



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

CONTRIBUȚII LA CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A VISCOZITĂȚII ȘI DENSITĂȚII LUBRIFIANTULUI UNUI MOTOR CU APRINDERE PRIN COMPRESIE DE LA TRACTOR ALIMENTAT CU BIOCUMBUSTIBIL

Mihai-Aurel CRIȘAN, Doru-Laurean BĂLDEAN,
Ioan Aurel CHERECHEȘ, Adela BORZAN, Attila BALLA

CONTRIBUTIONS TO EXPERIMENTAL RESEARCH OF LUBRICANT VISCOSITY AND DENSITY FROM TRACTOR COMPRESSION IGNITION ENGINE SUPPLIED WITH BIOFUEL

The present research paper shows some of the results achieved during practical tests on the compression ignited engine of a mini-tractor for agricultural use.

The developed tests were conducted in order to point out the influence of working time, type of fuel and temperature regime on the main physical properties of the lubricant. There were monitored the viscosity and density of lubricant and of few blends between the lubricant and the supplied fuels. In the research work are also highlighted the main engine components and the test-bed infrastructure in order to facilitate further improvement and development of the procedure.

The necessity and high importance of testing the lubricant main properties, as viscosity and density, at different temperature levels and in various cases of fuel supply methods and substances in the compression ignited engine is based on the ubiquity of biofuel implementation in modern commercial fuels.

Keywords: cylinder, friction, lubricant, tribology, viscosity
Cuvinte cheie: cilindru, frecare, lubrifiant, tribologie, viscozitate

1. Introducere

Piesele mecanismului motor funcționează în condiții de solicitare aproape extreme (cu variații considerabile ale solicitărilor termodinamice și mecanice). Ansamblul piston cu segmenti execută o mișcare de translație alternativ-intermitentă. Biela are o mișcare plan-paralelă. Fusurile arborilor execută mișcare de rotație și/sau revoluție. Bolțul de bielă are o mișcare oscilantă de rotație, iar tacheții și uneori supapele au simultan o mișcare de translație și rotație. Organele mobile ale motorului se lubrifiază prin diferite procedee de ungere: unele sub presiune (lagăre), altele, prin ceață de ulei (cilindrii), precum și prin barbotare. Presiunea de contact în lagăre este de ordinul 30 daN/cm^2 , iar între camă și tchet este de ordinul 12000 daN/cm^2 . Temperatura unor piese componente ale motorului ajunge la ordinul sutelor de grade iar altele numai la ordinul zecilor de grade. De asemenea uleiul poate ajunge iarna la temperaturi sub zero grade în cazul pornirii la rece, iar după perioada de încălzire valoarea temperaturii este cuprinsă între $80\div 120 \text{ }^\circ\text{C}$ [8].

În funcție de calitatea procesului de lubrifiere a suprafețelor aflate în mișcare relativă unele în raport cu altele pe durata realizării ciclului funcțional se pot distinge mai multe forme de frecare (figura 1), iar cunoașterea, analiza și controlul cât mai precis al acestor fenomene contribuie la dezvoltarea domeniului tribologiei.

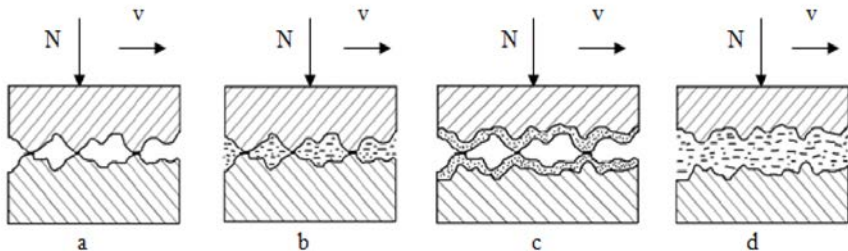


Fig. 1 Tribologia pieselor în contact [4]. a – frecare uscată; b – frecare semilichidă; c – frecare semiuscată; d – frecare lichidă

În articolul de față sunt grupate o parte dintre cercetările aplicative efectuate pe standurile practice în cadrul unor proiecte de specialitate realizate în Laboratorul de Motoare cu Ardere Internă și în Laboratorul de Combustibili și Lubrifianți ale Universității Tehnice din Cluj-Napoca în cadrul unui demers de cercetare direcționat către evidențierea efectelor utilizării biocombustibililor asupra procesului de ungere.

2. Metodologia și materialele utilizate în cadrul cercetării

Realizarea metodologiei cercetării constă în dezvoltarea planului practic de analiză a stării uleiului de lubrifiere în diferite condiții, în cazul funcționării motorului cu combustibil convențional și cu biocombustibil.

Metodologia cercetării dezvoltate se ordonează în funcție de etapele particulare îndeplinite, după cum urmează:

- definirea aspectelor tribologice principale ale proceselor de lucru în motorul cu ardere internă;
- analiza mecanismelor frecării din motor și în particular a interfeței dintre segmenti și cilindri;
- inspecția și evaluarea elementelor componente;
- alegerea amestecurilor și a lubrifianților de interes în cadrul cercetării experimentale;
- efectuarea măsurătorilor experimentale efective pe aparatura din laborator;
- achiziția și post-procesarea datelor obținute prin cercetarea experimentală;



- evidențierea situațiilor în care se prefigurează factori de risc datorită modificării viscozității și densității ca urmare a influențelor proceselor și reacțiilor chimice în funcționare;

Fig. 2 Viscozimetru Anton Paar [2]

lucrărilor și/sau măsurătorilor realizate.

În figura 2 se prezintă simplificat standul de laborator utilizat în scopul determinării mărimilor principale ale lubrifianțului și amestecurilor rezultate în timpul funcționării.

3. Sinteza determinărilor experimentale

Mărimile caracteristice pentru lubrifianțul utilizat și pentru amestecurile obținute în timpul cercetării sunt prezentate centralizat în tabelele 1÷4.

Tabelul 1

Caracteristicile uleiului proaspăt

Nr. Crt.	Viscozitatea cinematică	Viscozitatea dinamică	Densitatea	Temperatura
	mm ² /s	mPa*s	g/cm ³	°C
1	453,83	399,24	0,8797	15
2	187,57	163,22	0,8702	30
3	112,28	97,01	0,864	40
4	34,339	29,033	0,8455	70
5	24,145	19,956	0,8265	100

Tabelul 2

Caracteristicile uleiului după 15 ore de funcționare a motorului cu motorină

Nr. Crt.	Viscozitatea cinematică	Viscozitatea dinamică	Densitatea	Temperatura
	mm ² /s	mPa*s	g/cm ³	°C
1	398,05	351,27	0,8825	15
2	161,03	140,53	0,8727	30
3	97,128	84,132	0,8662	40
4	29,505	25,006	0,8475	70
5	13,101	10,869	0,8296	100

Tabelul 3

Caracteristicile uleiului după 15 ore de funcționare a motorului cu biodiesel

Nr. Crt.	Viscozitatea cinematică	Viscozitatea dinamică	Densitatea	Temperatura
	mm ² /s	mPa*s	g/cm ³	°C
1	359,46	316,24	0,8798	15
2	149,23	129,87	0,8702	30
3	91,215	78,804	0,8639	40
4	29,667	25,064	0,8448	70
5	12,486	10,321	0,8266	100

Tabelul 4

Caracteristicile amestecului 2%M 98%ulei

Nr. Crt.	Viscozitatea cinematică	Viscozitatea dinamică	Densitatea	Temperatura
	mm ² /s	mPa*s	g/cm ³	°C
1	443,42	389,86	0,8792	15
2	183,42	159,51	0,8697	30
3	106,87	92,28	0,8635	40
4	32,415	27,384	0,8448	70
5	13,876	11,447	0,825	100

În figura 3 se prezintă motorul de tractor sau utilaj agricol Lombardini cu elementele constitutive principale în stare dezasamblată în laboratorul de Motoare cu Ardere Internă al Departamentului de Autovehicule Rutiere și Transporturi din Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca în vederea desfășurării studiului aplicativ asupra lubrifiantului și componentelor principale.

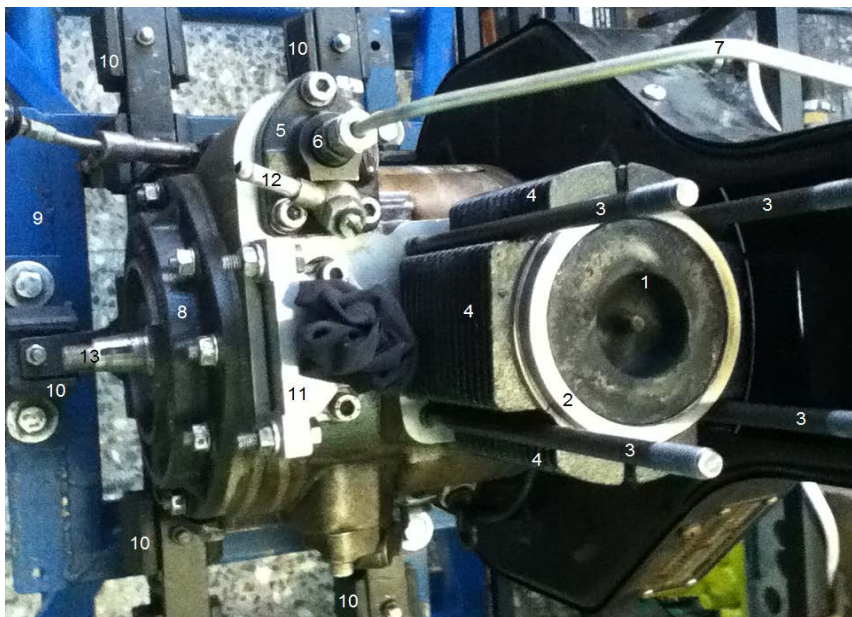


Fig. 3 Standul de laborator cu motorul de cercetare în stare dezasamblată pentru analiza depunerilor de pe suprafața componentelor și a lubrifianțului

1-piston; 2-cilindru; 3-prezoane de fixare a chiulasei pe blocul motor; 4-elemente de răcire; 5-corpul pompei de injecție; 6-racordul supapei de refluxare a elementului de injecție; 7-conducta de înaltă presiune; 8-suportul de fixare a lagărului de rostogolire al arborelui cotit; 9-structură cadru pentru fixarea motorului; 10-tampon din cauciuc pentru amortizarea vibrațiilor și trepidațiilor funcționale; 11-corpul suport al tacheților mecanismului de distribuție cu supape și tije împingătoare; 12-racordul de alimentare al elementului pompei de injecție; 13-fusul tronconic de conexiune a arborelui cotit cu frâna hidraulică sau cu alt utilaj de lucru

În figura 4 se prezintă standul reasamblat al motorului cu aprindere prin comprimare marca Lombardini, destinat tractoarelor și utilajelor agricole, precum și anumitor aplicații din domeniul auto, cu ajutorul căruia s-a realizat o serie de determinări practice și experimentale în ce privește influența funcționării și alimentării cu diferiți combustibili asupra lubrifianțului din sistemul de ungere al motorului. În acest sens, după revizia și reasamblarea componentelor motorului cu aprindere prin comprimare pe standul de cercetare în laboratorul de Motoare cu Ardere Internă, s-a introdus lubrifianț nou și s-a acționat arborele cotit pentru antrenarea lubrifianțului în sistemul de ungere, respectiv pentru introducerea combustibilului în instalația de alimentare.

Pentru realizarea cercetării a fost configurat standul motorului cu aprindere prin comprimare. Asamblarea componentelor motorului se realizează în ordinea inversă procedurii de demontare (pistonul și biela, tije împingătoare și chiulasă, apoi sistemul de alimentare și evacuare).



Fig. 4

Prezentarea standului de laborator cu motorul Lombardini cu aprindere prin comprimare destinat echipării tractoarelor și aplicațiilor din domeniul auto și/sau agricol de capacitate mică, utilizat în cercetările de laborator

1-chiulasa din aliaj de aluminiu, care acoperă cilindrul la partea superioară; 2-injectorul de combustibil al sistemului de alimentare, a cărui presiune de deschidere este de 180 daN/cm²; 3-carcasa filtrului de aer pentru limitarea și controlul/reținerea impurităților care pătrund prin sistemul de

alimentare; 4-carcasa de protecție a volantei și ventilatorului pentru creșterea debitului de aer; 5-structura de rezistență a suportului de motor, realizată din țevă de oțel asamblată prin sudură; 6-fulie/roată pentru sistemul de pornire manuală a motorului de cercetare; 7-tubulatura sistemului de evacuare format dintr-un atenuator de zgomot și țevă finală

În figura 5 se prezintă variația densității în funcție de temperatura fluidului de lubrifiere.

Studiul experimental, după cum s-a menționat și în metodologie, s-a făcut asupra densității uleiului de ungere, mai precis asupra variației proprietăților fizice principale (viscozitate și densitate) ale acestuia cu temperatura, proprietate care a fost monitorizată pe toată perioada funcționării motorului. Înaintea pornirii motorului s-a determinat graficul

de variație a densității cu temperatura în cazul uleiului proaspăt pentru a defini o bază de referință.

În prima fază a încercărilor pe standul de laborator, după pornirea motorului (alimentat cu motorină), aceasta a fost lăsat să funcționeze 2 ore după care s-a oprit și prelevat prima probă de ulei. Cantitatea de circa 500 ml de ulei s-a extras din motor imediat după oprirea acestuia prin orificiul de fixare a jojei cu ajutorul unui furtun flexibil și o seringă de 100 ml.

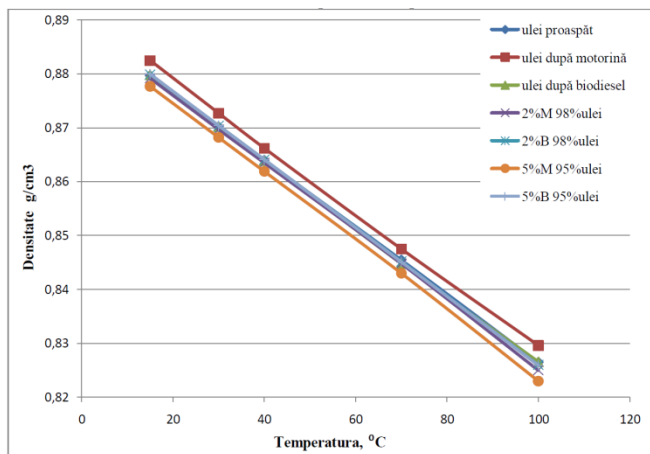


Fig. 5 Variația valorilor densității în funcție de temperatura lubrifianului utilizat în motorul de cercetare pe stand

În figura 6 se prezintă graficele de variație a densității uleiului

de lubrifiere a motorului cu aprindere prin compresie, respectiv a motorinei și a biodieselului care au alimentat sistemul de injecție a combustibilului pe durata încercărilor pe standul de laborator.

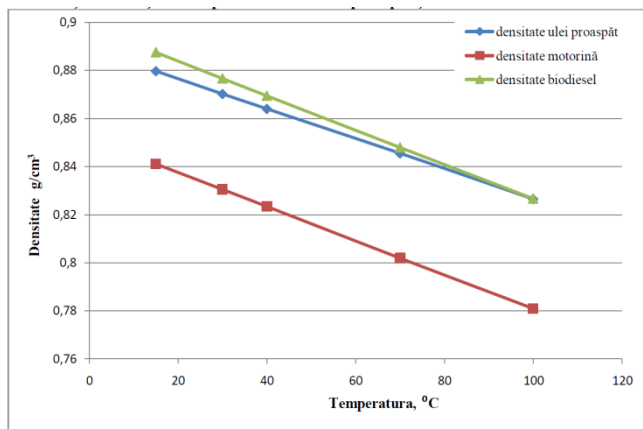


Fig. 6 Variația densității combustibililor și lubrifianului utilizat în timpul încercării pe standul de laborator

În masa lubrifianului prelevat din baia de ulei a motorului

studiat, lubrifiant menținut în interiorul unui cilindru gradat din sticlă, s-a introdus un termometru pentru măsurarea temperaturii uleiului și un densimetru pentru determinarea densității. Tot acest ansamblu de instrumente de laborator și lubrifiant studiat au fost introduse în interiorul unui recipient cu agent termic (apă sau amestec de apă cu etilenglicol) cu scopul de a controla și monitoriza regimul termic (prin metoda schimbătorului de căldură) pentru analiza densității uleiului în intervalul de temperaturi 0 ± 100 °C, posibil prin aport termocaloric exterior cu ajutorul unei termo-rezistențe și/sau frigotehnic.

După etapa de efectuare a măsurătorilor sau determinărilor experimentale în ce privește viscozitatea și densitatea uleiului, acesta din urmă s-a reintrodus în baia de ulei a motorului și s-a repus în funcțiune motorul pentru o perioadă de lucru de două ore după care s-a prelevat din nou o cantitate de 500 ml care a fost supus cercetării conform prescripțiilor metodologice.

În figura 7 se prezintă variația viscozității cinematice a uleiului și amestecurilor de lubrifianți cu diferiți combustibili după funcționarea motorului cu ardere internă pentru cele două situații de alimentare a acestuia cu combustibili convenționali și cu biocombustibil obținut din

surse vegetale (metil ester de rapiță).

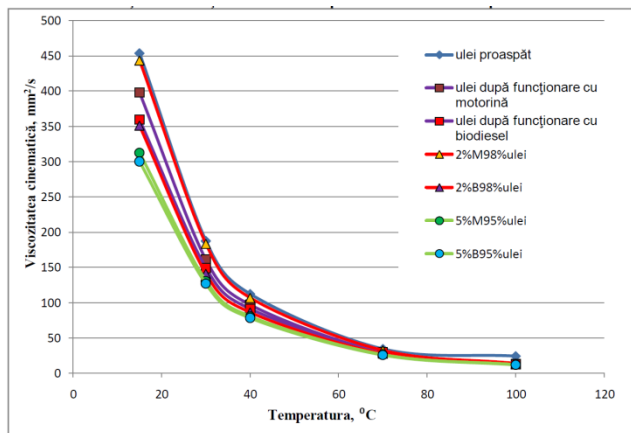


Fig. 7
 Variația viscozității cinematice în funcție de temperatură, pentru lubrifianți și amestecuri cu combustibili

4. Concluzii

Cercetarea experimentală prin încercare pe standul de laborator (compus dintr-un motor cu aprindere prin comprimare produs de compania Lombardini pentru tractoare și utilaje agricole, configurat în cazul de față pentru domeniul de cercetare) și determinări analitice pe aparatura specializată (din Laboratorul de Combustibili și Lubrefianți) a

mărimilor fizico-chimice principale (viscozitate și densitate) în funcție de temperatură și natura substanței din amestec, precum și studii rezultatelor obținute prin evidențierea factorilor sau situațiilor de risc în cadrul părții aplicative au permis elaborarea unor concluzii, după cum urmează:

- motorul cu aprindere prin comprimare utilizat în cadrul cercetării de față a fost configurat și echipat pentru determinări practice pe standul de laborator, cu posibilitatea ridicării diagramei indicate și a caracteristicii externe;

- lubrifianțul și combustibilul utilizat în funcționarea motorului, ca și toate piesele mobile ale mecanismului motor trebuie inspectate din punct de vedere dimensional și operațional, apreciindu-se prin procedee convenționale depunerile carbonice și evoluția reziduurilor de ardere ale fluidelor de lucru în raport cu suprafețele care delimitează camera de ardere;

- regimul de turație și sarcină influențează semnificativ comportamentul motorului și al fluidelor de lucru (combustibil și lubrifianț), atât din punctul de vedere al stării și modificării proprietăților fizico-chimice, cât și din punctul de vedere al participării la procesul de ardere;

- viscozitatea lubrifianțului influențează curgerea acestuia prin sistemul de ungere respectiv atingerea nivelului de presiune corespunzător, dar o viscozitate prea ridicată coroborată cu un regim de turație mare conduce cel mai adesea la imposibilitatea transferului de lubrifianț către suprafețele aflate în mișcare relativă unele față de altele și la o lubrifiere precară, respectiv la înregistrarea unor uzuri foarte mari, precum și la apariția fenomenului de dislocare a unor garnituri și manșete de rotație (fenomenul de „suflare a semeringurilor”);

- o viscozitate prea redusă la temperaturi mari ale motorului și lubrifianțului poate conduce la fel de ușor la fenomene nedorite și distructive pentru motor (deoarece imposibilitatea menținerii unui film suficient de gros și puternic între suprafețele aflate în mișcare relativă unele față de altele, pe fondul unei tensiuni superficiale diminuate, conduce la penetrarea filmului de ulei și la realizarea unui contact parțial și relativ al micro-asperităților și uzarea acestor suprafețe);

- orice pătrundere a combustibililor în ulei conduce la diluarea acestuia și implicit la înrăutățirea calităților de lubrifiere a acestuia, întrucât cele două substanțe au tensiuni superficiale și viscozități diferite (în general proprietăți fizico-chimice distincte);

- la anumite tipuri de motoare actuale echipate cu filtru de particule sau alte elemente de post-tratare a gazelor de evacuare, odată cu colmatarea acestora se îmbogățește amestecul de combustibil (pentru a învinge contrapresiunea din evacuare), iar o parte din hidrocarburile injectate în camera de ardere ajung în baia de ulei crescând nivelul lubrifiantului dar afectându-i negativ proprietățile;
- determinările experimentale realizate încurajează dezvoltarea cercetărilor privitoare la calitățile procesului de ungere în cazul motorului cu aprindere prin comprimare Lombardini.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Barabás, I., *Lubrifianti pentru automobile. Proprietăți, performanțe, evaluare*. Cluj – Napoca, Editura U.T.Press, 2013.
- [2] Barabás, I., *Combustibili și lubrifianti. Îndrumător pentru lucrări de laborator*. Cluj – Napoca, 2013.
- [3] Barabás, I., Todoruț, A., *Combustibili pentru automobile. Testare, utilizare, evaluare*. Cluj – Napoca, Editura U.T.Press, 2010.
- [4] Bățaș, N., ș.a. *Rodarea, uzarea, testarea și reglarea motoarelor termice*. București, Editura Tehnică, 1995.
- [5] Burnete, N., *Construcția și calculul motoarelor cu ardere internă (Pistoane)*, Editura Virginia Print, Cluj-Napoca, 1998, ISBN 973-98179-0-4.
- [6] Cordoș, N., s.a. *Automobile: construcție generală, uzură, evaluare*, Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2000, ISBN 973-997779-7-9.
- [7] Grünwald, B., *Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1980.
- [8] * * * *Lombardini Workshop manual, 3/4 LD, CODE1-5302-556 ENGINE SERIES*, third edition, Intermotor, Slanzi Service, Issue 01-94, review 02, 30.11.2001.
- [9] * * * *ASTM D2422-97 – Standard Classification of Industrial Fluid Lubricants by Viscosity System*. ASTM International, 2007.

Mihai CRIȘAN
Doru BĂLDEAN
Ioan Aurel CHERECHEȘ
Adela BORZAN
Attila BALLA

Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi,
Facultatea de Mecanică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
e-mail : relu_chereches@yahoo.com; doru.baldean@auto.utcluj.ro;
0752083337