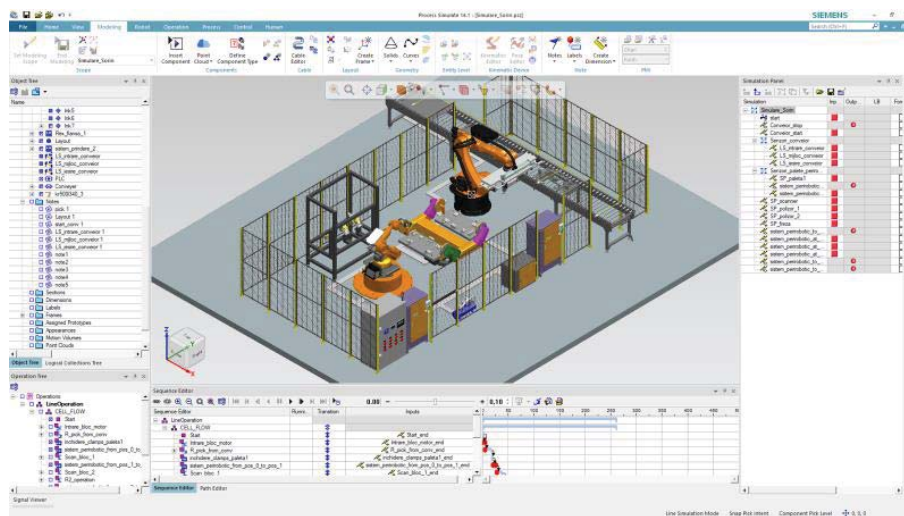


Figure 1-Vedere 3D a celulei

Modul de funcționare al aplicației :

Blocul motor este centrat pe o paletă și intră în celulă până ajunge în poziția în care paleta este oprită pe postul de centrare de pe conveior. Robotul 1 echipat cu un griper special conceput pentru preluarea blocului, preia blocul motor de pe conveior și îl fixează pe unul din posturile de lucru ale sistemului perirobotic unde sistemul de prindere este automatizat. Sistemul perirobotic se rotește cu 180°, iar piesa deja prelucrată ajunge în locul piesei intrate în celulă. Robotul 2 va realiza operația de debavurare cu ajutorul celor 4

efectori din magazia de efectori. După terminarea operației de debavurare, piesa debavurată va fi manipulată de către robotul 1 și va fi așezată pe paleta de pe postul de centrare, iar apoi va ieși din celulă.

Maparea cu senzori și semnale a celulei:

Categoriile de senzori și sisteme senzoriale integrate în cadrul aplicației. Localizarea senzorilor

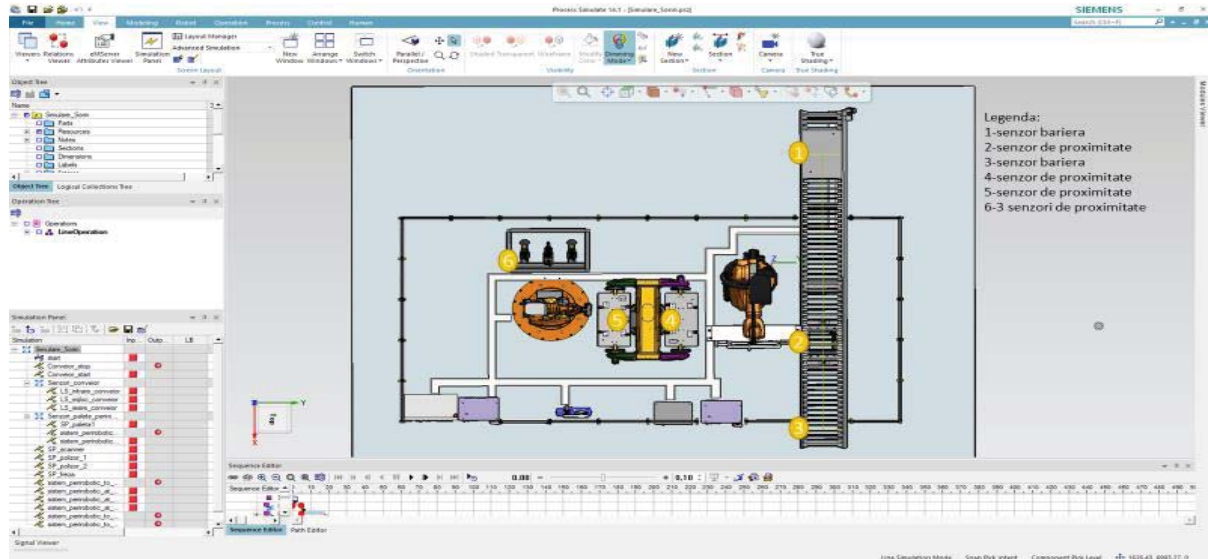


Figura 2-Localizarea senzorilor din celula si legenda acestora

Senzori de tip barieră SICK

-rolul acestora este de a memora intrările și ieșirile din celulă a pieselor;

-se monteaza în pereche de tip emițător-receptor la intrarea și la ieșirea din celulă pe gardul de protecție;

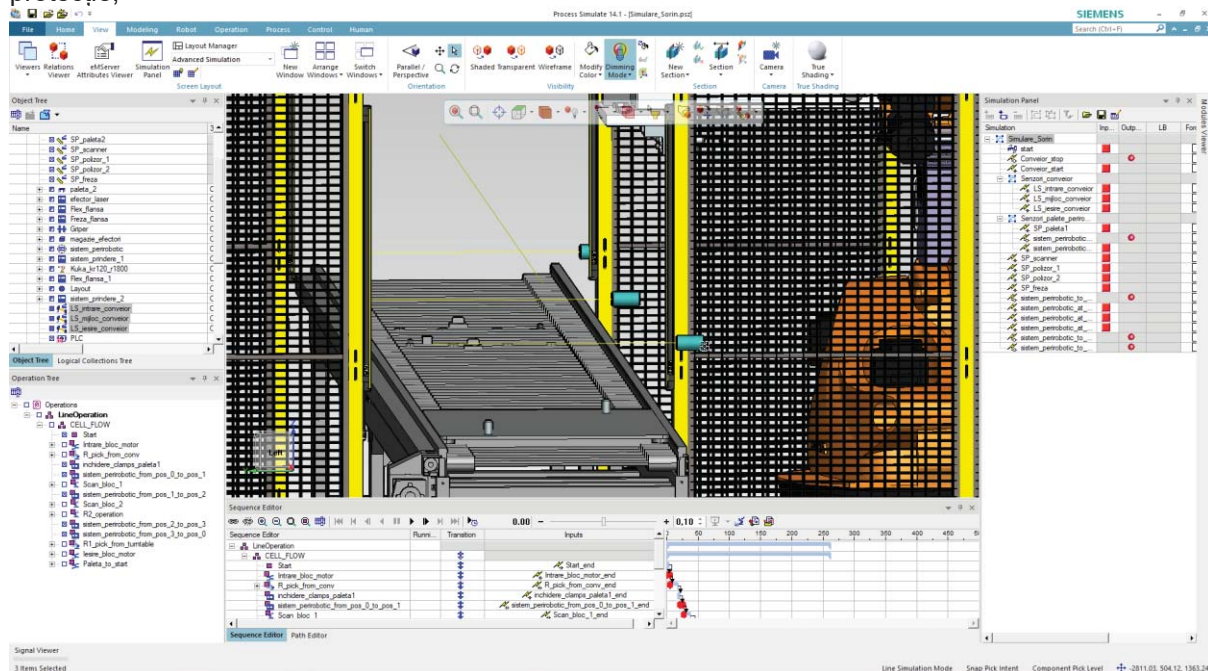


Figura 3-Senzorii de tip bariera

Senzorii de proximitate din magazia de efectori

-sunt folositi pentru a detecta prezenta sau absenta efectorilor in magazia de efectori;

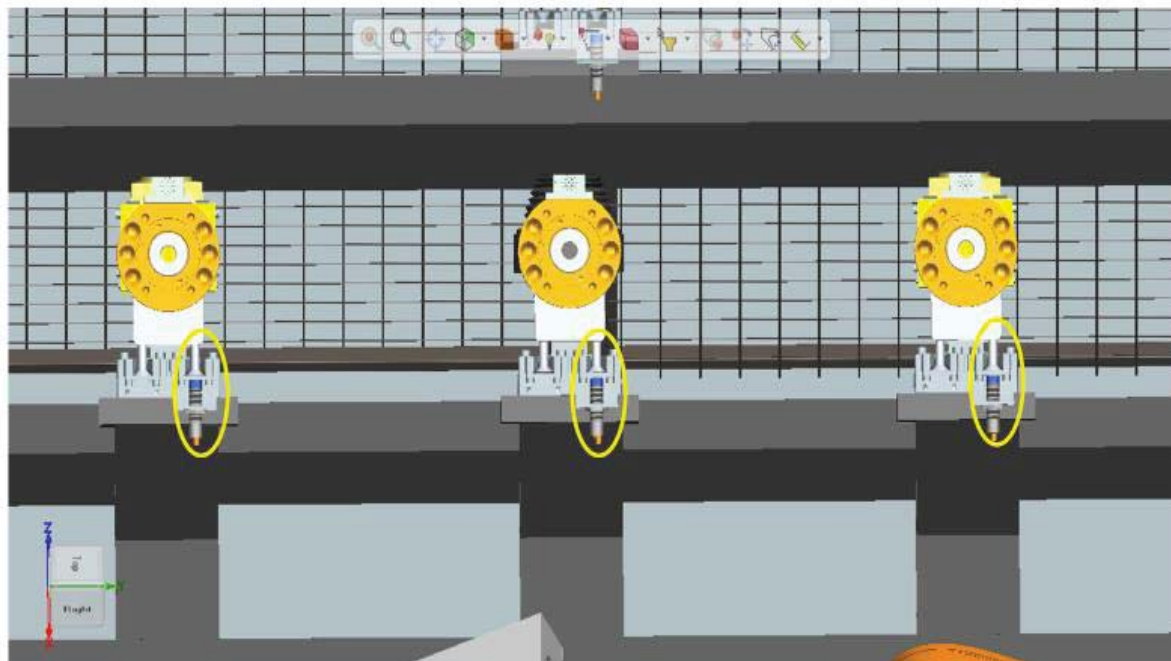


Figura 4-Senzorii de proximitate din magazia de efectori

Maparea de semnale (definirea operatiilor cu ajutorul semnalelor)

Se vor defini semnale necesare controlerului(PLC)

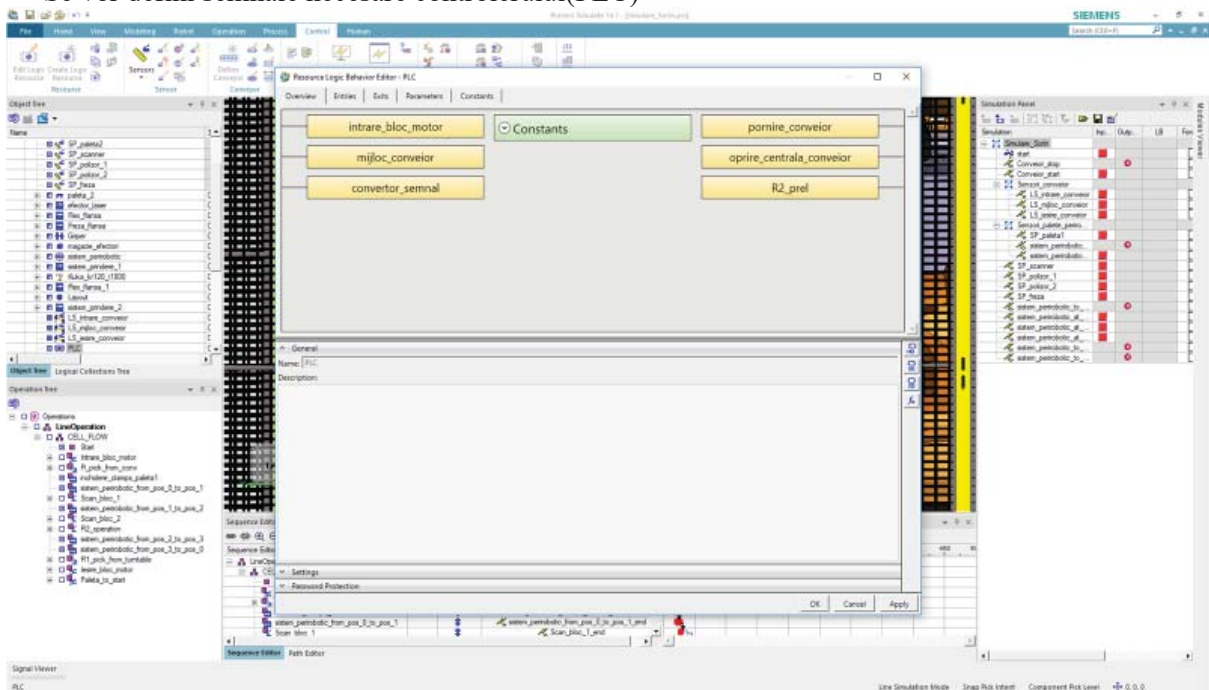


Figura 5-Definire semnale controler(PLC)

Semnalele necesare de declarat pentru functionarea conveiorului sunt urmatoarele:

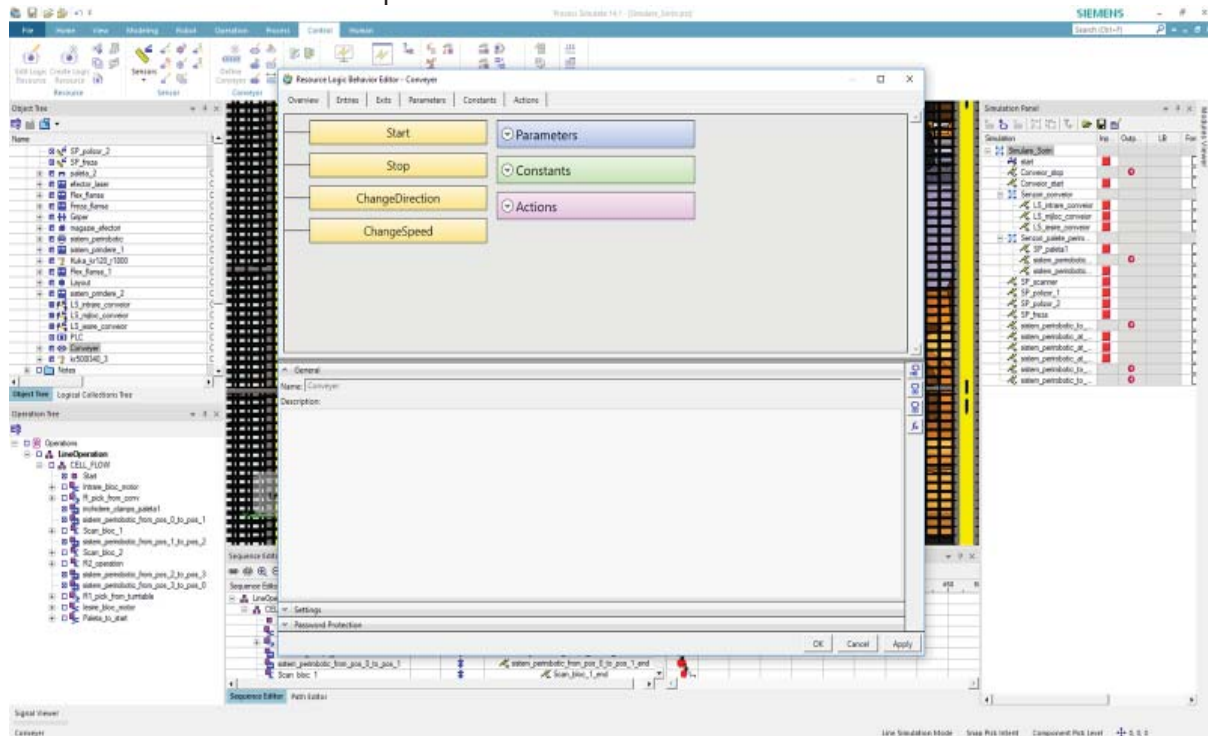


Figura 6-Semnale conveior

Se vor crea semnale inclusiv si pentru efectorii din magazia de scule, dar si pentru clampii de pe sistemul perirobotic

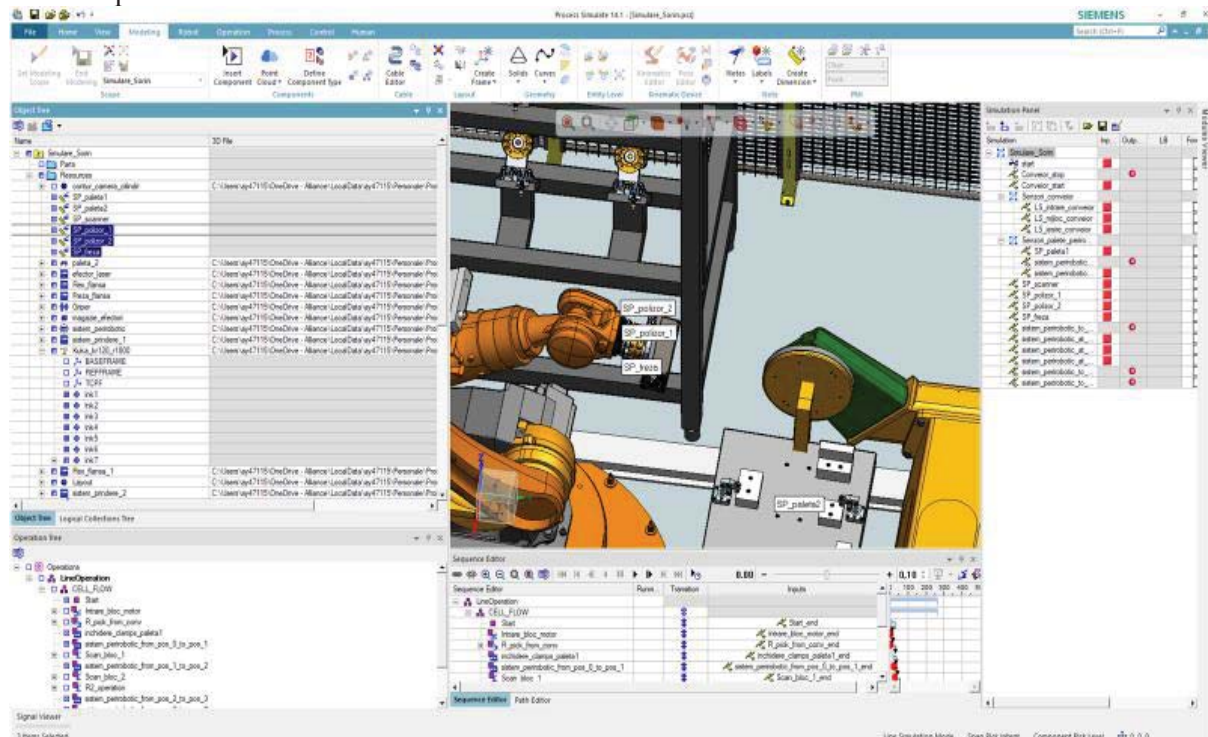


Figura 7-Semnale efectori si clampii de prindere piesa

Pentru pornirea sau oprirea functionarii celulei se vor crea semnalele de start si stop

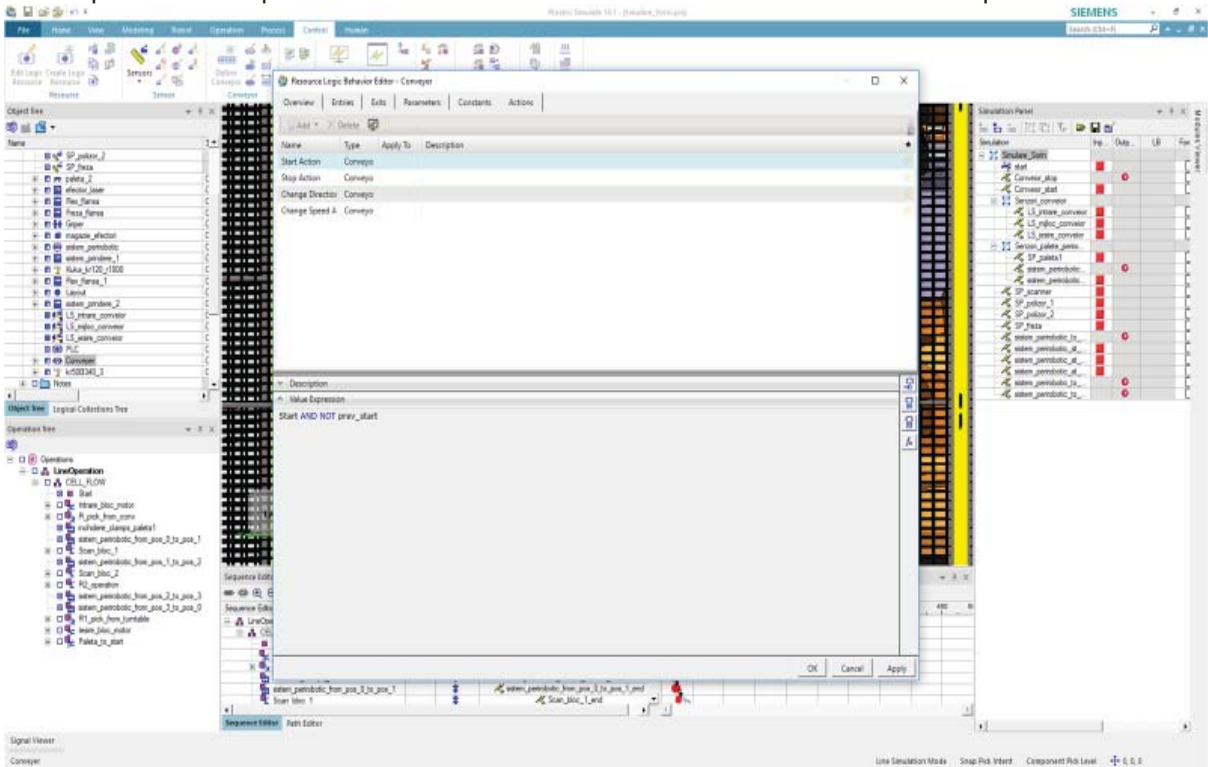


Figura 8-Semnale de oprire si de pornire a functionarii celulei

In urma definirii tuturor semnalelor, se vor realiza operatiile necesare functionarii celulei cu ajutorul semnalelor(simularea celulei):

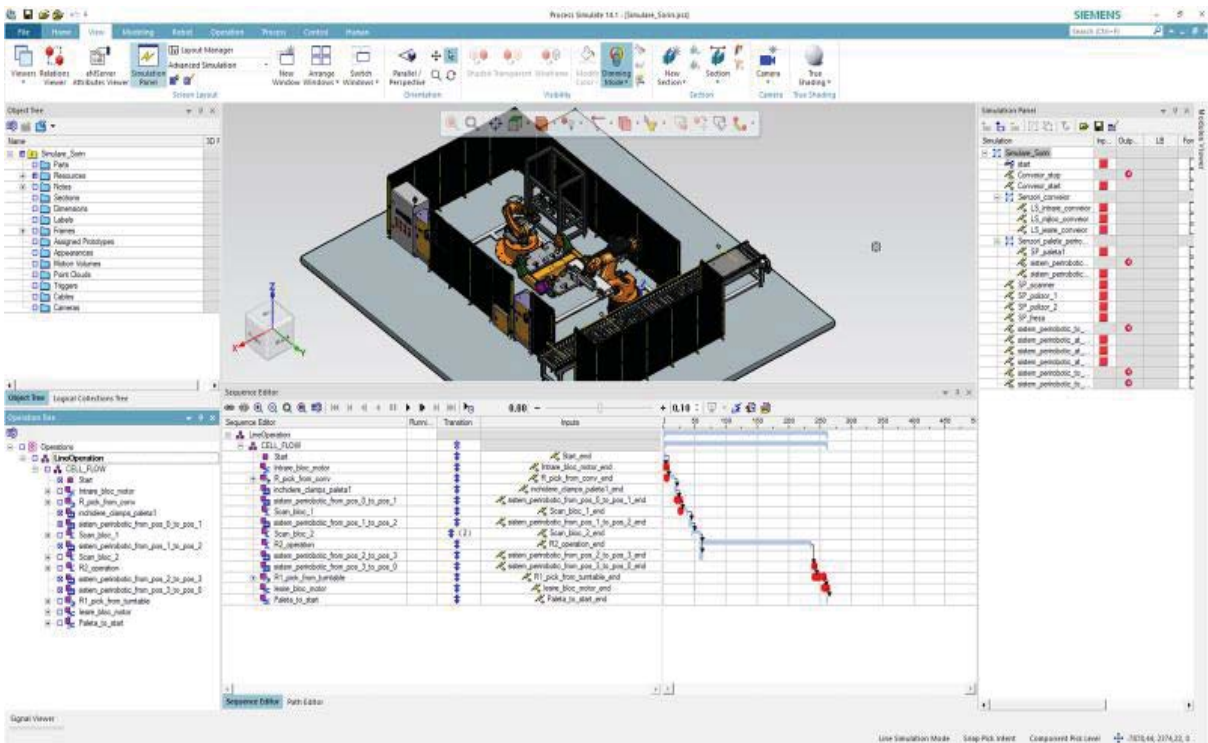


Figura 9-Linia de operatii creata cu ajutorul semnalelor

Diagrama bloc de functionare a celulei(schema de functionare a celulei)

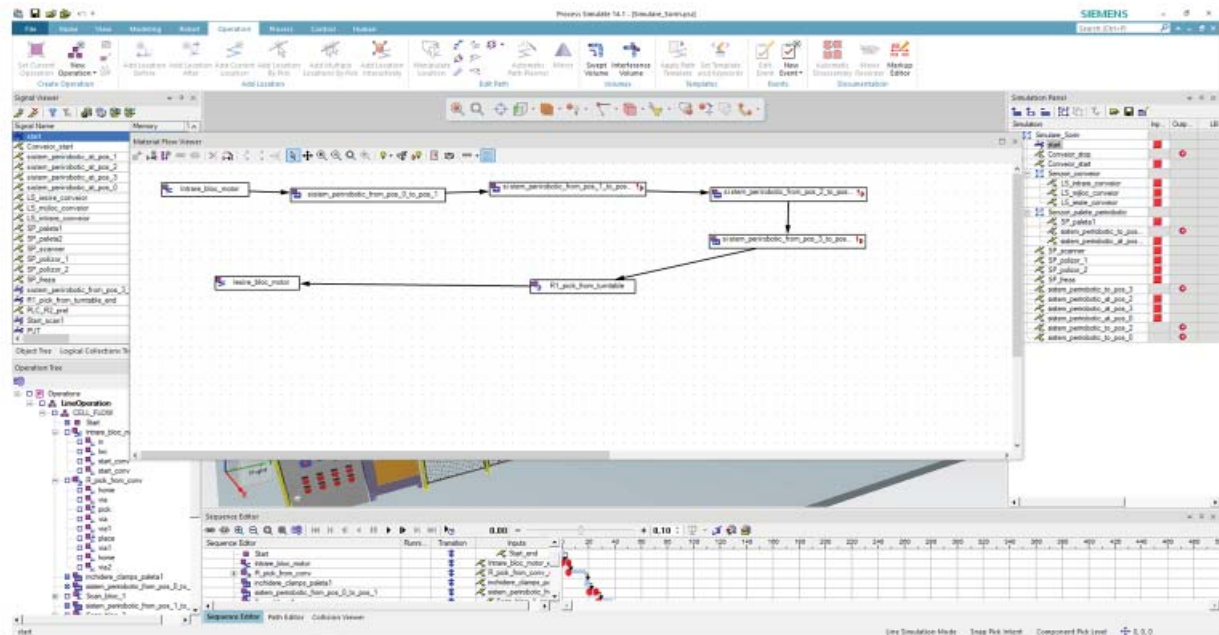


Figura 10-Diagrama bloc de functionare a celulei

3. Concluzii

În lucrarea de față elementele de noutate și originalitate sunt: diagrama bloc de funcționare a celulei, definirea și maparea semnalelor, dar și poziționarea senzorilor în celulă cât și simularea celulei.

4. Bibliografie

- [1] Dorin Al., Dobrescu T. – *Acționarea Pneumatică a Roboților*, Ed. Bren, ISBN-973-648-060-7, 2002
- [2] Enciu G. – *Senzori Industriali*, note de curs, UPB, 2017
- [3] Nicolescu A., Coman C. - *Robotică 2*, note de curs si aplicatii, UPB, 2015
- [4] Nicolescu, A. – *Implementarea Roboților Industriali în Sistemele de Producție*, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2018
- [5] Pascu N.– *Proiectare Asistată de Calculator 1*, note de curs, UPB, 2015
- [6] Popescu D. – *Proiectare 3D CATIA*, note de curs, UPB, 2017
- [7] *** Hall&Botterill Ltd.-<https://www.youtube.com/watch?v=Prds68XG5Fc>
- [8] *** Grind Master -<https://www.youtube.com/watch?v=z0TE9kP6hDU>
- [9] *** ATI Industrial Automation-<https://www.youtube.com/watch?v=XLYkg3iiXak>
- [10] *** KUKA-<https://www.kuka.com/en-au/products/robotics-systems/industrial-robots/kr-quantec-nano>
- [11] ***-http://www.atia.com/products/deburr/deburring_ModelDetails.aspx?type=RC&id=RC-300
- [12] *** Grind Master--<https://www.youtube.com/watch?v=z0TE9kP6hDU>
- [13] *** SHUNK-https://schunk.com/us_en/gripping-systems/series/pwg-plus/
- [14] ***-<http://www.scrigroup.com/tehnologie/tehnica-mecanica/Aplicatii-ale-robotilor---indust11156.php>

- ***-<http://www.rasfoiesc.com/inginerie/tehnica-mecanica/PRELUCRAREA-METALELOR-PRIN-ASC56.php>
- ***-<http://www.rasfoiesc.com/inginerie/tehnica-mecanica/ASCHIEREA-NOTIUNI-DE-TEORIA-AS88.php>
- ***-<https://ro.scribd.com/doc/51662322/CAP8-aplicatiile-robotilor-industriali>
- [15] *** KUKA-<https://www.youtube.com/watch?v=EbMv14RppHY>
- [16] *** KUKA-https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/48ec812b1b2947898ac2598aff70abc0/spez_kr_quantec_nano_en.pdf
- [17] *** KUKA-<https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/robot-periphery/positioners/kp3-v2h>
- [18] *** ATI Industrial Automation -<http://www.atia.com/products/toolchanger/QC.aspx?ID=QC-41>
- [19] *** AMTRU-<http://www.amtru.com/deburring-fettling-grinding-tool-angle-grinder400>
- [20] *** AMTRU- <http://www.amtru.com/deburring-fettling-cutting-tool-angle-cutter400>
- [21] *** AMTRU- <http://www.amtru.com/deburring-fettling-deflashing-tool-flexicut1020>
- [22] *** LMI TECHNOLOGIES- <https://lmi3d.com/gocator-2180>
- [23] *** BLEICHERT - <https://www.youtube.com/watch?v=W7CbqmbA6UA>
- [24] *** BOSCH REXROTH-<https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/assembly-technology/conveyorsystems/ts-assembly-conveyors-overview/index>
- [25] *** EMAG-<https://www.emag.ro/compresor-de-aer-monofazat-profesional-michelin-rezervor-100l-250-l-min-1-5kw-mb100/pd/DP5BB0BBM/>
- [26] *** AMTRU-<http://www.amtru.com/tool-magazin-toolbox100>
- [27] *** GRABCAD-<https://grabcad.com/library/electrical-control-panel-1>
- [28] *** KUKA-<https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/robot-periphery/positioners/kp3-v2h>
- [29] *** DESTACO-<https://www.destaco.com/assets/docs/ds/8700.pdf>
- [30] *** BOSCH REXROTH-<https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/assembly-technology/conveyorsystems/ts-assembly-conveyors-overview/index>
- GRABCAD-<https://grabcad.com/library/bmw-engine-block-6-cylinder-1>
- [31] *** KUKA-<https://www.kuka.com/ro-ro/produse-servicii/robotics-systems/robot-controllers/kr-c4>
- [32] *** GRABCAD-<https://grabcad.com/library/enwar-safety-fence-2-2>
- [33] *** KUKA-<https://www.kuka.com/en-au/products/robotics-systems/industrial-robots/kr-quantec-nano>
- [34] *** KUKA-<https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/industrial-robots/kr-300-pa>
- [35] *** SICK-<https://www.sick.com/ag/en/opto-electronic-protective-devices/safety-light-curtains/detec/c2c-sa07510a100002c-c2c-ea07510a10000/p/p350736>
- [36] *** AMTRU-<http://www.amtru.com/tool-magazin-toolbox100>
- [37] *** ATI Industrial Automation-
<http://productpage.3dpublisher.net/3dproductpage/QSvalidlogin.asp?GUID=1181333597524>
- [38] *** KUKA-https://www.kuka.com/ro-ro/services/downloads?terms=Language:en:1;Category:CAD;product_name:KR%20120%20R1800%20nano;&q=kuka%20kr120
- [39] *** ATI Industrial Automation-
<http://productpage.3dpublisher.net/3dproductpage/QSvalidlogin.asp?GUID=1181333597524>
- [40] *** LMI TECHNOLOGIES -<https://downloads.lmi3d.com/gocator-2140a-2340a-r11-cad>
- [41] *** KUKA-https://www.kuka.com/ro-ro/services/downloads?terms=Language:en:1;Language:ro:1;Category:CAD;product_name:KP3-V2H750;&q=

PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNEI CELULE DE SUDARE CU ARC ELECTRIC REPERE DE DIMENSIUNI MARI PENTRU CONSTRUCTII DE HALE INDUSTRIALE UTILIZAND MEDIUL DE LUCRU ABB ROBOT STUDIO. PROGRAMAREA PE BAZA DE SEMNALE

GRIGORE D. Adrian-Georgian

Facultatea:Facultatea de Inginerie Industriala si Robotica, Specializarea:Robotica, Anul de studii:Master II,
e-mail: grigoreadrianunsr@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adrian NICOLESCU

REZUMAT: În celula robotizată prezentă în acest studiu se realizează sudarea cu arc electric a unor grinzi metalice de dimensiuni mari utilizate în construirea de hale industriale. Pentru sudarea acestor grinzi sunt utilizați 3 roboți industriali model ABB IRB 6640 cu echipament de sudare și un robot ABB IRB 6640 cu efector de tip Gripper magnetic, precum și alte echipamente ce ajută la alimentarea celulei cu semifabricat dar și la poziționarea corectă a acestuia.

1. Introducere

Pentru a putea realiza programarea și simularea offline a celulei de sudare cu arc electric repere de dimensiuni mari pentru construcții de hale industriale utilizând mediul de lucru ABB ROBOT STUDIO am urmărit ca puncte principale realizarea fluxului tehnologic pentru a putea determina legăturile logice dintre componentele celulei și necesitatea semnalelor digitale de intrare și ieșire pentru corelarea mișcărilor componentelor; implementarea soluțiilor de verificare a prezenței semifabricatelor în puncte cheie ale celulei, acest punct reprezentând studierea necesității unor senzori pentru a detecta poziția corectă a grinzilor metalice pentru a fi preluate și reorientate dar și pentru prezența plăcilor metalice ce urmează a fi manipulate de robotul cu gripper magnetic și ultimul punct realizarea programului pentru simularea offline a celulei.

2. Fluxul tehnologic al celulei

Celula prezentată are în componență 4 roboți industriali ABB IRB 6640(fig.1-Cifra 1), 3 dintre aceștia fiind echipați cu efector de tip torță pentru sudare cu arc electric și echipamentul necesar procesului de sudare iar unul dintre acești roboți este echipat cu efector magnetic pentru preluarea semifabricatelor de tip plăci metalice debitate în prealabil; pentru a se putea deplasa pe o distanță maximă de 19m roboții au nevoie de o axa adițională de translație la sol iar pentru reperele de tip grindă sunt necesare 3 echipamente de reorientare cu deplasare la sol(fig.1-Cifra 2), astfel a fost realizată o bază comună cu sistem individual de deplasare a celor 4 roboți și a celor 3 sisteme de reorientare (fig.1-Cifra3). Pentru manipularea grinzilor este necesar un echipament de tip pod rulant(fig.1-Cifra 4) controlat prin comandă numerică, un conveior (fig.1-Cifra 5) , un sistem pentru depozitarea produsului finit(fig.1-Cifra 7) și sisteme de protecție pentru oprirea accesului personalului în interiorul celulei(fig.1-Cifra 6).

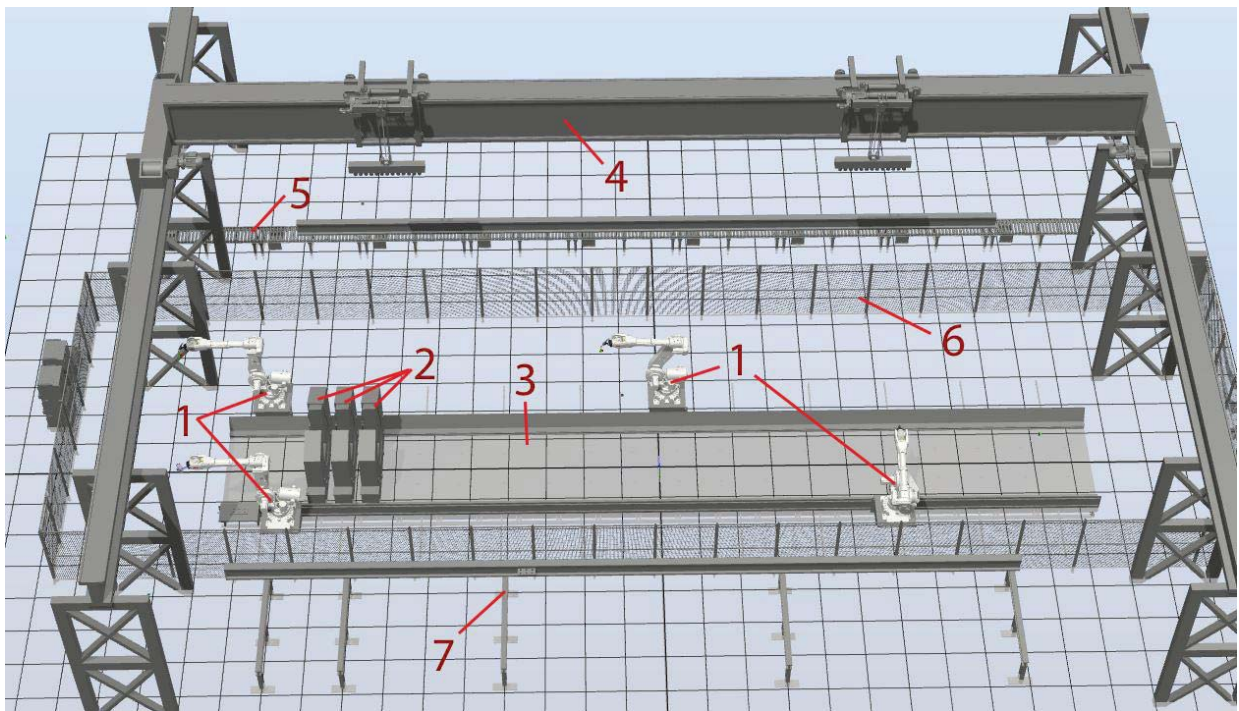


Fig. 1. Componente celulă

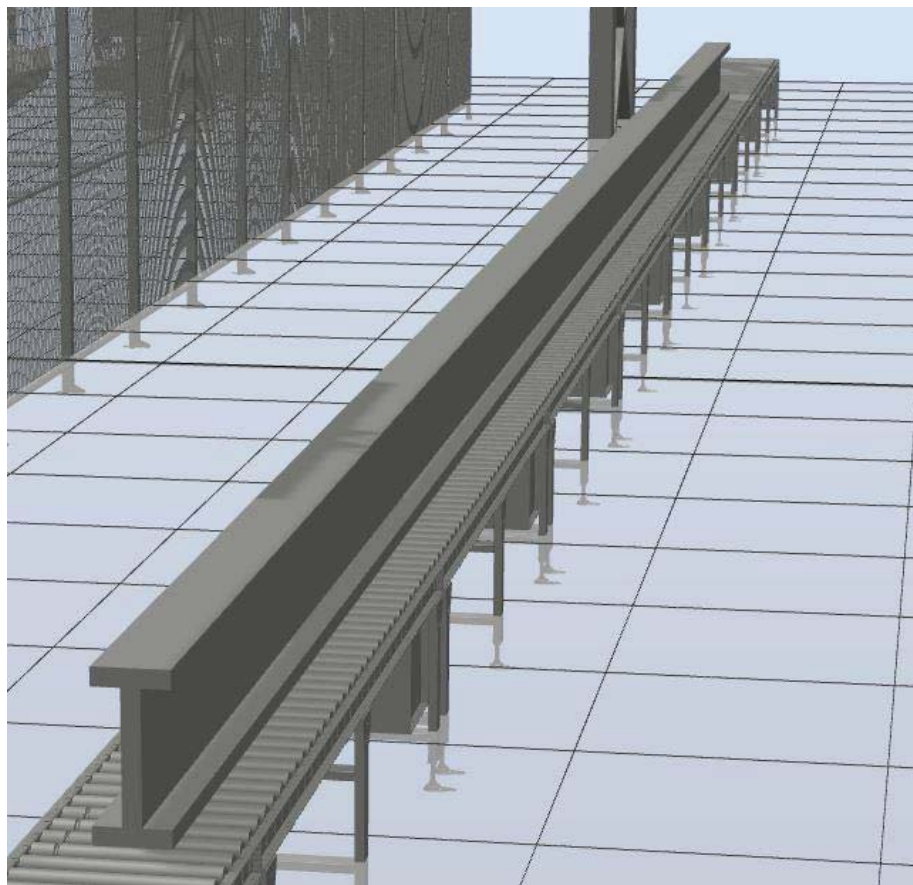


Fig. 2. Reper tip grindă metalică de dimensiuni mari

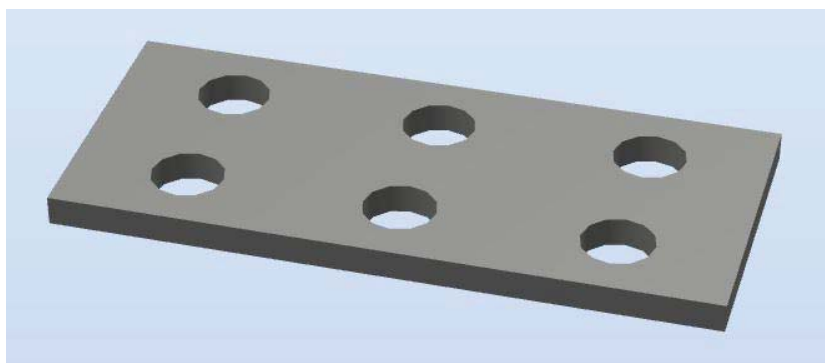


Fig. 3. Reper tip placă metalică debitată

Accesul reperului de tip grindă în celulă se realizează prin intermediul conveiorului, aici sunt necesari senzori inductivi ce vor indica dacă grinda este fizic prezentă în poziția stabilită pentru preluarea acesteia de către macaraua de tip pod rulant și îi vor transmite mai departe acesteia un semnal de confirmare pentru a putea fi acționată. Din această poziție grinda este preluată de macara, trece prin câteva poziții prestabilite, iar în momentul în care aceasta ajunge deasupra sistemelor de reorientare, le transmite un semnal pentru ca acestea să se poziționeze pentru a prelua grinda metalică. Odată poziționată grinda va fi verificată de un alt set de senzori inductivi ce vor transmite un semnal de confirmare către controller iar acesta va comanda sistemele de reorientare să fixeze și să orienteze grinda în poziția de sudare. După ce grinda este în poziția de sudare este transmis un semnal către controller să acționeze poziționarea roboților de sudare și robotului de manipulare să preia reperul de tip placă metalică. Pentru a prelua placa metalică, robotul va verifica întâi prezența acesteia în punctul de preluare cu ajutorul unui set de senzori inductivi. După ce aceștia trimit un semnal pozitiv, robotul preia placa și o manipulează către poziția de sudare după care trimite un semnal primului robot de sudare care poate începe procedeul. După ce robotul de sudare fixează placa pe grindă trimite un semnal către robotul de manipulare care va pleca să preia placa următoare, acest procedeu se repetă și pentru următoarele plăci până la ultima. În momentul în care toți cei 3 roboți de sudare au terminat procesul pentru locurile accesibile aceștia transmit câte un semnal controllerului. Acesta așteaptă activarea celor 3 semnale pentru a acționa sistemele de orientare la 180 de grade. După ce grinda a fost reorientată cei 3 roboți primesc un semnal și încep programul de sudare pentru zonele rămase iar la finalizare ei trimit un semnal către controller care acționează sistemele de orientare ce se repun în poziția de preluare, dar și către macara, care se pregătește de preluarea grinzii, însă nu se va coborî până nu primește semnal de la sistemele de orientare că acestea sunt în poziția corectă. De aici macaraua preia grinda și o manipulează către locul de depozitare și transmite un semnal pentru reînceperea procesului.

3. Implementarea soluțiilor de verificare a prezenței semifabricatelor în puncte cheie ale celulei

Prezența semifabricatelor în pozițiile corecte este necesară pentru ca procesul să se desfășoare în mod corect, precis și fără continuarea acestuia într-un mod eronat care ar duce atât la distrugerea semifabricatelor cât și a echipamentelor. Soluția adoptată pentru verificarea acestor poziții este una simplă și anume plasarea unor senzori inductivi calibrați corespunzător unei detecții precise a semifabricatelor.

În figura numărul 4 sunt prezentate zonele necesare a fi verificate cu ajutorul senzorilor inductivi: În zona cu numărul 2 se va verifica prezența și amplasarea grinzii metalice cu ajutorul a 6 senzori inductivi. Se va folosi un număr de 6 senzori pentru a putea verifica grinzi de diferite lungimi astfel controllerul va citi un număr corespunzător de senzori în funcție de lungimea efectivă a grinzii, informație ce este primită din celula anterioară acesteia ce are ca rol debitarea grinzilor.

În zona numărul 3 se va verifica cu ajutorul a 2 senzori inductivi pe fiecare echipament de reorientare dacă poziția grinzii este corectă pentru ca acestea să poată bloca și reorienta grinda.

În zona numărul 4 se va verifica cu ajutorul unui sensor inductiv dacă există sau nu în poziție o placă pentru a fi preluată.

În zona numărul 1 sunt prezente echipamentele de tip controller unde se vor procesa toate datele necesare precum și semnalele provenite de la senzori sau echipamente.

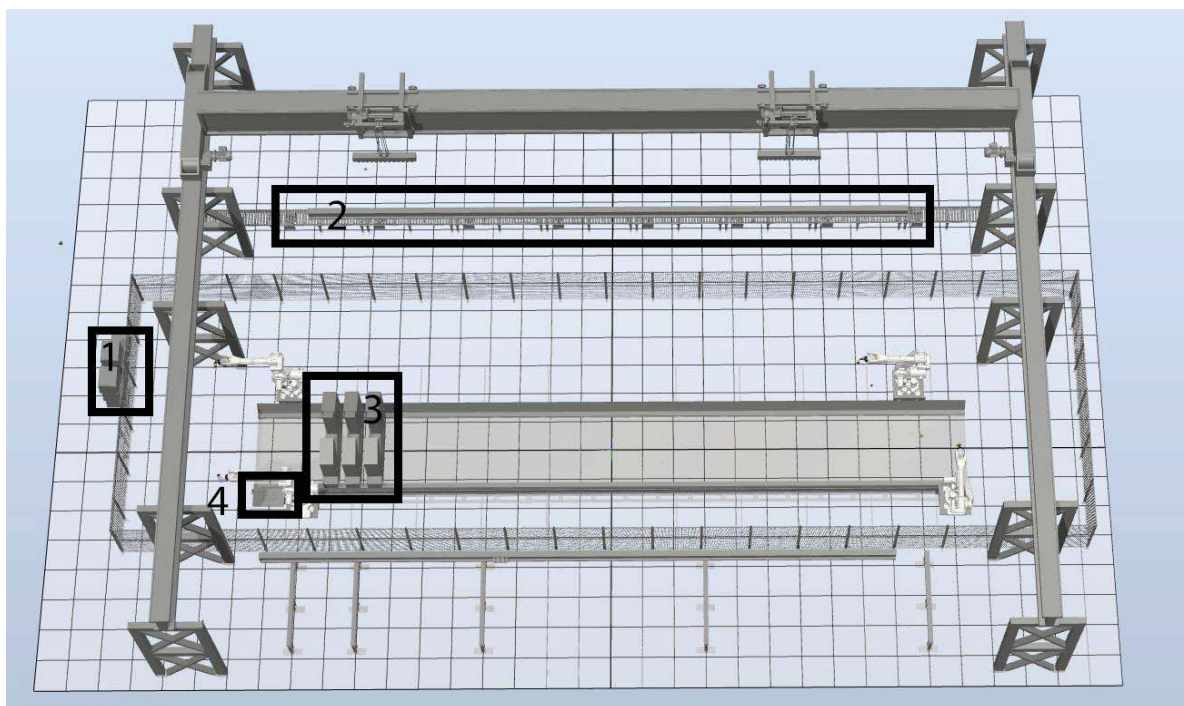


Fig. 4. Pozitii cheie ce necesita a fi verificate.

4. Realizarea programului pentru simularea offline a celulei.

Pentru realizarea programului robotul ce realizează manipularea reperelor de tip plăci a fost folosit drept controller Master iar restul echipamentelor Slave, astfel toate semnalele au fost centralizate către controllerul acestui robot.

Pentru a putea realiza traiectoriile roboților în mediul de simulare offline ABB Robot Studio este necesar să definim o serie de Target-uri pe care apoi le apelăm cu comenzi de tip “MoveJ” sau “MoveL” diferența dintre aceste două mișcări fiind faptul că prima trimite robotul din punctul actual în punctul următor fără să țină cont de traiectorie, alegând cele mai scurte mișcări ale fiecărei axe iar cea de a doua comandă realizează o traiectorie directă printr-o linie dreaptă între punctul actual și următorul punct. Un target este definit prin 3 vectori (fig.5 X-roșu,Y-verde,Z-albastru) ce îi conferă atât poziția în spațiu cât și direcția.



Fig. 5. Exemplu de Target.

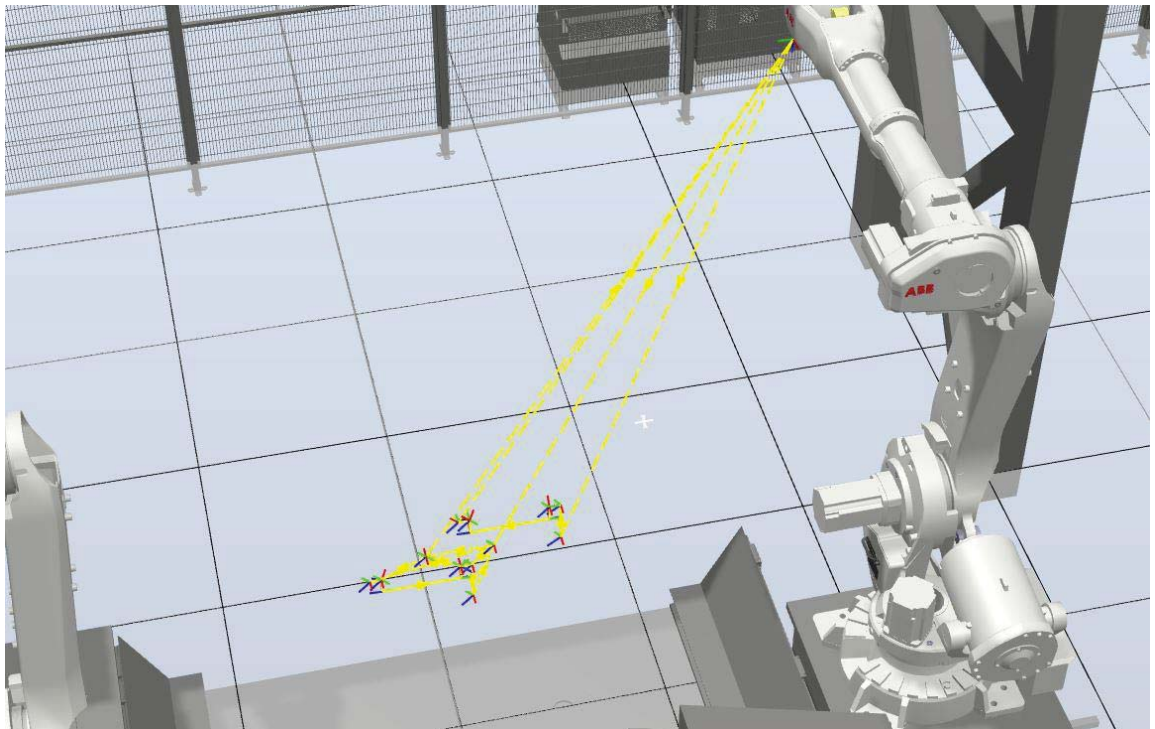


Fig. 6. Traiectorie robot de sudare.

După ce au fost definite punctele pentru fiecare robot în parte, se realizează traiectoriile(fig.6) inserându-se mișcările în program(fig.7)

- ⚡ WaitTime 1.01
- ➡ MoveL homeR1
- ➡ MoveL Target_10_3
- ➡ MoveL Target_10
- ⚡ Wait Time 0.2
- ⚡ SetDO attachplaca1_gr,1
- ➡ MoveL Target_10_3
- ⚡ SetDO rob1,1
- ➡➡ MoveJ Target_20_2
- ➡ MoveL Target_20
- ⚡ WaitDO rob1,0
- ⚡ SetDO attachplaca1_gr,0
- ⚡ Wait Time 0.3
- ⚡ SetDO attachplaca1,1
- ➡ MoveL Target_20_2
- ➡➡ MoveJ homeR1
- ➡ MoveL Target_10
- ⚡ SetDO attachplaca2_gr,1
- ⚡ Wait Time 1.01
- ➡ MoveL Target_10_3

Fig. 7. Exemplu de acțiuni.

Pentru a putea realiza rețeaua de senzori și semnale trebuie să introducem semnalele în controllerul robotului master, însă în mediul offline nu este suficientă doar definirea acestor semnale (fig.8) ci este necesară și definirea unor acțiuni ce au loc în urma activării sau dezactivării unui semnal digital(fig.9). Aceste acțiuni sunt definite prin alegerea unui semnal(exemplu OR_1), o condiție pentru a porni acea acțiune(exemplu: Signal OR_1 = true) și una sau mai multe acțiuni ce se realizează după îndeplinirea acelei condiții(exemplu: se vor acționa cele 3 sisteme de reorientare pentru a ajunge în poziția numărul 1 și apoi semnalul OR_1 să redevină false)

Type	Name	Type of Signal	Assigned to Device	Signal Identification Label	Device Mapping	Category	Access Level	Default Value	Filter Time Passive (ms)	Filter Time Active
Access Level	AS1	Digital Input	PANEL	Automatic Stop chain(X5.11 to X5.6) and (X5.9 to X5.1)	13	safety	ReadOnly	0	0	0
Cross Connection	AS2	Digital Input	PANEL	Automatic Stop chain backup(X5.5 to X5.6) and (X5.3 to X5.1)	14	safety	ReadOnly	0	0	0
Device Trust Level	attachgrd	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
Industrial Network	attachplaca1	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
Route	attachplaca2	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
Signal	attachplaca3	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
Signal Safe Level	attachplaca3_gr	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
System Input	cr_1	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
System Output	cr_2	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	cr_3	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	cr_4	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	cr_5	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	cr_6	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	cr_7	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	cr_home	Digital Output			N/A		All	0	N/A	N/A
	DRV1BRAKE	Digital Output	DRV_1	Brake-release coil	2	safety	ReadOnly	0	N/A	N/A
	DRV1BRAKEFB	Digital Input	DRV_1	Brake Feedback(X3.6) at Contactor Board	11	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1BRAKEOK	Digital Input	DRV_1	Brake Voltage OK	15	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1CHAIN1	Digital Output	DRV_1	Chain 1 Interlocking Circuit	0	safety	ReadOnly	0	N/A	N/A
	DRV1CHAIN2	Digital Output	DRV_1	Chain 2 Interlocking Circuit	1	safety	ReadOnly	0	N/A	N/A
	DRV1EXTCONT1	Digital Input	DRV_1	External customer contactor (X2d) at Contactor Board	4	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1FAN1	Digital Input	DRV_1	Drive Unit FAN1(X10.3 to X10.4) at Contactor Board	9	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1FAN2	Digital Input	DRV_1	Drive Unit FAN2(X11.3 to X11.4) at Contactor Board	10	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1K1	Digital Input	DRV_1	Contactor K1 Read Back chain 1	2	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1K2	Digital Input	DRV_1	Contactor K2 Read Back chain 2	3	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1LM1	Digital Input	DRV_1	Limit Switch 1 (X2a) at Contactor Board	0	safety	ReadOnly	0	0	0
	DRV1LM2	Digital Input	DRV_1	Limit Switch 2 (X2b) at Contactor Board	1	safety	ReadOnly	0	0	0

Fig. 8. Definiere semnale în controller.

Events	Activation	Trigger Type	Trigger System	Trigger Name	Trigger Parameter	Action Type	Action System	Action Name	Action Parameter	Time (s)
Add...	On	I/O	Controller37	cr_home	1	Multiple			Multiple	9:20:18 PM
Delete	On	I/O	Controller37	cr_1	1	Multiple			Multiple	
Copy	On	I/O	Controller37	cr_2	1	Multiple			Multiple	
Refresh	On	I/O	Controller37	cr_3	1	Multiple			Multiple	
Export...	On	I/O	Controller37	cr_4	1	Multiple			Multiple	
Import...	On	I/O	Controller37	cr_5	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	cr_6	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	cr_7	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	resetgrinda	1	Multiple			Multiple	9:20:18 PM
	On	I/O	Controller37	attachgrd	1	Attach Object		Attach Object	Pod rulant -> grinda	
	On	I/O	Controller37	attachgrd	0	Detach Obj...		Detach Object	Pod rulant <- grinda	4:39:58 PM
	On	I/O	Controller37	OR_home	1	Multiple			Multiple	9:20:18 PM
	On	I/O	Controller37	OR_1	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	OR_2	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	OR_3	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	OR_4	1	Multiple			Multiple	
	On	I/O	Controller37	attachor	1	Attach Object		Attach Object	Sistem Reorientare 1 -> grinda	
	On	I/O	Controller37	attachor	0	Detach Object		Detach Object	Sistem Reorientare 1 <- grinda	4:39:58 PM
	On	I/O	Controller37	resetplaci	1	Multiple			Multiple	9:20:18 PM
	On	I/O	Controller37	attachplaca1	1	Attach Object		Attach Object	grinda -> placa1	
	On	I/O	Controller37	attachplaca2	1	Attach Object		Attach Object	grinda -> placa2	
	On	I/O	Controller37	attachplaca3	1	Attach Object		Attach Object	grinda -> placa3	

Trigger: I/O Signal Trigger

Activation: On

Comments:

Signal Name ^ Signal Type

- ES2 DI
- fn1 DO
- fn2 DO
- GENERAL_RESET DO
- GS1 DI
- GS2 DI
- MAN1 DI
- MAN2 DI
- MANFS1 DI
- MANFS2 DI
- MONPB DI
- MOTLMP DO
- OR_1 DO

Signal Source: Controller37

Trigger Condition:

Signal is true (T1)

Signal is false (F)

Action: Move Mechanism to Pose

Added Actions:

Seq. No	Action
1	Move Mechanism to Pose
2	Move Mechanism to Pose
3	Move Mechanism to Pose
4	Change I/O

Cyclic

Station signal to set when Pose reached:

Mechanism: Sistem Reorientare 1

Pose: Pose1

Name Type

Set to True

Set to False

Fig. 9. Definiere acțiuni pentru semnale.

Se implementează toate mișcările și acțiunile necesare fluxului și după verificarea vizuală a acestora se sincronizează modulul stației de lucru cu controllerul virtual, astfel în modulul “RAPID” putem să verificăm și să ajustăm codul celor 4 programe ce pot fi implementate fizic direct pe roboti.

```

2  □  CONST robtarget homeR1=[[12167.45561847,1962.69993033,2671.045],[0.353558358,-0.612381039,0.612363832,-0.353548423],[1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
3  CONST robtarget Target_10_3=[[10914.104,1814,781.795],[0,-0.707106781,0.707106781,0],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
4  CONST robtarget Target_10=[[10914.104,1814,681.795],[0,-0.707106781,0.707106781,0],[0,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
5  CONST robtarget Target_20_2=[[10252,148.902,1082.049],[0.707106781,0,-0.707106781,0],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
6  CONST robtarget Target_20=[[10152,148.902,1082.049],[0.707106781,0,-0.707106781,0],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
7  CONST robtarget Target_30=[[11867.457,1962.701,2671.045],[0,1,0,0],[1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
8  CONST robtarget Target_40_2=[[11032,168.902,1407.049],[0.5,0.5,-0.5,0.5],[0,-2,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
9  CONST robtarget Target_40=[[11032,168.902,1207.049],[0.5,0.5,-0.5,0.5],[0,-2,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
10 CONST robtarget Target_100=[[8912,148.902,1382.049],[0.707106781,0,0.707106781,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
11 CONST robtarget Target_110=[[8912,148.902,1082.049],[0.707106781,0,0.707106781,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
12 CONST robtarget Target_90=[[9112,148.902,1082.049],[0.707106781,0,0.707106781,0],[-1,0,-2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
13 PROC Path_10()
14
15     MoveL homeR1,v1000,z100,GripperMagnetic\Wobj;mwobj0;
16     SetDO cr_1,1;
17     WaitTime 1.01;
18     SetDO cr_2,1;
19     WaitTime 1.01;
20     SetDO cr_3,1;
21     WaitTime 1.01;

```

Fig. 10. Program cod in RAPID.

În programul din figura 10 sunt 4 tipuri de comenzi pe care se bazează această simulare: definirea unei constante (definirea punctelor target) prima paranteză a acestei comenzi reprezintă poziția în spațiu în coordonatele X Y Z, a doua paranteză reprezintă orientarea în spațiu a axelor, a 3a reprezintă configurația de mișcare a axelor iar ultima paranteză reprezintă axele externe ale robotului (exemplu axa de translație la sol) care pot fi în număr de maxim 6. Al doilea tip de comandă este comanda de mișcare, aceasta apelează punctul definit anterior, definește viteza cu care se va mișca robotul (v1000), toleranța de atingere a punctului apelat (z100) și apelează sistemul de coordonate al efectorului robotului. Comanda “SetDO” îi setează unui semnal digital valoarea True sau False (1 sau 0). Ultimul tip de comandă este comanda WaitTime sau WaitDO, această comandă îi spune robotului să aștepte un timp definit sau valoarea unui semnal digital înainte de a continua programul.

5. Concluzii

În final după realizarea acestor pași, simularea procesului poate fi rulată în mediul de lucru ABB Robot Studio și are ca avantaje urmărirea unor timpi reali, vizualizarea unor imperfecțiuni ce ar putea apărea în realitate și astfel pot fi anticipate dar și faptul că acest proiect poate fi implementat ușor cu mici modificări.

6. Bibliografie

- [1]. Nicolescu, A. – Implementarea Robotilor Industriali in Sistemele de Productie, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2018.
- [2]. <http://new.abb.com/products/robotics/controllers/irc5/irc5>
- [3]. <http://agtrobotics.com/beam-rotator>
- [4]. <https://forums.robotstudio.com>

Programarea si simularea offline a unei celule flexibile robotizate pentru debavurare repere din industria auto utilizand mediul de lucru Kuka Sim. Programarea pe baza de semnale.

PROGRAMMING AND OFFLINE SIMULATION OF A DEBURRING CELL USING WORKING ENVIRONMENT KUKA SIM.SIGNAL-BASED PROGRAMMING.

Vasilescu-Dinca Loredana

Facultatea:I.I.R, Specializarea:Robotica, Anul:II, e-mail:vasilescu_loredana95@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. Nicolescu Adrian Florin

Summary: In this study was performed the offline programming of the robotic application for deburring. It is presented the logical organization of events and the definition of signals. Also its presented the offline simulation of functioning based on the signals application. In the robotic cell is deburred a secondary shaft from a gearbox.

1.Introducere

Obiectivele urmarite in aceasta lucrare sunt realizarea programarii offline a aplicatiei robotizate pentru debavurare. In celula robotizata se realizeaza debavurarea unui arbore secundar al unei cutii de viteze. Este prezentata organizarea logica a evenimentelor si definirea semnalelor. Aceasta se realizeaza in programul Work Visual 3.1. Este prezentata de asemenea simularea offline a functionarii pe baza de semnale a aplicatiei. Simularea este realizata in programul Kuka Sim 1.1.

2.Studiu actual

În figurile de mai jos. se prezintă structura de ansamblu a aplicației robotizate de proiectat respectiv vederea de sus de tip drafting pentru aplicația de proiectat, cu repere și legenda ce include denumiri pentru toate subsistemele.

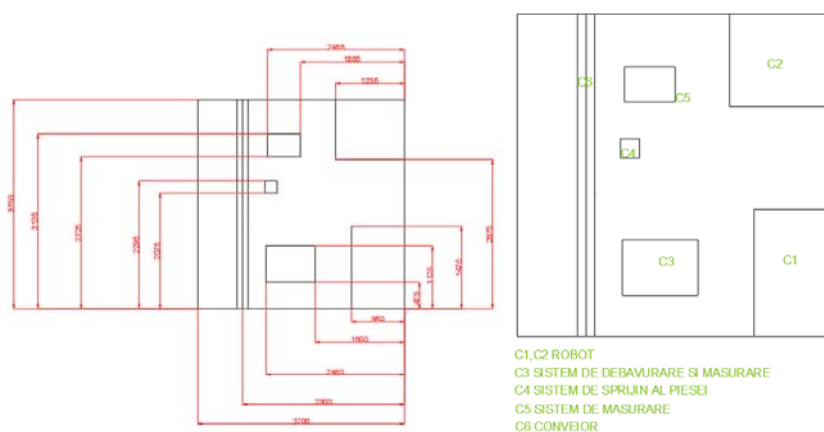


Fig.1.Vedere de sus de tip drafting pentru aplicația de proiectat

Descrierea funcționării de ansamblu a aplicației și a rolului funcțional specific al subsistemelor componente în cadrul acesteia. În aplicația studiată sunt incluși doi roboți cu arhitectură generală de tip braț articulată care manipulează piesele ce intră pe bandă în celulă. În interiorul celulei se află un dispozitiv de debavurare a canalelor piesei și un dispozitiv de înlăturare cu jet de aer a bavurii rămase. De asemenea se regăsește conveiorul pe care intră și ies piesele și un sistem perirobotic de susținere a piesei.Pentru realizarea temei au fost consultate referintele bibliografice :[1],[2],[3].

In urmatoarea imagine este prezentata celula robotizata studiata realizata in programul Kuka Sim. Aceasta celula contine un subsistem de debavurare,un subsistem de inlaturare a bavurii,doi roboti Kuka KR 60-3, un conveior,un subsistem de sprijin pentru piesa si controlerele aferente statiei.

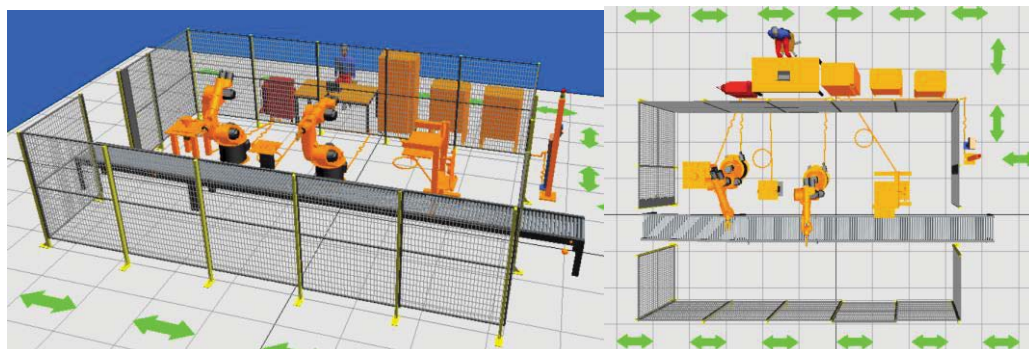


Fig.2.Prezentarea celulei robotizate vazute din lateral si vazuta de sus

Organizarea fluxurilor logice de evenimente si definirea semnalelor

Pentru definirea semnalelor este folosit mediul de lucru Kuka WorkVisual in care se configureaza in prima etapa controlerele. Cum aplicatia studiata foloseste doi roboti Kuka KR 60-3 se vor alege doua controlere KRC4.In continuare este prezentata crearea configurarea aplicatei si alegerea tipului de robot pentru aceasta si arhitectura aplicatiei vizualizata in mediul de lucru WorkVisual.

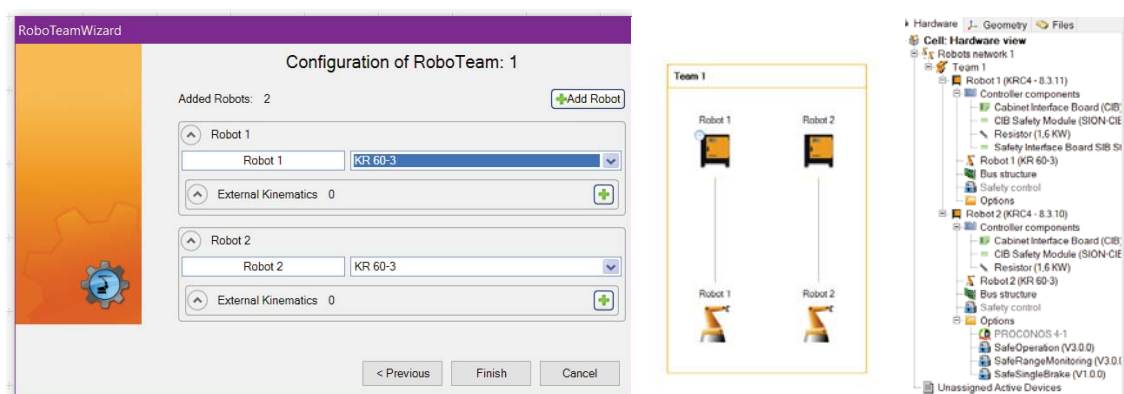


Fig.3.Configurarea arhitecturii celulei robotizate si prezentarea arhitecturii celulei robotizate

Cea mai importanta etapa este definirea semnalelor de intrare si iesire (digital input/digital output).In imaginea de mai jos sunt prezentate semnalele de iesire cu denumirea lor si prescurtarea.

Definirea semnalor este impartita in doua mari categorii si anume semnale digitale si analogice. La randul lor se impart in alte doua cateogrii si anume de intrare si de iesire.

Pentru definirea semnalelor avem nevoie mai intai de definirea succesiunii operatiilor din celula robotizata analizata.

In proiectul studiat avem urmatoarele operatii: oprirea paletii in dreptul R1; R1 ia piesa de pe paleta; plecarea paletii de la R1 la R2; masurarea si debavurarea piesei pe dispozitivul special; detectarea piesei cu ajutorul senzorilor pe suportul intermediar; R2 ia piesa de pe suportul intermediar; inlaturarea bavurii cu jet de aer; R2 pune piesa pe paleta; paleta pleaca

Aceste operatii se vor impartii in trei categorii de semnale si anume semnale de intrare(digital input),semnale de iesire(digital output) si semnale interne ale echipamentelor(station signal/flag). In continuare sunt prezentate aceste semnale ce se vor numerota cu litere alfabetice pentru a putea fi citite mai usor. Deoarece in proiectul studiat se regasesc doi roboti,se vor defini semnale diferite pentru fiecare din acestia.

Pentru primul robot au fost definite urmatoarele semnale prezentate in capturi de ecran din program:

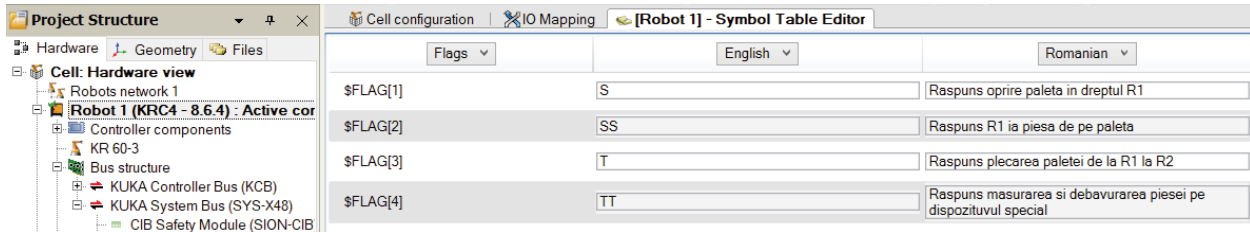


Fig.4. Semnale interne ale echipamentelor(station signal/flag)

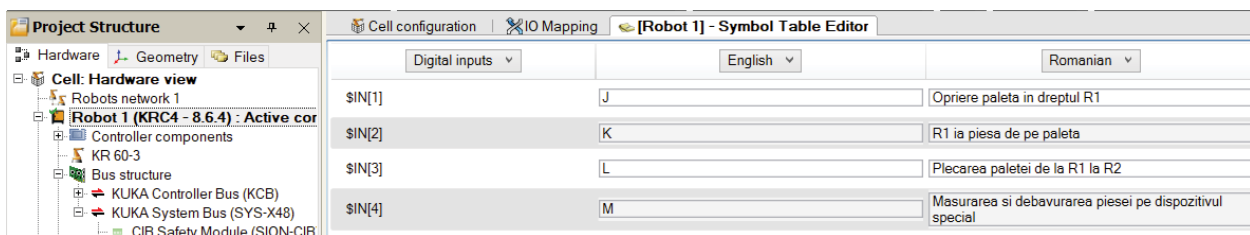


Fig.5. Semnale de intrare

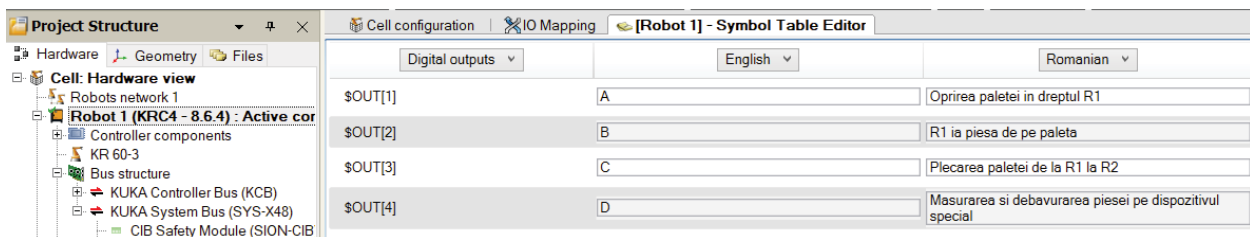


Fig.6..Semnale de iesire

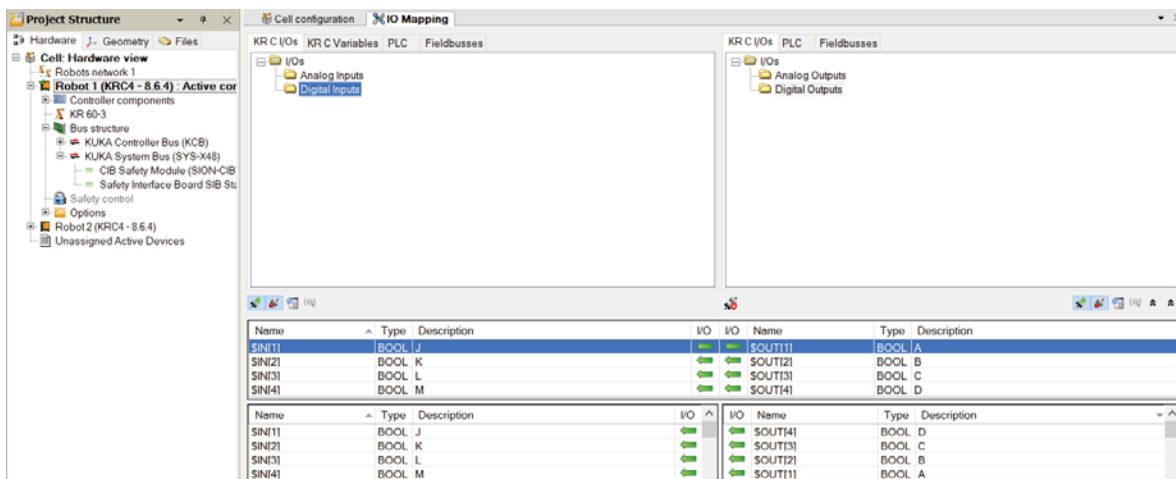


Fig.7.Prezentarea tabelii cu semnale DI/DO pentru primul robot

Pentru cel de-al doilea robot au fost definite urmatoarele semnale prezentate in capturi de ecran din program:

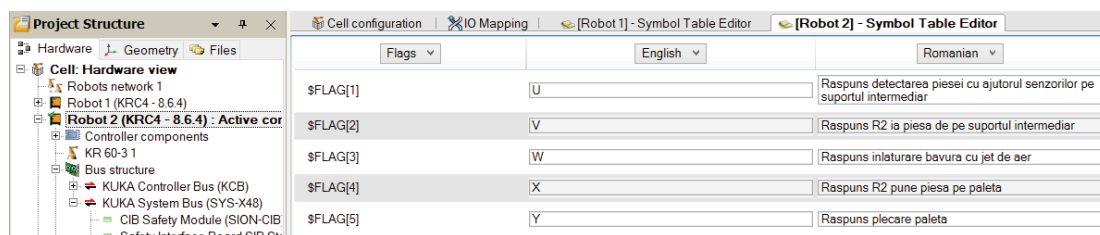


Fig. 8.Semnale interne ale echipamentelor(station signal/flag)

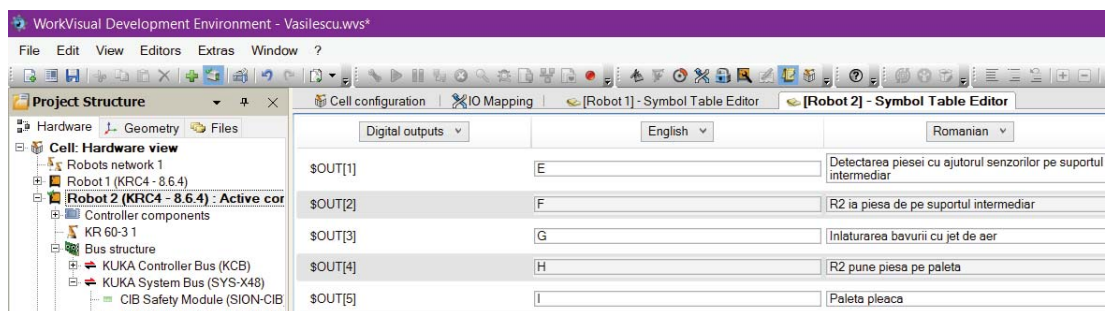


Fig.9.Semnale de iesire

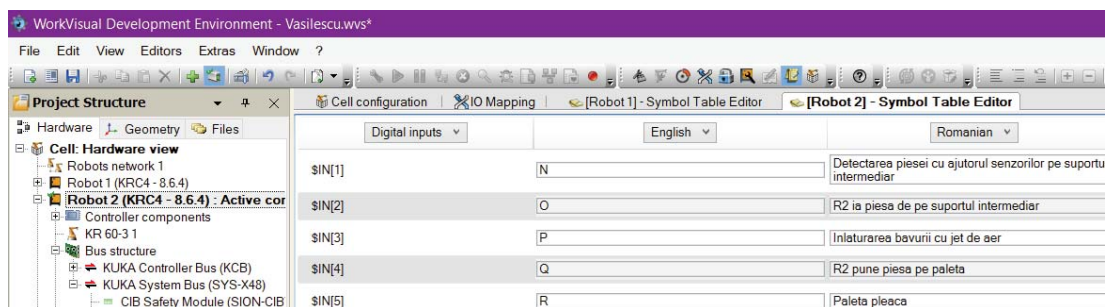


Fig.10.Semnale de intrare

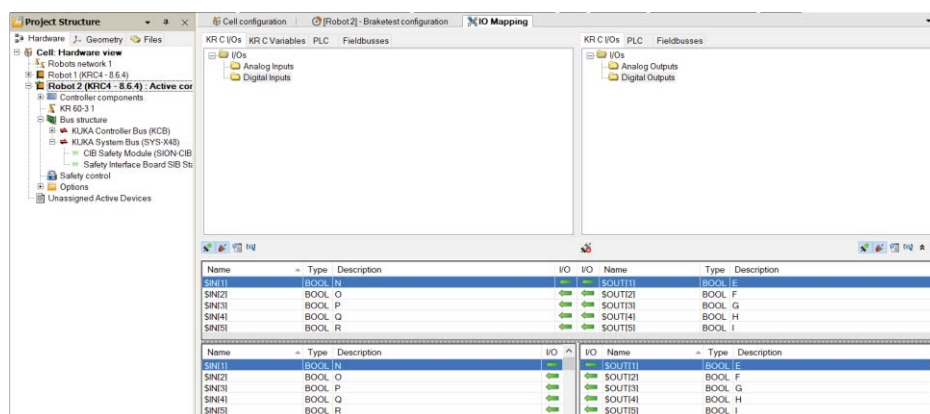


Fig.11.Prezentarea tabelii cu semnale DI/DO pentru cel de-al doilea robot

Se realizeaza in continuare definirea datelor despre robot si dispozitivele din celula cu care lucreaza . Aceasta definire este realizata pentru ambii roboti ea fiind aproximativ similara.Diferenta este ca la primul robot va lucra cu o masina in 4 axe iar cel de-al doilea cu o masina in doua axe.In aceasta se specifica numarul axelor,limitarile pe cuple etc.

```

1 SUCCESS(NT)
2 DEFDAT masina
3 ;FOLD EXTERNAL DECLARATIONS:$(PE)%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VCOMMON,%P
4 ;FOLD BASISTECH EXT:$(PE)%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VEXT,%P
5 EXT BAS (BAS_COMMAND :IN,REAL :IN )
6 ;ENDFOLD (BASISTECH EXT)
7 ;FOLD USER EXT:$(E)%MKUKATPUSER,%CEXT,%VEXT,%P
8 ;Make your modifications here
9
10 ;ENDFOLD (USER EXT)
11 ;ENDFOLD (EXTERNAL DECLARATIONS)
12 ENDDAT
13 &ACCESS RV
14 &PARAM DISKPATH = MADA
15 &PARAM VERSION = 1.0.0
16 DEFDAT masina PUBLIC
17 CHAR $V_RIMADA[32]
18 $V_RIMADA[]="V1.0.0/KUKA8.2" ;identificare versiune
19 INT STECH_MAX=4 ;numarul maxim de functii ale masinii
20 INT $NUM_AX=6 ;axele robotului
21 INT $AXIS_TYPE[12] ;identificare axe
22 $AXIS_TYPE[1]-3 :1 = liniare, 3 = rotative
23 $AXIS_TYPE[2]-3
24 $AXIS_TYPE[3]-3
25 $AXIS_TYPE[4]-3
26 $AXIS_TYPE[5]-3
27 $AXIS_TYPE[6]-3
28 $AXIS_TYPE[7]-1
29 $AXIS_TYPE[8]-3
30 $AXIS_TYPE[9]-3
31 $AXIS_TYPE[10]-3
32 INT $VITEZA_VAL=50 ;Limitare viteza [MS]
33 REAL $SOFTN_END[12] ;Limitare pe axe negativ[I] (I=1:A1,I=7:E1) [MM,GRAD]
34 $SOFTN_END[1]=-185.0
35 $SOFTN_END[2]=-140.0
36 $SOFTN_END[3]=-120.0
37 $SOFTN_END[4]=-350.0
38 $SOFTN_END[5]=-125.0
39 $SOFTN_END[6]=-350.0
40 $SOFTN_END[7]=0.0
41 $SOFTN_END[8]=0.0
42 $SOFTN_END[9]=0.0
43 $SOFTN_END[10]=0.0
44 REAL $SOFTP_END[12] ;Limitare pozitiva pe axa[I] (I=1:A1,I=7:E1) [MM,GRAD]
45 $SOFTP_END[1]=-185.0
46 $SOFTP_END[2]=-5.0

```

Fig.12.Realizarea definirii configuratiei robotului.

De asemenea pentru realizarea programului se vor declara semnalele pentru primul robot cat si pentru cel de-al doilea pentru a realiza programarea.

```

1 DEFDAT masina
2 ;FOLD EXTERNAL DECLARATIONS:$(PE)%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VCOMMON,%P
3 ;FOLD BASISTECH EXT:$(PE)%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VEXT,%P
4 EXT BAS (BAS_COMMAND :IN,REAL :IN )
5
6 ;ENDFOLD (BASISTECH EXT)
7 ;FOLD USER EXT:$(E)%MKUKATPUSER,%CEXT,%VEXT,%P
8 ;Make your modifications here
9
10 ;ENDFOLD (USER EXT)
11 ;ENDFOLD (EXTERNAL DECLARATIONS)
12 ENDDAT
13 &ACCESS RV
14 &PARAM DISKPATH = MDA
15 &PARAM VERSION = 1.0.0
16 &REL 1
17 DEFDAT $masina PUBLIC
18 CHAR $V_STEUMDA[32]
19 $V_STEUMDA[]="V1.0.0/KUKA8.2" ;versiune
20 SIGNAL $J $IN[1] ;TRUE = Oprea paleta in dreptul lui R1
21 SIGNAL $K $IN[2] ;TRUE = R1 ia piesa de pe paleta
22 SIGNAL $L $IN[3] ;TRUE = Plecarea paletii de la R1 la R2
23 SIGNAL $M $IN[4] ;TRUE = Masurarea si debavurarea piesei
24 SIGNAL $A $OUT[1] ;TRUE = OUT Oprea paleta in dreptul lui R1 a fost realizata
25 SIGNAL $B $OUT[2] ;TRUE = OUT R1 a luat piesa de pe paleta
26 SIGNAL $C $OUT[3] ;TRUE = OUT Plecarea paletii de la R1 la R2 se incheie
27 SIGNAL $D $OUT[4] ;TRUE = OUT Masurarea si debavurarea piesei
28 SIGNAL $I $IN_HOME ; Robot in pozitia de acasa
29 SIGNAL $TIMER1 $TIMER[1] ;Timpul de oprire paleta in dreptul lui R1 si asteptare preluare piesa
30 SIGNAL $TIMER2 $TIMER[2] ;Timpul de masurare si debavurare a piesei
31 SIGNAL $S $FLAG[1] ; Raspuns oprea paleta in dreptul lui R1
32 SIGNAL $SS $FLAG[2] ; Raspuns R1 ia piesa de pe paleta
33 SIGNAL $T $FLAG[3] ; Raspuns plecarea paletii de la R1 la R2
34 SIGNAL $TT $FLAG[4] ; Raspuns masurarea si debavurarea piesei
35

```

Fig.13.Declarare semnale pentru primul robot

```

1 DEFDAT masina
2 ;FOLD EXTERNAL DECLARATIONS:$(PE)%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VCOMMON,%P
3 ;FOLD BASISTECH EXT:$(PE)%MKUKATPBASIS,%CEXT,%VEXT,%P
4 EXT BAS (BAS_COMMAND :IN,REAL :IN )
5
6 ;ENDFOLD (BASISTECH EXT)
7 ;FOLD USER EXT:$(E)%MKUKATPUSER,%CEXT,%VEXT,%P
8 ;Make your modifications here
9
10 ;ENDFOLD (USER EXT)
11 ;ENDFOLD (EXTERNAL DECLARATIONS)
12 ENDDAT
13 &ACCESS RV
14 &PARAM DISKPATH = MDA
15 &PARAM VERSION = 1.0.0
16 &REL 1
17 DEFDAT $masina PUBLIC
18 CHAR $V_STEUMDA[32]
19 $V_STEUMDA[]="V1.0.0/KUKA8.2" ;versiune
20 SIGNAL $N $IN[1] ;TRUE = Detectarea piesei de pe suportul intermediar
21 SIGNAL $O $IN[2] ;TRUE = R2 ia piesa de pe suportul intermediar
22 SIGNAL $P $IN[3] ;TRUE = Inlaturare bavura cu jet de aer
23 SIGNAL $Q $IN[4] ;TRUE = R2 pune piesa pe paleta
24 SIGNAL $R $IN[5] ;TRUE = Paleta pleaca
25 SIGNAL $S $OUT[1] ;TRUE = OUTDetectarea piesei de pe suportul intermediar
26 SIGNAL $F $OUT[2] ;TRUE = OUTR2 a luat piesa de pe suportul intermediar
27 SIGNAL $G $OUT[3] ;TRUE = OUTInlaturare bavurii cu jet de aer se incheie
28 SIGNAL $H $OUT[4] ;TRUE = OUTR2 a pus piesa pe paleta
29 SIGNAL $I $OUT[5] ;TRUE = OUTPaleta a pleacat
30 SIGNAL $I $IN_HOME ; Robot in pozitia de acasa
31 SIGNAL $TIMER1 $TIMER[1] ;Timpul de inlaturare a bavurii cu jet de aer
32 SIGNAL $TIMER2 $TIMER[2] ;Timpul de oprire a paletii in dreptul lui R2
33 SIGNAL $V $FLAG[1] ; Raspuns detectarea piesei de pe suportul intermediar
34 SIGNAL $V $FLAG[2] ; Raspuns R2 ia piesa de pe suportul intermediar
35 SIGNAL $W $FLAG[3] ; Raspuns inlaturare bavura cu jet de aer
36 SIGNAL $X $FLAG[4] ; Raspuns R2 pune piesa pe paleta
37 SIGNAL $Y $FLAG[5] ; Raspuns plecarea paleta
38

```

Fig.14.Declarare semnale pentru cel de-al doilea robot

In continuare am sa prezint capturi din programul Visual Work in care a fost realizata programarea pe semnale pentru cei doi roboti. Pentru primul robot au fost realizata urmatoarea programare pe semnale.

```

1  &ACCESS RVF
2  &COMMENT HANDLER on external automatic
3  ;Oprirea paletei in dreptul R1
4  DEF (INSTR:IN, INSTR:OUT, INSTR:FLAG )
5  ;Cand paleta se opreste in dreptul lui R1 ea devine adevarata atunci
6  ;Oprirea paletei R1 devine adevarata deci paleta se opreste atunci si robotul
7  ;poate lua piesa de pe paleta.
8  ;Cand oprirea paletei se realizeaza iar raspunsul de oprire a paletei este pozitiv.
9
10 IF ($OUT[1]<>0)
11 THEN
12   ($FLAG[1]=TRUE AND $FLAG[2]=TRUE)
13 ELSE
14   ($FLAG[1]=TRUE THEN $IN[1]=TRUE)
15 ENDIF
16 ;Cand paleta pleaca din dreptul lui R1 ea devine 0 atunci oprirea paletei devine falsa
17 ;deci paleta pleaca atunci robotul nu mai are ce piesa sa ia.
18 ;In consecinta oprirea paletei nu se mai realizeaza ea pleaca mai departe
19 ;iar raspunsul de oprire a paletei este negativ.
20
21
22 IF ($OUT[1]==0)
23 THEN
24   ($FLAG[1]=FALSE AND $FLAG[2]=FALSE)
25 ELSE
26   ($FLAG[1]=FALSE THEN $IN[1]=FALSE)
27 ENDIF
28 END

```

Fig.15. Programarea opririi paletei in dreptul lui R1

```

31 ;R1 ia piesa de pe paleta
32 DEF (INSTR:IN, INSTR:OUT, INSTR:FLAG )
33 ;Cand primul robot ia piesa de pe paleta atunci robotul ia piesa de pe paleta
34 ;atunci cand paleta este oprita.
35 ;In consecinta primul robot ia piesa de pe paleta iar raspunsul robotului de luare a piesei
36 ;de pe palet este pozitiv.
37
38 IF ($OUT[2]<>0)
39 THEN
40   ($FLAG[2]=TRUE AND $FLAG[1]=TRUE)
41 ELSE
42   ($FLAG[2]=TRUE THEN $IN[2]=TRUE)
43 ENDIF
44 ;Cand primul robot nu ia piesa de pe paleta valoarea devine 0 rezultand ca robotul
45 ;nu ia piesa de pe paleta atunci cand banda merge si paleta este pornita.
46 ;In consecinta primul robot nu ia piesa de pe paleta iar raspunsul robotului de luare a piesei
47 ;de pe palet este negativ.
48
49 IF ($OUT[2]==0)
50 THEN
51   ($FLAG[2]=FALSE AND $FLAG[1]=FALSE)
52 ELSE
53   ($FLAG[2]=FALSE THEN $IN[2]=FALSE)
54 ENDIF
55 END

```

Fig.16. Programarea R1 ia piesa de pe paleta

```

83 ;Masurarea si debavurarea piesei pe dispozitivul special
84 DEF (INSTR:IN, INSTR:OUT, INSTR:FLAG )
85 ;Cand se realizeaza masurarea piesei si debavurarea acesteia atunci
86 ;semnalul statiei de masurare a piesei si debavurare a devine pozitiv
87 ;si paleta dintre robotul 1 si robotul 2 poate pleca.
88 ;In consecinta se realizeaza masurarea si debavurarea piesei
89 ;iar raspunsul la masurare si debavurare a piesei este pozitiv.
90
91 IF ($OUT[4]<>0)
92 THEN
93   ($FLAG[4]=TRUE AND $FLAG[3]=TRUE)
94 ELSE
95   ($FLAG[4]=TRUE THEN $IN[4]=TRUE)
96 ENDIF
97 ;Cand nu se realizeaza masurarea piesei si debavurarea acesteia atunci semnalul statiei
98 ;de masurare a piesei si debavurare a devine negativ si paleta dintre robotul 1 si robotul 2
99 ;nu poate pleca deoarece este incarcat cu noua piesa pentru debavurat.
100 ;In consecinta daca nu se realizeaza masurarea si debavurarea piesei raspunsul la masurare
101 ;si debavurare a piesei este negativ.
102
103
104 IF ($OUT[4]==0)
105 THEN
106   ($FLAG[4]=FALSE AND $FLAG[3]=FALSE)
107 ELSE
108   ($FLAG[4]=FALSE THEN $IN[4]=FALSE)
109 ENDIF
110 END

```

Fig.18. Programarea masurarii si debavurarii piesei pe dispozitivul special

Pentru cel de-al doilea robot a fost realizata urmatoarea programare pe semnale:

```

1  &ACCESS R
2  &PARAM KUKATGRP_VERSION=8.0.0
3  &COMMENT Gripper Routines
4  ;Detectarea piesei cu ajutorul senzorilor pe suportul intermediar
5  DEF (INSTR:IN, INSTR:OUT, INSTR:FLAG )
6  ;Cand se realizeaza detectarea piesei pe suportul intermediar,
7  ;atunci semnalul de detectare a piesei pe suport este pozitiv
8  ;iar cel de-al doilea robot poate lua piesa de pe suport pentru a efectua urmatoarea operatie.
9  ;Daca este detectata piesa pe suportul intermediar atunci
10 ;raspunsul la detectare a piesei pe suport este pozitiv.
11
12 IF ($OUT[1]<>0)
13 THEN
14   ($FLAG[1]=TRUE AND $FLAG[2]=TRUE)
15 ELSE
16   ($FLAG[1]=TRUE THEN $IN[1]=TRUE)
17 ENDIF
18 ;Cand nu se realizeaza detectarea piesei pe suportul intermediar,
19 ;atunci semnalul de detectare a piesei pe suport este negativ
20 ;iar cel de-al doilea robot nu poate lua piesa de pe suport pentru a efectua urmatoarea operatie.
21 ;Cand nu este detectata piesa pe suportul intermediar
22 ;atunci raspunsul la detectare a piesei pe suport este negativ
23
24 IF ($OUT[1]==0)
25 THEN
26   ($FLAG[1]=FALSE AND $FLAG[2]=FALSE)
27 ELSE
28   ($FLAG[1]=FALSE THEN $IN[1]=FALSE)
29 ENDIF
30 END

```

Fig.19.Programarea detectarii piesei cu ajutorul senzorilor pe suportul intermediar

```

61 ;Inlaturarea bavurii cu jet de aer
62 DEF (INSTR:IN, INSTR:OUT, INSTR:FLAG )
63 ;Cand se realizeaza indepartarea bavurii atunci semnalul de inlaturare a bavurii este pozitiv
64 ;iar robotul nu mai poate lua nici o piesa.
65 ;Cand indepartarea bavurii se realizeaza iar semnalul pentru indepartare a bavurii este pozitiv.
66
67
68 IF ($OUT[3]<>0)
69 THEN
70   ($FLAG[3]=TRUE AND $FLAG[2]=FALSE)
71 ELSE
72   ($FLAG[3]=TRUE THEN $IN[3]=TRUE)
73 ENDIF
74 ;Cand nu se realizeaza indepartarea bavurii atunci semnalul de inlaturare a bavurii este negativ
75 ;iar robotul poate lua piesa de pe suport.
76 ;Cand indepartarea bavurii nu se realizeaza atunci semnalul pentru indepartare a bavurii este negativ.
77
78 IF ($OUT[3]==0)
79 THEN
80   ($FLAG[3]=FALSE AND $FLAG[2]=TRUE)
81 ELSE
82   ($FLAG[3]=FALSE THEN $IN[3]=FALSE)
83 ENDIF
84 END

```

Fig.21.Programarea inlaturarii bavurii cu jet de aer

```

111 ;Paleta pleaca
112 DEF (INSTR:IN, INSTR:OUT, INSTR:FLAG )
113 ;Cand paleta pleaca atunci raspunsul la plecarea paletii este pozitiv
114 ;si cel de-al doilea robot nu poate pune piese pe paleta.
115 ;Cand semnalul de plecare al paletii este adevarat atunci raspunsul la plecarea paletii
116 ;este si el pozitiv deci paleta poate pleca din statie.
117
118
119 IF ($OUT[5]<>0)
120 THEN
121   ($FLAG[5]=TRUE AND $FLAG[4]=FALSE)
122 ELSE
123   ($FLAG[5]=TRUE THEN $IN[5]=TRUE)
124 ENDIF
125 ;Cand paleta nu pleaca atunci raspunsul la plecarea paletii este negativ
126 ;si cel de-al doilea robot poate pune piese pe paleta
127 ;Cand semnalul de plecare al paletii este fals atunci raspunsul la plecarea paletii
128 ;este si el negativ deci paleta nu poate pleca din statie.
129
130 IF ($OUT[5]==0)
131 THEN
132   ($FLAG[5]=FALSE AND $FLAG[4]=TRUE)
133 ELSE
134   ($FLAG[5]=FALSE THEN $IN[5]=FALSE)
135 ENDIF
136 END

```

Fig.23.Programarea plecarii paletii de pe banda

In continuare se va prezenta si realizarea simularii in mediul de lucru KukaSim Pro . Pentru a putea realiza simularea a fost nevoie de invatarea punctelor pentru fiecare obiect.In imaginile de mai jos se va detalia meniul de invatare a punctelor.Se va lua exemplu una din operatiile realizate de robot.Pentru a se putea repeta aceasta operatie se realizeaza mai intai un program principal care acceseaza la randul lui alte programe in cazul nostru inca trei programe.Aceasta reprezinta rutina/bucloa /numarul de operatii pe care robotul il desfasoara.Pentru a exemplifica robotul in cazul acesta va face aceeasi operatie de trei ori in care realizeaza un ciclu repetitiv.

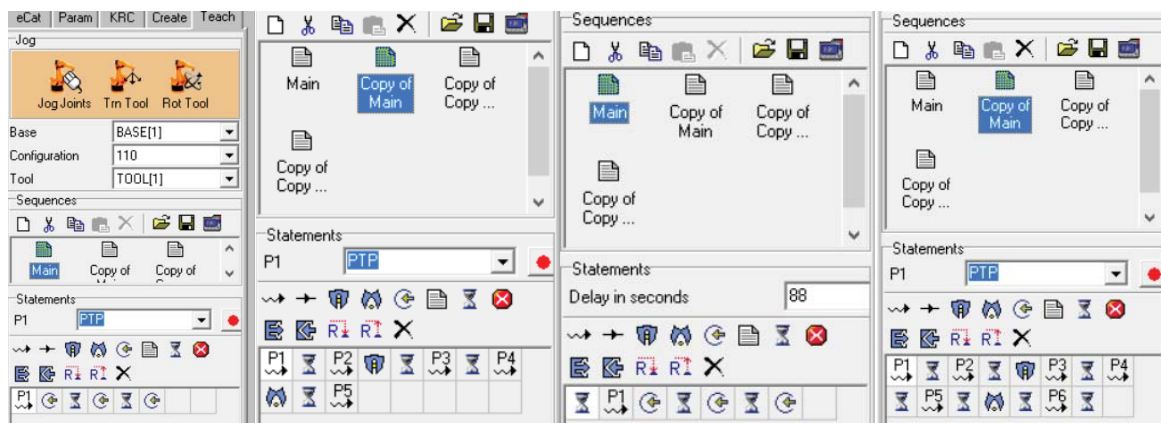


Fig.24.Prezentare a unui exemplu de realizare a unei operatii realizate de unul din robotii aflatii in celula

Dupa realizarea acestor operatii atat pentru roboti cat si pentru conveior si celelalte elemente sa realizat filmul de prezentare.

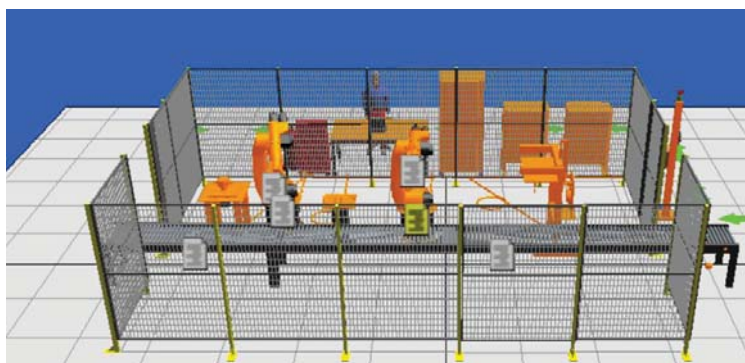


Fig.25.Captura din programul Kuka Sim Pro 1 cu realizarea celulei robotizate studiate.

3. Concluzii

In aceasta lucrare au fost aduse ca si contributii originale realizarea programarii offline a aplicatiei robotizate pentru debavurare. In celula robotizata se realizeaza debavurarea unui arbore secundar al unei cutii de viteze. Este prezentata organizarea logica a evenimentelor si definirea semnalelor. Aceasta se realizeaza in programul Work Visual 3.1. Este prezentata de asemenea simularea offline a functionarii pe baza de semnale a aplicatiei. Simularea este realizata in programul Kuka Sim 1.1.

Bibliografie.

1. [1]- Nicolescu A. – Proiectarea Robotilor Industriali. Partea I. Conceptul sistemic unitar de robot integrat în mediul tehnologic. Subsistemul mecanic al RI. Motoare de actionare utilizate la RI, UPB, 1997
2. [2]- Nicolescu, A., Roboti Industriali – Vol.1 Sub sisteme si ansambluri componente. Structura axelor comandate numeric ale RI, ISBN 973 – 30 – 1244 – 0, Editura Didactica si Pedagogica RA, 2005, Bucuresti
3. [3]- Nicolescu, A. – Implementarea Robotilor Industriali in Sistemele de Productie, note de curs si metodologii de proiectare, UPB, 2018

OFF-LINE SIGNAL BASED PROGRAMMING AND SIMULATION OF A ROBOTIC CELL FOR FINISHING PROCESS OF AUTOMOTIVE HOODS

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFF-LINE PE BAZĂ DE SEMNALE A UNEI CELULE ROBOTIZATE DE FINIȚIE A CAPOTELOR AUTO

MARIN Ionuț-Gabriel

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotică, Anul de studii: Master II, e-mail: igabriel.marin95@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Adrian Florin NICOLESCU**

SUMMARY: This paper proposes to address a common topic in the automotive industry, namely the finishing process of the auto hoods. Unlike current industry solutions, this theme seeks to both “digitize” the process (IoT) by complementing the predominant use of robots only and expanding production flexibility by using automated systems for storing and changing end-effectors for robots. Also, the operation of the cell and its testing is performed using the simulation and off-line programming environment Tecnomatix Process Simulate, being used both sensors and logical decision blocks. The design of the robotic cell and its arrangement are made based on my own vision and has been subject to change during development. The very proposal of the theme is to obtain a small cycle time and respectively to load the robots as efficiently as possible.

CUVINTE CHEIE: senzori, blocuri de decizie logică, proces robotizat, IoT, simulare de proces

1. Introducere

Industria auto este caracterizată în prezent de un proces de producție foarte complex. Este adevărat că nu există doar producție robotizată așa cum ne-am dori, ci și manuală. Figura 1 ilustrează, la modul general simplificat, procesul de fabricație al unui autovehicul.

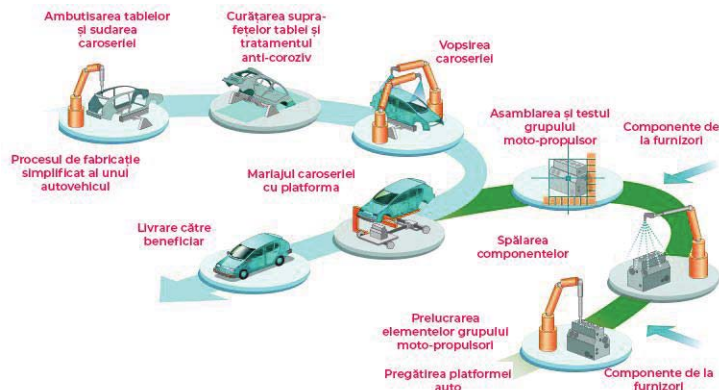


Fig. 1. Diagrama simplificată a procesului de producție al unui autovehicul

Ca o descriere de ansamblu, figura 1 arată simplificat procesul de producție din industria auto. Acesta este împărțit în două sub-ramuri care ulterior de unesc. Ramura din dreapta descrie producția șasiului (platforma) și a grupului moto-propulsor, toate elementele mecanice care intră în alcătuirea motorului și a tracțiunii. Pe ramura din stânga se regăsește în primul rând ambutisarea tablei din forma dreaptă în forme care vor defini caroseria autovehiculului, urmând sudarea elementelor de caroserie, tratamentele termice și anti-corozive ale acestora și în final vopsirea.

Lucrarea de față se va referi cu precădere la procesul de producție al caroseriei pentru un anumit model de autovehicul și are în vedere că în industria auto se pretează în marea majoritate a cazurilor la

producția de serie, a tuturor elementelor de caroserie. Din acest considerent, au fost integrați o serie de mai mulți roboți industriali, ce au ca rol: manipularea tablelor și a elementelor de conexiune, sudarea în puncte a tablelor, depunerea de mastic, cât și sertizarea tablelor. Astfel am reușit să elimin într-o proporție mare interacțiunea cu operatori umani.

Actual, lucrarea se afla într-un stadiu finalizat în proporție de 98%, ea urmând a fi susținută ca și temă de disertație. Acei 98% reprezintă, realizarea finală a unui prototip virtual al celulei robotizate, integrând șapte roboți industriali de tip braț articulat, din care patru roboți ABB IRB 6700, doi roboți ABB IRB 6640 și un robot ABB IRB 7600, respectiv șase mese de susținere din care două pentru intrarea elementelor componente ale capotei, una pentru ieșirea capotei finite, două pentru postul de depunere mastic și una cu rol de matriță pentru sertizare.

2. Stadiul actual

Finalitatea temei este dată de funcționarea simulării și programării off-line a celulei robotizate în mediul de lucru Tecnomatix Process Simulate, utilizând atât senzori, cât și blocuri de decizie logice virtuale care preiau rolul unui PLC (Programmable Logic Controller). [1]

Fiind o aplicație complexă, cu multe elemente funcționale este de la sine-înțeles că nivelul senzoricității integrate în sistemul de fabricație robotizat este unul ridicat. Printre aceștia se remarcă senzori de proximitate OMRON [2], cu rol de detecție fie a pieselor, fie a elementelor ce ajută procedeul tehnologic. De asemenea, există camere de tip vision COGNEX [3] cu rol de evaluare a anumitor proprietăți ale pieselor de trebuie asamblate, cât și senzori de presiune pentru evaluarea mesei pieselor. Voi prezenta în continuare, pe baza unei vederi de sus, dispunerea senzorilor în celulă, urmând apoi să fie denumiți și mai apoi explicat rolul fiecăruia în celulă.



Fig. 2. Dispunerea senzorilor în celula robotizată

Senzorii sau echipamentele complementare pentru funcționarea aplicației au fost numerotați cu prefixul S urmat de numere de la 1 la 24, iar tipul acestora este: S1, S11, S20 – senzori barieră luminoasă; S2, S3, S4, S5, S6, S7, S10, S12, S13, S15, S17, S18, S21, S22, S23, S24 – senzori de proximitate inductivi; S8, S9 – camere vision; S14, S16 – senzori de presiune pentru măsurarea mesei; S19 – senzor de proximitate capacitiv. Fiecare dintre acești senzori deservește un anumit echipament după cum urmează: S1 – ușă de intrare operator uman; S2 – masă intrare pentru panoul de capotă; S3 – magazie de efectori, prezență efector manipulare capotă; S4 – magazie de efectori, prezență efector manipulare panou; S5 – efector manipulare

panou; S6 – robotul R5, prezență efector sistem presor; S7 – efector sistem presor, prezență capotă; S8 – robotul R5, localizare gaură dreapta pentru centrare sistem presor; S9 – robotul R5, localizare gaură stânga pentru centrare sistem presor; S10 – matriță de sertizare, prezență capotă; S11 – ușă de ieșire capotă; S12 – masă ieșire capotă; S13 – masă depunere mastic 2, prezență panou capotă; S14 – masă depunere mastic 2, prezență panou și dublură capotă; S15 – masă depunere mastic 1, prezență panou capotă; S16 – masă depunere mastic 1, prezență panou și dublură capotă; S17 – efector manipulare pentru robotul R1, detecție dublură; S18 – masă intrare dublură capotă; S19 – ascuțitoare pentru electrod, prezență clește sudură; S20 – ușă intrare operator uman; S21 – ușă acces mentenanță; S22 – ușă acces mentenanță; S23 – ușă acces mentenanță; S24 – efector manipulare capotă.

Logica din celula de fabricație este explicată în continuare schematizat, astfel încât să fie cât mai fluentă și cât mai ușor de înțeles. Mă voi folosi de figura 3 pentru a explica pe baza elementelor componente, modul de funcționare al celulei robotizate. Pentru a fi cât mai concludent, chiar dacă modul de funcționare include operații simultane, voi porni din două direcții, prima fiind poarta de intrare cu panoul capotei, iar cea de-a doua poartă de intrare cu dublura de capotă, pentru ca în final să se reunească după procedura de mariaj și să iasă pe o singură poartă de ieșire.



Fig. 3. Denumirea elementelor componente din celulă

Robotul R3 are următoarele secvențe de funcționare: 0 – Detectează cu ajutorul senzorilor S13 și/sau S15, dacă există panouri în mesele de mastic; 1 – Evaluează dacă are în echipare prehenzor-ul pentru panou cu ajutorul senzorului S5. Se observă că valoarea acestuia este FALSE, iar valoarea senzorului S24 este TRUE. Robotul merge la magazia de efectori, unde schimbă prehenzorul.; 2 – Dacă senzorul S2 returnează valoarea FALSE; robotul rămâne în stand-by până la schimbarea acestuia în TRUE. Când valoarea S2 este TRUE și S1 este TRUE, robotul merge și preia panoul de capotă.; 3a/b – Robotul evaluează pe care masă de depuneri mastic nu există un panou, iar dacă ambele sunt goale, prima va fi masa 3a.; 4a/b – Dacă se detectează că pe mesele de depuneri mastic, valorile senzorilor S13, S14 și respectiv S15, S16 este TRUE și S10 de pe matrița de sertizare este FALSE și S5 TRUE, atunci robotul va merge și va prelua prin pasul 6 prehenzorul de capotă.; 5 – După preluarea acestuia, robotul va merge la postul 4a de unde va prelua capota pe care o va așeza în matrița de sertizare. La eliberarea unei mese de depuneri mastic, adică semnalele senzorilor S13, S14 FALSE și S10 TRUE, dar S6 TRUE și S7 FALSE sau S15, S16 FALSE și S10, dar S6 TRUE și S7 False, robotul reia pasul 1. La schimbarea valorilor pentru senzorii S6 în FALSE și S7 în TRUE, robotul analizează tipul de efector pe care îl are (necesită prehenzorul de capotă). Dacă îndeplinește funcția de S24 TRUE, atunci merge și preia capota din matrița de sertizare prin pasul 7, iar

dacă senzorul S12 este FALSE, o așează pe masa de ieșire după care își reia ciclul. Traseele robotului R3 pot fi observate în figura 4.

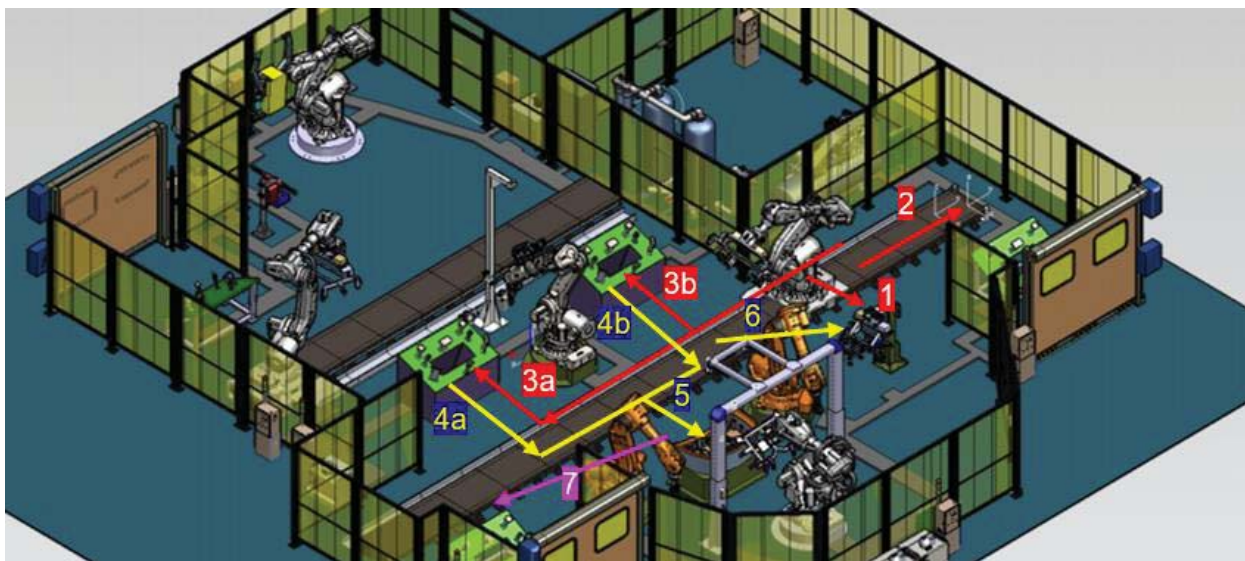


Fig. 4. Modul de funcționare al robotului R3

Robotul R1 are următoarele secvențe de funcționare: 0 – Evaluează cu ajutorul senzorilor S14 și/sau S16 și a programului intern a robotului R4 dacă este necesară o dublură de capotă peste un panou cu mastic.; 1 – Dacă S14 și/sau S16 au valoare FALSE, iar robotul R4 a terminat depunerea de mastic fie în masa 1, fie în masa 2, atunci când evaluează cu ajutorul senzorului S18 dacă există o dublură de capotă pe masa de intrare. Dacă valoarea S18 este TRUE și S20 este tot TRUE și S17 este FALSE; atunci robotul R3, preia dublura de capotă.; 2 – Dacă S17 este TRUE (prezență dublură de capotă în prehensor), se deplasează către zona pentru sudură și transmite semnal de început pentru robotul R2.; 3 – Dacă primește semnal TRUE după terminarea operației de sudură de către robotul R2, robotul R1 se deplasează fie în 3a, fie în 3b, pentru depunerea dublurii de capotă, apoi operația se resetează. Secvențele de funcționare ale robotului R1 se pot observa în figura 5.

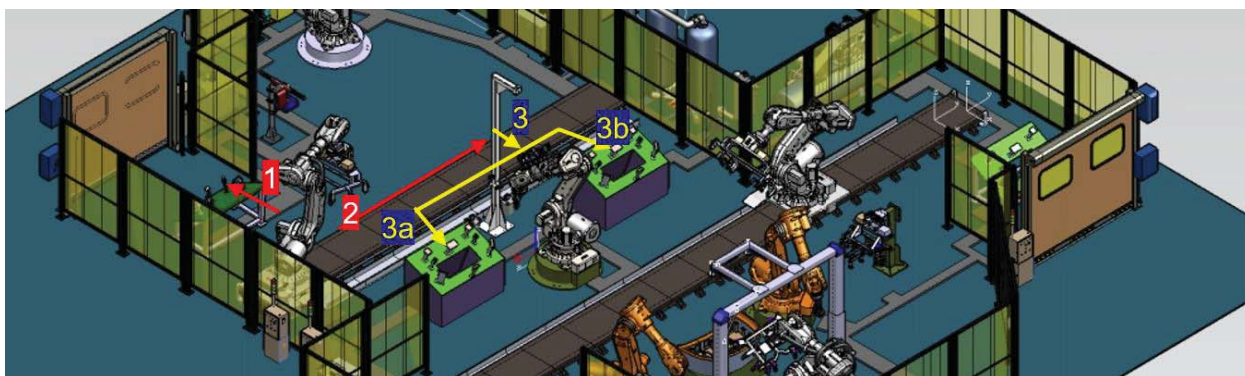


Fig. 5. Modul de funcționare al robotului R1

Robotul R4, evaluează pe baza senzorilor S13 și/sau S15 (TRUE), dacă există un panou în mesele de mastic 1 sau 2. Dacă există analizează cu ajutorul senzorilor S14 și/sau S16 (FALSE) să nu existe și dublura. Dacă nu există dublura, atunci evaluează pe baza procedurii interne de execuție a programului, dacă a masticat pe vreuna dintre mese. Dacă panourile sunt gata pentru masticat (simultan), atunci efectează traiectoria -1-, apoi traiectoria -2-. După terminarea operației de mastic, transmite semnal către robotul R1 și către R3. În figura 6 se pot observa traiectoriile de mișcare ale robotului R4.

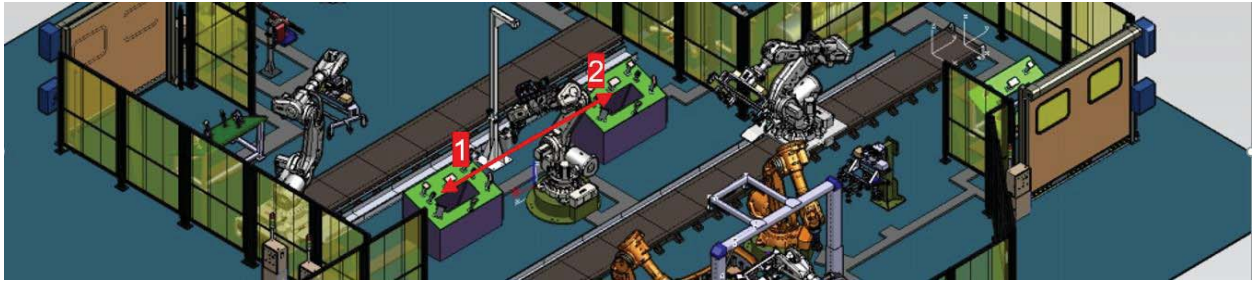


Fig. 6. Modul de funcționare al robotului R4

De asemenea, funcționarea roboților R5, RS1 și RS2 este următoarea: Dacă robotul R3 a depus o capotă pe matrița de sertizare, senzorul S10 primește valoarea TRUE. Robotul R5 utilizând analiza grafică a camerelor vision S9 și S10, așează sistemul presor pe capotă, astfel semnalul S6 devine TRUE, iar semnalul S7 devine FALSE (deconectare a efectorului), robotul deplasându-se în poziția HOME. La devenirea semnalului S6 TRUE și a S10 TRUE, Roboții RS1 și RS2, încep procedeul de sertizare. La finalizare, roboții se retrag în poziția HOME și transmit semnal către robotul R5 că poate prelua sistemul presor. Când acesta a fost preluat, semnalul S6 devine FALSE, iar S7 devine TRUE. În acest moment robotul R5, transmite semnal către robotul R3, că poate prelua capota și așeza alta.

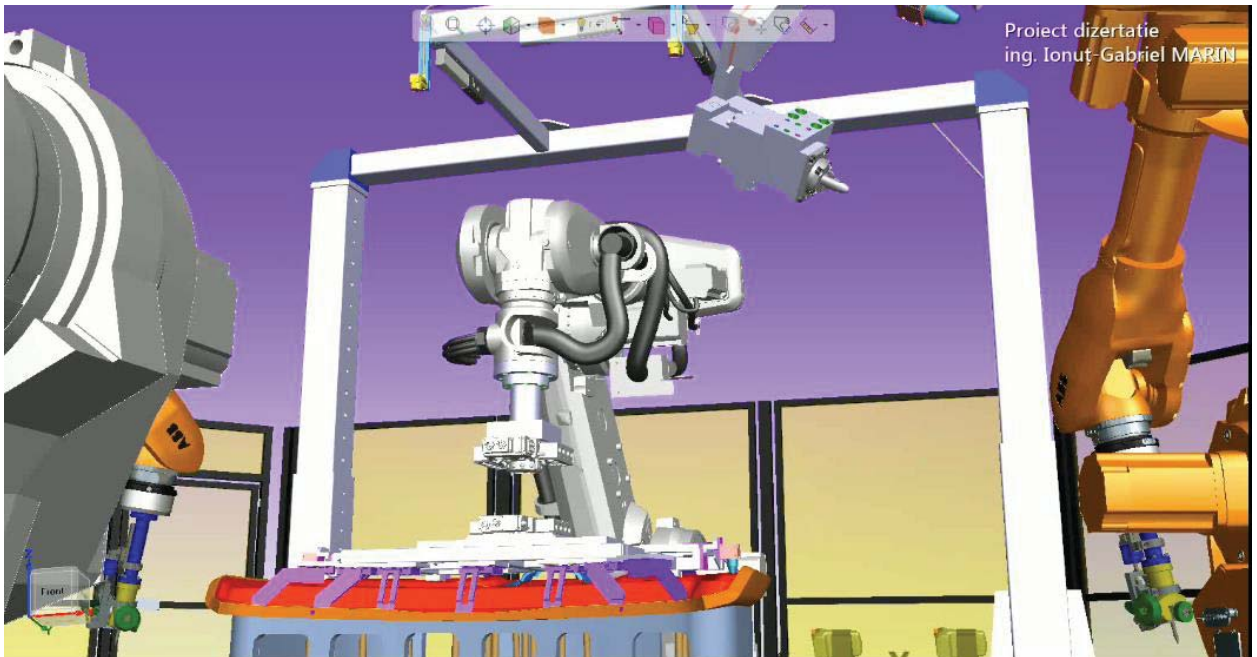


Fig. 7. Modul de decuplare a sistemului presor de către robotul R5

După elaborarea schemei de funcționare a celei robotizate a fost necesar ca în mediul de simulare și programare off-line să atribui fiecărei resurse (component) senzorii și semnalele necesare funcționării. Astfel pentru a evita enumerarea cu greșeli a semnalelor, am extras din software-ul Tecnomatix Process Simulate, un tabel-raport care conține enumerarea tuturor semnalelor prezente. Enumerarea acestora, cât și tipul se pot vedea parțial în tabelul 1.

Tabelul 1. Enumerarea semnalelor utilizate în celulă

Signal Name	Memory	Type	Resource
Start_application_end	FALSE	BOOL	
Start_dublura_end	FALSE	BOOL	
Dublura_in_end	FALSE	BOOL	

Terminare_2_dubluri_end	FALSE	BOOL	
Start_application_robot_R1_end	FALSE	BOOL	
R1_ON_IN_Dublura_end	FALSE	BOOL	
Start_panou_end	FALSE	BOOL	
Panou_in_end	FALSE	BOOL	
COGNEX_VISION_CAMERA	FALSE	BOOL	COGNEX_VISION_CAMERA
COGNEX_VISION_CAMERA_1	FALSE	BOOL	COGNEX_VISION_CAMERA_1
gate_2_from_CLOSE_to_OPEN_end	FALSE	BOOL	gate_2
gate_2_from_OPEN_to_CLOSE_end	FALSE	BOOL	gate_2
gate_2_at_OPEN	FALSE	BOOL	gate_2
gate_2_at_CLOSE	FALSE	BOOL	gate_2
gate_3_from_CLOSE_to_OPEN_end	FALSE	BOOL	gate_3
gate_3_from_OPEN_to_CLOSE_end	FALSE	BOOL	gate_3
gate_3_to_OPEN	FALSE	BOOL	gate_3
gate_3_to_CLOSE	FALSE	BOOL	gate_3
gate_3_at_OPEN	FALSE	BOOL	gate_3
gate_3_at_CLOSE	FALSE	BOOL	gate_3
gate1_from_CLOSE_to_OPEN_end	FALSE	BOOL	gate1
gate1_from_OPEN_to_CLOSE_end	FALSE	BOOL	gate1
gate1_at_OPEN	FALSE	BOOL	gate1
gate1_at_CLOSE	FALSE	BOOL	gate1
F3SG_4RA1680_14	FALSE	BOOL	Gate1_F3SG_4RA1680_0A
F3SG_4RA1680_14_1	FALSE	BOOL	Gate2_F3SG_4RA1680_0B
F3SG_4RA1680_14_1_1	FALSE	BOOL	Gate3_F3SG_4RA1680_14_0C
Min1_senzor_bariera_1	FALSE	BOOL	Mie_senzor_bariera (S11)
Mie_senzor_detectie	FALSE	BOOL	Mie_senzor_detectie (S12)
Min1_senzor_bariera	FALSE	BOOL	Min1_senzor_bariera (S20)
Min1_senzor_detectie_dublura	FALSE	BOOL	Min1_senzor_detectie_dublura (S18)
Min1_senzor_bariera_1_1	FALSE	BOOL	Min2_senzor_bariera (S1)
Min2_senzor_detectie_panou	FALSE	BOOL	Min2_senzor_detectie_panou (S2)
MMS1_senzor_detectie_dublura	FALSE	BOOL	MMS1_senzor_detectie_dublura (S14)
MMS1_senzor_detectie_panou	FALSE	BOOL	MMS1_senzor_detectie_panou (S13)
MMS2_senzor_detectie_dublura	FALSE	BOOL	MMS2_senzor_detectie_dublura (S16)
MMS2_senzor_detectie_panou	FALSE	BOOL	MMS2_senzor_detectie_panou (S15)
R1_go_to_entry_end	FALSE	BOOL	r1
R1_get_dublura_end	FALSE	BOOL	r1
R1_go_to_weld_position_end	FALSE	BOOL	r1
R1_place_masa_1_end	FALSE	BOOL	r1
R1_place_masa_2_end	FALSE	BOOL	r1
R1_go_to_entry_start	FALSE	BOOL	r1
R1_get_dublura_start	FALSE	BOOL	r1
R1_go_to_weld_position_start	FALSE	BOOL	r1
R1_place_masa_1_start	FALSE	BOOL	r1
R1_place_masa_2_start	FALSE	BOOL	r1
R2_weld_operation_end	FALSE	BOOL	r2
R3_GO_TO_TOOLCHANGER_for_efector_1_end	FALSE	BOOL	r3
R3_DROP_EFECTOR_CAPOTA_end	FALSE	BOOL	r3
R3_GET_EFECTOR_PANOU_end	FALSE	BOOL	r3

R3_get_panel_from_entry_end	FALSE	BOOL	r3
R3_go_to_masa_2_end	FALSE	BOOL	r3
r3_go_to_turntable_end_1	FALSE	BOOL	r3

Semnalele ne reprezentate în tabelul 1, sunt semnale interne care aparțin de blocul logic de decizie al fiecărei resurse, în general roboți. Același tabel este prezentat și sub formă de capturi de ecran direct din software în figura 8.

Signal Name	Memory	Type	Address	IEC Format	PLC Connection	External Connection	Resource
Start_application_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Start_dublura_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Dublura_in_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
Terminare_2_dubluri_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Start_application_robot_R1_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
R1_ON_IN_Dublura_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Start_panou_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Panou_in_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
rs1_hem_0deg_end_1_1	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
rs1_hem_0deg_end_1	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
rs1_hem_0deg_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
rs1_hem_0deg_end_1_1	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
rs1_hem_0deg_end_1	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
rs2_hem_0deg_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Terminare_2_capote_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
R3_TO_R1_start_application_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
R3_to_R1_in_dublura_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
OUT	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		
Min1_part_detection	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
in_dublura	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
START	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
Start_robot_R1	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
stop_Toolchanger	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
Terminare_sudura	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
efector_capota_conectat	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
efector_panou_conectat	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
drop_capota_la_saliera	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
start_sertizare	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
terminare_sertizare	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
drop_final	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
eliberare_mese_mastic	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		
COGNEX_VISION_CAMERA	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		COGNEX_VISION_CAMERA
COGNEX_VISION_CAMERA_1	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		COGNEX_VISION_CAMERA_1
gate_2_from_CLOSE_to_OPEN_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		gate_2
gate_2_from_OPEN_to_CLOSE_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		gate_2
gate_2_at_OPEN	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		gate_2
gate_2_at_CLOSE	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		gate_2
gate_3_from_CLOSE_to_OPEN_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		gate_3
gate_3_from_OPEN_to_CLOSE_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		gate_3
gate_3_to_OPEN	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		gate_3
gate_3_to_CLOSE	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		gate_3
gate_3_at_OPEN	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		gate_3
gate_3_at_CLOSE	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input checked="" type="checkbox"/>		gate_3
gate1_from_CLOSE_to_OPEN_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		gate1
gate1_from_OPEN_to_CLOSE_end	<input type="checkbox"/>	BOOL	No Address	No Address	<input type="checkbox"/>		gate1

Fig. 8. Prezentarea semnalelor din Process Simulate

Din această interfață grafică se pot conecta semnalele direct la un PLC, utilizând soft-ul TIA Portal. De asemenea, în lipsa unui PLC fizic și a soft-ului TIA Portal, semnalele pot fi comandate utilizând o altă interfață grafică denumită *Simulation Panel*.

În spate, toate aceste semnale fac parte dintr-un PLC virtual, în care se pot defini reguli de funcționare. Totodată, există câteva blocuri logice de decizie, care nu fac altceva decât să lege semnalele între ele, definind reguli de tip *IF*, *CASE* ș.a.m.d.

Pe lângă toate aceste elemente, există câteva momente critice în care aplicația se poate întrerupe, datorită pătrunderii operatorilor umani în celulă pentru mentenanță sau din alte motive obiective. Pe lângă cheile cu cartele de siguranță care permit accesul, celula dispune de câteva elemente de siguranță active, după cum urmează: - Senzorii S1, S11, S20 de tip barieră luminoasă care atunci când operatorul uman intră în zona de așezare/preluare a componentelor capotei, iau valoarea FALSE și nu permit roboților R1 și R3 să ajungă în acea locație, astfel neputând să lezeze în vreun fel operatorii. În cazul în care roboții se află în zona meselor, ușile de acces nu pot fi deschise.; -Senzorii S21 și S22, pentru accesul personalului de mentenanță în celule, care la deschiderea ușilor de acces (iau valoarea FALSE), întrerup toate operațiile desfășurate în toată celula.;-Senzorul S23, pentru accesul mentenanței în zona grupurilor pneumatice/hidraulice, care la deschidere (ia valoarea FALSE), întrerupe operația de mastic și se preluare/depunere elemente ale capotei, cât și operația de sertizare.

De asemenea, echipamentele de tip prehensor și sisteme de cuplare-decuplare automată, nu se pot desprinde fără acțiunea aerului comprimat. Acestea sunt prinse mecanic, iar în cazul întreruperii aerului comprimat, se emit semnale de avertizare și nu se pot decupla.

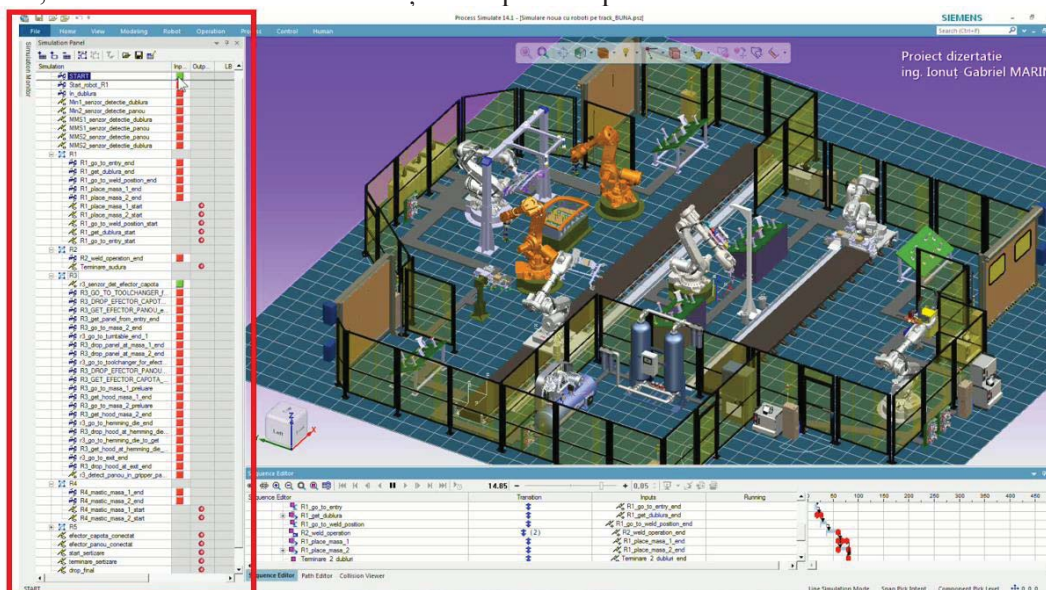


Fig. 9. Exemplificarea interfeței grafice *Simulation Panel* în *Process Simulate*

3. Concluzii

Așadar, aplicația a fost realizată treptat, fiind efectuate schimbări pe tot parcursul dezvoltării. Analiza virtuală a unei astfel de celule robotizate poate fi foarte benefică pentru o companie orientată către așa ceva, deoarece costurile sunt mult diminuate deoarece este posibil să fie eliminată etapa de prototipare fizică, în care este necesar să creăm utilaje apoi să le rectificăm.

Totodată, utilizarea unui mediu de simulare și programare off-line are avantaje, în sensul în care programul de funcționare al unui robot poate fi descărcat pe o memorie USB și urcat direct în controller-ul robotului, cât timp elementele din mediul virtual sunt comparabile în proporție de minim 95% cu realitatea și nu există motive de îngrijorare privind posibile coliziuni.

Funcționarea celulei robotizate s-a dovedit a fi una corectă și destul de optim realizată la nivel de flux tehnologic de fabricație. Prin astfel de aplicații se poate face trecerea către IoT (Internet of Things), fiind utilizat cu precădere mediul virtual.

4. Bibliografie

[1].Evidențierea produsului software Tecnomatix Process Simulate. Ultima dată de accesare a link-ului:28.04.2020.

Link web: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/>

[2]. Tipurile de senzori de proximitate OMRON. Ultima dată de accesare a link-ului: 28.04.2020.

Link web: <http://www.ia.omron.com/products/category/sensors/proximity-sensors/>

[3]. Tipuri de camere vision COGNEX. Ultima dată de accesare a link-ului: 28.04.2020.

Link web: <https://www.cognex.com/products/machine-vision/2d-machine-vision-systems>

OFFLINE PROGRAMMING & SIMULATION OF A ROBOTIC CELL FOR ROUND CAKE ICING USING THE PROCESS SIMULATE SW

PROGRAMAREA SI SIMULAREA OFFLINE A UNEI APLICATII PENTRU DECORARE TORTURI ROTUNDE IN PROCESS SIMULATE

ROBU V. Silviu-Vasile

Facultatea:FIIR, Specializarea:ROBOTICA, Anul de studii: MASTER II, e-mail:silviu.v.rob@gmail.com

Conducător științific: prof. dr. ing. **Tiberiu DOBRESCU**

ABSTRACT: The cell made in this project is part of a complex system of automation of the process of making and decorating round cakes. Normally these processes are carried out mainly manually, by human operators, using various tools, shapes and complexity of the products obtained with truly perfect levels. However, by automation both the quality and the production time can be definitely improved.

In this application were integrated 4 robots with articulated arm type architecture with 6 degrees of freedom, generally intended for welding operations. For orientation movements, degrees of freedom 4-5-6 parameterized roll-pitch-roll are available, all torques being driven by an electric servomotor.

KEY WORDS: Programming, Simulation, Articulated arm, Cake Icing.

1. Introducere

Termenul de simulator pentru aplicatii robotizate se poate referi la mai multe aplicatii de simulare diferite.

Un simulator pentru aplicatii robotizate este folosit pentru a crea aplicația pentru un robot fizic fără a depinde de mașina actuală, economisind astfel costurile și timpul. În unele cazuri, aceste aplicații pot fi transferate pe robotul fizic (sau reconstruit) fără modificări.

Pe piața există o multitudine de astfel de programe ce permit programarea și simularea offline a aplicațiilor robotizate. Acestea pot fi dedicate unui anumit producător de roboți industriali (ABB RobotStudio, Fanuc RoboGuide, Kawasaki K-Roset, Kuka-SIM, Motoman MOTO-SIM) sau mai pot fi programe de programare și simulare offline de natură generală, prin generală făcând referire la faptul că se pot simula orice tip de celulă robotizată ce poate să integreze orice model de robot industrial de la orice producător (Process Simulate, Robot Expert, RobCAD, Delmia, Visual Components, RobotMaster, etc.).

După efectuarea unei analize comparative între toate soluțiile de software de simulare enumerate, s-a ajuns la concluzia că cea mai bună variantă este programul Process Simulate de la Siemens.

2. Stadiul actual

În stadiul actual, în elaborarea proiectului s-a ajuns în etapa de mapare a rețelei de senzori și a alegerii tipurilor de senzori potriviți pentru obținerea fiecărui tip de semnal necesar, respectiv la explicarea logicii de comunicare dintre semnale.

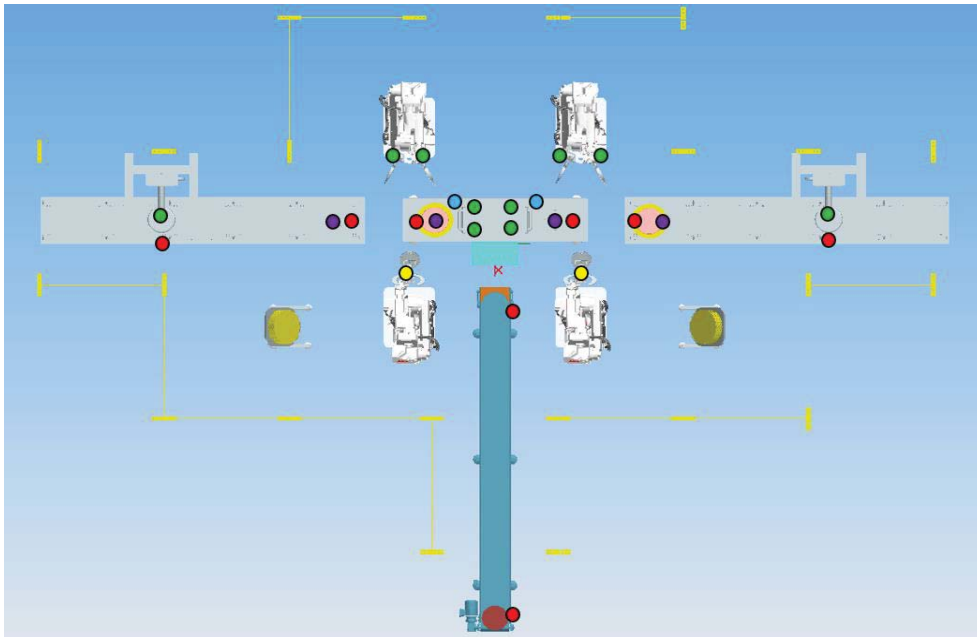


Fig. 1. Schema de mapare a senzorilor din celula.

- Senzor capacitiv pentru detectie prezenta obiect
- Senzor detectie realizare vacuum
- Senzor pentru masurare distanta fata de obiect
- Senzor magnetic pentru detectia capetelor de cursa
- Senzor de pozitie – traductor de rotatie

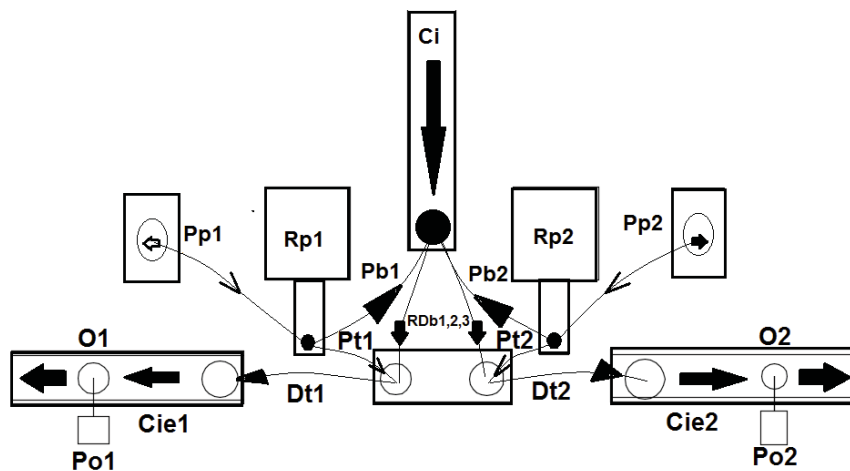


Fig. 2. Diagrama de functionare a celulei.

Legendă explicativă a diagramei de funcționare:

- Ci – conveiorul longitudinal cu bandă pentru intrarea în celulă a blaturilor;
- Rp1 & Rp2 – roboții industriali braț articulată echipați cu efectori pentru preluare;
- Pp1 & Pp2- mișcarea efectuată de roboți pentru preluarea platourilor de posturile de stocare și depunerea pe posturile de lucru rotative;
- Pb1 & Pb2 – mișcarea efectuată de roboți pentru preluarea de pe conveiorul de intrare a blaturilor;

- RDb1,2,3 – mișcările efectuate de roboți în vederea depunerii blaturilor preluate de pe conveiorul de intrare pe posturile de lucru rotative;
- Pt1 & Pt2 – mișcare efectuată de roboți pentru preluarea torturilor finalizate de pe posturile de lucru rotative;
- Dt1 & Dt2 – mișcarea efectuată de roboți în vederea depunerii torturilor finalizate pe posturile de transfer, după preluarea de pe posturile de lucru rotative
- Cie1 & Cie2 – mișcarea efectuată de conveioarele de ieșire din sistem a produsului finit;
- Po1 & Po2 – mișcarea efectuată de sistemul de dispunere a elementelor ornamentale.

3. Specificul efectorilor din echiparea robotilor.

3.1. Efectorul pentru preluarea blaturilor și a tortului asamblat.

Având în vedere faptul că densitatea blaturilor de tort va fi o problemă, ele având o textură cât mai pufoasă și poroasă de asemenea, factori foarte importanți în vederea obținerii unui produs finit de o calitate complexă, era evident că varianta de preluare a acestor blaturi prezentată în imaginea de referință nu corespundea din punct de vedere funcțional. De aceea, în programul CATIA V5 s-a conceput și modelat o variantă mai potrivită de efector care să deservească partea de preluare și manipulare.



Figura 3. Efector de preluare și manipulare,

După cum se poate observa în figura prezentată mai sus, acest efector este compus din două elemente, și anume structura metalică, care de altfel vine prinsă direct de flanșa robotului prin intermediul unor șuruburi M8, respectiv componenta de preluare vacuumatică, care este de fapt o ventuză în construcție mai deosebită produsă de firma Vuototecnica.

Partea metalică a efectorului a fost gândită ca fiind realizată prin sudarea mai multor plăcuțe din oțel C45, prin îndoire a diferitelor plăcuțe cu grosime de 10 mm, dar și prin tăiere cu laser a unor anumite forme (zona de legătură a cadrului metalic cu flanșa robotului) constructiv plecând de la imaginea de referință în care efectorul având bacurile închise are și rolul de a prelua torturile întregi de pe postul de lucru rotativ. Ghearele cilindrice, au diametrul mai mare decât diametrul posturilor de lucru (rotativ și cel de translație) de pe care și pe care se pun și se depun platourile cu torturi aproape finalizate, criteriu respectat pentru a putea face posibil procesul de preluare și depunere.

3.2.Efectorul pentru glazurare.

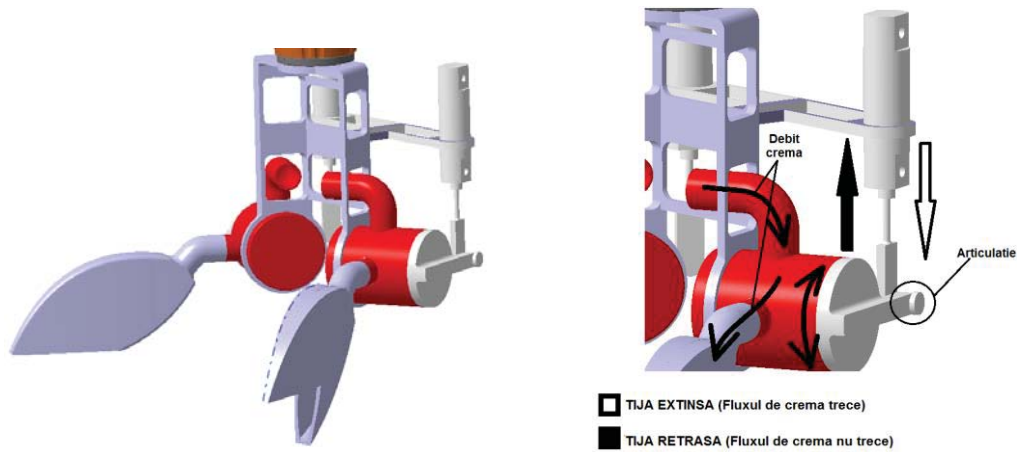


Figura 4. Efector de glazurare.

Întreaga acționare a acestui efector se face prin intermediul a câte doi cilindri pneumatici. Tija fiecărui cilindru, este legată de butoiiașul interior prin intermediul unei articulații cu rulment. Poziția de Trecere Flux este dată de momentul în care pistonul are tija extinsă. Odată cu retragerea tijei, butoiiașul interior se rotește și astfel orificiile ce crează canalele de trecere a fluxului de crema, devin nealiniate.

4.Logica de functionare a programarii si simularii celulei.

- Pe un conveyor longitudinal cu bandă intră în celulă blaturi de tort de formă rotundă ce au fost tăiate în prealabil la o dimensiune prestabilită;

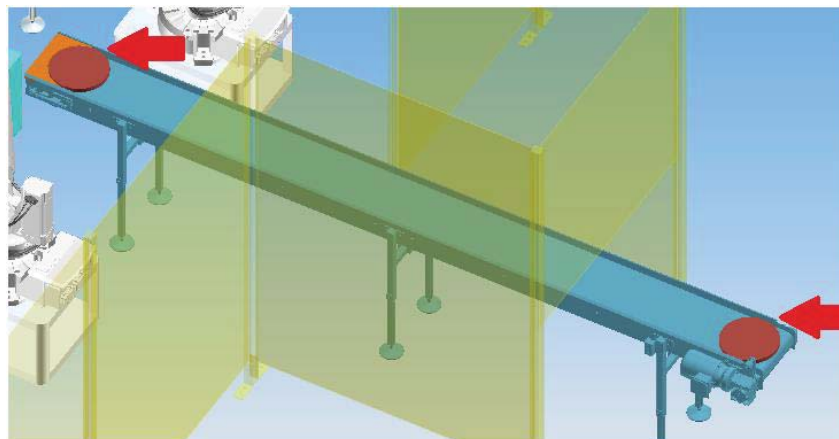


Fig. 5. Intrarea blaturilor de tort in celula.

- Înainte de începe să preia blaturile fiecare robot preia de pe un post de stocare câte un platou pe care îl depune pe un post de lucru rotativ. Aceasta operație este validată de un senzor capacitiv situat sub postul de lucru, ce face detectia marginii platoului, la momentul asezării acestuia de către robot.

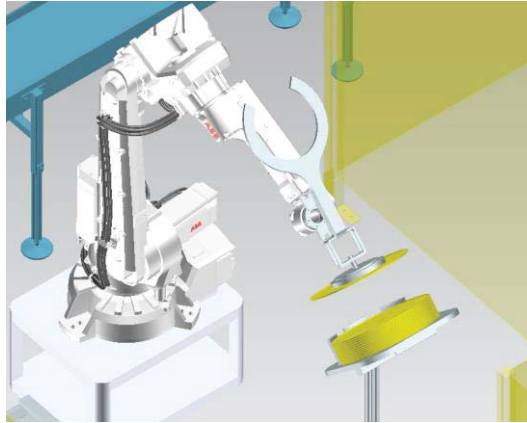


Fig. 6. Preluare platouri.

- Odată efectuată operația de preluare și depunere a platoului robotul începe să preia câte un blat de pe conveiorul mai sus menționat. În funcție de robotul care se afla în poziție de preluare, controllerul transmite un semnal celui alt robot ca trebuie să aștepte ca primul robot să se îndepărteze din zona, chiar dacă senzorul capacitiv deja a făcut detectia unui nou blat.

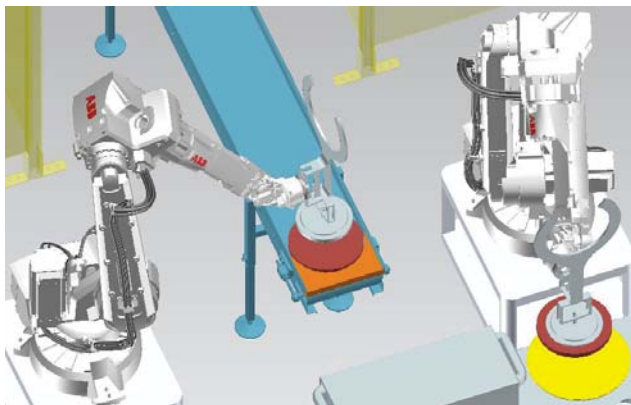


Fig. 7. Preluare succesivă de blaturi.

- După depunerea fiecărui blat pe posturile de lucru ceilalți doi roboți, echipați cu efectori pentru glazurare, dispun straturi de cremă pe suprafața blaturilor;

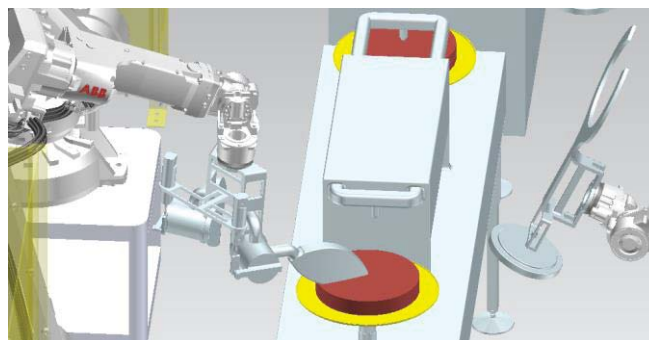


Fig. 8. Preluare succesiva de blaturi.

- Sistemul numara cate blaturi se depun (3 fiind numarul necesar); acest lucru se face la fiecare depunere prin transmiterea unui semnal de catre senzorul de masurare a distantei de la emitatorul acestuia pana la suprafata de sus a blaturilor, care este setat in asa fel incat sa calculeze ca fiind distanta corecta, distanta de la emitator pana la suprafata superioara a tortului gata finalizat dupa ce se depune stratul de glazura.
- Înainte de dispunerea cremei , prin intermediul unui sistem de stropire integrat în același subsistem cu posturile de lucru rotative, se stropesc blaturile cu un sirop dulce;
- După depunerea ultimului blat (al3lea) roboții pentru decorare efectuează operația de glazurare atât pe partea superioară cât și pe lateralele tortului;

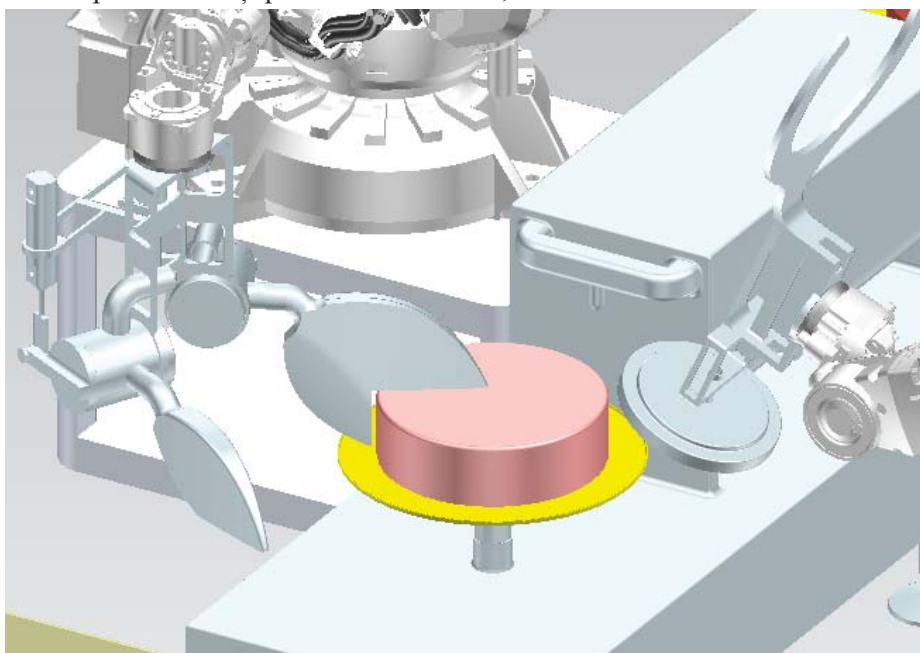


Fig. 9. Glazurare finala.

- După finalizarea acestei operații, roboții pentru preluare se poziționează cu efectorul pentru preluarea tortului finalizat în dreptul posturilor de lucru rotative;
- După poziționare robotul se ridică treptat, astfel platourile cu tortul gata făcut rămân poziționate pe ghearele efectorului de preluare;

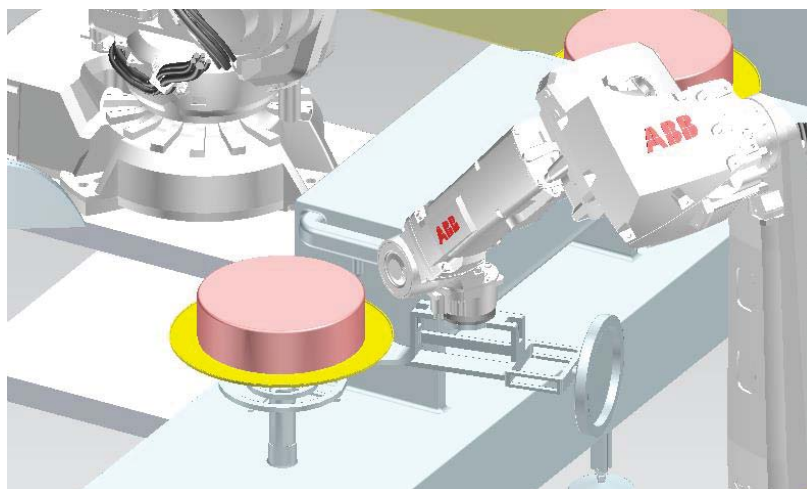


Fig. 10. Preluare tort asamblat.

- După preluare , robotul se poziționează deasupra posturilor de transfer de pe capetele conveioarelor de ieșire din sistem;
- Odată depuse pe posturile de transfer, acestea efectuează o mișcare de translație pe verticală până când platourile intră în contact cu bandă transportoare a conveiorului, unde începe să fie transportată către ieșirea din celulă;

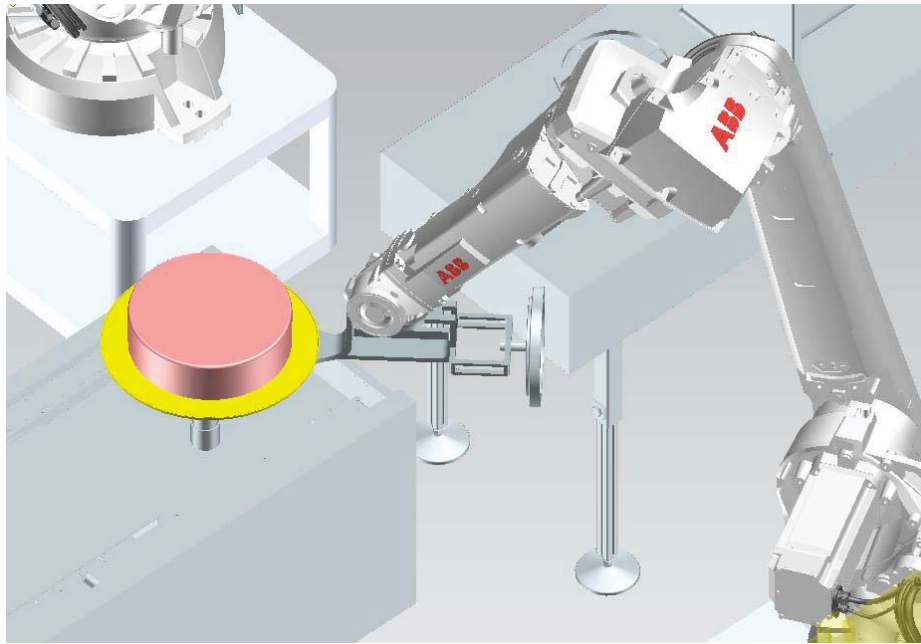


Fig. 11. Depunere tort asamblat pe conveiorul de iesire

- După depunere, roboții se poziționează din nou pentru preluarea unui alt platou suport pe care îl vor depune pe fiecare din posturile de lucru rotative aferente fiecărui robot;
- Înainte de a ieși din celulă torturile mai sunt supuse unui proces de efectuare a unor elemente decorative pe suprafața acestora; acest lucru este validat prin transmiterea unui semnal de către senzorul capacitiv poziționat în acea zonă la detectia tortului.

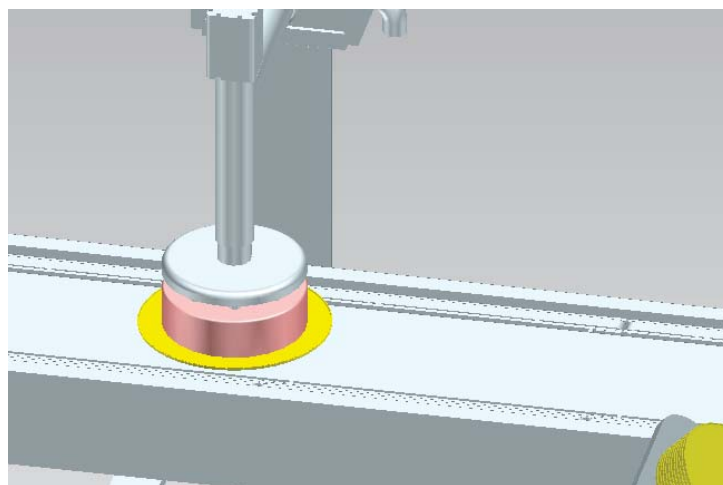


Fig. 12. Glazurare ornamental finala a tortului .

5. Concluzii

În elaborarea acestei lucrări au fost sustrate diverse informații din cadrul lucrărilor de cercetare elaborate pe parcursul celor trei semestre, ca nota personală putând fi menționat faptul că acest proiect este o continuare a proiectului elaborat pentru lucrarea de licență.

În continuare în finalizarea proiectului urmează să fie definite totalitatea semnalelor prin definirea unor senzori virtuali, ca mai apoi să se descrie în detaliu fiecare etapă, mai exact modul în care au fost declarate toate pozițiile, fie ele principale, fie poziții intermediare ce vin în ajutorul poziționării corecte ale roboților.

6. Bibliografie

- [1] Bucureșteanu A. – Acționarea Pneumatică a Roboților Industriali, note de curs UPB, 2016
- [2] Bucureșteanu A. – Elemente și sisteme pneumatice pentru acționarea roboților industriali, Editura Printech, ISBN 978-606-23-0081-4, București 2013.
- [3] Constantin G. – Proiectare Asistată de Calculator 2,3, note de curs, UPB, 2015
- [4] Dobrescu T. – Bazele Cinematicii Roboților Industriali, Ed. Bren, ISBN-973-9427-02-2, București, 1998
- [5] Dorin A., Dobrescu T., Pascu N., Ivan I., – Cinematica Roboților Industriali, Editura Bren, ISBN-978-973-648-970-9, București, 2011
- [6] Dobrescu T., Dorin Al. – Încercarea Roboților Industriali, Editura Bren, ISBN-973-648-115-8, București, 2003
- [7] Dobrescu T., Pascu N. – Roboți Industriali. Încercare și Recepție, Editura Bren, București, 2013,
- [8] Dorin Al., Dobrescu T. – Acționarea Pneumatică a Roboților, Ed. Bren, ISBN-973-648-060-7, 2002
- [9] Nicolescu A., Coman C.– Acționari electrice pentru mecatronica și robotică, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2014,
- [10] Nicolescu A., – Componente și ansambluri tipizate în construcție modulară pentru RI și SPR, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2012
- [11] Nicolescu A., – Componente mecanice tipizate, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2014
- [12] Nicolescu A. – Proiectarea Roboților Industriali. Partea I. Conceptul sistemic unitar de robot integrat în mediul tehnologic. Subsistemul mecanic al RI. Motoare de acționare utilizate la RI, UPB, 1997
- [13] Nicolescu, A. – Concepția și Exploatarea Roboților Industriali, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2016
- [14] Nicolescu, A., Roboți Industriali – Vol.1 Subsisteme și ansambluri componente. Structura axelor comandate numeric ale RI, ISBN 973 – 30 – 1244 – 0, Editura Didactică și Pedagogică RA, 2005, București
- [15] Nicolescu, A. – Implementarea Roboților Industriali în Sistemele de Producție, note de curs și metodologii de proiectare, UPB, 2016
- [16] Nicolescu, A., Marinescu D., Ivan M., Avram C., Concepția și Exploatarea Sistemelor de Producție Robotizate – Vol. I, Ed. Politehnica Press, 2011, ISBN 978 – 606 – 515 – 339 – 4, ISBN 978 – 606 – 515 – 340 – 0

STUDIUL AMPRENTEI FOILOR SEPARATOARE DIN APLICAȚIA DE PALETIZARE A STIVELOR CU FARFURII DIN PLASTIC DE DOUĂ TIPO-DIMENSIUNI PRIN SIMULĂRI DE DINAMICĂ EXPLICITĂ

MANGEAC Constantin Rosmin

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotică, Anul de studii: IV, e-mail: rosminmangeac@yahoo.com

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

Această lucrare prezintă studiul unui ansamblu din structura unei celule de paletizare, ansamblu format dintr-un carton separator, ultimul strat cu stive de farfurii din plastic și cartonul superior ce acoperă acest strat. Prin studiul realizat s-a urmărit deformarea și transmiterea prin structură a forțelor și momentelor rezultate prin presarea paletului în timpul înfolierii dar și rezistența componentelor în timpul ciclului. Printr-o serie de simulări succesive am obținut rezultate cu privire la valoarea optimă a forței de apăsare pentru ca materialul cartonului superior să se muleze pe stratul de produse în timp ce cartonul separator să aibă o rezistență cât mai bună.

1. Introducere

Procesul de înfoliere analizat are ca și elemente active presa și sistemul de înfoliere, ambele componente fiind lipsite de un sistem de vedere artificial sau senzori de detecție. Complexitatea, detaliile și întreaga fizică a fenomenului real au putut fi redată în mediul virtual cu ajutorul unui solver performant de dinamică explicită. Prin parcurgerea unor etape predefinite, acest solver ne-a oferit rezultate în seama cărora putem trage concluzii în vederea îmbunătățirii procesului de înfoliere fără a introduce diferiți senzori sau a detiora produsele ce urmează a fi paletizate.

Aceste etape prezintă o înlănțuire logică și pot fi prezentate astfel

2. Prezentarea mediului de lucru

Cum a fost menționat și anterior, Complexitatea, detaliile și întreaga fizică a fenomenului real au putut fi redată în mediul virtual cu ajutorul unui solver performant de dinamică explicită în inginerie asistată. Acest solver se găsește ca și componentă a pachetului ANSYS și poartă numele de Explicit Dynamics. Este un instrument care oferă funcționalități avansate pentru simulări foarte neliniare care se desfășoară în perioade de timp foarte scurte sau la care se pierde stabilitatea structurală.

2.1 Pregătirea modelului de calcul

Modelul geometric în format virtual la dimensiuni reale a fost realizat în modulul numit Design Modeler. În acest modul au fost construite cele trei componente, cartonul separator cu o dimensiune de 100x100cm, obiectele ce însumează un număr de 16 stive de farfurii cu diametrul de 25cm și cartonul separator cu o dimensiune de 120x120 și tăiat la colțuri pentru o modelare cât mai bună, acesta urmând să fie îndoit peste ultimul strat de produse. Au fost efectuate o serie de modificări topologice în vederea obținerii unor suprafețe cât mai bune pentru discretizare.

2.2 Discretizarea elementelor

Analizele explicite calculează undele de efort dinamice pe măsură ce se propagă în întreaga rețea. Astfel, a fost necesară parametrizarea discretizării folosind dimensiuni ce aproximează cât mai bine

rețeaua de noduri (În cazul nostru a fost aleasa dimensiunea de 30 mm) și modalități de discretizare cu hexaedre pentru a obține o precizie maximă.

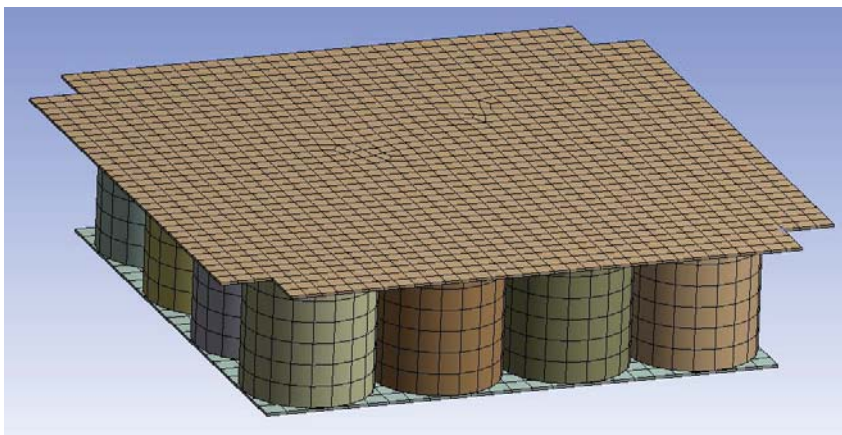


Fig 1. Structura în urma discretizării

3. Condiții de simulare

MATERIALUL - A fost ales un material cu caracteristicile similare cu ale cartonului (Elastomer) și pentru o simulare cât mai realistă au fost modificate proprietățile plastice cât și elastice. Acest material a fost asignat cartonului superior cât și separatorului.

ADĂUGAREA FORȚEI GRAVITAȚIONALE - A fost introdusă forța gravitațională în centrul de greutate al obiectelor. (Figura 2)

ADĂUGAREA FORȚELOR - A fost simulată forța exercitată de presă în momentul procesului de înfoliere. Forța acționează doar pe cele 4 suprafețe ce urmează a fi îndoite și prinse de folie, cartonul în acest punct capătă o formă de capac și imobilizează ultimul strat de produse din palet. (Figura 3)

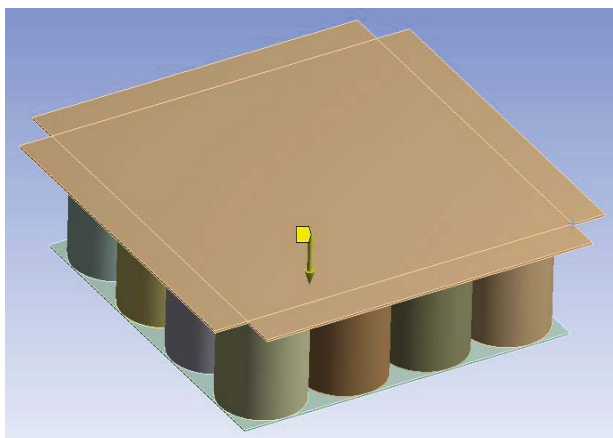


Fig 2. Adăugarea forței gravitaționale

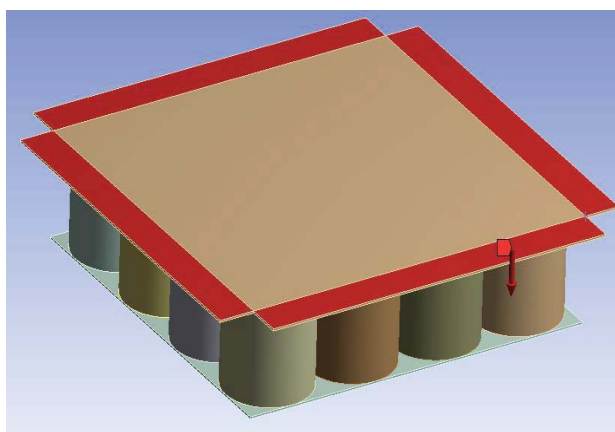


Fig 3. Adăugarea forței pe structură

4. Soluționarea și interpretarea rezultatelor

Rezolvarea explicită a ecuațiilor de mișcare are ca principal avantaj faptul că nu se calculează matricea de rigiditate (care ocupă cea mai mare parte din timpul de calcul al unei analize implicite). Se reduce astfel semnificativ timpul de calcul. În prima etapă se calculează accelerațiile nodale la momentul n , apoi se determină vitezele la momentul $n+1/2$, iar în final deplasările la momentul $n+1$. Cu ajutorul

deplasărilor nodale se calculează deformațiile specifice, apoi tensiunile. Și ciclul se repetă până la soluționarea completă. O scurtă prezentare a logicii de calcul este prezentată în continuarea capitolului.

Conservarea energiei este exprimată prin:

$$\dot{e} = \frac{1}{\rho} (\sigma_{xx} \dot{\epsilon}_{xx} + \sigma_{zz} \dot{\epsilon}_{zz} + 2\sigma_{xy} \dot{\epsilon}_{xy} + 2\sigma_{yz} \dot{\epsilon}_{yz} + 2\sigma_{zx} \dot{\epsilon}_{zx}) \quad (1)$$

unde \dot{e} reprezintă energia, iar $\dot{\epsilon}_{ij}$ - derivatele în raport cu timpul ale deformațiilor specifice. Pentru fiecare pas de timp aceste ecuații sunt rezolvate în mod explicit, pentru fiecare element din model, pe baza valorilor de intrare de la sfârșitul etapei anterioare.

Solverul Explicit Dynamics utilizează o schemă de integrare numerică în timp (metoda Leapfrog). După ce forțele, care rezultă din tensiunile interne, contact sau condiții la limită au fost calculate în noduri, se calculează accelerațiile nodale prin împărțirea forței la masă:

$$\ddot{x}_i = b_i + \frac{F_i}{m} \quad (2)$$

unde \ddot{x}_i sunt componentele accelerațiilor nodale, F_i sunt forțele care acționează în noduri, b_i sunt componentele accelerației corpului și m este masa. Cu accelerațiile la momentul $n - 1/2$ se calculează vitezele la momentul $n + 1/2$:

$$\dot{x}_i^{n+1/2} = \dot{x}_i^{n-1/2} + \ddot{x}_i^n \Delta t^n \quad (3)$$

În final sunt calculate deplasările la timpul $n + 1$ prin integrarea vitezelor:

$$x_i^{n+1} = x_i^n + \dot{x}_i^{n+1/2} \Delta t^{n+1/2} \quad (4)$$

Cerințe analiză

A fost cerută soluționarea deplasării totale, a deformației elastice echivalentă și tensiunea echivalentă

Rezultate la deplasări totale – Valoare maximă 156,9 mm

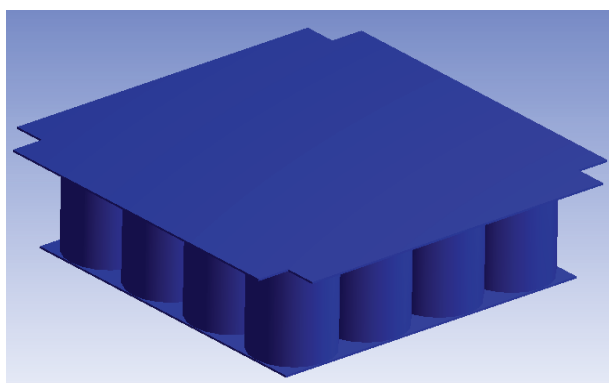


Fig 4 – Structura înainte de simulare

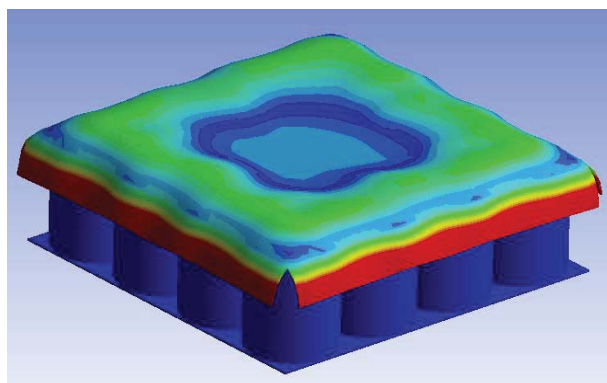


Fig 5 – Structura după de simulare

Rezultate la deformația elastică echivalentă– Valoare maximă 0,021 mm/mm (2,1%)

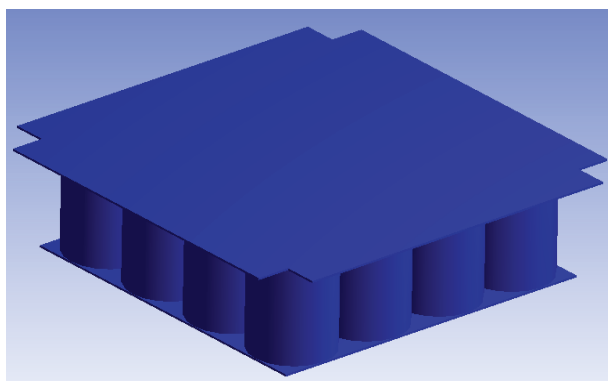


Fig 6 – Structura înainte de simulare

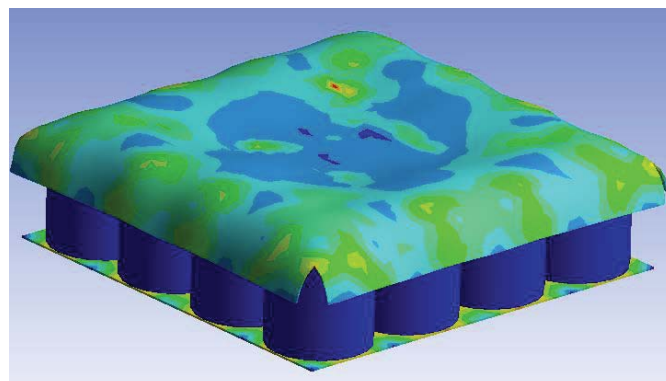


Fig 7 – Structura după de simulare

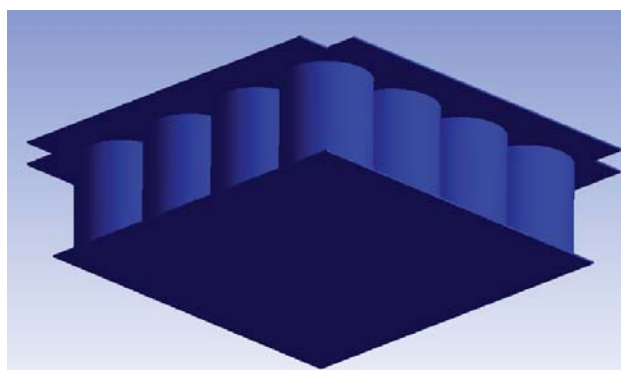


Fig 8 – Structura înainte de simulare
Vedere dintr-un unghi secund

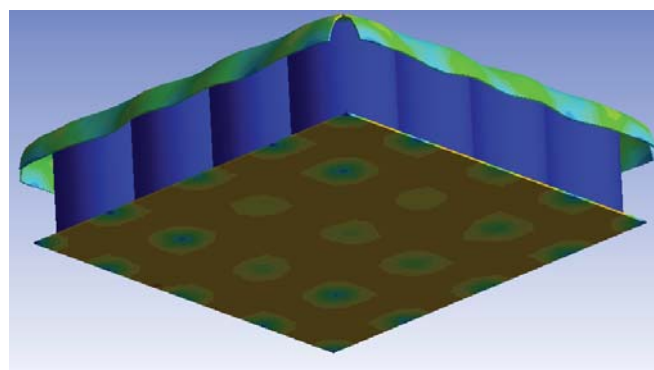


Fig 9 – Structura după de simulare
Vedere dintr-un unghi secund

Rezultate la tensiunea echivalentă– Valoare maximă 0,21 MPa

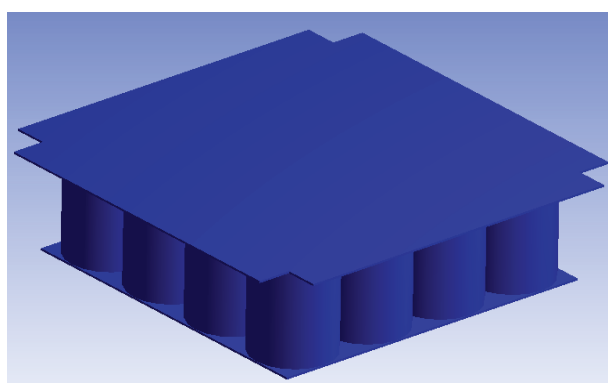


Fig 10 – Structura înainte de simulare

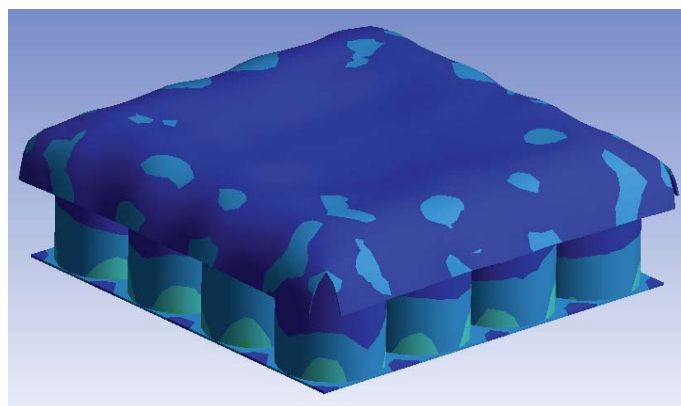


Fig 11 – Structura după de simulare

Studiu comparativ

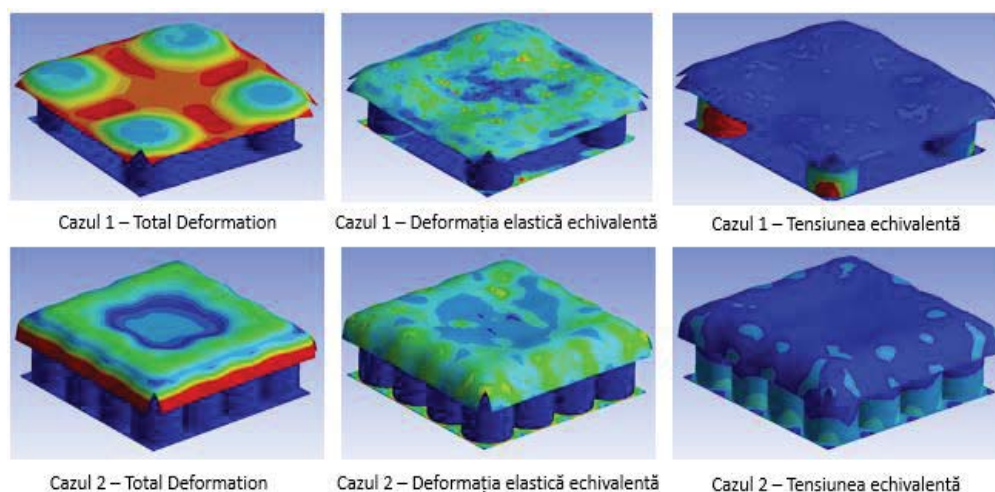


Fig 12. – Studiu comparativ cu o structură diferită (Sunt utilizate doar 4 stive)

Pentru o exemplificare cât mai bună a procesului au fost abordate mai multe tipuri de geometrie printre care și o geometrie ce folosește doar 4 stive de farfurii poziționate pe colțurile cartonului. (Acest studiu a fost evidențiat în **Fig.10**)

5. Concluzii

- Distribuția simetrică a obiectelor pe ultimul strat permit presei să deformeze cartonul fără a deteriora produsele.
- Folosind simularea confirmăm observațiile inițiale din studiul sistemului de presare și infoliere a paletului.
- Complexitatea, detaliile, întreaga fizică a fenomenului real au putut fi redată în mediul virtual cu ajutorul unui solver performant și anume cel de dinamică explicită.
- Prin simulări succesive s-a stabilit valoarea optimă a forței de apăsare pentru ca materialul cartonului superior să se muleze pe stiva de produse dar și în vederea rezistenței cartonului separator.

6. Bibliografie

- [1]. Suport de curs IAC1 & IAC2 – Prof. Dr. Ing. Cristina PUPĂZĂ
- [2]. Suport de curs IRISP – Prof Dr. Ing. Adrian NICOLESCU
- [3]. ANSYS-CD-2017-Structures-III-Explicit-Dynamics (PDF)
- [4]. Explicit-STR_16.0_L03_Explicit_Dynamics_Basics (PDF)
- [5]. Informații oferite de echipa ANSYS pe site-ul acestora;

IMPLEMENTAREA CONCEPTULUI DE “PHYSICAL INTERNET” ÎN LOGISTICĂ PRIN CONTAINERE DE TIP PI

SCUTELNICU Petru

Facultatea: IIR, Specializarea: Inginerie Industrială, Anul de studii: IV, e-mail:

scutelnicu.petru1@gmail.com

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

REZUMAT: Conceptul de Physical Internet (PI) a apărut în 2010 când Montreuil [7] și-a prezentat viziunea asupra logisticii pentru anul 2050. Containerul de tip PI (Pi-Container) este o parte esențială a noului concept. Se dorește crearea unui container inteligent modular, cu trasabilitate, securizat demontabil, ușor de utilizat și de reciclat. Este gândit un design minimalist pentru container folosind un concept integrat anterior (MODULUSCHA) și un studiu realizat pe tipuri posibile de îmbinări și fixări, apoi o simulare în ARENA care arată eficacitatea rețelei PI în care containerele sunt obiectele fizice transportate. Rezultatele sunt promițătoare: noul container utilizează o structură interioară de tip fagure, îmbinările dintre panouri sunt ușor de utilizat și durabile, iar rețeaua PI arată funcționalitatea conceptului, dar și importanța existenței unui număr echilibrat de vehicule.

CUVINTE CHEIE: *Physical Internet, Pi-Container, ARENA, Simulare, Structura fagure*

1 Introducere

În 2010 Montreuil a prezentat simptomele sistemului logistic actual și a propus implementarea conceptului de Internet Fizic care înglobează soluții pentru simptomele descoperite. Acest concept simplificat poate fi văzut ca o piață deschisă pentru transportul de mărfuri în stil e-Bay. Rețelele de transport și distribuție sunt deschise și partajate cu o vastă comunitate de utilizatori și fiecare furnizor va avea o certificare și evaluări de către utilizatori pentru a evalua performanța logistică. În ordine tehnologică, poziționarea este după Internetul digital (DI) și, respectiv, Internet of Things (IoT). În acest caz, IoT este puntea care face posibilă implementarea Internetului fizic. [7] Pentru a implementa un astfel de concept la scară globală, sunt necesare mai multe elemente. Containerul de tip PI este un element cheie prin care mărfurile pot fi transferate, stocate, verificate și urmărite în siguranță pe întreaga sa rută. Aceste containere ar imita datele digitale care călătoresc pe internet într-un format standardizat. Astfel, trebuie să fie standardizate, de la dimensiuni până la fixări, apoi să fie modulare, inteligente și ușor de reciclat. Se propune un nou studiu asupra structurii panourilor prin introducerea unor panouri de tip “sandwich” [2] cu structură de tip fagure la interior, soluție găsită după analiza mai multor studii realizate pe rezistența acestei structuri. Asupra modularității containerului se intervine prin propunerea unor tipuri de îmbinări, diferite de cele studiate de Stefan Roth [8], asemănătoare cu noul dispozitiv de prindere. Aceste containere trebuie să fie cumva asigurate și se vor fixa după modelul de tip maritim [10], folosit în prezent. Dispozitivul de prindere este așadar inspirat de la containerul de tip maritim. În ceea ce privește rețeaua PI, se propune crearea unui model în mediul ARENA Simulation. Modelul este adaptat la versiunea clasică, prezentă în prezent în logistică, iar apoi mișcarea containerelor de tip PI este simulată folosind transportul rutier. Modelul este un concept și a fost limitat de versiunea de student a software-ului care îi limitează dimensiunea, așa că a fost propus să se testeze rezistența, flexibilitatea și eficacitatea, caracteristici ale unei rețele PI. În cele din urmă, se observă cum numărul de vehicule prezente într-o rețea influențează costurile și care sunt pierderile sau câștigurile aduse de creșterea sau scăderea acestui număr de vehicule.

2 Stadiul actual

2.1 Containerul de tip PI

Eficiența sectorului global de transport a fost estimată a fi mai mică de 10% când Montreuil et al. a publicat manifestul său. În SUA, statisticile oficiale raportau că camioanele călătoresc încărcate doar cu 60% din capacitatea totală. Internetul fizic face conexiunea cu planurile UE pentru emisiile de carbon până în 2050 atunci când valorile CO₂ ar trebui reduse la 20% la scară globală. În prezent MODULUSCHA este primul proiect prin care a fost realizat un concept de container tip PI și integrat deja de P&G, lider pe piața globală. Acesta implică o cutie cu dimensiuni fixe, cu panouri din fagure (pentru rezistență) și un dispozitiv de blocare pentru siguranță. Concluziile indicate de Landschützer et al. [4], arată că prototipul nu este încă pregătit pentru a fi integrat în viitoarea rețea PI. De asemenea, structura este slabă, iar defectele apar foarte ușor și sunt realizate dintr-un material plastic. Așadar, Containerele Pi vor avea panouri cu structură de tip fagure la mijloc. Structura de fagure este utilizată într-o zonă largă de industrii, în special în industria aerospațială datorită performanțelor mecanice ridicate (rigiditate ridicată și rezistență) și pentru a fi o structură ușoară în același timp. [1] Aceasta structura este împărțită în două planuri principale atunci când este supusă zdrobirii: *out-plane* (din plan sau fețele perpendiculare pe axa X) și *in-plane* (în plan sau fețele) perpendicular pe axa y și z). Odată cu dezvoltarea tehnologiei, forma a suferit modificări de consolidare pentru diferite aplicații. Forma hexagonală este recunoscută pentru densitatea relativă scăzută și capacitatea de a rezista forțelor de forfecare și de compresie aplicate în afara planului, mai degrabă decât în plan. [3] Platoul de stres la încărcarea din afara planului este influențat liniar de dimensiunile structurii, de viteza de încărcare și nu de densitatea relativă. O creștere a platoului este obținută atunci când densitatea relativă și rata de încordare cresc. În general, proprietățile mecanice ale fagurelui sunt influențate de densitatea relativă, care este evaluată ca raport între cantitatea de material folosită pentru o celulă (practic pereții) și suprafața ocupată de acea celulă. [9] Rezultatele obținute de Wierzbicki au fost satisfăcătoare când tensiunea de flux (σ_0) a fost înțeleasă ca de 0.7 ori mai mare decât valoarea de stress final pentru materiale neferoase precum aluminiu și cupru. În timpul deformării, celulele aplică o procedură de pliere. [11] Structuri mai mari ca mărime dezvoltă o instabilitate de tip forfecare care se găsește într-o bandă îngustă de celule. Structuri mai mici se confruntă cu zdrobirea de-a lungul benzilor orizontale, în timp ce pentru dimensiuni mai mari se împletesc laturile laterale.



Fig.1. Cutie M-Box – proiect MODULUSCHA – cu defect [12]

2.2 Simulare PI in ARENA software

Simularea este o unealtă puternică care evaluează performanța unui sistem și pe baza căreia se pot lua decizii corecte. Un proiect de simulare trebuie să urmeze pași diferiți. Este un model de simulare a evenimentelor discrete (DES), folosind date stocastice și cu variabilele care se schimbă în timp. Problema simulării constă dintr-o rețea de lanț de aprovizionare simplă, apoi dintr-o rețea de lanț de aprovizionare fizică pe Internet pe baza căreia se va rula simularea. Pentru a putea cuantifica performanța și calitatea, vor fi luate în considerare câteva KPI (indicatori cheie de performanță). Primul model (din stânga - figura 1a) este construit dintr-o fabrică / fabrică principală care este conectată la două DC (Centrul de distribuție), respectiv DC1. Se vor implementa încă 2 depozite (WH1 și WH2), fiecare conectat cu unul dintre DCS și

așa mai departe. Aceste conexiuni extind aria rețelei și rezistența acesteia. Obiectivul final ar fi în total 8 clienți, câte doi pentru WH1, DC3, WH2 și DC4. Al-2-lea (în dreapta - figura 1a) este noul concept [5] aplicat peste sistemul logistic clasic. PI este definit ca „un sistem logistic global deschis bazat pe interconectivitatea fizică, digitală și operațională prin încapsulare, interfețe și protocoale”. [6] Deoarece este un concept nou, este important să evaluăm performanța sa înainte de implementare.

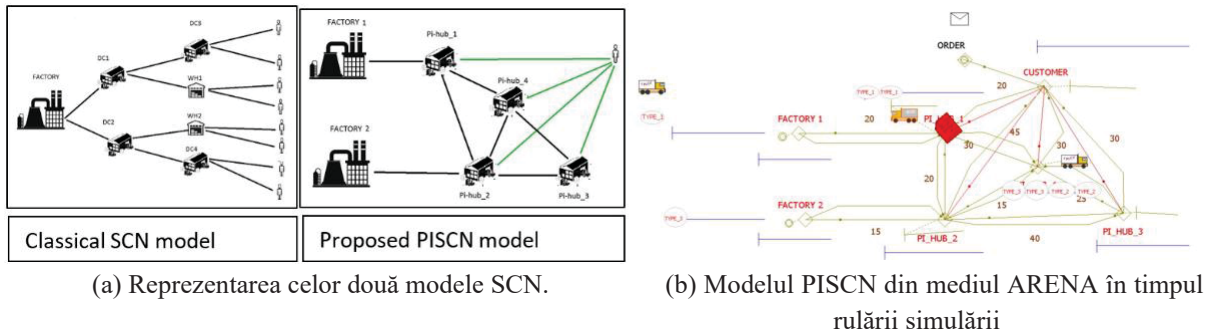


Fig. 2. Cele două modele de rețea logistica și rețeaua PI în mediul ARENA

Obiectivul este de a lua rețeaua de la prima problemă și de a o adapta la Internetul fizic. Pentru modelul prezent rețeaua fizică a lanțului de furnizare de internet este compusă din 4 noduri reprezentând hub-urile Pi, 2 fabrici de producție conectate la rețea și client. Fiecare Pi-Hub poate primi orice tip de produs în timpul simulării, deoarece ideea din spatele conceptului PI este de a avea o rețea globală deschisă, gata să fie accesată de orice utilizator al acesteia în orice moment. Pentru proiectarea experimentală sunt propuse 2 scenarii. În scenariul 1, voi analiza modelul cu 2 transportatori, în timp ce în scenariul 2 vor fi implementate încă 2 operatori, în total 4. În fiecare simulare, vor exista 5 replici.

2.2.1 Rezultate scenariul I

Fiecare replicare are propriile fișiere de date brute. Le-am procesat făcând valori medii pentru fiecare KPI / replicare, iar la final media totală. Primele rezultate din figura 2a indică vârful simulării și care sunt valorile maxime pentru fiecare KPI. În acest caz, vârful este situat la a-3-a replicare. Corelând cu costurile din figura 2b, costurile respective ale vârfului (evidențiate cu galben) sunt cele mai mari în comparație cu celelalte. Acest lucru se poate explica prin existența vârfului pentru timpul de așteptare care are o mare valoare non-adăugată introdusă în sistem. Un alt fapt este că replicarea a-3-a a înregistrat și cea mai mare valoare pentru distanța parcursă, aceasta fiind replica în care se află vârful timpului de așteptare, iar acest lucru poate însemna că numărul de camioane disponibile în rețea nu a fost suficient pentru a furniza numărul de solicitări de la clienți și agenții de producție. Analiza este bună pentru verificarea rezistenței unei rețele la un număr specific de vehicule pe ea. Graficul cu locația transportatorilor și timpul petrecut acolo (a se vedea figura 2c) arată nivelul cererii din rețea. Amplitudinea este locația transportatorului (8 este Stația de comandă, 7 este Stația de clienți și 5,6 Stația de fabrici), iar lungimea este timpul. Toți transportatorii petrec foarte mult timp între două rute și, în realitate, acest lucru poate crește oboseala șoferilor sau poate face ca nici măcar să nu poată susține acest efort. Mai mult decât atât acest comportament sigur ar crește costurile de întreținere pentru vehicule. Graficul cu eficiența transportului este legat de timpul de așteptare și de încărcare pentru produse și, desigur, de momentul în care sunt procesate ca făcând parte dintr-o comandă. În figura 2e se poate observa că intervalul de timp dintre un produs este încărcat și apoi procesat pentru o singură comandă este destul de mare și în apropierea vârfurilor pentru timpul de așteptare este tot mai mare. Coloanele verzi înainte de o creștere a valorii liniei galbene reprezintă noul stoc proaspăt de produse care pot fi procesate prin orice comandă. Acest lucru se întâmplă din cauza indisponibilității transportatorilor. Pauzele mari dintre ele reprezintă indisponibilitatea produselor solicitate printr-o comandă, astfel stocurile nu au produsele

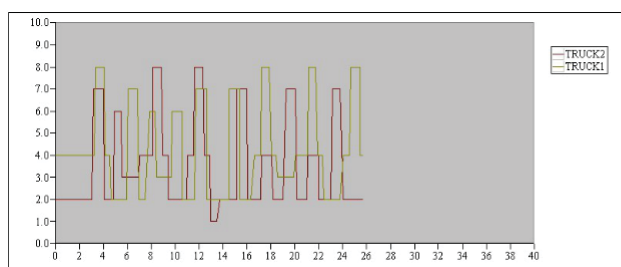
potrivite sau nu există multe produse gata de procesare. Astfel, prea multe pauze între liniile verzi cu intervale mari pentru linia galbenă arată că rețeaua poate prelucra un număr mai mare de produse sau prognoza agenților de producție pentru cererea produselor lor nu este exactă. De asemenea, poate însemna că activitățile de încărcare și de încărcare necesită prea mult timp și ar trebui optimizate.

	Loaded Time	Delivered Time	Delivered Time	Wait Time	Traveled Distance
R1	14.21	16.76	2.55	1.54	3.83
R2	12.40	15.13	2.73	1.66	4.09
R3	13.28	16.44	3.16	2.54	4.74
R4	12.36	15.11	2.74	1.62	4.12
R5	12.62	15.58	2.96	1.88	4.44
S.AVG.	12.97	15.80	2.83	1.85	4.24

(a) KPI pentru fiecare replicare.

	TOTAL COST
REPLICATION1	63,058.68
REPLICATION2	53,383.24
REPLICATION3	63,925.95
REPLICATION4	51,204.34
REPLICATION5	60,882.67
S.AVG	58,490.98

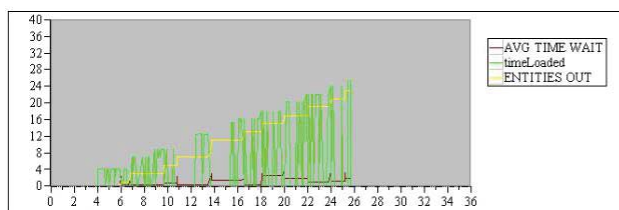
(b) Media costului pentru produse - inclusiv valoarea adăugată și non-adăugată.



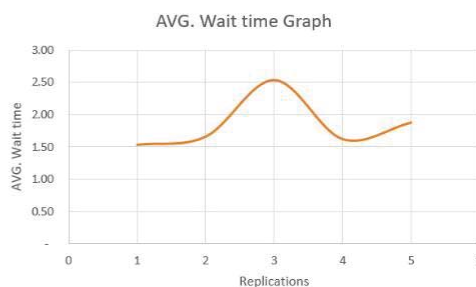
(c) Locația transportatorilor în timp.

R1	3.70 Days
R2	3.27 Days
R3	3.28 Days
R4	3.24 Days
R5	3.21 Days
S.AVG.	3.34 Days

(d) Timp total petrecut în zile pentru livrarea a 8 comenzi / replicare.



(e) Eficiența transportului pentru livrarea produselor.



(f) Timpul de așteptare pentru livrarea a 8 comenzi / replicare.

Fig. 3. SCENARIUL I - 2 transportatori; capacitate de 2 containere Pi.

2.2.2 Rezultate scenariul II

Pentru scenariul 2 lucrurile diferă puțin. În primul rând, analizând figura 3a, vârful timpului de așteptare este pentru replica 2, dar valorile au scăzut și sunt mai constante decât în figura 2a. Distanța parcursă a crescut și, de asemenea, costurile totale (a se vedea figura 3b), în special din cauza numărului de transportatori. Aici trebuie făcută o dezvoltare suplimentară pentru a vedea dacă nu creșterea numărului de transportatori va facilita ușurința livrării, dar va crește costurile. Pentru a fi eficiente, costurile adăugării de noi transportatori ar trebui să se deprecieze prin reducerea valorii care nu este adăugată în sistem și a numărului de produse vândute. Singurele valori care scad sunt sarcinile și timpul de așteptare. Astfel, creșterea flotei poate fi o soluție inadecvată pentru a rezolva problema eficienței transportului în interiorul rețelei. Graficul din

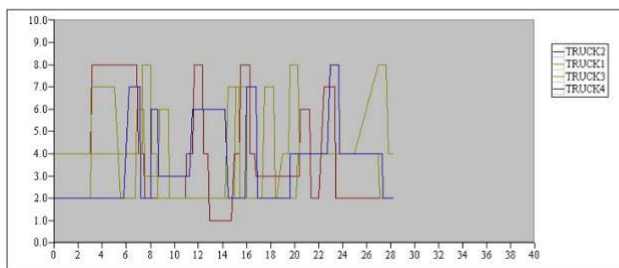
figura 3f confirmă stabilitatea timpului de așteptare pentru produsele din interiorul rețelei, iar avantajul aici poate fi timpul pentru livrare poate fi mai ușor prevăzut acum.

	Loaded Time	Delivered Time	Delivered Time	Wait Time	Traveled Distance
R1	10.60	14.57	3.97	1.43	5.96
R2	13.33	17.79	4.46	1.39	6.69
R3	10.65	16.11	5.46	1.45	8.19
R4	11.32	16.03	4.71	1.43	7.06
R5	12.23	16.79	4.56	1.49	6.84
S.AVG.	11.62	16.26	4.63	1.44	6.95

(a) KPI pentru fiecare replicare.

	TOTAL COST
REPLICATION1	55,619.18
REPLICATION2	90,282.47
REPLICATION3	71,053.60
REPLICATION4	67,319.32
REPLICATION5	86,671.25
S.AVG.	74,189.17

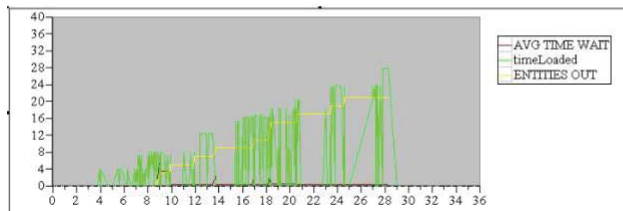
(b) Media costului pentru produse - inclusiv valoarea adăugată și non-adăugată.



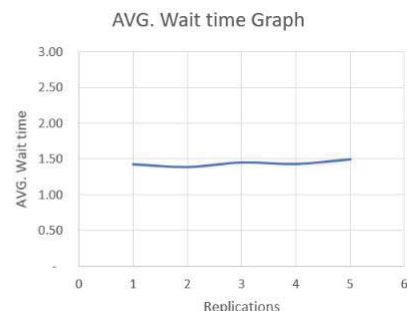
(c) Locația transportatorilor în timp.

R1	2.93 Days
R2	3.88 Days
R3	3.14 Days
R4	3.25 Days
R5	3.84 Days
S.AVG.	3.41 Days

(d) Timp total petrecut în zile pentru livrarea a 8 comenzi / replicare..



(e) Eficiența transportului pentru livrarea produselor.



(f) Timpul de așteptare pentru livrarea a 8 comenzi / replicare.

Fig. 4. SCENARIUL II - 4 transportatoare; capacitate de 2 containere Pi.

În al doilea rând, în figura 3c se poate observa că transportatorii petrec mai mult timp la locație. Chiar dacă acest lucru ar trebui considerat ca o creștere a timpului de așteptare, modelul care se suprapune arată că faptul că are mai mulți transportatori ajută să nu folosească la capacitate maximă toți transportatorii (ca în SCENARIUL 1; verificați figura 2c), astfel, costul de întreținere este semnificativ redus. În al treilea rând, în figura 3e se observă mai multe goluri între liniile verzi cu intervale mari ale liniei galbene, în comparație cu figura 2e. După cum s-a presupus, deoarece flota s-a dublat și numărul loturilor eliberate de agenții de producție (cele două fabrici) a rămas același, productivitatea potențială a rețelei nu este pe deplin exploatată. Pe lângă aceasta, se observă mai câteva diferențe. O dată, valorile timpului încărcat și al produselor prelucrate, precum și timpul de așteptare sunt reduse. Doi, linia galbenă, care reprezintă momentul în care un produs este procesat prin comandă, are o formă ușoară de curbură. Acest lucru se datorează faptului că, în unele momente, mai multe produse pot fi procesate prin mai multe comenzi, cu o mică diferență între intervalele de timp. Trei, timpul

încărcat este în aceeași situație, cu o ușoară formă de curbură, din cauza posibilității de a încărca mai multe produse la intervale mici de timp.

3 Concluzii

În concluzie, containerul de tip PI rămâne un subiect de aprofundare în viitor, fiind un obiect complex care necesită studii profunde asupra fiecărui element. Totuși, s-a găsit o modalitate prin care se poate fixa, iar apoi o soluție la rezistența lui. Este un subiect complex și va fi dezvoltat în profunzime într-o lucrare dedicată special. Cât despre rețeaua PI, creșterea flotei, poate fi o opțiune de a diminua timpul de așteptare pentru loturile din rețeaua de internet fizic. Rezultatele sunt verificate cu graficele din software-ul ARENA, unde se poate observa îmbunătățirea KPI. O altă opțiune este de a avea un interval de timp mai precis pen-tru producție, astfel încât transportul să poată fi programat. Simularea a arătat că costurile sunt influențate, arătând proprietatea directă proporțională a timpului de așteptare, mai ales fiind un proces fără valoare adă-ugată. Cu toate acestea, adăugarea mai multor transportatori va crește costurile de transport. Pentru cele două scenarii, m-am așteptat să observ o îmbunătățire a Scenariului 2, astfel rezultatele timpului de așteptare petrecut de un produs în sistem sunt destul de realiste.

4 Bibliografie

- [1] Foo, C. C., Chai, G. B., and Seah, L. K. (2007). Mechanical properties of Nomex material and Nomex honeycomb structure. *Composite Structures*80(4):588–594.
- [2] KAczl, J. and Geeile, R. (1961). Honeycomb domain structure. *Institute of Physics Czechosl. Acad. Sci.*, page 16.
- [3] Khan, M., Baig, T., and Mirza, S. (2012). Experimental investigation of in-plane and out-of-plane crushing of aluminum honeycomb. *Materials Science and Engineering: A*, 539:135–142.
- [4] Landschützer, C., Ehrentrauț F., and Jodin, D. (2015). Containers for the Physical Internet: requirements and engineering design related to FMCG logistics. *Logistics Research*, 8(1):8.
- [5] Montreuil, B. (2011). Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge. *Logistics Research*, 3(2-3):71–87.
- [6] Montreuil, B., Meller, R. D., and Balloț E. (2012). Physical Internet Foundations. *IFAC Proceedings Volumes*45(6):26–30.
- [7] Montreuil, P. B. (2010). Transforming the way physical objects are moved, stored, realized, supplied and used, aiming towards greater efficiency and sustainability. *Physical Internet Manifesto*, page 76.
- [8] Stefan Roth, F. E. (2017). Possibilities for the joining mechanism of, a modular PI handling container. *TU Graz Insitut fur Technische Logistik*.
- [9] Xu, S., Beynon, J. H., Ruan, D., and Lu, G. (2012). Experimental study of the out-of-plane dynamic compression of hexagonal honeycombs. *Composite Structures*94(8):2326–2336.
- [10] Ma, S., Zhou, C., Zhang, L., Hong, W., and Tian, Y.(2014). 3D irregula robject recognition for twist-lock handling system. In The 26th Chinese Control and Decision Conference (2014 CCDC), pages2729–2734, Changsha, China. IEEE
- [11] Wierzbicki, T. (1983). Crushing analysis of metal honeycombs. *International Journal of ImpactEngineering*, 1(2):157–174.
- [12] Marcel Huschebeck (2016). MODULUSCHA, *Project Final Report*

5 Notatii

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

PI – Physical Internet

STRUCTURAL ANALYSIS OF ABB IRB 660 INDUSTRIAL ROBOT EQUIPED WITH A SPECIFIC PALLETIZING END-EFFECTOR

ȚELEA Laurențiu-Virgil

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: IV, e-mail:
laurtelea@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. Cristina Pupăză, Conf. dr. ing. Florea Dorel Anania,
As. drd. ing. Tudor George Alexandru

REZUMAT: The present paper proposes a modelling and simulation approach that is applicable to transient structural simulations for palletizing robots, taking into account their end-effector and operating conditions. To lower the computational demands of the model, a mesh generation strategy is described. The results achieved by the simulations emphasize the structural behavior of the robot when carrying out a working cycle, in terms of stress and displacement. The approach can be furtherly used for examining the rigidity of the arms or for developing optimization studies.

CUVINTE CHEIE: robotul ABB IRB 660, paletizare, IAC, analiză cinematică, analiză în regim tranzitoriu

1. Introducere

Studiul structurilor cinematice pe baza metodei elementelor finite (MEF) reprezintă o etapă esențială pentru validarea unor prototipuri virtuale sau pentru dezvoltarea studiilor de optimizare. În cazul roboților industriali pentru paletizare, complexitatea fenomenelor cinematice și dinamice care guvernează funcționarea acestora aduce în discuție nevoia de utilizare a analizelor în regim tranzitoriu. În acest fel, se poate evalua integritatea structurală a elementelor care transferă mișcarea, ținând cont de o ciclogramă de lucru care surprinde cele mai solicitante scenarii. Astfel de modele de simulare sunt caracterizate printr-un număr ridicat de elemente de discretizare, necesitând definirea unor multitudinilor de cuple cinematice care dezvoltă variații abrupte ale accelerațiilor. Din aceste considerente, elaborarea unor strategii pentru reducerea dimensiunilor modelului de calcul reprezintă o necesitate, scopul fiind acela de a crește performanțele de soluționare, asigurând totodată și acuratețea rezultatelor obținute.

2. Stadiul actual

Abordări privind analiza elementelor structurale din cadrul roboților industriali pe baza MEF sunt răspândite în literatura de specialitate. Spre exemplu, modele de simulare în care geometria robotului este aproximată prin elemente de tip hexaedre este prezentată în [1]. În acest caz, autorii realizează în primă fază o analiză cinematică, încărcările fiind transferate într-o analiză statică pentru evaluarea tensiunilor și a deplasărilor în cel mai solicitant caz. Similar, lucrarea [2] propune o abordare de optimizare a brațelor prin discretizarea completă a robotului cu elemente de tip tetraedru. Parametrii pentru optimizare sunt derivați din analiza statică. În lucrarea [3] este prezentată o altă abordare pentru simularea brațelor unui robot, fiind realizată aproximarea preliminară a acestora cu structuri din bare, rezultatele fiind transpuse pe un model tridimensional. Similar cu lucrarea de față, lucrarea [4] aduce în discuție analiza structurală în regim tranzitoriu, scopul cercetărilor fiind acela de dezvoltare a unor modele de compensare activă a cedărilor elastice. Tema de proiect constă în analiza cinematică și în regim tranzitoriu a robotului ABB IRB 660, cu arhitectură generală de tip braț articulată dedicat operației de paletizare cu 4 axe comandate numeric, și a efectorului cu care este echipat acesta, efectorul fiind dedicat operației de paletizare realizată în aplicație. Pentru realizarea analizelor s-a utilizat versiunea 19.0 a programului ANSYS, interfața Workbench. Un prim obiectiv al proiectului este de a studia cinematica robotului ABB IRB 660 prin

Scopul simulărilor fiind acela de a evalua încărcările din cuplele cinematice. Cel de-al doilea obiectiv este acela de studiu comportarea dinamică a robotului ABB IRB 660 prin analiza în regim tranzitoriu pentru a determina deplasările, tensiunile și coeficientul de siguranță în condiții reale de funcționare pe durata unui întreg ciclu de lucru ce constă în paletizarea unor cutii de carton paralelipipedice și ajungând în poziția cea mai defavorabilă a robotului.

3. Date privind aplicația de proiect

În aplicația care stă la baza fundamentării temei este vorba despre operația de paletizare care este realizată de către un robot ABB IRB 660 cu arhitectură generală de tip braț articulat, dedicat operației de paletizare, cu 4 axe comandate numeric și un sistem de cuple pasive pentru menținerea poziției efectorului mereu verticală.

Cutiile ce urmează să fie manipulate de către robot vin pe două conveioare, urmând să fie puse pe paleți, robotul creând două stive simultan. Cutiile ce vin pe conveiorul din stânga robotului sunt puse pe paletul din stânga, iar cele de pe conveiorul din dreapta sunt aduse pe paletul din dreapta. Robotul manipulează și despărțitoarele de carton, pe care le ia dintr-un suport ce se află în spatele acestuia, punându-le peste paleți. Robotul poate lua un număr mai mare de cutii, în funcție de schema de paletizare ce este folosită pentru stiva respectivă. Acestea sunt împinse de pe conveiorul de intrare cu ajutorul unui sistem mecanic până pe suportul efectorului, apoi fiind fixate prin presare și de aici transportate până la palet.

În celulă sunt prezenți anumiți senzori ce ajută la bunul transport al cutiilor către locul de unde acestea vor fi preluate, aceștia generând semnale pentru pornirea conveioarelor și a celorlalte sisteme mecanice. Atunci când paletul este încărcat complet, acesta este evacuat din sistem, fiind transportat pe un conveior, urmând ca în locul acestuia să fie adus un nou palet. Celula dispune de două sisteme de stocare și distribuție a paletilor, pentru posibilitatea utilizării la nevoie a două tipuri dimensionale diferite de paleți. La final, paletul încărcat ajunge la sistemul de înfoliere, pregătindu-l pentru transport.

O Vedere de ansamblu a aplicației este prezentată în figura 1.



Fig. 1 Prezentarea celulei pentru aplicația de paletizare

4. Considerente de topologie

Modelul 3D al robotului ABB IRB 660 a fost importat de pe site-ul producătorului ABB în formatul neutru Parasolid (.x_t), acesta fiind recomandat în pofida formatului STEP deoarece sunt șanse mult mai reduse să existe erori de geometrie datorate lipsei conectivității dintre fețe. Deoarece modelul importat are foarte multe detalii inutile calculului de inginerie asistată, s-a recurs la curățarea acestuia pentru reducerea semnificativă a timpilor de rezolvare.

Pentru curățarea modelului au fost realizat numeroase operații de ștergere a fețelor (teșituri, raze de racordare), a geometriilor ce ar îngreuna timpul de calcul (motoare) și de împărțiri, grupări de fețe. În plus, în cadrul unor geometrii fără rol funcțional, dar totuși neregulate, s-a recurs la modelarea în locul acestora a unor forme simple, în principal cilindrice (vezi figura 2).

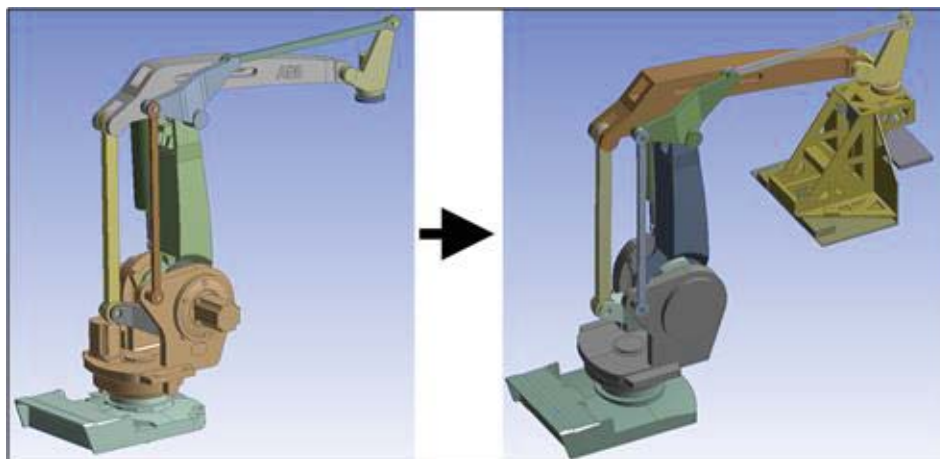


Fig. 2 Geometria importată a robotului, Modelul de calcul al robotului și efectorului după curățare

Având în vedere faptul că robotul ABB IRB 660 este unul cu arhitectură generală de tip braț articulat cu lanț cinematic închis și este dedicat operației de paletizare, pe lângă cele patru axe comandate numeric, mai există încă 12 cuple pasive. Primul sistem de cuple pasive, fiind reprezentat de patrulater, este destinat rigidizării robotului. Al doilea, ce integrează triadă și diadă ajută la menținerea axei flanșei mereu verticală, acesta fiind particularitatea roboților cu această arhitectură. În afară de cupla cilindrică de la sistemul de balans al robotului, toate celelalte cuple sunt de rotație.

Efectorul funcționează integrând două cuple de translație, pentru deplasarea liniară a bacurilor de susținere și fixare a cutiilor de carton paralelipipedice.

5. Analiza cinematică

Analiza cinematică reprezintă studiul deplasării ansamblurilor în timpul funcționării, considerând toate componentele ca fiind rigide. După definirea cuplelor cinematice, programul blochează automat deplasările sau rotațiile pe anumite axe. Detalii privind cuplele cinematice definite pentru realizarea analizei cinematice sunt prezentate în figura 3.

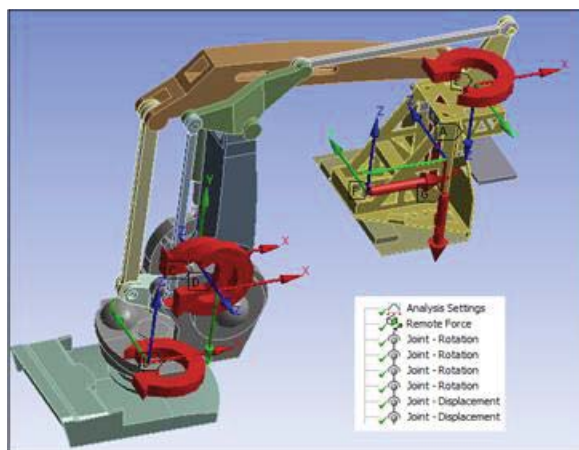


Fig 3. Reprezentarea încărcărilor cuplelor și sensurilor acestora

În urma rulării simulărilor, deplasarea maximă obținută este de 3162,1 mm, de la momentul $t=12,632$ secunde. Aceasta reprezintă și cea mai defavorabilă poziție a robotului în acest ciclu de lucru. Robotul studiat are dimensiunea spațiului de lucru pe orizontală de 3150 mm, aceasta mărindu-se prin adăugarea efectorului. Se poate observa, deci, că valoarea deplasării maxime reprezintă întinderea robotului pe aproape tot spațiul de lucru posibil în momentul atingerii poziției defavorabile (vezi figura 4).

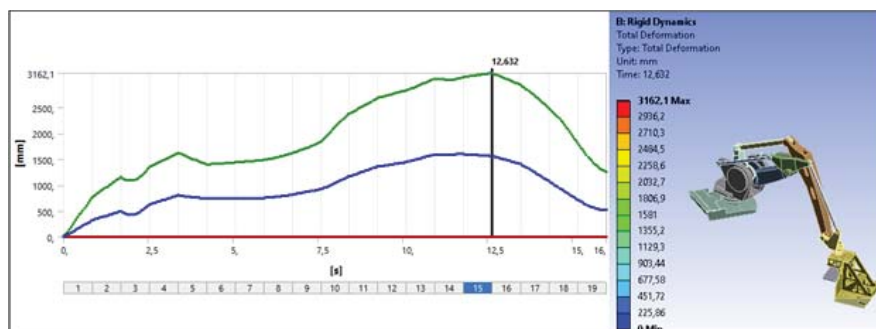


Fig 4. Deplasarea totală maximă, momentul de timp $t=12,632$ s

Valoarea vitezei totale maxime atinse este de 1245,2 mm/s, de la momentul $t=15,608$ secunde. Aceasta reprezintă o viteză mult sub cea maxim posibilă a fi atinsă de către robot, deoarece vitezele celor trei axe ale sistemului de poziționare (axele 1, 2 și 3) sunt de $130^\circ/\text{secundă}$ ($2,3 \text{ rad/s}$), iar raportându-ne chiar la o rază de 1000 mm pe care s-ar putea deplasa robotul, tot ar fi sub valoarea vitezei maxime de aproximativ 2300 mm/s (vezi figura 5).

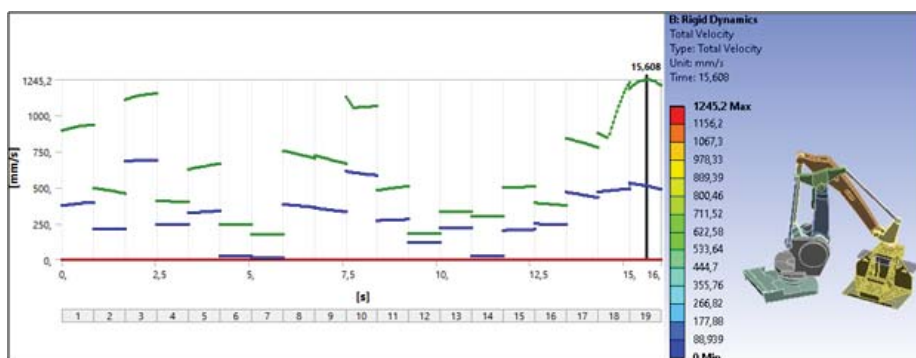


Fig 5. Viteza totală maximă, momentul de timp $t=15,608$ s

6. Analiza structurală în regim tranzitoriu

Pentru a realiza o discretizare cât mai bună pentru geometria completă, reprezentată de robotul ABB IRB 660 și efectorul cu care acesta este echipat, a fost controlată folosind metoda „Hex Dominant” pentru toate componentele. S-a optat pentru funcțiile „Body Sizing” și, dacă era cazul, „Face Sizing”. În plus, s-a încercat maparea a cât mai multor fețe prin „Face Meshing”. În urma tuturor metodelor de a controla discretizarea, calitatea medie a acestora este de aproximativ 82%, cu un număr de aproape 178000 de noduri și aproximativ 164000 de elemente.

Calitatea discretizării este foarte importantă în analiza dinamică în regim tranzitoriu, deoarece o calitate slabă ar conduce la rezultate care nu ar fi aproape de cele reale, acestea neputând să convergă. În principal, o calitate proastă a discretizării în cazul ansamblurilor ar produce fenomenul de „chattering”, existând noduri și elemente ale componentelor în contact care ori se întrepătrund, ori sunt distanțate. În figura 6 se face prezentarea unei vederi de ansamblu a discretizării obținute.

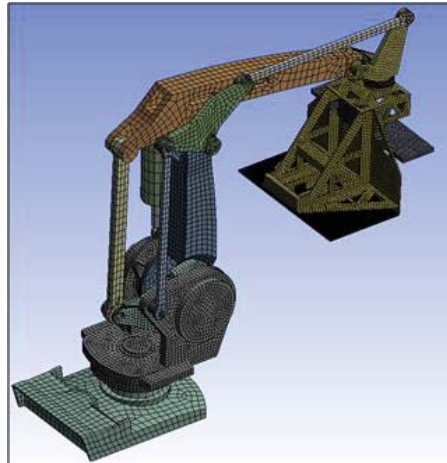


Fig 6. Geometria discretizată a robotului și efectorului

Analiza în regim tranzitoriu determină răspunsul dinamic al structurii la o forță variabilă în timp (răspuns în timp). Rezultatele sunt: deplasări, deformații specifice, tensiuni – toate variabile în timp. Se observă evoluția mărimilor de răspuns pe durata funcționării, durată pe care se face simularea.

Valorile deplasărilor unghiulare și liniare pentru cele patru axe comandate numeric ale robotului ABB IRB 660 și ale cuplelor efectorului au fost importate din ciclogramele de mișcare scoase generate de programul RobotExpert, acesta fiind programul în care a fost realizată simularea aplicației, implicit și a ciclului de lucru de interes. Acest ciclu este reprezentat de mișcarea robotului pentru paletizarea cutiilor, luându-le de pe unul dintre cele două conveioare, și plasându-le pe paletul corespunzător. În cadrul acestui ciclu de lucru selectat robotul atinge și una dintre cele mai defavorabile poziții pe care le poate atinge.

Pentru evaluarea convergenței, a fost monitorizat criteriul „Force Convergence”. Acesta oferă informații referitoare la echilibrul energiilor în sistem după fiecare iterație.

Numărul total de iterații necesare rezolvării a fost de 4164 pe durata celor 16 secunde ale ciclului de lucru. La anumiți pași de timp, rezultatele nu au converș, fiind generată o bisecție, care are drept consecință dublarea numărului de iterații pentru rezolvare. Există multiple soluții pentru evitarea unor astfel de situații. Cu toate acestea, datorită complexității problemei, punerea lor în practică implică creșterea semnificativă a timpului de soluționare.

Valoarea tensiunii echivalente maxime este 509,43 MPa, la momentul de timp $t=4,4597$ secunde. Aceasta nu reprezintă un motiv de îngrijorare, deoarece valoarea este datorată unui concentrator de tensiuni rezultat în urma simplificării modelului de calcul. În afară acestui vârf, majoritatea tensiunilor calculate se află sub pragul admisibil al aliajului de aluminiu din care sunt confecționate majoritatea elementelor structurale ale robotului.

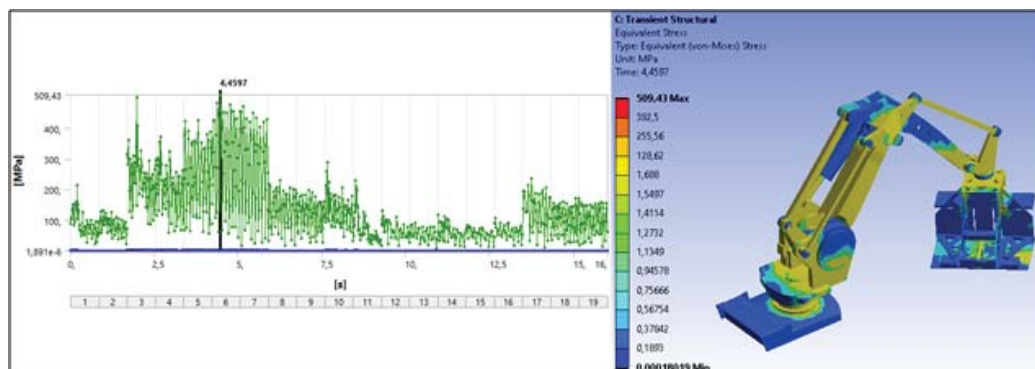


Fig 7. Tensiunea echivalentă maximă, momentul de timp $t=4,4597$ s

Valoarea vitezei totale maxime este 3532,7 mm/s, de la momentul $t=2,0606$ secunde. Aceasta reprezintă o viteză admisibilă a fi atinsă de către robot, deoarece vitezele celor trei axe ale sistemului de poziționare (axele 1, 2 și 3) sunt de $130^\circ/\text{secundă}$ ($2,3 \text{ rad/s}$), iar raportându-ne la o rază de 2000 mm pe care s-ar putea deplasa robotul, tot ar fi sub valoarea vitezei maxime de aproximativ 4600 mm/s.

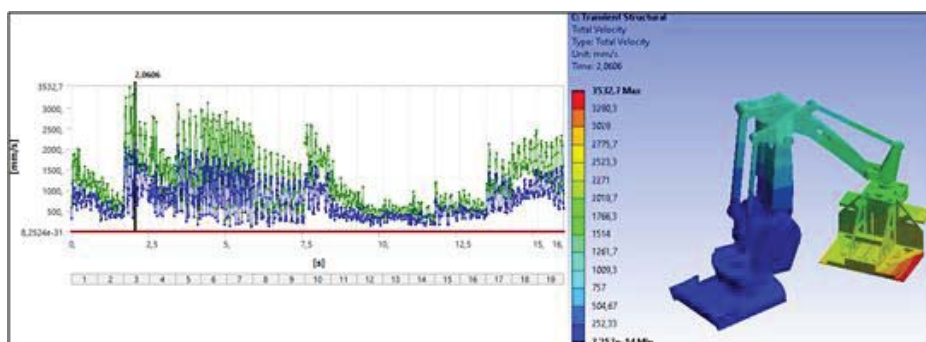


Fig 8. Viteza totală maximă, momentul de timp $t=2,0606$ s

7. Concluzii

În cadrul analizei cinematice a fost verificată deplasarea pe traiectoria corespunzătoare celei din animația sistemului CAD (simularea din programul RobotExpert). A fost monitorizată evoluția momentelor și a forțelor din cuplele active și pasive (putând fi exportate în analiza statică structurală dacă se dorește).

- Analiza cinematică este o analiză nouă și specifică roboților, fiind o nouă caracteristică a programelor de inginerie asistată de calculator;
- În cazul analizei dinamice în regim tranzitoriu, precizia rezultatelor este dată de calitatea discretizării, iar modul de control al discretizării (s-a utilizat „Hex Dominant Method”, „Body Sizing”, „Face Sizing” și „Face Meshing”) a depins de felul în care geometria a fost curățată (au fost utilizate comenzile „Repair Hole”, „Slice”, „Face Delete”, „Body Delete”, „Extrude”, „Boolean”, „Face Split”, „Merge”, „Projection”)
- Rezultatele s-au obținut după 4164 de iterații încadrate în cele 16 secunde ale ciclului de lucru pe care îl execută robotul ABB IRB 660;
- pentru monitorizarea tensiunilor am identificat unul din momentele maxime în care acestea se înregistrează ($t=4,4597$ secunde)
- am identificat zonele cu tensiuni maxime pentru a vedea zonele de pe structură unde după un număr anumit de cicluri de lucru poate apărea oboseala
- în același timp supradimensionarea structurii conferă avantajul operării robotului într-un spațiu de lucru mai extins

8. Bibliografie

- [1]. Arora, R., și Dhama, S. S. (2017). “Finite Element Analysis and Multibody Dynamics of 6-DOF Industrial Robot”, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical and Materials Engineering, 7(5), 1-12, 2249-8001.
- [2]. Bugday, M., și Karali, M. (2019). “Design optimization of industrial robot arm to minimize redundant weight”, Engineering Science and Technology, an International Journal, 22(1), 346-352.
- [3]. Choong, W. H., și Yeo, K. B. (2007). „Structural Design for a 3DOF Robot Lower-Arm via Computer Aided Engineering”. Centre of Materials & Minerals, Universiti Malaysia Sabah, 88999, 8-18.
- [4]. Zhang, J., și Cai, J. (2013). “Error Analysis and Compensation Method Of 6-axis Industrial Robot”, International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems, 6(4), 1383-1399.

Stand demonstrativ pentru controlul in bucla al unui motor de curent continuu cu perii colectoare

DEAC George-Antoniou
 NASTASE Robert-Paul

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea Robotică, Anul de studii 3, e-mail:
 george@impromedia.ro

Conducător științific: S.I. dr. Ing. Cozmin CRISTOIU

Abstract: The paper presents the conceptual design, virtual prototype achievement and the real physical system implementation of a test stand for electric motor cascading PID control using a modified firmware version of an ODrive motor controller in order to control both, brushless and brushed DC electric motors. The initial version of the controller board is dedicated only to brushless motors, but with current firmware upgrade the cheaper brushed motors can be PID controlled proficiently. The firmware upgrade will also allow low latency force-feedback. Results from testing of the positioning closed loop control are presented. The presentation test bench consists of: an Odrive controller board (with a custom firmware), a typical brushed DC motor, a 4000cpr incremental optical encoder, individually designed 3D printed mounting brackets, indicator and angular ruler, an additional ESP32 microcontroller and an adjustable power supply.

Key words: Brushed motor, Brushless motor, cascading PID, motor controller, position control, force feedback.

1. INTRODUCTION

PID (proportional integrative derivative) are closed loops that are widely used in industry and not only, for systems that use electric motors. The control loop is continuously calculating an error value, $e(t)$, as the difference between a desired setpoint, $r(t)$, and a measured process variable, $y(t)$, and applies a correction based on proportional, integral and derivative terms [1]. The classic PID control diagram is shown below in figure 1.

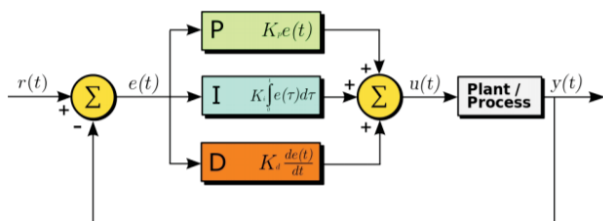


Figure 1 Classic PID control loop [2]

The general form of the control signal given by a PID controller has the following mathematical form:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Where k_p , k_i , k_d are a set of parameters used to tune the strength of the P, I and D parameters of the controller. Nowadays there are more architectures of PID (based on same principles) like: feedback (classic), feedforward and cascading. No matter the architecture, the key of a good control of a system consists in the fine tuning of the three parameters.

The ODrive motor controller board is a cascaded style position, velocity and current control loop, as shown in the diagram below.

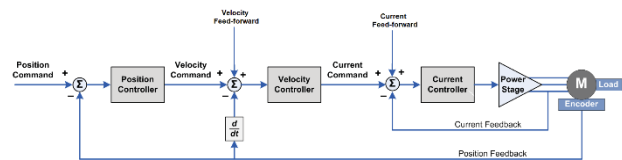


Figure 2 ODrive board motor controller loop [3]

Each stage of the control loop is a variation on a PID controller. This flexibility is essential as it allows the ODrive to be used to control all kinds of mechanical systems. The initial ODrive board is dedicated for brushless DC motor control in association with rotational encoders (optical incremental or HAL sensors). A typical setup for brushless motor control is shown in figure 3.

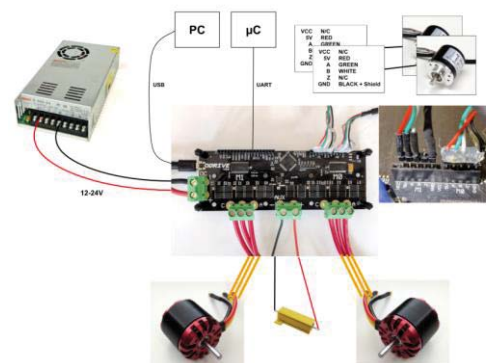


Figure 3 Brushless motor setup [3]

In this setup, the Odrive is communicating with the ESP32 interfacing microcontroller via UART using its proprietary ASCII protocol implemented on the fibre abstraction layer which also handles the communication with the PC via the virtual USB serial port. The Odrive is also connected to the optical encoder via the dedicated axis0 A, B, Z pins and the motor leads are coupled to the

last two phases of the axis. The board pinouts are configured as follows:

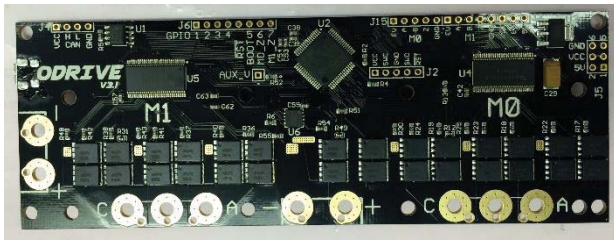


Figure 4 Odrive board layout [4]

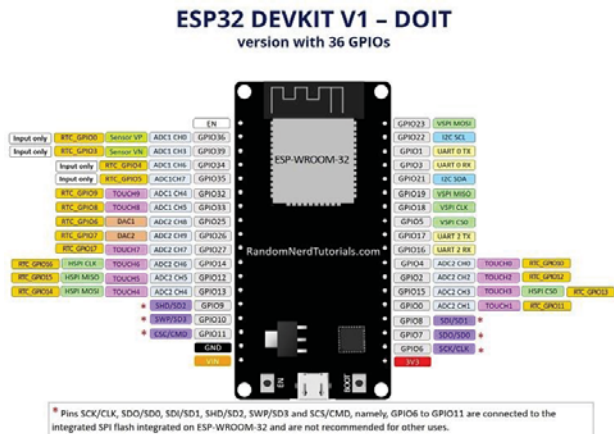


Figure 5 ESP32 Dev Kit board layout [5]

The purpose of this paper is to present the methods applied in order to upgrade the boards firmware with the goal of extending its functionality and compatibility with the cheaper brushed DC motors.

2. FIRMWARE UPGRADE

In order for the controller to work with brushed motors, the original firmware state machine needed to be modified with the specific entries in the following enumerations marked by (*):

- Motor Types:
 - 0 High current (default)
 - 1 Low current (not implemented yet)
 - 2 Gimbal
 - 3 (*)Brushed current
 - 4 (*)Brushed voltage (this one is used currently)
 - Current State:
 - 0 Undefined state (will fall through to idle)
 - 1 Idle state (disable PWM and do nothing)
 - 2 Startup Sequence (the actual sequence is defined by the config.startup_flags)
 - 3 Full calibration sequence (run all calibration procedures, then idle)
 - 4 Motor calibration (run motor calibration)
 - 5 Sensorless control (run sensorless control)
 - 6 Encoder index search (run encoder index search)

- 7 Encoder offset calibration (run encoder offset calibration)
- 8 Closed loop control (run closed loop control)
- 9 Axis lockspin (lockin spin)
- 10 Encoder direction find
- 11 (*)Brushed current control (not implemented)
- 12 (*)Brushed voltage control (run open loop brushed voltage control)

The main modifications to the principal subroutines of the firmware consist in: skipping the calibration procedure if the motor type is set accordingly for brushed motors, forcing a null encoder offset and implementing a custom voltage timings function to drive and equilibrate 2 required phases out of the 3 phases on the axis.

Moreover, the ascii protocol logic was also modified to facilitate faster response times and decreased latency for providing better force feedback. Thus, a dedicated command was integrated for the current comprised of only one character for faster serial communication and for the structure of the lookup table, hash map and ordered map were tested instead of the previously slow else/if chains.

For a typical communication scenario where the ESP32 microcontroller requires the current intensity from the Odrive, there are 3 types of latency involved: the initial packet transmission time for requesting the current, the lag caused by the replying processor (Odrive) overhead, the replied packet transmission time which holds the current value and the receiving processor overhead (ESP32). The last overhead represents the smallest one and typically can't be further improved, so is the replied packet transmission time which only comprises a value. This implementation tackles to improve the transmission time of the initial packet and the replying processor overhead. An expected time duration of a force feedback communication is composed as follows:

10bit/symbol (there is a start and a stop bit + 1byte word)
 115200 baud rate UART => 115200 bit/sec =>
 0.0086ms/bit

Initial packet for requesting the current value = "r axis0.motor.current_control.Iq_measured\n" = 42 symbols = 420bit/115200bit/sec = 3.65ms

Replied packet containing the current value = 10 symbols = 100bit/115200bit/sec = 0.87ms

Average communication time = Packet transmission time + Reply processor overhead (Odrive) + Reply transmission time + Receive processor overhead (ESP32)
 The default transmission duration is around 5ms.

In conjunction with the communication latency, the actual delay also encompasses the access time of the else/if chains present in the command interpreter which represents the most overhead of the replying processor, in O(N) in time complexity, thus the access time grows linearly to the number of entries in the protocol. The

introduction of a hash map which is $O(1)$ time complexity for access or an ordered map, of $O(\log N)$ complexity, will further improve the speed by reducing the reply processor overhead.

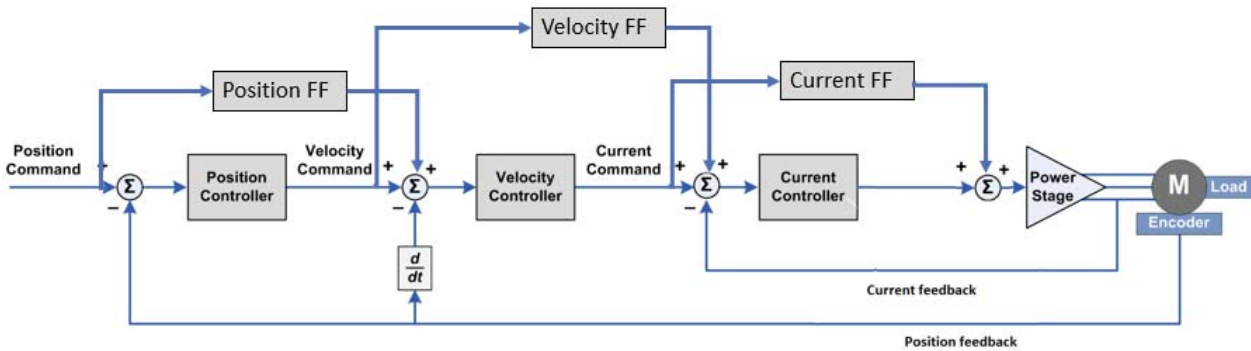


Figure 6 ODrive board motor controller cascading PID

The mathematical relations for the position loop, velocity loop and current loop are written as follows:

a) Positioning loop

$$pos_error = pos_setpoint - pos_feedback$$

$$vel_cmd = pos_error * pos_gain + vel_feedforward$$

b) Velocity loop

$$vel_error = vel_cmd - vel_feedback$$

$$current_integral += vel_error * vel_integrator_gain$$

$$current_cmd = vel_error * vel_gain + current_integral + current_feedforward$$

c) Current loop

$$current_error = current_cmd - current_fb$$

$$voltage_integral += current_error * current_integrator_gain$$

$$voltage_cmd = current_error * current_gain + voltage_integral (+ voltage_feedforward \text{ when we have motor model})$$

Tuning the motor controller is an essential step to unlock the full potential of the ODrive. Tuning allows for the controller to quickly respond to disturbances or changes in the system (such as an external force being applied or a change in the setpoint) without becoming unstable.

Correctly setting the three tuning parameters (called gains) ensures that ODrive can control your motors in the most effective way possible. For now, gain values were determined empirically [4]. The gain values determined were set up via controller interface using the following command lines:

```
<axis>.controller.config.pos_gain = 100
<axis>.controller.config.vel_gain = 0.0005
<axis>.controller.config.vel_integrator_gain = 0.00005
```

The startup procedure usually requires running the motor calibration sequence. In this case, since we use a brushed motor and the commutation is done mechanically an automatic calibration of the motor is not required and therefore it's skipped.

3. EXPERIMENTAL STAND

The test stand is shown in the figure 4 and it includes: the Odrive controller board (with the upgraded firmware), a brushed DC motor R406-011E Sanio Denki, an incremental optical encoder 1000PKVF3 P1215 with 4000cpr, the mounting board and 3D printing brackets with an indicator and an angular ruler, an additional ESP32 microcontroller and an adjustable power supply.

Key electrical, mechanical and electromagnetic specifications of the used motor and the controller board are presented in tables 1 and 2:

Table 1: Motor specifications

Nominal Power	60W
Rated Torque	0.19 Nm
Rated Current	1.4 A
Rated Speed	3000 rpm
Max Speed	5000 rpm
Max angular acceleration	$111 \times 10^3 \text{ rad/s}^2$
Rotor inertia	$0.0108 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Armature inductance	4.4 mH

Table 2: ODrive board specifications

Control	2 motors
Voltage	24 V
Peak current	>100A per motor
Braking modes	Brake resistor and regenerative braking
Interfaces	USB, Step/direction, UART, Servo PWM, PPM, CAN, digital and analog pins.

Protocol	Goto (positioning control with trajectory planning), Position command, Velocity command, Torque command
----------	---

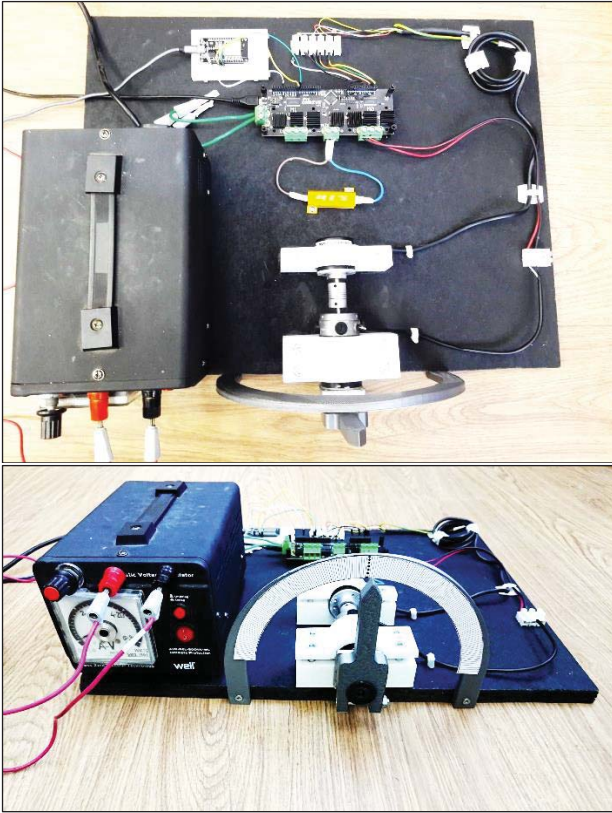


Figure 7 Test stand

The encoder is assembled on the motor back shaft and both are wired into the corresponding pins of the ODrive board. The ESP32 microcontroller is communicating via UART serial with the ODrive board and is responsible with the displaying and interfacing of the system. During testing commands are sent to the microcontroller and drive board from a PC via the virtual serial on the fibre abstraction layer.

4. EXPERIMENTAL PROCEDURES

The motion control test was set to measure angular deviation from the programmed position for different speeds and different number of revolutions: 10, 100, 1000 revolutions were programmed for different working speeds (20%, 40% and 60% of the motor rated speed) and the positioning repeatability and precision was measured in each case. The unit of measurement was converted from encoder pulses to degrees for expressing the deviation in an absolute way for any system:

For angular positioning:

$$\theta[^{\circ}] = \frac{360^{\circ}}{4000 \cdot \frac{\text{counts}}{\text{rev}}} = \frac{0,09^{\circ}}{\text{count}}$$

$$\Rightarrow \theta[^{\circ}] = 0,09 \cdot \theta[\text{count}] \quad (2)$$

For angular speed:

$$\omega = \frac{\text{rev}}{\text{min}} = \frac{4000 \text{ counts}}{\text{min} \cdot \frac{\text{counts}}{\text{rev}}} = \frac{4000 \text{ counts}}{\text{sec} \cdot 60 \cdot \frac{\text{counts}}{\text{rev}}} = \frac{360^{\circ}}{\text{sec}}$$

$$\Rightarrow \omega \left[\frac{^{\circ}}{\text{sec}} \right] = \frac{4000}{60 \cdot 360} \cdot \omega \left[\frac{\text{counts}}{\text{sec}} \right] \quad (3)$$

The tests were repeated twice, first time without trapezoidal trajectory and second time with trapezoidal trajectory enabled. The angular acceleration and deceleration (ϵ_{acc} , ϵ_{dec}) were set to be double in norm compared to the angular velocity in order to constrain the acceleration (t_{acc}) time to 0,5sec. Experimental values are presented in the following chapter.

5. RESULTS

Subsequently, the test results seem to closely follow an ordered logarithmic pattern following:

Table 3

Repeatability Without Trapezoidal Trajectory			
Rev	Speed 20%	Speed 40%	Speed 60%
	Error [deg]	Error [deg]	Error [deg]
10	(-)0.99	(-)0.81	(-)0.81
100	3.51	3.78	3.87
1000	6.3	5.13	16.2
10000	7.38	11.88	18.36

Ensuing, it is presented the corresponding line graph:

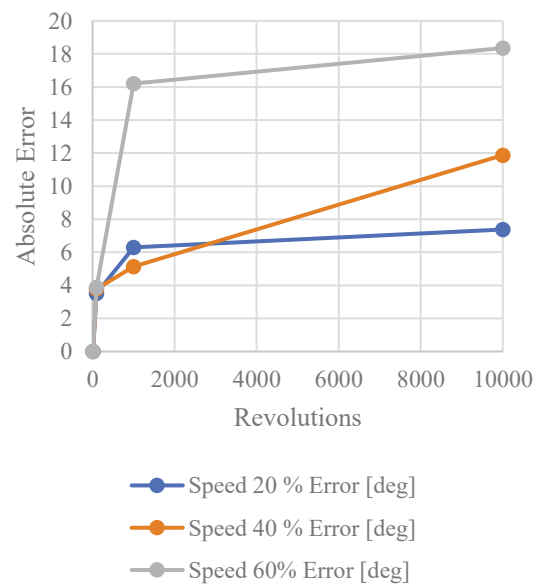


Figure 8

Table 4

Repeatability With Trapezoidal Trajectory			
Rev	Speed 20%	Speed 40%	Speed 60%
	Error [deg]	Error [deg]	Error [deg]
10	(-)1.17	(-)0.09	(-)0.45
100	3.69	3.96	3.42
1000	6.75	5.94	17.46
10000	7.83	11.43	18.9

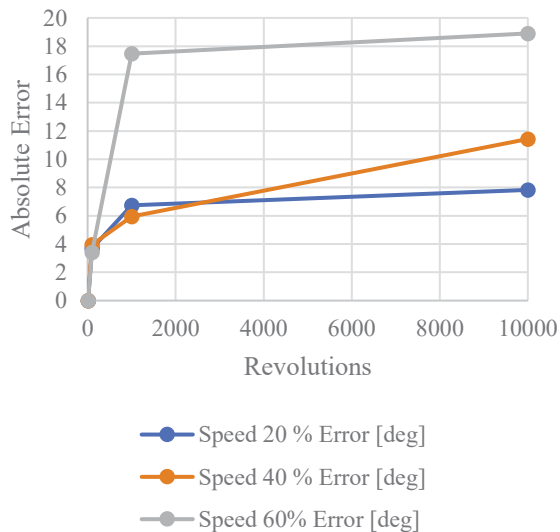


Figure 9

From both of the previously provided tables it can immediately be observed that the compensation trend in the first row with 10rev increments tends to undershoot, whilst in all the other cases there is an logarithmically increasing overshoot error trend which starts to plateau faster in the outer speed regions (20%, 60%). Whereas, the middle speed region (40%) shows a wider error variation tolerance.

Moreover, by comparing the similarity in the error curves, it is shown that the main causative factor of the errors is the improper empirical PID tuning, since the results are similar, independently of the chosen trajectory generation scheme.

To conclude, this test is essential in showing potential deviations that are caused outside the PID positioning control loops, such as improper field-oriented control (FOC) commutation [7], potential causes influenced by variation in the inertial loading profile of each trajectory type (for instance a rectangular trajectory has by far the highest inertia peaks, while in the case of a trapezoidal or

S-shaped trajectory the inertial loading is evenly distributed in time) such as mechanical problems.

6. FUTURE IMPROVEMENTS

Lastly, the force feedback requires additional experimentation using an oscilloscope to precisely determine the communication time improvements by analyzing each transmitted packet time domain and the corresponding delay between them.

7. CONCLUSIONS

REFERENCES

- [1] M. Alboelhassan, "A Proportional Integral Derivative (PID) Feedback Control without a Subsidiary Speed Loop", Acta Polytechnica Vol. 48 No. 3/2008, Czech Technical University in Prague
- [2] Arturo Urquiza. PID Controller—Wikipedia, the Free Encyclopedia. 2011. Available online: https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller (accessed on 30 March 2018).
- [3] *** <https://docs.odriverobotics.com/control.html>
- [4] *** <https://github.com/madcowswc/ODriveHardware>
- [5] *** <https://randomnerdtutorials.com/wp-content/uploads/2018/08/ESP32-DOIT-DEVKIT-V1-Board-Pinout-36-GPIOs-Copy-768x554.jpg>
- [6] J.G. Ziegler, N.B. Nichols "Optimum Settings for Automatic Controllers", TRANSACTIONS OF THE A.S.M.E. NOVEMBER 1942
- [7] *** [https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_control_\(motor\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_control_(motor))

Simularea și analiza cinematică a unei aplicații robotizate de gestionare a intrărilor și ieșirilor dintr-un AS-RS

NASTASE Robert-Paul

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea Robotică, Anul de studii 3, e-mail: chessroby@yahoo.com

Conducător științific: S.l. dr. Ing. Andrei Mario IVAN

REZUMAT: Subiectul din prezentarea de astăzi îl reprezintă simularea și analiza cinematică a unei aplicații robotizate de gestionare a intrărilor și ieșirilor dintr-un AS-RS. Simularea va fi realizată în programul ABB RobotStudio și totodată se vor prezenta pașii parcurși spre îndeplinirea acestuia. În prima parte a prezentării vom însuși astfel noțiuni introductive legate de operația de asamblare și manipulare cât și o scurtă prezentare a programului utilizat. În cea de-a doua parte vom trece la însușirea elementelor de programare utilizate în simulare cât și la eventuale direcții de lucru în viitorul apropiat. Aplicația dată, astfel, reprezintă o cale deschisă la viitoare îmbunătățiri.

1. Introducere

Scopul lucrării este acela de a realiza o simulare a unei aplicații de manipulare și asamblare a unor semifabricate folosind programul ABB RobotStudio. Așadar funcția logică a aplicației este cea de a asambla obiectele în mediul industrial și tot odată amplasarea acestora pe conveioare, acestea la rândul lor având scopul de a transfera obiectul asamblat către un sistem automat de stocare. Automatizarea acestui sistem ar permite creșterea randamentului într-o firmă și totodată o economie ridicată a costurilor. Operația de manipulare poate fi împărțită în: mecanizată, automatizată, semiautomatizată și informatizată. În aplicația dată dispunem de o manipulare automatizată ce se poate realiza prin intermediul unor echipamente precum Roboți Industriali. Automatizarea procesului de pick and place cu roboți grăbește procesul de ridicare a pieselor și de plasare a acestora în locații noi, crescând rata de producție. Cu o varietate mare de efectori disponibili, roboții de pick and place pot fi personalizați pentru a se potrivi cerințelor specifice de producție. Mutarea produselor mari, mici, grele sau greu de manipulat poate fi o sarcină ușoară de automatizat în linia din fabrică. Consistența este, de asemenea, un beneficiu al utilizării unui sistem de pick and place. Roboții pot fi programați și echipați cu ușurință pentru a deservi în cadrul mai multor aplicații, dacă este necesar. Vom utiliza ABB RobotStudio datorită flexibilității acestuia, programul în sine fiind conceput pentru o foarte mare varietate de aplicații cât și compoziția bibliotecii fiind foarte vastă.

2. Robotul industrial și programul de simulare utilizat

Pentru această aplicație am utilizat robotul ABB IRB 120, Catia V5, robot industrial cu 6 axe de tip braț articulat. Programul ABB RobotStudio, ne permite utilizarea unei vaste biblioteci și astfel cu ajutorul unui controller virtual vom putea realiza simularea unei celule robotizate.

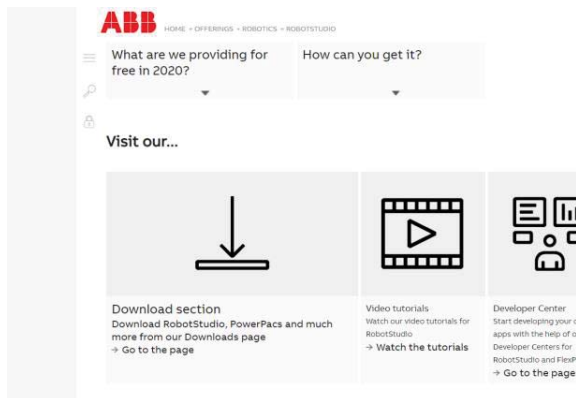


Fig. 1. Site ABB – descarcare program simulare



Fig. 2. Robotul ABB IRB 120

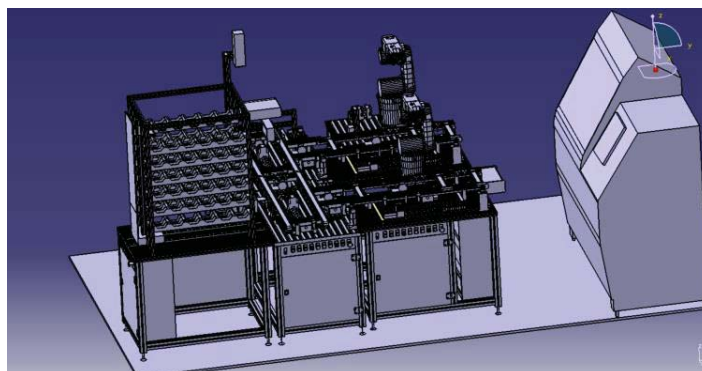
Specificații tehnice:
 Sarcina portanta maximă: 0.3 kg
 Raza maxima atinsă: 580 mm
 Numar axe comandate numeric: 6
 Repetabilitate: $\pm 0,01$

Tabelul 1. Specificații cuple robot

Axa	Domeniu	Viteza Maximă
1	+165° la -165°	250°/s
2	+110° la -110°	250°/s
3	+70° la -110°	250°/s
4	+160° la -160°	320°/s
5	+120° la -120°	320°/s
6	+400° la -400°	420°/s

3. Aplicația de manipulare

Primul pas va fi realizarea unei celule robotizate cu ajutorul căreia vom realiza simularea aplicației date. Celula data este formata dintr-un CNC si 2 roboti, fiecare avand conveioare pentru transportul ansamblurilor/semifabricatelor.



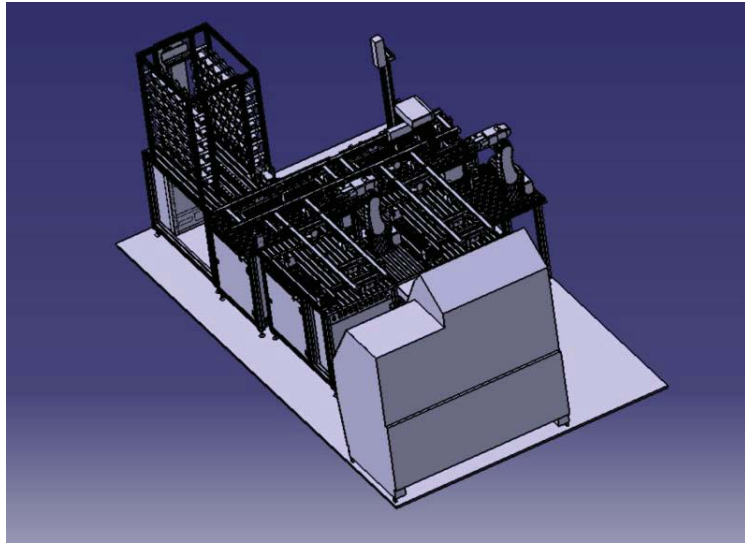


Fig. 3. Celula robotizata

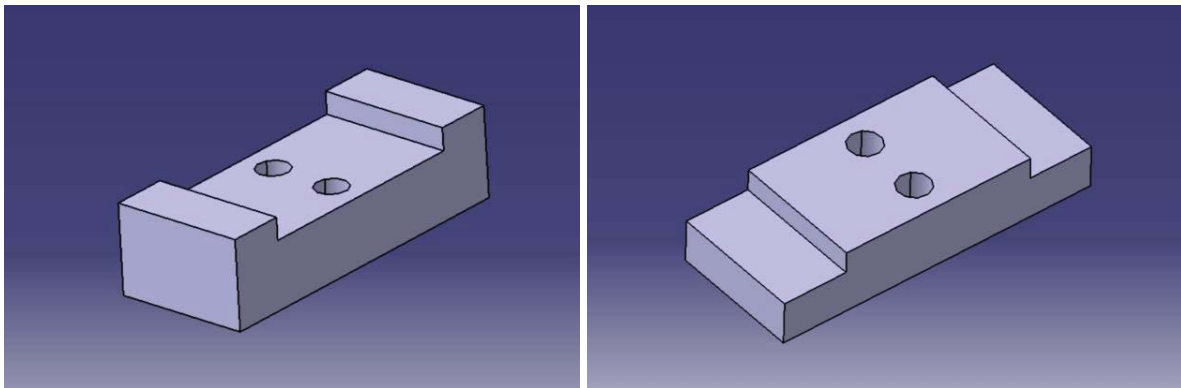


Fig. 4. Piesele ce urmeaza a fi asamblate/manipulate

Dupa realizarea celulei si a pieselor de prelucrat urmeaza implementarea acestuia in programul propriu zis.

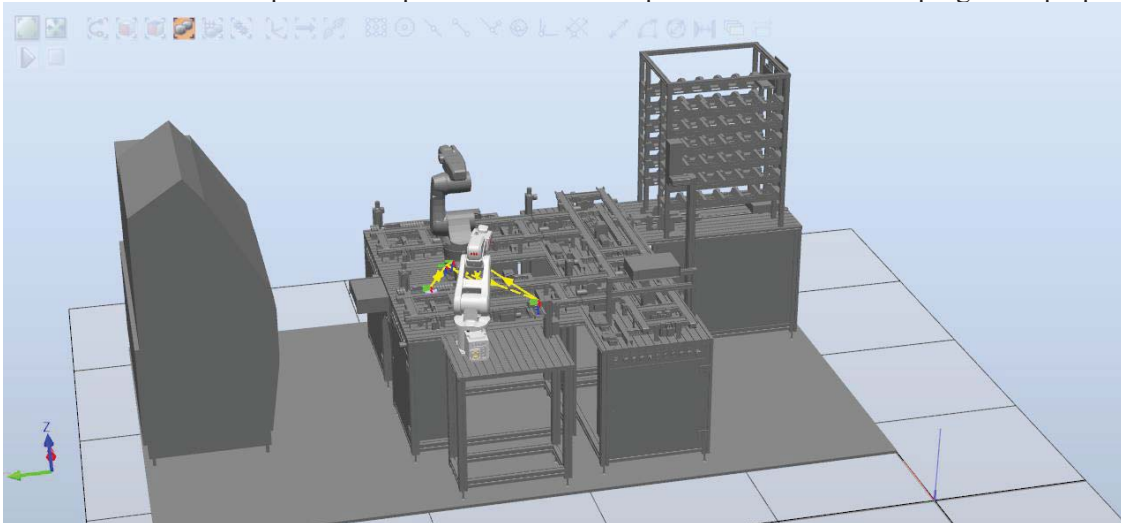


Fig. 5. Celula introdusa in program

Odata cu acest pas urmeaza realizarea programarii si astfel vom avea nevoie sa introducem mai multe puncte utilizate atat la preluare cat si la amplasare. Punctele vor fi de forma urmatoare: 2 pentru pick 1 (piesa initiala), 2 pentru mijloc deoarece vom avea 5 preluari 1 singur punct de mijloc nu va fi suficient, 1 pentru home, 2 pentru place si 2 pentru pick 2 (piesa ce se asambleaza peste piesa 1). Programul va arata asa:

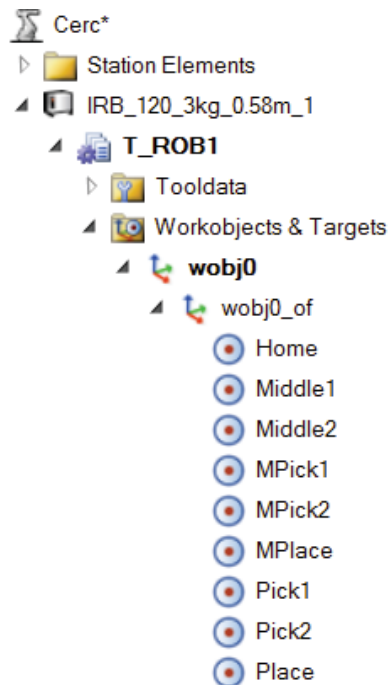


Fig. 6. Punctele utilizate in program

In cea de-a 2 parte a simularii urmeaza atribuirea miscarilor robotului asupra punctelor create si anume:



Fig. 7. Punctele utilizate in program

Un ultim pas spre realizarea simulării va fi astfel declararea „variabilelor” ca și introducerea de senzori. Variabilele în aplicația dată vor fi obiectele preluate și acestea date vor fi de forma: „CollisionSensor” - detectează coliziunea, setat la o toleranță de 10 mm; „Attacher” - atașează un obiect, atribuit atât obiectului 1 ca și 2; „Detacher” – detașează un obiect, atribuit atât obiectului 1 ca și 2;

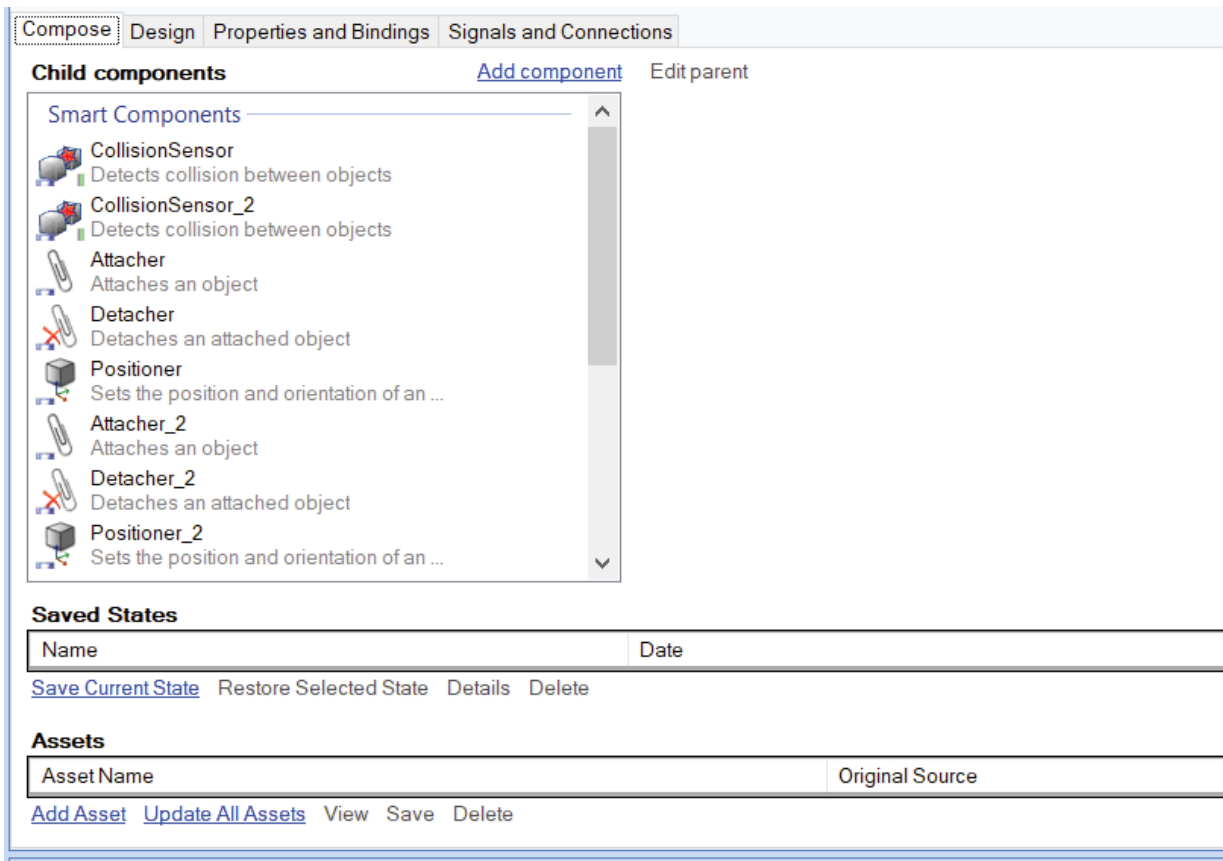


Fig. 8. Declararea „variabilelor”

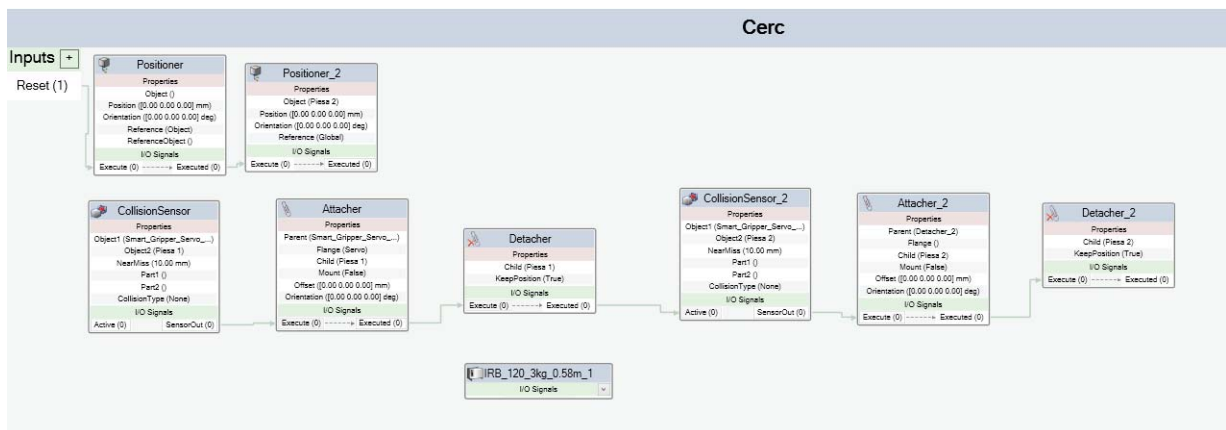


Fig. 9. Schema logica

Ultimul pas de care este important să nu uităm este introducerea unei variabile de reset care realizează repetabilitatea programului:

Compose Design Properties and Bindings **Signals and Connections**

I/O Signals

Name	Signal Type	Value
Reset	DigitalInput	1

[Add I/O Signals](#) [Expose Child Signal](#) [Edit](#) [Delete](#)

I/O Connections

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal or Property
Cerc	Reset	Positioner	Execute
Positioner	Executed	Positioner_2	Execute
CollisionSensor	SensorOut	Attacher	Execute
Attacher	Executed	Detacher	Execute
Detacher	Executed	CollisionSensor_2	Active
CollisionSensor_2	SensorOut	Attacher_2	Execute
Attacher_2	Executed	Detacher_2	Execute

Fig. 10. Introducerea variabilei de reset

Pentru simulare va trebui sa intram in bara rapid la sectiunea Synchronize de unde vom bifa urmatoarele:

Cerc

Compose Design

I/O Signals

Name	Signal Type	Value
Reset	DigitalInput	1

[Add I/O Signals](#) [Expose Child Signal](#) [Edit](#) [Delete](#)

I/O Connections

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal or Property
Cerc	Reset	Positioner	Execute
Positioner	Executed	Positioner_2	Execute
CollisionSensor	SensorOut	Attacher	Execute
Attacher	Executed	Detacher	Execute
Detacher	Executed	CollisionSensor_2	Active
CollisionSensor_2	SensorOut	Attacher_2	Execute
Attacher_2	Executed	Detacher_2	Execute

[Add I/O Connection](#)

Synchronize to RAPID

Name	Synchronize	Module	Local	Storage class	Inline
IRB_120_3kg_0.58m_1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
T_ROB1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Paths & Targets	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Path_20	<input checked="" type="checkbox"/>	Module1	<input type="checkbox"/>		
ToolData	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Servo	<input checked="" type="checkbox"/>	CalibData	<input type="checkbox"/>	PERS	
WorkObject	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Fig. 11. Meniul Synchronize

Suntem gata sa apasam butonul de start:

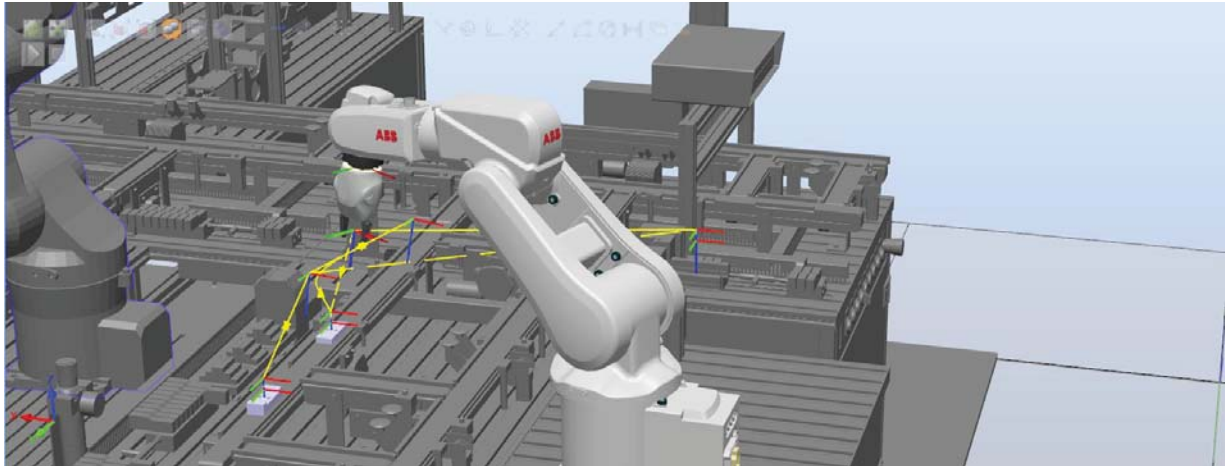


Fig. 12. Programul in urma simularii

Din nefericire simularea data este una imperfecta, eroarea insa neputand fi identificata in timp util.

4. Concluzii

Desi simularea nu a iesit cum era in plan, aceasta in viitorul apropiat se va putea implementa la un nivel mai complex ca, cel al unei lucrari de licenta. Viitoare directii de lucru ar fi: simularea conveioarelor, a robotilor si nu in cele din urma al sistemului AS-RS.

5. Bibliografie

- [1]. <https://www.youtube.com/watch?v=0aa7l4qzpnI>
- [2]. https://www.youtube.com/watch?v=i1Q_kxe5Og0
- [3]. https://www.youtube.com/watch?v=2ZzmK_egDuU&list=RDQMx-IW8h04We8&index=25
- [4]. <https://www.youtube.com/watch?v=0aa7l4qzpnI>
- [5]. https://en.wikipedia.org/wiki/Pick-and-place_machine
- [6]. <https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>

TRANSIENT ANALYSIS OF A SPRING APPLIED BREAK DEPLOYED IN AC SERVOMOTORS

DUMA Vasile Cristian¹

¹Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: II, e-mail: vasile.duma@stud.fiir.upb.ro

Conducător științific: As. Drd. Ing. Tudor George ALEXANDRU

REZUMAT: Spring applied breaks represent safety element that are deployed in mechatronics and robotics to ensure that the output shaft of a servomotor remains at a fixed position during special operational conditions. The present paper proposes a modeling and simulation approach for capturing the underlying structural characteristics of such assemblies, with the support of computer aided software. The design in discussion is inspired from an AC servomotor. AutoCAD 3D is used for representing each individual component as a solid structure. The complete assembly and pre-processing of the model for transient simulations is carried out with the support of ANSYS Workbench suite. The non-linear behavior of the breaking phenomenon is captured by deploying frictional contacts. Joints are added to materialize and constrain the motion of the moving elements. The results achieved are the total deformation and the Equivalent Von-Mises stress.

CUVINTE CHEIE: spring applied break, 3D modelling, contact, joints, transient structural analysis.

1. Introducere

În cadrul acționărilor electrice pentru mecatronică și robotică, frânele electromagnetice reprezintă elemente de siguranță care asigură blocarea arborelui motor la punct fix în situații precum oprirea de urgență sau lipsa de furnizare a energiei electrice la sistemele de comandă control. În componența lor se pot distinge două subsisteme majore, cel electromagnetic responsabil cu generarea unor forțe de atracție care mențin frâna pe poziție liberă și cel mecanic care asigură blocarea arborelui motor prin generarea unui cuplu de frecare atunci când subsistemul electromagnetic nu este alimentat. Proiectarea unor astfel de soluții aduce de la sine particularități constructiv funcționale, ținând cont de interdisciplinaritatea care guvernează fenomenele care implică frecare. Din acest punct de vedere, teoriile din manualele de proiectare pentru organe de mașini sunt limitate la aplicarea unor ipoteze simplificatoare. În ultimii 20 de ani, ingineria asistată de calculator a devenit cel mai răspândit instrument pentru simularea unor repere în condiții de exploatare utilizând programe de calculator. Scopul analizelor este acela de a îmbunătăți concepția produselor sau de a verifica criteriile tehnico-economice impuse. La baza unor astfel de programe se află metoda elementelor finite, o abordare numerică care presupune aproximarea unei geometrii printr-un număr mare dar finit de elemente care divizează domeniul continuu prin domenii discrete. Prin rezolvarea unor ecuații care descriu starea de echilibru locală se poate face trecerea la starea de echilibru globală a sistemului.

2. Stadiul actual

Abordări privind simularea interdisciplinară a frânelor electromagnetice sunt răspândite în literatura de specialitate, accentul fiind pus preponderent pe evaluarea caracteristicilor electromagnetice și termice. Analize interdisciplinare pentru evaluarea constantelor elastice și studiul distribuției câmpului

magnetic și termic pe baza energiei disipate de bobine sunt prezentate în [1]. O altă abordare privind optimizarea caracteristicilor de frânare prin cuplarea analizelor electromagnetice – termic este prezentată în [2]. Surpindierea fenomenelor de frecare la nivelul interacțiunii dintre mai multe corpuri pe baza analizelor structurale în regim tranzitoriu este prezentată în [3,4].

Lucrarea de față propune o abordare privind simularea în regim tranzitoriu a unei frâne electromagnetice din cadrul unui servomotor de curent alternativ. Prima etapă o constituie definirea geometriei. Aceasta este modelată în cadrul programelor de proiectare, fiind importată în mediul de inginerie asistată în vederea simplificării ei prin eliminarea organelor de asamblare, a razelor de racordare și ale altor elemente geometrice de dimensiuni reduse. Discretizarea se realizează cu elemente de tip hexaedru pentru solide și patrulatere pentru suprafețe. Acestea asigură un timp redus pentru soluționare și o bună calitate a rezultatelor. La nivel de ansamblu, interacțiunea dintre componente este materializată prin intermediul elementelor de contact, cinematice și elastice. Tipul simulării realizate este analiza structurală în regim tranzitoriu. Pe baza unei ciclograme de mișcare, timpul total este divizat în sub-pași. Rezultatele obținute sunt deplasări și tensiuni echivalente. Prin evaluarea curbei de evoluție a acestor caracteristici în raport cu timpul, se poate surprinde momentul în care se produce blocarea arborelui motor. Timpul de răspuns poate fi cuantificat pe baza incrementului temporar dintre valorile de minim și maxim.

3. Proiectarea ansamblului

În vederea proiectării ansamblului, au fost utilizate mai multe surse de documentare tehnică [5,6], dimensiunile modelului fiind raportate la cotele de gabarit ale unui servomotor de curent alternativ utilizat în cadrul acționărilor electrice pentru mecatronică și robotică.

Pentru reprezentarea tridimensională a ansamblului a fost utilizată aplicația AutoCAD. Componentele care compun modelul fiind:

- **Armătură:** partea fixă care se assemblează pe motor;
- **Bobina:** generează un câmp electromagnetic și atrage placa de presiune;
- **Arcuri:** mențin tensionată placa de presiune când bobina nu este alimentată;
- **Placă de presiune:** se află în deplasare axială, asigură presarea elementelor de fricțiune a discului de frână și blocarea arborelui motor;
- **Coroană dințată:** ghidează placa de presiune și preia cuplul generat de arborele motor;
- **Placă superioară:** este menținută fixă și asigură generarea frecării la nivelul discului de frână;

Detalii privind modelul geometric și o vedere explodată a acestuia pot fi surprinse în figura 1.

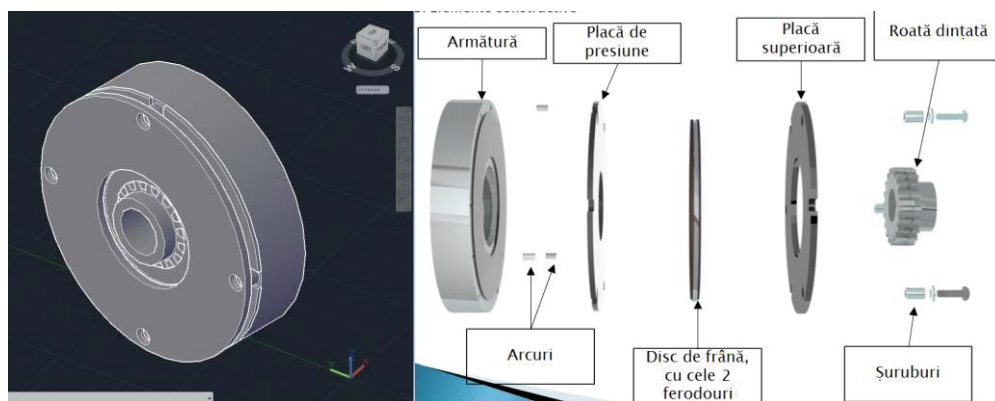


Fig. 1. Modelul geometric AutoCAD 3D și o vedere explodată a elementelor componente

3. Definirea condițiilor de simulare

Pentru realizarea modelului de simulare au fost considerate următoarele date de intrare:

- a) **Ciclograma de mișcare:** rotorul execută un ciclu de rotație constantă, având un timp de accelerare de 0.23 secunde și un timp total de 2 secunde. A fost ales un interval scurt pentru ciclul de funcționare pentru a reduce durata de rulare a simulărilor, având în vedere gradul mare de neliniaritate al modelului (vezi figura 2).

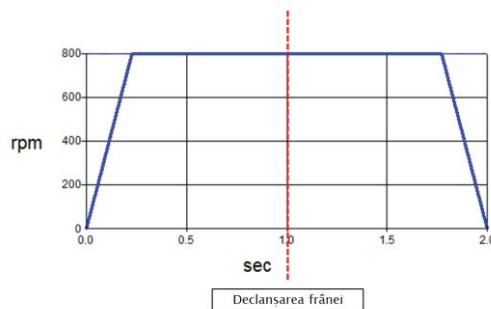


Fig. 2 Ciclograma de mișcare cu evidențierea momentului producerii frânării

- b) **Interacțiunile de la nivel de ansamblu:** Contacte cu frecare pentru zonele de interacțiune dintre ferodouri și placa de presiune, respectiv placa superioară; Contacte fără frecare pentru interacțiunea dintre discul de frână și coroana dințată; Elemente de tip arc pentru tensionarea plăcii de presiune; Cuple cinematice pentru rotirea arborelui motor și translatarea plăcii de presiune (vezi figura 3).

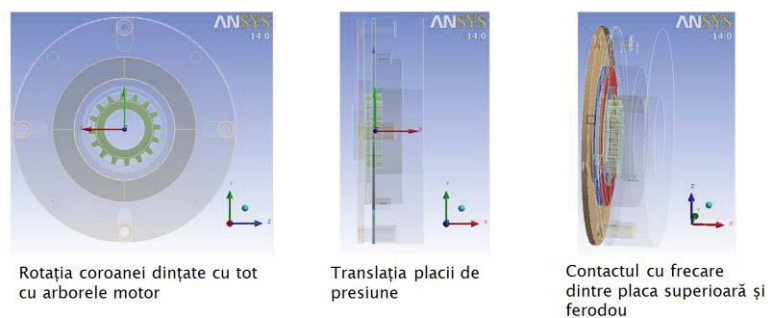


Fig. 3 Tipuri și exemple de contacte definite în simulare

- c) **Momente de inerție:** nu se consideră decât inerția generată de arborele motor la mersul în gol al acestuia.

Discretizarea a fost realizată cu o dimensiune uniformă, accentul fiind pus pe surprinderea zonelor de interacțiune dintre ferodouri și placa de presiune respectiv placa superioară. În figura 4 este prezentat gradul de distorsionare al elementelor alături de câteva detalii privind distribuția acestora pe structură.

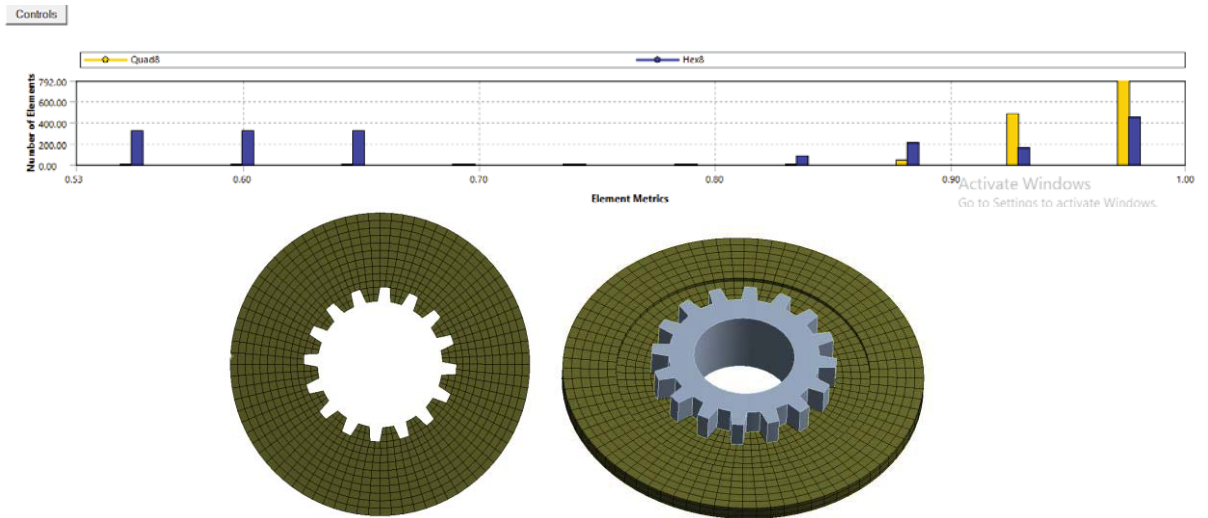


Fig. 4 Reprezentarea grafică a gradului de distorsionare al elementelor și detalii privind geometria discretizată

4. Rezultate obținute

În analizele structurale în regim tranzitoriu, timpul total de simulare este divizat în pași, procesul de rezolvare fiind realizat pe baza metodei Newton Raphson. Convergența unei astfel de analize poate fi evidențiată pe baza echilibrării energiilor din sistem după fiecare iterație. Analog cu rezistența materialelor, atunci când suma de forțe este zero, se obține convergența iar atunci când se obțin variații abrupte ale forțelor apar bisecții. În graficul din figura 5, se observă existența mai multor astfel de situații. Cu toate acestea, menținerea permanentă a convergenței forțelor (Force Convergence) sub criteriul impus (Force Criterion) și tendința rezidualelor de a varia în raport cu ciclograma aplicată asigură relevanța rezultatelor obținute.

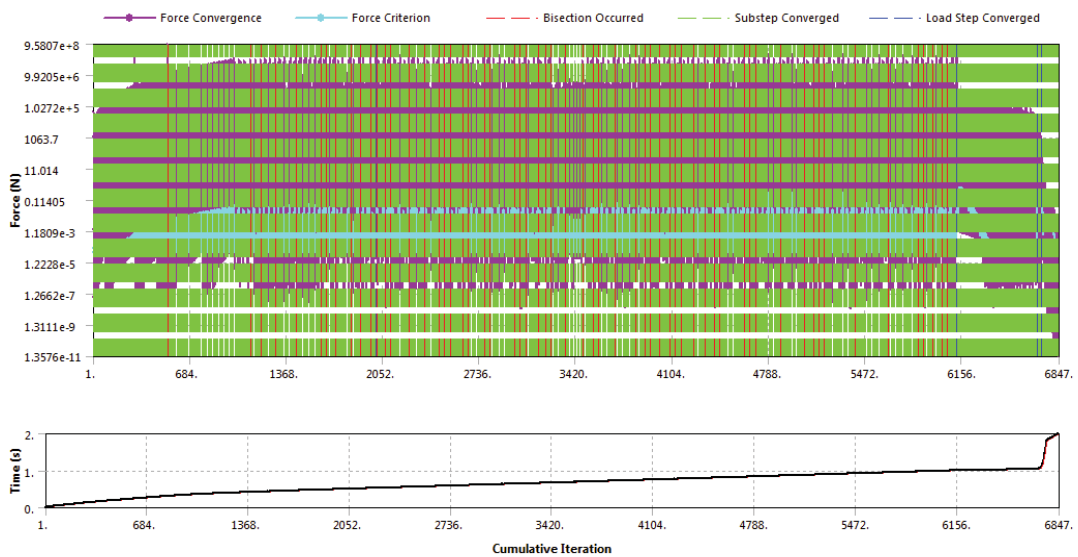


Fig. 5 Graficul de convergență a forțelor cu evidențierea bisecțiilor

Acest fapt poate fi evidențiat și prin graficul deplasărilor unde se pot distinge intervalele de accelerare și de mers în gol, existând o variație a valorilor în momentul producerii frânării. În primul interval de timp cuprins între 0 și 0.23 de secunde se observă accelerarea arborelui motor de la viteza de 0 la 800 RPM. Următorul interval cuprins între 0.23 și 1 secundă reprezintă mersul în gol. În această fază energiile din sistem sunt reduse deoarece accelerația devine 0. Ultimul interval cuprins între secunda 1 și 1.007 secunde surprinde frânarea. Aceasta nu se produce instantaneu cu blocarea discului de frână ci considerând un timp de răspuns. După secunda 1.007 deplasarea devine 0, arborele motor fiind oprit la punct fix (vezi figura 6).

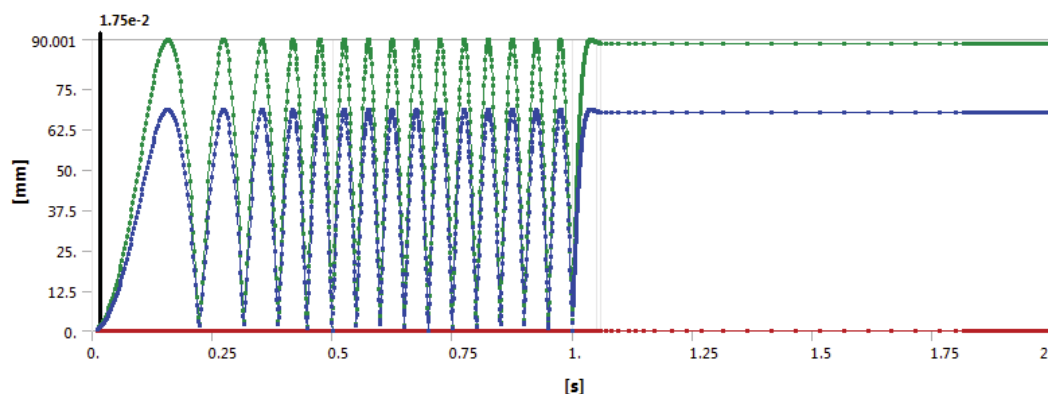


Fig. 6 Deplasarea unui punct de pe discul de frână, graficul surprinde accelerarea, mersul în gol și frânarea

Tensiunile echivalente obținute se pot interpreta pe baza accelerațiilor generate în sistem. Valoarea de maxim este atribuită blocării arborelui motor, viteza unghiulară devenind zero într-un interval de timp foarte scurt. A doua zonă de variație a tensiunilor din grafic apare datorită energiilor generate de momentul de torsiune produs (vezi figura 7).

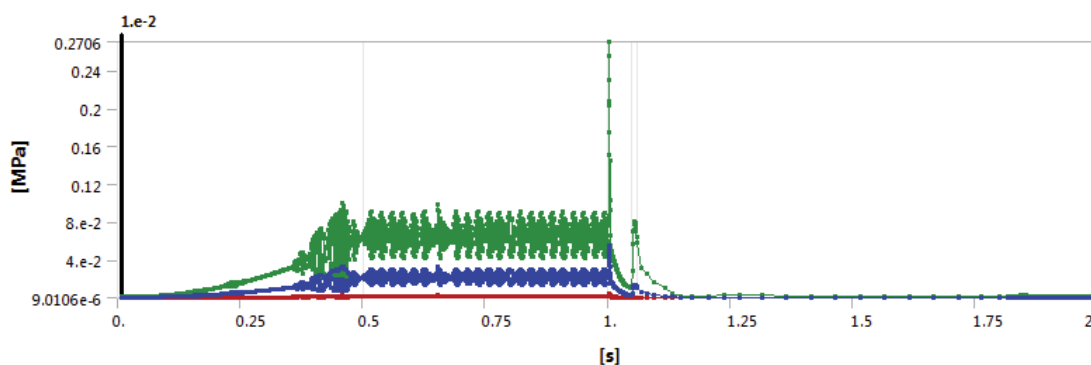


Fig. 7 Variația tensiunilor în timp, se surprinde momentul producerii frânării

În figura 8 sunt prezentate valorile maxime ale tensiunii care se obțin la scurt timp după acționarea frânei, fiind distriuite în zona cu minim de material (în zona de tranziție dintre ferodou și placa de prindere a discului de frână). Se observă cum valoarea de maxim este uniform distribuită pe întreaga circumferință a discului. Tensiunea calculată nu pune în pericol integritatea structurii, ținând cont de ordinul redus al mărimii.

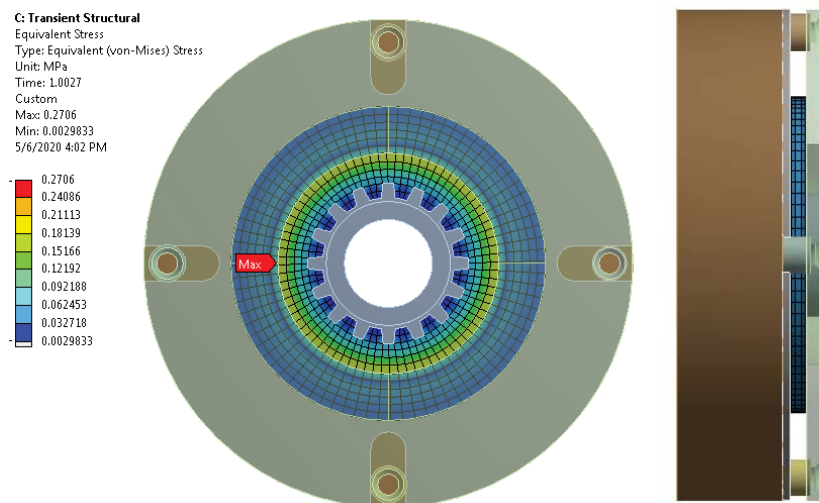


Fig. 8 Variația tensiunilor în timp, se surprinde momentul producerii frânării

6. Concluzii

Analiza în regim tranzitoriu a frânelor electromagnetice reprezintă o etapă importantă în proiectarea acestora considerând abilitățile programelor de analiză de a surprinde variația fenomenelor neliniare în raport cu timpul. În acest fel, modelul poate fi utilizat mai departe pentru studii de optimizare (cum ar fi înlocuirea materialelor de fricțiune).

8. Bibliografie

- [1]. Yasa, Y., Sincar, E., Ertugrul, B. T., și Mese, E. (2016). "A multidisciplinary design approach for electromagnetic brakes." *Electric Power Systems Research*, 14(1), 165-178.
- [2]. Chen, B., Wu, J., Shen, M., și Sun, Q. (2018). „Design Optimization of Friction Disc-Based Electromagnetic Brakes for Higher Braking Torque”, In 2018 21st International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2675-2679.
- [3]. Babukanth, G., și Teja, M. V. (2012). "Transient analysis of disk brake by using ansys software", *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, 2(1), 21-25.
- [4]. Belhocine, A., și Bouchetara, M. (2012). "Simulation of fully coupled thermomechanical analysis of disc brake rotor", *Wseas Transactions on Applied and Theoretical Mechanics*, 7(3), 169-181.
- [5]. Waters, P. E., Vaughan, D. S., și Mustico Jr, C. J. (1984). U.S. Patent No. 4,445,596. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [6]. Fey, R., și Dumbser, G. (1987). U.S. Patent No. 4,713,567. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

2D TRANSIENT THERMAL ANALYSIS OF A PERMANENT MAGNET BRUSHLESS DC MOTOR

PESCARU Vlad¹

¹Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: II, e-mail: radu_vlad.pescaru@stud.fiir.upb.ro

Conducător științific: As. Drd. Ing. Tudor George ALEXANDRU

REZUMAT: Brushless DC Motors are widespread throughout mechatronic systems due to their high efficiency and low maintenance requirements. Even so, the increase of temperatures due to the flow of electricity through the windings represents a source of performance reduction, being also responsible for the unpredictable failure of drives. To overcome such issues, numerical simulations are deployed to capture the thermal gradients, considering working conditions. The present paper proposes a 2D approach for the modeling and simulation of brushless DC motors by applying simplifying heat transfer assumptions. Finite element modeling is carried out by using ANSYS Workbench interface, while the input data is processed using Microsoft Excel. A practical example is provided for a drone application.

CUVINTE CHEIE: thermal analysis, brushless DC motor, ANSYS Workbench.

1. Introducere

În cadrul sistemelor mecatronice și robotice, motoarele de curent continuu fără perii colectoare sunt cele mai răspândite sisteme de acționare rotative, datorită mulțimii de avantaje pe care le prezintă în exploatare. Generarea forțelor motoare în astfel de soluții este guvernată de mai multe discipline, din care amintim: electromagnetice, electrică, mecanică și transfer de căldură. Existența unor multiple surse care disipă energie în timpul funcționării unor astfel de motoare este o principală cauză a apariției unor gradienti de temperatură pe stator și rotor. În ultimii 20 de ani, proiectanții de sisteme de acționare electrice au pus accentul pe îmbunătățirea caracteristicilor termice ale acestora în vederea creșterii duratei lor de exploatare și a performanțelor operaționale. La baza unor astfel de proiecte stă ingineria asistată, o disciplină care are ca scop îmbunătățirea concepției produselor sau verificarea criteriilor tehnico-economice impuse utilizând programe de simulare. Complexitatea problemei a impus reducerea dimensiunilor modelelor prin aplicarea unor ipoteze simplificatoare și a unor proceduri de modelare.

2. Stadiul actual

Abordări privind utilizarea programelor de inginerie asistată pentru simularea comportării termice a motoarelor electrice sunt răspândite în cadrul literaturii de specialitate. Modele cuplate electromagnetice-termice sunt prezentate în [1,2]. Simulările realizate surprind câmpul magnetic iar prin cuplarea analizei cu o analiză termică, se poate calcula distribuția de temperaturi. O altă abordare aproximativă este cea a modelelor reduse bazate pe convecție și conducție [3]. Metoda oferă un bun fundament pentru realizarea studiilor de optimizare.

Lucrarea de față prezintă o abordare 2D de modelare și simulare. Statorul și rotorul sunt considerate structuri de plăci compuse din mai multe materiale. Transferul de căldură este generat pe bază de conducție prin solide, radiație între stator și magneții permanenți, respectiv convecție forțată datorată curgerii aerului printre lamelele înfășurărilor și a caracsei rotorului. Activitatea bobinelor este studiată utilizând Microsoft Excel. Aproximarea căldurii cedate în volum este realizată raportând caracteristicile variabile din sistem la date de catalog. Rezultatele obținute sunt distribuția de temperaturi și evoluția acestora în timp.

3. Modelul de simulare

Motoarele de curent continuu au fost concepute pentru a rezolva problematica fiabilității creată de sistemul inel colector – perii colectoare. Periile fiind realizate din grafit se tocesc în timp, iar uzura acestora (combinată în cazuri nefericite cu aplicarea unui lubrifiant în acea zonă) ducea treptat la distrugerea motorului dacă acestea nu erau schimbate regulat. Soluția „salvatoare” a fost introducerea unui traductor de poziție pe rotor și implicit trecerea de la o comutație dinamică la una statică realizată electronic, nu mecanic. Motorul despre care vom discuta astăzi se încadrează în tipologia menționată mai sus, cu precizarea că poate fi numit „ciudatul grupului” deoarece rotorul este de fapt carcasa, această concepție purtând numele de „out-runner”. El este folosit preponderent la drone. Ca structură internă acesta posedă 10 bobine dispuse radial. Magneții permanenți sunt amplasați pe carcasa rotitoare cu polul S așezat către stator (vezi figura 1).

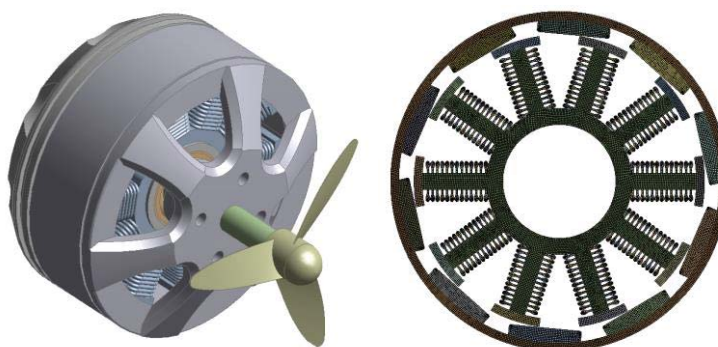


Fig. 1 Modelul geometric 3D și modelul 2D discretizat

Bobinele diametral opuse funcționează în pereche pentru a genera forța motoare care va învârti carcasa. S-a studiat comportarea termică a acestui motor folosind software-ul ANSYS pentru a face două tipuri de analize: în regim staționar și în regim tranzitoriu. Pentru modelarea datelor (ex. modul în care se „aprind” bobinele) s-a utilizat Microsoft Excel. Mai jos este realizată o scurtă descriere a simulărilor realizate:

- **Simularea în regim staționar:**

Datele de intrare pentru acest tip de analiză sunt: geometria, datele din Excel și prospectul dronei. Datele de ieșire sunt reprezentate de variația temperaturii în raport cu căldura cedată prin efect Joule de la bobine. Această variație se prezintă sub forma unei funcții de transfer. De menționat este că acest tip de simulare utilizează doar conductivitatea termică. La ieșire se obține o funcție de transfer liniară între căldura cedată în volum și creșterea temperaturii maxime (vezi figura 2).

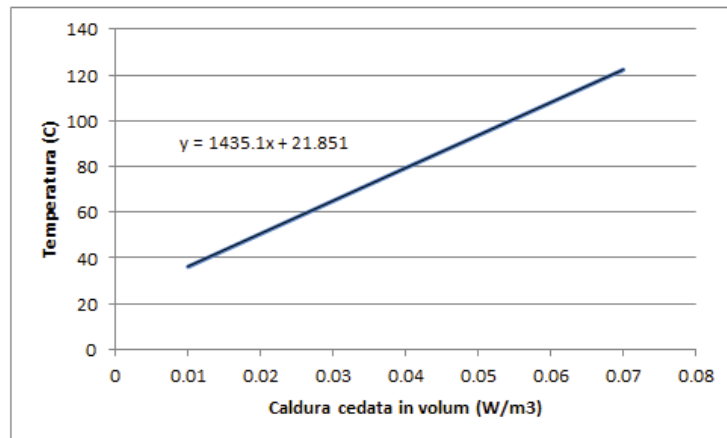


Fig. 2 Funcția de transfer generată pe baza analizei termice în regim staționar

- **Simularea în regim tranzitoriu**

Datele de intrare pentru acest tip de analiză sunt: Convecția în raport cu temperatură și variația caldurii cedate pe bobine: Convecția este fenomenul de transmitere a căldurii între o suprafață solidă și un fluid aflat în mișcare. Aceasta apare între lamelele statorului și fluidul din interiorul carcsei, respectiv între carcasa și fluidul din mediul ambiant. Deși fluidul are în practică o curgere turbulentă am considerat în simulare că acesta are o curgere laminară. Ipoteze simplificatoare convecției (analogie carcasa exterioară - arbore strung [4], toate înfășurările – placa plană, fluid care curge laminar, nu turbulent [5]), convecția în raport cu temperatură, variația caldurii cedate pe bobine.

Pentru a modela acest fenomen s-a pornit de la următoarele ipoteze simplificatoare: înfășurările ca fiind plăci plane. Cât despre carcasa, putând fi încadrată aproximativ într-un cilindru, s-a făcut analogia cu arborele unui strung, folosind formulele dintr-o lucrare de specialitate.

Din acest tip de simulare pot fi studiate două rezultate importante:

- Distribuția de temperaturi pe structura statorului și a rotorului la un anumit pas de timp (vezi figura 3)

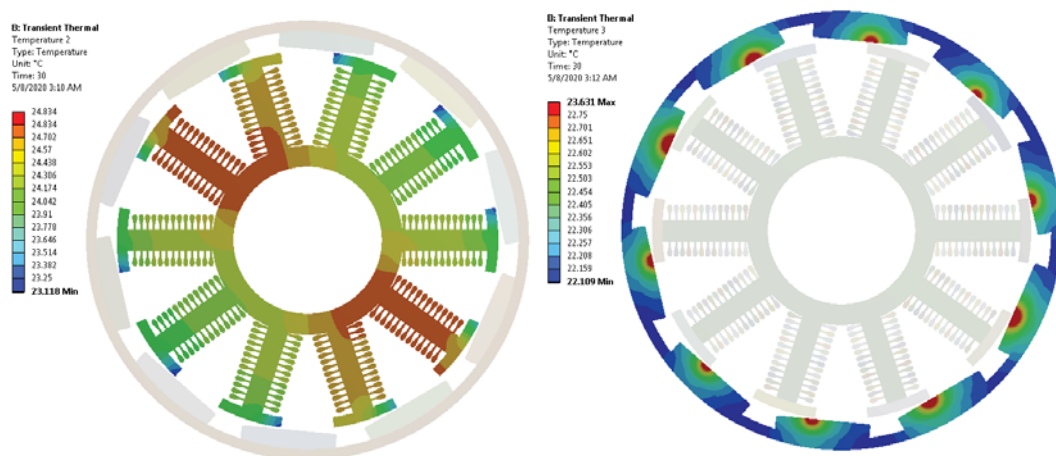


Fig 3 Distribuția de temperaturi observată la nivelul statorului și al rotorului

- Variația temperaturilor în raport cu timpul pe întreg motorul (vezi figura 4).

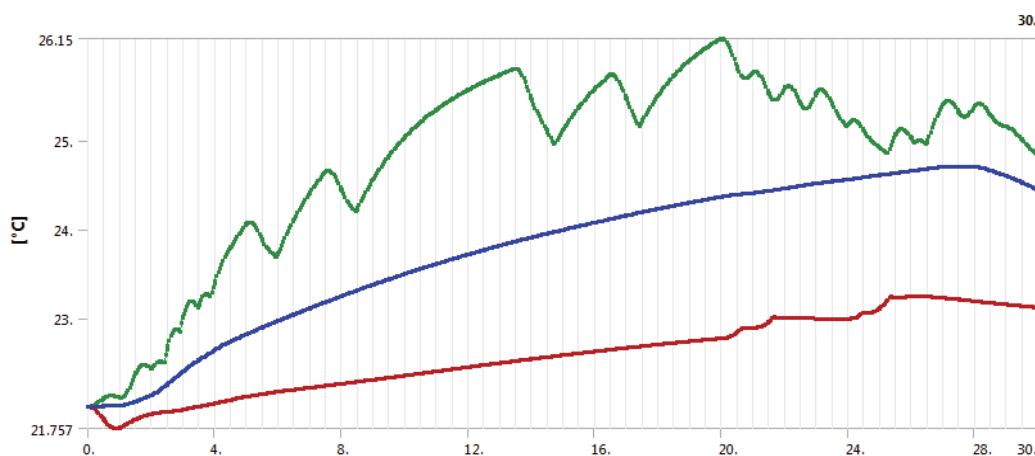


Fig. 4 Graficul evoluției temperaturii în raport cu timpul pentru un ciclu de funcționare dat

4. Concluzii

Lucrarea a prezentat o abordare pentru modelarea și simularea 2D a motoarelor de curent continuu fără perii colectoare. Rezultatele obținute surprind stocarea căldurii în sistem prin integrarea timpului în analiza termică. Temperaturile maxime se concentrează la nivelul bobinelor nr. 9 și 4. Valorile cele mai reduse ale temperaturii se obțin pentru carcasa rotorului unde schimbul de căldură prin radiația de la stator nu este suficient de pronunțat (acesta fiind și un dezavantaj al acestui tip de motor).

8. Bibliografie

- [1]. Xiaowei, W., Tiecai, L. (2011) "A 3-D Electromagnetic Thermal Coupled Analysis of Permanent Magnet Brushless DC Motor" In 2011 First International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control, 15-18.
- [2]. Sun, J. X., Sun, Y. X., și Wang, Y. B. (2013). "Two-Dimensional Steady Temperature Field Analysis of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor". Small & Special Electrical Machines, 6.
- [3]. Li, Y., Huang, X., și Fang, Y. (2013). "Thermal analysis of a brushless DC motor for aerospace application using thermal network models". In 2013 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 855-859.
- [4]. Haitao, Z., Jianguo, Y., și Jinhua, S. (2007). „Simulation of thermal behavior of a CNC machine tool spindle” International Journal of Machine Tools and Manufacture, 47(6), 1003-1010.
- [5]. Ghiaasiaan, S. M. (2018). „Convective heat and mass transfer”, Editura CRC Press.

CERCETĂRI PRIVIND FENOMENELE TERMODINAMICE ÎN CAZUL PROCEDEULUI DE TĂIERE CU LASER ȘI CONSECINȚELE ACESTORA ASUPRA PRECIZIEI PIESELOR DE CAROSERIE DIN DOMENIUL AUTO

BILEA Irina Mihaela

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: 4,
e-mail: irinabilea@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**
Conducător științific: Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**
Conducător științific: As. drd. ing. **Tudor George ALEXANDRU**

REZUMAT: Cercetarea constă în simularea comportării termice a unei portiere auto în timpul tăierii cu laser. Pentru realizarea analizei termice am reumplut un gol prezent în portieră cu o placă modelată pentru a putea reproduce procedul de tăiere cu laser. În zona de tăiere cu laser am creat 20 de segmente de portieră cu rol de cordon de ghidare prin care se va putea simula trecerea fascicului laser prin fiecare segment de portieră, după care se va putea vizualiza propagarea caldurii în structura portierei auto și efectua tăierea propriu-zisă a acelei bucăți de umplutură. Cu ajutorul rezultatelor de temperatură și a trei suporturi fără frecare adăugate ulterior s-a realizat analiza tranzitorie unde se pot vedea rezultatele și vizualizarea grafică a deformărilor totale și ce efecte au acestea asupra preciziei portierei auto rezultate în urma tăierii cu laser.

CUVINTE CHEIE: robot, tăiere, laser, caroserie, termodinamică

1. Introducere

Laserul este practic doar o lumină extrem de concentrată, foarte amplificată precum în exemplul următor (vezi figura 1):

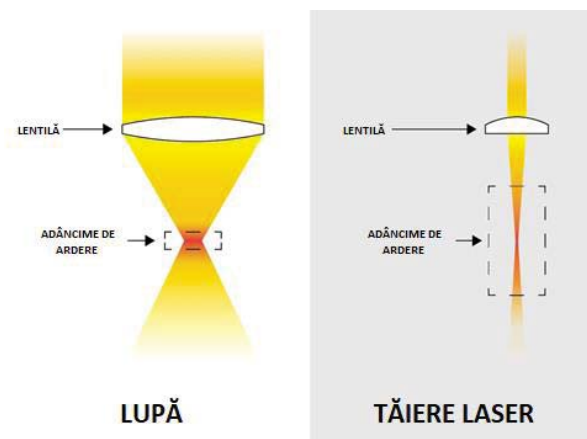


Fig.1. Difracția luminii printr-o lupă comparativ cu unda laser

Un laser față de fluxul de fotoni de la o lanternă are un grad ridicat de coerență, ceea ce înseamnă că lumina are difracție limitată, este polarizată și are o frecvență unică, consistentă pe o distanță lungă precum în exemplul următor (vezi figura 2):

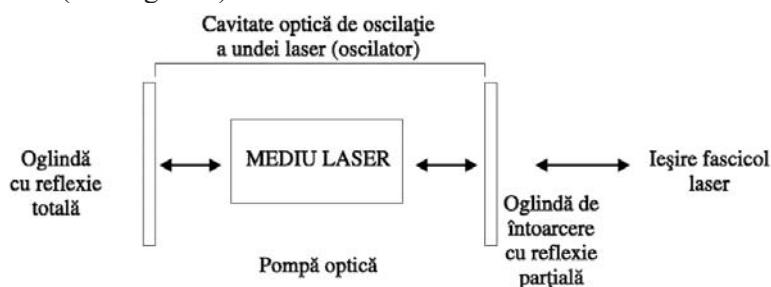


Fig. 2. Principiul de realizare a unei surse LASER

Funcționarea laserilor se bazează pe simularea inițială a emisiei luminoase a mediului laser care se realizează printr-un procedeu de excitare energetică a atomilor urmată de amplificarea emisiei de energie luminoasă. Viteza de producție este limitată de o serie de factori, inclusiv puterea laserului, grosimea materialului, tipul procesului (reactiv sau inert) și proprietățile materialului. Sistemele industriale obișnuite (≥ 1 kW) vor tăia metalul din oțel carbon de 0,51 - 13 mm grosime (vezi tabel 1).

Tabel 1. Grosime material de prelucrat.

Materialul de Prelucrat	Grosimea Materialului					
	0.51 mm	1.0 mm	2.0 mm	3.2 mm	6.4 mm	13 mm
Oțel inoxidabil	42.3	23.28	13.76	7.83	3.4	0.76
Aluminiu	33.87	14.82	6.35	4.23	1.69	1.27
Oțel moale	-	8.89	7.83	6.35	4.23	2.1
Titaniu	12.7	12.7	4.23	3.4	2.5	1.7
Placaj	-	-	-	-	7.62	1.9
Bor / epoxid	-	-	-	2.5	2.5	1.1

Factorii de influență ce condiționează alegerea unui anumit tip de sursă laser sunt direcționalitatea fascicului laser (vezi tabel 2a și 2b) și distribuția energetică a fascicului.

Tabel 2a. Direcționalitatea fascicului laser.


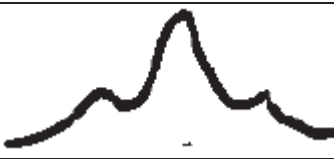



Tip sursă LASER / Caracteristici	CO_2	CO	O_2I	Nd: YAG	Excimeri
Lungime de undă [m]	10.6	5	1.315	1.06	0.1 ÷ 0.4
Putere medie W	$10 \div 25 \times 10^4$	3000	1000	1 ÷ 2000	1 ÷ 250
Funcționare continuă / în impulsuri	DA / DA	DA / DA	DA / DA	DA / DA	NU / DA
Puterea unui impuls kW	2 ÷ 4 PC	3000	1000	1 ÷ 6000	$10^3 \div 10^5$
Durata impulsului	> 1	> 1	1000 ÷ 2000	600 ÷ 2500	0.01 ÷ 0.04
Posibilitatea orientării fascicului în zona de lucru	greu	ușor	ușor	ușor	mediu-greu
Posibilitatea de utilizare a fibrelor optice	imposibil	ușor	ușor	ușor	greu
Eficiența sursei LASER [%]	10 ÷ 20	20 ÷ 30	estimat > 30	1 ÷ 4	scăzută

Tabel 2b. Direcționalitatea fascicului laser.

Tip sursă LASER / Caracteristici	CO_2	CO_2	O_2I	Nd: YAG	Excimeri	Cu electroni liberi
Divergența fascicului	mare	medie	mică	mică	medie	foarte mică
Conducerea fascicului de la sursă în zona de lucru	dificilă	usoară	usoară	usoară	medie – dificilă	foarte dificilă
Utilizarea sistemelor cu oglinzi și lentile	da (singura posibilitate)	da	da	da (puțin utilizată)	da (cu cuarț incolor)	nu
Utilizarea sistemelor cu fibre optice	imposibilă	medie – ușoară	usoară	usoară	dificilă	imposibilă
Amplasarea sursei la distanță de zona de lucru	limitată (în funcție de optica de conducere și tipul inst.)	da (max. 100m utilizând fibre optice)	da (max. 100m utilizând fibre optice)	da (max. 100m utilizând fibre optice)	limitată (în funcție de optica de conducere și tipul inst.)	limitată (în funcție de tipul instalației)
Surse de erori din sistemul optic cu oglinzi și lentile	da (apar în mod inerent)	da (dacă se utilizează acest sist.)	da (dacă se utilizează acest sist.)	da (dacă se utilizează acest sist.)	da (dacă se utilizează acest sist.)	-
Surse de erori din sistemul optic cu fibre optice	-	nu (dacă se utilizează acest sist.)	nu (dacă se utilizează acest sist.)	nu (dacă se utilizează acest sist.)	nu (dacă se utilizează acest sist.)	-
Alte surse de erori	Funcție de concepția particulară a sistemului tehnologic cu LASER					

Principalele tipuri de forme de undă laser adecvate unor categorii de prelucrari uzuale precum în exemplul următor (vezi tabel 3):

Tabel 3. Distribuția energetică a fascicului.

Tip undă	Secțiunea – circulară transversal		Aplicația
1	Gaussiană		Tăiere Sudare
2	Apropriat Gaussiană		Tăiere Sudare
3	Neregulată		Tratamente termice Unele sudări
4	Multimodală		Tratamente termice Unele alieri
5	Cu sistem de difracție a fascicolului		Puteri maxime Sudare Tratamente termice Alierie

2. Stadiul actual

Pentru realizarea analizei termice segmentul de portieră ce va fi tăiat este cu 1 cm (dimensiunea fascicului laser) mai mică de jur împrejur decât dimensiunea golului de pe suprafața ușii care va urma a fi tăiat cu laser. Acel spațiu de 1 cm l-am umplut cu 20 de segmente cu rol de cordon de ghidare prin care se va putea simula trecerea fascicului laser prin fiecare segment, se va putea vizualiza propagarea caldurii în structura ușii de mașină și efectua tăierea propriu-zisă a acelei bucăți de umplutură.

Pentru discretizare am folosit metoda Hex Dominant și un Body Sizing de 1 mm pentru structura ușii de mașină și bucata ce va fi tăiată, iar pentru segmentele de tăiere a fascicului laser am ales o discretizare mai fină cu mărimea elementelor de 0.3 mm.

Temperatura inițială a elementelor este de 22°C. Pentru fiecare segment în parte am creat un flux de caldură (Heat Flow) estimativ de 200 W astfel încât să iasă o tăiere și o propagare de caldură uniformă la nivelul elementelor analizate.

Transferul de căldură se realizează prin convecție. Radiația termică este radiația electromagnetică emisă de toate corpurile, ea pătrunde prin orice material care nu o poate reflecta. La contactul dintre laser și ușă radiația elementelor analizate emisă este în raport de 0.7.

Analiza termică este compusă din 20 de etape, intervalul de desfășurare a analizei este de 20 secunde, iar valorile introduse pe fiecare pas sunt sub forma de Tabular Data.

Temperaturile rezultate din analiza termică sunt uniforme, se propagă corespunzător pe suprafața materialului tăiat și sunt cuprinse între valori acceptabile.

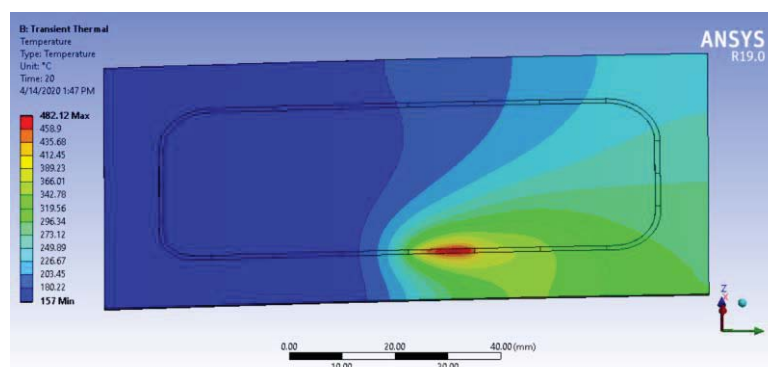


Fig. 3. Reprezentarea grafică a propagării temperaturii la nivelul uşii tăiate

Analiza în regim termic tranzitoriu are ca scop determinarea distribuţiei de temperatură într-o structură ca funcţie de timp sau anticiparea căldurii acumulate în sistem. Metoda aceasta este cea mai folosită deoarece majoritatea fenomenelor termice sunt de natură tranzitorie.

Analiza termică în regim tranzitoriu este de obicei o analiză neliniară în care proprietăţile de material cum ar fi conductivitatea termică, căldura specifică şi densitatea variaza semnificativ cu temperatura.

O diferenţă majoră între analiza termală şi cea în regim tranzitoriu este faptul că încărcările sunt în funcţie de timp

Pentru analiza termică în regim tranzitoriu s-au adăugat trei suporturi fără frecare şi sunt necesare rezultatele temperaturilor în urma analizei termice.

Analiza termică în regimul tranzitoriu este formată din patru paşi, durata totală a analizei fiind de patru secunde. După realizarea analizei în regim tranzitoriu se pot vedea rezultatele şi vizualizarea grafică a tensiunilor echivalente, rezultatele şi vizualizarea grafică a deformărilor totale. Deformaţiile totale rezultate sunt foarte mici şi nu vor pune probleme, iar rezultatele tensiunilor echivalente sunt cuprinse între valori normale.

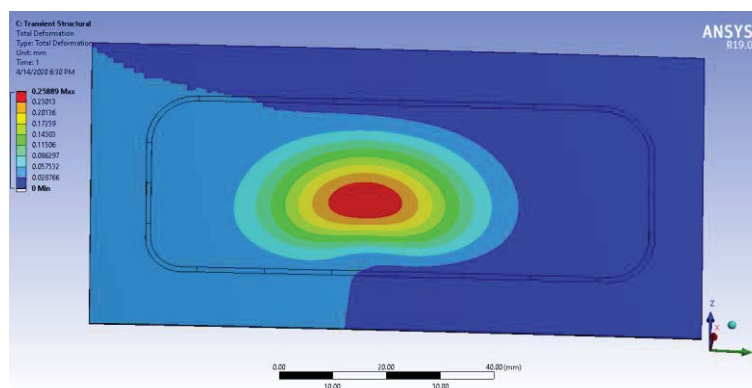


Fig. 4. Vizualizarea grafică a deformărilor totale

Având în vedere toate cele trei analize realizate, cinematică, termală şi în regim termic tranzitoriu, atât tensiunile cât şi deformăţiile specifice rezultate nu au fost periculoase şi nu au fost necesare modificări structurale de îmbunătăţire considerabile. Atât comportarea dinamică cât şi cea termică au avut rezultate favorabile în limita valorilor normale.

6. Concluzii

Am contribuit prin modelarea plăcii din portiera auto pentru a putea reproduce procedul de tăiere cu laser. În zona de tăiere cu laser am creat 20 de segmente de portieră cu rol de cordon de ghidare prin care se va putea simula trecerea fascicului laser prin fiecare segment de portieră, Am creat analiza termică și analiza tranzitorie în programul ANSYS Workbench și am realizat simularea operației de tăiere cu laser cu ajutorul robotului ales la licența de tip portal dublu Reis RL130P în paralel cu analiza termică (vezi figura 5).

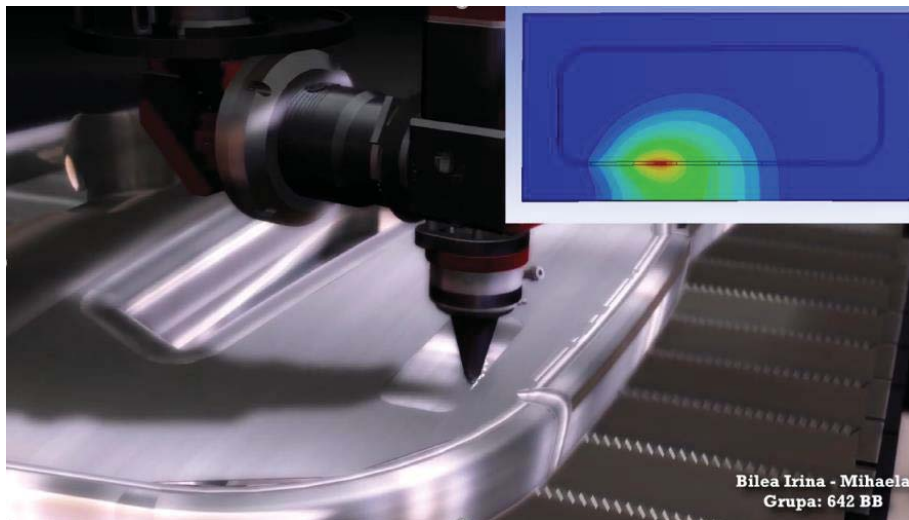


Fig. 5. Simularea operației de tăiere laser în paralel cu analiza termică

7. Bibliografie

- [1]. Cristina Pupăză și Radu Constantin Parpală (anul), *Modelare și Analiză Structurală cu ANSYS Workbench*, Editură Politehnica Press.
- [2]. Materiale de curs și laborator la disciplinele de IAC2 și CESPR

8. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

W = watt

Proiectarea prin analiză și simulare a efectorului de paletizare multifuncțional cu care este echipat robotul ABB IRB 460 și identificarea soluțiilor de îmbunătățire a comportării statice și dinamice a acestuia.

ICĂ Sebastian-Ionuț

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotica, Anul de studii: IV, e-mail: icasebastian@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. Cristina Pupăză, Prof. dr. ing. Adrian Nicolescu, As. Drd. Ing. Tudor George Alexandru

Tema constă în analiza cinematică (Rigid Dynamics) și în regim tranzitoriu (Transient Structural) a unui efector multifuncțional destinat operațiilor de paletizare având un lanț cinematic complex. Obiectivul principal al proiectului este de a studia rigiditatea sistemului de pârghii al efectorului și de a identifica problemele apărute în transmiterea mișcării, ulterior găsind soluții pentru rezolvarea acestora.

CUVINTE CHEIE: Analiza cinematica, Analiza în regim tranzitoriu, Metoda elementelor finite, Pneumatica

1. Introducere

Cu ajutorul programului ANSYS WorkBench 19.0, în modulul “Rigid Dynamics” se va crea lanțul cinematic al efectorului și se vor studia deplasările, forță necesară de împingere a cilindrului pneumatic care acționează sistemul de pârghii și se vor determina ajustările necesare pentru funcționarea eficientă a întregului ansamblu.

Totodată, în modulul “Transient Structural” se vor determina deformațiile și tensiunile apărute în brațele care transmit mișcarea în condiții reale de solicitare a efectorului și se vor face observații privind soluțiile constructive și/sau posibilitatea de îmbunătățire a acestora.

I. Analiza cinematică în ANSYS (modulul Rigid Dynamics) este folosită pentru stabilirea solicitărilor în cuplele cinematice. Este o analiză recomandată pentru roboți, precede orice analiză statică sau dinamică și dispune de un solver dedicat: ANSYS Rigid Dynamics solver. Deoarece în industrie acest tip de analiză se face cu programul ADAMS, ANSYS are funcționalități extinse pentru conexiunea cu acest program.

Rigid body dynamics (RBD) reprezintă studiul deplasării ansamblurilor în timpul funcționării, considerând toate componentele rigide. După definirea cuplelor cinematice, programul blochează automat deplasările sau rotațiile pe anumite axe. Toate restricțiile sunt definite în cuplele cinematice. Fiecare cuplă cinematică asigură legătura dintre două componente. Cuplele cinematice sunt caracterizate de deplasările relative care sunt atribuite corpurilor pe care le conectează. Astfel, necunoscutele primare într-o analiză RBD sunt translațiile și rotațiile centrelor de greutate ale componentelor rigide și deplasările în cuplele cinematice. Alte mărimi care se calculează în analiza RBD sunt forțele care se dezvoltă în cuple și se transmit între componente, spre deosebire de analiza structurală, unde se calculează deformațiile specifice și tensiunile.

Metoda numerică folosită pentru determinarea deplasării ansamblului este Metoda Runge-Kutta. Aceasta este o procedură iterativă, aproximativă pentru rezolvarea numerică a ecuațiilor diferențiale. Metoda este precisă și se folosește pentru multe probleme practice. Aproximarea este mai bună decât cea oferită de metoda Euler. Ideea metodei este că, pentru rezolvare (găsirea soluției privind deplasarea ansamblului), se aproximează panta secantei, de la un increment de timp la altul.

La o astfel de analiza nu este necesară discretizarea decât în cazul în care se definesc contacte între componente. În analiza discutată au fost suprimate contactele.

Exemple de analize cinematice:

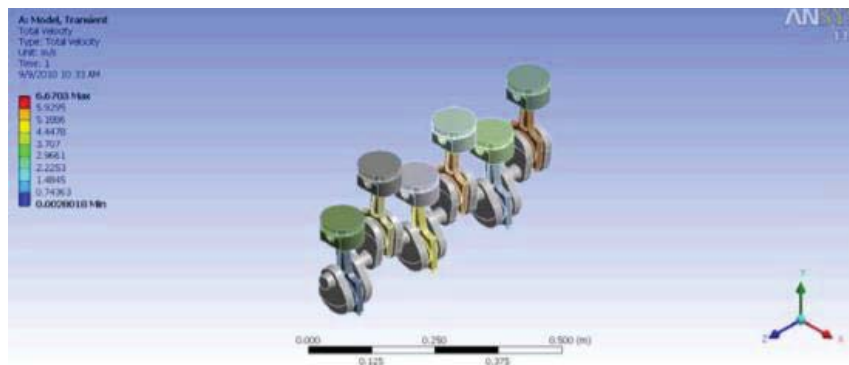


Fig. 1 Studiul vitezei unghiulare al unui arbore cotit având detonatia pistoanelor sincronizată



Fig. 2 Analiză comportării structurii unui robot industrial

II. Analiza în regim tranzitoriu (“Transient structural”) se mai numește și analiză dinamică flexibilă. Poate fi folosită pentru a determina răspunsul dinamic al unei structuri sub acțiunea unor solicitări definite în unitatea de timp. Acest timp de analiză este cea mai versatila și se folosește pentru a determina deformații, tensiuni, eforturi și forțe din structura care variază în timp.

Acest tip de analiză este solicitantă pentru resursele unității de calcul. Este folosită în general când inerțiile și efectele de amortizare sunt considerate importante.

Când o analiză transient este folosită, trebuie alocat un timp suplimentar pentru a simplifica modelul astfel încât să se obțină o discretizare bună

De punctat:

- Trebuie evitata neliniaritatea
- Se folosesc puncta de masa pentru a reprezenta componente nestructurale pentru analiza
- Se vor face rigide componentele a căror flexibilitate nu este cerută in analiză

Prin progresul unităților de calcul, analiză în regim tranzitoriu a devenit o opțiune foarte reliasta folosită de industrii cum ar fi:

- Aviatie
- Automobile
- Sisteme de Securitate si defensive
- Constructii
- Robotică
- Ind. Navala etc.

Acest tip de analiza se rezolva prin metoda elementelor finite. Metoda elementelor finite (MEF) este cea mai utilizată metodă numerică folosită pentru calculul structurilor. Concepută inițial pentru calcul structural în domeniul mecanic liniar-elastic, a fost extinsă și generalizată.

MEF se bazează pe:

- Principiile mecanicii solidului deformabil
- Teoria elasticității
- Calcul matriceal
- Metode numerice de interpolare

Pentru calculul prin MEF, structura continuă se înlocuiește cu un model de calcul discontinuu, sau discret (fig. 5.7). Discretizarea reprezintă aproximarea modelului geometric printr-o rețea cu un număr mare, dar finit de elemente cu o configurație geometrică simplă. Intersecția dintre elementele rețelei de discretizare formează noduri. Discretizarea trebuie să se muleze cât mai bine pe geometria structurii și să o aproximeze cât mai exact. Elementele prin care se face aproximarea geometriei poartă numele de elemente finite.

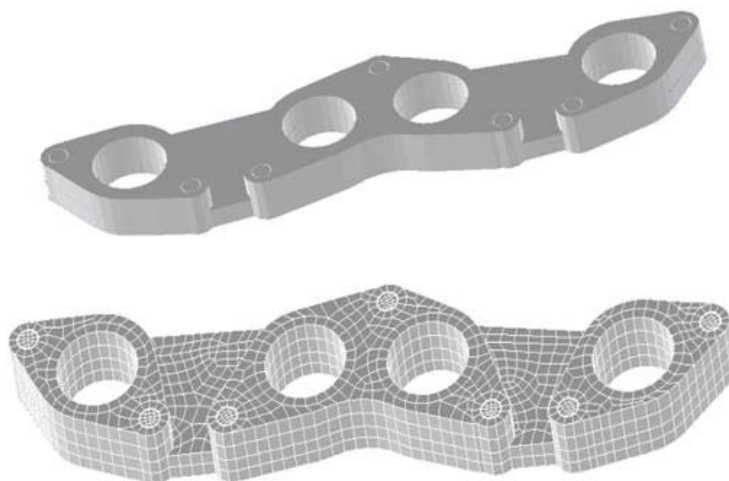


Fig 2. Model de calcul continuu (sus) și discretizat (jos)

Prin urmare, programele care lucrează prin MEF calculează comportarea structurii în nodurile rețelei de discretizare și pe baza acestor rezultate, exprimă comportarea întregii structuri.

În principiu, cu cât numărul de noduri este mai mare, cu atât rețeaua de discretizare este mai fină și aproximarea geometriei e mai bună, dar crește timpul de calcul

Modulul Mechanical conține opțiuni de discretizare în meniul Mesh.

Observație: Calitatea discretizării se reflectă direct în precizia rezultatelor. Nu există o metodă unică de discretizare, dar există reguli de modelare MEF care trebuie respectate la discretizare

2. Prezentarea sistemului de pârghii al efectorului și a aplicației în care este integrat

Denumirea aplicației: Celulă robotizată de paletizare, înfoliere și etichetare integrand un robot industrial de tip braț articulat echipat cu un efector vacuumatic multifuncțional.



Fig. 3 Efectorul multifuncțional



Fig. 4 Acționarea bacurilor efectorului



Fig 5. Tipuri de materiale manipulate

Efectorul are adaptat un sistem de preluare al paleților prin deschiderea unor bacuri acționate de un sistem de pârghii antrenate de un motor pneumatic liniar. Pentru preluarea cutiilor și a separatoarelor se folosesc niște ventuze echipate cu generatoare de vid.



Fig 6. Sistemul de pârghii ce acționează bacurile / Ventuzele pneumatice

3. Pregătirea modelului de calcul

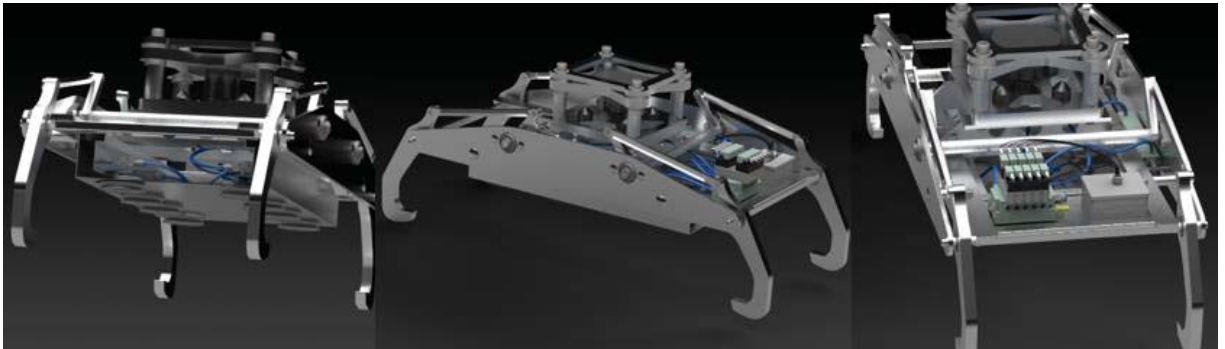


Fig. 7 Efectorul proiectat în mediul de lucru SiemensNX

Efectorul a fost proiectat în programul de proiectare CAD SiemensNX. Se vor exporta ca parasolid componentele de interes pentru studiul lanțului cinematic al sistemului de preluare a paletelor, ulterior componentele se vor importa în DesignModeler.

Formatul parasolid (X_T) a fost dezvoltat de către compania Shape Data Limited, acum deținut de Siemens PLM Software. Capabilitățile acestui format includ comenzi complete și complexe din mediul de lucru CAD. Este folosit într-o mare varietate de aplicații incluzând programe ca SolidWorks, SolidEdge, NX, Microstation, Ansys, Abaqus s.a.

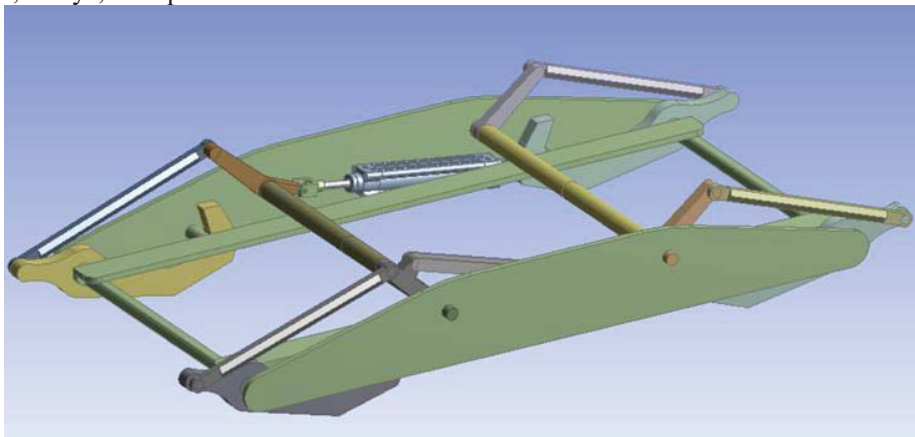


Fig 8. Modelul de studiat importat în Design Modeler

Sistemul de pârghii împreună cu cilindrul pneumatic ales preliminar au fost introduse în DesignModeler. S-au eliminat razele de racordare, și am creat amprentarea fetelor (imprint faces) pentru fețele de interes. Pentru o discretizare bună am divizat anumite elemente dintr-un singur braț pentru a scoate în evidență fețele mapabile. Elementele divizate au fost introduse apoi într-un singur “Part Group” pentru a reintregii brațul.

Fiind un model realizat în totalitate în modulul “Modeling” din SiemensNX nu au existat probleme în importul geometriei și în continuitatea suprafețelor. Au fost însă făcute câteva modificări pentru a evita unele mici coliziuni între componente.

Pentru simplificarea geometriei și pregătirea de discretizare s-au folosit următoarele comenzi: Face Delete, Boolean(Extrude/Imprint Faces/Substract), Edge Split, Face Split, Projection, Merge, Move, Slice, Translate..

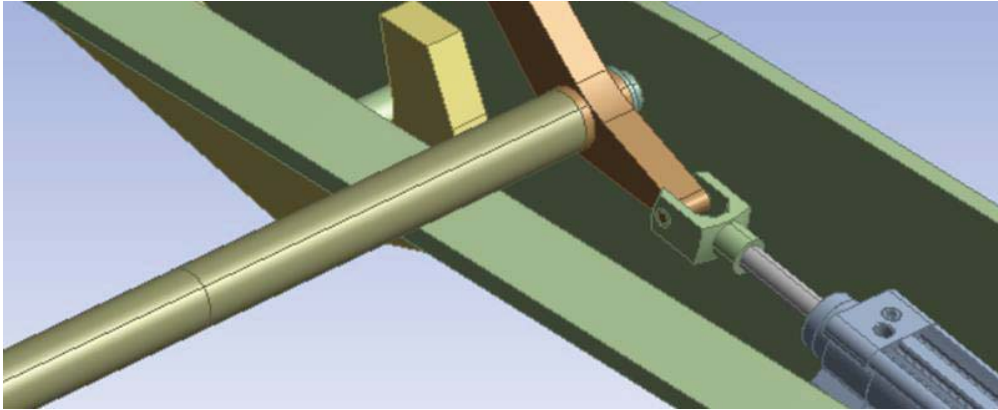


Fig. 9 Exemplificarea delimitarii suprafetelor mapabile

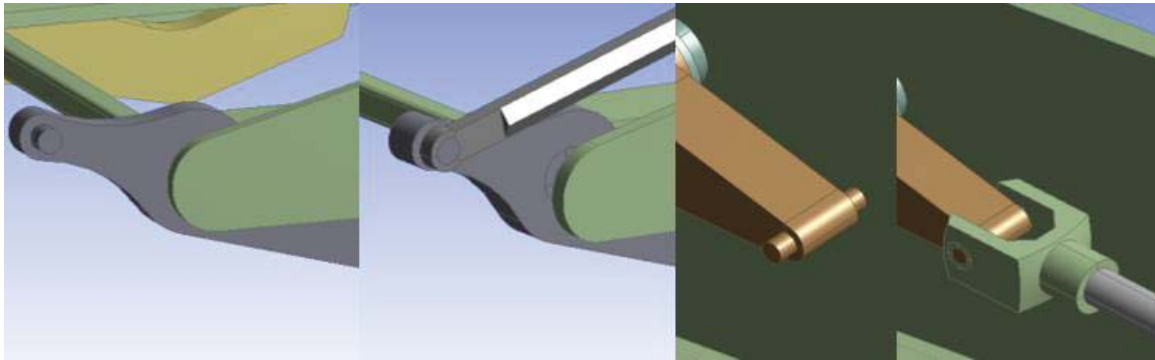


Fig. 10 Crearea de elemente suplimentare pentru definirea corecta a cuplelor

4. Analiza cinematica a sistemului de parghii

I. Alegerea materialului

Am ales din biblioteca Ansys un aliaj de aluminiu predefinit având următoarele caracteristici de material:

1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	2770	kg m ⁻³
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
5	Coefficient of Thermal Expansion	2.3E-05	C ⁻¹
6	Isotropic Elasticity		
7	Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio	
8	Young's Modulus	7.1E+10	Pa
9	Poisson's Ratio	0.33	
10	Bulk Modulus	6.9608E+10	Pa
11	Shear Modulus	2.6692E+10	Pa
12	Alternating Stress R-Ratio	Tabular	
16	Tensile Yield Strength	2.8E+08	Pa
17	Compressive Yield Strength	2.8E+08	Pa
18	Tensile Ultimate Strength	3.1E+08	Pa
19	Compressive Ultimate Strength	0	Pa
20	Isotropic Thermal Conductivity	Tabular	
23	Specific Heat, C _p	875	J kg ⁻¹ C ⁻¹
24	Isotropic Relative Permeability	1	
25	Isotropic Resistivity	Tabular	

Fig. 11 Caracteristicile materialului folosit

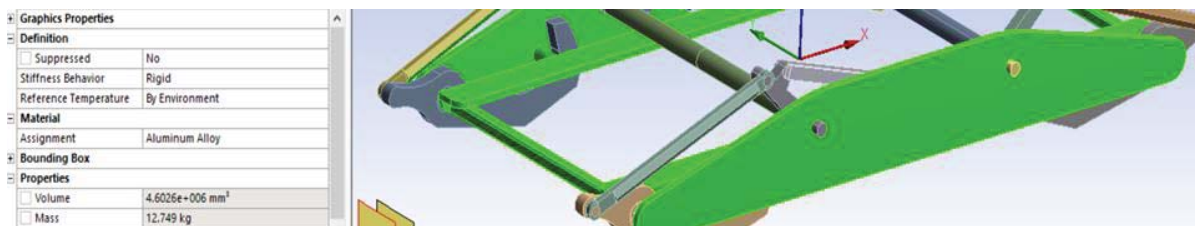


Fig. 12 Atribuirea de material componentelor (Masa totala = aprox. 45kg)

II. Definirea cuplelor cinematice

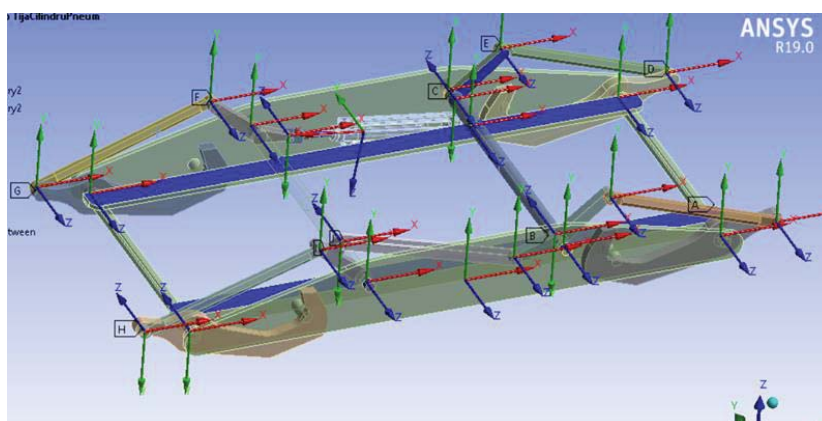


Fig. 13 Imagine de ansamblu a cuplelor cinematice

S-au definit in total 24 de cuple cinematice astfel:

- 8 cuple cilindrice pentru rotatia celor 4 bacuri si a celor 2 brate principale care transmit miscarea

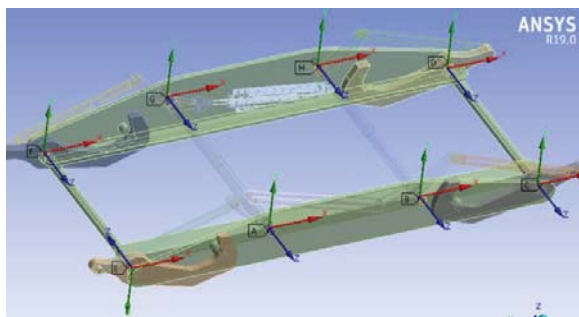


Fig. 14 Cuple cinematice

- 12 cuple de revolutie pentru bratele secundare

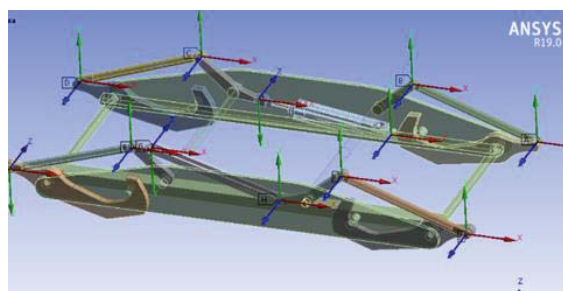


Fig. 15 Cuple cinematice

- 1 cupla de translatie pentru tija cilindricului pneumatic pe directia axei X

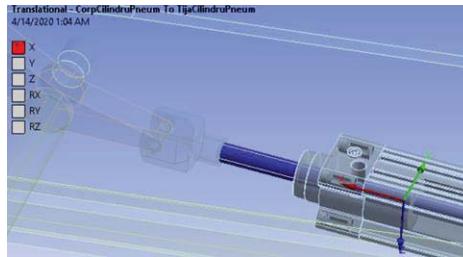


Fig. 16 Cupla de translatie a cilindricului

- 3 cuple fixe dintre care 1 cupla pentru carcasa fixa care este baza de referinta a intregului sistem de parghii si 2 pentru unirea elementelor divizate in procesul de optimizare a geometriei

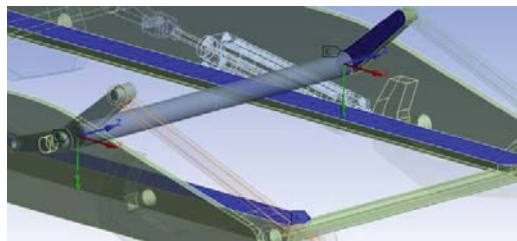


Fig. 17 Cuple fixe

III. Stabilirea parametrilor analizei

Details of "Analysis Settings"	
Step Controls	
Number Of Steps	4
Current Step Number	4
Step End Time	4. s
Auto Time Stepping	On
Carry Over Time Step	Off
Initial Time Step	1.e-002 s
Minimum Time Step	1.e-007 s
Maximum Time Step	5.e-002 s

Fig 18. Analysis settings

S-au stabilit 4 pasi de simulare (cate 1 secunda atribuita fiecarui pas).

S-au introdus valori neeconomice de simulare dar care asigura convergenta astfel:

- Timp initial: 1e-002s
- Timp minimal: 1e-007s
- Timp maximal: 5e-002s

IV. Atribuirea unei incarcari de actionare a parghiilor

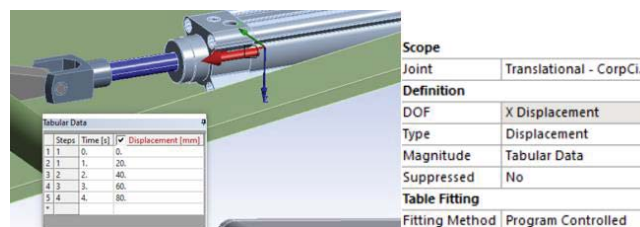


Fig. 19 Introducerea unui displacement pe cupla de translatie

Încărcarea este de forma Joint Displacement la nivelul cuplei de translatie. Se foloseste o cursa de 80mm pentru a deschide bacurile efectorului complet.

V. Rezultatele Analizei cinematice

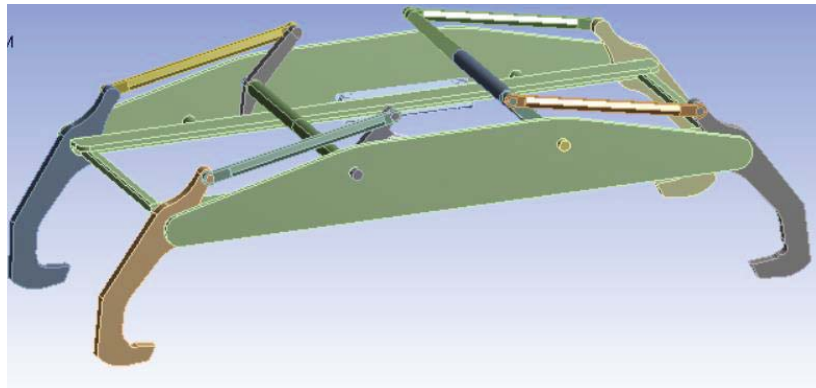


Fig. 20 Efectorul avand bacurile actionate

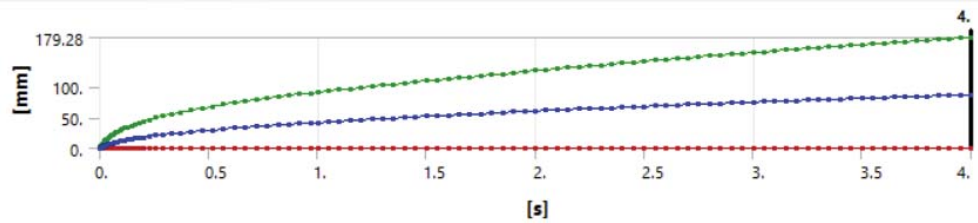


Fig. 21 Graficul deplasariilor totale

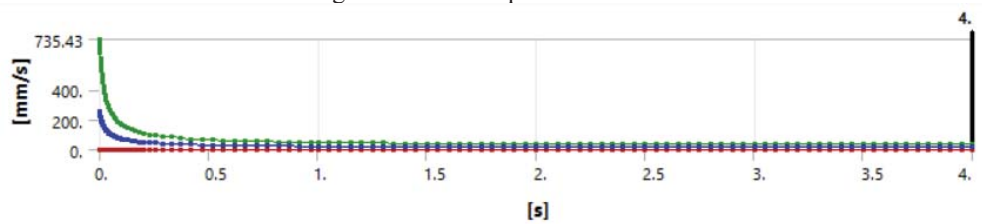


Fig. 22 Graficul vitezei totale

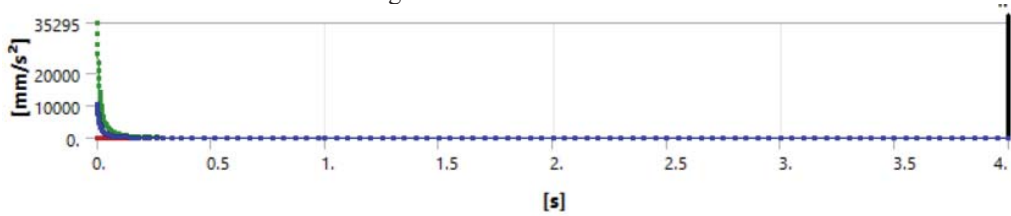


Fig. 23 Graficul acceleratiei totale

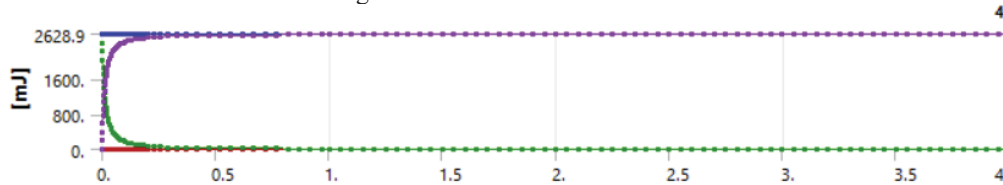


Fig. 24Graficul energiei cinetice totale

VI. Concluzii si interpretarea rezultatelor

După cum se poate observă din graficele de mai sus, în prima parte a mișcării, în zona de acționare a cilindrului pneumatic avem niște rezultate mult prea mari care indică o problema de proiectare.

Time [s]	Joint Probe (Total Force X) [N]
1	0.
2	9.2326e-004
3	1.9602e-003
4	3.1097e-003
5	4.3738e-003
6	5.7569e-003
7	7.2659e-003
8	8.9098e-003
9	1.0699e-002
10	1.265e-002
11	1.4786e-002
12	1.7128e-002
13	1.9702e-002
14	2.2535e-002
15	2.5657e-002
16	2.91e-002
17	3.2902e-002
18	3.7106e-002
19	4.1758e-002
20	4.6912e-002
21	5.263e-002
22	5.8982e-002
23	6.6047e-002
24	7.3916e-002

Fig. 25 Tabel de analiza

În rezultatul forței necesare pentru acționarea cilindrului pneumatic, comparând valorile în incrementul de timp observăm că este nevoie de o forță foarte mare pentru a putea pune în mișcare sistemul de pârgă.

Totodată observăm că după un timp forță începe să scadă și întră într-o zona plauzibilă forțelor exercitate de cilindrii pneumatici utilizabili în această aplicație

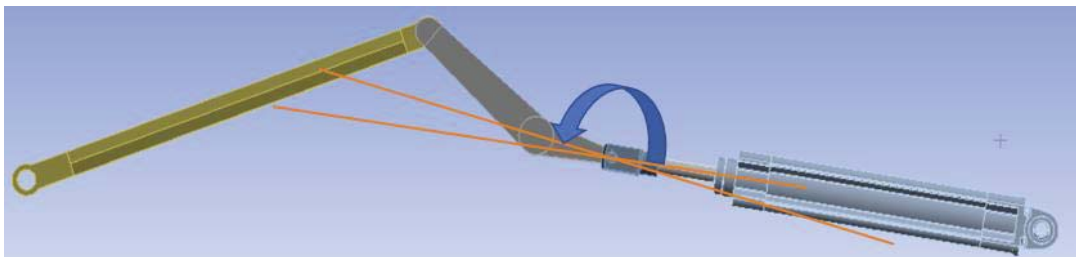


Fig 26. Ilustrarea problemei de proiectare identificate

În imaginea de mai sus este identificată problema. Mai exact unghiul dintre tijă pistonului și elementul de acționare (săgeata albastră) este foarte mare punând o tensiune foarte mare pe tijă pistonului și pe articulație.

S-a observat din tabelul forțelor necesare că la unitatea de timp 4.6912e-002 forțele se ameliorează. Pentru a identifica exact deplasarea unghiulară pe care o face acest segment am introdus un Joint Probe pe axa de rotație a elementului acționat astfel:

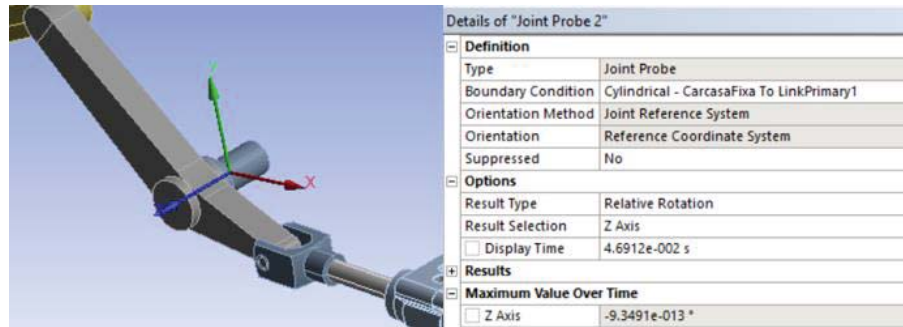


Fig. 27 Identificarea valorii de rotatie folosind un Joint Probe

Introducând timpul exact de unde valoarea forței trece spre valori normale (4.6912e-002s) putem observă valoarea cu care trebuie rotit segmentul acționat un jurul axei Z pentru că unghiul dintre el și tijă cilindricului să fie mai mic și să se elimine tensiunea din articulație.

Observam ca valoarea necesara este de : 9.3491e-013 grade.

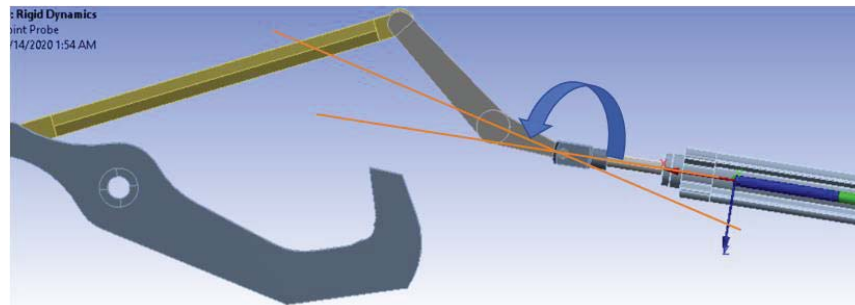


Fig. 28 Solutionarea problemei. Marirea unghiului dintre tija si elementul actionat

În urma identificării acestei probleme și a soluției proiectantul poate face ajustările necesare în sistemul de pârghii. De notă este faptul că odată cu modificarea unghiului dintre tijă cilindricului și elementul acționat este necesară modificarea lungimii brațelor secundare.

Dimensionarea cilindricului pneumatic in urma datelor obtinute:

- Forta necesara actionarii: 427N
- Cursa necesara: 80mm la care se adauga 60mm deoarece cilindricul nu incepe actionarea de la pozitia

Se configureaza un piston avand diametrul 32mm si cursa 150mm

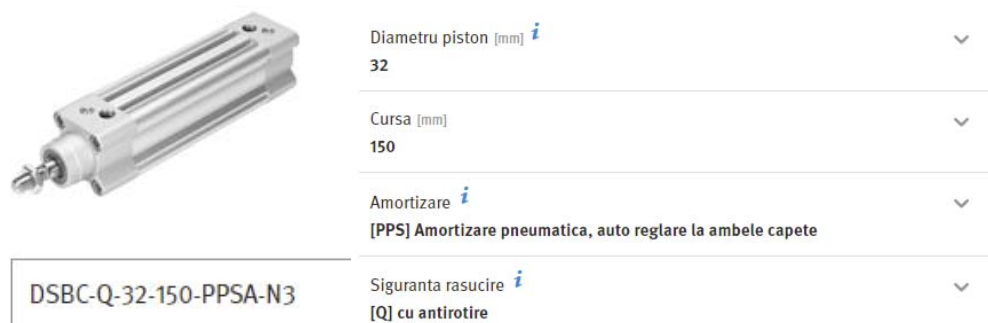
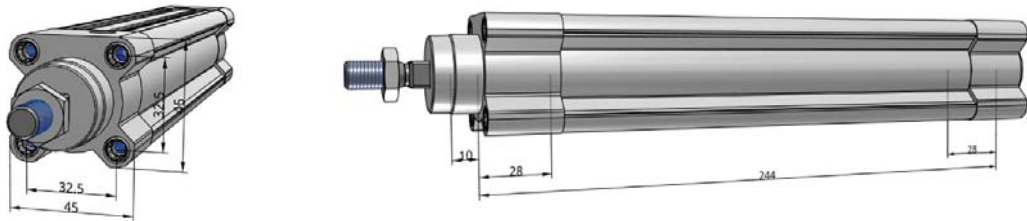


Fig. 29 Seria cilindricului pneumatic FESTO configurat



Date tehnice

Caracteristică	Valoare
Cursa	150 mm
Piston-Ø	32 mm
Cod	DSBC
Amortizare	Amortizare pneumatica la capat de cursa auto-reglabila
Pozitia de montare	Oricare
Solutie constructiva	Piston Tija Secțiunea tubului
Sesizare pozitie	pentru senzori de proximitate
Presiune operare	0.05 ... 12.0 bar
mod de operare	Dubla actiune
mediul de operare	Aer comprimat conform ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Notă: Mediul de operare / de control	Lubrifiere posibila (caz in care este necesara lubrifiere continua)
Clasa de rezistență la coroziune CRC	2 - stres moderat la coroziune
Temperatura ambientala	-20 ... 80 °C
Energia de impact	0.4 J
Forța teoretica la 6 bar, retragere	415 N
Forța teoretica la 6 bar, avans	483 N
Incarcarea aditionala per 10 mm cursa	0 g 8 g
Tip de fixare	Cu filet interior Cu accesorii optional:
Conectare pneumatica	G1/8
Notă privind materialele	contine PWIS conform cu RoHS
informatii material capac	Aluminiu turnat sub presiune, acoperit
informatii material tub cilindru	Aluminiu din aliaj forjat, alunecare anodizata

Fig. 30 Date tehnice si modelul CAD al cilindrului pneumatic

4. Analiza in regim tranzitoriu

I. Modelul de calcul

Simplificarile aduse geometriei au fost menționate la capitolul 3.

II. Discretizarea

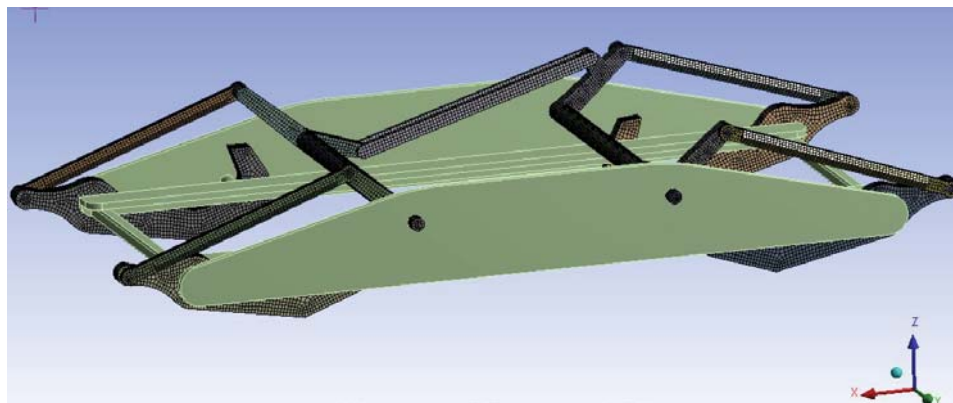


Fig. 31 Vedere de ansamblu a discretizarii

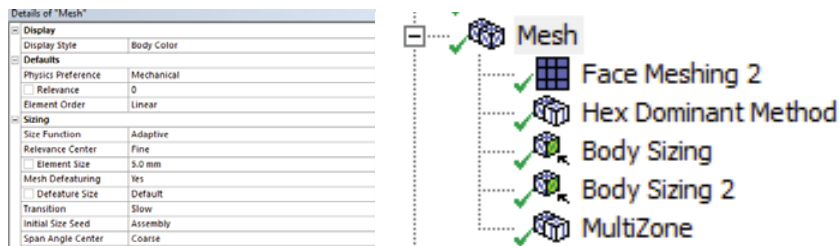


Fig. 32 Setari generale de discretizare si observarea arborelui de comenzi folosite

1. Face Meshing

Se identifica suprafetele mapabile prin Mesh>Show>Mappable faces. Prin acest lucru putem controla discretizarea astfel incat dispunerea elementelor sa fie structurata, mapata.

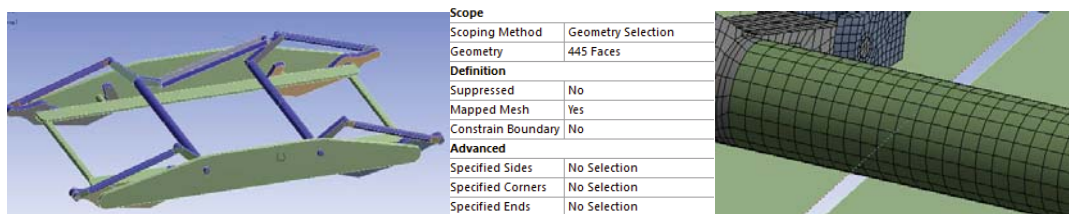


Fig. 32 Discretizarea mapata

2. Hex Dominant Method – Discretizare dominanta cu hexaedre

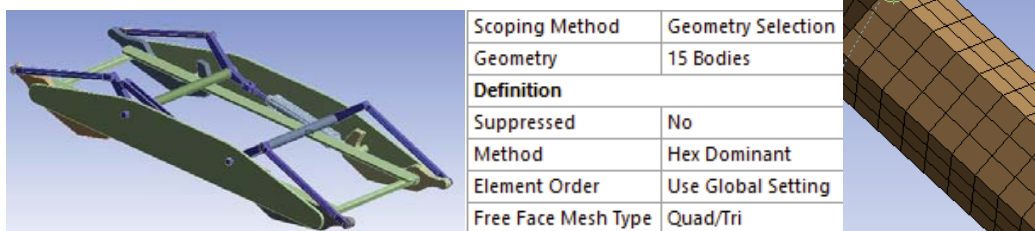


Fig. 33 Metoda Hex Dominant

3. Body Sizing 1 (2.5m – Soft Behavior) pentru Tija Pistonului

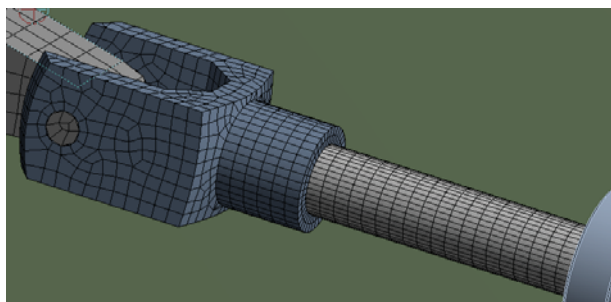


Fig. 34 Tija pistonului

4. Body Sizing 2 (5mm – Soft Behavior) pentru restul elementelor

5. Discretizare Multi-Zone pentru Bac-uri si Bratele care transmit miscarea

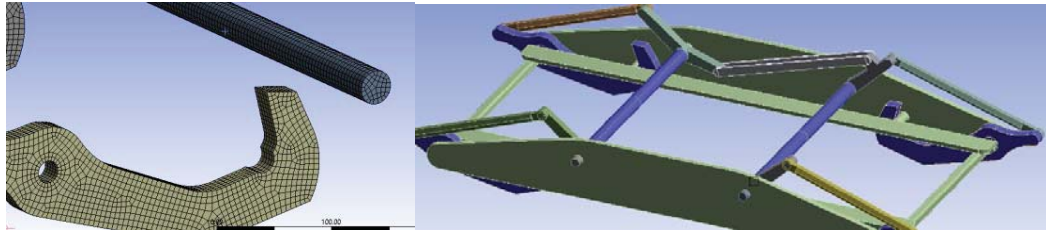


Fig. 35 Discretizarea multi-zone

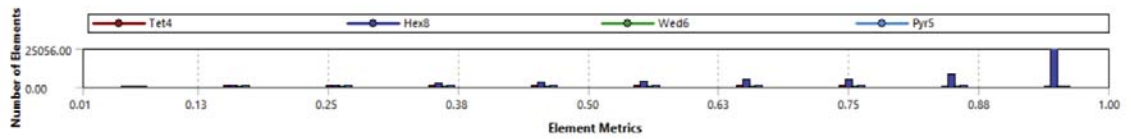


Fig. 36 Elementele discretizarii

Quality	
Check Mesh Qua...	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	1.3645e-002
<input type="checkbox"/> Max	0.99991
<input type="checkbox"/> Average	0.7565
<input type="checkbox"/> Standard Devi...	0.24243

Fig. 37 Calitatea discretizarii

III. Conditii de simulare:

Restart Analysis		Steps	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Displacement [mm]
Restart Type	Program Controlled	1	0.	0.
Status	Done	2	1.	20.
Step Controls		3	2.	40.
Number Of Steps	4.	4	3.	60.
Current Step Number	4.	5	4.	80.
Step End Time	4. s	*		
Auto Time Stepping	On			
Define By	Time			
Carry Over Time Step	Off			
Initial Time Step	1.e-002 s			
Minimum Time Step	1.e-002 s			
Maximum Time Step	1.e-002 s			



Fig. 38 Conditiiile de simulare

S-a utilizat un număr de 4 pași, fiecărui pas îi corespunde 1 secundă de simulare. Pentru valorile inițiale, minimale și maximale ale pasului de timp s-a folosit o valoare economică de 0.01s.

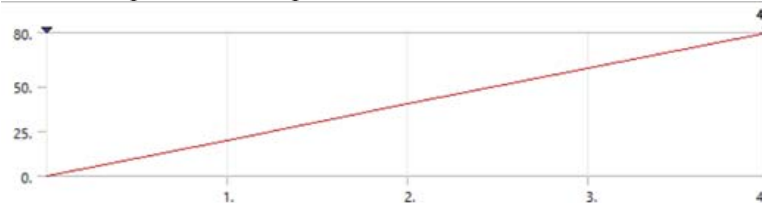
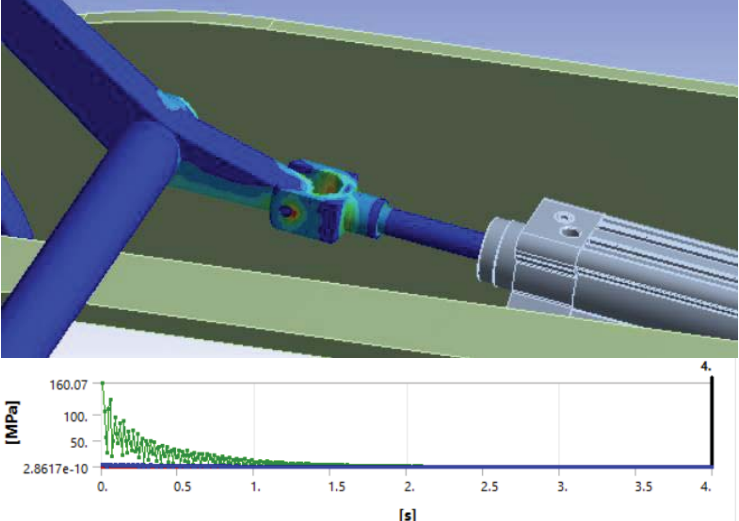
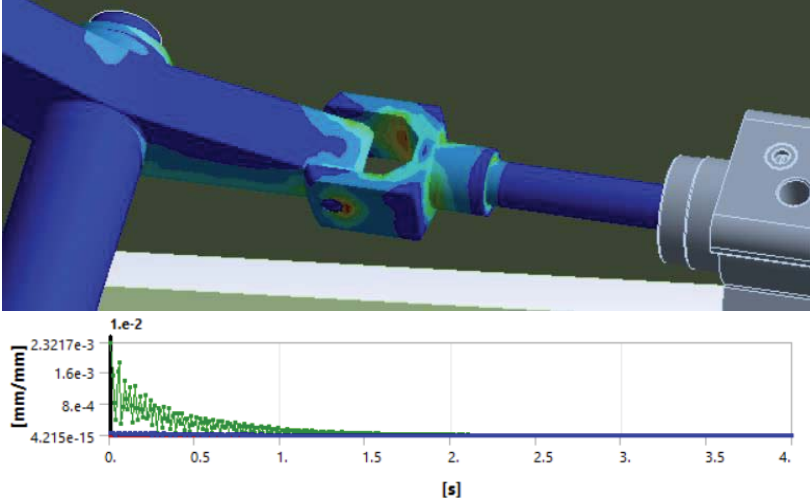
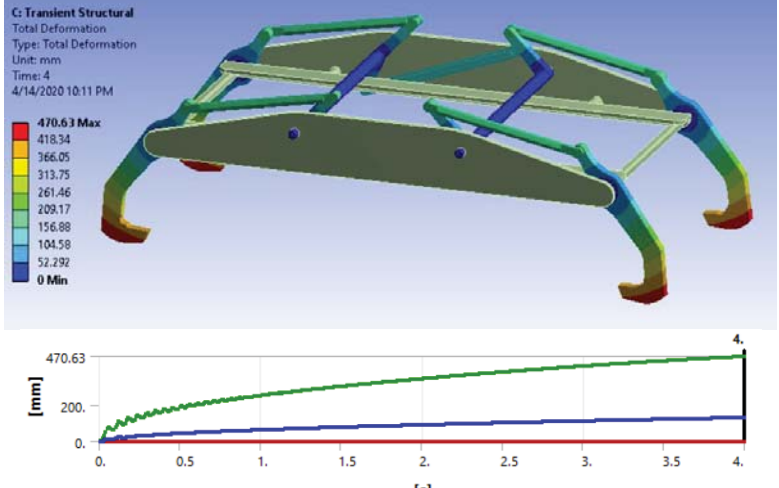


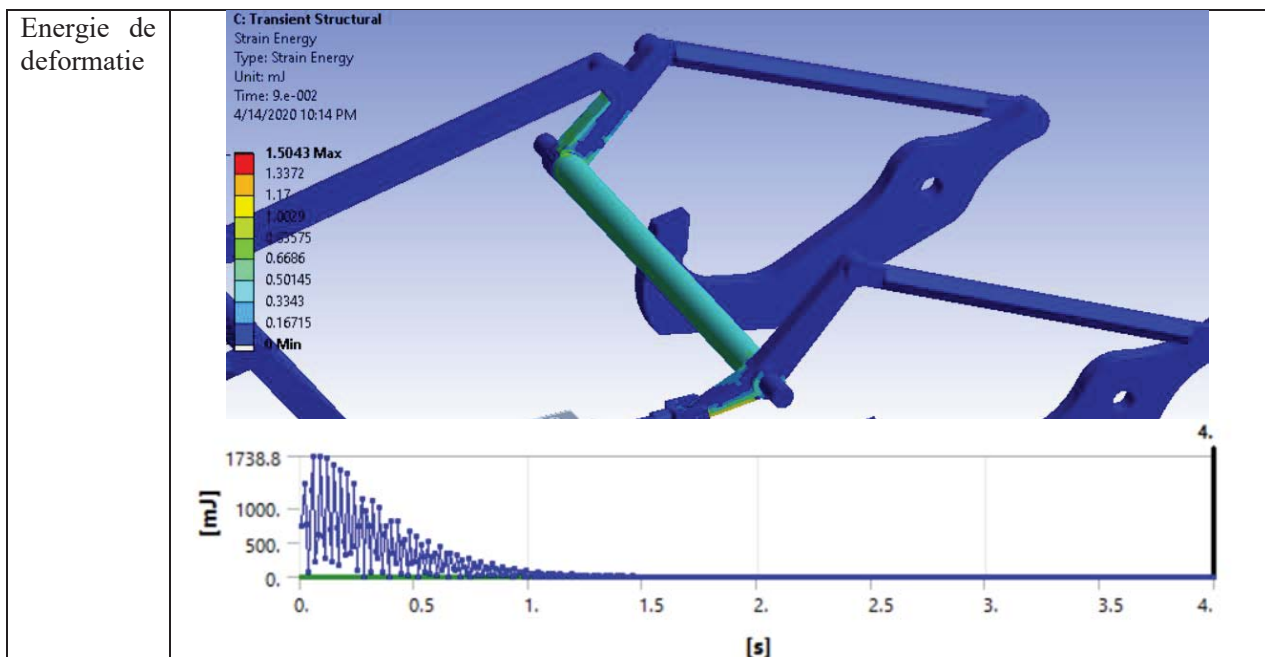
Fig. 39 Displacement

Pentru acționarea mecanismului este folosită o deplasare pe translație pe cupla de translație a cilindrului pneumatici.

IV. Rezultate obtinute

Tabelul 2. Rezultate centralizate-analiza tranzitorie

Mărimea procesată	Reprezentarea grafică
Tensiunile echivalente	 <p>The figure shows a 3D finite element analysis of a mechanical joint. The stress distribution is color-coded from blue (low stress) to red (high stress). Below the 3D model is a line graph showing the equivalent stress in MPa over a 4-second period. The y-axis ranges from 2.8617×10^{-10} to 160.07 MPa. The stress starts at approximately 160 MPa at $t=0$ and rapidly decays to near zero by $t=1$ second.</p>
Deformații specifice echivalente	 <p>The figure shows a 3D finite element analysis of the same mechanical joint, focusing on specific strain. The strain distribution is color-coded. Below the 3D model is a line graph showing the specific strain in mm/mm over a 4-second period. The y-axis ranges from 4.215×10^{-15} to 2.3217×10^{-3}. The strain starts at approximately 2.3×10^{-3} mm/mm at $t=0$ and decays to near zero by $t=1$ second.</p>
Deformații totale	 <p>The figure shows a 3D finite element analysis of a frame structure. A color scale indicates total deformation in mm, ranging from 0 (blue) to 470.63 (red). Below the 3D model is a line graph showing the total deformation in mm over a 4-second period. The y-axis ranges from 0 to 470.63 mm. The deformation increases linearly from 0 mm at $t=0$ to approximately 470 mm at $t=4$ seconds.</p>



V. Interpretarea rezultatelor si concluzii

Așa cum era de așteptat din cauza unghiului mare dintre tijă de acționare și elementul acționat întâlnim în prima parte a mișcării valori mari pentru tensiuni. Pentru a putea lua în calcul un coeficient de siguranță plauzibil voi ilustra rezultatele după unitatea de timp la care segmentul acționat s-a rotit cu 9 grade. (Valoare extrasă din analiză cinematică).

Cea mai mare valoare după unitatea de timp 4.6912e002 (5e-002) este de 128.33MPa. Această valoare apare în momentul avansării cilindrului pneumatic pentru a pune în mișcare sistemul de pârghii.

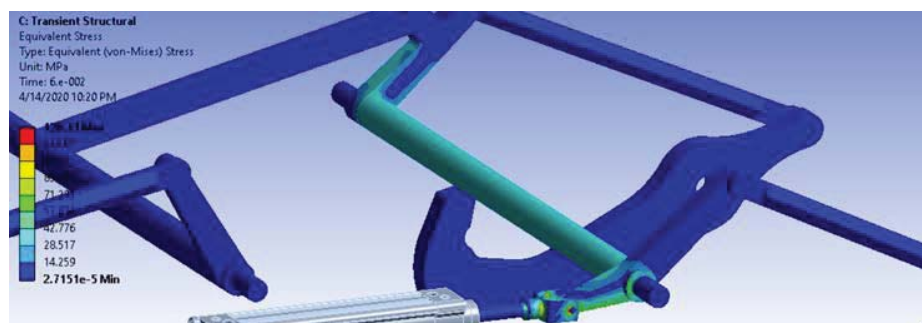


Fig. Valoarea cea mai mare a tensiunii

Calculul coeficientului de siguranta:

$$\sigma_{\text{ANSYS}} (\text{Yield Stress max}) = 128.33 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_Y = 310 \text{ Mpa (Yield Stress Al)}$$

$$c = \frac{\sigma_Y}{\sigma_{\text{ANSYS}}} = 2.41$$

Pentru obținerea unei valori mai mari pentru coeficientul de siguranță se poate mări mai mult unghiul discutat. Nu este de luat în calcul modificarea materialului deoarece orice material mai greu decât Al ar introduce o sarcină mare pe robotul care manipulează efectorul. Un material mai ușor decât Al (Titan, Aliaje de Magneziu) nu pot fi folosite din considerente economice.

Valorile obținute pentru celelalte analize sunt plauzibile și se pot îmbunătăți cu modificarea poziției elementului de acționare cum a fost ilustrat mai sus.

Ca și observație, în această analiză au fost neglijate contactele și nu au fost luate în considerare forțele care apar în lagăre și în rulmenții folosiți pentru mișcarea liberă a pârghiilor. Utilizarea unor elemente de lagaruire de calitate pot îmbunătăți valorile obținute.

8. Bibliografie

- [1] Suport de curs IAC 1, notite de curs – Prof. Dr. Ing. Cristina Pupaza
- [2]. Suport de curs IAC 2, notite de curs – Prof. Dr. Ing. Cristina Pupaza
- [3]. Imagini preluate de pe canalul de youtube al producatorului SCOTT PHS
- [4]. Informatii oferite de firma ANSYS (site web: www.ansys.com)
- [5]. Caracteristici de material oferite de MatWeb (www.matweb.com)
- [6]. Caracteristici de material oferite de Make It From (www.makeitfrom.com)

CELULA ROBOTIZATA DE PALETIZARE, INFOLIERE SI ETICHETARE INTEGRAND UN ROBOT BRAT ARTICULAT ECHIPAT CU UN EFECTOR VACUUMATIC MULTIFUNCTIONAL

ICĂ Sebastian-Ionuț

Facultatea: IIR, Specializarea: Robotica, Anul de studii: IV, e-mail: icasebastian@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adrian Nicolescu

Se va realiza prototipul virtual al unei aplicații robotizate de paletizare, înfoliere și etichetare ce integrează un robot braț articulată dedicat operațiunii de paletizare. Aplicația va fi simulată în mediul de lucru ABB RobotStudio 6.08 utilizând PowerPack-ul de paletizare și semnale aferente pentru controlul celorlalte echipamente. Modelul 3D al celei împreună cu echiparea tehnologică a robotului au fost realizate în mediul de lucru SiemensNX 12. Se vor crea și implementa funcționalități pentru îmbunătățirea performanței celei.

CUVINTE CHEIE: ABB, Paletizare, Automatizare,, Industry4.0

1. Introducere



Fig. 1 Vedere de ansamblu a celei de paletizare

În celula de paletizare ilustrată avem un robot ABB IRB 460 echipat cu un efector vacuumic multifuncțional . Robotul paletizează concomitent două stive cu două tipuri de cutii de dimensiuni diferite. După ce stivă este gata, paletul pleacă către mașină de înfoliere și etichetare pentru a fi asigurată și înregistrată, urmând apoi să fie evacuată din celulă.

Paletizarea reprezintă operația de dispunere volumetrică ordonată în plan orizontal sub formă de straturi cu înălțime omogenă și pe vertical sub formă de straturi multiple pe dispozitive de transport denumite paleți. Obiectele paletizate se împart în diferite categorii cum ar fi:

- Produse ambulate în cutii de carton sub formă paralelipipedică
- Saci din material vrac de tip granule sau pulberi
- Seturi de obiecte multiple preînfoliate
- Baxuri de lichide etc.

SIEMENS NX, anterior cunoscut ca NX UniGraphics sau doar UG, este un pachet software avansat CAD/CAM/CAE dezvoltat original de United Computing Inc., preluat din anul 2007 de Siemens PLM Software.

ABB RobotStudio este un software de programare și simulare offline, oferit de firma ABB ce permite utilizatorului să creeze, simuleze și testeze o celulă robotizată într-un mediu virtual 3D.

2. Modul de funcționare a celulei robotizate. Identificarea componentelor și interacționarea între sisteme.

Link-ul de accesare al filmului: <https://www.youtube.com/watch?v=f6V0ajMjdn4>



Fig. 2 Preluarea paletului



Fig. 3 Asezarea separatorului



Fig. 4 Realizarea stivelor



Fig. 5 Înfolierea și etichetarea

În figurile de mai sus sunt prezentate etapele principale de paletizare. Se poate observa cum robotul manipulează cu ajutorul efectorului multifuncțional 3 tipuri de obiecte: cutii, separatoare și palet. La finalizarea unei stive, prin sistemul de transfer-transport reprezentat de conveioarele cu lanț, stiva este direcționată către mașina de infoliere și etichetare.

În celulă, alimentarea cu palet și separatoare, precum și preluarea stivei paletizate din zona de evacuare reprezintă sarcini pe care le vor efectua operatorii. Prin acest fapt putem spune că celula nu este în proporție de 100% autonomă deoarece este nevoie de intervenția operatorului pentru a-i putea menține funcționarea. La unele aplicații de paletizare unde se dorește o automatizare totală și o funcționare continuă a procesului se introduc sisteme de transfer/transport de tip robocar/AGV ghidate prin semnale și urmând traiectoria unei benzi magnetice, sine sau respectând un anumit program de poziționare și orientare definit cu ajutorul software-ului de care dispune.

Identificarea componentelor celulei:



Fig 5. Componentele celulei numerotate

1. Robotul industrial ABB iRB 460, dedicate operațiilor de paletizare, lanț cinematic închis, echipat cu un efector vacuumatic multifuncțional
2. Soclul de supraînălțare care mărește spațiul de lucru al robotului, aceste tipuri de sisteme de supraînălțare sunt deseori întâlnite la aplicații de paletizare astfel încât baza robotului să poziționată deasupra conveioarelor de preluare.
3. Sistemul de conveioare cu lanț ce asigură trecerea de pe un conveior pe altul prin intermediul unui sistem de liftare.
4. Conveior de intrare cutii 140x240x400
5. Magazie stocare separatoare
6. Masina de infoliere și etichetare
7. Gard de protecție
8. Zona protejată de gard de protecție unde sunt sistemele informaționale ce controlează celula (PLC-HMI, unitate de control ABB, Controller)
9. Conveior de intrare cutii 300x350x400

2.1 Echiparea tehnologica a RI. Modelarea efectorului in mediul SiemensNX 12.

I. Rolul robotului industrial în cadrul aplicației:

Robotul utilizat este un robot de tip braț articulată dedicat operațiilor de paletizare **ABB iRB 460**. Este un robot cu 4 axe comandate numeric având lanț cinematic închis caracterizat prin paralelogramele definite de segmentele de rigidizare (specifice acestor tipuri de roboți).



Fig. 6 ABB iRB 460

Axe	4
Sarcina portanta	110kg
Cursa maxima (reach)	2.400mm
Deplasare vertical	3.075mm
Certificare protectie lichide si praf	IP67
Greutate	925kg
Posibilitate montaj	Fixare la sol / Fixare pe soclu inaltat
Repetabilitate	+/- 0.18mm

Tabel 1. Specificatii tehnice

Axa 1	165 ° la -165 ° (145 °/s)
Axa 2	85 ° la -40 ° (110 °/s)
Axa 3	120 ° la -20 ° (120 °/s)
Axa 4	300 ° la -300 ° (400 °/s)

Tabel 2. Limite de lucru si viteze maxime pe fiecare axa.

IRB 460 este un robot de clasa medie, construit de firma ABB și făcând parte din familia roboților destinați pentru operațiile de paletizare.

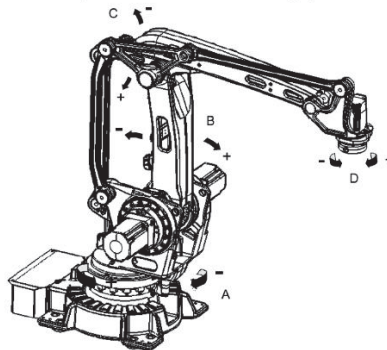


Fig. 7 Miscările celor 4 axe CN

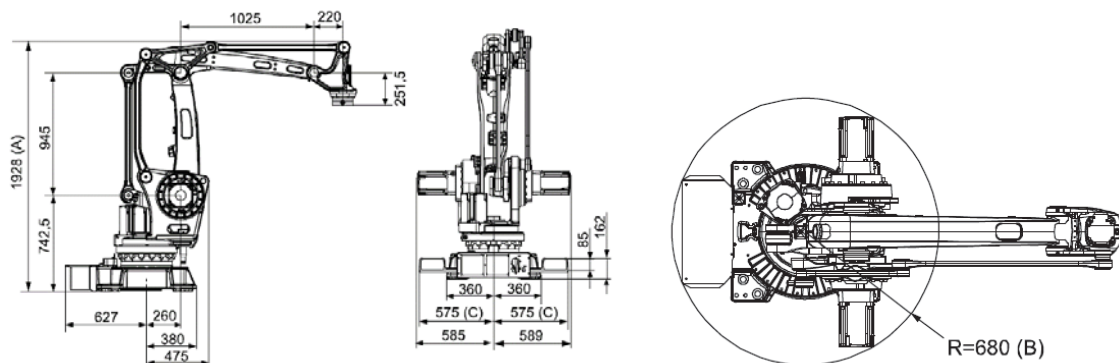


Fig 8. Vederi dimensionate, ortogonale ale robotului

În integrarea unui RI într-o aplicație de paletizare trebuie să ținem cont de următorii parametri:

- Cursa
- Sarcina portanta maximă
- Viteza pe fiecare axă
- Numarul de axe si limitele de lucru pe fiecare axa in parte

Cursa robotului este de obicei definită de distanță de la centrul robotului până la cel mai îndepărtat punct la care ToolCenterPoint-ul lui din flanșa poate ajunge având brațele la maximum extinse. De cele mai multe ori acest spațiu descrie o formă sferică. Roboții de paletizare au în general o cursa între 2 – 3m.

Consider acest parametru foarte important deoarece un robot de paletizare îndeplinește de cele mai multe ori, pe lângă o sarcină de paletizare cutii, și alte sarcini complementare (preluare separatoare/paleți). Toate aceste sarcini dezvoltă traiectorii suplimentare pe care robotul trebuie să le parcurgă. Pentru ca spațiul de lucru să acopere conveierul de preluare, magazia de separatoare și magazia de paleți este de obicei folosit un sistem de supra-înălțare a robotului de la sol.

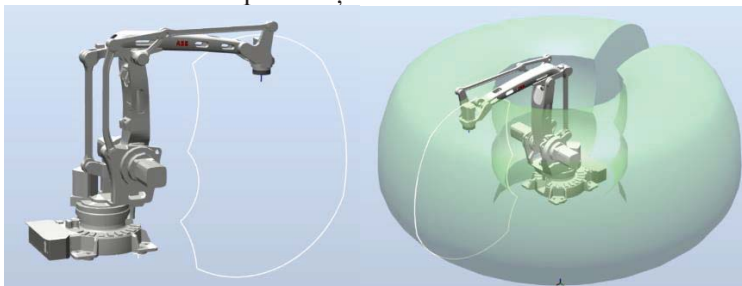


Fig. 9 Vizualizarea spațiului de lucru al RI iRB 460 in mediul RobotStudio

Sarcina portanta trebuie să acopere atât end-effectorul, (care în configurații complexe poate atinge dimensiuni și mase mari) cât și obiectul de paletizat. De luat în considerare este faptul că pe măsură ce centrul de masă al obiectului manipulat se îndepărtează de flanșă, scade și sarcina portanță a robotului.

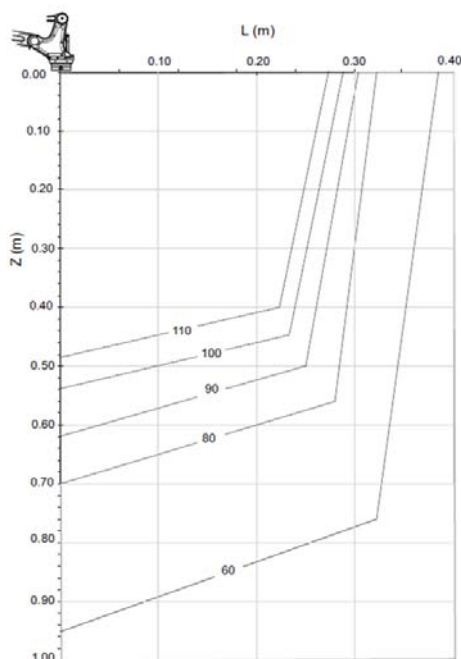


Fig. 10 Diagramă de variație a sarcinii portante maxime în funcție de localizarea centrului de masă a echipării tehnologice a RI si a obiectului manipulat

Viteza este un parametru important pentru rapiditatea cu care robotul termină un ciclu de paletizare. Din punct de vedere economic diferența de viteză între doi roboți poate face diferența în restrângerea perioadei de amortizare a costurilor inițiale.

Comun pentru un robot de paletizare este un **număr de 4 axe** deoarece produsele ce urmează a fi paletizate își mențin o poziție paralelă cu solul în timpul preluării și depunerii de pe conveier pe palet.

Fiecare aplicație are bineînțeles aspecte unice iar pentru diferite aplicații se pot folosi și roboți într-o configurație de până la 6 axe. Limitele axelor sunt foarte importante pentru a se evita singularitatea. În programul de simulare pe care l-am efectuat în RobotStudio am avut probleme cu poziții de singularitate deoarece robotul irb 460 are o rotație la baza restrânsă și nu putea prelua anumite obiecte din zone care se aflau în spatele lui.

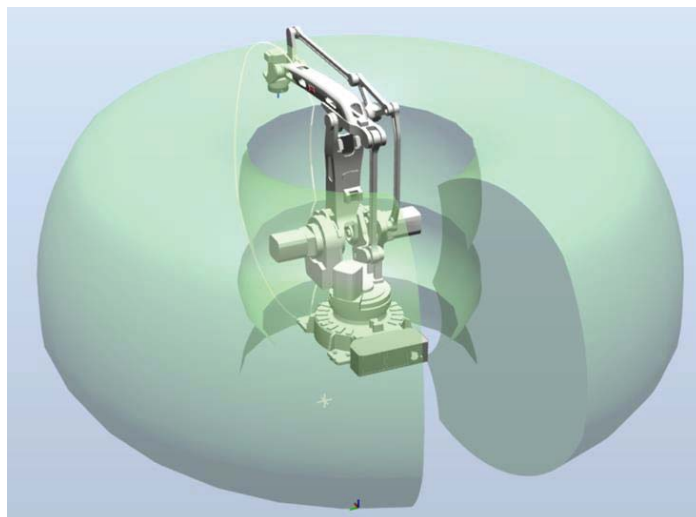


Fig. 11 Limita de cursă pe axa 1 ilustrată în RobotStudio

II. Specificul constructiv-funcțional al efectorului cu care este echipat RI.

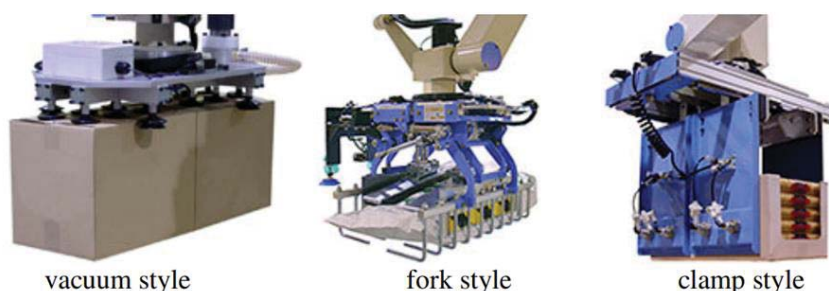


Fig 12. Tipuri de efectori ce se integreaza într-o aplicație de paletizare

Vaccum Style – Efectorii tip vacuum style sunt întâlniți la aplicații de paletizare cutii. Pot fi configurați ușor în funcție de necesitate iar vacuum-ul este mai mult decât suficient pentru preluarea de sarcini mici/medii.

Fork Style – Sunt efectori destinați sacilor de tip material vrac. Configurația lor specifică de tip “Gheară” se integrează perfect cu un conveier cu role. Spațierea rolelor trebuie să permită trecerea ghearelor pentru ca robotul să poată prelua sacul

Clamp Style – Efectori destinați preluării cutiilor. Alături de efectorii vacuum style acoperă cea mai mare parte a aplicațiilor de paletizare. Acești efectori se bazează pe o prindere tip Clamp unde cutia este menținută pe poziție de forța de frecare cu materialul abraziv de pe pereții clamp-urilor.

Îmbinând aceste tipuri constructive putem obține efectori multifuncționali. Acești efectori multifuncționali pot îndeplini 2 sau 3 funcții de paletizare. Aceste funcții sunt:

- Preluare/Depunere palet
- Preluare/Depunere separator
- Preluare/Depunere obiecte de paletizat

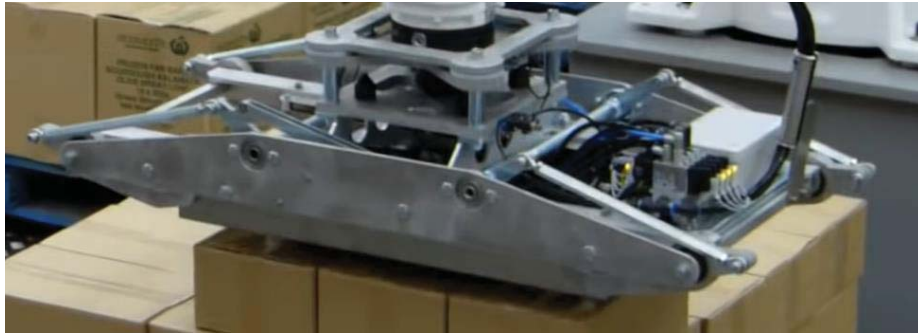


Fig 13. Efectorul vacuumatic multifunctional din aplicatie

Efectorul are adaptat un sistem de preluare al paleților prin deschiderea unor bacuri acționate de un sistem de pârghii antrenate de un motor pneumatic liniar. Pentru preluarea cutiilor și a separatoarelor se folosesc ventuze echipate cu generatoare de vid.

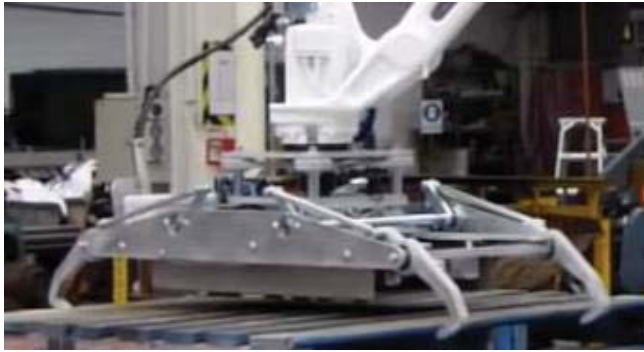


Fig 14. Efectorul cu bacurile actionate



Fig 15. Efectorul cu bacurile retrase

III. Prototipul virtual al efectorei si modul de funcționare.

Efectorul a fost modelat folosind software-ul CAD SiemensNX 12.

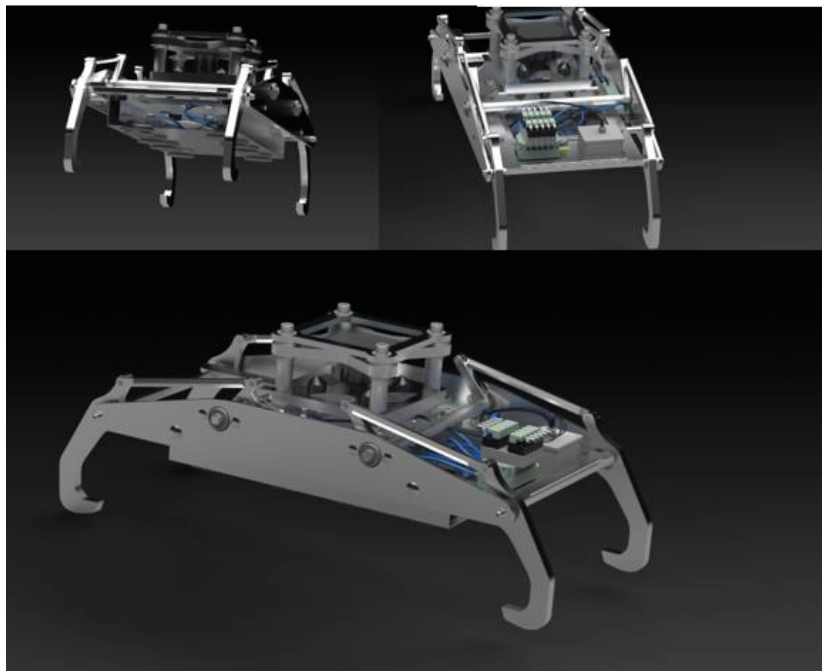


Fig 16. Efectorul modelat

Modul de funcționare:

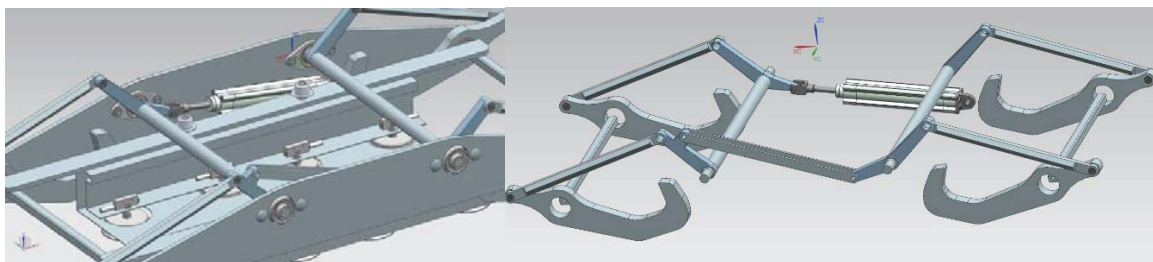


Fig 16. Sistemul de pârghii al efectorului cu cilindrul pneumatic care inițiază mișcarea

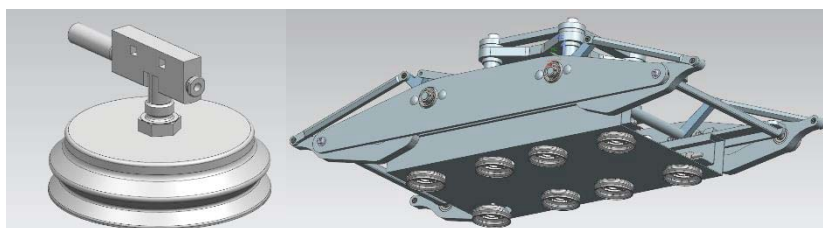


Fig 17. Vedere cu ventuzele vacuumatice echipate cu generatoarele de vid, funcționabile pe principiul lui Bernoulli

Schema pneumatică a ansamblului:

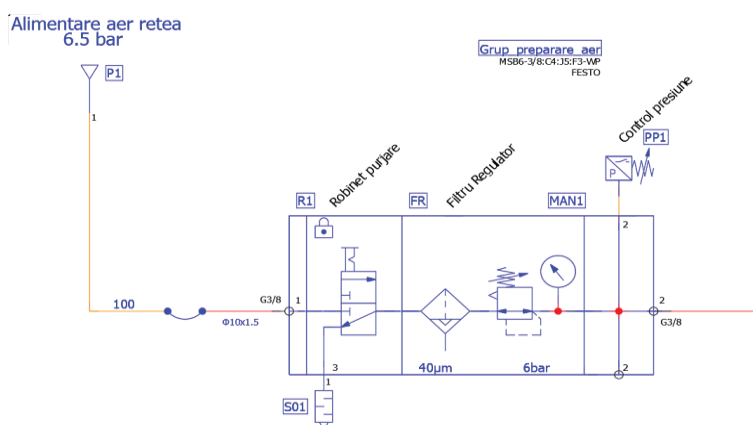


Figura 18. Grupul de preparare aer

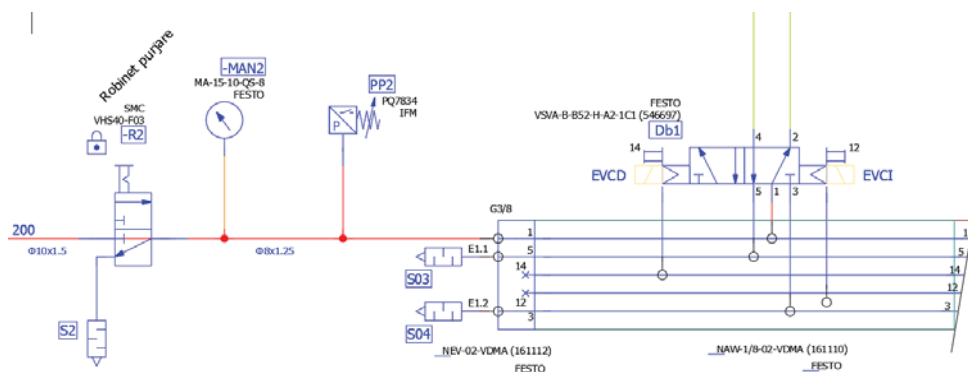


Figura 19. Ansamblul insulei pneumatice cu conexiunile la electrovalve

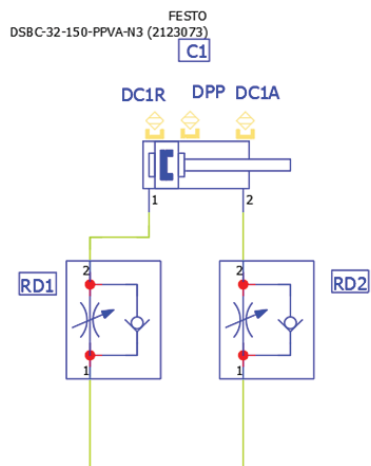


Fig. 19 Cilindrul pneumatic C1

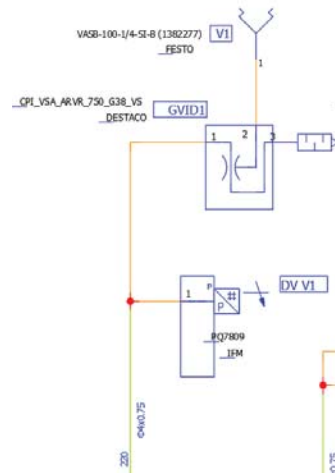


Fig. 20 Ventuza cu generatorul de vid

Schema pneumatică s-a realizat și verificat folosind programul EPLAN Fluid și utilizând catalogul de produse FESTO Pneumatics.

2.2 Prototipul virtual al întregii celule de paletizare. Modelarea elementelor complementare ce întregesc celula.

I. Mașina de înfoliere și etichetare



Fig 21. Mașina de înfoliere și etichetare modelată după modelul GENOPAC GW-T40

În aplicațiile de paletizare este nevoie de un sistem care să asigure stiva. Dispozitivele de înfoliere tip masă rotativă sunt niște soluții des întâlnite în aplicațiile de paletizare pentru a efectua funcția de asigurare a stivei prin înfolierea acesteia cu o folie elastică, ușor abrazivă.

Mașina de infoliere și etichetare este modelată după un model similar de la firma GENOPAC urmărind schițe tehnice oferite de aceștia. În plus, am adăugat dispozitivul de etichetare și controller-ul. La rotația mesei s-a folosit un Slewing Bearing de la firma Kaydon.

II. Sistemul de transfer/transport

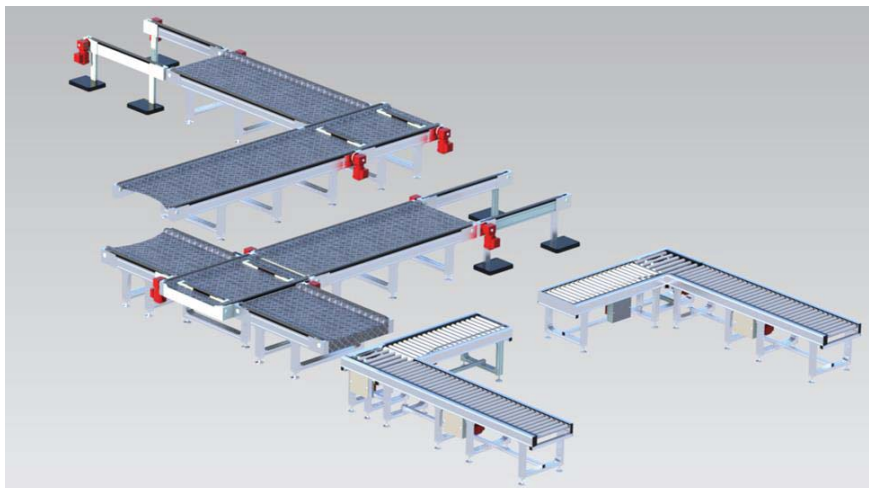


Fig. 22 Sistemul de conveioare

Sistemul de transport cuprinde două tipuri de conveioare configurate la firma MK Group America. Două conveioare cu role pentru transportul cutiilor ce urmează a fi paletizate și un sistem complex de conveioare cu lanț pentru transportul stivelor către mașină de infoliere și către ieșirea din celulă. Am adăugat elemente de ghidare pentru cutiile ce intră în celulă, elemente de liftare pentru transfer și protecții de metal pentru conveioarele cu lanț.



Fig. 23 Sistemele de liftare paleți/cutii pentru schimbarea direcției de mers

III. Elemente complementare ale celulei

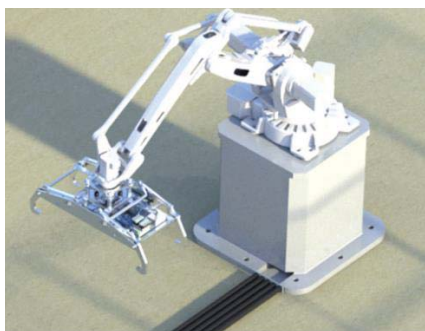


Fig 24. Soclul de supraînălțare



Fig 25. Cabinetul de control și dulapul electric al PLC-ului



Fig 24. Bariere luminoase pentru protecție

IV. Introducerea unei linii automatizate de vehicule ghidate automat (AGV) pe bandă magnetică.

Pentru automatizarea întregă a celulei robotizate am creat un sistem de transport cu AGV-uri ghidate pe bandă magnetică ce vor asigura alimentarea continuă a celulei cu separatoare și paleți. Totodată aceste vehicule vor asigura și evacuarea stivelor paletizate din sistem și le vor duce într-o zonă de stocare.



Fig 25. Prototipul de AGV modelat

Sistemul motor al AGV-ului este creat din două servomotoare electrice ce acționează două roți motoare independent astfel:

- Roțile se învârt la aceeași viteză – AGV-ul merge în linie dreaptă
- O roată se rotește mai repede decât cealaltă – AGV-ul virează stânga/dreapta
- Roțile se învârt în sens opus independent – AGV-ul se rotește pe loc

Motoarele sunt alimentate de mai multe baterii Lithium de capacitate mare, legate în serie. Încărcarea bateriilor se face într-o stație de încărcare AGV folosind cei doi pini de conectare din partea de jos a dispozitivului.

Pe AGV există o interfață de comunicare de tip display cu butoane aferente pentru creare și editare programare și un buton de emergency stop pentru oprire de urgență. Pe parte de comunicare există senzori destinați de tip fotocelule TOYO (senzori barieră capabili să comunice cu AGV-ul).

Acționarea sistemului de liftare paleți este făcută de 4 servomotoare EZM electrice șurub-piuliță cu bile de la firma STOBBER.

Pentru ghidare și siguranță s-au folosit radare de la firma KEYENCE, ușor configurabile și fiabile destinate AGV-urilor.

V. Ansamblul final al celulei

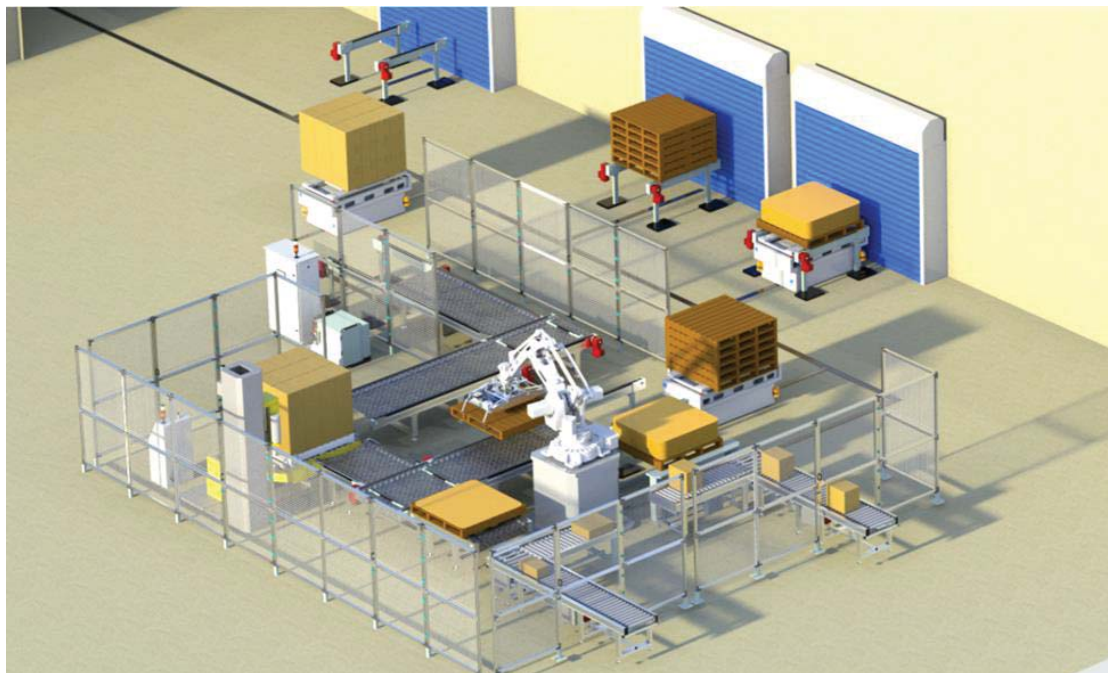


Fig 26. Vedere izometrica a celulei de paletizare cu sistemul de transport AGV integrat

S-a definitivat celulă prin delimitarea zonei de gard de protecție, montarea liniei AGV și crearea zonelor de stocare a stivelor paletizate.

3. Simularea asistată a modului de funcționare a aplicației în mediul de lucru ABB RobotStudio.

Software-ul **RobotStudio** de la ABB cuprinde **PowerPacs** care sunt destinate pentru mai multe operații (paletizare, sudare cu arc electric, deservire mașini-unelte, vopsire etc). În cazul meu am folosit PowerPac-ul de paletizare. Proiectul de simulare începe prin crearea unei noi stații de lucru.

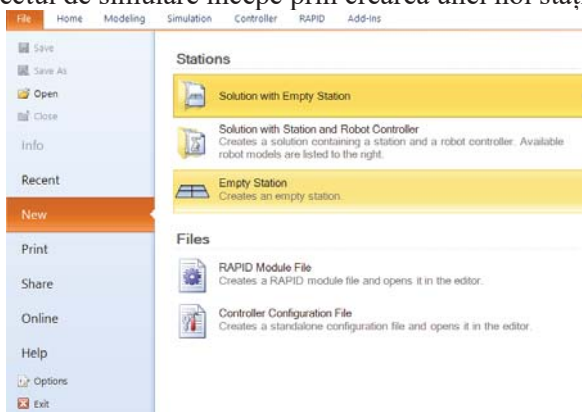


Fig 27. Crearea unei noi statii de lucru

Simularea începe cu crearea unui nou sistem de control robot care ne va oferi controller-ul pentru lucru. Robotul folosit va fi cel din proiectul de diplomă (abb irb 460) destinat operațiilor de paletizare. RobotWare-ul ales este 6.08.01.00. Acesta este un software de comunicație folosit de robotstudio. În plus acestui sistem a trebui să adaug modulul PickMaster5 pentru a putea folosi powerpack-ul de paletizare

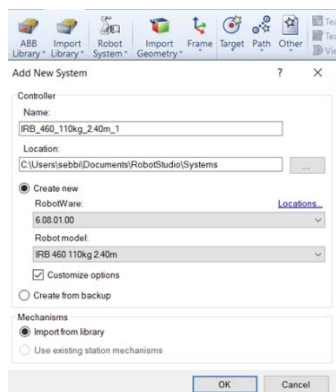


Fig 28. Crearea sistemului de control robot

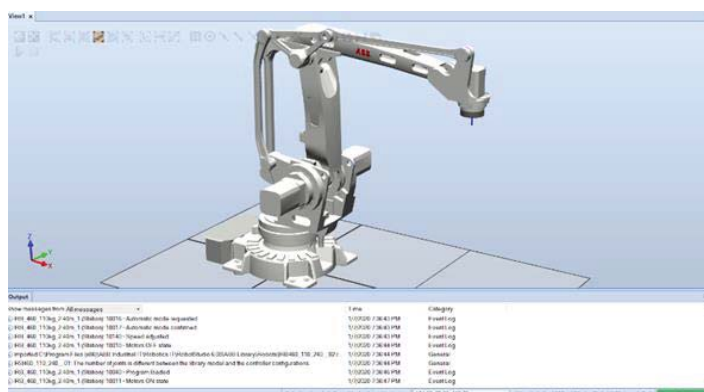


Fig 29. Modulul inițiat

Odată cu introducerea sistemului ni se va afișa robotul și statusul controller-ului. Acum robotul poate fi mișcat din teach pendant și i se poate atribui o traiectorie. Robotul nu are niciun efector echipat în acest moment.



Fig 30. Celula importată (format Parasolid)

Convertirea celulei în soft. Robotstudio suportă majoritatea extensiilor folosite de mediile CAD. Se vor introduce doar elementele pasive, fără efector și fără celelalte mecanisme. Celelalte mecanisme se importă separat, componentă cu componentă și se creează mecanisme. Efectorul va fi configurat separat în modulul de paletizare.

Pentru a defini un mecanism este necesar să avem componentele acestuia separate în funcție de criteriul mobil/fix. Fiecare componentă va fi introdusă într-un Link (într-o legătură). Două Link-uri pot crea un Joint (cupla). Pentru a putea crea o cupla este nevoie să definim un Link principal (BaseLink) care de obicei este reprezentat de corpul principal al mecanismului. În tooldata putem să atribuim un TCP mecanismului (se poate de această dată pentru că mecanismul este de tip tool, pentru mecanisme uzuale tip device nu se atribuie acest lucru). După crearea de cuple se definesc poziții standard pentru mecanism altfel de cât poziția de Home. Aceste poziții pot fi accesate folosind diferite semnale cu EventManager (modulul de coordonare al evenimentelor ce se petrec în celulă). La sfârșitul configurării se apasă pe Compile Mechanism.



Fig. 31 Configurarea mecanismului și a funcțiilor efectorului (Vacuum x8 + Claw)

Se definesc zonele de vacuum și de prindere al paletului din configuratorul operației de paletizare. Se aleg semnalele corespunzătoare fiecărei poziții ale efectorului.

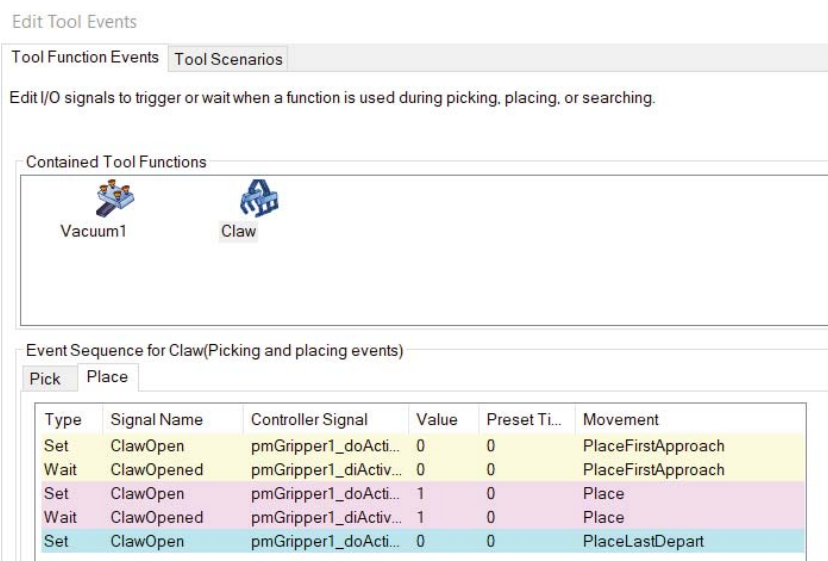


Fig 32. Repartizarea toolevent-urilor pentru fiecare funcție de lucru (Vacuum - Bac Inchis/Deschis)

Se stabilesc ToolEvent-urile (mai exact se configurează timpul de așteptare între semnale și ce să facă efectorul între anumite poziții de transfer). Ulterior se atașează de robot efectorul.

Următorul pas este de a configura dimensiunile cutiilor, separatorului precum și matricea de paletizare a paletului folosind mijloacele built-in ale powerpac-ului de paletizare. Totodată se vor configura și modulele de prindere a cutiilor și paletelor de către efector.

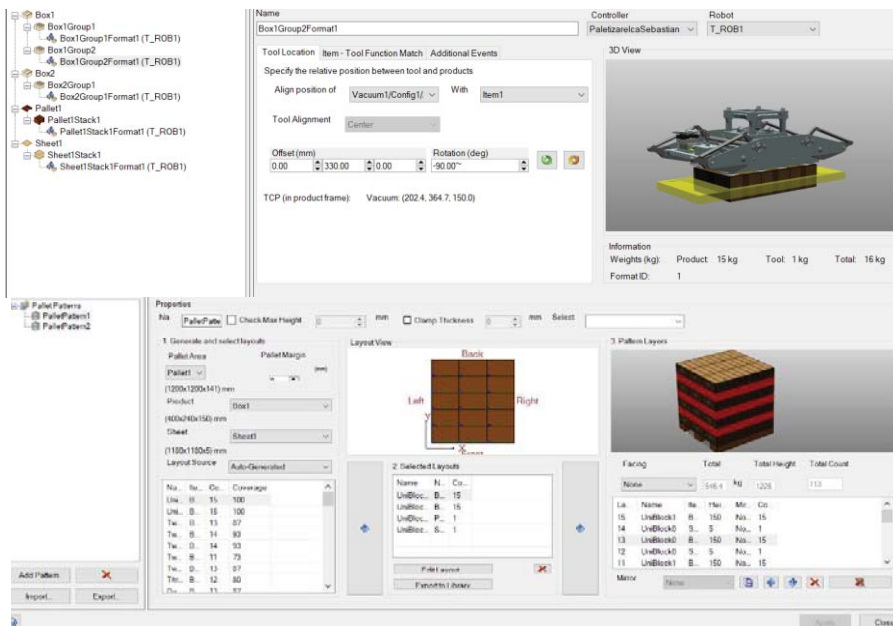


Fig 33. Configurarea parametrilor de paletizare

In final se va configura operatia de paletizare si se vor verifica traiectoriile respectiv colizuni.

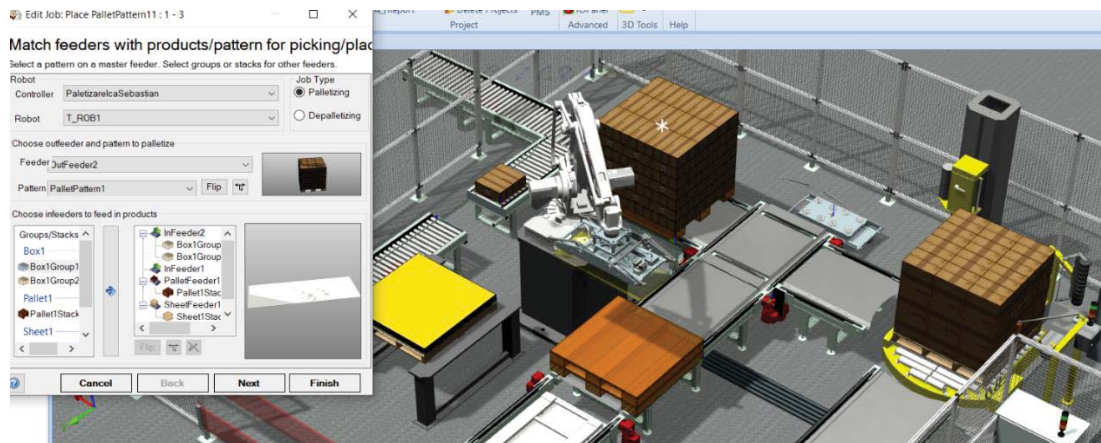


Fig 34. Adaugarea de operatii

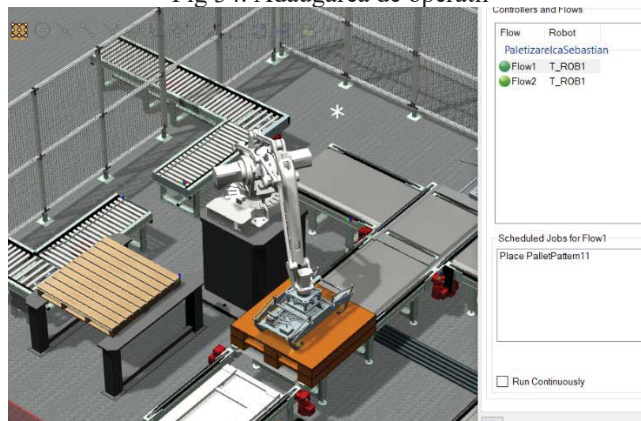


Fig 35. Simularea si urmarirea procesului

4. Concluzii

- S-a putut realiza cu succes prototipul virtual al celulei de paletizare discutate
- Cu software-ul ABB RobotStudio impreuna cu PowerPac-ul de paletizare am putut crea cu succes simularea off-line a aplicatiei
- Elementele celulei au fost dimensionate si modelate corect folosind mediul de lucru CAD SiemensNX 12.

4.1 Problematici de studiu propuse spre analiza :

- I. Proiectarea prin analiză și simulare a efectorului de paletizare multifuncțional cu care este echipat robotul ABB IRB 460 și identificarea soluțiilor de îmbunătățire a comportării statice și dinamice a acestuia.
- II. Simulări de dinamică explicită privind comportarea la impact a cutiilor de carton din aplicația robotizată de paletizare, înfoliere și etichetare a unor cutii de carton.
- III. Cercetări comparative privind comportarea statică a materialelor folosite la separatoarele din celula de paletizare, înfoliere și etichetare a unor cutii de carton

8. Bibliografie

- [1] Suport de curs IRISP, Notite de curs – Prof. Dr. Ing. Adrian NICOLESCU
- [2]. Imagini si schite de lucru oferite de firma GENOPAC (site web: www.genopac.com)
- [3]. Imagini preluate de pe canalul de youtube al producatorului SCOTT PHS
- [4]. Aparatura pneumatica FESTO (site web: www.festo.com);
- [5]. Imagini preluate de pe site-ul producatorului MKF. (site web: www.mkf.com)

INFLUENȚA FACTORILOR DE MEDIU ASUPRA UZURII FORMELOR DE TIPAR ÎN LITOGRAFIA OFSET

THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE WEAR OF PRINT FORMS IN OFFSET LITHOGRAPHY

PĂUNICĂ Laurențiu

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: I, master, e-mail: lawr01@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **George CONSTANTIN**

ABSTRACT: During the operation of offset printing machines, the ink system, the wetting system, the mechanical pressure of the rubber, the viscosity of the ink, the impurities collected on the paper surface have an abrasive influence on the printing forms, the resulting effect being the reduction of raster areas. This phenomenon influences the quality of the prints, influencing the color tones and the appearance of areas without a print, especially in light-colored areas. By successive measurements, under monitored environment conditions, it is established a curve of erosion for the print forms. The aim is to set a circulation threshold of print runs under certain conditions, where the quality of finished products is not affected by the wear of print forms.

CUVINTE CHEIE: tipar ofset, formă de tipar, uzură, Computer-to-Plate, calitate

1. Introducere

Geneza litografiei

Descoperirea litografiei o datorăm lui Alois Snefelder originar din Bavaria, care a trăit în perioada 1771-1834. În 1798 și-a scris numele pe o piatră cu suprafața plană folosind un creion făcut dintr-o pastă grasă. Apoi a umezit cu apă toată suprafața pietrei. A aplicat cerneala pastă pe suprafața gresată. A presat hârtia peste această formă tratată în acest fel și a obținut o imagine clară. Tocmai se născuse litografia.

Imaginea pozitivă de pe placă este transferată sau „răsturnată” (ofset) pe suprafața așternutului ca negativ. Așternutul transferă imaginea pe suportul de tipar sprijinit de cilindrul de presiune în copie pozitivă, lizibilă.

Sub această denumire este cunoscut procesul de transferare a cernelii din sistemul de cerneluire pe placă, de pe placă pe cauciuc și de pe cauciuc pe coala de hârtie. Procesul de transfer se face prin contact compresiv [1].

Tiparul ofset

Procesul de tipar ofset se bazează pe un principiu fizic simplu: grăsimea și apa sunt nemiscibile. Placa de tipar prezintă două zone: o zonă oleofilă și una oleofobă. Zona oleofilă este cea cu desenul util.

În timpul procesului de tipar, placa trece întâi prin dreptul valurilor (valului) de umezire care umezește placa, curățând zonele oleofobe și depunând pe ele un film foarte subțire de soluție de umezire, de asemenea pregătind zonele oleofile pentru aderarea cernelii, lucru ce se petrece în momentul imediat următor când placa ajunge în dreptul valurilor de cerneluire. După acest moment, zonele oleofile cu cerneală pe ele ajung în dreptul cauciucului, intră în contact cu acesta și îi transferă cerneala. De aici, cerneala se va transfera pe coala de hârtie (Fig. 1).

Litografia ofset face parte din metodele de tipar catalogate halftone. În această metodă de tipărire, stratul de cerneală depus pe hârtie are grosimea uniformă pe toată suprafața de tipar. Pentru a obține o

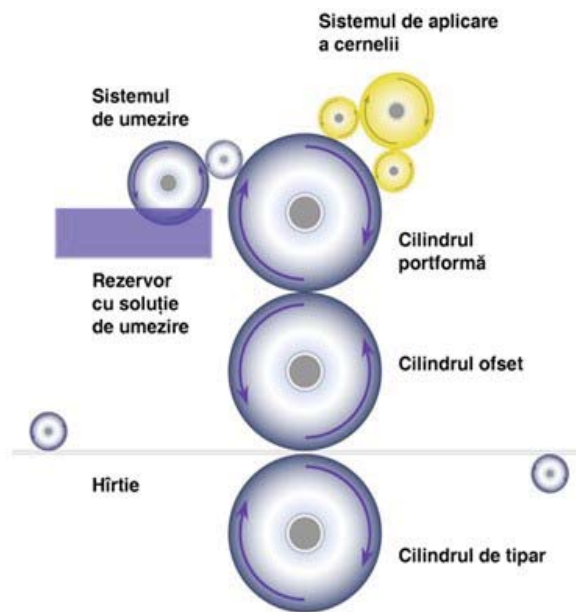


Fig. 1. Tiparul ofset

gamă mărită de nuanțe, se folosește un artificiu optic prin care se obține o acoperire cu cerneală alternată cu albul hârtiei în care procentajul zonelor acoperite cu cerneală este de la 0 % până la 100 %. Dacă dimensiunea punctelor de cerneală este suficient de mică comparativ cu distanța de la care se privește produsul tipărit, se creează iluzia existenței mai multor tonuri de culoare intermediare între 0 % și 100%, valoarea acestora fiind determinată de raportul dintre suprafața combinată a punctelor de cerneală de 100% și cea a albului hârtiei. În marea majoritate a cazurilor, modul de aranjare al punctelor de cerneală este unul ordonat, într-o structură de tip matrice și este numit raster. Relația dintre dimensiunea punctelor tipărite și cea a grilei rasterului (denumită și celulă de halftone) are drept rezultat optic crearea iluziei unui anumit procentaj de culoare (în cazul considerat de noi, a unei nuanțe de gri). Rasterul clasic, cu o structură regulată (care este de obicei de formă pătrată), este caracterizat de două valori determinante: unghiul și perioada acestuia (fig. 2).

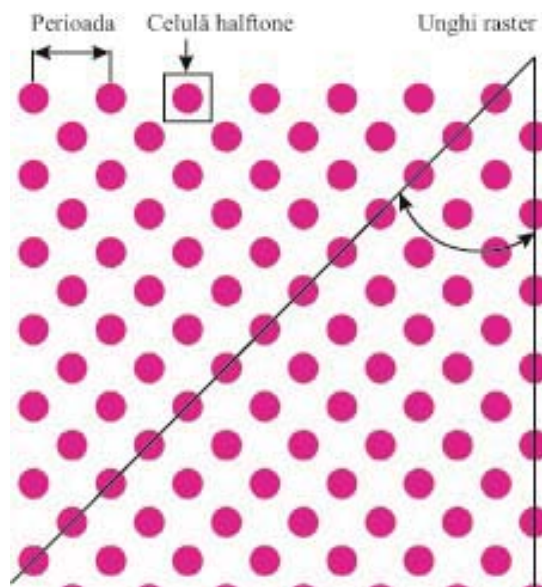


Fig. 2. Caracteristici raster

Formele de tipar pentru litografia ofset

Procesul tehnologic de pregătire a formelor de tipar se desfășoară în trei etape principale:

- procese de fotoreproducere, având drept rezultat transpunerea pe film a imaginii originale;
- procese de copiere a imaginii astfel obținute pe suprafața metalului din care este confecționată forma de tipar;
- procese de dezvoltare chimică.

Deoarece tehnologiile de tipar se dezvoltă mereu, plăcile de tipar trebuie să țină pasul cu ele.

Informatica permite utilizarea datelor digitizate în toate domeniile. La tipărire este posibilă excluderea pregătirii formei de tipar prin tehnologii cum ar fi Computer-to-Plate (CTP). Prin această tehnologie, expunerea plăcii de tipar se execută după date digitizate, deci este o realizare pe cale electronică a formelor de tipar. Una din cerințele esențiale ale acestei tehnologii este ca toate textele și imaginile originale ale aceleiași lucrări să fie sub formă digitizată și disponibile în același timp. Aceasta impune capacități imense de memorie. Astfel, 8 pagini într-o culoare cu o rezoluție de 400 linii/cm necesită cca. 3,5 min pentru expunerea pe placă. Formele de tipar la CTP nu pot fi expuse la surse de lumină convențională, de aceea a trebuit să se creeze noi straturi pentru plăci. Plăcile tradiționale prezintă o fotosensibilitate insuficientă și nu sunt corespunzătoare, ca rezistență, la tiraj [2].

Uzura formelor de tipar

În funcționarea utilajelor de tipar ofset, sistemul de cerneluire, sistemul de umezire, presiunea mecanică a cauciucului, vâscozitatea cernelii, impuritățile colectate de pe suprafața hârtiei (sau a materialului pe care se face tiparul) au o influență abrazivă asupra formelor de tipar, efectul rezultat fiind micșorarea în special a zonelor de raster. Acest fenomen influențează calitatea tiparului având influență asupra tonurilor de culoare și asupra apariției zonelor fără tipar, în special în zonele deschise la nuanță.

Metoda de expunere a plăcilor ofset prin procedeul cu contact, folosit în trecut, necesita pe lângă expunerea propriu-zisă și o expunere cu folie de difuzie. Această expunere, în care lumina nu ajungea direct de la sursă prin film și apoi pe placă, avea rolul de a estompa tăieturile de pe filme și eventualele impurități care, prin fenomenul electrostatic, se lipeau de film. Apariția CTP-urilor a fost o revoluție a sistemelor de pregătire a formei. Prima problemă a acestui sistem revoluționar este legată de realizarea rasterelor cu puncte de 10% până la 20% mai mari decât sistemul cu contact. Prin vechea metodă, rastelele cuprinse între 1% și 5% nu apăreau pe formele de tipar sau, dacă uneori erau vizibile din cauza luminii difuze folosite pentru ștergerea impurităților, nu aveau înălțimea stratului presensibilizat existent pe plăci și acest aspect influența rezistența lor în procesul de tipărire.

Procedeul de expunere CTP folosește doar lumină directă și oferă avantajul de a realiza puncte raster până la 1%. Acestea, după dezvoltare, nu sunt afectate înainte de a ajunge să facă parte unitară cu procesul de tipărire și să aibă o rezistență unitară cu restul elementelor tipăribile existente pe forma de tipar (fig. 3) [3, 4].

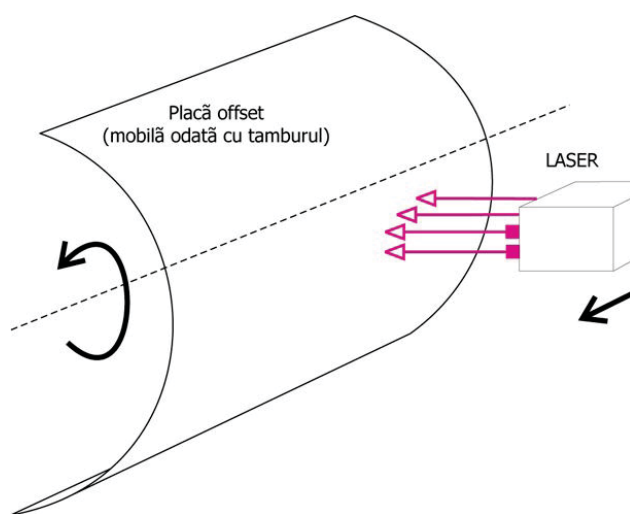


Fig. 3. Expunerea plăcilor prin procedeu CTP

2. Stadiul actual

Studiul de eroziune al formelor de tipar ofset se face pe o mașină Shinohara, format 50/70 cm și cu 4 grupuri de culoare (fig. 4).

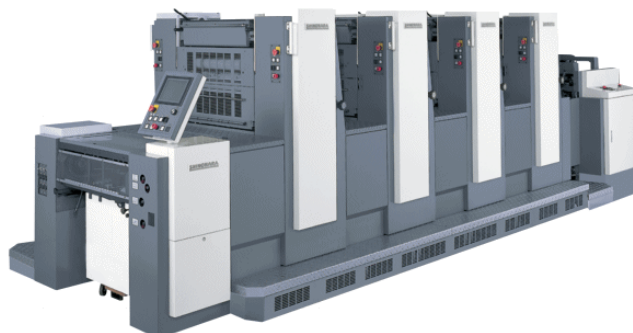


Fig. 4. Mașina de tipar Shinohara

Plăcile ofset folosite sunt Nova Nemo Two.

Caracteristici: plăci pozitive pentru CTP UV, substrat granulat electrochimic anodizat cu sensibilitate spectrală pentru expunere la lumină UV de (390 – 420) nm și energia necesară de expunere (50 – 60) mj/cm^2 .

Expunerea plăcilor se face pe un CTP Cron 36 H (fig. 5).



Fig. 5. CTP Cron 36H

Lucrarea tipărită va avea în zona tehnologică grile de control conținând rastere din 10% în 10% plus intervalele de la 0 la 5 % și de la 95 la 100% din unitate în unitate (fig. 6).

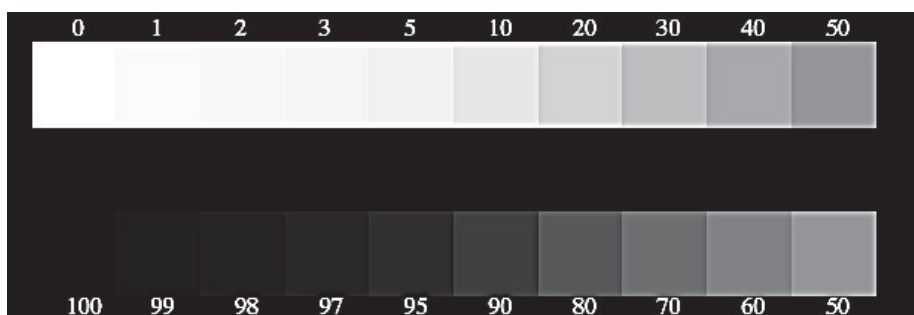


Fig. 6. Grile control raster

Temperatura ambiantă este monitorizată cu o stație meteo (se urmăresc în special variațiile mari de temperatură) în cazul de față fiind aproape imposibil de urmărit toți parametri posibil implicați în proces, cu excepția parametrilor monitorizați de mașina de tipărit.

Lucrarea monitorizată este executată pe hârtie de 115g/mp cretată lucioasă, clientul având comandă lunară și un tiraj de aproximativ 100.000 de coli.

Monitorizarea se face în timpul tirajului prin măsurare densitometrică a mărimii punctelor de raster reproduse pe lucrare la intervale de 10.000 de coli.

În stadiul actual au fost efectuate 10 seturi de măsurători. În afara condițiilor de mediu existente în secția de tipar au fost monitorizate și temperaturile principalelor componente din mașina de tipar aflate în contact cu formele de tipar. Cilindrii portplacă și cilindrii cu așternutul de cauciuc nu au avut variații de temperatură în timpul procesului de tipărire. În schimb, valorile de cerneală aflate în contact cu forma de tipar și-au mărit temperatura cu 2° - 4°C în timpul procesului de tipărire. Pentru monitorizare s-a folosit un scanner infraroșu (fig. 7).



Fig. 7. Termometru cu infraroșu

În urma măsurărilor efectuate s-a constatat că rasterele din intervalul cuprins între 10% și 100% nu au fost afectate în timpul tirajului (fig. 8).

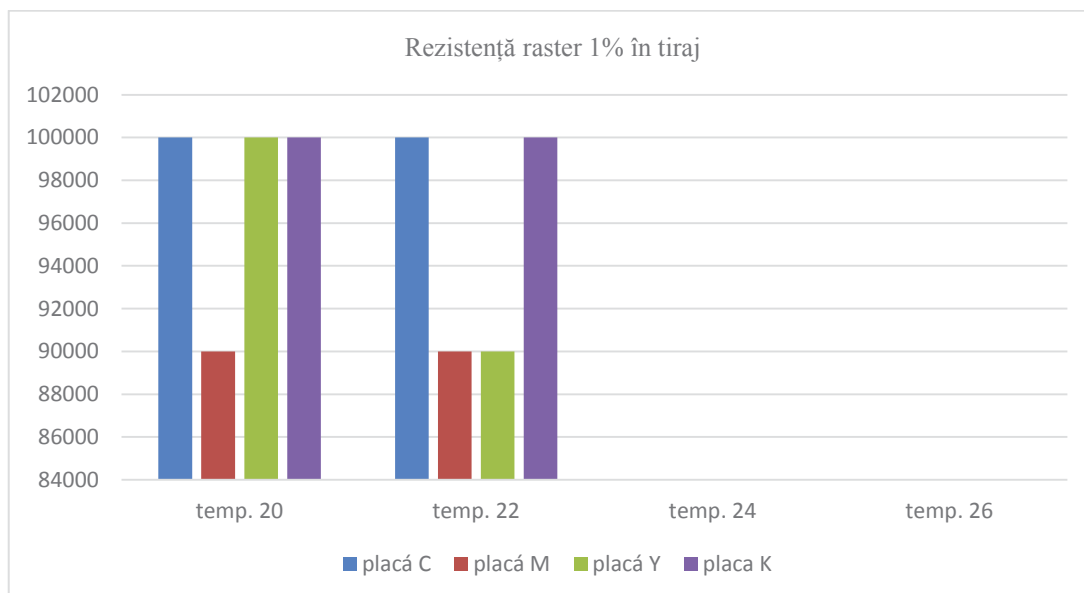


Fig. 7. Tabel rezistență raster 1% în tiraj

La temperatura medie ambiantă de 20°C, rasterele de 1% de pe plăcile de Magenta au dispărut după 90.000 de coli.

La o temperatură ambiantă de 22°C, efectul de eroziune a apărut și la plăcile de Yellow.

Având în vedere că mașinile dotate cu sistemele de răcire a valurilor de cerneală mențin în condiții standard temperatura acestora în intervalul 22°C – 24°C, se poate lua în considerare că măsurătorile efectuate până la momentul actual se pot încadra în intervalul considerat ideal pentru tipar de către producătorii de utilaje tipografice ofset și producătorii de cerneluri.

3. Concluzii

În funcționarea utilajelor de tipar ofset, sistemul de cerneluire, sistemul de umezire, presiunea mecanică a cauciucului, vâscozitatea cernelii, impuritățile colectate de pe suprafața hârtiei (sau a materialului pe care se face tiparul) au o influență abrazivă asupra formelor de tipar, efectul rezultat fiind micșorarea în special a zonelor de raster. Acest fenomen influențează calitatea tiparului având influență asupra tonurilor de culoare și asupra apariției zonelor fără tipar, în special în zonele deschise la nuanță.

Statistica măsurătorilor, având în momentul actual o plajă mică de temperatură, nu evidențiază o influență majoră a mediului asupra temperaturilor existente în mașina de tipărit în procesul de funcționare.

Modificarea factorilor de mediu are o influență asupra vâscozității cernelii, iar mașina de tipărit Shinohara nu este dotată cu sistem de răcire a sistemului de cerneluire. Pe mașinile dotate cu aceste sisteme variația factorilor de mediu nu influențează major caracteristicile de tipar.

5. Bibliografie

- [1]. Kipphan, H., *Handbook of Print Media*, Ed. Springer, 2001
- [2]. *** Afaceri Poligrafice. *Buletin informativ*.
- [3]. Sanja Mahovic, D.A. *Mechanical and optical differences in long run printing*.
- [4]. Van Hunsel J., V.D. (1998). *Thermostar: A new Thermal Litho Printing Plate Technology for CTP Recording*.

ANALIZA FAMILIEI DE STANDARDE ISO 12637 ÎN VEDEREA REALIZĂRII UNUI DICȚIONAR ROMÂN DE TERMENI TIPOGRAFICI

A ROMANIAN DICTIONARY OF TYPOGRAPHIC TERMS BASED ON THE ANALYSIS OF THE ISO 12637 STANDARDS FAMILY

MOCANU Andrei-Cosmin,

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: I, Master, e-mail: mocanu.andreicosmin@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Emilia BĂLAN**

ABSTRACT: This paper presents the types of standards used in the printing industry in Romania, the current state of the existing terminology dedicated to the printing industry, but also the working methods adopted for the creation of a Romanian dictionary of typographic terms. It also shows how the terms defined by the ISO 12637 family of standards have applicability in all stages of printing production and causal relationship between misunderstanding of terminology of the standards and problems in printing houses and how to remedy these problems.

CUVINTE CHEIE: industrie poligrafică, standard, terminologie specifică, tipărire analogică, tipărire digitală.

1. Introducere

Standardizarea începe să fie utilizată pe scară largă din anul 1946, atunci când la Londra au fost pusele bazele International Standard Organisation (ISO).

Cele mai multe firme din industria poligrafică mondială folosesc sau urmăresc să folosească standardele ISO referitoare la produsele poligrafice. Aceste standarde ISO reglementează printre altele, tipurile de hârtie folosite în poligrafie, tipurile de cernele tipografice folosite sau densitățile de cerneală conform valorilor CIE Lab etc.

Standardele ISO sunt actualizate o dată la câțiva ani și sunt disponibile contra cost pe site-ul web al organizației [15].

Pe lângă aceste standarde internaționale, fiecare stat are în funcțiune o serie de standarde naționale reglementate de asociațiile naționale de standardizare, care trebuie să se afle în corelație permanentă cu cele internaționale.

În România, organismul național de standardizare este Asociația de Standardizare din România (ASRO) care este împuternicită să gestioneze standardizarea în România. A fost înființată în anul 1998, ca asociație nonprofit, prin preluarea patrimoniului Institutului Român de Standardizare și al Centrului Național de Formare și Management pentru Asigurarea Calității.

În țara noastră există o serie de standarde elaborate înainte de anul 1989, standarde ce sunt încă în vigoare și se aplică [2]. Astfel, pentru industria poligrafică din România, câteva dintre standarde sunt amintite în tabelul 1.

Tabelul 1. Exemple de standarde românești utilizate în industria poligrafică [2, 3]

<i>Denumire standard</i>	<i>Descriere standard</i>
STAS 10830-87	Semne pentru controlul calității tiparului și finisării producției poligrafice
STAS 1032-89	Corecturi tipografice
STAS 6027/1-85	Industria poligrafică. Procedee de tipar. Terminologie generală

STAS 6027/2-85	Industria poligrafică. Procedul de tipar înalt. Terminologie
STAS 6027/3-84	Industria poligrafică. Procedul de tipar plan. Terminologie
STAS 6027/4-87	Industria poligrafică. Procedul de tipar adânc. Terminologie
STAS 6719/1-81	Produse poligrafice executate prin procedul de tipar înalt. Condiții tehnice de calitate ale tiparului
STAS 6719/2-88	Produse poligrafice executate prin procedul de tipar ofset. Condiții tehnice de calitate a tiparului
STAS 6719/3-81	Produse poligrafice executate prin procedul de tipar adânc. Condiții tehnice de calitate ale tiparului
STAS 10830-87	Semne pentru controlul calității tiparului și finisării producției poligrafice
STAS 10949-77	Industria poligrafică. Determinarea densității optice prin reflexie a imaginilor pe suporturi opace
STAS 10950-77	Industria poligrafică. Determinarea densității optice prin transmisie a imaginilor pe suporturi transparente
STAS 7752/1-76	Industria poligrafică. Realizarea tiparelor standard pentru determinarea rezistenței la agenți fizici și chimici
STAS 7752/2-76	Industria poligrafică. Determinarea rezistenței la solvenți a tiparelor și a cernelurilor de tipar
STAS 7752/3-76	Industria poligrafică. Determinarea rezistenței tiparelor la brânzeturii
STAS 7752/4-76	Industria poligrafică. Determinarea rezistenței tiparelor la impregnarea cu ceruri sau parafine
STAS 7752/5-76	Industria poligrafică. Determinarea rezistenței tiparelor și a cernelurilor de tipar la săpunuri
STAS 7752/6-76	Industria poligrafică. Determinarea rezistenței tiparelor și cernelurilor de tipar la alcalii
SR EN 1010-1+A1:2011	Securitatea mașinilor. Cerințe de securitate pentru proiectarea și construcția mașinilor de tipărire și de prelucrare a hârtiei. Partea 1: Cerințe comune
SR EN 1010-2+A1:2011	Securitatea mașinilor. Cerințe de securitate pentru proiectarea și construcția mașinilor de tipărire și de prelucrare a hârtiei. Partea 2: Mașini de tipărire și de lăcuire, inclusiv echipamente de pretipărire
SR EN 1010-3+A1:2010	Securitatea mașinilor. Cerințe de securitate pentru proiectarea și construcția mașinilor de tipărire și de prelucrare a hârtiei. Partea 3: Mașini rotative de tăiat și ghilotine pentru hârtie (Standardul stabilește terminologia, cerințele de securitate și metodele de verificare referitoare la mașinile de tăiat, precum și cerințele de securitate referitoare la elementele care influențează securitatea mașinilor, lista fenomenelor periculoase semnificative, zonele periculoase și măsurile care trebuie aplicate pentru a evita accidentele, cât și amplasarea protectorilor la diferite tipuri de mașini rotative de tăiat)
SR EN 61966-7-1:2007	Sisteme și echipamente multimedia. Măsurarea și managementul culorii. Partea 7-1: Imprimante color. Imprimări pe medii cu reflexie. Intrări RGB
SR EN ISO 1524:2013	Vopsele, lacuri și cerneluri tipografice. Determinarea fineții de dispersie
SR 260:2001	Hârtie de ziar
STAS 7403-86	Hârtie pentru tipar înalt. Hârtie bibliofil

În industria poligrafică internațională sunt utilizate mai multe familii de standarde ISO, dintre care cele mai uzuale și mai des întâlnite sunt familiile de standarde ISO 12637, ISO 12647, ISO 15311 și ISO 15339.

Niciunul dintre aceste standarde sau familii de standarde nu pot funcționa de sine-stătător, ele se află într-o relație complexă cu toate celelalte care au aplicabilitate în industria poligrafică.

Așa cum se poate observa din schema logică publicată în ISO 12637-1 Graphic technology — Vocabulary — Part 1: Fundamental terms [8] (fig. 1), termenii definiți de acest standard au aplicabilitate în toate etapele procesului poligrafic.

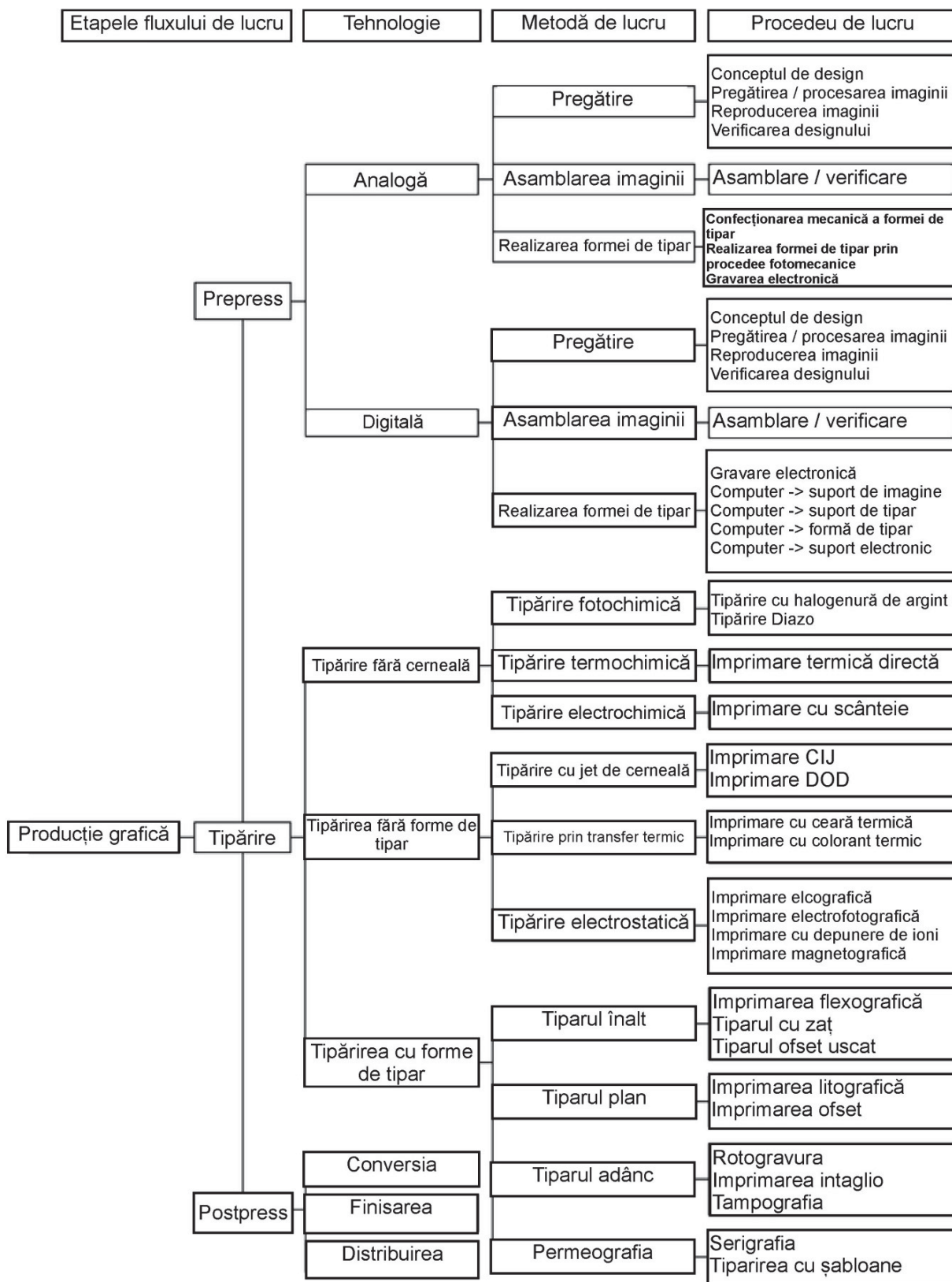


Fig. 1. Modul în care termenii definiți de familia de standarde ISO 12637 au aplicabilitate în toate etapele producției poligrafice (sursa: ISO 12637-1)

2. Stadiul actual și metodologia de lucru

La momentul realizării acestui proiect de cercetare, la o simplă căutare pe internet pot fi găsite 4 dicționare românești de termeni poligrafici realizate de diferite tipografii sau edituri, disponibile pe site-urile respectivelor instituții [4 - 7].

După analizarea acestor dicționare on-line, au putut fi observate diferențe destul de mari între ele, termeni care sunt explicați pe un site și lipsesc cu totul de pe celelalte site-uri, ceea ce face ca tot acest proces explicativ al diferiților termeni utilizați în industria poligrafică să fie destul de anevoioasă.

Având în vedere aceste considerente, consider că demersul meu de a realiza acest dicționar român de termeni poligrafici este pe deplin justificat, răspunzând astfel necesității de a utiliza în industria poligrafică o terminologie unitară.

Din punctul de vedere al metodologiei de lucru, cercetarea își propune să realizeze o analiză comparativă ale celor două familii de standarde: ISO 12637 și STAS 6027.

Această analiză are ca scop realizarea unei paralele între terminologia internațională și cea românească, dar și stabilirea unei relații de cauzalitate între cele două familii de standarde.

În același timp, pentru atingerea scopului acestei lucrări de cercetare este necesară pe de o parte studierea standardelor din familia ISO 12637 Graphic technology— Vocabulary și a celorlalte familii de standarde menționate mai sus, pentru a vedea modul în care termenii definiți de ISO 12637 au fost utilizați în scrierea celorlalte standarde ISO din industria poligrafică.

O altă direcție metodologică pe care lucrarea de față o urmărește este realizarea unei analize cantitative și calitative a situației existente în două tipografii. Această analiză urmărește identificarea nivelului de cunoaștere de către angajați a terminologiei specifice definite de standardele naționale STAS 6027, dar și a limbii engleze și nivelul de cunoaștere și înțelegere al familiilor de standarde ISO cu aplicabilitate în industria poligrafică.

Cercetarea va realiza o statistică a problemelor întâlnite în tipografii și va identifica problemele apărute tocmai din cauza neînțelegerii standardelor și a terminologiei specifice. Totodată prin această lucrare se va încerca remedierea problemelor identificate prin implementarea în tipografii a dicționarului român de termeni poligrafici și se va verifica dacă nivelul de înțelegere a lucrătorilor în tipografii a crescut după utilizarea acestui dicționar (fig. 2).

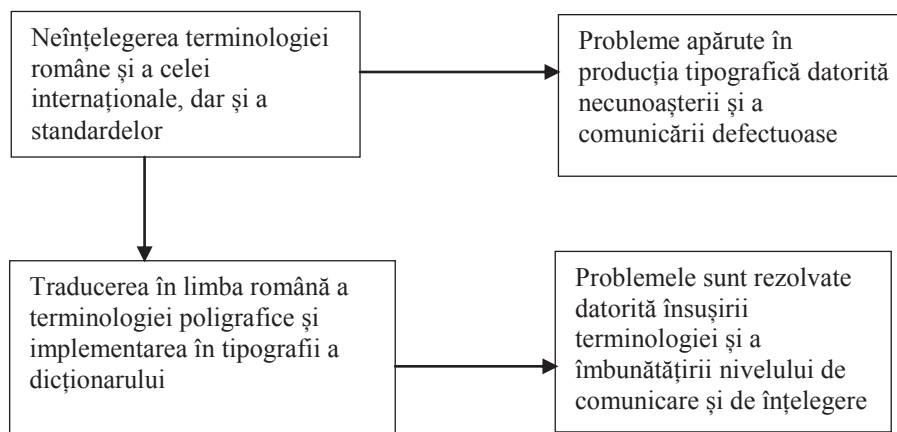


Fig. 2. Relația de cauzalitate între neînțelegerea terminologiei și a standardelor și problemele apărute în tipografii și modul de remediere al acestor probleme

3. Dicționar român de termeni poligrafici

Familia de standarde ISO 12637 definește o serie de termeni folosiți în industria poligrafică, atât analogică, cât și digitală. În continuare sunt prezentați câțiva termeni specifici tuturor proceselor de producție.

3.1. Fundamental terms – Terminologie generală

Analog technology – representation, transmission and reproduction of visual data in unbroken succession, such as in continuous-tone art, films and photographic images. In common practice, analog processes (sometimes called conventional processes) are differentiated from digital methods, as their original images are computed and written only once to produce reusable physical carriers in forme-based printing technology (ISO 12637-1, 1);

Tehnologie analogă – reprezentare, transmitere și reproducere de informații vizuale aflate într-o succesiune neîntreruptă, așa cum se întâmplă în cazul imaginilor fotografice, a filmelor foto sau a artei plastice. În practica uzuală, procesele analogice, numite și procese convenționale, sunt diferite de metodele digitale, în cazul cărora imaginile originale sunt digitizate pentru a produce plăcile de tipar;

Indirect printing – image transfer from an image carrier to a substrate by means of an intermediate element (ISO 12637-1, 40);

Tipărire indirectă – transfer de imagine de pe un element purtător de imagine pe un substrat suport, cu ajutorul unui element intermediar;

Lithographic printing – forme-based process using formes, where ink receptive (oleophilic) areas and ink repellent (oleophobic) areas, reproduce images on a substrate (ISO 12637-1, 47);

Tipărire litografică – proces de tipărire cu ajutorul formelor, în care zonele oleofile și zonele oleofobe de pe formele de tipar ajută la reproducerea imaginilor pe un substrat;

Mechanical forme making – process that uses a manual or automated machine tool to generate image and non-image areas onto relief or recess printing formes (ISO 12637-1, 49);

Procedeu mecanic de realizare a formei de tipar – proces care folosește o mașină-unealtă manuală sau automată pentru generarea zonelor de imagine (oleofile) sau de non-imagine (oleofobe) pe o placă de tipar încastrabilă.

3.2. Prepress terms – Terminologie specifică etapei prepress

Bit-mapped image – image represented by an array of picture elements, each of which is encoded as a single binary element (ISO 12637-2, 2.3);

Image bitmap (BMP) – imagine reprezentată de o serie de elemente de imagine, fiecare dintre ele fiind codată ca un singur element binar;

Bleed – additional printing area outside the nominal printing area necessary for the allowance of mechanical tolerance in the trimming process (ISO 12637-2, 2.4);

Bleed – zonă suplimentară de tipărire în afara zonei nominale de tipărire necesară pentru toleranța mecanică în procesul de tăiere;

3.3. Printing terms – Terminologie specifică etapei de tipărire propriu-zisă

Analogue copying machine – image-producing device that operates by transferring the original image via a lens onto a photosensitive substrate and creates a visual image by utilizing electrophotographic or other means (ISO 12637-3, 1);

Aparat de copiat analogic – dispozitiv de producere a imaginii care funcționează prin transferul imaginii originale cu ajutorul unui obiectiv pe un substrat fotosensibil și creează o imagine vizuală prin utilizarea electrofotografiei sau a altor mijloace;

Doctor blade – blade that wipes the excess (surface) ink from a gravure cylinder or anilox roller before printing or the excess coating from a cylinder during finishing operations (ISO 12637-3, 32);

”Lama doctorului” – lama (racletă) din oțel-carbon care îndepărtează cerneala în exces de pe suprafața unui cilindru gravat sau a unui cilindru anilox înainte de tipărire, sau îndepărtează acoperirea excesivă a unui cilindru în timpul operațiilor de finisare; utilizată atât pentru rotogravură, cât și pentru flexografie, ”lama doctorului” este din punct de vedere tehnic o lamă de dozare. Cuvântul „doctor” se crede că provine din limba germană, unde a fost numit pentru prima dată „lamă ductoare”, ce avea rolul de a fi trasă pe o suprafață [14].

3.4. Postpress terms – Terminologie specifică etapei de finisare

Coating – process that uses lacquers, varnishes and other substances to improve the whiteness, opacity and gloss of printed substrates, enhancing and protecting the printed matter (ISO 12637-4, 2.16);

Lăcuire – proces care utilizează lacuri, vopseluri și alte substanțe pentru a îmbunătăți nivelul de alb, opacitatea și luciul suporturilor de tipar, îmbunătățind și protejând astfel materialul tipărit;

Creasing – indenting lines into substrates, such as cardboard or paper, to guide subsequent folding operations (ISO 12637-4, 2.22);

Biguire – presarea suporturilor de tipar, cum ar fi cartonul sau hârtia, pentru a forma liniile de ghidaj pentru operațiile ulterioare de pliere.

4. Concluzii

Tendențele actuale, dar și cele de perspectivă, ale economiei naționale urmăresc optimizarea producției. Acest trend este valabil și pentru industria poligrafică.

Această lucrare de cercetare își propune să studieze nivelul de implementare a standardelor ISO și STAS în activitatea industriei poligrafice, să analizeze nivelul de cunoaștere al terminologiei de specialitate de către tipografi, să urmărească modul de comunicare din interiorul tipografiei, dar și dintre tipografie și beneficiari și nivelul de înțelegere al acestora.

În urma acestor analize cantitative și calitative a situației existente în industria poligrafică din România, cercetarea urmărește să evidențieze problemele apărute la nivelul producției poligrafice care se datorează cunoașterii necorespunzătoare a acestor standarde naționale și internaționale.

Obiectivul principal al acestei cercetări este să optimizeze producția tipografică prin îmbunătățirea interacțiunii dintre tipografi și beneficiarii acestora, datorită creșterii nivelului de înțelegere al terminologiei folosite de către specialiștii poligrafici. Acest obiectiv va fi atins prin implementarea unui dicționar român de termeni poligrafici, realizat în urma unei corelări subiective între cele două tipuri de familii de standarde utilizate în industria poligrafică.

5. Bibliografie

- [1]. Kipphan, H., *Handbook of Print Media*, Ed. Springer, 2001, ISBN 3-540-67326-1.
- [2]. Vitan, I., *Standardele din domeniul tipografiei*, <http://www.vreauprofit.ro/?p=1216>
- [3]. <https://magazin.asro.ro/Search?q=6027+&ics=&l=>
- [4]. <https://www.euopress.md/termeni-poligrafici/>;
- [5]. <https://everest.ro/dictionar-termeni/>;
- [6]. <https://sianimage.com/dictionar-termeni-tipografici/>;
- [7]. <https://www.tipoghid.ro/dictionar-termeni-poligrafici/>;
- [8]. ISO 12637-1:2006 *Graphic technology — Vocabulary — Part 1: Fundamental terms*, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12637:-1:ed-1:v1:en>;
- [9]. ISO 12637-2:2008(en) *Graphic technology — Vocabulary — Part 2: Prepress terms*, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12637:-2:ed-1:v1:en>;
- [10]. ISO 12637-3:2009(en) *Graphic technology — Vocabulary — Part 3: Printing terms*, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12637:-3:ed-1:v1:en>;
- [11]. ISO 12637-4:2008(en) *Graphic technology – Vocabulary – Part 4: Postpress terms*, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12637:-4:ed-1:v1:en>;
- [12]. <https://www.fogra.org/en/fogra-standardization/fogra-characterizationdata/a-icc-en.html>;
- [13]. http://printwiki.org/Back_Printing;
- [14]. <http://www.vamatco.com/en-dr-blade-nedir/>;
- [15]. www.iso.org

ANALIZA TIPURILOR DE SUPT ȘI A CERNELELOR ALIMENTARE ÎN VEDEREA SIGURANȚEI ALIMENTARE

ANALYSIS OF PRINTING SUPPORT TYPES AND FOOD INKS IN ORDER TO ENSURE FOOD SAFETY

TETELEA (IONESCU) Cristina,

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

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

ABSTRACT: The analysis which is presented in the following research paper emphasises the importance of understanding / knowing the packaging not only at a macro-level, but also from a microscopically point of view. By answering of some ecological issues in food packaging design, others related to toxicity and/or of a different nature, harmful to the food consumer, have emerged. In the paper are presented both the mechanisms of particle migration to the food, from the components which make up the food packaging, and also, solutions of new materials with a lower degree negative impact.

CUVINTE CHEIE: ambalaj alimentar, material în contact cu alimentele, cerneluri alimentare, migrație

1. Introducere

La sfârșitul deceniului precedent, patologia mai multor boli alimentare a evidențiat necesitatea existenței informațiilor despre compușii folosiți în materialele de contact cu alimentele (MCA) [1 – 3].

La biodegradarea hârtiei rezultă un produs secundar al acestui proces, metanul, cunoscut ca un gaz cu efect de seră mai puternic de 29 de ori față de dioxidul de carbon (conform EPA, Environment Protection Agency, USA / Agenției pentru Protecția Mediului, SUA). Astfel, prioritară a devenit rezolvarea problemelor de mediu, încercându-se reducerea cât mai mare a cantităților de hârtie și carton care ajung în gropile de gunoi, reducând încălzirea globală.

Reciclarea hârtiei a rămas un subiect de cercetare foarte activ, pentru a afla cum se modifică fibrele din hârtie în utilizare și se experimentează modalități pentru a depăși obstacolele tehnologiei de fabricație a astfel încât aceasta să fie o resursă regenerabilă cu mai multe utilizări.

Nanoștiința și nanotehnologia sunt noi abordări ale cercetării și dezvoltării, la care materialele noi care sunt fabricate cu particule mici, în intervalul de mărimi de până la 100 nm, pot prezenta proprietăți noi. Nanotehnologia poate fi aplicată în producția, procesarea, siguranța și ambalarea alimentelor. Cu toate acestea, înțelegerea, observarea și controlul proprietăților materiei cu lungimi cuprinse între 1 nm și 100 nm reprezintă o nouă provocare pentru comunitatea de cercetare industrială.

2. Tipuri de hârtie și carton

Structura hârtiei și cartonului se prezintă ca o rețea de fibre celulozice întrețesute (fig. 1). Aceste fibre sunt legate între ele cu un compus organic numit lignină. Fibrele trebuie să fie separate de lignină și reorganizate pentru a forma o țesătură care este mult calandrată și îmbunătățită, devenind o hârtie netedă. La valori ale greutateii standard de până la 170 g/m² este considerată hârtie, peste sunt considerate cartoane.

În procesul de formare a cartonului, pulparea joacă un rol major în stabilirea proprietăților produsului final. Lemnul constă practic din celuloză, semiceluloză și lignină, pulparea fiind procesul prin care lignina este separată de celuloză. Aceasta se poate realiza fie mecanic, prin apăsarea buștenilor de lemn tăiați pe o piatră de măcinare rotativă, urmând înmuierea și ruperea legăturilor de lignină și separarea fibrelor, fie chimic, prin tratarea așchiilor de lemn pentru a dizolva lignina. Fibrele derivate mecanic sunt mai puțin dense decât pulpa chimică. Mai mult decât atât, pulparea chimică (fig. 2) are un randament mai mic în comparație cu procedeul mecanic, datorită faptului că părțile componente non-celulozice ale lemnului sunt

îndepărtate (tabelul 1) [4]. Lungimea medie a fibrelor lemnului este mai mare în caz de pulpare chimică, fibrele fiind mai flexibile. Acești factori au dus la obținerea unei hârtii mai rezistente și mai flexibile.

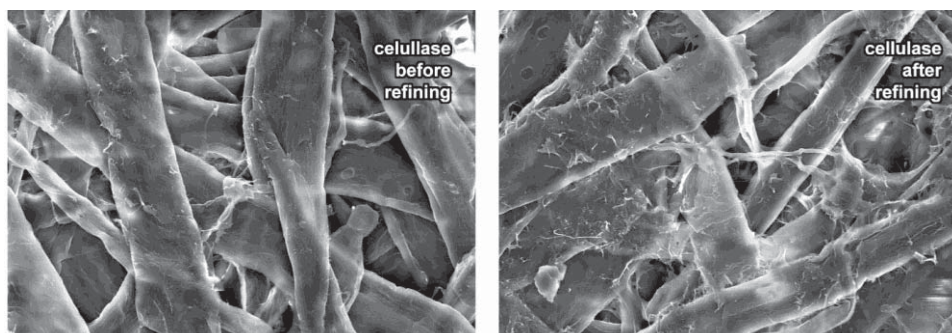


Fig. 1. Fibre celulozice din componența hârtiei și cartonului

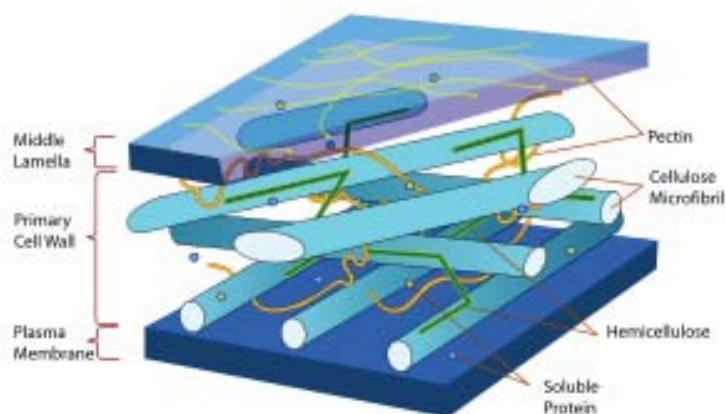
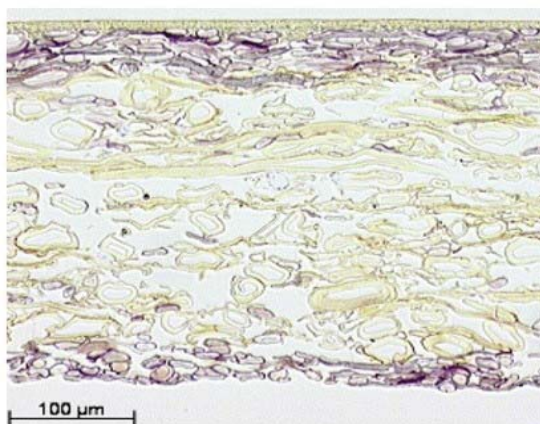


Fig. 2. Pulparea chimică a lemnului

Tabel 1

Proces	Celuloza	Semiceluloza	Lignina	Randament
Mecanic	100	100	100	90 – 95
Chimic, fără albire	90 – 95	32	9 – 25	40 – 55

Pe baza acestor tehnici de formare și prelucrare a pulpei, există patru tipuri de bază de carton (fig. 3), și anume: WLC (white lined chip), SBB (solid bleached board) / SBS (solid bleached sulphate), FBB (folding box board) și Kraft (CUK coated unbleachedkraft / SUB solid unbleached board). Printre acestea, SBS și FBB sunt plăci primare (virgine) de celuloză pură, în timp ce WLC și CUK sunt produse din fibre parțial reciclate [4].



Cross section of paperboard

Fig. 3. Secțiune prin carton

2.1. Carton solid alb – SBB / SBS

Cartonul SBS este considerat calitate premium pentru ambalaje și scopuri grafice (în mod obișnuit mărci de îngrijire personală și produse cosmetice), cretat pe ambele fețe. Fiind o placă de fibre virgine 100%, SBS este alegerea preferată pentru aplicațiile de ambalare a produselor alimentare, cum ar fi paharele de hârtie și ambalajele pentru lichide. Placa superioară și uneori și cea posterioară, sunt alcătuite din pulpă chimică albă acoperită cu pigmenți minerali sau sintetici, astfel că o face foarte potrivită pentru copertele de cărți și felicitări. Are luminozitate ridicată, netezime și caracteristici superioare de suprafață și imprimare. Are o luminozitate de suprafață ISO 90 %.

2.2. Carton solid grafic

Acest carton se folosește pentru cutii pliabile (FBB tip GC1/GC2) și cuprinde straturi medii de pulpă mecanică între straturile de pulpă chimică albită. Pulpă mecanică din centru face placa mai rigidă în comparație cu SBS. Partea superioară și cea posterioară a acestei plăci pot fi acoperite cu pigmenți minerali sau sintetici. Deoarece stratul de pulpă chimică înălbită este translucidă, partea din spate a plăcii apare de culoare crem. Se poate aplica un tratament chimic prin care pulpa mecanică din stratul de mijloc devine mai deschisă la culoare.

Similar cu SBS, FBB este produs din fibre virgine și este potrivit pentru aplicații de ambalare a alimentelor. GC2 are spatele crem având astfel o rigiditate remarcabilă. Este considerat ideal pentru pachetele de țigări, produse cosmetice, produse farmaceutice și aplicații grafice. În India, FBB este clasa principală de carton pentru ambalaje, folosit de majoritatea companiilor.

2.3. Carton Kraft – SUB / CUK

Fabricat exclusiv din pulpă chimică nealbită, SUB este de culoare maro. Poate fi acoperit cu un strat de pigment mineral alb pentru a face suprafața albă. O parte din pulpa chimică nealbită poate fi înlocuită cu fibre reciclate. SUB este utilizat acolo unde există o cerință de rezistență ridicată în ceea ce privește rezistența la perforare și la rupere, dar și la umiditate crescută.

2.4. WLC

Este un carton utilizat pe scară largă și fabricat în toată lumea. De asemenea, este cunoscut sub numele de carton reciclat îmbunătățit, cu spate gri sau carton duplex (GD). Este format din 60 – 100 % fibre reciclate distribuite pe diferite straturi. Stratul din mijloc, de culoare gri, este confecționat din pulpă reciclată recuperată din hârtii amestecate sau deșeuri de carton. Stratul superior al pulpei chimice albite este acoperit cu pigment mineral alb. Cartoanele GT2 sunt alcătuite din fibre reciclate, cretate pe față, gri la interior și cu spate alb. Cele cu spate din carton Liner Kraft sunt tip GT4 și sunt mai rigide și mai rezistente.

Posibilitățile de combinare cu alte materiale (materiale plastice) sunt numeroase. În acest fel, materialele speciale de ambalare pot fi produse pentru majoritatea tipurilor de ambalaje. Hârtiile rezistente la grăsime, de exemplu, sunt utilizate pentru ambalarea untului, margarinei, cârnii și cârnaților. Acestea includ pergament vegetal și sticlă și sunt prevăzute cu polimeri de barieră. Cartonul Liner Kraft sau hârtia Test Liner și stratul ondulat sunt baza pentru producerea plăcilor ondulate [4,5].

În cazul alimentelor congelate, cartonul oferă protecție împotriva pagubelor fizice, iar acoperirea cu LDPE (low-density polyethylene) oferă rezistență la apă împotriva produselor umede și protejează produsul înghețat împotriva pierderilor de umiditate. LDPE are un punct de topire de 1048 °C, care este ideal pentru sigilarea termică a cutiilor din carton acoperit cu LDPE. Cu toate acestea, pentru a asigura utilizarea ulterioară a cuptoarelor cu microunde, LDPE trebuie înlocuit cu polipropilena (PP), care are o termorezistență mai mare, cu un punct de topire de 1718 °C. Acoperirea cartonului cu polietilen tereftalat (PET) cu punctul de topire 2608 °C, oferă o rezistență la căldură adecvată temperaturilor mai ridicate ale unui cuptor de convecție [6].

3. Cerneluri

Cernelurile sunt proiectate pentru fiecare dintre cele cinci procese principale de tipărire [7].

Flexografia și gravura sunt cunoscute sub numele de procese cu cerneală lichidă și se bazează pe solvenți volatili care se evaporă ușor la temperaturile camerei. De obicei, procesul de evaporare elimină aproximativ 35 % – 40 % din volumul de cerneală livrat.

Litografia, cunoscută sub denumirea de proces cu cerneală de pastă, folosește cerneluri care nu sunt volatile la temperaturi normale.

Serigrafia utilizează cerneluri care se încadrează între aceste două grupuri. Cernelurile de tipărire sunt amestecuri de trei tipuri principale de ingrediente: pigmenți, vehicule și aditivi.

3.1. Pigmenții / Coloranții

Folosiți la cernelurile de tipărire includ atât pigmenți anorganici (de exemplu, negru de fum și dioxid de titan), cât și pigmenți organici, care sunt adesea coloranți insolubili prin complexare cu un ion metalic. Majoritatea pigmentilor organici sunt preparați din coloranți azo, antrachinonă și triarilmetan și ftalocianine. Pigmenții produc culoare prin absorbția selectivă a luminii, dar, deoarece sunt solide, împrăștie lumina. Plumbul și alți pigmenți toxici au fost eliminați din cernelurile pentru ambalajele alimentare.

3.2. Vehiculele

Vehiculele constau, în general, dintr-o rășină sau un polimer cu un dispersant lichid, care poate fi un solvent, ulei sau monomer. Alegerea vehiculului pentru o cerneală de tipărire depinde de procesul de tipărire, de cum va fi uscată cerneala și de substratul pe care urmează să fie tipărită imaginea (fig. 4). În tiparul ofset, unde cernelurile sunt uscate prin absorbție și oxidare, vehiculele sunt în general amestecuri de minerale și uleiuri vegetale și rășini. Cernelurile flexografice, care sunt concepute să se usuce rapid prin evaporare, se pot baza pe apă sau pe solvenți organici, cum ar fi etanol, acetat de etil, n-propanol sau izopropanol, cu o mare varietate de rășini. Vehiculele pentru cerneluri folosite în gravură, care se usucă și prin evaporare, pot conține hidrocarburi aromatice sau alifatică și cetone, ca solvenți. Cernelurile pentru serigrafie folosesc solvenți organici.

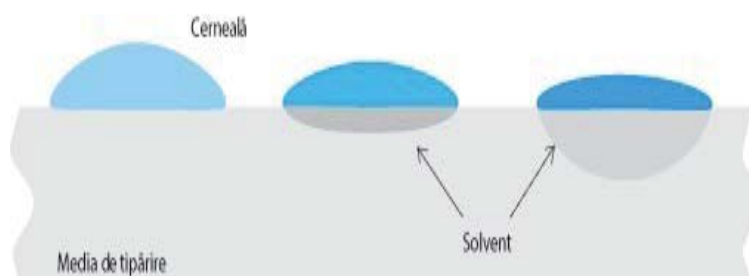


Fig. 4. Uscarea cernelii prin penetrarea solventului în substrat

Cernelurile aplicate ambalajelor alimentare trebuie să fie fabricate astfel încât să nu-și transfere componenții în alimente în cantități care ar putea pune în pericol sănătatea umană, să producă o schimbare inacceptabilă în compoziția alimentului sau să producă o deteriorare a caracteristicilor organoleptice ale acestora.

Pentru a îndeplini cerințele producătorului de produse alimentare, precum și reglementările naționale implementate sau planificate recent, în industria de cerneală pentru tipar s-au dezvoltat noi cerneluri de tipar cu migrație scăzută. Solventul diferă de cel utilizat în cernelurile de tipar ofset convenționale. În loc de uleiuri minerale și vegetale, cernelurile nou-dezvoltate cu migrație scăzută se bazează pe esterul acizilor grași noi (FAE), alcoolul cuaternar esterificat cu acizi grași cu catene scurte [8].

Majoritatea materialelor de ambalare pentru hârtie și carton sunt tipărite pe tipar ofset, deoarece oferă un atractivitate comercială mai bună pentru produsul depozitat. Acesta este un proces indirect de tipărire planografică. Stratul de cerneală aplicat are, în medie, greutatea de 1,5 g/m² pe o parte și se usucă prin evaporare.

4. Ambalajele și procesul de migrație

4.1. Tipuri de ambalaje

Există trei niveluri de ambalare: primară, secundară și terțiară.

Ambalajele primare sunt cele în contact direct cu produsul, adesea denumit „ambalaj cu amănuntul”. Principalele sale obiective sunt protejarea produsului și informarea sau atragerea clienților.

Ambalajele secundare sunt folosite pentru a expedia produsele deja ambalate în cele primare. Principalele sale obiective sunt de a proteja produsele și de a oferi marca în timpul expedierii. Uneori, ambalajele primare și secundare se suprapun.

Ambalajele secundare se pot suprapune și *ambalajelor terțiare* care sunt cele mai des folosite de către depozite, pentru a livra ambalajele secundare. Ambalajul terțiar nu este de obicei văzut de consumatori

și este conceput pentru a ușura manipularea și transportul unui număr de unități de vânzare sau ambalaje grupate.

4.2. Migrația chimică

Ambalajul joacă un rol esențial în protejarea alimentelor, împotriva contaminării chimice și biologice [4 – 6]. Cu toate acestea, din punct de vedere al siguranței alimentare, *principala preocupare asociată ambalajului este migrația chimică* a substanțelor nocive din ambalaj în alimente, care ar putea constitui un risc pentru sănătatea consumatorului [4]. Migrația este un fenomen de transfer de masă în care substanța transferată de pe ambalaj la produsele alimentare se numește migrant. Acest proces depinde de mai mulți factori, printre care: tipul de material, natura alimentelor, proprietățile fizico-chimice ale migrantului, timpul și temperatura contactului [9, 10].

Materialele din hârtie și carton sunt materiale poroase cu o rețea eterogenă de fibre cu spații mari de aer. Substanțele cu masă/greutate moleculară mică din aerul din jur sau din materialul de ambalare pot migra în alimentele ambalate.

4.2.1. Mecanismul migrației particulelor din ambalajele primare și secundare în alimentele din interiorul lor este foarte complex datorită varietății tipurilor de alimente, diversității materialelor de ambalare și condițiilor de depozitare [11, 12].

4.2.1.1. Migrația substanțelor chimice în alimentele lichide se desfășoară în 4 etape:

- difuzia prin matrice,
- desorbția de pe suprafața ambalajului,
- absorbția moleculelor alimentare de pe suprafața ambalajului,
- desorbția cu extracția chimică prin alimente în contact cu suprafața polimerului.

În plus, interacțiunea dintre alimente și ambalaje ar putea implica convecția și reacțiile chimice.

4.2.1.2 Migrația în alimentele solide

Datorită structurii hârtiei și cartonului, transferul fazei gazoase ar putea juca un rol important în acest tip de migrație. Procesul implică adsorbția / desorbția migrantului pe fibră, transferul prin fibre și difuzie în porii aerului.

Interacțiunea dintre materialul ambalajului și alimente poate fi în contact direct sau indirect. Indirect, indică existența unui material suplimentar între materialul de contact cu alimentele și alimente. Având în vedere stratul de aer dintre materialele de ambalare și alimentele solide uscate, migrația poate fi controlată parțial prin contact direct între materialul ambalajului și alimente, și parțial prin spațiul aerian în care migrații difuzează și se transferă suplimentar în alimente.

4.2.2. Tipuri de migrație [13]

4.2.2.1. Migrația difuză prin substrat întâlnită la particulele de cerneală de pe ambalajul tipărit.

Datorită dimensiunilor moleculare a unor particule și în funcție de existența unei bariere a substratului și a proprietăților ei, migrații pot ajunge, trecând prin substrat, la stratul netipărit (fig. 5).

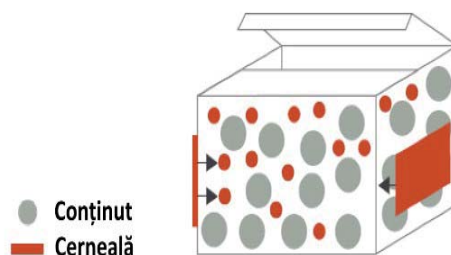


Fig. 5. Migrația difuză prin substrat

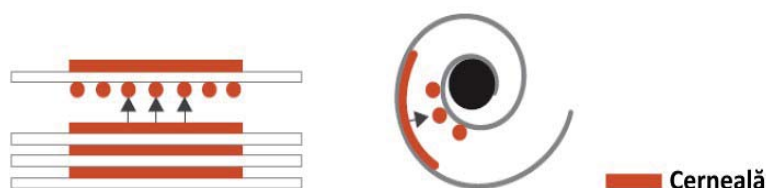


Fig. 6. Migrația "set-off"

4.2.2.2. Migrația „set-off” are loc în timpul stivuirii între colile tipărite de carton sau în rola tipărită sau înnobilită (fig. 6).

4.2.2.3. Migrația în fază gazoasă în cazul tratării termice controlate sau nu a alimentelor aflate în ambalaj (fig. 7).

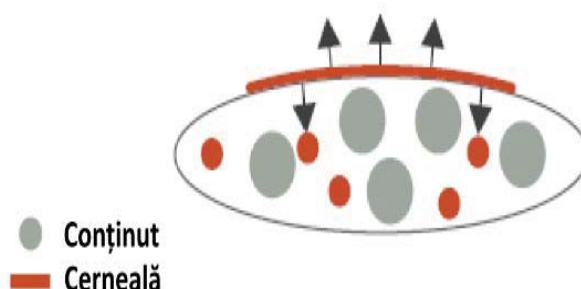


Fig. 7. Migrația în faza gazoasă

4.2.3. Factorii care influențează fenomenul migrației

Factorii care influențează fenomenul migrației pot fi rezumați în 5 categorii principale:

4.2.3.1. Natura hranei

Proprietățile fizice și chimice ale alimentelor au o influență imensă asupra migrației compușilor principali. De exemplu, a fost studiată migrarea metalelor toxice de la materialele ceramice de contact cu alimente, în alimente acide. Rezultatele arată cum cantitățile de scurgere de plumb și cadmiu din materialul de ambalare scad cu valoarea pH-ului simulantului alimentar [11, 13]. În plus, proprietățile alimentelor pot influența și nivelurile de migrație. De exemplu, în studiile migrației de pe hârtie și carton pe fructe și legume s-a constatat că nivelurile de migrație depind puternic de natura alimentului. S-a constatat că merele au un nivel de migrare de peste 3 ori mai mare în comparație cu ciupercile și cartofii, după contactul cu cartonul ondulat [14].

4.2.3.2. Tipul de contact

Contactul direct și cel indirect au dus la diferite niveluri de migrație. S-a găsit o reducere de șase ori a migrației pentru contact indirect comparativ cu contactul direct în aceleași condiții de contact [15].

4.2.3.3. Timpul și temperatura contactului

Timpul și temperatura contactului sunt doi dintre parametrii determinanți în migrație. Nivelurile de migrație la 40 °C / 10 zile s-au prezentat de 2 până la de 3 ori mai mari decât la 100 °C / 30 min în studiul migrării caprolactamei în uleiul de măsline [16].

4.2.3.4. Tipul și proprietățile materialelor de ambalare

Principalele categorii de materiale utilizate pentru ambalarea alimentelor sunt:

- materialele plastice,
- pelicule de celuloză regenerată,
- hârtie și carton,
- metal,
- sticlă și ceramică.

Datorită faptului că apar noi tehnologii și materiale pentru ambalarea alimentelor și diversitatea migranților continuă să crească. S-a constatat că starea matricei polimerice influențează difuzia, aceasta fiind mecanismul major al migrației. Polimerii sticloși tind să redea un nivel mai mare de migrare decât polimerii cauciucați [14].

4.2.3.5. Caracteristicile migranților

Caracteristicile migranților influențează în mod direct procesul și întinderea migrației. Datorită proprietăților chimice și fizice diferite ale migranților și gradul de difuzie ar putea fi diferit. Uneori migrația implică aderența, convecția și reacțiile chimice. Conținutul cu concentrație mai mare al migrantului în materialele de ambalare are ca rezultat un nivel de migrație mai mare decât un conținut cu concentrație mai mică al aceluiași migrant. Deci cantitatea migrantului în materialele de ambalare determină nivelul de migrație al acestuia [14].

4.2.4. Testarea ambalajelor

Materialele de ambalare pentru alimente trebuie testate pentru a se asigura că au proprietăți corecte în ceea ce privește permeabilitatea gazelor, a vaporilor de apă și a contaminanților, grosimea straturilor de acoperire.

Testarea ambalajelor poate să aibă în vedere: siguranța alimentară, compatibilitatea ambalajelor cu alimentele, migrarea materialului din ambalaj în hrană, termenul de valabilitate, proprietățile de barieră, porozitatea, atmosfera pachetului, cerințe speciale de asigurare a calității, bune practici de fabricație, HACCP (Hazard Analysis of Critical Control Points: o serie de măsuri ce asigură siguranța alimentelor de la recoltare până la consum și este integrat în Principiile Generale ale Igienii Alimentare și este aplicat împreună cu alte coduri existente de practica igienei), protocoale de validare etc.

4.2.4.1. Posibilii migranți din ambalajele de hârtie și carton

Ambalajele reciclate din hârtie și carton sunt utilizate ca un mediu ecologic. Cu toate acestea, pot aduce un prejudiciu sănătății umane prin eliberare de substanțe chimice toxice în produsele alimentare. Migrarea bisfenolului A (BPA), bis (2-etilhexil) ftalat (DEHP), nonilfenol monoetoxilat (NMP) și dietoxilatul de nonilfenol (NDP) au fost detectate în alimentele care au intrat în contact cu ambalajul. Substanțele perfluorochimice, cum ar fi politetrafluoroetilena (PTFE), care sunt utilizate pe scară largă în stratul de hârtie pentru a oferi rezistență la ulei și la umiditate, poate aduce prejudicii consumatorilor atunci când migrează în produsul alimentar, cum ar fi în laptele dintr-o cutie. Perfluorooctansulfonatul (PFOS) și acidul perfluorooctanoic (PFOA), care este utilizat în fabricarea PTFE, pot migra de la acoperirile perfluoro în alimente.

4.2.4.2. Posibilii migranți din cerneală și lacuri

Cerneala și lacul sunt utilizate pe scară largă pe suprafața diferitelor materiale ale ambalajelor, cum ar fi carton, plastic și laminate. Deși partea tipărită a ambalajului nu este neapărat în contact direct cu alimentele, migrația componentelor lor a fost detectată în produsele alimentare. Fotoinițiatorii UV folosiți la uscarea cernelii migrează în băutura conținută. De exemplu, 2-izopropil tioanton (ITX) a fost găsit în laptele pentru sugari [2].

4.2.5. Simulanții alimentari

Testele de migrare se realizează conform Regulamentului 10/2011, cu simulanți alimentari, care sunt produse chimice cu caracteristici similare diferitelor categorii de alimente (alimente apoase, acide, alcoolice, lapte, ulei și grăsimi și alimente uscate):

- simulanții alimentari A (10 % etanol), B (3 % acid acetic) și C (20 % etanol) sunt destinați produselor alimentare cu caracter hidrofил și capabili să extragă substanțe hidrofиле. Simulantul alimentar B este utilizat pentru produse alimentare cu un pH mai mic de 4,5, iar simulantul alimentar C trebuie utilizat pentru băuturi alcoolice cu un conținut de alcool mai mic sau egal cu 20 % și pentru produse alimentare care conțin o cantitate semnificativă de ingrediente organice care le face mai lipofиле;

- simulanții alimentari D1 (50 % etanol) și D2 (ulei vegetal) sunt destinați produselor alimentare cu caracter lipofил. Alimentele simulante D1 sunt utilizate pentru băuturile alcoolice cu un conținut de alcool de peste 20 %, pentru produse lactate și pentru emulsiile de tip ulei în apă. Simulanții D2 sunt utilizați pentru alimente care conțin grăsimi libere pe suprafață;

- simulantul alimentar E (poli (2,6-difenil-p-fenilen oxid)) este potrivit pentru alimentele uscate, cu dimensiunea porilor 200 nm [11].

5. Concluzii

Pentru a îndeplini cerințele producătorului de produse alimentare, precum și reglementările naționale implementate sau planificate recent, în industria de cerneală pentru tipar s-au dezvoltat noi cerneluri de tipar cu migrație scăzută. Solventul diferă de cel utilizat în cernelurile de tipar ofset convenționale. În loc de uleiuri minerale și vegetale, cernelurile nou-dezvoltate cu migrație scăzută se bazează pe esterul acizilor grași noi (FAE), alcoolul cuaternar esterificat cu acizi grași cu catene scurte.

Ambalajul joacă un rol esențial în protejarea alimentelor împotriva contaminării chimice și biologice. Cu toate acestea, din punct de vedere al siguranței alimentare, principala preocupare asociată ambalajului este migrația chimică a substanțelor nocive din ambalaj în alimente, care ar putea constitui un risc pentru sănătatea consumatorului. Migrația este un fenomen de transfer de masă în care substanța transferată de pe ambalaj la produsele alimentare se numește migrant. Acest proces depinde de mai mulți

factori, printre care: tipul de material, natura alimentelor, proprietățile fizico-chimice ale migrantului, timpul și temperatura contactului.

Nanoștiința și nanotehnologia sunt noi abordări ale cercetării și dezvoltării, la care materialele noi care sunt fabricate cu particule mici, în intervalul de mărimi de până la 100 nm, pot prezenta proprietăți noi și nanotehnologia poate fi aplicată în producția, procesarea, siguranța și ambalarea alimentelor. Cu toate acestea, înțelegerea, observarea și controlul proprietăților materiei cu lungimi cuprinse între 1 nm și 100 nm reprezintă o nouă provocare pentru comunitatea de cercetare industrială.

6. Bibliografie

- [1]. Muncke, J., Myers, J., Scheringer, M., Porta, M. (2014), “Food packaging and migration of food contact materials: will epidemiologists rise to the neotoxic”, în: *Journal of Epidemiology and Community Health*, Health BMJ Publishing Group Ltd under licence JECH Online.
- [2]. *** EFSA (European Food Safety Authority), Opinion of “The scientific panel on food additives flavourings processing aids and materials in contact with food on a request from the commission related to 2-isopropyl thioxanthone (ITX) and 2-ethylhexyl-4-dimethylaminobenzoate (EHDAB) in food contact materials”, (2005).
- [3]. *** EFSA (European Food Safety Authority), “EFSA statement on the presence of 4-methylbenzophenone found in breakfast cereals”, (2009).
- [4]. Twede, D., Selke, S., Donatien-Pascal, K. și Shires, D. (2015), *Cartons, Crates and Corrugated Board, Handbook of Paper and Wood Packaging Technology*, Ed. DEStech Publications, Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA, ISBN 978-1-60595-135-5.
- [5]. Holik, H. (2006), *Handbook of Paper and Board*, Ed. Voith Paper, Ravensburg, Germany, ISBN 3-527-30997-7.
- [6]. Sun Lee, D., Yam, K. and Piergiorganni, L. (2008), *Food Packaging Science and Technology*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- [7]. Gordon, R. (2013), *Food Packaging Principles and Practice*, Ed. CRC Press, New York, ISBN 978-1-4398-6242-1.
- [8]. Robert, T. (2014), “Green ink in all colors”, în: *Printing ink from renewable resources*, Prog. Org. Coat.
- [9]. Barnes, K., Sinclair, R., Watson, D. (2007), *Chemical Migration and Food Contact Materials*, Ed. CRC Press, New York, ISBN 978-1-85573-462-3.
- [10]. Lau, O. și Wong, S. (2000) *Journal of Chromatography A*, 2000, vol. 882, pg. 255, <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-chromatography-a/vol/882/issue/1>.
- [11]. Jingwen, Su. (2017), *Migration Studies of Food Packaging Using Modified Polyphenylene Oxide (MPPO) Solid Food Simulant*, Rutgers, New Jersey.
- [12]. “Printing inks for Food Packging”, Huber Group, <https://www.huber.de/>.
- [13]. “Cum migrează cerneala ? ”, <https://www.holromimpex.ro>.
- [14]. Quirós, B., Lestido, A., Cardama, R., Sendón, V. și García, Ibarra. (2019), *Food Contamination by Packaging*, Ed. Walter de Gruyter GmbH, ISBN 978-3-11-064487-6.
- [15]. Ewender, J., Roland, F. și Welle F., (2012), “Permeation of Mineral Oil Components from Cardboard Packaging Materials through Polymer Films”, în: *Packaging Technology and Science*, Published online in Wiley Online Library.
- [16]. Richterab, T., Gudea, T. și Simatb T. (2009), “Migration of novel offset printing inks from cardboard packaging into food”, *Food Additives and Contaminants*, Vol. 26, No. 12, Dresden, Germany.

STUDIUL IMPACTULUI PRODUSELOR POLIGRAFICE ASUPRA IDENTITĂȚII ORGANIZAȚIONALE

STUDY ON HOW THE POLIGRAPHIC PRODUCTS IMPACT THE ORGANIZATIONAL IDENTITY

ȘURARIU (ENESCU) Daniela-Ștefania

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnologii și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: II, Masterat, e-mail: d_enescu64@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr.ing. Nicoleta Elisabeta PASCU

ABSTRACT: Even though the Government Institutions were among the last to embrace the branding concept, currently they are the keenest on promoting it. The purpose of this paper is to develop a brand strategy for an efficient school promotion. The necessity of a new logo design was identified for the educational institution, and a visual identity was created accordingly. Several concepts were generated and analyzed, which finally led to the model presented in this paper, based on which different advertising materials might be developed in the future.

CUVINTE CHEIE: brand, identitate vizuală, impact, logo

1. Introducere

În ultimii 20 de ani, în marketing și relațiile publice se întâlnește din ce în ce mai des termenul de *brand*. Brandul a devenit în acest moment elementul central al oricărei strategii de imagine, indiferent că este vorba de promovarea unui produs, serviciu, instituție sau persoană.

Noțiunea și conceptul de *brand instituțional* a apărut relativ recent, dar cu toate acestea, o serie de elemente, mai ales la nivel de măsuri de comunicare a brandului instituțional, sunt folosite de foarte mult timp. Toate aceste măsuri au fost grupate într-un ansamblu coerent, care a ajuns să fie cunoscut sub denumirea de *branding instituțional*.

Brandul instituțional își are originea ca și concept în noțiunea de bază a brandului, definit în mod curent "ca o colecție de simboluri grafice, experiențe și asociații de ordin cultural și personal, care reprezintă o companie, serviciu sau produs în relația cu consumatorul.

Astfel, brandul instituțional este respectiva colecție de simboluri, experiențe și asociații care reprezintă o instituție în relația cu beneficiarii săi și alte părți interesate." [6].

Brandingul unei instituții poate să fie de succes dacă valori precum reputație, renume, importanță, excelență sunt convertite în beneficii concrete. Acestea sunt atinse în urma unui proces de lucru adaptat necesităților complexe ale unei asemenea instituții [8, 9].

Diferența dintre brandul clasic și brandul instituțional constă în faptul că brandul clasic poate reprezenta o gamă largă de entități (companie, produs etc.), pe când brandul instituțional reprezintă strict entitatea instituțională. De asemenea, și grupul țintă al brandingului instituțional diferă de grupul țintă al brandingului clasic. Astfel, brandul clasic se axează îndeosebi pe relația cu consumatorul, scopul său fiind de obicei unul strict comercial, de vânzare, brandul instituțional reprezintă instituția în relația cu o gamă mult mai largă de factori interesați. Scopul său nu este neapărat unul comercial. În multe cazuri însă, acesta are rol de creștere a nivelului de colaborare cu factorii interesați și ajută la îndeplinirea proiectelor instituției respective, fie ele și necomerciale.

Principalii implementatori de branduri instituționale sunt:

- instituțiile internaționale, de stat sau locale;
- universitățile;
- unitățile de sănătate.

Tendința de promovare a imaginii instituției a apărut pe un fond de responsabilizare a instituțiilor locale și de obligare a acestora de a justifica mult mai puternic propriile acțiuni și programe, precum și pe fondul creșterii așteptărilor pe care beneficiarii acestora le au de la instituții. Astfel, instituțiile de stat au devenit mult mai agresive în promovarea propriei imagini și sublinierea foloaselor pe care beneficiarii lor le au în urma colaborării cu aceste instituții.

Datorită dependenței de un for superior (guvern) a instituțiilor de stat, de multe ori brandingul instituției urmărește pe lângă creșterea vizibilității în ochii beneficiarilor direcți (în cazul nostru al elevilor, părinților) și în ochii forului superior, lucru care înseamnă o campanie dusă cu un alt tip de mijloace de comunicare decât cele din cazul brandurilor comerciale.

Și indicatorii de succes sunt în acest caz diferiți: succesul se numără în finanțările obținute de la buget sau din alte surse, lucru care iarăși face din brandingul instituției respective un proces cu reguli diferite de cel clasic.

În ultimii ani, datorită introducerii finanțării în funcție de numărul de elevi, școlile au adoptat brandingul instituțional ca o măsură de bază a strategiei proprii de promovare. Datorită acestui fapt, precum și datorită apariției școlilor private, școlile de stat au fost nevoite să găsească și alte surse de finanțare: firme private, fonduri europene accesate în urma proiectelor câștigate. Mai mult, concurența pentru acest tip de resurse devenind acerbă în ultima perioadă. Acest lucru a făcut ca școlile și universitățile să fie cele mai entuziaste și inovative instituții care folosesc brandingul instituțional ca măsură menită să aducă un plus de valoare în contextul concurențial foarte dificil din domeniul învățământului. Școlile au un segment-țintă deosebit de divers, lucru care face ca obiectivele urmărite să fie atât de ordin strict comercial (mărirea numărului de elevi, vinderea către aceștia a unor servicii cât mai diversificate), cât și de ordin necomercial, dar urmărind la final obținerea unui loc cât mai bun în lupta pentru obținerea de fonduri.

Cea mai mare pondere a instituțiilor care folosesc brandingul ca mijloc de promovare a propriei imagini poate fi întâlnită în SUA, însă în ultimii 15 ani Europa a recuperat foarte mult, la acest nivel. În Europa, brandingul instituțional a fost adoptat într-o primă fază de instituțiile din Germania și arealul anglo-saxon, însă, în ultima perioadă Europa de Est a înregistrat o creștere exponențială a folosirii brandingului instituțional [6].

În prezent, școlile ar trebui să își creeze propriul brand în aceeași măsură în care își îndeplinesc indicatorii de performanță. Vizând o rețea de segmente de piață, școlile trebuie să fie în contact atât cu jucătorii cheie din aval, cât și cu cei din amonte pentru a crea o strategie de brand management proaspătă și ușor de adaptat. Implicarea viitorilor candidați, a propriilor elevi și a mediului de afaceri în activități comune poate pune bazele sinergiei necesare în vederea creării unei punți de legătură și a consolidării și creșterii brandului [1].

Lucrarea de față își propune revigorarea imaginii Colegiului Tehnic de Transporturi Brașov, unde autoarea lucrării își desfășoară activitatea. S-a realizat un nou design de logo. Pe baza acestuia se vor crea o serie de produse care urmează a fi folosite în acțiunile de promovare a imaginii școlii. O serie de acțiuni proactive și reactive au fost elaborate și implementate pe parcursul unui an școlar, pe baza unui portofoliu de produse dezvoltat plecând de la logo-ul școlii. Conținând acțiuni țintă pe termen scurt, mediu și lung, strategia a mai identificat cu claritate viitoare căi de dezvoltare.

2. Evaluarea situației actuale a identității vizuale a instituției

Identitatea vizuală trebuie să răspundă unui întreg set de provocări (logo, materiale de comunicare, aplicații). De asemenea, trebuie să ofere o imagine omogenă, să se regăsească la fiecare nivel ierarhic din școală, în acest sens, o importanță foarte mare o are realizarea unui manual al brandului, un set de standarde și reguli care reglementează folosirea brandului. Existența acestuia poate fi cea mai bună

soluție pentru folosirea unitară a noului brand în mediul destul de fragmentat și multi-stratificat dintr-o instituție.

Identitatea vizuală reprezintă însăși organizația pentru lumea exterioară, și, prin urmare, contribuie la imagine și reputație. De asemenea, identitatea vizuală organizațională servește la identificarea propriilor angajați cu organizația ca un întreg și/sau cu serviciile specifice oferite de organizația în cauză [2].

Unul dintre cele mai importante elemente vizuale de identitate ale oricărei instituții/organizații este sigla sau logoul. Logoul este cel care produce în mintea publicului asocierea dintre materialele de comunicare ale unei organizații și organizația propriu-zisă [7].

Așa cum am menționat mai sus, în momentul de față este vital pentru orice instituție din învățământ atragerea unui număr cât mai mare de elevi. Pentru aceasta este necesară o campanie de promovare a imaginii școlii susținută de materiale care să producă un impact puternic asupra publicului țintă, în cazul nostru elevii din ciclul gimnazial.

Pornind de la aceste premize s-a constatat necesitatea realizării unor produse publicitare atractive, cu impact asupra grupului țintă de elevi. Pentru realizarea acestora s-a impus o primă etapă de cercetare și anume, crearea unui nou design de logo, deoarece cel existent era impropriu (fig. 1).



Fig. 1. Sigla actuală a Colegiului Tehnic de Transporturi Brașov

Dacă pornim de la definiția logoului – simbol, siglă formată dintr-un ansamblu de semne grafice, care constituie marca unui produs sau a unei firme, ne putem da seama că logoul actual al instituției nu este de fapt logo.

Cercetarea s-a desfășurat începând cu luna ianuarie a anului școlar 2018-2019 în cadrul Colegiului Tehnic de Transporturi Brașov. În această primă etapă de cercetare s-a format o echipă în care au fost implicați elevi de la profilul ”Procesare text/imagine” sub directa îndrumare a autoarei lucrării. Scopul cercetării curente a fost acela de a crea un nou logo pentru instituție.

3. Versiunea de logo

Versiunea de logo a rezultat în urma unui proces complex care a presupus:

- derularea unei cercetări pe bază de „chestionar adresat elevilor, cu scopul de a contura imaginea Colegiului Tehnic de Transporturi văzut din interior”;
- lansarea unui concurs de creație pentru elevi, cu scopul de a identifica un logo compatibil cu rezultatele cercetărilor derulate anterior;
- afișarea propunerilor la avizierul școlii și pe site-ul școlii, cu posibilitatea de a fi votate de către elevi;
- selectarea logo-ului câștigător.

Logo-ul selectat este compatibil cu rezultatele cercetării pe care s-a bazat:

- 91% dintre elevii chestionați au considerat automobilul drept cel mai reprezentativ simbol al școlii;
- 78% dintre respondenți asociază Colegiul Tehnic de Transporturi cu culoarea albastru.

În urma analizei variantelor de logo primite s-au selectat următoarele variante (fig. 2):



Fig. 2. Variante de logo

În urma sondajului făcut în rândul elevilor s-a ales câştigător logoul din figura 3, care a întrunit preferinţele majorităţii elevilor.



Fig. 3. Logo nou – varianta color (stânga), varianta alb-negru (dreapta)

În realizarea şi selectarea noului logo s-a ținut cont de recomandările făcute la începutul cercetării, respectiv un logo descris prin următoarele caracteristici:

- care are o viziune pentru viitor, deosebit, unic;
- care utilizează elemente sau simboluri vizuale care spun ceva concret (se acceptă un nivel de abstractizare până la limita la care mesajul poate fi perceput);
- focusat pe un singur concept/mesaj principal;
- utilizând un limbaj vizual modern;
- fiind din punct de vedere constructiv un izologo (care presupune o combinație de imagini, simboluri sau pictograme și text);
- din punct de vedere stilistic poate fi atât bidimensional, tridimensional, fluid sau construit (se observa de la prima privire că nu este o construcție liberă, la voia întâmplării sau inspirației);
- luminos, armonios și pozitiv;
- în cazul în care se impune utilizarea logo-ului într-un spațiu restrâns este recomandată folosirea reprezentării grafice în sine, neînsoțită de text în orice material de promovare.

De asemenea, în selectarea noului logo s-a ținut cont și de recomandările făcute în materie de culoare:

- formatul culorii trebuie adecvat mediului în care aceasta va fi folosită (tipar, web, monitor sau proiector);
- se recomandă prezentarea logoului și în varianta alb-negru nu numai color pentru a sesiza eventuale inadvertențe de claritate și pentru a lua măsurile ce se impun.

Odată realizat noul brand, foarte importantă este implementarea acestuia în toate aplicațiile sale: signalectică interioară și exterioară, materiale de comunicare și înlocuirea vechii identități.

3.1 Implementarea

În sectorul comercial, înlocuirea vechiului logo se face extrem de rapid, putem spune chiar în marș forțat, cum a fost în cazul Orange, care a înlocuit vechiul brand Dialog în termen de o lună. În cazul instituțiilor, se preferă implementarea treptată, ca modalitate de reducere a costurilor.

3.1.1 Antetul

O dată cu implementarea noului logo este necesar să se modifice documentele emise de Colegiul Tehnic de Transporturi Brașov. Acestea trebuie să exprime identitatea instituției, coerență și consecvență vizuală, de aceea este recomandată utilizarea antetului instituțional (fig. 4). Acesta va respecta recomandările făcute la începutul cercetării, respectiv:

- se vor păstra siglele Inspectoratului Școlar al Județului Brașov și a Ministerului Educației Naționale;
- pentru a nu încărca antetul se recomandă ca adresa și datele de contact ale instituției să fie trecute în subsolul paginii.



Fig. 4. Noul antet instituțional

3.1.2 Aplicații ale identității

Construcția grafică identitară folosită în cazul filei cu antet este recomandată a fi utilizată și în cazul altor materiale tipărite întrucât aceasta încorporează sigla instituției și culorile oficiale.

Cartea de vizită este unul dintre cele mai importante instrumente de comunicare atât personale, cât și instituționale (fig. 5).



Fig. 5. Carte de vizită cu noul logo

Prezentările Power Point ale instituției se recomandă să aibă un șablon simplu, pe fond alb și care să respecte culorile oficiale (fig. 6).

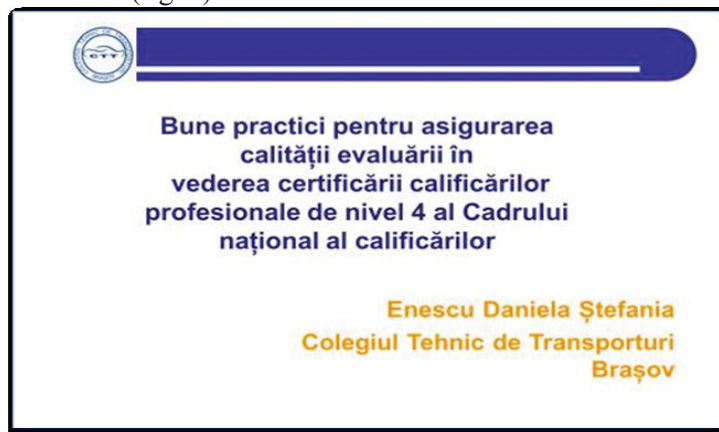


Fig. 6. Șablon prezentare Power Point

Materiale promoționale. Școala își poate crea diverse obiecte în mediul profesional cu scopul de a-și promova imaginea și a-și consolida brandul. Exemple de astfel de obiecte: căni, pixuri, tricouri etc. (fig. 7).



Fig. 6. Exemple de obiecte promoționale inscripționate cu noul logo

Design-ul și conținutul materialelor pentru caravane/târguri poate varia în funcție de eveniment și de cerințele sale specifice, precum: publicul țintă, mărimea, formatul, locul desfășurării etc.

Mărimea logo-ului va fi proporțională cu mărimea materialului.

4. Interpretarea rezultatelor

Atât pe termen lung, cât și pe termen scurt, procesul de branding al unei instituții aduce beneficii tuturor părților interesate: școală, elevi, absolvenți, parteneri, finanțatori etc. Folosirea unei metodologii de creare a brandului cât mai conformă cu necesitățile acelei instituții este însă esențială, ea putând fi punctul cheie al succesului oricărui brand de școală.

Beneficiile pe care le-a adus brandingul în promovarea imaginii instituției:

- *brandul îi oferă instituției relevanță* și prin trimiterea unui mesaj mult mai clar către segmentul-țintă, ajută la mărirea bazei de recrutare. În urma regândirii campaniei de promovare a imaginii școlii s-au realizat toate clasele propuse în planul de școlarizare 2019 – 2020, situație unică în ultimul timp, datorită faptului că tot mai mulți elevi abandonează școala după ciclul gimnazial;
- *diferențiere prin brand*: în multe cazuri, instituțiile concurente au un profil, servicii și facilități asemănătoare, ceea ce creează confuzie și nehotărâre în rândul elevilor respectivi. În acest context, apare necesitatea de diferențiere față de competiție, de creare a percepției unui avantaj în comparație cu oferta concurenței. Existența unui brand solid al instituției poate să fie unul dintre principalii factori de diferențiere, prin promovarea unui mesaj clar, relevant și bine direcționat către segmentul-țintă;
- *realizarea de consorții și parteneriate public/privat*: instituțiile cu branduri puternice vor atrage mult mai ușor parteneri. Astfel, în urma promovării imaginii școlii, de la 8 agenți economici parteneri, în anul școlar 2018 – 2019, s-a ajuns la 13 parteneri în anul școlar 2019 – 2020;
- *îmbunătățirea relațiilor cu corpul absolvenților*: absolvenții pot fi un segment foarte important pentru crearea unor relații cu diferite instituții, atragerea de fonduri și promovarea imaginii instituției;
- *îmbunătățirea calității elevilor și a titlului de absolvent*: cu cât unitatea școlară este mai cunoscută (renumită) cu atât crește numărul și calitatea elevilor, precum și valoarea calității de absolvent. Aceasta s-a putut vedea prin creșterea mediilor de admitere atât la liceu, cât și la învățământul profesional;
- *îmbunătățirea capacității de recrutare a corpului profesoral*: decizia de a fi cadru didactic în cadrul unei instituții poate fi puternic influențată de brandul acesteia și de modul în care se răsfrânge asupra statutului personalului didactic în cauză;
- elevii au fost implicați în mod activ în procesul de branding al școlii, fiindu-le atribuite sarcini în următoarele domenii: propunerea de idei privind noi produse; moduri inovatoare de a folosi tehnologiile disponibile pentru dezvoltarea strategiilor de branding ale școlii; proiectare și reproiectare a logoului (și a altor produse); fabricarea produselor stabilite pentru activitățile de promovare a școlii.

5. Concluzii

Identitatea vizuală organizațională înseamnă construcția imaginii de firmă și reunește în sine atât logo-ul companiei/instituției, cu simbolurile aferente, cât și metodele de utilizare a lor (dimensiuni, culori, poziționare, fonturi). Acestea sunt ulterior adaptate pentru a realiza și alte materiale, cum ar fi: cărți de vizita, foi cu antet, plicuri, mape, CD-DVD -uri - toate folosind un stil grafic similar pentru a asigura unicitatea tuturor elementelor și pentru a păstra coerența și omogenitatea brandului.

Identitatea vizuală oferă o vizibilitate și “reconoscibilitate”. Pentru aproape toate organizațiile este de o importanță vitală ca oamenii să știe că organizația există și să-și amintească numele și activitatea de bază la momentul potrivit. Rolul identității vizuale organizaționale este de a oferi indirect indicii în privința credibilității instituției și de a stabili un raport pozitiv cu consumatorul. Acest proces este similar relațiilor dintre persoane, unde prima impresie poate influența negativ sau pozitiv toate contactele ulterioare dintre protagoniști.

Lucrarea de față și-a propus realizarea unei strategii de brand. S-a pornit de la realizarea unui nou design de logo și s-a încercat înlocuirea celui vechi care, după cum se poate vedea din figura 1 este impropriu și nu întrunește atributele unui logo autentic. Pe baza acestuia au fost create o serie de produse care au fost folosite în acțiunile de promovare a imaginii școlii. Au fost elaborate și implementate parțial o serie de acțiuni pe parcursul anului școlar în curs, pe baza unui portofoliu de produse dezvoltat plecând de la logoul școlii. Conținând acțiuni țintă pe termen scurt, mediu și lung, strategia a identificat viitoare căi de dezvoltare.

Rezultate obținute în urma încercării de revigorare a identității vizuale a Colegiului Tehnic de Transporturi Brașov:

- s-a realizat un logo mult mai atractiv decât precedentul cu impact mai mare în rândul elevilor;
- pe baza modelului existent s-au confecționat produse pentru promovarea imaginii școlii, pornind de la logoul CTT;
- implicarea elevilor în acțiunile de branding instituțional a fost benefică pentru elevii școlii;
- chiar dacă suntem departe de a fi profesioniști în domeniu s-a putut dovedi că elevii sunt creativi și pasionați.

Pe viitor se va încerca dezvoltarea unei game de produse și servicii mai ample, inclusiv "reinventarea" site-ului școlii în vederea garantării unui brand management de școală durabil. O parte din activități va include organizarea de vizite cu elevii la furnizorii din industrie care să ofere astfel exemple de bune practici, încercându-se astfel crearea unei punți de legătură între școală și mediul de afaceri.

6. Bibliografie

- [1]. Hobson, J. K. (2018). 'Building a Successful Partnership Between Professional Staff and Academics to Improve Student Employability', In: Padró F., Bossu C., Brown N. (eds) Professional and Support Staff in Higher Education, Online ISBN 978-981-10-1607-3.
- [2]. Olins, W. (2010). *Despre brand*. București, Ed.Comunicare.ro.
- [3]. Rao, G. a. (2014). 'Brand Management in Small and Medium Enterprise: Evidence from Dubai, UAE', *Global Journal of Business Research*, 8 (1), 27-38.
- [4]. Roper, S. L. (2018). Brands that do Good', *Journal of Brand Management*, doi:10.1057/s41262-017-0068-y, 25 (1), pp. 1-2.
- [5]. Sung, M. a. (2008). Toward the Model of University Image: The Influence of Brand Personality, External Prestige, and Reputation', *Journal of Public Relations Research*, doi.org/10.1080/10627260802153207, 20 (4), pp. 357-376.
- [6]. <https://moodle.fspac.ubbcluj.ro/pluginfile.php/48239/course/overviewfiles/Cosmin-Irimies-Branding-institutional-suport-de-curs.pdf>.
- [7]. Adîr, V., Pascu, N. E., & Adîr, G. (2017). *Design/Redesign în grafica de logo*. București: Editura Printech.
- [8]. *Historique générale de la publicité*. Retrieved from <http://lapublicite.emonsite.com/pages/historique/historique-generale-de-la-publicite.html>, 21.9.2017
- [9]. *Ghid de identitate vizuală*. (2017). Retrieved from www.gov.ro.

IMPACTUL STABILIRII IDENTITĂȚII AMBALAJELOR ÎN INDUSTRIA FARMACEUTICĂ. STUDIU DE CAZ

THE IMPACT OF PACKAGING IDENTITY IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY. CASE STUDY

ROINIȚĂ Liliana

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

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

ABSTRACT: Pharmaceutical packaging often has to meet certain demands of quality, safety, hygiene and usability. The role of packaging is, among other things, to give a unique identity to the brand it represents among all others. The paper will be structured on certain elements of interest regarding the identification of the way in which the decisions to buy medicines are made, respectively who influences this decision as well as the encouragement of the rational use of medicines.

CUVINTE CHEIE: piață farmaceutică, ambalaj, medicament, promovare

1. Introducere

Comparativ cu piețele pentru alte bunuri și servicii care limitează aplicarea deplină a mecanismelor economiei de piață bazate pe interacțiunea liberă dintre cerere și ofertă, piața produselor farmaceutice prezintă anumite elemente specifice. Pe de o parte, pieței farmaceutice îi sunt atribuite funcțiile și caracteristicile pieței în general, pe de alta, în virtutea produselor specifice (medicamentele) piața farmaceutică are unele particularități precum: creșterea neîncetată a numărului de produse medicamentoase; neputința producătorilor originari să asigure nevoile consumatorilor de medicamente cu tot sortimentul necesar. Astfel, medicamentele (destinate tratamentului sau în scop profilactic) reprezintă produse specifice cu un ciclu de viață vast (elaborare-autorizare-fabricare-distribuție-consum), iar consumatorul nu este independent întotdeauna în procesul de decizie asupra procurării medicamentului, făcând excepție produsele OTC, ce se pot achiziționa la simpla cerere.

Piața farmaceutică se definește printr-o dinamică pozitivă a vânzărilor globale, diversitatea produselor medicamentoase, dar și prin întărirea competiției pe piețele de consum.

2. Politica de promovare a medicamentelor

Politica de promovare reunește ansamblul de acțiuni ce vizează informarea și stimulează prescrierea, vânzarea, administrarea, recomandarea sau consumul de medicamente.

Scopurile de bază ale politicii de promovare sunt:

- furnizarea de informații către comunitățile medicale și farmaceutice despre produsul nou sau reactualizarea (reamintirea) informației privind produsul existent;
- poziționarea produsului ca o ofertă exclusivă și crearea "interesului" specialiștilor din domeniu față de produs;
- crearea unei imagini pozitive, atrăgătoare și de încredere a mărcii;
- punerea la dispoziția specialiștilor în domeniu a informației privind proprietățile de consum și a celor de prioritate;

- minimalizarea publicității și a produselor concurente;
- activități de impulsioneare a specialiștilor în domeniu pentru formarea cererii pentru produs cu sau fără prescripție medicală;
- crearea bazei pentru lansarea produsului.

Elementele principale ale mixului promoțional sunt:

- reclama – se realizează în principalele medii publicitare (ziare, reviste, anuare, radio, televiziune, pliante, broșuri etc.);
- promovarea medicamentelor – la manifestări științifice (simpozioane, conferințe, sesiuni de comunicări) și târguri (expoziții) prin standuri de produse, concursuri, tombole, inclusiv oferirea de gratuități și sponsorizări când este posibil;
- promovarea vânzărilor – prin prezentări de medicamente specialiștilor în domeniu (medici, farmaciști).

Prin combinarea acestor tehnici de promovare se obține o bună informare a specialiștilor și pacienților asupra produselor firmei și o creștere a cererilor pe piață a acestor produse și implicit o creștere a profitului.

3. Studiul de caz

Piața farmaceutică din România, calculată după valoarea totală a medicamentelor eliberate către pacienți prin farmacii și spitale, a crescut în 2019 cu 10,9% față de anul precedent, până la 17,8 miliarde lei (3,7 miliarde euro), arată datele companiei de cercetare Cegedim.

Piața farmaceutică din România este dominată de medicamentele cu prescripție medicală (RX), care au avut o valoare de 11,48 miliarde lei (64,5% din totalul consumului de medicamente), urmate de medicamentele eliberate fără prescripție (OTC) – 4,03 miliarde lei – și cele eliberate în spitale – 2,3 miliarde lei.

Astfel, valoarea produselor eliberate pe bază de prescripție a înregistrat, în 2019, o creștere de 7,8%, vânzările de medicamente OTC au urcat cu 14,1%, iar cele eliberate în spitale au crescut cu 22,1%.

Obiectivele acestei cercetări sunt legate de:

- identificarea modului în care se iau deciziile de achiziționare a medicamentelor, respectiv cine influențează această hotărâre (colegii, familia, medicul, farmaciștii, ambalajul, reclamele);
- detectarea factorilor declanșatori ai deciziei de cumpărare; decriptarea criteriilor de alegere atunci când se achiziționează medicamente OTC sau fără prescripția medicului;
- determinarea măsurii în care ambalajul și reclamele la medicamente influențează comportamentul de cumpărare [9].

În vederea atingerii obiectivelor amintite, a fost utilizat chestionarul ca instrument de investigare, iar metoda de cercetare folosită a fost ancheta.

Chestionarul a fost înaintat unui număr de 200 de consumatori, între 15 aprilie-30 aprilie 2020, selectați pe bază de accesibilitate (fig. 1). Acesta poate fi vizualizat accesând link-ul: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdhc1KUbur7iO4C6T_COXqIJV2dCDhDV9q06A9ziwHoxT2aWw/viewform?fbclid=IwAR0BsgQCThojm8C3MEGH8ADbce01B_pF1yWce8aRTpI5VCuIMiVHNhcE0w.

Având în vedere bugetul, limitele de timp, zona geografică din care consumatorii fac parte, metoda selectată pentru contactarea lor a fost transmiterea chestionarului prin facebook. În același timp, s-a subliniat în cadrul mesajului de propagare, importanța pe care participarea lor o poate aduce cu privire la succesul acestei cercetări, scurta durată pentru completare. În cele din urmă, am obținut un număr de 175 răspunsuri, iar prin urmare, am obținut 175 chestionare valabile pe care le-am folosit pentru interpretarea și analiza datelor.

Ipotezele care au stat la baza cercetării și la baza elaborării întrebărilor din chestionarul realizat sunt:

01 – "Peste 50 % dintre respondenți se informează înainte de achiziționarea unui produs farmaceutic";



Fig. 1. Chestionar

- 02 – " 20 % dintre respondenți apelează la sfatul medicului când achiziționează medicamente la care nu este nevoie de prescripție medicală";
- 03 – "Cei mai mulți dintre respondenți țin cont de brand la alegerea produsului precum și de ambalaj";
- 04 – "Cel mult 20 % din respondenții investigați achiziționează un produs după vizionarea reclamelor";
- 05 – "Cel mult 15 % dintre respondenți achiziționează produse medicamentoase de pe site-uri de profil".

4. Interpretarea datelor obținute

Interpretarea rezultatelor va fi însoțită de prezentarea unor grafice și tabele relevante în acest sens. Datele obținute au fost prelucrate cu ajutorul programului Google Forms.

La întrebarea "În general vă informați despre medicamentele pe care le cumpărați?", 82,9 % dintre respondenți, au răspuns afirmativ privind faptul că se informează în momentul când doresc să cumpere medicamente (fig. 2). Prima ipoteză a cercetării noastre se confirmă.

În general vă informați înainte de achiziționarea unui medicament?

175 de răspunsuri

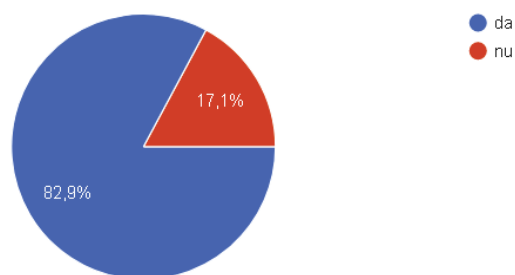


Fig. 2. Informarea cu privire la medicamentul care va fi cumpărat

Referitor la frecvența de cumpărare a medicamentelor fără prescripție, 44 % din persoanele investigate, afirmă că achiziționează mai rar medicamente fără prescripție medicală (fig. 3). A doua ipoteză a cercetării noastre este confirmată.

În ceea ce privește luarea deciziei de cumpărare a medicamentelor fără prescripție (fig. 4), cei mai mulți dintre respondenți se lasă influențați destul de mult de experiența proprie avută anterior, iar câțiva de opinia colegilor și apropiaților, în schimb țin cont foarte mult de recomandarea medicului, respectiv de

recomandarea farmacistului. Informația înscrisă pe prospect contează destul de mult, calitatea reclamei este relativ importantă, prețul produselor contează destul de mult, iar brand-ul de medicamente puțin în luarea deciziei de cumpărare.

Cât de des cumpărați medicamente fără prescripție medicală?

175 de răspunsuri

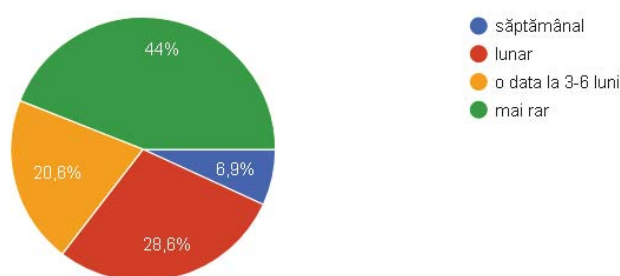


Fig. 3. Cumpărarea de medicamente fără prescripție

În alegerea unui medicament țineți cont de (puteți bifa mai multe variante):

175 de răspunsuri

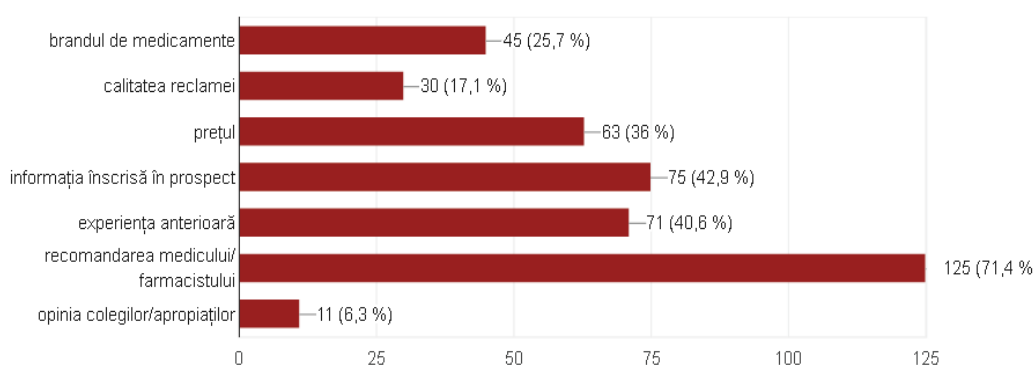


Fig. 4. Influențarea deciziei de cumpărare a medicamentului

La întrebarea legată de achiziționarea de pe site-uri a medicamentelor, 43,4 % dintre respondenți declară că preferă să cumpere on-line medicamente când acestea se află la reduceri, iar restul de 56,6 % preferă să cumpere medicamente atunci când au strictă nevoie, de la o farmacie apropiată (fig. 5).

Preferați achiziționarea produselor medicamentoase de pe site-uri de profil?

175 de răspunsuri

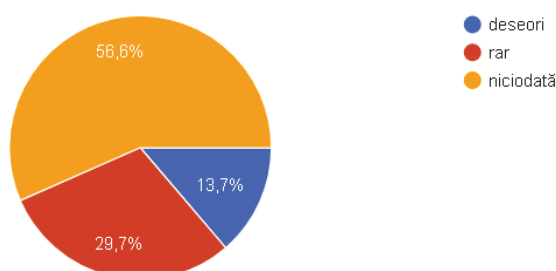


Fig. 5. Achiziționarea de pe site-uri online a medicamentelor

De asemenea, au fost identificați factorii răspunzători în decizia de cumpărare, respectiv prețul, preferința unui anumit brand (mulți pacienți refuză înlocuirea medicamentelor originale cu cele generice), prescripția medicului, experiența proprie avută anterior și ambalajul.

Ambalajele conțin o serie de date necesare informării asupra produsului și, de asemenea, un design specific fiecăruia.

Rolul ambalajului este, printre altele, de a da o identitate unică brandului pe care îl reprezintă printre toate celelalte branduri. Grație design-ului funcțional, sistemele de prezentare atrag atenția cumpărătorilor și generează dorințe suplimentare de cumpărare, mai ales în farmacii și drogherii. Medicamentele comercializate fără rețetă, așa-numitele medicamente OTC (din englezescul over-the-counter) pot fi cumpărate la liber din farmacii. Tocmai în perioadele de incidență a unor boli sezonale, de exemplu alergia de primăvară la polen sau răcelile de toamnă, produsele pot fi prezentate și mai clar grație unor concepte de prezentare variate. Alături de o decorare corespunzătoare a vitrinelor acestea generează impulsuri de cumpărare, încă înainte ca respectivii cumpărători să intre în spațiul efectiv de vânzare (fig. 6).

Ambalajul medicamentului vă influențează decizia de a-l cumpăra?

122 de răspunsuri

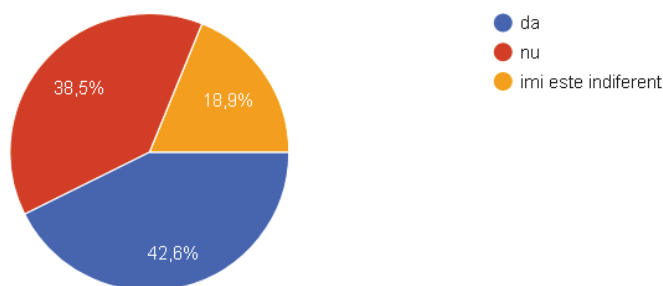


Fig. 6. Influența ambalajului

S-au identificat criteriile de alegere atunci când se achiziționează medicamente OTC: persoanele intervievate apreciază că un medicament bun va fi foarte puțin promovat la TV, iar din acest motiv preferă recomandarea specialistului, a medicului sau a farmacistului. (fig. 7).

Când cumpărați medicamente care se eliberează fără prescripție medicală, cereți sfatul farmaciștilor?

175 de răspunsuri

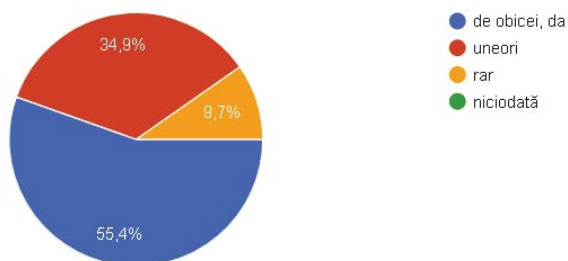


Fig. 7. Cumpărarea medicamentelor fără prescripție medicală

Ultimul obiectiv al cercetării noastre a fost determinarea măsurii în care reclamele la medicamente influențează comportamentul de cumpărare. S-a observat că sfatul medicului sau a farmacistului contează mult mai mult, în alegerea unui medicament decât vizionarea unei reclame, cu un mesaj incert.

Privind situația respondenților, mai interesate să răspundă la chestionar au fost persoanele de sex feminin (82,9 %), cele cu vârsta între 18-35 ani (48,60 %), dar și cele între 35-55 ani (48%), provenind din mediu urban (55,4 %), locuitori ai zonei geografice sud-est ai României, poate pentru că acești respondenți tind să fie mai interesați de completarea chestionarului și folosesc facebook-ul mai des.

5. Concluzii

Pe baza analizei informațiilor rezultate din prelucrarea statistică a datelor se desprind o serie de tendințe, se confirmă ipotezele cercetării și considerăm obiectivele atinse.

Prin răspunsurile celor investigați au fost identificate modalitățile de luare a deciziilor de achiziționare a medicamentelor, respectiv factorii declanșatori ai deciziei de cumpărare și anume: prețul, preferința unui anumit brand, prescripția medicului, experiența proprie anterioară și nu în ultimul rând, ambalajul.

S-au identificat criteriile de alegere atunci când se achiziționează medicamente fără prescripția medicului: respondenții apreciază că un medicament bun eliberat fără prescripție medicală va fi foarte puțin promovat la TV, motiv pentru care preferă recomandarea specialistului,

În ceea ce privește ipotezele cercetării marea majoritate au fost confirmate.

- Prima ipoteză a cercetării se confirmă deoarece 82,9 % dintre cumpărători se informează înainte de achiziționarea unui produs farmaceutic.

- A doua ipoteză a cercetării este confirmată deoarece majoritatea persoanelor interogate cumpără foarte rar medicamente fără prescripția medicului.

- 25,7 % dintre respondenți au anumite brand-uri preferate când cumpără medicamente OTC (fără prescripție medicală).

- Ipoteză conform căreia cel mult 20 % din respondenții investigați achiziționează un produs după vizionarea reclamelor este confirmată deoarece procentul celor care se lasă convinși de reclame este de 17,1%.

- Ultima ipoteză este infirmată deoarece 56,6 % dintre respondenți nu achiziționează produse medicamentoase de pe site-uri de profil.

Când e vorba de sănătate, consumatorii sunt reticenți, preferă să cumpere ce cunosc deja sau ce le prescriu medicii, mai puțin ce văd în reclamele on-line sau din alte medii publicitare.

6. Bibliografie

- [1]. Cătăioui, I., *Cercetări de marketing*. Editura Uranus, București, pag. 70, 2002.
- [2]. Dogotari, L., Lupu, M., Peschin, A., *Marketing farmaceutic*, Firma editorial-poligrafică "Tipografia Centrală" Chișinău, 2013.
- [3]. Drăghici, G. (1999). *Ingineria integrată a produselor*. Editura Eurobit, ISBN 973-96065-7-1, Timișoara;
- [4]. Lazoc, R., Lazoc, A., Goia, D.C., *Tehnici promoționale*. Eurostampa, 2007.
- [5]. Nicola, M., Petre, D., *Publicitate și reclamă*. suport curs, București, 2001.
- [6]. Olteanu, V., *Management Marketing – o provocare științifică*. Ed. Ecomar, București, 2002.
- [7]. <https://www.wall-street.ro/tag/cegedim+piata-farmaceutica.html#gref>

STUDIU PRIVIND ELEMENTELE GRAFICE SPECIFICE DIFERITELOR TIPURI DE SUPORTURI DE TIPAR

STUDY REGARDING THE GRAPHIC ELEMENTS SPECIFIC TO DIFFERENT TYPES OF PRINT SUPPORTS

ILIE Andreea-Mădălina,

Facultatea: IIR, Specializarea: TSP, Anul de studii: II, e-mail: anda.ilie8@gmail.com

Conducător științific: Ș.l. dr. ing. **Andra PENA**

REZUMAT: A laser device is a prototyping and manufacturing tool used mainly by engineers, designers and artists to cut and engrave a wide range of materials. The quality of the cutting and engraving process and, consequently, the quality of the resulting edge are governed by parameters related to the laser system, materials and process. Data are analyzed regarding the technical advancements in the field of CO₂ laser processing on different types of materials and the steps required to properly prepare files that can affect the quality of cutting and engraving.

CUVINTE CHEIE: laser CO₂, specificații laser, materiale compatibile, vector, raster.

1. Introducere

Termenul „laser” este un acronim pentru „amplificare luminoasă prin emisie stimulată de radiații” („light amplification by stimulated emission of radiation”) [1, 2]. Tehnologia laser s-a dezvoltat mult în ultima perioadă de timp, fiind folosită în diverse domenii de activitate [3, 4]. În domeniul poligrafic se folosește pentru tăierea, gravarea și marcarea a diferite materiale utilizate ca suporturi de tipar sau ca produse finite.

Un laser este practic o lumină extrem de concentrată și foarte amplificată. Fasciculul laser face ca materialul să ardă local, să se topească sau să se vaporizeze. Tipul de material pe care îl poate tăia un laser depinde de tipul de laser și de puterea specifică a mașinii.

2. Caracteristicile laserului CO₂

Laserul CO₂ este alcătuit dintr-un tub umplut cu gaz, având oglinzi la ambele capete. Una este reflectorizantă, iar cealaltă lasă să treacă doar o cantitate considerabilă de lumină. Pentru a produce lumina, energia electrică este trecută prin tubul cu gaz care cuprinde: azot, dioxid de carbon, heliu și hidrogen. Fasciculul generat (fig. 1) circulă prin mașină cu ajutorul oglinzilor până ajunge la capătul laser unde este mărit și focalizat pe un singur punct [1, 3, 5 - 8]. Rezultatul este un fascicul laser foarte puternic, care poate tăia printr-o gamă largă de materiale. În general, o mașină laser CO₂ poate efectua: tăiere, gravare și marcarea laser.

Este important ca specificațiile laser să fie clare și precise. În practică, acestea sunt adesea deficitare cu privire la unul sau mai multe aspecte, deoarece nu sunt suficiente cunoștințe și experimente disponibile pentru scrierea lor. Astfel de deficiențe pot provoca probleme tehnice sau de altă natură. De exemplu, specificațiile incomplete pot complica alegerea unui laser, pot crea incertitudini în aplicarea unui sistem, pot crea așteptări nerealiste sau pot provoca erori în integrarea echipamentelor laser cu alte utilaje.

Calitatea procesului de tăiere laser este guvernată de parametrii legați de sistemul laser, material și proces (fig. 2) [4, 5].

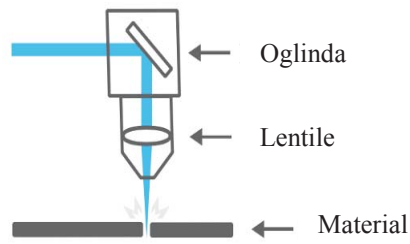


Fig. 1. Fascicul laser

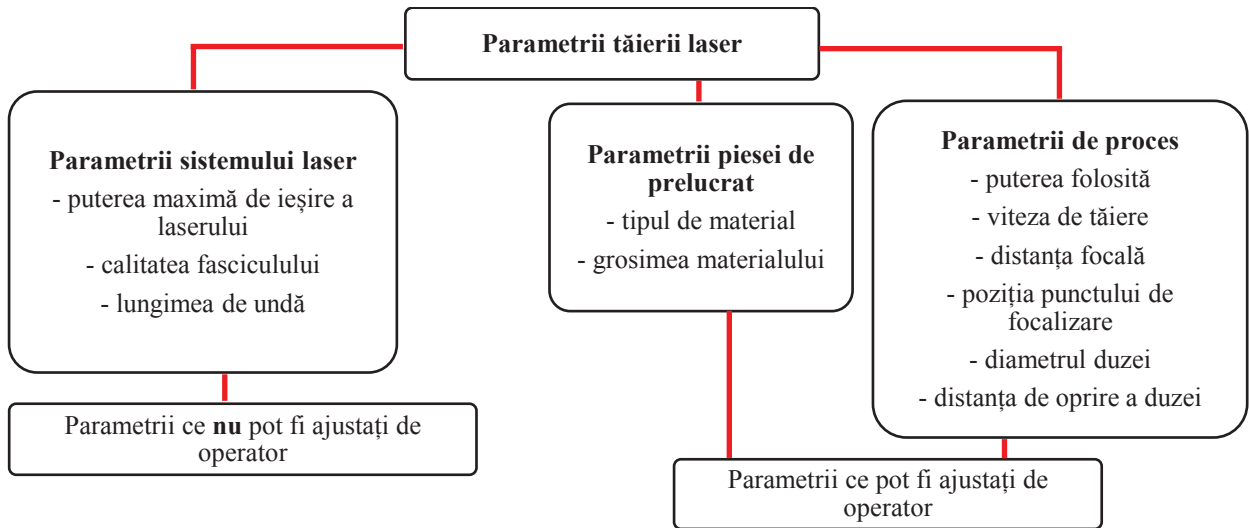


Fig. 2. Parametrii procesului de tăiere laser

Laserul CO₂ este un utilaj de mare putere care se încadrează perfect în industria personalizării. În figura 3 sunt prezentate câteva dintre avantajele utilizării sale. Laserul CO₂ prezintă și câteva dezavantaje, după cum se poate observa în figura 4.

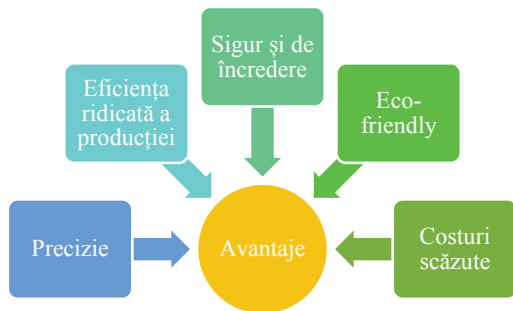


Fig. 3. Avantajele laserului CO₂

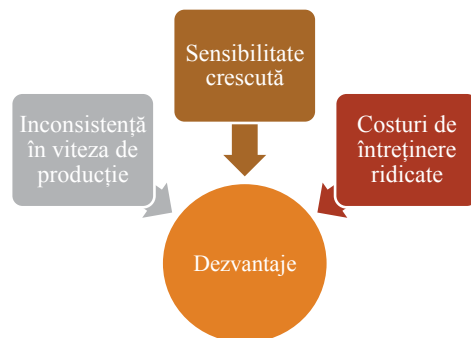


Fig. 4. Dezavantajele laserului CO₂

3. Materiale compatibile prelucrării laser CO₂

Unul dintre avantajele deținerii unei mașini laser CO₂ este gama largă de materiale care pot fi procesate. O mașină laser poate fi utilizată pentru a grava, a tăia și a marca mai multe tipuri de materiale, inclusiv cauciuc, piele, materiale plastice, textile, lemn, metale, marmura, granit, piatră, caramidă, sticlă, carton, hârtie [2, 7].

Mașinile laser CO₂ sunt capabile să taie și să graveze o varietate largă de materiale (tabelul 1) [8].

Tabelul 1. Compatibilitatea materialelor pentru procesare laser

Material	Tăiere	Gravare	Observații
Lemn	✓	✓	
Placaj	✓	✓	Pot interveni dificultăți în cazul tăierii placajelor cu adeziv exterior. Se recomandă placaj cu adeziv interior.
MDF	✓	✓	
Plută	✓	✓	
Carton	✓	✓	
Hârtie	✓	✓	
Piele	✓	✓	Pentru cele mai bune rezultate se recomandă piele vopsită natural.
Pâsla	✓	✓	
Bumbac	✓	✓	
Acril (Plexiglas)	✓	✓	
Granit	✓		
Marmură	✓		
Ardezie	✓		
Plăci de piatră	✓		
Ceramică, porțelan	✓		
Sticlă	✓		
Oțel inoxidabil	(✓)		Poate fi marcat
Aluminiu	(✓)		Poate fi marcat
Polietilenă de înaltă densitate (HDPE)	(✓)	(✓)	Marginile se topesc foarte tare. Trebuie observat cu atenție pentru că este ușor inflamabil.
Delrin	✓	✓	
Polipropilenă	✓	✓	Se topește într-o oarecare măsură.

Cu toate acestea, există și materiale care nu pot fi procesate laser. Acest lucru se poate întâmpla deoarece laserul nu poate tăia materialul sau pentru că s-ar forma gaze toxice și praf ce pot deteriora mașina. De asemenea, nu se pot folosi materiale foarte inflamabile. Aceste materiale includ: piele naturală și artificială care conțin crom, fibre de carbon (carbon), clorură de polivinil (PVC), polivinil butiric (PVB), teflon, oxid de beriliu, orice material care conține halogeni (fluor, clor, brom, iod), rășini epoxidice sau fenolice [8].

4. Factori importanți în alegerea tipului de lemn

Lemnul este unul dintre cele mai populare materiale pentru proiectele de gravare laser. Acesta se potrivește perfect pentru utilizări și aplicații atemporale. Deoarece este un material natural, lemnul are o mulțime de inconsistențe care pot fi problematice în procesul de gravare. Tipul de lemn utilizat are un impact foarte mare asupra rezultatului [2].

Există anumite tipuri de lemn foarte potrivite în gravarea laser, printre care se numără următoarele: • anin; • cireș; • arțar; • tei; • balsa; • furnir; • MDF; • PFL; • PAL; • plută.

Lemnul este materialul perfect pentru gravarea laser a obiectelor personalizate. Prin tehnologia laser pot fi create piese unice prin gravarea numelor, logo-urilor, imaginilor și imprimeurilor în produse din lemn. Acestea pot varia de la cutii de bijuterii, tocătoare, suporturi de chei, încrustări în mobilă, carcase de telefon, instrumente muzicale, plăci de skateboard și multe altele. Lemnul gravat laser are o cerere mare deoarece crește valoarea articolelor.

Lemnul este recunoscut pentru naturalitatea și autenticitatea sa. Totodată, inconsistențele lemnului pot conduce la obținerea unor produse neconforme. Pentru alegerea celui mai bun tip de lemn pentru gravarea laser vor fi luate în considerare următoarele aspecte:

- conținutul de rășină;
- strierea lemnului.

După cum am stabilit deja, tipul de lemn și conținutul de rășini sunt factori importanți pentru orice gravură cu laser. Există însă și alți factori la fel de importanți pe care trebuie să-i avem în vedere, cum ar fi: • parametri de gravare; • parametri de tăiere; • pregătirea materialului; • utilizarea opticii potrivite; • aerul comprimat; • curățarea; • culoarea lemnului [2].

5. Pregătirea fișierelor pentru mașina laser

Cele mai multe lasere CO₂ funcționează foarte asemănător cu o imprimantă uzuală cu jet de cerneală. Mașina laser vine cu drivere specifice care transformă o imagine de la un computer într-un format pe care îl poate citi laserul.

Unul dintre cei mai importanți factori în utilizarea oricărui utilaj laser este pregătirea fișierelor. Există câteva principii de bază atunci când se utilizează orice dispozitiv de tăiere cu laser de care trebuie să se țină cont în timpul configurării fișierelor.

Atunci când se lucrează cu o mașină laser este important să se cunoască diferența dintre imaginile vectoriale și imaginile raster (fig. 5) [8].

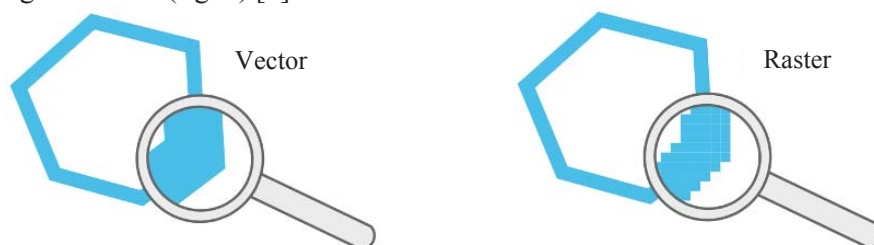


Fig. 5. Imagine vectorială și imagine raster

Ambele tipuri de fișiere pot fi procesate, dar imaginile raster pot fi utilizate numai pentru gravare, nu și pentru tăiere. O imagine vectorială stochează toate liniile și culorile sub formă de formule matematice. Imaginile raster sunt bazate pe pixeli, ceea ce înseamnă că imaginea este formată din multe pătrate de dimensiuni foarte mici. Imaginile vectoriale pot fi mărite fără a se pierde din calitate, în timp ce imaginile raster vor începe să se „pixelegeze” după o anumită mărire.

Pentru pregătirea graficilor pot fi utilizate software-uri la alegere, atâta timp cât fișierul este exportat într-un format adecvat (fig. 6).

Tipuri de fișiere vectoriale	Tipuri de fișiere raster
<ul style="list-style-type: none"> • SVG • EPS • PDF • DXF • DWG • CDR (CorelDRAW) • AI (Adobe Illustrator) 	<ul style="list-style-type: none"> • JPG • PNG • GIF

Fig. 6. Tipuri de fișiere

Pentru a demonstra principiile de bază ale driverului de imprimare precum și pentru a arăta pregătirea corespunzătoare a fișierelor, urmează să fie exemplificate etapele de lucru în pregătirea unui document, folosind mașina GCC LaserPro C180II. Acest utilaj are o zonă de lucru de 458 mm × 305 mm. Adâncimea gravurii poate fi extinsă de la 101 mm până la 152 mm în mai puțin de un minut, iar puterea fascicului laser este cuprinsă între 12-40 W.

Având în vedere aceste informații, se prezintă configurarea unui fișier folosind Adobe Illustrator.

4.1 Configurarea fișierelor

- Pentru a începe, se deschide programul Adobe Illustrator → **FILE** → **NEW**.
- Se denumește fișierul, apoi continuați cu **PROFILE** → **RGB BASIC**. Din acest punct schimbați setările conform figurii 7.
- După finalizarea acestor pași click → **OK**.

Denumirea fișierului —

Lățime de 457 mm x înălțime de 304 mm: corelate la dimensiunea mesei de lucru.

Profil RGB: acesta se schimbă la o configurare personalizată odată ce începeți să faceți modificări la setarea fișierului.

Orientarea pe lățime: se corelează cu orientarea mesei de lucru.

Modul de culoare RGB: în setarea “Avansat” se găsește modul de culoare RGB.

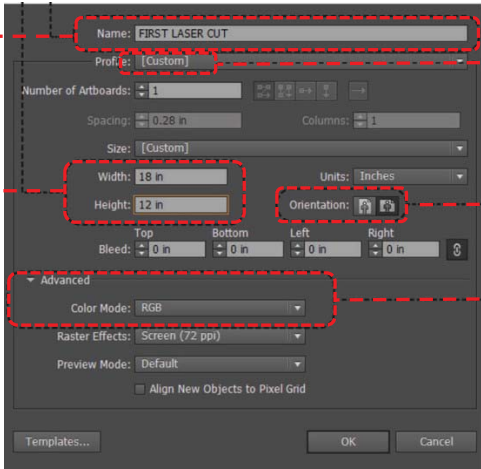


Fig. 7. Setări inițiale

4.2 Straturi (Layers)

Înainte de a trece la următoarea etapă, trebuie subliniată importanța layerelor. Când se creează un fișier ce implică operații multiple este foarte util ca fiecare dintre acestea să fie separate. Capacitatea de a rula pe porțiuni separate dintr-un layer desemnat pentru o operație specifică permite un control mult mai mare asupra procesului în ansamblu.

În figura 8 se poate observa o situație ideală în care cele trei operații diferite sunt denumite corespunzător, și separate în layere diferite.

Odată ce fișierul este configurat urmează să fie analizate tipurile de imagini ce vor fi prelucrate și modalitățile adecvate de a le identifica ușor.



Fig. 8. Separarea operațiilor pe layere

4.3 Grosimea liniei și conturul/culoarea de umplere („line weight & stroke/fill color”)

Dacă un fișier conține atât imagini raster, cât și linii de tăiere vectoriale, cele două trebuie diferențiate. Modul de a face acest lucru este cu ajutorul lățimii conturului. Liniile tăiate trebuie identificate folosind o lățime a conturului de 0.001 puncte (pt).



Fig. 9. Culoarea de umplere și culoarea conturului („fill color”, „stroke color”)

Ținând cont de grosimea liniei, trebuie de asemenea acordată atenție și culorii de umplere („fill color”) și a conturului (fig. 9). Culorile folosite pentru contururi și zone umplute vor dicta intensitatea și viteza la care este tăiată sau gravată grafica dorită în material.

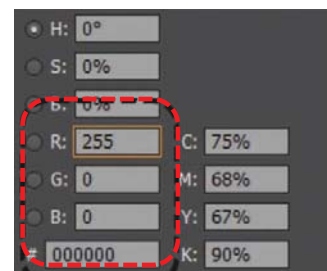


Fig. 10. Valori RGB

Când vine vorba de ajustarea setărilor de culoare, este important de știut că setarea culorilor RGB absolut este 255. De exemplu, atunci când se ajustează „RED”, valoarea lui „R” trebuie să fie setată la

255, iar „G” și „B” la 0 (fig. 10). Această metodă se aplică pentru toate cele trei culori: „RED”, „GREEN”, „BLUE”.

Așadar au fost prezentate detalii privind liniile vectoriale și setări de culoare pentru identificarea diferitelor operațiuni ale mașinii. Următoarea etapă este procesarea unei imagini raster în Adobe Illustrator, cu scopul gravării graficii.

4.4 Gravarea Bitmap/raster

Înainte de a grava o imagine bitmap, este recomandat ca aceasta să treacă prima oară prin programul Adobe Photoshop. Atunci când mașina laser gravează o imagine raster, aceasta folosește informație bitmap pentru a ajusta intensitatea fascicului laser în concordanță cu variația de culoare („gradient”) a imaginii. Cu cât este mai accentuat contrastul dintre variațiile de culoare, cu atât gravura este mai bună. Photoshop ajută foarte mult în acest proces.

- Pentru a începe, se deschide programul Adobe Photoshop→FILE→NEW→MODE: GRAYSCALE (fig. 11).

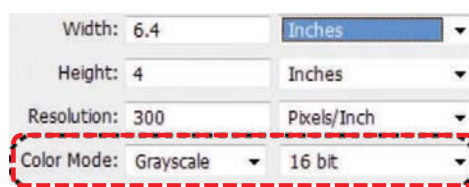


Fig. 11. Modul de vizualizare „grayscale”

Fișierul creat este plasat într-un nou layer. Imaginea în tonuri de gri („grayscale”) este ajustată în meniul „Image” (fig. 12) pentru a edita contrastul fotografiei ce urmează să fie gravată.

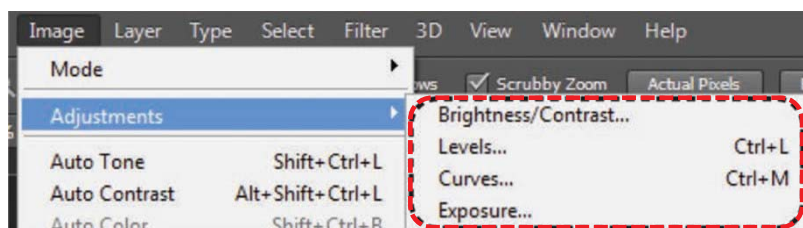


Fig. 12. Meniul „Image”

Mașina laser nu reușește să proceseze foarte bine nuanțele de gri. Setările „Exposure” și „Offset”, precum și „Brightness / Contrast” sunt foarte folosite pentru eliminarea acestor nuanțe de gri.

4.5 Clipping mask

Setarea „Clipping mask” din Illustrator permite izolarea anumitor porțiuni dintr-o imagine, folosind o linie vectorială. Părțile „eliminate” sunt încă acolo, dar nu mai sunt vizibile. Această tehnică poate fi folosită în timpul proceselor laser atunci când se dorește gravarea doar pe anumite zone ale imaginii.

- În cadrul documentului creat urmând pașii de mai sus se creează un nou layer, apoi FILE→PLACE. Având imaginea plasată în documentul Illustrator, există două posibilități pentru prepararea imaginii pentru setarea „Clipping mask”.

A. Setarea „Image trace”

Această setare transformă imagini bitmap în imagini vectoriale (fig. 13), aplicându-le atât o margine („stroke”), cât și o umplere („fill”). Chiar dacă o imagine vectorială este de folos, după acest proces se pot pierde multe detalii ale imaginii.

B. Rasterizare

Atunci când o imagine este plasată în Illustrator, cel mai probabil aceasta este deja rasterizată. Rasterizarea unei imagini în acest program pur și simplu o transformă într-un element editabil. Pentru cele mai bune rezultate, se recomandă utilizarea setărilor de referință din figura 14.

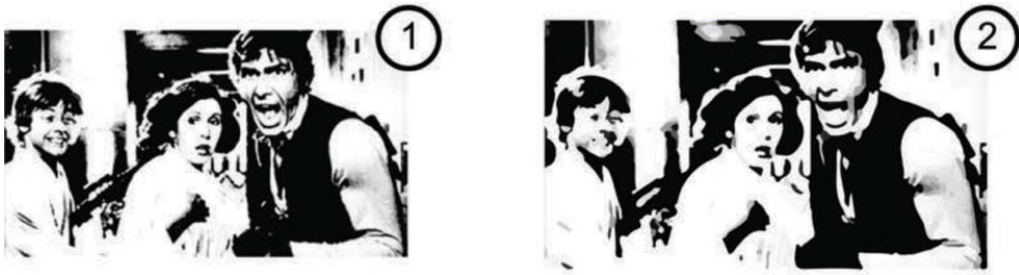


Fig. 13. Imagine editată (2) folosind setarea „Image trace”

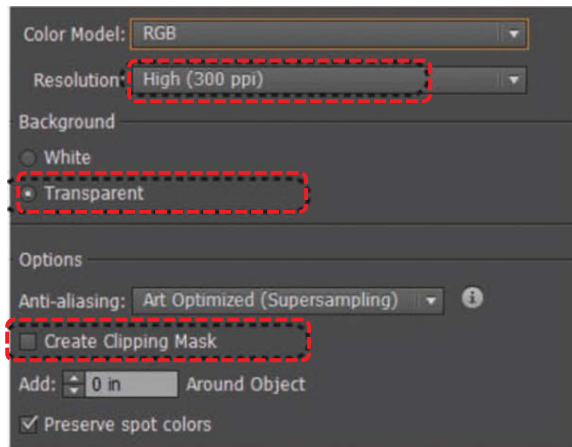


Fig. 14. Setări recomandate pentru rasterizare

Odată ce s-au făcut modificările dorite asupra imaginii, se poate trece la următoarea setare.

- Cu ajutorul opțiunii **SHAPE BUILDER / PEN** din partea din stânga a meniului se creează un contur al „măștii” („clipping mask”). Această formă vectorială trebuie să fie creată pe un layer separat de imaginea care este editată. Se recomandă o anumită aranjare a acestor layere, și anume cel ce conține imaginea originală trebuie să fie poziționat sub layerul ce conține selecția vectorială (fig. 15).

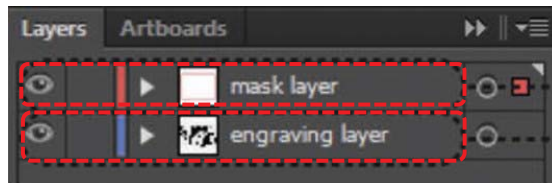


Fig. 15. Aranjarea layerelor

- După efectuarea selecției și aranjarea layerelor în ordine, cele două sunt selectate, apoi se urmează pașii **OBJECT**→**CLIPPING MASK**→**MAKE**. Rezultatul poate fi observat în fig. 16.



Fig. 16. Selecție clipping mask

În cazul în care această selecție s-a realizat pe o imagine raster, trebuie executat încă un pas astfel încât fișierul să fie pregătit de prelucrare laser.

Odată realizată selecția pe o imagine raster, atât imaginea originală, cât și selecția trebuie rasterizate ca selecție unitară, astfel încât să se poată realiza procesele laser.

- Pașii sunt **OBJECT** → **RASTERIZE** → **CREATE CLIPPING MASK** → **OK** (fig. 17).

După realizarea acestor pași imaginea este rasterizată și se poate începe procesul de gravare.

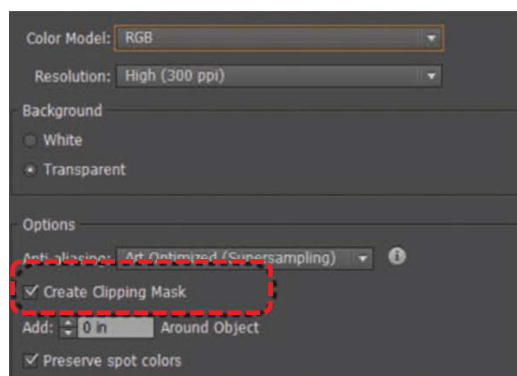


Fig. 17. Setări rasterizare

6. Pregătirea mașinii laser

După pregătirea designului urmează ultima etapă: procesarea laser. Înainte de a utiliza o mașină laser, trebuie citite și înțelese toate instrucțiunile de siguranță. În plus, trebuie știut faptul că lungimea de undă a unui laser CO₂ se află în partea infraroșie a spectrului luminos, deci este invizibilă pentru ochiul uman. Punctul roșu ce se poate observa pe suprafața materialului este doar un ghidaj de poziționare și nu raza laser care face efectiv tăierea.

Cele mai importante patru setări ale unei mașini laser sunt: • puterea; • viteza; • frecvența (Hz, PPI); • focus [7].

7. Concluzii

Un laser CO₂ este fără îndoială una dintre cele mai bune mașini de gravat cu laser. Chiar dacă are câteva dezavantaje, acesta rămâne totuși cel mai preferat pentru pasionați, cât și pentru antreprenori. Vine cu o mulțime de avantaje, cum ar fi: precizia, accesibilitatea, fiabilitatea, eficiența ridicată a producției și ecologia. Dar ceea ce face această mașină de gravat unică este adaptabilitatea sa la o gamă largă de materiale.

Acest studiu urmărește să analizeze stadiul actual al industriei de prelucrare folosind laserul CO₂. Există mulți factori care pot influența rezultatul unei procesări laser, din punct de vedere al setărilor mașinii, a pregătirii fișierului computerizat și a naturii materialelor folosite. În următoarele etape urmează executarea de experimente folosind o mașina laser CO₂ și analizarea rezultatelor, în scopul stabilirii unei serii de parametri favorabili pentru obținerea unor rezultate cât mai bune în gravura lemnului.

8. Bibliografie

- [1]. Dahotre, N. B., & Harimkar, S. (2008). *Laser fabrication and machining of materials*. Springer Science & Business Media.
- [2]. Badoniya, P. (2018). CO₂ laser cutting of different materials—a review. *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 5, 1-12.
- [3]. Witteman, W. J. (2013). *The CO₂ laser* (Vol. 53). Springer.
- [4]. Gadallah, M. H., & Abdu, H. M. (2015). Modeling and optimization of laser cutting operations. *Manufacturing Review*, 2, 20.
- [5]. Powell, J., & Kaplan, A. (2004, April). Laser cutting: from first principles to the state of the art. In *Proceedings of the 1st Pacific International Conference on application of lasers and optics* (pp. 1-6).
- [6]. Duley, W. (2012). *CO₂ lasers effects and applications*. Elsevier.
- [7]. von Borstel, M., Zefferer, H., & Ederer, S. (2005). CO₂: Laser—The ultimate laser power. *Laser Technik Journal*, 2(2), 65-67.
- [8]. <https://makerdesignlab.com/tutorials-tips/laser-cutting-beginners-guide/>

EFICIENTIZAREA PROCESULUI DE ȘTAŢARE CU AJUTORUL TEHNOLOGIEI LASER. DIGITAL VERSUS ANALOG

INCREASING EFFICIENCY OF THE CUTTING PROCESS USING THE LASER TECHNOLOGY. DIGITAL VERSUS ANALOG

GUŢĂ Amoraş

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Tehnici și Sisteme Poligrafice,
Anul de studii: I (2019-2020), e-mail: gutaamoras@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **George CONSTANTIN**

ABSTRACT: This article's purpose is to compare the two technologies used for cutting of the printed materials: analog technology and digital technology. The working principle of analog techniques requires the use of a rotary or flatbed die, usually manufactured with external suppliers, preparation of the die-press for the stamping operation by continuously adjusting the pressures and some cutting rules for the printed sheet. The working principle of digital technologies involves the use of only one press. In the machine software the cutting file is loaded. The cutting process will be realized using a laser capsule. The comparison between these technologies take in consideration the configuration timing, number of operators, advantages and disadvantages of each technology individually.

CUVINTE CHEIE: ștanță plană, ștanță rotativă, ștanță laser, analog, digital

1. Introducere

Ștanțarea este procesul general de utilizare a unei matrițe pentru tăierea diferitelor materiale cu rezistențe reduse, precum cauciuc, fibră, folie, pânză, hârtie, carton ondulat ondulat, plăci subțiri din lemn, carton, materiale plastice, benzi adezive sensibile la presiune, spumă și chiar foaie de metal. Produsele cel mai frecvent obținute în urma acestui proces sunt: garnituri, etichete, jetoane, cutii din cartoane solide sau ondulate și plicuri.

Ștanțarea a început ca un proces de tăiere a pielii pentru industria încălțămintei la mijlocul secolului al XIX-lea. Acum, acest proces este suficient de sofisticat pentru a putea tăia un singur strat dintr-un material laminat, astfel încât este folosit la etichete și alte autocolante; acest tip de ștanțare este cunoscut sub numele de kiss-cut.

Ștanțarea se poate face pe mașini de ștanțat plane sau rotative. Ștanțarea rotativă se face adesea în linie cu tipărirea. Diferența principală între ștanțarea rotativă și cea cu matriță plană este că ștanțarea plană nu este la fel de rapidă, dar instrumentele de ștanțat sunt mai ieftine. Acest proces se pretează la producții mai mici, în cazul în care nu este atât de ușor să se accepte costurile crescute ale unei ștanțe rotative.

2. Stadiu actual

În acest articol se prezintă o descriere succintă a fiecăreia dintre tehnologiile actuale de ștanțare, precum și o comparație a parametrilor acestor tehnologii, fiecare dintre ele având anumite avantaje sau dezavantaje.

Obiectivele lucrării:

- evidențierea avantajelor tehnologiei analogice actuale;
- evidențierea avantajelor tehnologiei digitale recent apărute.

Lucrarea își propune să identifice care sunt soluțiile procesului de ștanțare digitală (laser) care îi permit acestuia să devină eficient din punct de vedere al timpului de ștanțare.

3. Tehnologia analogă de ștanțare pe utilaje Bobst

În figura 1 este prezentată structura schematică a unui utilaj complet de ștanțare analogă.

Indiferent de tipul de ștanțare, plan sau rotativ, operațiile de pregătire ale utilajului pentru operația de ștanțare (setup-ul) sunt aceleași:

1. aducerea și montarea matriței în rama de prindere, respectiv cilindrul de pe utilaj;
2. pregătirea canalelor de plastic (contrabiguri) pentru funcționarea optimă a liniilor de îndoire; aplicarea acestora pe masa de tăiere (contraplaca utilajului);
3. ajustarea presiunii, a registrului și a planeității matriței;
4. aplicarea și reglarea celorlalte componente de ștanțare pe utilaj.

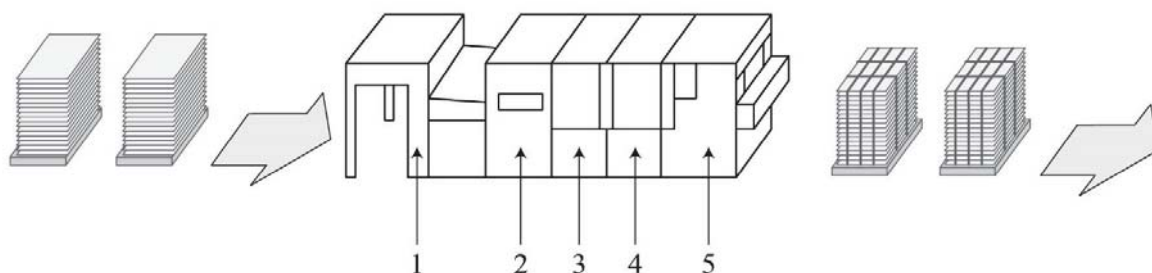


Fig. 1. Utilaj de ștanțare: 1. unitate de alimentare; 2. unitate ștanțare; 3. unitate debavurare; 4. unitate eliminare deșeuri; 5. unitate eliminare produs finit

Fiecare dintre operațiile menționate mai sus implică anumiți timpi de lucru, mai mici sau mai mari, în funcție de complexitatea matriței, un anumit consum de coli, mai mic sau mai mare în funcție de numărul de încercări efectuate în ajustarea parametrilor optimi de funcționare ai matriței.

3.1. Ștanțarea rotativă

Ștanțarea rotativă este procesul de ștanțare folosind o matriță cilindrică pe o mașină de ștanțat rotativă. O foaie lungă sau o pânză de material introdusă în mașină prin unitatea de alimentare va ajunge în zona ștanței rotative. Aceasta va tăia forme, perforații sau va face linii de îndoire sau chiar va tăia foaia sau pânza în părți mai mici. O serie de angrenaje vor transmite mișcarea matriței care se rotește la aceeași viteză cu restul mașinii, asigurându-ne astfel că orice tăietură a matriței se aliniaza cu tipărirea pe material. Mașinile utilizate pentru acest proces pot încorpora mai multe unități de lucru care decupează o anumită formă în material. În fiecare dintre aceste unități se află una sau mai multe dintre aceste unelte angrenate sau cilindrii de tipărire, iar unele mașini utilizează registrul automat pentru a se asigura că tăieturile și / sau tipărirea sunt aliniate unele cu altele atunci când sunt necesare toleranțe mai mici.



Fig. 2. Matriță reglabilă pentru ștanțarea rotativă

Matrițele utilizate la tăierea rotativă sunt fie matrițe gravate dintr-o bucată, fie matrițe reglabile (Fig. 2), fie matrițe cu plăci magnetice.

Matrițele gravate au o toleranță mult mai mare și sunt prelucrate dintr-o bară solidă obținută în mod normal din oțel. Matrițele reglabile au lame detașabile care pot fi ușor înlocuite cu alte lame, fie din cauza uzurii, fie a tăierii unui material diferit, în timp ce matrițele cu plăci magnetice au un cilindru care are magneți în el, iar o placă metalică gravată este atașată sau învelită în jurul cilindrului de bază care se ține de el prin forța magneților.

3.2. Ștanțarea plană

Cunoscută și sub denumirea de ștanțare cu cuțite de oțel, tăierea cu matriță plană este un proces de fabricație care folosește o mașină de ștanțat cu matrițe plane cu cuțite de tăiere din oțel pentru a transforma materialul în forme și design-uri personalizate. Procedul este potrivit pentru ștanțarea țesăturilor și o gamă largă de alte materiale, inclusiv hârtie, plastic, metal, cauciuc (inclusiv tăierea neoprenului), compozite și laminate și crearea de piese uniforme pentru o varietate de aplicații de fabricație.

Pentru ca procesul de ștanțare cu matriță plană să funcționeze fără probleme și pentru o capacitate optimă, trebuie luați în considerare mai mulți factori, cum ar fi configurația și setările mașinii de ștanțare plană, materialul de ștanțat și proprietățile sale, precum și tipul de cuțite utilizate pentru realizarea matriței (Fig. 3).



Fig. 3. Matriță folosită pentru ștanțarea plană

3.3. Prezentare generală a componentelor utilajului și a mecanicii acestora

Tăierea cu matriță plană este un tip de tăiere care folosește matrițele cu cuțite de oțel concepute personalizat, aplicate pe o mașină plană pentru a tăia materialele metalice și nemetalice. Mașinile plane sunt disponibile pe modele mecanice, hidraulice și electrice și au configurații care variază de la aplicație la aplicație. Configurația tipică pentru aceste mașini include o unitate de alimentare, o unitate de ștanțare și un ansamblu de matrițe de regulă cu cuțite din oțel, instrumente de extracție și eliminare a deșeurilor și un sistem de colectare și livrare a elementelor ștanțate (Fig. 1).

3.3.1 Unitatea de alimentare

Alimentarea - denumită și feeder - utilizează mișcări de aspirare, tragere și împingere pentru a transfera materialul din tava de alimentare sau pentru a așeza în modulul de alimentare al utilajului cu ștanțare plană. Controlând mișcarea și poziționarea materialului, pe măsură ce intră în unitatea de ștanțat a utilajului, alimentarea poate, de asemenea, crea registrul pe coli individuale sau secțiuni de material. Registrul materialului ajută la asigurarea poziționării corecte a colii de ștanțat și la prevenirea erorilor de ștanțare.

3.3.2. Unitatea de ștanțare

În cadrul unității de ștanțare, matrița de ștanțare este atașată pe o placă superioară (capul de tăiere) și o contra-placă inferioară (adică capul de presare) servește ca suprafață pe care matrița realizează operația de ștanțare. În funcție de operația de tăiere a matriței, capul de presare este proiectat pentru a se potrivi sau lucra în tandem cu designul matriței cu cuțite de oțel. Odată ce materialul intră în unitatea de

ștanțat și este poziționat corect sub capul de tăiere, acesta începe o cursă pe direcție verticală, în jos, prin care aplică presiune perpendicular pe planul suprafeței materialului. Mișcarea și presiunea determină ca matrița cu cuțite de oțel să comprime materialul pe contra-placă până când marginea matriței pătrunde în material. Această acțiune produce tăieturile, perforațiile, liniile de pliere sau modelele gofrate (embosate) dorite pe material.

3.3.3. Unitatea de debavurare

Resturile și deșeurile sunt îndepărtate în unitatea de debavurare numită și unitate de stripping. Operația se realizează cu un sistem de decupare prevăzut în construcția matriței sau cu un instrument de extracție a pieselor, de exemplu un separator, care îndepărtează surplusul de material de pe coala ce urmează a fi ștanțată. Modelele tăiate de matriță pot fi, de asemenea, expulzate din material prin benzi sau blocuri de cauciuc, de tip ejectoare de cauciuc, care sunt poziționate în cadrul ansamblului de debavurare. În continuare, utilajul de ștanțare cu matriță plană stivuiește foile tăiate și apoi livrează modelele tăiate cu matrița pe linia de producție pentru prelucrările ulterioare.

Ansamblul de debavurare este realizat din (Fig. 4):

1. placă de debavurare superioară – placă echipată cu cuțite și bureți pentru eliminarea deșeurilor;
2. placă de debavurare inferioară – placă prevăzută cu găuri de forma deșeurilor care urmează a fi detașate (în figura 4 este poziționată deasupra pentru a fi vizibilă fiind mai mică decât placa de debavurare superioară).



Fig. 4. Ansamblu de debavurare

3.3.4. Unitatea de eliminare a cuiburilor

Unitatea de eliminare a cuiburilor (unitatea de blanking) este un modul optional, dar cu impact crescut asupra productivității. Se utilizează pentru a elimina cuiburile (nuțele) din rama de carton care rezultă în urma procesului de ștanțare. Este un proces invers procesului de debavurare.

Ca și în cazul debavurării, ansamblul folosit este compus din (Fig. 5):

1. placă de debavurare superioară – placă cu formele nuțelor;
2. placă de debavurare inferioară – placă din metal sau placaj cu formele cuiburilor.



Fig. 5. Ansamblu de eliminare a cuiburilor

3.3.5. Unitatea de eliminare a deșeurilor

La mașinile de ștanțat plane, în unitatea de eliminare a deșeurilor care rămân în urma proceselor anterioare din întregul fluxul de producție de ștanțare (ștanțare, debavurare, eliminare a cuiburilor), acestea sunt colectate în containere speciale și stocate pentru a fi transferate către procesul de reciclare.

4. Tehnologia de ștanțare laser

Tehnologia de ștanțare laser are la bază un utilaj care nu necesită matriță pentru a putea decupa formele de pe coala tipărită, nu necesită un setup prelungit, registrul se face automat pe fiecare coală în parte. În plus, fiecare coală poate avea o așezare diferită a elementelor tipărite față de precedenta. În figura 6 este reprezentat un utilaj de ștanțare laser folosit atât pentru decuparea colilor tipărite, cât și pentru decuparea în rolă a etichetelor.



Fig. 6. Utilaj de ștanțare laser Hans Gronhi

5. Analog versus digital

În tabelul 1 se prezintă avantajele și dezavantajele fiecărei tehnologii în parte.

Tabelul 1

Parametrii	Tip tehnologie	
	Tehnologie clasică analogă	Tehnologie laser
Instrumente de ștanțare necesare	1. Matriță 2. Contrabiguri 3. Sistem debavurare (stripping) 4. Sistem eliminare deșeuri (blanking)	1. Polimer plastic 2. Butelie CO ₂
Număr operatori	> = 1	1
Timp reglare inițială [minute]	> = 30	< 10
Preț/h [€] (preț orientativ)	150	100
Viteză [coli/h]	Până la 8000	Până la 5000
Avantaje	1. Durabilitate crescută a utilajului; 2. Posibilitate de adăugare instrumente de eliminare ale deșeurilor.	1. Complexitate crescută a elementelor de decupat; 2. Fără limitări de lungime de linii de tăiere și distanțe între linii; 3. Posibilitatea de a adăuga module utilajului pentru înobilarea produselor obținute; 4. Spațiul ocupat este redus; 5. Posibilitatea de a decupa atât în rolă, cât și în coală.
Dezavantaje	1. Spațiu foarte mare alocat	1. Viteză de producție redusă;

	atât pentru utilaj, cât și pentru instrumentele de ștanțare; 2. Limitări la construcția elementelor de ștanțare (distanță între cuțite, metraj maxim de cuțite).	2. Imposibilitate de eliminare a deșeurilor dintre elementele de pe coală.
--	---	--

6. Concluzii

Deși tehnologia analogă a fost constant îmbunătățită de-a lungul timpului prin adăugarea de diferite mijloace și module de lucru pe utilaje, tehnologia digitală acoperă anumite segmente care nu mai pot fi îmbunătățite mai mult decât sunt deja.

Tehnologia digitală aduce un plus de avantaje față de tehnologia analogă, și anume:

- tăieturi precise, toleranțe stricte; tehnologia laser poate decupa tipare complicate, care ar fi dificil de realizat pe un utilaj de ștanțare clasic;
- mostre realiste executate rapid; tăierea cu laser nu necesită scule dure, deci este ideală pentru crearea de mostre rapide;
- este mult mai fiabilă și se poate completa cu diferite module care se pot adăuga pe utilaj;
- se potrivește cu o varietate de materiale; există o gamă largă de lasere, astfel încât să se potrivească cu o varietate de materiale;
- costuri de întreținere / reparare reduse; o matriță rotativă poate fi mai puțin costisitoare pentru a fi achiziționată, dar va fi în cele din urmă uzată și va trebui să fie ascuțită sau înlocuită;
- matrițele plane sau rotative sunt grele și necesită spațiu de stocare; trebuie alocat timp pentru organizarea stocării și gestionării matrițelor;
- laserul poate fi reajustat continuu prin calibrări rapide; consumul de coli pentru setup este semnificativ redus;
- este ușor de utilizat; este nevoie ca un operator să fie instruit în mod corespunzător în ceea ce privește utilizarea laserului; o matriță plană sau rotativă trebuie înlocuită fizic atunci când se uzează și necesită pregătirea operatorului pentru procesul de înlocuire;
- în tehnologia cu laser apar în fiecare zi noi progrese;
- verificare instantanee; mostrele tăiate se pot verifica imediat;
- timp scăzut de comercializare;
- se poate încărca rapid un desen pe o mașină de tăiat cu laser, tăierea făcându-se imediat; parametrii folosiți pentru decuparea unui anumit material pot fi ușor memorați în software-ul utilajului.

7. Bibliografie

- [1] Armillotta, A. Moroni, G. Rasella, M., (2005), *Computer-aided assembly planning for the die-making industry*, Milano.
- [2] Hecht, J., (2008), *Understanding Lasers – an entry-level guide – 3rd Edition*, IEEE Press, New Jersey.
- [3] Paul J. (1998), *CO₂ Laser Cutting – 2nd Edition*, Springer-Verlag, London.
- [4] <https://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/introduction-to-flatbed-die-cutting/>
- [5] <https://www.deltamodtech.com/blog/choosing-right-laser-die-cutting-vs-rotary-die-cutting/>
- [6] <https://www.printweek.in/news/hans-gronhi-laser-cutters-monotech-20891>

DIAGNOSTICAREA MAȘINILOR ROTATIVE PRIN MONITORIZAREA VIBRAȚIILOR MECANICE

THE DIAGNOSIS OF ROTARY MACHINES BY MECHANICAL VIBRATION MONITORING

ENCIU Cornel Cristian

Facultatea: FIIR, Specializarea: IMPC, Anul de studii: II, e-mail: enciucornel19495@yahoo.com

Conducători științifici: ȘL. dr. ing. **Cristian TARBĂ**, Dr. **Cristian BĂRBULESCU**

ABSTRACT: The paper aims to determine the characteristic frequencies of an electric drill, by measuring and analyzing comparatively the variations of the acoustic intensity level, using the Fast Fourier Transform method (FFT). This method was applied to identify the degree of wear of the gear after a certain period of time.

CUVINTE CHEIE: diagnosticare, grad de uzură, prevenție, FFT, Transformata Fourier Rapidă.

1. Introducere

Subiectul lucrării cuprinde prezentarea principalelor instrumente de analiză și monitorizare acustică, dar și corelarea frecvențelor fundamentale și a armonicilor obținute în urma măsurătorilor efectuate cu defectele pe care le poate avea produsul studiat în timp.

Întreținerea preventivă adoptă o abordare proactivă față de întreținere și implică elemente cheie de acțiune, inspecție, detectare, corectare și prevenire. Aceasta are două obiective majore: creșterea longevității și productivității produselor, precum și protejarea oamenilor, a bunurilor.

Pentru a putea obține diagramele s-a construit un sistem de măsurare, pe care a fost fixată bormașina, iar prin utilizarea programului Spectrum Analysis [5], au fost obținut primele diagrame.

2. Principalele instrumente de monitorizare acustică folosite

Elementele folosite pentru a crea sistemul de măsurare dorit sunt: stativ de găurire, Wolfcraft 3406000, 160 x 500 x 230 mm; adaptor priză cu contor electric; accelerometru tip 4506; preamplificator B&K, WB 1453; cabluri BNC cuplate; Microfon x 2-High Definition Audio.

Pentru a determina nivelul de vibrații al angrenajelor se folosește un accelerometru B&K, tip 4506. Majoritatea accelerometrelor se bazează pe utilizarea efectului piezoelectric, care apare atunci când o tensiune este generată pe anumite tipuri de cristale în timp ce acestea sunt solicitate. Accelerația structurii testate este transmisă unei mase seismice din interiorul accelerometrului care generează o forță proporțională asupra cristalului piezoelectric. Această solicitare externă asupra cristalului generează apoi o sarcină electrică de mare impedanță proporțională cu forța aplicată, deci proporțională cu accelerația.

Tipul 4506-B-003 (fig.1) este un piezoelectric triaxial de înaltă sensibilitate. Accelerometrul este localizat într-un spațiu din titan și dispune de un singur conector Microtechcompatible integrat.

Masa seismică (6) este înconjurată de un inel piezoelectric (5), care este înconjurat de patru farfurii curbate suspendate (4). Acest ansamblu este fixat împreună de un inel exterior (7). Pini de suspensie (3) expun diferite secțiuni ale ansamblului să forțeze forfecarea bazate pe direcția de accelerație. Rezultatul pentru o axă individuală se obține prin însumarea semnalelor adecvate.

Preamplificatoarele (2), pini de suspensie și conectorul (1) fac parte integrantă care este sudată ermetic la carcasa din titan (8). De asemenea, tipul 4506-B-003 este izolat intern de carcasă. Aceasta reduce riscul de bucle la sol considerabil, ceea ce poate fi deranjant în măsurătorile multicanal.

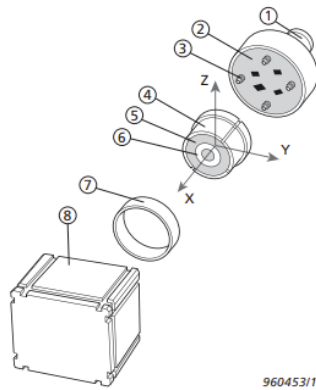


Fig. 1. Accelerometru B&K tip 4506

Accelerometrele, la fel ca microfoanele, trebuie urmate în lanțul de măsurare de către un preamplificator. Preamplificatorul este necesar din două motive. În primul rând, pentru a converti impedanța de ieșire ridicată a accelerometrului într-o valoare mai mică adecvată pentru intrare în analizoarele de măsurare; în al doilea rând, să amplifice semnalul de ieșire relativ slab de la accelerometru.

În cadrul acestui proiect, s-a folosit un preamplificator WB 1453 (fig.2), de la Bruel&Kjaer.



Fig. 2 Preamplificator WB 1453 B&K

Pentru a crea o serie de măsurători este necesar să se stabilească un interval de lucru, ce trebuie respectat. Acesta urmărește gradul de uzură al angrenajelor, pe o anumită perioadă de timp și un anumit nivel de solicitare. Un adaptor de priză cu contor electronic (fig.3), a fost folosit pentru a identifica valoarea curentului electric consumat.



Fig. 3 Adaptor priză cu contor electric

3. Determinarea experimentală a frecvențelor proprii pentru o bormașină electrică

3.1. Date tehnice și dimensiuni de gabarit ale bormașinii electrice

În figura de mai jos sunt prezentate datele tehnice și dimensiunile de gabarit ale produsului studiat.

Denumire criteriu	Valoare	Unitate de măsură
Putere nominală	600	W
Putere debitată	301	W
Turație la mersul în gol	0-2800	rot/min
Turație nominală	1570	rot/min
Număr percuuții	25070	min ⁻¹
Moment nominal de rotație	1,8	Nm
Diam. guler ax	43	mm
Diam. max. găurire		
- zidărie	15	mm
- beton	13	mm
- oțel	10	mm
- lemn	25	mm
Domeniu prindere mandrină	1,5-13	mm
Greutate conform EPTA-Procedure 01:2014	1,8	kg
Nivel presiune sonoră	93	dB
Nivel putere sonoră	104	dB

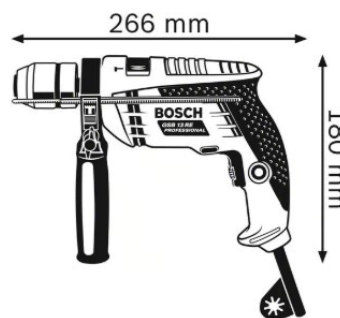


Fig. 4. Date tehnice și dimensiuni de gabarit [3]

3.2. Standul de măsurare și exemplificarea principalelor componente ale mecanismului

Schema cinematică a dispozitivului măsurat este prezentată în figura 5, după cum urmează:

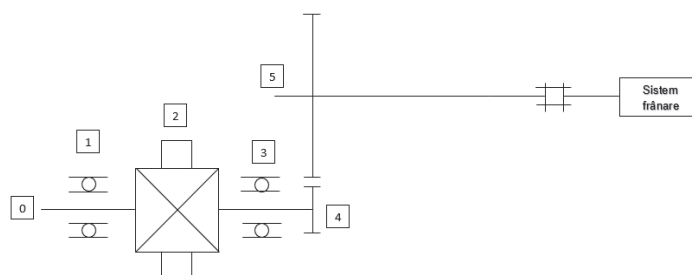


Fig. 5. Schema cinematică a dispozitivului măsurat

Elementele schemei cinematice sunt următoarele: 0 – arbore motor, 1 – rulment, 2 – motor electric, 3 – rulment, 4 – pinion (frecvența de angrenare), 5 – roată dințată conică cu dinți înclinați. Sistemul de măsurare este prezentat în fig. 6.

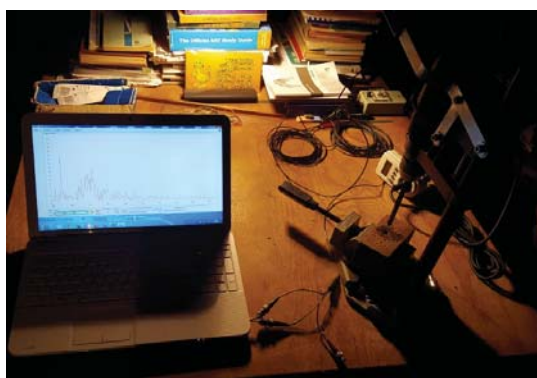


Fig. 6. Sistem de măsurare

Sistemul de măsurare este format din următoarele elemente: stativ de găurire, Wolcraft 3406000, 160 x 500 x 230 mm, adaptor priză cu contor electric, accelerometru tip 4506 montat pe bormașină în zona angrenajului, preamplificator B&K, WB 1453, cabluri BNC cuplate, Microfon x 2-High Definition Audio.

În figura de mai jos sunt prezentate principalele elemente ale mecanismului studiat.

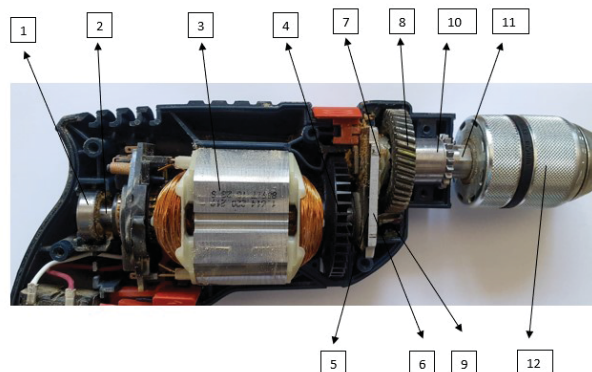


Fig. 7. Componentele mecanismului

Schema cuprinde următoarele elemente: 1 – rulment LFK 608-2Z, 2 – arbore motor, 3 – motor electric, 4 – sistem de ventilație, 5 – rulment LFK 608-2Z, 6 – placă fixare, 7 – bucușă anterioară, 8 – roată dințată conică cu dinți înclinați, 9 – pinion, 10 – bucușă posterioară, 11 – ax mandrină, 12 – mandrină.

3.3. Tehnologia de măsurare

Măsurătorile au fost realizate utilizând programul Spectrum Analysis. Pentru determinarea valorilor frecvențelor fundamentale, dar și a armonicilor au fost aplicate următoarele relații de calcul:

$$f_0 = \frac{\text{RPM}}{60} = \frac{1570}{60} = 26,16 \quad (1)$$

$$f_1 = f_3 = f_0 * \text{nr. bile rulment} = 26,16 * 7 = 183,12 \quad (2)$$

$$f_2 = f_0 * \text{nr. poli (sau lamele rotor)} = 26,16 * 24 = 627,84 \quad (3)$$

$$f_4 = f_0 * z_1 = 26,16 * 4 = 104,64 \quad (4)$$

$$f_5 = \frac{f_4}{z_2} = \frac{104,64}{42} = 2,49 \quad (5)$$

În cadrul programului software utilizat, au fost realizate următoarele setări [5]:

- scara amplitudinii: x2 liniar;
- scara frecvențelor: întindere x3;
- afișare diagramă: spectrogramă cu mediere;
- banda de trecere: 22 Hz Hanning.

Etalonarea benzii de frecvență s-a realizat cu ajutorul unui diapazon cu nota fa (f = 352 Hz).

S-au determinat forțele de acționare asupra dispozitivului măsurat, la funcționarea acestuia sub sarcini de 30 %, 60 %, respectiv 100 %.

Tabelul 1. Forțele de acționare

Sarcina	P [W]	n [rot/min]	ω [rad/s]	M [Nm]	b [m]	F [N]
100 %	301	1570	164,41	1,83	0,015	122 N
60 %	301	1570	164,41	1,83	0,015	73,2
30 %	301	1570	164,41	1,83	0,015	36,6

Pentru fiecare element al schemei cinematice s-au determinat valorile frecvențelor fundamentale, dar și a armonicilor.

Tabelul 2. Valorile frecvențelor

Element	f [Hz]	Armonica a II-a	Armonica a III-a
0. Arbore motor	26,16	52,32	78,48
1. Rulment LFK 698-27	183,12	366,24	549,36
2. Motor electric	627,84	1255,68	1883,52
3. Rulment LFK 698-27	183,12	366,24	549,36
4. Frecvența de angrenare	104,64	209,28	313,92
5. Arbore condus	2,49	4,98	7,47

3.4. Analiza angrenajului

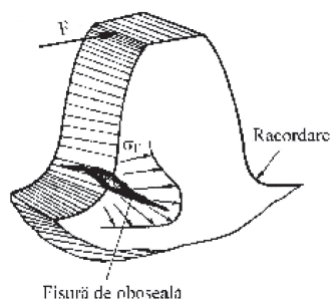
Zgomotele produse de angrenaje se datorează atât parametrilor constructivi cât și condițiilor de funcționare. Pentru a putea stabili cauzele, se face o analiză de nivel sonor în frecvență și de asemenea este necesar să se stabilească anumite caracteristici inițiale ale angrenajului.

Potențialele cauze care pot conduce la defectarea componentelor corelate cu frecvențele angrenajului mecanic sunt:

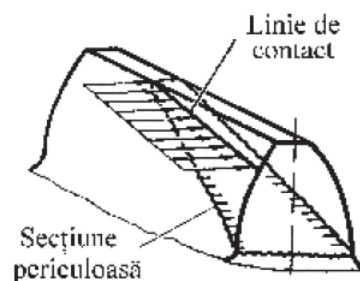
- prelucrare (concepție) – profilul roților, forma dintelui, precizia și jocul bății – armonica a III-a (ex.: eroare la prelucrarea cercului de divizare, curba descrisă de punctul evolventei nu este conformă, deci pot apărea defecte ale cercului de cap și de picior);
- angrenare – rodaj, parametrii de funcționare, ruperea dinților prin oboseală, ruperea statică a dinților – armonica a II-a (ex.: jocul mare dintre dinți duce la un impuls mare care generează un zgomot puternic pe armonica a II-a, crește încărcarea, deci în același timp și frecvența axului, iar în acest fel există posibilitatea de a fi descoperită eroarea de funcționare a unui singur dinte);
- montaj – echilibrare, dezaxare, rigiditate, pitting-ul (ciupituri pe flancurile active ale dintelui), ungere, griparea, uzarea abrazivă – armonica a II-a. De asemenea, pot apărea impulsuri de frecare generate de cercul de rostogolire în momentul în care se schimbă sensul de rotație al angrenajului.

Frecvența de angrenare crește exponențial odată cu mărirea sarcinii. Trebuie urmărită evoluția armonicilor a III-a în raport cu frecvența fundamentală, deoarece în momentul în care nivelul de intensitate sonoră al acestora este mult crescut, pot apărea defecte. La un angrenaj zgomotul este la un nivel optim în momentul în care calitatea suprafeței flancului este bună.

În spectrul zgomotului predomină armonicile II, III, iar emisia acustică principală apare din angrenare.



a) Ruperea dinților prin oboseală



b) Ruperea statică a dinților

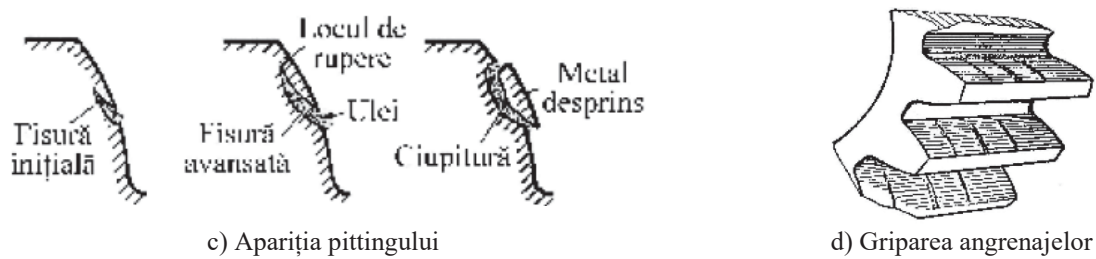


Fig. 8. Defecte ale angrenajelor [5]

Calculul roților dințate pe baza solicitării de contact și gradul de acoperire

Metoda de calcul se bazează pe aplicarea relației lui Hertz și ținând cont de toți factorii rezultă [4], [5]:

$$\sigma_H = z_H \cdot z_E \cdot z_\epsilon \cdot z_\beta \sqrt{\frac{2Mt_1 \cos\beta^2 K_A K_V K_{H\beta} K_{H\alpha} i + 1}{m_n^3 z_1^2 \psi_{mn} i}} \quad (6)$$

Conform literaturii de specialitate [3], [4]: $Z_H=2,2$; $Z_E=189,9$; $Z_\epsilon=0,88$; $Z_\beta=1$; $\psi_{mn}=10$; $K_A=1$; $K_V=1,5$; $K_{H\beta}=1,4$; $K_{H\alpha}=1$.

Angrenajul este format din 2 roți conice cu dinți înclinați (fig. 9), unde $z_1 = 4$, $z_2 = 42$.



Fig. 9. Angrenarea roților produsului studiat

Raportul de transmisie al acestuia este:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = 10,5 \quad (7)$$

Conform calculului efectuat rezultă $\sigma_H = 82,16$

Pentru a funcționa în parametrii normali σ_H trebuie să fie mai mic sau egal cu σ_{HP} [3], [4].

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_{HP}} \quad (8)$$

$$\sigma_{HP} = 356,52$$

Se definește gradul de acoperire mediu al unui angrenaj prin raportul [4], [5]:

$$\epsilon_\alpha = \frac{AE}{p_b} = \frac{\sqrt{(d_{a1}^2 - d_{b1}^2) + (d_{a2}^2 - d_{b2}^2)}}{p_b} - \frac{2a_\omega \sin\alpha_\omega}{p_b} \quad (9)$$

$\epsilon_\alpha = 3,97$. La această valoare zgomotul produs trebuie să fie minim.

În figura 9 se poate observa că pata angrenajului studiat se află în zona inferioară a dintelui și reprezintă aproximativ 40% din suprafața acestuia, deci angrenajul este strâns.

S-au realizat măsurători, iar valorile înregistrate sunt exemplificate în diagramele din fig. 10, după cum urmează:

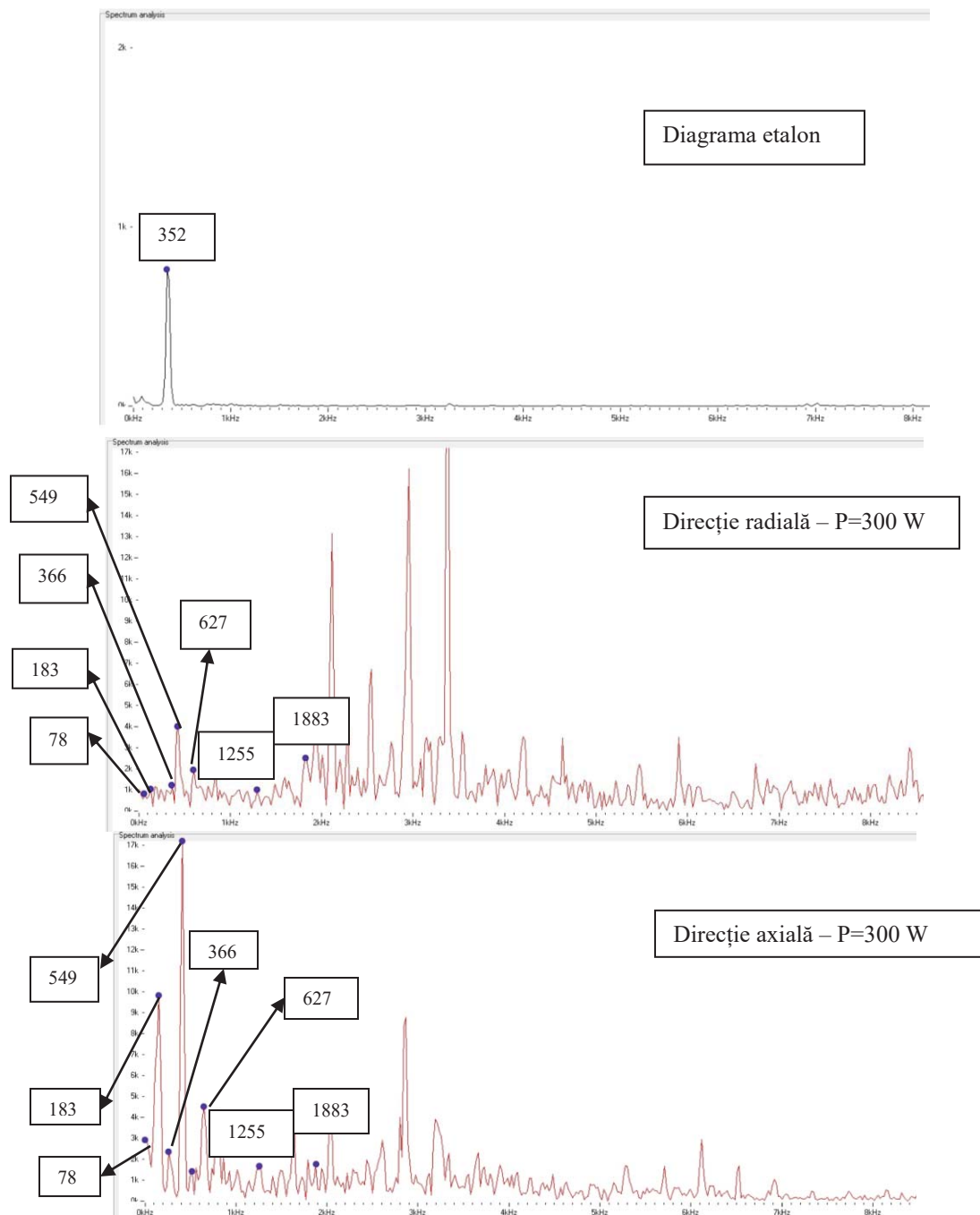


Fig. 10. Diagrame măsurate [6]

În diagramele prezentate au fost marcate principalele frecvențe calculate. În momentul de față variațiile intensităților sonore ale componentelor spectrale indică o bună funcționare a produsului studiat, dar și o asamblare corectă a elementelor.

Cei doi rulmenți au o funcționare corectă, nu au bătaie radială sau axială. Angrenajul are o evoluție bine conturată, dar având în vedere că pata angrenajului studiat reprezintă aproximativ 40 % din suprafața acestuia, deci este strâns, se recomandă urmărirea creșterii intensității sonore, în special armonica a III-a. Având în vedere că în zona dintre roata condusă și mandrină transmiterea mișcării se face pe ax, fără ajutorul unor rulmenți, trebuie să se țină cont că la solicitări mari poate apărea un dezechilibru dinamic. De aceea, prin analizarea intensității sonore ale frecvențelor fundamentale și a armonicii a II-a în special, se poate preveni un astfel de defect.

4. Concluzii

S-au măsurat diagramele inițiale pentru a determina principalele frecvențe ale mecanismului, iar acest lucru a fost posibil, fără a necesita un laborator de specialitate, urmând condițiile de măsurare de la proiectul “Cercetări privind studiul tehnologic al angrenajelor cilindrice, conice și melcate prin analiză acustică”, prezentat la licență.

După o mai lungă utilizare a bormașinii se vor determina alte diagrame, apoi se va face o analiză între frecvențele rezultate și parametrii angrenajului studiat. Obiectivul stabilit este de a prezenta la lucrarea de disertație un alt set de măsurători, în condițiile în care voi avea la dispoziție instrumentele necesare (accelerometru, preamplificator).

Un alt obiectiv pe termen mai lung este de a identifica eventualele defecte din interiorul unei mașini rotative, dezvoltând un concept numit “holografie acustică”. Acest lucru poate fi posibil prin studierea defectoscopiei ultrasonore și dezvoltarea cunoștințelor acumulate într-un laborator de specialitate.

5. Bibliografie

- [1]. Brüel & Kjaer, *The Application of Vibration Measurement and Analysis in Machine Maintenance*, Editura Naerum
- [2]. Brüel & Kjaer (1978), *Architectural Acoustics*, ISBN 87 87355 26 4, Editura Naerum Offset
- [3]. *** www.bosch-pt.com
- [4]. Gh. Miloiu, Fl. Diliță, D. V. Diaconescu (1918), *Transmisii mecanice moderne*, Editura Tehnică, București
- [5]. *** www.webbut.unitbv.ro
- [6]. *** www.techmind.org
- [7]. *** www.bksv.com
- [8]. Cornel Enciu, Cristian Tarbă, Cristian Bărbulescu (2018) *Cercetări privind studiul tehnologic al angrenajelor cilindrice, conice și melcate prin analiză acustică*
- [9]. C. Bărbulescu, *STRMICM-CIUPCM, The noise level evaluation of gear boxes*

6. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

Z_H – factorul influenței formei flancurilor dinților asupra solicitărilor de contact
 Z_E – factorul materialelor; Z_e – factorul lungimii minime de contact
 Z_β – factorul influenței înclinării danturii; K_V – factor dinamic pentru danturi înclinate
 K_A – factorul de utilizare la transmisii mecanice; Ψ_{mn} , ψ_a – coeficienți de lățime
 $K_{H\beta}$ – factor de repartiție a sarcinii pentru solicitarea de contact
 $K_{H\alpha}$ – factorul repartiției frontale a sarcinii pentru solicitarea de contact
 Z_1 – nr. dinți pinion; Z_2 – nr. dinți roata condusă
 σ_{HP} – tensiunea admisibilă la oboseala de contact; S_{HP} – factorul de siguranță admisibil
 σ_{Hlim} – tensiunea limită de bază la oboseala de contact ale flancurilor dinților

SISTEM DE COMPACTARE A RECIPIENTELOR DIN PLASTIC

PLASTIC CONTAINER COMPACTION SYSTEM

MUNTEAN Dragos, TIUCĂ Diana, ȘTEFAN Daniel și VARGĂU Bianca
Facultatea: Facultatea de Inginerie Industrială și Robotica, Specializarea: Ingineria și Managementul
Proiectelor Complexe, Anul de studii: 2019-2020, e-mail: dragosmn93@gmail.com

Conducători științifici : Conf.dr.ing. **Bogdan ABAZA**, Conf.dr.ing. **Marius SPIROIU**
și Conf.dr.ing. **Camelia STANCIU**

ABSTRACT: Within the IMPC master program, the research topic was chosen to develop a product that meets the following need: the need to help recycle and sort waste. Regarding the current market, the products do not serve for domestic use, being either industrial products with a large size, or with a design unsuitable for a modern home. As a strategy, the aim was to facilitate the recycling process for plastic waste users. The problem that has been identified in the market is that of selective waste collection, which is why the purpose of this project is to facilitate this process.

KEY WORDS: waste, plastics, compaction, recycling, sorting.

1. Introducere

Ideea dezvoltării produsului a pornit de la nevoia de a ușura transportarea PET-urilor și spațiul pe care acestea le ocupă după utilizare. Acest lucru se va întâmpla prin facilitarea micșorării volumului PET-urilor pentru a folosi mai puțin spațiu pentru stocare și mai puțin efort pentru transportare.

Sistemele de compactare folosesc diferite procedee și tehnologii pentru a ajunge la un volum mai mic al recipientului inițial. În cadrul acestui proiect vom arăta ce își doresc potențialii clienți de la un astfel de produs, existența pe piață a unor produse similare pentru a le satisface aceste nevoi precum și alte strategii de marketing, se va prezenta atât analiza funcțională și economică cât și conceptele concurente și soluția tehnică propusă.

2. Strategia de marketing

Analiza pieței se va face în baza unei analize a nevoilor potențialilor clienți ce conține nevoia exprimată și nevoia caracterizată, urmată de o argumentare a fiecărei caracteristici și al factorilor care influențează potențialul client și interpretarea datelor obținute în tabel.

2.1. Nevoia exprimată, nevoia caracterizată

Nevoia exprimată:

- Reducerea volumului recipientelor din plastic;
- Reducerea volumului cu ușurință;
- Reducerea rapidă a volumului;
- Reducerea volumului pentru mai multe tipuri de recipiente;
- Reducerea volumului fără a produce zgomot;





Tabelul 2.1. Nevoia caracterizata

Parametrii	Descriere	Valori
Zgomot	Zgomot maxim pentru a nu deranja	60 dB
Volumul initial	Volumul care poate fi introdus in aparat	De la 0.25 l la 2 l
Timpt	Timptul in care se proceseaza un PET,de la introducerea pana in momentul in care se poate insera unul nou	≤ 10 s
Forta	Forta necesara pentru strivirea unui PET	≤ 250 N
Spatiu	Spatiu pe care il ocupa produsul	Inaltime-50 cm Latime- 20 cm Adancime maxima-50 cm
Varsta minima	Varsta minima la care o persoana are forta necesara sa foloseasca aparatul	10 ani
Forta utilizator	Forta necesara aplicata pentru strivirea unui PET	≤ 100 N

2.2. Analiza produselor existente

Pentru a depista cerințele principale ale potențialilor clienti, a fost efectuată o analiză a produselor existente pe piața internațională. In tabelul 2.2 au fost notate punctele forte și cele slabe ale produselor concurente, caracteristicile lor tehnice și feedback-ul clienților care au utilizat acel produs. Aceste date sunt foarte importante în alegerea direcției de studiu pentru soluția tehnică finală.

Tabelul 2.2 Produse concurente

	Producator	Caracteristici tehnice	Feed-back clienti	Pret vanzare
	ROBI'S PRODUCTION	Presa Metal Maner ergonomic L= 55cm h=12cm l=17cm; Compacteaza sticle din PET de pana la 2,5L; Se pot recicla si doze de aluminiu	Foarte multumiti Reuseste sa compacteze si dozele de aluminiu	170 RON
	Arcus EFASTENERS	Dimensiuni: 535 x 225 x 200 mm Presa Maner Cadru metalic. Metoda de comprimare este manuala, necesita o forta de 200N.	Gabarit mare Dificultate de amplasare	1820 RON
	Arcus EFASTENERS	Mecanismul de compactare și perforare se află într-o carcasă de tablă, la care este fixată o pâlnie de alimentare, totul fiind montat pe un cadru metalic.	Dificultate de amplasare Design neconform Dificultate de utilizare	2800 RON
	ROBOPET	Mecanismul de compactare se rezuma la un sistem de incalzire care are ca efect topirea sticlelor din PET. 600 x 200 x 170 Metoda de comprimare este semi-automatizata, necesita forta de apasare 30N.	Foarte multumiti Forta necesara redusa	200 RON

În tabelul 2.2 sunt prezentate diverse categorii de produse deja existente pe piața internațională. Sunt informații cu privire la caracteristicile produselor, feedback-ul clienților care au utilizat aceste produse. Compararea acestor produse ușurează perceperea nevoilor utilizatorului și va fi de folos la crearea unei soluții tehnice mai eficiente.

3. Analiza functionala externa

In cadrul acestui subcapitol unul dintre cele mai importante aspecte este incercarea de a gandi ca si un potential client si a gasi din perspectiva lui care ar trebui sa fie functiile cele mai importante ale produsului pe care si-l doreste. Analiza functionala externa este reprezentata in figura 3.1.

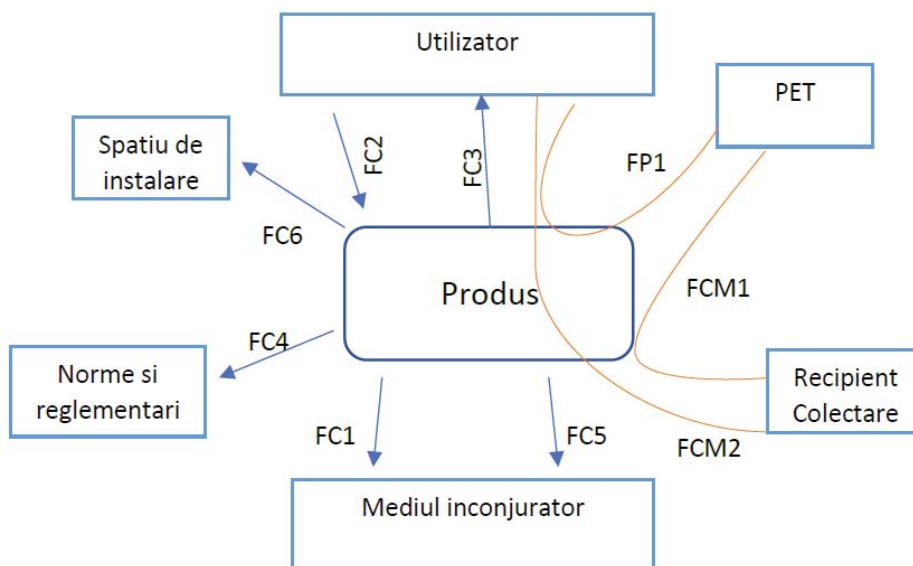


Fig. 3.1 Analiza functionala externa

FP1- Permite utilizatorului micșorarea volumului recipientelor de plastic

FCM1- Permite colectarea PET-utilor in recipient

FCM2- Permite utilizatorului golirea recipientului

FC1- Produsul nu deranjeaza prin zgomot

FC2- Produsul prezinta siguranta

FC3- Produsul este usor de utilizat

FC4- Produsul trebuie sa respecte normele si reglementarile

FC5- Produsul este rezistent la mediul inconjurator

FC6- Produsul trebuie sa se adapteze la spatiul de instalare

Functia principala FP1 este cea mai importanta din punctul de vedere al consumatorului, dar pe locurile 2 si 3 la o diferenta nu foarte mare s-au prezentat nevoile de a avea un produs simplu si usor de utilizat si ca acesta sa prezinte siguranta in timpul utilizarii.

Acest proces va fi foarte important in capitolele urmatoare pentru a decide cum va arata produsul final si cum se comporta el in functie de dorintele utilizatorilor.

In urma analizei functionale s-au gasit mai multe metode si tehnologii prin care se poate ajunge la rezolvarea nevoilor descoperite in capitolele anterioare. Astfel, se poate observa ca au fost mai multe metode din care a trebuit sa alegem pentru a merge mai departe cu solutia tehnica pentru produsul nostru.

4. Concepte concurente și solutia tehnica

4.1. Concepte concurente

Pentru a putea determina forțele necesare deformării mai multor tipuri de recipiente din plastic, s-a efectuat un proces experimental în cadrul laboratorului de rezistența materialelor. Tipurile de recipiente testate sunt prezentate în figura 4.1, unde se pot observa și zonele unde au fost perforate și rezultatele vizibile și grafice ale compactării sunt reprezentate în figura 4.2 respectiv figura 4.3.

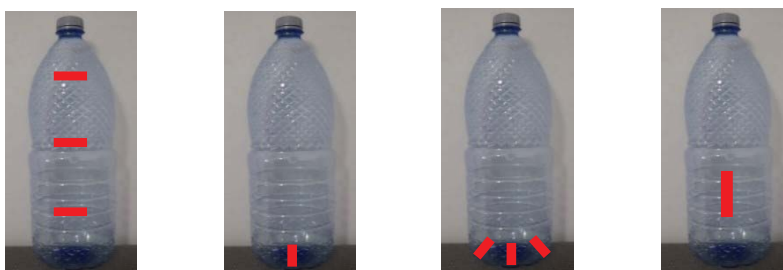


Fig 4.1 a. 3x taieri pe verticala; b.perforare baza recipientului; c.3x perforare baza recipientului; d.taiere pe verticala ;

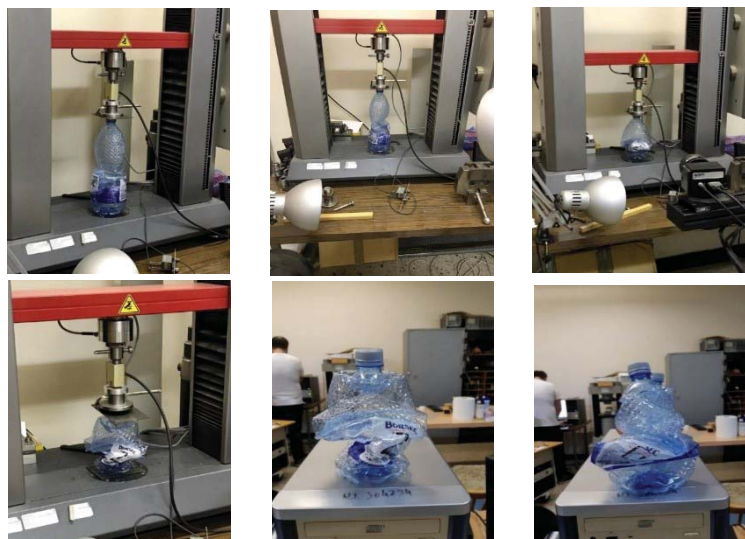


Fig 4.2 Rezultatele vizibile ale compactării

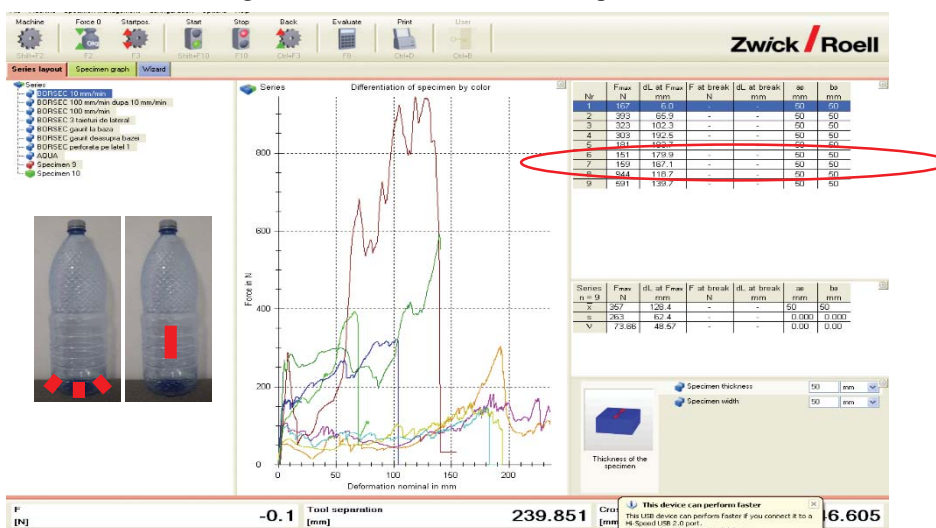


Fig 4.3. Rezultatele grafice ale compactării

In urma testelor a rezultat faptul ca forta de compactare cea mai mica este pentru recipientul 6 si 7, reprezentat in figura 4.4 pe baza acestor rezultate realizandu-se cele doua concepte concurente.

- a. Conceptul I, reprezentat in figura 4.4, este un sistem de compactare manual, care exercita o forta limitata de compactare.

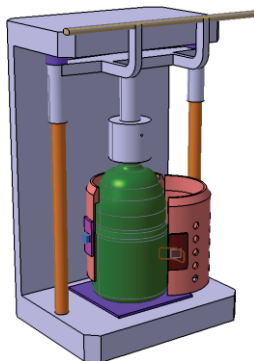


Fig 4.4. Concept I – Manual

- b. Conceptul II, reprezentat in figura 4.5 este un sistem de compactare automat, care cu ajutorul unui motor electric exercita o forta de comprimare crescuta, determinand un timp de functionare redus, de asemenea si zgomotul din timpul compactarii.

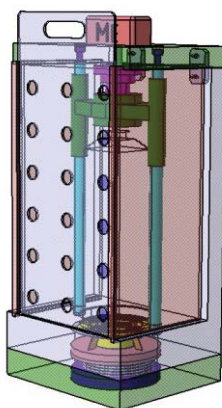


Fig 4.5. Concept II – Automat

Pentru a alege conceptul final, in tabelul 4.1 am analizat avantajele si dezavantajele fiecarui concept.

Tabelul 4.1 Avantaje si dezavantaje

Concept I		Concept II	
Avantaje	Dezavantaje	Avantaje	Dezavantaje
Gabarit scazut	Forta de comprimare crescuta	Forta de comprimare scazut	Gabarit crescut
	Zgomot crescut	Zgomot scazut	
	Securitate scazuta	Securitate crescuta	
		Design	

In urma testelor din cadrul laboratorului de rezistenta materialelor si a analizei avantajelor si dezavantajelor, s-a ales conceptul 2 pentru a fi analizat si dezvoltat.

4.2 Solutia tehnica

In urma comparatiei celor doua concepte concurente, sistemul de compactare electric este cel ales pentru a realiza solutia tehnica. Prin intermediul motorului electric, se poate realiza mai usor reducerea volumului, fiind mai practic si avand un design favorabil bucatariilor de apartament.

In figura 4.5 se poate observa schita produsului de compactare a recipientelor de plastic. Modul de functionare este urmatorul: se pozitioneaza recipientul in orificiul special, in functie de dimensiune (1), urmand sa se inchida usa din plexiglas (15), prin pornirea motorului (9), acesta actioneaza prin intermediul bratului telescopic (7) cu o forta de apasare F asupra recipientului. In timpul actionarii fortei, cutitele (13) pozitionate la baza dispozitivului, perforaza recipientul, permitand aerului sa iasa in exteriorul dispozitivului. Dupa depasirea jumateti de curse, cutitele se retrag, permitand reducerea la maxim al volumului recipientului. Dupa ce acesta a ajuns la dimensiunea minima, motorul electric permite retragerea subansamblului, utilizatorul putand sa scoata deseul.

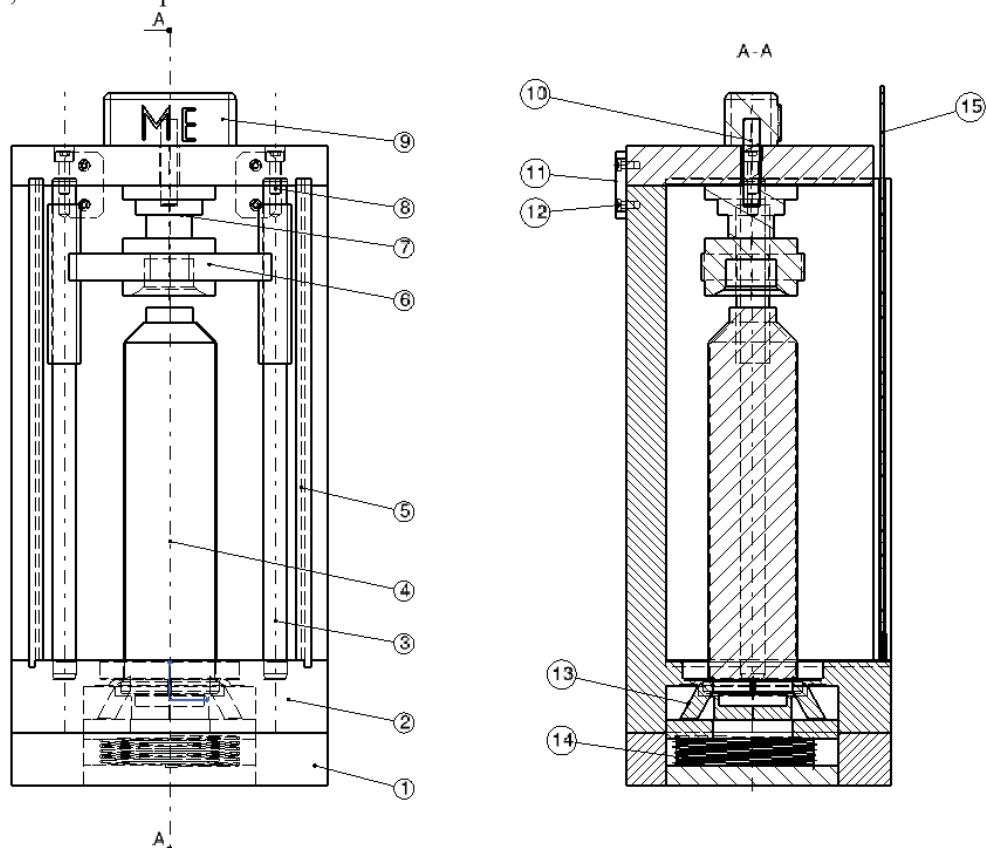
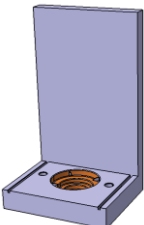

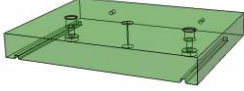

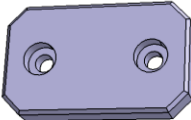
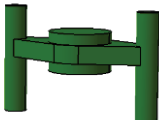

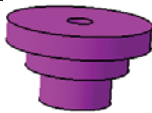


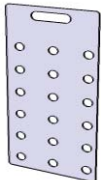


Fig. 4.5 Schita produs

Procesele tehnologice folosite pentru realizarea componentelor conceptului II – automat, sunt reprezentate in tabelul 4.2.

Tabelul 7.1 Proces tehnologic

Denumire Componenta	Componenta	Proces tehnologic
1. Ansamblu monobloc (Corp monobloc + cutite)		1. Fabricare aditiva 2. Finisare

2. Coloane de ghidare Φ18 x 380		Meusburger (cod: E 1040)
3. Placa de capat		1. Fabricare aditiva 2. Finisare
4. Surub M8x25 + Surub M5x10		Meusburger (cod:E 1200 respectiv E 1226)
5. Placuta de prindere		1. Fabricare aditiva 2. Finisare
6.Sistem de prindere/comprimare		1. Fabricare aditiva 2. Finisare
7.Tija		AliExpress
8.Brat telescopic		1. Fabricare aditiva 2. Finisare
9.Motor electric		AliExpress
10. Panou lateral		Injectie masa plastica
11.Usa plexiglas		Furnizor Prelucrare+Finisare

In concluzie, pentru realizarea fizica a conceptului avem nevoie de contact cu furnizorii atat de piese cat si de materiale, dispozitive.

5. Analiza economica

5.1. Pragul de rentabilitate

Punctul mort denumit și prag de rentabilitate evidențiază nivelul minim de activitate la care trebuie să se situeze întreprinderea pentru a nu lucra în pierdere. Depășind acel nivel, activitatea firmei devine rentabilă.

$$\text{COSTUL TOTAL(CT)} = \text{COSTUL FIX (CF)} + \text{COSTUL VARIABIL (CV)}$$

$$CT = 212760 + 53760 = 266520 \text{ RON/an}$$

Prag de rentabilitate (PR)= Cheltuieli fixe/(pret de vanzare unitar-cost de productie unitar)

$$PR = 212760 / (450 - 84) = 581 \text{ buc.}$$

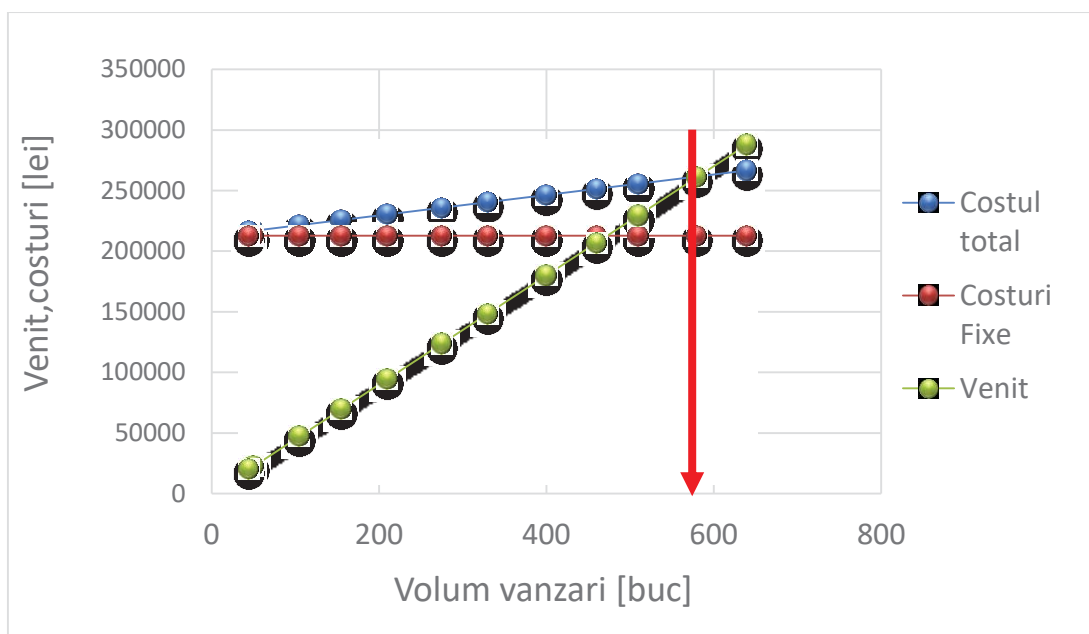


Figura 5.1 Diagrama pragului de rentabilitate

Conform diagramei pragului de rentabilitate putem observa că profitul este egal cu 0 la un volum de producție de 581. Afacerea va ieși pe profit și va deveni rentabilă în luna noiembrie.

6. Concluzii si perspective

Factorii care influențează confortul transportării PET-urilor în locurile special amenajate pentru acestea au dus la apariția nevoii urmând analiza acestora care ne-a ajutat să depistăm care este sursa problemei și care sunt modalitățile de rezolvare sau diminuare a impactului negativ.

În urma analizei soluțiilor tehnice au fost alese 2 soluții posibile care sunt mai eficiente și au fost efectuate studii de componente și eficiență pe aceste soluții. Luându-se în calcul punctele forte ale fiecărui concept și nevoile potențialilor clienți s-a considerat ca cea mai bună soluție este continuarea conceptului automatizat cu motor electric. Pe baza prețului componentelor produsului a fost realizată o analiză economică. Luând în calcul costurile de producție, costurile fixe și cele variabile în raport cu profitul obținut din vânzări s-a concluzionat că proiectul dat merită o investiție. Afacerea va deveni profitabilă după 9 luni de funcționare.

7. Bibliografie

- [1] Stanciu C., 2019, *Dezvoltarea de produse și servicii inovative 1*, UPB, București
- [2] Stanciu C., 2019, *Dezvoltarea de produse și servicii inovative 2*, UPB, București
- [3] Abaza B., 2019, *Managementul proiectelor 1*, UPB, București
- [4] Abaza B., 2019, *Managementul proiectelor 2*, UPB, București
- [5] Spiroiu M., 2019, *Analiza valorii*, UPB, București
- [6] Spiroiu M., 2019, *Capitalizarea cunoștințelor și proprietate industrială*, UPB, București
- [7] Spiroiu M., 2019, *Managementul calității*, UPB, București

CERCETĂRI PRIVIND VENTILATOARE MEDICALE FOLOSIND PROIECTARE GENERATIVĂ

RESEARCH REGARDING MEDICAL VENTILATORS USING GENERATIVE DESIGN

BARAC Olgața-Elena, BĂLĂNESCU Denisa, DĂNĂILĂ Cătălina,
GEAMBAȘU Mihaela-Roxana și IGNAT Robert¹

¹Facultatea: IIR Specializarea: INPN, Anul de studii: I, e-mail:robertignat0@gmail.com

Conducător științific: Prof. Univ. **Constantin Gheorghe OPRAN**
Dr.Ing. **Camelia ROȘIORU**

ABSTRACT: This paper aims to bring different models of medical ventilators made by us in order to choose, based on several criteria, the ideal model in terms of cost, ease of manufacture and size. After choosing the starting model, a new product will be created by optimizing the functional and technical conditions using generative design. These optimizations conclude to a much more streamlined design with lighter parts.

KEY WORDS: generative design, medical ventilators, topology, model, product.

1. Introducere

Lucrarea abordează într-un mod integrat și inovativ concepția ventilatoarelor medicale în scopul optimizării parametrilor tehnico-economici. Actual pe lângă firmele specializate pentru realizarea ventilatoarelor medicale, o bună parte din companiile multinaționale se ocupă de realizarea acestor aparate. Spre exemplu General Motors, Tesla și Ford au realizat un total de 75000 de ventilatoare.

În același timp, uzine impresionante deținute de companii precum Rolls-Royce, Siemens, Echipa de Formula 1 McLaren sunt puse la dispoziție și și-au schimbat fluxul tehnologic pentru realizarea de astfel de dispozitive.

Având în vedere acești factori, realizarea acestor dispozitive pare în zadar, așa că această lucrare se axează pe procesul de optimizare topologică și de proiectare generativă, care este mai puțin întâlnit la aceste tipuri de echipamente. [7]

2. Stadiul actual

În principal s-au analizat 5 modele de ventilatoare medicale, create de noi, cu avantajele și dezavantajele acestora, în urma cărora ne-am decis la unul singur în vederea realizării analizei topologice.

2.1. Ventilator medical - concept 1

Dispozitivul din imaginea de mai jos (fig. 2.1.1) este gândit pentru cazurile urgente din spitale, atunci când pacientul suferă de insuficiență respiratorie. Este un dispozitiv de ventilare simplu, de dimensiuni mici, ușor de transportat și manevrat.

Acest dispozitiv a fost realizat cu ajutorul programului SOLIDWORKS, cu o idee simplă la bază, suflarea unui anumit volum de aer la un ritm specific. Balonul Ruben se comprimă pentru a împinge aer în plămâni pacientului, cu ajutorul clamelor de compresie, legate la roțile acționate de un motor (fig.2.1.2).



Fig. 2.1.1 Concept 1 ventilator medical

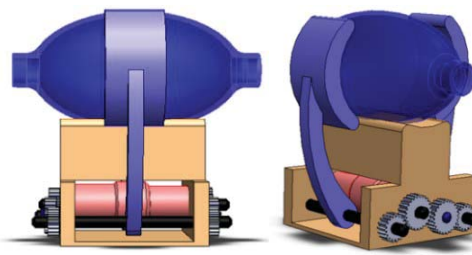


Fig.2.1.2 Mod de funcționare concept 1

Balonul Ruben poate fi acționat și manual, dar cu ajutorul clamelor de compresie și a motorului încorporat în dispozitiv, acesta este acționat mecanic, iar medicul se poate ocupa și de alte urgențe ale pacientului. Fiind mic și ușor de transportant, acest ventilator poate să fie încadrat în echipamentul obligatoriu dintr-o ambulanță.

Un dezavantaj al acestui dispozitiv este prezentat prin faptul că nu are o precizie foarte mare pentru a păstra constantă cantitatea de aer eliberată pe o perioadă îndelungată de timp (săptămâni), iar în acest caz dispozitivul trebuie să fie folosit cu atenție și de preferat, pe perioade scurte de timp, numai pentru urgențe.

2.2. Ventilator medical - concept 2

Acest concept (fig. 2.2.1.) a fost gândit în urma nevoii de ventilație mecanică pentru a ajuta la tratarea persoanele infectate cu SARS COVID-19, fiind necesar în lupta pacienților cu acest virus.

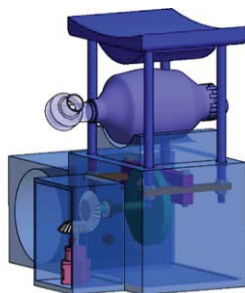


Fig 2.2.1. Concept 2 Ventilator medical

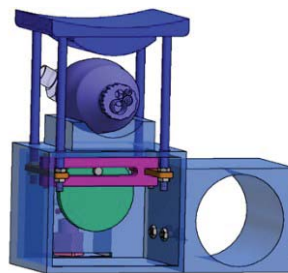


Fig.2.2.2 Mecanism camă-culisă concept 2

Conceptul a fost realizat în programul de modelare Autodesk Inventor, în care s-a ales un mecanism simplu, unde mișcarea de rotație a unui motor pas cu pas va fi modificată cu ajutorul unei came și a unei culise, care transformă mișcarea în una de translație. Acest concept se poate poziționa pe o suprafață orizontală.

Avantajul principal al acestui concept este faptul că are în componența sa piese simple din plastic, acestea putând fi realizate prin injecție sau FreeForming[9]. De asemenea, dispozitivul permite cu ajutorul motorului pas cu pas, modificarea turației în funcție de curba de referință ideală stabilită pentru presiune maximă/unitate de timp și frecvența respirației.

Un alt avantaj al dispozitivului este faptul că această camă (fig 2.2.2) a fost realizată pentru a putea permite modificarea cursei de lucru, din care se determină nivelul de oxigen din balonul Ruben, ceea ce reprezintă un avantaj necesar realizării unei cantități de oxigen optime.

Dezavantajul principal al acestui concept este apariția forței de frecare în anumite locuri, din cauza numărului foarte mare de mișcări și piese cu mișcări relative una față de cealaltă. Sunt multe puncte de frecare în care se pot uza cuplajele în timp, neputând fi garantată fiabilitatea conceptului într-un timp mai îndelungat.

2.3. Ventilator medical - concept 3

Acest dispozitiv a fost creat în vederea întrajutorării persoanelor care nu pot să respire fizic sau respiră insuficient.

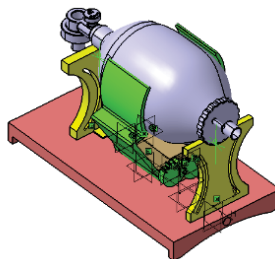


Fig.2.3.1 Concept 3 Dispozitiv Orizontal

Dispozitivul de mai sus, asigură ventilație mecanică prin deplasarea aerului îmbogățit cu oxigen în și din plămâni pentru a ajuta respirația unui pacient.

Acest ventilator medical a fost realizat cu ajutorul software-ului CATIA V5 [8].

Acesta funcționează cu ajutorul unui motor, care acționează cele două brațe, astfel se realizează compresia și decompresia, sau mai bine zis relaxarea balonului.

Unul din marele avantaje ale acestui ventilator constă în faptul că baloanele sunt de diferite dimensiuni, copil, adult, etc. și permit ventilatorului ajustarea acestuia astfel încât să se poată realiza compresia și relaxarea.

Nu s-a ales acest dispozitiv pentru a realiza optimizarea deoarece piesele au fost deja optimizate .

2.4. Ventilator medical - concept 4

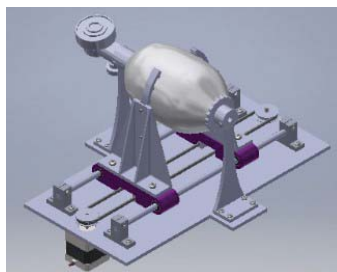


Fig. 2.4.1. Concept 4 ventilator medical

Principiul de funcționare al conceptului 4 este asemănător cu cel al unei imprimante 3D. Suportii cleștilor care apasă pe balonul de resuscitare sunt dispuși pe două ghidaje care culisează pe două tije prinse la capete pe placa de bază cu ajutorul unor elemente de fixare. Pentru a eficientiza ghidarea se folosesc rulmenți liniari, care au rolul de a transforma forța de frecare într-o forță radială cu ajutorul bilelor care intră în componența acestora, reducând astfel uzura. Rola conectată la motorul pas cu pas este pusă în mișcare și prin intermediul curelei de transmisie se realizează mișcarea de translație, necesară pentru comprimarea și destinderea balonului de resuscitare.

Unul dintre principalele avantaje îl reprezintă poziționarea pe orizontală care asigură stabilitatea dispozitivului. Un alt avantaj ar fi simplitatea mecanismului și a pieselor componente, care atrage după sine un cost de fabricație redus.

Printre dezavantaje enumerăm fiabilitatea scăzută cauzată de schimbarea repetată a sensului de rotație al motorului, dar și de uzura care poate interveni în timp asupra curelei de transmisie, determinând funcționarea improprie a mecanismului și implicit scăderea duratei sale de viață.

2.5. Ventilator medical - concept 5

Acest dispozitiv (fig. 2.5.1.) a fost gândit pentru posibilitatea de prindere atât pe o suprafață orizontală cât și pe o suprafață verticală (spre exemplu caroseria unei izolette sau ambulante).

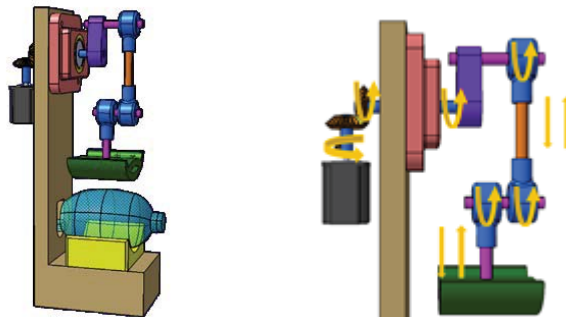


Fig.2.5.1. Concept 5 ventilator vertical Fig.2.5.2. Explicație mișcări concept 5

Dispozitivul a fost realizat în programul de modelare Catia [8], având în minte un mecanism simplu de modificare a direcției de rotație a unui motor și de transformare a mișcării din rotație în translație. O explicație grafică poate fi văzută în figura 2.5.2.

Avantajul principal al acestui dispozitiv este faptul că motorul ales va avea rotația doar într-un singur sens, eliminându-se astfel tensiunile care apar la schimbarea sensului de rotație.

Un alt avantaj al acestui design este ușurința de prelucrare a pieselor majore fie prin injecție, fie prin tehnologia FreeForming [9] a firmei ARBURG.

Dezavantajul principal pentru care nu s-a ales acest dispozitiv este fiabilitatea redusă datorată numărului foarte mare de mișcări și piese cu mișcări relative una față de cealaltă. Un alt dezavantaj este reprezentat de tijele care vor trebui realizate cu un filet pe suprafața exterioară, ceea ce scade considerabil tehnologicitatea acestora.

3. Proiectarea generativă și optimizarea topologică aplicată la produse componente ale ventilatoarelor medicale

Proiectarea generativă și optimizarea topologică sunt aplicate în cadrul lucrării de cercetare în vederea reducerii costurilor, a greutății sau pentru a îmbunătăți performanța produselor (de exemplu creșterea frecvențelor naturale, reducerea deplasărilor). [10]

3.1. Proiectarea generativă și optimizarea topologică a piesei “Camă” din cadrul ventilatorului medical Concept 2

Din cadrul ansamblului “Ventilator Medical” face parte și piesa “Cama”, prezentată în figura de mai jos (fig.3.1.1), care realizează mișcarea de rotație pentru a transla elementul “Placă Superioară”.

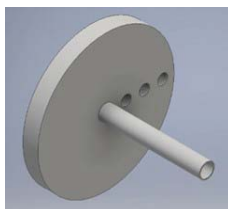


Fig. 3.1.1. Camă

Se dorește optimizarea piesei din cadrul ansamblului. Piesa a fost realizată și optimizată cu ajutorul programului Autodesk Inventor[11].

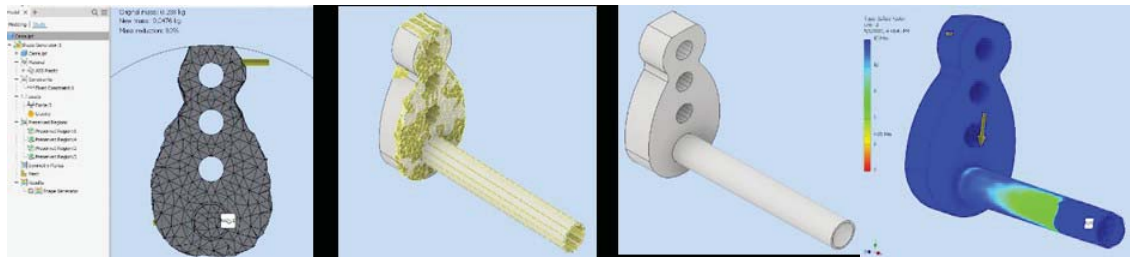


Fig. 3.1.2. Optimizarea piesei

Fig. 3.1.3. Simulare statică

În urma optimizării, masa piesei a fost redusă cu 80%, de la o greutate inițială de 0,238 kg, la o greutate de 0,048 kg. Putem să realizăm piesa prin injecție, folosind materialul ABS 10% fibră de sticlă [6]. Putem avea și o a doua variantă de optimizare, unde piesa să prezinte o rază de racordare, iar tija să fie plină în totalitate în vederea injectării acesteia într-o matriță [2].

Pentru a verifica dacă piesa este rezistentă, am realizat și o simulare a forțelor aplicate asupra piesei, pentru a verifica coeficientul de siguranță (fig. 3.1.3), iar după cum putem observa și în imaginea de mai sus, coeficientul de siguranță se află în limitele acceptabile.

3.2. Proiectarea generativă și optimizarea topologică a piesei “Placă Superioară” din cadrul ventilatorului medical Concept 2

În figura de mai jos este prezentată piesa “Placă superioară”. După cum sugerează și denumirea, această piesă are rolul de a comprima balonul Ruben prin mișcarea de translație prin turația și denumirea, această piesă are rolul de a comprima balonul Ruben prin mișcarea de translație prin turația motorului pas cu pas în funcție de curba de referință ideală stabilită pentru presiune maximă/unitate de timp și frecvența respirației.

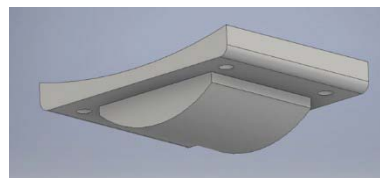


Fig. 3.2.1. Placă superioară

Această piesă a fost realizată cu ajutorul software-ului de proiectare Autodesk Inventor[11]. Având o formă inițială simplă, ea poate fi optimizată foarte ușor.

Optimizarea (fig. 3.2.2.) acestei piese a fost realizată, la fel ca și celelalte, aplicând forțe pe suprafața activă a piesei și setarea suprafețelor de reazem.

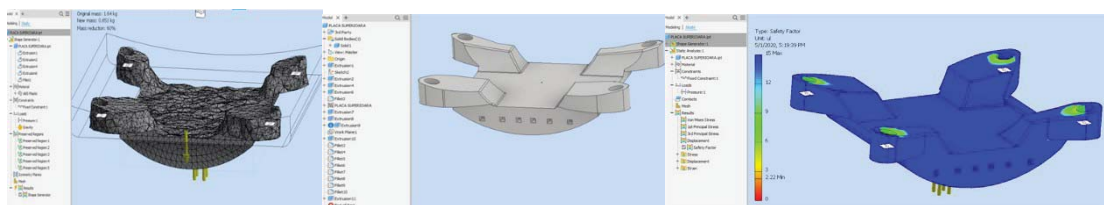


Fig. 3.2.2. Optimizare placă superioară

Fig. 3.2.3. Simularea statică a piesei

Piesa avea o greutate inițială de 1,64 kg, iar în urma optimizării am reușit să reducem masa piesei cu un procent de 60%, adică piesa în momentul actual are greutatea finală de 0,653 kg.

S-a realizat o simulare în care se va aplica o presiune pe partea inferioară a piesei (suprafață care intră în contact cu balonul Ruben), iar rezultatul indică un factor minim de siguranță de 2,22, unde pentru echipamentele medicale factorul minim de siguranță acceptabil este de 1,5. (figura 3.2.3).

3.3. Proiectarea generativă și optimizarea topologică a piesei “Suport Balon” din cadrul ventilatorului medical Concept 2

În componența ventilatorului medical mai sus ales, intră și suportul balonului. Cel mai important rol pe care acesta îl are în cadrul ansamblului, este acela de a susține balonul. Este o parte fixă a ansamblului, comparativ cu Placa Superioară care este mobilă și împinge balonul, practic face compresia și relaxarea acestuia.

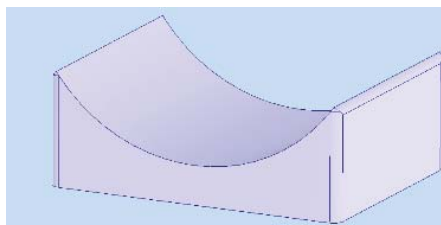


Fig. 3.3.1. Suport Balon 3D

Piesa este realizată cu ajutorul software-ului de proiectare Autodesk Inventor[11]. Forma acestuia nu este una complexă, din contră, una ușor de realizat, tocmai de aceea, în momentul optimizării topologice nu am întâmpinat probleme.

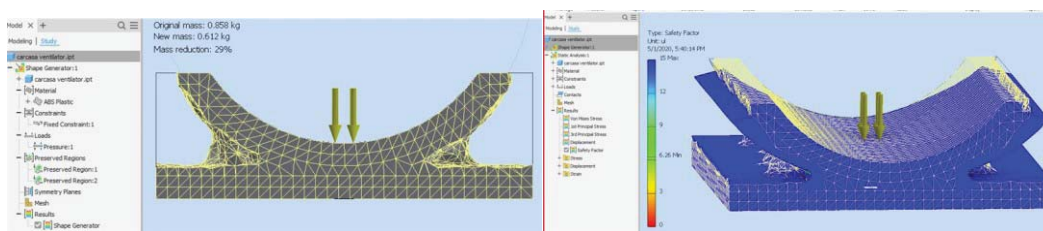


Fig. 3.3.2. Piesa Optimizată - Autodesk Inventor

Fig. 3.3.3. Optimizare Statică

Prin această optimizare, s-a redus masa piesei (fig.3.3.2) de la 0,858 kg la 0,612 kg, cu un procent de 29%. Rezultatul se poate observa în fig.3.3.3.

3.4. Proiectarea generativă și optimizarea topologică a piesei “Carcasă” din cadrul ventilatorului medical Concept 2

Carcasa asigură spațiul necesar pentru a monta componentele ventilatorului medical. Mai mult de atât, rolul ei fundamental în această aplicație este cel de protecție. De aceea este foarte important să fie proiectată astfel încât să reziste la eventualele solicitări mecanice la care ar putea fi supusă (vibrații, șocuri).

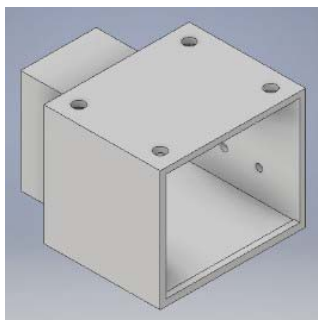


Fig. 3.4.1. Carcasă

Această piesă a fost optimizată topologic folosind funcția Shape Generator din Inventor [11]. Pentru realizarea studiului s-a definit materialul carcasei, s-au aplicat toate încărcările care acționează

asupra acesteia și s-au conservat anumite zone care asigură în cadrul ansamblului diferite roluri funcționale. În urma procesului de optimizare s-a obținut o scădere a masei cu un procent de 30%, rezultând o piesă care cântărește 1,88 kg față de 2,69 kg cât cântărea inițial.

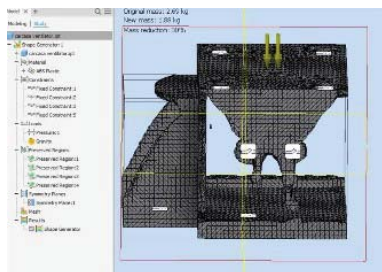


Fig. 3.4.2. Carcasă optimizată topologic

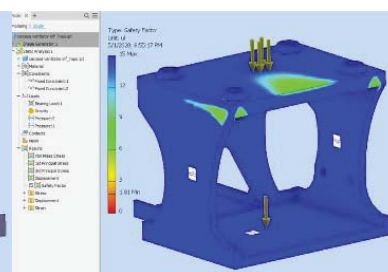
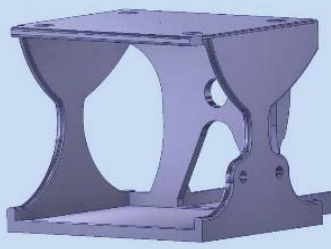


Fig.3.4.3. Analiza cu element finit carcasă

După optimizare, s-a realizat analiza cu element finit a piesei, unde s-a ținut cont de constrângerile din zonele celor 4 tije filetate și de forța exercitată de suportul pe care se sprijină balonul de resuscitare. A rezultat un factor de siguranță de 1,81.

3.5. Proiectarea generativă și optimizarea topologică a piesei “Suport Butelie Oxigen” din cadrul ventilatorului medical Concept 2

În figura de mai jos este prezentată piesa “Suport Butelie Oxigen”. După cum sugerează și denumirea, această piesă are rolul de a poziționa și menține butelia de oxigen lângă dispozitiv pentru a putea fi manipulate împreună.

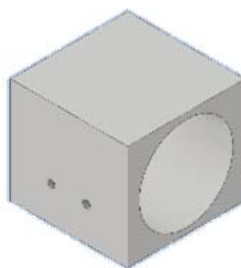


Fig. 3.5.1. Suport Butelie

Această piesă a fost realizată cu ajutorul software-ului de proiectare Autodesk Inventor [11]. Având o formă inițială foarte simplă, ea poate fi optimizată foarte ușor.

Optimizarea (fig. 3.5.2.) acestei ultime piese a fost realizată, la fel ca și celelalte, în programul Autodesk Inventor.

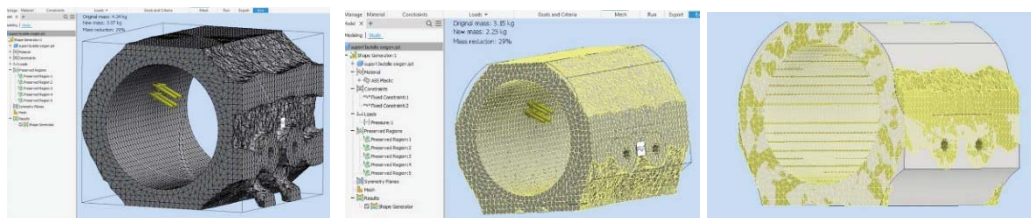


Fig.3.5.2. Optimizarea piesei

Prin această optimizare, s-a redus masa piesei cu 29%, de la 4,34 kg la 3,07 kg, iar pentru a ne asigura că piesa are un factor de siguranță acceptabil (pentru echipamente medicale se va considera mai mare ca 1,5) s-a realizat o simulare în care se va aplica o solicitare care să imite forța exercitată de greutatea buteliei, iar rezultatul se poate vedea în figura de mai jos.

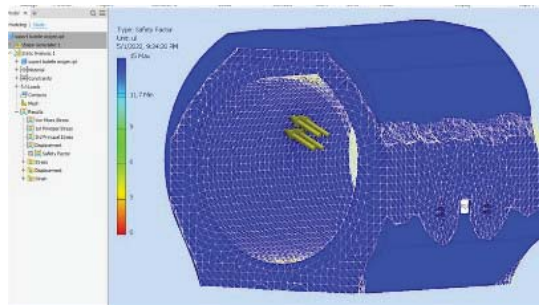


Fig. 3.5.3. Simulare statică

4. Contribuția originală a lucrării

Contribuția originală a lucrării constă în faptul că s-au elaborat mai multe variante de dispozitive medicale, cu idei proprii, în care s-au analizat atât dezavantajele cât și avantajele acestora. Pe acest principiu, am mers mai departe cu un singur dispozitiv pentru care am făcut optimizarea topologică a pieselor. S-au redus masele, astfel încât vom folosi mult mai puțin material decât am preconizat la începutul lucrării. După mai multe încercări rezultatele sunt cele de mai sus.

5. Concluzii

Datorită faptului că această lucrare își propune să aducă anumite contribuții pentru felul în care se pot realiza anumite piese din material polimeric [6][4][2], fie prin injecție în matrițe [2][3], fie prin tehnologia Freeform [9] a companiei Arburg, putem spune că folosind resurse precum puterea de procesare a unor calculatoare, și puțin know-how, putem elimina o mare parte din volumul de material al unor piese, și în final al unui ansamblu, în vederea reducerii costurilor totale.

6. Bibliografie

- [1]. Dumitraș, C., Opran, C. (1994), *Prelucrarea materialelor compozite, ceramice și minerale*; Editura Tehnică, București, Romania; pp.336; ISBN 973-31-0602-X.
- [2]. Dumitrescu, A. Opran, C. (2002), *Materiale polimerice; Caracterizare, Proprietati, Prelucrare*; Oficiul de informare documentara pentru industrie, cercetare management; Bucuresti, Romania; pp. 137; ISBN 973-8001-32-3.
- [3]. Opran, C. (2017), *Tehnologia produselor din materiale avansate, Indrumar laborator*; Editura BREN; București, Romania; pp.158; ISBN 978-606-610-097-8; pp.158.
- [4]. Opran, C. (2016), *Tehnologii de injecție în matriță produse polimerice*; Editura Bren; Bucuresti, Romania; pp.252; ISBN 978-606-610-201-8; pp.253.
- [5]. Opran, C. (2014), *Tehnologii de injecție în matrițe, Indrumar proiectare*; Editura Bren; Bucuresti, Romania; pp.108; ISBN 978-606-610-085-4; pp.109.
- [6]. Opran, C., Nicolae, V., Racicovschi, V. (2004) *Biostructuri polimerice degradabile in mediu natural*; VASILE GOLDIS University Press; ARAD, Romania; pp.146; ISBN 973-664-041-8.
- [7]. Robinson, D. (2020) - "The companies repurposing manufacturing to make key medical kit during Covid-19 pandemic", NS Medical Devices.
- [8]. <https://www.3ds.com/products-services/catia/>, accesat la data de 02.03.2020
- [9]. <https://www.arburg.com/us/us/products-and-services/additive-manufacturing/freeformer-system/>, accesat la data de 02.03.2020
- [10] <https://www.inas.ro/ro/blog-arhive/optimizare-topologica-utilizand-ansys-aim>, accesat la data de 02.03.2020
- [11]. <https://www.autodesk.com/products/inventor>, accesat la data de 12.03.2020

STUDII PRINVIND MODELAREA UNOR SISTEME FUNCȚIONALE AUTOASAMBLATE

MODELING OF FUNTIONAL SELF-ASSEMBLED OPTO-MECHANIC- SYSTEMS

MIHALCEA Răzvan-Marian, RĂILEANU Mihail

Facultatea: IIR, Specializarea: INPN, Anul de studii II:, e-mail:raileanumihail@yahoo.com

Conducător științific: Conf.dr.ing **Cristina LACATUȘ**

ABSTRACT: This paper presents a system of 65 retroreflectors placed on different support plates. The system resulted is an auto-assembling one, it needs to resist both transportation conditions and space conditions. Tests were performed in order to identify the resonance frequency. Three models of self-assembling systems have been designed and theirs functions were simulated to fulfill the specific loading requirements. All the necessary data used to establish the appropriate design of the self-assembled system were included in databases that will be improved in the future.

CUVINTE CHEIE: retro-reflectorii, satelit, autoasamblare, testare, modele auto-asamblabile

Cuprins:

- [1] Introducere
- [2] Obiective
- [3] Stadiu actual
- [4] Concluzii
- [5] Direcții ulterioare de cercetare
- [6] Contribuții individuale
- [7] Bibliografie

1. Introducere

Lucrarea de față își propune să îmbine 65 de retroreflectori pe mai multe plăci pentru a forma un întreg acesta urmând să se autoasambleze în spațiu.

2. Obiective:

- [1] Proiectarea unui sistem auto-asamblabil ce conține 65 de retro-reflectorii (7 pe o placă)
- [2] Testarea a doua plăci de dimensiuni diferite la vibrații și șocuri; o placă cu 65 retroreflectori și respectiv una cu 7.
- [3] Studiarea sistemelor auto-asamblabile existente și identificarea celor mai bune 3 sisteme respectând condițiile din spațiu și a limitărilor impuse de acest mediu. Modificarea subansamblului și adaptarea acestuia la cele 3 sisteme alese anterior
- [4] Crearea ansamblului final în 3D prin intermediul unui soft de specialitate și efectuarea testelor finale prin simulare.

Modalitatea de atingere a obiectivelor:

- [1] Sistemul va fi compus dintr-un ansamblu de 65 de retroreflectorori. Inițial cei 65 de retroreflectorori au fost dispuși pe o singură placă. În urma testărilor la mișcări complexe de șocuri și vibrații, s-a constatat că placa pe care erau dispuși avea frecvența de rezonanță regăsită între frecvențele ce apar în racheta transportoare în timpul zborului către satelit. De aceea s-a hotărât ca cei 65 de retroreflectorori să fie dispuși pe mai multe plăci.
- [2] După dispunerea celor 65 de retro-reflectorori pe mai multe plăci și finalizarea ansamblului, testele sunt reluate pentru a studia comportamentul acestora.
- [3] Autoasamblarea este principiul fundamental care generează organizare structurală la toate nivelurile, de la molecule la galaxii și constă în organizarea autonomă a unor componente în tipare sau structuri ordonate fără intervenția omului. După ce s-a ajuns la concluzia că cel mai sigur este să avem mai multe plăcuțe cu retroreflectorori atașați pe acestea, s-a pus problema autoasamblării acestora în spațiu unde nu există intervenție umană. Pornind de la definiția autoasamblării menționată mai sus, s-a ajuns la următoarele propuneri de tipuri de autoasamblare:
 - Autoasamblare pneumatică
 - Autoasamblare hidraulică
 - Autoasamblare asistată de motoare.
- [4] Având în vedere că susținerea lucrării se va face online, modelul fizic este înlocuit de modelul 3D pentru care se vor efectua atât proiectarea cât și studii de simulare.

3. Stadiul actual

În lucrarea precedentă a fost analizată conservarea integrității structurii fizice a retro-reflectorilor care se montează pe sateliți, la condițiile speciale de transport și la solicitările dinamice din momentul desprinderii echipamentului de capsula de transport. În acest scop s-a utilizat un echipament de vibrometrie – Shaker - care a fost amplasat într-o cameră izolată acustic ce împiedică întoarcerea undelor spre aparat, evitând astfel interferențele care ar afecta calitatea experimentului.

A fost prezentat modul în care componenta retro-reflectorantă (un ochi de pisică) este testată în diferite condiții de stres simulând mediul în care acesta o să stea și mediul de transport către spațiu. Au fost prezentate unele explicații despre cum este testat, rezultatele testelor dar și explicații despre ce este el și cum se comportă în acele medii mai sus menționate.

După testările făcute atât fizice cât și virtuale s-a putut observa care sunt punctele slabe ale componentelor retro-reflectorului.

Acestea au fost marginile oglinzii unde a și cedat după testări la vibrații pe un sinus.

De asemenea s-a putut observa faptul că din cele 2 retro-reflectorare a cedat doar 1, după o inspecție mai minuțioasă, s-a putut observa faptul că a cedat cel la care componentele au fost strânse mai puternic astfel acumulând tensiuni mai mari.

S-a observat și faptul că oglinda a cedat exact în punctele de sprijin de pe corpul metalic.



Fig. 1. Ochiul de pisică

Scopul lucrării este de a crea un sistem auto-asamblabil macrodimensional ca parte componentă a unui dispozitiv de poziționare dintr-un satelit.

Frecvența de rezonanță este: frecvența la care corpul care este testat atinge cele mai mari praguri de stres. Este de menționat faptul ca frecvența de rezonanță nu este întotdeauna cea mai mare frecvență la care a fost supus în timpul testului. De asemenea se poate observa că după depășirea frecvenței de rezonanță corpul se relaxează și poate urma o alta frecvență de rezonanță către frecvențe mai mari.

Sistemul va fi compus dintr-un ansamblu de 65 de retroreflector. Inițial cei 65 de retroreflector au fost dispuși pe o singură placă. În urma testărilor la mișcări complexe de șocuri și vibrații, s-a constatat ca placa pe care erau dispuși avea frecvența de rezonanță regăsită între frecvențele ce apar în racheta transportoare în timpul zborului către satelit.

Frecvența de rezonanță este frecvența la care corpul este afectat prin stres mecanic mai mult decât la alte frecvențe. De exemplu, pentru un test derulat de la 5 la 3000 Hz și frecvența de rezonanță se afla la 500 Hz și 1500 Hz, corpul este stresat strict la acest frecvențe. De la 0 la 500 de la 500 la 1500 de la 1500 la 3000 corpul se comportă normal, pe unele segmente chiar atenuază vibrațiile primite.



Fig. 2. Testare rezonanță piesă

Pe X se găsesc valori frecvenței exprimate în Hertzi de la 0 la 2041 Hz

Pe Y se găsesc valori de la 0 la 1000 pentru g- accelerația gravitațională

S-au înregistrat 6 frecvențe de rezonante:

1 în punctul de coordonate 481;91 ; 2 în punctul de coordonate 1235;652 ; 3 în punctul de coordonate 1609;380 ; 4 în punctul de coordonate 1849;890 ;5 în punctul de coordonate 1921;52 ; 6 în punctul de coordonate 2017;260

În urma testelor efectuate, s-a constatat că momentele în care corpul este cel mai dispus deteriorării sunt momentele în care se atinge frecvența de rezonanță. În restul timpului, pentru celelalte frecvențe corpul nu este afectat.

În urma acestor constatări, la o verificare mai atentă, pe placa suport au apărut atât fisuri dar și deformări datorită elasticității materialului dispus pe o suprafață atât de mare.

După verificarea rezistenței retro-reflectorilor în studiile anterioare, a urmat verificarea întregului ansamblu. Ansamblul a presupus dispunerea a 65 de retro-reflector pe o placă ce nu a suportat testele efectuate și a cedat.



Fig. 3. Teste placa mare

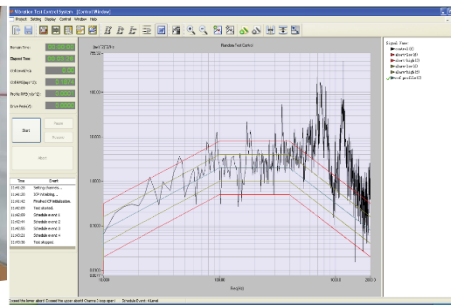


Fig. 4. Random- Vibration Test Report

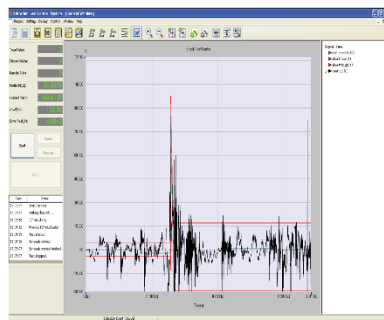


Fig. 5. Shock- Vibration Test Report

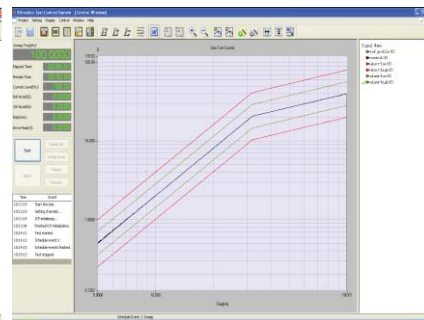


Fig. 6. Sin- Vibration Test Report

În urma testelor ce au fost efectuate în cadrul laboratorului de vibrometrie INFLPR CETAL s-a propus pentru soluționarea problemei, dispunerea retro-reflectorilor pe mai multe plăci.

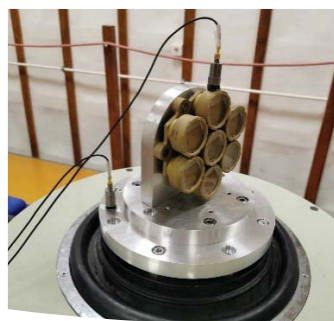


Fig. 7. Teste placa mică

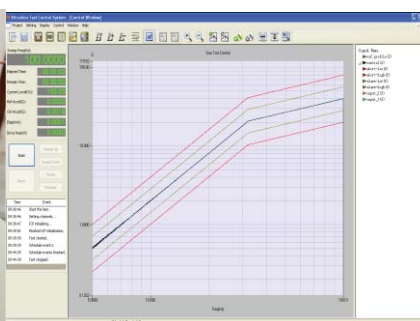


Fig. 8. Sin- Vibration Test Report

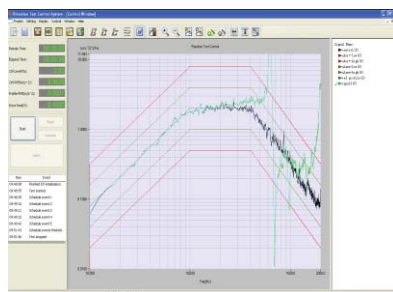


Fig. 9. Random- Vibration Test Report

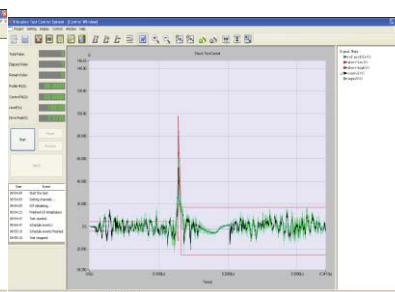


Fig. 10. Shock- Vibration Test Report

În urma testelor efectuate fizic în laborator se observă cu claritate diferențele benefice în dispunerea retroreflectorilor pe placi mai mici.

În continuare se va alege un sistem auto-asamblabil care să asigure condițiile impuse de design-ul produsului. După cercetari, au fost identificate 3 posibile sisteme auto-asamblabile optime.

Cele 3 sisteme auto-asamblabile au fost clasificate în funcție de 10 caracteristici. În urma clasificării se pot identifica avantajele și dezavantajele fiecărui sistem, informații necesare pentru stabilirea sistemului potrivit ce urmează a fi perfecționat.

Tabelul 1. Clasificare în funcție de caracteristici

Caracteristica	Ideal	Motor	Hidraulic	Pneumatic
Temperatură	240÷260 °C	✓	✓	✓
Uzura în timp	Cât mai scăzută	✓	✗	✗
Magnet	-	✗	✓	✓
Auto-blocare	-	✓	✗	✗
Greutate	Cât mai scăzută	✗	✗	✓
Cost	Cât mai mic	✓	✓	✓
Rezistent la radiații	-	✓	✓	✗
Nr. componente	Cât mai puține	✗	✗	✓
Neinflamabil	-	✓	✓	✗
Deficuitatea de obținere	Cât mai simplu	✓	✗	✓
Total (✓)		7	5	6

Conform datelor analizate în tabelul de mai sus, sistemul de auto-asamblare ales este cel cu motoare și pentru acesta se va face modelul 3D și studiile de simulare menționate anterior.

4. Concluzii

Urmând pașii anteriori în care s-au încercat mai multe tipuri de construcții geometrice care să satisfacă ambele condiții de dispunere uniformă a retro-reflectorilor și rezistență crescută la condiții de transport, s-a ales modelul 1 ca fiind cel mai apropiat de cerințele propuse.

S-au identificat condițiile la care ansamblul va fi supus și la care trebuie să reziste în spațiu.

S-au identificat modelele posibile de auto-asamblare și s-au testat pentru modelul 1.

S-au efectuat teste de vibrometrie pentru placa mare și cea mică astfel, s-a concluzionat că retro-reflectorii dispuși pe placa mică sunt siguri de transportat.

5. Direcții ulterioare de cercetare

Adaptarea soluției de auto-asamblare optimă ansamblului și perfecționarea acestuia.

Construirea modelului 3D propus. Testarea acestuia după identificarea formei sale finale auto-asamblabile cu ajutorul unor soft-uri de simulare.

6. Contribuții individuale

Raileanu Mihail: Studiul asupra posibilelor ansambluri auto-asamblabile, întocmirea documentației pentru construirea ansamblurilor, studierea restricțiilor de proiectare datorate soluțiilor de auto-asamblare, redactarea raportului final.

Mihalcea Razvan: Proiectarea 3D a ansamblurilor, simularea rezistenței și șocului mecanic al modelelor și testarea propriu-zisă a modelului celor două plăci în laboratorul de Vibrometrie INFLPR CETAL

7. Bibliografie

- [1]. Mircea Rades, “Vibratii mecanice” (în Romanian) publishing by Printech, Bucharest, Romania (12/2008)
- [2]. Ground Sensors. Available online: <http://www.cmc-amman.gov.jo> (accessed on 14 Jan 2020).
- [3]. Improved Remotely Monitored Battlefield Sensor System. Available online: <http://www2.l-3com.com/cs-east/sensor/index.htm> (accessed on 14 Jan 2020).
- [4]. Maroti, M.; Simon, G.; Ledeczki, A.; Sztipanovits, J. Shooter Localization în Urban Terrain. *Computer* **2004**, *37*, 60–61.
- [5]. G.M. Whitesides and B. Grzybowski, Self-Assembly at All Scales, *Science* 2095, 2002.
- [6]. Sensor Node Platforms. Available online: <http://nesl.ee.ucla.edu/projects/ibadge/default.htm> (accessed on 14 Jan 2020)
- [7]. Micro-Adaptive Muti-domain Power-aware Sensors. Available online: <http://www-mtl.mit.edu/researchgroups/icsystems/uamps/> (accessed on 14 Jan 2020)
- [8]. Jane’s IDR. Available online: http://www.textrondefense.com/pdfs/news/jidr06_01.pdf (accessed on 14 Jan 2020).
- [9]. Kim, B.; Shim, M.; Lee, J. Ubiquitous Sensor Network Localization Technologies and Trends. Weekly Technical Trends of Korean National IT Industry Promotion Agency **2007**, *1291*, 27–36.
- [10]. Kirchner, G.; Koidl, F.; Friederich, F.; Buske, I.; Völker, U.; Riede, W. Laser measurements to space debris from Graz SLR station. *Adv. Space Res.* **2013**, *51*, 21–24.
- [11]. Zhang, Z.-P.; Yang, F.-M.; Zhang, H.-F.; Wu, Z.-B.; Chen, J.-P.; Li, P.; Meng, W.-D. The use of Laser Ranging to Measure Space Debris. *Res. Astron. Astrophys.* **2012**, *12*, 212–218.
- [12]. Pal, A. Localization Algorithms în Wireless Sensor Networks: Current Approaches and Future Challenges. *Netw. Protoc. Algorithms* **2010**, *2*, 45–74.
- [13]. Kim, J.; Yoo, Y.; Jang, W.; Park, C. Measurement of Position Error în the Sensor Node Localization Scheme Using Optical Signals. În Proceedings of ICROS Annual Conference, Chuncheon, South Korea, 27–28 May 2010.
- [14]. Minvydas Ragulskis et all. “Shock and Vibration în Transportation Engineering”, Volume, Article ID 8457605,(08/2016)
- [15]. Jens Trampe Broch “Mechanical Vibration and Shock Measurements” publishing by Bruel & Kjaer 2ed edition

STAȚIE DE ÎNCĂRCARE ȘI SCHIMBARE A ACUMULATORILOR VEHICULELOR AUTONOME

CHARGING AND REPLACEMENT STATION OF AUTONOMOUS VEHICLE BATTERIES

GÂRBAȘ Emanuel, GHEORGHE Marius Ionuț, MARCU Anamaria Liliana,
SAPADIN Iasmin, ȘOPALCĂ Andrei

Facultatea: FIIR, Specializarea: IAAC, Anul de studii: I

Conducător științific: Prof.dr.ing. Tom SAVU

ABSTRACT: The paper deals with the analysis of the subassembly for holding the battery pack, with the possibility of easy detachment, in order to move the battery pack to charge. Based on several possibilities of making battery housings, the main concepts of this system were generated and analyzed, according to the advantages and disadvantages.

KEY WORDS: charging station, battery, concepts, advantages, disadvantages.

1. Introducere

Lucrarea de față descrie stadiul actual al disertației cu tema “Stație de încărcare și schimbare a acumulatorilor vehiculelor autonome”, prezentând în principal modul de alegere a unui concept optim al sistemului de schimbare și manipulare a acumulatorilor din cadrul ansamblului stație de încărcare pentru vehiculele autonome.

Disertația are drept obiectiv proiectarea și realizarea unui prototip funcțional pentru o stație de încărcare a acumulatorilor unei flote de vehicule terestre autonome industriale.

Motivul existenței unei asemenea situații este acela de a reduce timpii petrecuți de vehicule pentru încărcarea acumulatorilor, stația urmând să extragă acumulatorii descarcați de pe vehicule și să-i înlocuiască, într-un timp scurt, cu unii gata încărcăți.

Folosirea stațiilor de încărcare ce urmează a fi proiectate în urma alegerii conceptului prezintă următoarele avantaje:

- economisește timp: se câștigă timp față de un încărcător clasic deoarece timpul de așteptare până la încărcarea vehiculului va fi înlocuit de timpul de schimbare al acumulatorilor care este de ordinul minutelor, sporind astfel creșterea productivității;
- se economisește spațiu: în cazul folosirii unor AGV-uri cu stații de încărcare clasice este nevoie de câte o stație pentru fiecare vehicul, astfel nu se mai ia în calcul nevoia de spațiu de depozitare intermediar;
- se va permite adaptarea ușoară a sistemului la cerințele de modificare întrucât piața actuală a fost studiată în detaliu;
- va fi exclusă deteriorarea vehiculului autonom deoarece prin simpla schimbare a acumulatorului, vehiculul autonom nu va mai fi supus unei încărcări rapide ducând astfel la o mărire a ciclurilor de încărcare;

Clienții, piața vizată sunt în principal producătorii de vehicule autonome industriale, iar pentru a satisface nevoia acestor clienți se studiază piața și se identifică cerințele acestora. Studiarea cuprinde următoarele întrebări generale, precum mediul în care este folosit vehiculul autonom sau ce așteptări există de la o stație de încărcare: numărul de vehicule din flota; durata medie de utilizare la o încărcare; gradul de utilizare al flotei; durata medie a încărcării unui acumulator; spațiul disponibil.

Pornindu-se de la nevoia de a avea acumulatorul mereu încărcat pe vehiculul autonom, s-a constatat că pe piață, la momentul actual, există doar stații cu încărcare clasică și nu stații care presupun schimbarea cu un alt acumulator deja încărcat de stația de încărcare și de asemenea încărcarea simultană a mai multor acumulatori.

2. Stadiul actual

Un studiu actual arată că vehiculele autonome cu utilizari industriale reprezintă un avantaj în cadrul manipulării materiei prime a producției. Astfel dezvoltarea acestui sistem de încărcare poate aduce un plus în cadrul producției la nivel industrial ținând cont că, indiferent de domeniul de aplicație tendința este de dezvoltare și automatizare a proceselor, tocmai prin introducerea produselor specifice.

Având la bază stadiul evoluției ultimelor stații de încărcare de pe piață, se constată că producătorii vehiculelor autonome nu au luat în calcul nevoia de a schimba un acumulator descărcat cu unul încărcat, având în vedere faptul că vehiculelor autonome le-au fost dezvoltate și funcții cât mai diverse și au primit prin integrarea inteligenței artificiale un grad tot mai înalt de adaptivitate [1].

În continuare s-a luat decizia de a studia produsul pe componentele principale:

- subansamblul de manipulare a pachetului de acumulatori în interiorul stației de încărcare;
- subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori, cu posibilitatea de desprindere facilă, în vederea deplasării spre încărcare.

În prima fază a proiectării conceptuale a produsului, s-au realizat schițe cu modalitățile de schimbare a acumulatorilor din stația de încărcare urmând ca acestea să fie realizate 3D, fără a fi luate în calcul detalii precum metode de fixare sau conectare a componentelor. Pentru realizarea conceptelor de subansambluri de manipulare a pachetului de acumulatori în interiorul stației de încărcare, s-a pornit de la următoarele schițe, conform figurii 1, în care au fost studiate mișcările de prindere a acumulatorilor pe vehicul:

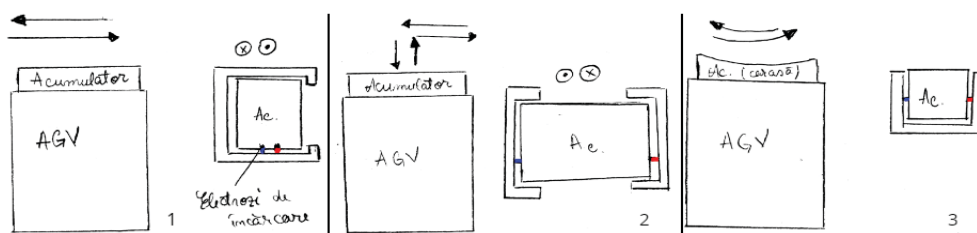


Fig. 1. Mișcări de prindere studiate

În conceptul C1 din figura 2, vehiculul lasă acumulatorul la un post disponibil în stația de încărcare și își continuă deplasarea către alt acumulator din stația de încărcare.

- Avantajele conceptului C1 sunt următoarele:

- Permite realizarea unor stații de diferite forme, mărimi și număr de posturi de încărcare;
- Acumulatorii pot avea diferite forme și mărimi;
- Se pot încarca acumulatori de puteri diferite în același timp;
- Permite încărcarea mai multor vehicule echipate cu acumulatori simultan.

- Dezavantaje conceptului C1

- Vehiculele au nevoie de acumulatori suplimentari permanenți montați pe vehicul;
- Sistem complex de prindere/desprindere a carcasi acumulatorilor;
- Masa acumulatorilor trebuie să fie redusă.

În C2 din figura 3, vehiculul se poziționează în stația de încărcare care are mecanism tip ‘carusel’ cu o singură mișcare de rotație.

- Avantajele conceptului C2

- Schimbare rapidă a acumulatorilor;
- Poate schimba un flux mare de vehicule cu acumulatori descărcați;

- Dezavantaje:

- Acumulatorii trebuie să fie de aceeași forma constructivă;
- Nu se pot încărca mai multe tipuri de acumulatori.

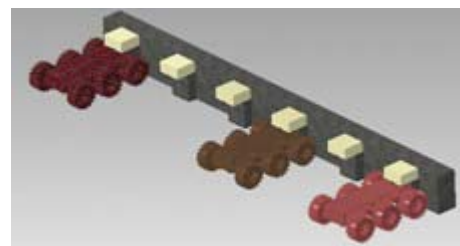


Fig. 2. Schiță conceptuală C1



Fig. 3. Schiță conceptuală C2

În C3 din figura 4, vehiculul se poziționează în stația de încărcare unde acumulatorul este scos printr-o mișcare de translație transportându-l în poziția de încărcare de unde ia alt acumulator încărcat.

- Avantaje:

- Schimbarea rapidă a acumulatorilor;
- Permite încărcarea mai multor tipuri de acumulatori, care au aceleași caracteristici constructive;

- Dezavantaje:

- Poate încărca acumulatori cu o singură formă constructivă;
- Brațul este greu de manevrat.



Fig. 4. Schița conceptuală C3

3. Generarea conceptelor pentru subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori

Pentru generarea conceptelor de subansambluri de prindere a pachetului de acumulatori, s-a decis să se lucreze cu un singur tip de acumulator, urmând ca în proiectarea detaliată, conceptele generate să fie adaptabile și altor tipuri de acumulatori.

Pornind de la analiza mai multor tipuri de acumulatori, s-a ales pentru dezvoltarea prototipului acumulatorul de tip NiMH datorită formei pe care o are și a eficienței dezvoltată pe toată durata de viață a acestuia. Specificațiile acumulatorului luate în calcul sunt: Tensiunea nominală 6V; reacția chimică: NiMH; capacitatea: 2 Ah; descărcarea continuă: 2.8 A; descărcarea burst: 5.6 A; conector: Tamiya; tipul celulei: Sub-C (5 Cells) [2].

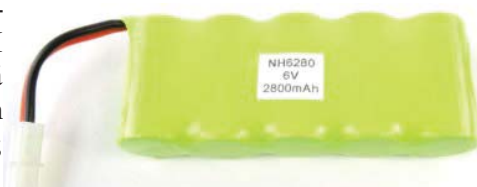


Fig. 5. Acumulator NiMH

Dimensiunile acestuia sunt: 22,86H x 44,96W x

109,22L mm; Masa: 29,9 g; Lungimea cablului: max. 76,2 mm;

Conceptele au fost generate astfel încât să respecte următoarele cerințe:

- prinderea pachetului de acumulatori pe vehicul să fie stabilă și simplă;
- desprinderea pachetului de acumulatori să necesite o forță redusă;
- la prindere, să se realizeze simultan și contactul electric.

Deoarece cerința referitoare la realizarea contactului electric nu are soluții care să varieze de la un concept la altul, s-a abordat întâi această problemă și s-au ales contacte electrice standardizate care urmează a fi utilizate în toate conceptele de mai jos.

Pentru generarea conceptelor s-au luat în considerare elemente standardizate precum contactele dintre acumulator și stație, respectiv acumulator vehicul. În figura 6 se regăsește contactul, având simbol BHC-2/3 și rezistând unui voltaj nominal de 9V. Contactul respectă certificarea ISO 14001 referitoare la sistemul de management al mediului. Materialul din care este făcut acesta este Oțel, iar ca și acoperire Nichelul. Prețul este de 0,5 RON/bucată [3].

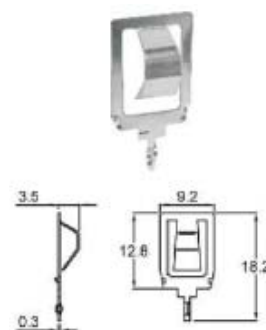


Fig. 6. Contact

În continuare, după ce au fost stabilite cerințele ce se vor a fi atinse și a fost ales și acumulatorul de tip NiMH, sunt prezentate cele patru tipuri de concepte ale mecanismului de schimbare a stației de încărcare, urmând să se decidă conceptul optim, conform analizei din punct de vedere al avantajelor și al dezavantajelor.

Concept 1

Conceptul 1 este prezentat în figura 7. Acesta este alcătuit din mai multe componente după cum urmează, fiecare cu câte un rol bine definit.

Carcasa acumulatorilor este prezentată în figura 8. Aceasta va fi realizată dintr-un material cum ar fi materialul plastic, pentru ca masa totală a acesteia să fie scăzută.

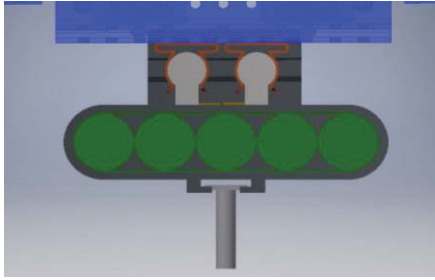


Fig. 7. Concept 1

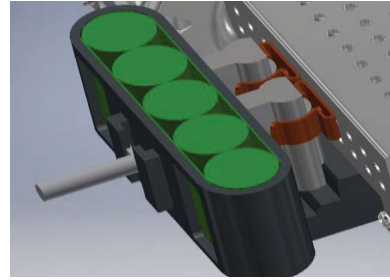


Fig. 8. Carcasă acumulator

Pe carcasă se assemblează doi cilindri frezați la capete pentru a face posibilă asamblarea. Acești cilindri au rolul de a se fixa pe clemele elastice din figura 8, prinse pe vehiculul autonom.

Contactul între carcasa acumulatorilor și suportul acumulatorilor, vezi figura 9, se realizează prin cele doua contacte aflate pe carcasa acumulatorilor și cele doua contacte aflate pe suportul acumulatorilor.

Prinderea și acționarea carcasei se va face cu ajutorul unui braț care va face trei mișcări, o translație pentru a intra în canalul din figura 10, o rotație la 90° pentru a se poziționa în dreptul unui canal în forma literei “T” și translația înapoi la stația de încărcare.

Pentru a se evita alunecarea carcasei pe axa Z, din cauza forței gravitaționale, a fost conceput un suport cu rol de a elimina alunecarea și de a realiza contactul electric dintre vehicul și acumulatori.

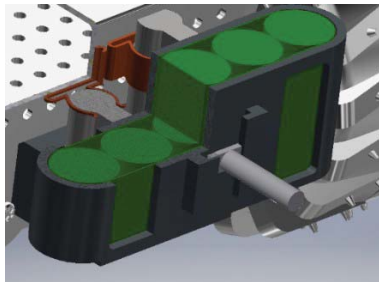


Fig. 9. Contactul electric

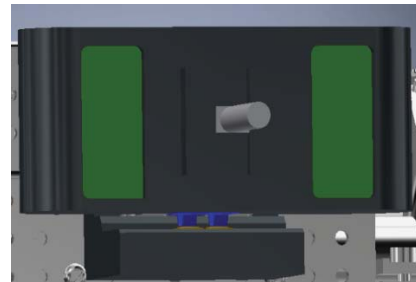


Fig. 10. Schimbare acumulator

Concept 2

Conceptul 2 este prezentat în figura 11. Acest concept este alcătuit dintr-un acumulator aflat în carcasa acumulatorilor (1) care este ghidat pe patru flancuri ale suportului (2) fixat pe vehiculul autonom. În acest suport se realizează conexiunea electrică și fixarea elastică reprezentată în zona (4) cu ajutorul clemelor de contact (vezi figura 12). Brațul de extracție (3) [4] realizează o mișcare de translație pentru a prinde acumulatorul și prin aceeași mișcare desprinde acumulatorul din suport urmând ca acesta să se deplaseze prin translație sau rotație pentru a poziționa acumulatorul la încărcat și a putea poziționa un nou acumulator încărcat în suport.

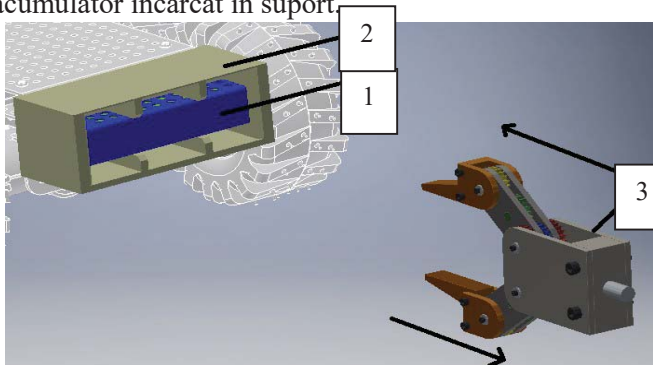


Fig. 11. Concept 2

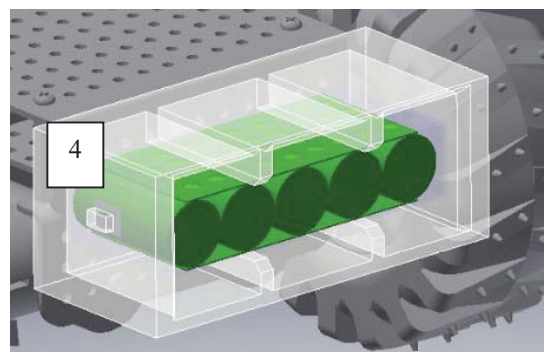


Fig. 12. Cleme de contact

Concept 3

Carcasa acumulatorilor împreună cu structura sa mecanică formată dintr-o roată dințată și două cremaliere se poate observa în figura 13 [5]. Aceasta conține setul de acumulatori reieșit din capitolul precedent. În fața carcasei se regăsește un mâner sub forma literei “T” care are rolul de a bloca/debloca carcasa acumulatorului în suportul acesteia de pe vehiculul autonom.

Atunci când mânerul se rotește, conform figurii 14, cei doi pini se retrag în interiorul carcasei, aceasta blocându-se, putând realiza o mișcare de translație înainte-înapoi.

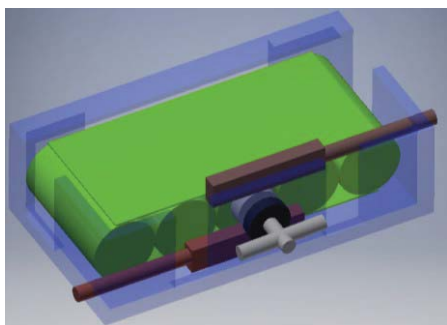


Fig. 13. Carcasa acumulatorului

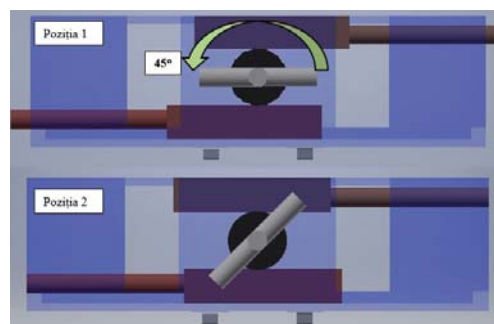


Fig. 14. Poziții de deblocare a carcasei

Stația de încărcare va cuprinde o structură mecanică formată dintr-un mecanism de încărcare/scoatere, mecanism de mutare și unul necesar încărcării propriu-zise.

Mecanismul de încărcare/scoatere este prezentat în figura 15. Mânerul sub forma literei “C” va prinde mânerul carcasei acumulatorului și îl va roti la 45° pentru a debloca carcasa, urmând ca motorul să deplaseze pachetul cu o mișcare de translație de-a lungul șurubului de conducere în stația de încărcare, pe axa Oy (figura 16).

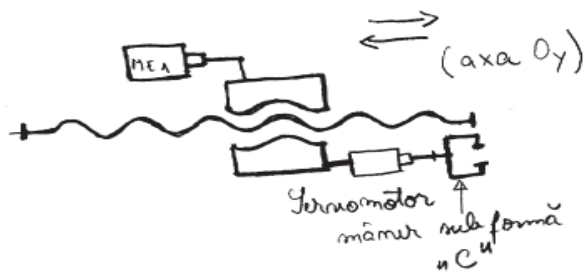


Fig. 15. Mecanism de încărcare/scoatere

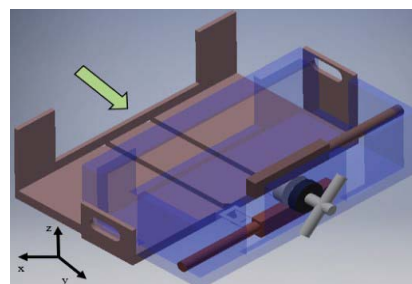


Fig. 16. Scoaterea carcasei

Mecanismul de mutare a carcasei cu acumulatori în interiorul stației de încărcare de la un post la altul, reprezentat în figura 17, constă într-un motor electric, un șurub conducător și suporturile cu sloturile de încărcare. Motorul 2 va antrena șurubul 2, făcându-l să se rotească și astfel suportul cu slotul de încărcare va efectua o mișcare de translație de-a lungul axei Ox.

Pentru a putea fi declanșat acest proces, mecanismul va fi dotat cu un traductor, pentru a ști când se realizează andocarea și implicit când să înceapă procesul.

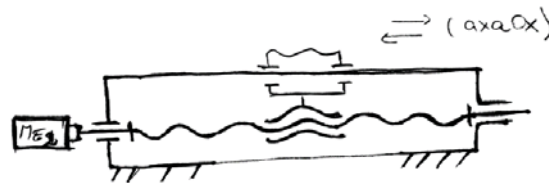


Fig. 17. Mecanism de mutare a carcaselor cu acumulatori

Concept 4

Carcasa acumulatorilor este realizată dintr-un material plastic și este reprezentată în figura 18. Această carcasă conține setul de acumulatori stabilit în capitolul precedent. La exteriorul carcasei în partea inferioară se regasesc doua contacte elastice reprezentând anodul și catodul pachetului de acumulatori.

Pe lateralele carcasei, conform figurii 19, se regăesc mecanismele de orientare și fixare ale acesteia pe brațul de schimbare al acumulatorilor. Când brațul intră în contact cu carcasa acumulatorilor, pe suprafața înclinată, o ridică aproximativ 1 mm de pe suportul amplasat pe autovehicul, reprezentat în figura 20, fapt ce conduce la reducerea frecării dintre carcasă și suport.

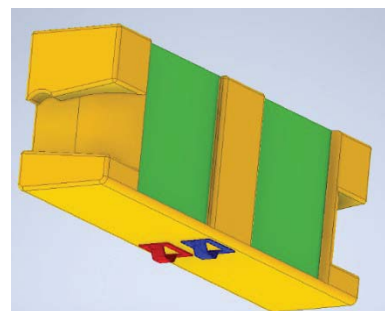


Fig. 18. Carcasa acumulatorului

Autovehiculul își continuă deplasarea, translătând carcasa pe brațul de schimbare, până când cele două suprafețe cilindrice intra în contact preluând și ultimul grad de libertate, fapt ce duce la fixarea carcasei pe brațul de schimbare.

Stația de încărcare va cuprinde o structură mecanică formată dintr-un mecanism de încărcare/schimbare și unul necesar încărcării propriu-zise.

Mecanismul de încărcare/schimbare din figura 21 este responsabil de încărcarea și schimbarea carcasei cu acumulatori de la și către vehiculul autonom. Această schimbare se realizează printr-o mișcare de translație a brațului acumulatorului din poziția actualului acumulator descărcat aflat pe vehicul în poziția celui mai apropiat acumulator încărcat. Încărcarea acumulatorilor se face pe brațul de schimbare al acestor acumulatori.



Fig. 19. Poziții de prindere a carcasei

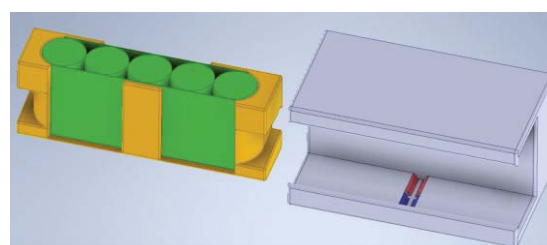


Fig. 20. Contactul între carcasă și suportul carcasei

Contactul între carcasa acumulatorilor și suportul acumulatorilor se realizează prin cele două contacte aflate pe carcasa acumulatorilor, vezi figura 18, și cele două contracte aflate pe suportul acumulatorilor. În momentul în care se realizează contactul, datorită formei contactelor de pe suport și a elasticității contactelor de pe carcasă se realizează fixarea acumulatorilor în suport.

Mecanismul de schimbare și încărcare al acumulatorilor este reprezentat în figura 22.

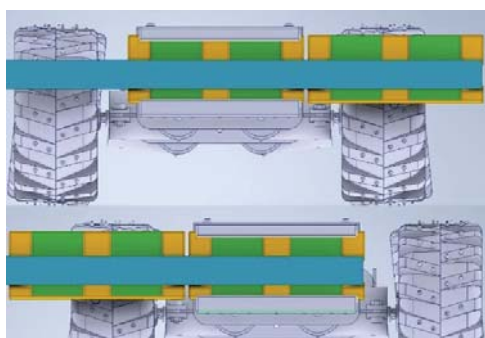


Fig. 21. Mișcările de schimbare

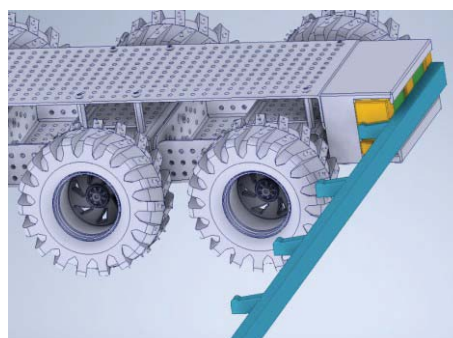


Fig. 22. Conceptul 4

4. Avantaje și dezavantaje ale subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori

Obiectivul de concepere și analiză a mecanismului de schimbare al celor patru stații de încărcare pentru vehiculele autonome care operează în medii industriale a fost atins, putând ca pentru fiecare dintre concepte să se stabilească avantajele și dezavantajele cu privire la: complexitatea soluțiilor, posibilitatea de realizare sau fiabilitatea sistemului.

În vederea conceptul 1 s-au identificat următoarele avantaje și dezavantaje, conform tabelului 1:

Tabelul 1. Avantaje-dezavantaje concept 1

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prindere elastică simplă pe vehicul; 2. Încărcarea acumulatorilor se realizează independent de mecanismul de schimbare; 3. Mecanismul se poate adapta la mai multe tipodimensiuni de acumulatori; 4. Risc redus de defecțiuni; 5. Risc redus de supraîncălzire a acumulatorului. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necesită două mișcări de prindere/desprindere și poziționare în stație; 2. Contactul electric poate fi deficitar; 3. Posibilitatea deformării carcasei și a brațului de prindere prin poziția necorespunzătoare a brațului; 4. Stația de încărcare funcționează doar cu carcasa de acumulatori special proiectată pentru aceasta.

Pentru conceptul 2 s-au regăsit următoarele:

Tabelul 2. Avantaje-dezavantaje concept 2

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prindere elastică simplă pe vehicul; 2. Încărcarea acumulatorilor se realizează independent de mecanismul de schimbare; 3. Mecanismul se poate adapta la mai multe tipodimensiuni de acumulatori; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posibilitatea încălzirii acumulatorilor în condiții de exploatare severă; 2. Posibilitatea desprinderii acumulatorului în timpul schimbării; 3. Acumulatorul se poate gripa în suportul de pe carcasă; 4. Risc ridicat de defectiune a brațului.

Pentru conceptul 3 s-au regăsit următoarele:

Tabelul 3. Avantaje-dezavantaje concept 3

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fixarea acumulatorului în carcasă se realizează printr-un mecanism mecanic; 2. Încărcarea acumulatorilor se realizează independent de mecanismul de schimbare; 3. Mecanismul se poate adapta la mai multe tipodimensiuni de acumulatori; 4. Piese sunt interschimbabile, ceea ce duce la reparații ușoare în urma unor defecțiuni. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necesită două mișcări de prindere/desprindere și poziționare în stație; 2. Posibilitatea gripării mecanismului roată dințată-cremalieră; 3. Posibilitatea gripării mecanismului răspunzător de mânerul "C" și "T"; 4. Suprafața mare de contact între carcasa acumulatorilor și suportul de pe vehicul, care duce la forțe de frecare mari.

Pentru conceptul 4 s-au regăsit următoarele:

Tabelul 4. Avantaje-dezavantaje concept 4

Avantaje	Dezavantaje
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prinderea acumulatorului în brațul de schimbare se realizează din deplasarea vehiculului; 2. Schimbarea acumulatorului se realizează dintr-o singură mișcare a stației (translație); 3. Încărcarea se poate face în brațul de schimbare cât și într-un loc separat; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cu cât crește numărul de acumulatori cu atât crește și dimensiunea stației de încărcare; 2. Stația de încărcare are nevoie de un spațiu de lucru aproximativ cu de două ori lungimea sa; 3. Stația de încărcare este realizată pentru o singură tipodimensiune de acumulatori;

<p>4. Soluția se poate adapta pentru un număr mare de acumulatori;</p> <p>5. Posibilitatea de realizare a carcasei și a suportului de acumulator este mare datorită procedeele de realizare a componentelor;</p> <p>6. Fiabilitatea sistemului este crescută datorită interschimbabilității componentelor;</p> <p>7. Riscul redus de defecțiuni;</p>	<p>4. Stația de încărcare funcționează doar cu carcasa de acumulatori special proiectată pentru aceasta;</p> <p>5. Fixarea acumulatorilor este realizată prin cleme elastice și forța gravitațională</p>
--	--

5. Analiza conceptelor

Stația de încărcare și schimbare a acumulatorilor vehiculelor autonome are următoarele componente principale: subansamblul de manipulare a pachetului de acumulatori în interiorul stației de încărcare; subansamblul de prindere a pachetului de acumulatori, cu posibilitatea de desprindere facilă, în vederea deplasării spre încărcare; încărcarea acumulatorilor din interiorul stației de încărcare și încărcarea vehiculelor staționate în stația de încărcare.

În urma analizei conceptelor s-a ajuns la concluzia ca nu exista suficiente informații nefiind studiate detaliile legate de componentele care realizează încărcarea și nu se poate stabili momentan un concept optim, ceea ce duce la continuarea studierii și proiectării 3D a fiecărui concept până la dobândirea suficientor informații pentru a decide care este conceptul optim.

6. Concluzii

În lucrarea de față au fost studiate posibilitățile conceperii unor mecanisme de schimbare și conectare a acumulatorilor de pe vehiculele autonome în stația de încărcare, luându-se în calcul stațiile existente pe piața pentru vehicule autonome.

A fost realizată o analiză de marketing unde au fost analizate posibilitățile conceperii unui nou produs pe piața stațiilor de încărcare pentru acumulatorii vehiculelor autonome, prin studierea produselor existente și a dorintelor potențialilor clienți, bineînțeles după ce s-a stabilit domeniul în care se activează. În urma analizei, au fost stabilite criteriile ce se vor a fi atinse pentru a satisface cerințele, tocmai pentru a sporii creșterea în acest sector industrial comparând cu produsele existente deja.

În funcție de aceste criterii, s-a început proiectarea conceptuală pornind de la interior spre exterior, începând cu analiza acumulatorilor și posibilitățile de a realiza de contactul electric între acumulator și vehicul și continuând cu posibilitățile de prindere a carcasei și mișcările acesteia spre stația de încărcare.

După ce au fost realizate patru concepte pentru prinderea și mișcările acumulatorului au fost analizate avantajele și dezavantajele acestora în vederea trierii lor și alegerea conceptului optim. Datorită informațiilor insuficiente ale stației de încărcare nu s-a putut opta asupra unui concept optim și s-a decis continuarea proiectării detaliate a tuturor conceptelor.

Cercetările viitoare: În viitor se vor extinde cercetările asupra conceptelor mecanismelor de încărcare a acumulatorilor din interiorul stației de încărcare și mecanismelor de încărcare a vehiculelor autonome staționate în stația de încărcare pentru a obține informații care vor ajuta la alegerea conceptului optim și finalizarea disertației prin prototiparea stației.

7. Bibliografie

- [1] Luca, R., Contribuții privind sistemele de navigație a vehiculelor autonome, Teză de doctorat, Sibiu (2011);
- [2] <https://www.robotshop.com/en/6v-2800mah-nimh-battery.html>, accesat la data 01/2020;
- [3] <https://www.tme.eu/Document/fb95b59fbd01ed654993837a4168d7a9/BatteryContact.pdf>, accesat la data 05/2020;
- [4] <https://grabcad.com/library/gears-gripper-mechanism-1>, accesat la data 05/2020.
- [5] Juan, Wu. Automatic Battery Swap System for Home Robots, China, (2012)

SISTEM ETAJAT AUTOMAT PENTRU DEPOZITAREA CUTIILOR DE TRANSPORT

AUTOMATED DOUBLE-DECK STORAGE SYSTEM FOR TRANSPORT BOXES

NEAGOE Adriana, STOICA Valentin, DRUMEA Mihai-Răzvan și LICĂ Cosmin-Constantin
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Ingineria Proiectării și Fabricării Produselor, Inginerie Avansată Asistată de Calculator, Ingineria Nanostructurilor și Proceselor Neconvenționale
Anul de studii: I, e-mail: vstoica73@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. Tom SAVU

ABSTRACT: The increasing development of industrial automated systems has led to many solutions to various old problems that could not have been solved by using conventional systems. But with the already established solutions, new problems have occurred particularly in the matter of space and storage of products. The paper frames solutions regarding the problems that occur not only in the matter of product storage and transport, but also in the matter of product security, illustrating concept options for various mechanisms.

CUVINTE CHEIE: sisteme de depozitare, transmisie lanț-roată de lanț, mecanism șurub-piuliță .

1. Introducere

În sistemele industriale există vehicule transportoare autonome care au rolul de a micșora timpul de aprovizionare, obținându-se astfel un avantaj competitiv. Firmele de logistică adoptă tot mai mult sisteme robotizate care permit încărcarea și descărcarea sarcinilor fără intervenție umană directă.

Plecând de la cercetări anterioare asupra proiectării și prototipării unui mecanism care să depoziteze automat cutii, se pune problema integrării acestui tip de mecanism într-un sistem. În studiile anterioare s-a proiectat și testat un sistem de tip “raft” ce avea rolul de a înmagazina cutiile de dimensiuni 210x300 [mm], cutii ce sunt transportate pe o platformă. În figurile 1 și 2 se prezintă sistemul de tip “raft” ce a fost anterior proiectat, împreună cu un detaliu al mecanismului de blocare-deblocare.

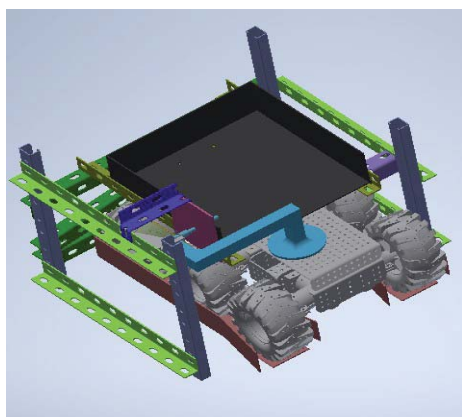


Fig. 1. Sistemul proiectat anterior

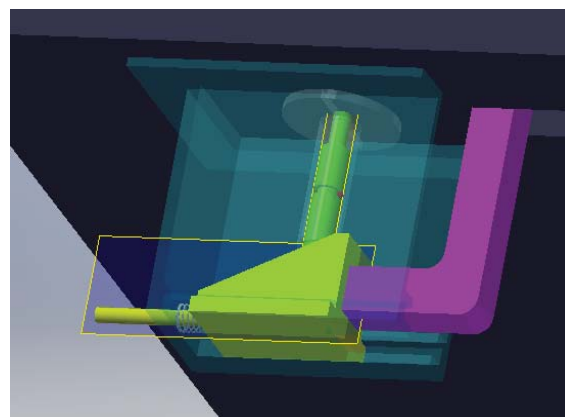


Fig. 2. Mecanismul de blocare-deblocare a cutiilor

2. Stadiul actual

În urma studiilor anterior realizate asupra sistemului de indexare a cutiilor de transport, s-a luat decizia de a integra aceste sisteme indexoare într-un ansamblu general. Plecând de la ideea de a avea un sistem de “rafturi” integrat, se pune problema proiectării și implementării de soluții conceptuale [1] pentru acest tip de sistem la care, în cele ce urmează, se va face referire drept “sistem de rafturi”.

Obiectivul anterior pentru sistemul de tip raft a fost acela de a proiecta un mecanism cu ajutorul căruia un vehicul autonom să poată prelua sau depozita singur o cutie dintr-un raft.

Cerintele inițiale au fost următoarele:

- cutia să aibă dimensiunile de 210x300 [mm];
- preluarea sau depozitarea cutiei să se realizeze utilizând exclusiv energia cinetică a vehiculului autonom.

Obiectivul disertației este acela de a proiecta și a realiza un prototip funcțional pentru un sistem de rafturi care să permită depozitarea și extragerea automată a mai multor cutii de către un vehicul autonom.

Deoarece vehiculul autonom va avea acces la o singură poziție în cadrul sistemului, sistemul va trebui să asigure deplasarea rafturilor, astfel încât în poziția accesibilă vehiculului să ajungă un raft liber în care vehiculul să depoziteze o cutie sau să ajungă raftul de pe care vehiculul dorește să extragă o cutie.

3. Generarea conceptelor

Proiectarea conceptuală a sistemului a fost demarată încă de la începutul anului universitar 2019 – 2020. În sesiunea din ianuarie 2020, au fost prezentate opt concepte inițiale, iar pentru unele dintre acestea au fost efectuate și calcule de dimensionare.

Dintre cele opt concepte generate inițial, au fost selectate drept acceptabile cele care utilizează transmisii cu lanț sau mecanisme șurub-piuliță.

În continuare, se prezintă cinci concepte mai evoluate, derivate din cele două soluții anterioare [2].

Conceptul A (figura 3) funcționează printr-un mecanism de transmisie lanț-roată de lanț, cu două roți de lanț; sistemul fiind alcătuit din două subansambluri paralele. Prinderea rafturilor de lanț se realizează cu o tijă. Una din roți este acționată de un motor electric, celelalte rămânând conduse de aceasta.

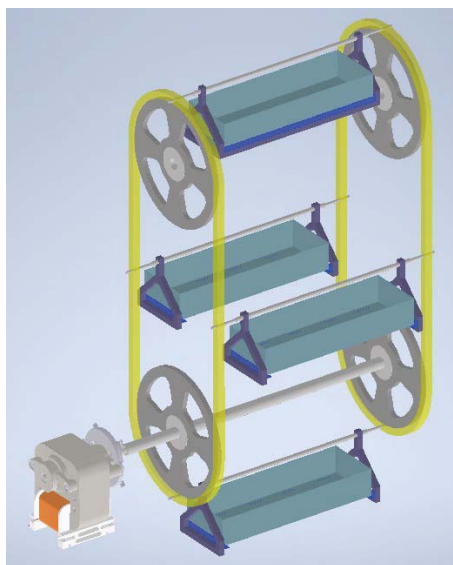


Fig. 3. Conceptul A

Dat fiind faptul că în funcționare rafturile pe care sunt asezate cutiile nu trebuie să intre în contact unul cu celălalt, lățimea raftului fiind de aproximativ 400 [mm], se alege o distanță de siguranță de 100 [mm] între rafturi atunci când acestea se deplasează, pentru a nu exista pericolul ciocnirii (figura 4). Roțile ar avea astfel un diametru de 500 [mm], ceea ce ar duce la mărirea greutateii întregului ansamblu și la dimensiuni mari ale roților de lanț.

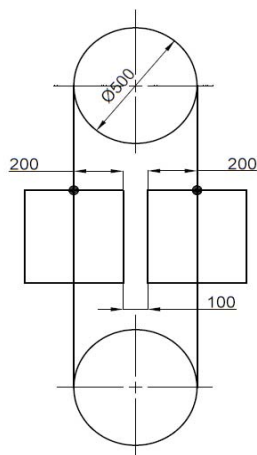


Fig. 4. Dimensionarea unei roți de lanț

Conceptul B (figura 5) este asemănător cu cel prezentat anterior, dar acționarea se face cu ajutorul unei transmisii cu lanț cu câte patru roți pe fiecare parte, ceea ce face ca problema anterioară să dispară, permițând utilizarea unor roți de diametru mai mic.

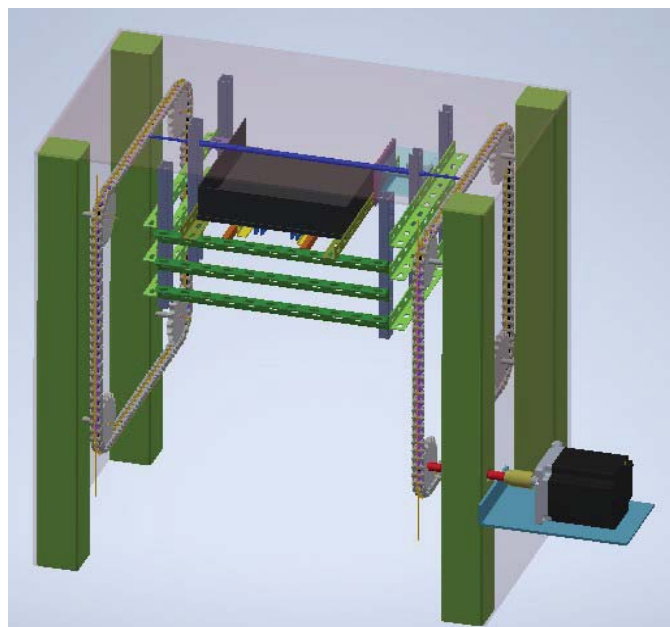


Fig. 5. Conceptul B

De cele mai multe ori limitarea care apare este spațiul, motiv pentru care a fost generat conceptul C, cu dispunerea rafturilor pe orizontală (figura 6).

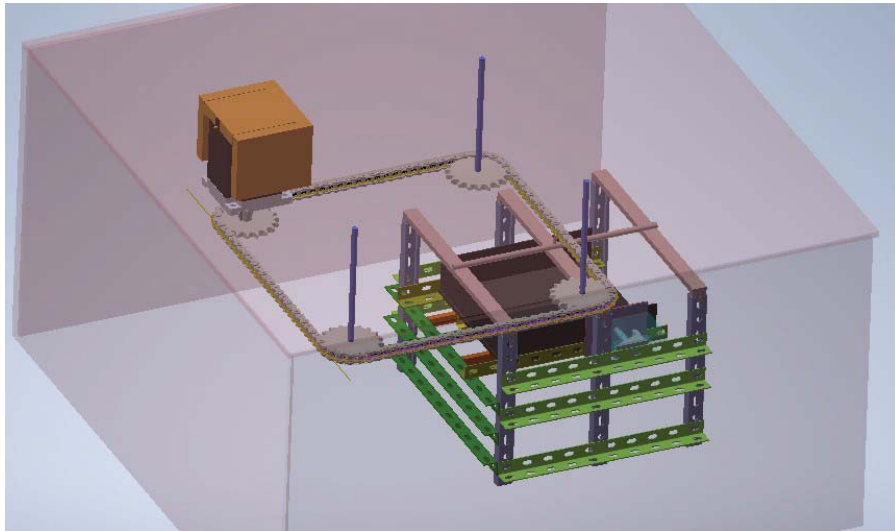


Fig. 6. Sistem lanț-roată pe orizontală

În cazul acestui concept, raftul este prins de lanț într-un singur punct. Conceptul se pretează în cazul în care spațiul de depozitare nu este suficient de mare pe verticală.

Conceptul D folosește mecanisme șurub-piuliță [3]. Brațul ce transportă cutia se poate deplasa pe cele trei axe (trei mecanisme șurub-piuliță). Dimensiunile celor trei ansambluri șurub-piuliță diferă, astfel cel mai lung șurub este și cel mai mare în diametru deoarece trebuie să suporte o greutate mai mare dar și forțe și presiuni mai mari. Odată ajuns în zona rafturilor, brațul este comandat să manevreze una din cutii. Pe lângă mecanismele șurub-piuliță, sistemul are și tije de ghidare a subansamblurilor.

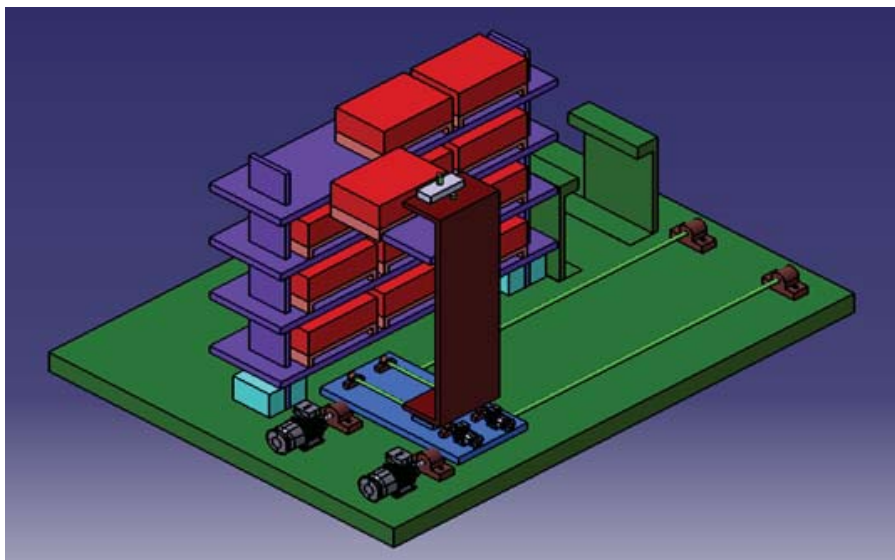


Fig. 7. Conceptul D

În figura 8 este prezentată o altă variantă propusă pentru acționarea rafturilor, conceptul E. Este asemănătoare cu conceptele anterioare doar că acționarea se face cu ajutorul unor curele. De curele sunt prinse două tije ce pun în mișcare raftul. Se folosește un motor electric pentru acționarea roților. După cum se observă în figura 8, motorul pune în mișcare ambele roți conducătoare cu ajutorul unui arbore.

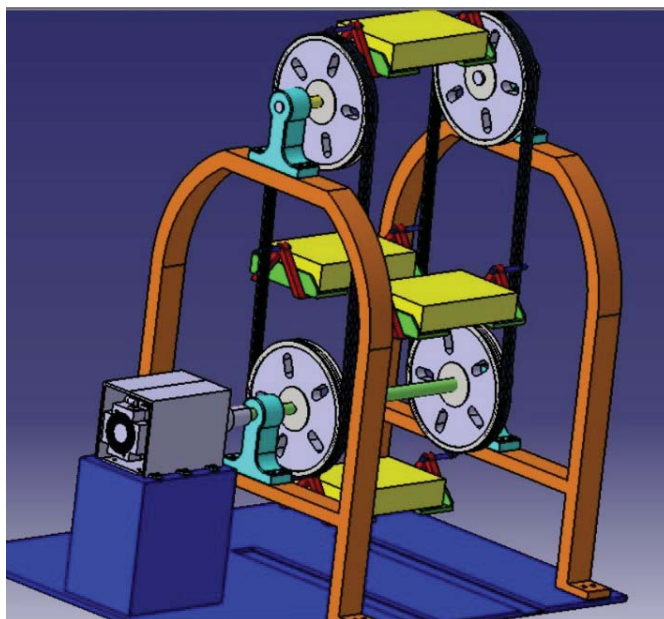


Fig. 8. Conceptul E

4. Selectarea conceptului optim

Din analiza conceptelor prezentate în capitolul anterior, a rezultat drept optim, conceptul B. Ideile ce stau la baza alegerii acestui concept au fost:

- dimensiuni de gabarit mici ale reperelor;
- puterea necesară redusă a motorului pentru acționarea mecanismului;
- costurile de fabricare;
- greutatea totală;

Față de conceptul D unde ansamblurile șurub-piuliță ar costa mult mai mult, mecanismul lanț-roată de lanț este mai ieftin. Greutatea totală față de conceptul D este mult mai mică, cât și față de conceptul A unde o roată dințată ar avea aproximativ 500 [mm] în diametru. În cazul conceptului cu transmisie cu curea problema se pune la atașarea rafturilor de curea și implicit la forțele ce ar lărgi cureaua.

Conceptul C este asemănător cu conceptul B, dar acționarea este pe orizontală. Problema în cazul conceptului C este faptul că toată greutatea raftului este suportată de lanț, greutate ce este paralelă cu axa roții și astfel toate solicitările sunt suportate de elementele lanțului de transmisie.

În figurile 9 și 10 este reprezentat conceptul ales. Este acționat de două motoare, ceea ce înseamnă că întregul moment necesar punerii în funcțiune a mecanismului va fi împărțit între cele două motoare. Transmisia cu lanț are avantajul că este rezistentă la uzura în timp și asigură transmiterea de puteri mari [3].

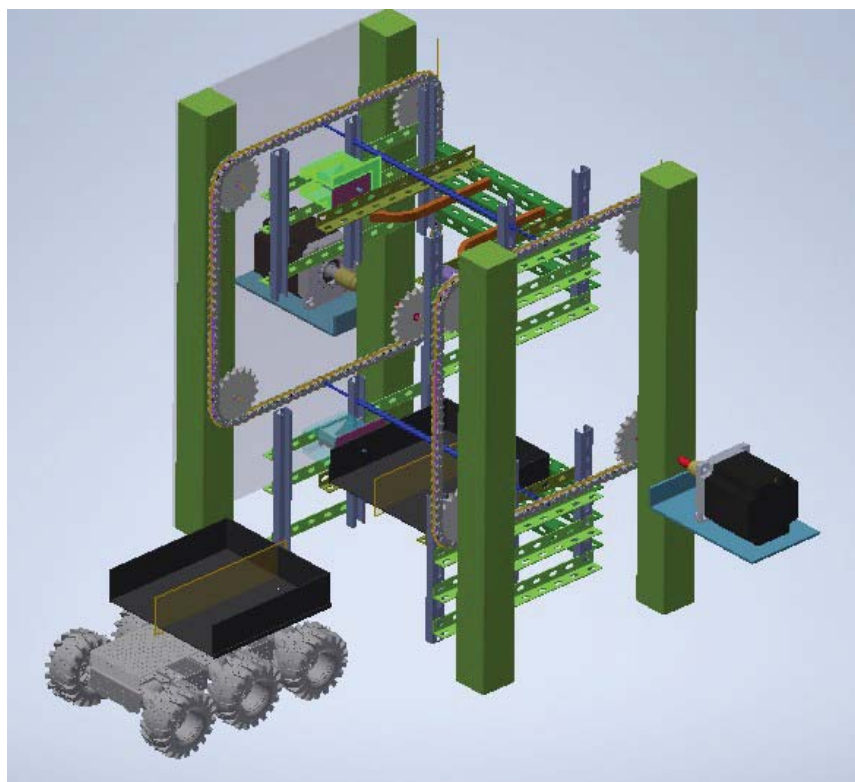


Fig. 9. Vedere de ansamblu

Platforma ce transportă cutia ajunge în dreptul raftului selectat pentru a fi încărcat. Cu ajutorul mecanismului de blocare, cutia se fixează în raft iar apoi este deplasată în altă poziție pentru a permite altor platforme să încarce sau să descarce cutii în/din alte rafturi.

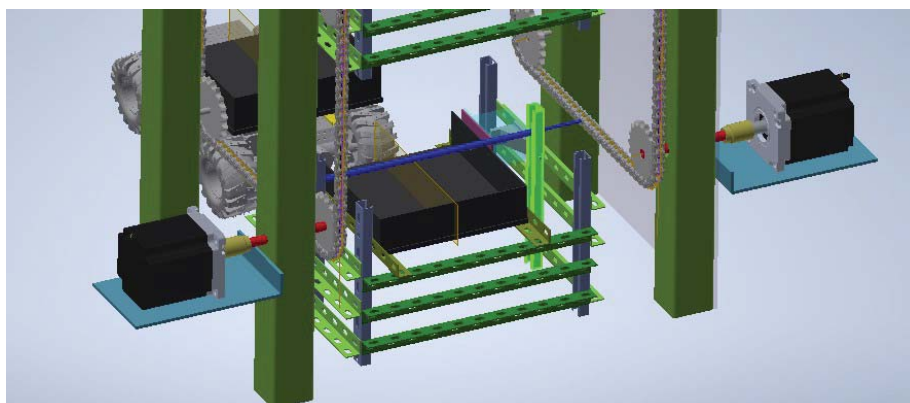


Fig. 10. Evidențierea celor două motoare

5. Proiectarea detaliată

S-a început analiza detaliată asupra tijeii ce susține raftul.

Așa cum este prezentat în conceptul selectat, prinderea raftului de lanț se face cu o tijă.

Se consideră că un raft are o greutate de aproximativ 12 [kg] atunci când acesta este încărcat cu o sarcină maximă. Tija se prinde pe lanț eliminând unul din nituri și înlocuindu-l pe acesta cu tija ce susține raftul.

În continuare, se prezintă diverse situații ale tijeii în cazul în care asupra acesteia acționează o forță de 120 [N] [4]. Pentru selectarea dimensiunilor tijeii s-a plecat de la dimensiunea standardizată a găurii de nit pentru 3 tipuri de lanț simplu [5]: 08B-1, 10B-1 și 12B-1 [6].

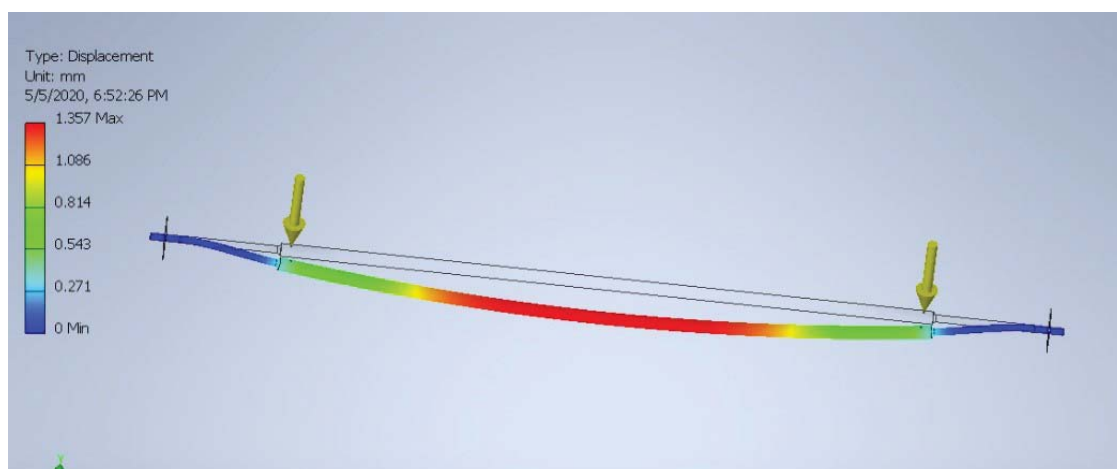


Fig. 11. Analiza cu element finit în cazul tijeii pentru lanțul de tip 08B-1

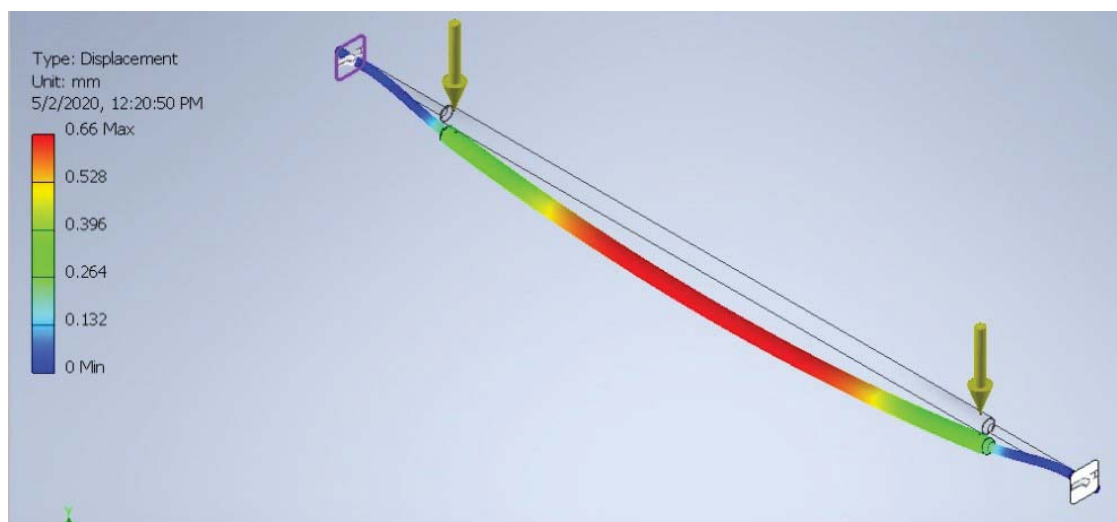


Fig. 12. Analiza cu element finit în cazul tijeii pentru lanțul de tip 10B-1

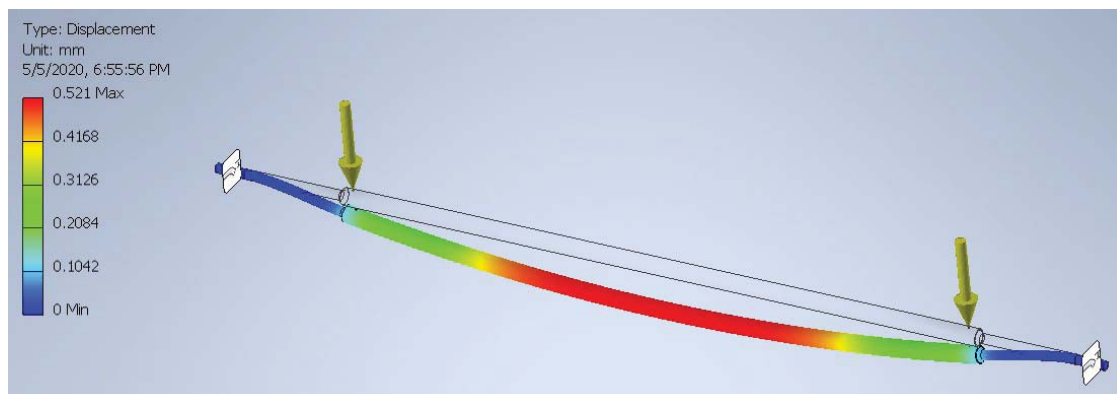


Fig. 13. Analiza cu element finit în cazul tije pentru lanțul de tip 12B-1

Se observă că la forța de 120 [N] ce acționează în cele două puncte ale tije, puncte ce materializează zona de care sunt prinse rafturile pe tija , deplasarea maximă în cazul tije pentru lanțul de tip 08B-1 este de 1,36 [mm], deplasarea maximă în cazul tije pentru lanțul de tip 10B-1 este de 0,66 [mm] iar deplasarea maximă în cazul tije pentru lanțul de tip 12B-1 este de 0,52 [mm].[7] Se va alege tipul de lanț 10B-1 pentru ca tija să nu aibă deformații foarte mari dar și pentru a ține cont de costurile de material (în cazul în care s-ar fi ales tija pentru lanțul 12B-1).

6. Concluzii

În urma analizării tuturor soluțiilor conceptuale s-a ajuns la alegerea conceptului ce satisface cel mai bine cerințele. În continuare, echipa va începe proiectarea detaliată a produsului prin alegerea roților de lanț, a motoarelor ce vor acționa acest mecanism cât și prin determinarea forțelor și momentelor ce apar de-a lungul transmisiei.

7. Bibliografie

- [1] Noșite cursuri Dezvoltarea produselor I și II;
- [2] Noșite curs Proiectarea Detaliată a Produselor;
- [3] Organe de Mașini, Ioan Ștefănescu, Constantin Spânu, volumul III, Editura Zigotto, 2016;
- [4] Rezistența Materialelor, Manuela Bălan, Editura Matrix Rom;
- [5] Catalog Lanțuri de transmisie;
- [6] Metallic Materials, Philip A. Schweitzer, 2003;
- [7] Finite Element Analysis, Ioannis Koutromanos;
- [8] <http://www.steelnumber.com/index.php>

EFFECT OF PARTICLE SIZE ON PROPERTIES OF AlSi10Mg ALLOY PRODUCED BY LASER POWDER BED FUSION

POPESCU George

Facultatea: I.I.R., Specializarea: I.N.P.N., email: popescu.gh.george@gmail.com

Scientific coordinators: Prof. Dr. Ing. **Daniel GHICULESCU**

Prof. Dr. Ing. **Riccardo CASATI**

RESUME: The term of „additive manufacturing” refers to the technology that grow three-dimensional objects, one superfine layer at a time. Each successive layer bonds to the preceding layer of material. Different materials can be used, ranging from metal powder, ceramics, composites, to glass or even edibles materials. Objects are digitalized into CAD models that are used to create the .stl files. These will be sliced into thin layers and used by the machine to define the printing process. Going from .stl file to 3D is a revolutionizing manufacturing. Without the need of intermediary steps like creation of molds or dies, there is also a decrease in the production cost. Several AM techniques have been developed during recent year, two main categories being Direct Metal Deposition (DMD) and Powder Bed Fusion (PBF). This paper is focused on the Powder Bed Fusion category, more specific on the Selective Laser Melting process. The aim is to optimize the printing parameters for AlSi10Mg by printing simple geometry samples with different process parameters and evaluate the relative density of the specimens.

KEY WORDS: Additive Manufacturing (AM), AlSi10Mg, Selective Laser Melting (SLM)

1. Introduction

Additive manufacturing, also known as 3D printing, has been considered an environmentally friendly manufacturing technology which brings great benefits, such as production efficiency, material saving and less energy consumption. The process is based on successive material deposition at designated areas by delivering energy to it, transforming how products are designed and produced. This exclusive feature allows production of complex or customized parts directly from the design without the need for tools [2]. Still, knowledge about suitable materials is limited, especially in the Selective Laser Melting field (SLM).

The aim of this study is to characterize AlSi10Mg alloy parts made using AM technology. Upon printing, the solidification features and morphology, microstructure development, area of porosity and crystallographic texture orientation are elaborated. Using the optimization parameters technique, simple geometry samples like cubes were printed maintaining the power constant and varying the scanning speed in each cube with a different layer thickness and hatch spacing. Thus, each cube was manufactured with different volumetric energy density (VED).

$$VED = \frac{P}{vht} \left[\frac{J}{mm^3} \right] \quad (1)$$

P = Laser power

v = Scan speed

h = hatch distance

t = Layer thickness

The basic principle of how Additive Manufacturing works is presented in the following workflow:

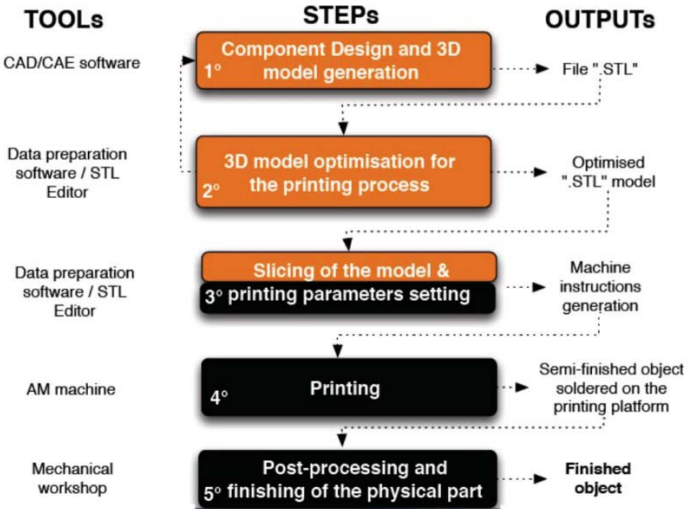


Fig. 1. Workflow for the design and manufacturing of AM parts [3]

2. Current stage

Additive manufacturing uses data CAD software or 3D object scanners to direct hardware to deposit material, layer upon layer, in precise geometric shapes. As its name implies, material is added to create an object (Fig.2). By contrast, when you create an object by traditional means, it is necessary to remove material through milling, machining, carving, shaping or other means (Fig.3).

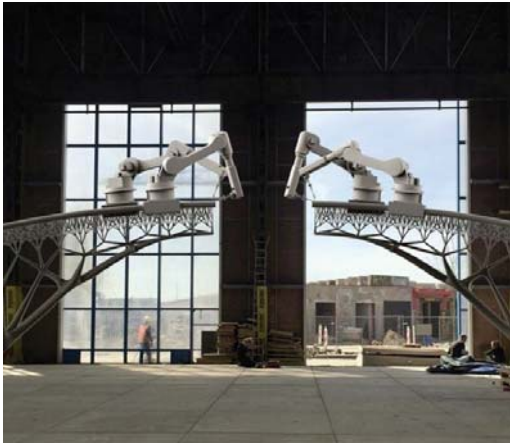


Fig. 2. Bridge construction with Direct Metal Deposition



Fig. 3. Milling process

AM is now widely accepted as a new manufacturing technique for the production of high-performance components for automotive, aerospace and medical applications [1]. Additive manufacturing may seem new to many, but it has been around for several decades. In the right applications, it delivers improved performance, complex geometries and simplified fabrication.

While traditional manufacturing is suited for mass production, 3D printing has a lower cost production when it comes to higher part complexity. This feature leads to the use of AM only when the component complexity is high or the number of parts to produce is low. From the future perspective, 3D printing will be optimized enough to be used for large scale production.

In the current stage of the research, AlSi10Mg samples were manufactured and one half of each „cube” was subjected to metallographic cleaning for microstructural characterization, while the other half is meant for heat treatment.

3. Powder Bed Fusion

Out of the AM techniques, the current study is focused on a Powder Bed Fusion process, which is designed to create parts using a high-power density laser in order to melt and fuse metallic powders together, layer by layer. It is the most widely used metal additive manufacturing process, able to produce complex parts that can't be produced by conventional manufacturing means. Beside being so popular, it has its challenges which include high material costs, slow process speed, laborious post-processing requirements and restrictions on material compatibility. Powder bed technology is separated into three techniques: SLM, EBM and Binderjet, out of which the current research is focused on the first.

4. Selective Laser Melting

Selective laser melting is an additive manufacturing technique that allows the production of metallic parts with high mechanical properties and complex geometries, usually difficult or impossible to manufacture using conventional methods. Advantages offered by the SLM technique go from the reduction of the product mass, consequently minimizing the wasted material to the reduction of the production time of the manufacturing process where the amount requested is little and the design continuously changes, such as: the racing world and the biomedical field.

Optimal fabrication of parts using SLM requires a comprehensive understanding of the main processing parameters. In SLM, the energy input, powder bed properties and build conditions are the leading factors that affect the part quality. This can be managed in various ways, including the final part density, mechanical properties and surface finishing [10].

The laser energy density (E_p) can be defined using the equation below:

$$E_p = \frac{P}{u\delta} \left[\frac{J}{mm^3} \right] \quad (2)$$

P – Laser Power [W]

δ – Laser Beam Diameter [mm]

u – Laser Scanning Speed [mm/s]

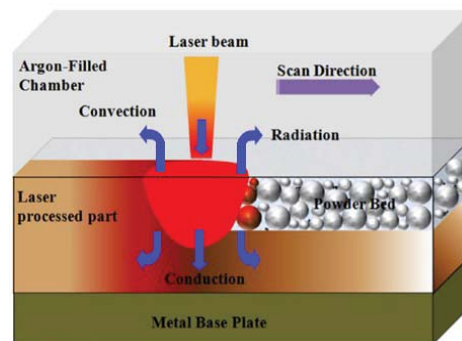


Fig. 4. Schematic representation of powder bed laser melting [3]

In the selective laser melting process, a powder layer is applied on a building platform by a recoater and a laser beam selectively scans the powder according to the CAD-data to completely melt and fuse the metal powder particles together and create fully dense materials that have mechanical properties similar to those of conventional manufactured metals. After one layer of powder is finished scanning, the platform is lowered by 20 to 100 μm and a new powder layer is applied. The operation is repeated (for a few thousands cycles, depending on the height of the part) until the built part is finished (Fig.5)(Fig.6).

Since the SLM process is based on the component production through consolidation of different layers of metallic powder progressively overlapped between each other, a significant influence on the result is given by the powder characteristics. The powder size and morphology influence the flowability of the powder, which presents the property to uniformly spread on the building platform. Aside from powder size, the particle geometry also influence the process, causing anisotropy during the cooling.

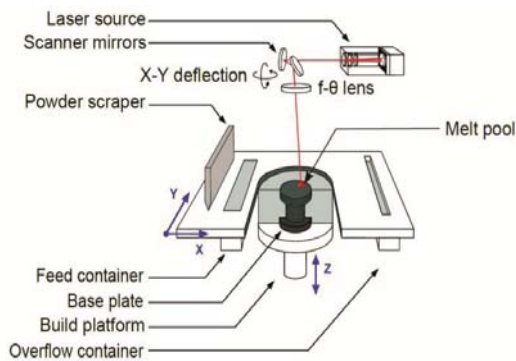


Fig. 5. Schematic overview of SLM Machine [4]

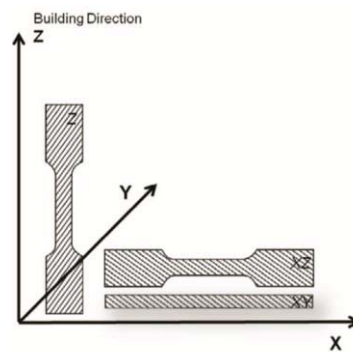


Fig. 6. Building direction of test samples [4]

For these reasons, the use of spherical powders is recommended in the Laser melting process. Powder produced via gas atomization are preferred to those made by water atomization, which are more irregular. Due to the fine particle size, it is important to maintain the unused powder in a cool, dry place, because it may retain high moisture contents which will affect the flowability and so, the distribution uniformity on the build plate. The most common powder defects are as follow:

- Irregular powder shape (Fig.8)
- Satellites: small powder grains attached to the surface of bigger grains (Fig.9)
- Hollow particles with open or closed porosity (Fig.10)

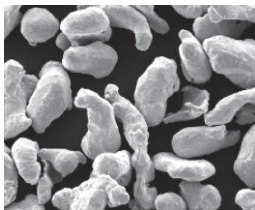


Fig. 7. Irregular powder shape [3]



Fig. 8. Satellites attached to metal grains [3]

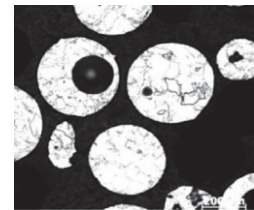


Fig. 9. Hollow particles with open porosity [3]

The main challenges of parts made by SLM are the surface roughness, part accuracy and residual stresses, which are reinforced by the thermal gradients due to full melting and solidification in a very short time. Among the defects of the process can be highlighted:

- Porosity (Fig.11) or incomplete fusion: generated by low or high VED, spatters, fumes, balling, oxide wetting, inhomogeneous powder distribution or gas pores in powder (hollow particles);
- Inhomogeneous microstructure;
- Inclusions (Fig.12): resulted from the powder used in the process, bad cleaning of the printing chamber or oxides formed during the AM process;
- Residual stresses and crack (Fig.13).

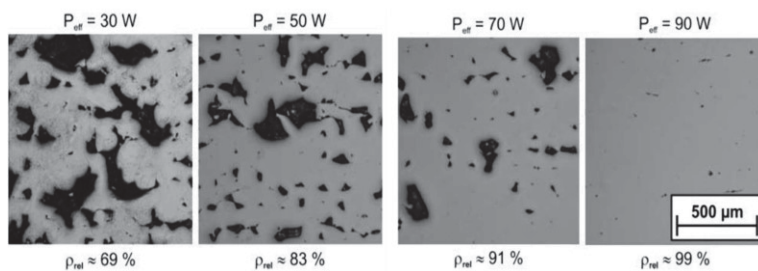
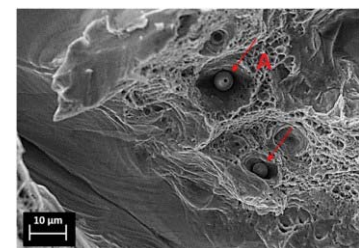


Fig. 10. Micrographs showing cross sections for different effective laser powers. The porosity decreases with increasing laser power (ρ_{rel} =relative material density) [5]



Element	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo
Particle A	-	31.86	50.39	17.75	-	-
Matrix	0.89	17.98	0.54	65.49	12.49	2.61

Fig. 11. MnCrFe inclusion in 316L [6]

5. Experimentation

SLM process is carried out on Renishaw AM 250 with controlled atmosphere. In this process a laser source scan powder bed according to the CAD data and manufactured 3D part. All cube samples were produced with varying hatch distance, scanning speed and point distance, keeping the other process parameters constant. In the following tables can be found the process parameters used for each specimen manufacturing. The experimentation was carried out on AlSi10Mg alloy.

Table 1. AlSi10Mg 20-63 printing parameters

	Hd [mm]	Pd [μm]	V [mm/s]	Dens. En. [J/mm ³]
A	0.08	60	267.9	233.3333
B	0.1	60	357.1	186.6667
C	0.12	60	446.4	155.5556
D	0.08	80	267.9	175
E	0.1	80	357.1	140
F	0.12	80	446.4	116.6667
G	0.08	100	267.9	140
H	0.1	100	357.1	112
I	0.12	100	446.4	93.33333

Table 2. AlSi10Mg 63-105 printing parameters

	Hd [mm]	Pd [μm]	V [mm/s]	Dens. En. [J/mm ³]
A	0.08	60	267.9	233.3333
D	0.1	60	267.9	186.6667
G	0.12	60	267.9	155.5556
B	0.08	80	357.1	175
E	0.1	80	357.1	140
H	0.12	80	357.1	116.6667
C	0.08	100	446.4	140
F	0.1	100	446.4	112
I	0.12	100	446.4	93.33333

Using Nikon Eclipse LV150NL for SEM (scanning electron microscope), analysis is performed up to 1000X magnification. For the microscopic observation samples preparation was done as follow:

→ After printing, the specimens were cutted with a hacksaw from the base plate, separated and added into different marked plastic bags.

→ Using the abrasive cutting machine, the samples were split into two, one half following to be prepared for metallographic cleaning and microscopic observation, while the other was reserved for heat treatment.



Fig. 12. Halved AlSi10Mg samples (20-63 μm and 63-105 μm)



Fig. 13. AlSi10Mg samples

→ With the help of the mounting press, the samples designed for metallographic cleaning were enveloped into a polymeric resin, which made them more maneuverable. Then a signograph was used to add a differentiating mark on each enveloped specimen to keep track of them



Fig. 14. Signograph



Fig. 15. Marked Specimens

→ The polishing machines, made by Hitech Europe, have been used in the Metallurgy Department from Politecnico di Milano in order to polish the samples with different abrasive papers. The following range

of grit sizes was used to prepare the samples for the surface finishing: P120-P600-P800-P1200-P1500-P2500

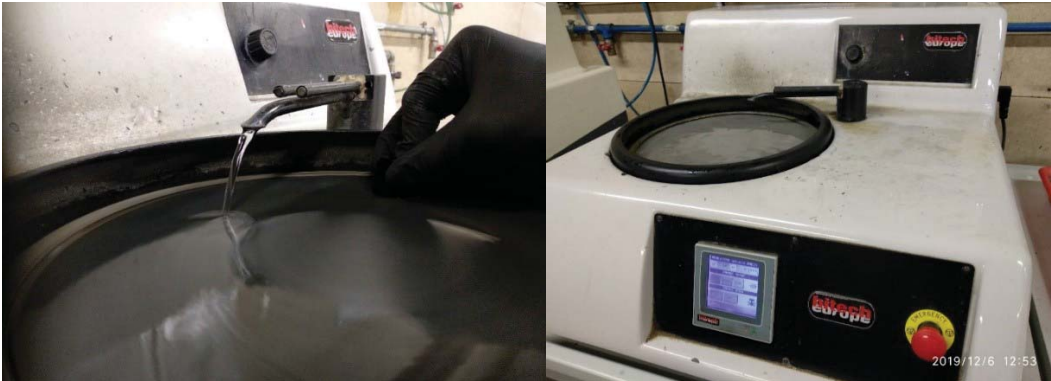


Fig. 16. Polisher Saphir 550 ATM

→The process continued with surface finishing using the MP series machines equipped with fiberglass cloth of 6µm and 1µm in order to achieve the desired results.



Fig. 17. MP22/32 Double Plate Series



Fig. 18. Polishing Lubricant



Fig. 19. Diamond suspension (particle size of 6µm and 1µm)

A tensile test was conducted on the samples, according to ASTM E8/E8M standard using a microhardness tester FM-810 Series. As per the ASTM E8/E8M regular Vickers hardness tester is used to determine hardness by measuring the resistance of the material to plastic deformation from a standard source. The payload used for the test was 100gr.

Table 3. Hardness results 20-63µm samples [HV]

Particle size 20-63 µm		
A	B	C
96.16	82.08	84.48
D	E	F
77.74	82.19	76.09
G	H	I
85.91	92.15	90.08

Table 4. Hardness results 63-105µm samples [HV]

Particle size 63-105 µm		
A	B	C
112.16	107	98.48
D	E	F
110.2	91.47	89.04
G	H	I
96.32	94.34	109.8

6. Density evaluation

With the help of Image J, a java based image analysis software, we were able to determine the optical density of the samples and create a graph for each category (20-63 µm; 63-105 µm) in order to see which parameter has a higher influence on the density of the specimens.

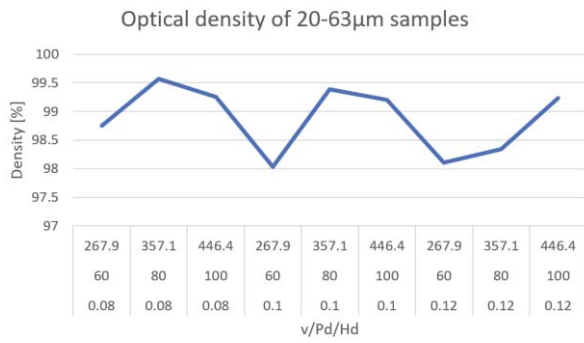


Fig. 20. Graphic representation of density variation for 20-63 μm samples

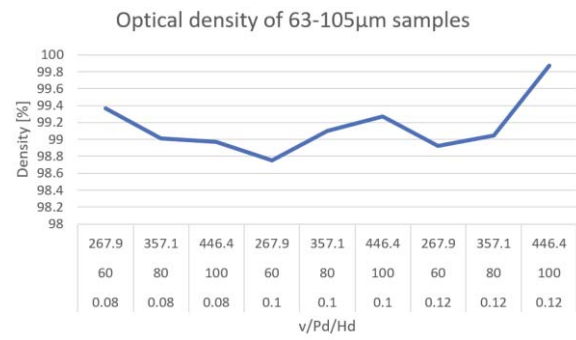


Fig. 21. Graphic representation of density variation for 63-105 μm samples

In the previous graphics (Fig.22) (Fig.23) is presented the variation of density for the investigated samples. Each parameter has 3 values which were grouped for a better understanding of the influence on the density. Hd was randomly chosen as the main parameter for the assortment. From what it can be observed, for the particle size interval of 20-63 μm samples, the density peaks correspond to a point distance of 80 μm for a hatch distance of 0.08mm and 0.1mm with a scan speed of 375.1 mm/s. On the other hand, the 63-105 μm sample density peaked at the highest process parameter values. The microstructure was analyzed by observing the polished cross section using optical microscopy, considering only the horizontal orientation investigated. Chemical etching was performed, applying Keller's reagent for 7-9 s. The results can be observed in Fig.24, Fig.25.

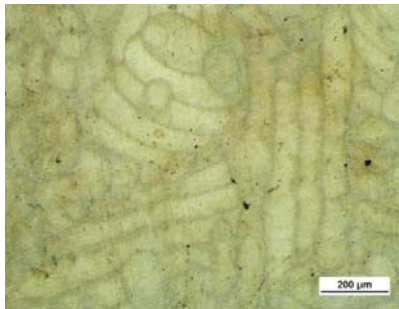


Fig. 22. 20-63 μm sample

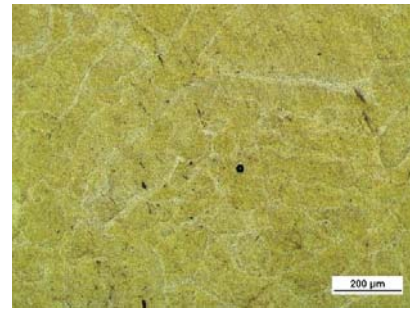


Fig. 23. 63-105 μm sample

In the depicted results could be observed the shape of the melting pools, as well as the presence of porosity. No high-density inclusions can be identified in either sample. The shape and dimension of the pattern are inhomogeneous, and no evident differences are visible between the two samples. Visually, the depth and width of the melting pools are in the same range. A thorough review of the microstructure of a typical AlSi10Mg alloy manufactured by AM can be found in [9], whose material was very similar to the one under investigation, including the size of the melting pools. The pictures give some information about the defect shape, showing the same trend in both processes: the largest defects are somehow elongated, which is a confirmation of the lack of fusion [7]. Should be noted that, as a general definition of defect size in presence of large defect densities give the possibility of cluster effect which could become a critical issue [8]. Finally, no high-density inclusions were detected in the samples.

7. Conclusion

This study has summarized the results related to a density influence analysis on AlSi10Mg produced by SLM, considering the variation of scan speed (v), point distance (Pd) and hatch spacing (Hd) while keeping the other process parameters constant. The significant results of the analysis are:

- From the optical investigation, it was revealed the fact that the higher particle size (63-105 μm) had a significant influence on the density, one sample peaking at 99.9%

- The tensile test concluded with the higher particle size (63-105 μm) influencing also the strength of the material, reaching a value of $\text{HV}=112.16$
- There was not detected the presence of high-density inclusions in the investigated samples which could affect the density and functional properties;
- Further research directions: vertical orientation investigation; microstructural changes after thermal treatment; Computed Tomography (CT) in order to determine the prospective population of defects since the manufacturing process usually causes two main defect types: gas porosity and lack of fusion [11].

8. Bibliography

- [1] S.A. Jawade, Rashmi.S. Joshi, S.B.Desai (2020), Comparative study of mechanical properties of additively manufactured aluminum alloy, School of Mechanical Engineering, MIT World Peace University, materialstoday: Proceedings;
- [2] Tuan D. Ngo, Alireza Kashani, Gabriele Imbalzano, Kate T.Q. Nguyen, David Hui (2018), Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges, Composites Part B: Engineering, Volume 143, Pages 172-196;
- [3] Riccardo Casati (2019), Additive Manufacturing, Department of Mechanical Engineering, Politecnico di Milano, available on the student platform <https://beep.metid.polimi.it/>;
- [4] K. Kempen, L. Thijsb, J. Van Humbeeckb, J.P. Krutha, Mechanical properties of AlSi10Mg produced by Selective Laser Melting, Physics Procedia 39 (2012) 439 – 446;
- [5] H. Meier, Ch. Haberland (2008), Experimental studies on selective laser melting of metallic parts, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, Volume 39, Issue 9;
- [6] R. Casati, J. Lemke, M. Vedani (2016), Microstructure and Fracture Behavior of 316L Austenitic Stainless Steel Produced by Selective Laser Melting, Journal of Materials Science & Technology, Volume 32, Issue 8, Pages 738-744;
- [7] S. Romanoa, A. Brandãob, J. Gumpingerb, M. Gschweitlec, S. Berettaa (2017), Qualification of AM parts: Extreme value statistics applied to tomographic measurements, Materials & Design, volume 131, pages 32-48;
- [8] Simone Romano, Angelika Brueckner-Folt, Ana Daniela Brandao, Stefano Beretta (2018), Fatigue properties of AlSi10Mg obtained by AM, Defect-based modelling and prediction of fatigue strength, Engineering Fracture Mechanics, Volume 187, Pages 165-189;
- [9] Lore Thijs, Karolien Kempen, Jean-Pierre Kruth, Jan Van Humbeeck (2013), Fine-structured aluminium products with controllable textureby selective laser melting of pre-alloyed AlSi10Mg powder, Acta Materialia, Volume 61, Pages 1809-1819;
- [10] Bochuan Liu, Ricky Wildman, Christopher Tuck, Ian Ashcroft, Richard Hague (2011), Investigation the effect of particle size distribution on processing parameters optimisation in selective laser melting process, Additive Manufacturing Research Group, Loughborough University;
- [11] John J. Lewandowski and Mohsen Seifi (2016), Metal Additive Manufacturing A Review of Mechanical Properties, Department of Materials Science and Engineering, Case Western Reserve University (CWRU), Annu. Rev. Mater. Res. 2016. 46:151–86.

9. Notations

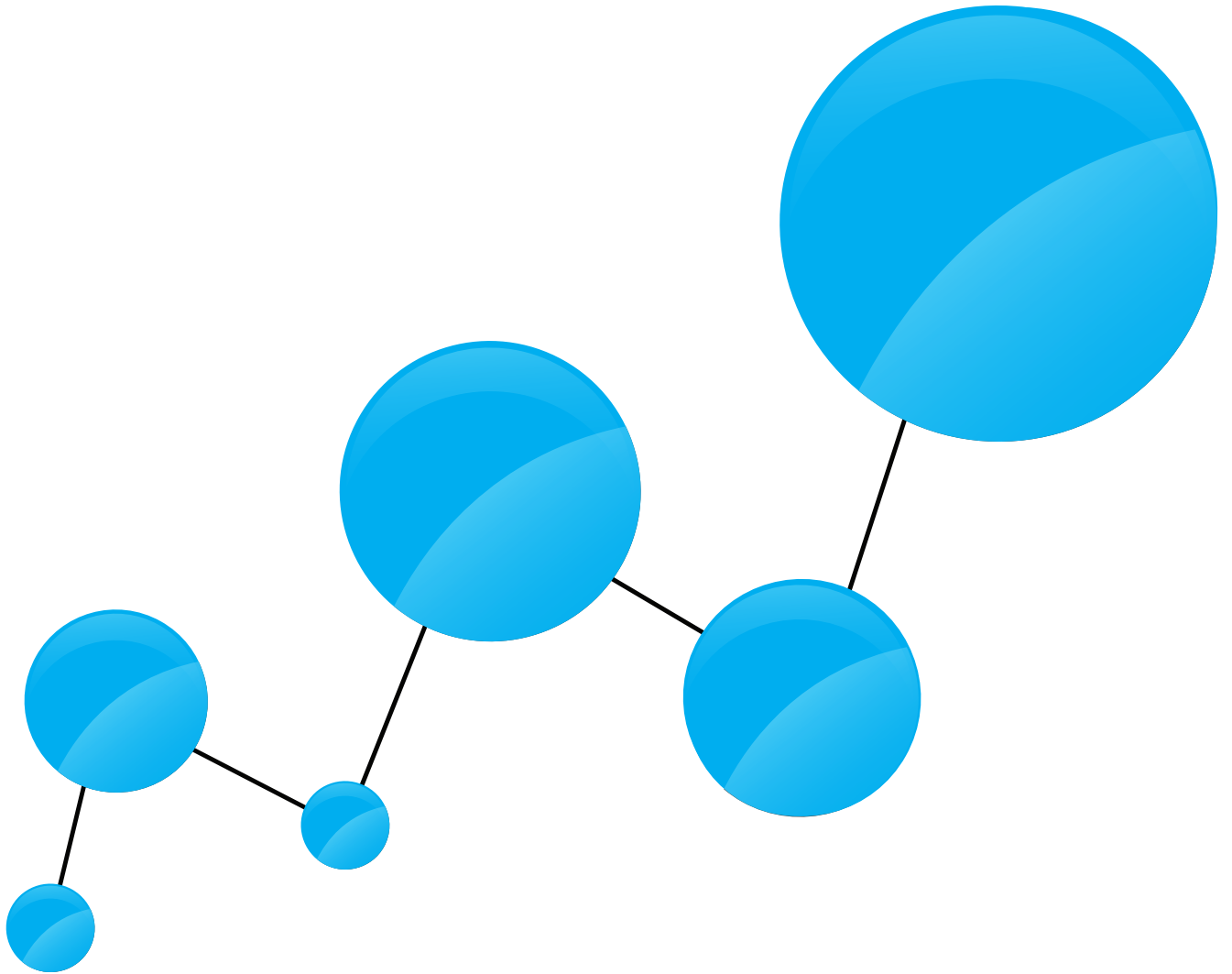
CAD = computer aided design
 DMD = direct metal deposition
 SLM = Selective Laser Melting
 P = laser power [W]

Hd = hatch distance
 MP = manual polisher
 CT = computed tomography

.stl = stereolithography
 VED = volumetric energy density
 EBM = electron beam melting
 δ = laser beam diameter [mm]

Pd = point distance
 SEM = scanning electron microscope

AM = additive manufacturing
 PBF = powder bed fusion
 E_p = laser energy density
 μ = laser scanning speed [mm/s]
 v = scan speed
 HV = Vickers hardness



www.imst.pub.ro