



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

CERCETAREA INFLUENȚEI RUGOZITĂȚII ASUPRA PARAMETRILOR DE PERFORMANȚĂ A UNUI MOTOR CU ARDERE INTERNĂ

Dan MOLDOVANU, Ferenc GASPARG, Constantin BEȘU

RESEARCH REGARDING THE INFLUENCE OF ROUGHNESS ON PERFORMANCE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

The present paper presents the study of the intake pipes surface roughness and its influences on the performance of an internal combustion engine. The measurements of the roughness were made experimentally, and the influences were studied using three simulation software: AVL BOOST (2013.1), GT Suite (7.4.0) and WAVE (2014.1). In order to obtain conclusive results, the same engine (Opel Astra F engine type C20NE) was simulated in three software, using the old type of materials for the intake pipes (forged cast iron) and the newer versions of materials (plastic). The data from all simulations were extracted, managed and accurately inspected and interpreted. The main conclusion of the paper is that the surface roughness of the intake pipe has an effect on the power of the internal combustion engine, not only because of the weight, but also the flow is improved. The same conclusion was obtained from all software.

Keywords: Simulation, Roughness, Intake, AVL BOOST, GT Suite, WAVE
Cuvinte cheie: Simulare, Rugozitate, Admisie, AVL BOOST, GT Suite, WAVE

1. Introducere

Având în vedere complexitatea profilului suprafețelor ca și dificultatea măsurării acestuia, sunt necesare metode prin care, pornind

de la măsurătorile profilului real pe eşantioane restrânse putem defini principalele caracteristici ale întregii suprafețe cu o probabilitate acceptabilă. În prealabil este utilă trecerea în revistă a principalelor elemente geometrice utile în descrierea profilului real al suprafețelor, așa cum sunt ele definite în standardele internaționale [8]:

- Suprafața reală;
- Suprafața geometrică;
- Profil real;
- Linia de referință;
- Lungimea de bază;
- Abaterea profilului;
- Proeminența locală;
- Gol local;
- Proeminența profilului (indicele p);
- Golul profilului (indicele v);
- Linia golurilor profilului;
- Pasul neregularităților profilului.

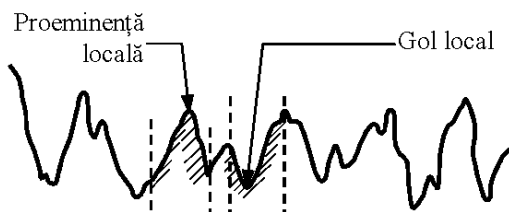


Fig. 1 Suprafața reală [8]

Înălțimea maximă a profilului, R_y , definește distanța dintre linia proeminențelor profilului și linia golurilor profilului, în limitele lungimii de bază, fiind un factor foarte important de decizie tribologică:

$$R_y = y_{vmax} + y_{pmax} \quad (1)$$

Înălțimea neregularităților profilului în zece puncte, R_z , este media valorilor absolute ale înălțimilor celor mai de sus cinci proeminențe și ale adâncimilor celor mai de jos cinci goluri, măsurate în limitele lungimii de bază (figura 2), față de o paralelă la linia de referință care nu intersectează profilul:

$$R_z = \frac{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_4) - (R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10})}{5} \quad (2)$$

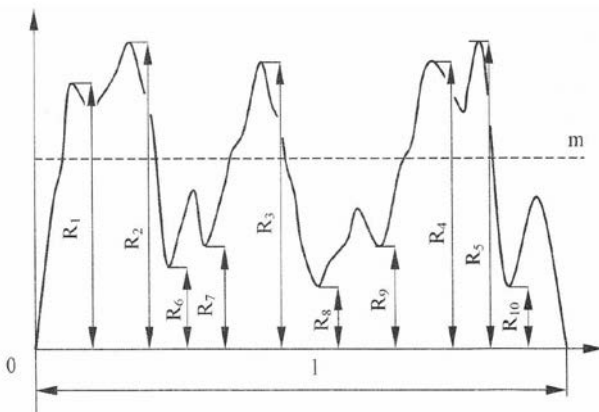


Fig. 2

Microprofilul suprafeței pentru evaluarea rugozității după criteriul R_z [8]

Trebuie subliniat că toți acești parametri caracterizează doar abaterile profilului în direcție verticală; ei nu oferă informații despre forma și mărimea asperităților ca și despre așezarea lor în spațiu astfel că e posibil ca suprafețe reale cu forme foarte diferite între ele să aibă același R_a .

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \quad (3)$$

Abaterea medie aritmetică a profilului, R_a , este cel mai cunoscut parametru, fiind cel indicat și pe desenele de execuție; definește valoarea medie a abaterilor profilului luată în valoarea absolută, pe întreaga lungime de bază

Articolul prezintă o serie de date obținute prin cercetare experimentală realizat în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, și simulări realizate în Laboratorul de simulare al Departamentului de Autovehicule Rutiere și Transporturi.

2. Metodologia cercetării experimentale

Etapile necesare pentru a realiza simulările sunt: • Analiza și măsurarea rugozității suprafețelor galeriilor de admisie (variante veche și nouă, figura 3); • Realizarea simulării în AVL BOOST; • Realizarea simulării în GT Suite; • Realizarea simulării în WAVE.

Fiecare galerie de admisie este unică pentru motorul pentru care a fost construită, dar aceleași principii de bază se aplică în analiza fluxului de fluid. ▪

Constrângeri speciale de proiectare trebuie să fie studiate și puse în aplicare pentru a obține un randament volumetric acceptabil pentru procesul de umplere. Interacțiunea dintre combustibil și aer este deosebit de importantă în galeria de admisie la motoarele cu injecție portuare deoarece rata de curgere a aerului care călătorește prin galerii trebuie monitorizată continuu pentru a determina cantitatea corectă de combustibil pentru injecție, în scopul de a menține un amestec aer-carburant stoichiometric [1-4, 7].

Măsurarea rugozității pe cele două galerii s-a efectuat în incinta firmei S.C. SINTEROM S.A. cu ajutorul unui aparat de măsură: rugozimetrul este de la firma MAHR și se numește Pertometru M1.

Aparatul de măsură este certificat conform standardelor DIN/ISO/JIS și are un domeniu de măsurare de până la 150 μm .

Valorile măsurate ale rugozităților sunt:

- pentru galeria din aliaj de aluminiu $R_a = 12,5 \mu\text{m}$;

- pentru galeria din plastic $RRaa = 0,1 \mu\text{m}$.

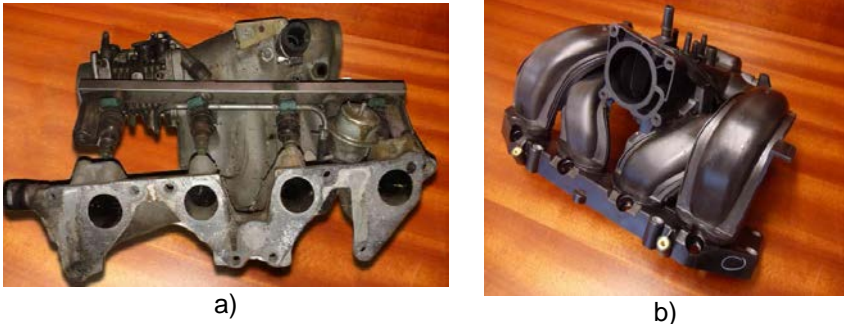


Fig. 3 Variantele de galerii de admisie analizate (a) varianta veche și (b) varianta nouă

Simularea asistată de calculator se folosește pe o scară foarte largă în întreaga industrie de automobile și comunitatea de cercetare [5 - 6]. Calculatoarele sunt atât de puternice și accesibile, astfel simularea motorului poate oferi o economie substanțială de timp și bani. Deși un model de motor este o aproximare simplificată a unui motor real, el poate fi calibrat pentru a obține precizia dorită.

Cele mai multe programe disponibile în comerț de simulare a motorului se bazează pe ecuații unidimensionale de dinamică a fluidelor.

Ele conțin, de asemenea, modele de transfer de căldură și de frecare, care de multe ori necesită calibrare.

Figura 4 prezintă o vedere cu dispunerea modelului GT-SUITE pentru un motor cu patru cilindri, cu două supape pe cilindru, modelul fiind cel utilizat în simulare.

Fiecare pătrat reprezintă un volum cu o anumită lungime, diametru, curbură, rugozitate a suprafeței, o temperatură a pereților, precum și unele precizări suplimentare. Fiecare obiect rotund reprezintă un plan vertical între volumele menite să definească un orificiu definit printr-un coeficient de pierdere de debit [10].

Modelul utilizat în cadrul simulării este prezentat în figura 5, iar acesta este realizat cu ajutorul elementelor predefinite în programul BOOST, după cum urmează: limitele sistemului (SB1, SB2), conducte de legătură (1 – 34), filtrul de aer (CL1), volum de atenuare pe admisie (PL1, PL2), restricții (R1 – R10), intersecții de conducte (J1 – J6), injectoare (I1 - I4), cilindri motorului (C1-C4), catalizator (CAT1), amortizoare de zgomot (PL3, PL4), puncte de măsurare (MP1 – MP18) [9].

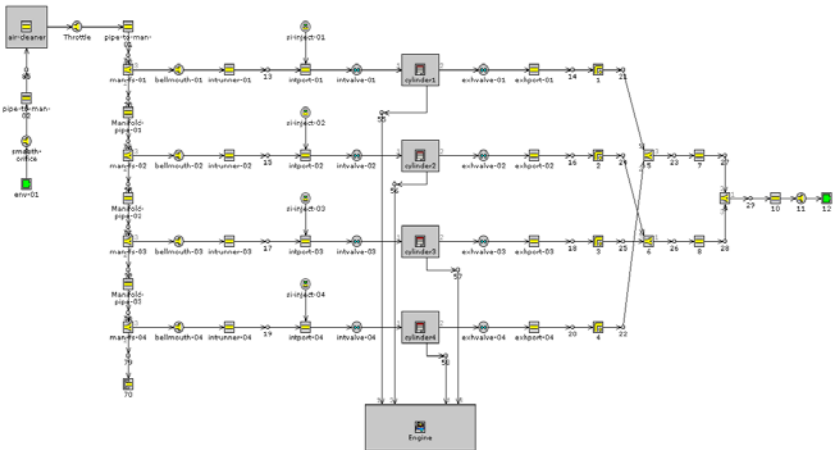


Fig. 4 Modul de configurație virtuală a caracteristicilor vehiculului în aplicația de scanare a sistemelor electronice ale autovehiculului

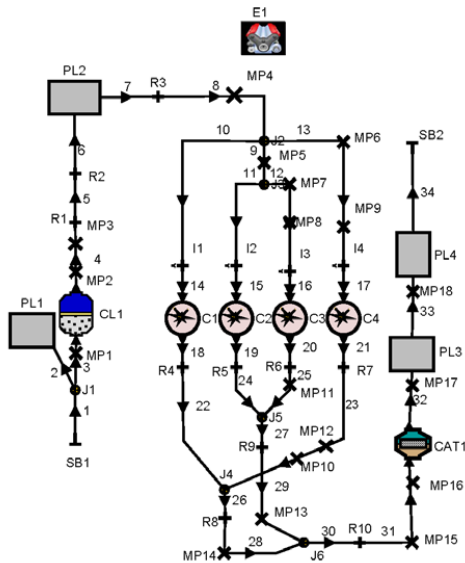


Fig. 5 Modelul virtual al MAS din programul BOOST

Modelul motorului modelat în programul WAVE este reprezentat în figura 3.18. Analog cu simularea din GT-SUITE, modelul creat în WAVE are aceleași caracteristici ca și modelul de motor din BOOST. Modelul este compus din: limitele sistemului, conducte de legătură, orificii, intersecții de conducte, injectoare, cilindri motorului și blocul motor.

3. Sinteza rezultatelor cercetării pe autovehiculul 320d

În urma simulării s-au obținut predicții privind coeficientul de umplere, puterea efectivă, momentul motor efectiv și consumul specific de combustibil pentru diferite turații ale motorului.

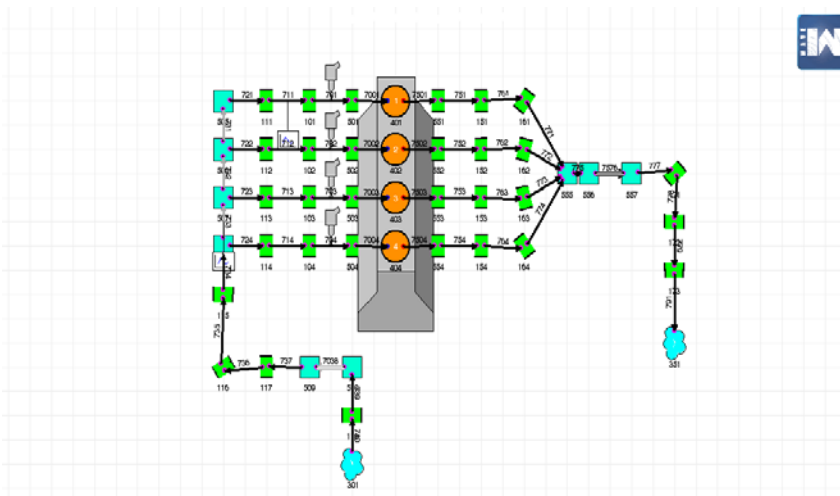


Fig. 6 Modelarea virtuală a MAS în WAVE

Coeficientul de umplere este principalul parametru al simulărilor din această lucrare deoarece reprezintă eficiența sistemului de admisie. În figurile ce urmează coeficientul de umplere este un criteriu de comparație între rugozitățile galeriilor de admisie simulate în cele trei programe de simulare a motorului. Coeficientul de umplere este comparat în funcție de turația motorului.

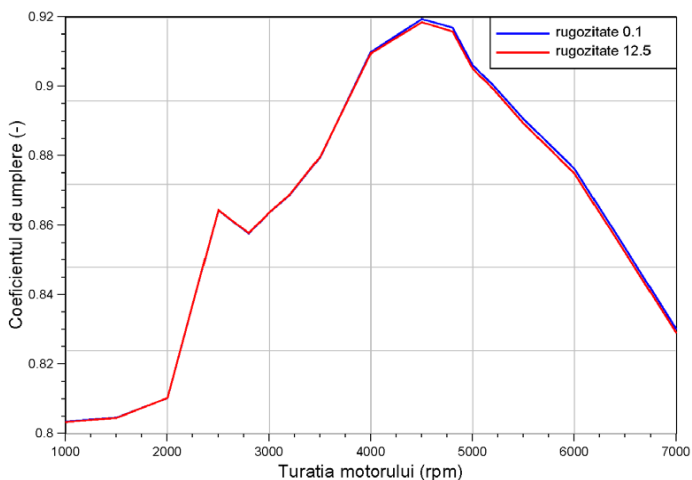


Fig. 6

Influența rugozității galeriei de admisie simulate în BOOST asupra coeficientului de umplere în funcție de turația motorului

După cum se observă din diagrame, valorile coeficientului de umplere rezultate în urma simulărilor, nu diferă foarte mult iar la anumite turații curbele gradului de umplere se suprapun.

Rezultatele au fost prezentate de asemenea tabelar, tabelele 1 – 4 (1 - Prezentarea rezultatelor coeficientului de umplere; 2 - Prezentarea rezultatelor puterii efective; 3 - Prezentarea rezultatelor momentului efectiv; 4 - Prezentarea rezultatelor consumului specific de combustibil).

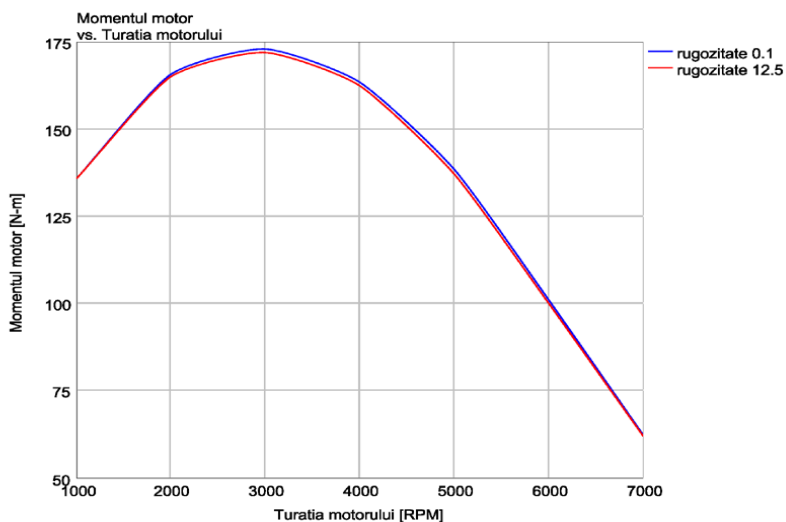


Fig. 7 Influența rugozității galeriei de admisie modelate și simulate în GT-SUITE

Tabelul 1

Programul de simulare	Coeficientul de umplere	
	Rugozitate 12,5 μm	Rugozitate 0,1 μm
BOOST	0,912403	0,912406
GT-SUITE	0,922785	0,929142
WAVE	0,892549	0,894674

Tabelul 2

Programul de simulare	Puterea efectivă a motorului	
	Rugozitate 12,5 μm	Rugozitate 0,1 μm
BOOST	96,9392 kW	97,3159 kW
GT-SUITE	94,5900 kW	95,0423 kW
WAVE	88.3889 [kW]	88.9477 [kW]

Tabelul 3

Programul de simulare	Momentul efectiv al motorului	
	Rugozitate 12,5 μm	Rugozitate 0,1 [μm]
BOOST	186,942 Nm	187,136 [Nm]
GT-SUITE	172,559 Nm	173,965 [Nm]
WAVE	168,172 Nm	168,544 [Nm]

Tabelul 4

Programul de simulare	Consumul specific de combustibil	
	Rugozitate 12,5 μm	Rugozitate 0,1 μm
BOOST	0,273318 kg/kW·h	0,273198 kg/kW·h
GT-SUITE	0,276058 kg/kW·h	0,275799 kg/kW·h
WAVE	0,279353 kg/kW·h	0,279214 kg/kW·h

4. Concluzii

■ Realizările în domeniul motoarelor cu ardere internă din ultimii ani sunt spectaculoase, atât din punct de vedere energetic, cât și ecologic. De asemenea, cererea de motoare performante, la nivel mondial este în creștere, economia de combustibil fiind principalul factor care a impus aceste motoare pe plan mondial. O astfel de îmbunătățire este trecerea la sisteme de admisie din plastic;

■ Specialiștii implicați în dezvoltarea motoarelor cu ardere internă au avut sarcina de a obține produse de înaltă calitate într-o perioadă relativ scurtă de timp, cu costuri de dezvoltare și producție minime. Ei au putut atinge aceste obiective datorită instrumentelor și metodelor de lucru, care au permis o mai bună optimizare a conceptelor dezvoltate încă din faza de proiectare. Aici se poate face referire, în special, la programele CAD-CAM, FEA, CFD, 1D, care fac posibilă derularea simultană a mai multor faze ale proiectului. Programele AVL BOOST,

GT-SUITE și Ricardo WAVE, utilizate în prezenta lucrare fac parte din această categorie;

- Simularea proceselor specifice ciclului motor a scos în evidență evoluția principalelor mărimi, oferind posibilitatea de a se realiza o analiză eficientă ale acestora;

- În urma analizei parametrilor reprezentativi ai performanțelor modelului de motor simulat se poate afirma că influența rugozității galeriei de admisie asupra umplerii nu este semnificativă deoarece valorile parametrilor principali ai modelului de motor cu galeria de admisie cu rugozitate mai mică sunt până în 1[%], deși tendințele și influențele greutateii subansamblelor motor duc de asemenea la îmbunătățiri ale performanțelor.

- Cercetările teoretice, modelarea virtuală și simulările întreprinse în cadrul acestei lucrări și rezultatele acestora pot determina dezvoltarea următoarelor direcții de studiu:

- Efectuarea de noi simulări de procese și cicluri funcționale prin utilizarea și a altor modele existente în structura programelor AVL BOOST, GT-SUITE și Ricardo WAVE;
- Efectuarea unor simulări asupra performanțelor utilizării unor noi forme (geometrii) ale galeriilor de admisie modelate în programele GT-SUITE și Ricardo WAVE.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bâlc, G., *Fabricarea și repararea autovehiculelor*, Cluj-Napoca, Editura Risoprint, 2013.
- [2] Bătagă, N., ș.a., *Motoare cu ardere internă*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1995.
- [3] Băldean, D., *Software for the study of some parameters of gasoline injection process in Otto engines*. J. ACTA TECHNICA NAPOCENSIS, Appl Math Mech 6(50), Ed UT Press, ISSN 1221-5872, Cluj-Napoca, Romania, 2007.
- [4] Băldean, D., Burnete, N., Filip, N., *Studies concerning exhaust gases dynamics for an i.c. engine through simulation*. In: CONAT, International congress on automotive and transport engineering, 27–29 Oct, Brașov, Romania, 2010, vol 5, ISSN 2069-0401.

- [5] Cherecheș, I.A., ș.a. *State of stress determination in a water drinker by numerical and experimental methods*, Key Engineering Materials, Vol. 601, pag 45-49, 2013.
- [6] Kocsis, Levente-Botond, Balcau, Monica, Căzila, Aurica, *Study of some Tribological Aspects of the Charging System of an IC Engine*, Proceedings of CONAT 2016 International Automotive Congress, ISSN: 2069-0401, pp 217-223.
- [7] Muhamnad, H.B.S., *Development of variable intake system for spark-ignition engine*, Universiti Malaysia Pahang, June 2012.
- [8] Vișan, A., Ionescu, N., *Toleranțe*, Universitatea Politehnică, București, 2009.
- [9] * * * AVL LIST GMBH, AVL BOOST – USER`S GUIDE, 2013.1.
- [10] * * * Gamma Technologies, Inc., GT-SUITE Engine Performance Tutorials VERSION 7.3, 2012.
- [11] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*, ediția a doua revăzută și adăugită, Editura Academiei Române, București 2005 și Editura AGIR, București, 2005.

Dr. Ing. Dan MOLDOVANU
Dr. Ing. Ferenc GASPAR
Ing. Constantin BEȘU
Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi
Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
e-mail: dan.moldovanu@auto.utcluj.ro; 0264.40.27.90