

UNIVERSITATEA “POLITEHNICA” DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ

REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

*Cercetari privind imbunatatirea proiectarii matritelor de
injectat folosind elemente specifice sistemelor expert*

Conducător Științific

prof.dr.ing. TUDOR-ALEXANDRU ICLĂNZAN

Doctorand

ing. VLAD ADRIAN ȚUȚ

TIMIȘOARA

2011-09-30

Cap 1 Date introductive despre inteligența artificială și logica Fuzzy

Logica fuzzy reprezintă o metodă diferită de tratare a problemelor de reglare, față de metodele clasice. Bazele teoretice ale logicii fuzzy au fost puse de profesorul Lotfi A. Zadeh de la Universitatea din Berkely, în 1965. Logica fuzzy permite tratarea variabilelor vagi ale căror valori pot varia între 0 și 1, spre deosebire de logica binară care lucrează cu variabile care au valori numai 0 și 1. Inițial ca și rețelele neuronale, logica fuzzy a fost aplicată în domeniul ne-tehnic, în așa numitele sisteme expert, folosindu-se capacitatea lor de a lua decizii.

În cazul reglării fuzzy algoritmi de reglare convenționali sunt înlocuiți printr-o serie de reguli lingvistice de forma Dacă (premisă), Atunci (concluzie). Astfel se obține un algoritm euristic și poate să se ia în considerare experiența operatorului pentru conducerea proceselor. În aceste condiții logica fuzzy se pretează foarte bine conducerii proceselor.

Într-o aplicație fuzzy pentru reglare sau luare de decizii, intră un anumit număr de semnale -mărimile de intrare - care sunt prelucrate conform unor algoritmi specifici, rezultând un anumit număr de mărimi de comandă - mărimile de ieșire - necesare reglării procesului. Atât fiecărei mărimi de intrare, cât și fiecărei mărimi de ieșire li se asociază câte un set de mulțimi fuzzy numit *variabilă lingvistică*.

Un sistem expert este realizat dintr-o baza de date, modulul de prelucrare a datelor de intrare și modulul de prelucrare a datelor de ieșire. Prelucrarea informației într-o aplicație fuzzy se realizează după cum urmează: *baza de cunoștințe* include descrierea variabilelor lingvistice ale mărimilor de intrare și de ieșire, respectiv a regulilor de inferență pe baza cărora funcționează aplicația, *fuzzificarea* realizează conversia mărimilor de intrare în mulțimi fuzzy necesare efectuării *inferențelor* care determină concluziile și etapa *defuzzificării* realizează conversia concluziilor în mărimile de ieșire necesare.

Utilizarea logicii fuzzy și a rețelelor neuronale este cu atât mai necesară cu cât dezvoltarea sistemelor de conducere a dus la apariția a diverse strategii de conducere: de reglare sau urmărire, de optimizare, cu limitări, compuneri ale acestora, cu comportare variabilă sau invariabilă în timp, timpurile enumerate se schimbă în funcție de cerințele procesului, în cadrul aceluiași sistem de conducere.

Cap 2 Analiza metodelor de proiectare a matrițelor de injectat pentru materiale polimerice și stabilirea unei baze de date pentru programul *TimMold*

Matrițele sunt dispozitivele în care se obțin piesele din material plastic prin injectare și care sunt alcătuite de regulă din poanson, respectiv cavitate. În mod normal, producerea

matrițelor implică un cost mărit, acestea erau utilizate de regulă în producția de serie mare. În mod obișnuit, matrițele erau produse din oțel durificat, aluminiu și/sau aliaje de beriliu-cupru. Această alegere de materiale a fost una cu caracter economic – matrițele de metal costă mai mult, dar au o viață de utilizare mai lungă care se răsfrânge asupra numărului mare de piese produse înainte de distrugere. Matrițele din oțel rezistă mai puțin, dar acestea sunt bune pentru serii de câteva zeci și sute de mii de piese sau la piese de volum mare.

Factorii de influență ce pot avea un impact direct asupra injectării în matriță, respectiv asupra obținerii unei piese care să corespundă desenului de execuție sunt: geometria piesei, materialul ales, tipul matriței și tipul mașinii de injectare.

Primul factor care influențează injectarea în matriță este piesa. Aceasta la rândul ei este influențată de mai mulți factori.

Primul factor de influență îl reprezintă studiul preliminar al piesei de injectat ce se realizează în legătură cu forma, dimensiunile, materialul, greutatea, grosimea, cerințele funcționale impuse, precum și alte caracteristici ale acesteia.

Un alt factor de influență este materialul. Materialele plastice sunt o categorie unică de materiale, dar ele există în diferite și variate forme fizice, unele sunt dure și rigide, altele sunt moi și flexibile, unele sunt solide, altele au o structură celulară, unele sunt transparente, altele sunt opace. Toate materialele plastice fac parte dintr-o singură familie de materiale, cunoscută sub denumirea de polimeri. Aceasta familie de materiale include de asemenea cauciucul (atât cel natural, cât și cel sintetic), vopsele, adezivi și textile sintetice.

Polimer este termenul chimic pentru o substanță a cărei structură este formată din molecule în a căror componență intră unități mai mici care se repetă de foarte multe ori, fie sub forma unui lanț, fie sub forma unei rețele tridimensionale. Uneori, la aceste materiale se face referire ca polimeri sintetici organici, prin sintetic înțelegând că aceste materiale sunt create de om, iar pentru un chimist, termenul organic indică faptul că structura principală a moleculelor este predominant formată din atomi de Carbon. Unitatea mică care se repetă ca să formeze polimerul poartă denumirea de monomer, iar reacția chimică ce permite moleculelor de monomeri să se unească și să formeze polimeri poartă denumirea de polimerizare. Exemple de monomeri sunt stirenul și propilena, care după polimerizare devin polistiren, respectiv polipropilena.

Factorul numărul trei este mașina de injectat. În proiectarea unei matrițe prin injectare trebuie dată multă atenție proiectării cavității de matriță, aceasta influențând în mod direct întregul proces de formare prin injecție. Considerarea proiectării cavității în faza inițială a proiectului va duce la o calitate a produselor injectate, în proiectarea aceasta intrând anumiți factori.

Matrițele pot să aibă un cuib sau mai multe, în funcție de dimensiunile piesei și de mașina de injectat utilizată. Numărul optim de cuiburi pentru o matriță se stabilește pe baza unei analize comparative, ținând cont de următorii parametri: din condiția de a nu depăși capacitatea de plastifiere a mașinii, din condiția de a nu depăși volumul maxim de material V_{inj} pe care mașina îl poate transfera în matriță la o injectare, din condiția ca forța maximă de închidere F_i pe care o poate dezvolta utilajul să nu fie depășită ca valoare de forța generată de presiunea la care materialul plastifiat a umplut cavitatea cuibului (această forță rezultantă indusă de presiunea topiturii de polimer tinde să deschidă matrița) și din condiția de încadrare a matriței pe suprafața activă a platourilor mașinii.

Dimensiunea cuibului reprezintă un factor specific matriței și se cunoaște faptul că la producerea de piese mari (borduri de automobile, diverse carcase, tomberoane pentru deșuri etc.) nu poate fi vorba de mai multe cuiburi din cauza faptului că la fabricarea acestor piese, mașinile de injectat au dimensiuni mari de gabarit. În cazul pieselor de dimensiuni mici sau mijlocii, matrițele pot să aibă de la două până la câteva zeci de cuiburi. Dimensiunea cuibului are influență directă asupra realizării pastilei și totodată a întregii matrițe.

Rețelele de injectare sunt considerate a fi un element foarte important în proiectarea de matrițe și producția de piese din materiale termoplastice, din considerentul că alegerea unei rețele de injectare cu o anumită configurație respectiv secțiune, poate influența favorabil sau nefavorabil obținerea de piese injectate bune sau cu defecte. De asemenea, forma și dimensiunile alese pentru rețeaua de injectare influențează în mod direct curgerea materialului precum și umplerea cavităților matriței.

Procedeul de matrițare prin injectare are unele avantaje, printre care cele specifice injectării suplimentare cu o bună repartizare a presiunii în matriță și o mai redusă orientare a materialului, dar și dezavantaje, legate de o matriță mai complexă și mai puțin fiabilă asociată cu un slab control al presiunii și necesitatea unor lucrări de adaptare a mașinilor de injectat.

Dezvoltarea soft – urilor de proiectare din ultimele două decenii a dus la apariția pe piață a produse cu forme complexe care fără ajutorul calculatorului nu ar putea fi materializate. Noii proiectanții au ajuns la performanțe mult superioare folosind calculatoarele. Proiectarea asistată de calculator (CAD) folosește proprietățile matematice și grafice ale calculatorului pentru a ajuta inginerul proiectant în crearea, modificarea, analiza și prezentarea proiectelor. Mulți factori au contribuit în crearea tehnologiei CAD, care cu timpul a ajuns o unealtă indispensabilă în lume inginerescă. Rapiditatea de procesare a ecuațiilor și manevrarea bazelor de date ușurează foarte mult munca proiectantului. Combinarea creativității umane cu tehnologia oferită de calculator oferă soft-urilor CAD o continuă dezvoltare. Proiectarea asistată de calculator (CAD – Computer Aided Design) este, în prezent, din ce în ce mai des utilizată în domenii foarte diverse, în inginerie mecanică, arhitectură sau pentru design de produs, fiind un domeniu în plină evoluție. Totuși, transformările recente ale principalelor sisteme de proiectare asistată dovedesc faptul că domeniul CAD se află încă în plină evoluție. Aceasta privește atât arhitectura generală cât și

instrumente noi de modelare în sistemele de proiectare existente, cât și posibilitatea acestora de a crea nu numai simple schițe 2D cu hașuri și cote, ci, mai ales, modele geometrice solide și suprafețe, pe baza parametrilor indicați de inginerul proiectant.

Pașii prezentați în acest capitol stau la baza realizării unui program (*TimMold*) ce va ghida proiectantul de matrițe, îi va ușura munca și astfel va reduce timpul și costul proiectării unei matrițe. Pentru realizarea programului, s-a considerat necesară cercetarea realizată pe dimensionarea sistemului de injectat, adică a rețelei în matriță precum și factorii care pot influența aceste dimensiuni. S-au realizat *anexele* ce vor folosi la realizarea bazei de date și astfel la crearea programului **TimMold**.

Cap 3 Definirea obiectivelor și metodelor de cercetare doctorală

Sistemele expert permit optimizarea concepției și realizării produselor astfel încât dezideratul producției flexibile cu cheltuieli minime, de calitate și oferită în termene cât mai scurte beneficiarilor să devină tot mai mult o realitate palpabilă. Aceste sisteme, desi nu sunt de dată recentă, au încă o aplicare relativ limitată fiind accesibile îndeosebi specialiștilor din marile universități implicate în studiul acestora. Pentru mulți specialiști sistemele expert și mai ales pentru cei din întreprinderi mici și mijlocii sau chiar universități par încă o alternativă exotica deși avantajele oferite de ele sunt evidente.

Optimizarea unui proces de injectare a materialelor polimerice presupune o pregătire profesională adecvată a personalului și o bogată experiență individuală. Controlul individual al procesului de injectare pe baza încercărilor este în general consumator de timp. În general, această metodă de control este bazată pe intuiția operatorului și pe baza unor "reguli de aur", pe care operatorul le dezvoltă într-o anumită perioadă de timp, în timp ce lucrează cu diferite materiale, presiuni, temperaturi și setări de timp.

Sistemul expert în domeniul injectării materialelor polimerice are rolul de a ajuta utilizatorul (proiectant de matrițe, inginer de producție, operator), care nu întotdeauna este un „expert” în domeniu, în rezolvarea unor probleme asociate procesului de injecție. Acesta oferă informații referitoare la stabilirea unor parametri de lucru, la optimizarea procesului în vederea utilizării la maxim posibil a capacității de producție a mașinii de injectat.

În contextul și problematica de mai sus, obiectivul asumat al prezentei teze de doctorat a fost acela de a realiza o metodă de proiectare asistată de calculator folosind elemente specifice sistemelor expert în cazul injectării materialelor polimerice.

Ca și mod de rezolvare s-a avut în vedere conceperea unei platforme virtuale unde pe baza unor date de intrare (alegere tip suprafața de prelucrat, definiție dimensiuni

fabricatie, alegere material semifabricat, tratamentul termic aplicat placii) se obtin date de iesire legate de dimensionarea cavitatilor de matrita (definire produs, material, masina de injectat, retea injectare, dimensionare cuib, racire matrita si elemente de design produs si matrita), respectiv date de iesire privind fabricatia propriu-zisa a acestor cavitati de matrita.

Pentru realizarea prezentului soft de aplicatie prin implementarea unor elemente ale sistemului expert s-a avut in considerare folosirea a trei piese de configuratii diferite si cu grade de dificultate (in ceea ce priveste proiectarea, injectarea si scoaterea lor din matrita) diferite. Prin aceasta s-a incercat cuprinderea in aceasta aplicatie a celor mai des folosite familii de piese.

Cap 4 Conceperea elementelor unui sistem expert pentru injectare în matriță

Un sistem expert este un program care analizează cunoștințele și raționează pentru obținerea rezultatelor într-o activitate dificilă întreprinsă uzual doar de experți umani. Din punct de vedere funcțional un sistem expert este un program a cărui principală caracteristică este derivată din baza de cunoștințe, împreună cu un algoritm de căutare specific metodei de raționare.

O caracteristică esențială a sistemelor expert privește competența acestora de a furniza explicații asupra raționamentelor întreprinse pentru ajungerea la rezultat, explicații ce trebuie exprimate într-un limbaj cât mai apropiat de limbajul natural. Multitudinea problemelor de analizat determină și volumul mare al bazei de cunoștințe, însă un sistem expert trebuie să fie capabil să rezolve în aceeași măsură și problemele ce sunt afectate de cunoașterea incertă și incompletă. În aceste situații se pot utiliza *cunoștințe euristice* ce permit găsirea soluției potrivite fără ca aceasta să fie neapărat soluția optimă

Pe baza cercetărilor realizate în capitolul 2; capitol unde s-au identificat factorii care influențează procesul de injectare și care determină pașii necesari a fi parcurși pentru a proiecta o matriță de injectat, atât varianta clasică bazată pe calcul tabelar cât și varianta asistată de calculator... s-a realizat schema logică ce stă la baza programului **TimMold**.

Inginerul tehnolog specializat în procese de injectare ia în considerare toate aceste cerințe și are competența și obligația de a parcurge etapele prezentate în tabelul 4.1. Schema logică sistem expert în domeniul injectării materialelor polimerice cu datele de intrare și cu toate conexiunile dintre etape, date de intrare, surse de informare, decizii, respectiv rezultate ca și date de ieșire este prezentată în fig.4.4.

Sistemul expert (bazat pe cunoaștere), poate fi definit ca "un model și procedura asociată care prezintă în domeniul injectării materialelor polimerice un grad de expertiză în rezolvarea

problemelor, care este comparabilă cu cea a unui expert uman." Acesta constă practic într-o bază de date (cunoștințe) și un set de declarații "IF-THEN" (dacă-atunci), numit "reguli".

La crearea unui sistem expert se va stabili un set de reguli "IF-THEN" colectate de la experții din domeniu. Două dintre cele mai importante aspecte, care sunt esențiale pentru fiabilitatea acestui sistem bazat pe acest tip de reguli, constă în achiziția de cunoștințe și în reprezentarea cunoașterii.

Algoritmul descris în acest capitol este bazat pe logica fuzzy permite o îndrumare corect argumentată pentru proiectarea unei matrițe pornind de la alegerea piesei, materialului de injectare, tipul matriței și mașina de injectat. Baza de date ce stă la baza programului **TimMold** a fost realizată cu ajutorul informațiilor din capitolul 2.

Cap 5 Descrierea programului „TimMold”

Acest capitol pune accent pe de scrierea programului **TimMold**, sunt descriși în detaliu fiecare pas ce trebuie făcut de operatorul care pornește de la câteva detalii ce le are despre piesa supusă injectării și încet-încet alege materialul optim, mașina de injectat și dimensionează rețeaua de injectare. Pașii urmați cu ajutorul programului reduc cu mult varianta de proiectare clasică prin calcul tabelar. Programul, printr-un modul specializat prelucrărilor prin așchiere, permite realizarea unui plan tehnologic pentru cele două plăci de formare ale matriței.

Cap 6 Concluzii, contribuții originale și direcții viitoare de cercetare

Lucrarea se înscrie în contextul cercetărilor care au ca scop dezvoltarea produselor rezultate din procesele de injectare a materialelor polimerice prin folosirea unei platforme virtuale ce constituie în esență un sistem expert.

Se realizează analiza stadiului actual în domeniul sistemelor expert care există la ora actuală și impactul acestor sisteme în domeniul industrial. Sunt prezentate particularitățile acestor sisteme expert cu avantajele și dezavantajele lor.

S-a realizat un **program numit TimMold** ce ajută operatorul la proiectarea matrițelor de injectare și la planificarea tehnologică a fazelor de prelucrare a plăcilor de formare (cavitate și poanson).

Programul expert **TimMold** conceput și dezvoltat pe baza implementării unor proceduri specifice sistemelor expert este versatil, prietenos în aplicare oferind adesea utilizatorului alternativa care să stimuleze creativitatea acestuia.

Este un instrument de lucru alternativ proiectanților din întreprinderi specializate care folosesc frecvent softuri profesionale elaborate și costisitoare.

Este un instrument foarte util și recomandat celor ce lucrează în IMM-uri a căror disponibilitate financiară și de personal specializat este limitată în același timp.