# UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA

# FACULTATEA DE MECANICĂ

Ing**. ROTAR Ioan Daniel**

**REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT**

TITLUL TEZEI: **STUDIUL CURGERII MATERIALULUI PLASTIC PRIN REȚELE ȘI CAVITĂȚI CU APLICAȚIE LA**

**MICROINJECTARE**

Coordonator științific:

Prof. Dr. Ing. **ICLĂNZAN Tudor Alexandru**

Timișoara 2011

**CUPRINS**

Introducere

Capitolul I – NOȚIUNI FUNDAMENTALE DE REOLOGIE ȘI PROPRIETĂȚI

DE CURGERE A MATERIALELOR POLIMERICE.

Capitolul. II.-CURGEREA MATERIALELOR TERMOPLASTICE PRIN

REȚELELE ȘI CAVITĂȚILE MATRIȚELOR.

Capitolul III.-MICROINJECTAREA. PARTICULARITĂȚI ȘI APLICAȚII

ALE PROCESULUI DE MICROINJECTARE.

Capitolul. IV. - OBIECTIVUL CERCETĂRII DOCTORALE

Capitolul. V.-REALIZAREA UNEI PLATFORME EXPERIMENTALE

PENTRU MICROINJECTARE

Capitolul. VI.-SIMULAREA CURGERII ÎN PROCESUL MICROINJECTĂRII

UTILIZÂND MEDIUL CAE

Capitolul. VII.-PARTICULARITĂȚI ÎN FABRICAȚIA UNEI MATRIȚE

EXPERIMENTALE

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

ANEXE

***Introducere***

Procedeul de microinjectare reprezintă în zilele noastre un proces inovativ, de actualitate, în rând cu tehnologiile moderne de obținere a reperelor din materiale polimerice utilizate în industriile actuale. Acest procedeu a luat amploare în anii 90 în America, Germania și Japonia și adevăratele realizări la acea vreme au fost minimalizarea diferitelor produse din domeniul militar (telefoane, stații de emisie recepție, elemente de stocare a datelor etc )pe care astăzi le putem găsi în comerț fără prea mari probleme.

La noi în țară cunoștințele privind acest domeniu sunt precare deoarece majoritatea centrelor universitare și nu numai lucrează cu piese din material polimeric , utilaje și scule de dimensiuni “normale”. Piesele normale sunt considerate piese ce au o greutate peste un gram și dimensiuni ce depășesc un volum de 1cm3, utilajele normale (mașini de frezat sau centre cu comandă numeric, mașini de injectat etc) sunt considerate utilaje cu o greutate ce depășește deseori 500kg sau câteva tone și lucrează cu scule specific normale. Pentru a explica mai bine ceea ce am dorit să pun în evidență este faptul că în cazul procedeului de microinjectare mașinile de injectat pot să aibă 50kg sau chiar mai puțin, iar sculele pentru prelucrarea cavităților de matriță pe mașini de frezat de exemplu nu pot fi încadrate în limitele normale dacă sunt sub 1mm. Pentru astfel de scule care pot să aibă diametre de prelucrare sub 1mm sunt necesare cunoștințe specializate privind regimurile de funcționare respectiv vitezele la care aceste scule pot fi exploatate.

În conformitate cu problemele și nevoile referitoare la acest domeniu de mare interes **obiectivul prezentei teze de doctorat a fost acela de a studia procedeul de microinjectare cu tot ceea ce implică acesta, curgerea materialelor plastice prin rețele și cavități pentru piese miniaturale din diverse domenii utilizând un soft specializat, realizarea unor pastile amovibile și a unei matrițe destinate procesului microinjectării.**

Pentru rezolvarea obiectivului propus a fost nevoie de utilizarea unui soft specializat în realizarea unor simulări de curgere (Autodesk Moldflow), a unor softuri, scule, mașini și utilaje din laboratorul de Prototipare Rapidă, TCM și Plasturgie precum și achiziționarea diverselor produse din fonduri proprii sau diverse granturi.

Teza de doctorat cuprinde 7 capitole la care au fost atașate și documentații de tip anexă (anexa1-anexa6) având 252 pagini, 133 de figuri, 23 de tabele și o bibliografie de 234 referințe.

Capitolul I – NOȚIUNI FUNDAMENTALE DE REOLOGIE ȘI PROPRIETĂȚI

DE CURGERE A MATERIALELOR POLIMERICE.

Capitolul prezintă prezintă în primul subcapitol aspecte teoretice privind reologia materialelor polimerice cu definirea noțiunii de reologie, introducerea în aceasta realizându-se cu ajutorul prezentării diverșilor parametrii utilizați în acest domeniu.

Prin urmare în următorul subcapitol sunt prezentate noțiunile de vâscozitate, deformație, curgere, elasticitate, vâscoelasticitate, elastorplastice, relaxare, densitate, fluaj toate acestea făcând referire la materialele polimerice.

Introducerea în tipul de fluide în cazul materialelor polimerice este evidentă în următorul subcapitol. În acesta sunt prezentate fluidele de tip newtonian și nonnewtonian pentru care sunt prezentate diverse formule matematice care sunt utilizate în cadrul mecanicii fluidelor în reologie. Prin formule sunt prezentate fluidele compresibile, incompresibile și sunt prezentate Ecuațiile lui Navier-Stokes respectiv ale lui Poisseuille și Hagen-Poisseuile. Subcapitolul continuă prin prezentarea fluidelor nonnewtoniene (soluții, noroiul, topitura de polimer, diverse paste și sângele) care pot fi independente de timp sau dependente de timp. La aceste tipuri de fluide cu ajutorul relațiilor matematice se definesc diverse modele matematice.

Ultimul subcapitol prezintă modele matematice care sunt utilizate în cazul programelor de simulare specifice curgerii materialului polimeric. Astfel se prezintă următoarele modele: modelul Navier-Stokes, modelul fluidului vâscos non-newtonian, modelul Hele-Shaw și modelul lui Ostwald de Waele.

Capitolul. II.-CURGEREA MATERIALELOR TERMOPLASTICE PRIN

REȚELELE ȘI CAVITĂȚILE MATRIȚELOR.

Capitolul prezintă noțiuni privind tipul materialelor polimerice, comportamentul și condițiile termodinamice la curgere al acestora și diveși factori care pot să influențeze materialul polimeric în procesul injectării. Sunt definite noțiuni ca polimerizarea, termoplaste, termorigide, elastomeri, cristalinitate, policristalinitate, polimeri pe bază de cristale lichide, etc.

Din perspectiva caracteristicilor de curgere a materialelor polimerice sunt prezentate noțiunile de indice de curgere, masă moleculară, absorbția de apă, greutatea medie a masei molare ș.a. Tot din această perspectivă se prezintă stările care pot să apară în cazul materialelor polimerice (stare fizică, cristalină, vitroasă, înalt elastică, vâscoelastică etc) și temperaturile utilizate în proces.

Sunt prezentate o serie de caracteristici chimice privind materialele polimerice cum ar fi dinamica lanțurilor moleculare, modul de încâlcire a firelor, teoria moleculară a detensionării și alungirii. Pe lângă aceste caracteristici sunt evidențiate și caracteristicile granulelor, proprietățile termice care influențează polimerul, orientarea și contracția materialului și cristalizarea.

În ultimul subcapitol al prezentului capitol se introduc noțiuni privind rețelele de injectat cu prezentarea tipului acestora și elementele componente ale acestora. Un alt aspect prezentat în acest capitol îl reprezintă diversele informații oferite cu privire la tipurile de diguri utilizate la injectare și importanța acestora în studiul reologic al curgerii.

Capitolul III.-MICROINJECTAREA. PARTICULARITĂȚI ȘI APLICAȚII

ALE PROCESULUI DE MICROINJECTARE.

Prima parte a capitolului se axează pe noțiunile introductive privind procesul de microinjectare, diferențele față de injectarea convențională, cerințele restrictive și particularitățile procesului. Dintre particularitățile procesului amintim diversele tipuri de mașini de injectat asupra cărora se insistă, materialele termoplastice utilizate în proces și modul de realizare al cavităților miniaturale ale matrițelor specifice procesului microinjectării. Cu privire la sculele așchietoare utilizate în procesul microinjectării amintim faptul că acestea sunt specializate, procesul de realizare a lor este dificil, au un preț de cost ridicat iar durata de viață a acestora este scăzută.

Un factor de o deosebită importanță privind microinjectarea îl reprezintă temperatura matriței în cadrul procesului care se alege de regulă apropiată de temperatura de tranziție a materialului termoplastic ce se injectează. De asemenea în comparație cu injectarea convențională răcirea la microinjectare se realizează instantaneu nefiind nevoie de un anumit timp pentru răcire.

A doua parte a capitolului prezintă domeniile de aplicabilitate în care sunt utilizate aceste piese miniaturale. Astfel în industria auto respectiv aerospațială sunt prezentate piese miniaturale de tipul butoanelor de comandă, elice, roți dințate, ace indicatoare etc. În industria electronică dintre piesele miniaturale prezentate amintim: mufe diverse, conectori, pompe etc. Se specifică faptul că în acest domeniu microcomponentele sunt de regulă utilizate în cadrul telefoniei mobile, telefoniei fixe, a aparatelor foto, video, calculatoarelor etc. În industria optică micropiesele utilizate sunt diverse tipuri de lentile utilizate la microscoape, telescoape, binocluri, etc. De asemenea tot aici amintim scrierea CD/DVD-urilor care se consideră a fi microinjectare deoarece scrierea pe aceste repere se realizează la o adâncime de 120nm. În industria medicală componentele obținute prin procedeul de microinjectare sunt de tipul seringilor, acelor, clemelor, micropompelor, pieselor pentru implanturi, diverse tuburi etc. Industria recerațională sau a jucăriilor prezintă o serie de repere diverse specifice/destinate unei anumite vârste de copii.

Capitolul. IV. - OBIECTIVUL CERCETĂRII DOCTORALE

Capitolul IV prezintă în mai puțin de două pagini modul de abordare al problemei microinjectării, care este metodologia de lucru pentru rezolvarea problemelor propuse în cadrul tezei și descrierea platformei operaționale/experimentale existente în cadrul Universității Politehnica din Timișoara, secția Mecanică la Catedra de Tehnologia Construcțiilor de Mașini.

Se definește platforma experimentală alcătuită din software și hardware pe care se vor realiza încercările propuse spre finalizarea prezentei lucrări.

Capitolul. V.-REALIZAREA UNEI PLATFORME EXPERIMENTALE

PENTRU MICROINJECTARE

Capitolul V prezintă la început noțiuni elementare privind concepția și proiectarea unei matrițe în medii CAD prin metode clasice sau moderne în care softul utilizat dispune de elemente standardizate specifice matrițelor pentru injectat. Se prezintă elementele componente ale unei matrițe precum și factorii care influențează concepția matrițelor.

Capitolul prezintă o abordare specifică de încercare a proiectării unor pastile care să fie destinate procesului de microinjectare. Mai exact se urmărește proiectarea unor pastile amovibile destinate implementării pe o matriță experimentală pentru microinjectare. Sunt proiectate diverse tipuri de rețele de înjectat precum și pastile pe care aceste rețele vor fi realizate. Sunt prezentate o serie de pastile diverse ce prezintă cavități specifice rețelelor de injectat. Pe lângă proiectarea rețelelor și a pastilelor se proiectează o serie de modele referențiale din patru mari industrii: vestimentară, auto, IT și mecanică.

Pentru toate aceste modele de rețele respectiv pentru reperele proiectate sau modelele referențiale se vor realiza simulări de curgere în mediul de simulare cu element finit Autodesk Moldflow.

Capitolul se încheie cu proiectarea unei matrițe specifice procedeului de microinjectare și cu evidențierea cotelor acesteia.

Capitolul. VI.-SIMULAREA CURGERII ÎN PROCESUL MICROINJECTĂRII

UTILIZÂND MEDIUL CAE

Capitolul VI al lucrării prezintă noțiuni teoretice introductive privind mediul CAE și analiza cu element finit. Sunt puse în evidență caracteristicile programelor destinate simulării curgerii materialelor polimerice (MoldFlow, VisiFlow, Simpoe și Moldex3D). Deoarece astfel de programe prezintă un cost ridicat și este nevoie de cunoștințe specializate pentru utilizarea lor, singurul soft acceptabil pentru realizarea încercărilor fost Autodesk MoldFlow.

Din titlul tezei de doctorat “Studiul curgerii materialului plastic prin rețele și cavități cu aplicație la microinjectare” se constată că unul dintre principalele obiective ale acestei lucrări îl reprezintă simularea curgerii prin rețelele de injectat urmată urmată de simulări realizate pe modele de piese.

Pentru a atinge obiectivul privind curgerea prin rețele modul de lucru a fost în implementarea unor tipuri de rețele specifice microinjectării la diametre sub cele convenționale cunoscute la care să se calculeze lungimea maximă a rețelei în funcție de vâscozitatea materialului. Pentru a realiza acest fapt a fost utilizată o progresie aritmetică cu o rație diferită privind lungimea maximă de rețea pentru materiale cu vâscozitate diferită (vs. ridicată sau vs. scăzută) pentru diametre ale rețelei cuprinse între 3mm-0,1mm. În cadrul simulărilor realizate prin rețelele de injectat se constată că pentru cele două tipuri de materiale utilizate s-au folosit zece materiale polimerice pentru încercări. Astfel în cazul materialelor polimerice cu vâscozitate ridicată au fost utilizate patru materiale polimerice iar în cazul materialelor cu vâscozitate scăzută au fost utilizate șase materiale polimerice. În urma realizării simulărilor de curgere au fost trase diverse concluzii privind materialul optim utilizat sau modul de evoluție al timpului de injectare pe repere de diverse dimensiuni.

Prezentul capitol se încheie cu realizarea unor simulări de curgere pentru o serie de modele referențiale proiectate în capitolul anterior. Astfel din baza de date a programului Autodesk MoldFlow sunt selectate un număr de 63 de materiale din peste 20 de familii. Sunt realizate simulări de curgere pentru trei piese din industria vestimentară pentru care au fost utilizate un număr de 19 materiale. Pentru industria auto sunt realizate simulări de curgere pe un număr de patru modele referențiale iar numărul de materiale utilizat este de 24. Din industria IT au fost alese o serie de șase modele referențiale pentru care au fost utilizate un număr de cca 30 materiale. În cazul industriei mecanice au fost utilizate o serie de patru modele referențiale în simulări utilizându-se un număr de 14 materiale polimerice. De asemenea au fost realizate o serie de simulări de curgere pentru matrițe cu mai multe cavități/cuiburi pentru care s-a urmărit timpul de injectare și dacă există posibilitatea umplerii cavităților.

Capitolul. VII.-PARTICULARITĂȚI ÎN FABRICAȚIA UNEI MATRIȚE

EXPERIMENTALE

Ultimul capitol al tezei prezintă modul de realizare, problemele întâlnite și soluțiile găsite în uzinarea diverselor tipuri de pastile amovibile din diverse materiale.

Astfel capitolul începe prin prezentarea sculelor așchietoare și a mașinilor unelte utilizate în realizarea pastilelor amovibile propuse. Urmează prezentarea modului de realizare al unei matrițe din material polimeric de tip machetă pe microfreza MF70, care să reprezinte suportul sau punctul de plecare în realizarea unei matrițe din oțel. Sunt prezentate apoi modurile de realizare ale pastilelor amovibile din aluminiu respectiv oțel pe mașinile CNC ISEL din dotarea laboratorului de Prototipare Rapidă respectiv Plasturgie ce fac parte din platforma experimentală prezentată.

După realizarea pastilelor amovibile se prezintă modul de uzinare al matriței pentru microinjectare realizată din oțel specificând diverse dimensiuni pe care aceasta le prezintă.

Capitolul se încheie prin prezentarea metodologiei de obținere a unei matrițe pentru microinjectare, în colaborare cu o firmă din domeniul industrial (ESSER) destinată obținerii de piese de tip conectori utilizați în industria auto.

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

În finalul lucrării sunt evidențiate ***Concluziile și contribuțiile personale*** în urma studiului realizat în domeniul microinjectării și sunt precizate direcțiile viitoare de cercetare în urma rezultatelor obținute. Dintre acestea amintim: realizarea unui studiu teoretic privind procedeul de microinjectare cu tot ceea ce implică acesta, definirea unei platforme experimentale care să reprezinte suportul pentru ceea ce se dorește a fi realizat, cercetări experimentale realizate pe rețele și modele referențiale din diverse domenii utilizând programul MoldFlow, fabricarea unei matrițe experimentale din material polimeric destinată microinjectării, realizarea unor pastile amovibile din diverse materiale, realizarea unei matrițe din oțel destinată microinjectării și aplicabilitatea studiului cercetării în domeniul uzinal.

Cele 12 Anexe de la sfârșitul prezentei lucrări de doctorat au menirea să întărească obiectivele propuse și realizate prin informațiile pe care le oferă.