

# OPTIMIZAREA PROCESULUI DE SERTIZARE A SUSPENSIILOR AUTOMOBILELOR UTILIZÂND METODA ELEMENTULUI FINIT

Prof.dr.ing. Sever-Gabriel Racz<sup>1</sup>, Prof.dr.ing. Valentin Oleksik<sup>1</sup>, Prof.dr.ing. Radu-Eugen Breaz<sup>1</sup>, Prof.dr.ing. Octavian Bologa<sup>1</sup>, Prof.dr.ing. Paul-Dan Brîndașu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu, Sibiu, România

**REZUMAT** Datorită faptului că cerințele industriei urmăresc îmbunătățirea dinamicii, a siguranței și a confortului în timpul folosirii vehiculelor, este recomandată utilizarea analizelor prin metoda elementelor finite pentru optimizarea calității componentelor. Scopul acestei lucrări este acela de a oferi o imagine de ansamblu asupra stadiului actual al analizelor prin metoda elementelor finite a procesului de sertizare folosit la asamblarea suspensiilor pneumatice produse în industria auto.

**Cuvinte cheie:** Metoda elementului finit, Procesul de sertizare.

**ABSTRACT.** Due to the fact that the requirements of the industry aim to improve the dynamics, the safety and the comfort during the use of the vehicles, it is recommended to use the finite element method for component quality optimization. The purpose of this paper is to provide an overview of the current state of analysis through the finite element method of the crimping process used to assemble air springs produced in the automotive industry.

**Keywords:** Finite Element Method, Crimping Process.

## 1. INTRODUCERE

Cerințele industriei urmăresc îmbunătățirea dinamicii, a siguranței și a confortului în timpul folosirii vehiculelor. Totodată, pentru satisfacerea acestor cerințe tot mai mulți producători încep să folosească analizele prin metoda elementelor finite pentru optimizarea calității componentelor.

Autoturismele de-a lungul timpului au fost dotate de către producători cu mecanisme pentru îmbunătățirea confortului și a ținutei de drum. Dintre aceste mecanisme fac parte și suspensiile care în decursul anilor au avut o evoluție influențată de nivelul tehnologiei din acea perioadă, cât și de prețul de producție. Suspensia automobilului are rolul de a asigura confortabilitatea pasagerilor și de a proteja încărcătura și organele componente împotriva șocurilor, trepidățiilor și oscilațiilor dăunătoare, cauzate de neregularitățile drumului [3]. Această izolare față de vibrații asigură confortul și sănătatea șoferului și previne dăunarea componentelor din partea izolată de forțele inerțiale. În cazul în care sistemul de suspensie îndeplinește aceste cerințe, un alt obiectiv ce trebuie realizat este ca vehiculul să poată fi condus cu o viteză mai mare și să aibă vibrațiile egale sau mai mici în partea izolată decât un vehicul fără suspensie. Suspensia automobilului realizează legătura elastică între cadru, caroserie și punți sau direct cu roțile automobilului. [1]

Suspensiile pneumatice au fost folosite în primul rând la autovehiculele comerciale și la mașinile de lux pentru că sunt destul de costisitoare. Spre deosebire de suspensiile convenționale au mai multe avantaje. Suspensia pneumatică oferă un confort mai mare și o îmbunătățire a performanței de manipulare deoarece au o rigiditate relativ scăzută și permite o aliniere optimă a roților. În plus, suspensiile pneumatice pot proteja corpul mașinii mai bine pe drumuri accidentate și ușurează încărcarea bagajelor în portbagajul mașinilor pentru că înălțimea suspensiilor poate fi ajustată prin încărcarea și descărcarea aerului din suspensie prin circuitul pneumatic. [2] La suspensia pneumatică, arcurile metalice sunt înlocuite cu elemente elastice pneumatice. Arcul pneumatic constă într-un înveliș flexibil din cauciuc armat, fixat pe elementele metalice sau materiale compozite în interiorul cărora se află aer comprimat, care se comportă ca un arc normal de amortizare.

## 2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

Suspensiile pneumatice folosite la vehiculele mici sunt produse dezvoltate cu membrane în formă de U cu un diametru redus și cu o fixare modificată. La proiectarea membranei sunt folosite raze mici de îndoire condiționate de diametre exterioare mici de până la 200 mm și este necesar un material elasto-

mer de calitate. Presiunea aerului este aproximată la 9-15 bari în faza de proiectare.

Suspensia pneumatică este ansamblată la mașinile mici împreună cu amortizorul într-un singur modul sau pot fi folosite ca componente separate. Caracteristicile excelente oferite de suspensia pneumatică mașinilor mici au prețul lor. Evident vehiculele cu suspensie pneumatică sunt mult mai scumpe decât cele echipate cu suspensie cu arc elicoidal. Tariful suplimentar este un punct de discuție foarte important la adăugarea unei suspensii pneumatice.

În figura 2.1 este prezentat prototipul unei suspensii pneumatice realizat cu ajutorul programului de proiectare, CATIA V5. Principalele componente ale prototipului sunt: capacul, pistonul, amortizorul și membrana. În acest caz diametrul este de aproximativ 150 mm și are o lungime totală de aproximativ 670 mm. Cele mai importante cerințe sunt capacitatea și spațiul de instalare a suspensiei. Pentru vehiculele mici se ia în considerare o frecvență naturală de aproximativ 1 Hz.



Fig. 2.1. Secțiunea prototipului suspensiei pneumatice [5]

Cercetările realizate se axează pe studiul asamblării pistonului cu membrana și inelul de sertizare prin procesul de sertizare. Acest proces reprezintă tehnologia de fixare a unei membrane între o bază și o piesă de presare. Baza de sertizare indiferent de material și proprietăți, nu poate ajunge în zona de deformare plastică. Baza trebuie să prezintă geometria necesară pentru a îndeplini condițiile de:

- sigilare (necesar pentru ca volumul interior să fie ermetic);
- fixare (necesar pentru ca membrana să fie „blocată”);
- conectare reprezintă atașarea diverselor piese prin intermediul membranei.

O etanșare reprezintă un element sau mai multe elemente sau chiar un dispozitiv care îndeplinesc anumite funcții: separarea spațiilor cu presiuni diferite, separarea diferitelor medii tehnologice, protecția contra pătrunderii corpurilor străine în anumite spații, protecția contra pierderii lubrifianților, închiderea cât

mai ermetică a unui spațiu conținând un mediu sub presiune, etc. Asupra capacității de funcționare a etanșărilor acționează factori de exploatare, constructivi, tehnologici și ecologici. Cei mai importanți sunt: însușirile mediului de lucru și ale celui înconjurător, regimul de lucru, caracteristicile materialelor îmbinării și etanșării, limitele admise de pierderi, timpul de funcționare, etc. [4] În cazul suspensiei pneumatice avem o etanșare statică. Asamblarea pistonului, membranei și inelului se realizează prin sertizare.

Membrana trebuie să poată prelua presiunea internă a presiunii suspensiei și să poată prelua mișcările de extensie, compresie și torsiune. Membranei i se asigură capacitatea de a rezista la medii exterioare foarte variate:  $-40^{\circ}\text{C}$  și  $+80^{\circ}\text{C}$ , pulberi de diferite mărimi și abraziuni.

Inelul de sertizare poate fi sudat sau monobloc, nu este realizat din oțeluri „pretențioase”. Calitatea suprafețelor inelului trebuie să fie foarte bună, nu trebuie să aibă muchii ascuțite și razele trebuie să fie de minim 0,3 mm.

Procesul de sertizare are loc într-o mașină specială cu bacuri radiale care pot fi acționate mecanic sau hidraulic. Procesul se desfășoară în 4 etape:

1. Deformarea elastică a inelului de sertizare;
2. Deformarea plastică până la realizarea contactului dintre inel-membrană-bază;
3. Deformarea continuă până la atingerea forței de sertizare necesare ( $F_x$ );
4. Deschiderea bacurilor până la întreruperea contactului.

Simularea procesului de sertizare se face cu ajutorul programului de analiză prin metoda elementelor finite, ABAQUS, prin realizarea unei analize axi-simetrice reducându-se astfel timpul de procesare în mod semnificativ. Modelarea ansamblului se face folosind ca piese deformabile: pistonul, membrana, inelul de sertizare; pe când bacul este folosit ca o piesă rigid analitică neinteresându-ne tensiunile din scula folosită. În această analiză s-a utilizat un piston realizat din A6082, un inel de sertizare din S235 și membrana din NBR (un material hiperelastic). Discretizarea pieselor se face utilizând elemente de tip CAX4R (a 4-node, reduced-integration, axisymmetric, solid element), doar la membrană se folosesc elemente hibride de tip CAX4H (4-node, hybrid with constant pressure) pentru că este o piesă realizată dintr-un material hiperelastic. Pistonul are 2856 elemente, iar dimensiunea elementelor este de aproximativ 0,8 mm. Membrana are 880 elemente cu dimensiunea maximă a elementelor de 0,7 mm, iar dimensiunea minimă este de 0,14 mm. Pentru realizarea unei discretizări mai fine în zona sertizată a membranei s-a folosit metoda „bias”. Inelul are 146 de elemente. Numărul total de elemente al ansamblului este 3882 și numărul total de noduri este de 4377.

# OPTIMIZAREA PROCESULUI DE SERTIZARE A SUSPENSIILOR AUTOMOBILELOR

La definirea interacțiunilor dintre corpuri sunt folosiți coeficienții de frecare de 0,15 în cazul în care ambele piese sunt realizate din metal și 0,3 pentru contactul dintre un material elastic și un metal. Contactele create sunt de tip „Surface-to-surface” și sunt create între: inel-bac, membrană-inel, piston-inel, piston-membrană.

În urma analizelor prin metoda elementelor finite și a unor teste statice prin care se aplică o presiune în interiorul suspensiei pentru a verifica etanșeitatea și fixarea membranei s-a observat o comprimare excesivă a membranei în partea de jos a inelului și că membrana nu este destul de bine fixată între celelalte două componente ale ansamblului analizat. Pentru a evita comprimarea excesivă în urma unor cercetări s-a ajuns la concluzia că folosirea unei degajări în zona umărului pistonului, figura 2.2, va fixa membrana mai bine.

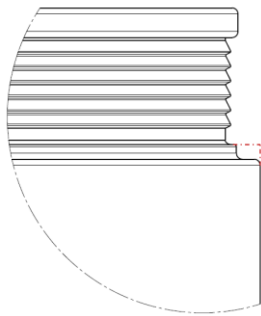


Fig. 2.2. Optimizarea pistonului.

Prin compararea rezultatelor celor două analize prin metoda elementelor finite realizate pentru pistonul inițial și pentru cel optimizat se observă îmbunătățiri semnificative. Deoarece materialul folosit pentru piston este un aluminiu printre rezultatele extrase din cele două simulări se numără tensiunea echivalentă von Mises care în pasul de sertizare are pentru varianta inițială valoarea de 137,3MPa, iar pentru varianta optimizată obținem 133MPa, figura 2.3.

În figura 2.4 se observă că valorile maxime atinse de presiunea de contact în ambele etape sunt pe vârful dinților care creează conturul de sertizare, acea zonă fiind prima care intră în contact cu membrana.

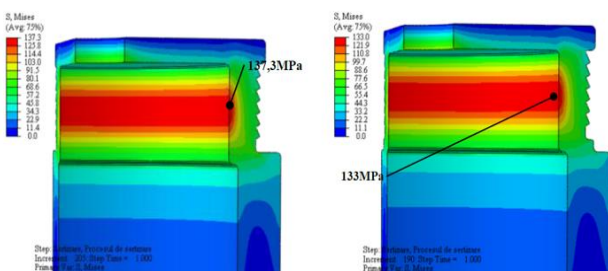


Fig. 2.3. Tensiunea echivalentă von Mises.

Presiunea de contact este o distribuție de tensiuni normale pe suprafața de contact a celor două corpuri. Pentru varianta inițială obținem o valoare maximă a presiunii de contact de 62,9MPa și pentru varianta optimizată valoarea maximă scade până la valoare de 56,8MPa.

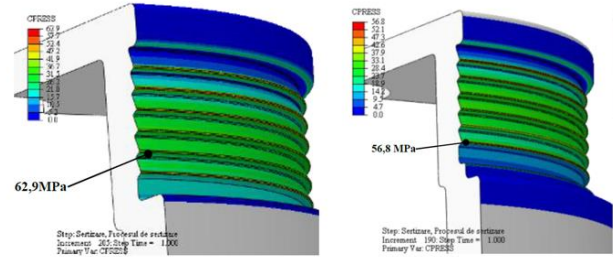


Fig. 2.4. Distribuția presiunii de contact pe piston.

Din rezultatele analizelor cu element finit realizate pe pistonul optimizat se observă o îmbunătățire spre deosebire de pistonul din varianta inițială.

În cazul pistonului optimizat s-a observat o etanșeitate mult mai bună decât pentru prima variantă a pistonului și membrana este fixată mai bine datorită degajării realizate pe umărul pistonului.

## 3. CONCLUZII

Analizele prin metoda elementelor finite au un rol foarte important în dezvoltarea oricărui produs datorită reducerii timpului, a costurilor și deoarece se poate optimiza produsul destul de devreme în procesul de proiectare a acestuia.

Pentru a soluționa problema fixării membranei s-a optimizat pistonul suspensiei pneumatice prin realizarea unei degajări în zona umărului pistonului ce permite pătrunderea membranei în acea zonă și o fixare mai bună a acesteia.

În urma analizelor se observă o îmbunătățire a rezultatelor pentru varianta de piston optimizată spre deosebire de rezultatele variantei inițiale, așa cum sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 1. Diferențele obținute în urma simulărilor

	Varianta inițială	Varianta optimizată
Tensiunea echivalentă von Mises		
Sertizare	137,3MPa	133MPa
Desertizare	98,9MPa	95,3MPa
Deplasări radiale		
Sertizare	-0,014mm	-0,00138mm
Desertizare	-0,01mm	0,00098mm
Presiunea de contact		
Sertizare	24,53MPa	19,72MPa
Desertizare	17,44MPa	13,86MPa
Energia specifica de deformare		
Sertizare	-1,83%	-1,57%
Desertizare	-1,99%	-1,47%

## FINANȚARE

Cercetările prezentate în această lucrare au fost finanțate prin contractul de cercetare nr. 1/AXA1/1.1.1.A/18.05.2018, Cod SMIS 2014+:121359; ID:P\_34\_469, „Dezvoltarea departamentului de cercetare al societății COMPA SA și obținerea unor rezultate inovatoare în domeniul industriei auto”

Beneficiar proiect: COMPA SA, Sibiu, str. Henri Coandă 8 - Proiect co-finanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul Operațional Competitivitate 2014-2020.

Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Bauer, W., *Hydropneumatic Suspension Systems*, Editura Springer, Berlin, Germania, 2011.
- [2] Becher, H.O., *Air Spring Control in Road Vehicles*, Editura Berlin, Germania, 2011.
- [3] Frățilă, G., *Calculul și construcția autovehiculelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, România, 1982.
- [4] Popa, N., *Etanșări*, Editura The Flower Power, Pitești, România, 2003.
- [5] <https://999.md/ru/3237608#gallery-1>

---

## Despre autori

Prof.dr.ing. **Sever-Gabriel RACZ**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Sever-Gabriel Racz este profesor la Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu și director al Departamentului de Mașini și Echipamente Industriale. Este conducător de doctorat în domeniul Ingineriei Industriale. Domeniile sale de interes includ, printre altele acționările hidraulice și proiectarea asistată de calculator.

Prof.dr.ing. **Valentin OLEKSIK**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Valentin Oleksik este profesor la Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu și prodecan al Facultății de Inginerie. Este conducător de doctorat în domeniul Ingineriei Industriale. Domeniile sale de interes includ, printre altele, procedeele neconvenționale de deformare plastică, deformarea incrementală și simularea numerică folosind metoda elementului finit.

Prof.dr.ing. **Radu-Eugen BREAZ**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Radu-Eugen Breaz este profesor la Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu. Este conducător de doctorat în domeniul Ingineriei Industriale. Domeniile sale de interes includ, printre altele, automatizarea proceselor de producție și mașinile-unelte cu comandă numerică.

Prof.dr.ing. **Octavian BOLOGA**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Octavian Bologa este membru titular al Academiei de Științe Tehnice din România, președintele secției de Inginerie Mecanică. Este în prezent profesor emerit la Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu și conducător de doctorat în domeniul Ingineriei Industriale. Domeniile sale de interes includ, printre altele, deformarea plastică a materialelor.

Prof.dr.ing. **Paul-Dan BRÎNDAȘU**

Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, România

Paul Dan Brîndașu este în prezent profesor emerit la Universitatea Lucian Blaga din Sibiu. A fost șeful Catedrei de Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Este conducător de doctorat în domeniul Ingineriei Industriale. Domeniile sale de interes includ, printre altele, proiectarea sculelor așchietoare și generarea suprafețelor.