

# SIMULĂRI MULTIPHYSICS PRIVIND COMPORTAREA GRIPPERELOR VACUUMATICE

MARIN Ionuț-Gabriel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultatea: IMST, Specializarea: Robotică, Anul de studii: IV, e-mail: [gaby.exel23@gmail.com](mailto:gaby.exel23@gmail.com)

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**, Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**

*REZUMAT: Lucrarea de față își propune să analizeze comportarea multiphysics a gripperelor polifuncționale asociate cu ventuze din silicon cauciucat pentru manipularea reperelor de tip cutii de carton. Analiza reprezintă un cuplaj între comportarea dinamică a fluidelor (CFD – Computational Fluid Dynamics), în speță a efectului de vacuum și o analiză statică privind modul de deformare a materialelor hiperelastice ce sunt supuse depresurizării și acțiunii forțelor exterioare de compresiune. Cele două analize au fost efectuate cu ANSYS Workbench 19.*

*CUVINTE CHEIE: materiale hiperelastice, vacuum, gripper, CFD, multiphysics*

## 1. Introducere

Lucrarea prezintă aspecte legate de comportarea materialelor hiperelastice din care sunt alcătuite ventuzele vacuumatice des utilizate în concepția gripperelor polifuncționale de manipulare a cutiilor de carton. Gripperul utilizat este conceput special pentru o anumită aplicație, fiind utilizate doar componente mecanice tipizate de la firma SCHMALZ din Germania.

Pentru a putea fi realizate simulările trebuie cunoscute aspectele legate de dinamica fluidelor și respectiv a comportării statice în general. În ceea ce privește curgerea fluidelor, sunt posibile două tipuri: laminară sau turbulentă. Curgerea laminară este o curgere încetă, vâscoasă ce se regăsește de obicei în cazul uleiurilor, în timp ce, curgerea turbulentă se desfășoară cu viteze mari și vâscozitate mică.[1]

Uzual, pentru determinarea tipului de curgere se calculează numărul lui Reynolds, care măsoară rezistența relativă a forțelor de inerție și a forțelor vâscoase. Acest număr se calculează utilizând formula:

$$Re = \frac{\rho \cdot (v \cdot L_c)}{\mu} \quad (1)$$

$$L_c = \frac{4 \cdot (\text{Aria\_Secțiunii\_Transversale})}{\text{Perimetrul}} \quad (2)$$

Dacă numărul Reynolds este peste 4000, acesta indică o curgere turbulentă, iar dacă este sub 2100 o curgere laminară. Domeniul care corespunde unui număr Reynolds între 2100 și 4000 se consideră ca fiind de tranziție.

După finalizarea simulărilor de dinamica fluidelor sunt necesare câteva elemente de teorie pentru analiza statică pe baza Metodei Elementelor Finite. Analiza statică studiază tensiunile echivalente apărute într-o structură (utilizând criteriul Von Mises), respectiv deformațiile totale ale structurii supuse unor forțe și restricții.[2]

Pentru a putea utiliza criteriul Von Mises este necesar să se folosească anterior starea spațială de tensiuni definită de legea lui Hooke prin relația numărul 3. Prin prelucrarea ecuațiilor se calculează tensiunea echivalentă dată de criteriul Von Mises, respectiv deformațiile totale cu formulele 4 și 5.

$$\{\sigma\} = \{D\} \cdot \{\varepsilon\} \quad (3)$$

$$\varepsilon_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2]} \quad (4)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (5)$$

Etapa următoare a fost de pre-procesare, sau de simplificare a geometriei pentru a putea fi utilizată în aplicația de analiză cu elemente finite ANSYS Workbench v.19, utilizând doar ventuzele vacuamaticice.

## 2. Modelul gripperului

Ansamblul general al gripperului este alcătuit din 8 celule vacuamaticice, pe fiecare dintre acestea fiind atașate câte 55 de ventuze. Pentru a scădea timpul efectiv de calcul s-au utilizat 5 ventuze, al căror profil interior a fost realizat conform cu specificațiile producătorului. Utilizarea integrală a celor 55 ventuze ori 8 celule vacuamaticice, ar fi fost neconcludentă, pentru că comportarea acestora ar trebui să fie în mare parte simetrică, toate fiind supuse acelorași forțe de depresurizare și de compresiune exterioară. După etapa de simplificare, modelul a fost exportat în format .STEP214 și importat în ANSYS Workbench v.19. Pentru analiza de dinamica fluidelor a fost suficientă utilizarea unei singure ventuze, depresurizarea acestora făcându-se identic pentru fiecare.

Pentru simularea curgerii interne, a fost necesar numai volumul interior al ventuzei, care modelează „camera” în care intră și ies fluidele, așa cum este prezentat în Fig. 1.

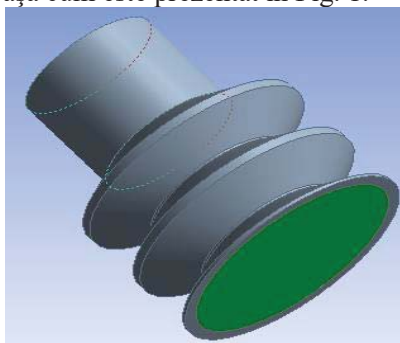


Fig. 1. Volumul interior al ventuzelor

Analiza cu elemente finite se realizează cu ajutorul unei rețele virtuale, care împarte efectiv un solid în mai multe părți denumite elemente finite. Pentru aceasta a fost necesară stabilirea unei dimensiuni de element adecvată pentru o calitate bună a discretizării. Forma ascuțită a volumul interior, greu de aproximat geometric a condus la o dimensiune de 0,5 mm, cu un coeficient de calitate global al elementelor de 0,84. Această discretizare poate fi observată în Fig. 2.

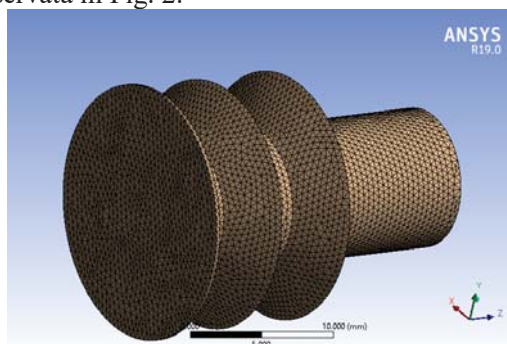


Fig. 2. Discretizarea unei ventuze

Condițiile de simulare a fluidelor utilizate sunt următoarele: presiunea la intrare este una statică de 0,25 bar, deoarece, conform cu fișa tehnică a celulelor vacuamice SCHMALZ, presiunea de vacuum minimă are această valoare, iar la ieșire presiunea este de 0 bari, fiind astfel simulat efectul de vacuum. Definierea intrării și ieșirii se poate observa în Fig. 3

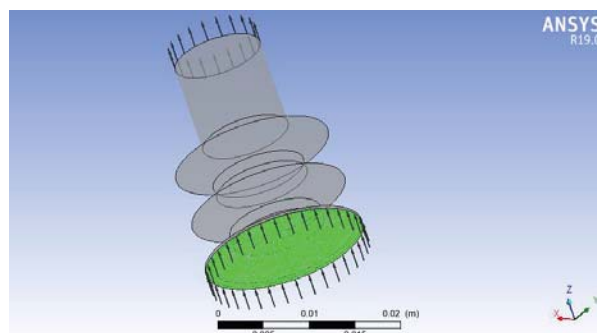


Fig. 3. Definierea condițiilor limită

După rularea simulării au fost obținute rezultatele care au fost transferate într-o analiză statică. Printre aceste rezultate se poate menționa presiunea pe conturul ventuzei, care este de maxim 27309 Pa, adică 0,27 bari, minim -9916 Pa, adică -0,099 bari. Se creează astfel o depresurizare - culoarea albastră pe figură. Rezultatul este unul așteptat, presiunea cea mai mare fiind pe prima suprafață de contact dintre fluid și ventuză (Fig.4).

Vitezele fluidului se încadrează între limita inferioară, cu o valoare de 0,065 m/s și cea superioară cu o valoare de 674,148 m/s. Diferența dintre aceste viteze este mare, putându-se anticipa o curgere turbulentă. În realitate aceasta este una laminară. Intensitatea turbulențelor este mică și apare doar datorită formei geometrice ascuțite.

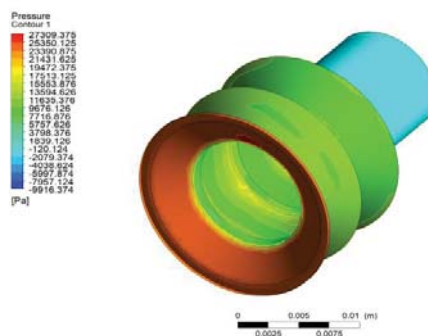


Fig. 4. Rezultate - Presiunea pe contur

Pe baza rezultatelor obținute s-a continuat cu o analiză statică, pentru stabilirea modului de deformare al ventuzelor și a tensiunilor care apar în material. Fiind vorba de un material hiperelastice (silicon cauciucat), deformațiile sunt mari, dar tensiunile au valori cuprinse între 1 și 25 MPa.

Ca și în analiza CFD este necesară o discretizare cu o calitate medie bună, fapt ce a condus la o dimensiune de element de 1,5 mm, cu o funcție de control adaptivă, a elementelor de tip tetraedru. Discretizarea finală este reprezentată în Fig. 5. Dintre elementele de teorie anunțate în capitolul 1, se regăsește legea lui Hooke, care utilizează proprietățile de material. Din acest considerent, pentru a putea rezolva analiza, a fost necesară definierea proprietăților de material ale siliconului cauciucat. Acestea au fost preluate din biblioteca online MatWEB.

Condițiile simulării statice pornesc de la definirea încărcărilor și a restricțiilor. Au fost folosite ca încărcări presiunile obținute anterior și o deplasare de 8 mm axială, dinspre zona de contact cu suprafața cutiei. Restricțiile au fost încastrarea capătului superior al ventuzei. Încărcările se pot observa în Fig. 5.

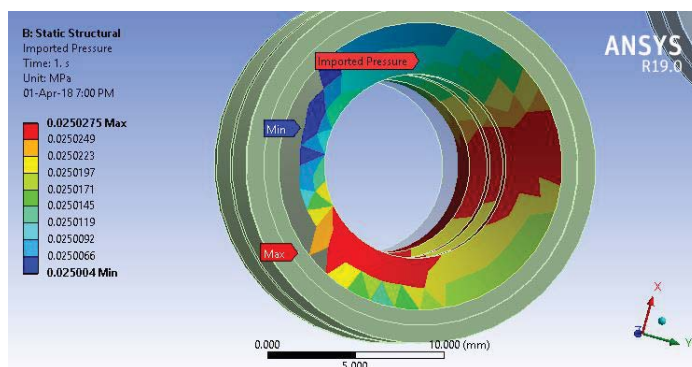


Fig. 1. Presiuni obținute din analiza CFD

În timpul procesului de rezolvare a analizei statice s-a evaluat permanent convergența rezultatelor după criteriul forței, pentru a observa dacă problema converge la un rezultat concludent. Tensiunile echivalente maxime obținute în timpul simulării au fost de 10,991 MPa, valoare care este mult mai mică decât tensiunea admisibilă de rupere a siliconului cauciucat de 87 MPa. Energia de deformare care apare în timpul simulării este una cu o valoare acceptabilă de 0,2673 mJ maxim, dar apare numai într-un anumit moment.

### 3. Concluzii

Ca urmare a acestor simulări s-a observat faptul că deformabilitatea ventuzelor în timpul funcționării este una bună. Tensiunile echivalente care apar nu ridică probleme la nivel de integritate a materialului din care sunt confecționate.

### 4. Bibliografie

- [1] Pupăză C – Inginerie Asistată de Calculator 2 – Analiză CFD, note de curs, UPB 2017
- [2] Pupăză C – Inginerie Asistată de Calculator 2 – Analiza în regim static, note de curs, UPB 2018
- [3] Bibliotecă de materiale MatWEB – Silicon Cauciucat, disponibilă la:

<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=cbe7a469897a47eda563816c86a73520&ckck=1>

Accesat la data: 09.05.2018.

### 5. Notății

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

$Re$  = numărul lui Reynolds [adimensional];

$\rho$  = masa volumică a fluidului [ $kg/m^3$ ];

$\nu$  = vâscozitatea cinematică a fluidului [ $m^2/s$ ];

$\mu$  = vâscozitatea dinamică a fluidului [ $Pa \cdot s$ ];

$\{\sigma\}$  = matricea tensiunilor;

$\{D\}$  = matricea de elasticitate;

$\{\varepsilon\}$  = vectorul deformațiilor.