A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

ARBORE DE DISTRIBUȚIE TUBULAR AL MOTORULUI CU ARDERE INTERNĂ

Gheorghe Aurel GHERMAN

TUBULAR CAMSHAFT FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

The current paper presents the results of the study to investigate the possibility of replacing the conventional camshaft of an internal combustion engine, with a hollow, tubular cross section camshaft.

In the conventional form the camshaft is stamped or forged, and made of iron, having a full circular section. The proposed tubular camshaft is made out of steel, and the cams are attached by shrinking-on the shaft. We have considered three constructive variants of the tubular camshaft.

The strain state and the tensions of the classical camshaft and the three constructive variations of the tubular camshaft were examined using the finite element method.

Keywords: tree distribution, strain, stress, finite element method

Cuvinte cheie: arbore de distribuție, deformații, tensiuni, metoda elementelor finite

1. Introducere

Pentru a reduce greutatea proprie şi a îmbunătăți tehnologia de fabricație al arborelui de distribuție, mai multe firme constructoare de motoare au testat posibilitatea de înlocuire al arborelui de distribuție clasic a motorului cu ardere internă, cu un arbore de distribuție de secțiune tubulară. Prin aceasta se înlocuieşte arborele de distribuție

clasic confecționat din fontă şi realizat prin matrițare sau forjare având secțiune circulară plină, cu un arbore tubular confecționat din oțel având camele fretate. Noua variantă de execuție al arborelui de distribuție creşte productivitatea şi scade prețul de cost.

2. Prezentarea generală a arborelui de distribuție studiat

Pentru studiu s-a ales arborele de distribuție al motorului Renault tip K9K de 1,5 litri diesel (care echipează şi autoturismul Dacia Logan 1,5 DCI) [3].

Dimensiunile principale ale arborelui de distribuție:

- lungimea L = 420 mm
- diametrul fusurilor d_f = 25 mm
- diametrul găurii d_g = 13, 15, 17 mm (pentru arborele tubular)
- diametrul de bază al camei D_c = 38 mm
- excentricitatea camei e = 8 mm
- lățimea camei l_c = 14 mm

Ipoteze de calcul

a.) Calculul s-a efectuat în regim static. Modul de rezemare al arborelui de distribuție în chiulasă s-a considerat simplu rezemat în 4 secțiuni amplasate între came şi câte 2 secțiuni la fiecare capăt al arborelui. În secțiunea de antrenare a fost blocată rotirea pentru a echilibra tendința de rotire produsă de încărcările aplicate pe vârfurile camelor.

b.) Forțele care solicită arborele s-au considerat că reprezintă suma dintre forța elastică a arcurilor supapelor şi forța produsă de presiunea gazelor din cilindru care acționează asupra supapelor. S-a acceptat că valoarea medie maximă a forței F_m = 2000 N/camă.

c.) Forța F_m s-a aplicat perechilor de came admisie-evacuare care se găsesc simultan în poziția de deschidere maximă.

d.) S-au considerat 4 variante constructive ale arborelui de distribuție.

e.) Pentru toate variantele s-au considerat 4 cazuri de încărcare rezultate din combinația camelor care se găsesc în poziția de deschidere maximă simultan [4]. Cazurile de încărcare sunt prezentate în tabelul 1.

Materiale utilizate

Arborele de distribuție clasic este executat din fontă cu grafit nodular, având următoarele proprietăți fizico-mecanice: duritatea: 220 –

300 HB; rezistența la rupere: R_m = 600 N/mm^2; alungirea la rupere: A_5 =4 – 5 %, modulul de elasticitate longitudinal E = 160000 N/mm^2, coeficientul de contracție transversală μ = 0,275 [1], [2].

Tabelul 1

Cazurile de încărcare		
Cazul de încărcare	Cama de evacuare	Cama de admisie
1	Cilindrul 1	Cilindrul 2
2	Cilindrul 3	Cilindrul 1
3	Cilindrul 4	Cilindrul 3
4	Cilindrul 2	Cilindrul 4

Arborii de distribuție în variantele cu secțiunea transversală de formă tubulară sunt executați din OL 52 cu o concentrație de carbon de 0,24 %, iar camele din OLC 60 cu o concentrație de carbon de 0,62 %. Au fost considerate următoarele proprietăți fizico-mecanice: rezistența la rupere: R_m = 610 N/mm^2; alungirea la rupere: A_5 = 21 %. Modulul de elasticitate longitudinal E = 208000 N/mm^2, coeficientul de contracție transversală μ = 0,3 [1], [2].

3. Variantele constructive ale arborelui de distribuție studiate

Toate variantele constructive ale arborelui de distribuție studiate au forma şi dimensiunile egale. Arborele de distribuție este prezentat în figura 1. Diferențele între variante constau în material şi secțiune transversală.

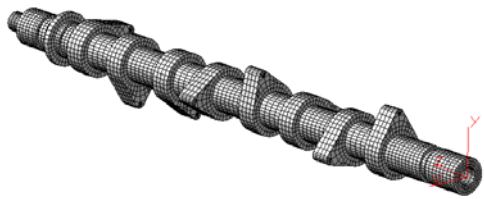

Fig. 1 Forma arborelui de distribuție

Varianta constructivă 1 reprezintă arborele clasic de secțiune circulară plină executat din fonta. În variantele constructive 2, 3, 4 –

arborele este tubular având diametrul găurii de 13, 15, 17 mm confecționat din oțel. Pentru toate variantele s-au menținut modurile de rezemare - încărcare.

4. Rezultatele calculului de verificare pentru variantele arborilor de distribuție studiate

Pentru verificarea stării de tensiuni şi de deformații s-a aplicat metoda elementelor finite, prin rularea programului ALGOR [5]. Au fost verificate cele 4 variante constructive ale arborelui, considerând pentru fiecare cele 4 cazuri de încărcare definite în tabelul 1.

În urma rulării programului s-au obținut valorile tensiunilor şi ale deplasărilor din toate punctele rețelei de calcul considerate. Considerând numai valorile maxime ale acestora în figura 2 repectiv figura 3, s-au trasat diagramele de variație ale tensiunilor şi deformațiilor maxime. Din analiza acestora se remarcă faptul că pentru toate variantele constructive, în cazul 2 de încărcare se obțin cele mai mari valori ale tensiunilor şi deformațiilor. Pentru aceste cazuri valorile tensiunilor au valori cuprinse între 119,48 ÷ 136,53 N/mm^2 iar valorile deformațiilor sunt cuprinse între 0,0315 ÷ 0,0380 mm. Atât tensiunile cât şi deformațiile se încadrează în domeniul valorilor admisibile.

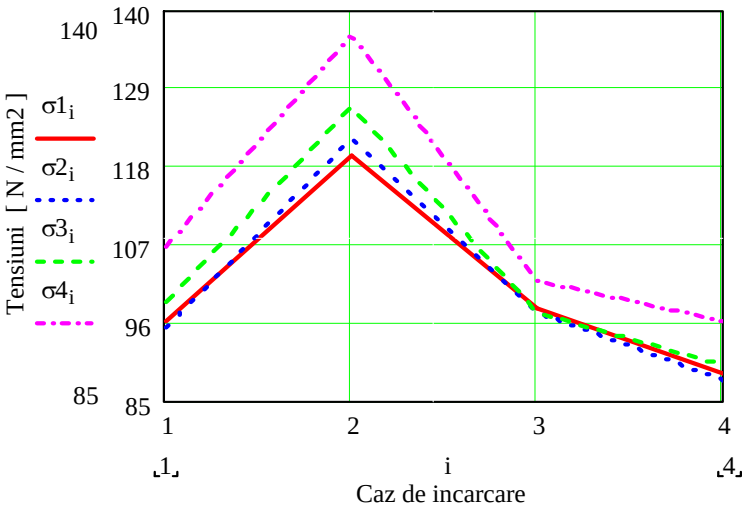

Fig. 2 Distribuția tensiunilor în arbore

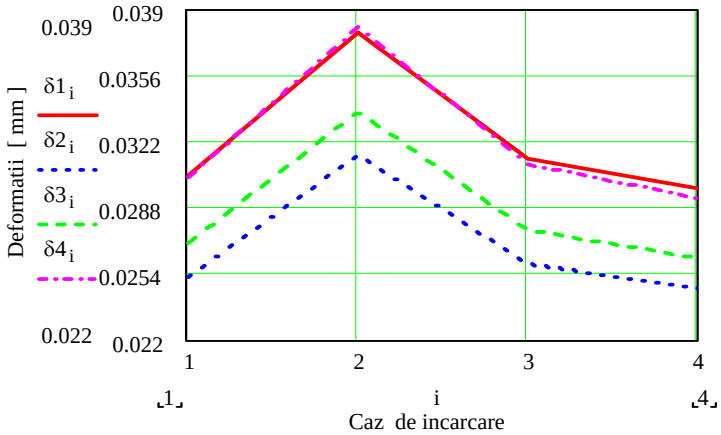

Fig. 3 Distribuția deformațiilor

Din diagramele din figura 2 şi figura 3, rezultă că pentru varianta constructivă 4 cu gaură de 17 mm, caz de încărcare 2, se obțin valorile cele mai mari ale tensiunilor şi deformațiilor. Din acest motiv această variantă constructivă şi caz de încărcare va fi prezentată în detaliu.

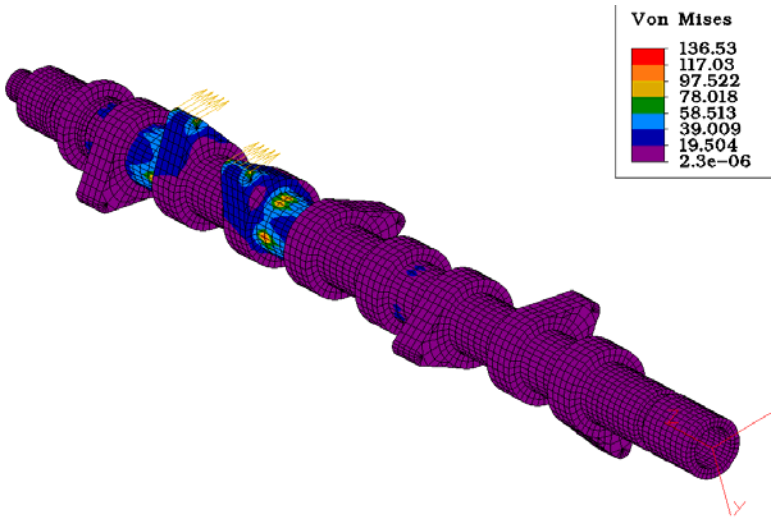

Fig. 4 Distribuția tensiunilor echivalente din arborele de distribuție
Varianta 4, gaură 17 mm, caz de încărcare 2

În figura 4 sunt prezentate valorile şi modul de distribuție a tensiunilor echivalente după criteriul von Mises, iar în figura 5 sunt redate valorile şi modul de distribuție ale deplasărilor.

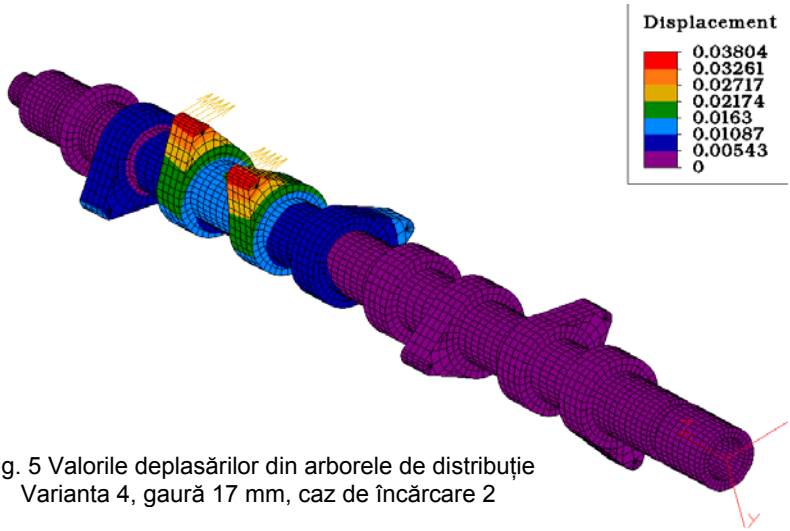

Fig. 5 Valorile deplasărilor din arborele de distribuție
Varianta 4, gaură 17 mm, caz de încărcare 2

Pentru o mai bună vizualizare a valorilor tensiunilor şi deformațiilor se prezintă în figura 6 şi figura 7 un detaliu al acestora.

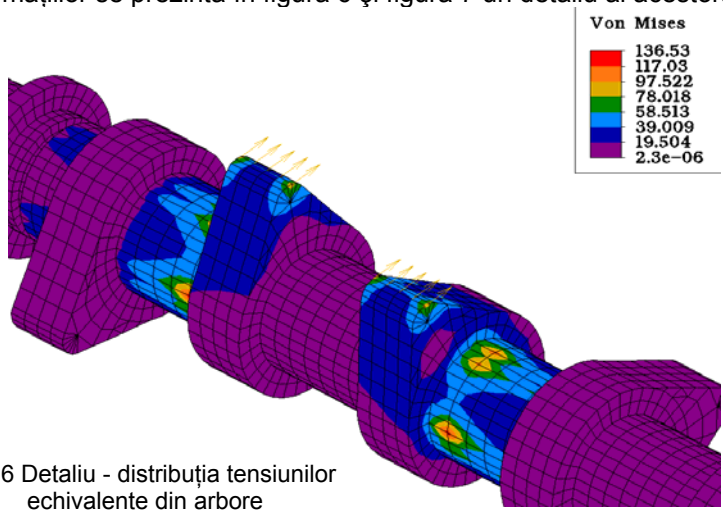

Fig. 6 Detaliu - distribuția tensiunilor echivalente din arbore
Varianta 4, gaură 17 mm,
caz de încărcare 2

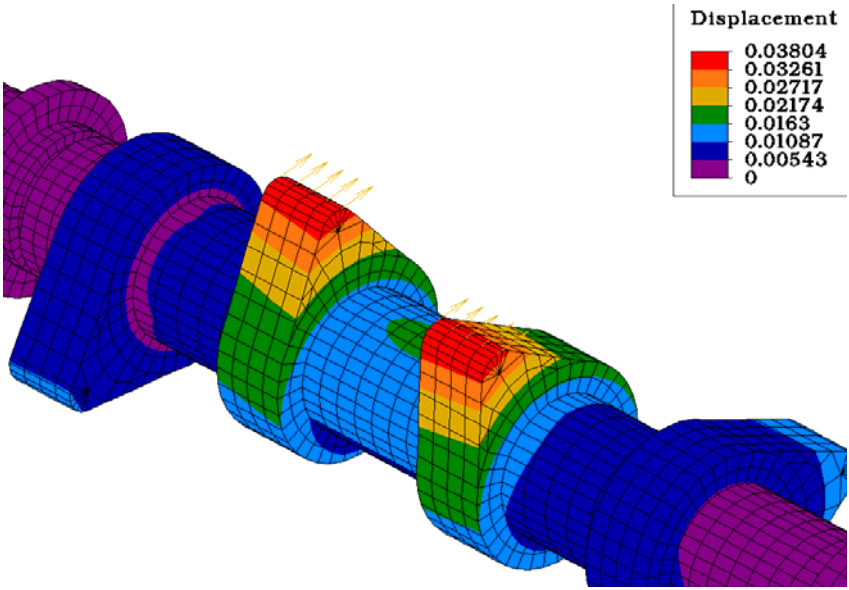

Fig. 7 Detaliu – distribuția deplasărilor din arbore
Varianta 4, gaură 17 mm, caz de încărcare 2

5. Concluzii

■ În urma comparării valorilor tensiunilor şi deformațiilor pentru cele 4 variante constructive ale arborelui de distribuție se constată că abaterea procentuală maximă pentru cazul de încărcare 2 are valoarea de 12,5 % pentru tensiuni, iar pentru deformații este de 1,72 %.

■ Variația valorilor deformațiilor sunt mici, nesemnificative, fără a modifica diagrama de distribuție. Pentru nici una din variantele de calcul respectiv pentru nici un caz de încărcare nu sunt depăşite valorile tensiunilor admisibile.

■ Cunoscând starea de deformații şi tensiuni din arborele de distribuție se poate efectua o redimensionare în vederea reducerii greutății întregului sistem de distribuție care are efect de reducere a solicitărilor dinamice.

■ Variantele constructive 2, 3, 4 aduc o reducere a greutății arborelui de distribuție cu 0,450, 0,600, 0,760 kg în comparație cu varianta 1.

■ Dacă ne raportăm la greutatea arborelui de distribuție clasic varianta 1 de 2,70 kg - reducerea procentuală a greutății este de 16 ÷ 28 %.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bejan, M., *Rezistența materialelor*, vol 1, Editura AGIR, Bucureşti şi Editura MEGA, Cluj Napoca, 2004.
[2] Gherman, Gh. A., *Rezistența materialelor*, Editura Mirton, Timişoara, 2003.
[3] Gherman, Gh. A., Hălăciugă, I., Igreț, S., *Verifying The State of Deformation And Tension Of A Distribution Shaft From An Internal Combustion Motor Using The Finite Element Methods*, International Congress AMMA 2007, Automobile, Enviroment and Farm Machinery, 11-13 October, Cluj-Napoca, vol. IV, 2007, ISSN 1221-5872, pag. 277-282.
[4] Grunwald, B., *Teoria, calculul şi construcția motoarelor pentru auto-vehicule rutiere*, Editura didactică şi pedagogică Bucureşti,1980.
[5] * * * ALGOR – *Geometric Modeling and Vizualization*. Pittsburgh, 1990.

Prof.Dr.Ing. Gheorghe Aurel GHERMAN
Universitatea ”Aurel Vlaicu” din Arad,
preşedintele Sucursalei AGIR din Arad