تقييم عملية تدوير الزيوت المستعملة في المحركات: دراسة حالة - زيت الثريا

عبدالمجيد البشير عبدالله[1]، سالم عبدالله صاكال[1]، خالد أحمد الفرد [2] (*)

1 قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة، صبراتة، ليبيا

2 قسم الهندسة الكيميائية، كلية هندسة النفط والغاز، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا

ملخـــــص البحـــــث

الزيت المستعمل في محركات السيارات يحتوي على مواد خطيرة ملوثة للبيئة؛ لذا يجب عدم رَمْيِه أو التخلص منه عشوائيًا، وحيث أن هذا الزيت قد تغيرت مواصفاته فلا يمكن إعادة استعماله مرة أخرى إلا بعد إعادة تدويره، ويهدف هذا البحث لدراسة مدى إمكانية إعادة استخدام زيت الثريا المستعمل، وذلك بعد تجهيزه بطريقة معملية بسيطة، ثم قياس مدى تغير خواصه

(*) Email: k.alfared@zu.edu.ly

الفيزيائية، لمعرفة مدى التحسن في مواصفاته ليكون صالحاً للاستخدام مرة أخرى. وتتم عملية إعادة تدوير الزيت المستعمل في ثلاث خطوات؛ هي الترشيح باستخدام قمع بُخنَر، ثم استخلاص الزيت باستخدام خليط من (التولوين والميثانول) كمذيب عضوي، وتتبعهما عملية امتزاج –باستخدام أكسيد الألومنيوم–، ويطلق على هذا الزيت بالزيت المسترجع. وأوضحت النتائج أنه قد ارتفعت لزوجة الزيت المستخدم بعد عملية المعالجة حيث زادت من **cst** 12.6 إلى **cst** 16.3 عند درجة حرارة 100 °C . في حين زادت اللزوجة من **cst** 145.5 إلى **cst** 152.6 عند درجة حرارة 40 °C ، حيث صارت قيم اللزوجة أكبر من القيم المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE) وقريبة جداً من لزوجة زيت الثريا الجديد، وهذا مؤشر جيد يدل على إمكانية استخدام الزيت المدور مرة أخرى في محرك السيارات. أما عن الكثافة النوعية فالزيت المستعمل تزداد قيمة الكثافة النوعية فيه عن الزيت الجديد بمقدار 0.021 وذلك بسبب الشوائب التي فيه، أما بعد المعالجة يوجد تحسن جيد في خاصية الكثافة النوعية، حيث انخفضت الكثافة النوعية إلى 0.892 لتكون بين القيمة المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE) وقيمة الكثافة النوعية لزيت الثريا الجديد، وقد ارتفعت قيمة نقطة الوميض (Flash Point) للزيت المسترجع من 216 °C إلى 255 °C ، وهي تقارب نقطة الوميض الخاصة لزيت الثريا الجديد. وبهذا أكدت النتائج أن عملية إعادة تدوير الزيت المستعمل باستخدام خليط المذيبات أدت إلى استرجاع أو تعافي هذه الخواص إلى قيم قريبة جداً من القيم المعروفة للزيت البكر والقيم المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات، مما يدل على إمكانية استخدام الزيت المعاد تدويره مرة أخرى ليؤدي مهام التشحيم بصورة طبيعية كالزيت البكر تماماً.

الكلمات الدالة: الزيوت المستعملة– إعادة تدوير – نقطة الوميض– لزوجة الزيت – زيت الثريا.

1. المقدمـة:

من المعروف أن الزيوت المستخدمة في تزييت أجزاء المحركات، سواء كانت المحركات المستخدمة في آليات النقل أو المستخدمة في تشغيل العمليات الصناعية، عند استخدامها لفترة طويلة تصبح غير صالحة للقيام بوظائفها من تبريد المحرك ومنع الاحتكاك حيث يصبح أسود اللون ويحتوي على مواد ضارة بالمحرك [1]، لذا يجب التخلص من الزيت المستعمل وإضافة زيت جديد فالزيوت لا تستنفد كلياً أثناء الاستعمال كما هو الحال بالنسبة للوقود، وإنما يتم استرجاع هذه الزيوت جزئياً، وقد يعاد استعمالها بعد عمليات معالجة معقدة تهدف إلى استخراج المواد ذات القيمة وفصلها عن المواد غير المفيدة [2]. فالزيت المستعمل في الواقع هو عبارة على مادة سائلة تحتوي في معظم الأحيان على مواد ضارة ومعادن ثقيلة وإضافات من مواد كيميائية تجعل الزيت المستعمل يندرج في معظم التشريعات البيئية تحت قائمة المخلفات الخطرة. ولهذا يعد التخلص من زيوت المحركات المستعملة أمر غاية في الضرر على البيئة، حيث يتم التخلص منها عن طريق حرقها وتلويث الهواء، حيث يؤثر هذا سلباً على صحة كل الكائنات الحية، أو يتم رميها في شبكات الصرف الصحي فتحدث تلوث كبير في المياه حيث أن طن واحد من الزيت المستعمل كافٍ لتلويت ما يزيد عن مليون طن من المياه وحتى دفنها في الأرض يؤدي إلى تلوث كبير للتربة. ونتيجة للإضافات المستخدمة في تحسين خواصها عند تصنيعها، بالإضافة إلى المركبات المعدنية المعقدة الناتجة من أجزاء المحركات التي قد تتآكل أثناء التشغيل فإن خطر هذه الزيوت على البيئة أكبر بكثير من خطر النفط الخام [3]، ولذلك كانت إعادة تدوير الزيوت المستعملة هو الحل الأمثل حيث يمكن التخلص من هذه الزيوت بطريقة مفيدة وموفرة للطاقة وآمنة للبيئة بل ومربحة أيضاً، مع العلم أن إعادة التدوير قد تكون أكثر من

مرة واحدة. حيث يمكن أن يتم إعادة استخدامها كزيوت تشحيم أو كوقود للمرجل (boilers) في مصانع الاسمنت أو الحديد كما قد تستخدم في التدفئة أو لتشغيل محركات الديزل.

كما أقامت بعض الدول مراكز لتجميع وإعادة استخدام تلك الزيوت أو معالجتها قبل حرقها، واستخدامها لمصدر للطاقة أو التخلص النهائي منها في المحارق الدوارة لمصانع الاسمنت. وحالياً تعتبر اليابان والولايات المتحدة الأمريكية والدول الأوربية هي الأكثر تقدماً في مجال تجميع وإعادة تصنيع واستخدام الزيوت المستعملة إذ تجاوزت نسبة التجميع 80 % من الزيوت المستعملة ويعاد تصنيع بعضها بحيث يفي ذلك بأكثر من 10% من الطلب الأساسي على زيوت التزييت في بعض الدول الأوربية [4] .

لقد ظهرت عملية إعادة تدوير ومعالجة الزيوت مند زمن طويل فبدأت بفكرة تنقية الزيوت من الشوائب والرواسب الصلبة بالترشيح، ثم تطورت وسائل التكرير والمعالجة حتى أصبح اليوم يوجد لدينا العديد من الطرق التي يمكن استخدامها لمعالجة الزيوت المستعملة من هذه الطرق؛ المعالجة الحمضية المتبوعة بعملية الامتزاز (adsorption) باستخدام مواد طينية[5] كما يمكن استخدام عملية الاستخلاص (extraction) بمذيبات مختلفة [6] سواء كانت على هيئة خليط أو منفردة بعد عملية المعالجة الحمضية [7] وغيرها من طرق المعالجة المتقدمة كالتقطير المتعدد المراحل والتقطير تحت الضغط المخلخل حتى باتت جودة الزيوت المكررة تصل إلى جودة الزيوت الجديدة (الزيت البكر). ولهذا وللحاجة المستمرة لزيت السيارات في السوق المحلي الليبي بشكل خاص والسوق العالمي بشكل عام، وللحاجة لمعالجة الزيوت المستعملة بدلاً من التخلص منها بطرق مضرة للبيئة، وللأرباح الوفيرة التي قد تعود على المستثمرين في هذا المجال ولوفرة الخامات وسهولة التكرير والمعالجة فمن هنا كانت أهمية هذه الدراسة التطبيقية. ففي هذه الدراسة سيتم استخدام طريقة الاستخلاص باستخدام خليط مناسب من المذيبات والذي تتبعه عملية

الامتزاج. وهذه الطريقة تعتبر ذات تأثير أكبر من الطرق الأخرى في إعادة تدوير الزيوت المستعملة [8] وللحصول على نتائج جيدة يحب أن يكن للمذيب المستخدم قابلية عالية لتذويب الزيت الأساسي وأقل قدرة لتذويب المواد الملوثة للزيت المستخدم [9].

ويمكن تقسيم طريقة الاستخلاص بالمذيب إلى قسمين: استخلاص بمذيب فردي واستخلاص بمذيب متعدد المركبات وفي هذا البحث تم استخدام الطريقة الثانية وذلك للكفاءة العالية في التخلص من الشوائب. وقد تم استخدام العديد من المذيبات في أبحاث سابقة لإعادة تدوير الزيوت المختلفة منها البيوتانول والايثانول كخليط وكذلك البيوتانول مع البروبانول لتكوين مزيج مركب عندما يمتزج مع الزيت يذوب الزيت في المزيج تاركاً الشوائب في الطور الأخر والتي يتم فصلها والتخلص منها. أما الزيت فيتم استرجاعه من مزيج المذيبات بتبخير المذيبات أو التقطير [6]. المرجع [10] أيضا استخدم مزيج من 1–بيوتانول والتولوين مع الايثانول في عملية استخلاص لإعادة تدوير زيوت المحركات، في حين استخدم المرجع [7] مذيبات مفردة ومركبة لمقارنة قدرتها لإحياء وإعادة تدوير زيت التشحيم المستعمل.

وتهدف هذه الورقة إلى استخدام مزيج من التولوين مع الميثانول في عملية الاستخلاص، والتي تتبع بعملية امتزاز باستخدام أكسيد الألمونيوم، للاستفادة من الزيوت المستعملة والتي فقدت كامل أو بعض خواصها أثناء التشغيل، حيث تدنت جودتها بتغير لزوجتها ونقص درجة وميضها لزيادة نسبة الشوائب المتطايرة بها وكذلك زيادة حموضتها ونسبة الرواسب أو الشوائب المعدنية فيها والتي تسبب في زيادة الكثافة النوعية لزيوت وتغيير لونها إلى الأسود الداكن، كل هذه العوامل تجعلها غير صالحة للاستخدام.

2. المواد المستخدمة والجانب العملي:

أ- المواد المستخدمة

1) الزيوت: تم في هذه الدراسة استخدام زيت الثريا ((Thuraya (20W-50) وهو أحد زيوت المحركات المعدنية المخصص لمحركات الجازولين والمصنع من قبل شركة مصفاة الزاوية لتكرير النفط، ليبيا. وقد تم دراسة بعض خواصه قبل وبعد الاستعمال كما سيتم توضيحها لاحقا في النتائج.

2) المذيبات: تم استخدام مزيج من مذيب التولوين والميثانول، وقد تم شراء كلا المذيبين بنقاوة عالية من إحدى شركات الكيماويات **(ALDRICH)**، وقد ضمنت أهم مواصفات هذه المذيبات في الجدول (1).

3) المادة الممتزة: أكسيد الألمونيوم، وقد تم شراؤها أيضاً من شركة **(ALDRICH)**، وقد ضمنت أهم مواصفاتها في الجدول (1).

الجدول (1): أهم مواصفات المذيبات والمادة الممتزة المستخدمة في التجربة

الخواص	الميثانول	التولوين	أكسيد الألمونيوم
الصيغة الجزيئية	CH_3-OH	C_7H_8	Al_2O_3
نسبة النقاوة	% 99.4	% 99.6	99 % اكسيد الألمنيوم نوع γ
الكتلة المولية (جم/ مول)	32.04	92.14	101.96
المظهر و الشكل الخارجي	سائل عديم اللون	سائل عديم اللون	مسحوق ابيض ناعم
الكثافة (جم/سم^3)	0.79	0.87	4.05
درجة الانصهار (مئوي)	- 95	- 98	2054
درجة الغليان (مئوي)	111	65	2980

ب- خطوات إعادة التدوير

تتضمن عملية إعادة التدوير ثلاث خطوات وهي:

أولاً: الترشيح: يتم ترشيح الزيت لإزالة الشوائب الصلبة التي يزيد قطرها عن 25 ميكروميتر سواء كانت معدنية أو غير معدنية وذلك باستخدام قمع بوخنر (Buchner Funnel) وورق ترشيح ذا مسامات بقطر 25 ميكروميتر حيث تم ترشيح 300 مل وتجمع حوالي 274 مل من الزيت في أسفل الورق المثبت عليه قمع بوخنر.

ثانياً: الاستخلاص: لإزالة الأجزاء القارية الثقيلة وإنتاج زيت قاعدي معاد التكرير يتم وضع 250 مل من الزيت المستعمل والناتج من الخطوة السابقة في دورق الاستخلاص وإضافة حجم مساوي من مزيج المذيبات (نسبة 50:50 حجمي / تولوين: ميثانول) يحرك الخليط جيدا بطريقة ميكانيكية لمدة 30 دقيقة ثم يترك المزيج لمدة 20 ساعة حيث ينفصل لطبقتين، الجزء العلوي يحتوي على مزيج المذيبات مع الزيت وجزء سفلي يحتوي على المادة القارية الثقيلة. ثم ينقل المزيج العلوي إلى دورق المبخر للتخلص من المذيبات والحصول على حوالي 241 مل زيت ذا لون اسود داكن.

ثالثاً: الامتزاز: لإزالة اللون الأسود من الزيت يتم إضافة 30 جرام من أوكسيد الألمونيوم إلى 200 مل من الزيت الناتج من الخطوة السابقة مع التحريك المستمر لمدة كافية، ثم يترك الخليط لمدة ساعتين أو ثلاث ساعات للسماح بترسيب الالومينا ومعها الشوائب ومن ثم يرشح الخليط بورق ترشيح لاستعادة الزيت الأساسي من باقي الخليط.

ج- التحاليل المستخدمة

1) قياس الكثافة النوعية (Specific Gravity):

الكثافة النوعية هي عبارة على نسبة كثافة الزيت إلى كثافة حجم مساوي له من الماء. وتم قياسها للزيت البكر والزيت المستعمل وكذلك الزيت المعاد تدويره، وذلك وفقا لشروط الطريقة

القياسية المنصوص عليها برقم (ASTM D-1298) [11]، وذلك عند درجة حرارة 15.6 °C وباستخدام اسطوانة الوزن النوعي (Specific Gravity Cylinder) حيث تم قياس وزن كل عينة وضعت بحجم ثابت من الزيت في زجاجة الأسطوانة، ثم حساب الكثافة النوعية لكل عينة من نسبة وزن الزيت إلى وزن الماء.

2) قياس اللزوجة الكيناماتيكية (Kinematic Viscosity):

أجريت اختبارات اللزوجة على عينات الزيوت عند درجتي حرارة 40 °C و 100 °C ، ودلك وفقاً لشروط ومعايير **(**ASTM D2270**)**،[11] باستخدام جهاز قياس اللزوجة نوع-Saybolt **(**Viscometer وذلك في مختبر الزيوت لشركة الزاوية لتكرير النفط، وذلك بقياس الزمن اللازم لتدفق حجم معين من الزيت تحت تأثير الجاذبية الأرضية من خلال أنبوية شعرية زجاجية عند درجتي حرارة 40 °C . وكذلك عند درجة حرارة 100 °C بالطريقة نفسها.

3) قياس نقطة الوميض (Flash Point):

نقطة الوميض هي درجة الحرارة التي يجب أن يسخن الزيت إليها في ظروف محددة لإطلاق بخار كاف لتكوين خليط قابل للاشتعال مع الهواء. ويعطي انخفاض هذه النقطة مؤشرا على وجود مركبات متطايرة ملوثة للزيت. كما تعتبر نقطة الوميض من أهم المقاييس النسبية للخصائص الأمنية لاستخدام الأنواع المختلفة من زيوت التشحيم. وقد تم قياسها في هذا البحث باستخدام الطريقة القياسية رقم (ASTM D92)[11]]، وذلك بوضع 20 مل من كل زيت في دورق ثم تسخينها على لهب بنزن **(**Bunsen burner**)** لتحديد درجة الحرارة التي سيظهر عندها وميض على سطح عينة الزيت الموضوع في الدورق واعتبرت هي درجة الوميض أو نقطة الوميض.

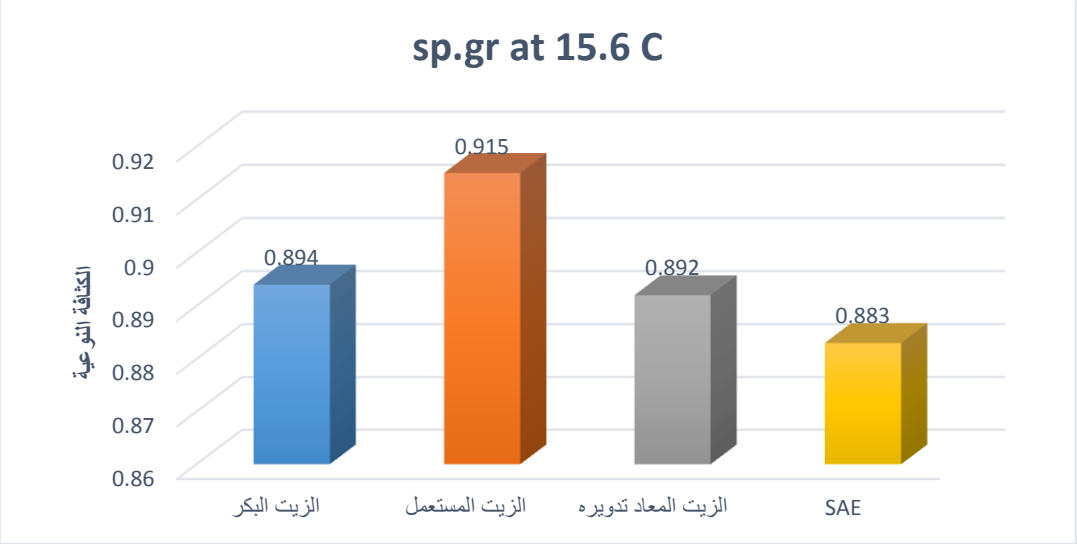
3. النتائج والمناقشة:

3-1. الكثافة النوعية: يجب أن تمتلك الزيوت المعاد تدويرها خصائص معينة من أجل أن تلبي متطلبات التشحيم في المحرك ولهذا تم قياس ثلاثة خواص مختلفة لزيوت المحركات المستخدمة في هذا البحث، سواء مستعملة أو مسترجعة ومقارنتها بالزيت البكر كما هو موضح بالجدول (2). وقد دلت النتائج المتحصل عليها على تحسن في كل الخواص المدروسة للزيوت المسترجعة.

الجدول (2): نتائج حساب الكثافة النوعية للزيوت المدروسة ورقم الكثافة النوعية لجمعية مهندسي السيارات (SAE).

Properties	Standard test method	الزيت البكر	الزيت المستعمل	الزيت المعاد تدويره	SAE
sp.gr at 15.6 C	ASTM D-1298	0.894	0.915	0.892	0.883

ففي الشكل (1) نلاحظ أن الكثافة النوعية للزيت المستعمل تزيد عن الكثافة النوعية للزيت البكر بمقدار 0.021 وأيضا تزيد بأكثر من ذلك عن قيمة الكثافة النوعية المسجل من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE)[7] وذلك بحوالي 0.032 ويرجح هذا الفارق بينهما إلى وجود الملوثات في الزيت المستعمل حيث لها ثقل نوعي كبير مما أدى إلى زيادة الكثافة النوعية للزيت المستعمل، والملاحظ أن الزيت المعاد تدويره أصبح له كثافة نوعية أقل من الزيت المستعمل بمقدار 0.023 نظرا لإزالة الملوثات الثقيلة من الزيت المستعمل أثناء عملية التدوير. وهذا مؤشر جيد يدل على إمكانية استخدام الزيت المعاد تدويره في تشحيم محرك السيارات حيث يوجد تحسن جيد في خاصية الكثافة النوعية للزيت المستعمل بعد معالجته وإعادة تدويره.



الشكل (1): مقارنة الكثافة النوعية للزيوت المدروسة والكثافة النوعية لجمعية مهندسي السيارات (SAE).

3-2. اللزوجة: تعتبر اللزوجة خاصية مهمة جداً لتصنيف النفط الخام [12] وكذلك مشتقاته والتي من بينها مواد التشحيم. فاللزوجة تمثل مقياس لمقاومة السوائل للتدفق والذي يعتمد بشدة على درجة الحرارة لكون اللزوجة تتأثر تأثراً كبيراً بتغير درجة الحرارة و بما أن درجة حرارة المحرك أثناء الاشتغال تتراوح بين 40 °C و 100 °C فقد تم قياس اللزوجة لجميع العينات عند درجة حرارة 40 °C ، وعند درجة حرارة 100 °C، كما هي موضحة بالجدول (3) والجدول(4).

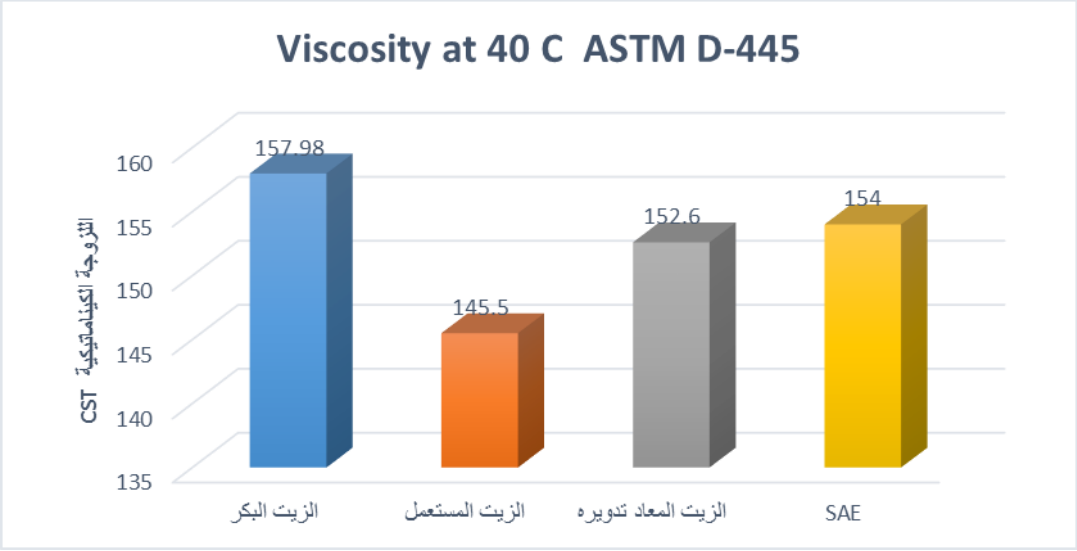
جدول (3): يبين نتائج قياس خاصية اللزوجة للزيوت قيد الدراسة عند درجة حرارة 40 °C.

Properties	Standard test method	الزيت البكر	الزيت المستعمل	الزيت المعاد تدويره	SAE
Viscosity at 40 C	ASTM D-445	157.98	145.5	152.6	154

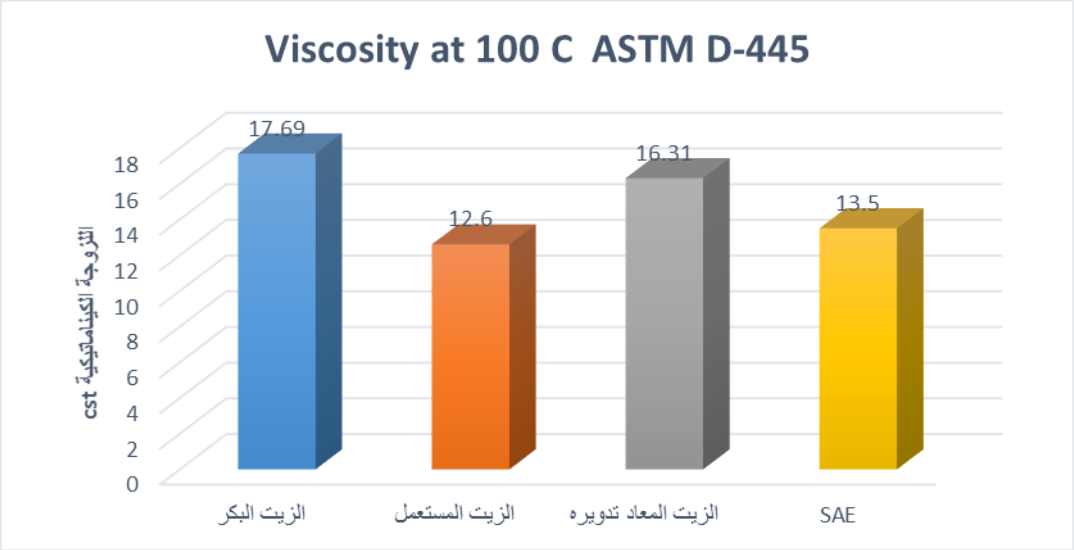
جدول (4): يبين نتائج قياس خاصية اللزوجة للزيوت قيد الدراسة عند درجة حرارة 100 °C.

Properties	Standard test method	الزيت البكر	الزيت المستعمل	الزيت المعاد تدويره	SAE
Viscosity at 100 C	ASTM D-445	17.69	12.6	16.31	13.5

وكما هو موضح في الشكل (2) نلاحظ أن لزوجية الزيت المستخدم عند درجة حرارة C 40 (الشكل (2)) أو درجة حرارة C 100 (الشكل (3)) انخفضت عن الزيت البكر ويشير هذا الانخفاض في لزوجة زيت المحرك إلى أن الزيت ملوث كما هو موضح في بعض البحوث المنشورة مؤخرا [13].



الشكل (2): مقارنة خاصية اللزوجة للزيوت قيد الدراسة واللزوجة لجمعية مهندسي السيارات (SAE) عند درجة حرارة 40 °C.



الشكل (3): مقارنة خاصية اللزوجة للزيوت قيد الدراسة واللزوجة لجمعية مهندسي السيارات (SAE) عند درجة حرارة 100 °C.

ويتم تحديد لزوجة زيوت التشحيم بواسطة رقم جمعية مهندسي السيارات (SAE) حيث انه كلما زاد الرقم كان الزيت أكثر لزوجة [14]. وقد لوحظ أن قيم اللزوجة للزيت البكر مختلفة بعض الشيء عن قيمة اللزوجة المدرجة من قبل SAE وقد يكون السبب في هذا الاختلاف، هو وجود الأخطاء البشرية، لاختلاف الأجهزة المستخدمة في قياس اللزوجة واختلاف الزيت المدروس. في الشكل (2) نلاحظ أن لزوجة الزيت قد ارتفعت بعد عملية المعالجة حيث زادت من **cst** 145.5 إلى **cst** 152.6 عند درجة حرارة 40 °C. في حين زادت اللزوجة من **cst** 12.6 إلى **cst** 16.3 عند درجة حرارة 100 °C كما موضح في الشكل (3). وعلى الرغم من وجود هذا التحسن أو الزيادة في قيم الزوجة إلا أن لزوجة الزيت البكر مازالت أكبر من لزوجة الزيت المعاد تدويره في كلتا درجتي الحرارة، ولكن الملاحظ من الشكل أن قيم اللزوجة صارت أكبر من القيم

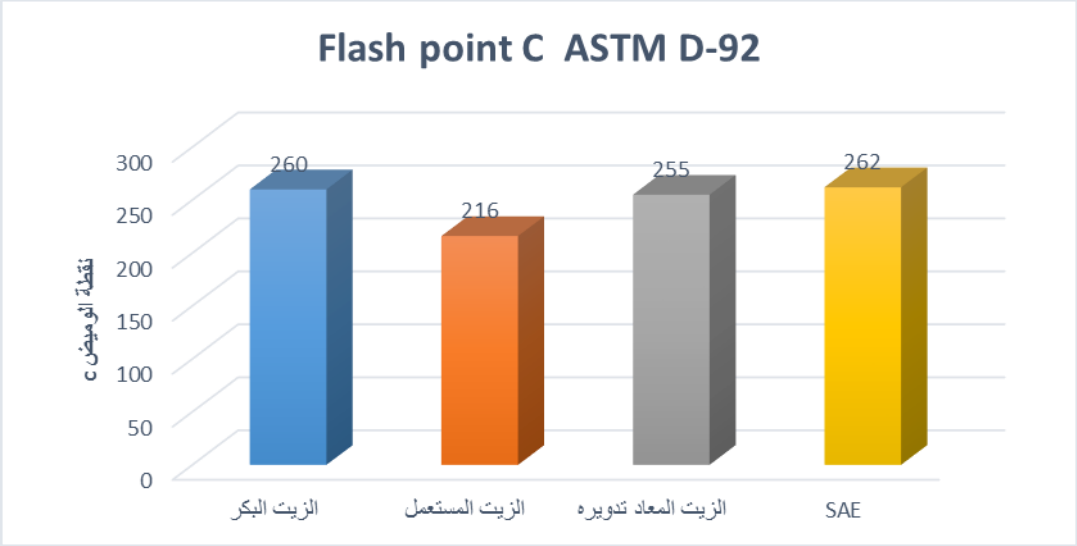
المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE) وهذا مؤشر جيد أخر يدل على إمكانية استخدام الزيت المدور في تشحيم محرك السيارات. وإذا ما كانت مواصفات هذا الزيت المسترجع ليست مطابقة تماماً لمواصفات الزيت البكر، فإن هناك إمكانية الوصول إلى نفس المواصفات إذا ما تم إضافة بعض المواد المضافة للزيوت البكر والتي من ضمنها البوليمرات المحسنة للزوجة.[13]

3-3. نقطة الوميض: تعطي نقطة الوميض مقياساً نسبياً لخاصية الأمان لزيوت التشحيم حيث أن انخفاض قيمتها يدل على وجود مركبات متطايرة قابلة للاشتعال عند درجة حرارة منخفضة موجودة في الزيت. نتائج القياس لنقطة الوميض موضحة بالجدول (5) والشكل (4) يوضح درجة حرارة الوميض أو ما يعرف بنقطة الوميض لجميع الزيوت قيد الدراسة (البكر والمستعمل والمعالج المسترجع) وذلك مقارنة مع قيم نقطة الاشتعال المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE).

جدول (5): يبين نتائج قياس خاصية نقطة الوميض لزيوت قيد الدراسة.

properties	Standard test method	الزيت البكر	الزيت المستعمل	الزيت المعاد تدويره	SAE
Flash point °C	ASTM D-92	260	216	255	262

ونلاحظ أن نقطة الوميض للزيت انخفضت من 260 °C للزيت البكر إلى 216 °C للزيت المستعمل ويكشف هذا الانخفاض في نقطة الوميض في عينات الزيت المستعمل على أن هذا الزيت غير نقي ويحتوي على مواد غريبة وملوثة. وقد يكون ذلك من خلال تخفيف زيوت التشحيم بوقود غير محترق أثناء تشغيل المحرك بصورة غير صحيحة [15].



الشكل (4): مقارنة نقطة الوميض للزيوت قيد الدراسة ونقطة الوميض المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE).

ومن خلال عملية إعادة تدوير هذا الزيت ارتفعت قيمة نقطة الوميض للزيت المسترجع إلى 255 °C ، وهي تقارب نقطة الوميض الخاصة بالزيت البكر، وهي تقارب أيضاً نقطة الاشتعال المسجلة من قبل جمعية مهندسي السيارات (SAE). ما يشير إلى تحسن في هذه الخاصية المهمة لزيت المحركات المسترجعة بتدوير الزيت المستعمل مرة أخرى.

4. الخاتمة والتوصيات

إن عملية إعادة تدوير الزيوت المستعملة تهدف في الأساس إلى فصل المواد الضارة من الزيت والتخلص منها وذلك لإعادة استخدام الزيت مرة أخرى. ومن خلال هذه الدراسة تم دراسة بعض الخواص الأساسية لزيت الثريا الليبي التصنيع والمستخدم في محركات السيارات وذلك في صورته البكر أو بعد تمام استعماله وكذلك بعد معالجته وإعادة تدويره ليصبح زيتاً مسترجعاً،

وذلك باستخدام خليط من المذيبات العضوية تحديدا التولوين والميثانول. وقد دلت النتائج المبدئية لخاصية اللزوجة والكثافة ونقطة الاشتعال على إمكانية استرجاع الزيت المستعمل ومن ثم إعادة استخدام الزيت المعاد تدويره كزيت تزليق أو تشحيم في محرك السيارات مرة أخرى. وتوصي الدراسة بإمكانية استعادة الزيت المستعمل للتشغيل مرة أخرى بعد معالجته وإعادة تدويره لما له من مردود بيئي واقتصادي كبير.

المراجـــــع

[1] Zhang J., Q. Dong, Lubrication performance analysis of crankshaft bush in compressor, Eng. Fail. Anal. ***2018****, 8, 277–289.*

[2] Velasco-C C. J., A. A. Garcia-F, J. L. Cervantes, J. Gracia-F, Regeneration of used lubricating oil by solvent extraction and phase diagram, Curr. Res. in Green and Sust. Chemi., ***2020****, 3, 100-110.*

[3] Zitte L. F., Awi-Waadu, G. D. B. and Okorodike, C. G, "Used-Oil Generation and Its Disposal along East-West Road, Port Harcourt Nigeria", Inter. J. of Waste Resources, ***2016****, 6, 1, 1-5.*

[4] Bianco C., Review of the Major Processes Used in the Reclamation of Spent Oils, Agip Petroli, The Third Seminar on lubricating oils in Arab countries, Cairo, ***1993.***

[5] Temitayo O., Investigation of CO and SO2 from acid clay treatment of used lubricating oil, Conf Ser: Mater. Sci. Eng. ***2018****, 11, 41-43.*

[6] Al-Zahrani S., Used lubricating oil regeneration by various solvent extraction techniques, J. Ind. Eng. Chem. ***2013****, 19, 536–539.*

[7] Abro, R.; Chen, X.; Harijan, K.; Dhakan, Z.A.; Ammar, M. Comparative study of recycling of used engine oil using extraction by composite solvent, single solvent, and acid treatment methods. In

ISRN Chemical Engineering; Special Volume for Hindawi Publishing Corporation: London, UK, ***2013****, 2, 589-592.*

[8] Elbasshir O. N., The Effect of Design Parameters on the Solvent Extraction Performance for Recycling of Used Oil M.Eng. Thesis, Thesis University of Technology Malaysia, ***1998****.*

[9] Abdel-Jabbar M. N., E.A.H. Al Zubaidy, M. Mehrvar, Waste lubricating oil treatment by adsorption process using different adsorbents, World Acad. Sci. Eng. Technol. ***2010****, 14, 24–28.*

[10] Diphare M., E. Muzenda. The effect of extraction conditions on oil yield from waste lubricating grease. Inter. J. of Res. in Chemical, Mechanical and Civil Eng. ***2014****, 1, 1, 144-156.*

[11] Kishore Nadkarni R. A., (2nd ed.), Guide to ASTM Test Methods for the Analysis of Petroleum Products and Lubricants, ASTM International, West Conshohocken, U.S.A., ***2007****.*

*[12] Sultan, R.H.; Abduallah, A.B.; Sultan, O.M. Improvement of Sharara Crude Oil Flow Using Polystyrene and Polydimethylsiloxane as Drag Reducing Agents, Scientific Journal of Applied Sciences of Sabratha,****2019****,2,14–28.https://doi.org/10.47891/sabujas.v2i1.14-28.*

[13] Rincon, J. Regeneration of used lubricant oil by polar solvent extraction. Ind. Eng. Chem. Res. ***2005****, 44, 4373–4379.*

[14] Scapin, M.A.; Duarte, C.; Sampa, M.H.O.; Sato, I.M. Recycling of the used automotive lubricating oil by ionizing radiation process. Radiat. Phys. Chem. ***2007****, 76, 1899–1902.*

[15] Durrani, H.A.; Panhwar, M.I.; Kazi, R.A. Re-Refining of waste lubricating oil by solvent extraction. Mehran Univ. Res. J. Eng. Tech ***2011****, 30, 237–246.*