

ÎNCERCĂRI FIZICO-MECANICE ASUPRA GARNITURILOR CANELATE ȘI INELARE DIN CAUCIUC UTILIZATE LA APARATAJUL DE FRÂNĂ PNEUMATICĂ

Ioan SEBEȘAN¹, Dragoș FLOROIU², Laura Mariana BABICI², Marius Ovidiu ENE²

¹ Universitatea Politehnică din București, Romania, Facultatea de Transporturi
ioan_sebesan@yahoo.com

² Autoritatea Feroviară Română-AFER

Rezumat. Unul dintre cele mai folosite sisteme de frânare atât pentru vehicule motoare cât și pentru cele remorcate este frâna pneumatică automată. Frâna pneumatică indirectă este considerată și utilizată ca frână de bază la vehiculele de cale ferată. Pentru etanșarea pistonului, a cilindrului, cât și la etanșarea tijei pistonului, se utilizează garnituri canelate simetrice și asimetrice din cauciuc. Garniturile canelate din cauciuc se realizează dintr-un amestec de cauciuc de diferite calități și durități, rezistent la produse petroliere (ulei hidraulic, ulei de transformator, uleiuri minerale, unsoari consistente, emulsii apă-ulei, motorină etc.) cu impermeabilitate bună la gaze, fabricate prin procesul de profilare (extrudare) sau de vulcanizare în matriță.

Cuvinte cheie: frână pneumatică, timonerie, garnituri canelate, garnituri inelare, cauciuc

1. INTRODUCERE

Asupra unui tren care se deplasează pe calea ferată acționează forța de tracțiune dezvoltată de vehiculul motor, forțele rezistente ale tuturor vehiculelor care compun trenul și forțele de frânare.

Forțele de frânare sunt forțele exterioare care acționează asupra roților trenului, în sensul invers mișcării și se obțin cu ajutorul unor instalații speciale de frânare, ce transformă energia cinetică înmagazinată în masa trenului în lucru mecanic de deformare (elastica și plastică) și apoi în căldură. Efectul acestei transformări este creșterea temperaturii elementelor aflate în contact direct (de exemplu roata-sabot sau disc de frână-garnitura de frecare).

Unul dintre cele mai folosite sisteme de frânare atât pentru vehicule motoare cât și pentru cele remorcate este frâna pneumatică automată, la care comanda acțiunii de frânare se face prin modificarea presiunii din conducta generală de aer a trenului, iar forța de frânare se realizează prin creșterea presiunii în cilindrii de frână.

Frânele pneumatice pot fi:

- frâne cu aer comprimat – frâne directe și frâne indirecte;
- frâne cu vid;
- frâne electropneumatice.

Frâna pneumatică indirectă cu aer comprimat este considerată și utilizată ca frână de bază la vehiculele de cale ferată.

În cazul acestui sistem, frânele vehiculelor din tren sunt slăbite atâta timp cât în conducta generală a trenului există aer la presiunea de regim (în general 5 bar). Fiind o frână continuă cu aer comprimat, instalația se compune în principal din:

- compresorul de aer C;
- rezervorul principal RP;
- robinetul mecanicului RM;
- conducta generală de aer a trenului CG;
- cilindrii de frână CF;
- timoneriile de frână TF ale fiecărui vehicul;
- un rezervor suplimentar de aer RA (rezerva de aer comprimat a instalației vehiculului pentru alimentarea cilindrilor de frână;
- un distribuitor de aer D (comandă în funcție de presiunea aerului din conducta generală frânarea sau slăbirea frânei). [1]

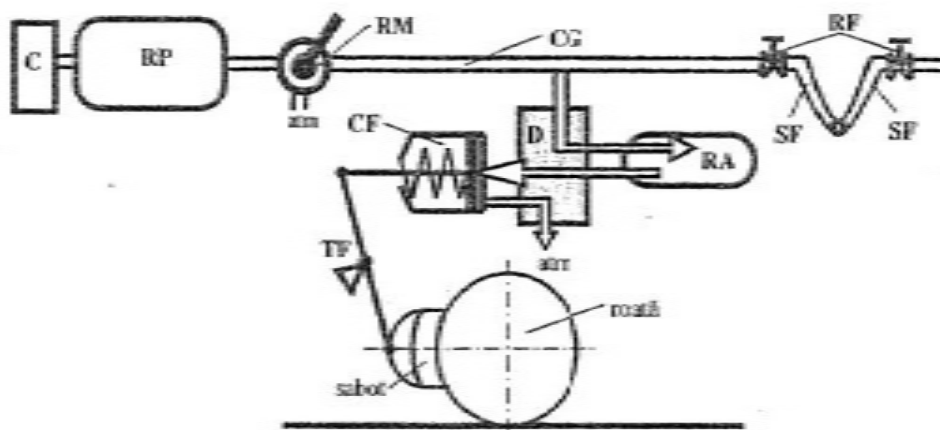


Fig. 1 Schema de principiu a frânei indirecte

C- compresor; **RP** – rezervor principal; **RM** – robinetul mecanicului; **CG** – conducta generală
CF – cilindrul de frână; **D** – distribuitor de aer; **RA** – rezervor auxiliar; **TF** – timoneria de frână;
RF – robineți frontali; **SF** – semiacuplări flexibile

Instalația de frână a oricărui vagon de cale ferată este formată din mai multe elemente, printre care și transmisia mecanică alcătuită din ansamblul organelor (leviere, bare, axe triunghiulare etc.), articulate între ele, numită timoneria frânei. [2].

Vagoanele prevăzute cu frână indirectă sunt înzestrate, în afara de conducta generală de aer și cilindrul de frână, cu un distribuitor de aer și rezervor de aer [3].

Pentru etanșarea pistonului, a cilindrului, cât și la etanșarea tijei pistonului, precum și a supapelor, ventilelor, se utilizează garnituri canelate simetrice din cauciuc, în timp ce garniturile canelate asimetrice din cauciuc se utilizează doar pentru etanșarea tijei pistonului. De asemenea se utilizează și garnituri inelare sau tip burduf.

Garniturile din cauciuc se realizează dintr-un amestec de cauciuc de diferite calități și durități, rezistent la produse petroliere (ulei hidraulic, ulei de transformator, uleiuri minerale, unsori consistente, emulsii apă–ulei, motorină etc.) cu impermeabilitate bună la gaze, fabricate prin procesul de profilare (extrudare) sau de vulcanizare în matriță.

Cauciucul, ca material cu aplicații tehnice, apare în anul 1839 când Charles Goodyear descoperă și pune la punct procedeul de vulcanizare prin care cauciucul plastic poate fi

transformat într-un material elastic, cu caracteristici avantajoase pentru a fi folosit în diferite domenii.

Interesul pentru acest material, justificat de proprietățile lui, a declanșat o serie de cercetări și experimentări care au condus la stabilirea de rețete de amestecuri și tehnologii de execuție a pieselor din cauciuc, de diferite forme și dimensiuni, cu caracteristici specifice unei game largi de utilizări, printre care și domeniul materialului rulant (cauciucuri rezistente la o gamă largă de temperaturi, cu rezistență la produse petroliere, cu proprietăți electroizolante, cauciucuri lipite de armături metalice etc.).

Caracteristica de bază a cauciucului este marea sa elasticitate, respectiv capacitatea de a suporta deformații mari sub acțiunea unor forțe exterioare și de a reveni la forma inițială când acțiunea acestor forțe încetează. Elasticitatea cauciucului este o proprietate intrinsecă, care nu depinde de forma piesei, spre deosebire de oțel, care pentru a avea o elasticitate apreciabilă trebuie conformat special (arcuri spirale, arcuri în foi), adică elasticitatea este o proprietate de formă. Trebuie reținut că materialul cauciuc este incompresibil, adică un volum de cauciuc supus la un efort de compresiune într-un spațiu închis se comportă ca un material nedeforabil și că, pentru a manifesta elasticitate, piesa de cauciuc trebuie să aibă posibilitatea de a refuza, modificându-și forma în cadrul aceluiași volum [4].

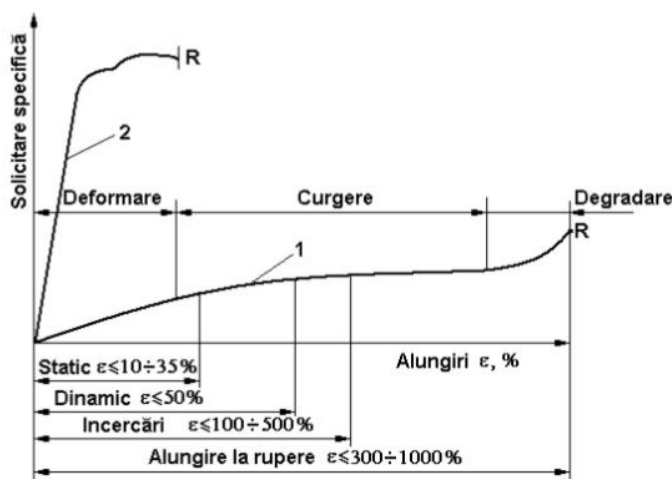


Fig .2. Diagrama alungire - tensiune la cauciuc și oțel

La solicitări dinamice se admit deformări mai mari, de până la 50 %, în funcție și de natura și frecvența acestor solicitări.

Încercarea pieselor din cauciuc se face la valori mai mari de deformații, în general de 100 % sau 200 % și, în unele cazuri, de 500 %. Deși cauciucul admite deformări foarte mari, nu este utilizat în practică decât într-un domeniu mult mai restrâns, aceasta pentru a se evita deformări care să producă modificări structurale ireversibile în masa cauciucului.

În fig. 2 se indică, pentru o piesă din cauciuc, dependența între solicitarea specifică și deformarea (alungirea) piesei (curba 1), comparativ cu aceeași relație la o piesă din oțel (curba 2), precum și domeniul de utilizare a cauciucului în funcție de mărimea deformării.

Este de remarcat în primul rând că materialul cauciuc admite, înainte de rupere, alungiri mult mai mari decât oțelul, care pot ajunge până la 1000% pentru cauciucul natural.

Rezistența de rupere este însă mult mai mică decât la oțel, neputând depăși valori de 300-320 daN/cm². [5].

2. ÎNCERCĂRI EFECTUATE ȘI REZULTATE OBȚINUTE

Lucrarea își propune să prezinte pe scurt verificarea în regim static a caracteristicilor mecanice ale garniturilor canelate și inelare din cauciuc, utilizate la aparatajul de frână pneumatică.

Rezultate experimentale

Amestecul de cauciuc, utilizat la garniturile canelate și inelare din cauciuc folosite la aparatajul de frână pneumatică a fost verificat prin trei tipuri de încercări statice privind determinarea caracteristicilor mecanice și anume: determinarea cedării la întindere, determinarea deformației remanente la întindere și determinarea deformației remanente la compresiune de 25%.

2.1 DETERMINAREA CEDĂRII LA ÎNTINDERE

Încercarea s-a desfășurat în conformitate cu [6].

Determinarea cedării la întindere, s-a executat pe epruvete confecționate din amestecul de cauciuc utilizat la confecționarea garniturilor, având forma și dimensiunile conform [4].

Pentru determinare s-a folosit un dispozitiv prevăzut cu 2 role pentru așezarea epruvetei inelare și cu un sistem de aplicare fără șocuri într-un interval de 2 secunde, a sarcinii corespunzătoare unei alungiri de $50 \pm 5\%$ din alungirea la rupere impusă.

Sarcina de aplicare s-a determinat printr-o încercare preliminară. Primul inel folosit în acest scop nu s-a folosit la efectuarea încercării.

Pentru celelalte epruvete, după aplicarea sarcinii, într-un interval de maxim 15 secunde, s-a rotit rola de sus cel puțin o dată cu 360° și s-au echilibrat tensiunile.

Deplasarea necesară a centrului rolei de jos pe care s-a sprijinit inelul, pentru realizarea întinderii cu 50% din valoarea impusă pentru alungirea la rupere s-a calculat cu relația:

$$I_n = \frac{L_n - \pi d - 2b}{2} \quad [\text{mm}], \text{ în care:}$$

I_n = deplasarea necesară a centrului rolei de jos pe care se sprijină inelul, [mm]

d = diametrul inițial al rolei, [mm]; $d = 22,3 \text{ mm}$

b = distanța dintre centrele celor două role pe care s-a așezat inelul în poziția inițială, [mm]

n = indice, care funcție de duritatea amestecului are una din valorile 50; 60; 70; 75

L_n = circumferința inelului întins cu 50% din valoarea impusă pentru alungirea la rupere, [mm]

Circumferința inelului s-a calculat cu relația:

$$L_n = \left(\frac{0,5 A}{100} + 1 \right) 140 \quad [\text{mm}], \text{ în care:}$$

A = alungirea la rupere impusă, [%]

L_0 = circumferința inițială a inelului, [mm]

D = diametrul interior al epruvetei inelare tip A conform [6]; $D = 44,6 \text{ mm}$

$$L_n = \left(\frac{0,5 A}{100} + 1 \right) 140 \quad [\text{mm}]$$

Aplicând valorile alungirii la rupere impuse, funcție de duritatea amestecului de cauciuc, s-au obținut următoarele valori pentru circumferința inelului întins cu 50% din valoarea impusă pentru alungirea la rupere:

$$L_{50} = \left(\frac{0,5 \times 400}{100} + 1 \right) 140 = 420 \text{ mm}$$

Încercări fizico-mecanice asupra garniturilor canelate și inelare din cauciuc utilizate la aparatajul de frână pneumatică

Valorile deplasării necesare a centrului rolei de jos, pe care se sprijină inelul, pentru realizarea întinderii cu 50% din valoarea impusă pentru alungirea la rupere, au rezultat din aplicarea relației:

$$I_{50} = \frac{L_{50} - \pi d - 2b}{2} = \frac{420 - 70 - 2 \times 35}{2} = 140 \text{ mm.}$$

valabilă doar pentru grupa cu duritate 50° Sh A.

După alungirea inelului, conform valorilor stabilite pentru I_n s-au făcut următoarele citiri:

I_1 – deplasarea centrului rolei de jos, față de poziția inițială a inelului fixat pe rola neîntinsă după 15 secunde de la aplicarea sarcinii;

I_2 – deplasarea centrului rolei de jos față de poziția inițială a inelului fixat pe rola neîntinsă, după o oră de la aplicarea sarcinii;

Cedarea la întindere se calculează cu relația:

$$C = \frac{L_2 - L_1}{L_0} \times 100 [\%], \text{ unde:}$$

L_0 circumferința inițială a inelului neîntins [mm]; $L_0 = 140$ mm

L_1 circumferința inelului după 15 secunde de la aplicarea sarcinii [mm]

L_2 circumferința inelului după 1 oră de la aplicarea sarcinii [mm]

Rezultatele încercării se regăsesc în tabelul nr. 1 și modul de testare al probelor este redat în figurile nr. 3, 4 și 5:

Tabel nr. 1

Număr determinare	Cedarea la întindere, [%]	Valoare medie, [%],
1	11,29	11,43
2	11,76	
3	11,25	

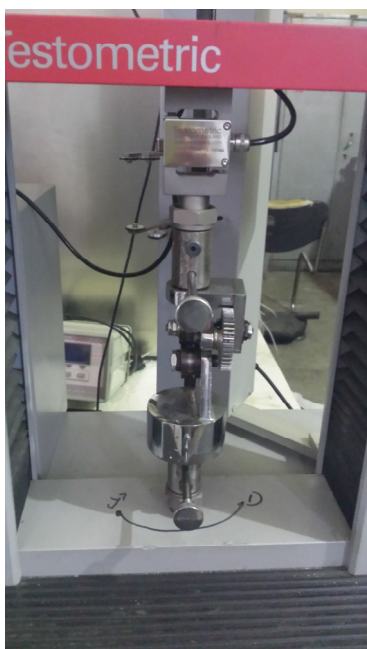


Figura 3 Epruveta inelară la începutul încercării



Figura 4 Epruveta inelară în timpul deplasării rolei



Figura 5 Epruveta inelară la sfârșitul încercării

2.2. DETERMINAREA DEFORMAȚIEI REMANENTE LA ÎNTINDERE

Această încercare s-a efectuat în continuarea probei de cedare la întindere, conform [6].

Epruveta inelară tip A, conform [6], care s-a menținut timp de o oră în condițiile standardizate, s-a luat de pe aparat și după 3 minute s-au făcut măsurători pentru determinarea deformării remanente la întindere astfel:

- s-a măsurat diametrul interior al inelului supus probei, înainte și după efectuarea probei de cedare la întindere.

Deformația remanentă la întindere s-a calculat cu relația:

$$DRI = \frac{D_1 - D_0}{D_0} \times 100 \text{ [%]}$$

în care:

DRI = deformația remanentă la întindere, exprimată în procente

D₀ = diametrul interior al inelului în stare inițială, în mm

D₁ = diametrul interior al inelului după efectuarea probei, în mm

Rezultatele încercării se regăsesc în tabelul nr.2 și modul de testare al probelor este redat în figurile nr. 3, 4 și 5:

Tabel nr. 2

Număr determinare	Cedarea la întindere, [%]	Valoare medie, [%],
1	5,25	5,69
2	5,67	
3	6,15	

2.3. DETERMINAREA DEFORMAȚIEI REMANENTE LA COMPRESIUNE DE 25%, DUPĂ MENȚINERE TIMP DE 24 DE ORE LA 100°C

Încercarea s-a efectuat în conformitate cu [7].

Pentru această încercare, s-au utilizat trei epruvete cilindrice tip B cu Ø (16±0,5) mm, ale căror grosimi inițiale h₀ de (6,3±0,2) mm au fost măsurate, apoi epruvetele au fost condiționate 3 ore.

După condiționare, epruvetele au fost supuse la compresiune de 25% timp de 24 ore la o temperatură de 100°C, după care s-au relaxat timp de 30 minute și s-a măsurat din nou grosimea.

S-a calculat deformarea remanentă cu formula:

$$C = 100(h_0 - h_1)/(h_0 - h_s), \text{ [%]}$$

unde “h₀” = grosimea inițială, “h₁” = grosimea după compresiune de 25% și “h_s” = grosimea finală după 24 ore compresiune și apoi relaxare 30 minute.

Epruvetele au fost introduse în camera climatică, 24 de ore, la temperatura de etuvă cu temperatura de 100°C.

Rezultatele încercării se regăsesc în tabelul nr. 8 și modul de testare al probelor este redat în figurile nr. 6,7 și 8:

Încercări fizico-mecanice asupra garniturilor canelate și inelare din cauciuc utilizate la aparatajul de frână pneumatică

Tabel nr. 3

Numărul epruvetei	h_0 [mm]	h_1 [mm]	h_s [mm]	Deformare remanentă după compresiune [%]
1	5,92	5,88	4,48	2,78
2	5,99	5,83	4,48	10,59
3	5,97	5,76	4,48	14,09



Figura 7 Epruvete pregătite pentru comprimare



Figura 8 Epruvete în timpul comprimării, în interiorul dispozitivului



Figura 6 Epruvete după comprimare

5. CONCLUZII

- Cauciucul brut (nevulcanizat) este plastic, datorită cărui fapt i se poate da forma necesară. În urma vulcanizării, forma dată piesei se fixează și cauciucul capătă o mare elasticitate.
- Caracteristicile mecanice și elastice ale materialelor au fost determinate în urma unor încercări mecanice, efectuate în laborator, pe mașini speciale. Caracteristicile s-au determinat pe garnituri de cauciuc sau epruvete, reprezentând eșantioane cu o anumită configurație geometrică, prelevate din tipul de amestec de cauciuc studiat. Forma și dimensiunile acestora depind de caracteristicile cauciucului și de tipul solicitării la care a fost supus încercării. Pentru a evidenția particularitățile cauciucului solicitat mecanic s-au folosit determinarea cedării la întindere și determinarea la compresiune.
- Proprietățile principale care determină capacitatea de lucru a cauciucului, sunt elasticitatea, rezistența la oboseală și pierderile prin histerezis la solicitări variabile. În funcție de condițiile de lucru, mai prezintă importanță și alte proprietăți ale cauciucului ca termostabilitatea (în condiții de temperaturi joase sau înalte), rezistența la acțiunea uleiurilor etc. Toate aceste proprietăți pot varia în limite mari prin alegerea tipului de cauciuc, a dozajului cu ingrediente, etc.
- Pe mașinile de încercat s-au efectuat încercările de cedare la întindere sau compresiune, care sunt standardizate, respectarea standardelor fiind obligatorie.
- Cele mai utilizate încercări mecanice sunt încercările statice (forța crește relativ lent pe parcursul unei asemenea încercări, care durează câteva minute), la temperatura mediului.
- Încercările s-au realizat pe mașini de încercat specializate, care au înregistrat, sub forma unor diagrame, variația forței care a solicitat epruveta până la întinderea, respectiv comprimarea acesteia. Mărimea forțelor s-a citit pe dispozitivul de înregistrare cu care este echipată mașina de încercat, iar deformațiile s-au măsurat cu ajutorul unor dispozitive speciale numite extensometre, montate pe epruvetă.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Cruceanu, C.**, *Frâne pentru vehicule feroviare*, Editura Matrix Rom, București, 2009.
- [2] **Stoica, M.**, *Frânarea trenurilor*, editura ASAB, București, 2002
- [3] **Stoica, M.**, *Frâne moderne tip KE pentru vagoane de marfă*, editura ASAB, București, 2003
- [4] **Sebeșan I.**, *Dinamica vehiculelor feroviare*, Editura MatrixRom, ISBN 978-973-755-725-4, București 2011
- [5] **Sebeșan I., Copaci I.**, *Teoria sistemelor elastice la vehicule feroviare*, Editura MatrixRom, ISBN 978-973-372-0, București 2008
- [6] **Standard SR ISO 37**, *Cauciuc vulcanizat și termoplastic*. ASRO, 2014
- [7] **SR ISO 815-1:2012**, *Cauciuc vulcanizat sau termoplastic. Determinarea deformării remanente după compresie la temperaturi ambiante sau ridicate*, ASRO, 2012
- [8] **Zecheru Gh., Drăghici Gh.**, *Elemente de științe și ingineria materialelor*, vol. 1 și 2, Editura ILEX și Editura Universității din Ploiești, 2001