

# BAZE DE CUNOȘTINȚE ÎN PROIECTAREA ȘI MANUFACTURAREA MATRIȚELOR COMPLEXE

mat. Electra Mitan

electra.mitan@ici.ro

mat. Gabriel Corban

gabycorban@yahoo.com

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică, ICI București

**Rezumat:** Articolul prezintă rolul jucat de bazele de cunoștințe în construirea sistemelor hibride CAD / CAM - AI. Cu referire numai la obținerea matrițelor complexe, se descrie pe scurt un prototip inovativ format din produsul de folosință generală CATIA și o bază de cunoștințe gestionată cu generatorul de sisteme expert CLIPS.

**Cuvinte cheie:** Proiectarea și realizarea matrițelor, Taxonomia matrițelor, Proiectare asistată de calculator (CAD), Fabricație asistată de calculator (CAM), Sisteme expert, Baze de cunoștințe.

**Abstract:** The paper presents the Knowledge Basis role in CAD / CAM - AI hybrid systems building. Referring only Complex Moulds Design and Manufacturing, an inovative prototype consisting of CATIA, the leading product development solution for all manufacturing organizations and a knowledge base managed with the expert system shell CLIPS is described.

**Keywords:** Moulds Design and Manufacturing, Moulds Taxonomy, Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAM), Expert Systems, Knowledge Base.

## 1. Introducere

Tranziția economiei românești către economia de piață poate fi marcată prin restructurarea tehnologică și managerială a întreprinderilor producătoare, implementarea unei gândiri tehnice bine structurate și orientate către eficiența maximă a procesului de producție. Atingerea acestui obiectiv este posibilă prin abordarea sistemică a procesului tehnologic cu toate elementele sale constitutive care au legături funcționale bine precizate precum și organizarea acestora, cu un scop clar definit – rentabilizarea activității productive din domeniul industrial.

La nivelul unei întreprinderi, fabricația inteligentă contribuie la crearea de produse care satisfac cele mai ridicate pretenții ale clienților, având o calitate deosebită și prețul cel mai scăzut, ceea ce contribuie la suprasolicitarea mașinilor unelte și a celorlalte echipamente tehnologice. Aceasta presupune, de asemenea, minimizarea efortul fizic și intelectual al operatorului uman și constituie un obiectiv strategic ale economiei de piață. Astfel, în domeniul construcțiilor de mașini unelte se impun schimbări semnificative. Nu trebuie totuși minimalizat rolul important al tehnologului care intervine în: proiectarea și stabilirea ordinii operațiilor, programarea mașinilor unelte, corecția erorilor de sculă, variația caracteristicilor de așchiere ale sculei și ale materialului semifabricatului etc. Acesta judecă și ponderează alegerea corecțiilor, alege, măsoară și revaluează sculele, dispozitivele și alți parametri ai procesului productiv. Aici intervin anii de învățare teoretică și practică.

Cu toate acestea, ținând seama de faptul că inginerul tehnolog este limitat cel puțin ca factor uman în ceea ce privește posibilitatea memorării volumelor de date specifice domeniului, fără a mai lua în calcul eventualitatea combinării lor în vederea obținerii unor soluții noi, s-a impus utilizarea ca soluție inovativă, a unui sistem expert, bazat pe cunoștințe tehnologice.

Această inovație aplicată procesului de proiectare - execuție matrițe complexe, crește în același timp atât productivitatea cât și calitatea produselor finite, ceea ce duce la scăderea prețului acestor matrițe, preț care se știe, are valori foarte mari, în prezent. Putem deci concluziona că mașinile unelte pot deveni mai inteligente cu ajutorul sistemelor expert [1].

Strategia oricărei întreprinderii constă în a oferi clienților o soluție completă care înlănțuie activitățile astfel:

### **proiectare produs - proiectare matriță - matriță prototip - matriță serie - producție de serie**

Proiectarea unei matrițe nu este o activitate foarte spectaculoasă însă reprezintă un pas esențial atât în fabricația unor componente din material plastic prin injecție, cât și pentru realizarea de altfel de produse, cum ar fi carcase ergonomice de telefoane mobile, planșe de bord necesare industriei constructoare de automobile sau jucării pentru copii. Dacă, până de curând, rețeta succesului în afaceri era lansarea pe piață a unui produs de calitate superioară, având costuri de producție și un timp de fabricație mai mici decât ale concurenței, în zilele noastre s-a dovedit că aceasta nu mai este de ajuns. Acum accentul se pune pe inovare, pe varietate astfel ca producătorii să lanseze produse noi care să penetreze ușor piața. Această presiune din piață se răsfrânge în întregul lanț de producție, ajungând până la furnizorii de matrițe și componente pentru acestea.

Astfel proiectanții de matrițe sunt și ei în fața unei adevărate provocări. Proiectarea, elaborarea documentațiilor tehnice și realizarea matrițelor au evoluat de la planșetă la sisteme CAD 2D/3D. Complexitatea crescândă a formei produselor a impus modelări cât mai complexe ca soluții eficiente în etapa de proiectare a părților active ale matriței. În vederea realizării unei proiectări cât mai eficiente, s-a ajuns la situația îmbinării unui model 3D pentru părțile active cu reprezentări 2D, dezvoltate fără legătură cu precedentă. Astăzi sunt disponibile numeroase instrumente informatice avansate de CAD/CAM – AUTOCAD [2], CATIA [3], Pro|Engineer, Ansys, Magmasft, Windchill, Bentley, Mathcad, CGTech Vericut, Arbortext, Stheno|Pro, Moldtex3D, NCG CAM.

Principalele relații de echivalență existente în mulțimea matrițelor au stat la baza elaborării taxonomiei acestora. După tipul operațiilor folosite la obținerea matrițelor, s-a realizat o detaliere a clasificării lor și anume: matrițe executate prin operații de formare, matrițe executate prin operații de așchiere (găurire, strunjire, frezare, rabotare / mortezare, operațiuni combinate) și matrițe executate prin operațiuni de electroeroziune.

Desigur că o abordare generală este folosirea produselor de uz general de tip CAD/CAM în tandem cu produsele de *data mining* și produsele bazate pe prelucrarea cunoștințelor. Astfel, datele culese pe parcursul unei perioade de timp sunt prelucrate și, pe baza lor, se constituie un model care poate fi aplicat în cazurile noi de același fel cu cele deja cunoscute. Aceasta presupune acumularea unui volum de date imens de-a lungul anilor. Astfel, prin creșterea capacității de memorare și prelucrare a calculatoarelor s-au putut trata corelativ volumele mari de date.

## **2. Taxonomia matrițelor**

Matrița este acea formă de turnat tridimensională care constituie negativul - suprafața complementară a formei care trebuie realizată. Realizarea efectivă a formei pozitive se poate face fie prin turnare / injectare de materiale fluidizate prin topire sau prin presare / deformare plastică a unor materiale maleabilizate / ductilizate prin încălzire care ulterior capătă forma pozitivă căutată tocmai datorită geometriei perfecte a negativului matriță. Operația poartă numele de matrițare. Semifabricatele sunt acele entități care vor fi prelucrate simplu sau complex cu ajutorul unei matrițe.

Taxonomia matrițelor ne ajută să avem o imagine clară în privința diversității acestora. Clasele în care sunt împățite independent matrițele, în număr de șapte, sunt date de: a) materialul din care sunt realizate, b) principiul constructiv, c) tipul operațiilor tehnologice folosite pentru realizarea lor, d) temperatura de prelucrare a semifabricatului, e) modul de deformare a semifabricatului, f) viteza de matrițare, g) specificul tehnologiilor de prelucrare a semifabricatelor.

Dacă ne referim la materialul din care sunt făcute matrițele, se cunosc următoarele clase: matrițe obținute din diferite aliaje ale fierului prelucrate prin așchiere pe mașini unelte cu

comandă numerică; matrițe obținute din alte metale prin tehnica de fabricare rapidă prin pulverizare de metal topit numită *metal spraying*; matrițe din cauciuc siliconic; matrițe din materiale plastice speciale; matrițe din materiale compozite [4, 5].

În funcție de principiul lor constructiv, matrițele sunt: cu o singură cavitate; cu mai multe cavități.

În funcție de tehnologiile specifice folosite la realizarea lor, se cunosc următoarele clase: matrițe executate prin operațiuni de formare; matrițe executate prin operațiuni de aşchiere (găurire, strunjire, frezare, rabotare / mortezare, operațiuni combinate); matrițe executate prin operațiuni de electroeroziune.

În funcție de temperatura de prelucrare a semifabricatului pe matriță, se cunosc următoarele clase: matrițe cu prelucrare la rece (turnare, deformare plastică); matrițe cu prelucrare la cald (pe ciocane cu sabotă și fără sabotă, prese, alte tehnologii).

În funcție de modul de deformare a semifabricatului pe matriță, matrițele pot fi: deschise (matrițare cu bavură); și închise (matrițare fără bavură).

În funcție de viteza de matrițare, se cunosc următoarele clase: matrițe cu viteze mici de matrițare (pe prese cu excentric, pe prese cu fricțiune, pe mașini orizontale); matrițe cu viteze mari de matrițare (mecano-pneumatică, prin explozie).

În funcție de tehnologiile specifice de prelucrare a semifabricatului pe matriță, se cunosc următoarele clase: matrițele pot fi folosite la operațiuni de turnare; forjare (la rece sau la cald); trefilare; formare; tăiere; îndoire; răscuire; ambutisare; fasonare; ștanțare; presare volumică; asamblare.

Să detaliem principalele metode de execuție a matrițelor, în funcție de tipul operațiilor folosite și anume: formare, aşchiere (găurire, strunjire, frezare, rabotare, operațiuni combinate), electroeroziune [6].

Cum am mai spus, prezentul articol tratează cazul matrițelor executate prin operațiuni de aşchiere.

Prelucrarea prin aşchiere este o operațiune care conduce la modificarea formei și dimensiunilor piesei de prelucrat - matrița. Această prelucrare se execută pe mașini unelte, cu ajutorul sculelor aşchietoare și constă în îndepărtarea succesivă a straturilor de material, sub formă de aşchii până la obținerea formei și dimensiunilor dorite. Duritatea tăişului sculei aşchietoare este superioară durității materialului de prelucrat. În timpul mișcării relative a sculei în raport cu piesa de prelucrat (turație, viteză, avans) are loc procesul de aşchiere. În funcție de tipul aşchierii, procesele de aşchiere se împart în: strunjire, frezare, găurire, lărgire, alezare, rectificare, honuire, severuire, broșare, mortezare, filetare, debitare, polizare. Etapele parcurse pentru prelucrarea prin aşchiere constau în: *controlul* dimensional al semifabricatului, verificarea fizico-chimică a materialului și, eventual, starea lui de conservare; *pregătirea și verificarea* programului mașinii unelte cu comandă numerică; *prelucrarea propriu-zisă* adică obținerea matriței se realizează prin mișcarea relativă dintre piesă (rotație) și sculă (avans) prin una sau mai multe treceri, în funcție de mărimea adaosului de prelucrare și calitatea suprafeței; *controlul*: se verifică matrița în ceea ce privește dimensiunile (toleranțe) și calitatea suprafețelor cu ajutorul mijloacelor de măsurare cu citire efectivă, a verificatoarelor, dispozitivelor de măsură și control, conform documentației (plan operații, plan de control etc.).

### **3. Proiectarea și manufacturarea matrițelor asistată de calculator**

Proiectarea asistată de calculator reprezintă ansamblul de activități legate de dezvoltarea, desenarea și proiectarea asistată de calculator a produselor: calculul dinamic al pieselor, simularea grafică în reprezentare 2D/3D, stocarea datelor pentru ca ele să fie accesibile și altor prelucrări. Comanda numerică este etapa superioară a nivelului de control al mașinilor unelte. Controlul unei astfel de mașini implică diferite aspecte: tipul de acționare; modul de control și limitarea mișcărilor pe axe; modul de control al vitezelor – principală, de avans; modul de

selectare a anumitor elemente asociate procesului de lucru – scule, dispozitive etc. Controlul deplasărilor sculei / piesei, a secvențelor de prelucrare, gestionarea sculelor, etc. se realizează prin intermediul numerelor introduse, într-un format standard, în echipamentul numeric.

Au existat mai multe stadii în evoluția echipamentelor cu comandă numerică. 1) – Mașina, proiectată pentru operare manuală, a fost dotată cu un sistem numeric pentru poziționarea sculei în raport cu piesa. 2) – Mașina a fost proiectată astfel încât să fie în concordanță cu cerințele impuse de echipamentul numeric, constituind alături de echipamentul de comandă, ansamblul numeric de prelucrare. Echipamentul numeric are următoarele caracteristici: capacitate de memorare limitată, realizarea funcțiilor de comandă sub formă hardware care conduc la citirea, executarea secvențială a blocurilor din program, posibilități reduse de modificare on-line a programului, flexibilitate redusă. Apariția memoriei tampon conduce la îmbunătățirea calității prelucrării prin asigurarea continuității deplasării sculei în pofida faptului că citirea blocurilor se face secvențial. 3) – Sistemele CNC (*Computerized Numerical Control*) care se bazează pe integrarea extinsă a calculatorului în procesul de control. Integrarea calculatorului în sistemul de comandă al mașinii unelte face posibilă implementarea unor facilități în comanda numerică.

CATIA (*Computer Aided Three dimensional Interactive Applications*) este un pachet software comercial de tip multiplatformă CAD/CAM dezvoltat de compania franceză Dassault Systemes [7]. În prezent este unul dintre cele mai utilizate sisteme integrate CAD/CAM/CAE pe plan mondial. CATIA are aplicații în cele mai diverse domenii, cum ar fi industria constructoare de mașini, aeronautică, de automobile. CATIA oferă o diversitate de soluții integrate pentru a îndeplini orice cerințe de design și fabricație. Ca funcționalități de bază avem: proiectarea se poate face parametrizat, piesele mecanice pot fi concepute într-o manieră avansată, ansamblurile pot fi realizate interactiv, proiecția pieselor / ansamblurilor se poate obține automat, piesele / ansamblurile pot fi concepute în trei dimensiuni fără a desena întâi planșele în reprezentare bidimensională etc.

Odată cu versiunea 5 [8], în CATIA a apărut noțiunea de prototip virtual adică toate datele informatice permit manipularea unui obiect virtual, creat pe calculator, în același fel ca un obiect real. Astfel, se poate testa rezistența acestuia la diferite solicitări, verifica dacă un ansamblu este sau nu demontabil, asigura că mobilitatea componentelor, unele față de altele, nu generează coliziuni etc. Proiectantul poate dori operarea unor modificări; acestea se pot efectua foarte ușor deoarece CATIA dispune de instrumente flexibile care permit lucrul parametrizat.

Cu CATIA procesul de dezvoltare a produsului se poate derula complet, începând cu specificațiile de definire, până la produsul fabricat. Astfel sunt acoperite toate etapele de proiectare până la cea de fabricație, cu o capacitate maximă de modelare.

Pentru proiectare:

- proiectare mecanică – de la concepție la obținerea desenelor de execuție;
- proiectarea pieselor și ansamblurilor 3D, generarea desenelor aferente, redarea în timp real și suport pentru schimb de date în baza standardelor industriale generale;
- asigurarea validității geometriei, evaluarea și executarea reperelor, optimizarea geometriei suprafețelor și îmbunătățirea prelucrabilității;
- simularea 3D a reperelor și subansamblurilor, verificarea sistemelor mecanice;
- soluții de învățare, pentru colectarea și reutilizarea *know-how*-ului cu respectarea tuturor regulilor impuse în timpul procesului;
- analiza structurală la solicitări, frecvență, tensiuni;
- compatibilitate cu geometria versiunilor precedente;
- crearea, controlul și editarea suprafețelor complexe, descrise matematic, conform modelului fizic sau schițate stilizat pe baza conceptului de inginerie reversibilă; optimizarea formelor;
- scheme flexibile de efectuare a modificărilor cu posibilitatea de aplicare a ideilor noi în timp foarte scurt și propagarea imediată a modificărilor către modulele de manufacturare;

- managementul schimbărilor de proiectare - modificarea formelor pentru un reper prin intermediul modelării bazate pe specificații, aplicațiilor generatoare și asociativității controlate.

Pentru manufacturare:

- prelucrarea pieselor de rotație, a pieselor prismatice, prototipizare rapidă;
- simularea prelucrărilor, optimizarea traiectoriilor sculelor;
- managementul eficient al modificărilor, nivel de asociativitate ridicat între informațiile despre produs, procesele de fabricație și resurse, cu reducerea considerabilă a timpului necesar întregului ciclu proiectare - execuție și cu micșorarea costurilor;
- optimizarea traiectoriilor sculelor, reducerea timpului de execuție pe mașini unelte a reperelor prin punerea la dispoziție a setului acoperitor de operații de prelucrare prin așchiere de mare viteză, care asigură reducerea timpului de lucru.

Programarea prelucrării necesită parcurgerea unor etape bine definite pornind de la concepția matriței până la prelucrarea acesteia: semifabricatul matriței (părțile inferioară și superioară), realizarea modelului matriței, realizarea programului de manufacturare, prelucrarea semifabricatului pentru crearea bazelor de așezare și orientare, prelucrarea asistată pe mașina unealtă, finisarea și ajustarea. Strategia de lucru pentru programare conține următoarele elemente (tip de fișier): definirea geometriei reperului de proiectat, prin modelare realizată și salvată în fișier CATPart; realizarea ansamblului semifabricat-reper în fișier CATProduct, care include legăturile între geometriile definite, definirea strategiei de lucru, realizarea programului de comandă numerică în fișier CATProcess de unde se face transferul către echipamentul de comandă al mașinii. Alegerea sculelor se face dintr-un catalog de scule, realizat ca un fișier de tip Excel. Din acesta se importă sculele cu caracteristicile lor, după care sunt transferate modulului de manufacturare.

Programul pentru prelucrarea asistată urmărește etapele: definirea reperului (matriței), realizarea geometriei suprafețelor de prelucrat, definirea operațiilor de prelucrare, stabilirea operațiilor de prelucrare, definirea caracteristicilor sculelor așchietoare, actualizarea modificărilor în geometria reperului, actualizarea modificărilor în operațiile de prelucrare, generarea codului pentru realizarea programului de prelucrare.

CATIA dispune de un set complet de instrumente de modelare specializate cu ajutorul cărora se pot modela suprafețe din cele mai diverse. Instrumentele de modelare reprezentative folosite sunt: pocket, shaft, groove, hole, rib, slot, stiffener, loft, removed loft, fillet, chamfer, draft, shell, thickness, thread/tap. Din bara de modelare cele mai utilizate instrumente sunt: split, tick surface, close surface, sew surface, translation, rotation, symmetry, mirror, rectangular pattern, circular pattern, user pattern, scaling, assemble, operations.

Documentele utilizate sunt fișiere care includ date relative la reprezentări 2D și 3D, modele matematice ale componentelor ansamblelor și produsului final, date tehnologice referitoare la fabricația produsului final și date inginerești care specifică influența mediului de lucru asupra produsului final.

Instrumentele standard de interfațare sunt sub formă de fișiere standard respectiv limbaje standard, au o dinamică evolutivă care depinde direct de progresul tehnologic al controlului mașinii unelte. Pentru transmisia datelor între sisteme CAD/CAM diferite este formatul standard IGES, dezvoltat ca format neutru. Acesta este bazat pe entități care pornesc de la obiecte geometrice simple (geometrice) până la cele mai sofisticate entități (adnotări, structură). Fișierul IGES este unul secvențial care constă dintr-o secvență de înregistrări pe 80 de caractere, alcătuind 4 secțiuni în următoarea ordine strictă: start, global, director de intrări, sfârșit. Tipurile de fișiere de import / export folosite de CATIA sunt IGES 2D/3D, STEP, DXF, STL, DWG, ISO și APT dintre care, cel mai important este formatul APT care definește toate datele necesare fabricației cu ajutorul mașinilor unelte cu comandă numerică.

## 4. Arhitectura bazei de cunoștințe

Arhitectura unui sistem expert [9]:

achiziție cunoștințe	modul de achiziție cunoștințe
reprezentare cunoștințe	baza de cunoștințe + baza de fapte
prelucrare cunoștințe	motor de inferențe + modul explicativ
utilizare cunoștințe	interfața utilizator

*Baza de cunoștințe* este reprezentată ca o structură de date ce include totalitatea cunoștințelor specializate introduse de către un expert uman. Ea este compusă din: *baza de reguli* care include cunoștințele generale din domeniul de expertiză și *baza de fapte* alcătuită din cunoștințe specifice problemei de rezolvat.

Funcțiunile de ordin tehnologic identificate drept fundamentale în morfologia sistemului, absolut necesare acestuia sunt următoarele:

- determinarea celei mai apropiate structuri morfologice a sculei de așchiere cu care se execută matrița,
- determinarea celei mai apropiate structuri funcționale a sculei de așchiere cu care se execută matrița,
- stabilirea segmentării tehnologiei de fabricație în funcție de morfologia care trebuie realizată,
- stabilirea parametrilor de mișcare (viteza de rotație a sculei, viteza de avans a sculei, sensul de rotație) în funcție de duritatea materialului sculei, de profilul acesteia și de caracteristicile materialului de prelucrat,
- stabilirea tipului de lichid de răcire folosit, a momentelor de folosire a acestuia pe durata procesului de fabricație,
- pentru o matriță dată, analizarea și afișarea tuturor variantelor tehnologice posibile.

### 4.1. Baza de fapte

Faptele reprezintă forma de bază de nivel înalt pentru reprezentarea informațiilor. Ele reprezintă entități informaționale care se găsesc în lista curentă de fapte, numită *factlist* constituind unitatea fundamentală de date utilizate de către reguli. Baza de fapte cunoscută și sub numele de memorie de lucru, conține enunțuri adevărate la momentul respectiv deci fapt.

Un *fapt* este o listă de unul sau mai multe câmpuri. În CLIPS [10, 11, 12, 13] această listă este un conținut delimitat prin perechea de paranteze ( ); un fapt este unul sau mai multe câmpuri incluse între paranteze:

fapt := (<<<<câmp>>>>)

adică se respectă tiparul:

(<nume-relație> <<<<elemente-aflăte-în-relație>>>>)

Exemple de fapte sunt:

(operații de așchiere – găurire, strunjire, frezare, rabotare, mortezare)

(sculă așchietoare – material, geometrie)

(cuțit strung – unghi de așezare, unghi de degajare, unghi de ascuțire, unghi de atac principal, unghi de atac secundar, unghi de înclinare, unghi de vârf, unghiuri de poziție ale tăișurilor)

(cuțit strung – material parte activă tip constructiv sens avans operație executată)

Organizarea faptelor (numărul câmpurilor, ordinea acestora) nu impune restricții. Toate faptele cunoscute la un moment dat sunt menținute în baza de fapte, sau memoria de lucru, așa-numită lista de fapte (*fact list*) în CLIPS.

## 4.2. Baza de reguli de producție

O regulă este o modalitate formală de precizare a unei specificații și poate fi exprimată sub una din următoarele două forme: *if* premisă *then* concluzie, *if* condiție *then* acțiune. Sintactic regulile sunt concepute să se coreleze cu faptele și să asigure funcționalitatea motorului de inferență. Acesta se bazează pe strategia de înlănțuire înainte care implementează ciclul clasic de recunoaștere a actelor.

CLIPS selectează activarea regulii cu cea mai mare prioritate. Prioritatea este dată în timpul scrierii regulii într-un interval cuprins între -10000 și 10000, cu valoarea obișnuită egală cu zero. Toate regulile curente activate sunt conținute în agenda. Dacă mai multe activări de reguli au prioritate maximă, atunci agenda este considerată ca un *stack* și este selectată ultima regulă activată. Procesul de declanșare (*firing*) a regulii presupune executarea acțiunilor precizate în partea dreaptă a regulii - RHS (*right hand side*).

Exemplu:

```
(defrule nume-regulă)
"comentariu opțional"
(condiția-1) ; LHS
(condiția-2) ; e compusă din zero sau mai multe condiții, fiecare în paranteză
.
.
(condiția-n)
=>
(acțiunea-1) ; RHS este compusă din una
(acțiunea-2) ; sau mai multe acțiuni.
.
.
(acțiunea-m)
```

După acțiunea de declanșare a regulii, ciclul se repetă până la executarea comenzii *Halt* în RHS sau până când nici o regulă nu este *matched* prin fapte în bază. CLIPS nu dispune de mecanismul de înlănțuire înapoi sau de programarea bazată pe cadre (*frames*); este de precizat că acesta se poate emula. Definirea și tratarea regulilor de producție, sunt la nivelul capabilităților celor mai avansate *shell*-uri de sisteme expert.

Semnificația unei reguli de producție este următoarea: dacă premisa poate fi satisfăcută într-un context dat, atunci consecința poate fi satisfăcută în acel context. Dacă partea dreaptă a regulii definește o concluzie, efectul satisfacerii premisei este inferarea acelei concluzii, iar dacă partea dreaptă a regulii definește o acțiune, efectul satisfacerii premisei este execuția acelei acțiuni. O inferență în reprezentarea bazată pe reguli constă în aplicarea unei astfel de reguli.

Exemple de reguli care ilustrează regimul de așchiere la prelucrarea prin strunjire exterioară

cu scule armate cu plăcuțe din carburi metalice:

**IF** materialul de prelucrat = oțel de construcție and  
adâncimea de așchiere = 1 mm and  
avansul = 0.15 rot/min  
**THEN** viteza de așchiere = 270 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel de construcție and  
adâncimea de așchiere = 1 mm and  
avansul = 0.20 rot/min  
**THEN** viteza de așchiere = 235 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel de construcție and  
adâncimea de așchiere = 1 mm and  
avansul = 0.30 rot/min  
**THEN** viteza de așchiere = 222 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel de construcție and  
adâncimea de așchiere = 2 mm and  
avansul = 0.15 rot/min  
**THEN** viteza de așchiere = 244 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel de construcție and  
adâncimea de așchiere = 2 mm and  
avansul = 0.20 rot/min  
**THEN** viteza de așchiere = 241 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel de construcție and  
adâncimea de așchiere = 2 mm and  
avansul = 0.30 rot/min  
**THEN** viteza de așchiere = 199 m/min

Exemple de reguli ce ilustrează regimul de așchiere la prelucrarea găurilor:

**IF** materialul de prelucrat = oțel cu  $\sigma_r = 90$   
daN/mm<sup>2</sup>, cu răcire and  
diametrul sculei = 2 – 10 mm  
**THEN** viteza = 55 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel cu  $\sigma_r = 90$   
daN/mm<sup>2</sup>, cu răcire and  
diametrul sculei = 10 – 20 mm  
**THEN** viteza = 43 m/min

**IF** materialul de prelucrat = oțel cu  $\sigma_r = 90$   
daN/mm<sup>2</sup>, cu răcire and  
diametrul sculei = 20 – 40 mm  
**THEN** viteza = 40 m/min

**IF** materialul de prelucrat = fonta HB =190,  
fără răcire and  
diametrul sculei = 2 – 10 mm  
**THEN** viteza = 43 m/min

**IF** materialul de prelucrat = fonta HB =190,  
fără răcire and  
diametrul sculei = 10 – 20 mm  
**THEN** viteza = 38 m/min

**IF** materialul de prelucrat = fonta HB =190,  
fără răcire and  
diametrul sculei = 20 – 40 mm  
**THEN** viteza = 37 m/min

### 4.3. Aprinderea regulilor de producție

*Motorul de inferențe* determină toate regulile activate și astfel se face o corespondență între baza de fapte și baza de reguli. Tot el are misiunea să selecteze o singură regulă activată la un moment dat și să o pună în execuție. Aceasta înseamnă aplicarea părții drepte a acesteia care poate conduce la modificarea bazei de fapte, transmiterea de mesaje operatorului, transmiterea unor semnale în exterior în funcție de acțiunile precizate în partea de concluzie a regulii.

Interfața este în legătură cu două componente: subsistemul de generare a explicațiilor și subsistemul de achiziție a cunoștințelor.

*Subsistemul de generare a explicațiilor* este ghidat de motorul de inferențe și asigură urmărirea unei căi pentru a ajunge la soluție. Aceasta se realizează prin memorarea ordinii în care au fost executate regulile.

*Subsistemul de achiziție a cunoștințelor* permite adăugarea de cunoștințe noi în baza de reguli, prin crearea de reguli noi sau actualizarea unor reguli existente. Baza de fapte are un caracter dinamic, ea evoluează în timpul lucrului de la starea inițială, corespunzătoare formulării problemei, la starea finală, în care problema este rezolvată. Baza de reguli are un caracter static, ea conține cunoștințe general valabile pentru domeniul de expertiză și modificarea acesteia se face *off-line*. În plus, subsistemul de achiziție a cunoștințelor și interfața asigură actualizarea



bazei de cunoștințe, ceea ce presupune codificarea automată a informațiilor furnizate, fără a fi necesară prezența operatorului.

Din punctul de vedere al sintaxei, faptele au aceeași formă cu tiparele regulilor, chestiune care se explică teoretic prin felul în care trebuie să lucreze motorul de inferențe. Folosirea aceluiași tipar pentru toate faptele din baza de fapte determină urmărirea și înțelegerea facilă a bazei de fapte, precum și faptul că actualizările acestora se fac cu ușurință.

## 5. Concluzii

În funcție de mașina pe care este utilizată, matrița poate avea diverse forme și dimensiuni, putând fi formată din una sau mai multe cavități. Orice matriță trebuie concepută ținând cont de două aspecte principale: elementele funcționale ale matriței și elementele de design a cavității. În ceea ce privește funcționalitatea, matrița trebuie să îndeplinească minim condițiile necesare funcționării sale ca dispozitiv și funcționării corespunzătoare pe utilajul pentru care a fost concepută. Cavitata matriței poate fi modelată sub diferite forme și poate conține elemente decorative de tipul: figuri geometrice complexe, texturare, sigle / elemente de inscripționare.

În ultimii ani, dezvoltarea de noi soluții și programe în domeniul Tehnologiei Informației au deschis calea în domeniul proiectării și execuției matrițelor. Software-ul CAD/CAM își face din ce în ce mai simțită prezența devenind un instrument larg răspândit, la îndemâna inginerilor și tehnologilor.

Utilizarea CLIPS s-a impus datorită avantajelor pe care acesta le prezintă în fața altor instrumente de acest gen și anume: disponibilitatea deosebită, costuri reduse, permanența, creșterea calității datorată unei expertize complete, posibilitatea detalierii soluțiilor, rapiditatea.

Un avantaj al CATIA este organizarea unei magazii de scule așchietoare, sculele putând fi selecționate după tipuri de prelucrare, formă, caracteristici fizice și chimice etc. Organizarea aceasta permite sistemului expert să funcționeze optim deoarece ea este pusă în relație biunivocă cu submulțimea bazei de cunoștințe, permițând activitățile de programare.

Aplicarea unui proces *data mining* asupra datelor stocate într-o bază de date ar fi presupus analiza de detaliu a acestora, pentru determinarea tendinței de evoluție și a modelelor de date. Principalele dezavantaje ale utilizării acestei abordări constau în volumul mare de memorie și consumul mare de timp pentru prelucrare și obținerea rezultatelor.

Programarea bazată pe *frame*-uri este mai puțin răspândită și este caracterizată ca o tehnică hibridă, ea combină elemente ale programării orientate obiect, într-o formă particulară – aceea a reprezentării cu *frame*-uri, pentru organizarea informațiilor de intrare, cu elemente de control din sistemele bazate pe reguli.

## BIBLIOGRAFIE

1. **RILEY, G.:** CLIPS: A Tool for the Development and Delivery of Expert Systems, Proceedings of the Technology 2000 Conference, Washington, DC, 1990.
2. **GHIONE, I.:** Module de proiectare asistată în AutoCAD. Îndrumar de laborator. Ed. BREN, București, 2005.
3. **GHIONE, I.:** Module de proiectare asistată în CATIA v5 cu aplicații în construcția de mașini. Ed. BREN, București, 2004.
4. **ALLYN, E.P.:** Mold Design: For plastic injection molding – A Workbook, Spiral-bound, 1998.

5. **DUCA, Y.:** Bazele teoretice ale prelucrărilor pe mașini unelte, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1969, pp 275-282
6. **SEREȘ, I.:** Proiectarea matrițelor pentru produse injectate din materiale plastice, Ed. Tehnică, 1987.
7. \*\*\* <http://www.3ds.com/>
8. **GHIONEA, I.:** CATIA v5. Aplicații în inginerie mecanică, Ed. BREN, București, 2009.
9. **GIARRATANO, J., G. RILEY:** Expert Systems. Principles and Programmig, 3<sup>rd</sup> Edition, Boston, PWS Publishing Company, 1998.
10. **RILEY, G.:** Implementing CLIPS on a Parallel Computer, Proceedings of the First Annual Workshop on Space Operations Automation and Robotics (SOAR'07) Huston, Texas, 1987.
11. \*\*\*(1987) CLIPS. A NASA Developed Expert System Tool, NASA Tech Briefs
12. \*\*\* <http://clipsrules.sourceforge.net/>
13. \*\*\* <http://athena.comp.rgu.ac.uk/staff/smc/teaching/>