مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (4) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (4) 2007

تجارب في استخدام الكحول كوقود بديل في محركات الديزل لتخفيف التلوث الناتج عنها

الدكتور عارف علي*

(تاريخ الإيداع 31 / 5 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/10/9)

□ الملخّص □

يتضمن هذا البحث دراسة إمكانية استخدام المواد الكحولية كوقود في محركات الديزل بغية تحسين اقتصاديتها وتخفيف التلوث الناتج عنها. لذلك أجريت تجارب عملية عديدة على محرك تجريبي تم حقنه بالكحول الميتيلي ووقود الديزل بشكل مستقل، أو بخليط منهما بشكل مستحلب.

يعرض المقال الجانب الهام من النتائج التي تبين إمكانية عمل المحرك على الميتانول مع كمياتٍ قليلة من وقود الديزل، وبأن استخدام وقود الديميتيل إيتر والمواد الكحولية عموماً في محركات الديزل يقلل نسبة المواد الضارة الملوثة للبيئة في الغازات الناتجة عن الاحتراق، ولاسيما أكاسيد الآزوت NO_x والكربون الجاف C، وبأنه يمكن التغلب على مشكلة انخفاض استطاعة المحرك عند عمله باستخدام المواد الكحولية عبر زيادة كمية الوقود المحقونة.

كلمات مفتاحية: كحول، وقود ديزل، خليط، مستحلب، تلوث، تركيز.

* مدرس في قسم القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (4) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (4) 2007

Experiments Using Alcohol Fuel in Diesel Engines for Reducing Their Environment Pollution

Dr. Aref Ali *

(Received 31/ 5 / 2007. Accepted 9/10/2007)

□ ABSTRACT □

This research studies the possibility of using alcohol fuel in diesel engines to decrease their specific consumption and pollution of environment. Many experiments had been performed using an experimental engine injecting it with methanol, diesel fuel, or emulsion of methanol and diesel fuel.

The tests showed the possibility of using methanol (with little amounts of diesel fuel) in diesel engines. In general, using alcohol fuel in diesel engines will remarkably decrease the harmful polluting components in the exhaust gases, specially nitrogen oxides NO_x and carbon C. The loss in the engine capacity, when using alcohol fuels, can be avoided by increasing the amount of the injected fuel.

Keywords: Alcohol, Diesel fuel, Mixture, Emulsion, Pollution, Concentration, Reduction.

* **Assistant Professor, Department of Mechanical Powers, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

1- مقدمة:

تُعدّ عملية تخفيف تلويث غازات الاحتراق الناتجة عن عمل المحركات إلى الحدود المسموح بها في لوائح حماية البيئة مسألة علمية وتقنية صعبة، و أهم ما يؤخذ بعين الإعتبار عند تحقيقها هو كلفة الوسائل المستخدمة لذلك، وضرورة المحافظة على المميزات العالية لقدرة المحرك واقتصاديته. وخلال عملية تطوير محركات الديزل ومن أجل تخفيف التلوث الناتج عن عملها كانت أول التوجهات تهتم بتحسين عمليات تحضير الشحنة والاحتراق، غير أن الحياة العملية بينت أنه من غير الممكن تخفيض التلوث الناتج عن غازات الاحتراق إلى الحدود المطلوبة المسموح بها وفق قوانين أغلب البلدان المتقدمة. لذلك ظهرت طرق تهتم بتحييد الغازات في نظام الإفلات قبل خروجها إلى الجو المحيط، بالإضافة إلى وضع حدود على محتوى الوقود من المركبات التي تسهم في تشكل المواد الملوثة. ففي وقود الديزل مثلاً لا يُسمَح بأن تتجاوز نسبة الكبريت فيه كنسبة وزنية، القيمة 0.05%. غير أنه في الوقت الحاضر تهتم كثير من الدراسات بتحسين اقتصادية المحرك (تخفيف إستهلاك الوقود) كوسيلة تؤدي بدورها إلى تخفيف كمية الملوثات المطروحة، أو التحول إلى أنواع بديلة عن وقود الديزل مثل المواد الكحولية التي تحظى بنصيب وافر من إمكانية استبدال وقود الديزل في المستقبل.

2- أهمية البحث والهدف منه:

تكمن أهمية هذا البحث في محاولة إيجاد بدائل عن أنواع الوقود المعروفة للمحركات، خصوصاً وأن احتياطي تلك الأنواع التقليدية من الوقود في تناقصٍ مستمر. كما تستدعي زيادة تلوث الجو بنواتج احتراق المحركات، وما يرافق ذلك من ازدياد الصرامة في القوانين البيئية، ضرورة إيجاد وقود بديل أقل تلويثاً للبيئة عند احتراقه، وخصوصاً لمحركات الديزل التي ينتشر استخدامها على نحو واسع في الآونة الأخيرة على وسائل النقل.

ويشكل بحثنا هذا دراسة تجريبية لإمكانية استخدام بعض أنواع الكحول كوقود لمحرك الديزل واختبار مدى تأثير ذلك في تلويث نواتج الاحتراق للوسط المحيط.

3- طريقة البحث والمواد المستخدمة:

يندرج بحثنا في إطار المحاولات الجارية للبحث عن أنواع جديدة من الوقود لا يؤدي إحراقها في محركات الديزل إلى إصدار كميات كبيرة من الغازات الضارة بالبيئة، ولذلك تم اللجوء إلى الطريقة التجريبية التي تعتمد على التحقق المباشر من إمكانية تشغيل المحركات على هذه الأنواع من الوقود، وتحليل نواتج الاحتراق وتحديد نسب المواد الضارة فيها لتقييم جدوى اللجوء إليها. إن التجارب المجراة في بحثنا تمت باستخدام بعض أنواع المواد الكحولية مثل الميثانول والديميتيل إيتر.

3-1 نظرة عامة على احتراق بعض الوقود الكحولي alcohol fuels في محركات الديزل:

يعد الكحول الميتيلي CH_3OH من بين المواد الكحولية الأكثر توافراً، إذ يمكن عملياً الحصول عليه من أي نوع من الخامات الحاوية على الكربون وخصوصاً من الغاز الطبيعي.

$$CO_2 + 3\,H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$$

وتعد كلفته قليلة نسبياً كما أنه كوقود لمحركات الديزل يسمح بتخفيف التلوث وطرح أكاسيد الآزوت والكربون الجاف، كون عملية احتراقه لا تترافق بظهور نواتج مرحلية تكون أساساً لتشكّل المركبات الهيدروكربونية العطرية، ولا تمتلك روابط ثلاثية تسبِّب تشكّل ونمو جزيئات الكربون الجاف. كذلك فإن نواتج احتراقه لا تحتوي على الروابط الكبريتية.

ولكن وبالرغم من ذلك فإن المواد الكحولية (والميتانول خاصة) لم تلقَ استخداماً واسعاً، بسبب الاختلاف الملحوظ لخواصها الفيزيائية والكيميائية عن خواص وقود الديزل [1]، انظر الجدول (1).

الجدول (1) الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الكحولية ووقود الديزل

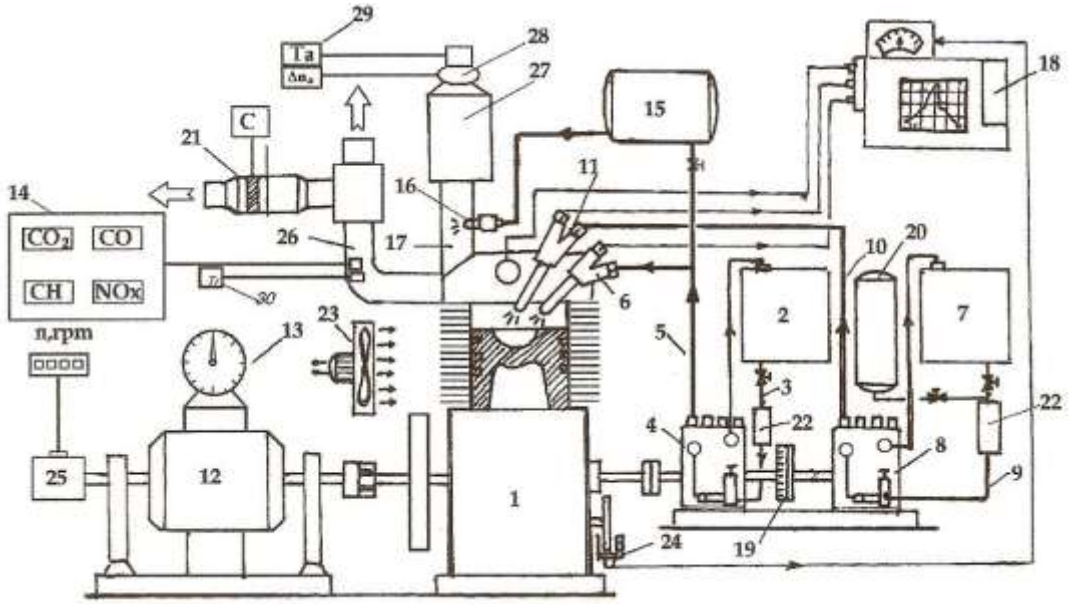
المؤشر	ديمثل إيثر	بوتانول	إيتانول	ميتانول	ديزل
الصيغة الكيميائية	CH_3OCH_3	C_4H_9OH	C_2H_5OH	CH_3OH	$C_nH_mO_f$
الوزن الجزيئي	46.0	74.0	*46.0*	*32.0*	*180 ÷200*
الكثافة $[kg/m^3]$ عند $20[°C]$	668	810	*789*	*795*	*840*
اللزوجة الحركية $[mm^2/s]$	0.22	2.9	*1.76*	*0.55*	*2.2÷8*
رقم السيتان	>55	18	*8*	*3*	*40÷55*
درجة حرارة التبخر $[°C]$	-----	-89.5	*-114.2*	*-97.9*	*150÷200*
درجة حرارة الغليان $[°C]$	-25	-----	*78.4*	*64.5*	*180÷370*
درجة الاشتعال الذاتي $[°C]$	235	390	*423*	*464*	*280*
القيمة الحرارية الدنيا للاحتراق $[kJ/kg]$	28800	33100	*26780*	*19670*	*42500*
كمية الهواء اللازمة لاحتراق $1[kg]$ من المادة $[kg]$	9.0	11.2	*9.0*	*6.4*	*14.4*
القيمة الحرارية للتبخر $[kJ/kg]$	-----	650	*870*	*1115*	*250*
ضغط البخار المشبع عند ضغط $100\ [kPa]$ و $20[°C]$، $[kPa]$	-----	3.0	*5.7*	*13.0*	*2.00*
السعة الحرارية$[kJ/kg.°C]$ عند $100[kPa]$، و $20[°C]$	-----	2.4	*2.43*	*2.51*	*1.8*

يلاحظ من الجدول أن أكبر مساوئ الميتانول هو القيمة الحرارية العالية لتبخره التي تزيد بـ *4.4* مرة على وقود الديزل إذ تبلغ *1115 kJ/kg* مقابل *250kJ/kg* لوقود الديزل. في الوقت نفسه فإن الميتانول يملك درجة حرارة منخفضة للغليان لهذا فإنه يؤدي (والمواد الكحولية عموماً) عند تبخره إلى انخفاض درجة حرارة الشحنة. وبما أنه يملك أيضاً رقم سيتان منخفضاً (درجة حرارة اشتعال ذاتي عالية) فهذا يؤدي إلى اشتعال سيء في حجرة الاحتراق. يساعد استخدام شمعات الاشتعال في تحسين اشتعال الميتانول *Methanol*، كما يسهم استخدام محفزات *catalysts* من أكاسيد معدنية مثل *NiO*، Cr_2O_3 و *CuO* في تخفيض درجة حرارة الاشتعال وتسريع تفاعلات احتراقه *[2]*. لكن أكثر الطرق التي لقيت انتشاراً هي حرق الميتانول مع إضافة كمية قليلة من وقود الديزل (وقود الإشعال). في هذه الحالة يمكن أن تتم عملية حقن الميتانول إما في قنوات السحب بشكل سائل أو بخار أو

كخليط مستحلب مع وقود الديزل في حجرة الاحتراق مباشرةً، أو أن تتم عملية حقنهما على نحو مستقل في حجرة الاحتراق.

2-3 منصة إجراء التجارب

يبين الشكل التخطيطي*(1)* منصة الاختبار التي استخدمناها عند إجراء هذا البحث في الجامعة التقنية في موسكو في الأعوام *2004-2003*. وكما هو مبين فقد زودت المنصة بكل التجهيزات ووسائل القياس اللازمة لاختبار إمكانية إحراق المواد الكحولية.



الشكل (1) الرسم التخطيطي لمنصة الاختبار

1 محرك ديزل D-21 A1، 2 خزان الكحول، 3 و 9 أنابيب الضغط المنخفض، 4 و 8 مضخات الضغط العالي، 5 و 10 أنابيب الضغط العالي، 6 و 11 حواقن التذرير، 7 خزان وقود الديزل، 12 جهاز الكبح الكهربائي، 13 جهاز قياس العزم، 14 جهاز تحليل غازات الاحتراق، 15 مفاعل وسيطي، 16 فوهة تذرير، 17 مجمع السحب، 18 راسم إشارة، 19 قارنة وصل مُدرَّجة، 20 أسطوانة ديميتيل إيتر، 21 جهاز قياس هباب الفحم، 22 أجهزة قياس التصريف (لوقود الديزل والكحول)، 23 مروحة تبريد المحرك، 24 مرسل إشارة الدورات، 25 مقياس عدد الدورات، 26 مجمع الإفلات، 27 خزان هواء، 28 مقياس تدفق الهواء، 29 مقياس درجة حرارة الهواء، 30 مقياس درجة حرارة الغازات.

إن المحرك D-21 A1 التجريبي رباعي الشوط، وهو ذو تبريد هوائي وحقن مباشر وله $S/D = 10.5/19$ و $\varepsilon = 19$، مزود بمجموعتي حقن ليعمل على نوعين من الوقود: الديزل الأساسي و الميتانول البديل.

في الشكل *(1)* يُرسَل الميتانول من الخزان *2* عبر الأنابيب *3* إلى مضخة الضغط العالي *4* التي تضخ الميتانول خلال الأنبوب *5* إلى الحاقن *6*. كما يستخدم النظام المبين في الشكل *1* والمؤلف من الخزان *7* والمضخة *8* والأنابيب *10-9* والحاقن *11* لحقن الكمية المحددة الإضافية من وقود الإشعال (الديزل).

تتم في البداية عملية حقن وقود الديزل، وبعد اشتعاله يُحقن الميتانول في الشعلة عبر الحاقن *6*، ويتم التحكم باستطاعة المحرك عن طريق تغيير الكمية المحقونة من الميتانول. أما الكمية المحقونة من وقود الديزل فقد تم الحفاظ

عليها ثابتة (عند سرعة دوران n =1800 rpm الموافقة لحمولة كاملة pe = 0.69 MPa بمساعدة جهاز الكبح الكهربائي 12 ومقياس عزم المحرك 13) وكانت 1 kg/hour أو ما يقارب 10% من كمية الميتانول المحقونة. أثبتت مثل هذه المعايرة اشتعالاً موثوقاً للميتانول في حجرة احتراق محرك الديزل الذي أجرينا عليه التجربة.

أما مميزات التلوث pollution characteristics الناتجة عن عمل المحرك فقد تم الحصول عليها بعد قياس نسب المواد الملوثة باستخدام محلل الغازات العام 14 (Hariba-1400) وقد عرضناها في الشكل (2).

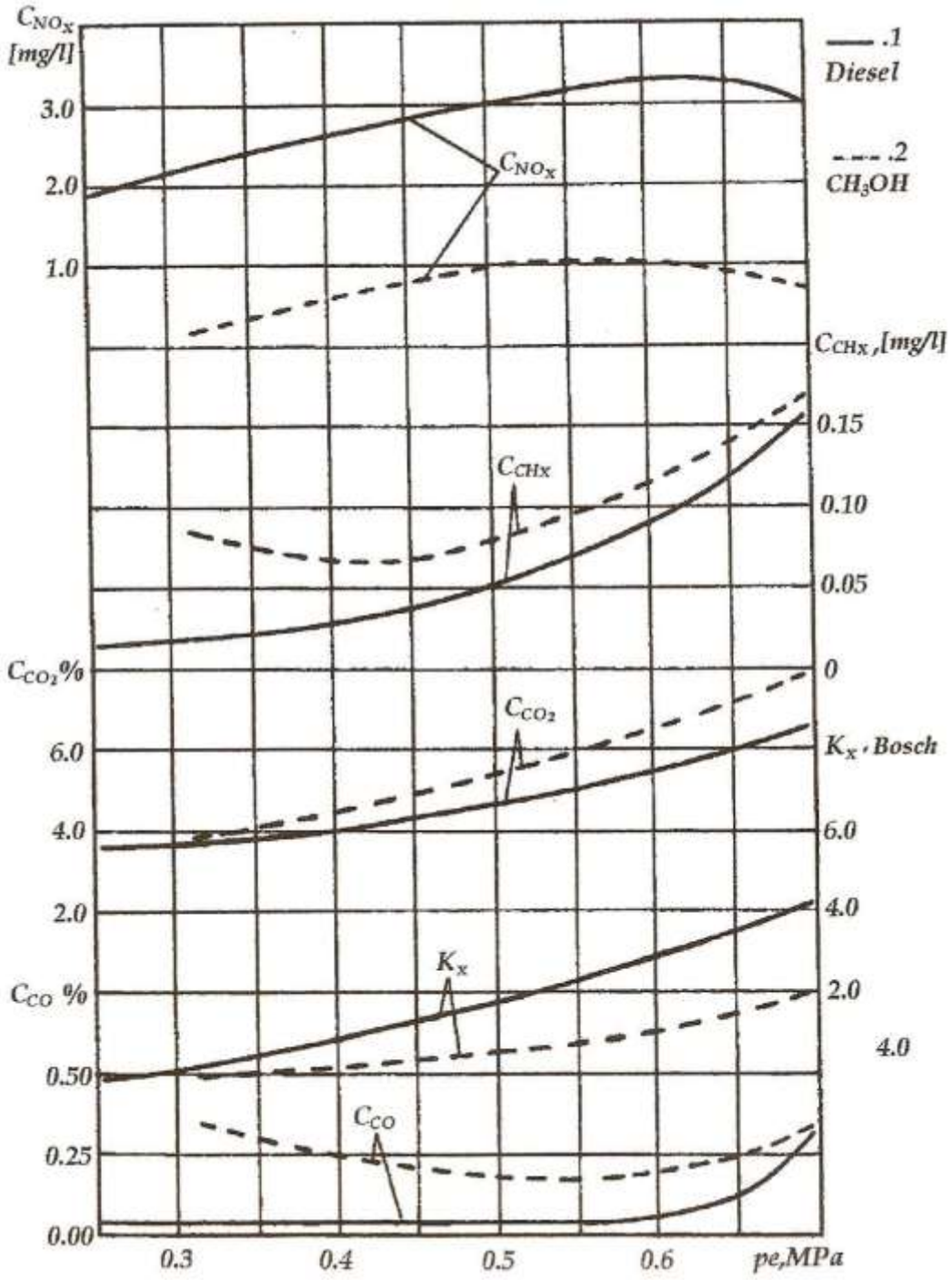
4- نتائج البحث والمناقشة:

4-1 احتراق الميتانول ووقود الديزل

يلاحظ من نتائج التجربة على محرك الديزل مع نظام الحقن الذي عرضناه أن تركيز أكاسيد الآزوت C_{NoX} عند عمل المحرك على الميتانول وفي مجال واسع لتغير حمولة المحرك أقل بـ 4 ÷ 3 مرات منه عند عمله على وقود الديزل، الأمر الذي يمكن تفسيره بتناقص سرعة انطلاق الحرارة وزيادة الضغط في حجرة الاحتراق عند عمل المحرك على الميتانول. كذلك يُلاحظ انخفاض ظهور الدخان الأسود K_X وخاصةً عند حمولات كاملة بمقدار 40% إلى 50%. يعود هذا (بالإضافة إلى الأسباب المذكورة سابقاً بخصوص بنيته الكيميائية) إلى أن الميتانول يحوي في تركيبه على نسب أقل من الكربون وكمية أكبر من الأوكسجين.

من جهة أخرى لوحظ أنه عند عمل محرك الديزل على الميتانول وبحمولة غير كاملة ازدياد تركيز بعض المواد الملوثة الأخرى مثل الهيدروكربونات CH_X وأول أوكسيد الكربون CO، لكن تلك الزيادة تبقى محدودة كمياً. كما ازداد تركيز CO_2 وظهرت كميات قليلة من الألدهيدات. وقد لوحظ أثناء التجارب زيادة في الاستهلاك النوعي الفعلي لوقود الميتانول الكحولي بالمقارنة معه عند عمل المحرك على وقود الديزل، وأصبح استهلاكه النوعي في المجال الاقتصادي للعمل 470 g/kW.h بدل 240 g/kW.h. ويعود هذا إلى أن القيمة الحرارية لاحتراق الميتانول متدنية بالمقارنة بنظيرتها لوقود الديزل (يبين الجدول (1)، أن القيمة الحرارية الدنيا للميتانول 19670 kJ/kg و 42500 kJ/kg لوقود الديزل).

وتتطابق نتائجنا هذه مع النتائج التي توصل إليها باحثون آخرون [3]، قاموا بحقن الميتانول في قنوات سحب محرك ديزل رباعي الأسطوانات وذي شحن قسري استطاعته 125 kW عند سرعة دوران n=2500 rpm، حيث تم حقن الميتانول بضغط مقداره 10 MPa في قنوات السحب بمضخة موزعة للضغط العالي وحاقن ذي تحكم إلكتروني من إنتاج شركة Bendix. كما تم حقن وقود الديزل بنظام التغذية العادي المزود به هذا المحرك. وجرى تغيير نسبة الميتانول المحقون بحدود تصل إلى 80% من كمية الوقود الكلية المحقونة في الدورة الواحدة. وبينت هذه التجارب إمكانية تخفيض تركيز أكاسيد الآزوت في نواتج الاحتراق بحوالي 5 مرات عما هو الحال عليه عند استخدام وقود الديزل فقط.



الشكل (2) **علاقة محتوى غازات الاحتراق من المواد الملوثة** C_{NO}، C_{CO}، C_{CO2} و K_X
مع تغير الحمولة pe **لمحرك الديزل عند عمله عند سرعة دوران** $n=1800\ rpm$ **على:**
(1) وقود الديزل ـــــ
(2) الميتانول و وقود الديزل ------

2-4 احتراق مستحلب emulsion وقود الديزل مع الميتانول

تم إجراء قسم آخر من التجارب على حقن خليط مستحلب محضر مسبقاً بواسطة خلاط ميكانيكي ذي سرعة دوران عالية من وقود الديزل والميتانول وبنظام التغذية العادي للمحرك، حيث استخدم الخزان 7 لاحتواء الخليط المذكور، وتم الحقن بالمضخة 8 والأنابيب 9 و 10 عبر الحاقن 6.إن اختلاف الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبين الممزوجين جعل إمكانية الحصول على خليط متجانس ولفترة طويلة أمراً صعباً جداً، لذلك تمت إضافة بعض المركبات الكيميائية الفعالة، التي يُطلَق عليها اسم "مساعدات الاستقرار" stabilizer. تحافظ هذه المواد عند إضافتها بنسب قليلة على جزيئات المستحلب وتمنعها من الانفصال عن بعضها بعضاً لفترة أطول تصل من 34 إلى 7 ساعات عندما تكون نسبة الميتانول في المستحلب بين 5% و 40% على التوالي [4].

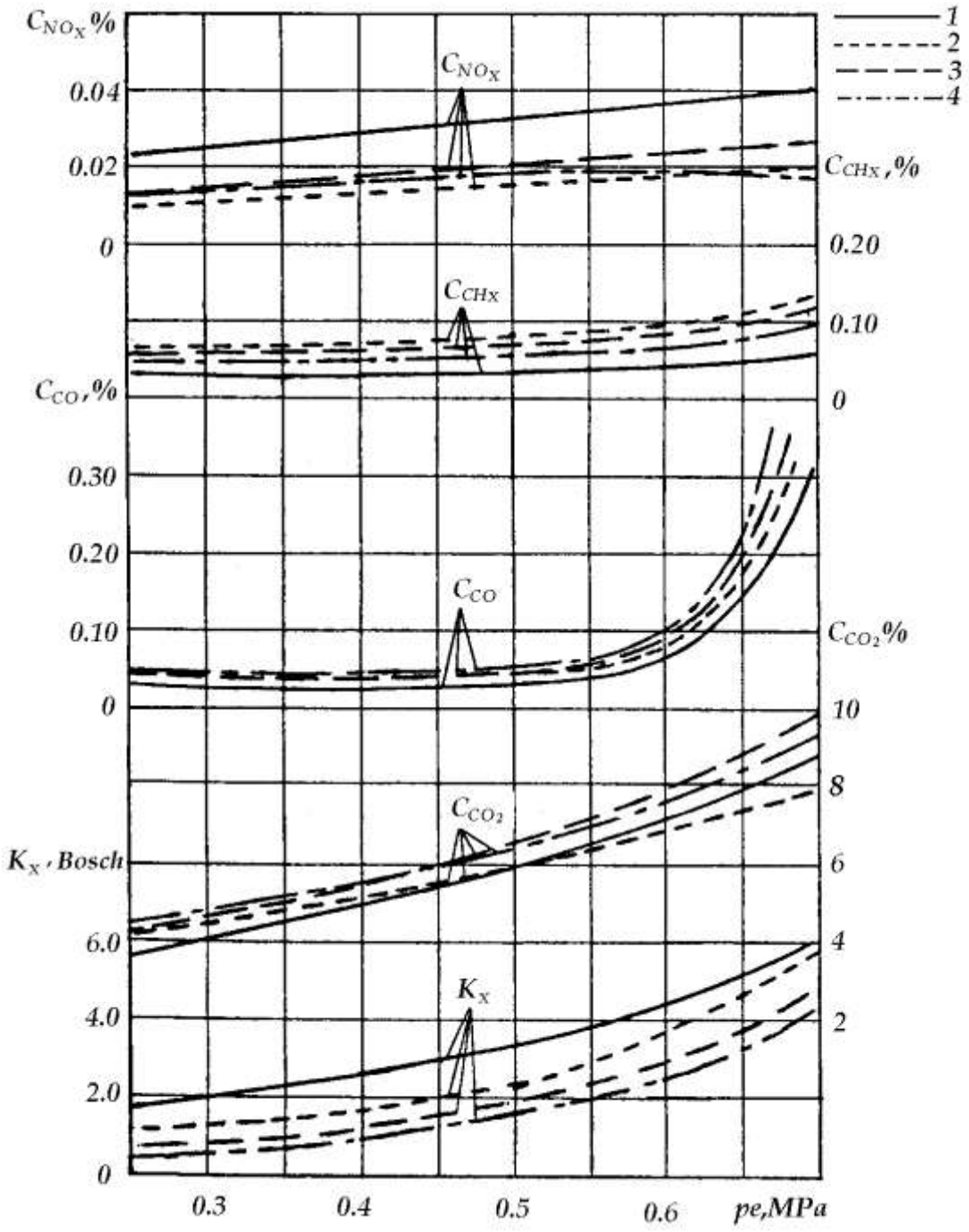
يبين الشكل (3) نتائج اختبار المحرك عند تشغيله بخليط مستحلب، وبنسب مختلفة للميتانول مع وقود الديزل. وقد دلت التجارب على إنخفاض محتوى أكاسيد الآزوت NO_X بمرتين عما هو عليه عند تشغيل المحرك على وقود الديزل بشكل مستقل، ويمكن تفسير ذلك بانخفاض درجة حرارة الاحتراق الوسطية عامة، وفي مناطق محدودة من حجرة الاحتراق خاصة بسبب التبريد الشديد نسبياً لشحنة الوقود والهواء المرتبط بخاصية القابلية العالية لتبخر الميتانول [5]. و يؤكد هذه الحقيقة انخفاض درجة حرارة الغازات الناتجة عن احتراق الخليط المكوّن من الميتانول ووقود الديزل عند عمل المحرك بسرعة دوران $n=1800\ rpm$ وحمولة $pe=0.6MPa$ إلى $380^{\circ}C$ بعد أن كانت لوقود الديزل وحده $450^{\circ}C$.

ويتضح من الشكل (3) أنه عند نظام العمل المذكور بلغ تركيز الأكاسيد الآزوتية NO_X في غازات الاحتراق مقدار $0.022\% \div 0.017\%$. أما عند العمل على وقود الديزل فقد بلغ هذا التركيز 0.036% أي الضعف تقريباً.

كما دلت نتائج الاختبار أن عمل محركات الديزل على مستحلبات الكحول الميتيلي ووقود الديزل يترافق مع نسبة قليلة جداً للكربون مع غازات الاحتراق (الدخان الأسود) ويعود ذلك إلى أن المواد الكحولية عامة لاتسبب ظهور الدخان بشدة عند احتراقها لوجود كمية أكبر من ذرات الأوكسجين في جزيئاتها، ولهذا يلاحظ عملياً انخفاض الدخان في غازات الاحتراق عند عمل المحرك على جميع أنظمة الحمولة.

يمكن القول، عامة، إن استخدام خليط الديزل والكحول الميتيلي كوقود في محركات الديزل يخفف من تلويث غازات الاحتراق بنسبة كبيرة، ولا يتطلب كثيراً من التغيرات التصميمية في المحرك مما يتيح اعتباره إحدى الوسائل المستقبلية الناجحة لتحسين المميزات البيئية لعمل محركات الديزل.

بالرغم من كل ما ورد أعلاه من إيجابيات فإن الاستخدام الواسع للمواد الكحولية لم يلقَ انتشاراً واسعاً بسبب بعض السلبيات المرتبطة بصعوبة احتراقها وانخفاض قيمتها الحرارية النوعية بالمقارنة مع وقود الديزل، الأمر الذي يستدعي زيادة كميتها المحقونة في الدورة للمحافظة على استطاعة المحرك. زد على ذلك فإن المواد الكحولية تملك مواصفات تزييت سيئة وقدرة عالية على امتصاص الرطوبة مما يترك آثاراً سلبيةً على العناصر المتزاوجة في مضخات الوقود والحواقن، وهذا ما يتطلب بدوره إجراء بعض التعديلات التصميمية في محرك الديزل خصوصاً عند العمل على المواد الكحولية على نحو مستقل.



الشكل (3) **علاقة محتوى غازات الاحتراق من أكاسيد الآزوت** C_{NOX}، **أول أوكسيد الكربون** C_{CO} **وثاني أوكسيد الكربون** C_{CO2} **والألدهيدات** C_{CH} **والدخان الأسود** K_X **مع تغير الحمولة** pe **لمحرك الديزل عند تشغيله عند سرعة دوران** $n=1800\ rpm$ **.على:**

وقود الديزل منحنى *(1)* —

خليط الميتانول مع وقود الديزل بنسب ميتانول *10%* **المنحنى** *(2)* -------

خليط الميتانول مع وقود الديزل بنسب ميتانول *20%* **المنحنى** *(3)* - - - - -

خليط الميتانول مع وقود الديزل بنسب ميتانول *30%* **المنحنى** *(4)* - ·- ·- ·-

3-4 احتراق كحول الـ ديميتيل إيتر CH_3OCH_3

يمكن تجنب بعض من السيئات المذكورة للمواد الكحولية من خلال استخدام مركبات الإيتيرات، التي تنتج من تأثير الأحماض غير العضوية في المواد الكحولية، ومن أكثرها الإيتير البوتيلي ثلاثي الميتيل والديميتيل إيتر ثنائي الميتيل، حيث يمكن استخدام الأول كمركب غني بالأكسجين يمكن إضافته إلى البنزين بدلاً عن رابع إيتيل الرصاص من أجل تحسين مقاومة الوقود للطرق، وتخفيف نسب الكربون الجاف وأكاسيده الناتجه مع غازات الاحتراق. أما الثاني ديميتيل إيتير CH_3OCH_3، فقد أجرينا تجارب على استخدامه في محركات الديزل، كوقود يمكن الحصول عليه من أي مركبات هيدروكربونية، ويكون في الحالة الغازية عند الضغط الجوي العادي لكنه يتحول إلى سائل عند الضغط $0.5\ MPa$ ودرجة الحرارة 20^oC، وله رقم سيتان عالٍ نسبياً 55، غير أنه يختلف عن وقود الديزل بلزوجته المنخفضة.

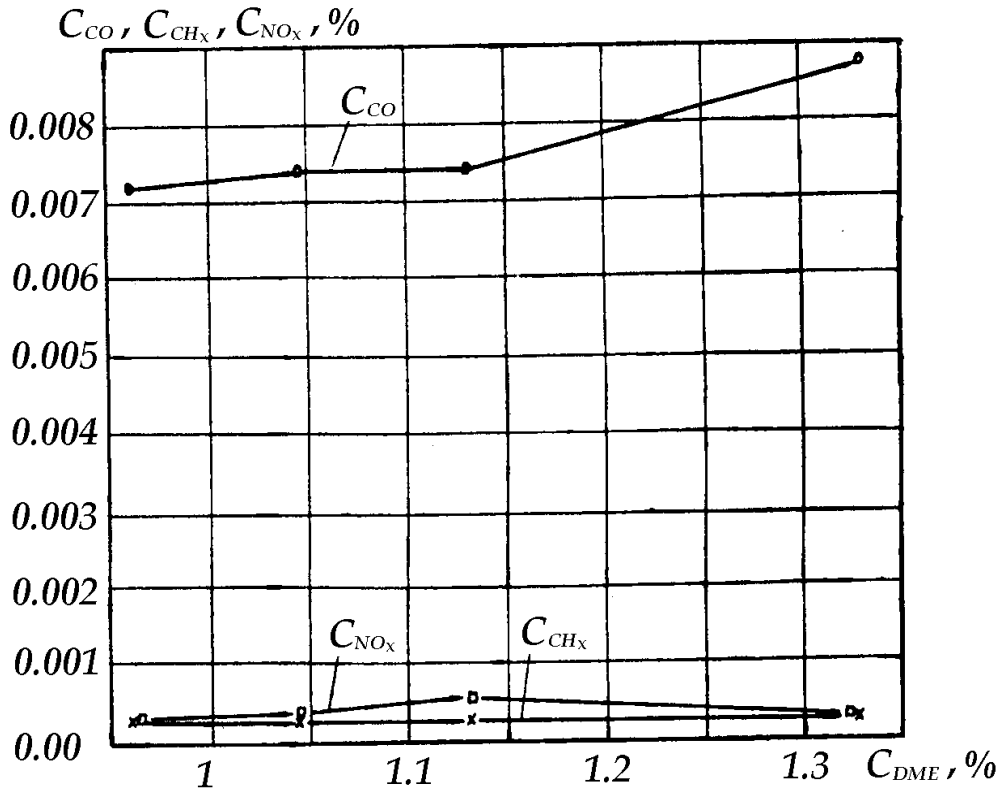
لذلك فإنه عند حقن ديميتيل إيتير بنظام الحقن الاعتيادي يجب مراعاة تزييت العناصر المتزاوجة في مضخات الضغط العالي. إن احتواء الديميتيل إيتير على نسبة 35% من جزيئاته على الأوكسجين، يوفر احتراقاً بدون مخلفات الكربون الجاف وأكاسيده وغيرها من نواتج الاحتراق غير التام. ولهذا السبب فإن له أيضاً حرارة احتراق منخفضة، مما يؤدي إلى انخفاضٍ في درجة الحرارة في غرفة الاحتراق، ومن ثمة انخفاض محتوى أكاسيد الآزوت في غازات الاحتراق. في الوقت نفسه يلاحظ انخفاض في استطاعة محرك الديزل عند عمله على الديميتيل إيتير كبقية المواد الكحولية، لذلك يتطلب أيضاً تعديل كمية الوقود المحقونة للحصول على الاستطاعة المطلوبة.

قمنا بإجراء تجارب على محركات الديزل بعملها على الميتانول كوقود أساسي وإضافة ديميتيل إيتر كوقود إشعال، حيث توفر محطة الاختبار إمكانية حقن الديميتيل إيتر من الأسطوانة 20 وبواسطة المضخة 8 والأنابيب 8 و 10 والحاقن 11 في حجرة الاحتراق. غير أن الطريقة الأوفر في استخدام ديميتيل إيتر مع الميتانول هي الحصول على الديميتيل إيتر من الميتانول المستخدم لعمل محرك الديزل $[6]$، وذلك باستخدام مفاعل وسيطي 15، حيث تحقن الكمية الأساسية من الميتانول من الخزان 2 في محرك الديزل 1 بمضخة الضغط العالي 4 والأنابيب 3 و 5 عبر الحاقن 6.أما القسم الآخر من الميتانول فإنه يدخل المفاعل الحمضي الوسيطي 15، حيث يتحلل فيه الميتانول وينتج ديميتيل إيتر وفق المعادلة التالية:

$$2CH_3OH \rightarrow CH_3OCH_3 + H_2O$$

ثم يُحقَن الديميتيل إيتر المتشكل عبر الفوهة 16 في مجمع السحب 17، وقد تمَّ تغيير نسبته في الهواء الداخل إلى الأسطوانة بحدود من 0.95% وحتى 1.32%. بما أن الديميتيل إيتر يتميز باشتعاله الجيد في حجرة الاحتراق، لذلك فإن عمل محرك الديزل على خلائط الإيترات مع الميتانول يتميز بسلاسة واضحة، حيث لوحظ من نتائج القياس وتسجيل تغيرات الضغط في أسطوانة المحرك مع دوران عمود المرفق باستخدام الجهاز الراسم 18، أن السرعة العظمى لازدياد الضغط $(\frac{dp}{d\varphi})_{\max}$ تنخفض بمقدار $30\div50\%$ بالمقارنة مع نظيرتها عند عمل المحرك على وقود الديزل. كذلك يؤدي انخفاض درجة الحرارة العظمى للدارة إلى انخفاض ملحوظ في تركيز أكاسيد الآزوت مع غازات الاحتراق. زيادة على ذلك فإن الإنخفاض الأكبر في تركيز NO_x يمكن أن نحصل عليه من خلال تغيير بداية اشتعال وقود الميتانول عن طريق تغيير كمية وزمن حقن الديميتيل إيتر المضاف في الهواء الداخل إلى الأسطوانة، وذلك بمساعدة القارنة 19 بين مضختي الضغط العالي 8 و 4.

ويبين الشكل *(4)* علاقة تغير محتوى غازات الاحتراق من المواد الملوثة مع تغير تركيز الديميتيل إيتر في شحنة الهواء الداخلة إلى محرك الديزل.



الشكل (4) علاقة تغير محتوى غازات الاحتراق من أكاسيد الآزوت C_{NOx} وأكاسيد الكربون C_{CO} والهيدروكربونات C_{CHx} مع تغير تركيز الديميتيل إثير في شحنة الهواء لمحرك الديزل

تجدر الإشارة إلى أنه عند تحويل المحرك للعمل على خلائط إيترات الميتانول، فإنه يتناقص على نحو كبير أو حتى يختفي الكربون الجاف من نواتج الاحتراق. غير أنه في الوقت نفسه قد تزداد أكاسيد الكربون بحوالي *30%* ويلاحظ بعض الزيادة في الهيدروكربونات غير المحترقة CH_X. تتعلق زيادة CH و CO بزيادة الكمية غير المحترقة من أبخرة خليط الوقود المتواجدة في المناطق الراكدة من الأسطوانة، غير أن مثل هذه الزيادة لا تعد خطيرة لأن هذه المركبات يمكن أكسدتها بسهولة بمساعدة الحفازات المعجّلة catalysts.

وعلى نحوعام يمكن القول إن عملية الاحتراق في محرك الديزل، العامل على الديميتيل إيتر تتم بسلاسة، وتظهر المركبات الملوثة بنسب أقلّ في الغازات الناتجة عن تلك العملية، وخصوصاً عند عمل المحرك على الحمولات الجزئية (حقن كميات قليلة من الوقود بضغط حقن منخفض نسبياً).

في مثل هذه الظروف تسهم سرعة التبخر الكبيرة للديميتيل إيتر، بمنع تشكل مناطق احتراق مركزة وغنية بالوقود، تلك التي يمكن أن تسوء فيها عملية الاحتراق وتكون بؤرة لظهور الملوثات.

5- الاستنتاجات:

مما تقدم ومن الملاحظات العملية أثناء إجراء التجارب المختلفة أمكن التوصل إلى النتائج التالية:

- من أجل الاستخدام المثالي للمواد الكحولية والإيترات، كوقود في محركات الديزل وتحسين اشتعالها، يجب استخدام أنظمة حقن ثنائية تؤمن بالإضافة إلى حقن الكحول حقن كمية من وقود الإشعال(الديزل).

- يترافق استخدام أنظمة الحقن الاعتيادية، لحقن خلائط وقود الديزل مع الكحول، ببعض العقبات، بسبب صعوبة مزجهما وميلهما للانفصال بسرعة.

- إن تحويل محركات الديزل للعمل على المواد الكحولية والإيتيرات مع وقود الديزل، يسهم على نحو كبير في تخفيض إصدار محركات الديزل للمركبات الملوثة ولاسيما أكاسيد الآزوت NO_X والكربون الجاف C.

- بسبب اختلاف الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الكحولية والديميتيل إيتير عما هي عليه لوقود الديزل، فإن استخدامها على نطاق واسع، يتطلب حلّ بعض المشاكل العملية المرتبطة بخواصها كمواد مذيبة وماصة للرطوبة تؤدي إلى الإضرار بأجهزة حقن الوقود وعناصر الإحكام فيها، ناهيك عن حاجة المواد الكحولية والديميتيل إيتير لشروط نقل وتخزين خاصة.

- وفقاً لما ورد ذكره، ومع الأخذ بالحسبان انخفاض احتياطي النفط في العالم، وتوفر إمكانية الحصول على المواد الكحولية من مصادر متنوعة، فإن نتائج تجاربنا تتوافق مع باحثين آخرين *[7]* بخصوص إمكانية جعل المواد الكحولية كأحد أهم مصادر الطاقة في المستقبل.

المراجـع:

1. МАРКОВ, В.А.; КОЗЛОВ, С.И. *Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей.* Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2000, 296.
2. MICHELL, W.L.; LITZINGER, T.A.; SANTAVICCA, D.A. *Neat Methanol Combustion in a D.I. Diesel Engine Using Catalytically Coated Glow Plugs*. SAE Technical Paper Series, № 910731, 1991, P.97-105.
3. SAVAGE, L.D.; WHITE, R.A.; COLE S. *Extended Performance of Alcoholfumigation in Diesel Engines Through Different Multipoint Alcohol Injection Timing Cycles*. SAE Technical Paper Series,№ 861580, 1986, 11.
4. ПЛОТНИКОВ, С.А.; ЛУНЕВА, В.В. *Создание и применение стабильных метаноло-топливных эмульсий в качестве топлива для дизелей.* Двигателестроение, Москва, № 10, 1990, 29-31.
5. КУЛЬЧИЦКИЙ, А.Р. *Токсичность автомобильных и тракторных двигателей.* Изд-во Владимирского государственного университета, Владимир, 2000, 256.
6. KARPUK, M.E.; WRIGHT, J.D.; DIPPO, J.L. *Dimethly Ether as an ignition enhancer for Methanol-Fueled Diesel Engines.* SAE Technical Paper Series, №870341, 1987, P.1-7.
7. ШКАЛИКОВА, В.Н.; ПАТРАХАЛЬЦЕВ, Н.Н. *Применение нетрадиционных топлив в дизелях.* Изд-во Российского университета дружбы народов, Москва, 1993, 64.