

**Conferința Națională Multidisciplinară  
„PROFESORUL ION D. LĂZĂRESCU  
FONDATORUL ȘCOLII ROMÂNEȘTI  
DE TEORIA AȘCHIERII”**

**Ediția a VIII-a**

**Cugir, 13 decembrie 2024**

## **ANVELOPE FĂRĂ AER COMPLIANTE**

Claudiu TROSNAI,  
Simona NOVEANU

### **COMPLIANT AIRLESS TIRES**

**Abstract:** The automotive industry during the last the years has improved most of the whole components. An important component for a vehicle is the tire, and for this the researchers and the companies started to develop a new type - tires which function without air. In this paper it is presented a study about compliant tire without air, but also a prototype for the model.

**Keywords:** compliant mechanisms, tires without air, automotive.

**Cuvinte cheie:** mecanisme compliante, anvelope fără aer, autovehicule.

#### **1. Introducere**

Autovehiculele fac parte dintr-un domeniu în plină ascensiune care pune accent pe inovație și dezvoltare continuă, astfel că, odată cu evoluția ingineriei materialelor și a tehnologiilor de fabricație, s-au deschis noi perspective pentru proiectarea componentelor [1].

În domeniul mecanismelor s-au făcut pași importanți în dezvoltarea unor sisteme realizate cu preponderență prin fabricație aditivă ca și structuri monobloc, care o să se implementeze în cât mai multe domenii de activitate [3], [4]. Astfel că, au început să fie implementate și în domeniul autovehiculelor deoarece au potențialul de a reduce numărul de piese, de îmbinări și în final, costul de producție.

Mecanismele compliante sunt utilizate pentru suspensia autovehiculelor, în ansamblul ștergătoarelor de parbriz, la pompe, compresoare dar și la anvelope. Performanța unui vehicul este influențată, în principal, de caracteristicile anvelopelor sale. Anvelopele afectează manevrabilitatea, tracțiunea, confortul de rulare precum și consumul de combustibil.

În această lucrare se prezintă proiectarea și studiul unui model de anvelopă fără aer precum și testarea unui prototip al acesteia.

## 2. Proiectarea, simularea și analiza unui set de anvelope fără aer

Pe baza studiilor teoretice se proiectează o varianta constructivă de anvelopă fără aer cu software-ul Catia V5, iar pentru analiza cu element finit se utilizează următoarele: Ansa pentru discretizarea variantei proiectate; Instrumentul integrat Batch Meshing, LS DYNA pentru rularea analizelor cu element finit, iar pentru post procesare META.

În continuare, se prezintă modelarea și analiza anvelopelor fără aer iar rezultatele vor fi prezentate astfel încât deformațiile să se poată observa cât mai clar. În figura 1 este prezentat modelul solid al primei variante constructive pentru anvelopă, precum și principalele caracteristici de material.

1 – Anvelopă TPU 95A

2 – Jantă aluminiu

3 – Suprafața de contact

	Anvelopă	Jantă	Suprafața de contact
Modul elasticitate	46 MPa	69000 MPa	-
Densitate	9.2E-10	2.7E-9	-

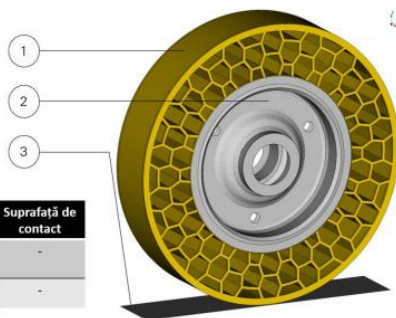


Fig. 1 – Model 3D anvelopă fără aer

Deoarece interesul maxim îl reprezintă valorile deplasărilor pe axa z, în continuare, sunt prezentate doar aceste rezultate împreună cu punctul unde se află cele mai mari valori ale tensiunilor.

Analiza efectuată în domeniul liniar utilizează la discretizare elemente finite mixte, predominând elementele de tip quad cu o lungime maximă de 0,8 mm (Figura 2 a). Pentru o vizualizare clară se prezintă un detaliu al discretizării în figura 2b.

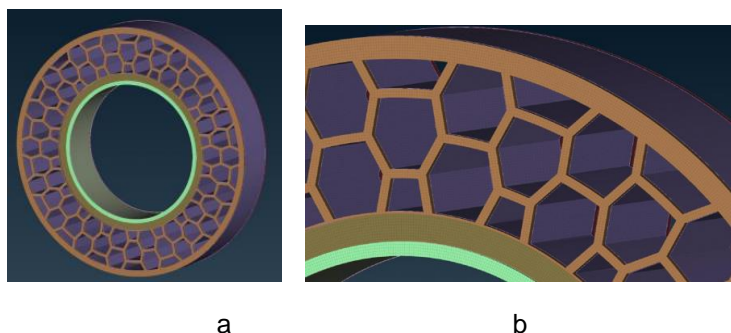


Fig. 2 – Discretizarea anvelopei (a), detaliu (b)

Pentru analiza cu element finit, anvelopa a fost încărcată la mijlocul jantei cu o forță de 215 N, iar în urma procesării pentru deplasări rezultă valorile conform figurii 3.

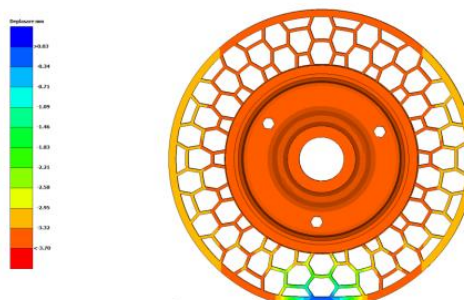


Fig. 3 – Deplasările rezultate pe axa Z în urma simulării

La aplicarea forței de 215 N deplasarea maximă este de 3,38 mm așa cum se observă în Fig. 4.

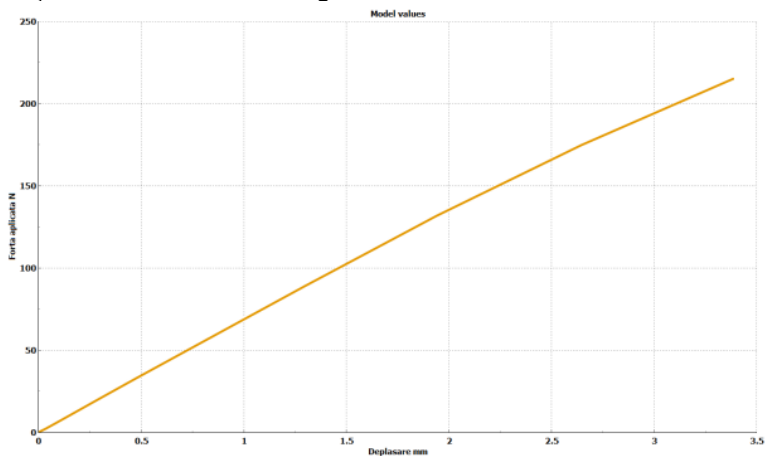


Fig. 4 - Forță vs. Deplasare

În Fig. 5. se prezintă rezultatul în urma analizei cu element finit pentru tensiuni, precum și nodul cu cea mai mare valoare a tensiunii (Fig. 5a). Un detaliu pentru a putea fi identificată poziția nodului este prezentat în figura 5b.

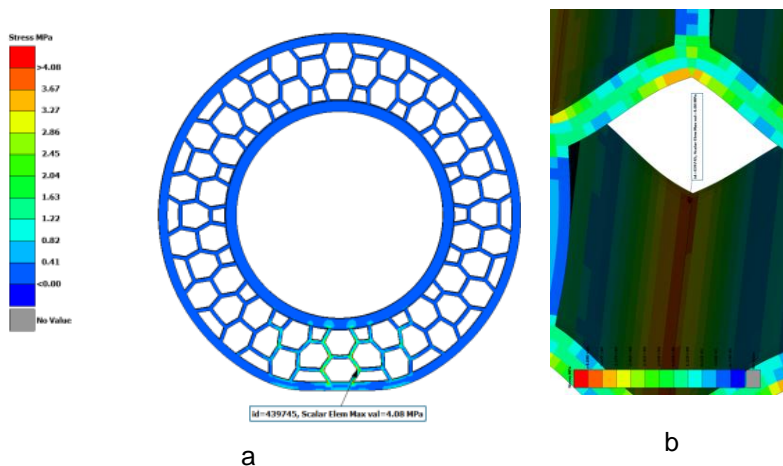


Fig. 5 - Tensiunile rezultate pe axa Z în urma simulării

Conform figurii de mai sus în nodul 439745 se regăsește tensiunea maximă de 4,08 MPa.

### 3. Realizarea prototipului și testarea

În acest capitol se prezintă realizarea și testarea modelului de anvelopă cu scopul de a valida rezultatele analizelor realizate în această lucrare.

Anvelopa, s-a realizat prin imprimarea 3D, materialul utilizat fiind un termoplast ic poliuretan TPU 95A (Fig. 6).

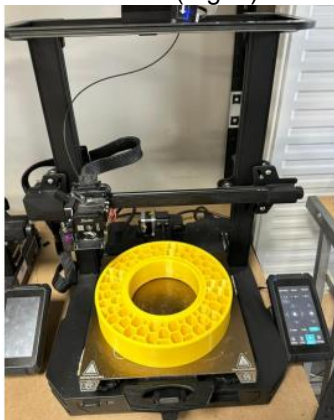


Fig. 6 – Fabricația prototipului anvelopei

Standul de testare a fost proiectat (Fig. 7) astfel încât să se determine caracteristicile anvelopei pentru mai multe încărcări.

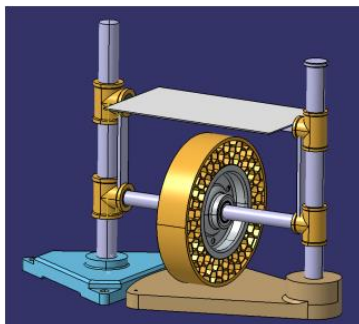


Fig. 7 – Model 3D pentru standul de testare

Pentru realizarea practică a standului de testare au fost achiziționate piese care apoi au fost prelucrate pentru a putea fi asamblate împreună (Figura 8).



Fig. 8 – Stand pentru testarea anvelopei

Pentru încărcarea platformei de testare s-au folosit discuri cu masa de la 0,5 kg până la 5 kg. Încărcarea platformei s-a făcut treptat pornind de la 0,5 kg și după fiecare măsurătoare s-au adăugat câte 0,5 kg pentru a obține o curbă forță vs. deplasare cât mai clară, masa maximă fiind de 22 kg (Fig. 8).



Fig. 9 – Testare pentru masa de 22 kg

Conform figurii 10a, deplasarea maximă măsurată a anvelopei la o încărcare de 215N este de 3,23 mm.

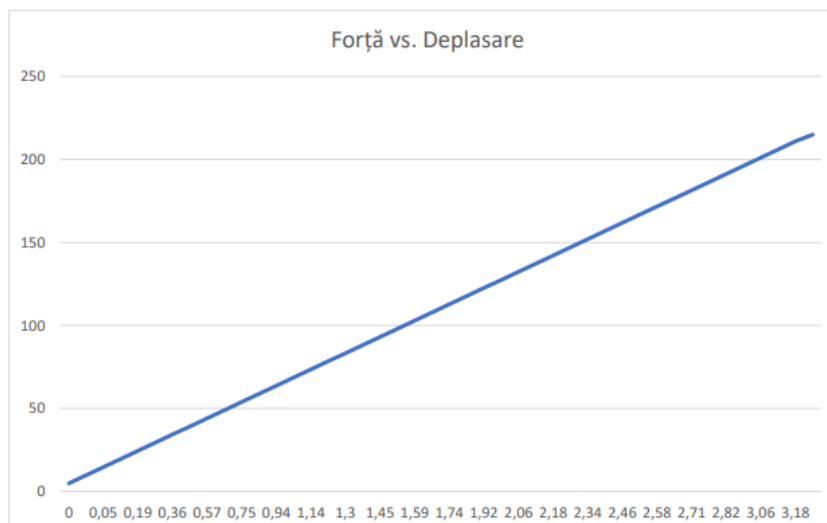


Fig. 10 – Rezultatele măsurării Forță-Deplasare

Realizând o comparație între rezultatele teoretice (Fig. 4), și rezultatele practice, se poate observa că valorile sunt în limite acceptabile.

#### 4. Concluzii

Din literatura de specialitate rezultă că materialele noi și dezvoltarea tehnologiilor de fabricație a determinat dezvoltarea mecanismelor compliante, respectiv noi abordări pentru proiectarea componentelor din domeniul auto.

În aceasta lucrare s-a proiectat un model de anvelopă fără aer, care s-a analizat prin metoda elementului finit, după care s-a fabricat un prototip prin printare 3D.

S-a proiectat și realizat un stand de testare, cu scopul de a valida analizele teoretice.

Conform figurilor 4 și 9, diferențele dintre curba teoretică și cea practică sunt acceptabile astfel că, se concluzionează că rezultatele sunt validate iar, lungimea discretizării de 0,8 mm este suficientă.

## BIBLIOGRAFIE

1. Genovese, A., Garofano, D., Sakhnevych, A., Timpone, F., & Farroni, F. (2021). *Static and dynamic analysis of non-pneumatic tires based on experimental and numerical methods*. Applied Sciences, 11(23), 11232.
2. Sardinha, M., Reis, L., Ramos, T., & Vaz, M. F. (2022). *Non-pneumatic tire designs suitable for fused filament fabrication: an overview*. Procedia Structural Integrity, 42,1098-1105.
3. Sim, J., Hong, J., Cho, I., & Lee, J. (2021). *Analysis of vertical stiffness characteristics based on spoke shape of non-pneumatic tire*. Applied Sciences, 11(5), 2369.
4. Noveanu, S., - *Sisteme mecanice de precizie*, Editura UTPress, Cluj-Napoca, 2020, ISBN 978-606-737-4322, 128pag.
5. Noveanu, D., Ivan, I.A., Noveanu, S., *Influence of the Flexure Hinge Shape on Compliant Gripper Small Displacements*, The Romanian Journal of Technical Sciences. Applied Mechanics.: Vol. 67 No. 1 (2022): Flexure Hinges and Flexure-Hinge Mechanisms
6. Trosnai, C. - *Lucrare de Licență „Proiectarea, simularea si testarea unei familii de anvelope fără aer”*, Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca, sesiunea iulie 2023.

Această lucrare este susținută de către Laboratorul de cercetare al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, „Precision Systems and Compliant Mechanisms Laboratory- ProSyMc”.

Masterand Ing. Claudiu TROSNAI  
Director ProSyMc Conf.Dr.Ing. Simona NOVEANU, membru AGIR  
Departamentul de Mecatronică și Dinamica Mașinilor,  
Facultatea de Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică,  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
e-mail: trosnai.claudiu@student.utcluj.ro  
e-mail: simona.noveanu@mdm.utcluj.ro