

RESEARCH ON AUTOMATIC DESIGN OF MODULAR FIXTURE DEVICES FOR DRILLING OPERATIONS

DANCI Laurențiu-Cristian

Facultatea Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea Informatică Aplicată în Inginerie Industrială,
Anul de studii IV, e-mail: laurentiu.d1998@gmail.com

Conducător științific: Ș.l.dr.ing. **Alexandru Sergiu NANU**

SUMMARY: This study contains research on algorithms on automatic design for modular drilling devices. The goal of this paper is showing the first steps made for building a software that can assist designing modular drilling devices. Because the number of possibilities when building modular devices is too large, this study does not imply designing an algorithm that can solve a drilling device automatically, but small algorithm to resolve individual, repeatable tasks that can speed up the design. In this study a modular fixture or device is a T-Slot based modular fixture.

KEY WORDS: modular fixture devices, drilling, modular drilling devices

1. Introducere

Dispozitivele din elemente modulate sunt dispozitive de poziționare și fixare a semifabricatelor realizate din elemente reutilizabile numite module. Dispozitivele de găurire conțin module specifice operațiilor de găurire precum bucușe și bride port bucușă.

Scopul lucrării constă în determinarea unor algoritmi pentru automatizarea proiectării dispozitivelor precum algoritmi de analizare a semifabricatelor, de asistare a alegerii modulelor, de verificare. Pentru atingerea obiectivului, problema proiectării unui dispozitiv din elemente modulate a fost împărțită în mai mulți pași. Astfel s-au analizat situațiile în care un algoritm ar putea soluționa într-un mod automat problemele întâmpinate de proiectant. În cadrul acestei lucrări, s-a considerat că semifabricatul este un paralelipiped oarecare. Au fost descrise cazurile particulare când un semifabricat generează soluții greșite, dar nu s-a reușit rezolvarea acestora.

2. Stadiul actual

Proiectarea asistată a dispozitivelor din elemente modulate, CAFD – Computer Aided Fixture Design, a venit ca o extensie integrată într-un mediu de proiectare CAD existent. Prin această extensie proiectantul are acces la o bibliotecă de componente modulate, cât și la meniuri adiționale cu clasificări ale elementelor modulate, modalități de fixare a semifabricatului [1]. Însă, procesul de proiectare al dispozitivului nu este automatizat, proiectantul rămâne responsabil în asamblarea elementelor modulate.

Pentru determinarea automată a elementelor de fixare a semifabricatului s-a încercat utilizarea de tehnologii de inteligență artificială precum logica fuzzy și sisteme expert. Aceste tehnologii pot rezolva problema fixării semifabricatului re folosind soluții existente ale unor probleme asemănătoare sau prin parcurgerea unui set de reguli [2].

Un algoritm care să rezolve în întregime problema unui dispozitiv modulat nu a fost dezvoltat până în momentul actual.

3. Proiectarea algoritmilor

3.1. Analizarea semifabricatului

Analizarea semifabricatului constă în analizarea geometriei acestuia care este stocată într-un format digital. Deoarece există o multitudine de programe CAD fiecare având un format propriu, pentru proiectarea algoritmului s-a ales ca format de schimb de date fișierul neutru STEP (ISO 10303-21).

Informațiile relevante ale semifabricatului includ dimensiunile de gabarit, dimensiunile și pozițiile găurilor de prelucrat. De asemenea, este necesară cunoașterea sistemului de coordonate al piesei astfel încât să poată fi interpretate coordonatele găurilor.

Un fișier STEP este o reprezentare B-rep care conține topologia modelului 3D: suprafețe, margini, puncte și conexiunile dintre acestea. În urma analizării fișierelor STEP exportate din programele CAD s-a observat faptul că se poate identifica o gaură într-o piesă după tipul suprafeței și parametrii acesteia. Astfel, o gaură este o suprafață cilindrică cu diferența dintre unghiul de sfârșit și cel de început egală cu 2π . Deoarece o piesă poate conține un număr mare de suprafețe selectate după acest criteriu, se realizează o filtrare ulterioară după poziționarea axei găurii: o gaură de prelucrat are axa perpendiculară pe masa mașinii. Suprafețele care trec de acest filtru și nu reprezintă găuri de prelucrat se vor elimina de către un operator uman.

Dimensiunile de gabarit ale piesei reprezintă dimensiunile minime ale unui paralelipiped care include semifabricatul în întregime. Programele CAD includ implementări ale unor metode de calcul ale acestor dimensiuni.

Deoarece sistemul de coordonate al unei piese exportate în format STEP este nepredictibil, se creează un nou sistem de coordonate parcurgând următorii pași: se redefinesc axele astfel încât axa verticală Z să fie perpendiculară pe suprafața pe care se află găurile de prelucrat și se translatează originea în colțul stânga-jos al piesei. Astfel, indiferent de sistemul global de coordonate și de cel al piesei, coordonatele găurilor vor fi relative cu colțul piesei.

Algoritmul necesită un API al unui software CAD astfel încât citirea fișierului STEP și parcurgerea suprafețelor să se realizeze mai ușor. S-a ales utilizarea programului FreeCAD deoarece componentele programului conțin interfețe pentru Python și se pot integra în alte software-uri.

Astfel, pentru un semifabricat paralelipipedic, se definesc următoarele date de ieșire exemplificate în figura 1: lungimea a , lățimea b , înălțimea h și găurile cu diametrul D_i , centrul (x_i, y_i) ... diametrul D_n , centrul (x_n, y_n) .

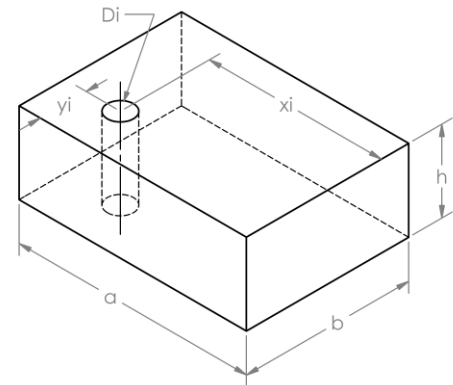


Fig. 1. Semifabricat

3.2. Estimarea numărului minim de canale T necesare pe o direcție considerată

În această lucrare dispozitivele din elemente modulate sunt bazate pe sistemul canale T și pene, prin urmare este necesară cunoașterea numărului de canale necesare în scopul alegerii unei plăci de bază. Algoritmul pentru estimarea numărului de canale constă într-o funcție care pentru o dimensiune, întoarce un număr întreg care reprezintă numărul minim de canale asociat gabariturii pe direcția considerată.

Se definesc următoarele variabile m_{set} – modulul setului de elemente modulate, distanța dintre două canale, $L_{el. const.}$ – lungimea unui element constructiv și d_{min} – distanța minimă necesară între un element constructiv și semifabricat. Se presupune că este necesară asamblarea a cel puțin unui element constructiv pe fiecare parte a semifabricatului. Astfel, exemplificată în figura 2, se definește calculul pentru dimensiunea minimă a montajului pe o direcție a semifabricatului (ecuația 1).

$$a_{min} = \frac{L_{el. const.}}{2} + d_{min} + a_{PSF} + \frac{L_{el. const.}}{2} + d_{min} \quad (1)$$

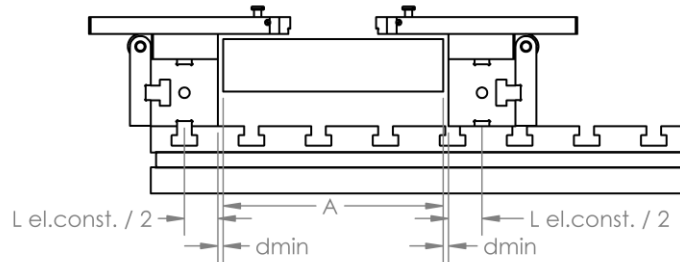


Fig. 2. Dimensiune minimă montaj

Dimensiunea minimă a montajului este corelaă cu numărul de canale prin modulul setului m_{set} prin procedura identificată în ecuația 2.

$$n_{canale} = \left\lceil \frac{a_{min}}{m_{set}} \right\rceil + 1 \quad (2)$$

În funcție de modul de fixare al semifabricatului, poate fi necesar un canal median, astfel pentru un număr par de canale, poate fi necesară adăugarea unui canal suplimentar. În funcție de forma piesei, există situații în care dimensiunile de gabarit ale piesei sunt crescute artificial și numărul minim de canale este calculat greșit. O astfel de piesă este reprezentată în figura 3.

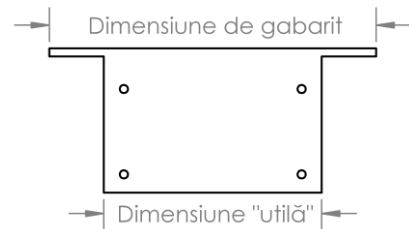


Fig. 3. Exemplu semifabricat care poate induce un număr minim de canale greșit

3.3. Asocierea componentelor cu o dimensiune de gaură

Pentru un dispozitiv modulat de găurire componenta care participă la operația de găurire este bucușă. Pentru realizarea unei găuri este necesară o bucușă cu diametrul interior egal cu diametrul acesteia. Scopul funcției de asociere este ca pentru o dimensiune de gaură să se găsească componentele necesare pentru realizarea montajului de găurire. Pentru realizarea acestei funcții este necesară realizarea unei baze de date cu componentele din set în care să fie definite atributele acestora și legăturile dintre acestea. Structura de date care descrie componentele posibile și modul în care se pot asambla acestea este o structură ierarhică reprezentată în figura 4.

Pentru realizarea algoritmului este necesară proiectarea unei baze de date a componentelor. Deoarece numărul componentelor este redus, s-a ales stocarea informațiilor într-un obiect JSON, în care numele atributelor sunt codurile componentelor (identificatori). Fișierul JSON este accesat printr-o interfață asemănătoare unei baze de date folosind modulul tinydb pentru Python.

Algoritmul primește ca date de intrare un diametru și verifică în baza de date dacă există o bucușă de găurire potrivită. În cazul în care nu există, se va genera o bucușă specială. Știind că există diametre de bucușă exterioare care corespund unor intervale de diametre interioare, se poate atribui bucușei generate un diametru exterior real care se poate monta cu bridele din set. După aflarea bucușei, recursiv de vor prelua celelalte componente folosind modelul prezentat în figura 4.

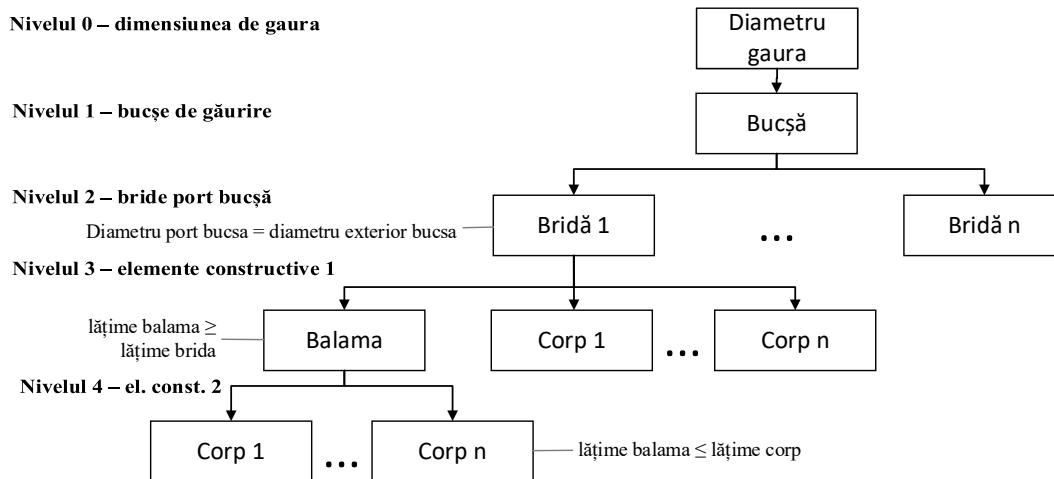


Fig. 4. Structură componente

3.4. Verificarea distantelor dintre găuri

Acest algoritm este necesar pentru determinarea posibilității de a monta două sau mai multe bride paralele între ele, cu sau fără balama. Distanța minimă între două găuri trebuie să fie mai mare decât lățimea unui element constructiv. În cazul în care se montează balamale, se ține cont de lățimea elementelor de blocare care se montează pe o parte laterală a elementului constructiv. Modul de funcționare al algoritmului este următorul: (1) se citește lista de găuri definite printr-o coordonată (se consideră că toate găurile se află pe o linie) (2) lista se sortează crescător după valoarea coordonatelor (3) se iterează peste perechi de cate doua găuri consecutive (4) se calculează distanța dintre cele doua găuri, dacă distanța este mai mica decât elementul constructiv, perechea se stochează într-o lista de găuri pentru care nu se pot monta doua bride individuale; dacă se montează balama, se tine cont de lățimea elementului de blocare al balamalei (5) se returnează perechile care nu permit montarea a doua bride individuale.

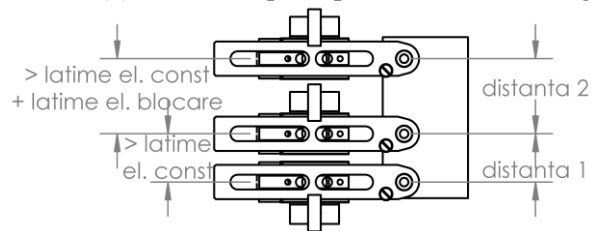


Fig. 5. Distanță găuri

4. Realizarea aplicației informatice

Aplicația informatică presupune implementarea algoritmilor descriși în capitolul 3. Ca limbaj de programare s-a folosit Python deoarece poate fi integrat cu aplicația CAD. Schema logică a programului este reprezentată în figura 6.

Interfața cu utilizatorul (figura 7) a fost realizată în Javascript folosind framework-ul VueJS și comunica cu programul printr-un server scris în Python utilizând biblioteca bottle.

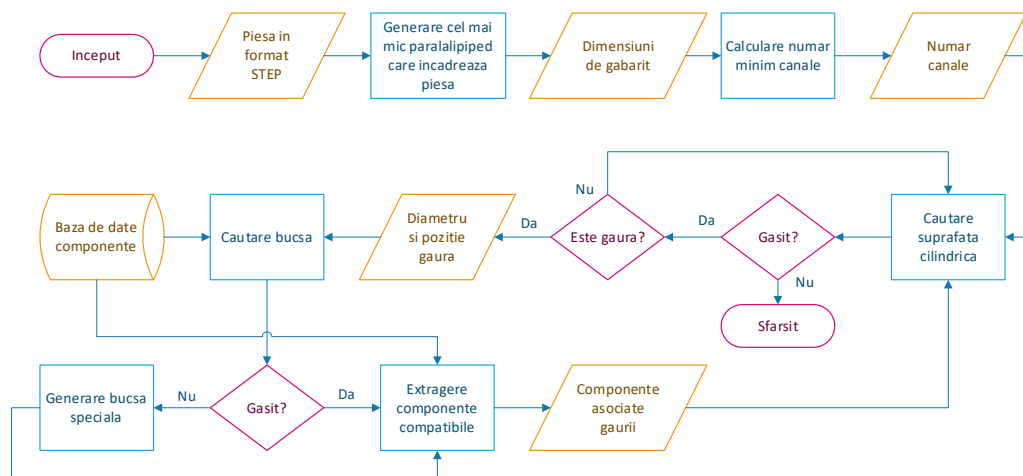
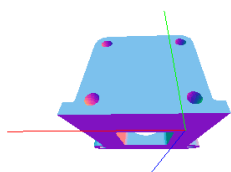


Fig. 6. Schema bloc



Numar estimat de canale T necesare

Pe directia a	Pe directia b
5	4

Module DEM

Diametru de gaura 9mm

Cod: BGR 090

Diametru interior: 9mm

Diametru exterior: 15mm

Lungime: 28mm

▼ Componente compatibile:

Cod: SBS 015

Diametru pentru bucsa: 15mm

Dimensiuni de gabarit

a	b	h
124	74	100

Gauri identificate in piesa

Eliminati gaurile care nu sunt de prelucrat.

Nr.	Diametru	Pozitie	
1	9	(-30, -24)	Elimina
2	9	(30, -24)	Elimina
3	9	(30, 30)	Elimina
4	9	(-30, 30)	Elimina

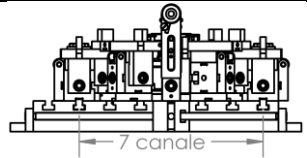
Cauta solutii

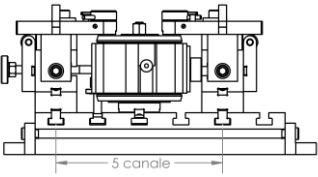
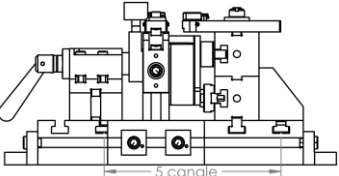
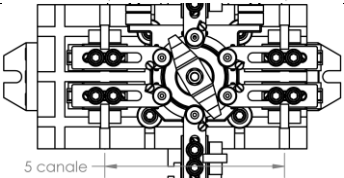
Fig. 7. Interfata cu utilizatorul

5. Verificarea rezultatelor

Pentru verificarea rezultatelor au fost analizate patru modele de dispozitive modulate de găurire. În tabelul 1 sunt prezentate rezultatele alături de comentarii pentru calculul numărului de canale.

Tabelul 1. Rezultate

Model	Piesa	Nr. canale	Nr. calculat	Comentarii
1		7	6	Piesa se fixează într-un alezaj care se află la o intersecție de canale, este necesar un canal median.

Model	Piesa	Nr. canale	Nr. calculat	Comentarii
2		5	5	-
3		5	4	Din cauza faptului că semifabricatul se fixează cu un element de strângere, este necesar un canal adițional pentru fixarea colțarilor care se opun forței de apăsare a elementului de strângere.
4		5	6	Situație descrisă în capitolul 3.2, figura 3.

5. Concluzii

În realizarea lucrării, una dintre problemele majore întâlnite a fost interpretarea fișierelor STEP. Din cauza complexității acestor fișiere, citirea directă și interpretarea fișierelor nu a adus niciun rezultat. A fost necesară utilizarea unui software CAD care să permită apelarea funcțiilor acestuia din aplicația informatică dezvoltată. O a doua problemă a apărut din cauza modalităților prin care pot fi reprezentate găurile de prelucrat într-un fișier STEP: o singură suprafața cilindrică, două suprafețe cilindrice individuale, o suprafață curba. De asemenea, este dificil de aflat dacă cilindrul este gol pe interior sau nu, dacă este gaură sau are un volum.

Pentru cazul descris în capitolul 3.2, pentru optimizarea numărului de canale s-a încercat analiza zonelor de interes astfel încât să fie ignorate feature-urile care măresc dimensiunea de gabarit a piesei, dar realizarea unui astfel de algoritm este dificilă și nu acoperă toate cazurile posibile.

Cercetările viitoare includ extinderea aplicației pentru a rezolva alte probleme ale proiectării dispozitivelor din elemente modulate și creșterea interconectării algoritmilor pentru a putea solidifica aplicația.

6. Bibliografie

- [1]. Rong, Y. și Zhu, Y. (1999), Computer Aided Fixture Design, ISBN 0-8247-9961-5.
- [2]. Uday H. (2013), An integrated computer-aided modular fixture design system for machining semi-circular parts, Universitatea Edith Cowan.

7. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

m_{set} = modulul setului [mm];

$L_{el. const}$ = Lungimea elementului constructiv [mm];

d_{min} = distanța minimă dintre elementul constructiv și semifabricat [mm];

a_{PSF} = lungimea unui semifabricat pe direcția a [mm];

a_{min} = lungimea minimă a unui montaj pe direcția a [mm]