

Механизъм на първоначално разпадане на струята гориво в отворите на разпръсквача и влиянието му върху подаваната циклова порция гориво

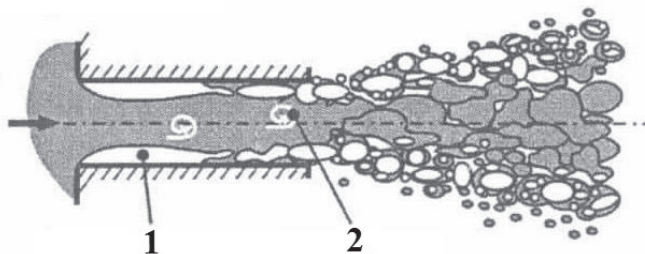
Трифон Узунтонев, Сергей Киров, Сергей Белчев

Mechanism of initial breakup of the jet fuel in the holes of the sprinkler and its influence on the supplied cyclic portion of fuel. In the scientific report is analyzed the mechanism of initial collapse of the jet fuel in the sprinkler holes. Cavitation and turbulence processes are examined. These processes are connected with the fuel leaking through the holes with exact constructive sizes. Special attention is paid to the negative effects on the quality of the jet fuel and the size of the cyclic fuel portion in continuous operation of the sprinkler from the Common Rail system. Cross sectional views are made on the sprinkler holes in different period of operation. The necessity of prophylactic replacement of the sprinklers after a certain mileage in kilometers is grounded.

Key words: Nozzle sprinkler, cavitation, turbulence in the sprinkler holes, Common Rail fuel system.

ВЪВЕДЕНИЕ

В дизеловите двигатели горивото се впръсква в горивната камера под високо налягане (от 300 до 2500 bar) през отворите на разпръсквача. При многоотворовите разпръсквачи те имат диаметър от 0,15 до 0,30 mm и са предназначени за двигатели с непосредствено впръскване. Скоростта на изтичане на горивото достига 500 m/s. Съществуват различни теории, които обясняват механизма на разпадане на горивната струя. При всички случаи първоначалното разпадане на струята се определя от процесите на кавитация и турбулентност, които протичат в отвора на разпръсквача, фиг. 1.



Фиг. 1. Механизъм на първоначално разпадане на горивната струя

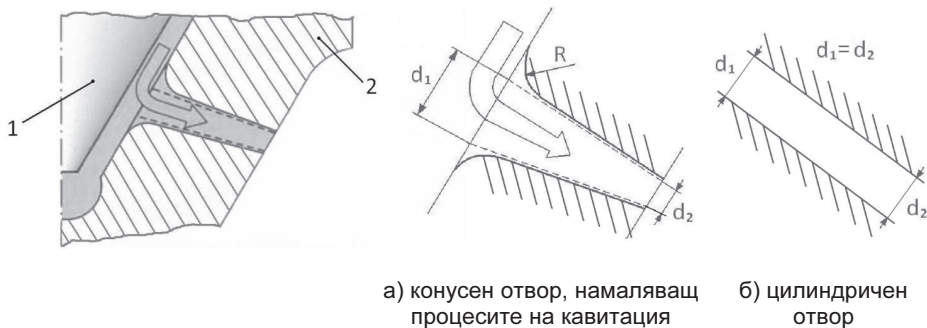
В резултат на високата скорост на изтичане се получават зони с намалено налягане. Това е предпоставка за образуване на кавитационни структури 1 вътре в отвора на разпръсквача. Интензивността на този процес може да бъде контролирана чрез подходяща геометрия на отвора.

Развитието на подобни кавитационни процеси е предпоставка за промяна на геометричните размери на отворите на разпръсквача в условията на продължителна експлоатация. Това пряко може да повлияе върху подаваната циклова порция гориво в акумулаторните системи Common Rail. При тях количеството впръсквано гориво в цилиндъра на двигателя е пряка функция на налягането в горивния акумулатор и продължителността на управляващия импулс. В случая се приема, че геометричните размери от отворите са неизменни. С цел доказване на противното твърдение в доклада са анализирани и приведени примери от продължителни

надеждности изпитания, при които са направени металографски шлифове през отворите на разпръсквача при неговото вграждане и след 100 000 и 200 000 км. Проведени са стендови изпитания за установяване на количествените характеристики на дюзите при различните етапи от експлоатационния живот на техните разпръсквачи.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследванията за установяване влиянието на хидравличните процеси и предизвиканите от това износвания в отворите на разпръсквачите са проведени чрез периодично регистриране на хидравличните характеристики на електромагнитни дюзи от системата Common Rail. Изследванията са проведени на стенд за диагностика на елементите на акумулаторна горивна система на фирмата Rabotti TEC 100. Успоредно с това, през определен период от 100 000 км е правен разрез през отворите на разпръсквача на една от дюзите. Микрошлифовете са подготвени и изследвани в металографската лаборатория на катедра МТМ при ТУ-Варна. Обект на изпитанието е автомобил Fiat Doblo Multijet, снабден с двигател 1.9 JTD. Горивната уредба на изследвания двигател е производство на фирмата Bosch, а дюзите 0 445 110 276 са електромагнитни. Разпръсквачът, който е монтиран на дюзата е DLLA 142 P 1607. Автомобилът е собственост на логистична фирма, което дава възможност изминатият пробег на продължителните надеждности изпитания да бъде направен за сравнително къс период от време. Всеки периодичен анализ на текущото състояние на разпръсквача е съпроводен с неговото унищожаване и замената му с нов. Началната форма на отворите е от голямо значение за развитието на горивната струя и механизма на нейното първоначално разпадане. При използването на отвор с конусен профил и вътрешни закръгления, фиг. 2а, процесите на кавитация могат да бъдат намалени до голяма степен, дори напълно избегнати. Това се постига чрез оптимален избор на вътрешния и външния диаметър на отвора, неговата дължина и радиус на закръгление.



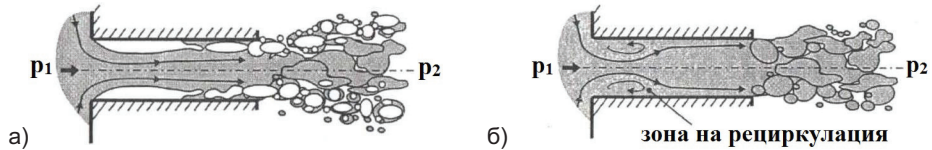
Фиг. 2. Видове отвори в разпръсквача

1-игла на разпръсквача; 2-тяло на разпръсквача; d_1 -вътрешен диаметър на отвора; d_2 -външен диаметър на отвора; R -вътрешен радиус на закръгление.

Изработването на конусни отвори е значително по-трудно в технологично отношение в сравнение с цилиндричните отвори, фиг. 2б. Недостатък на втория вид е, че се създават предпоставки за развитието на кавитационен поток.

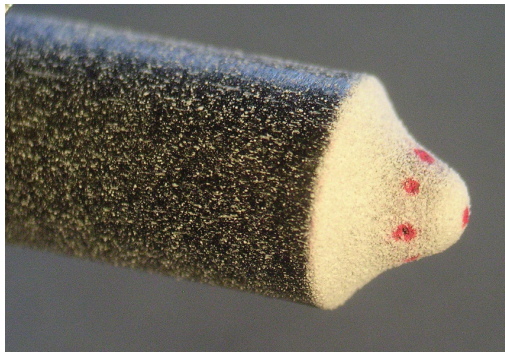
Следващото разпадане на струята се извършва при напускане на отвора на разпръсквача и навлизане на горивото в пространството на горивната камера. Механизмът на разпадане на горивната струя е различен в зависимост от това дали преобладават зони на кавитация или на турбулентност. При ясно изразени кавитационни процеси, образувалите се мехурчета се пукат когато напускат дюзата,

поради по-високото налягане вътре в цилиндровото пространство. Енергията, която се освобождава при тяхното разпадане допринася за основното разпадане на струята в горивната камера, фиг. 3.



Фиг. 3. Разпадане на горивната струя в обема на горивното пространство

При отсъствието на кавитационни явления и формирането на турбулентен поток, фиг. 3б, образувалите се още в отворите на разпръсквача турбулентни завихряния преодоляват повърхностното напрежение и се откъсват от плътната струя, като образуват първоначалните капки. Вътре в отвора на разпръсквача е възможна появата на зони на рецикулация, които намаляват дебита на изтичащото гориво. Въпреки впечатлението, че формирането на турбулентен поток е по-благоприятно за процесите на смесообразуване, експерименталните изследвания показват, че преминаването към чисто кавитационен поток води до увеличаване конуса на струята и намаляване на дълбочината на проникване на горивото. От своя страна спукването на кавитационните мехурчета вътре в отворите на разпръсквача води до увеличаване нивото на турбулизация и спомага за разпадането на струята. Следователно кавитацията и турбулентността съществуват паралелно, повлияват се взаимно и не могат да бъдат ясно отделени едно от друго. Най-добро разпадане на горивната струя се постига при оптимален баланс между кавитационна и турбулентна структура на струята гориво, изтичаща в цилиндъра на двигателя. Именно такъв подход е избран при изработването на отворите в разглеждания разпръсквач. На фиг. 4 е показан метода на локализиране на тяхното разположение с помощта на контрастни пенетранти.



Фиг. 4. Установяване разположението на отворите в разпръсквача

Този процес се оказва твърде важен поради ограничения експериментален материал и високата цена на надеждностните изпитания.

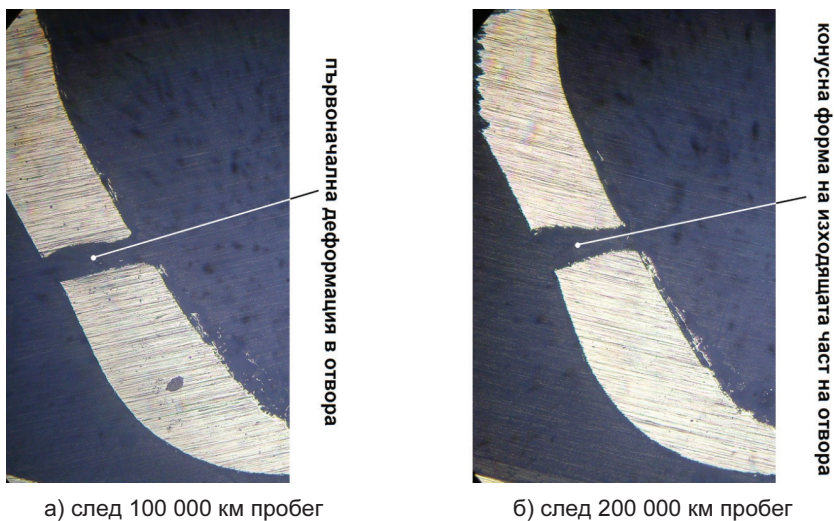
На фиг. 5 е показан разрез през един от отворите в разпръсквача при неговото монтиране в електромагнитната дюза. Прави впечатление правилната цилиндрична форма, която доказва избора на оптимално съотношение между кавитационна-турбулентна структура на новия разпръсквач.



Фиг. 5. Разрез през отворите на нов разпръсквач

От направения анализ на процесите на първоначално разпадане на струята гориво в отворите на разпръсквача и непосредствено преди постъпването му в цилиндровото пространство се налага изводът, че е възможно да настъпят промени в геометричните размери на тези отвори. Те се предизвикват от спукването на кавитационните мехурчета в близост до изхода на отвора в посока към вътрешността на работното пространство. Тези процеси се засилват от хидравличната ерозия, предизвикана от изтичането на горивото с висока скорост.

На фиг. 6 са показани разрезии през отворите на разпръсквача, аналогични с тези на фиг.5, но след продължителна експлоатация.



Фиг. 6. Разрез през отворите на разпръсквача след продължителна експлоатация

На фиг. 6а се наблюдават процесите след пробег от 100 000 км. Ясно се откроява зона на първоначална деформация в отвора на разпръсквача в близост до

неговия изход. На фиг. 6б разрезът показва състоянието след пробег от 200 000 км. Процесите на ерозия и разрушаване в отвора се задълбочават, като той приема конусна форма. При подаването на неизменен по своята продължителност управляващ импулс към електромагнитната дюза от системата Common Rail, е естествено през отвора с по-голям диаметър да изтича по-голямо количество гориво. Това води до естествено увеличаване на цикловата порция гориво, която не може да бъде коригирана по електронен път. Върху този процес оказват влияние и други конструктивни изменения в клапанната група на дюзата, при това също в посока на увеличаване впръскваното количество гориво. Тези процеси създават предпоставки за увеличено топлинно натоварване на частите от буталоцилиндровата група и евентуални дефекти, предизвикани от това.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направения анализ на механизма на първоначално разпадане на струята гориво в отворите на разпръсквача и проведените надеждности изследвания могат да бъдат направени следните изводи:

1. При масово произвежданите серийни автомобили с дизелови двигатели се използват разпръсквачи с цилиндрични отвори, които гарантират оптимален баланс между кавитационната и турбулентната структура на струята гориво, изтичаща в цилиндъра на двигателя.

2. При продължителна експлоатация на горивната система до 100 000 км не настъпват сериозни изменения в геометричните размери на отворите на разпръсквача в резултат на спукването на кавитационните мехурчета.

3. След този период и до 200 000 км пробег настъпват сериозни процеси, които бързо ескалират с времето и водят до сериозни промени в геометричните размери на отворите на разпръсквача. Този процес оказва влияние върху подаваната циклова порция гориво, като я увеличава при запазване продължителността на управляващия импулс.

4. Необходима е периодична замяна на разпръсквачите, съобразно предписанията на производителя, а при липса на такива това става при пробег на автомобила от 120 000 до 150 000 км.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hammer J., Binder A., "Einspritztechnik", IVK, Universität Stuttgart, Stuttgart 2011.
- [2] Системи за управление на дизелови двигатели, Robert Bosch GmbH 2004.
- [3] Тр. Узунтонев, С. Киров, С. Белчев, „Изменения в хидравличната характеристика на дюзите и якостните качества на разпръсквачите от горивна уредба Common Rail при продължителна експлоатация”, Сборник доклади на научна конференция на РУ „Ангел Кънчев” 2013, стр. 84-88.
- [4] С. Киров, Ив. Иванов, „Характерни дефекти, възникващи в цилиндровите глави при експлоатация на различни марки леки автомобили”, Годишник на Технически Университет – Варна, 2006, стр. 152-157, ISSN 1311-896X.

За контакти:

Доц. д-р Трифон Узунтонев, Катедра “Транспортна техника и технологии”, ТУ-Варна, тел: 052 383226, e-mail: uzuntonev_trifon@abv.bg

Доц. д-р Сергей Киров, Катедра „Материалознание и технология на материалите”, ТУ-Варна, тел: 052 383443, e-mail: s_kirov@abv.bg

Доц. д-р Сергей Белчев, Катедра “Транспортна техника и технологии”, ТУ-Варна, тел: 052 383226, e-mail: sergtu@abv.bg

Докладът е рецензиран.