مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد35 العدد(1) –2019: 276-288

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 35 number (1) -2019: 276-288

تقييم الجدوى الاقتصادية لاستخدام الزيت المعدني السوري في محركات ثنائية الوقود (بنزين – غاز سوري طبيعي مضغوط)

محمد ماهر كلاّس*[1] ثائر سلاّم[2] يونس ساعود[3]

*[1]. ماجستير في هندسة الآليات والمحركات – مركز الدراسات والبحوث العلمية. جامعة دمشق MhdKallas@Damascusuniversity.edy.sy

[2]. مدرس، دكتور في قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق. ThaerSallam@Damascusuniversity.edu.sy

[3]. مدير بحوث في مركز الدراسات والبحوث العلمية – دكتور، محاضر في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا. YounesSaoud@Damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

تعتبر الزيوت من أهم العناصر المؤثرة على العمر الفني للمحركات ونظراً لأهميتها فإن تحديد عمرها الاستثماري يحقق الوفر في تكاليف إنتاجها واستثمارها والتخلص من نفاياتها.

إن استخدام الغاز الطبيعي في المحركات من البدائل المهمة المخفضة للإصدارات الملوثة للبيئة، ونظراً لتوفره في سوريا وإمكانية استخدامه في محركات الاحتراق الداخلي فقد تم إجراء هذا البحث العلمي لدراسة أثره على العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري وتقييم الجدوى الاقتصادية والبيئية من ذلك.

يتضمن هذا البحث المنهجية الميدانية والمخبرية المتبعة لتحديد العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق (SAE40/CF) المستخدم في محركات البنزين العاملة على الغاز الطبيعي السوري المضغوط (CNG) بأخذ عينات من الزيت بعد قطع مسافات كيلو مترية متعاقبة لثلاث سيارات تعمل على الغاز المذكور بظروف شاقة وتحليل مواصفاته الأساسية (لزوجة – حموضة – قلوية – نقطة وميض – أكسدة واهتراء) حيث استخلصت المسافة الكيلو مترية للعمر الاستثماري البالغة (18000كم) بزيادة أكثر من ضعفي المسافة المقررة سابقاً عند عمل المحرك على البنزين أو الديزل (7500كم) مما ينعكس إيجابياً على الجدوى الاقتصادية والأثر البيئي وذلك بتخفيض كلاً من التكاليف المادية المصروفة وكميات الزيوت الجديدة (حفظ الطاقة) عند عمليات تبديل زيوت المحركات وكميات المخلفات السائلة الناتجة عن استبدالها لما دون الثلثين.

الكلمات المفتاحية: الغاز الطبيعي المضغوط (CNG) – زيوت محركات الاحتراق الداخلي المعدنية – فترة استخدام الزيت – العمر الاستثماري للزيوت – تحاليل واختبارات الزيوت المعدنية – الجدوى الاقتصادية – الأثر البيئي.

تاريخ الايداع:26 /2017/3
تاريخ القبول: 2017/8/21

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

Evaluation of the Economic benefits of Syrian mineral oil used in Bi-fuel engines (Gasoline - Syrian compressed natural gas)

Received: 26/3/2017

Accepted: 21/8/2017

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Mhd Maher Kallas[*1] Thaer Sallam[2] Younes Saoud[3]

*[1]. Automobiles & Heavy Machines engineering Department-Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University- Syria
MhdKallas@Damascusuniversity.edy.sy

[2]. Higher instiute for applied science and technology- Damascus- Syria.
ThaerSallam@Damascusuniversity.edu.sy

[3]. Research Director at the Center for Scientific Studies and Research - Doctor, Lecturer at the Higher Institute of Applied Sciences and Technology. YounesSaoud@Damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

This research includes laboratory tests and field trials to determine oil drain intervals (ODI) for Syrian mineral oil API SAE 40/ CF used in gasoline engine when operated on Syrian compressed natural gas (CNG).

Several used oil samples have been taken from three Bi-fuel vehicles operating at a petroleum field. Each sample was analyzed to monitor change in the physical and chemical properties of the oils, additive depletion and accumulation of contaminants. Used oil analysis (UOA): Kinematic viscosity, total acid number (TAN), total base number (TBN), flash point, antioxidant and anti-wear additives were performed in tribology laboratory.

UOA results were used to determine IP for gasoline engine operated on CNG. ODI of (18000 km) were obtained in comparison with original intervals (7500 km) recommended when oil used in gasoline engines. ODI is extended more than two times. These results will affect economy and environment positively. It reduces the cost of engine oil drain, quantities of new oils and used oils wastes by nearly two times.

Key words: Compressed natural gas (CNG), mineral engine oil, used oil analysis (UOA), oil drain intervals (ODI), internal combustion engine (ICE), Economic and environmental benefits.

المقدمة:

إن التوجه العالمي الحثيث والمستمر لاستخدام بدائل عن الوقود التقليدي في محطات توليد الطاقة وفي محركات الاحتراق المتنوعة أبرزت الوقود الغازي كأهم مرشح بديلاً عنه، إذ يخفض نسب الغازات المنبعثة الملوثة للبيئة الناتجة عن احتراقه بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الوقود [1]. ولحسن الحظ يتوفر الغاز الطبيعي باحتياطي مقبول في حقول النفط السورية حيث يمكن استخدامه في محركات الاحتراق الداخلي إضافة لاستثماره الحالي في محطات توليد الكهرباء وبعض المعامل الصناعية.

ومن ناحية أخرى تعتبر زيوت المحركات من العناصر المستهلكة للطاقة خلال صناعتها واستخدامها على السواء، ويشكل تحديد العمر الاستثماري لها أهمية بالغة في تخفيض تكاليف استثمارها ونفقات التخلص من نفاياتها، كما أن التطور الكبير في تصميم محركات الاحتراق الداخلي أدى إلى زيادة قسوة ظروف التشغيل التي تتعرض لها تلك المحركات مما استدعى إجراء تطوير مستمر للزيوت مواز لها بهدف تأمين عمل المحركات بشكل فعال ولفترة طويلة من الزمن، لذلك بذلت كلاً من الشركات الصانعة للمحركات وتلك المنتجة للزيوت في السنوات الأخيرة جهوداً مستمرة ومتسارعة بهدف إيجاد آليات ذات حد أدنى من الصيانة وفترة أطول لتبديل الزيوت مما ينعكس حتماً على وفر في استهلاك هذه الزيوت والحد من هدر الطاقة (حفظ الطاقة)، ومن الجدير ذكره أن كمية الزيت المعدني التي يمكن استخلاصها من النفط الخام صغيرة نسبياً مقارنة بالمشتقات النفطية الأخرى وتقدر بنصف غالون لكل برميل من النفط الخام الحاوي على 42 غالون [2] وهذا ما يعطي قيمة مضافة لأهمية هذا البحث.

تبين الدراسة المرجعية لهذا البحث أن أبحاث سابقة قد أجريت على الزيوت المعدنية السورية في مركز الدراسات والبحوث العلمية بالتعاون مع معمل مزج الزيوت بحمص على محركات احتراق داخلي تعمل على البنزين وأخرى على الديزل تبين خلالها صلاحيتها للاستخدام لمسافة مسير كيلو مترية 7500 كم [3].

كما أوضحت دراسة مرجعية سابقة لشركة صناعة الزيوت الأميركية AMSOIL قامت بها على عدة أنواع من زيوت المحركات الصنعية توصي فيها العديد من شركات صناعة السيارات بتمديد مسافة تبديل تلك الزيوت بشكل متفاوت لكل شركة والتي وصلت إلى 20800 كم لدى شركة مرسيدس حيث يمكن مقارنة نتائج بحثنا بها [4].

يهدف هذا البحث إلى الربط بين استخدام الغاز الطبيعي السوري المضغوط في محركات الاحتراق الداخلي وانعكاساته على فترة الاستخدام المثلى (العمر الاستثماري) للزيت المعدني السوري وتقييم الجدوى الاقتصادية والبيئية الناتجة عن ذلك.

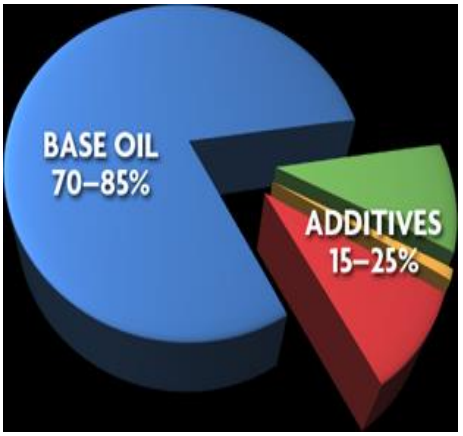
تأتي أهمية هذه البحث من خلال توافقه مع التوجه الحثيث في بلدنا سوريا لاستخدام الغاز الطبيعي المضغوط في محركات الاحتراق الداخلي وبالتالي تعتبر نتائجه هامة ومفيدة عند الاستثمار العملي لهذا الغاز في الآليات ضمن أراضي الجمهورية العربية السورية، كما يحدد هذا البحث في نتائجه العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق (SAE40/CF) في محرك بنزين يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط (محرك ثنائي الوقود) وبالتالي يمكن اعتبارها مرجعية على محركات الاحتراق الداخلي العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط عند استخدام هذا الصنف من الزيت المعدني السوري، كما أن لهذا البحث أهمية اقتصادية عند تحديد العمر الاستثماري للزيت المذكور وماله من انعكاسات مادية هامة في تقليص النفقات المصروفة في عمليات تبديل زيوت المحركات، وأخيراً الأهمية البيئية الناتجة عن تمديد فترة استخدام زيوت المحركات باستخدام الغاز الطبيعي المضغوط وبالتالي تخفيض كميات المخلفات السائلة من الزيوت المستهلكة.

2- مواد البحث

2-1- الغاز السوري الطبيعي المضغوط Compressed natural gas (CNG):

يتم تعبئة الغاز الطبيعي المضغوط CNG في السيارات بأسطوانات يزيد ضغطها عن 200 بار ويبقى فيها بحالته الغازية ويشكل الميتان CH_4 النسبة العظمى من خليط الغازات المكونة له، ويمكن استخدامه كوقود في محركات الاحتراق الداخلي بكفاءة ومزايا بيئية واقتصادية إيجابية مما يرجحه كوقود بديل في المرتبة الأولى على الرغم من بعض سلبياته والتي أهمها صعوبة تخزينه ونقله بحالته الغازية وانخفاض استطاعة وعزم المحرك بحدود 12% وبطئ سرعة انتشار اللهب.

يستخدم الغاز الطبيعي كوقود في قطاع النقل منذ ثلاثينيات القرن الماضي وتنتشر المركبات التي تعمل على الغاز الطبيعي (NGVS) في حوالي 65 دولة حول العالم بأعداد كبيرة قدرت بحدود 17.25 مليون مركبة في نهاية عام 2012 وبأشكال مختلفة من السيارات [5].



الشكل (1) رسم توضيحي لنسبة الإضافات المحسنة إلى زيوت الأساس

يبلغ الاحتياطي السوري من الغاز الطبيعي 700 مليار متر مكعب لعام 2009، وتحتل عربياً المرتبة الرابعة عشر [6]، يتواجد بشكله كغاز طبيعي حر في منطقتين أساسيتين هما حقول النفط في الجبسة (الحسكة) وحقول المنطقة الوسطى في حمص وبشكله كغاز مرافق للنفط في حقول عمر (قرب دير الزور) وحقول الرميلان والسويدية. يتكون الغاز الطبيعي السوري بتركيبه من الميتان بنسبة مولية تصل إلى 90% والباقي غازات متنوعة بنسب متناقصة تبدأ من الإيتان فالبروبان ثم البوتان والهبتان والهكسان فالآزوت وثاني أوكسيد الكربون [7]، ومن الملاحظ أن الغاز الطبيعي السوري لا يحتوي على عنصر الكبريت في تركيبه والذي له آثار سلبية على الأجزاء المعدنية للمحرك وهذه إحدى الإيجابيات التي تطيل العمر الفني للمحركات عند استخدام الغاز الطبيعي. يتوفر في سوريا كتجربة وطنية أولى محطة وحيدة لتزويد السيارات بوقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG في حقول نفط الجبسة قرب محافظة الحسكة، يتم خلالها تغذية سياراتها البالغة 45 سيارة والتي تم تحويلها بمنظومة خاصة للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG إضافة لعملها على وقود البنزين لتصبح سيارات تعمل على وقود ثنائي Bi-fuel، وقد أجريت التجارب الميدانية لهذا البحث على عدد من هذه السيارات هناك، كما سبق أن أجريت أبحاث علمية على أداء محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز السوري وخلصت إلى كفاءته وأفضلية الغاز الطبيعي المنتج من حقول الجبسة الذي يضمن استقرار أداء المحرك [7].

2-2- الزيت المعدني السوري 40 شاق (SAE40/CF):

تعتبر الزيوت المعدنية (Mineral Oils) من أهم الزيوت المستخدمة في التزليق، وهي عبارة عن فحوم هيدروجينية ذات أصل نفطي، لزجة، عالية الغليان، ناعمة الملمس، تمت تنقيتها من المكونات الشائبة، وتضاف إليها إضافات كيميائية تساعد على تحسين أدائها أثناء الاستثمار والتخزين. إن تطور صناعة المحركات الحديثة تفرض شروطاً متزايدة لجودة وأداء الزيوت نظراً لقسوة ظروف عملها واستثمارها، ولا يمكن لزيوت الأساس مهما بلغت جودتها أن تلبي تلك المتطلبات دون إضافة مواد وعناصر كيميائية قادرة على تحسين الخواص والمواصفات النهائية للزيوت.

لذلك ترتبط شركات صناعة الزيوت بعلاقة وثيقة ومتطورة مع شركات صناعة الإضافات الكيميائية لإنتاج أنواع وفئات

جديدة من الزيوت تلبي قسوة الظروف التشغيلية لها إذ لا تتمتع الزيوت الأساس المعدنية دونها بالثبات الكافي لجزيئاتها، حيث تخضع الهيدروكربونات الداخلة في تركيبها تحت تأثير أكسجين الهواء والضغط والحرارة لعمليات تحول كيميائية عميقة تتكون خلالها الأحماض والألدهيدات والمواد الإسفلتية والراتنجية التي تشكل ترسبات على أجزاء المحرك مما يظهر هنا ضرورة وأهمية الإضافات الكيميائية المحسنة والتي تُضاف بنسب معينة مثالية إلى الزيوت الأساس (15÷25%) لتُحسّن خواصها التشغيلية أو تمنحها خواص جديدة لم تكن موجودة فيها [8] كما هو مبين بالشكل (1).

لقد تم في دراستنا اعتماد زيت المحرك المعدني السوري 40 شاق (SAE40/CF) المناسب والمنصوح به عند عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط CNG وبالظروف الشاقة والقاسية المتعلقة بطبيعة عمل آليات البحث [9]، وقد بينت أبحاث سابقة كما ذكرنا آنفاً أن هذه الزيت صالح للاستخدام لمسافة مسير كيلو مترية مقدارها 7500 كم لمحركات الديزل والبنزين وهي مطابقة لمواصفات جمعية مهندسي السيارات SAE ومعهد البترول الأميركي API مع التنويه أن ثمة عوامل أمان أخذت عند إقرارها لتغطية ظروف ومجال خدمة وقيادة السيارة(عادية، قاسية وشاقة، قاسية وشاقة جداً).

3- منهجية (طرائق) البحث:

تم في هذا البحث اعتماد الطريقة التجريبية العملية الميدانية والمخبرية من خلال مسير مسافات كيلو مترية محددة لآليات التجارب الميدانية العاملة على الغاز المضغوط والمتواجدة في حقول نفط الجبسة في الحسكة وأخذ عينات الزيت من محركاتها وإجراء التحاليل المخبرية اللازمة في مخبر الزيوت لدى مركز الدراسات والبحوث العلمية للوصول إلى تحديد العمر الاستثماري للزيت السوري المعدني 40 شاق (SAE40/CF) المستخدم في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط (CNG) ومقارنته بالقيمة المقررة سابقاً (7500 كم) عند عمله على البنزين أو الديزل واستنتاج الجدوى الاقتصادية والبيئية من ذلك، وقد استغرقت تلك التجارب سنة ونيف ما بين عامي 2011-2012.

3-1- اختبارات زيوت المحركات Engine oil tests:

يتضمن الحصول على مواصفات زيوت المحركات إجراء اختبارات فيزيائية وكيميائية وتجارب على المحركات مخبرية وميدانية، وقد أجريت محاولات عديدة من أجل نمذجة بيئية لتشغيل المحرك أو اختراع اختبارات بديلة بسيطة قادرة على التنبؤ بأداء زيوت المحركات، إلا أنه لم يتم التوافق على أي من هذه المحاولات لتكون بديلة عن التجريب الفعلي للمحرك، ولابد هنا من سرد أهم تلك الاختبارات [10] وهي:

3-1-1- اللزوجة الحركية Kinematic viscosity:

تعبر اللزوجة عن مقاومة السائل للجريان خلال زمن وحرارة معينة حيث تؤخذ للزيت عند الدرجتين 40°C و100°C.

تحدد اللزوجة الحركية للزيوت بقياس الزمن الذي يستغرقه انسياب حجم محدد من السائل تحت تأثير الجاذبية خلال أنبوب شعري معاير موجود في مقياس اللزوجة، تقارن قيمة لزوجة الزيت المستعمل بالزيت الجديد (القيمة الصفرية) لتحديد ثخانته أم ترققه.

3-1-2- رقم القلوية الكلية
Total base number (TBN):

هو تعبير عن كمية المكونات القلوية في الزيت والتي بمقدرتها معادلة النواتج الحمضية المتشكلة عن الاحتراق، إذ يبدأ الزيت الجديد برقم قلوية كلي عالي ثم ينخفض خلال الخدمة. إن رقم القلوية الكلية عنصر جوهري وأساسي في توطيد فترة استخدام الزيت ومؤشر إلى قابلية وقدرة الإضافات على تزويد المحرك بالحماية الكافية، كما يدل على مدى التغيرات النسبية التي تحدث في الزيت خلال الاستعمال بغض النظر عن لون الزيت وخواصه الأخرى.

3-1- 3- رقم الحموضة الكلية
Total acid number (TAN):

هو كمية الحمض أو المكونات الحمضية في الزيت والتي

تدل على مدى التغيرات النسبية التي تحدث في الزيت خلال الاستعمال بغض النظر عن لون الزيت وخواصه الأخرى. يقارن دوماً بالزيت الجديد، وليس بالضرورة أن يكون رقم الحموضة الكلية صفراً في الزيت الجديد إذ تكون بعض الإضافات حامضية طبيعياً. يؤشر زيادة رقم الحموضة الكلية إلى تلوث الزيت وتأكسده وعدم قابليته للخدمة.

3-1-4- نقطة الوميض Flash point

وهي درجة الحرارة التي يبدأ عندها الزيت بالاشتعال عند تعرضه للهب أو الشرارة. تعتبر نقطة الوميض إحدى الخصائص المهمة للزيوت لئلا يشتعل الزيت في المحرك أثناء الاستثمار تحت الظروف القاسية في عمله من درجة حرارة وضغط عالي.

3-1-5- مضادات الأكسدة والاهتراء

Antioxidant and anti-wear:

تتحد عناصر الزيت مع الأكسجين تحت شروط معينة وتشكل نواتج ضارة، تتسارع عملية الأكسدة بالحرارة والضغط (تحفيز التفاعل) وينتج عن الأكسدة ترسبات الطين والدبق (اللكر،الورنيش)، مما يتلف الأجزاء المعدنية للمحرك ويغلظ الزيت ويقلل من قدرته على التزييت. تحتوي زيوت المحركات على موانع ومثبطات للأكسدة والاهتراء ويعتبر مركب توتياء ثنائي ألكيل ثنائي ثيو فوسفات (ZDDP) من أهم الإضافات المانعة للأكسدة والاهتراء والضغط العالي حيث يتفكك هذا المركب ويكون لنواتج تفككه خواص أفضل في تخفيض الاحتكاك والاهتراء والأكسدة [11 - 12].

تقاس تغيرات نسب الأكسدة والاهتراء في الزيت المستعمل بطريقة التحاليل بالأشعة تحت الحمراء Infrared ويعتبر الزيت الجديد مرجع لمقارنة التغيرات النسبية له.

3-2- الأدوات والتجهيزات المستخدمة:

يبين الجدول (1) أدناه الأجهزة المستخدمة في هذا البحث لإجراء اختبارات الزيت وأنواعها والطريقة القياسية المتبعة لكل اختبار والتي أنجزت في مخبر الزيوت لدى مركز الدراسات والبحوث العلمية.

الجدول (1) أجهزة اختبارات البحث

اسم الجهاز	نوعه	الشركة الصانعة	الاختبار	الطريقة المتبعة
مقياس اللزوجة Viscometer	يدوي Manual/Ostwald	Cannon/Fenske	اللزوجة الحركية عند درجتي الحرارة 40 و100 م°	ASTM D445
مقياس رقم الحموضة والقلوية الكلية Potentiometer	أتوماتيكي Automatic	Metrohm	رقم القلوية الكلية (TBN)	ASTMD2896
			رقم الحموضة الكلية (TAN)	ASTM D664
جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء infrared spectrometer	Galaxy series 5000	Unicam	إضافات الأكسدة والاهتراء Anti-wear and anti-oxidant additive percentage (ZDDP)	حسب النشرة الفنية للشركة الصانعة للجهاز
مقياس نقطة الوميض flash point test meter	يدوي ذو الكأس المفتوح Manual/Cleveland Open Cup	SUR-Berlin	نقطة الوميض	ASTM D 92

3-3- التجارب العملية Experimental :

يقتضي إيجاد فترة التبديل الأنسب – العمر الاستثماري –

للزيوت المنتجة محلياً ضرورة تقويم أدائها في أثناء استخدامها في الآليات ضمن الشروط الاستثمارية والمناخية السائدة التي تعمل فيها.

تعرف فترة التبديل الأنسب وهي أطول مسافة كيلو مترية تقطعها الآلية بعد وضع زيت جديد فيها دون أن تتغير إحدى مواصفاته الأساسية بشكل ملحوظ للحصول على أكبر مردود اقتصادي للزيت [13].

يتطلب ذلك اختبار الزيت بشكل دوري ولمسافات متواترة للوصول إلى المسافة الكيلو مترية التي يصبح فيها الزيت تقريباً غير قابل للاستعمال أي انهيار أو اقتراب قيم أحد نتائج الاختبارات من الحدود الاحترازية الأكثر أماناً والمتبناة معياراً لصلاحية الزيت [14] كما هي موضحة في الجدول (2) مع الحفاظ على مستوى الزيت في حوض المحرك بشكل ثابت تقريباً.

الجدول (2) القيم الاحترازية المتبناة معياراً لصلاحية الزيت

مسلسل	المواصفات	الحدود الاحترازية المتبناة عالمياً
1	اللزوجة الحركية عند الدرجتين 40°C و100°C	±35%
2	رقم القلوية الكلية	انخفاض < 2
3	رقم الحموضة الكلية	ارتفاع > 7
4	مضادات الاهتراء والأكسدة (ZDDP)	انخفاض حتى اختفاء القمة

3-3-1- خطة التجارب الميدانية لآليات البحث:

• اختيار وتجهيز آليات البحث العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط (CNG) بحالة فنية جيدة لمحركاتها والمبينة في الجدول (3).

الجدول (3) آليات التجارب الميدانية

طراز ونوع الآلية	عدد الأسطوانات	عداد البدء (كم)
صالون نيسان	6	53200
صالون تويوتا لاند كروزر	6	9512
صالون ايسوزو	4	544570

• اعتماد زيت المحركات السوري المعدني 40 شاق (SAE40/CF) وهو من الزيوت المنصوح بها عند عمل المحركات على الغاز الطبيعي المضغوط (CNG) والمناسب أيضاً للظروف الشاقة والقاسية لآليات التجربة الميدانية ثم إجراء التحاليل المخبرية للزيت الجديد (العينة الصفرية).

• اقتطاف (سحب) عينات زيت من آليات التجربة الميدانية بعد مسيرها مسافات متواترة بواسطة مضخة سحب يدوية معدنية ويتم سحب هذه العينات بعد توقف المحرك عن العمل مباشرة عبر إدخال خرطوم مرن في موضع سيخ (عصا) قياس مستوى الزيت في المحرك لكل آلية. حيث بلغ مسير كل آلية مسافة /18000/كم خلال سنة ونيف من فترة إجراء التجارب.

• وضع كل عينة من العينات المأخوذة بعبوات بلاستيكية معقمة كيمائياً وإجراء ستة تحاليل مخبرية لكل عينة زيت (لزوجة حركية عند الدرجة 100°C وعند الدرجة 40°C، رقم حموضة كلي ورقم قلوية كلي، ودرجة وميض، ومضادات أكسدة واهتراء).

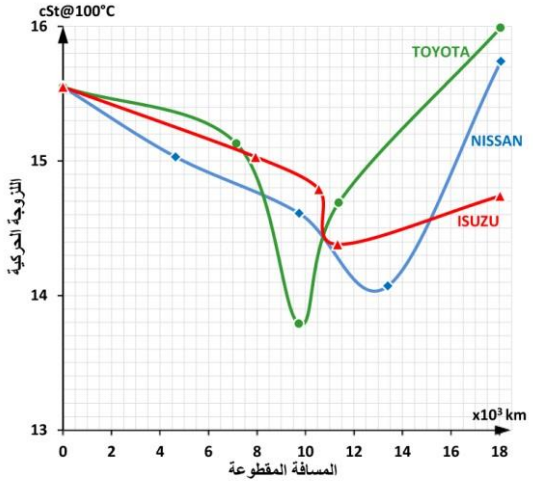
5- النتائج والمناقشة Results and discussion:

بعد إجراء الاختبارات والتحاليل المخبرية على جميع عينات

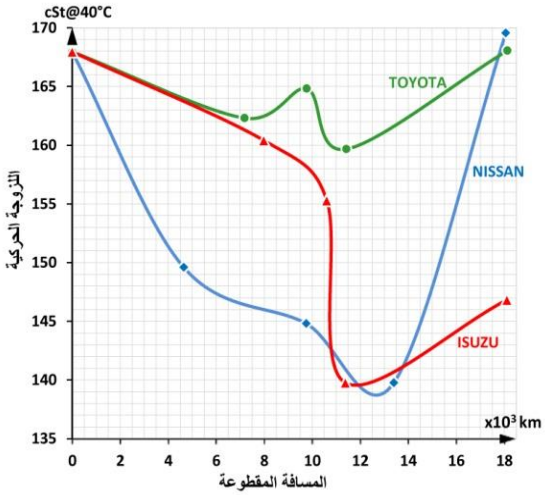
الزيت السوري المعدني 40 شاق المأخوذة من آليات التجارب الميدانية العاملة على الغاز الطبيعي المضـــغوط CNG تم رسم المخططات البيانية من قيم نتائج التحاليل المخبرية لكل من اللزوجة ورقم الحموضــة الكلية ورقم القلوية الكلية ونقطة الوميض ومطيافية الأشـــعة تحت الحمراء بدلالة المســـافة الكيلو مترية المقطوعة ومقارنتها بالحدود الاحترازية العالمية المتبناة في هذا البحث ومناقشـــة تلك النتائج وفق المنحنيات الآتية:

5-1- المنحنيات البيانية للزوجة الحركية:

تذبذبت اللزوجة باتجاه الزيادة لجميع آليات التجربة الميدانية وبقيت ضمن الحدود الاحترازية المقبولة كما هو موضح في الشكلين (2 و3).



الشكل (2) منحنيات تغيرات اللزوجة الحركية عند درجة الحرارة 100 م° بدلالة المسافة المقطوعة



الشكل (3) منحنيات تغيرات اللزوجة الحركية عند درجة الحرارة 40 م° بدلالة المسافة المقطوعة

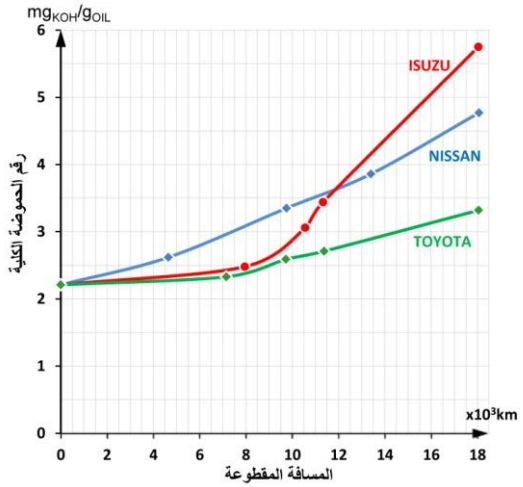
ويعود ســـبب هذا التذبذب باتجاه الزيادة إلى أن اللزوجة انعكاس لتأثيرات وعوامل عديدة ومختلفة منها حرارة المحرك بظروف وشروط متغيرة وزيادة الأحماض المتشكلة في الزيت والتي يرافقها انخفاض الإضافات القلوية واستنزاف الإضافات المانعة للأكسدة مما يتيح أكسدة وبلمرة وتفكك الزيت وتشكل الطين والدبق والتي بمجملها تغلّظ الزيت وتزيد لزوجته، ومن جهة أخرى يرافق ذلك اســتنزاف للإضــافات المانعة للاهتراء والتي ســـتزيد من إجهادات القص المطبقة على الزيت مما يخفض اللزوجة وبالتالي تتذبذب اللزوجة ولكن باتجاه الزيادة كمحصلة لذلك.

5 -2- المنحنيات البيانية لرقم الحموضة الكلية:

يلاحظ من الشكل (4) زيادة في رقم الحموضة الكلية TAN لجميع نتائج التحاليل حيث تبدأ من قيمة منخفضـــة نســـبياً للزيت الجديد (العينة الصفرية) المقدرة بـ ($2.21\ mg_{koh}/g_{oil}$) لترتفع بشـكل تدريجي بدلالة المسـافة الكيلو مترية المقطوعة لكل آلية لتصـــل إلى أعلى قيمة لها ($5.83\ mg_{koh}/g_{oil}$) ولتبقى هذه القيم بمجملها أقل من القيمة الاحترازية لرقم الحموضة الكلية.

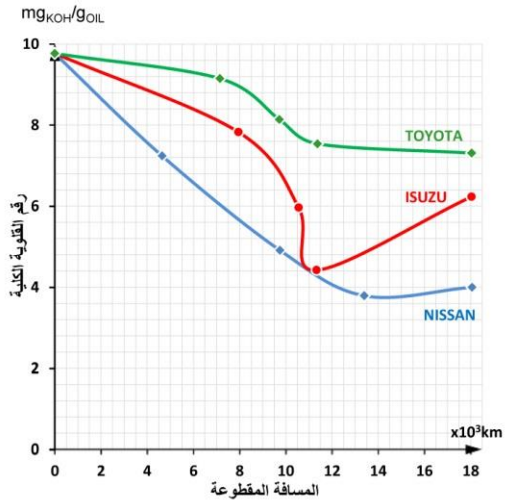
وتفســر هذه الزيادة بســبب ارتفاع الأحماض المتشــكلة في الزيت نتيجة حرارة تشـــغيل المحرك وتلوث الزيت من خلال

تهوية حوض علبة المرافق وتسـرب قليل من غازات حجرة الاحتراق والكبريت الموجود فيه ولو بنسبة ضئيلة جداً وهذا سـيؤدي إلى أكسـدة الزيت وزيادة لزوجته (غلظته) وزيادة الاهتراء وتآكل الأجزاء المعدنية.



الشكل (4) منحنيات رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة

5 -3- المنحنيات البيانية لرقم القلوية الكلية

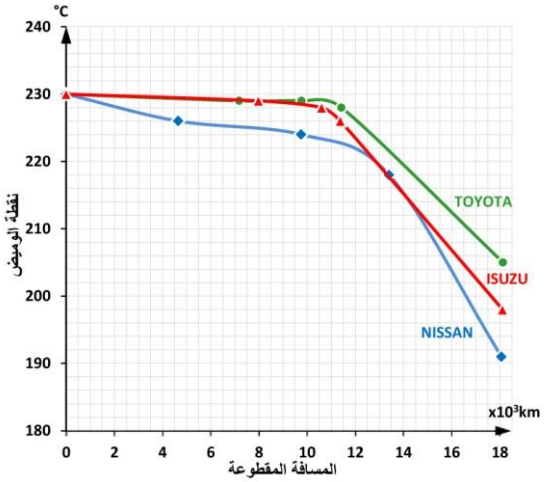


الشكل (5) منحنيات رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة

يبين الشـكل (5) انخفاض رقم القلوية الكلية بدلالة المسـافة الكيلو مترية المقطوعة لجميع نتائج تحاليل آليات التجربة والتي بدأت بقيمة عالية للزيت الجديد ($9.66mg_{koh}/g_{oil}$)، إذ تعبر هذه القيمة العالية عن كمية الإضافات القلوية الموجودة في الزيت وقدرتها على معادلة النواتج الحمضـية المتشـكلة فيه، وهذه النواتج سـتخفض الإضـافات القلوية وتسـتنزفها لتصـل إلى أدنى قيمة لها والبالغة ($4mg_{koh}/g_{oil}$) إلا أنها تبقى أكبر من القيمة الاحترازية المسموح بها عالمياً. إن هذا الانخفاض التدريجي المقبول في رقم القلوية الكلية له التفسير نفسـه لرقم الحموضـة الكلية لأن زيادة الأخير يرافقه بشـكل حتمي وطبيعي انخفاض في رقم القلوية الكلية وهكذا دواليك، وبالتالي فإن زيادة النواتج الحمضـية المتشـكلة سـتؤدي لاسـتنزاف الإضـافات القلوية وسـتزيد من الاهتراء وارتفاع اللزوجة مما يشير إلى ارتباط نتائج رقم الحموضة الكلية برقم القلوية الكلية وكذلك اللزوجة بعضها ببعض.

5 -4- المنحنيات البيانية لنقطة الوميض:

انخفضـت نقطة (درجة) الوميض كما في الشكل (6) بشكل تدريجي طفيف وضـمن الحدود المقبولة مما يدل على عدم تسـرب للوقود إلى دارة تزييت المحرك، حيث أن انخفاض نقطة الوميض بنسبة أكبر من 30% دليلاً على ذلك ومؤشراً على الحالة الفنية للمحرك.



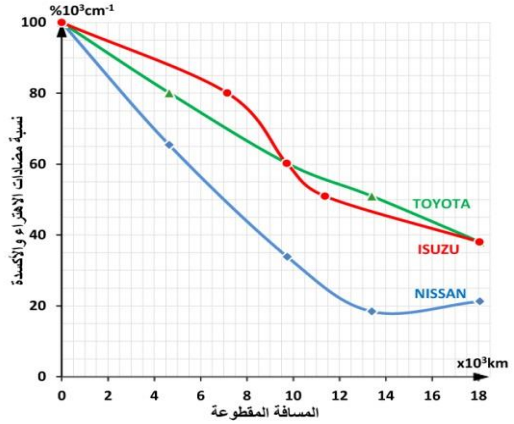
الشكل (6) منحنيات رقم نقطة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة

5 -5- المنحنيات البيانية لنسـبة مضـادات الاهتراء والأكسدة:

تشـير نتائج مطيافية الأشـعة تحت الحمراء بدلالة المسـافة

الكيلو مترية والمبينة في الشكل (7) إلى استنزاف إضافات الأكسدة والاهتراء (ZDDP) المهمة جداً في الزيت بشكل مقبول وطبيعي لجميع آليات التجربة الميدانية وهو مسموح به كما في الحدود الاحترازية المتبناة عالمياً حتى اختفاء القمة في نتائج التحاليل، وإن العينة الصفرية للزيت الجديد هو المرجع الأساسي لقياس ومقارنة ما يحدث للزيت من أكسدة.

يفسر انخفاض واستنزاف الإضافات المانعة للأكسدة والاهتراء أن هنالك أكسدة للمركبات المكونة للزيت بفعل



الشكل (7) منحنيات نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة

الحرارة والضغط اللذان يحفزان وينشطان تلك الأكسدة مما يزيد من اللزوجة وتشكل الدبق والطين والراتنجات على أجزاء المحرك والترسبات على أساور المكبس ومضاجع محامل الأعمدة والمحاور وهذا سيؤدي للاهتراء.

وبالمجمل تبين نتائج التحاليل المخبرية والمنحنيات البيانية لجميع آليات التجربة الميدانية أن جميع القيم ضمن المقبولة والمسموح بها لصلاحية الزيت مقارنة بالقيم الاحترازية المتبناة في الجدول (2).

6- خلاصة البحث (الاستنتاجات) Conclusion:

نستخلص نتيجة البحث أن هنالك جدوى اقتصادية وبيئية عظيمة وبالغة الأهمية من استخدام الزيت المعدني السوري 40 شاق (SAE40/CF) في محركات البنزين التي تعمل على الغاز السوري الطبيعي المضغوط (ثنائية الوقود)، حيث تتجسد تلك الجدوى بالاستنتاجات الآتية:

1) عند مقارنة مسافة المسير لآليات التجربة الميدانية ضمن هذا البحث والتي كان مجال عملها ضمن ظروف التشغيل القاسية والشاقة. وبالتالي يمكن استنتاج وتحديد العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق في محرك بنزين يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG بمسافة مسير 18000 كم (ثمانية عشر ألف كيلومتر) للسيارات ذات العمل الشاق أو سنة للسيارات العادية، وبالمقارنة مع المسافة الأساسية المقررة 7500 كم للزيت نفسه عند عمل المحرك على البنزين نرى زيادة في العمر الاستثماري للزيت أكثر من ضعفين.

2) إن هذه الزيادة في مسافة تبديل الزيت عند عمل محرك البنزين على الغاز الطبيعي المضغوط CNG والتي بلغت أكثر من ضعفين تعكس مردوداً اقتصادياً بالغ الأهمية يتجسد في توفير النفقات المادية المصروفة على تبديل زيوت المحركات، إذ سوف تنخفض تلك التكاليف لما دون ثلثي القيمة عند عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط مقارنة بتلك المصروفة عند عمله على البنزين. كما ستنخفض بالمقدار نفسه كميات الزيوت الجديدة المستهلكة في عمليات تبديل زيوت المحركات مما ينعكس إيجابياً على تخفيض استهلاك النفط الخام (حفظ الطاقة).

3) تعكس هذه الزيادة في العمر الاستثماري للزيت أثراً بيئياً إيجابياً هاماً، إذ أنها سوف تخفّض كميات المخلفات السائلة المستهلكة الناتجة عن عمليات تبديل زيوت المحركات عند استخدامها في المحركات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط (CNG) لما دون ثلثي الكمية الناتجة عند استخدامها في محركات البنزين.

4) تبين هذه الدراسة المقاربة الواضحة لفترة استخدام الزيت المعدني السوري عند استخدامه في المحركات التي تعمل على الغاز السوري الطبيعي المضغوط المستنتجة في دراستنا والبالغة (18000 كم) بما يماثلها من فترة استخدام الزيوت الصنعية عند عملها في محركات البنزين أو الديزل والتي

توصلت إليه دراسة مرجعية سابقة لشركة صناعة الزيوت الأميركية AMSOIL والتي وصلت إلى (20800 كم) لدى شركة مرسيدس المشار إليها في مقدمة هذا البحث.

7- مسرد المصطلحات:

API: American petroleum institute.
ASTM: American society for testing and materials.
Bi-fuel: Bivalent fuel.
CNG: Compressed natural gas.
ICE: Internal combustion engine.
IP: Investment period.
NG: Natural gas.
NGVS: Natural gas vehicles.
ODI: Oil drain intervals.
SAE: Society of Automotive engineers.
TAN: Total acid number.
TBN: Total base number.
UOA: Used oil analysis.
ZDDP: Zinc Dialkyl Dithiophosphate.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

8- References:

[1] 15 August2013.http://gabmas.am/en/index.php?action=natural-gas .

[2]15August2013.http://www.globalindustrialsolutions.net/base-oil-definition.php.

[3] ميرو، مصطفى. بلاغ رئاسة مجلس الوزراء في الجمهورية العربية السورية. رقم 33/ب/15-7019، تاريخ 15/9/2002.

[4] 15 August 2013. http://www.enhancedsyntheticoil.com/Oil-Drain-Interval-Recommendations.htm

[5] 15 August 2013. http://.woodward.com/vcsoh4.aspx

[6] الفقي، عباس. تطور تجارة الغاز الطبيعي المسال والانعكاسات على صناعة الغاز في الدول الأعضاء. مؤتمر منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، أيلول 2012.

[7] جرعتلي، فرحان. دراسة كفاءة محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز السوري. جامعة حلب، كلية الهندسة الميكانيكية، رسالة ماجستير، 1998، 150-153.

[8] 15 August 2013. http://www.machinerylubrication.com/Read/29113/base-oil-groups.

[9] 15 August 2013. http://machinerylubrication.com/Read/663/natural-gas-engine-lubrication.

[10] Denis, J; Briant, J; Hipeaux, C. Lubricant properties analysis and testing. Editions Technip, Paris, France, 2000.

[11] ساعود، يونس. الخواص المضادة للاهتراء والأكسدة في زيوت محركات الاحتراق وتأثيرها على زيادة فترة تمديد استخدام الزيوت. ورقة علمية، المؤتمر السوري الثامن بالهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث وجامعة قناة السويس، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، حمص، سوريا، 13-15 تشرين الأول 2009، الجزء الأول 539 - 562.

[12] ساعود، يونس. محاضرة الصيانة الوقائية للمحركات والآلات من خلال تحاليل زيوت التزييت. المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، دمشق، سوريا، 23 و24 تشرين الثاني 1999.

[13] حميد، أحمد؛ محمد علي، صلاح الدين؛ قسومة، محمد فايز؛ الخن، جورج. مساهمة في ترشيد استهلاك بعض زيوت المحركات في القطر العربي السوري. مجلة جامعة دمشق في العلوم الأساسية والتطبيقية، سوريا، المجلد 4 العدد 16، الجزء الثاني 1988، 25– 50.

[14] Donald, J; Shirley, E. Automotive Engine oil Monitoring, Lube. Eng. Vol.50, No.9, 1994, 71.