

STABILIREA ÎNCĂRCĂRII TERMICE PENTRU O MATRIȚĂ DE INECȚIE UTILIZÂND SIMULAREA PRIN MEF

ENE Alexandru¹, FRÂNCU Florin²

Conducător științific: **Sl.Dr.Ing. Daniel VLASCEANU**

REZUMAT: Prezenta lucrare are în vedere realizarea modelului de calcul pentru o matriță de inecție ce realizează repere pentru industria AUTO. Procedul de formare prin inecție presupune introducerea sub presiune a materialului pe bază de compuși macromoleculari, adus în stare de curgere, într-o matriță de formare. Astfel, în momentul realizării inecției, pe cavitatea matriței vor apărea încărcări datorate temperaturii de inecție. Schimbarea geometriei matriței la solicitările termice influențează în mod direct geometria reperului inecat, scopul prezentei lucrări fiind acela de a determina deformațiile maxime ce apar pe cavitatea matriței sub acțiunea temperaturii de inecție. Modelul de calcul al matriței a fost realizat cu ajutorul programului de analiză cu element finit Ansys, interfața Workbench 15.0, pornind de la modelul CAD al matriței.

CUVINTE CHEIE: matriță de inecție, metoda elementelor finite, analiză termică,

1 INTRODUCERE

Prelucrarea prin inecție este unul din cele mai des întâlnite proceduri utilizate în industria construcției de autovehicule. Pentru realizarea procedurii este necesară folosirea unei matrițe, în care va fi inecat la o anumită presiune și temperatura materialul plastic. Datorită solicitărilor termice, pe cavitatea matriței vor apărea deformații. Aceste deformații pot influența geometria reperului inecat. Prin prezenta lucrare se dorește stabilirea încărcărilor termice și a deformațiilor ce apar la interiorul cavității unei matriței de inecție cu ajutorul programului de analiză cu element finit Ansys, interfața Workbench 15.0. Metoda elementelor finite este o metodă generală de rezolvare aproximativă a ecuațiilor cu derivate parțiale care descriu sau nu fenomene fizice. Principial, metoda elementelor finite constă în studiul pe porțiuni ale domeniului de interes și recompunerea domeniului de studiu, respectând anumite cerințe matematice. Pentru determinarea încărcărilor ce apar pe cavitatea matriței programul ANSYS Workbench în versiunea 15.0. ANSYS este un program de analiză, ce folosește metoda elementelor finite, utilizat pe scară largă în industrie și cercetare cu scopul de a simula răspunsul unui sistem fizic solicitat mecanic, termic sau electromagnetic.

Analiza termică presupune în general două tipuri de calcule, și anume:

- În regim tranzitoriu;
- În regim staționar.

Analiza termică staționară (statică) este utilizată pentru determinarea distribuției de temperatură, gradienti termici și flux termic în structuri care sunt în echilibru termic. Încărcările considerate sunt: flux termic convectiv, flux termic generat, radiații, temperaturi impuse etc. Se poate face analiză liniară sau neliniară.

Analiza termică tranzitorie este utilizată pentru determinarea gradientului termic, fluxului termic, în structuri cu încărcări dependente de timp. De asemenea, aceasta poate fi liniară sau neliniară. Pentru prezentul proiect se va realiza modelul virtual-geometric al matriței pornind de la modelul geometric al reperului de inecat. Modelul geometric va fi realizat cu ajutorul programului CAD Catia V5. Pe baza modelului geometric se va construi modelul de calcul în Ansys. Analiza termică efectuată se va realiza în regim tranzitoriu și are ca scop afișarea distribuției de temperatură pe cavitatea matriței, pe o perioadă de 30 de secunde (timp necesar realizării inecției și răcirii). Ulterior analiza termică va fi cuplată cu o analiză statică în scopul obținerii deformațiilor maxime pe cavitatea matriței.

¹ Specializarea Managementul Intreprinderilor Industriale Virtuale, Facultatea IMST;

E-mail: enealecsandru91@yahoo.com;

STABILIREA INCARCARI TERMICE PENTRU O MATRITA DE INJECTIE UTILIZAND SIMULAREA PRIN MEF

2 ROLUL FUNCȚIONAL AL PIESEI REALIZATE PRIN INECȚIE ÎN MATRIȚĂ

Reperul injectat (figura 1) este situat în exteriorul autovehiculului, pe haion, și asigură următoarele funcții:

- Funcția de element decorativ;
- Reprezintă interfața dintre cheie și butucul ușii;
- Asigură deschiderea și închiderea ușii portbagajului;
- Poate asigura funcția de marketing.

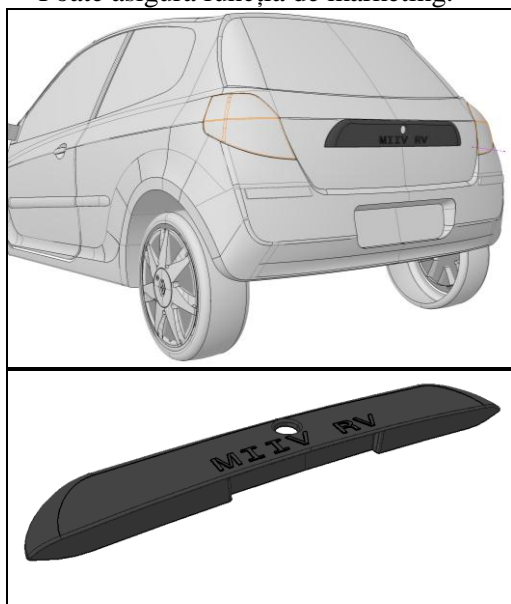


Fig. 1. Reper de injectat

Materialul din care se va realiza reperul va fi ales în funcție de rolul funcțional al piesei și poziționarea acesteia în cadrul autovehiculului (accesorii exterioare).

2.1 Alegerea materialului pentru confecționarea reperului

Mai jos sunt prezentate câteva materiale uzuale utilizate pentru construcția reperelor din industria auto.

2.1.1 Polietilena (PE)

Poate apărea în 3 forme de bază:

- Polietilena de joasă densitate sau LDPE
- Polietilena cu densitatea liniară scăzută: LLDPE
- Polietilena de înaltă densitate: PEHD

În aplicațiile auto, polietilena de înaltă densitate este folosită aproape exclusiv, deoarece prezintă o bună rezistență mecanică și chimică, și are un cost scăzut.

2.1.2 Polipropilena (PP)

Polipropilena prezintă o mai bună rezistență la căldură decât polietilena, un cost redus și un modul de elasticitate superior. Acest material poate fi folosit atât pentru componentele situate la interior cât și pentru componentele exterioare ale autovehiculului.

2.1.3 Acrilonitril-butadiena-stirenul (ABS)

ABS-ul este folosit de asemenea atât pentru piese situate în interiorul autovehiculului cât și pentru piese situate la exteriorul acestuia. Una din principalele dezavataje ale acestui material îl reprezintă rezistența redusă la radiațiile ultraviolete.

2.1.4 Poliamida (PA)

Aplicații uzuale ale poliamidelor se întâlnesc la capacele motoarelor, carcase de filtre de aer, mecanisme ale instrumentelor de bord, etc.

2.1.5 Poliacetalul (POM)

Rezistența chimică la acizi și baze alcaline este limitată, însă, comportamentul chimic față de combustibilii auto este excelent; acest fapt determină, utilizarea acestuia în construcția de carcase pentru pompe de combustibil, senzori, etc.

Pentru reperul de injectat se va alege ca material polietilena de înaltă calitate pentru care se cunosc următoarele caracteristici:

Tabelul 1. Caracteristici polietilena HDPE

Caracteristici	
Densitate	0,94 - 0,96 G/cm ³
Volum specific	1,05 - 1,07 cm ³ /g
Rezistența la tracțiune	20 – 30 MPa
Alungire la rupere	50 - 1000 MPa
Modul de elasticitate la tracțiune	400 – 1000 MPa
Conductivitate termică	11 - 12,4 10 ⁻⁴ cal·s/cm·°C
Caldura specifică	0,46 - 0,55 cal· g·°C
Coeficient de dilatare termică liniară	11 – 13 10 ⁻⁵ /°C
Temperatura de topire	160 ⁰ C

3 MODELAREA CAD A REPERULUI REALIZAT PRIN INJECTIE IN MATRITA

Modelul CAD a fost realizat cu ajutorul aplicației Catia V5 de la firma DASSAUL SYSTEMS. Pentru modelarea reperului ales s-au folosit modulele: Part Design și Generative Shape Design.

3.1 Construcția reperului

În prima etapă a construcției am alocat un volum specific, după care am construit suprafața exterioară a piesei. Pasul trei a fost realizarea unui model solid pornind de la suprafața construită anterior iar ultimul pas a fost realizarea detaliilor. Mai jos sunt prezentați pașii de lucru pentru realizarea modelului CAD al reperului injectat.

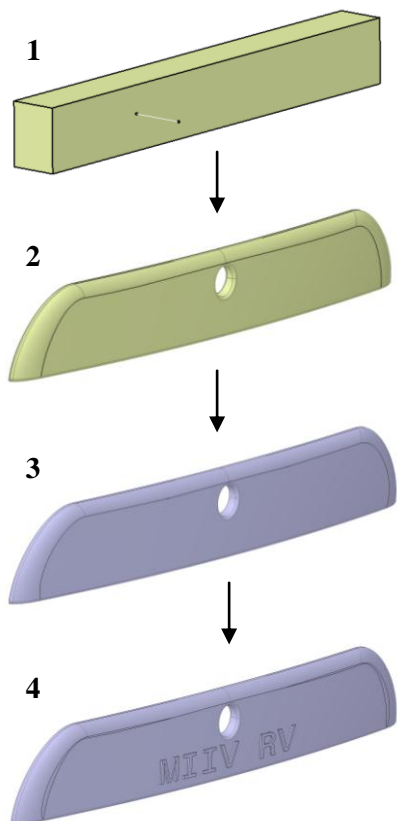


Fig. 2. Pașii de lucru pentru construcția reperului

3.2 Verificarea modelului

Pentru stabilirea modului de construcție al cavităților matriței de injecție, trebuie în prealabil determinat planul de separație optim, precum și axa de demulare.

În acest scop am utilizat funcția Reflect line, a softului de proiectare, pentru a genera în funcție de direcția de tragere specificată, conturul planului de separație. În figura 3 este prezentată axa de demulare după care s-a obținut planul de separație. Axa de demulare se alege în funcție de

materialul folosit. În cazul nostru axa de demulare a fost aleasă la un unghi de 3° față de axa Y.

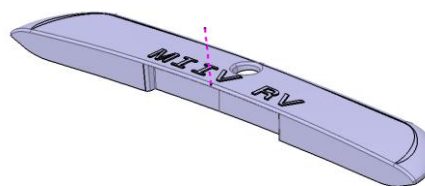


Fig.3. Prezentarea unghiului de extracție

În figura 4 este prezentată comanda "Reflect line", folosită pentru obținerea planului de separație.

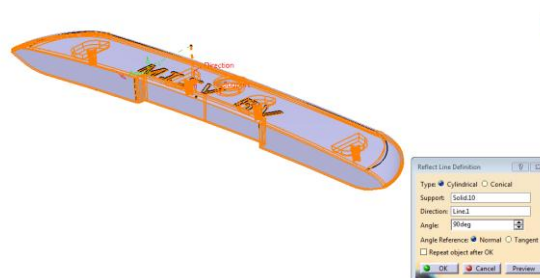


Fig.4. Comanda reflect line

În figura 5 este prezentat modelul obținut alături de planul de separație optim și axa de demulaj.

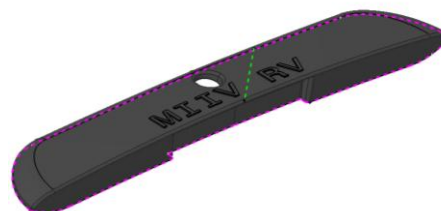


Fig.5. Prezentarea reperului final obținut

Etapă finală pentru verificarea modelului este reprezentată de determinarea unghiului de extracție (unghiul de demulare). Această verificare se realizează în modulul Part Design, prin comanda Draft Analysis. În figura 6 este prezentată verificarea reperului la un unghi de demulare de 3° . Culoarea verde este atribuită suprafețelor demulabile. Culoarea roșie apare în zonele în care nu există unghi de demulare și astfel există riscul ca reperul să nu iasă din matriță; iar culoarea albastră prezintă zonele nedemulabile.

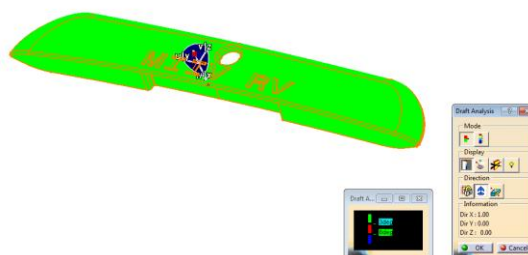


Fig.6. Verificarea demulabilității piesei

STABILIREA INCARCARI TERMICE PENTRU O MATRITA DE INJECTIE UTILIZAND SIMULAREA PRIN MEF

4 REALIZAREA MODELULUI VIRTUAL AL MATRIȚEI.

Prototipul virtual al matritei s-a construit pe baza reperului injectat realizat anterior. Gemoetria acesteia a fost construită tot in aplicatia CAD Catia V

Matrita prezintădoua elemente principale:

- Semi - matrita fixă;
- Semi – matrita mobilă.

In figura 7 este prezentat modelul virtual al matritei realizată in Catia. In figura 8 este prezentată o vedere explodată a matritei si reperul de injectat.

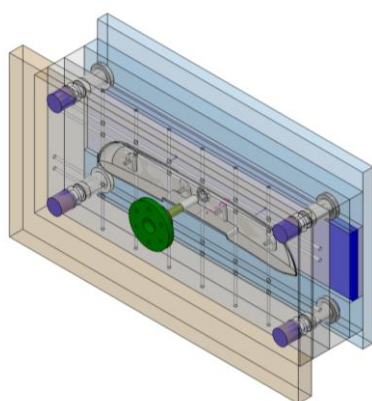


Fig.7. model virtual matrita

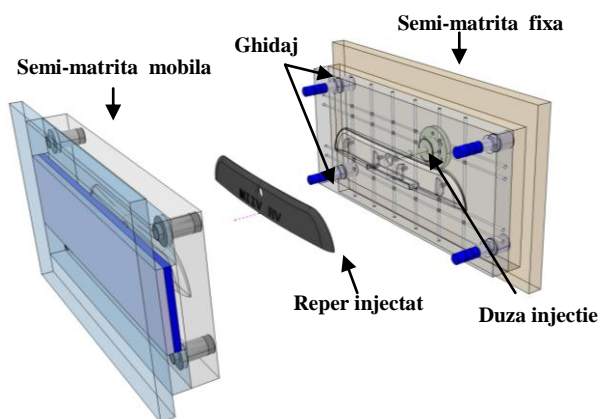


Fig.8. Componente matrita si reper injectat

Analiza numerica ce urmeaza a fi efectuată cu ajutorul programului Ansys presupune eliminarea tuturor componentelor care nu influentează rezultatele căutate. Scopul analizei este determinarea deformatiilor ce apar sub actiunea sarcinilor termice. Piesa analizată este semi-matrită mobilă, prezentată in figura 9. Geometria creată in Catia va fi salvată în formatul neutru .stp și apoi importată în Ansys.

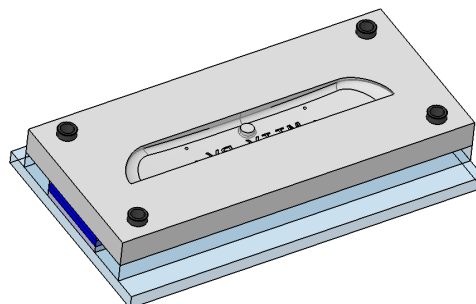


Fig.9. Modelul geometric ce urmează a fi analizat

5 VERIFICAREA MODELULUI NUMERIC AL MATRIȚEI

5.1 Generalități

Modelul geometric al semi-matritei mobile va fi analizat prin Metoda Elementelor Finite.

Metoda elementelor finite este cea mai folosită metodă numerică pentru calculul structurilor. Concepută inițial pentru calcule în domeniul mecanic, liniar-elastic, metoda a fost extinsă și generalizată. Metoda poate fi aplicată în domenii ca:

- Inginerie;
- Medicină;
- Tehnica nucleară;
- Mecanica solurilor și a rocilor.

Scopul inițial al calcului prin MEF a fost determinarea deformațiilor și a stării de tensiuni ale structurilor pentru care este valabilă legea lui Hooke (structuri sollicitate în domeniul liniar elastic) pentru materiale izotrope . MEF se bazează pe concepte de maximă generalitate (principiul mecanicii solidului deformabil, calculu matriceal și metode numerice de interpolare).

Programele de inginerie asistată de calculator prin MEF presupun trei etape mari:

1. Preprocesarea (construirea geometriei sau a modelului și asocierea proprietăților fizice și a condițiilor în care va lucra).
2. Rezolvarea propriu-zisă.
3. Post-procesarea: prezentarea rezultatelor într-o formă grafică.

Organigrama unei simulari prin MEF este prezentată în figura următoare:

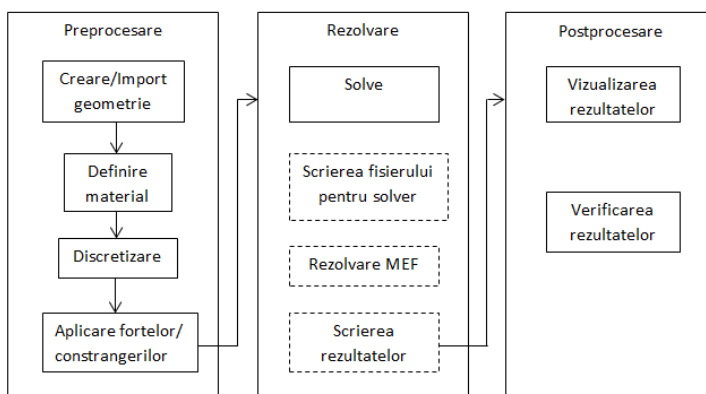


Fig.10 . Organigrama simulării prin MEF

5.2 Etapele de lucru

Prima etapă a analizei constă în importarea modelului geometric. Piesa salvată în formatul neutru .stp va fi importată în programul de analiză cu element finit Ansys prin comanda “Import into project...”.

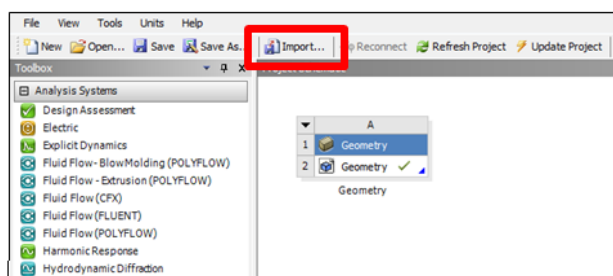


Fig.11 . Importarea geometriei

A doua etapă constă în alegerea tipului de analiză efectuată. Pentru stabilirea încărcărilor termice asupra semi-matriței mobile se va realiza o analiză cuplată termic+static. Analiză termică are ca scop afișarea distribuției de temperatură în structura analizată, iar analiza statică va afișa deformațiile ce apar ca urmare a solicitărilor termice.

În figura 12 este prezentat modul de selectare și cuplare a celor două analize.

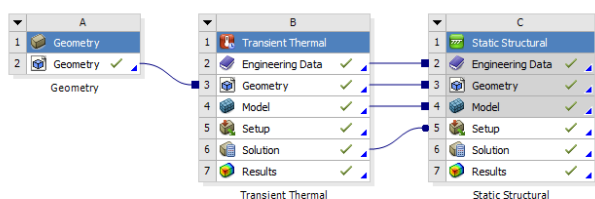


Fig.12:Analiza combinată Termic+Static

5.3 Realizarea discretizării

Pentru calculul prin MEF, structura continuă se înlocuiește cu un model de calcul discontinuu, sau discret. Discretizarea reprezintă aproximarea modelului geometric printr-o rețea cu un număr mare, dar finit de elemente cu o

configurație geometrică simplă. Intersecția dintre elementele rețelei de discretizare formează noduri.

Discretizarea trebuie să se muleze cât mai bine pe geometria structurii și să o aproximeze cât mai exact. Elementele prin care se face aproximarea geometriei poartă numele de elemente finite.

Pentru piesa aleasă am folosit o discretizare de tip Hex Dominant. Fără a umbla la setările de control al discretizării, modelul discretizat este prezentat în figura 11 discretizare implicită-Automatic. În figura 12 este prezentat modelul cu o discretizare controlată. Metoda de discretizare este Hex Dominant combinată cu opțiuni legate de mărimea elementelor (element size 15 mm) și tipul discretizării (Relevance Center)- discretizare fină.

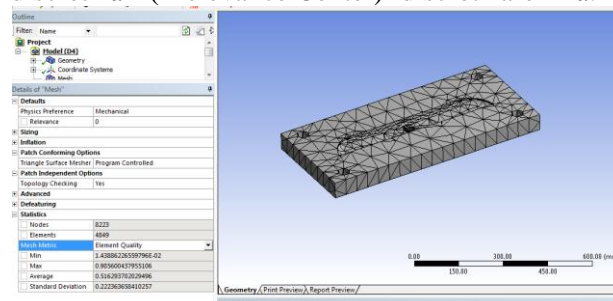


Fig.13:Discretizare automată

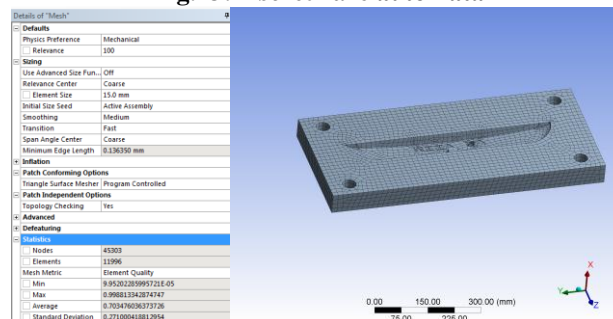


Fig.14:Discretizare controlată

Activarea vizualizării grafice a calității discretizării se poate face procentual, sau numeric din Mesh>details of “Mesh”>Statistics>Mesh Metric > Element Quality.

În figura 13 este prezentat graficul discretizării. Calitatea obținută pentru discretizare

STABILIREA INCARCARI TERMICE PENTRU O MATRITA DE INJECTIE UTILIZAND SIMULAREA PRIN MEF

este de 70%, discretizare ce ne permite realizarea analizei structural propuse. Numărul de noduri obținut este de 45303, iar numărul de elemente 11996.

încat să simuleze cât mai corect injecția și răcirea matriței.

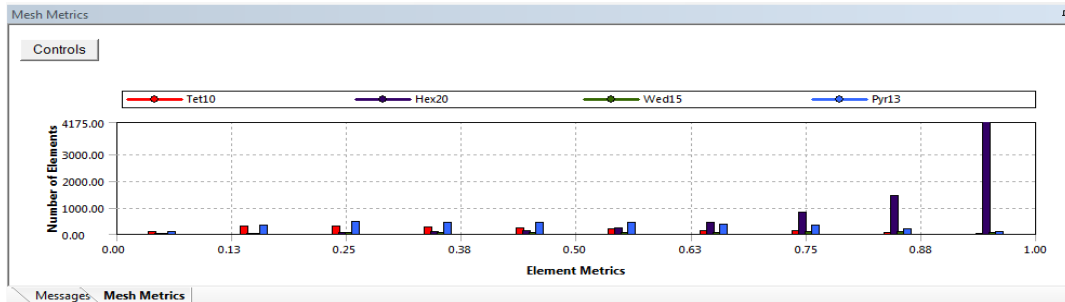


Fig.13. Graficul discretizării controlate

5.4 Aplicarea solicitărilor și blocajelor

Pentru analiza termică, în regim tranzitoriu, va fi aplicată o temperatură de 160°C pe suprafața cavitatea interioară a matriței, vezi figura 14, și se va defini parametrii de timp pentru care temperatura oscilează.

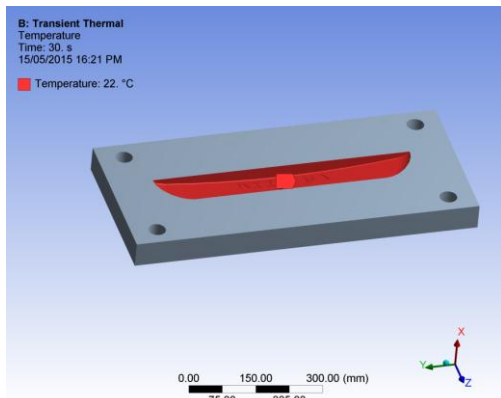


Fig.14. Aplicarea temperaturii pe cavitatea matriței

Mai jos sunt prezentați parametrii analizei efectuate.

Steps	End Time [s]	Temperature [°C]
1	5.	160.
2	25.	160.
3	30.	22.

Fig.15. Parametrii introduși

Astfel se va defini un palier de temperatură, alcătuit din trei etape. În prima etapă are loc încălzirea matriței de la temperatura de 20°C la 160°C pe o durată de 5 secunde. Temperatura de 160°C este menținută pe o durată de 25 de secunde, după care revine la temperatura inițială, timpul total fiind de 30 de secunde. Timpul a fost ales astfel

În figura 16 este prezentat palierul de temperatură realizat.

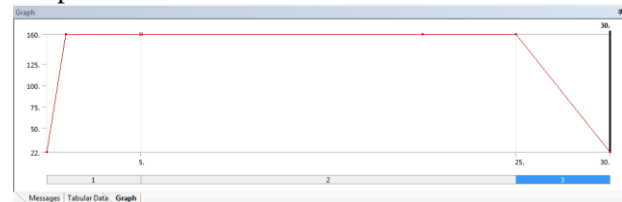


Fig.16. Palier de temperatura

5.5 Afișarea rezultatelor

În prima simulare numerică a fost analizată doar încărcarea termică asupra semi-matriței mobile. Valoarea temperaturii aplicate pe suprafața cavității este $T = 160^{\circ}\text{C}$ (temperatura tipică de topire a PP), analiza numerică am efectuat-o în regim tranzitoriu. Modul de distribuire al temperaturii în matriță, atât în cavitatea acesteia cât și la exterior sunt prezentate în figurile 17, respectiv figura 18.

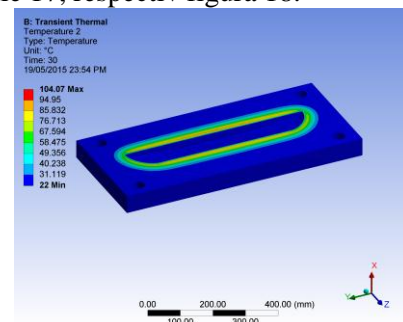


Fig.17. Distribuția de temperatură după 30 de secunde

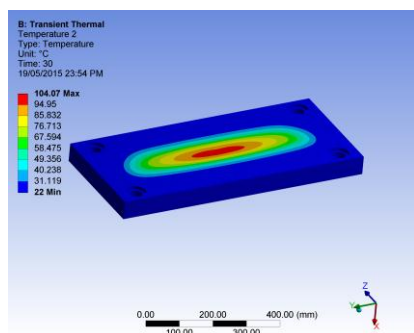


Fig.18. Distribuția de temperatură după 30 de secunde la exteriorul matriței

Analiza termică efectuată este precedată de o analiză statică în urma căreia se va determina deformațiile totale ale matriței, deformații ce pot influența geometria reperului injectat. În figura 19 este prezentată semi-matrița mobilă deformată. Conform rezultatelor deformația maximă apărută este la exteriorul matriței. Această deformație are valoarea de 0.19 mm, iar în ceea ce privește deformația ce apare în cavitatea matriței, aceasta are valoarea de 0.15 mm.

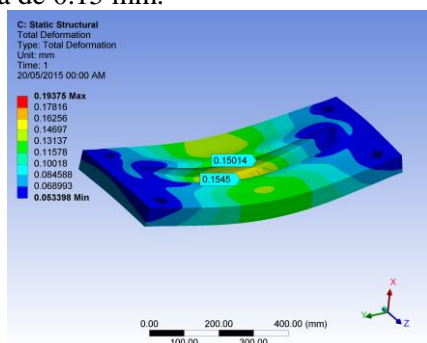


Fig.19. Deformații totale pe cavitatea matriței

În figura 20 este prezentată deformația maximă ce apare pe partea exterioară a semi-matriței mobile.

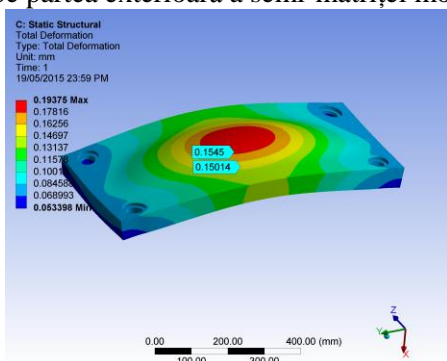


Fig.19. Deformații maxime

6 CONCLUZII

Scopul acestei prezentări a fost realizarea unei analize numerice pentru stabilirea distribuției de temperatură pentru o matriță de injecție.

Etapa inițială a fost realizarea reperului de injectat pe baza căruia s-a construit matrița de injecție.

A doua etapă a fost realizarea modelului matriței. Atât modelul matriței cât și modelul reperului injectat au fost realizate în programul CAD Catia V5.

Analiza numerică s-a realizat în programul ANSYS.

S-a stabilit modul de distribuire a temperaturii în cavitatea matriței de injecție.

Temperatura aplicată are o valoare de 160°C iar timpul de necesar injecției este de 30 de secunde.

Cuplând analiza termică efectuată inițial cu o analiză statică am stabilit deformația totală a matriței.

S-a determinat încărcarea termică a semi-matriței mobile și deformațiile totale.

Deformația maximă la matriță apare la peretele exterior și înregistrează o valoare maximă de 0,19 mm dar la peretele interior valoarea maximă atinsă este de 0,15mm.

În realizarea piesei se va ține cont de aceste deformații. Dacă deformațiile sunt considerate prea mari se poate alege un alt material pentru matriță.

7 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Dan Iulian Floricel, (2010), *Cercetări privind îmbunătățirea calității și performanțelor unor repere din materiale plastice avansate cu aplicații în construcția de autovehicule*, Brasov.
- [2]. Cristina Pupaza, Radu Constantin Parpala (2013), *Modelarea și analiza structurală cu ANSYS Workbench*, Politehnica, Bucuresti.