مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٩) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (9) 2023

تقييم أداء محركات الديزل العاملة بالمستحلبات الطاقية النانوية

د.م. حسين ابراهيم*

أ.د.م. ميساء شاش**

م. البتول علي***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/٥/٢٩ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٣/١٢/٧)

□ ملخّص□

تم في هذا البحث تحسين خصائص وقود الديزل عن طريق إضافة الجسيمات النانويّة والماء، ومن ثم تقييم أداء محرك الديزل وقياس انبعاثاته، تمَّ إضافة نانو الزنك nano Zn بنسبة [ppm]0.9 إلى مستحلب ديزل يحتوي ماء بنسبة حجميّة 0.225%. واختبارها على محرّك احتراق داخلي يعمل بوقود الديزل على ثلاث سرعات مختلفة، [rpm](847,1650.2800).

كما تم قياس اللزوجة، استهلاك الوقود، انبعاثات كلّ من أكاسيد النيتروجين، أول وثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى الهيدروكربونات والضبابيّة، وذلك لكلّ من الديزل بدون إضافات والمستحلب المضاف له نانو الزنك. نتج عن إضافة جسيمات الزنك النانوية زيادة في توفير استهلاك الوقود، وكانت نسبة التوفير للمستحلب (14.29%) عند سرعة محرك [rpm]847، كما أظهرت انخفاض في نسبة انبعاثات أول أكسيد الكربون عند سرعة محرك [rpm]847 _وهي أخفض سرعة للمحرك المستخدم_، للمستحلب بنسبة (100%)، بينما يزداد تركيز انبعاثات أكاسيد النيتروجين مع وجود نانو الزنك بالنسبة لجميع السرعات، وأخيراً، حققت عينة المستحلب انخفاض في الضبابية بالمقارنة بالديزل النقي، ويُعزى ذلك لسبب ظاهرة الانفجار الدقيق.

الكلمات المفتاحية: محرك الديزل، مستحلب وقود الديزل، نانو الزنك، انبعاثات محرك الديزل، استهلاك وقود الديزل.

* دكتور مهندس في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة المعدات والآليات، جامعة طرطوس، طرطوس سورية.

** أستاذ دكتور مهندس في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة المعدات والآليات، جامعة طرطوس، طرطوس سورية

***طالب ماجستير في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة المعدات والآليات، جامعة طرطوس، طرطوس سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٩) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (9) 2023

Performance Evaluation of Diesel Engines Running on Nano-Energy Emulsions.

Dr.Eng. Hussien Ebrahim*
Prof.Dr.Eng. Maysa Shash**
Eng. Albatool Ali***

(Received 29/5/2023 . Accepted 7/12/2023)

□ ABSTRACT

In this research, the properties of diesel fuel were improved by adding nanoparticles and water, and then to evaluate the performance of the diesel engine and measure its emissions. Zn nano at a rate of 0.9[ppm] was added to a diesel emulsion containing water by volume of 0.225%. It was tested on an internal combustion engine running on diesel fuel at three different speeds, (847,1650.2800)[rpm].

Viscosity, fuel consumption, and emissions of nitrogen oxides, carbon monoxide, and hydrocarbons and mists were also measured for both diesel without additives and emulsion with nano-zinc added. The addition of zinc nanoparticles resulted in an increase in fuel consumption, and the emulsion saving rate was 14.29% at an engine speed of 847 [rpm], _It is the lowest speed of the engine used_, and it also showed a decrease in carbon monoxide emissions at an engine speed of 847 [rpm] for the emulsion by 100%, while the emulsion increased by 100%. The concentration of nitrogen oxides emissions with the presence of nano-Zn for all velocities, and finally, the emulsion sample achieved a decrease in haze compared to pure diesel.

Keywords: Diesel Engine, Diesel Fuel Emulsion, Zinc Nanoparticles, Diesel Engine Emissions, Diesel Fuel Consumption.

* Lecturer, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria.
** Professor, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria.
***Postgraduate Student, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria

مقدمة:

في السنوات الأخيرة، يزداد الاهتمام بقضية التلوث الجويّ والاحتباس الحراري بشكل مستمر، لخطورته البالغة على البيئة وصحة الإنسان، ويتم البحث بشكل مستمرّ عن مسبّبات التّلوث وطرق الحدّ منه، لاحظ الباحثون أنه من المسببات الرئيسية لتلوث الهواء الجوي هو الانبعاثات الناتجة عن المحركات التي تعمل بالوقود سواء البنزين أو الديزل.[1]، وفي هذا الصدد، تقاطعت الأبحاث عند قضيتين مهمتين تتمثلان في زيادة التلوّث واستنفاذ الوقود الأحفوري.

منذ البداية تم تصميم محركات الديزل لتكون أفضل كفاءة في استهلاك الوقود، وعزم دوران أكبر، وكفاءة حرارية أعلى، وانبعاثات أقل لثاني أكسيد الكربون (CO_2)، ومتانة أكبر مقارنةً بمحركات البنزين. ليجعل من محرك الديزل الخيار الأمثل للعمليات على الطرق الوعرة، وشروط العمل الصّعبة طويلة الأمد، وباعتبار وقود الديزل أقل عرضة للاشتعال من وقود البنزين، يعتبر محرك الديزل أكثر أمان، من ناحية أخرى، فإن انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NOx) والجسيمات Particulate Matter (PM) الصادرة عن محرك الديزل أعلى بالمقارنة مع محرك البنزين. [3][2]

تم ابتكار عدة أساليب وطرق لتقليل الملوثات في غاز العادم الناتج عن المحركات، منها ينطوي على تعديلات في تصميم المحرك سواء تعديلات خط الوقود أو حجرة الاحترق لتحسين نظام خلط الوقود وعملية الاحتراق لتحقيق الاحتراق المثالي، ومنها ما يتطلب فلاتر ومحولات حفازّة توضع على خط العادم وتستخدم للتحكم في الانبعاثات، ومنها ما ينطوي على تعديلات في الوقود المستخدم، ومن بينها تعتبر طريقة تعديل الوقود الأسهل نسبياً. حيث يعتمد مبدأ تعديل الوقود على وجود الوقود الأحفوري كمكوّن رئيسي، مخلوط مع مواد أخرى بنسبة معينة. وعليه يمكن القول أنه هناك ثلاثة أنواع من معدّلات الوقود: المواد المضافة، والوقود الحيوي، ومستحلب الماء في الديزل. [5][4]

يجري هذا البحث في سياق دراسة مستحلب الوقود وتأثيره على الانبعاثات وأداء المحرك، بناء على الأبحاث والدراسات العديدة السابقة التي تقدم مستحلب الوقود كأحد الحلول الواعدة والمرضية لأنه يمكن أن يجمع بين تخفيض الانبعاثات دون الحاجة إلى تعديل المحرك، بالإضافة إلى المحافظة على الأداء أو تحسينه في بعض الحالات.

بدأ الاهتمام بمفهوم مستحلب الوقود في فترة السبعينات [6]، ومنذ ذلك الحين حتى اليوم يجري البحث في تطويره باستمرار، فضلاً عن جهود الباحثين المبذولة في العديد من الدراسات التي يتم إجراؤها عن خصائص مستحلب الوقود، والاستقرار، وأداء المحرك، والانبعاثات. [4]

يساهم وجود الماء ضمن مستحلب الوقود (الديزل) في خفض درجة حرارة الاحتراق، وهذا يعود لأن الماء لديه نقطة غليان أقل من وقود الديزل، حيث يمتص الماء قسم من الحرارة مما يؤدي إلى خفض درجة الحرارة في غرفة الاحتراق، والذي يساهم بدوره في تقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين. ومن ناحية أخرى، يمكن تفسير انخفاض أكاسيد النيتروجين بسبب زيادة تركيز جذور الهيدروكسيل (OH) الذي يساهم فيه وجود الماء في المستحلب.[4]

كما يساهم وجود الماء ضمن مستحلب وقود الديزل أيضا لخفض انبعاث الجسيمات، وهنا تجدر الإشارة إلى أن انخفاض انبعاثات أكاسيد النيتروجين والجسيمات في وقت واحد، يُثبت مستحلب الديزل أنه حل فعال للعلاقة العكسية بين انبعاثات أكاسيد النيتروجين والجسيمات، بالإضافة لخفض استهلاك الوقود.[8][7]

وأهم تأثير لوجود الماء هو ظاهرة الانفجار الدقيق التي تحدث نتيجة لعملية التبخر السريع للماء الموجود في قطرة الوقود، إذ يقع الماء في الطور الداخلي للمستحلب، أي أن وقود الديزل يغطي سطح القطرة، ومع الأخذ بالاعتبار أن كل من الماء والديزل له درجة حرارة غليان مختلفة، لذلك عندما يتم رش وقود المستحلب في غرفة الاحتراق ذات درجة حرارة عالية، يتم

نقل الحرارة إلى سطح قطرة المستحلب، وبمجرد أن تصل درجة حرارة الماء داخل قطرة المستحلب إلى درجة الحرارة القصوى، يحدث تنوي الفقاعة السريع مما يؤدي إلى تمدد القطرة بأكملها وانفجارها، وتمزيق القطرة إلى جزيئات دقيقة جداً، وبالتالي يمكن أن تتعرّض مساحة أكبر للقطرات الدقيقة للهواء مما يؤدي إلى تحسين عملية الخلط، ونتيجة لذلك ستزداد كفاءة الاحتراق. [9]

ومن إحدى جوانب التطوير التي تم إجراؤها على المستحلبات، هو دمج الجسيمات النانوية مع المستحلب، مثل أوكسيد السيريوم، النحاس، وأوكسيد الألمنيوم وأكسيد الزنك وغيرها. [10]. وتشير الأبحاث إلى أثر ذلك في تعزيز خصائص الاحتراق والانبعاثات. حيث أظهرت الدراسات الحديثة أن إضافة الجسيمات النانوية إلى الوقود يمكن أن يحسن الخصائص الفيزيائية الحرارية، والتوصيل الحراري، حيث يساهم وجود المواد النانوية بوصول الوقود إلى الاحتراق الكامل. [12][11]

وفي العديد من الأبحاث الأخرى تم مزج هذه المواد المضافة مع مزيج من وقود الديزل والديزل الحيوي، وأدى ذلك لتحسن في أداء المحرك وخفض الانبعاثات مقارنة بالوقود العادي دون إضافات. [14][13]

مشكلة وأهمية البحث:

لاتزال الدراسات والأبحاث التي تتناول موضوع دمج الجسيمات النانوية بوقود الديزل أو مستحلب الوقود الديزل تعتبر متواضعة نوعاً ما رغم الاهتمام الكبير بها، وذلك لكثرة متغيرات تشغيل المحرك، فضلاً عن التنوع الكبير في الجسيمات النانوية المختلفة وتفرد كل نوع بخصائص معينة، وتأثير مستويات الجرعات على الوقود. كل ذلك يظهر في بعض الأحيان نتائج متناقضة فيما بين الأبحاث المختلفة. مما يجعل استخراج الاستنتاجات العامة بشكل افتراضي غير ممكن. نتيجة لذلك، توجد حاجة إلى مزيد من البحث لفحص خصائص الاحتراق للوقود المستحلب في ظل ظروف متغيرة.

تم إجراء البحث باستخدام وقود الديزل التجاري المستخدم عادةً، ودراسة تأثير استخدامه ممزوجاً بالماء ونانوالزنك، في أداء محرك الديزل ونسب الانبعاثات، وعليه تهدف هذه الدراسة:

1_ تعديل خصائص الوقود المستحلب بإضافة نانوالزنك.

2- تقييم أداء المحرك.

3- تحديد نسبة تركيز انبعاثات غازات الـ NO_X و CO ومقارنتها مع تركيز الانبعاثات عند استخدم وقود الديزل العادي.

طرائق البحث ومواده

يتناول هذا الفصل التعريف بالمواد الأولية والتجهيزات والأدوات المساعدة، والتجارب التي تم إجراؤها في هذه الدراسة، بدءاً من تحضير عينة المستحلب واختبارها على محرك الديزل مع عينة الديزل القياسيّة، وصولاً إلى قياس الانبعاثات وتحليل النتائج.

١_ تحضير عينات المستحلب النانوية المستخدمة في الاختبارات:

تم اختيار نانو الزنك الحر nanoZn كمادة مضافة للمستحلب ومصدره Bhiwadi–301019,Rajasthan,India(TITAN BIOTECH LTD)، بنقاوة (99.9%) مخصص للاستخدام المخبري.

يتم تحضير المستحلب بطريقة استحلاب ميكانيكية باستخدام خلاط مخبري بسعة [liter]1، يستمر الخلط لمدة [min]40 للوصول إلى المزيج المتجانس المستقر. نرمز لعينة الديزل القياسية بدون إضافات D_0، وعينة مستحلب الديزل التي تحوي نانو الزنك كمادة مضافة بنسبة [ppm]0.9، بـ D_1، تم الاحتفاظ بالعينة D_1 دون استخدام عند درجة حرارة محيطة [C°]25 لمدة ثلاثة أشهر، لمراقبة ترسب الجسيمات النانوية أو الماء وتحديد ثبات المستحلب، وبالمعاينة العينية لم يتم ملاحظة وجود فصل أو ترسيب.

2_ قياس اللزوجة:

تم قياس اللزوجة باستخدام جهاز قياس اللزوجة Rotational Viscometer Myr V1/V2 (MYR) سنة الصنع ٢٠١٠. وتم تجهيزه بمسبار درجة الحرارة، والذي أعطى قيمة حرارة [C°]21.3. مبدأ التشغيل هو قياس عزم القوة الناتجة عن لزوجة المائع لمدة [min]2. وكانت قيمة اللزوجة للعينة متقاربة مع قيمة اللزوجة للديزل بدون إضافات، وهي [mPa]25,[%]12.5.

3_اختبار عينات المستحلب، وإجراء التجربة في المحرك:

يظهر في الشكل (1) التجهيزات التي تم استخدامها لاختبار المستحلب والديزل بدون إضافات على محرك ديزل رباعي الأشواط المبين في الشكل (2). تم الاختبار على ثلاثة سرعات للمحرك [rpm](847, 1650, 2800). زمن التجربة [min]30 عند كل سرعة، ودرجة حرارة المخبر [C°]20، وتم تكرار التجربة مرتين.

الشكل (1) التجهيزات التي تم استخدامها لاختبار العينات على محرك ديزل رباعي الأشواط.

الشكل (2) محرك ديزل رباعي الأشواط.

خصائص المحرك:

_ أربع اسطوانات خطية التوضع.
_ حقن الكتروني.
_ مزود بثمانية حساسات.
_ الاستطاعة القصوى [hp](24).
_ مزود بشاحن توربيني.
_ مزود بمنظومة إعادة تدوير غازات العادم.

مجال السرعة	
[rpm](847~4800).	_ الشركة المصنعة للمحرك هي Ford، رقم الموديل ZSD-424.

النتائج والمناقشة

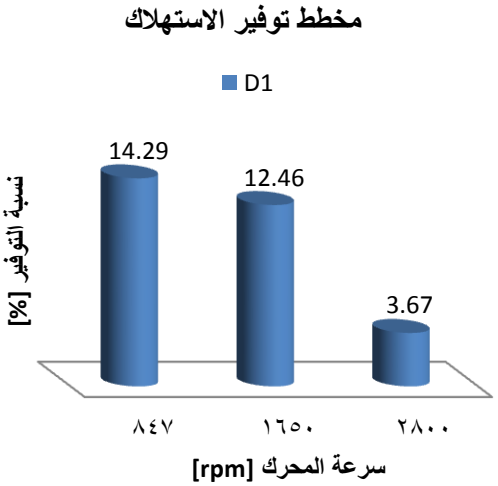
تم اختبار استهلاك وانبعاثات محرك الديزل الذي يعمل بعينات الوقود المستحلب المختلفة والديزل بدون إضافات تحت سرعات المحرك المختلفة. وجود كل من الماء ونانوالزنك في غرفة احتراق محرك الديزل على شكل وقود مستحلب له تأثير مباشر على تكوين التلوث، وما يلي يوضح النتائج.

1_ استهلاك الوقود:

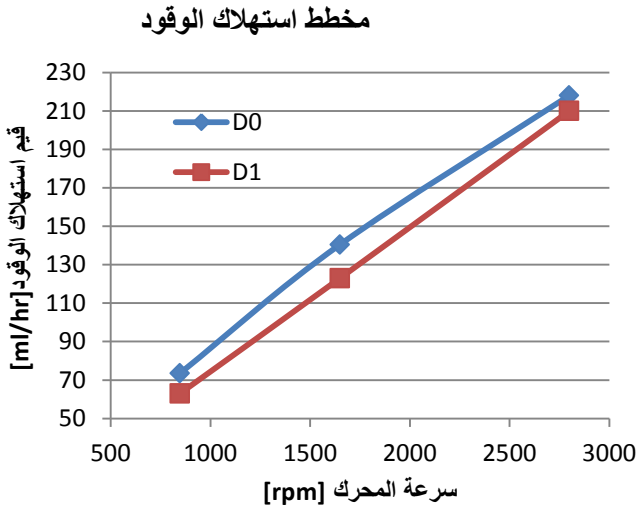
عند سرعة محرك [rpm]874، يكون توفير الاستهلاك لعينةD_1 بنسبة (14.29%)، من عينة الديزل القياسية، وعند سرعة محرك [rpm]1650، يكون توفير الاستهلاك D_1 بنسبة (12.469%)، وعند سرعة محرك [rpm]2800، يكون توفير الاستهلاك D_1 بنسبة 3.67%، مقارنة مع D_0. ويوضح الشكل (3) استهلاك الوقود لكل من العينتين D_0,D_1، بواحدة [ml/hr]، عند السرعات المختلفة [rpm](847, 1650, 2800). ويظهر في الشكل (4) تباين توفير استهلاك الوقود بين D_1 بالمقارنة مع D_0.

يعود توفير الاستهلاك للعينة D_1 بسبب تقصير مدة تأخير الاشتعال، والتأثير المشترك للانفجارات الدقيقة والانحلال الثانوي الناتج عن وجود نانوالزنك، والتي تساعد في زيادة نشاط الاحتراق من خلال تأثيرها التحفيزي على

العمليات داخل حجرة الاحتراق وتأثير زيادة نسبة مساحة السطح على الحجم، وبالتالي تتيح احتراقاً أفضل في درجات حرارة عالية. وهذه النتيجة تتفق مع الدراسة المرجعية رقم [15].



الشكل (4) مقدار التوفير في استهلاك الوقود لـ D_1 بالمقارنة مع D_0 التي تم اعتبارها نقطة مرجعية.



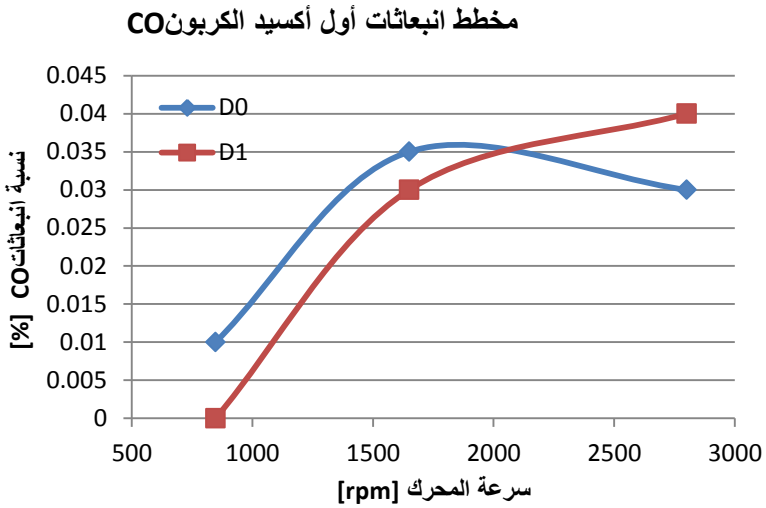
الشكل (3) استهلاك الوقود لكل من العينتين D_0, D_1 ، بواحدة [ml/hr]، عند السرعات المختلفة [rpm](847, 1650, 2800).

2_ انبعاثات أول أكسيد الكربون:

تبين ازدياد انبعاثات أول أكسيد الكربون للعينة D_1 بنسبة (33.33%) عند سرعة 2800[rpm] حيث أعطت قيمة 0.04[%]. بينما نلاحظ انخفاض الانبعاثات عند سرعة محرك 847[rpm]، لـ D_1 بنسبة (100%)، حيث أعطى قيمة 0 [%]. ويظهر في الشكل (5) قيم انبعاثات أول أكسيد الكربون الناتجة عن كل من D_0, D_1.

يعود انخفاض نسبة CO في السرعة البطيئة، أنه في السرعات البطيئة يكون تأثير الماء أكثر فعالية بالمقارنة مع السرعات العالية، والذي يسمح بتوافر كمية كافية من الأكسجين مما يؤدي إلى تقليل فرصة إنشاء منطقة غنية بالوقود، كذلك نشاط جزيئات نانو الزنك الذي تحفز تفاعلات الأكسدة داخل حجرة الاحتراق، إذ أن الجسيمات النانوية لها مساحة تلامس سطحية كبيرة تزيد من نشاط التفاعل الكيميائي، مما يعمل على تحسين درجة خلط الوقود مع الهواء ويؤدي إلى الاحتراق الكامل. يمكن تفسير زيادة الانبعاثات عند السرعة العالية بسبب تراكم الوقود ذي القيمة الحرارية المنخفضة نسبياً والذي ينتج عن وجود الماء وأثره التبريدي بالإضافة للمزج غير المثالي، هذه العوامل مجتمعة قد لا تسمح بحدوث أكسدة كاملة من CO إلى CO_2 أثناء شوط التمدد، وهذا يؤدي إلى زيادة انبعاثات أول أكسيد الكربون.

وتتعارض النتائج مع الدراسة المرجعية رقم [16]، وذلك لأنه في تلك الدراسة لم يتم استحلاب الديزل بالماء، وتم إضافة نانو أكسيد الزنك بدلاً من نانو الزنك.

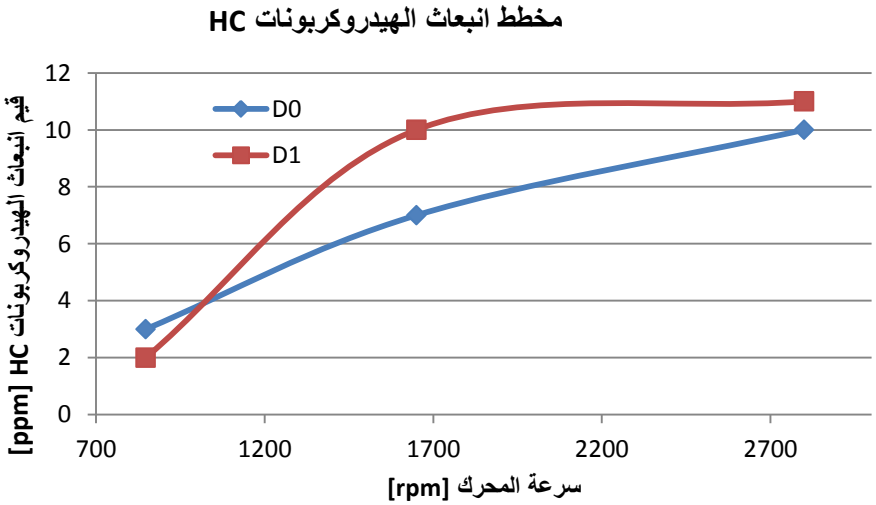


الشكل (5) يوضح انبعاث أول أكسيد الكربون CO لكل من D_0, D_1، كنسبة مئوية، عند السرعات المختلفة (847, 1650, 2800)[rpm].

3_ انبعاث الهيدروكربونات:

أظهرت انبعاثات HC قيمة أعلى للعينة D_1 أعلى عند سرعة محرك 2800[rpm]، بنسبة 10[%]، ونجد أقصى زيادة بنسبة الانبعاثات عند السرعة المتوسطة 1650[rpm]، بنسبة 43[%]، بينما عند السرعات المنخفضة أظهرت انبعاثات HC انخفاض في قيم الانبعاث للعينة D_1 بالمقارنة مع D_0. ويظهر الشكل (6) انبعاث الهيدروكربونات لكل من العينتين D_0, D_1 بواحدة [ppm]، عند السرعات المختلفة [rpm](847, 1650, 2800).

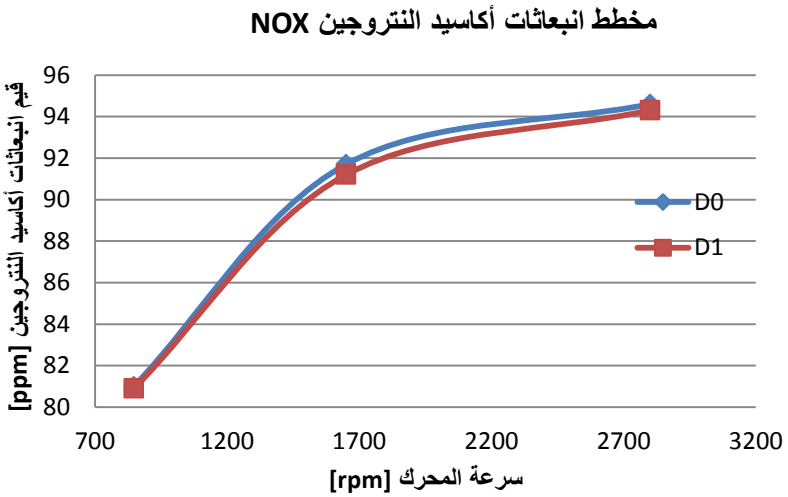
يمكن تفسير هذه النتيجة أنه عند السرعات العالية يكون الوقود أكثر اصطداماً بالأسطح الباردة نسبياً، يمكن أن تؤدي الحرارة الكامنة الأعلى لتبخير الماء إلى إبطاء التبخر وبالتالي إبطاء اختلاط الوقود بالهواء مما يؤدي لخلط سيء يزيد من نسبة الهيدروكربونات غير المحترقة. على الرغم من أن الماء يمكن أن يمد الأكسجين أثناء الاحتراق، إلا أن تأثير الحرارة الكامنة للتبخر كان أكبر أثراً فيما يتعلق بانبعاث الهيدروكربونات. . وتتوافق النتائج مع الدراسة المرجعية رقم [16].



الشكل (6) انبعاث الهيدروكربونات لكل من D_0, D_1 ، بواحدة [ppm]، عند السرعات المختلفة [rpm](847, 1650, 2800).

4_ انبعاثات أكاسيد النتروجين:

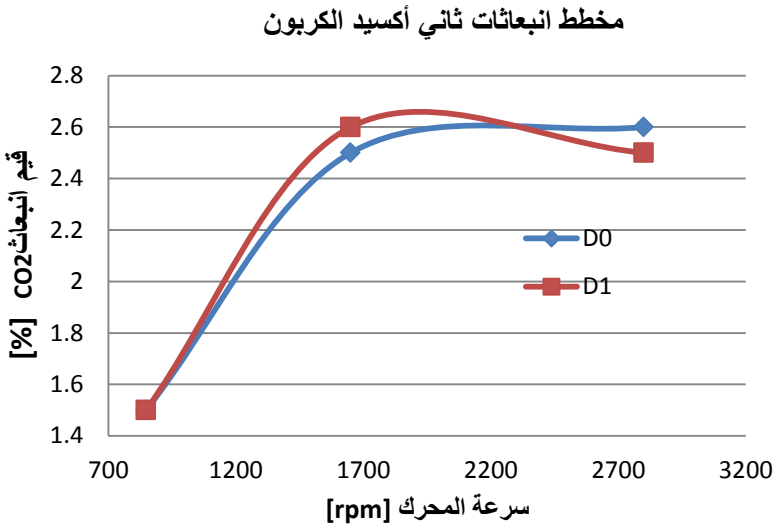
عند السرعات المختلفة [rpm](847, 1650, 2800). نلاحظ تقارب في قيم الانبعاثات بين العينتين. ويظهر في الشكل (7) انبعاث أكاسيد النتروجين NO_X لكل من العينتين D_0, D_1، بواحدة [ppm]، وجود الماء يؤدي إلى تقليل أكاسيد النيتروجين، وهذا يعود لسببين وهما انخفاض درجة حرارة الاحتراق وظاهرة الانفجار الدقيق، لأن الماء لديه نقطة غليان أقل من وقود الديزل، حيث يمتص الماء قسم من الحرارة مما يؤدي إلى خفض درجة الحرارة في غرفة الاحتراق، كذلك بسبب زيادة تركيز جذور الهيدروكسيل (OH) الذي يساهم فيه وجود الماء في المستحلب.



الشكل (7) انبعاث أكاسيد النتروجين NO_X لكل من D_0, D_1، بواحدة [ppm]، عند السرعات المختلفة.

5_ ثاني أكسيد الكربون:

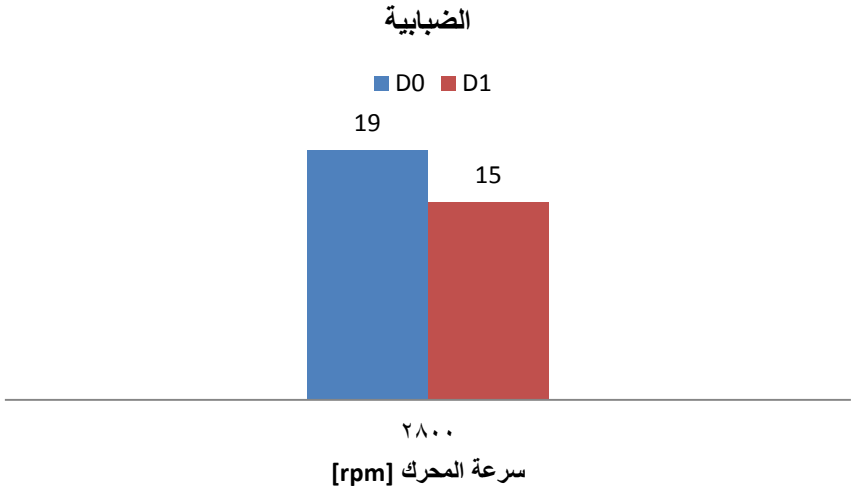
احتراق الوقود الأحفوري هو السبب الرئيسي للزيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تسبب تأثير الاحتباس الحراري. ينتج عن احتراق الوقود ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء فقط. يتم عرض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الشكل (8). تنخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عند السرعة 2800[rpm]، للعينة D_1 بنسبة 4[%] بالمقارنة مع العينة D_0، عادة ما يكون تركيز ثاني أكسيد الكربون على حساب انبعاثات أول أكسيد الكربون نتيجة للاحتراق غير الكامل، فهذا الانخفاض للعينة D_1 يترافق مع الزيادة في انبعاثات أول أكسيد الكربون.



الشكل (8) انبعاث ثاني أكسيد الكربون CO_2 لكل من D_0, D_1 ، بواحدة [ppm]، عند السرعات المختلفة (847, 1650, 2800)[rpm].

6_ الضبابية:

نلاحظ انخفاض في الضبابية للعينة D_1 بالمقارنة بالعينة D_0 بنسبة 21%. ويوضح الشكل (9) مقارنة بين الضبابية الناتجة عن D_0, D_1. عند سرعة 2800[rpm]. يمكن أن يعزى انخفاض الضبابية بسبب رئيسي إلى ظاهرة الانفجار الدقيق التي تعزز بشكل كبير تبخر الوقود ويحسن الاختلاط بالهواء، ونتيجة لذلك تكون الضبابية أقل. بالإضافة لتأثير وجود الماء الذي يساهم بزيادة تركيز جذور الهيدروكسيد OH، حيث يعزز محتوى الأكسجين العالي في الخليط من الاحتراق الكامل بشكل أفضل ويؤدي إلى انخفاض كبير في حدوث الضبابية. وتتوافق النتائج مع الدراسة المرجعية رقم [17].



الشكل (9) الضبابية لكل من D_0, D_1 ، حيث تم قياسها عند السرعة [rpm](2800).

الاستنتاجات:

بعد إجراء التجارب لتقييم أداء وانبعاثات المحرك الناتجة عن استخدام مستحلب الديزل المضاف له جسيمات الزنك النانوية ومقارنته مع الديزل دون إضافة، تم الحصول على النتائج التالية:

١_ لم يؤثر وجود الماء وجسيمات نانو الزنك على لزوجة الوقود بشكل ملحوظ.

٢_ توفير استهلاك الوقود لعينة D_1 بنسبة (14.29%) بالمقارنة بالديزل النقي، عند سرعة محرك 847[rpm].

٣_ زيادة انبعاثات أول أكسيد الكربون حوالي (33.3%) للعينة D_1 عند سرعة محرك 1650[rpm].

٤_ تخفيض انبعاثات أول أكسيد الكربون عند سرعة محرك 847[rpm]، لـ D_1 بنسبة 100%، حيث أعطت قيمة 0[%].

٥_ أقصى زيادة بنسبة انبعاثات الهيدروكربونات للعينة D_1 عند السرعة المتوسطة 1650[rpm]، بنسبة 43[%].

٦_ انخفاض في الضبابية للعينة D_1 بالمقارنة بالعينة D_0 بنسبة (21%).

التوصيات:

_ نوصي بالتوسع في دراسة نسب (جرعات) أعلى من جسيمات الزنك النانوية.

_ نوصي بإجراء دراسة مماثلة على وقود البنزين.

_ نوصي بإجراء جدوى اقتصادية عن استخدام المستحلبات مع المضافات النانوية على محركات الاحتراق الداخلي.

المراجع العلمية:

[1] Li T, et al. **Environmental emissions and energy consumptions assessment of a diesel engine from the life cycle perspective**. J Clean Prod 2013;53:7–12.

[2] Mohd FO, **Green fuel as alternative fuel for diesel engine: a review. Renew Sustain Energy** Rev 2017;80:694–709.

[3] د.م نبيل مسعود غدير، **محركات الاحتراق الداخلي الجزء الأول**، جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، ١٩٩٤-١٩٩٥م.

[4] Agus Sartomo et al. **Recent progress on mixing technology for water-emulsion fuel: A review**. Energy Conversion and Management 2020.

[5] د.م عدنان معروف – د.م عارف علي، **محركات الاحتراق الداخلي الجزء الثاني**، جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، ١٩٩٤م.

[6] Law CK. **A model for the combustion of oil/water emulsion droplets.** Combust Sci Technol 1977;17:29–38.

[7] Deepti Khatri, Rahul Goyal. **Performance, emission and combustion characteristics of water diesel emulsified fuel for diesel engine: A review**. Materials Today: Proceedings (2020).

[8] R. Kumarasubramanian, **Performance and emission characteristics of nano emulsion biodiesel by using pork fat oil**, Materials Today: Proceedings. 2021.

[9] Ahmad Muhsin bin Ithnin et al, **An overview of utilizing water-in-diesel emulsion fuel in diesel engine and its potential,** Malaysia-Japan International Institute of Technology, UniversitiTeknologi Malaysia (UTM), (2014)

[10] M. Norhafana, **The effects of nano-additives on exhaust emissions and toxicity on mankind,** Materials Today: Proceedings,13December2019.

[11] Chen, A.F et al, **Combustion characteristics, engine performances and emissions of a diesel engine using nanoparticle-diesel fuel blends with aluminium oxide, carbon nanotubes and silicon oxide.** Energy Convers. Manage. 2018. 171, 461–477.

[12] Manigandan, S., et al. **Effect of nanoparticles and hydrogen on combustion performance and exhaust emission of corn blended biodiesel in compression ignition engine with advanced timing.** Hydrogen Energy 45 (4), 2020.

[13] M.S. Gad, S. Jayaraj, **A comparative study on the effect of nano-additives on the performance and emissions of a diesel engine run on Jatropha biodiesel,** Fuel 267, (2020), 117168

[14] J. Senthilkumar, **Impact of nano additives in constant speed diesel engine by using biodiesel blends as a fuel,** Materials Today: Proceedings, 2021.

[15] A.K. Hasannuddina **Nano-additives incorporated water in diesel emulsion fuel: Fuel properties, performance and emission characteristics assessment,** Energy Conversion and Management 169 (2018).

[16] Hayder A. Dhahada, **The impact of adding nano-Al2O3 and nano-ZnO to Iraqi diesel fuel in terms of compression ignition engines' performance and emitted pollutants,** Thermal Science and Engineering Progress 18 (2020) 100535.

[17] Harsh Kapadia, **Investigation of emulsion and effect on emission in CI engine by using diesel and bio-diesel fuel: A review,** Egyptian Journal of Petroleum, Volume 28, Issue 4, December 2019, Pages 323-337.