

**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 îndemnare, 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

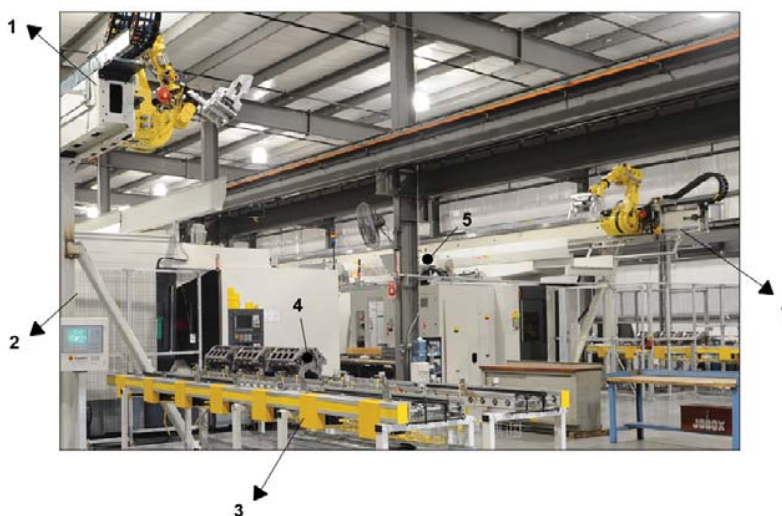


Fig. 1. Modelul de referință al unei celule robotizate de prelucrare prin așchiere a blocurilor motor, integrând doi roboți cu cinematică hibridă

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.

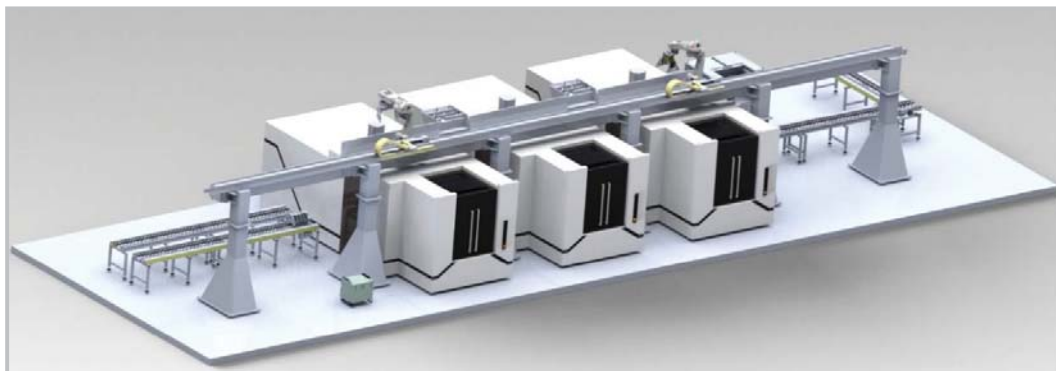


Fig. 2. Imagine de ansamblu a celulei robotizate proiectate. Interfața de import în soft-ul NX 12, modul de vizualizare Studio

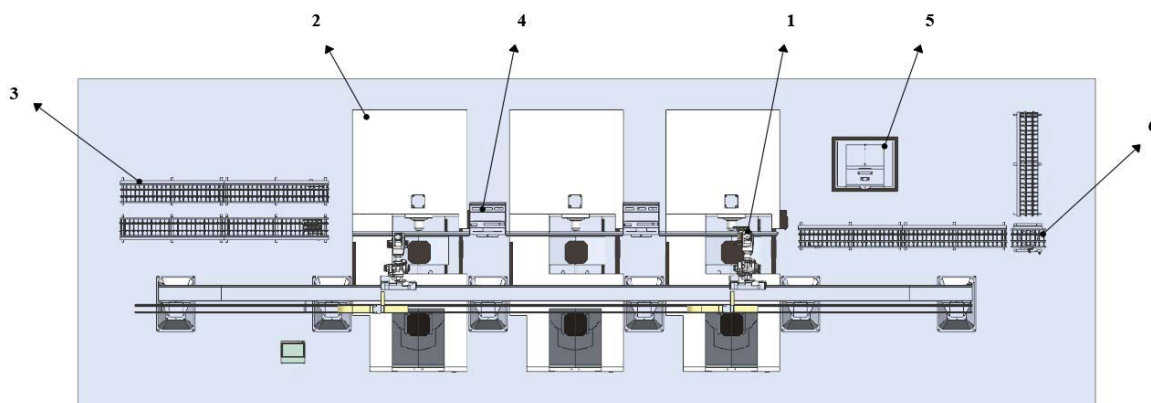


Fig. 3. Principalele subsisteme incluse în aplicație

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:

- reperatele de prelucrat vor fi materializate prin carcase de bloc motor
- se vor utiliza conveioare longitudinale cu role, având profilul 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]

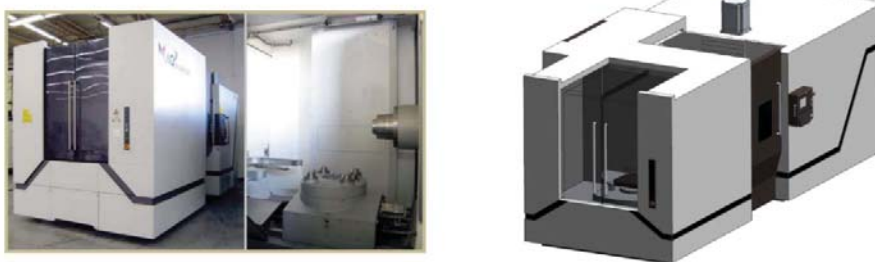


Fig. 5. Modelul real și modelul 3D al centrului de prelucrare

### 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

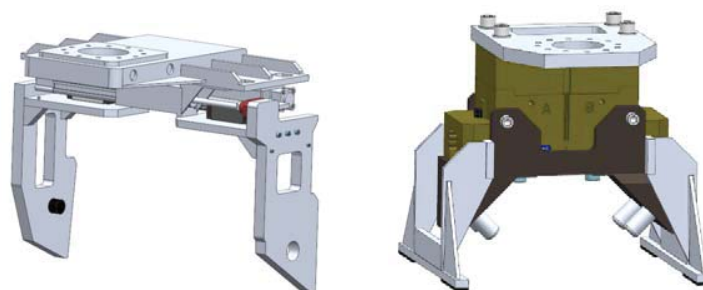


Fig. 11. Modelele 3D realizate

- Organigrama de funcționare a aplicației

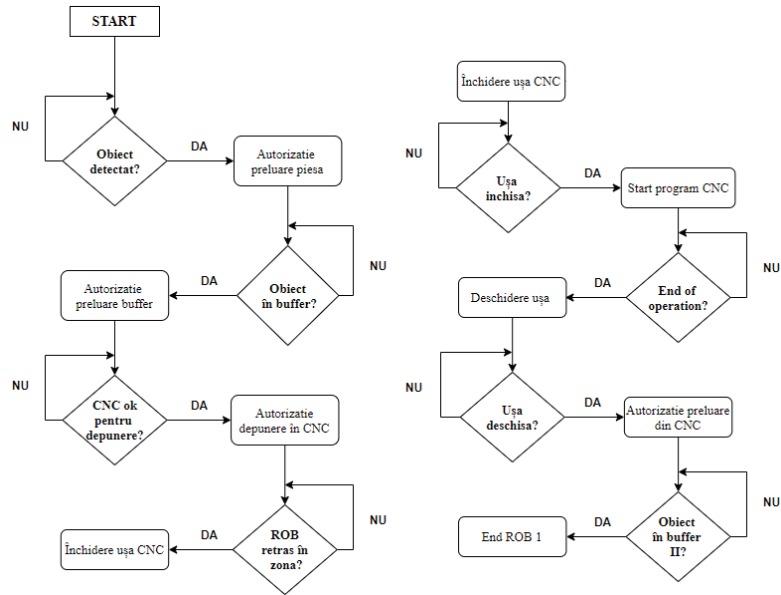


Fig. 13. Organigrama de funcționare pentru primul robot

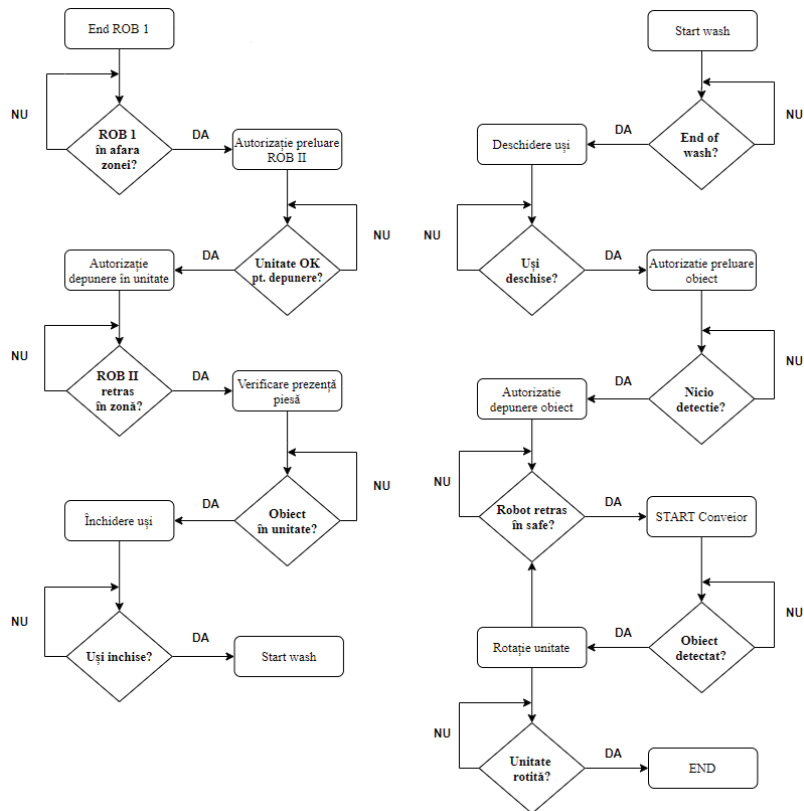


Fig. 14. Organigrama de funcționare pentru al doilea robot

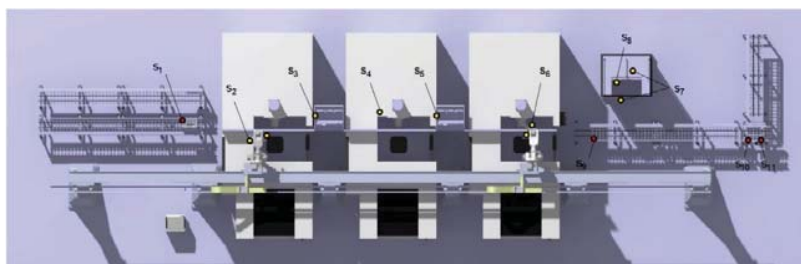


Fig. 15. Dispunerea senzorilor în cadrul aplicației

**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](http://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>