

PRE-DIMENSIONING AND DESIGN OF TORSION BARS FOR AUTOMOBILE SUSPENSIONS

ȚURCANU Valentina Ana Maria

Facultatea de Inginerie în Limbi Străine, Inginerie Mecanică, anul IV, turcanu_ana@yahoo.com

Conducători științifici: Conf. dr. ing. Viorel ANGHEL, Prof. dr. ing. Ștefan SOROHAN

REZUMAT: The suspension system plays a vital role in the construction of new automobiles. Its function is to damp and smooth out the shock impulses and absorb or dissipate energy, so that the suspension system can provide comfort and safety for the passengers and vehicles.

In this paper, the torsion bar simulation is carried out using Solid works 2018 with specific dimensions and geometries and a FEM analysis using ANSYS WORKBENCH is then performed.

CUVINTE CHEIE: suspension, torsion bar, finite element analysis.

1. Introducere

Sistemul de suspensie joacă un rol vital pentru orice vehicul. Sarcina sa este de a atenua șocurile și de a absorbi și disipa energia, astfel încât sistemul de suspensie să ofere confort și siguranță pasagerilor și vehiculelor. Sistemul de suspensie al unui automobil reprezintă un grup de componente mecanice care leagă roțile de șasiu sau caroserie [1 - 3]. Rolul acestuia este de a susține greutatea vehiculului, de a izola caroseria mașinii de șocuri și vibrații datorate iregularităților cailor de ruare și de a menține forța de tracțiune între anvelopă și suprafața drumului. Pe scurt, se consideră că scopul unui sistem de suspensie este de a îmbunătăți confortul la volan, manevrabilitatea la drum și stabilitatea vehiculului.

În ceea ce privește istoria sistemelor de suspensie, suprinzător este că aceasta începe cu arcurile cu săgeți, unde se foloseau principii similare arcurilor de tensiune fără spirale pentru a lansa săgeți (Fig. 1). O altă foarte veche descoperire arheologică a fost un car aparținând faraonului egiptean Tutankhamen (Fig. 2). Carul vechi de mii de ani a încorporat o tehnologie complexă de suspensie pe bază de arcuri și amortizoare [4].



Fig. 1. Arc cu săgeți preistoric [3]



Fig. 2. Carul faraonului Tuthankamun [4]

2. Componente și clasificare

Elementele componente ale unui sistem de suspensii sunt următoarele: prinderi, arcuri și amortizoare (Fig. 3 - 5). Arcurile se împart în diverse categorii precum arc lamelar, arc elicoidal, bară de torsiune, arc cu aer sau arc de cauciuc. Fiecare dintre acestea au avantaje și dezavantaje.

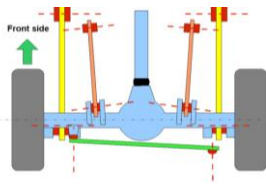


Fig. 3. Prinderi [5]



Fig. 4. Arcuri [6]



Fig. 5. Amortizor [7]

3. Bara de torsiune

Bara de torsiune acționează ca un arc liniar care are un capăt staționar conectat la cadrul vehiculului și un capăt de rotație conectat la brațul de suspensie (Fig. 6). Acest tip de arc produce cuplu de torsiune ca reacție la forțele verticale aplicate vehiculului la nivelul roților. Sarcină verticală pe pneuri este transferată la bara de torsiune, ceea ce conduce la o solicitare de răsucire. Când sarcina este eliberată sau redusă, bara de torsiune se destinde revinind la poziția sa neutră [8].

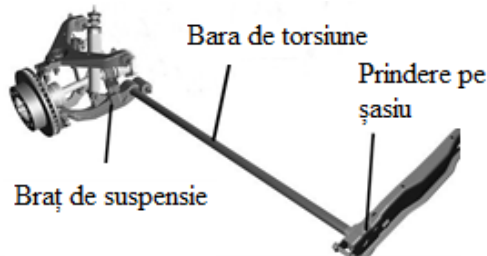


Fig. 6. Bara de torsiune în ansamblul suspensiei [9]

Pentru o funcționare eficientă, bara de torsiune trebuie să fie realizată din materiale de înaltă calitate, fără incluziuni sau defecte interne, cele mai comune materiale folosite fiind oțelul aliat și oțelul carbon, iar acestea trebuie să fie tratate termic. Se pot folosi de asemenea și materiale compozite, însă prelucarea lor este mai dificilă iar costul este mult mai ridicat.

4. Pre-dimensionarea și analiza unor bare de torsiune

În această lucrare, pre-dimensionarea și analiza au fost făcute pentru geometrii corespunzătoare a 3 automobile distincte și anume Dodge Monaco [10], Chevrolet 2500, și Isuzu Pickup. Detalii se prezintă în continuare pentru primele două.

4.1 Bara de la automobilul Dodge Monaco

Prima bară de torsiune analizată aparține mașinii Dodge Monaco și este fabricată din oțel forjat. Este o bară rotundă, fiind una din cele mai utilizate în industrie (Fig. 7, Fig. 8).



Fig. 7. Bara de torsiune vedere frontală

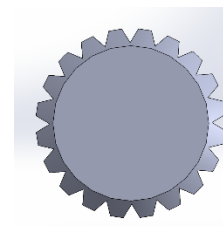


Fig. 8. Bara de torsiune vedere laterală

Bara din figura 7 are o lungime totală $l = 1194$ mm și un diametru $d = 28.5$ mm, [11]. Fiecare capăt este prelucrat special - sunt create 20 caneluri, care au rolul de a fixa bara în brațul de suspensie sau în șasiul vehiculului. Este recomandat ca între diametrul de capăt al barei și diametrul interior al barei să existe un raport mai mare de 1.3 [12], așa că s-a ales un diametru de capăt de 1,6d.

De importanță mare este și raza de racordare la diametrul de capăt care reprezintă un concentrator de tensiune și trebuie să fie suficient de mare, astfel încât să se evite o cedare prematură. Prin urmare, s-a ales o rază de racordare de 20 mm. Bara de torsiune este fabricată din oțel forjat, având proprietățile materialului din Tabelul 1.

Tabelul 1. Proprietățile materialului

G [MPa]	E [MPa]	ρ [kg/m ³]
79300	206180	8050

Pentru un cuplu $T = 515000$ Nmm, s-au calculat analitic următoarele rezultate de referință pentru porțiunea centrală a barei.

$$w_p = \pi \cdot \frac{d^3}{16} = 4545.3 \text{ mm}^3 \quad (1)$$

$$\tau_{\max} = \frac{T}{w_p} = 113.3 \text{ MPa} \quad (2)$$

$$\sigma_{\max, \text{vonMises}} = \tau_{\max} \cdot \sqrt{3} = 196.25 \text{ MPa} \quad (3)$$

După ce materialul a fost definit, etapa următoare în analiza numerică cu elemente finite, mult mai precisă, în cazul de față Ansys Workbench, este discretizarea. Pentru această componentă s-au folosit 20447 noduri și 10919 elemente de tip Solid tetraedru cu 10 noduri. (Fig. 9). Deși bara de torsiune este supusă unor solicitări dinamice, pentru starea de solicitare se poate adopta initial o încărcare statică echivalentă.

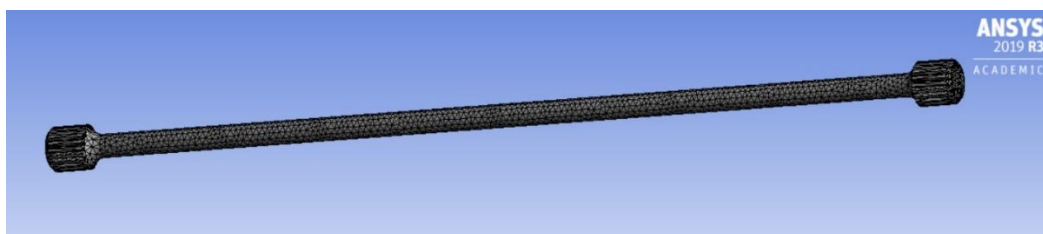


Fig. 9. Discretizarea barei de torsiune de la automobilul Dodge Monaco

Pasul următor în analiza statică este introducerea condițiilor la limită. Bara de torsiune este fixată la un capăt de șasiul vehiculului, iar în celălalt capăt este conectată la brațul de suspensie. Astfel s-a fixat capătul din stânga al piesei, iar în capătul din dreapta a fost impus momentul de calcul din abordarea analitică 515000 Nmm pe suprafața celor 20 de caneluri, deoarece acolo se produce contactul cu cealaltă piesă, brațul de suspensie (Fig. 10).

Verificând tensiunea echivalentă von-Mises obținută în Ansys, se observă că maximul este de 211 MPa și se regăsește la racordarea de capăt a barei, ceea ce este în conformitate cu teoria, deoarece acolo se află un concentrator de tensiune. Pentru a putea compara însă rezultatele, se extrage rezultatul din mijlocul barei (Fig. 11) și se obține o tensiune echivalenta von Mises de 196 MPa, care corespunde cu tensiunea calculată analitic.

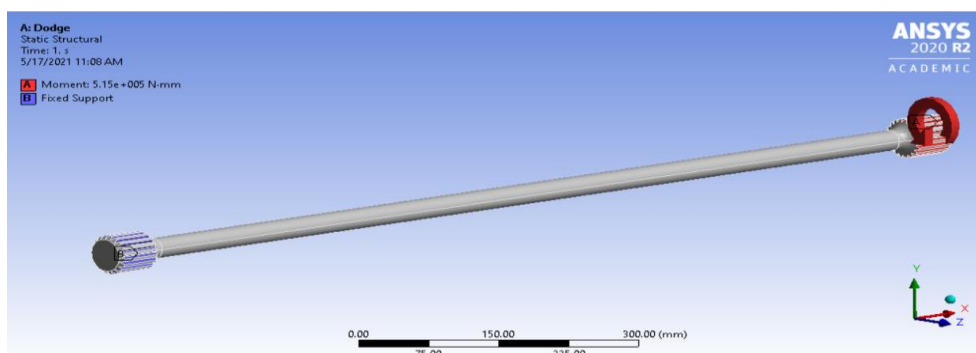


Fig. 10. Condițiile la limită și încărcările pentru modelul analizat cu metoda elementelor finite

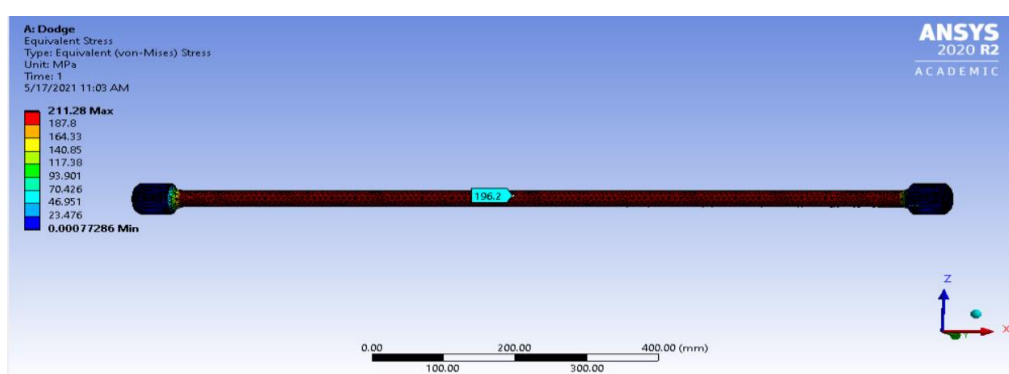


Fig. 11. Tensiunile von Mises pentru bara de torsiune de la mașina Dodge

4.2 Bara de la automobilul Chevrolet 2500

Pentru bara de torsiune de la Chevrolet 2500, [13] s-a folosit materialul oțel aliat tratat termic și o geometrie similară cu următorii parametri: $l = 1425.6$ mm, $d = 39.37$ mm și o încărcare cu un cuplu de torsiune $T = 1233794.33$ Nmm.

Urmând aceleași calcule ca în analiza anterioară, s-a obținut o tensiune echivalentă

$$\sigma_{\max, \text{vonMises}} = 178.3 \text{ MPa.}$$

Discretizarea modelului a fost efectuată cu 10922 noduri și 5570 elemente de tip Solid, și s-a obținut o tensiune echivalentă în mijlocul barei de 178.4 MPa (Fig. 12), ceea ce validează calculul analitic.

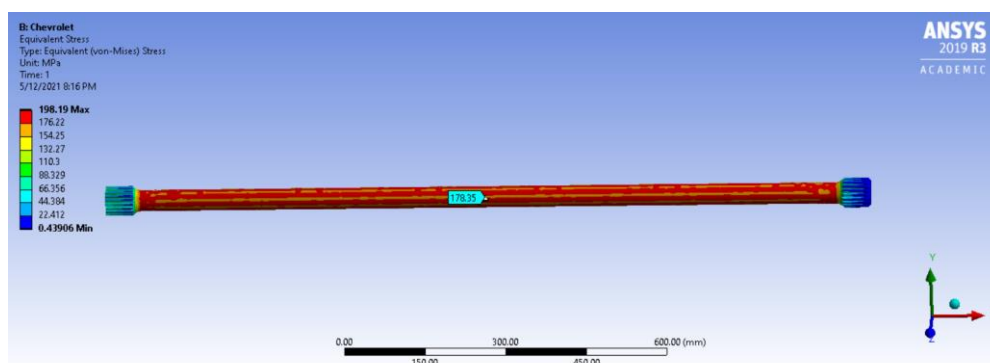


Fig. 12. Tensiunile von-Mises pentru bara de torsiune de la mașina Chevrolet

4.3. Bara de torsiune antirului

O altă geometrie de bară considerată a fost cea cu o lungime $l = 1150$ mm și un diametru $d = 25.4$ mm. [14]. Diferența majoră la această bară, cu excepția geometriei, este reprezentată de faptul că piesa are două bușe de ghidare care au rolul de a măări eficiența și a reduce vibrațiile și zgomotul.

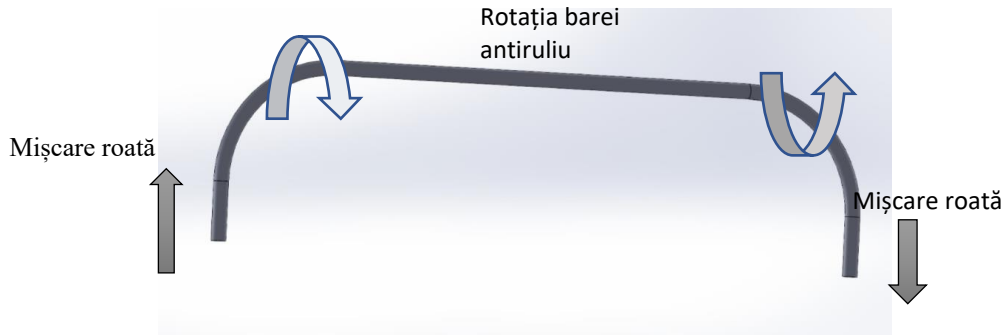


Fig. 13. Bară de torsiune între două roți (antirului)

Piesa din Fig. 13 a fost discretizată folosind un număr de 7509 elemente de tip Solid și 3588 noduri. În ceea ce privește condițiile la limită impuse piesei, aceasta este încărcată cu două forțe de 2111 N de semn opus, în ambele extremități. În locațiile bușelor s-au introdus condiții de tip "remote displacement". Interesează în special comportamentul zonei dintre cele două bușe, zonă supusă preponderent la torsiune. În acest caz de calcul, tensiunea echivalentă maximă de 505MPa se obține în locul unde sunt poziționate bușele (Fig. 15), iar la centru rezultă o tensiune von Mises de 352.4 MPa.

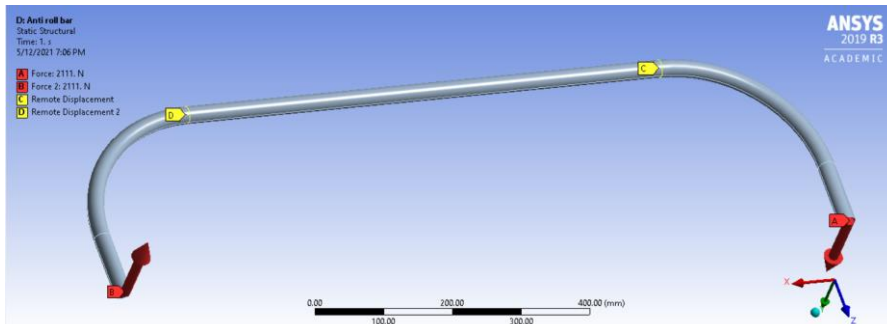


Fig. 14. Condițiile la limită și încărcările pentru bara antirului

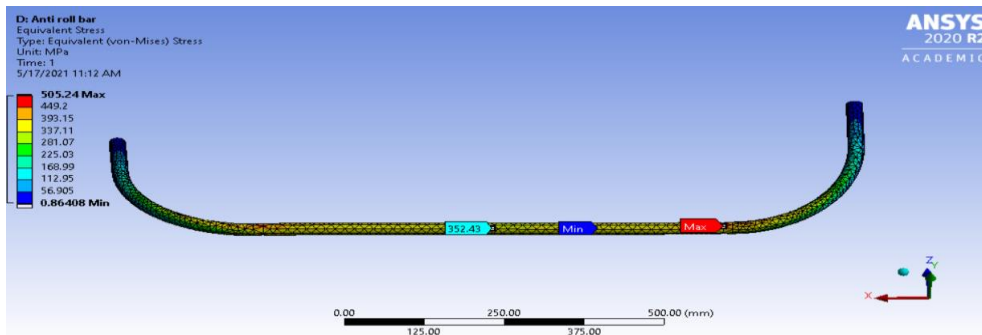


Fig. 15. Tensiunile echivalente von Mises pentru bara din Fig. 13

5. Concluzii

În această lucrarea de față s-au realizat proiecte de execuție și modele de analiză cu elemente finite pentru patru geometrii diferite de bare de torsiune. Pentru validare s-au comparat rezultatele analitice cu cele obținute prin metoda elementelor finite folosind programul Ansys Workbench. În Tabelul 2 se poate observa o foarte bună concordanță a rezultatelor pentru primele trei modele analizate. S-au exclus rezultatele din zonele cu concentratori (caneluri, racordări, capete etc.)

Tabelul 2. Comparație rezultate

Tensiunea echivalentă	Dodge Monaco	Chevrolet 2500	Isuzu Pickup
Rezultate analitice	196 MPa	178 MPa	229 MPa
Rezultate obținute cu MEF	196 MPa	178 MPa	229 MPa

Studiul va fi continuat în vederea analizei unor bare de torsiune din materiale diferite, precum titan, și compararea eficienței acestora în raport cu cele din oțel. De asemenea, se are în vedere investigarea efectului pretensionării și interpretarea rezultatelor obținute în ceea ce privește rezistența barei și capacitatea ei de a rezista la oboseală.

6. Bibliografie

- [1] Robert P. Tata, P.E, (2012), Automotive Suspension Systems
- [2] <https://www.autotrainingcentre.com/blog/history-car-suspension-systems-interested-auto-mechanic-training/>
- [3] <https://ro.pinterest.com/pin/319192692352758483/>
- [4] <https://ro.pinterest.com/acmc3099/egyptian-chariots/>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Suspension_link
- [6] <https://www.airedalesprings.co.uk/characteristics-to-look-for-in-a-spring-manufacturer/>
- [7] <https://www.amazon.com/TDPRO-250mm-Absorber-Suspension-Bikes50cc/dp/B075GPGRF8>
- [8] Michael Gifford, T. L. (2015). Design and Manufacture of an Adaptive Suspension System
- [9] <https://www.pinterest.co.uk/pin/754986325011635787/>
- [10] <http://modernmopars.net/mopar-b-bodyc-bodye-bodyj-body/dodge-monaco-specs-1974-1975/>
- [11] <https://p-s-t.com/i-23162820-1-12-torsion-bar-c-body.html>
- [12] COMMAND, U. A. (1967). ENGINEERING DESIGN HANDBOOK
- [13] <https://www.motortrend.com/cars/chevrolet/silverado-2500hd/2020/2020-chevrolet-silverado-2500-3500-first-drive-review/>
- [14] Amol Bhanage, Padmanabhan Krishnan, (2015), Static and Fatigue Simulation of Automotive Anti Roll Bar before DBTT

7. Notații

l = Lungime [mm]

d = Diametru [mm]

W_p = Modul de rezistență la răsucire [mm³]

τ_{max} = Tensiune de forfecare [MPa]

$\sigma_{max\text{vonMises}}$ = Tensiune echivalentă vonMises [MPa]