

Изменения в хидравличните характеристики на дюзите и якостните качества на разпръсквачи от горивна уредба Common Rail при продължителна експлоатация

Трифон Узунтонев, Сергей Киров, Сергей Белчев

Changes in the hydraulic characteristics of the injectors and the strength of the sprinklers from fuel system Common Rail in prolonged exploitation: In the scientific article are presented the results of conducted reliability researches on the behavior of electromagnetic nozzles Common Rail. The phenomena that accompany the wear, the deformations and the changes in the strength of the nozzles and sprinklers are studied as a result of continuous operation. A criterion is developed for their evaluation. There are recommended spaces through which preventive verification of the nozzles and compulsory replacement of the sprinklers must be done.

Key words: Common Rail Injectors, test injectors, reliability tests on injectors.

ВЪВЕДЕНИЕ

Експлоатацията на автомобилен парк със средна възраст над десет години прави актуални всички надеждности изследвания за поведението на основните компоненти на автомобила в условията на продължителен период на употреба. Този проблем е особено важен, когато става въпрос за елементи на горивна уредба Common Rail, тъй като тяхната замяна с нови често пъти е с цена, съизмерима с остатъчната стойност на целия автомобил. Това налага необходимостта от детайлно познаване на поведението на всеки един от елементите на горивната система Common Rail в условията на продължителна експлоатация и при необходимост да се извърши въздействие върху най-уязвимата част на сложната горивна апаратура. Основния обект на изследванията в доклада са електромагнитни дюзи от горивна система Common Rail на фирмата Bosch. Изборът на този обект е продиктуван от факта, че това е една от първите системи, приложени в масова експлоатация и в този смисъл тя е най-често срещана в нашия автомобилен парк.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследването на измененията на хидравличните характеристики и якостните качества на разпръсквачите от горивна система Common Rail с електромагнитни дюзи е проведено на базата на отчитането на отделни показатели на дюзите и металографски анализ и микротвърдост на работните повърхнини на разпръсквачите. Изследванията са проведени на стенд за диагностика на елементи от горивна система Common Rail на фирмата Rabotti TEC100, както и в металографската лаборатория на катедра МТМ при ТУ-Варна. Изследвани са следните хидравлични характеристики и якостни качества на дюзите и разпръсквачите от горивната система:

1.Промяна на цикловата порция гориво при различни натоварвания на двигателя

При дизеловите двигатели с горивна система Common Rail, промяната на натоварването се осъществява чрез промяна на цикловата порция гориво, която от своя страна е функция на налягането в горивния акумулатор и продължителността на управляващия импулс. При направените изследвания са разгледани два основни режима на работа, които се характеризират с конкретни параметри на процеса на горивоподаване:

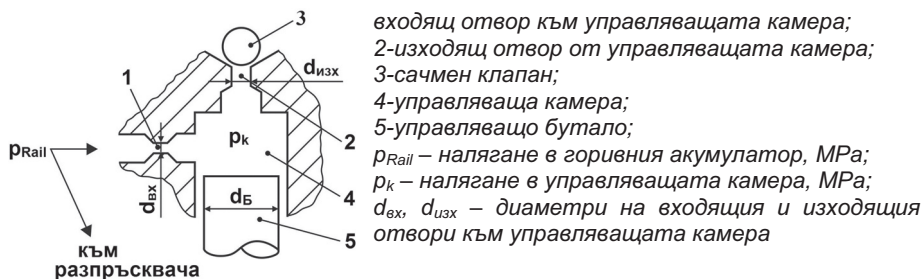
MAXIMUM VALUE	$p_{\text{Common Rail}}=135,0 \text{ MPa}$	$\tau_{\text{впр.}}=1300 \mu\text{s}$
MEDIUM VALUE	$p_{\text{Common Rail}}=80,0 \text{ MPa}$	$\tau_{\text{впр.}}=900 \mu\text{s}$
$p_{\text{Common Rail}}$, MPa – налягане в горивния акумулатор		

$\tau_{\text{впр.}}$, μs – продължителност на управляващия импулс

При тези неизменни условия са проведени серия от експериментални изследвания, при които се определя дебита на гориво Q , m^3/min , през разпръсквача с различна продължителност на експлоатация. Изследванията са проведени на базата на електромагнитна дюза Bosch 0 445 110 012, предназначена за Mercedes Vito. В доклада не е представен детайлно механизъмът, по който върху една и съща дюза са заменяни единствено разпръсквачите с различен пробег. Акцентът е поставен върху анализа на явленията, които съпътстват износванията, деформациите и промените в якостните качества на разпръсквачите в резултат на продължителната експлоатация.

1.1.Промяна на цикловата порция в резултат на увеличаване дебита на излишното гориво на изхода на управляващата камера

На фиг. 1 е представена хидравлична схема на управление на процеса на отваряне на иглата на разпръсквача на електромагнитна дюза Common Rail.



фиг. 1 Схема на управление на процесите на отваряне на иглата на разпръсквача на електромагнитна дюза от системата Common Rail

При отваряне на сачмения клапан 3, налягането в управляващата камера 4 рязко спада, защото $d_{\text{изх}} > d_{\text{вх}}$. Това предизвиква преместване на управляващото бутало 5 нагоре с определена скорост, съответно отваряне на иглата на разпръсквача и начало на процеса на горивоподаване. При това е валидно следното равенство:

$$Q_{\text{изх}} = Q_{\text{вх}} + V_{\text{Б}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{Б}}^2}{4} \quad (1)$$

$Q_{\text{вх}}$ – дебит на входящото в управляващата камера гориво, m^3/min
 $Q_{\text{изх}}$ – дебит на изходящото от управляващата камера гориво, m^3/min
 $V_{\text{Б}}$ – скорост на преместване на управляващото бутало, m/s
 $d_{\text{Б}}$ – диаметър на управляващото бутало, m^2

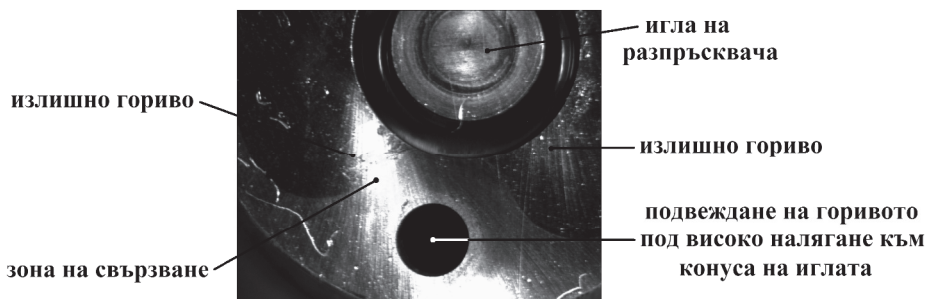
В резултат на продължителната експлоатация на дюзата се получават износвания на сачмения клапан. Вследствие на това той увеличава своя ход. Плътноста в тази група намалява в резултат на хидравлична ерозия в зоната на контакт. Тези негативни явления водят до увеличаване на изходящия дебит $Q_{\text{изх}}$. За да се запази равенството (1) следва увеличаване на скоростта на повдигане на управляващото бутало $V_{\text{Б}}$ и максималния му ход, което от своя страна предизвиква увеличаване на времетраенето на процеса на горивоподаване.

В резултат на направения анализ следва заключението, че при продължителна експлоатация на електромагнитни дюзи от системата Common Rail, в резултат на

износванията в зоната на уплътнение на управляващия сачмен клапан се увеличава цикловата порция гориво, впръснато в цилиндъра. Този процес е пропорционален на големината на износванията и се потвърждава от многобройните изпитания, които са проведени на различни видове дюзи. Допустимите норми са тези, които ограничават по-нататъшната експлоатация на електромагнитните дюзи и предпазват двигателя от температурни претоварвания.

1.2.Промяна на цикловата порция гориво в резултат на увеличен дебит на излишно гориво, породен от неплътност в челната повърхност на разпръсквача

Излишното количество гориво е резултативна функция на няколко хидравлични явления. Една част от тях са свързани с принципа на работа на електромагнитната дюза, а други са пряк резултат от износвания – деформации в следствие на продължителна експлоатация. Връзката между тялото на дюзата и разпръсквача се осъществява чрез челно притискане с помощта на стягаща гайка. В резултат от деформациите, които възникват в челната повърхност на разпръсквача се създават предпоставки за свързване на частта за високо налягане (достигащо 135 МПа за конкретната дюза) и зоната на излишно гориво. На фиг. 2 е показана типична картина на деформациите с оцветяване на зоните на преминаване на горивото в резултат на лакови отлагания.



фиг. 2 Челна повърхност на разпръсквача след 240 000 km пробег

Вследствие на това рязко се влошават хидравличните характеристики на изследваната дюза 0 445 110 012. В табл. 1 са представени резултатите от изпитването на дюзата с разпръсквач с 240 000 km пробег и с нов разпръсквач. Без да бъде променено нито едно от конструктивните регулировъчни разстояния в електромагнитната дюза, нейните параметри се възстановяват в допустимите граници само със смяна на разпръсквача с нов.

Mercedes				
С разпръсквач на 240 000 km			19.42.41 25/10/2013	
INJ.	Bosch 0 445 110 012.inj	S/N		
Old		New		
Test	Nominal Value	Test Values	Coding Value	Ok
BACKFLOW	7,8 - 70,2 cc/min	154,2 cc/min		T.FAIL
MAXIMUM VALUE	42,2 - 53,8 cc/min	57,7 cc/min		T.FAIL
MEDIUM VALUE	18,3 - 23,7 cc/min	22,7 cc/min		T.OK
LOWSPEED	1,9 - 5,1 cc/min	0,0 cc/min		T.FAIL
PREINJECTION	0,5 - 3,5 cc/min	3,2 cc/min		T.OK

Mercedes				
С нов разпръсквач			13.40.28 31/10/2013	
INJ.	Bosch 0 445 110 012.inj	S/N		
Old		New		
Test	Nominal Value	Test Values	Coding Value	Ok
BACKFLOW	7,8 - 70,2 cc/min	66,3 cc/min		T.OK
MAXIMUM VALUE	42,2 - 53,8 cc/min	52,3 cc/min		T.OK
MEDIUM VALUE	18,3 - 23,7 cc/min	22,7 cc/min		T.OK
LOWSPEED	1,9 - 5,1 cc/min	2,2 cc/min		T.OK
PREINJECTION	0,5 - 3,5 cc/min	2,9 cc/min		T.OK

табл. 1 Резултати от изпитването на електромагнитна дюза 0 445 110 012 с разпръсквач с 240 000 km пробег и с нов разпръсквач

2.Промяна в якостните качества на разпръсквачите

За тяхното установяване е извършено измерване на микротвърдостта на материала, от който са изработени разпръсквачите в зоната на отворите, през които горивото изтича в цилиндровото пространство. На фиг. 3 е показан разрез на разпръсквач, на който са посочени точките на измерване на микротвърдостта. За получаване на обективна оценка на този параметър са направени напречни разрези на три разпръсквача с различна продължителност на експлоатация. Получените резултати са сравнени с микротвърдостта на нов разпръсквач.



фиг.3 Разрез на разпръсквач

В резултат на проведените измервания се установи микротвърдост на материала за всички проби в границите 460+500HV. Продължителността на експлоатация не оказва влияние върху този параметър. В същото време, при анализа на разрезите се наблюдават изменения във формата на каналите в резултат на кавитационните процеси, които възникват в тази зона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на проведените надеждности изследвания върху измененията в хидравличните характеристики на дюзите и якостните качества на разпръсквачите от горивна уредба Common Rail, могат да бъдат направени следните изводи:

1.Необходима е профилактична проверка на електромагнитните дюзи от системата Common Rail на всеки 100 000 km пробег на автомобиля с цел установяване на текущото им състояние чрез регистриране на хидравличните им характеристики;

2.Необходима е замяната на разпръсквачите на всеки 150 000 km, съпроводена с регулировката на основните регулировъчни разстояния: ход на сачмения клапан и въздушна междина в електромагнита;

3.Микротвърдостта на материала, от който са изработени разпръсквачите е в границите 460÷500HV и не се променя съществено при продължителна експлоатация.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Hammer, J. Einspritztechnik, Universitat Stuttgart 2011.

[2] Системи за управление на дизелови двигатели, Robert Bosch GmBH, 2004.

[3] Белчев, С., Узунтонов, Тр. Диагностични параметри за оценка състоянието на електромагнитни дюзи от системата Common Rail, Сборник доклади на научна конференция на РУ „Ангел Кънчев“, 2007.

[4] Христов, Р. Причини за загуба на работоспособност на електромагнитни дюзи от системата Common Rail при продължителна експлоатация, Машиностроителна техника и технологии 2, 2009, ISSN 1312-0859, стр.85-87.

За контакти:

Доц. д-р Трифон Узунтонов, 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: diesel_service@abv.bg

Докладът е рецензиран.