الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة



تحديد العمر الاستثماري للزيت السوري المعدني المستخدم في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط

Determining investment period of Syrian mineral oil used in Gasoline engine operated with compressed natural gas

مشروع أعد لنيل درجة الماجستير في الهندسة الميكانيكية

(ماجستير في هندسة الآليات والمحركات)

إعداد الطالب المهندس

محمّد ماهر كلاّس

بإشراف

المشرف المشارك **المشرف العلمي**

الدكتور يونس ساعود **الدكتور ثائر سلاّم**

العام الدراسي

2012-2013 م

ماجستير محمد ماهر كلاس

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة

قرار لجنة الحكم

على رسالة الماجستير في هندسة الآليات والمحركات

نحن أعضاء لجنة الحكم على رسالة الماجستير التي أعدها الطالب المهندس محمّد ماهر كلّاس بعنوان:

" تحديد العمر الاستثماري للزيت السوري المعدني المستخدم في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط "

والمشكلة بقرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا في جامعة دمشق رقم /3027/ م ب د المتخذ بالجلسة رقم /22/ تاريخ 2013/6/30 م، نشهد بأننا قد اطلعنا على الرسالة المذكورة، وجرت مناقشة الطالب المهندس محمد ماهر كلّاس في محتوياتها وفيما له علاقة بها من قبل أعضاء لجنة الحكم، وأجيزت بتاريخ 2013/9/16 م بعد إجراء التعديلات المطلوبة عليها، وأصبحت الرسالة صالحة لمنح درجة الماجستير في هندسة الآليات والمحركات للطالب المهندس محمد ماهر كلّاس.

اللقب العلمي	الاسم	الصفة في لجنة الحكم	التوقيع
الأستاذ الدكتور	مسلم طعمة	عضواً	
الأستاذ المساعد الدكتور	محمد سعيد السابق	عضواً	
المدرس الدكتور	ثائر سلام	عضواً مشرفاً	

الفهرس

المقدمة..... 1

أهمية البحث وأهدافه..... 3

طرائق البحث..... 4

الفصل الأول الغاز الطبيعي Natural Gas..... 5

1-1- احتياطي وإنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي عالمياً وعربياً..... 6

1-2- أنواع الوقود الغازي المستخدم في محركات الاحتراق الداخلي 8

1-2-1- الغاز الطبيعي المضغوط (CNG)..... 9

1-2-2- الغاز الطبيعي المسال (LNG)..... 9

1-2-3- الغاز البترولي المسال (LPG) 10

1-2-4- الغاز المضغوط ذي الأصل المميع (LCNG)..... 10

1-3- مزايا الوقود الغازي (إيجابياته)..... 11

1-4- مساوئ الوقود الغازي (سلبياته)..... 12

1-5- استخدام الغاز الطبيعي المضغوط CNG في قطاع النقل (المركبات)..... 13

1-6- الغاز الطبيعي السوري..... 16

1-6-1- مصادره..... 16

1-6-2- معامل الغاز 16

1-6-3- محاور شبكة الأنابيب الممتدة في سوريا (نظام نقل الغاز بالأنابيب)..... 19

1-7- توجهات الحكومة السورية لاستخدام الغاز الطبيعي في مركبات النقل..... 21

1-8- كفاءة محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز الطبيعي السوري..... 23

1-9- تعديلات المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط..... 26

1-9-1- معايرة وضبط أداء المحرك ذي الوقود الغازي..... 26

1-9-2- منظومة تحويل المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG..... 28

الفصل الثاني زيوت محركات الاحتراق الداخلي المعدنية Internal Combustion Engine Mineral Oils.... 39

2-1- أنماط التزييت في محرك الاحتراق الداخلي..... 40

2-1-1- التزييت الحدي 41

2-1-2- التزييت المختلط..... 42

2-1-3- التزييت الهيدروديناميكي 42
2-2- وظائف زيوت محركات الاحتراق الداخلي 43
2-2-1- مقاومة الاحتكاك 43
2-2-2- ضبط درجة الحرارة 43
2-2-3- مقاومة الصدأ والاهتراء 44
2-2-4- إزالة الشوائب 44
2-2-5- الإحكام ومنع التسرب 44
2-2-6- منع الرغوة 44
2-3- خواص الزيوت 45
2-3-1- اللزوجة 45
2-3-2- علاقة اللزوجة بدرجة الحرارة (دليل اللزوجة) 47
2-3-3- نقطتي الضباب والانصباب 48
2-3-4- نقطة الوميض 48
2-3-5- الثبات الكيميائي بالنسبة لأكسجين الهواء 49
2-3-6- اختبار نواك للتطايرية 50
2-4- التركيب الكيميائي لزيوت المحركات المعدنية 50
2-5- زيوت الأساس 52
2-5-1 تكرير النفط الخام 52
2-5-2- إنتاج مجموعات زيوت الأساس 54
2-6- الإضافات الكيميائية المحسنة لزيوت الأساس 59
2-6-1- دور الإضافات في تحسين جودة الزيوت 59
2-6-2- تصنيف الإضافات المحسنة 59
2-7- تصنيف زيوت المحركات 66
2-7-1- التصنيف حسب درجة اللزوجة (جمعية مهندسي السيارات SAE) 67
2-7-2- التصنيف حسب مستوى أداء الزيت (المعهد الأميركي للبترول API) 71
2-7-3-التصنيف وفق اتحاد المصانع الأوربية 78
2-8- زيوت المحركات المعدنية السورية 79
الفصل الثالث أجهزة واختبارات البحث Instruments & Tests' Research 82

3-1- اختبارات زيوت المحركات 84
3-2-أجهزة اختبارات البحث 85
3-2-1- جهاز قياس اللزوجة 85
3-2-2- جهاز قياس رقم الحموضة الكلية ورقم القلوية الكلية بالمعايرة الكمونية 86
3-2-3- جهاز تحديد نقطة الوميض 88
3-2-4- جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR 89
3-2-5- جهاز مطيافية الامتصاص الذري 90
3-2-6- جهاز دليل الاهتراء (الفيروغراف) 91
الفصل الرابع الدراسة المرجعية Base ground 93
الفصل الخامس الجزء العملي Practical Section 102
5-1- خطة تحديد العمر الاستثماري للزيت 103
5-1-1- خطة التجارب الميدانية لآليات البحث 104
5-1-2- نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيوت محركات آليات البحث 106
5-1-3- رسم المخططات البيانية 110
5-1-4- مناقشة وتفسير النتائج 126
5-1-5- نتيجة البحث 129
5-2- تحويل سيارة مخبر المحركات والآليات للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط 130
5-2-1- أجزاء منظومة تحويل الآلية للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط 130
5-2-2- توضع وتركيب أجزاء منظومة عمل السيارة على الغاز الطبيعي المضغوط 138
النتائج 143
التوصيات 144
المقترحات 145
الاختصارات 146
المراجع 148
Abstract 150

فهرس الأشكال

الشكل (1-1) توزع احتياطيات الغاز الطبيعي حسب المناطق الجغرافية العالمية نهاية عام 2010 7

الشكل (1-2) التركيبة النموذجية لكل من الغاز الطبيعي المضغوط CNG والغاز الطبيعي المسال LNG 10

الشكل (1-3) المحتوى النسبي % لمكونات الغازات السامة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي..... 12

الشكل (1-4) مخطط توضيحي لمعمل الغاز الطبيعي بوحدات المعالجة وخطوط النقل والمستهلكين..... 18

الشكل (1-5) مخطط صندوقي لوحدات وعمليات المعالجة في معمل الغاز 18

الشكل (1-6) تطور استطاعات معامل الغاز في سوريا مقدرة مليون م3/اليوم..... 19

الشكل (1-7) توزع معامل وشبكة أنابيب الغاز الطبيعي في سوريا..... 20

الشكل (1-8) تطور أطوال شبكة أنابيب الغاز الطبيعي في سوريا (كم)..... 21

الشكل (1-9) مخطط مسار الغاز الطبيعي من معمل الغاز إلى المركبة 22

الشكل (1-10) مقارنة تغير الاستطاعة والعزم بين وقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG ووقود الغازولين 25

الشكل (1-11) أصناف شمعات الاحتراق تبعاً لنسبة الانضغاط..... 27

الشكل (1-12) مقطع عرضي لنماذج أسطوانات الغاز الطبيعي المضغوط CNG..... 29

الشكل (1-13) بنية أسطوانة الغاز الطبيعي من النموذج الثالث 30

الشكل (1-14) مقطع لمنظم ضغط غاز طبيعي مضغوط..... 31

الشكل (1-15) انخفاض الضغط في المنظم كتابع لتدفق الغاز 31

الشكل (1-16) مقطع في خلاط فينتوري 32

الشكل (1-17) نماذج متعددة لخلاطات غاز فينتوري..... 32

الشكل (1-18) صمام قطع/ وصل كهربائي..... 33

الشكل (1-19) منظومة الغاز الطبيعي لسيارة تعمل على المفحم لوقود لبنزين..... 34

الشكل (1-20) منظومة الغاز الطبيعي لسيارة تعمل على الحقن الإلكتروني للبنزين..... 34

الشكل (1-21) منظومة الغاز الطبيعي لسيارة تعمل بالحقن الإلكتروني للبنزين ومزودة بحفاز لغازات العادم 35

الشكل (1-22) منظومة عمل محرك على الغاز الطبيعي المضغوط CNG مع تحكم بحقن الغاز إلكترونياً 37

الشكل (2-1) دارة التزييت في محرك الاحتراق الداخلي 40

الشكل (2-2) منحني ستريبك يبين أنماط التزييت في المحامل..... 42

الشكل (2-3) تغير السرعة في الاتجاه الناظم على شعاع السرعة 45

الشكل (2-4) رسم توضيحي لعلاقة دليل اللزوجة..... 47

الشكل (2-5) رسم توضيحي لمفهوم دليل اللزوجة 47

الشكل (2-6) رسم توضيحي لمجموعات السلاسل الهيدروكربونية الداخلة في التركيب الكيميائي للزيوت المعدنية... 50

الشكل (2–7) برج التقطير للنفط الخام في مصفاة التكرير 52
الشكل (2–8) تقطير البقايا من برج التقطير الجوي في برج التقطير الفراغي 53
الشكل (2–9) رسم تخطيطي لمصفاة تكرير زيوت نموذجية 54
الشكل (2–10) رسم توضيحي يبين الفرق ما بين الزيت المعدني والصنعي في البنية الجزيئية وأثره على الاحتكاك. 58
الشكل (2–11) كمية الزيت والمشتقات الأخرى المستخلصة من برميل نفط خام مقدرة بالكالون 58
الشكل (2–12) رسم توضيحي لنسبة الإضافات المحسنة إلى زيوت الأساس 59
الشكل (2–13) رسم توضيحي يبين تغير حجم بوليميرات محسنات اللزوجة تبعاً لتغيرات درجة الحرارة 60
الشكل (2–14) رسم توضيحي لأثر محسنات دليل اللزوجة على الزيت الأساس 60
الشكل (2–15) رسم توضيحي للإضافات المانعة للاهتراء 61
الشكل (2–16) رسم توضيحي يبين كيفية عمل الإضافات المشتتة في الزيت 63
الشكل (2–17) آلية إزالة الفقاعة من الزيت 64
الشكل (2–18) تأثير الأكسدة على الزيت وتشكل الوحل والطين الأسود والدبق والإسفلتيات والراتنجات 65
الشكل (2–19) مقارنة تصنيفات لزوجة الزيوت وقيمتها وفقISO و SAE عند درجتي حرارة 40°c و100°c 68
الشكل (2–20) مجالات استخدام تصنيفات عديدة لزيوت المحركات وفق درجة الحرارة الخارجية 70
الشكل (2–21) فئات صنف زيوت محركات البنزين متوافقة مع سنوات صنع السيارات 71
الشكل (2–22) رمز الجودة وعلامة شهادة تصديق زيوت المحركات من API 75
الشكل (2–23) رمز الجودة –الدونات 75
الشكل (2–24) عبوة زيت محرك بنزين/ديزل إنتاج معمل الزيوت بحمص 80
الشكل (3–1) أجزاء جهاز مقياس اللزوجة 86
الشكل (3–2) جهاز مقياس رقم الحموضة والقلوية الكلية 87
الشكل (3–3) جهاز تحديد درجة الوميض 88
الشكل (3–4) جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR 89
الشكل (3–5) جهاز مطيافية الامتصاص الذري 90
الشكل (3–6) جهاز دليل الاهتراء (الفيروغراف) 91
الشكل (5–1) أجزاء المضخة اليدوية لسحب الزيت من الآلية 105
الشكل (5–2) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 110
الشكل (5–3) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 110
الشكل (5–4) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 111
الشكل (5–5) منحني تركيز معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 111
الشكل (5–6) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 111

الشكل (5–7) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 112
الشكل (5–8) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1) 112
الشكل (5–9) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 112
الشكل (5–10) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 113
الشكل (5–11) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 113
الشكل (5–12) منحني تركيز معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 113
الشكل (5–13) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 114
الشكل (5–14) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 114
الشكل (5–15) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2) 114
الشكل (5–16) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 115
الشكل (5–17) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 115
الشكل (5–18) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 115
الشكل (5–19) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 116
الشكل (5–20) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 116
الشكل (5–21) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 116
الشكل (5–22) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3) 117
الشكل (5–23) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 117
الشكل (5–24) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 117
الشكل (5–25) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 118
الشكل (5–26) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 118
الشكل (5–27) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 118
الشكل (5–28) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 119
الشكل (5–29) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4) 119
الشكل (5–30) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 119
الشكل (5–31) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 120
الشكل (5–32) منحني اللزوجة الحركية مع المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 120
الشكل (5–33) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 120
الشكل (5–34) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 121
الشكل (5–35) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 121
الشكل (5–36) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5) 121

الشكل (5–37) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6) 122
الشكل (5–38) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)..... 122
الشكل (5–39) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6) 122
الشكل (5–40) منحني تركيز معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6) 123
الشكل (5–41) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6) 123
الشكل (5–42) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)..... 123
الشكل (5–43) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6) 124
الشكل (5–44) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7) 124
الشكل (5–45) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)..... 124
الشكل (5–46) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7) 125
الشكل (5–47) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7) 125
الشكل (5–48) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7) 125
الشكل (5–49) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)..... 126
الشكل (5–50) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7) 126
الشكل (5–51) أجزاء منظومة تحويل السيارة للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG 131
الشكل (5–52) أسطوانة الغاز الطبيعي المضغوط..... 131
الشكل (5–53) أجزاء منظم الغاز CNG مع مقاطع هندسية توضيحية..... 133
الشكل (5–54) من اليمين بالترتيب خلاط غاز/هواء – أنبوب غاز ضغط عالي – معالج تسبيق الإشعال..... 135
الشكل (5–55) مخطط وصل شبكة كهرباء معالج تسبيق الاشعال..... 136
الشكل (5–56) وحدة مفتاح تحويل غاز/بنزين مع مبين مستوى الغاز..... 137
الشكل (5–57) مخطط الشبكة الكهربائية لوحدة مفتاح تحويل الوقود غاز/بنزين مع مبينات مستوى الغاز 137
الشكل (5–58) من اليمين بالترتيب صمام فتح/إغلاق – مقياس ضغط (مانومتر) – صمام تعبئة غاز..... 138
الشكل (5–59) أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط المركّبة في مقصورة توضع المحرك 139
الشكل (5–60) أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط الموضوعة في مقصورة القيادة والركاب 140
الشكل (5–61) أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط الموضوعة في الصندوق الخلفي للسيارة..... 141
الشكل (5–62) كيفية تثبيت ومرور أنبوب الغاز الفولاذي أسفل أرضية السيارة 141

فهرس الجداول

الجدول (1-1) مقارنة بعض الخواص بين الغاز الطبيعي المضغوط والغاز البترولي المسال والبنزين 10

الجدول (1-2) أنواع وكميات الإصدارات الضارة المنبعثة من محركات البنزين والديزل 12

الجدول (1-3) ترتيب الدول العشر الأوائل بعدد السيارات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط لعام 2012 14

الجدول (1-4) توزع معامل الغاز في سوريا واستطاعتها الإنتاجية اليومية 19

الجدول (1-5) درجة الإشعال لعدة أنواع من الغازات مقارنة مع الغازولين 26

الجدول (1-6) مقارنة عدة خواص حرارية بين الغاز الطبيعي والغازولين والديزل 27

الجدول (2-1) تأثير عمليات المعالجة المختلفة على نسب المركبات ضمن زيوت الأساس 56

الجدول (2-2) تصنيفات زيوت الأساس حسب API 57

الجدول (2-3) حدود قيم اللزوجة الحركية لزيوت محركات أحادية الدرجة 67

الجدول (2-4) حدود قيم اللزوجة الحركية لزيوت محركات متعددة الدرجات والحد الأدنى لدليل اللزوجة 70

الجدول (2-5) فئات زيوت محركات البنزين وفق API 72

الجدول (2-6) فئات زيوت محركات الديزل وفق API 73

الجدول (2-7) اللاحقة العددية الجديدة المسجلة من العام 2001 وما بعد وفق تصنيف ACEA 79

الجدول (2-8) أنواع زيوت المحركات السورية المنتجة من معمل مزج الزيوت بحمص 79

الجدول (5-1) القيم الاحترازية المتبناة معياراً لصلاحية الزيت 104

الجدول (5-2) آليات التجارب الميدانية لهذا البحث المتواجدة في حقول النفط الجبسة (محافظة الحسكة) 104

الجدول (5-3) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون نيسان رقم 986346 106

الجدول (5-4) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون نيسان رقم 975374 107

الجدول (5-5) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية تويوتا لاند كروزر رقم 974941 107

الجدول (5-6) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية دبل كبين ميتسوبيشي رقم 933730 108

الجدول (5-7) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون تويوتا لاند كروزر رقم 986086 108

الجدول (5-8) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون أيسوزو رقم 975885 109

الجدول (5-9) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية دبل كبين مازدا رقم 480212 109

الجدول (5-10) مواصفات العربة موضوع التجربة 130

الملخص

يقصد بالعمر الاستثماري لزيت محركات الاحتراق الداخلي بأنه فترة التبديل الأنسب للزيت (وهي أطول مسافة كيلو مترية تقطعها الآلية بعد وضع زيت جديد فيها دون أن تتغير مواصفاته الأساسية بشكل ملحوظ وذلك للحصول على أكبر مردود اقتصادي من الزيت).

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 وضع هذا البحث العلمي لدراسة أثره على العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري.

يتضمن هذا البحث المنهجية الميدانية والمخبرية المتبعة لتحديد العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق المستخدم في محركات البنزين العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG بأخذ عينات من الزيت بعد قطع مسافات كيلو مترية متعاقبة لسبع سيارات تعمل على الغاز المذكور بظروف شاقة والمنتقاة من أسطول الآليات الموجود حصراً لدى حقول نفط الجبسة (الحسكة) وتحليل مواصفاته الأساسية (لزوجة- حموضة- قلوية- نقطة وميض- أكسدة واهتراء) في مخبر الزيوت - مركز الدراسات والبحوث العلمية بدمشق، وقد رسمت المخططات البيانية لنتائج التحاليل المخبرية لكل آلية على حده بمساعدة البرنامج الحاسوبي Excel واستخلصت المسافة الكيلو مترية للعمر الاستثماري البالغة (20000 كم) بزيادة أكثر من ضعفي المسافة المقررة سابقاً عند عمل المحرك على البنزين (7500 كم) مما ينعكس إيجابياً على المردود الاقتصادي والأثر البيئي وذلك بتخفيض كلاً من التكاليف المادية المصروفة وكميات الزيوت الجديدة المستهلكة عند عمليات تبديل زيوت المحركات وكميات المخلفات السائلة الناتجة عن استبدالها لما دون الثلثين لكل منها.

تم خلال هذا المشروع تجهيز سيارة داتسون الموجودة لدى مخبر الآليات والمحركات في قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق بمنظومة لتحويل محركها البنزين للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG ليصبح محرك ثنائي الوقود Bi-fuel يمكن استخدامها في غايات تعليمية وأبحاث علمية مستقبلية.

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، 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.

من هنا كانت فكرة إجراء بحث يربط بين الغاز الطبيعي وزيت محركات الاحتراق الداخلي المعدني حيث ينعدم توفر أي وثيقة أو بحث يحدد العمر الاستثماري للزيت السوري المعدني عند استخدامه في المحركات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط.

ومن الجدير ذكره أن ثلاث جهات رائدة في القطر العربي السوري قد تضافرت جهودها لإنجاز هذا البحث وهي:

- جامعة دمشق متمثلة بقسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية والتي تبنت هذا البحث ممثلة بالمشرف العلمي د. ثائر سلام.
- مركز الدراسات والبحوث العلمية ممثلة بالمشرف المشارك د. يونس ساعود، حيث قام مخبر الزيوت المتوفر لديهم بإجراء كافة التحاليل المخبرية لعينات الزيت المأخوذة من آليات التجارب الميدانية.
- وزارة النفط والثروة المعدنية ممثلة بالشركة السورية للنفط (حقول نفط الجبسة – في محافظة الحسكة) حيث قدمت بعض آلياتها الوحيدة في سوريا العاملة على نوعين من الوقود هما الغاز الطبيعي المضغوط والبنزين (محركات وقود ثنائي) ووضعتها قيد التجارب الميدانية.

تدرج البحث في فصوله الخمسة على:

- تناول الفصل الأول من هذه الرسالة التعريف بالوقود الغازي وبشكل خاص الغاز الطبيعي (إحتياطياته العالمية والعربية – أنواعه – خواصه – إيجابياته وسلبياته – استخدامه في محركات الاحتراق الداخلي وقطاع النقل)، ومن خلاله استعرضنا الغاز الطبيعي السوري، حقوله ومعامله وشبكة أنابيبه، والسعي لإحلاله مع النفط في مركبات النقل وإمكانيات ذلك، ومنظومة تحويل محرك البنزين للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط.
- ثم الفصل الثاني الذي تناول زيوت محركات الاحتراق الداخلي المعدنية (وظائفها وخواصها وتركيبها الكيميائي ومجموعات زيوت الأساس وتصنيفات الزيوت والإضافات الكيميائية المحسنة لزيوت الأساس) وفيه استعرضنا زيوت المحركات المعدنية السورية.
- أما الفصل الثالث فقد تناول التعريف بالأجهزة والأدوات المستخدمة في هذا البحث وأنواع الاختبارات المنجزة لتحديد فترة صلاحية الزيت للاستخدام والمتوفرة في مخبر الزيوت لدى مركز الدراسات والبحوث العلمية.
- بعدها الفصل الرابع الذي تناول الدراسة المرجعية بما يخص تمديد فترة استخدام الزيوت في محركات الاحتراق الداخلي والدراسات السابقة حول فترة استخدام الزيوت في المحركات التي تعمل بوقود ثنائي هما الغاز الطبيعي المضغوط والبنزين (الغازولين).
- وأخيراً فقد استعرض الفصل الخامس الجزء العملي من البحث والذي تضمن جزأين اثنين:

الجزء الأول:

خطة التجارب الميدانية المنجزة على الآليات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG في حقول النفط الجبسة (الحسكة) والتحاليل المخبرية المنجزة في مخبر الزيوت – مركز الدراسات والبحوث العلمية بدمشق – على عينات الزيت المعدني السوري 40 شاق المأخوذة من آليات التجربة حيث يعتمد هذا الزيت لديهم نظراً لظروف العمل الشاقة جداً لتلك الآليات، ثم جدولة نتائج الاختبارات ورسم المخططات البيانية ومناقشتها للوصول إلى النتيجة الهامة باقتراح العمر الاستثماري للزيت السوري المعدني 40 شاق المستخدم في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG.

الجزء الثاني:

فقد تضمن تجهيز سيارة نوع داتسون الموجودة لدى مخبر الآليات والمحركات في قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق بمنظومة لتحويل محركها البنزين للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG ليصبح محرك ثنائي الوقود Bi-fuel.

أهمية البحث وأهدافه

- يتوافق هذا البحث 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.
- يحدد هذا البحث في نتائجه العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط (محرك ثنائي الوقود) بعد تعديله من خلال منظومة تحويل محددة وبالتالي يمكن تعميم النتائج واعتبارها مرجعية على جميع محركات الاحتراق الداخلي العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط عند استخدام هذا الصنف من الزيت السوري 40 شاق.
- يحدد البحث تغير نسب ذرات المعادن المهترئة في المحرك من خلال الاختبارات المنجزة على زيوت محركات آليات التجارب الميدانية وبالتالي تعطي تصوراً لأثر استخدام الغاز الطبيعي المضغوط على المحرك (الحالة الفنية له).
- تم في هذا البحث تجهيز سيارة نوع داتسون الموجودة لدى مخبر الآليات والمحركات في قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق بمنظومة تحويل محركها البنزين للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG ليصبح محرك ثنائي الوقود Bi-fuel يمكن استخدامها في غايات بحثية علمية مستقبلية.
- الأهمية الاقتصادية في تحديد العمر الاستثماري للزيت المذكور وماله من انعكاسات مادية هامة في تقليص النفقات المصروفة في عمليات تبديل زيوت المحركات.

- الأهمية البيئية الناتجة عن تمديد فترة استخدام زيوت المحركات باستخدام الغاز الطبيعي المضغوط وبالتالي تخفيض كميات المخلفات السائلة من الزيوت المستهلكة.

طرائق البحث

تم في هذا البحث اعتماد الطريقة التجريبية العملية الميدانية والمخبرية من خلال مسير آليات التجارب الميدانية للمسافات الكيلو مترية اللازمة وأخذ عينات الزيت من محركاتها وإجراء التحاليل المخبرية اللازمة ثم جدولة النتائج بمساعدة برنامج معالجة الجداول الحاسوبي (Excel) ورسم المخططات البيانية المستنتجة منها للوصول إلى تحديد العمر الاستثماري للزيت السوري المعدني 40 شاق المستخدم في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG.

م. بشير المهندس محمد ماهر كلاس

الفصل الأول

الغاز الطبيعي

Natural Gas

ماجستير الهندسة الكيميائية ماهر كلاس

مقدمة

تاريخياً، لم يلق الغاز الطبيعي اهتماماً عالمياً مماثلاً للنفط، بل إن العثور على بئر غازي كان يعتبر فشلاً استكشافياً، وكان الشائع في حالة العثور على بئر غازي أن يتم غلقه إن لم يهجر تماماً، أما الغاز المصاحب لإنتاج النفط فكان يستخدم بالدرجة الأولى لأغراض العمليات الحقلية وما زاد عن ذلك يتم حرقه.

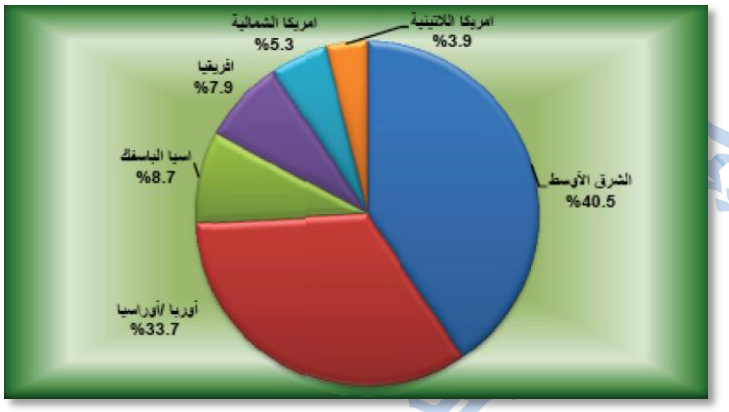
ولكنه منذ سبعينيات القرن الماضي، تضافرت العديد من العوامل لجذب الاهتمام العالمي وبشكل متزايد للغاز الطبيعي والنظر إليه كمصدر طاقة مستقل وليس كمنتج ثانوي للنفط ومن أهم تلك العوامل الإدراك العالمي لقضايا البيئة واستعادة الدول المنتجة للنفط سيطرتها على ثرواتها النفطية وتعديل أسعار النفط في عام 1973 وارتفاعها لاحقاً، هذا بالإضافة إلى وفرة الاحتياطيات المؤكدة من الغاز الطبيعي إثر اكتشاف حقول ضخمة من الغاز الحر بعيداً عن حقول النفط، كما قامت البلدان المستهلكة الرئيسية بدعم وتشجيع شركاتها الكبرى للاستثمار في مشاريع الغاز وفق سياستها الهادفة إلى تنوع الطاقة وتقليل اعتمادها على النفط بشكل عام ونفط الشرق الأوسط بشكل خاص، كما ساعد التقدم التكنولوجي على توسيع وتنوع استخدامات الغاز الطبيعي في كافة القطاعات خاصة في قطاع توليد الكهرباء، ليكتسب بذلك الغاز الطبيعي خلال السنوات الأخيرة قبولاً استثنائياً باعتباره الوقود المفضل لكثير من الاستخدامات.

1-1- احتياطي وإنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي عالمياً وعربياً

لقد عرفت صناعة الغاز الطبيعي تطورات كبيرة بكافة المقاييس وتعاظمت الأهمية الاستراتيجية لهذا الوقود لتلبية تزايد الطلب العالمي منه وأصبح يشكل بحدود 21% من موارد الطاقة في العالم عام 2009، وتقدر الاحتياطيات العالمية من الغاز الطبيعي عام2010 بحوالي187.1 تريليون متر مكعب، حيث تتركز أكثر من 53% من إجمالي احتياطي العالم في ثلاث دول هي: روسيا 23.9%، إيران 15.8%، قطر13.5%. إذ تحتل روسيا المرتبة الأولى على صعيد الاحتياطي المؤكدة من الغاز الطبيعي بواقع (44,8 تريليون متر مكعب)، تليها إيران (29,6 تريليون متر مكعب)، وجاءت قطر في المرتبة الثالثة (25,3 تريليون متر مكعب)، والسعودية في المرتبة الرابعة (8 تريليون متر مكعب)، وتركمانستان في المرتبة الرابعة مكرر باحتياطي مساو لاحتياطيات السعودية، والولايات المتحدة في المرتبة الخامسة (7,7 تريليون متر مكعب)، ثم دولة الإمارات العربية المتحدة في المرتبة السادسة (6 تريليون متر مكعب)، تليها فنزويلا في المرتبة السابعة (5,5 تريليون متر مكعب)، ونيجيريا في

المرتبة الثامنة (5,3 تريليون متر مكعب)، فالجزائر في المرتبة التاسعة (4,5 تريليون متر مكعب) والعراق في المرتبة العاشرة (4.1 تريليون متر مكعب)، وأستراليا في المرتبة الحادية عشر (3,2 تريليون متر مكعب).

أما بالنسبة لتوزيع الاحتياطيات حسب المناطق الجغرافية العالمية فإن الشكل رقم (1-1) يوضح ذلك حيث يحظى الشرق الأوسط بالنسبة العظمى 40.5%. [8]



الشكل (1-1) توزع احتياطيات الغاز الطبيعي حسب المناطق الجغرافية العالمية نهاية عام 2010

تمتلك الدول العربية مجتمعة حوالي 28% من إجمالي احتياطيات الغاز الطبيعي العالمية عام 2011، تتقدمها قطر بنسبة 46.6% من إجمالي احتياطيات الدول العربية، تليها السعودية 14.8%، فالإمارات 11.3%، والجزائر 8.3%، ثم العراق 5.8%، ومصر 4.1%، فالكويت 3.3%، وليبيا 2.8%، وتمتلك باقي الدول العربية النسبة المتبقية والبالغة 3%.

وبالرغم أن هناك 95 دولة منتجة للغاز في العالم عام 2010، فإن الإنتاج يتسم بدرجة عالية من التركيز نسبياً، حيث تسيطر أكبر دولتين منتجتين للغاز على حوالي 38% من الإجمالي العالمي وهما الولايات المتحدة الأميركية (19.3%) وروسيا(18.4%) عام 2010، وتستحوذ أكبر عشرة دول منتجة على 65% من الإجمالي العالمي بالإضافة إلى الدولتين أعلاه تضم القائمة كل من: كندا 5%، إيران 4.3%، قطر 3.6%، النرويج 3.3%، الصين 3%، السعودية 2.6%، هولندا 2.2%، والجزائر 1.1 %.[8]

وفي عام 2010 وصل إنتاج الغاز المسوق في العالم إلى 3.19 تريليون م^3 واستحوذت الدول العربية على 15% من الإجمالي العالمي، تتقدمها قطر بنسبة 23.9% من إجمالي إنتاج الدول

العربية تليها السعودية 18%، فالجزائر 17.3%، ومصر 12.6%، ثم الإمارات 10.5%، وعمان 5.6%، وشكلت باقي الدول العربية 12.1%.

وبلغ استهلاك الغاز الطبيعي في العالم 3169 مليار $م^3$، حيث تصدرت الولايات المتحدة الأميركية دول العالم باستهلاكها 21.7% من الإجمالي العالمي تليها روسيا بنسبة 13%، ثم إيران 4.3%، فالصين 3.4%، اليابان 3%، كندا3%، السعودية 2.6%، ألمانيا 2.6%، إيطاليا 2.4%، والمكسيك 2.2%.

وفيما يخص الدول العربية فقد استحوذت على 9.3% من إجمالي الاستهلاك العالمي من الغاز الطبيعي عام 2010، تتقدمها السعودية باستحواذها على 26.3%، تليها الإمارات 20%، ومصر 14.7%، فالجزائر 9.3%، وقطر 7.9%، ثم عمان 5.1%، والكويت 4.7%، واستحوذت باقي الدول العربية على النسبة المتبقية 12%.

وفي الثالث والعشرين من كانون الأول عام 2008، تأسس "منتدى الدول المصدرة للغاز"، ويضم المنتدى 12 دولة، هي: روسيا وقطر ومصر والجزائر وإيران وليبيا ونيجيريا وفنزويلا وبوليفيا وترينداد توباغو وغينيا الاستوائية وسلطنة عُمان. وتتمتع كل من النرويج وهولندا وكازاخستان ودولة الإمارات العربية المتحدة بصفة مراقب. تملك دول المنتدى مجتمعة ما يزيد على 70% من احتياطات العالم من الغاز الطبيعي، ويبلغ إجمالي إنتاجها السنوي نحو 40% من الإنتاج العالمي، إذ تسيطر على نحو 38% من الغاز المصدر عبر الأنابيب، ونحو 85% من صادرات الغاز المسال. يهدف المنتدى إلى تحديد حصص استخراج الغاز للتحكم برفع أسعاره والتركيز على تنفيذ مشاريع مشتركة في استخراج الغاز وصناعته، وطرق نقله إلى الأسواق الدولية.

1-2- أنواع الوقود الغازي المستخدم في محركات الاحتراق الداخلي

لقد تنوع استخدام الوقود في المحركات من الوقود التقليدي الديزل ووقود الغازولين (البنزين) الذي تطور من غازولين مرصص الحاوي على رابع إيتيل الرصاص (TEL) وذلك للتغلب على ظاهرة الصفع في المحركات، ونظراً لسميته وتأثيره السلبي على البيئة ظهر في أوائل الثمانينيات البنزين الخالي من الرصاص وذلك إما بعملية التحسين الوسيطي Reforming لتحويل النفثا الثقيلة إلى مكون غازولين عالي الأوكتان أو بعملية الأزمرة Isomerization لتحويل النفثا الخفيفة إلى مكون غازولين عالي الأوكتان، أو بإضافة مركبات كيميائية كحولية إلى الغازولين والتي تحوي الأوكسجين في صيغتها الكيميائية (وقود مؤكسج) مثل الإيثانول المستخلص من تخمير الكتلة الحية والميثانول

المستخلص من الغاز الطبيعي وذلك لرفع قيمة عدد الأوكتان في البنزين، ليظهر بعدها من خلال الأبحاث العالمية العميقة استخدام بدائل عن هذا الوقود التقليدي كالهيدروجين والخلايا الهيدروجينية والديزل الحيوي والكحول والمدخرات الكهربائية وغيرها من البدائل، وليبرز الوقود الغازي منافساً قوياً لأهم بدائل الوقود التقليدي نظراً لتوفره بكميات هائلة ولا يحتاج استخراجه إلى تقنية عالية إضافة إلى نقاوته وسهولة تداوله نسبياً ولاعتبارات بيئية مهمة متعلقة بالحد من التلوث الناجم عن الإصدارات الضارة المنبعثة من الاحتراق.

يندرج الوقود الغازي المستخدم في محركات الاحتراق الداخلي ضمن الأنواع الأربعة الآتية:

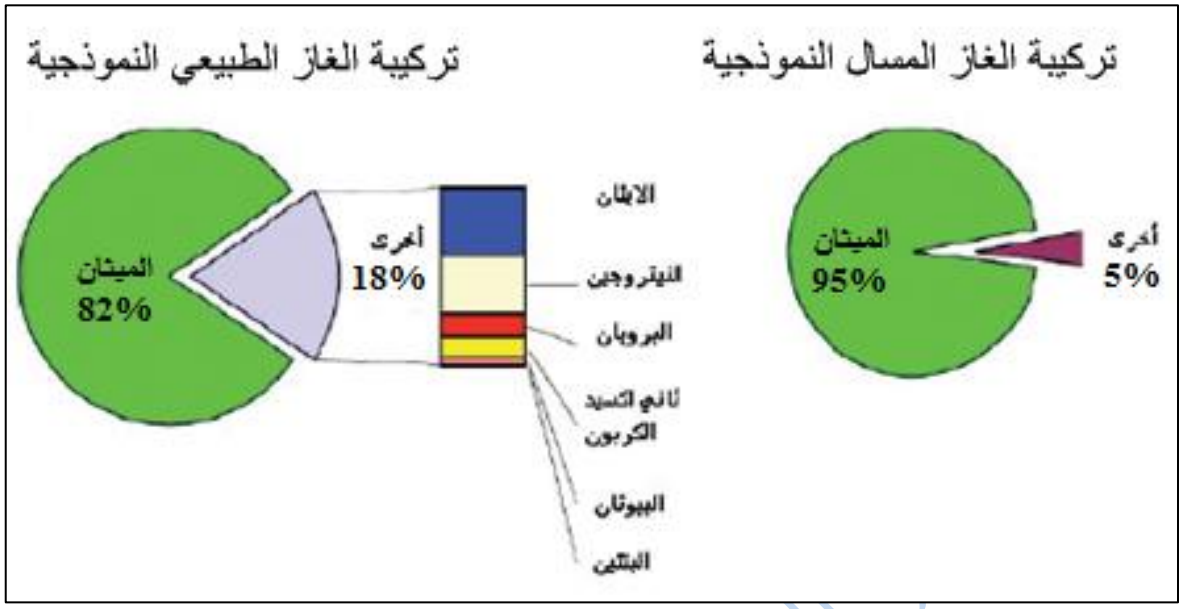
1-2-1- الغاز الطبيعي المضغوط (CNG)

يتم تعبئة هذا الغاز في السيارات بأسطوانات يزيد ضغطها عن 200 بار ويبقى فيها بحالته الغازية ويشكل الميتان النسبة العظمى من خليط الغازات المكونة له، يتم نقله بحالته الغازية هذه عبر الأنابيب (غاز الأنابيب).

1-2-2- الغاز الطبيعي المسال (LNG)

وهو عبارة عن غاز طبيعي تم تقليص حجمه بدرجة كبيرة بواسطة تقنية التبريد الشديد 161°C - بهدف تسييله أي تحويل الغاز من حالته الغازية إلى الحالة السائلة ليصبح حجم السائل 1/600 فقط من حجم الغاز، تبلغ القيمة الحرارية له (12859 kcal/kg) وتكون نسبة الميتان فيه من %(95-99) لذلك فهو وقود ثابت التركيب، تكون فيه مواصفات أداء المحرك مثالية، وسيكون حجم جهاز الوقود أقل مقارنة مع CNG إلا أن كلفته باهظة وأكثر تعقيداً وهو خطر جداً ويتطلب استخدامه محركات ذات تصميم خاص، ومن الجدير ذكره أن الغاز الطبيعي المسال هو بالدرجة الأولى تقنية أو طريقة وجدت لنقل الغاز الطبيعي لمسافات بعيدة بواسطة الناقلات وتخزينه للاستخدام لاحقاً وخصوصاً إمكانية استرجاع كميات مناسبة منه عند الحاجة الملحة للغاز في أوقات الذروة.

يبين الشكل رقم (1-2) التركيبة النموذجية لكل من الغاز الطبيعي CNG والغاز الطبيعي المسال LNG. [8]



الشكل (1–2) التركيبة النموذجية لكل من الغاز الطبيعي المضغوط CNG والغاز الطبيعي المسال LNG

1–2–3– الغاز البترولي المسال (LPG)

ويكون بالحالة السائلة تحت ضغوط منخفضة نسبياً حوالي 13كغ/سم^2 يتكون بشكل أساسي من البوتان والبروبان، وتقتضي المواصفات الأمريكية الناظمة لأنواع الوقود في المركبات (HD-5) أن تزيد نسبة البروبان عن 90% لاستعماله كوقود للسيارات.

1–2–4– الغاز المضغوط ذي الأصل المميع (LCNG)

وهو الغاز المضغوط الذي يمكن الحصول عليه من الغاز المسال في محطات LNG لذلك يتميز بالتركيب الثابت وبالتالي مواصفات أداء مثالية للسيارات التي تستخدم CNG كوقود.

يبين الجدول (1–1) مقارنة بعض الخواص بين الغاز الطبيعي المضغوط والغاز البترولي المسال والبنزين. [37] [38]

الجدول (1–1) مقارنة بعض الخواص بين الغاز الطبيعي المضغوط والغاز البترولي المسال والبنزين

نوع الوقود	الحالة	الوحدة	القيمة الحرارية (كيلوكالوري/وحدة)	معدل رقم الأوكتان	المزج المثالي هواء/وقود
بنزين C4 إلىC12	سائل	ليتر	8316	83÷98	14.5÷14.7
غاز بترولي مسال LPG/ C3H8	سائل	كغ	11220	89÷104	15.4÷15.5
غاز طبيعي مضغوط CNG/CH4	غاز	م^3	8986	120÷127	16.9÷17

1-3- مزايا الوقود الغازي (إيجابياته)

1- وقود نظيف للمحركات لاحتراقه احتراقاً كاملاً، ولا يخلف نواتج احتراق صلبة (رماد) عند حرقه، ولكونه خالي من الكبريت في معظم الأحيان.

2- جودة في عملية تشكيل المزيج إذ لا يحتاج إلى عملية تبخير بغرض مزجه وحرقه داخل الأسطوانة لأنه يبقى في حالته الغازية عند درجات الحرارة والضغط الطبيعيين، مما يقلل الضياعات والهدر.

3- قابلية استخدامه بديلاً عن الوقود السائل في المحركات.

4- قيمة حرارية عالية ورقم أوكتان مرتفع وبالتالي مقاومة صفع عالية مما يسمح بزيادة نسبة الانضغاط والاستطاعة في المحرك.

5- احتراق بخليط فقير نسبياً، حيث يحترق عند أقل قيمة لمعامل فائض الهواء وهذا يعني زيادة درجة حرارة الاحتراق وبالتالي زيادة كفاءة المحرك.

6- متوفر بكميات كبيرة ولا يحتاج استحصاله إلى تقنية عالية.

7- يتمتع باقتصادية إيجابية فهو أقل تكلفة من الوقود السائل وذلك تبعاً لواحدة الاستطاعة التي يعطيها. إذ أن واحد متر مكعب من الغاز الطبيعي المضغوط CNG يكافئ 1.05 ليتر من البنزين ويكافئ واحد ليتر من الديزل.

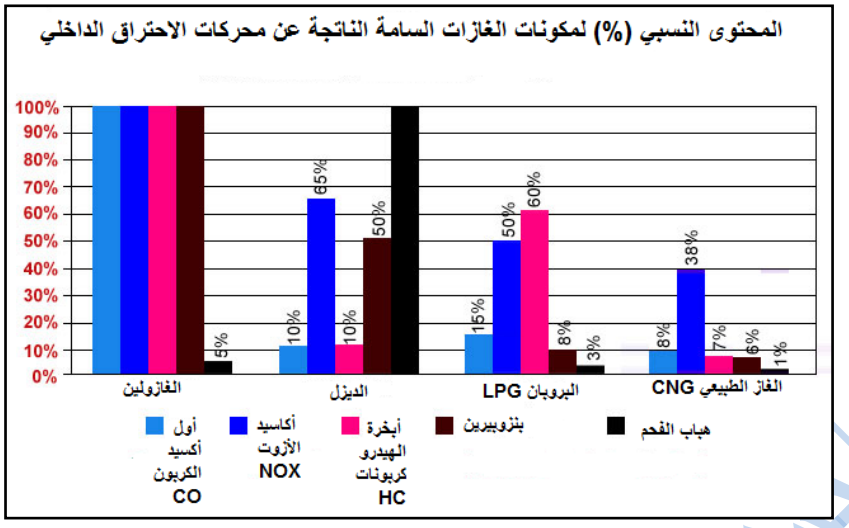
8- إطالة العمر الفني للمحركات بمعدّل %(45÷35) بالمقارنة مع محرك البنزين لانخفاض كلاً من الإجهادات الحرارية ونقصان تآكل جدران الأسطوانات لعدم وجود شوائب حمضية أو قلوية وقلة المخلفات داخل المحرك العامل على الغاز مقارنة بالمحرك العامل على الوقود السائل.[18]

9- نعومة أداء إذ يخفض مستوى الضجيج بحدود 2dB عن محرك البنزين. [18]

10- يزيد من فترة استخدام الزيت في المحرك. [18]

11- صديق للبيئة إذ يقلل من الانبعاثات الغازية الملوثة الناتجة عن الاحتراق مقارنة بالبنزين كما أنه لا يحتوي على الكبريت أو الرصاص فهو غير سام.

يبين الشكل (1-3) مقارنة للمحتوى النسبي % لمكونات الغازات السامة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي عند عملها على عدة أنواع من الوقود (بنزين – ديزل – بروبان – غاز طبيعي) كما يتضح فيه انخفاض حصة الغاز الطبيعي من تلك الملوثات الضارة بالبيئة وفق النسب التالية: [18]



الشكل (1–3) المحتوى النسبي % لمكونات الغازات السامة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي

- يخفض CO بحدود %(92)
- يخفض CO2 بحدود %(21)
- يخفض NOX بحدود %(62)
- يخفض HC بحدود %(93)

وإذا ما عدنا إلى معرفة نوعية وكميات الإصدارات الضارة المنبعثة من أساطيل السيارات العاملة على البنزين والديزل كما هو مبين في الجدول رقم (1-2)، يتسنى لنا من خلاله تقدير كميات التقليل من هذه الانبعاثات الضارة باستخدامنا الغاز الطبيعي بديلاً عن الوقود السائل. [6]

الجدول (1–2) أنواع وكميات الإصدارات الضارة المنبعثة من محركات البنزين والديزل

	محرك بنزين	محرك ديزل
الإصدارات	كغ/ طن بنزين	كغ/ طن ديزل
أول أكسيد الكربون	395	9
أكاسيد الآزوت	20	33
أكاسيد الكبريت	1.6	6
الكربوهيدرات	34	20
الألدهيدات، حموض عضوية	1.4	6
الجسيمات الصلبة(هباب فحم)	2	16

1-4- مساوئ الوقود الغازي (سلبياته)

1- صعوبة تخزينه ونقله بحالته الغازية إذ يتطلب ذلك خزانات كبيرة يمكنها الاحتفاظ بملايين الأمتار المكعبة من الغاز تحت ضغط عالٍ وتبقى كثافته عُشر (1/10) مما هي عليه بالنسبة

للنفط وهذا يعني أن أنبوب النفط يستطيع أن ينقل حوالي عشرة أضعاف ما ينقله أنبوب الغاز من قياس مماثل من الطاقة، بالإضافة إلى إمكانية تسربه من الخزانات والأنابيب والوصلات، لذلك يتم استخدام تقنية تسييله لتسهيل عملية نقله وتخزينه.

2- صعوبة تزويده للعربات في الشروط النظامية بسبب الطاقة الحجمية المنخفضة له نسبياً (في الشروط النظامية يزيد حجم الغاز بحوالي ألف ضعف عن حجم النفط للمحتوى نفسه من الطاقة) لذلك يتم ضغطه بشكل كبير.

3- بطيء سرعة انتشار اللهب، (يمكن إضافة الهيدروجين إلى CNG ليصبح HCNG مما يرفع سرعة انتشار اللهب ثمانية أضعاف ويقلل الانبعاثات الضارة ويزيد نسبة السعة الحرارية Cp/Cv).

4- انخفاض استطاعة وعزم المحرك بحدود 12%.

1-5- استخدام الغاز الطبيعي المضغوط CNG في قطاع النقل (المركبات)

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 (سيارات أجرة، حافلات، مركبات نقل ثقيلة، سيارات خاصة ومركبات متخصصة)، يبين الجدول رقم (1-3) تقديرات المراتب العالمية العشر الأولى للدول التي تمتلك أكبر عدد مركبات عاملة على الوقود الطبيعي المضغوط CNG. [36]

عالمياً:

- في هولندا 50% من مجموع السيارات العاملة فيها تم تحويلها للعمل على الغاز.
- في إيطاليا أكثر من 20% من السيارات تعمل بالوقود الغازي.
- في مدينة فيينا جميع حافلات نقل الركاب تعمل بالغاز.
- في الدانمارك 90% من الحافلات المخصّصة لنقل الركاب تعمل على الغاز.
- في فرنسا نصف المدن التي يتجاوز عدد سكانها الـ 200 ألف نسمة يستخدمون الغاز الطبيعي كوقود بديل، وكذلك فإن 50% من حافلات نقل الركاب تم تحويلها للعمل على الغاز الطبيعي.

- تُعد اليابان من أكثر دول العالم استهلاكاً للغاز الطبيعي، حيث هناك ما يزيد عن 90% من سيارات الأجرة فيها تعمل على الغاز الطبيعي، وفي طوكيو يعتبر استخدام الغاز إلزامياً على سيارات الأجرة. [11]

الجدول (1-3) ترتيب الدول العشر الأوائل بعدد السيارات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط لعام 2012

ترتيب الدول العشر الأوائل الأكثر بعدد السيارات العاملة على CNG لعام 2012 (مليون)			
1- إيران	3.30	6- الصين	1.50
2- الباكستان	3.10	7- إيطاليا	0.74
3- الأرجنتين	2.18	8- أوكرانيا	0.38
4- البرازيل	1.73	9- كولومبيا	0.38
5- الهند	1.50	10-تايلند	0.35
المجموع 17.25			

عربياً:

في مصر تقدر احتياطات الغاز الطبيعي حالياً بحدود 2.2 تريليون متر مكعب، وقامت بتطوير البنية التحتية للغاز الطبيعي بتوسيع شبكة أنابيب الغاز من 1000 كيلومتر إلى أكثر من 17000 كيلومتر. وفي عام1994 تأسست أول شركة لتحويل السيارات العاملة على البنزين للعمل على الغاز الطبيعي، وتمكنت خلال 8 سنوات من تحويل 48 ألف سيارة للعمل على الغاز الطبيعي، وهناك حالياً ست شركات لإنتاج الغاز الطبيعي المضغوط، و119 محطة لتعبئته، ونحو 176 ألف سيارة عاملة على الغاز الطبيعي المضغوط قيد الاستعمال 75% منها سيارات أجرة غالبيتها في القاهرة. وقد كان المفتاح الرئيسي لنجاح صناعة السيارات العاملة على الغاز الطبيعي في مصر هو حزمة حوافز مالية قدمتها الحكومة، منها إعفاء ضريبي لمدة خمس سنوات للشركات المنتجة للغاز الطبيعي المضغوط ورسوم تحويل مخفضة لأصحاب السيارات وسعر لشراء الغاز أدنى من سعر البنزين.

وحسب توقعات رابطة صانعي الوقود العالمية، فإن النمو السنوي للسيارات العاملة على الغاز الطبيعي سيكون بحدود 18%، أي سيكون هناك أكثر من 65 مليون سيارة عاملة على الغاز الطبيعي بحلول عام 2020، وهو ما يمثل نحو 9% من عدد المركبات العاملة في العالم، وأن هذه الزيادة من المتوقع أن تحدّ من الطلب العالمي على النفط.

وفي ظل هذا العدد الهائل للمركبات المختلفة في العالم والتي من المتوقع حسب التقديرات أن عدد السيارات سوف يزيد عن 1.5 مليار سيارة في العالم عام 2015 [6]، فإنه يمكن القول إن مسألة استخدام الغاز في قطاع النقل لا يزال في بداياته، وبشكل عام فإن تكاليف مركبات الغاز الطبيعي المضغوط أعلى بالمقارنة مع مركبات الغازولين أو الديزل، إضافة إلى أن المسافة القصوى التي تستطيع مركبات الغاز اجتيازها من غير الحاجة إلى إعادة التزود بالوقود هي أقصر بالمقارنة مع مركبات الغازولين حيث تقدر بحدود 150÷250 ميل، ويعزى ذلك بشكل أساسي إلى الطاقة الحجمية المنخفضة نسبياً للغاز الطبيعي وإلى تخزين أسطوانة الغاز ذات الضغط العالي على ظهر السيارة. على الرغم من ذلك تعتبر مركبات الغاز الطبيعي المضغوط CNG هي المهيمنة في مجال مركبات الغاز في العالم حالياً، ولا بد من التنويه هنا إلى تزايد استخدام الغاز الطبيعي المسال LNG وبخاصة في المركبات الثقيلة التي تتيح لها اجتياز مسافات أكبر قبل الحاجة للتزود بالوقود إلا أن نظام التغذية فيها أكثر تعقيداً ويحتاج إلى محركات ذات تصميم خاص.

وبالرغم من تلك المعوقات ينظر الكثيرون إلى الغاز الطبيعي على أنه تقنية رئيسية لمركبات الوقود البديل لاعتبارات بيئية حيث من المتوقع أن التقنيات المستقبلية ستخفض من انبعاثات مركبات الغاز الطبيعي المضغوط من غاز ثاني أكسيد الكربون. تشير المعطيات الحالية إلى صورة متفائلة وعصر ذهبي للطلب على الغاز الطبيعي على المدى البعيد في ظل القلق العالمي حول ظاهرة تغير المناخ حيث يعتبر الغاز مصدر طاقة نظيف نسبياً بالإضافة إلى المشاكل والتحديات التي تجابه مصادر الطاقة البديلة.

لقد صممت الآليات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG لتكون آمنة عند التشغيل والاستثمار وعند وقوع الحوادث، وقد سجل الغاز الطبيعي في المركبات سجلاً إيجابياً فيما يتعلق بالأمن والسلامة وذلك من واقع الاستخدام العملي للمركبات العاملة على الغاز في كل من إيطاليا وأمريكا ومصر، ولم يثبت فيها أن أنظمة الغاز كانت سبباً في الحرائق الناتجة عن حوادث الطرق، فإذا ما حدث تسرباً للغاز فإنه يتبدد في الهواء دون أن يشكل خطورة لأن مزيج الغاز الطبيعي مع الهواء لا يشتعل إلا بنسبة مزج محدودة جداً مقارنة بالبنزين والتي سنتحدث عنها بالتفصيل لاحقاً.

كما أن الحرارة المتولّدة عن احتراق الغاز الطبيعي في المحرك هي أقل من تلك الناتجة عن احتراق الوقود التقليدي، مما يؤدي إلى زيادة عوامل الأمان الناتجة عن عدم ارتفاع الحرارة في المحرك.

وقد جمعت في أمريكا بيانات مسح على 8331 آلية بمرافق متعددة تعمل آلياتها على الغاز الطبيعي المضغوط (NGVs)، حيث قطع أسطول هذه الآليات مسافة 178.3 مليون ميل، وتم بعدها مقارنة النتائج بنفس المسير لآليات تعمل على الغازولين فكانت النتائج التالية:

1- معدل أضرار أسطول الآليات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط NGVs أقل ب 37%.

2- عدد الضحايا أقل ب 31%.

3- سجل أسطول NGVs سبع حوادث حريق فقط كانت واحدة منها منسوبة مباشرة إلى فشل في نظام وقود الغاز الطبيعي المضغوط.

1-6- الغاز الطبيعي السوري

يبلغ الاحتياطي السوري من الغاز الطبيعي 700 مليار متر مكعب لعام 2009. أما ترتيبها عربياً فإن البيانات تكشف عن تصدر قطر القائمة بنحو 25636 مليار متر مكعب، تليها السعودية بنحو 7154 مليار متر مكعب، فالإمارات ثالثاً، والجزائر رابعاً، ثم العراق خامساً، مصر سادساً، فالكويت سابعاً، ليبيا ثامناً، وإذا ما تمت إضافة دول أخرى إلى الموازنة كالبحرين وتونس والمغرب واليمن والأردن، فإن ترتيب سورية يقفز إلى المرتبة الرابعة عشر.

1-6-1- مصادره

1- الغاز الطبيعي الحر: يتواجد في منطقتين أساسيتين هما حقول النفط في الجبسة (الحسكة) وحقول المنطقة الوسطى في حمص، حيث يتم تجميعه من الآبار في الحقول الغازية البعيدة عن معمل الغاز في محطة تشمل فاصل إنتاج وفاصل اختبار ويخرج إلى خط واحد إلى معمل الغاز أو محطات المعالجة.

2- الغاز المرافق للنفط: يستخرج من أماكن عديدة أهمها: حقول عمر (قرب دير الزور) وحقول الرميلان والسويدية، حيث يتم تجميعه من المحطات النفطية عبر ضواغط غازية تقوم برفع ضغطه إلى خطوط التجميع لإيصاله إلى معمل الغاز. [1]

1-6-2- معامل الغاز

تقوم بتحليل وتصفية ومعالجة الغاز من الشوائب حيث تتصل الآبار والمعامل بشبكة من الأنابيب لنقل الغاز الخام والغاز المعالج، حيث يدخل الغاز الطبيعي الخام Raw natural gas إلى عدة وحدات يتم من خلالها معالجة الغاز، وهذه الوحدات هي: [15]

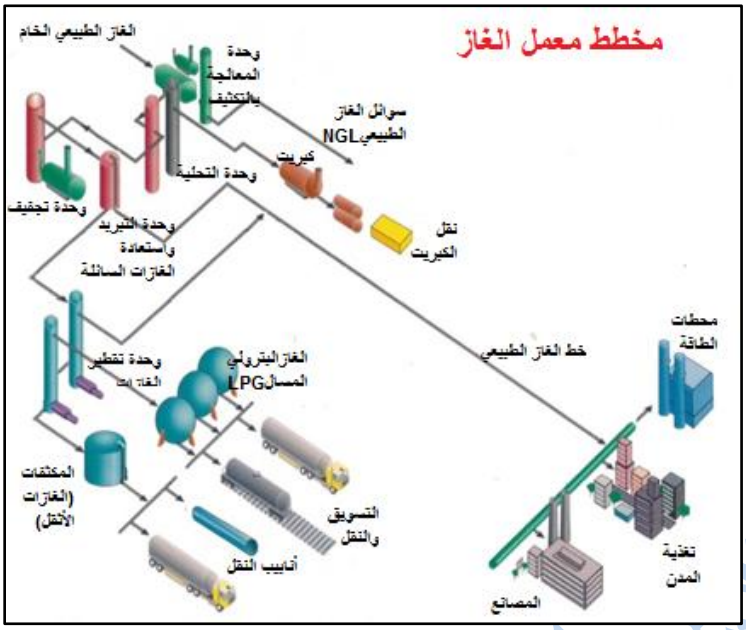
1- **وحدة التحلية Sweetening:** يتم فيها نزع غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز كبريت الهيدروجين السام والذي يسبب التآكل بدرجة كبيرة للمعدات والأنابيب وينتج عنه الكبريت الحر، ويجب ألا يتجاوز نسبة غاز كبريت الهيدروجين في الغاز المصدر في الخطوط 35PPM وفي بعض المعامل الصناعية تتطلب نسبة أقل بكثير كمعامل السماد. تتم تحلية الغاز الطبيعي بواسطة محلول مركب أميني كثنائي إيتانول الأمين، وتتألف وحدة التحلية بشكل رئيسي من أبراج التلامس وأبراج التنشيط.

2- **وحدة تجفيف الغاز الطبيعي Dehydration:** يتم نزع بخار الماء من الغاز للوصول إلى نقطة الندى المطلوبة والتي تعرف بأنها درجة الحرارة التي تتكاثف عندها أول قطرة من الماء. ويتم نزع الماء عن الغاز لتجنب تشكل الهيدرات وهي بلورات ثلجية مكونة من 90% ماء و10% هيدروكربونات تؤدي إلى إعاقة جريان الغاز وتوقفه أحياناً، خصوصاً في أماكن التضيقات كالصمامات. كما أن الماء يسبب التآكل للمعدات والأنابيب ويزداد ذلك بوجود غاز ثاني أكسيد الكربون، يجب ألا يتجاوز نسبة الماء في الغاز الطبيعي 7 باوند/ مليون قدم مكعب.

3- **وحدة استعادة السوائل الهيدروكربونية Refrigeration& gas/liquid separation:** تعمل على تكثيف المركبات الهيدروكربونية الثقيلة والتي تعرف بسوائل الغاز الطبيعي NGL وهي البروبان والمركبات الأثقل ويبقى الغاز الخفيف المكون من الميتان والإيتان بشكل رئيسي، ويتم فيها تبريد الغاز إلى درجات حرارة منخفضة جداً.

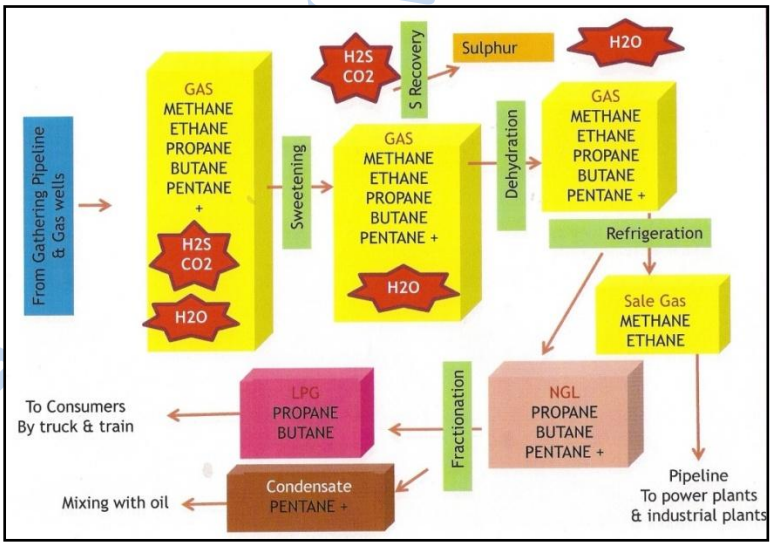
4- **وحدة تقطير المركبات السائلة المفصولة Fractionation :** ويتم فيها الحصول على منتجين الأول هو الغاز المنزلي السائل المكون من البوتان بنسبة 70% والبروبان والمركبات الأخف بنسبة 30% والمنتج الثاني هو المتكاثفات Condensate التي تضم البنتان والمركبات الأثقل ضمن المواصفات المطلوبة.

يبين الشكل رقم (1-4) مخططاً لمعمل الغاز بدءاً من دخول الغاز الطبيعي الخام مروراً بوحدات المعالجة المشروحة آنفاً وصولاً للمستهلكين من مصانع ومحطات كهرباء وغيره من خلال خطوط نقل الغاز بالأنابيب وشاحنات النقل والسكك الحديدية. [15]



الشكل (1–4) مخطط توضيحي لمعمل الغاز الطبيعي بوحدات المعالجة وخطوط النقل والمستهلكين

أما المخطط الصندوقي في الشكل رقم (1-5) فيوضح وحدات وعمليات معالجة الغاز في المعمل لتخليصه من الشوائب كغاز كبريت الهيدروجين وغاز ثاني أكسيد الكربون والماء وتجزيئه إلى منتجاته النهائية بالمواصفات المطلوبة من غاز طبيعي نظيف وغاز منزلي ومتكاثفات. [15]



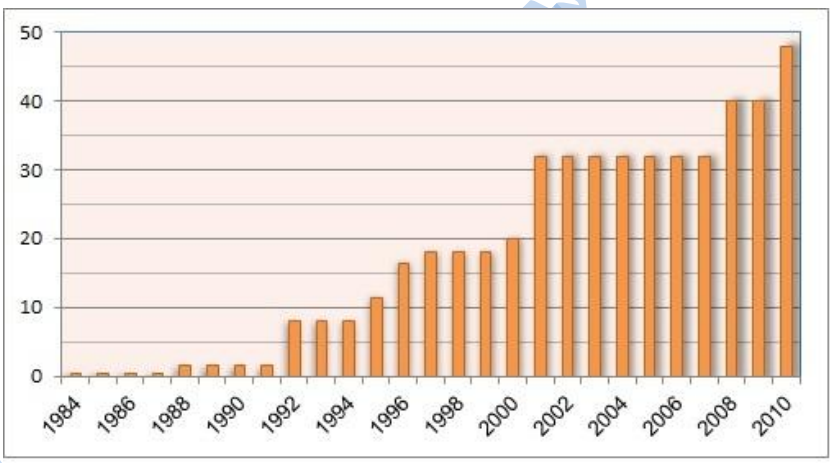
الشكل (1–5) مخطط صندوقي لوحدات وعمليات المعالجة في معمل الغاز

يبلغ عدد معامل الغاز في سوريا /10/ معامل منها /7/ تابعة للشركة السورية للغاز و/3/ عائدة لشركات مشتركة حكومية وأجنبية هي شركات الفرات وإيبلا وحيان للنفط. يبين الجدول رقم (1-4) الاستطاعة التصميمية لمعامل الغاز في سوريا. [15]

الجدول (1-4) توزع معامل الغاز في سوريا واستطاعتها الإنتاجية اليومية

المعمل	السويدية	محطة عودة	الجبسة	دير الزور	المنطقة الوسطى	**مجموع الاستطاعات**
الاستطاعة مليون م^3/اليوم	0.66	1.2	2.98	13	7.2	**25.04**
المعمل	جنوب الوسطى	شمال الحسين	العمر	إيبلا	حيان	
الاستطاعة مليون م^3/اليوم	7.5	2.7	5	2.8	4	**22**
الاستطاعة الكلية لمعامل الغاز مليون م^3/اليوم						**47.04**

يبين المخطط رقم (1-6) تطور الاستطاعات لمعامل الغاز في سوريا خلال السنوات من 1984 وحتى2010 حيث يبين الزيادة الواضحة في الاستطاعة خلال العقد الماضي. [15]

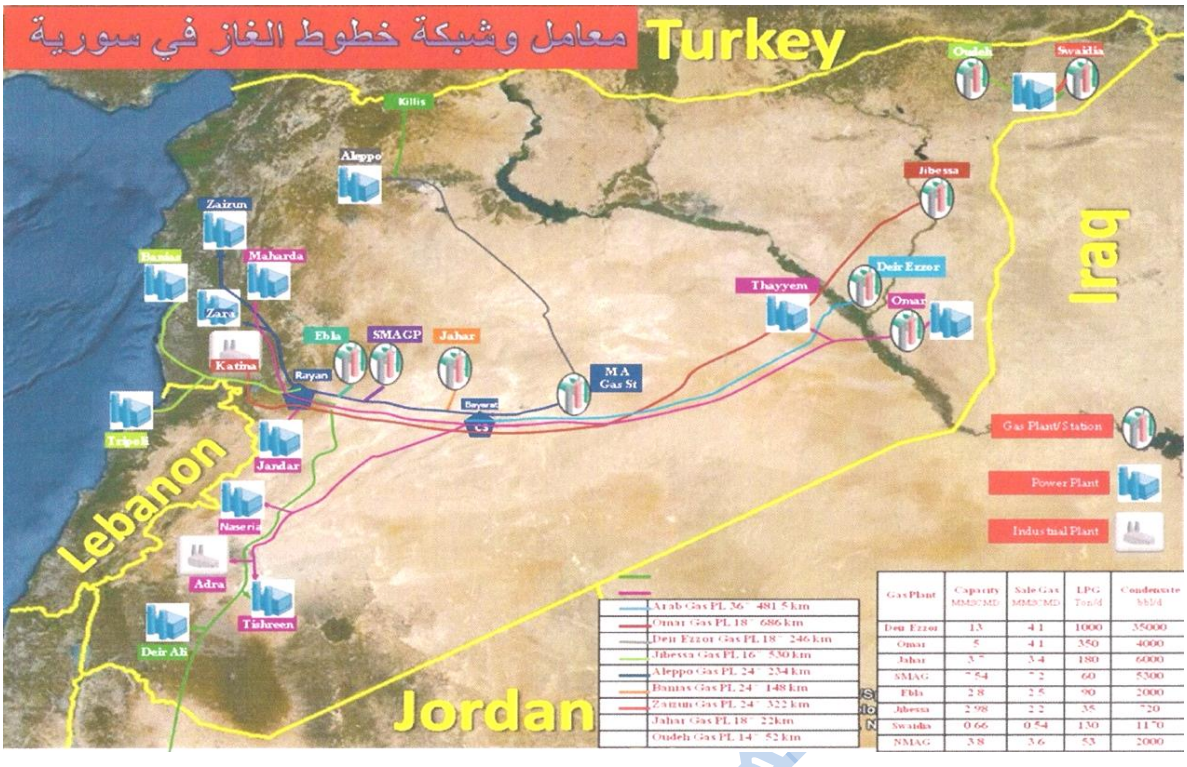


الشكل (1-6) تطور استطاعات معامل الغاز في سوريا مقدرة مليون م3/اليوم

ومن الجدير ذكره أن شركة "حيان" للنفط شركة مشتركة بين المؤسسة العامة السورية للنفط وشركة "اينا نفتا" الكرواتية. أما شركة " إيبلا " فهي شركة مشتركة بين الأولى والمجموعة الكندية "سانكور"

1-6-3- محاور شبكة الأنابيب الممتدة في سوريا (نظام نقل الغاز بالأنابيب)

يبلغ طول شبكة أنابيب الغاز الطبيعي الممتدة في جميع أنحاء سوريا 2500 كم، يبين الشكل رقم (1-7) توزع معامل وشبكة الغاز في سوريا حيث تم تنفيذ وتطوير خطوط نقل الغاز النظيف وفق الآتي: [15]

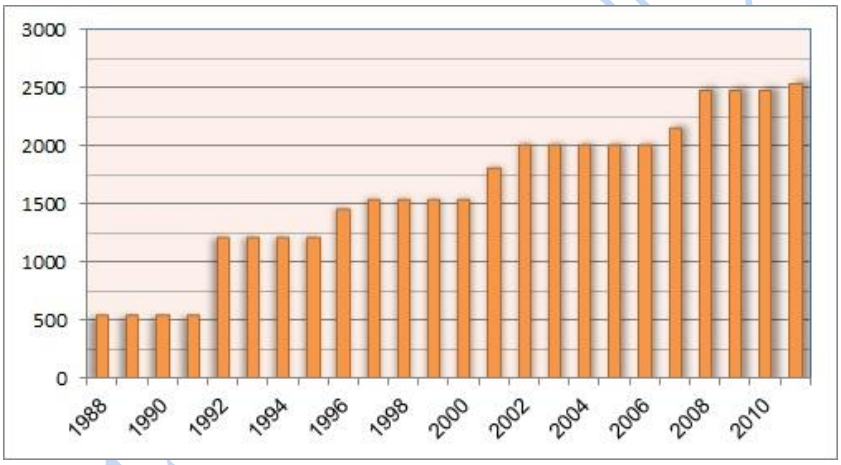


الشكل (1-7) توزع معامل وشبكة أنابيب الغاز الطبيعي في سوريا

- خط عام 1988 يغذي معمل السماد في حمص ومصفاة حمص ومعمل حديد الزارة (قطره 16"- طوله 530كم – باستطاعة 2.5 مليون م^3/اليوم).
- خط عام 1992 من معمل العمر إلى تدمر ويتفرع بعدها إلى فرعين: الأول باتجاه حمص – محردة ليغذي محطة جندر ومحطة محردة لتوليد الطاقة، والثاني باتجاه دمشق لتغذية محطتي الناصرية وتشرين لتوليد الطاقة. (قطره 18" – طوله 686كم – باستطاعة 4.2 مليون م^3/اليوم).
- خط عام 1996 من محطة عودة ليغذي محطة السويدية للكهرباء (قطره 14"- طوله52كم – باستطاعة 1.2 مليون م^3/اليوم).
- خط بين عامي1996-1997 الأراك – الزارة – زيزون ليغذي محطتي الزارة وزيزون للكهرباء (قطره 24" – طوله 322 كم – باستطاعة 6 مليون م^3/اليوم).
- خط عام 2001 من معمل دير الزور إلى تدمر ليلتقي مع خط العمر (قطره 18" – طوله 246كم – باستطاعة 4.2 مليون م^3/اليوم).
- خط عام 2002 الأراك – حلب (قطره 24"- طوله 234كم – باستطاعة 6 مليون م^3/اليوم).

- خط عام 2007 حمص – بانياس مع فرع إلى الدبوسية على الحدود اللبنانية (قطره 24"– طوله 146كم – باستطاعة 6 مليون م^3/اليوم).
- الخط العربي عام 2008 ضمن الأراضي السورية من الحدود الأردنية إلى حمص (قطره 36"– طوله 319كم – باستطاعة 10 مليون م^3/اليوم).
- الخط العربي 2011 القسم الآخر منه حلب – كلس على الحدود التركية بطول 59 كم.
- وأخيراً بدء تنفيذ خط أنابيب الغاز الذي يبلغ طوله حوالي 1800 كم من إيران إلى سوريا عبر العراق خلال العام 2012 (قطره 56"– باستطاعة 110 مليون م^3/اليوم).

يبين الشكل (1-8) مخططاً لتطور أطوال خطوط شبكة نقل الغاز النظيف في سوريا من عام 1988 وحتى عام 2011، حيث نرى التزايد المنتظم تقريباً كل خمس سنوات بمقدار 500 كم. [15]



الشكل (1–8) تطور أطوال شبكة أنابيب الغاز الطبيعي في سوريا (كم)

1-7- توجهات الحكومة السورية لاستخدام الغاز الطبيعي في مركبات النقل

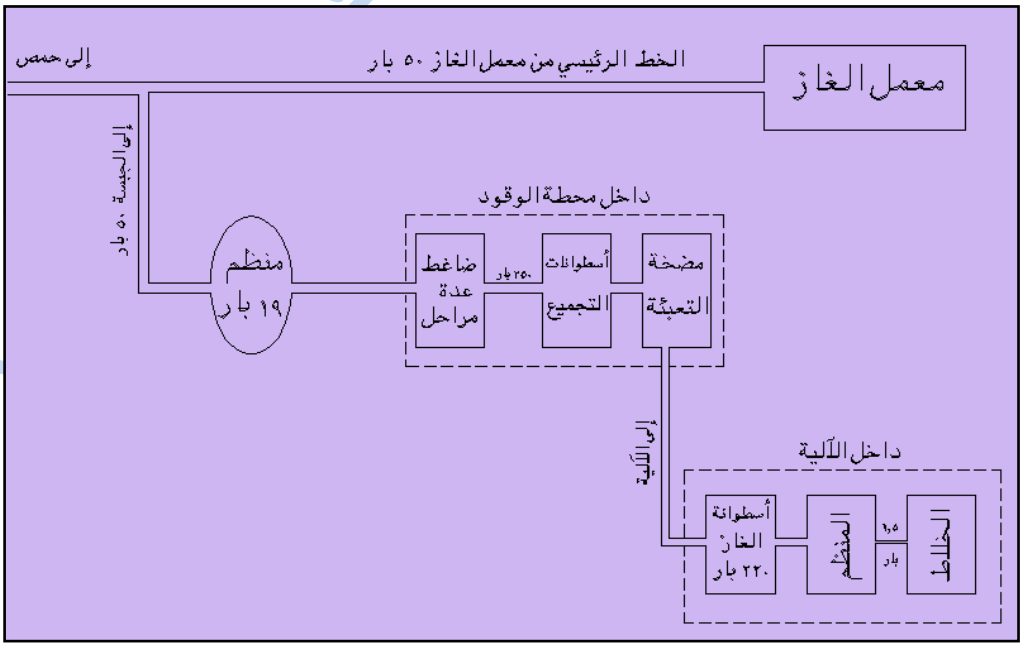
إذا أخذنا موضوع الغاز في سوريا بالأرقام نلاحظ أن وزارة الكهرباء تستهلك ما يصل إلى 78%من الإنتاج اليومي لصالح توليد الكهرباء، وتستهلك وزارة الصناعة 9% من الإنتاج اليومي لصناعة الإسمنت والأسمدة، أما وزارة النفط فتستهلك أكثر من 13% منه كوقود للمصافي والاستعمال الداخلي لإنتاج النفط والغاز وتوليد الكهرباء، أما الوزارات الأخرى وخصوصاً النقل فلا محل لها من الاستهلاك للغاز الطبيعي.

أطلقت الحكومة السورية المشروع الوطني لتشغيل السيارات باستخدام الغاز الطبيعي المضغوط CNG بعد أن أعدت وزارتا النفط والنقل عام 1989 دراسة مهمة في هذا المجال تتضمن: [9]

- تحويل /5000/ سيارة سياحية للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG.
- إنشاء /10/ محطات للتزويد بالغاز الطبيعي المضغوط.
- إحداث /3/ مراكز لتحويل السيارات للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط.

ثم صدر القرار رقم 185 تاريخ 2006/3/9 المتضمن تشكيل لجنة مؤلفة من عدد من المستشارين والمديرين المعنيين لإعادة إحياء مشروع استخدام الغاز كوقود في وسائط النقل.

يتوفر حالياً في سوريا محطة وحيدة لتزويد السيارات بوقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG والتي ولدت بعد نجاح تعاقد الشركة السورية للنفط مع الشركة النمساوية MF لإقامة هذه المحطة في حقول نفط الجبسة قرب محافظة الحسكة، تم خلالها حينئذ تغذية سياراتها البالغة 45 سيارة تم تحويلها في العام 1993 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، يبين الشكل رقم (1-9) مخططاً توضيحاً لمسار الغاز من المعمل إلى أسطوانة الضغط العالي في المركبة ثم إلى المحرك مروراً بمحطة التزود بوقود الغاز الطبيعي المضغوط الموجودة في حقول النفط الجبسة، ولابد من التنويه هنا أنه يمكن إنشاء أي محطة على محاور الشبكة دون أي تأثير. [15]



الشكل (1-9) مخطط مسار الغاز الطبيعي من معمل الغاز إلى المركبة

إن إقامة مشروع تحويل السيارات العاملة على البنزين للعمل على الغاز الطبيعي يستلزم تطبيقه في مدينة دمشق وريفها كمرحلة أولى، وبعدها يمكن تعميم التجربة لتشمل جميع المحافظات، على أن يتم تنفيذ المشروع وفق أحدث النظم والمعايير العالمية المتبعة في هذا المجال، وأن تكون مستوفية متطلبات الأمان والسلامة اللازمة لذلك، ويُقترح أن تكون المراحل وفق الترتيب الآتي: [9]

1- مرحلة إنشاء شبكة الأنابيب ومحطات وقود CNG:

يتطلب العمل إنشاء شبكة أنابيب رئيسة وثانوية مع كامل ملحقاتها لنقل كميات الغاز اللازمة للآليات، وذلك من شبكة نقل الغاز الحالية القريبة من دمشق، وإنشاء محطات في مدينة دمشق وريفها لتعبئة الآليات بالغاز الطبيعي المضغوط، والتي ستتغذى من التفريعات بحيث تؤمن هذه المحطّات المرونة الكافية لتزويد الآليات بالغاز. إن إنشاء هذه المحطات يستغرق 6 أشهر (مقارنة بالفترة الزمنية المنفذة في مصر).

2- مرحلة إنشاء ورشات التحويل:

يتضمن إنشاء ورشات لتحويل الآليات للعمل على الغاز المضغوط شريطة أن تحتوي هذه الورشات على التجهيزات اللازمة والمعدات الضرورية لإجراء عملية التحويل. علماً أن ثمَّة مراقبة سنوية يتم فيها فحص أجهزة التحويل للتأكد من الحالة الفنية للسيارة.

3- طرق التحويل:

يمكن تحويل السيارات القديمة والحديثة العاملة على البنزين للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG بعد إجراء التعديلات اللازمة على المحرك وتركيب منظومة خاصة سنأتي على ذكرها بالتفصيل. يتم تحويل سيارات الأجرة والسيارات الحكومية كمرحلة أولى للعمل في مدينة دمشق وريفها، وعند نجاح التجربة يتم تعميمها على بقية المحافظات السورية.

1-8- كفاءة محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز الطبيعي السوري

سبق أن أجريت أبحاث علمية على أداء محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز السوري وخلصت إلى ما يلي: [1]

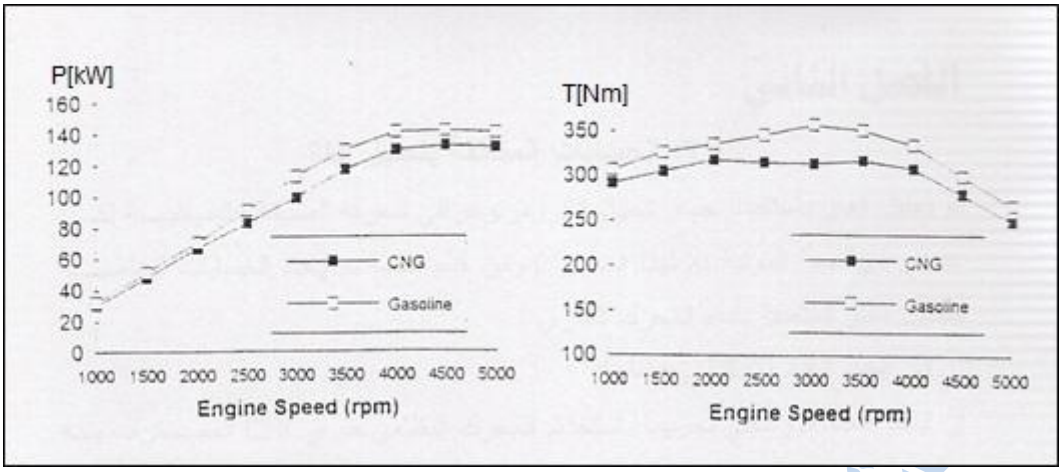
1- يمكن استخدام الغاز الطبيعي السوري المنتج من حقل عمر وحقول الجبسة وحقول المنطقة الوسطى وقوداً للسيارات التي تعمل على مبدأ الخلاط الغازي أو الحقن الغازي بمواصفات أداء مستقرة للمحرك وإن اختلاف التركيب الكيميائي على مختلف مراحل الإنتاج لهذا الغاز لن يكون له أثراً سلبياً على مواصفات الأداء للمحركات.

2- إن نسبة الميتان العالية ليست المعيار الوحيد الذي يحكم إمكانية استخدام الغاز الطبيعي المضغوط CNG كوقود للسيارات بل إن المعيار هو الانحرافات القليلة لرقم ووب عن القيمة المثالية (ويعبر رقم ووب Wo عن كمية الطاقة المسلمة للمحرك ويتم حسابه بتقسيم القيمة الحرارية الدنيا للوقود على الجذر التربيعي للكثافة النسبية له $Wo=LHV/\sqrt{\rho}$ واحدته MJ/m^3 وهذا الرقم على غاية كبيرة من الأهمية لأداء المحرك الغازي وللحصول على الأداء الجيد يجب ثباته بتغير التركيب الكيميائي للغاز مع الزمن).

3- أفضلية الغاز الطبيعي المنتج من حقول الجبسة في استخدامه كوقود للسيارات بسبب عدد الأوكتان المرتفع له وأفضلية رقم ووب النظامي الذي يضمن استقرار أداء المحرك، ولانخفاض الكثافة النسبية له التي تمنع تشكل الهيدرات (وهو مركب مائي هيدروكربوني يتكون في خطوط الغاز عند انخفاض الضغط ودرجة الحرارة مما يقلل من معدل تدفق الغاز في الخط).

4- يجب تسخين الغاز في منظم الضغط إما من دارة تبريد المحرك أو عن طريق مقاومة كهربائية حتى لو ضمنا عدم تشكل الهيدرات لأن هبوط الضغط الحاد يؤدي إلى خروج الغاز بدرجة حرارة منخفضة جداً وقد سجلت هذه الدرجة فعلاً في منظم التمدد بمرحلة واحدة بدون تسخين فكانت - 110 م°، إن هذه الدرجة المنخفضة جداً تؤذي الحجاب المرن في المنظم بشكل خاص ولاحقاً تؤذي المواد التي صنعت منها ملحقات جهاز الوقود بشكل عام لأن الفولاذ وغيره من المعادن التي تتعرض لدرجة حرارة منخفضة ستكون أكثر قابلية للهشاشة.

5- تنخفض الاستطاعة والعزم بحوالي %(10÷12) في وقود CNG عنه في البنزين وهذا ما يتفق مع نتائج بحوث شركة فورد المبينة في الشكل (1-10) حيث تكون الاستطاعة الأعظمية للمحرك عندما يعمل على CNG هي 138KW عند سرعة دوران توافق 4250rpm، وتكون عندما يعمل على البنزين 145KW عند سرعة دوران 4000rpm، أما العزم الأعظمي للمحرك عندما يعمل على CNG فهو 320Nm عند سرعة دوران للمحرك 3500rpm، وتكون عندما يعمل على البنزين 375Nm عند سرعة دوران للمحرك 3000rpm. [1]



الشكل (1-10) مقارنة تغير الاستطاعة والعزم بين وقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG ووقود الغازولين

6- عدد الأوكتان العالي لوقود CNG السوري ويساوي 107 مما يضمن زيادة نسبة الانضغاط إلى حدود واسعة دون حدوث الطرق (يمكن زيادتها حتى 13:1). [1]

7- نسبة الهواء إلى الوقود المثالية $(A/F)_{stoich}=16.9\div17$

8- باعتماد نسبة الانضغاط نفسها وللحصول على العزم المكبحي نفسه فإنه يجب زيادة زاوية تسبيق الاشعال ما بين (10÷20) درجة لوقود CNG السوري وبالتالي نحصل على توقيت الاشعال الأمثل.

لتحقيق مواصفات الأداء الأفضل للمحرك لدى تشغيله على الغاز ولضمان تقليل الاصدارات الملوثة إلى حد كبير ينبغي تحقيق ما يلي: [1]

- تشغيل المحرك في الوضعية الأقرب إلى الخليط الغني مما يحقق الاستطاعة العظمى.
- إعادة تدوير غازات العادم EGR من خلال صمام يتم التحكم به لإدخال كمية قليلة من غازات العادم إلى الخليط المجهز للاحتراق داخل أسطوانات المحرك لتخفيض درجة حرارة الاحتراق الأعظمية وبالتالي تخفيض أكاسيد الآزوت الضارة NO_X إلى أكثر من 90%.
- يتمتع الوقود الغازي بميزة الاحتراق وتشغيل المحرك على الخلائط الفقيرة حيث يمكن إفقار الخليط حتى 30% (ولهذا ميزة اقتصادية تتجلى بتقليل استهلاك الوقود وأخرى بيئية بتقليل أكاسيد الآزوت الملوثة)، ولا يمكن استغلال هذه الميزة إلا بتغيير نوعية شمعات الاحتراق المستخدمة في المحرك البنزيني بأخرى تستطيع تأمين طاقة أعلى بين القطبين قادرة على إشعال الخلائط الفقيرة للمزيج الغازي.

1-9- تعديلات المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط

1-9-1- معايرة وضبط أداء المحرك ذي الوقود الغازي

أ- دراسة أداء جهاز الإشعال

يقوم جهاز الإشعال بتأمين الحرارة الكافية لحرق الخليط المتشكل في حجرة الاحتراق في اللحظة المواتية من مسار الدارة، إن درجة الحرارة المعنية يجب أن تكون أعلى من درجة إشعال الوقود الموجود في المحرك ويتم تأمينها من خلال شرارة تنطلق بين قطبي شمعة الاحتراق، إن درجة الإشعال تختلف من وقود لآخر تبعاً للخواص الفيزيائية لذلك الوقود.

يبين الجدول (1-5) درجة إشعال أنواع مختلفة من الوقود الغازي وقد أعطي البنزين للمقارنة، وذلك في وسط ضغطه مساوياً الضغط الجوي وفي وسط آخر ضغطه بحدود 30 ضغط جوي وهو المقارب للشروط السائدة أثناء الاحتراق في المحركات ذات الإشعال بالشرارة. [1]

الجدول (1-5) درجة الإشعال لعدة أنواع من الغازات مقارنة مع الغازولين

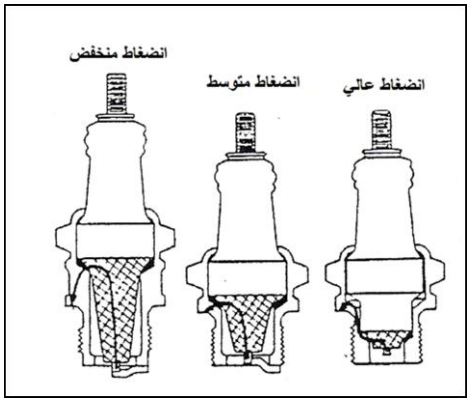
نوع الوقود	درجة الإشعال م° عند الضغط الجوي العادي	درجة الإشعال م° تحت الضغط 30atm
الميتان	680-745	656
الإيتان	530-605	405
البروبان	510-580	370
البوتان النظامي	475-550	355
البنتان النظامي	475-550	355
الايزوأوكتان	-	275
البنزين العادي(أوكتان 80)	460	285

- يعتبر الغاز الطبيعي المضغوط CNG أقل ميلاً للاشتعال في الأوساط الحارة بسبب درجة الاشعال الذاتية العالية والمجال الضيق من قابلية الاشعال %(15÷5)، إذ أنه لن يحترق بتركيز أقل من 5% أو أعلى من 15% عندما يختلط مع الهواء، أما الغازولين والديزل فإنهما يحترقان بتركيز أكثر انخفاضاً ويشتعلان بدرجات حرارة أقل، وهذا ما يبينه الجدول رقم (1-6).

الجدول (1-6) مقارنة عدة خواص حرارية بين الغاز الطبيعي والغازولين والديزل

الخواص	الديزل	الغازولين	الغاز الطبيعي
حدود قابلية الاشعال (الحجم% في الهواء)	0.6÷5.5	1.4÷7.6	5÷15
درجة حرارة الاشعال الذاتي (°F)	446	572	842
الطاقة الأصغرية للإشعال في الهواء(10-6 BTU)	0.23	0.23	0.27
درجة حرارة رأس اللهب (°F)	3729	3591	3423

- بما أن درجة إشعال الغاز الطبيعي أعلى بكثير من درجة إشعال البنزين، يتطلب ذلك زيادة الطاقة الحرارية الواجب نشرها من شمعة الاحتراق في المحرك العامل على الغاز الطبيعي لتأمين درجة الإشعال العالية.
- تؤكد الدراسات أن فرق التوتر المطلوب لعمل شمعة الاحتراق يجب زيادته بحدود 100% عما هو في البنزين، مما يستدعي تأمين نسبة أعلى في فرق التوتر بين ملفات الوشيعتين الأولية والثانوية. يتم اللجوء أحياناً إلى تقليل مسافة الثغرة بين قطبي شمعة الاحتراق كي تساهم في تقليص فرق التوتر الواجب تأمينه.
- يمكن تغيير نوعية شمعات الاحتراق باختيار نوعية قادرة على تصريف الحرارة حتى لا يكون القطبان مصدراً لإشعال الوقود قبل أوانه وذلك تبعاً لنسبة الانضغاط المؤثرة على درجة حرارة الشحنة، يبين الشكل (1-11) ثلاثة أصناف لشمعات الاحتراق تم اعتمادها بموجب نسبة الانضغاط وذلك لتأثير هذه الأخيرة على درجة حرارة الشحنة، وتتمايز فيما بينها بطول المسار الذي تسلكه الحرارة المكتسبة من حجرة الاحتراق وبالتالي مقدرتها على تصريف الحرارة والتخلص منها. [1]



الشكل (1-11) أصناف شمعات الاحتراق تبعاً لنسبة الانضغاط

ب- دراسة توقيت الاشتعال (زاوية تسبيق الاشتعال)

لا يقتصر الأمر على دراسة واقع شمعة الاحتراق وحسب بل يجب أن يشمل توقيت الاشعال لدى تحويل المحرك من بنزيني ليعمل على الغاز الطبيعي المضغوط، وبدون أدنى شك فإن إيجاد التوقيت الأمثل يستدعي تحديد الزاوية المثلى أو التوقيت الأنسب وهي أصغر زاوية تسبيق الموافق لأعظم عزم (MBT) وهذه الزاوية لا تبقى ثابتة بل تتغير تبعاً لكل من السرعة والحمولة، ولذلك أضيف منظم السرعة ومنظم الحمولة (المنظم الفراغي) لضبط الزاوية بحيث تبقى في حدود القيم المثالية المطلوبة، يتم زيادة هذه الزاوية بحدود (10÷20) درجة عن حالة البنزين.

1-9-2- منظومة تحويل المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG

إن التنوع الكبير في أنواع المحركات والآليات يفرض من الناحية التصميمية على مصممي الأجهزة الغازية الملحقة أن تكون مرنة بحيث يمكن تركيبها لتتلاءم مع هذا الكم الهائل من الآليات المتوفرة، إلا أن هذا يصطدم أمام سوق استهلاك المحركات الغازية المحدود نسبياً والذي لا يشجع الشركات الصانعة على تخصيص نفقات للتطوير والبحث وإجراء التعديلات الخاصة التي تتطلبها تلك النماذج من المحركات.

أما من الناحية الاستثمارية فإن عملية التوافق بين المحرك بتصميمه القديم على الوقود السائل وبين الوقود الغازي الجديد تتم عادة في مواقع لا تملك التجهيزات اللازمة للمعايرة الصحيحة فضلاً عن محدودية المعرفة بأداء المحرك بما يحقق الفائدة المثلى.

تتألف منظومة تغذية المحرك البنزيني بالغاز الطبيعي المضغوط CNG من الأجزاء التالية:

1- خزان وقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG: عبارة عن أسطوانات لها أربعة نماذج مبينة في الشكل (1-12). [19]

- **النموذج الأول:** أسطوانة معدنية بالكامل من الفولاذ الخلائطي أو الألمنيوم، ثقيلة الوزن إلا أنها رخيصة الثمن نسبياً.
- **النموذج الثاني:** أسطوانة مؤلفة من بطانة معدنية سميكة للتقوية ومغلفة بطوق من ألياف زجاجية أو كربونية تغطيها طبقة من الراتنجات الليفية العازلة واللاصقة، تتحمل بالتساوي كلاً من البطانة والألياف الإجهادات الناتجة عن ضغط الغاز داخل الأسطوانة، أقل وزناً ولكن أكثر كلفة.



الشكل (1-12) مقطع عرضي لنماذج أسطوانات الغاز الطبيعي المضغوط CNG

- **النموذج الثالث:** أسطوانة مؤلفة من بطانة معدنية رقيقة مغلفة بألياف زجاجية أو كربونية حول الخزان بالكامل تغطيها طبقة من الراتنجات الليفية العازلة واللاصقة، تتحمل البطانة إجهادات قليلة، وزنها أقل ولكنها مكلفة. يبين الشكل(1-13) توضيحاً لهذا النموذج.

- **النموذج الرابع:** أسطوانة مؤلفة من بطانة بلاستيكية (البولي إتيلين الخاص المقاوم للتآكل) مغلفة بألياف زجاجية أو كربونية حول الخزان بالكامل تغطيها طبقة من الراتنجات الليفية العازلة واللاصقة، وزنها خفيف ولكنها غالية الثمن جداً.

تتنوع سعات وأحجام الأسطوانات لتتوافق مع أنواع السيارات المختلفة كالتالي:

1- أسطوانة غاز بسعة 16 م^3 (للسيارات الخاصة والأجرة).

2- أسطوانة غاز بسعة 24 م^3 (للشاحنات الخفيفة).

3- أسطوانة غاز بسعة 40 م^3 (للحافلات الصغيرة والشاحنات المتوسطة).

4- أسطوانات سعتها حوالي 110 م^3 (لحافلات النقل العام الكبيرة والشاحنات الثقيلة).



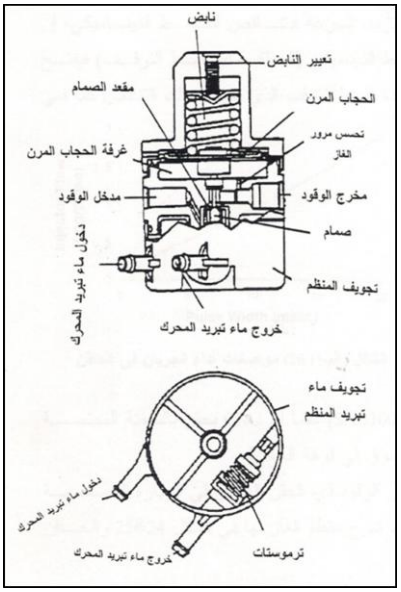
الشكل (1-13) بنية أسطوانة الغاز الطبيعي من النموذج الثالث

تعمل الأسطوانة بضغط ما بين (250÷200) بار، مزودة بصمام فتح وإغلاق وصمام أمان يقطع الغاز في حالات الطوارئ، وقد صممت أسطوانات الغاز الطبيعي المضغوط لتتحمل إجهادات التعب الناتجة عن التفريغ وإعادة التعبئة بمعدل ست مرات يومياً وبعمر خاص ما بين (25÷15) سنة، على أن يتم مراقبتها وفحصها كل ثلاث سنوات أو 36000 ميل. وقد ذهبت فيدرالية أمان الآليات والمحركات(Federal Motor Vehicle Safety Standards303&304) بوضع معايير الاختبارات القياسية للمعامل إلى ما بعد عوامل التشغيل العادية والأضرار اللاحقة بالأسطوانة نتيجة الخدمة، بأن تتحمل الأسطوانة اختبارات الشعلة النارية والمقدرة على ممانعة اختراق 30 طلقة نارية بدون أن تتصدع أو تتمزق أو تتشقق، واختبار دورة الضغط الهيدروليكي، ودورة الضغط في درجات الحرارة المنخفضة، واختبار التأثيرات البيئية للعناصر المحيطة، واختبارات صدمة السقوط والسحب (الجر) والتحطم الهيدروليكي والاهتزاز وغيرها. [35]

2- منظم الضغط (المخفّض) Regulator (Reducer)

يخفض الضغط القادم من الخزان 220 بار إلى ضغط قريب من الضغط الجوي على 3 مراحل حيث يتم تسخينه من دارة تبريد المحرك لحماية الغشاء المرن (الجزء الرئيسي فيه) ومعدن المنظم من خطر درجات الحرارة المنخفضة جداً الناتجة عن انخفاض الضغط الكبير.

إن منظم الضغط المبين في الشكل رقم (1-14) من إنتاج شركة فورد لسيارة مصممة خصيصاً للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط [1]، حيث يستخدم التمرير الجانبي للغاز الذي يتدفق فيه وهذا يهدف بالدرجة الأولى إلى عزل الحجاب المرن من التماس المباشر مع الغاز ذو درجة الحرارة المنخفضة، يتم التلامس بين الحجرة الحساسة للحجاب المرن والغاز المتدفق عن طريق قناة صغيرة، إن هذا العزل يحقق ثلاث فوائد:

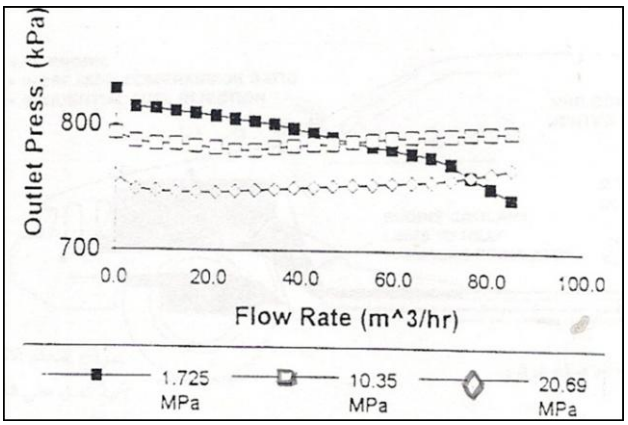


الشكل (1-14) مقطع لمنظم ضغط غاز طبيعي مضغوط

- يعتبر بمثابة حاجز حراري يحمي الحجاب المرن من درجات الحرارة المنخفضة جداً.
- إن الحجاب المرن يتحرى تناقص الضغط الديناميكي فيزيد سرعة الغاز وفق معادلة برنولي:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gZ = Const$$

عند زيادة حد السرعة يتناقص حد الضغط لأن المجموع يجب أن يبقى ثابت عند تدفق الوقود تزداد السرعة فيتناقص الضغط الديناميكي، إن الحجاب المرن يتحسس تغيرات الضغط الديناميكي (المعاكسة لضغط التوقف) فيفتح الصمام بنسبة أكبر مما يؤدي إلى زيادة ضغط التوقف الذي يعوض ذلك التناقص كما في الشكل رقم (1-15).



الشكل (1-15) انخفاض الضغط في المنظم كتابع لتدفق الغاز

- تخميد نبضات الضغط الناتجة عن عمل الحاقن في نظام الحقن الالكتروني للوقود.

3- خلاط الغاز/هواء Air/gas mixer

وهو الجزء الذي يحقق المزج الصحيح المثالي هواء/غاز بالنسبة الثابتة وفق الشروط المتغيرة للحمل والسرعة. وهذه النسبة تختلف حسب نوع الوقود كالتالي:

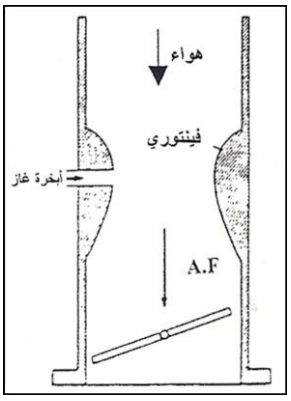
A/F = 14.5 ÷ 14.7 لوقود البنزين

A/F = 16.9 ÷ 17 لوقود الغاز الطبيعي CNG

A/F = 15.4 ÷ 15.5 لوقود الغاز البترولي المسال LPG

ويمكن تقسيم الخلاطات المستخدمة في المحركات الغازية إلى أربعة أنواع وذلك حسب العنصر من المزيج (الهواء أو الوقود أو الخليط) الذي يتعرض للمقايسة:

- الخلاطات التي تعتمد على مقايسة كمية الهواء المشكلة للخليط القابل للاحتراق أو ما يسمى بالخلاطات ذات الصمامات الهوائية Air Valve Mixer.
- الخلاطات التي تعتمد مقايسة كل من الوقود والهواء على انفراد لضبط تركيز الخليط.
- الخلاطات المجمعة أو الخلاطات الخانقة Injector Mixer.
- الخلاطات التي تعتمد على مقايسة الوقود لتشكيل الخليط اللازم والتي تعرف بالخلاطات ذات قناة فينتوري Venturi Style Mixer وهي الأكثر انتشاراً واستخداماً لبساطة تصميمها، والخلاط كما في الشكل (1-16) عبارة عن مقطع عرضي متقارب متباعد شبيه بما هو معروف في المفحمات المألوفة، وهنا يتم نقل تغيرات الضغط التي يتعرض لها التيار والتي تأخذ مكانها في عنق القناة إلى منظم خاص مركب على خط الوقود المار عبر الاختناق والمتوجه إلى أسطوانات المحرك. [1]



الشكل (1-16) مقطع في خلاط فينتوري

يبين الشكل (1-17) نماذجاً متعددة من الخلاطات التي تعتمد على مبدأ فينتوري وتختلف فيما بينها وفق شكل عنق المغذي التي يتوضع عليه الخلاط أو حسب توضع الخلاط في مجرى السحب لدارات الحقن الالكتروني للبنزين. [32]



الشكل (1-17) نماذج متعددة لخلاطات غاز فينتوري

4- أنبوب غاز ضغط عالي: يصنع من الفولاذ الكرومي الخاص المقاوم للتآكل وينقل الغاز الطبيعي المضغوط من الأسطوانة إلى المنظم بضغط عالي مساو تقريباً لضغط الغاز في الأسطوانة.

5- **خرطوم غاز ضغط منخفض:** يتدفق فيه الغاز الطبيعي الخارج من المنظم بضغط قريب من الضغط الجوي ليصل إلى الخلاط بضغط السحب الناتج عن الأسطوانات.

6- صمام قطع /وصل وقود كهربائي: يتم من خلاله قطع تدفق البنزين عن المحرك عند التشغيل على الغاز الطبيعي المضغوط، وقطع الغاز الطبيعي عن المحرك عند التشغيل على البنزين كما هو مبين في الشكل (1-18). [32]



الشكل (1-18) صمام قطع/ وصل كهربائي

7- وحدة تحويل نوع الوقود المزدوج: يتوضع في مقصورة القيادة ويتم من خلاله التحكم بصمامات قطع/ وصل الوقود كهربائياً، ويدمج في أغلب الأحوال بمبين مستوى الغاز في أسطوانة الغاز الطبيعي المضغوط.

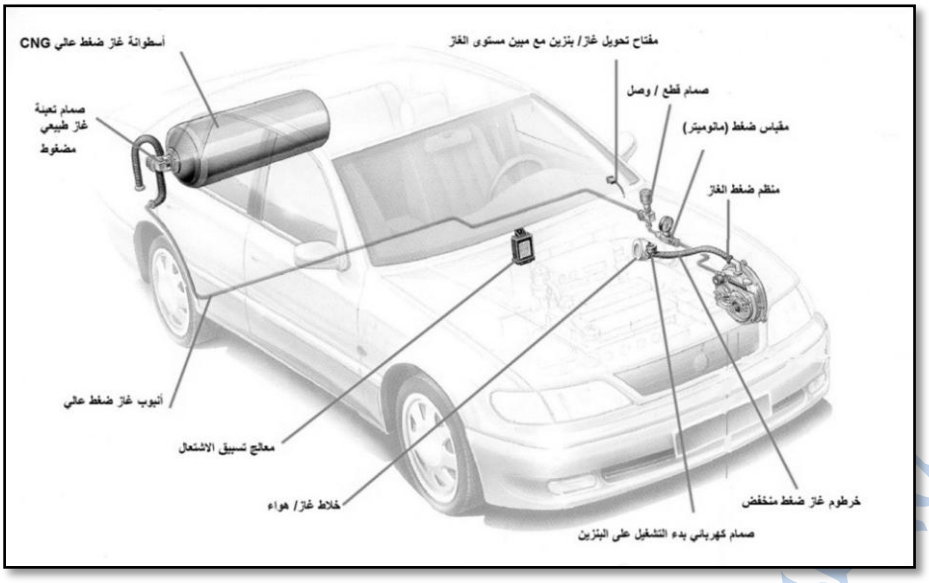
8- معالج التحكم بتسبيق الشرارة الإلكتروني: يبدل تسبيق الشرارة إلكترونياً عند التشغيل على الغاز الطبيعي المضغوط ويخزن زاوية تسبيق الشرارة الأساسية ويعيدها عند كل عودة للعمل على البنزين، إذ أن زيادة زاوية تسبيق الاشتعال عند التشغيل على الغاز(ذو الأوكتان العالي) عما هو عليه في البنزين يحسن من أداء المحرك.

هناك عدة حالات لمنظومة تحويل السيارة ذات المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG (لتصبح محرك ثنائي الوقود Bi- fuel)، مما يتطلب أجزاء إضافية أساسية تبعاً لنظام وقود البنزين في السيارة نذكرها من خلال الحالات الثلاث التالية:

1- منظومة الغاز الطبيعي المضغوط لسيارة بنظام تغذية تقليدي (المفحم-الكاربوريتر)

Natural gas system for vehicles with carburetor.

يبين الشكل (1-19) أجزاء هذه المنظومة المشروحة آنفاً ووضعها على السيارة. [32]



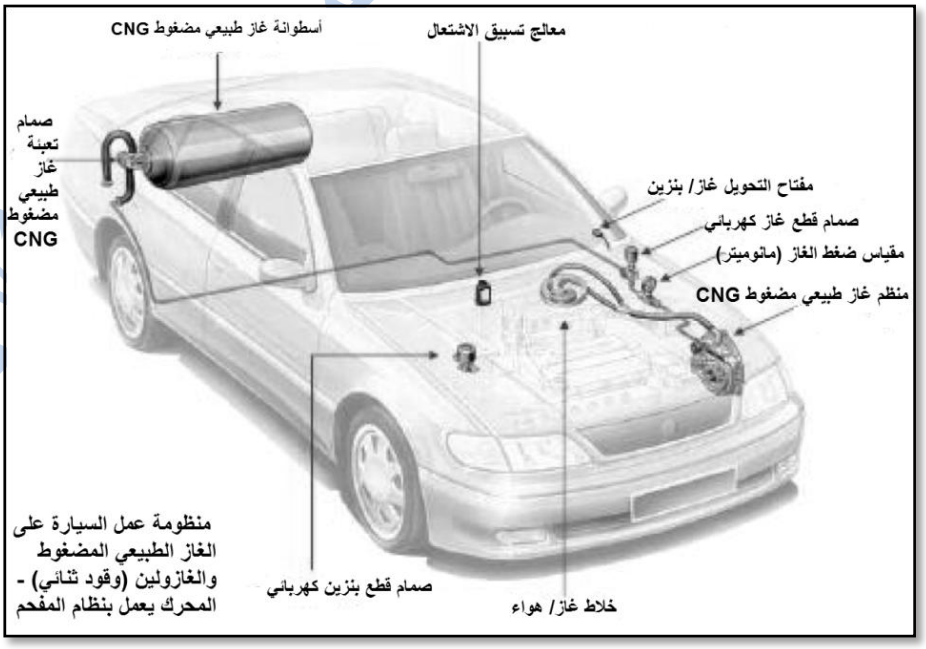
الشكل (1–19) منظومة الغاز الطبيعي لسيارة تعمل على المفحم لوقود لبنزين

2- منظومة الغاز الطبيعي المضغوط لسيارة بنظام حقن إلكتروني للوقود

Natural gas system for vehicles with electronic injection.

يوضح الشكل (1–20) أجزاء هذه المنظومة المذكورة بالتفصيل آنفاً حيث يضاف إليها:

صمام كهربائي لبدء التشغيل على البنزين والذي يوضع في خط الغاز المنخفض ما بين المنظم والخلاط، يعمل على قطع جريان الغاز الطبيعي عند بدء التشغيل على البنزين.[32]

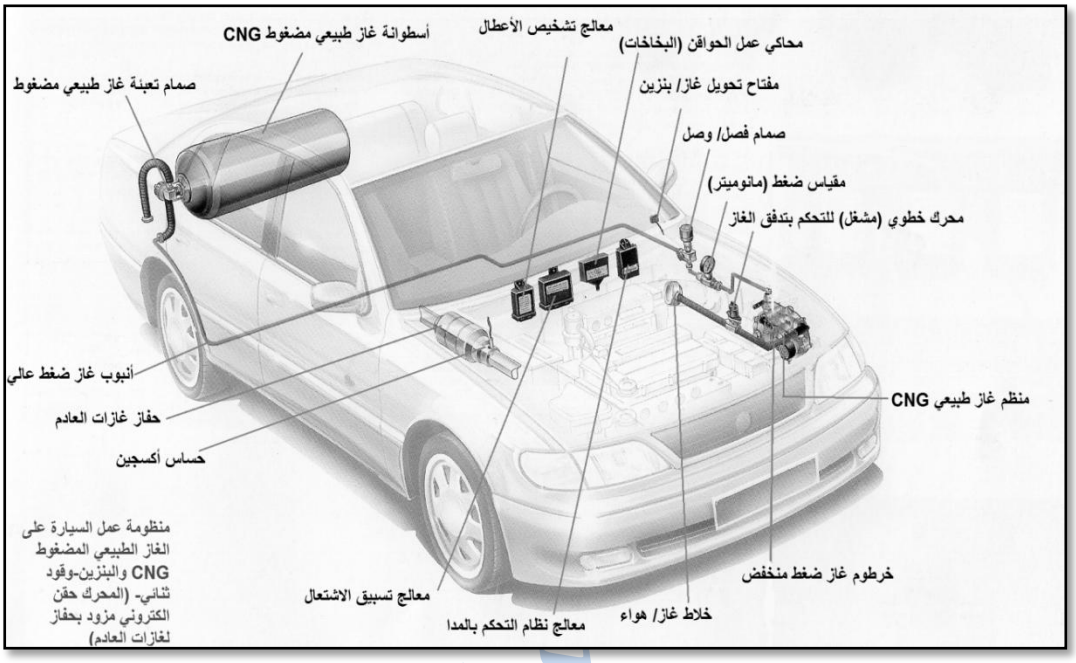


الشكل (1–20) منظومة الغاز الطبيعي لسيارة تعمل على الحقن الإلكتروني للبنزين

3- منظومة الغاز الطبيعي المضغوط لسيارة بنظام حقن إلكتروني للوقود ومزودة بحفاز لغازات العادم.

Natural gas system for vehicles with electronic injection and catalytic muffler.

يبين الشكل (1-21) أجزاء هذه المنظومة حيث يضاف إلى الأجزاء السابقة الذكر ما يلي: [32]



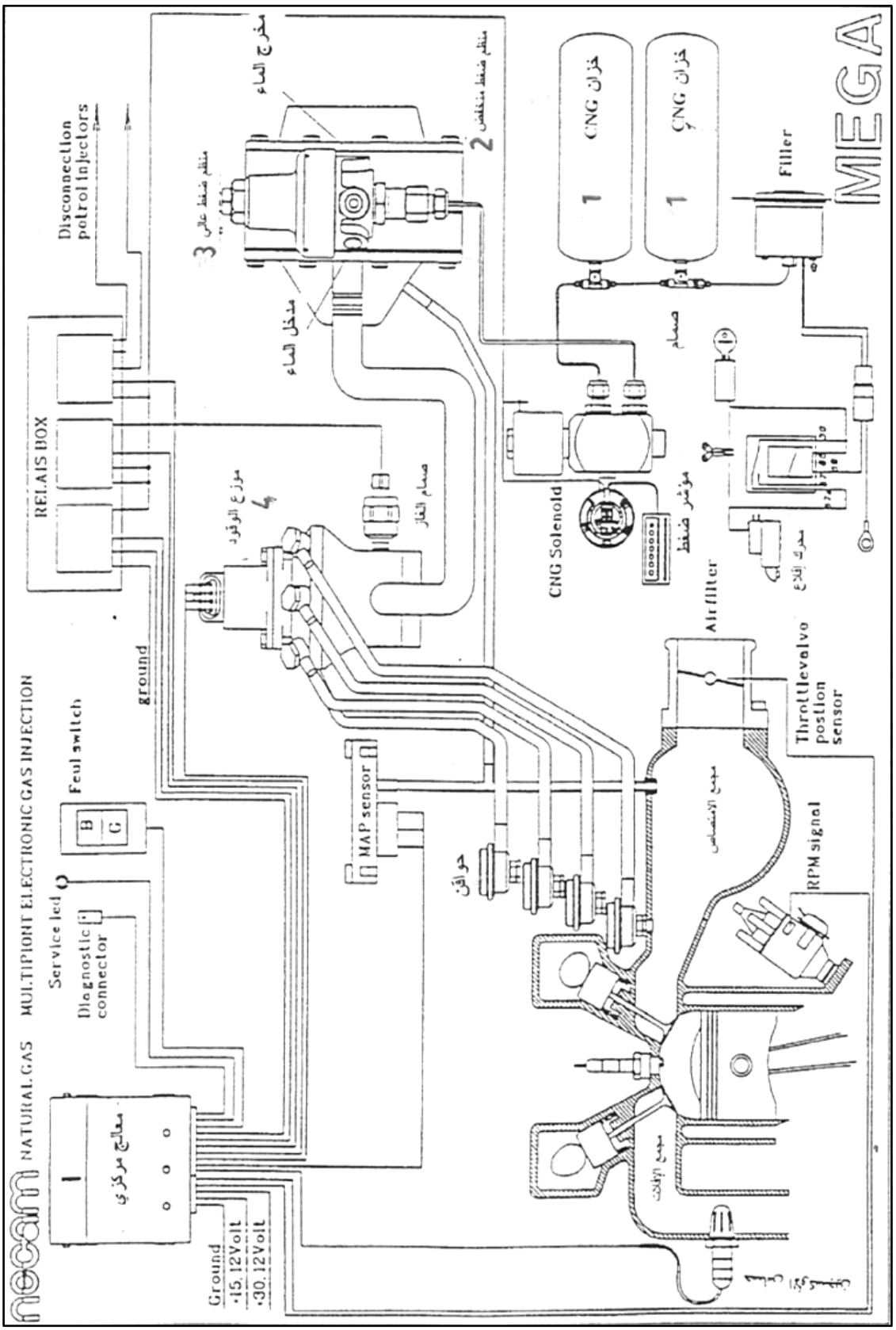
الشكل (1-21) منظومة الغاز الطبيعي لسيارة تعمل بالحقن الإلكتروني للبنزين ومزودة بحفاز لغازات العادم

- نظام التحكم باللامدا Lamda control system: وهو نظام إلكتروني يدير المزج المثالي للغاز الطبيعي مع الهواء في الخلاط للسيارات المزودة بحساس الأكسجين (حساس اللامدا) ويحاكي الإشارة الصادرة عنه، يحقق هذا النظام النسبة الصحيحة لخليط الغاز والهواء من خلال مشغل يوضع في مجرى الغاز ما بين المنظم والخلاط (مجرى السحب)، يتكيف هذا النظام مع الظروف البيئية المتغيرة الناتجة عن استثمار السيارة ويتحكم بأجهزة الأمان المتعددة عند العمل على الغاز، يتألف هذا النظام من:
- الحاسوب Computer: وهو جزء لا يتفاعل مباشرة مع وحدة التحكم الإلكترونية للبنزين ECU، بل يعمل بشكل منفصل ومستقل إذ يعالج الإشارات الآتية من حساس الأكسجين، دخل دارة الاشعال، إشارة زاوية صمام كتلة الخانق، ليحقق النسبة الصحيحة لخليط الغاز والهواء في جميع ظروف عمل المحرك من خلال التحكم بالمشغل الموضوع على مجرى السحب.

- المشغل Actuator: يوضع في مجرى السحب ما بين المنظم والخلاط وهو عبارة عن جهاز إلكتروني يعمل من خلال محرك خطوي كهربائي يتم التحكم به عبر الحاسوب ليحافظ على النسبة الصحيحة لخليط الغاز والهواء في جميع ظروف عمل المحرك.
- محاكي الحواقن Injectors emulators: جهاز إلكتروني يقطع البنزين عن الحواقن الكهربائية عند التشغيل على الغاز ويحاكي إشارة الحواقن مع الإشارات الأخرى.
- محاكي تشخيص الأعطال OBD Emulators: خلال التشغيل على الغاز يتفاعل هذا الجهاز الإلكتروني مع الأعطال الموجودة في وحدة التحكم الإلكترونية ECU الخاصة بالبنزين، ويحاكي الإشارات الضرورية لتجنب أخطاء فشل عمل المحرك الناجمة عند العمل على الغاز، وبالتالي يجنب وحدة التحكم الإلكترونية للبنزين من الانسياق في الأخطاء المضللة والزائفة.

يأتي الغاز الطبيعي المضغوط من الأسطوانة عبر صمام الأمان إلى مقصورة المحرك عبر أنبوب الضغط العالي والذي يتصل أيضاً بصمام التعبئة. تحتوي مقصورة المحرك على المنظم الذي يخفض ضغط الغاز من 220 بار إلى ضغط التزويد للمحرك، يخرج الغاز من المنظم إلى الخلاط الموضوع في أنبوب السحب والذي يحافظ على النسبة المثالية لخليط الغاز والهواء من خلال الحاسوب الذي يتفاعل مع الإشارة الآتية من حساس اللامدا (حساس الأكسجين) بشكل مستمر ويتكيف بنسبة تدفق الغاز إلى الهواء من خلال المشغل ذو المحرك الخطوي الإلكتروميكانيكي. يسمح الحاسوب بالتحويل تلقائياً (أوتوماتيكيا) للعمل على البنزين عند نفاذ كمية الغاز الطبيعي المضغوط من الأسطوانة من خلال مفتاح التحويل بين الغاز والبنزين، كما يقطع الغاز عبر صمام قطع/وصل الغاز ذو الضغط العالي.

أخيراً يوضح الشكل (1-22) دارة منظومة عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط CNG مع تحكم بحقن الغاز إلكترونياً، يتم هذا التحكم بواسطة معالج صغري مركزي Microprocessor الذي يحاكي إشارة الحواقن والحساسات. ينطلق الغاز من الاسطوانات1 بضغط 200 بار في طريقه إلى مخفض الضغط 2 حيث ينخفض ضغطه إلى 8.5 بار ومن ثم يذهب إلى منظم الضغط 3 الثنائي المراحل وبعدها يتوجه إلى موزع الغاز 4 الذي يقوم بتوصيل الغاز عبر أقنية إفرادية إلى الحواقن الموزعة على أسطوانات المحرك المركبة بجانب صمام الامتصاص، وهكذا يلتقي الهواء مع الغاز بالقرب من فوهة صمام الامتصاص ويدخلان معاً إلى الاسطوانة. [1]



الشكل (1–22) منظومة عمل محرك على الغاز الطبيعي المضغوط CNG مع تحكم بحقن الغاز إلكترونياً

نستخلص مما تقدم في هذا الفصل أن توفر الغاز الطبيعي السوري باحتياطي مقبول مقارنة بالأنواع الأخرى من الوقود الغازي وإمكانية استخدامه كوقود في محركات الاحتراق الداخلي بكفاءة ومزايا بيئية واقتصادية إيجابية على الرغم من بعض سلبياته مما يرجحه كوقود بديل في المرتبة الأولى، وهذا ما يتوافق مع توجهات الحكومة السورية الحثيثة لادخال الغاز الطبيعي في قطاع النقل وإمكانية ذلك لتوفر البنية التحتية من خلال الإحصائيات المذكورة سابقاً المبينة لمصادره ومعامله باستطاعاتها الإنتاجية وامتداد شبكة أنابيبه في معظم أراضي الجمهورية العربية السورية مما يتيح إنشاء محطات تزويد السيارات بالغاز الطبيعي المضغوط في أي نقطة من نقاط الشبكة دون أي تأثير وبتكاليف منخفضة نسبياً، كما أن استهلاك الغاز الطبيعي عند تحويل السيارات للعمل عليه لا تستهلك من استطاعات معامل الغاز إلا الشيء اليسير نسبياً.

م. أحمد المهندس محمد ماهر كلاس

الفصل الثاني

زيوت محركات الاحتراق الداخلي المعدنية

Internal Combustion Engine Mineral Oils

مقدمة

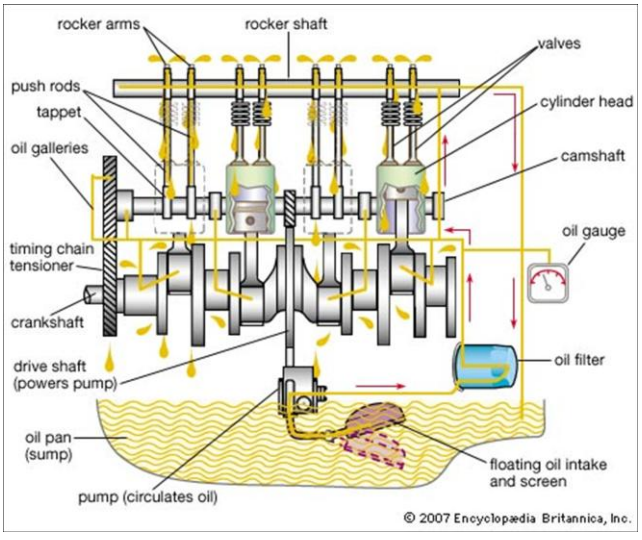
أدى التطور الكبير في تصميم محركات الاحتراق الداخلي إلى زيادة قسوة ظروف التشغيل التي تتعرض لها هذه المحركات، مما استدعى إجراء تطوير مستمر مواز للزيوت بهدف تأمين عمل المحركات بشكل فعال ولفترة طويلة من الزمن، لذلك بذلت كلاً من الشركات الصانعة للمحركات وتلك المنتجة للزيوت في السنوات الأخيرة جهوداً مستمرة 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.

تعتبر الزيوت المعدنية (Mineral Oils) من أهم الزيوت المستخدمة في التزليق، والزيوت المعدنية 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.

2-1- أنماط التزييت في محرك الاحتراق الداخلي Lubrication regimes

تؤمن دارة التزييت في محركات الاحتراق الداخلي التزييت اللازم للأجزاء المتحركة والمنزلقة على بعضها والتي تتجسد في المناطق الرئيسية من المحرك الواردة أدناه والمبينة في الشكل (2-1):

- حركة المكبس في الأسطوانة.
- دوران محامل العمود المرفقي على مضاجعه.
- دوران النهاية الصغرى لذراع التوصيل على محور المكبس والنهاية الكبرى على العمود المرفقي
- دوران محامل عمود الحدبات على مضاجعه.
- حركة الحدبات على ذيل الصمام.
- حركة ساق الصمام في دليله.



الشكل (2-1) دارة التزييت في محرك الاحتراق الداخلي

لدى حركة جسم ما فوق آخر تظهر قوى مقاومة تدعى بقوى الاحتكاك الجاف تحاول عرقلة الحركة، يقوم الزيت بتشكيل طبقة رقيقة (Oil film) تفصل بين السطحين ويحوّل تلك المقاومة إلى ما يسمى بقوى الاحتكاك الرطب. والمعلوم أن قوة التماسك المتبادل بين جزيئات الزيت ومادة السطح المزيت أكبر من قوة التماسك بين جزيئات الزيت نفسه، ولهذا تتكون على سطح المعدن طبقة رقيقة متينة من الزيت تمنع الاحتكاك الجاف، وبما أن معامل الاحتكاك بين طبقات الزيت أصغر بعشرات المرات من معامل الاحتكاك الجاف فإن الطاقة اللازمة للتغلب على قوى الاحتكاك عند استعمال الزيت تنخفض بشكل كبير.

يتكون الاحتكاك الرطب لدى حركة سطحين منزلقين من أجزاء المحرك بفضل طبقة الزيت الرقيقة المتشكلة بالضغط المطبق بينهما، وتحدد أنماط التزييت في مناطق الاحتكاك من خلال النسبة بين سماكة تلك الطبقة الرقيقة من الزيت h إلى خشونة السطوح Ra (ولنأخذ مثالاً عنها محامل مقاعد الأعمدة Journal bearing) على النحو التالي:

2-1-1- التزييت الحدي Boundary lubrication (h<Ra)

يكون في هذا النمط من التزييت التماس ثابتاً بين السطحين المتحاكين عند النقاط العالية (النتوءات البارزة) من خشونة السطحين، ويتصف التزييت الحدي بمعامل احتكاك مرتفع (ضياعات كبيرة في الطاقة) مما يزيد من الاهتراء في معادن السطوح ويؤدي إلى الالتصاق (الإصلاء) بين المحامل ومضاجعها في المحركات، كما يتسم بعدم تجانس في القوى المطبقة على المحامل (تمركز الضغط في القمم) مما يسبب انهياراً حاداً فيه. لذلك فإن هذا النمط من التزييت غير مرغوب به على الإطلاق.

يتحقق شروط التزييت الحدي في محركات الاحتراق الداخلي بشكل رئيسي عند الاحتكاك بالسرعات البطيئة (بدء الإقلاع ونهاية دوران المحرك) وفي الحمولات العالية له. ومن الجدير ذكره أن التزييت الحدي يعتمد على ثلاثة مبادئ:

الامتزاز[1] الفيزيائي، الامتزاز الكيميائي، والتفاعل الكيميائي.

[1] الامتزاز (الادمصاص) Adsorption: هو ظاهرة تجمع جزيئات أو ذرات أو أيونات لمادة معينة غازية أو سائلة يطلق عليها المادة الممتزة على سطح مادة أخرى صلبة مسامية يطلق عليها المادة المازة.

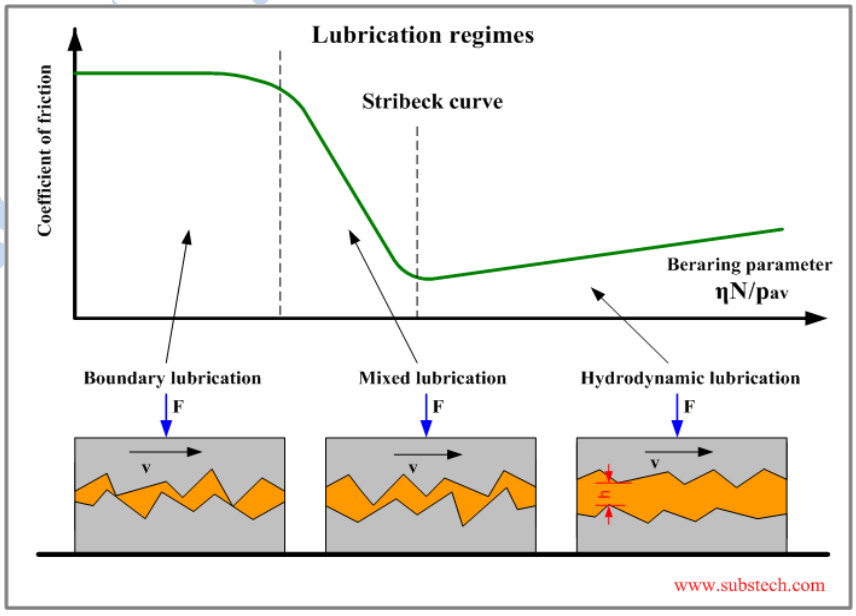
2-1-2- التزييت المختلط Mixed lubrication (h≈Ra)

يحدث في هذا النمط من التزييت تماس متقطع بين السطحين المتلامسين (المتحاكين) في بعض النقاط العالية (القمم) من خشونة السطحين المتماسين، وهو نمط يتوسط ما بين التزييت الحدي والتزييت الهيدروديناميكي، ويدخل هنا عدة عوامل مؤثرة في مقاومة الاحتكاك (غير اللزوجة) منها المواد القطبية المضافة إلى الزيت.

2-1-3- التزييت الهيدروديناميكي Hydrodynamic lubrication (h>>Ra)

يحدث الاحتكاك الهيدروديناميكي عند السرعات العالية من دوران المحرك وعند الحمولات المنخفضة له، ويتصف هذا النمط من التزييت بوجود طبقة رقيقة من الزيت (Oil film) ذات ضغط عال تفصل بين السطحين المتقابلين فصلاً كاملاً (الاحتكاك الرطب) وتمنع التلامس والاحتكاك بينهما، ويكون عمل المحرك في أغلب الظروف تحت هذا النمط من التزييت، ويكون دور الزيت فيه مقاومة وتخفيض الاهتراء الناتج عن الاحتكاك (بنسبة 90% أو أكثر مقارنة بالاحتكاك الجاف) وتقليل الضياعات المهدورة من الطاقة.

تبرز الأنماط الثلاثة للتزييت بشكل واضح في منحني ستريبك (Striebick curve) الموضح في الشكل (2-2) والذي يبين العلاقة بين الاحتكاك ومؤشرات محامل المحرك ($\eta \star N/P_{av}$). حيث: (η اللزوجة التحريكية للزيت – N سرعة الدوران – P_{av} معدل الضغط في المحمل).



الشكل (2-2) منحني ستريبك يبين أنماط التزييت في المحامل

يمكن شرح حالة الاستقرارية لكل نمط من أنماط التزييت وفق ما يفسره منحني ستريبك:

إن درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحرارية المتولدة عن الاحتكاك مما يسبب انهيار في لزوجة الزيت ومؤشرات المحمل، وبعبارة أخرى فإن انخفاض مؤشرات المحمل في النمط المختلط بسبب زيادة في معامل الاحتكاك يتبعه زيادة في درجة الحرارة وبشكل مستمر يرفع من معامل الاحتكاك، وبالتالي فإن التزييت المختلط غير مستقر.

أما في نمط التزييت الهيدروديناميكي فإن زيادة مؤشرات المحمل ترفع درجة الحرارة وتخفض اللزوجة مما يعكس انخفاضاً في معامل الاحتكاك وانخفاضاً في درجة الحرارة، وبذلك فإن هذا النمط يصحح نفسه ليكون مستقراً.

وأخيراً فإن التزييت في محامل العمود المرفقي وعمود الحدبات من النمط الهيدروديناميكي على الأغلب، ويكون بين الصمام وذيله ضمن الحدي والمختلط، بينما يتأرجح في حركة حلقات المكبس والأسطوانة بين الأنماط الثلاثة للتزييت.

2-2- وظائف زيوت محركات الاحتراق الداخلي Lubricant's functions

2-2-1- مقاومة الاحتكاك

يتم ذلك بتأمين طبقة رقيقة من الزيت تفصل بين السطوح المنزلقة مما يقلل من الاحتكاك واهتراء السطوح الناجم عنه ويخفض كلاً من الطاقة الحرارية الناتجة عن التسخين والطاقة المهدورة للتغلب عليه وتشكل اللزوجة أحد العناصر المهمة بذلك.

2-2-2- ضبط درجة الحرارة

تقوم زيوت المحركات بتأمين وثوقية عمله في مجال واسع من تغير درجات الحرارة، وتنتج الحرارة في مناطق الاحتكاك نتيجة صرف طاقة للتغلب على قوى الاحتكاك، تمتص الزيوت الطاقة الحرارية من السطوح المتماسة وتبددها وتنقلها بعيداً عنها مما يحميها من خطر الافراط في التسخين والالتصاق، ومن الجدير ذكره أن الحرارة النوعية للزيوت لا تشكل أكثر من (35÷50)% من الحرارة النوعية للماء، كما أن ناقليتها للحرارة لا تزيد عن ربع ناقلية الماء، إن من أهم العوامل المؤثرة على هذه الوظيفة هي كمية الزيت المتدفقة في دارة التزييت ودرجة الحرارة المحيطة.

2-2-3- مقاومة الصدأ والاهتراء

الاهتراء هو كل انتقاص من مادة السطوح ينتج عن حركة نسبية بينهما، ويتلخص دور زيوت المحركات بتشكيل طبقة غشائية زيتية رقيقة واقية للسطوح من الصدأ خلال فترة توقف المحرك عن التشغيل، وقادرة على البقاء والالتصاق بالسطوح المتلامسة طوال فترة التوقف لتعطيها قدرة تزليق عند بدء المحرك بالإقلاع والدوران وبالتالي تخفض من الاهتراء، تتعلق هذه الوظيفة بسماكة غشاء الزيت والتركيب الكيميائي له. من جهة أخرى تتسرب نواتج غازات الاحتراق الحاوية على بخار الماء وغازات نشيطة التفاعل إلى الحوض المرفقي للمحرك فتنحل في الزيت وتزيد من حموضته وتسبب التآكل والاهتراء في أجزاء المحرك عند دورانه عبر دارة التزييت، من هنا لابد من توفر عناصر كيميائية في الزيت تحمي هذه الأجزاء من الاهتراء والصدأ.

2-2-4- إزالة الشوائب

إن غازات الاحتراق المتسربة إلى حوض الزيت عبر حلقات المكبس تحتوي بالإضافة إلى ما ذكرناه آنفاً على كمية من الكربون غير المحترق والتي تشكل في الزيت ما يسمى الطين أو الوحل (Sludge) تترسب على حلقات المكبس والاسطوانات والصمامات وتعيق عملها، لذلك لابد من وجود مواد في الزيت قادرة على تنظيف أجزاء المحرك من تلك الشوائب وإبقائها معلقة فيه حتى نهاية عمر الزيت الاستثماري، وهنا فإن جودة عناصر التصفية في المحرك لكل من الزيت والهواء والالتزام بالصيانة الدورية تلعب دوراً مهماً في ذلك إلا أن بعض الشوائب الدقيقة جداً تعبر مصفاة الزيت وتبقى معلقة به مهما بلغت تلك الجودة.

2-2-5- الإحكام ومنع التسرب

يقوم الزيت بتشكيل طبقة رقيقة غشائية بين حلقات المكبس والأسطوانة في المحرك تحد من تسرب غازات العادم إلى حوض الزيت بالإضافة إلى الإحكام والمحافظة على الضغط داخل حجرة الاحتراق.

2-2-6- منع الرغوة

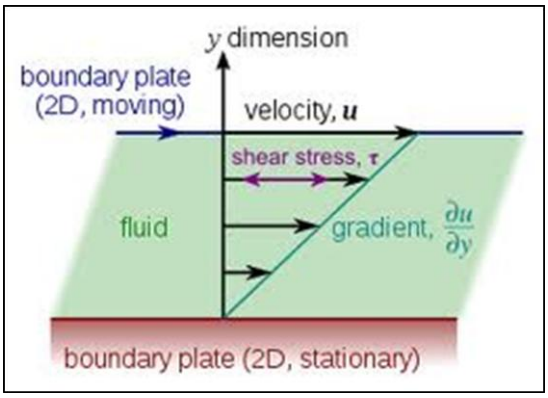
يتسرب الهواء وغازات الاحتراق خلال عمل المحرك إلى حوض الزيت ويختلط مع الزيت مشكلاً الرغوة (مزيج من السائل وفقاعات الغاز) مما يعيق تدفقه ويقلل من فعالية التزييت، لذا تدخل في تركيب زيوت المحركات مواد تمنع تشكل هذه الرغوة.

2-3- خواص الزيوت Properties of lubricants

2-3-1- اللزوجة Viscosity

وهي أهم خاصية فيزيائية للزيوت، وهي بالتعريف مقاومة السائل الداخلية لمنع انزلاق طبقاته فوق بعضها البعض، أو هي مقياس مدى مقاومة المائع لقوى القص، تعبر لزوجة الزيت عن "السمك" ومقاومته للتدفق.

ولقد افترض نيوتن أن قوى المقاومة المحمولة على واحدة السطح (إجهادات القص) والتي تظهر نتيجة انزلاق الطبقات فوق بعضها البعض، متناسبة طرداً مع سطح الطبقات المتماسة وسرعة الانزلاق (التشوه الزاوي) كما يظهر في الشكل(2-3). فإذا اعتبرنا سطح الانزلاق A يساوي الواحد، يكون لدينا العلاقة التالية: [13]



الشكل (2-3) تغير السرعة في الاتجاه الناظم على شعاع السرعة

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy}$$

τ = اجهادات القص (قوى المقاومة محمولة على واحدة السطح).

μ = معامل اللزوجة (اللزوجة التحريكية).

F = قوة الاحتكاك.

$\frac{du}{dy}$ = التشوه الزاوي (تغير السرعة في الاتجاه العمودي على اتجاه السرعة).

$$du = u\frac{dy}{h}$$

$$F = \mu \cdot A\frac{u}{h} \Rightarrow \mu = \frac{F/A}{u/h}$$

h = المسافة بين السطحين.

واحدة اللزوجة التحريكية μ في المجموعة الدولية: [$N.S/m^2$]، أما في المجموعة السغثية فهي البواز [Poise] (حيث: $1N.S/m^2 = 10$ Poise).

وقد لوحظ أن اللزوجة الظاهرية يمكن أن تتأثر بكثافة السائل، لذلك وبهدف الإبقاء على اللزوجة مستقلة عن الكثافة أوجد مفهوم اللزوجة الحركية (الكينماتيكية) ϑ وهي حاصل قسمة اللزوجة التحريكية على كثافة السائل أي:

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

واحدتها الدولية [m^2/s]، أما في الجملة السغثية: [cm^2/s]= Stokes ستوكس وتستخدم عادة واحدة سنتي ستوكس: mm^2/s = c.Stokes (cSt)

وهناك عدة طرق لتحديد وقياس اللزوجة منها:

الطريقة الأولى: تحديد العزم اللازم لتدوير قرص مغمور في الزيت ومن ثم تعيين اللزوجة بتطبيق العلاقة:

$$\mu = A.\theta$$

حيث:

A = مقدار ثابت يتعلق بأبعاد الجهاز وبسرعة الدوران النسبية بين القرص والأسطوانة الثابتة المحيطة به.

Θ = زاوية فتل القرص.

يستخدم هذا الجهاز لقياس لزوجة الزيوت اللزجة جداً.

الطريقة الثانية: تستخدم فيها أجهزة أخرى تعتمد على مبدأ الانسياب الصفحي خلال أنبوب شعري. وتخلص عملية تحديد اللزوجة إلى قياس الزمن الذي يتم خلاله انسياب حجم معين تحت تأثير ثقله الذاتي وعند درجة حرارة معينة. لكن هذه الأجهزة لم تنتشر كثيراً بسبب التعقيدات الجزئية الضرورية لها، لذلك تم التحول إلى أجهزة أكثر بساطة حيث يستخدم فتحة لقياس اللزوجة والتي تحتاج إلى وقت أقل لإجراء التجربة فهي لا تحتاج إلى الدقة المطلوبة عند الأنابيب الشعرية، ومن تلك الأجهزة التي تعمل على قياس اللزوجة وفق هذا المبدأ هي: أنكلر وسيبولايت وريدوود، ولا تختلف هذه الأجهزة عن بعضها إلا في تحديد الكمية الواجب انسيابها وأبعاد الفوهة المعيارية.

تتعلق اللزوجة بالتركيب الهيدروكربوني للزيت وهذا بدوره يتعلق بالتركيب الكيميائي للبترول وطريقة فصل المكونات غير المرغوب بها (أي النفايات)، حيث تنخفض لزوجة الزيت كلما مالت المركبات إلى كونها سلاسل برافينية طويلة وقل عدد الحلقات فيها، إذ تبلغ لزوجة البرافينات C20÷C25 في الدرجة 50°C حوالي 7÷9 cSt، ويؤدي فصل البرافينات من الأجزاء الزيتية إلى زيادة لزوجة الزيت. أما المركبات العطرية متعددة الحلقات فهي ذات لزوجة مرتفعة في الدرجات المنخفضة من الحرارة.

هذا وتزداد لزوجة الزيت المحضر من نوع واحد من البترول كلما ارتفعت درجتي بداية ونهاية غليان هذه الأجزاء، وقد تختلف اللزوجة عند الأجزاء ذات الحدود المتساوية للتقطير والمحضرة من أنواع مختلفة من النفط أو حتى من نوع واحد لكن تنقيتها تمت بطرائق مختلفة.

2-3-2- علاقة اللزوجة بدرجة الحرارة (دليل اللزوجة) Viscosity Index VI

تلعب هذه العلاقة دوراً هاماً في زيوت محركات الاحتراق الداخلي نظراً لاستخدامها في مجال واسع من درجات الحرارة، وهي مقياس لمدى تغيرات اللزوجة بتغيرات درجة الحرارة، فالمفروض أن لا تزيد اللزوجة بحدة عند انخفاض درجة الحرارة.

ويتعين دليل اللزوجة الذي اقترحه دين وديفيس بمقارنة لزوجة الزيت المدروس مع لزوجة زيوت قياسية حسب العلاقة الآتية والموضحة في الشكل (2-4) :

$$VI = \frac{L-X}{L-H} \cdot 100$$

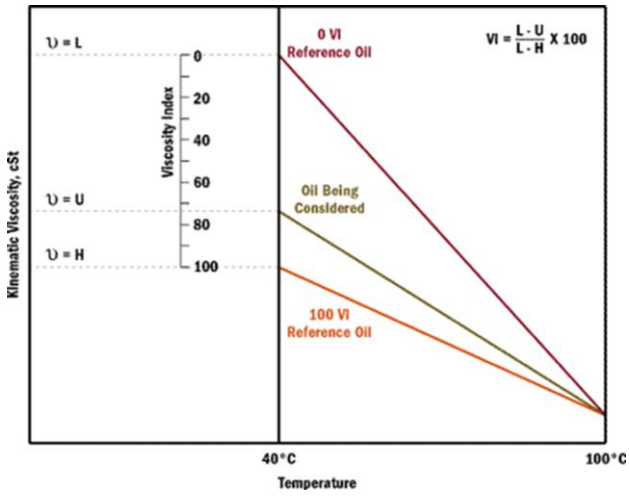
حيث:

L – اللزوجة الحركية لزيت رديء من بترول اسفلتي راتنجي اتفق على اعتبار دليل لزوجة الزيوت المحضرة منه مساوية للصفر عند درجة الحرارة 37.8°C (100°F) ويتميز بأن لزوجته عند الدرجة 210°F مساوية للزوجة الزيت المجهول.

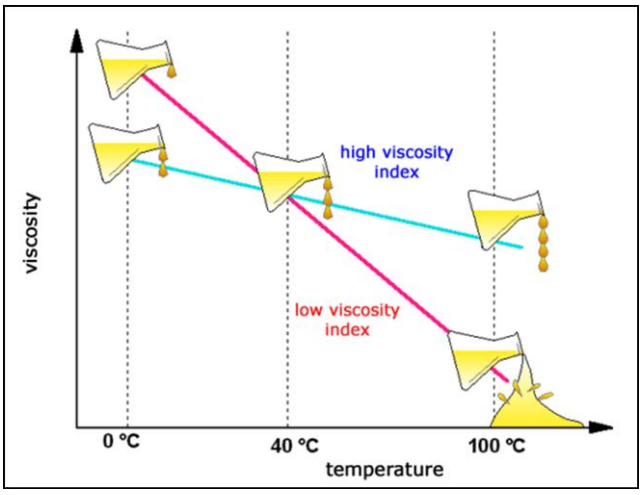
H – اللزوجة الحركية لزيت عالي الجودة من بترول برافيني اتفق على اعتبار دليل لزوجة الزيوت المحضرة منه مساوية المائة عند درجة الحرارة (100°F) ويتميز بأن لزوجته عند الدرجة (210°F) مساوية للزوجة الزيت المجهول.

X – اللزوجة الحركية للزيت المجهول عند درجة الحرارة (100°F).

يبين الشكل (2-5) رسماً توضيحياً



الشكل (2-4) رسم توضيحي لعلاقة دليل اللزوجة



الشكل (2-5) رسم توضيحي لمفهوم دليل اللزوجة

لمفهوم دليل اللزوجة يظهر فيه منحني علاقة اللزوجة بدرجة الحرارة والذي يجب أن يكون معتدلاً في ميله ما أمكن، كما يبين أن دليل اللزوجة العالي يدل على تغير أقل للزوجة مع اختلاف درجة الحرارة مقارنة مع منحني دليل اللزوجة المنخفض.

وقد وجد أن دليل اللزوجة يتحسن كلما مالت مركبات الزيت إلى كونها سلاسل برافينية طويلة وقل عدد الحلقات فيها، فالشمع البرافيني ذو دليل لزوجة مرتفع وكذلك المركبات العطرية المفردة الحلقات، أما المركبات النفثينية متعددة الحلقات فهي ذات دليل لزوجة منخفض. [13]

وللحصول على زيوت جيدة في هذا المجال ينبغي أن تفصل منه أكبر كمية ممكنة من المواد الراتنجية[2] والإسفلتية وأن تستخلص منها جزئياً المركبات العطرية متعددة الحلقات. [13]

2-3-3- نقطتي الضباب والانصباب Cloud& Pour point

تعرف نقطة الضباب بأنها درجة الحرارة التي تبدأ عندها البلورات الشمعية بالظهور مشكلة سحابة في كتلة الزيت وفي أسفل الأنبوب الذي يتم تبريده ضمن شروط معينة. أما نقطة الانصباب فهي أدنى درجة حرارة يلاحظ عندها توقف الزيت عن الجريان (بسبب تكون بلورات شمعية) لدى تبريده في شروط معينة وذلك عند بقاء الأنبوب الحاوي على الزيت في الوضعية الأفقية لمدة خمس ثواني. تعتبر درجة الانصباب الدليل الضابط لحركية الزيوت في درجات الحرارة المنخفضة.

تتعلق درجة انصباب الزيت بنسبة البرافينات ذات الوزن الجزيئي المنخفض، ويمكن من خلالها معرفة نسبة الشمع في الزيت وفصله عنه، أما وجود المواد الراتنجية والإسفلتية فتخفض درجة الانصباب للزيت، هذا وكلما انخفضت درجة الانصباب في الزيت كان ذلك أفضلاً.

2-3-4- نقطة الوميض Flash Point

وهي درجة الحرارة التي يشتعل عندها بخار الزيت ثم ينطفئ مباشرة عند وجود اللهب، وهنا يجب التنويه أنه وعند الاستمرار في التسخين بوجود اللهب فإن أبخرة الزيت تشتعل ولا تنطفئ وتسمى عندها

[2] الراتنج: هي مركبات حلقية ملتحمة ذات سلاسل برافينية جانبية، ذات أوزان جزيئية عالية ووزن نوعي يبلغ 0.99÷1.08kg/l.، تدخل عادة الشوائب غير الهيدروكربونية (كالنترجين والكبريت والأكسجين) في تركيب المواد الراتنجية، وهذه المواد إذا بقيت في زيوت التزليق سوف تترسب على السطوح الحارة وتؤدي إلى تعطيل حركة هذه السطوح وبريها بالاحتكاك. من خصائص المواد الراتنجية أنها: تخفض من دليل اللزوجة، ومن ناحية أخرى فإن تواجدها في الزيت بنسب بسيطة يعيق من تبلور الجزيئات الهيدروكربونية ويخفض من نقطة الانصباب كما يحسن من مقاومة الزيت للأكسدة.

هذه الدرجة بدرجة الاشتعال وهي أعلى من درجة الوميض بحدود (8÷10)°C.

تتعلق درجة الوميض بمعدل التبخر للزيت والتي تتناسب عكساً مع عدد ذرات الكربون فيه وبالتالي فإن المركبات النفثينية أفضل من البرافينية لرفع نقطة الوميض. كما تفيد درجة الوميض لتحديد درجة الحرارة اللازمة لتخزين ونقل الزيت والأبخرة الملوثة للبيئة الناتجة عنه.

2-3-5- الثبات الكيميائي بالنسبة لأكسجين الهواء

تعتبر مقاومة الزيت للأكسدة من أهم المواصفات الخاصة بالزيوت التي تضخ مرات عديدة خلال مناطق الاحتكاك في أجزاء المحرك. وقد ثبت أن النواتج الكلية لأكسدة الهيدروكربونات هي الهيدروبيروكسيدات التي تتفكك فيها وتتحول إلى مركبات أكسجينية أخرى. إن تراكم هذه المركبات في الزيت يؤثر تأثيراً ضاراً على خواصه الاستثمارية . إن أفضل المركبات الهيدروكربونية استقراراً هي البرافينات والعطريات والهيدروكربونات الهجينة ذات السلاسل الفرعية الطويلة، وأسوأها الأوليفينات.

ويستدل على مقاومة الزيت للأكسدة من خلال اختباري رقم الحموضة الكلي ورقم القلوية الكلي وهما:

1- رقم الحموضة الكلي Total acid number (TAN)

وهو مؤشر على كمية المركبات الحمضية الموجودة في الزيت والتي تؤثر سلباً على وظائفه وتحوله إلى عنصر يزيد من اهتراء وتآكل أجزاء المحرك، ويتم الاستدلال على صلاحية الزيت المستخدم من خلال حسابه مخبرياً بعدد المليغرامات من هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة كل المركبات الحمضية الموجودة لكل غرام واحد من عينة الزيت.

2- رقم القلوية (القاعدي) الكلي Total base number (TBN)

يمثل قدرة الزيت على معادلة المركبات الحامضية الناتجة عن تسرب غازات الاحتراق، وترتفع قدرة الزيت على معادلة الحموض بارتفاعه. يفيد في تقدير نسبة الإضافات في الزيت وقدرتها على تحقيق أدائه، وانخفاضه مؤشر على تأكسد الزيت وانخفاض فاعليته لمقاومة الاهتراء. يحسب رقم القلوية الكلي مخبرياً بعدد المليغرامات من هيدروكسيد البوتاسيوم المكافئة لكمية الحمض اللازمة لمعادلة كل مركبات الأسس الموجودة لكل غرام واحد من العينة.

2-3-6- اختبار نواك للتطايرية Noack volatility test

يحدد الخسارة أو الضياع بالتبخر للزيت في درجات الحرارة العالية عند الخدمة، فكلما زاد تبخر زيت المحرك يصبح سميكاً وثقيلاً وهذا يؤدي إلى ضعف في تدفق الزيت واستهلاك أكبر له وللوقود واهتراء لأجزاء المحرك وتلوث أكثر للبيئة، إن الحد الأقصى المسموح به لخسارة التبخر هي 15%.

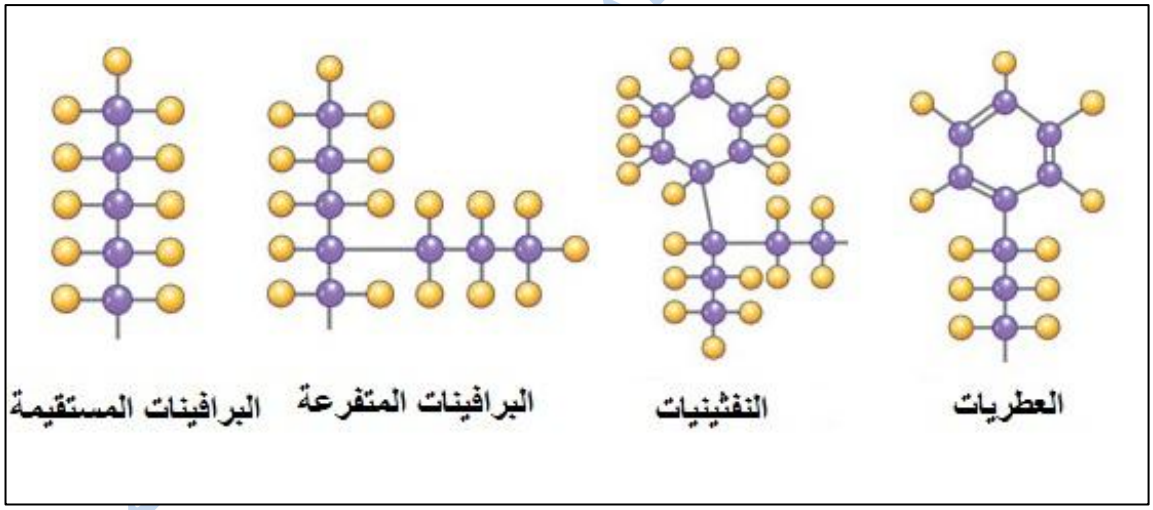
إن التطايرية المنخفضة للزيوت هامة لأنها تكسب الزيت حماية وأداء عاليين خلال فترة استخدام الزيت في المحرك عند درجات الحرارة العالية جداً.

2-4- التركيب الكيميائي لزيوت المحركات المعدنية

Chemistry of mineral engine oils

تتكون زيوت محركات الاحتراق الداخلي من المركبات التالية: [13]

1- مجموعة المواد الهيدروكربونية Hydrocarbons: وتتألف كما يبينها الشكل (2-6) من:



الشكل (2-6) رسم توضيحي لمجموعات السلاسل الهيدروكربونية الداخلة في التركيب الكيميائي للزيوت المعدنية

- **مجموعة الألكانات Alkanes (البرافينات Paraffin):** رمزها العام C_nH_{2n+2} وهي مركبات مشبعة لوجود روابط أحادية بين ذرات الكربون، تتصف بخمولها كيميائياً حيث لا تتفاعل مع حمض الكبريت والآزوت المركزين، تبدأ بغاز الميتان، وتكون حالة العناصر الأربعة الأولى من هذه المجموعة في الشروط الطبيعية من الحرارة والضغط غازية، أما العناصر من C5 وحتى C16 فتكون في الحالة السائلة، وما فوق ذلك تكون صلبة، وتحتوي هذه المجموعة على

نوعين من السلاسل:

- المركبات ذات السلاسل المستقيمة n-Paraffin.
- المركبات ذات السلاسل المتفرعة iso-Paraffin: حيث تبدأ بمركب الإيزوبروبان، وبالرغم من أن الصيغة الجزيئية لكل من البرافينات ومشابهاتها (الإيزوبارافينات) هي ذاتها إلا أنهما يختلفان كثيراً في الخواص الطبيعية، وأهم اختلاف في الصفات الفيزيائية والكيميائية هو صفة الاحتراق التي تختلف فيما بينها بشكل واسع.

- **مجموعة الألكانات الحلقية Cyclo Alkanes (النفثينات Naphthene)**: وهي مركبات مشبعة حلقية، رمزها العام C_nH_{2n} وتسمى أيضاً البرافينات الحلقية Cyclo Paraffins ، واسمها الشائع النفثينات.
- **مجموعة المركبات العطرية Aromatics**: وهي مركبات حلقية غير مشبعة أي تحتوي على روابط كربون ثنائية ورمزها العام C_nH_{2n-6}، أولها البنزول C_6H_6 ومنها التلوين $C_6H_5CH_3$، تتميز برائحة خاصة لذلك سميت بالعطرية.

2- **مجموعة المواد غير الهيدروكربونية**: توجد هذه المركبات بنسب قليلة و لكنها ذات أهمية كبيرة، إذ تؤثر بشكل كبير على خصائص الزيوت (كمقاومة الأكسدة والثبات الحراري وميلها إلى تشكيل الصموغ والدهانات والرواسب). منها المركبات الكبريتية والآزوتية والأكسجينية التي ترتبط عادةً بالمركبات العطرية، وغيرها من المركبات الإسفلتية والراتنجية والحموض النفثينية.

يتوقف تركيز هذه المركبات في الزيت على طبيعة النفط الخام المستخدم في إنتاجه وحسب مجال درجة حرارة غليان القطفة الزيتية، ولهذه المركبات خصائص مختلفة يمكن أن يكون وجودها في القطفات الزيتية الخام ضرورياً أو غير مرغوب به، لهذا عند إنتاج الزيوت يتم إزالة المركبات غير المرغوب بها ويحتفظ بالمركبات الضرورية التي تعطي الزيت خواصه الفيزيائية والكيميائية والتشغيلية المطلوبة للقيام بوظائفه على أكمل وجه.

2-5- زيوت الأساس Base oils

إن الزيوت المعدنية مزيج معقد من الهيدروكربونات تحتوي (20÷50) ذرة كربون، وزنها الجزيئي (300÷750)g ودرجة غليانها (300÷650)°C.

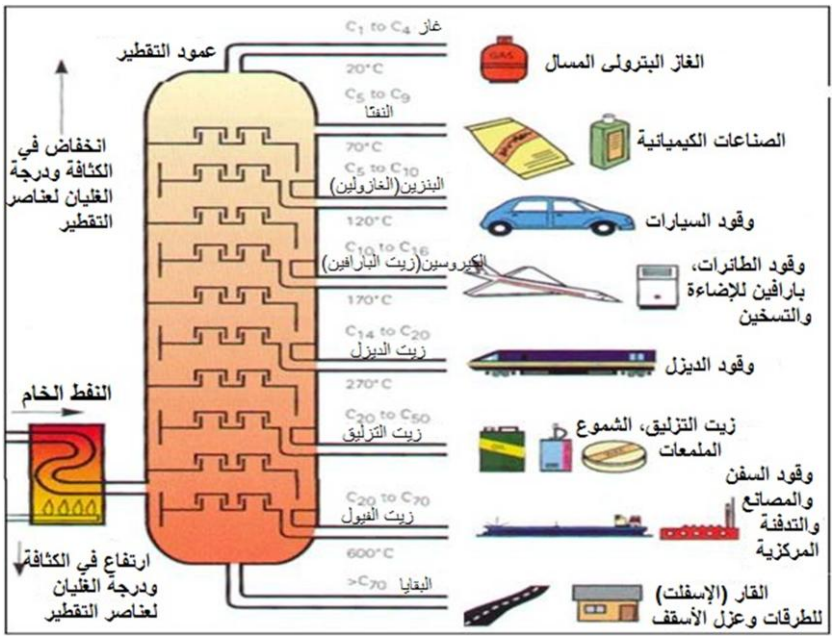
تستمد زيوت محركات الاحتراق الداخلي المعدنية من الزيوت الأساس المستخلصة من النفط الخام Crude oil وفق المرحلتين التاليتين:

1- تكرير النفط الخام للحصول على زيت الأساس الخام Base stocks.

2- إنتاج مجموعات زيوت الأساس.

2-5-1 تكرير النفط الخام

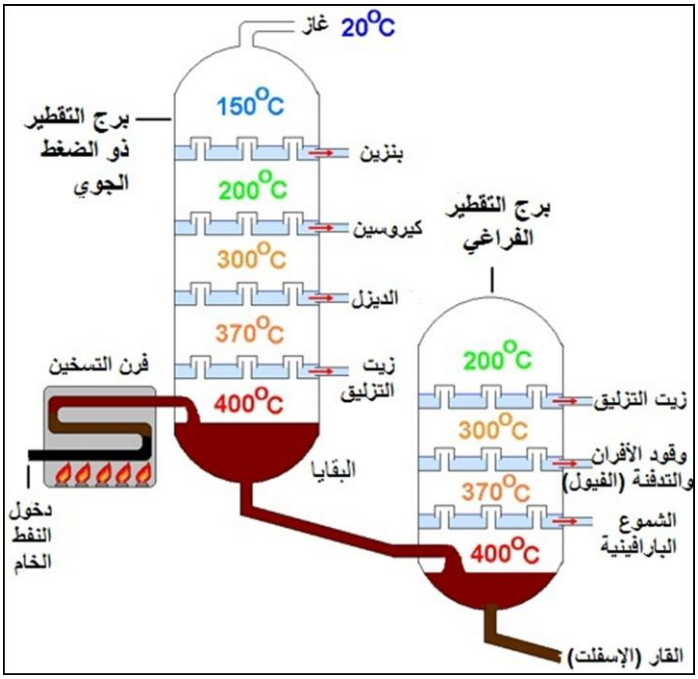
إن أول عملية يتعرض لها النفط الخام في مصافي التكرير Refiners هي فرزه إلى مركباته الأولية للحصول على ما يعرف بالقطفات الأولية، ويتم ذلك بالتقطير التجزيئي[3] Fractional distillation وذلك برفع درجة حرارة النفط الخام في الفرن الحراري عند الضغط الجوي لتصل حوالي 350 م° حيث تتبخر عندها مكونات النفط الخفيفة والمتوسطة وجزء يصل إلى 20% من المكونات الثقيلة، ثم تمرر الأبخرة على عمود الفصل Fractionating column الذي يفصل النفط إلى عدة قطفات حسب درجة حرارة غليانها ووزنها النوعي، فالمركبات الثقيلة ذات نقطة الغليان العالية تبرد وتترسب وتخرج من أسفل البرج، أما المركبات المتوسطة فترتفع نحو



الشكل (2-7) برج التقطير للنفط الخام في مصفاة التكرير

[3] التقطير التجزيئي Fractional distillation: هو فصل المركبات الكيميائية من خلال نقاط غليانها بتسخينها إلى درجة الحرارة التي عندها واحد أو أكثر من تلك المكونات يتجزأ (ينكسر) بالتبخر.

منتصف البرج لتتكاثف وتخرج منه، وأخيراً المركبات الخفيفة التي نقطة غليانها صغيرة تتكاثف وتخرج أعلى البرج. يبين الشكل (2–7) برج التقطير ذو الضغط الجوي للنفط الخام في مصفاة التكرير حيث يستخلص في الأعلى غازات البوتان والبروبان عند درجة الحرارة 20°c، تليه مشتقات الصناعات الكيميائية عند درجة الحرارة 70°c، ثم النفثا الخفيفة للحصول على وقود السيارات (الغازولين) عند درجة الحرارة 120°c، فالنفثا الثقيلة للحصول على وقود الطائرات (الكيروسين) عند درجة الحرارة 170°c، بعدها وقود الديزل عند درجة الحرارة 270°c، ثم يستخلص زيت الأساس الخام Base stocks الحاوي على سلاسل هيدروكربونية تحتوي ما بين 20 حتى 50 ذرة كربون وذلك عند درجة حرارة أكبر من 350°c، بعدها يأتي زيت الغاز الثقيل ينتج منه الفيول (الخضخاض) المستخدم وقوداً لمحطات توليد الكهرباء والمصانع والتدفئة عند درجة الحرارة 600°c، وأخيراً ما يعرف باسم البقايا Residue والتي تتكون من سلاسل هيدروكربونية طويلة (تحتوي أكثر من 70 ذرة كربون) يتم معالجتها في وحدة نزع الإسفلت De-asphalting لتعطي نواتج خفيفة وثقيلة (بوادر لزيت الأساس الخام) وإسفلت (القار) المستخدم في تعبيد الطرقات وأغراض العزل.



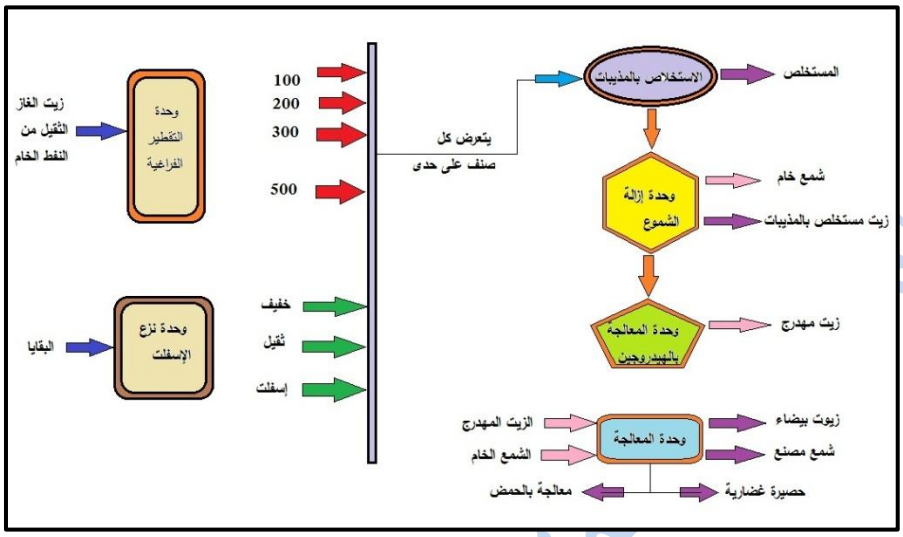
الشكل (2–8) تقطير البقايا من برج التقطير الجوي في برج التقطير الفراغي

يتم تقطير البقايا في ما يسمى برج التقطير الفراغي[4] Vacuum distillation tower كما في الشكل (2–8)، حيث يكون الغليان فيه عند درجات حرارة معتدلة إذ أن الاستمرار في رفع درجة الحرارة يؤدي إلى تفكك تلك البقايا.

يوضح الشكل (2–9) رسماً تخطيطياً لمصفاة تكرير زيوت نموذجية تستخدم زيت الغاز الثقيل Heavy gas oil المأخوذ من النفط

[4] التقطير الفراغي Vacuum distillation: نظم تعمل على ضغط منخفض لتخفيض نقاط غليان مواد مكونات الخليط لتجنب أثر الحرارة المرتفعة على تلك المكونات.

الخام كمادة أولية حيث يتم فرز زيت الأساس الخام إلى أصناف من الزيوت المتباينة بحسب لزوجتها(تشير الأرقام إلى قيمة اللزوجة بحسب سلم سيبوليت العالمي بالثواني SUS عند درجة حرارة 40°C). [13]



الشكل (2-9) رسم تخطيطي لمصفاة تكرير زيوت نموذجية

2-5-2- إنتاج مجموعات زيوت الأساس Base oils groups

يعالج زيت الأساس الخام بعد المرحلة السابقة وفق عمليات تكنولوجية عديدة ومعقدة لإنتاج وتصنيف مجموعات زيوت الأساس الرئيسية، هدف هذه العمليات إطالة العمر الاستثماري للزيت الأساس أثناء خدمته بتقليل ميوله للأكسدة وتحسين دليل لزوجته وخواصه الأخرى، حيث يتعرض كل صنف على حده من الأصناف الناتجة عن كل من وحدة التقطير الفراغية ووحدة نزع الإسفلت من البقايا إلى العمليات التكنولوجية التالية:

1- عمليات الاستخلاص Extraction process

تنخفض فيها نسبة العطريات في الزيت الأساس %(15÷20)، وتتضمن فيها العمليات التالية:

- إزالة الإسفلت De-asphalting: يستخلص خلالها الإسفلت من البقايا وتنتج عنها سلاسل هيدروكربونية مرغوب بها.
- الاستخلاص بالمذيبات Solvent Extraction: وهدفها الأساسي فصل المركبات العطرية والنفثينية بما في ذلك المركبات القارية والراتنجية.

- إزالة الشمع البرافيني بالمذيبات Solvent Dewaxing: وذلك لتحسين سيولة الزيت عند درجات الحرارة المنخفضة بإزالة المواد عالية الانصهار. أما الشمع الخام الناتج من هذه العملية فتتم معالجته للحصول على شمع نفطي مصنع.
- الهدرجة النهائية Hydro finishing: هدفها تحقيق الاستقرار الكيميائي للمركبات غير المشبعة الناتجة عن العمليات السابقة من خلال إشباعها بالهيدروجين بشروط عالية من الضغط ودرجة الحرارة، ويتحسن معها لونها لتصبح فاتحة اللون براقة.

2- عمليات التحويل Conversion process

ينتج عنها زيوت أساس ذات نسبة مركبات عطرية منخفضة 0.5% وتتضمن العمليات الآتية:

- التحطيم الهيدروجيني Hydrocracking: يتعرض فيها الزيت الأساس الخام إلى تفاعلات كيميائية مع الهيدروجين بوجود محفزات في درجة حرارة وضغط عاليين، تتحطم فيها الروابط المضاعفة لذرات الكربون في سلاسل العطريات وحلقات النفثينيات لترتبط مع الهيدروجين وتشكل بنية الإيزوبارافينات، ويتم خلالها أيضاً نزع الماء والأمونيا وكبريت الهيدروجين.
- إزالة الشمع بالهيدروجين Dydrodewaxing: تستخدم فيها وحدة توليد الهيدروجين كمحفز للعملية، ويتم خلالها تحويل البرافينات الخطية الشمعية إلى إيزوبارافينات مرغوب بها.
- المعالجة بالهيدروجين Hydro treating: هدفها إشباع سلاسل المركبات غير المشبعة الناتجة عن العمليات السابقة بالهيدروجين وتحويلها إلى جزيئات مشبعة مستقرة كيميائياً ومقاومة للأكسدة.

إن جودة زيت الأساس المنتج من عمليات التحويل أفضل من ذلك المنتج من عمليات الاستخلاص، ولكنه يصطدم بالكلفة المرتفعة التي يتحملها الزبون في النهاية. يذكر هنا أنه للحصول على الزيوت البيضاء White Oils المستخدمة في الصناعات والصيدلة، يؤخذ الزيت عالي الجودة ويعالج بالحموض ثم يرشح عبر حصيرة غضارية. تشكل المركبات البارافينية المشبعة الجزء الأعظم من الزيوت الأساس مع بعض المركبات النفثينية والمركبات العطرية مفردة الحلقة. أما الزيوت البيضاء فلا تحوي على أية نسبة من المركبات العطرية أو الكبريت كما هو مبين في الجدول (2-1). [13]

الجدول (2-1) تأثير عمليات المعالجة المختلفة على نسب المركبات ضمن زيوت الأساس

	النسبة الوزنية للكبريت%	النسبة الحجمية للمركبات العطرية%	الوحل المتشكل بالأكسدة
الزيت الخام بعد التعرض للتقطير الفراغي	0.8	50	كبير ↓
الزيت المستخلص بالمذيبات	0.3	30	
الزيت المعالج بالهيدروجين	0.02	30	
الزيوت البيضاء	معدوم	معدوم	معدومة

صنف معهد البترول الأميركي (API) اعتماداً على العمليات التكنولوجية السابقة زيوت الأساس إلى خمس مجموعات رئيسية ينتج منها جميع أنواع الزيوت قبل مزجها بأي إضافات محسنة أخرى وهي على النحو التالي:

1- المجموعة الأولى (Group I):

صنفت زيوت الأساس لهذه المجموعة بأن تقل الجزيئات الهيدروكربونية المشبعة عن 90%، ونسبة الكبريت أكبر من 0.03%، ويتراوح دليل اللزوجة ما بين 80 إلى 120، ومجال درجة الحرارة لها ما بين (30÷150)°F تستخلص هذه المجموعة بالمذيبات فقط وهي أبسط وأرخص عمليات التكرير.

2- المجموعة الثانية (Group II):

تعرف هذه المجموعة من زيوت الأساس على أنها تحوي أكثر من 90% من الجزيئات الهيدروكربونية المشبعة، نسبة الكبريت فيها أقل من 0.03%، ويتراوح أيضاً دليل اللزوجة فيها ما بين 80 إلى 120، تنتج من عمليات المعالجة الهيدروجينية، تمتاز بصفاء لونها ومقاومتها الجيدة ضد الأكسدة. هذه المجموعة هي الأكثر شيوعاً حالياً في الأسواق ويقترب سعرها من المجموعة الأولى.

3- المجموعة الثالثة (Group III) :

تكون فيها نسبة الجزيئات الهيدروكربونية أكبر من 90%، ونسبة الكبريت أقل من 0.03%، إلا أن دليل اللزوجة فيها أعلى من 120. تنتج هذه المجموعة بعملية التحطيم الهيدروجيني الشديد وبظروف عالية من الحرارة والضغط لتعطي زيت أساس أكثر نقاوة وصفاء مما يجعلها على الرغم من أنها زيوت معدنية تبدو وكأنها صنعية.

4- المجموعة الرابعة (Group IV):

زيوت الأساس في هذه المجموعة مركبات صنعية بولي ألفا أوليفينات (PAO_S)، تنتج من تفاعلات كيميائية وعمليات تركيبية وتصنيعية، تتمتع بمواصفات عالية لتجانس عدد وحجم وطول جزيئاتها.

تتصف هذه المجموعة باستخدامها في مجال واسع من درجات الحرارة لارتفاع دليل لزوجتها، لذلك فهي عظيمة الاستعمال في درجات الحرارة المنخفضة والقاسية وفي تطبيقات الحرارة العالية.

5- المجموعة الخامسة (Group V):

تصنف في هذه المجموعة أساس الزيوت الأخرى التي لم تذكر ضمن المجموعات السابقة الأربع، وهي زيوت أساس تركيبية تتضمن البولي أسترات (POE)، وبولي ألكان غليكول (PAG)، وبيرفلورو بولي ألكاليث (PFPAES)، والفوسفات إستر phosphateEster، والسيلكون silicone. إن الإسترات هي الأكثر استخداماً وشيوعاً في هذه المجموعة وتدخل في تركيب العديد من الزيوت لتحسين خواصها، إذ تتحمل الإفراط في الاستعمال عند درجات الحرارة العالية جداً وزيادة في ساعات العمل عند الاستخدام.

يبين الجدول (2-2) وصفا لهذه المجموعات الخمس وأثر عمليات المعالجة على نسب ما تحتويه من مركبات وعلى التكلفة النسبية لها. [40]

الجدول (2-2) تصنيفات زيوت الأساس حسب API

المجموعة	الوصف	نسبة المشبعات %	نسبة العطريات %	نسبة الكبريت %	دليل اللزوجة	التكلفة النسبية
الأولى I	زيوت أساس معدنية معالجة (استخلاص بالمذيبات)	90 >	10 <	0.03 <	120 > ÷80	1
الثانية II	زيوت أساس معدنية معالجة (هدرجة)	90 <	10 >	0.03 >	120 > ÷80	1
الثالثة III	زيوت أساس معدنية معالجة (تكسير هيدروجيني)	90 <	10 >	0.03 >	120 +	2÷3
الرابعة VI	زيوت أساس صنعية (تفاعلات كيميائية) بولي ألفا أوليفينات (PAO_s)	100	0	0	120+	4÷5
الخامسة V	زيوت أساس صنعية (بولي إسترات، دي إسترات، فوسفات الإستر، بولي ألكين غليكول، سيليكونات)	- - -	- - -	- - -	- - -	15÷10

تسمى الزيوت المنتجة من المجموعات الأولى والثانية والثالثة بالزيوت المعدنية mineral oils.

أما الزيوت المنتجة من المجموعة الرابعة والخامسة فتدعى بالزيوت الصنعية synthetic oils. والتي تتصف كما ذكرنا بثبات حجم وطول جزيئاتها كما يوضحه الشكل (2-10)، مما تكسبها خواص ومواصفات وجودة أداء عالية كما يسمح بتمديد فترة المسافات المقطوعة لاستبدالها.

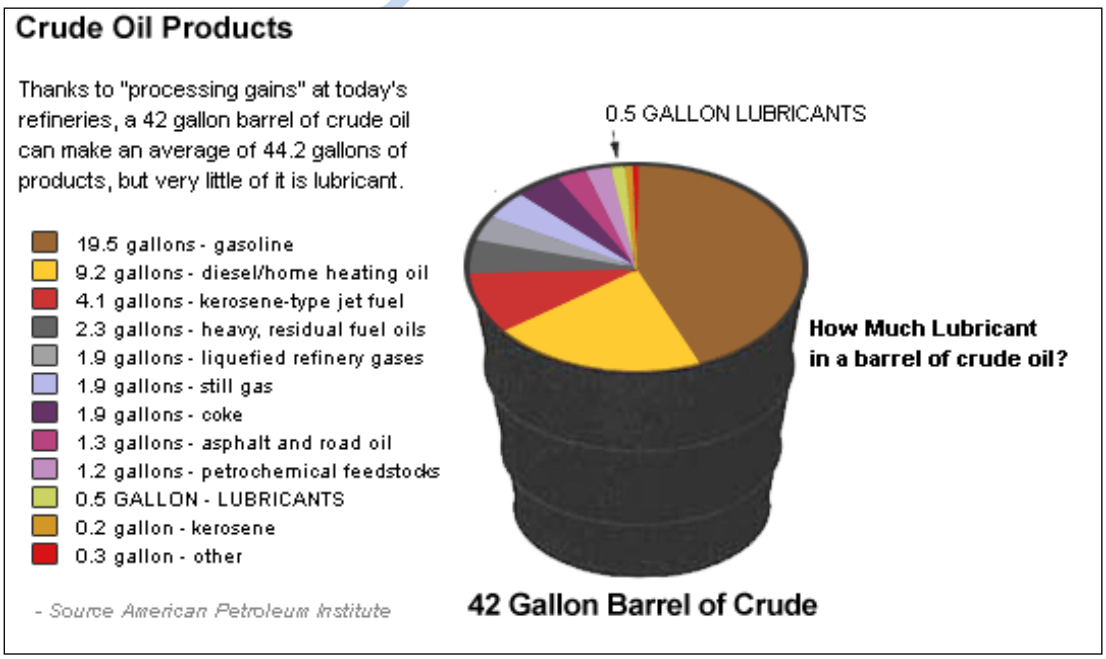


الشكل (2-10) رسم توضيحي يبين الفرق ما بين الزيت المعدني والصنعي في البنية الجزيئية وأثره على الاحتكاك

وهناك زيوت تسمى بالزيوت نصف صنعية وتدعى أيضاً بالزيوت الممزوجة، تنتج من مزج زيوت الأساس المعدنية مع زيوت الأساس الصنعية بحيث لا تتجاوز نسبة الأخيرة فيهاعن 30%، والهدف منه الحصول على زيوت ذات نوعية جيدة ومواصفات عالية كتلك الموجودة في الزيوت الصنعية وذات كلفة منخفضة نسبياً كما هو الحال في الزيوت المعدنية.

وفي عام 2005 أدخلت في أمريكا تقنية مايسمى تحويل الغاز إلى سائل (GTL) في صناعة الزيوت وصنفت زيوت الأساس منها ضمن المجموعة الثالثة.

ومن الجدير ذكره أن كمية الزيت التي يمكن الحصول عليها من النفط الخام صغيرة نسبياً مقارنة بالمشتقات النفطية الأخرى وتقدر بنصف كالون لكل برميل من النفط الخام الحاوي على 42 كالون كما يوضحه الشكل (2-11). [30]



الشكل (2-11) كمية الزيت والمشتقات الأخرى المستخلصة من برميل نفط خام مقدرة بالكالون

2-6- الإضافات الكيميائية المحسنة لزيوت الأساس

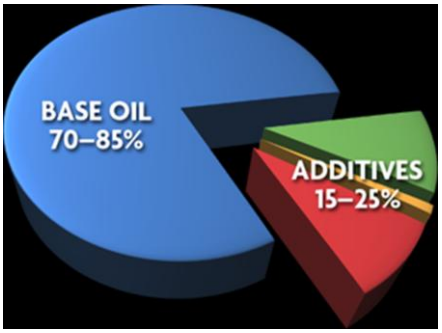
تفرض تطور صناعة المحركات الحديثة شروطاً متزايدة بالنسبة لجودة وأداء الزيوت نظراً لقسوة ظروف عملها واستثمارها، ولا يمكن لزيوت الأساس مهما بلغت جودتها أن تلبي تلك المتطلبات دون إضافة مواد وعناصر كيميائية قادرة على تحسين الخواص والمواصفات النهائية للزيوت.

لذلك ترتبط شركات صناعة الزيوت بعلاقة وثيقة ومتطورة مع شركات صناعة الإضافات الكيميائية لإنتاج أنواع وفئات جديدة من الزيوت تلبي قسوة الظروف التشغيلية لها.

2-6-1- دور الإضافات في تحسين جودة الزيوت

لا تتمتع الزيوت الأساس المعدنية بالثبات الكافي لجزيئاتها، إذ تخضع الهيدروكربونات الداخلة في تركيبها تحت تأثير أكسجين الهواء لعمليات تحول كيميائية عميقة تتكون خلالها الأحماض والألدهيدات والمواد الإسفلتية والراتنجية التي تشكل ترسبات على أجزاء المحرك مثل المكبس وأساوره فتؤدي إلى تلفها، كما تؤثر لزوجة الزيوت الأساس على اهتراء المحرك حيث تكون مرتفعة عند بدء الدوران والإقلاع (المحرك بارداً) لتشكل %(60÷70) من اهتراء المحرك، لتنخفض بعدها خلال زمن قصير عند استقرار حرارة تشغيل المحرك (المحرك ساخناً)، مما يظهر هنا ضرورة وأهمية الإضافات الكيميائية المحسنة لتحقيق التقارب بين هاتين الحالتين المتناقضتين والذي ينعكس بدوره على العمر الفني للمحرك.

تُضاف هذه المواد الكيميائية (الإضافات) بنسب معينة مثالية إلى الزيوت الأساس لتُحسّن خواصها التشغيلية أو تمنحها خواص جديدة لم تكن موجودة فيها، وتبلغ نسبة هذه الإضافات الكيميائية إلى الزيوت الأساس ما بين %(15÷25) كما هو مبين في الشكل (2-12).



الشكل (2-12) رسم توضيحي لنسبة الإضافات المحسنة إلى زيوت الأساس

2-6-2- تصنيف الإضافات المحسنة

يمكن تصنيف الإضافات بعدة طرق: 1) حسب وظيفتها. 2) حسب تركيبها الكيميائي. 3) حسب آلية التأثير.

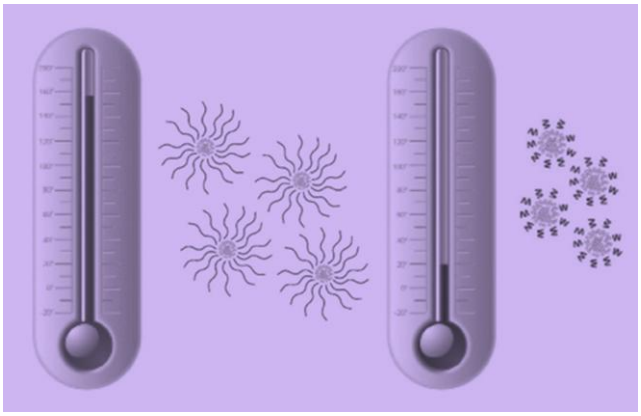
ولكن أكثر الطرق شيوعاً هو تصنيفها حسب وظيفتها ووفقاً لذلك تصنف الإضافات وفق المجموعات التالية:

1-الإضافات المحسنة لدليل اللزوجة. 2-الإضافات المقاومة للاهتراء والمعدلة للاحتكاك.
3-الإضافات المانعة للتآكل و للصدأ. 4-الإضافات المنظفة والمشتتة.
5-الإضافات المخفّضة لدرجة الانصباب. 6-الإضافات المانعة للرغوة.
7-الإضافات المانعة للأكسدة. 8-الإضافات المتعددة الوظائف.

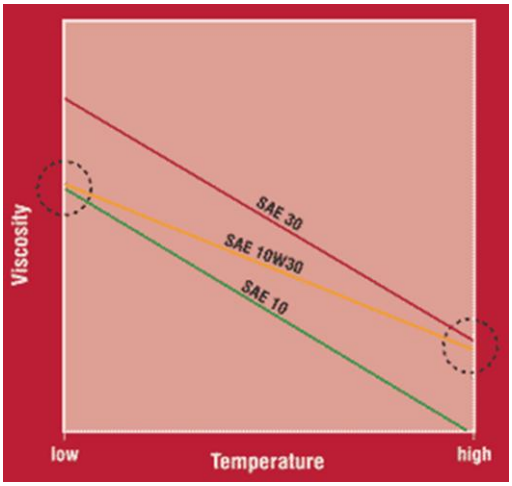
وسنأتي على ذكر كل واحدة منها بالتفصيل الآتي:

2-6-3-1-الإضافات المحسنة لدليل اللزوجة Viscosity index improvers

من أهم الخصائص المطلوبة في الزيوت الحديثة أن تؤمن التأرجح الواسع لعمل المحرك في مجال درجات حرارة ما بين (250÷60-)°C، فعند درجة الحرارة المنخفضة تزداد لزوجة الزيت وتنخفض قدرته على السيولة والتغلغل في الأجزاء العليا من المحرك، بينما تنخفض اللزوجة عند ارتفاع درجة الحرارة مما ينعكس سلباً على أدائه، ولتلافي هذا التغير الواضح في اللزوجة باختلاف درجة الحرارة تضاف محسنات اللزوجة والتي هي مواد عضوية ذات حجم ووزن جزيئي مرتفع (كالبوليمرات الخطية) تنحل في الزيت وتتحسس لدرجات الحرارة كما يوضحه الشكل (2-13)، إذ تتقلص وتنكمش جزيئاتها عند انخفاض درجة الحرارة دون أن تؤثر على سيولته، وتتمدد بارتفاع درجة الحرارة لتزيد من لزوجته وهي تعمل على إبطاء معدل انخفاض اللزوجة بارتفاع درجة الحرارة كما يظهره الشكل (2-14) حيث نرى أن الزيت SAE 10W30 يحقق في درجات الحرارة المنخفضة الخواص المتوفرة للزيت SAE 10 ويمنحه قابلية سيولة وضخ جيدتين، بينما تكسبه إضافة محسن اللزوجة مواصفات الزيت SAE 30 في درجات



الشكل (2-13) رسم توضيحي يبين تغير حجم بوليميرات محسنات اللزوجة تبعاً لتغيرات درجة الحرارة



الشكل (2-14) رسم توضيحي لأثر محسنات دليل اللزوجة على الزيت الأساس

الحرارة المرتفعة (حماية أجزاء المحرك بزيادة ثخانة الطبقة الرقيقة بين الأجزاء المتحاكة فيما بينها)، هنا ننوه أن الزيت SAE 10W30 ينتج من مزج محسن دليل اللزوجة مع الزيت الأساس SAE 10، ولا يدخل في تركيبه الزيت SAE 30. وبالتالي فإن لزوجة الزيوت الأساس المضاف إليها محسنات دليل اللزوجة تملك أكبر قيمة للزوجة في درجات الحرارة المرتفعة وأخفض لزوجة في درجات الحرارة المنخفضة بالمقارنة مع زيت الأساس، وهذا هو المبدأ في إنتاج الزيوت متعددة الدرجات.

يستخدم عادة نماذج من محسنات دليل اللزوجة مثل:

أوليفينات البلمرة المشتركة Olefin Copolymers (OCPS)

وبولي ميتاكريلات Poly methacrylate's (PMAS)

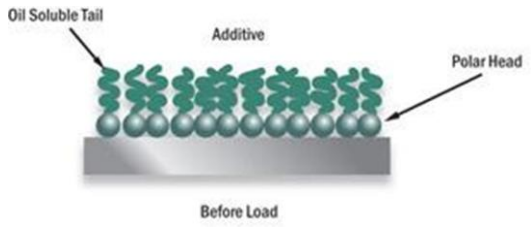
والبوليمر المشترك ستيرن ايزوبرين Styrene isoprene Copolymers

يتم توظيف هذه البوليميرات لجعل الإضافات متعددة الأهداف كتخفيض نقطة الانصباب وعملها كمشتتات ومنظفات ومحسنة لدليل اللزوجة بآن واحد.

2-6-3-2- الإضافات المقاومة للاهتراء والمعدلة للاحتكاك

Anti - wear agents (Friction modifiers)

من أجل رفع قدرة الزيوت الأساس على تخفيض الاحتكاك المؤدي لاهتراء السطوح المعدنية المتحاكة في المحرك، يضاف إلى الزيت الإضافات المعدلة للاحتكاك والمانعة للاهتراء. تعمل الإضافات المعدلة للاحتكاك على تخفيض معامل الاحتكاك مما يقلل الاهتراء ويحسن استهلاك الوقود، تتكون البنية البلورية لها من رأس يمتز (يلتصق) بسطح المعدن وذيل يشكل طبقات صفائحية بعضها فوق بعض لتسهل انزلاق السطوح فيما بينها كما في الشكل (2-15). أما الإضافات المانعة للاهتراء فهي تختلف عن المعدلة للاحتكاك بأنها لا تشكل فقط طبقة ممتزة بين سطوح المعادن المتحاكة وإنما ترتبط كيميائياً بوجود الحرارة الناتجة عن الاحتكاك مع معدن السطوح وتشكل طبقة رقيقة (غشاء) تعمل على حمايته من الاحتكاك وتخفض الاهتراء.



الشكل (2-15) رسم توضيحي للإضافات المانعة للاهتراء

تستخدم كإضافات معدلة للاحتكاك الدهون الحيوانية Fatty esters ، والزيوت النباتية Vegetable oils مثل زيت الخروع Castorail، والغرافيت، ومركبات الموليبديوم Molybdenum compounds.

أما الإضافات المقاومة للاهتراء والأكثر شيوعا" فهي مركبات ديثيو فوسفات الزنك (ZDP)، ودي ألكيل ديثيو فوسفات الزنك (ZDDP)، يعبر عنها ببساطة اختصاراً زينكات (Zincs) وتوجد فعلياً في جميع الزيوت الحديثة وهي تعمل أيضاً كموانع أكسدة، وكلما زاد الحمل والتلامس بين سطوح المعادن يزداد تفاعل تلك المواد شدةً وتزداد فعاليتها قوةً. وهنا يأتي دور وأهمية إضافات الضغط المفرط (EP) التي تشكل طبقة واقية من أملاح معدنية وعضوية ترتبط كيميائياً بالسطوح نتيجة الضغط الزائد والحرارة الناتجة عن الاحتكاك فتتلقى هذه الطبقة الضغط الزائد وتمنع الالتصاق والإصلاء (الكربجة) للسطوح المتحاكة.

نذكر من أنواع إضافات الضغط المفرط المركبات الحاوية على الفوسفور والكبريت والكلورين والبورون بالإضافة إلى مركب (ZDDP).

2-6-3-3- الإضافات المانعة للتآكل والصدأ Rust & corrosion inhibitors

يتسرب جزء من غازات حجرة الاحتراق إلى حوض الزيت عبر أساور المكبس وجدار الاسطوانة ليشكل بوجود بخار الماء أحماض شديدة الفاعلية تختلط بزيت المحرك لتسبب الصدأ والتآكل لأجزاء المحرك المعدنية.

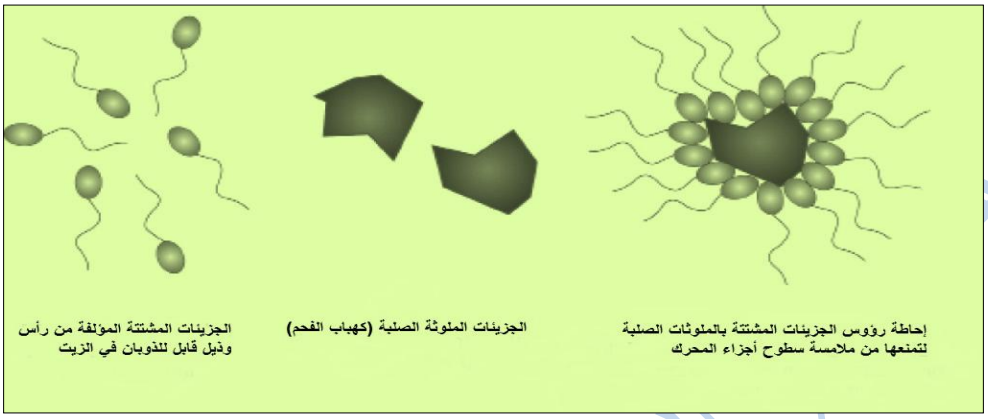
لذا لا بد من رفع قدرة الزيوت الأساس لحماية المحرك مدة طويلة وذلك بإضافة موانع الصدأ والتآكل، يدخل في تركيب الإضافات المانعة للصدأ والتآكل مشتقات الحموض الأمينية، والمركبات القلوية، والإسترات والحموض العضوية، أو مركبات آزوتية وكبريتية وفوسفورية أو فوسفورية – آزوتية، فوسفورية – كبريتية.

إن الإضافات المانعة للأكسدة هي أيضاً موانع للتآكل، على اعتبار أن التآكل عملية مرتبطة بالأكسدة.

2-6-3-4- الإضافات المنظفة والمشتتة dispersants& detergent

تتشكل في الزيت الحموض القوية والورنيش والطين والرواسب الكربونية وبخار الماء نتيجة للتحولات الكيميائية التي تخضع لها الهيدروكربونات عند درجات الحرارة العالية (تأكسد الزيوت) والتي يمكن أن تترسب على أجزاء المحرك فتؤدي إلى إعاقة عمله وانخفاض عمره الفني، لذا لا بد من

استخدام ما يسمى الإضافات المنظفة والمشتتة التي تمنع ترسب تلك المواد المتشكلة غير المنحلة في الزيت وإبقائها على شكل دقائق صغيرة معلقة في الزيت وتبقي أجزاء المحرك نظيفة كما يوضحه الشكل (2-16).



الشكل (2-16) رسم توضيحي يبين كيفية عمل الإضافات المشتتة في الزيت

تعمل هذه الإضافات أيضا" على معادلة نواتج الاحتراق الحمضية وتساعد على منع الصدأ للمعادن الحديدية في المحرك. تتصف المنظفات بالقاعدية (هيدروكسيد المعادن) وتستطيع الامتزاز على السطوح المعدنية وتحول دون التصاق وترسب المواد غير المنحلة على سطح المعدن وتبقيها بشكل معلق في الزيت. وهذه الإضافات شائعة الاستعمال وتضاف إلى زيوت المحركات بكميات كبيرة مقارنة بالأنواع الأخرى من الإضافات حيث تتراوح ما بين %(3÷20).

من أنواع الإضافات المنظفة: الفينولات وأكاسيد الكبريت والفوسفات وأكاسيد المعادن كالصوديوم والكالسيوم والمغنيزيوم والباريوم.

أما الإضافات المشتتة فنذكر أكثرها شيوعاً الإسترات والمركبات ذات السلاسل الطويلة الهيدروكربونية السكسينيميدية مثل سكسينيميدات بولي ايزوبوتيلين polyisobutylene succinimides.

2-6-3-5-الإضافات المخفّضة لدرجة الانصباب Pour point depressants

تحتوي زيوت الأساس المعدنية على الشموع ذات الوزن الجزيئي العالي والتي يمكن أن تنفصل وتتبلور عند الانخفاض الشديد لدرجات الحرارة وتشكل شبكة بلورية تعيق حركة وسيولة الزيت. يمكن تحسين سيولة الزيوت في درجات الحرارة المنخفضة بعملية نزع البارافينات، ولكن نفقات إنتاج الزيوت تزداد بالتناسب مع انخفاض درجة الانصباب حيث تصل إلى (-15)°C، ويتم خلالها نزع مركبات قيمة أخرى، لهذا يمكن التوصل إلى درجة انصباب أكثر انخفاضاً بالإضافات المخفضة لدرجة الانصباب

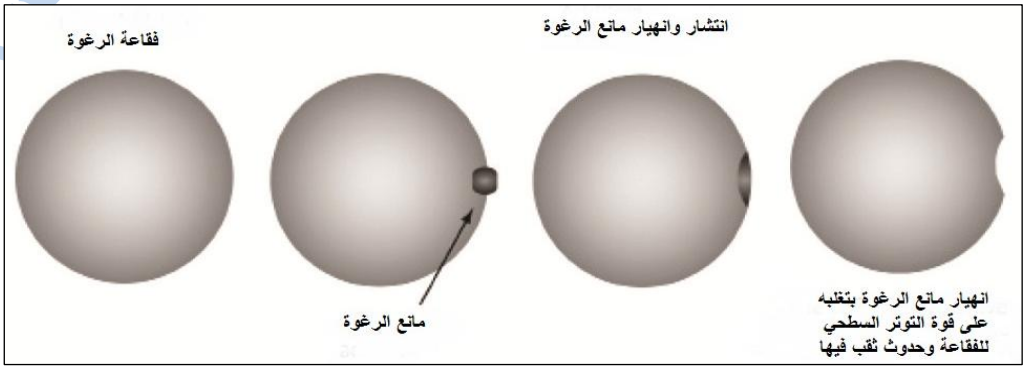
والتي تكون فعالة عند التركيز %(1÷0.05). وهي لا تؤثر على طبيعة تغير اللزوجة بدرجة الحرارة، وإنما على شكل البلورات حيث تحولها من بلورات صفائحية وإبرية إلى بلورات كروية ذات تأثير جيد على سيولة وتدفق الزيوت. وتتميز تلك الإضافات باحتوائها على مجموعات قطبية أو نوى عطرية وسلاسل أليفاتية طويلة ذات وزن جزيئي كبير (800÷1000) وانحلالية جيدة في الزيوت النفطية، نذكر منها مشتقات ألكيل النفتالين و ألكيل الفينول والبولي الكيل ميتاكريلات polyalkyl methacrylate's، والتي تتميز بعدة وظائف أخرى كالمنظفة والمانعة للتآكل والصدأ أيضاً.

2-6-3-6-الإضافات المانعة للرغوة Anti foam agents

يتسرب إلى زيت محرك عند السرعات العالية من الدوران بعض من الهواء، أبخرة الوقود، وغازات العادم. وحسب ظروف العمل يمكن أن يوجد في الزيت من %(5÷15) هواء (غاز) على شكل فقاعات هوائية منفصلة عن الزيت تُشكل على السطح الداخلي للمحرك أو في نظام التزييت رغوة غزيرة تؤدي إلى عدة سلبيات منها ضياعات نقل القدرة ونشوء ظاهرة التكهف على السطوح والخلل في ضبط مستوى الزيت.

يتعلق تشكيل الرغوة في الزيت على عدة عوامل منها تصميم ووضع مضخة الزيت، حوض الزيت، أنبوب الزيت وأيضاً على طبيعة الزيت. ولمنع هذه الظاهرة يضاف إلى الزيت الإضافات المانعة للرغوة وهي بوليمرات سيلكونية عضوية نذكر منها دي ميثيل السيليكونات Dimethyl silicones ذات الفاعلية العالية جداً حيث تضاف إلى الزيت بكميات صغيرة جداً %(0.0001÷0.003).

والوظيفة الأساسية لهذه الإضافات هي تسهيل انفصال الفقاعات الهوائية من الطبقة الزيتية حيث تعمل على إضعاف متانة الطبقة السطحية الزيتية وتساعد على نزع الهواء المنحل في الزيت لتحد بذلك من تشكيل الرغوة كما يوضحه الشكل(2-17).



الشكل (2-17) آلية إزالة الفقاعة من الزيت

2-6-3-7-الإضافات المانعة للأكسدة Anti oxidants

إن إحدى أهم خواص زيوت التزليق هي الثباتية ضدّ الأكسدة في ظروف الحرارة المرتفعة، وتمنع المواد المانعة للأكسدة في زيوت المحركات تغليظ زيوت الأساس أثناء الخدمة، ويحدث ذلك بشكل أكبر وأكثر أهمية عند ارتفاع درجة المحرك. وإن تغير خواص الزيوت عند الاستخدام يتعلق بشكل أساسي بتركيبها الكيميائي وثباتيتها لتأثير أكسجين الهواء عند الحرارة المرتفعة وتتعلق أيضاً بتأثير سطح المعدن ونواتج الاحتراق وتصميم المحرك وظروف عمله.

والزيوت المعدنية كما ذكرناه سابقاً هي عبارة عن مزيج معقد من البارافينات والنفتينات والعطريات والمركبات الأكسجينية والكبريتية والآزوتية حيث يخضع الزيت عند عمل المحرك لتحولات كيميائية عميقة مثل الأكسدة والبلمرة والألكلة والتفكك وغيره، ونتيجة لذلك يتشكل الأوحال والطين الأسود (الموت الأسود) والدبق (الورنيش) والكوك والراتنجات والإسفلتينات ومواد أكسجينية أخرى والتي تؤثر سلباً على خواص الزيوت مما يؤدي لزيادة الاهتراء في المحرك ونقصان استطاعته. كما يظهره الشكل(2-18).



الشكل (2-18) تأثير الأكسدة على الزيت وتشكل الوحل والطين الأسود والدبق والإسفلتيات والراتنجات

يؤثر على سرعة أكسدة الزيت في المحرك بشكل ملحوظ نوعية وتركيب المعدن الذي صُنعت منه أجزاء المحرك مثل الفولاذ، النحاس، الرصاص، القصدير، الألمنيوم، الفضة، الكروم، النيكل... الخ، حيث أن بعض هذه المعادن لها تأثير كبير كوسيط تحفيزي منشط لعملية أكسدة الزيت وبعضها الآخر له تأثير ضعيف، وكمثال على ذلك النشاط التحفيزي الوسيطي لأملاح الحموض النفثينية وخاصة نفثينات الرصاص والنحاس.

تؤثر درجة الحرارة بشكل ملحوظ على أكسدة الزيت، ففي درجات الحرارة المنخفضة تتجمع البيروكسيدات، أما في درجات الحرارة المرتفعة فتتشكل نواتج ومركبات الأكسدة العميقة نتيجة التحول المستمر لنواتج الأكسدة.

تحدد ثباتية الزيوت في ظروف عمل المحرك ببنية وخواص الهيدروكربونات والمركبات الكبريتية والأكسجينية والآزوتية المختلفة التي تدخل في تركيب الزيت. لذلك يدخل في تركيب الإضافات المانعة للأكسدة والتآكل بشكل أساسي المركبات الكبريتية والآزوتية والفوسفورية وبعض المركبات العضوية المعدنية.

هناك أنواع عديدة للإضافات المانعة للأكسدة نذكر منها:

- مركب دي ألكيل ديثيو فوسفات الزنك(ZDDP) وهو من الإضافات المهمة جداً المانعة للأكسدة والذي تم ذكره كمركب مهم مانع للاهتراء والضغط المفرط أيضاً، يتفكك هذا المركب المضاد للأكسدة والاهتراء ويكون لنواتج تفككه خواص أفضل في تخفيض الاحتكاك والاهتراء والأكسدة. [5]
- مركبات ألكيل الفينول وألكيل النفتول.
- الإضافات الحاوية على الآزوت كالأمينات الأليفاتية والعطرية والحلقية المتباينة ومركباتها.
- الإضافات الحاوية على الآزوت والهيدروكسيد كهيدروكسيد الفينول.
- الإضافات الحاوية على الكبريت والتي تتصف بقدرتها على التفاعل مع بيروكسيدات الهيدروكربونات وتشكيل أكاسيد الكبريت فتعمل على قطع السلسلة وإعاقة تفاعل الأكسدة التلقائية. كما تعمل على تشكيل طبقة واقية على سطح المعدن تعيق تفاعل النواتج الحمضية الناتجة عن أكسدة الزيت مع المعدن.
- الإضافات الحاوية على الفوسفور كمركبات ألكيل – أريل فوسفيت وألكيل فوسفيت.

وأخيراً يجب أن تتمتع الإضافات بخواص مهمة كالذوبانية والانسجام مع زيوت الأساس عند المزج، وتطايرية صغيرة عند درجات الحرارة المرتفعة للمحافظة على تركيزها وفعاليتها، ولونها الفاتح البراق الذي يدل على جودتها.

2-7- تصنيف زيوت المحركات

تصنف زيوت محركات الاحتراق الداخلي عالمياً وفق تصنيفين اثنين أساسيين، الأول حسب درجة اللزوجة وهو المعتمد من جمعية مهندسي السيارات (SAE)، والثاني حسب مستوى أداء وجودة الزيت المعتمد من معهد البترول الأميركي (API). بالإضافة إلى تصنيف ثالث لابد من ذكره هو التصنيف وفق اتحاد المصانع الأوربية للسيارات (ACEA).

2-7-1- التصنيف حسب درجة اللزوجة (جمعية مهندسي السيارات SAE)

تعتمد جمعية مهندسي السياراتSAE (التي تأسست عام 1911) في هذا التصنيف على أهم خصائص زيوت المحركات وهي اللزوجة والتي تؤمن المحافظة على طبقة رقيقة (Film) بين الأجزاء المتحركة في المحرك، تعبر لزوجة الزيت عن " السمك أو الثخانة "، إذ لابد للزوجة أن تكون مناسبة في جميع شروط عمل المحرك ليتمكن الزيت من الجريان والتدفق والتغلغل في الخلوصات ما بين الأجزاء المتحركة في مختلف ظروف التشغيل العادية والشاقة بما فيها بدء تشغيل وإقلاع المحرك وضمن مجال واسع من تغيرات درجة الحرارة، لذا فإن اختبارات ضخ الزيت في الطقس البارد (الحرارة المنخفضة جداً القريبة من التجمد) ومحاكاة التدوير البارد للمحرك (CCS) ومقياس اللزوجة الدوراني (RV) (اختبارات إجهادات القص للزوجة الزيت عند درجات الحرارة المرتفعة 150°C) هي من الخصائص الهامة المطلوبة في زيوت المحركات وهي الأساس في اعتماد تصنيفات SAE.

تصنف جمعية مهندسي السيارات زيوت محركات الاحتراق الداخلي حسب اللزوجة وفق التصنيفين التاليين:

1- زيت وحيد (أحادي) درجة اللزوجة Single-grade

إما للاستعمال الصيفي (درجات حرارة الطقس المرتفعة) حيث تبلغ لزوجته عند درجة حرارة 99°C ما بين cSt (5.73÷22.68).

أو للاستعمال الشتوي W (درجات حرارة الطقس المنخفضة) حيث تبلغ لزوجته عند درجة حرارة 18°C- ما بين cSt (869÷10500)، كما هو مبين في الجدول (2-3). [13]

الجدول (2-3) حدود قيم اللزوجة الحركية لزيوت محركات أحادية الدرجة

درجة اللزوجة SAE	اللزوجة الحركية عند (-18°C)(cSt)		اللزوجة الحركية عند(99°C)(cSt)	
	حد أدنى	حد أعلى	حد أدنى	حد أعلى
5w	-	869	3.86	-
10w	1300	2600	3.86	-
20w	2600	10500	3.86	-
20	-	-	5.73	9.62
30	-	-	9.62	12.93
40	-	-	12.93	16.77
50	-	-	16.77	22.68

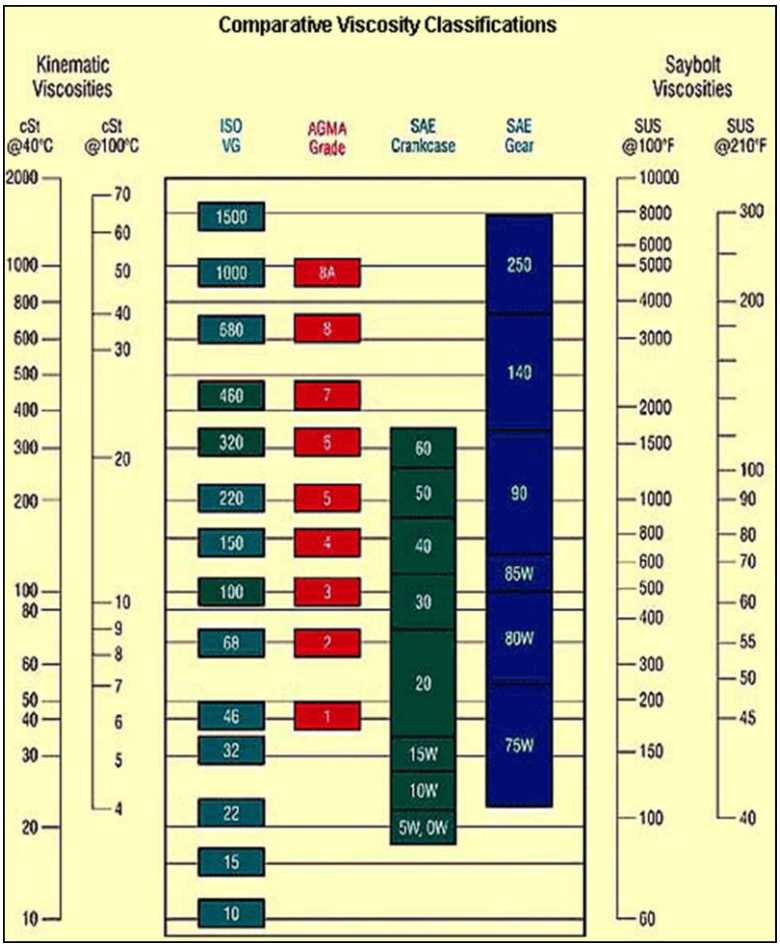
أسست جمعية مهندسي السيارات أحد عشر درجة للزوجة لزيوت المحركات وفق المواصفات المندرجة تحت اسم SAE J300، ستة منها تعتبر شتوية تعطى بالرمز w وخمسة صيفية وهي:

0w, 5w, 10w, 15w, 20w, 25w, 20, 30, 40, 50, 60

غالباً ما تشير هذه الأرقام إلى وزن الزيت، لذا تدعى الزيوت وحيدة الدرجة بزيوت "الوزن المباشر" "Straight-weight".

فكلما كان الرقم كبيراً في الزيوت الصيفية فإن الزيت سيحافظ على لزوجته عند التسخين الزائد في درجات الحرارة المرتفعة مما يؤمن حماية للمحرك، أما الزيوت الشتوية W فكلما كان الرقم صغيراً فإن الزيت سيحافظ على سيولته في الطقس البارد عند بداية تشغيل وإقلاع المحرك. تقاس اللزوجة الحركية للزيت وحيد اللزوجة (بدون W) عند درجة الحرارة 100°c(212°F) بواحدة سنتي ستوكس (mm^2/s)، أما باقي زيوت وحيدة الدرجة فتقاس اللزوجة بحدها الأدنى عند 150°c(302°F).

تقدم مختبرات هيئة المواصفات القياسية العالمية ISO وجمعية مهندسي السيارات SAE منحنيات بيانية تسمى منحنيات تغير اللزوجة مع تغير درجات الحرارة والذي يكون ثابتاً لأي نوع من أنواع الزيوت، ويملك بذلك كل زيت طبقاً لأسلوب تغير لزوجته مع درجة الحرارة على رقم معين يمثل مرجعاً للمنحني الخاص به، لذلك فإن الرقم المذكور بدرجة اللزوجة يمثل الرقم المرجعي لمنحني لزوجة الزيت وليس لقيمة لزوجة هذا الزيت.



الشكل (2-19) مقارنة تصنيفات لزوجة الزيوت وقيمتها وفقISO وSAE عند درجتي حرارة 40°c و 100°c

يوضح الشكل (2-19) المنقول عن مواصفات

SAE و ISO القياسية مقارنة تصنيف لزوجة الزيوت وقيمتها لكل درجة لزوجة من الزيوت عند درجتي حرارة هما 40°c و100°c (حيث يشير SUS قياس اللزوجة حسب سلم سيبوليت بالثواني). [31]

2- زيت متعدد درجات اللزوجة Multi-grade

إن مجال درجات الحرارة الذي يتعرض له الزيت في المحركات يكون واسعاً يبدأ من درجات الحرارة المنخفضة في الشتاء القارس قبل الإقلاع إلى التشغيل الساخن في درجات الحرارة المرتفعة في الصيف الحار والذي يكون بحرارة التشغيل القصوى للمحرك.

هذه القسوة في التشغيل يتطلب من زيوت محرك الاحتراق الداخلي أن تتمتع بخاصية اللزوجة المنخفضة في البرد واللزوجة العالية في الحر، لذلك يضاف بوليمر محسن للزوجة لتقريب الفرق الكبير بين اللزوجة المطلوبة ولتجعل الزيت متعدد درجات اللزوجة، وبالتالي لا يتطلب تغييرها وفقاً لتغيرات الطقس بين الصيف والشتاء مما يجعلنا قادرين على استخدام نوع واحد من الزيت في جميع فصول العام.

يرمز لزيت المحرك متعدد درجات اللزوجة برقمين بينهما حرف W حيث:

يشير الرقم الأول إلى درجة اللزوجة الأساسية في البرد عند درجة الحرارة (-18◦c)، أما الرقم الثاني فيشير إلى درجة اللزوجة الثانية في الحر عند درجة الحرارة (99◦c).

مثال: الزيت (10w30) هو زيت لزوجته عند درجة الحرارة -18◦c هي cSt (1300÷2600)، وعند درجة الحرارة 99◦c هي cSt (9.62÷12.93).

أمثلة عن الزيوت متعددة الدرجات:

5w/20, 10w/30, 20w/40, 5w/30, 10w/40, 10w/50, 20w/50.

يبين الجدول (2-4) أنواع لزيوت متعددة الدرجات ولزوجتها والحد الأدنى لدليل اللزوجة (حسب طريقة ASTM-D2270-93). [13]

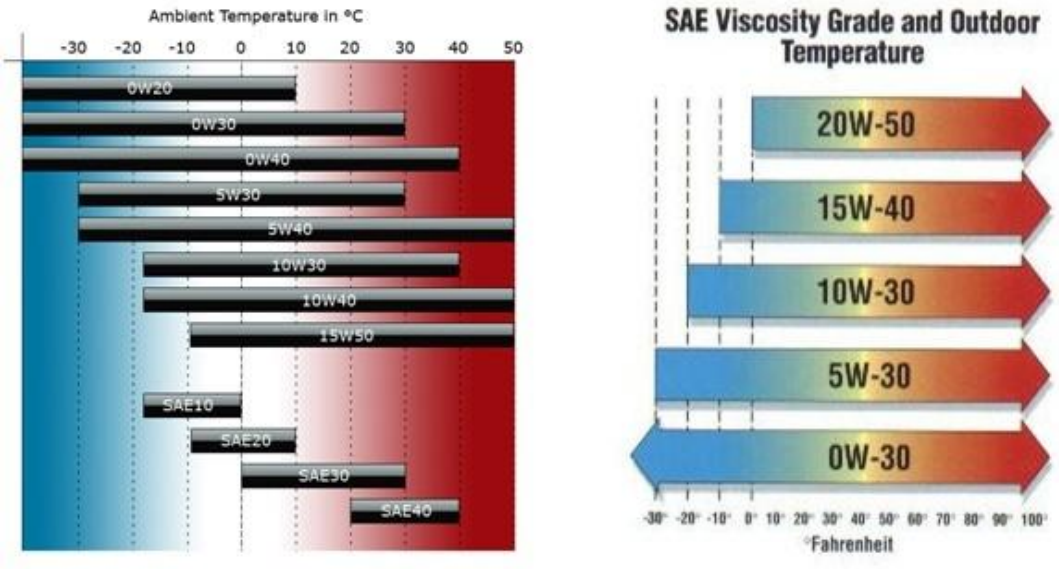
إن لزوجة الزيت متعدد الدرجات يختلف لوغاريتمياً مع درجة الحرارة، ويعتمد على طبيعة وكمية الإضافات إلى الزيت الأساس، ولا يخضع للمنحنيات القياسية لزيوت وحيدة الدرجة، وإنما يخضع لمنحني آخر خاص به أقل انحناء يتقاطع مع عدة منحنيات ولذلك يسمى متعدد الدرجات، والدرجات التي يسمى بها هذا الزيت تكون عبارة عن درجة الزيتين أحاديي الدرجة اللذان يتقاطع منحناهما مع الزيت متعدد الدرجات عند درجتي حرارة ثابتتين مثلاً 40°c و100°c، فمثلاً الزيت المسمى 10W30 يتصرف كزيت أحادي الدرجة 10 عند الحرارة 40°c ويتصرف كزيت وحيد الدرجة 30 عند الحرارة

100°c، وهذا يعني أن الزيت يسير بمنحني خاص به يتقاطع مع الزيوت أحادية الدرجة ولا يوازيها كالمنحني المبين سابقاً في الشكل (2-14). إن معدل انهيار اللزوجة مع درجة الحرارة في الزيوت متعددة الدرجات أقل بكثير من الزيوت الأحادية الدرجة.

الجدول (2–4) حدود قيم اللزوجة الحركية لزيوت محركات متعددة الدرجات والحد الأدنى لدليل اللزوجة

درجة اللزوجة SAE	اللزوجة الحركية عند (−18°C) (cSt)		اللزوجة الحركية عند(99°C) (cSt)		الحد الأدنى لدليل اللزوجة
	حد أدنى	حد أعلى	حد أدنى	حد أعلى	
5w/20	–	أقل من1300	5.6	أقل من9.6	146
10w/30	1300	أقل من2600	9.6	أقل من12.9	145
20w/40	2600	أقل من10500	12.9	أقل من16.8	113
5w/30	–	أقل من1300	9.6	أقل من12.9	205
10w/40	1300	أقل من2600	12.9	أقل من16.8	169
10w/50	1300	أقل من2600	16.8	أقل من22.7	190
20w/50	2600	أقل من10500	16.8	أقل من22.7	133

وأخيراً فإن شركات صانعي السيارات تعطي مجالات استخدام تصنيفات زيوت المحركات أحادية الدرجة ومتعددة الدرجات حسب درجة حرارة الجو الخارجي (الطقس) وفق الشكل(2–20). [26]



الشكل (2–20) مجالات استخدام تصنيفات عديدة لزيوت المحركات وفق درجة الحرارة الخارجية

2-7-2- التصنيف حسب مستوى أداء الزيت (المعهد الأميركي للبترول API)

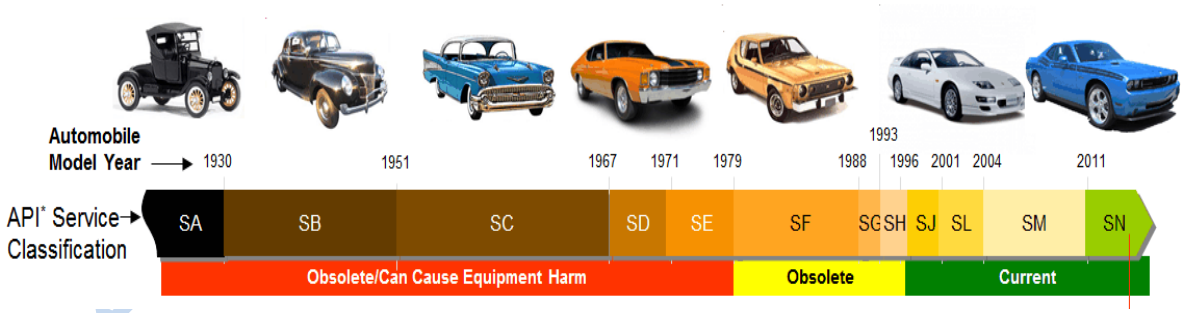
يعتمد المعهد الأميركي للبترول API (الذي تأسس عام1947) في تصنيفاته على مستوى أداء وجودة زيوت محركات الاحتراق الداخلي بعد إخضاع الفئات الجديدة من الزيوت إلى العديد من تجارب وصف الأداء والجودة وفق مواصفات الجمعية الأميركية للاختبارات والمواد (ASTM). وتصنف زيوت المحركات وفق الآتي:

2-7-2-1- صنف زيت محركات البنزين

يعطى الرمز S (Service) ويبدأ من SA ، SB ، SC ، SD ، SE ، SF ، SG ، SH ، SJ ، SL ، SM (منذ عام 2004) ، SN (منذ عام 2010) .

- الفئات المعمول بها حالياً SJ, SL, SM,SN
- الفئات القديمة SF, SG, SH
- الفئات الملغاة SA, SB, SC, SD, SE

كلما تقدم الحرف الهجائي (الألفبائي) إلى الأمام فإن فئة الزيت أكثر جودة وذات خواص تشغيلية أفضل وأحسن. يبين الشكل (2-21) تصنيف زيوت محركات البنزين المتوافقة مع سنوات صنع السيارات من الأقدم (عام 1930) إلى الأحدث (عام 2011) ويظهر فيه الفئات المعمول بها حالياً والفئات القديمة والفئات الملغاة.



الشكل (2-21) فئات صنف زيوت محركات البنزين متوافقة مع سنوات صنع السيارات

ويندرج ضمنها زيوت تحافظ على الطاقة API(EC) والتي تعتبر مجموعة جديدة من زيوت المحركات عالية الجودة، تتكون من زيوت منخفضة اللزوجة سهلة الانسياب، تعمل على تخفيض نفقات الوقود بحسب الاختبارات لمحركات البنزين من %(1.5÷2.7). مثال عنها: الفئة API SJ\EC .

يبين الجدول (2-5) وصف لفئات زيوت محركات البنزين وفق API.

الجدول (2-5) فئات زيوت محركات البنزين وفق API

الفئة	الوصف
SN	فئة زيوت الأحدث حتى الآن، قدمت في تشرين الأول عام 2010 للآليات الحديثة 2011 وما قبل، صممت لتؤمن تحسينات في مصروف الوقود، وحماية المكابس من الترسبات في درجات الحرارة العالية، وتحكم في تشكل الطين، وقدرة أكبر في الإحكام ومنع التسرب.
SM	زيوت حديثة وسارية المفعول تم تبنيها بتاريخ 2004/11/30 م، صممت لتوفر أفضل مقاومة للأكسدة وأفضل حماية من الترسبات والاهتراء، وأفضل أداء في درجات الحرارة المنخفضة خلال فترة خدمة الزيت وهي صالحة للاستخدام في محركات السيارات البنزينية التي صنعت من عام 2004 وحتى 2010.
SL	فئة زيوت سارية المفعول تم تبنيها في 2001/7/1 م، وهي صالحة لمحركات البنزين التي صنعت من 2001 وحتى 2004 م، صنعت لتضمن خواص أفضل عند درجات الحرارة المرتفعة.
SJ	فئة زيوت سارية المفعول تم تبنيها في 1995/11/6 م، ورخص لاستخدامها في 1996/10/15 م ، زيوت هذه الفئة مخصصة لكل محركات البنزين ذوات صنع بين السنوات (1996 – 2001) م.
SG	تم تبني هذه الفئة من الزيوت في عام 1988 وهي مخصصة لمحركات البنزين سنة صنعها 1993 وحتى 1995م، وقد حلت محل الزيوت الأكثر قدماً مثل SE, SF.

وفي بلدان عديدة لازالت فئات الزيوت التي تم استبعادها (القديمة) معمول بها ومسموح باستخدامها لأن السيارات التي تعمل بتلك الزيوت ما زالت موجودة.

2-7-2-2- صنف زيت محركات الديزل

يعطى الرمز C(Commercial) ويبدأ من CA ، CB ، CC ، CD ، CD-II ، CE ، CF ، CF-2 ، CF-4 ، CG-4 ، CH-4 ، CI-4 (منذ عام 2002) ، CI-4PLUS ، CJ-4.

- الفئات المعمول بها حالياً CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4, CI-4plus, CJ-4
- الفئات القديمة CA, CB, CC, CD, CD-II, CE

كما هو الحال بالنسبة لفئات الزيوت الخاصة بمحركات البنزين، كلما كان الحرف الهجائي (الألفبائي) من الحروف الانجليزية للأمام، فإن فئة الزيت أكثر جودة وذات خواص تشغيلية أفضل

وأحسن لتلبي المتطلبات الحديثة لهذه المحركات، أي أن فئات الزيوت CJ-4 أحدث من فئات الزيوت CH-4, CI-4, CI-4 plus والتي يبينها الجدول (2-6).

الجدول (2-6) فئات زيوت محركات الديزل وفق API

الفئة	الوصف
CJ-4	فئة زيوت حديثة سارية المفعول تم تبنيها في تشرين الأول عام 2006 م وهي مخصصة للمحركات عالية الحمولة التي تعمل على الديزل، تلبي متطلبات محركات الديزل الحديثة التي صنعت بين عامي 2007 م و2010 من حيث معايير إلغاء أكاسيد النتروجين(Nox) والترسبات الصلبة، أدخلت في هذه الفئة عدة شروط منها: أن يكون الرماد أقل من1%، الكبريت 0.4%، الفوسفور0.12%.
CI-4 plus	فئة زيوت سارية المفعول تم تبنيها في عام 2004 م كفئة زيوت إضافية إلى فئة الزيوت CI-4، زيوت هذه الفئة تجتاز الاختبارات العالية لتشكل هباب الفحم (Soot)، كذلك تجتاز اختبارات اللزوجة واختبار الترسبات على المكابس. تتميز بثبات عالي للقص مقارنة بفئة الزيوت CI-4 .
CI-4	فئة زيوت سارية المفعول تم تبنيها عام 2002م وهي صالحة لمحركات الديزل عالية سرعة الدوران التي صنعت في عام 2002 م، وتلبي متطلبات شروط انبعاث غازات العادم السامة لعام 2004 م، وهذه الفئة صنعت لمحركات الديزل مع مسترجع لغازات العادم (EGR) والتي تستخدم وقود ديزل يحتوي 0.5% من الكبريت.
CH-4	فئة زيوت تم تبنيها في 1998/12/1 م، وهي مخصصة لمحركات الديزل عالية السرعة رباعية الشوط وتلبي متطلبات عام 1998 لانبعاث غازات العادم السامة، كذلك تلبي متطلبات المحركات الأوربية التي تستخدم وقود ديزل يحتوي على 0.5% من الكبريت، وتختلف عن الفئة CG-4 بأنه يسمح لها بالاستخدام في المحركات التي تستخدم وقود يحتوي على نسبة كبريت أعلى من0.5%، وهذه الميزة تعتبر مهمة للبلدان المنتشرة فيها وقود ديزل بنسبة عالية من الكبريت مثل (أمريكا الجنوبية/ آسيا وأفريقيا). تلبي هذه الفئة المتطلبات تخفيض اهتراء الصمامات والتقليل من تكوين هباب الفحم (Soot).
CG-4	فئة زيوت تم تبنيها عام 1995م وهي مخصصة لمحركات الديزل عالية السرعة عالية الحمولة رباعية الشوط التي تستخدم وقود ديزل يحتوي على كبريت أقل من 0.5% هذه الفئة فعالة في إخماد تكون هباب الفحم في المكابس الناتج عن ارتفاع درجات الحرارة

	وتقلل من الاهتراء وتكون الرغاء، وكذلك تقلل من تفاعلات الأكسدة وغيرها. تلبي متطلبات المعايير الأمريكية من حيث انبعاث الغازات السامة.
CF-4	فئة زيوت تم تبنيها عام 1990 م ، وهي مخصصة لمحركات الديزل القوية عالية السرعة رباعية الشوط والتي تمتلك معزز للشحن أو بدونه للمحركات الموضوعة على القاطرات، تلبي متطلبات الفئة CE وتتمتع بخواص مخفضة لتكون هباب الفحم على المكابس. تم الموافقة على استخدامها مع فئة محركات البنزين SG لتصبح CF-4/SG ، تلبي متطلبات تخفيض غازات العادم السامة.
CF-2	فئة زيوت تم تبنيها عام 1994م ، وهي مخصصة لمحركات الديزل عالية الحمولة ثنائية الشوط، تعمل بفاعلية على إخماد اهتراء الأسطوانات وإخماد ترسب الفحم على حلقات المكابس.
CF	فئة زيوت تم تبنيها عام 1994م وهي مخصصة للمحركات بموزع لرش الوقود للمحركات التي تعمل بوقود يحتوي على كبريت أعلى من 0.5%، وتتمتع بخواص مقاومة للاهتراء والتآكل وخواص تخفيض تشكل هباب الفحم على المكابس.

2-7-2-3- الزيوت العامة (من أجل محركات البنزين والديزل)

ويرمز لها برمزين مضاعفين الرمز الأول يعتبر الأساس، أما الرمز الثاني فيعبر عن إمكانية استخدام هذا الزيت لمحرك من نوع آخر فمثلاً:

API CG-4/SH تعتبر فئات زيت مخصصة أساساً لاستخدامات محركات الديزل، لكن من الممكن استخدامها لمحركات البنزين التي فرض عليها زيوت الفئة API SH وما قبلها أي SG,SF,SE وهكذا.

2-7-2-4 وصف رمز الخدمة وعلامة شهادة تصديق زيوت المحركات وفق API

يُعرّف رمز الخدمة API service symbol وعلامة تصديق زيوت المحركات الموضح في الشكل (2-22) على أنه برنامج لتقييم جودة زيوت محركات البنزين والديزل والذي يقابل مستوى الأداء ويتطابق مع المتطلبات المحددة في الولايات المتحدة الأميركية وصانعي المحركات والسيارات العالمية وصانعي الزيوت، تشترك في هذا البرنامج الاختياري أكثر من 500 شركة عبر العالم.

يعبر عن رمز الجودة بالكعكة المدورة – الدونات(Donut) المقسمة إلى نصفي حلقة دائرية، أما علامة شهادة التصديق فيرمز لها بالنجمة المسننة (المشرشرة) كما هو مبين بالشكل (2-22) ويتم وصفها وفق الآتي:



الشكل (2–22) رمز الجودة وعلامة شهادة تصديق زيوت المحركات من API

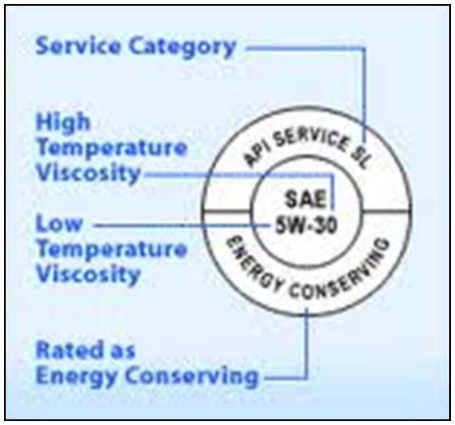
1– النجمة المشرشرة (Starburst): يقابل هذه الرمز شهادة تطابق مقاييس حماية المحرك ومتطلبات توفير الوقود الموضوعة من لجنة تصديق مقاييس الزيت العالمية (وهي لجنة تضم صانعي السيارات الأميركية واليابانية ILSAC).

2– علامة مستوى الأداء Performance level:

S فئات زيوت المحركات البنزينية، C فئات زيوت محركات الديزل.

3– علامة درجة اللزوجة (Viscosity grade):

يقابل قياس سماكة (ثخانة) الزيت وقدرته على التدفق (الجريان) عند درجة حرارة معينة. اتباع توصيات صانع السيارة فيما يخص درجة لزوجة الزيت (جمعية مهندسي السيارات) كما في الشكل (2–23).



الشكل (2–23) رمز الجودة –الدونات

4– علامة حفظ الطاقة (Energy Conserving):

مرتبطة بفئات زيوت البنزين حصراً وتوافق الاقتصاد في الطاقة والتوفير في استهلاك الوقود.

5– CJ-4 plus: مرتبطة بفئات زيوت الديزل حصراً ويوافق مستوى عالي من الحماية ضد تشكل هباب الفحم المرتبط بزيادة أو نقصان إجهاد القص للزوجة الزيت في محركات الديزل.

2-7-2- 5- تجارب وصف مستوى الأداء والجودة لدى API

تتعرض محركات الاحتراق الداخلي خلال الخدمة إلى اهتراء في الأجزاء الحديدية والفولاذية من المحرك ولتآكل في الأجزاء المعدنية غير الحديدية كسبيكة النحاس والرصاص في مضاجع عمود المرفق والنهايتين الصغرى والكبرى لذراع التوصيل ومضاجع عمود الحدبات وغيره، ويظهر هذا في:

1- أساور المكبس والجدران الداخلية للأسطوانة Piston rings and cylinder bore:

تتجسد بتلف تآكلي ناتج عن الصفة الحمضية للنواتج الثانوية لعملية الاحتراق وآخر ناتج عن عملية القشط تسببه جزيئات الكربون المحمول مع الهواء.

2- تلف آلية عمل الصمام Valve train:

يظهر تلف آلية عمل الصمام في حال انهيار الطبقة الرقيقة من الزيت (فيلم) بين سطوح المعادن المتحاكة فيتشكل الطين والوحل ومواد دبقة ولاصقة تؤدي إلى اهتراء الحدبات وتابعاتها وذيل الصمام ودليله وهي الأشكال الأكثر شيوعا" لتلف آلية عمل الصمام.

3- المضجع الرئيسي ومضجع الطرف الكبير Main and big end bearing:

يمكن أن يحدث التلف في المضجع الرئيسي للعمود المرفقي ومضجع الطرف الكبير لذراع التوصيل حيث يترافق مع تآكل في معدن المضجع، وانهيار في المضجع بسبب التعب الناتج عن حمولات كبيرة أو سرعة عالية لدوران المحرك (over speeding) أو احتكاك ناتج عن ضعف في تصفية الزيت أو ثخانة غير مناسبة في الطبقة الرقيقة من الزيت.

تعتمد الجمعية الأميركية للبترول API في وصف مستوى الأداء والجودة لفئات زيوت المحركات وفق مواصفات الجمعية الأميركية للاختبارات والمواد (ASTM) على بعض من التجارب التالية:

- التجربة 11B ترتبط بالعربات المستخدمة في رحلات الخدمة القصيرة وهي مخصصة لمراقبة تشكل الصدأ.
- التجربة 111B ترتبط بالعربات المستخدمة في أعمال الخدمة بدرجات الحرارة العالية وهي مخصصة لمراقبة تلف ذيل الصمام.
- التجربتان 11B, 111B تعملان على محرك البنزين بتتابع على نفس شحنة الزيت.
- التجربة 1V لمحرك البنزين وهي مرتبطة بعربات النقل العاملة في خدمة المستهلكين قبل العام 1958.

- التجربة VB مرتبطة بالعربات المستخدمة في مجال الخدمة الكثيرة التوقف (Stop-and-go) في الفترة السابقة لعام1965 وتعمل التجربة على مراقبة الأوحال والطين (Sludge) وتشكل الدبق– الورنيش (Varnish) على رأس الصمام مما يسبب تلفه.
- التجربة L-38 لمحرك البنزين تؤمن قياساً للفاقد الوزني لسبيكة المضجع المكونة من /نحاس– رصاص/ تحت ظروف التشغيل بدرجات الحرارة العالية.
- التجربة L-1 أو 1H لمحرك الديزل وهي شروط اختيارية تؤمن قياساً للترسبات المتشكلة على المكبس الناتجة عن التشغيل بدرجات الحرارة العالية.
- تجربة 1H2 لمحركات البنزين والديزل المرتبطة بالمحركات ذات الحقن غير المباشر المستخدم في التشغيل في أعمال معتدلة الشدة وتخصص هذه التجربة لمراقبة الترسبات المتشكلة على المكبس وأخاديد الحلقات.
- تجربة محرك البنزين المعدلة LTD تؤمن قياساً لترسبات الطين والورنيش.
- تجربة محرك البنزين 11D المرتبطة بالعربات المستخدمة في أعمال الخدمة ذات الرحلات القصيرة وهي مخصصة لمراقبة الصدأ.
- تجربة محرك الديزل 1G2 مرتبطة بالمحركات ذات الحقن غير المباشر والمستخدمة في التشغيل بالمهام الثقيلة وهي مخصصة لمراقبة الترسبات المتشكلة على المكبس وأخاديد الحلقات.
- تجربة محرك الديزل T6 مرتبطة بالعربات المجهزة بمحركات استخدمت للعمل في التطبيقات ذات السرعات العالية في الفترة السابقة لعام 1980 وهي مخصصة لمراقبة الترسبات واستهلاك الزيت وتلف أساور المكبس.
- التجربة T7 مرتبطة بالعربات المجهزة بمحركات استخدمت بشكل واسع في عمليات الجر في الفترة السابقة لعام 1984 وهي مخصصة لمراقبة عملية تثخين الزيت (بالبلمرة).
- تجربة NTC-400 مرتبطة بالعربات المجهزة بمحركات عاملة بالرحلات الطويلة على الطرق العامة (High way operation) في الفترة السابقة لعام 1983 وهي مخصصة لمراقبة ضبط استهلاك الزيت ومراقبة التلف والترسبات.

- تجربة محرك الديزل 1k المرتبطة بالمحركات ذات الحقن المباشر والمستخدمة في أعمال ذات المهمات الشاقة في الفترة السابقة لعام 1990 وهي مخصصة لمراقبة الترسبات المتشكلة على المكبس وأخاديد الأساور.
- تجربة الصقر (Falcon) لمحرك البنزين تستخدم لتأمين شروط أداء بديلة أو إضافية للمحرك مع مراقبة تشكل الصدأ.

ملاحظة: التجارب 1H, L-1, VB, 1V, 111B, 11B هي تجارب غير مستعملة حالياً.

تقترن فترة استخدام زيوت محركات الاحتراق الداخلي الحديثة (مسافة الخدمة) بحفاظها على فاعليتها وجودتها ومستوى أدائها خلال مسافة المسير في مجال عريض من التغيرات المناخية وشروط التشغيل المتغيرة للمحرك، ويتراوح هذا المجال من قيادة السيارة وعمل المحرك بظروف خدمة مختلفة تبدأ من عادية إلى ظروف خدمة شاقة وقاسية على نقلات وسرعات منخفضة (الأولى والثانية) متكررة لفترات طويلة كالطرق الوعرة والازدحام الشديد، ليصل هذا المجال إلى ظروف الخدمة الشاقة والقاسية جداً للمحرك كالمسير على الطرق العامة (طرق الأوتوستراد) بسرعة عالية أعلى من 170كم/سا متواصلة ولمسافات طويلة، أو زيادة سرعة دوران المحرك لما فوق 5000 د/د (سيارات السباق)، أو تلك التطبيقات الخارجة عن استخدامات النقل على الطرقات مثل آليات بناء الطرق وآليات الرفع حيث يعمل المحرك بحمولات كبيرة ودرجة حرارة عالية وتسريع وإبطاء مفاجئ لسرعة دوران المحرك.

2-7-3-التصنيف وفق اتحاد المصانع الأوربية

يعرف اتحاد المصانع الأوربية للسيارات (ACEA) أنواع زيوت المحركات حسب القدرة (النوعية)، ويحدد علامة تصنيف الزيت بواسطة الحروف الأبجدية (الألفبائية) وبأرقام لاحقة، مثلاً: A3-98 ، حيث يشير الحرف الألفبائي إلى مجال الاستعمال على الشكل الآتي:

A بالنسبة لمحركات أوتو البنزينية لسيارات نقل الأشخاص.

B بالنسبة لمحركات الديزل سيارات نقل الأشخاص.

E بالنسبة لمحركات الديزل ذات العمل الشاق والقاسي كسيارات النقل العام والبضائع.

C بالنسبة لمحركات البنزين والديزل التي تتوافق مع محفزات لغازات العادم والمتوافقة مع تخفيض للرماد الكبريتي والفوسفور والكبريت (SAFS).

أما الرقم الأول اللاحق بالحرف("3" في مثالنا) فهو يشير إلى معايير مستوى أداء الزيت (النوعية

أو الجودة) بترتيب عددي تصاعدي.

أما العدد الأخير ("98" في مثالنا) فهو يحدد بداية صلاحية الاستعمال لتصنيف الزيت ACEA (سنة 1998 في مثالنا) وهو يتوافق مع سنة الصنع للسيارات والتي تلبي رغبة مصنعي السيارات، والجدول (2–7) يبين اللاحقة العددية بصيغتها الجديدة المعمول بها من العام 2001 وما بعده. [33]

الجدول (2–7) اللاحقة العددية الجديدة المسجلة من العام 2001 وما بعد وفق تصنيف ACEA

New Style Registration Plates (2001 onwards)					
Reg	Start of Reg.	End of Reg.	Reg	Start of Reg.	End of Reg.
51	01 September 2001	28th February 2002	02	01 March 2002	31st August 2002
52	01 September 2002	28th February 2003	03	01 March 2003	31st August 2003
53	01 September 2003	28th February 2004	04	01 March 2004	31st August 2004
54	01 September 2004	28th February 2005	05	01 March 2005	31st August 2005
55	01 September 2005	28th February 2006	06	01 March 2006	31st August 2006
56	01 September 2006	28th February 2007	07	01 March 2007	31st August 2007
57	01 September 2007	28th February 2008	08	01 March 2008	31st August 2008
58	01 September 2008	28th February 2009	09	01 March 2009	31st August 2009
59	01 September 2009	28th February 2010	10	01 March 2010	31st August 2010
60	01 September 2010	28th February 2011	11	01 March 2011	31st August 2011
61	01 September 2011	28th February 2012	12	01 March 2012	31st August 2012

2-8- زيوت المحركات المعدنية السورية

ينتج معمل مزج الزيوت بحمص أنواع زيوت المحركات المبينة في الجدول رقم (2–8)

الجدول (2–8) أنواع زيوت المحركات السورية المنتجة من معمل مزج الزيوت بحمص

	التسمية وفق المواصفة السورية	المواصفة حسب SAE	المواصفة حسب API
1	10 شاق	SAE 10	API: CF
2	30 شاق عالي	SAE 30	API: CF
3	40 شاق عالي	SAE 40	API: CF
4	مخصوص 15 ش/50	SAE 15W50	API: SG/CD
5	مخصوص اكسترا 20 ش/50	SAE 20W50	API: SG/CD

وهذه الزيوت صالحة للاستخدام لمسافة مسير كيلو مترية 7500 كم لمحركات البنزين والديزل، يبين الشكل رقم (2-24) اللصاقة الموضوعة على العبوة سعة أربعة ليترات لزيت محركات 20ش/50 متعدد الدرجات صالح للاستخدام في كل من محركات البنزين والديزل، موضحاً فيه المسافة الكيلو مترية لصلاحية الزيت والمحددة ب 7500 كم وتطابقها لمواصفة جمعية مهندسي السيارات SAE ومعهد البترول الأميركي API. هذا وتقوم الشركة السورية لتخزين وتوزيع المواد البترولية (محروقات) بخزنه وتوزيعه.



الشكل (2-24) عبوة زيت محرك بنزين/ديزل إنتاج معمل الزيوت بحمص

نستخلص مما تقدم في هذا الفصل أن جودة زيوت المحركات المعدنية تتعلق بعملية إنتاج الزيوت الأساس والعمليات التكنولوجية اللاحقة وبالإضافات الكيميائية المحسنة لها والتي تنعكس على فترة استخدام الزيوت (العمر الاستثماري) الذي تحدده الشركات المنتجة للزيوت بالتوافق مع الشركات الصانعة للسيارات لتعطي المسافة الكيلو مترية مع المدة الزمنية المنصوحة لصلاحية وفترة استخدام أي نوع من انواع زيوت محركات الاحتراق الداخلي مقترنة أيضاً بظروف وطبيعة عمل المحرك ومجال خدمة وقيادة السيارة (عادية، قاسية وشاقة، قاسية وشاقة جداً).

أما فيما يخص الزيوت المعدنية السورية فإن العمر الاستثماري لصلاحيته عند استخدامه في محركات البنزين والديزل محددة بمسافة 7500 كم مع التنويه أن ثمة عوامل أمان أخذت عند إقرارها لتغطية ظروف ومجال خدمة وقيادة السيارة.

وقد تم في دراستنا اعتماد زيت المحرك المعدني السوري 40 شاق المناسب والمنصوح به عند عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط CNG وبالظروف الشاقة والقاسية المتعلقة بطبيعة عمل آليات البحث. [39]

ماجستير المهندس محمد ماهر كلاس

الفصل الثالث

أجهزة واختبارات البحث

Instruments & Tests' Research

ماجستير الهندسة ماهر كلاس

مقدمة

يعتبر النفط أغلى ثروة دفينة عرفها التاريخ واستغلها الإنسان واستفاد منها في شتى اتجاهات الحياة. فهي مورد الدفء للإنسان وقلب الهيكل الصناعي العالمي والمحلي على حد سواء. ومما يزيد من أهميتها هو الكمية المحدودة المختزنة داخل الأرض منها. لذلك تركزت الدراسات على إيجاد السبل المختلفة للحد من استهلاكه وتقنينه. وعلى الجانب الأخر كانت هناك دراسات تهتم بنوعية المادة العضوية ومدى ملاءمتها لمواصفات الآلة. خلصت تلك المحاولات إلى تحديد مواصفات دقيقة لأصناف المواد البترولية ومشتقاتها. ولا بد من القول أن محور الحديث في هذا البحث سيقتصر حول هذا الجانب أي البحث عن المواصفات المطلوبة في زيت المحركات وكيفية قياس هذه الخواص. هذا وتمتلك الكثير من الدول هيئات اعتبارية تضع هذه المواصفات وتحدد كيفية إجراء التجارب للوصول إلى الخواص المراد تعيينها. ففي انكلترا يوجد معهد النفط (IP) الذي يخول صلاحية إصدار التشريعات اللازمة بكل ما يتعلق بتجريب المواد البترولية واختباراتها. وفي الولايات المتحدة الأمريكية تقوم الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM) بوضع التعليمات الخاصة باختبارات المواد بما فيها المواد البترولية ومشتقاتها، وفي ألمانيا تكلف هيئة المواصفات الصناعية الألمانية DIN بالإشراف على ما يخص المواد النفطية أيضاً. ومن الجدير ذكره أن هذه المنظمات على اختلاف اتجاهاتها وطرقها متقاربة في أسلوبها وغالباً ما يكون التنسيق فيما بينها إلى حد التطابق التام في الشروط والإجراءات المتبعة لتحديد الخواص، وهذا بالتالي ما يجعل من القياسات والقراءات المأخوذة قيماً مقبولة عالمياً. يعتبر التجريب من أهم الطرق العلمية المعتمدة للحصول على إحاطة بمواصفات المواد المدروسة بغية معرفة مدى ملاءمتها للاستخدام. هذا وإن أبرز ما يضمن سلامة العمل العلمي ودقة النتائج وصحتها هو الشخص القائم على التجربة ذاته والذي يجب أن يكون ملماً بدقائق وتفاصيل التجربة، بالإضافة لضلوعه بمعالجة المعلومات المخبرية وكيفية الوصول إلى النتائج المعقولة بالرغم من الخطأ الحتمي الذي تحمله القياسات. [12]

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. يمكن لتجربة المحرك أن تأخذ واحدة من الأشكال الثلاثة:

1–تجارب محرك مخبرية.

2–تجارب على جهاز قياس قوة السيارة الكامل Dynamometer test .

3– تجارب ميدانية.

وعند تطوير صياغة لنوع جديد من الزيوت يتوجب استخدام الأشكال الثلاثة السابقة الذكر.

3-1- اختبارات زيوت المحركات

1– اللزوجة الحركية

تحدد اللزوجة الحركية للزيوت بقياس الزمن الذي يستغرقه انسياب حجم محدد من السائل تحت تأثير الجاذبية خلال أنبوب شعري معاير موجود في مقياس اللزوجة.

2– رقم القلوية الكلية TBN

هو تعبير عن كمية المكونات القلوية في الزيت والتي بمقدرتها معادلة النواتج الحمضية المتشكلة عن الاحتراق، يبدأ الزيت الجديد برقم قلوية كلي عالي ثم ينخفض خلال الخدمة.

إن رقم القلوية الكلي عنصر جوهري وأساسي في توطيد فترة استخدام الزيت ومؤشر إلى قابلية قدرة 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– رقم الحموضة الكلي 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 الكلي صفراً في الزيت الجديد ، إذ يمكن للإضافات أن تصبح حامضية طبيعياً، يؤشر زيادة رقم الحموضة الكلي إلى تلوث الزيت وعدم قابليته للخدمة.

4– نقطة الوميض Flash point

يتم خلال هده التجربة التعريف بطريقة إجراء تجربة تحديد درجة الوميض والاشتعال لكل المنتجات البترولية التي لها درجة وميض فوق الدرجة 79°C وتحت الدرجة 400°C. وذلك باستخدام جهاز كليفلاند–اليدوي ذو الفنجان المفتوح.

5– مضادات الأكسدة والاهتراء

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 ويغلظ الزيت ويقلل من قدرته على التزييت. تحتوي زيوت المحركات على موانع ومثبطات للأكسدة، وتؤمن التحاليل بالأشعة تحت الحمراء Infrared الوسيلة الوحيدة لقياس مستوى الأكسدة في الزيت ويعتبر الزيت الجديد مرجع لمقارنة التغيرات النسبية له.

6- اهتراء معادن الحديد والنحاس مقدرة بجزء من مليون ppm

يتم تحديد تركيز العناصر المعدنية (النحاس والحديد) في الزيوت المعدنية، وتفيد في الكشف المبكر عن الأعطال في المحركات قبل حدوثها. حيث يحدد مصادر عناصر الحديد بكتلة المحرك وجدران الأسطوانة وأساور المكبس ورأس الأسطوانات والمسننات، أما النحاس فمصدره محامل عمود المرفق وعمود الحدبات ونهايات ذراع التوصيل.

7- دليل الاهتراء

تقاس كثافة جسيمات الاهتراء الصغيرة والكبيرة لتحديد الاهتراء الحاصل في المحرك ومعرفة إذا كان طبيعي أم غير ذلك. وبناءً عليه يوصى بإصلاح الأعطال للوقاية من تعطل المحرك وانهياره لاحقاً وتوقفه عن العمل. [4]

3-2-أجهزة اختبارات البحث

3-2-1- جهاز قياس اللزوجة Viscometer

نوعه: يدوي حسب نموذج (Ostwald) المعدل والمبين في الشكل (3-1).

الشركة الصانعة: Cannon Fenske.

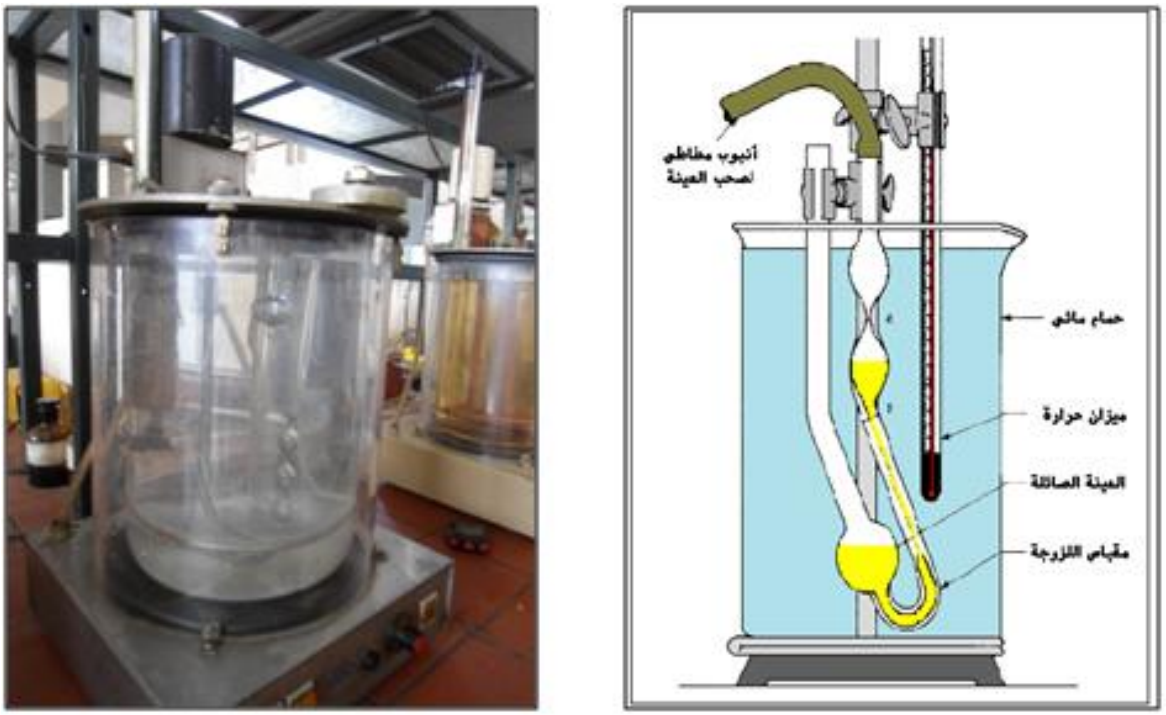
طريقة الاختبار القياسية المستخدمة: هي الطريقة المتبعة حسب ASTM D446 –93.

الغاية من التجربة:

تعيين اللزوجة الحركية υ بقياس الزمن t الذي يستغرقه انسياب حجم محدد من السائل تحت تأثير الجاذبية الأرضية خلال أنبوب شعري معاير موجود في حمام مائي يتم تسخينه إلى درجة الحرارة المراد قياس اللزوجة عندها. وتحسب اللزوجة الحركية من العلاقة: $\upsilon = t * c$.

حيث:

υ: اللزوجة الحركية (cSt)، t: زمن انسياب السائل(sec)، C: ثابت الجهاز.



الشكل (3-1) أجزاء جهاز مقياس اللزوجة

ملخص طريقة العمل:

يملأ مقياس اللزوجة بكمية محددة من العينة وُيوضع في حمام مائي في درجة الحرارة المطلوب قياس اللزوجة عندها، يترك المقياس في الحمام فترة من الزمن للوصول إلى نقطة توازن الحراري ما بين الحمام والمقياس. وبعد ذلك يقاس الزمن الذي يستغرقه انسياب سائل العينة بين العلامتين الموجودتين على المقياس (من العلامة العليا إلى العلامة الدنيا) بواسطة ميقاتية.

الجهاز المستخدم:

عبارة عن أنبوب زجاجي بشكل حرف U، يحوي في أحد فرعيه على الأنبوب الشعري العياري، كما يحتوي على انتفاخات زجاجية في كلا الفرعين.

كل مقياس مطبوع عليه رقم من المصنع ومرفق معه شهادة اختبار تحمل نفس الرقم ويذكر فيها حجم المقياس وكافة الثوابت المعيارية.

3-2-2- جهاز قياس رقم الحموضة الكلية ورقم القلوية الكلية بالمعايرة الكمونية

نوعه: يدوي كما هو مبين في الشكل (3-2).

الشركة المصنعة: Metrohm

طريقة الاختبار القياسية المستخدمة:

من أجل رقم الحموضة الكلية TAN هي الطريقة المتبعة حسب ASTM D664–95.

أما لرقم القلوية الكلية TBN فهي الطريقة المتبعة حسب ASTM D 2896-80.



الشكل (3–2) جهاز مقياس رقم الحموضة والقلوية الكلية

الغاية من التجربة:

تحديد المكونات الحمضية في الزيت للحصول على رقم الحموضة الكلية TAN والتي تدل على مدى التغيرات النسبية التي تحدث في الزيت خلال الاستعمال بغض النظر عن لون الزيت وخواصه الأخرى.

وتحديد المكونات القلوية في الزيت للحصول على رقم القلوية الكلية TBN والتي تدل على مدى التغيرات النسبية التي تحدث في الزيت خلال الاستعمال بغض النظر عن لون الزيت وخواصه الأخرى.

ملخص طريقة العمل:

عند قياس رقم الحموضة الكلية تحل عينة الزيت في مزيج من التولوين والكحول الايزو بروبيلي والماء. ويعاير بعدها المزيج بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي باستخدام جهاز المعايرة الكمونية والذي يحوي على مسريين مسرى زجاجي كاشف ومسرى كالوميل مرجعي.

أما عند قياس رقم القلوية الكلية فتحل حينئذ عينة الزيت في مزيج من حمض الخل الثلجي وكلورو البنزن. ويعاير بعدها المزيج بمحلول لحمض فوق كلورايد في حمض الخل الثلجي باستخدام جهاز المعايرة الكمونية والذي يحوي على مسريين مسرى زجاجي كاشف ومسرى كالوميل مرجعي.

يرسم الجهاز القراءات المترية أوتوماتيكياً، وتؤخذ نقطة نهاية المعايرة من الانعطافات المميزة لمنحني المعايرة الناتج يدوياً باستخدام مسطرة خاصة.

وتحسب الحموضة الكلية والقلوية الكلية من العلاقة التالية:

$$TAN=(V-B)*56.1*N / W$$

حيث:

V: الكمية المستهلكة من هيدروكسيد الصوديوم أو من محلول حمض فوق الكلوريد المعاير لعينة الزيت.

B: ثابت البلانك.

N: نظامية المحلول.

W: وزن عينة الزيت.

وتقدر النتيجة بـ mg KOH/g

3-2-3- جهاز تحديد نقطة الوميض Flash point

تعيين درجة الوميض والاشتعال بطريقة الفنجان المفتوح (كليفلاند – اليدوي). ويوضح الشكل (3-3) جهاز "كليفلاند – اليدوي" ذو الفنجان المفتوح.

نوعه: يدوي.

الشركة المصنعة: SUR-Berlin

طريقة الاختبار القياسية المستخدمة: هي الطريقة المتبعة حسب ASTM D 92 – 97.



الشكل (3-3) جهاز تحديد درجة الوميض

الغاية من التجربة:

التعريف بطريقة إجراء تجربة تحديد درجة الوميض والاشتعال لكل المنتجات البترولية التي لها درجة وميض فوق الدرجة 79 م° وتحت الدرجة 400 م°، ما عدا زيوت الوقود. وذلك باستخدام جهاز كليفلاند–اليدوي ذو الفنجان المفتوح.

ملخص طريقة العمل:

يملأ فنجان الاختبار بـ (70 مل) من عينة الزيت المختبرة، تُرفع درجة حرارة العينة بسرعة في البداية، ومن ثم تُسخن بمعدل ثابت عندما نقترب من درجة الوميض للعينة. تُمرر شعلة الاختبار فوق الفنجان خلال فترات زمنية محددة. إن أخفض درجة حرارة تتشكل فيها كمية صغيرة من الأبخرة فوق سطح العينة وبحيث تكون قابلة للاشتعال ولفترة صغيرة عندما تمرر الشعلة فوقها تؤخذ على أنها درجة الوميض. ومن أجل تحديد درجة الاشتعال نتابع التسخين مع إمرار الشعلة فوق سطح السائل وعندما تشتعل ولمدة لا تقل عن 5 ثوان، تسجل درجة الحرارة على أنها درجة الاشتعال.

3-2-4- جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR

طراز الجهاز: Galaxy series 5000

الشركة المصنعة: Unicam

الغاية من التجربة:

قياس مستوى تناقص الإضافات المانعة للأكسدة والاهتراء %(ZDDP) في الزيت.



الشكل (3-4) جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR

ملخص طريقة العمل:

يتم إدارة عمل الجهاز المبين في الشكل (3-4) من خلال حاسوب خاص به، توضع عينات الزيت في خلية المادة السائلة ذات السماكة المناسبة (للتحليل الكمي) أو في أقراص مضغوطة مناسبة مثل سيزيوم أيود بوتاسيوم بروميد للعينات السائلة غير المائية (للتحليل الكيفي)،ثم يسجل الطيف وتحدد الأطوال الموجية للعصابات.

يتم البحث عن طيف مشابه من قاعدة البيانات (مكتبة البحث) الموجودة في الجهاز، ويتم اختيار العصابة المطلوبة من طيف العينة بعد تسجيله، ثم إجراء عملية تكامل يقوم بها الحاسوب المرتبط بالجهاز لحساب مساحة العصابة عند القمة حوالي $1000\ cm^{-1}$ ، بتحديد المؤشر الموجي من 987.38 cm^{-1} إلى $943.02\ cm^{-1}$.

3-2-5- جهاز مطيافية الامتصاص الذري

Atomic absorption spectroscopy

طريقة الاختبار القياسية المستخدمة: هي الطريقة المتبعة حسب ASTM D2788 – D3605.

نوعه: أوتوماتيكي كما هو مبين في الشكل (3-5).

الشركة المصنعة: Pye Unicam SP, Atomic

الغاية من التجربة:

تحديد تركيز العناصر المعدنية (الحديد والنحاس) في الزيوت بطريقة مطيافية الامتصاص الذري وتفيد في الكشف المبكر عن الأعطال في المحركات قبل حدوثها.

ملخص طريقة العمل:

نأخذ حجم معين من عينة الزيت ويمدد بحجم معين من المذيب المستخدم، يمرر المزيج على جهاز الامتصاص الذري لتحديد تركيز المعدن المطلوب. وذلك بعد القيام بمعايرة الجهاز وإدخال المحاليل العيارية الخاصة بالمعدن المطلوب تحليله وإدخال الشاهد المناسب للمعدن.

ونحصل بالنتيجة على تركيز المعدن المطلوب على شاشة الحاسوب المرتبط بجهاز الامتصاص الذري بواحدة جزء من مليون (ppm).



الشكل (3-5) جهاز مطيافية الامتصاص الذري

3-2-6- جهاز دليل الاهتراء (الفيروغراف) WI

"تجربة الفيروغراف" لتحديد كمية الجسيمات المعدنية الكبيرة والصغيرة في عينات الزيوت المعدنية باستخدام جهاز الفيروغراف (دليل الاهتراء) المبين في الشكل (3-6).

جهاز الفيروغراف ذو القراءة المباشرة DR-5:

نوعه: يدوي.

الشركة المصنعة: PREDICT

طريقة الاختبار القياسية المستخدمة:

هي الطريقة المتبعة حسب تعليمات الشركة المصنعة للجهاز PREDICT.

الغاية من التجربة:

يقيس جهاز الفيروغراف ذو القراءة المباشرة (**D**irect **R**eading **F**errograph=**DR-5**) كثافة الجسيمات المعدنية الكبيرة (D_L) أكثرمن5 ميكرون، والصغيرة (D_S) أقل من 5 ميكرون.

يساعد هذا الاختبار في تحديد الاهتراء الحاصل في أجزاء المحرك لمعرفة ما إذا كان طبيعي أم غير طبيعي. وبناءً عليه يوصى بإصلاح الأعطال للوقاية من تعطل المحرك وانهياره لاحقاً والتوقف عن العمل.



الشكل (3-6) جهاز دليل الاهتراء (الفيروغراف)

ملخص طريقة العمل:

تمدد كمية صغيرة من عينة الزيت بالمذيب المناسب، وتمرر في أنبوب شعري ضمن حقل مغناطيسي. فتتوضع الجسيمات الحديدية بتأثير الحقل المغناطيسي في الأنبوب من الأكبر إلى الأصغر. حيث يوجد في مدخل الأنبوب حساس ضوئي يقيس كثافة الجسيمات الحديدية الكبيرة (D_L) وحساس آخر في نهاية الأنبوب يقيس كثافة الجسيمات الصغيرة (D_S). ومن ثم يحسب دليل

الاهتراء من العلاقة:

$\mathbf{WI= D_L+D_S}$ والذي يدل على حالة الاهتراء الحاصلة في المنظومة الميكانيكية التي يُستخدم فيها الزيت المعدني.

أخيراً لابد من التنويه هنا أن جميع الأجهزة المشروحة بالتفصيل في هذا الفصل متوفرة في مخبر الزيوت لدى مركز الدراسات والبحوث العلمية بدمشق، وقد تم إجراء وإنجاز جميع اختبارات وتحاليل الزيوت المتعلقة ببحثنا فيه مما أكسبها الموثوقية اللازمة لها، هذا ويعد مركز الدراسات والبحوث العلمية الجهة المعتمدة لإجراء الدراسات العلمية والتحاليل المخبرية اللازمة للتطوير بالتعاون مع معمل مزج الزيوت بحمص فيما يتعلق بزيوت المحركات. [14]

م. محمد ماهر كلاس

الفصل الرابع

الدراسة المرجعية

Base ground

ماجستير التصميم الداخلي ماهر كلاس

الدراسة المرجعية

سيتم خلال هذا الفصل عرض أوراق عمل نشرتها جمعية مهندسي السيارات SAE وعدة مقالات أخرى نشرتها شركات منتجة للزيوت فيما يتعلق بفترة استخدام زيوت محركات الاحتراق الداخلي وصلاحيتها والمنصوح بها لدى الشركات الصانعة للسيارات والتي شكلت بمجملها أساساً ومرجعية مفيدة لبحثنا العلمي، وقد تم خلالها التعرف على المنهجية العلمية المتبعة في التجارب الميدانية لتحديد العمر الاستثماري لزيوت المحركات وما توصلت إليه الأبحاث والدراسات فيما يتعلق بفترة استخدام وخدمة زيوت المحركات.

أولاً: سنستعرض أوراق عمل نشرتها جمعية مهندسي السيارات SAE حول مضمون دراستنا:

1- بينت ورقة عمل بعنوان " دراسة تطوير صيغة زيت جديدة لوقود ثنائي (غازولين – غاز طبيعي مضغوط CNG) باختباره ميدانياً على أسطول سيارات في تايلند " تناول فيها أربعة باحثون من الشركة الشعبية المحدودة (PPT) التايلندية المتخصصة بصناعة الزيوت اختبار نوع مطوّر وجديد من زيت المحرك ثنائي الوقود (غازولين – CNG) يتوافق مع مواصفات API SN/GF-5 في تصنيف الأداء.

أنجز الباحثون هذه الدراسة على مرحلتين، استلزمت المرحلة الأولى وضع خمس صيغ مقترحة من الزيت الجديد طورتها الشركة المذكورة وتم وضعها في أسطول سيارات التاكسي لتقطع المسافات الطويلة على الوقود الثنائي واستنبطت منها صيغة الزيت المناسبة من بين الصيغ الخمس المقترحة، أما في المرحلة الثانية فقد وضع الباحثون الصيغة الجديدة للزيت في محركات خمس سيارات جديدة تعمل على الوقود الثنائي واثنتان تقليديتان تعملان على الغازولين، وتوصل الباحثون بعدها إلى فترة استخدام الزيت على الوقود الثنائي بصيغته الجديدة بمسافة 25000 كم (وبظروف خدمة وقيادة شاقة وقاسية) مقارنة بالمسافة المنصوح بها للصيغة السابقة وهي 10000 كم. [21]

تبيّن هذه الدراسة موثوقية اعتماد الطريقة الميدانية التجريبية المتبعة في بحثنا، كما تم مقارنة المسافة الكيلو مترية التي توصلنا لها في بحثنا مع تلك المسافة التي توصل لها الباحثون في هذه الدراسة.

2- أظهرت دراسة بعنوان " تأثير فترة تبديل زيت المحرك على الاحتكاك في آلية عمل الصمام " قام بها خمسة باحثون من شركتي فورد Ford وكونكوفيليبس Conco Phillips (المتخصصة بتحاليل الزيوت) على أسطول مؤلف من ثلاث سيارات تعمل في Las Vegas أظهر التحقق الموضوعي كيفية تغير أداء الاحتكاك والاهتراء تبعاً لفواصل مسافة تبديل الزيت، حيث فحص الباحثون عينات من زيت محركات السيارات بعد جمعها لمعرفة قدرته على الحماية من الاهتراء، وقد استمر جمع عينات الزيت حتى مسافة 15000 ميل وتبين لهم أن تركيب الطبقة الترايبو كيميائية المتشكلة على سطح الاختبار عند المسافة 3000 ميل شبيهة بتلك المتشكلة عند المسافة 12000 ميل (20000 كم) وأن قياس هذه الطبقة تعكس قدرة الزيت على حماية المحرك من الاهتراء ونزعته لتشكيل الطين والدبق والورنيش ومردود الوقود وعدة صفات للأداء. [22]

تفيدنا هذه الدراسة بأنه يمكن اعتماد ثلاث سيارات من التجربة الميدانية لإقرار نتائج بحثنا، كما تبين الدراسة إمكانية تمديد فترة استخدام الزيت لمسافة تصل إلى (20000 كم).

3- تناولت دراسة بعنوان " تمديد فترة استخدام الزيت– مصادر للحماية أم تخفيض لعمر المحرك " قام بها خمسة باحثون من شركتي ديملر بنز Daimler Benz وشل Shell لتمديد فترة استخدام الزيت وهي استمراراً لدراسة سابقة توصلت لها الشركتين بينت فيها حينئذ أن مسافة تبديل زيت المحركات يجب ألا تزيد عن 15000 كم أو سنوياً، وقد درس الباحثون بالتجربة العملية بيانات مختلفة من حقل التجارب الميدانية للآليات والمحركات وبظروف عمل المحركات المتغيرة وعلاقته بعمر الزيت وظروف استثماره اعتماداً على برنامج نظام الصيانة الجديد للسيارات ASSYST والذي قدمته شركة مرسيدس بنز، حيث يعالج بيانات التشغيل الخاصة بالسيارة ويحسب مسافة تبديل زيت المحرك، وقد توصل الباحثون إلى مسافة تبديل ما بين 15000 – 30000 كم، أو ما بين سنة أوسنتين، وقد بينت هذه الدراسة أهمية جودة الزيت في إطالة فترة استخدام الزيت. [23]

نستند بهذه الدراسة في بحثنا على أهمية التجربة الميدانية في استخلاص مسافة خدمة الزيت وأن فترة استخدام وخدمة الزيت في المحركات قد تصل إلى 30000 كم تبعاً لظروف عمل المحرك ومجال قيادة السيارة (عادية – شاقة وقاسية – شاقة وقاسية جداً).

4- أظهرت دراسة بعنوان " تقديم الزيوت الصنعية لمحركات السيارات السياحية من أجل تمديد أداء مسافة تبديل الزيت " قام بها أربعة باحثون من شركة موبيل Mobil من خلال اختبارات المحرك القياسية المنجزة في مصانع القياس ل API و ACEA واختبارات أخرى غير قياسية تعتمد على تمديد مسافة المسير ومجال واسع من ظروف قيادة السيارة. وقد توصل الباحثون إلى أداء استثنائي لزيت محرك صنعي جديد مطوّر ومحسّن ووصلت مسافة خدمة الزيت إلى أكثر من 25000 ميل أو ثلاث سنوات. [24]

تعتمد هذه الدراسة في نتائجها على الزيوت الصنعية في محركات البنزين، ويمكننا من خلالها المقاربة إلى حد ما بين مسافة استخدام الزيوت الصنعية في محركات البنزين وبين الزيوت المعدنية عند عملها على الغاز الطبيعي المضغوط.

5- تناولت دراسة بعنوان " تأثير مسافة تبديل زيت المحرك على جودته " قام بها خمسة باحثون من شركة شل Shell الأميركية حيث عملوا على مراقبة عينات زيت المحركات لمئات السيارات عند فواصل زمنية ما بين 0 حتى 25600 كم (16000 ميل)، وقد أظهرت الدراسة من خلال البيانات إلى ثبات نضوب الإضافات من 4800÷9600 كم (3000÷6000 ميل) ويتصاحب ذلك بنقصان في مقاومة الأكسدة وزيادة في اللزوجة. وتوصل الباحثون أن العديد من شركات صناعة السيارات تنصح في دليل مالك السيارة بمسافة خدمة الزيت ما بين 4800÷12000 كم (3000÷7500 ميل) تحت ظروف قيادة عادية وشاقة، حيث تشير البيانات أن معظم السيارات تعمل تحت هذه الظروف. [20]

نستنبط من هذه الدراسة في بحثنا على أهمية نتائج عينات الزيت المأخوذة من التجارب الميدانية وأن مسافة خدمة الزيت قد تصل إلى 12000 كم.

6- بينت دراسة بعنوان " تحاليل الزيت المستعمل ودراسة فترة استخدام الزيت في محرك بنزيني " قام بها باحثان اثنان لمعرفة ظروف أداء الزيت واهتراء أجزاء المحرك عند التشغيل المستمر من خلال تحاليل فيزيائية وكيميائية لزيت صنعي (15W50) في محرك باستخدام جهاز قياس قوة المحرك (الدينموميتر)، واستنتج الباحثان في هذه الدراسة أنه يمكن اعتماد محتوى الحديد في الزيت المستعمل لتعريف فترة استخدام الزيت الأفضلي في المحرك وتخفيض عمليات الاهتراء، وتوصل الباحثان أن فترة استخدام الزيت الأفضلية هي 11000 كم. [25]

اعتمدنا في بحثنا على محتوى هذه الدراسة بإمكانية معرفة الحالة الفنية للمحرك بدون فكه إلى أجزائه من خلال التحاليل المخبرية لمعادن الاهتراء من حديد ونحاس المنجزة على زيت المحرك.

7- تناولت دراسة بعنوان " أهمية عنصر التصفية (مصفاة الزيت) على الاهتراء وفترة تبديل الزيت " قامت بها شركتي أي سي سبارك بلك Ac Spark plug وديترويت ديزل Detroit Diesel بينت فيها أهمية التصفية الناعمة لمصفاة الزيت في تخفيض معدل اهتراء المحرك بشكل ملحوظ حيث اختير معدل كفاءة جزيئات التصفية (15,25,30,40) ميكرون فكانت النتيجة أن انخفضت معادن اهتراء المحرك باعتبار عنصر التصفية 40 ميكرون هو المرجعي بالمقارنة حسب النسب التالية:

انخفض الاهتراء 50% بالنسبة ل 30 ميكرون تصفية.

انخفض الاهتراء 70% بالنسبة ل 15 ميكرون تصفية.

بينت هذه الدراسة أن مصفاة الزيت ذات الكفاءة العالية تحقق بلا ريب فترة تبديل زيت المحرك ما بين (5000÷3000) ميل أو ثلاثة أشهر. [27]

ثانياً: المقالات التي نشرتها بعض الشركات الرائدة في صناعة زيوت المحركات والمتعلقة ببحثنا حيث نذكر منها:

1- مقالة بعنوان " الزيوت الصنعية تقدم عرضاً قوياً بتمديد مسافة التبديل " تتحدث فيها أن شركة موبيل لصناعة الزيوت أنتجت نوع من زيوت المحركات والمسمى موبيل 1 (Mobil 1) حيث تراءى للبعض أنه مناسب لمسافات ما بين (15000÷10000) ميل، وعلى الرغم أن الكثير يفعلون ذلك إلا أن الشركة لم تذكره أو توصي به صراحة لأنها لم تصممه لهذه المسافة، ولأكثر من هذا فإن الشركة لن تقبل أي مراجعة أو ضمانة في حال حصول أي مشكلة فنية للمحرك ناتجة عن تمديد مسافة تبديل الزيت، وهي توصي وتذكر دوماً " اتبع تعليمات الصانع بما يخص فترة تبديل زيت المحرك " [28]، بالإضافة إلى أنه للحصول على الفائدة الكاملة من تمديد فترة تبديل زيت المحرك فإنه من المفيد استعمال مصفاة زيت عالية الجودة والأداء.

أفادت هذه المقالة إلى أن الشركات الصانعة للسيارات هي من تحدد مسافة استخدام زيوت المحركات والتي قد تخفض تللك المسافة التي قررتها الشركات المنتجة للزيوت نظراً لضمانها وكفالتها للسيارة.

2- مقالة بعنوان " اللعبة تغيرت " تتحدث فيها عن نظام مراقبة عمر الزيت OLM الذي أطلقته شركة جنرال موتورز GM والذي يعتمد على خوارزمية حاسوبية لثلاثة معايير: درجة حرارة حوض الزيت، أحوال حجرة الاحتراق (كيفية عمل المحرك)، والرطوبة. هذه المعايير تحدد عمر الزيت وصلاحيته للخدمة اعتماداً على ظروف عمل المحرك ومجال القيادة والمناخ والبيئة ولكل سيارة على حده وبارتياب ±5%. باستخدام هذا النظام يمكن تمديد فترة استخدام زيت المحرك من (2 ÷3) مرات بالمقارنة مع التبديل التقليدي 3000 ميل، وبينت المقالة أمثلة مختلفة لفترة استخدام الزيت تبعاً لظروف قيادة السيارة، فعند القيادة على الطرق الطويلة والسريعة (الأوتوستراد) في جو دافئ يمكن أن يزيد مسافة تبديل الزيت حتى 7000 ميل وقد يصل إلى 12000 ميل في بعض الطرازات، أما القيادة برحلات قصيرة في جو بارد سيحدد المسافة 3000 ميل أو أقل. وقد أشارت البيانات المرتدة (Feedback) لشركة GM من مراكز الخدمة حول العالم أن نظام المراقبة يحدد في الظروف الأعم مسافة تبديل الزيت ما بين (5000 ÷ 6000) ميل مما يوفر المال ويخفف الجهد عن المحرك. [17]

تفيدنا هذه المقالة بالقفزة النوعية الذي حققه نظام مراقبة عمر لزيت وأن فترة استخدام الزيت متعلقة بظروف متغيرة من عمل المحرك وقيادة السيارة وأن العمر الاستثماري للزيت قد يصل إلى 6000 ميل.

3- مقالة نشرتها شركة أمسويل AMSOIL الأميركية الرائدة في صناعة الزيوت بعنوان " توصيات الشركات الصانعة للسيارات بمسافة تبديل زيت المحرك " تحدثت فيها عن تطور صناعة زيوت المحركات والتي جعلت شركات صناعة السيارات تلغي توصياتها القديمة بفترة استخدام زيوت المحركات والتي كانت في فترة سابقة 3000 ميل (4800 كم) ثم ازدادت إلى 5000 ميل (8000 كم) لتستبدلها بعد ذلك بأخرى حديثة. وأدرجت شركة أمسويل توصيات شركات صناعة السيارات المنصوح بها لفترة استخدام الزيت في المحركات (العمر الاستثماري) وأوردت تللك التوصيات على النحو التالي:

أوصت شركة جنرال موتورز GM في سياراتها الحديثة المزودة بنظام مراقبة عمر الزيت OLM والذي جعل مسافة تبديل زيت المحرك تبدأ من 8500 ميل (13600 كم) تبعاً لظروف التشغيل، واتبعها كثير من الشركات الصانعة للسيارات وحذت حذوها.

أوصت شركات صناعة السيارات وشركات الزيوت الأوربية بتمديد مسافة تبديل زيوت محركاتها ووصلت إلى مسافة تبدأ ب 10000 ميل (16000 كم).

شركات صناعة السيارات بي إم دبليو(BMW) وبويك (Buick) وكاديلاك (Cadillac) وشيفروليه (Chevrolet) وجي إم سي (GMC) وهوندا (Honda) وأيسوزو (Isuzu) وميني (Mini) وبونتياك (Pontiac) وساب (Saab) وساترون (Saturn) وأكورا (Acura): جميعها استخدمت نظام مراقبة عمر الزيت الإلكتروني OLM لتبديل زيوت محركات سياراتها.

بينما أوصت مرسيدس Mercedes: 13000 ميل (20800 كم) أو كل سنة.

بورشيه Porsche: 12000 ميل (19200 كم) أو كل سنة.

جاكور Jaguar: 10000 ميل.

أودي Audi: 5000 ميل في السنة الأولى ثم 10000 ميل في السنوات اللاحقة.

مارتين Martin: 10000 ميل أو سنة واحدة.

لاندروفر (Land Rover) ومازدا (Mazda) وميتسوبيشي (Mitsubishi) ونيسان (Nissan) وسوبارو (Subaru) وسوزوكي (Suzuki) وفولفو (Volvo) جميعها أوصت بمسافة تبديل زيوت محركات سياراتها ب 7500 ميل (12000 كم).

فورد (Ford) ولينكولن (Lincoln) وميركوري (Mercury): أوصت بمسافة تبديل زيت المحرك 7500 ميل، 5000 ميل في ظروف عمل خاصة.

كيا Kia: من 5000 إلى 7500 ميل حسب موديل السيارة.

وأخيراً قدمت شركة صناعة الزيوت الأميركية أمسويل AMSOIL عدة أنواع من زيوت المحركات الصنعية توصي بتمدد مسافة تبديل الزيت لها إلى 25000 ميل (40000 كم) أو سنة واحدة، وذكرت هذه الأنواع: [29]

0w-20, 0w-30, 0w-40, 5w-20, 5w-30, 5w-40, 10w-30, 10w-40, 15w-40, 20w-50.

هذه المقالة بالغة الأهمية حيث حددت فيها مسافات فترة استخدام زيوت المحركات والمنصوحة للعديد من شركات صناعة السيارات مرتبطة بالفترة الزمنية (سنوات او أشهر) والتي وصلت إلى 20800 كم لدى شركة مرسيدس، حيث يمكن مقارنة نتائج بحثنا بها.

4- أصدرت رئاسة مجلس الوزراء السوري بلاغاً رقم 33/ ب /15/7019 بتاريخ 2002/9/15 أشارت فيه إلى ضرورة التزام وزارات الدولة والجهات العامة كافة بتبديل زيوت محركات آلياتها بنزين وديزل بالزيوت المنتجة في معمل مزج الزيوت في شركة مصفاة حمص حصراً. [14]

وحدد البلاغ المسافة الكيلو مترية لتبديل الزيوت في محركات آليات القطاع العام بـ 7500 كيلومتر للآليات التي لا يزيد عمرها على 10 سنوات، أما تلك التي يزيد عمرها على عشر سنوات فتحدد المسافة الكيلو مترية لتبديل زيوتها بـ 5000 كيلومتر.

وتستبدل زيوت محركات الآليات التي تعمل في أكثر أوقاتها وهي متوقفة كالجبالات والرافعات والحفارات حسب ساعات العمل، إضافة إلى المسافة الكيلو مترية وتعد كل ساعة عمل معادلة لمسافة 30 كيلومتراً.

ويتم استبدال زيوت محركات المجموعات الثابتة (المحركات الكهربائية- مضخات المياه وما يماثلها) كل 250 ساعة عمل بالنسبة للآليات المشمولة بالفقرة السابقة للآليات التي لا يزيد عمرها على عشر سنوات، و200 ساعة عمل بالنسبة للآليات التي عمرها فوق 10 سنوات أو كل عام في حال عدم استكمال ساعات العمل ضمن عام.

أما في حال عدم قطع الآلية خلال عام المسافة المقررة لتبديل الزيت أو ما يعادلها من ساعات العمل فيستبدل زيت المحرك ومصفاة الزيت.

وفي حال انخفاض منسوب الزيت عن المستوى الأدنى المسموح به على مؤشر القياس يسمح بإضافة نصف ليتر زيت محرك كحد أقصى، ولمرة واحدة خلال المسافة الكيلو مترية لتبديل الزيوت أو ما يعادلها من ساعات عمل لكل 4 ليترات من سعة خزان الزيت.

وتتم عملية صيانة الآليات وتبديل مصفاة زيت المحرك عند كل تبديل للزيت بالنسبة للآليات المتحركة والآليات التي تعمل وهي متوقفة «من الثبات» ومحركات المجموعة الثابتة لأن الزيادة في استهلاك الزيت عن الحدود المسموح بها يعد مؤشراً على حاجة المحرك للصيانة الفنية اللازمة.

وقد أورد البلاغ أن مركز الدراسات والبحوث العلمية هو الجهة المعتمدة لإجراء الدراسات العلمية والتحاليل المخبرية اللازمة للتطوير بالتعاون مع معمل مزج الزيوت بحمص، وذلك فيما يتعلق بزيوت المحركات.

استناداً لهذا فإن البلاغ قد حدد المسافة الكيلو مترية لصلاحية استخدام زيوت المحركات السورية بمسافة 7500 كم لمحركات البنزين والديزل ولم يحدد تلك المسافة عند استخدامه في المحركات العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG وهذا ما توخيناه في أهداف بحثنا وستكون نتائجنا وثيقة إضافية لهذا البلاغ، ومن جهة أخرى فقد تم إنجاز جميع التحاليل المخبرية لعينات الزيت في بحثنا لدى مخبر الزيوت في مركز الدراسات والبحوث العلمية والذي تعتمده الدولة لتطوير زيوت المحركات كما ورد في هذا البلاغ.

نستخلص من الدراسات والمقالات المذكورة في هذا الفصل ما توصلت إليه بعض الدراسات العلمية السابقة في تحديد مسافة خدمة زيوت المحركات والذي تم الاستناد عليها عند مقارنة نتائج بحثنا وإقرار العمر الاستثماري للزيت المدروس، كما تبين لنا في الدراسة المرجعية أن العمر الاستثماري للزيت غالباً ما تحدده أو توصي به الشركات الصانعة للسيارات تبعاً لظروف عمل ومجال قيادة السيارة على خلاف ما يتراءى للأذهان أن الشركات المنتجة للزيوت هي من تقرر ذلك، وهذا ما يجعلنا نستنتج أن غالبية المسافات الكيلو مترية المقررة للعمر الاستثماري للزيت حددت بعد الأخذ بالحسبان عوامل الأمان وأن تلك المسافة يمكن أن تكون أكبر مما هي معلنة.

الفصل الخامس

الجزء العملي

Practical Section

ماجستير الهندسة ظاهر كلش

مقدمة

يتضمن الجزء العملي في هذا البحث شقين اثنين هما:

1- التجارب الميدانية على سيارات الغاز الطبيعي المضغوط الوحيدة في سوريا والموجودة حصراً في حقول النفط في الجبسة بأخذ عينات من زيت المحرك وإجراء الاختبارات لهذه العينات في مخبر الزيوت – مركز الدراسات والبحوث العلمية – والحصول على النتائج والمخططات البيانية لتحديد العمر الاستثماري للزيت.

2- تجهيز سيارة نوع داتسون الموجودة لدى مخبر الآليات والمحركات في قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق بمنظومة لتحويل محركها البنزين للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG ليصبح محرك ثنائي الوقود Bi-fuel.

وسنأتي على توضيح هذين الشقين بالتفصيل الآتي:

5-1- خطة تحديد العمر الاستثماري للزيت

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 ضمن القطر.

(فترة التبديل الأنسب وهي أطول مسافة كيلو مترية تقطعها الآلية بعد وضع زيت جديد فيها دون أن تتغير أحد مواصفاته الأساسية بشكل ملحوظ للحصول على أكبر مردود اقتصادي للزيت). [2]

يتطلب ذلك اختبار الزيت بشكل دوري ولمسافات متواترة حتى الوصول 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 في الجدول (5-1) مع الحفاظ على مستوى الزيت في حوض المحرك بشكل ثابت تقريباً. [16]

الجدول (5-1) القيم الاحترازية المتبناة معياراً لصلاحية الزيت

مسلسل	المواصفات	الحدود الاحترازية المتبناة
1	اللزوجة الحركية عند الدرجتين 40◦C&100◦C	زيادة أكبر من 35%
2	رقم القلوية الكلية	انخفاض (0÷ <2)
3	رقم الحموضة الكلية	(7) >
4	مضادات الاهتراء والأكسدة (ZDDP)	انخفاض حتى اختفاء القمة
5	نسبة الحديد	200(PPM) >
6	نسبة النحاس	40 (PPM) >

5-1-1- خطة التجارب الميدانية لآليات البحث

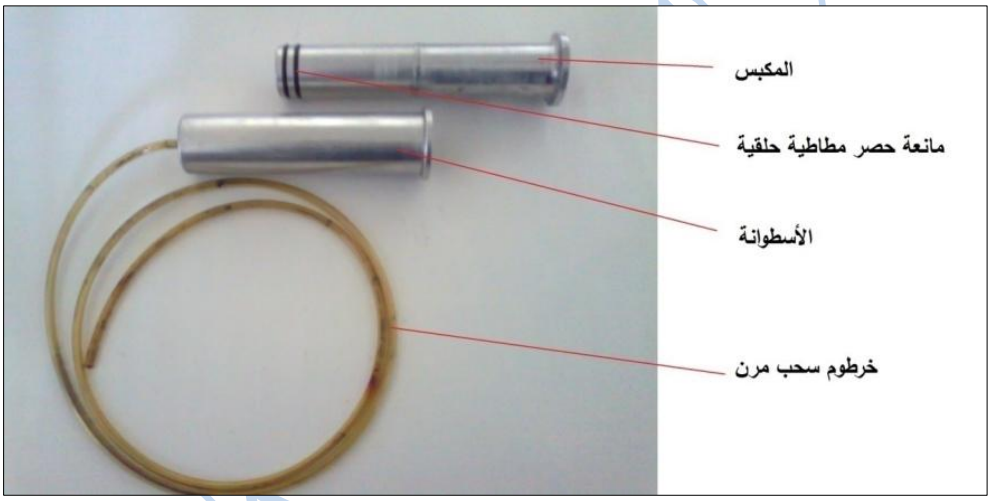
1- اختيار وتجهيز آليات البحث العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG الوحيدة في سوريا والمتواجدة في حقول نفط الجبسة (الحسكة) بحالة فنية جيدة لمحركاتها حسب ملف ذاتيتها الفنية في مديرية الآليات لدى حقول النفط المذكورة، حيث يبين الجدول(5-2) طرازاتها وأنواعها وعددها البالغ سبع آليات وأرقام اللوحات المميزة الخاصة بها وعدد أسطوانات المحرك وعدادات المسافة الكلية الكيلومترية عند البدء بالتجارب لكل منها.

الجدول (5-2) آليات التجارب الميدانية لهذا البحث المتواجدة في حقول النفط الجبسة (محافظة الحسكة)

مسلسل	طراز ونوع الآلية	رقم اللوحة	عدد الاسطوانات	عداد البدء بالتجارب
1	صالون نيسان	986346	6	423800
2	صالون نيسان	975374	6	53200
3	صالون تويوتا لاند كروزر	974941	6	9512
4	دبل كبين ميتسوبيشي	933730	4	220000
5	صالون تويوتا لاند كروزر	986086	6	615020
6	صالون أيسوزو	975885	4	544570
7	دبل كبين مازدا	480212	4	1924

2- اعتماد زيت المحركات السوري المعدني 40 شاق وهو من الزيوت المنصوح بها عند عمل المحركات على الغاز الطبيعي المضغوط CNG والمناسب أيضاً للظروف الشاقة والقاسية لآليات التجربة الميدانية العاملة في حقول النفط (الجبسة) [39]، ثم إجراء التحاليل المخبرية للزيت الجديد (العينة الصفرية).

3- اقتطاف (سحب) عينات زيت من آليات التجربة الميدانية بعد المسير مسافات متواترة بواسطة مضخة سحب يدوية معدنية مبينة في الشكل (5-1) صنعت لهذا الغرض في ورشات مركز الدراسات والبحوث العلمية ويتم سحب هذه العينات بعد توقف المحرك عن العمل مباشرة عبر إدخال الخرطوم المرن في موضع سيخ (عصا) قياس مستوى الزيت في المحرك لكل آلية.



الشكل (5-1) أجزاء المضخة اليدوية لسحب الزيت من الآلية

4- وضع كل عينة من العينات المأخوذة بعبوات بلاستيكية معقمة كيماوياً ومجففة خاصة لهذا الغرض سعتها (150مل) وإحضارها إلى مخبر الزيوت - مركز الدراسات والبحوث العلمية - بدمشق وإجراء تسع تحاليل مخبرية لكل عينة زيت (لزوجة حركية عند الدرجة 100°C وعند الدرجة 40°C، رقم حموضة كلية ورقم قلوية كلية، ودرجة وميض، ومعادن اهتراء حديد ونحاس، ودليل اهتراء، ومضادات أكسدة واهتراء) ، وقد بلغ عدد العينات الإجمالي /22/ عينة لجميع آليات التجربة الميدانية، أما عدد التحاليل المخبرية لكامل العينات فقد بلغ /198/ تحليل.

5-1-2- نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيوت محركات آليات البحث

بعد إجراء الاختبارات والتحاليل المخبرية على جميع عينات زيوت المحركات ولكافة آليات التجارب الميدانية التي تعمل على الغاز الطبيعي المضغوط تم إدراج النتائج وفق الجداول السبعة المدرجة بالأرقام (5-3)، (5-4)، (5-5)، (5-6)، (5-7)، (5-8)، (5-9) والتي تتطابق مع كل آلية على حده على النحو الآتي:

الجدول (5-3) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون نيسان رقم 986346

المسافة المقطوعة (كم)		0	3450	4585
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	167.96	148.69	156.68
	100°C	15.55	15.1	13.95
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		2.21	2.43	2.74
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		9.77	8.51	8.28
درجة الوميض (°C)		230	226	224
المعادن (ppm)	الحديد	0	14.28	17.2
	النحاس	0	3.12	4.22
دليل الاهتراء (-)		0	1480	10280
IR (1000 cm-1)(%)		100	50.29	94.73

الجدول (5-4) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون نيسان رقم 975374

المسافة المقطوعة (كم)		0	4650	9750	13400	18065
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	167.96	149.6	144.81	139.77	169.56
	100°C	15.55	15.03	14.61	14.07	15.74
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		2.21	2.62	3.35	3.86	4.77
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		9.77	7.24	4.91	3.79	4
درجة الوميض (°C)		230	226	224	218	191
المعادن (ppm)	الحديد	0	30.41	68.07	82.16	172.4
	النحاس	0	9.3	17.61	22.4	24.22
دليل الاهتراء (-)		0	45600	75200	72000	19500
IR (1000 cm-1)(%)		100	65.4	33.81	18.40	21.24

الجدول (5-5) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية تويوتا لاند كروزر رقم 974941

المسافة المقطوعة (كم)		0	3255	7150	9727	11377	11458
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	167.96	162.31	164.82	159.67	168.06	226.69
	100°C	15.55	15.13	13.79	14.69	15.99	25.65
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		2.21	2.33	2.59	2.71	3.32	5.83
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		9.77	9.15	8.14	7.54	7.31	7.28
درجة الوميض (°C)		230	229	229	228	232	228
المعادن (ppm)	الحديد	0	3.51	5.43	10.22	15.98	13.5
	النحاس	0	1.72	1.78	1.8	2.72	2.48
دليل الاهتراء (-)		0	1630	4800	585	9270	4200
IR (1000 cm-1)(%)		100	80.1	60.2	50.95	38.03	51.14

الجدول (5-6) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية دبل كبين ميتسوبيشي رقم 933730

المسافة المقطوعة (كم)		0	1592	7000
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	167.96	138.78	258.19
	100°C	15.55	13.10	30.29
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		2.21	2.93	6.01
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		9.77	7.03	5.36
درجة الوميض (°C)		230	228	236
المعادن (ppm)	الحديد	0	18.10	20.32
	النحاس	0	4.22	5.66
دليل الاهتراء (-)		0	923	3060
IR (1000 cm-1)(%)		100	38.40	41.30

الجدول (5-7) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون تويوتا لاند كروزر رقم 986086

المسافة المقطوعة (كم)		0	1265	7000
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	167.96	136.60	149.04
	100°C	15.55	13.25	13.8
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		2.21	2.43	5.8
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		9.77	8.15	5.93
درجة الوميض (°C)		230	228	234
المعادن (ppm)	الحديد	0	28.10	26.12
	النحاس	0	6.22	5.12
دليل الاهتراء (-)		0	11400	5000
IR (1000 cm-1)(%)		100	29.51	29.77

الجدول (5-8) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية صالون أيسوزو رقم 975885

المسافة المقطوعة (كم)		0	3850	7950	10560	11330
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	167.96	160.41	155.3	139.77	146.83
	100°C	15.55	15.03	14.79	14.38	14.74
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		2.21	2.48	3.06	3.44	5.75
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/غ زيت)		9.77	7.83	5.97	4.43	6.24
درجة الوميض (°C)		230	229	228	226	198
المعادن (ppm)	الحديد	0	24.31	26.93	28.72	25.62
	النحاس	0	5.06	6.73	7.16	5.18
دليل الاهتراء (-)		0	102000	11600	10900	2800
IR (1000 cm-1)(%)		100	60.74	56.3	26.15	42.28

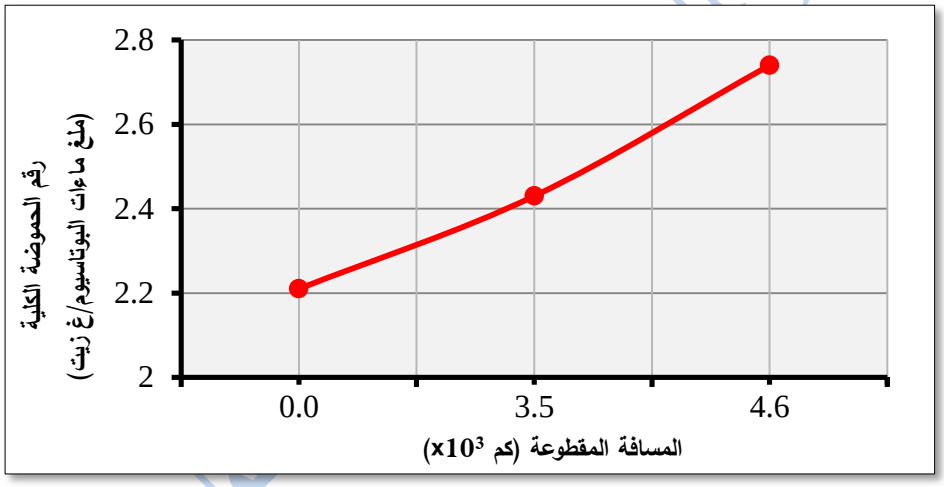
الجدول (5-9) نتائج التحاليل المخبرية لعينات زيت محرك الآلية دبل كبين مازدا رقم 480212

المسافة المقطوعة (كم)		0	50	2204
اللزوجة الحركية (cSt)	40°C	168	149.18	166.33
	100°C	15.55	14.34	14.24
رقم الحموضة الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/ غ زيت)		2.21	3.69	4.19
رقم القلوية الكلية (ملغ ماءات البوتاسيوم/ غ زيت)		9.77	8.54	7.78
درجة الوميض (°C)		230	218	232
المعادن (ppm)	الحديد	0	19.82	18.96
	النحاس	0	5.12	5
دليل الاهتراء (-)		0	9500	7300
IR (1000 cm-1)(%)		100	61.5	43.25

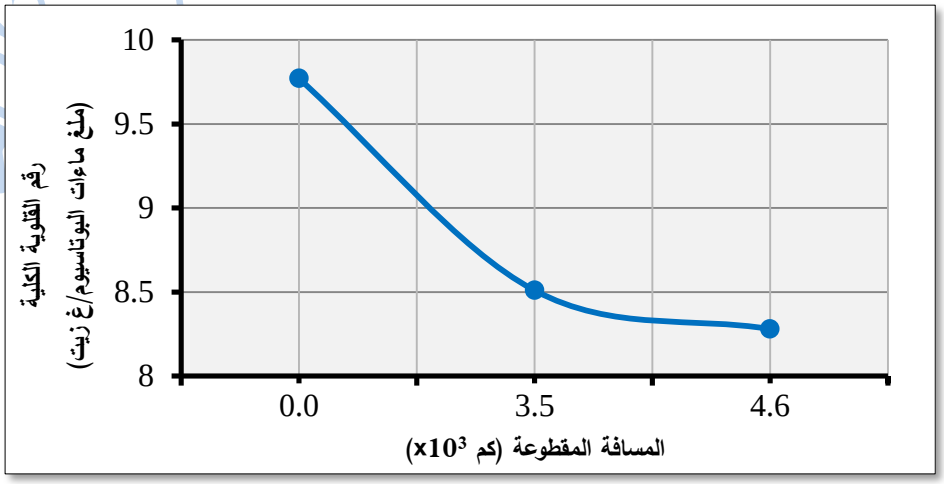
5-1-3- رسم المخططات البيانية

بعد الحصول على قيم التحاليل المخبرية المنجزة على عينات زيوت المحركات لآليات البحث المتواجدة في حقول نفط الجبسة في الحسكة المدرجة نتائجها في الجدول السبعة (5-3) وحتى الجدول (5-9)، فقد تم بمساعدة برنامج معالجة الجداول EXCEL الحاسوبي رسم المنحنيات لكل من رقم الحموضة الكلي ورقم القلوية الكلي واللزوجة ونقطة الوميض ومعادن الحديد والنحاس ودليل الاهتراء ومطيافية الأشعة تحت الحمراء بدلالة المسافة الكيلو مترية المقطوعة ولكل آلية من آليات البحث على حده، وقد بلغ عدد تلك المخططات البيانية /49/ مخططاً كما تظهره الأشكال من (5-2) وحتى (5-50).

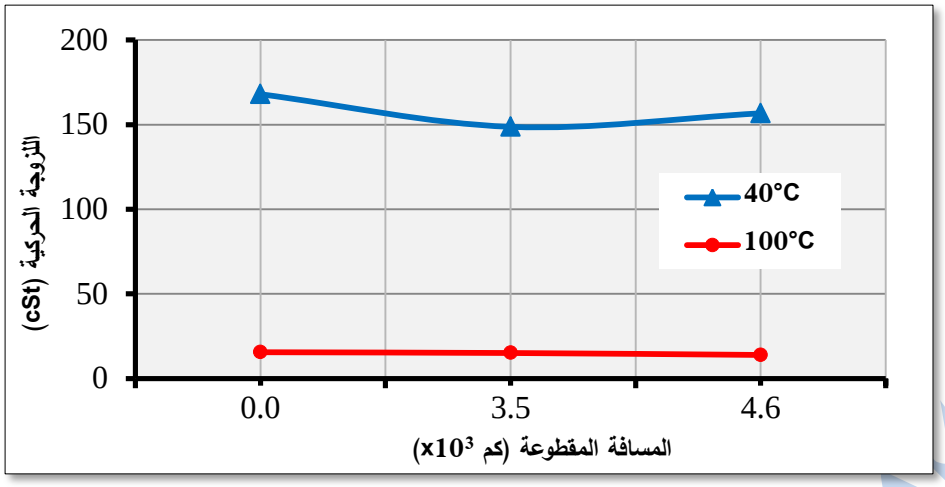
1- المنحنيات البيانية للآلية (1) صالون نيسان رقم 986346



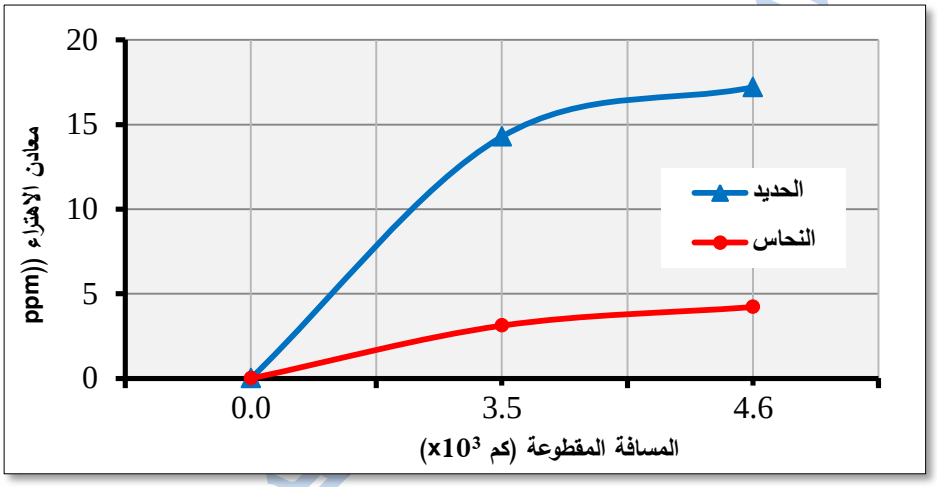
الشكل (5-2) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)



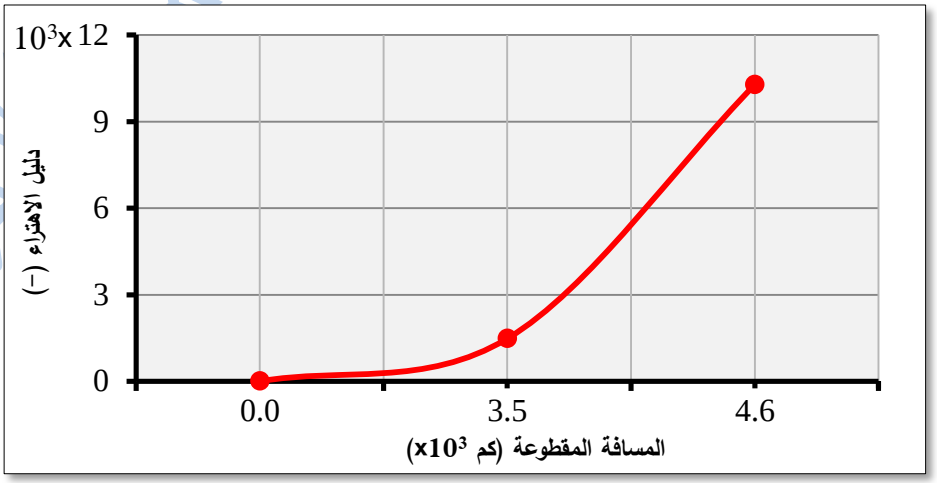
الشكل (5-3) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)



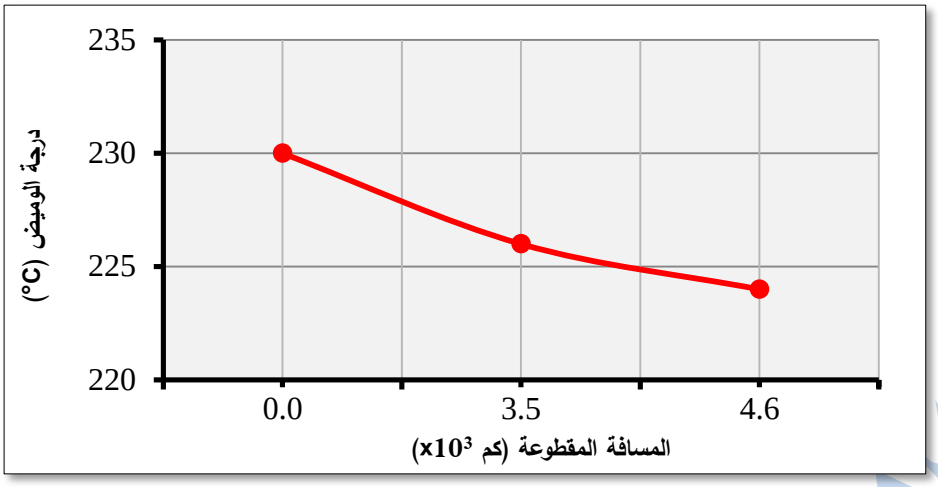
الشكل (5–4) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)



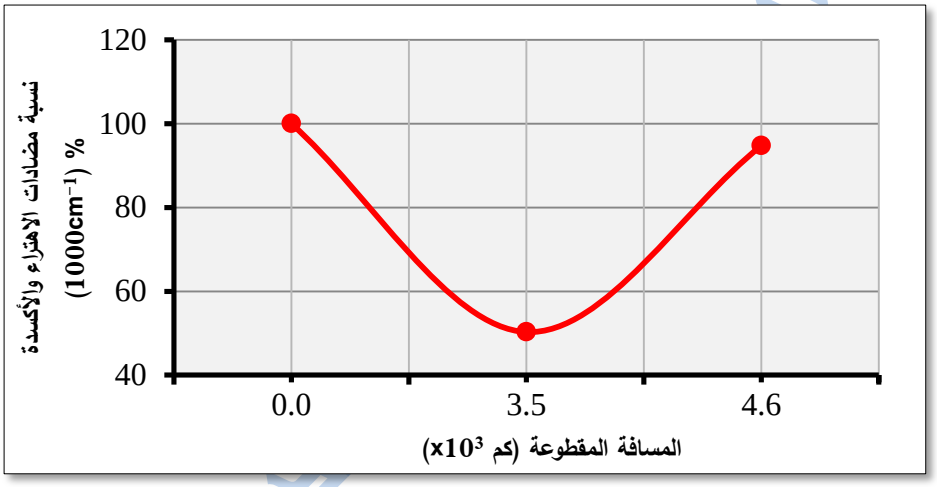
الشكل (5–5) منحني تركيز معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)



الشكل (5–6) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)

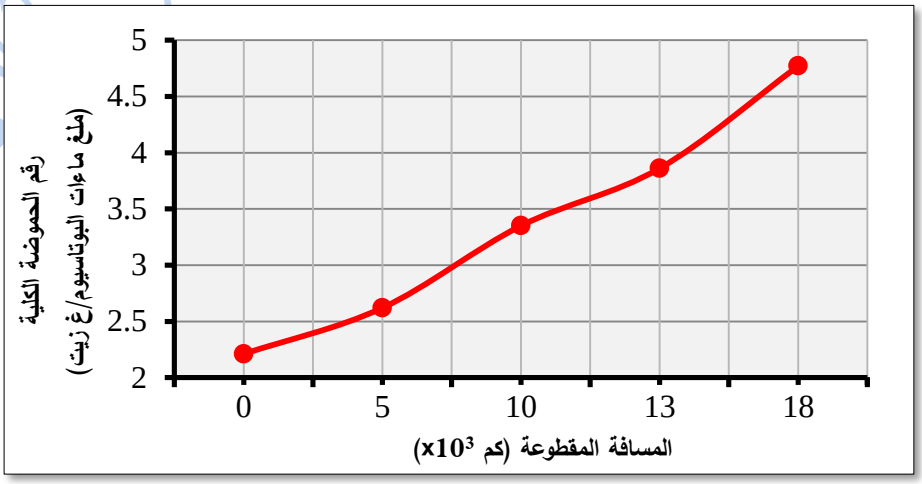


الشكل (5-7) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)

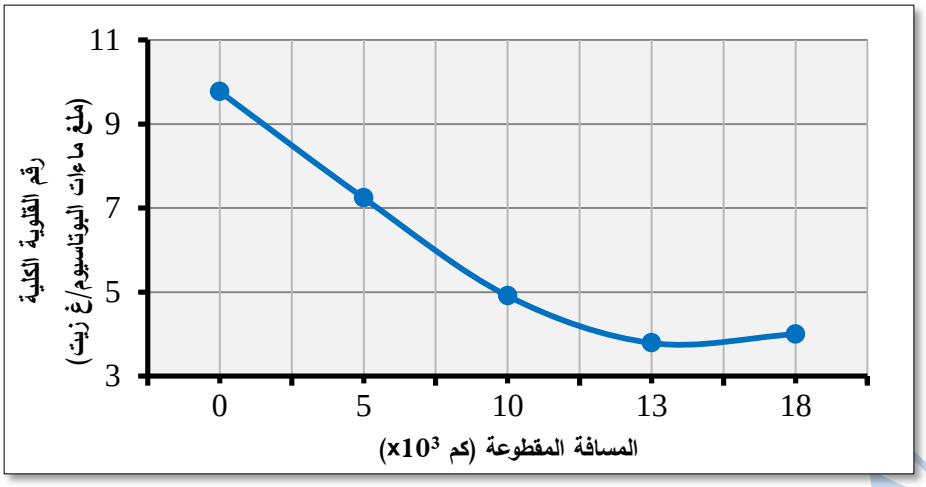


الشكل (5-8) منحني نسبة مضادات الاهتزاز والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (1)

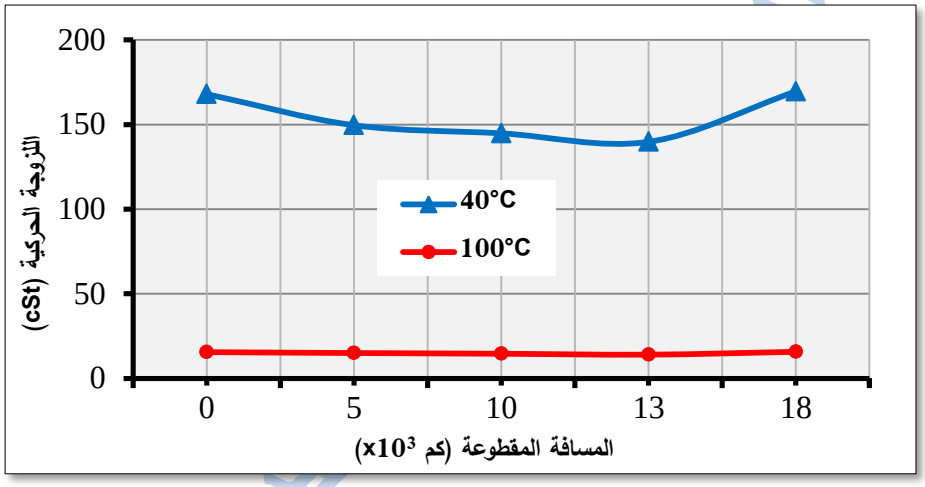
2- المنحنيات البيانية للآلية (2) صالون نيسان رقم 975374



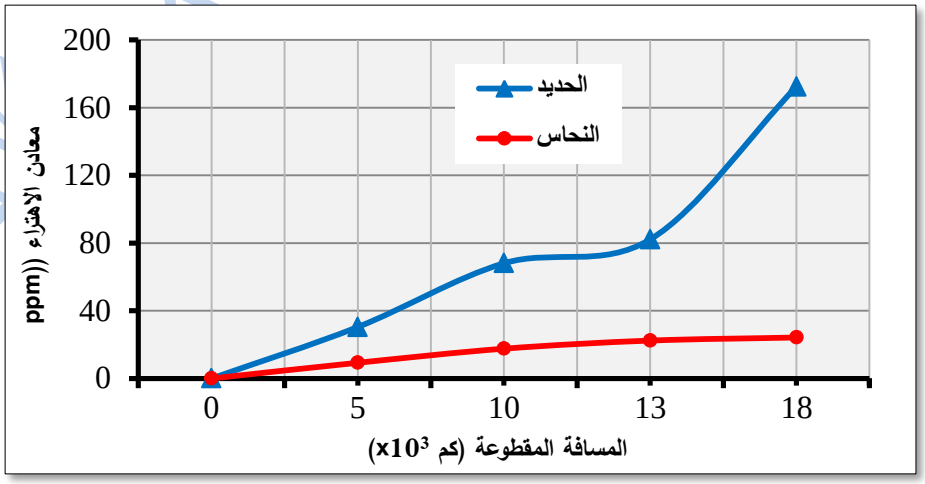
الشكل (5-9) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)



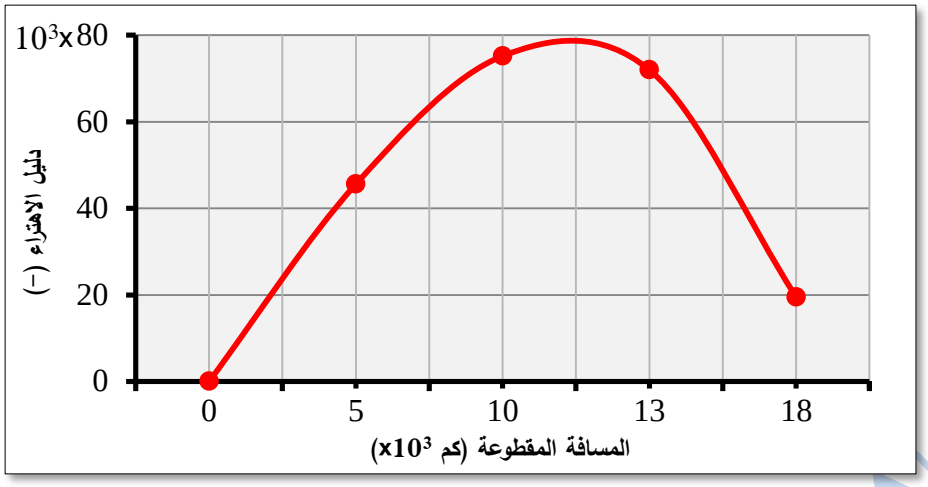
الشكل (5-10) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)



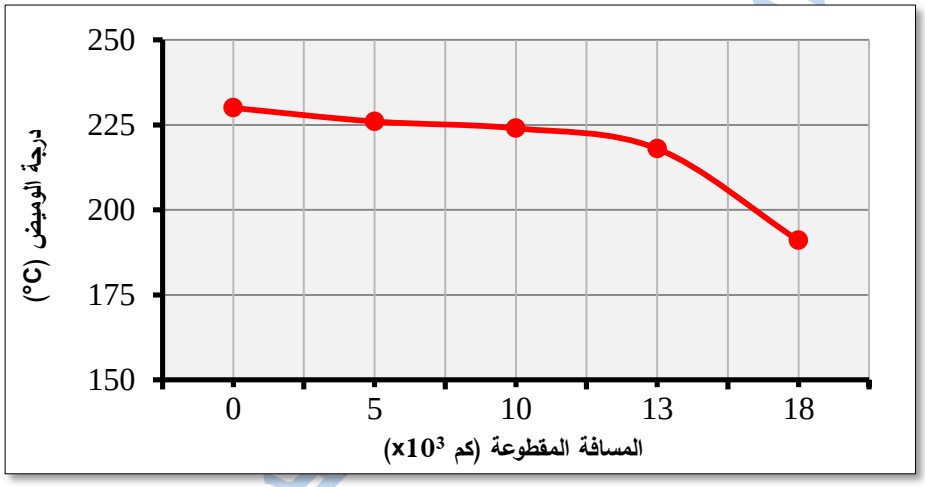
الشكل (5-11) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)



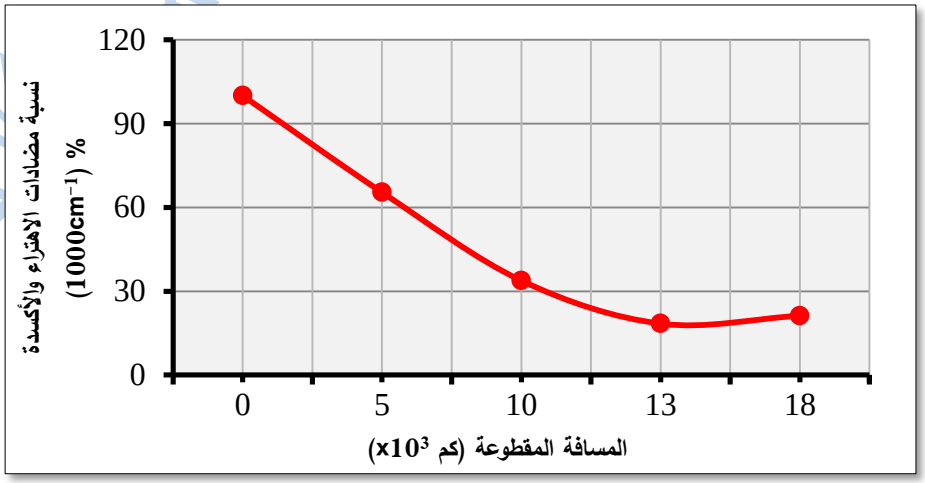
الشكل (5-12) منحني تركيز معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)



الشكل (5-13) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)

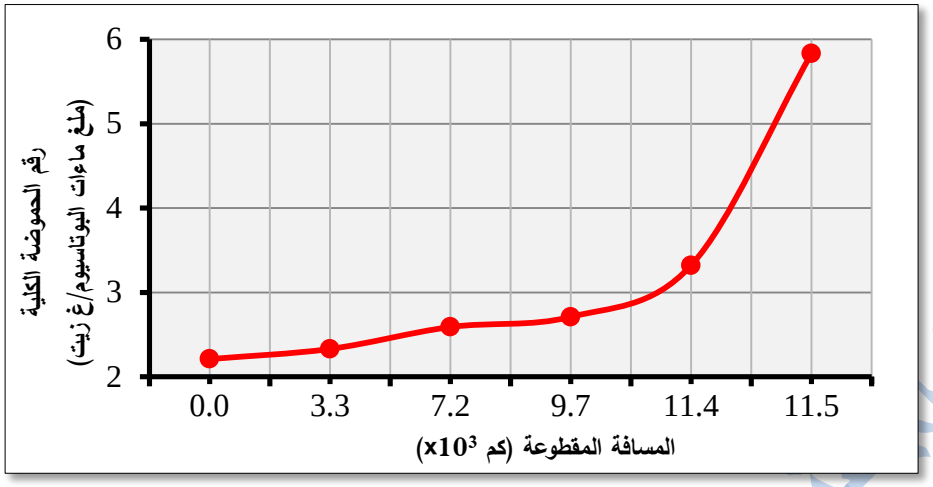


الشكل (5-14) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)

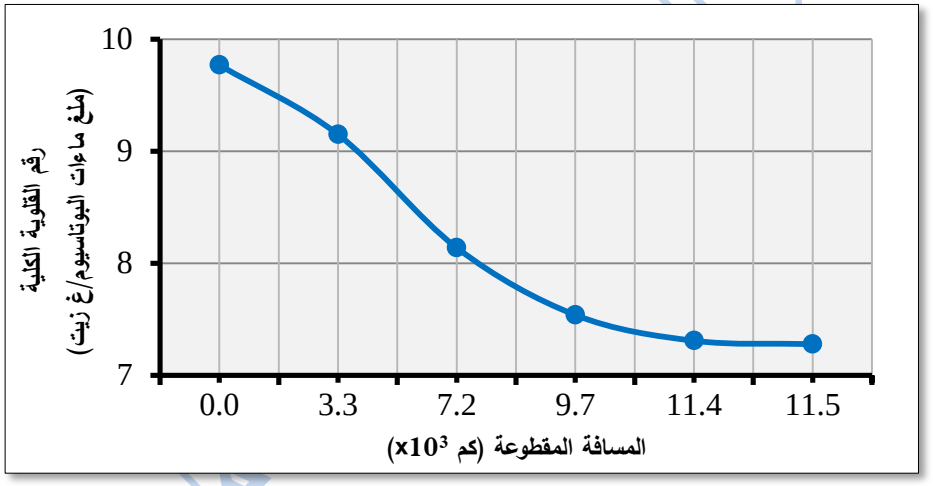


الشكل (5-15) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (2)

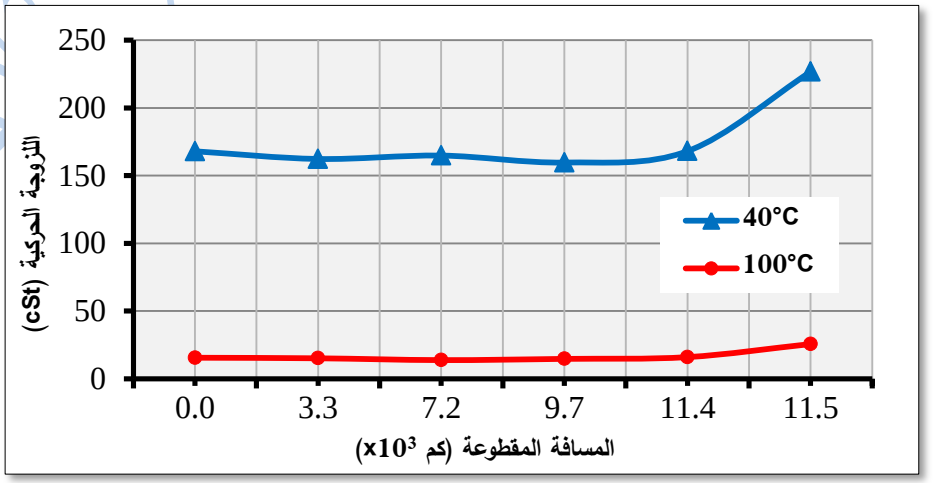
3- المنحنيات البيانية للآلية (3) تويوتا لاند كروزر رقم 974941



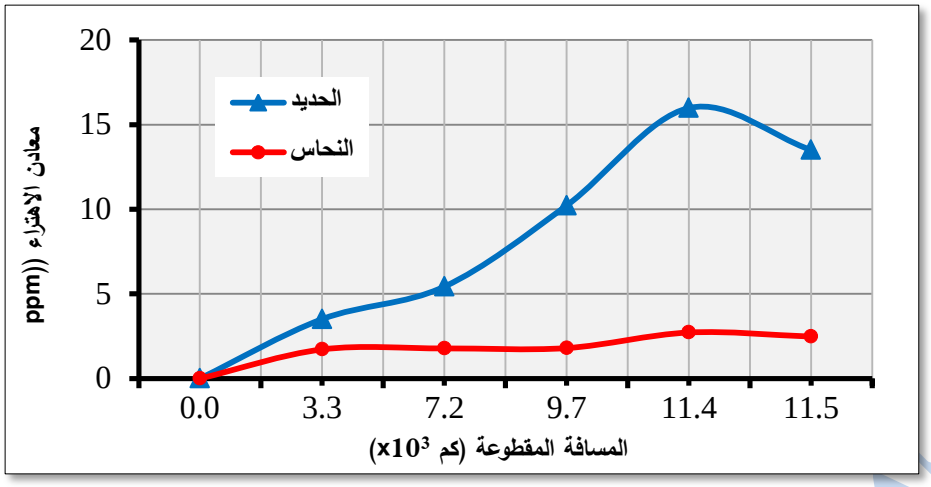
الشكل (5-16) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)



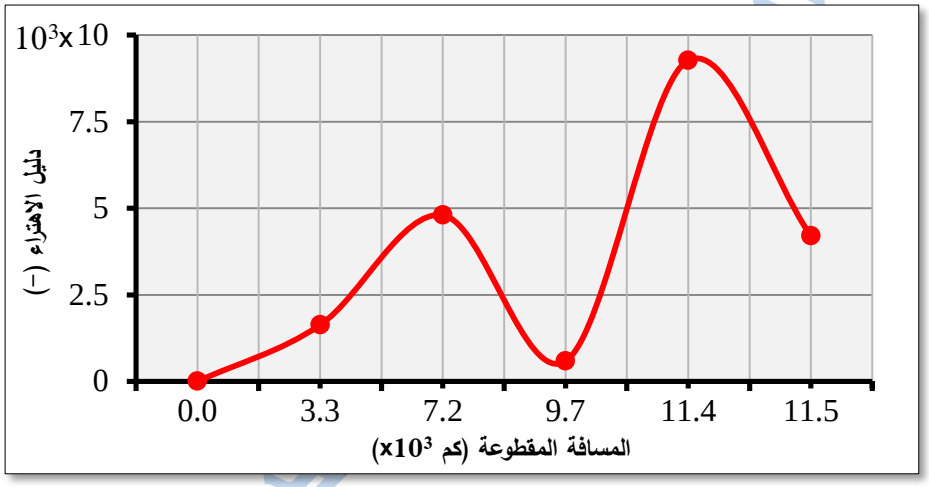
الشكل (5-17) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)



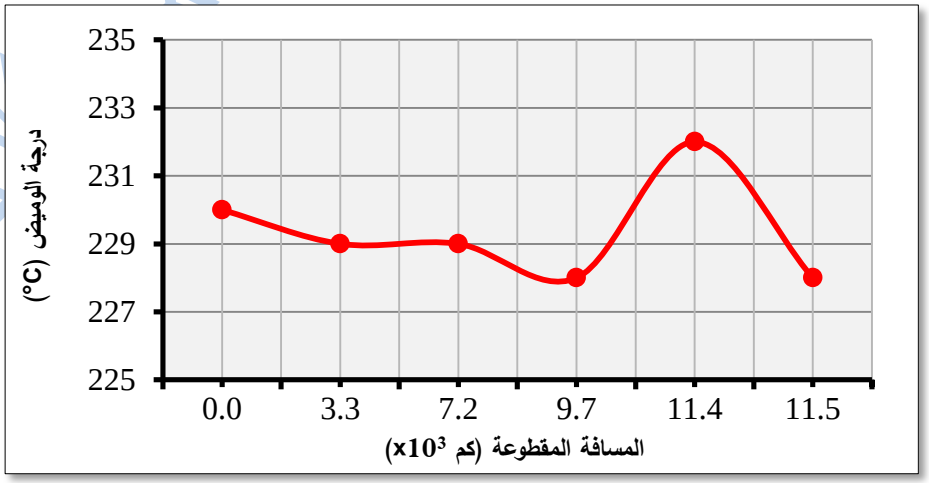
الشكل (5-18) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)



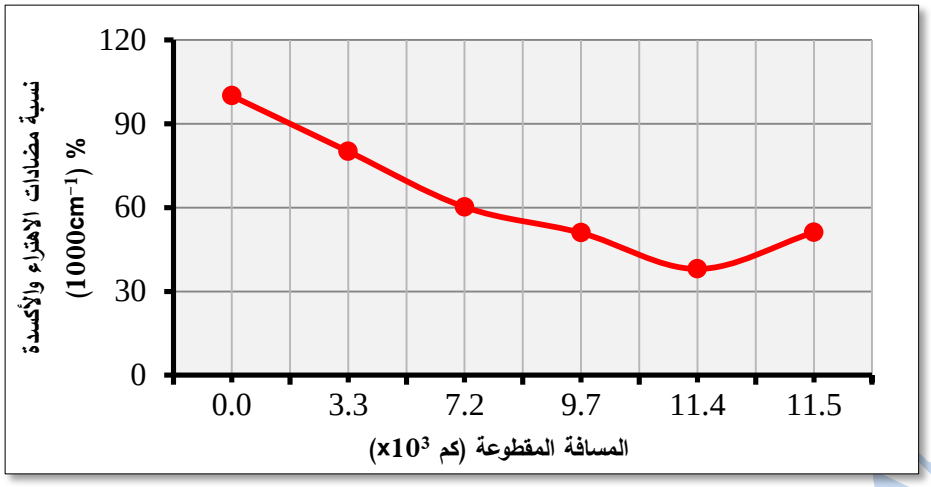
الشكل (5–19) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)



الشكل (5–20) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)

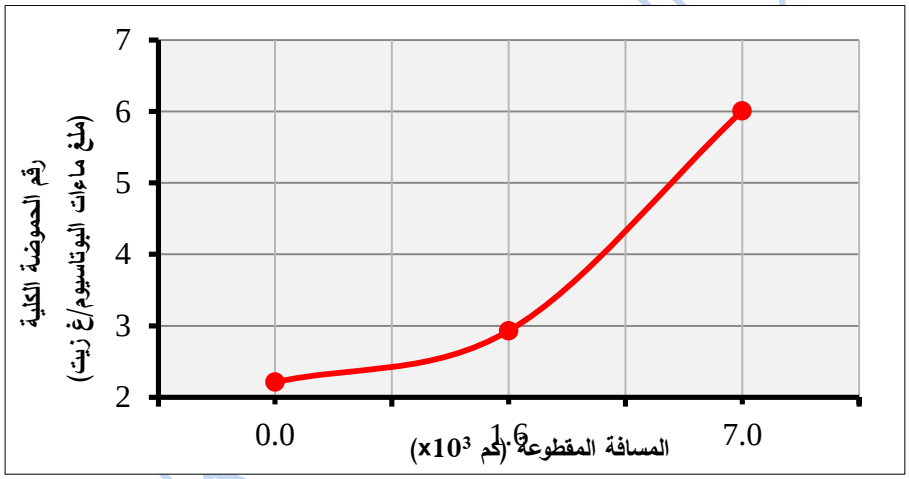


الشكل (5–21) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)

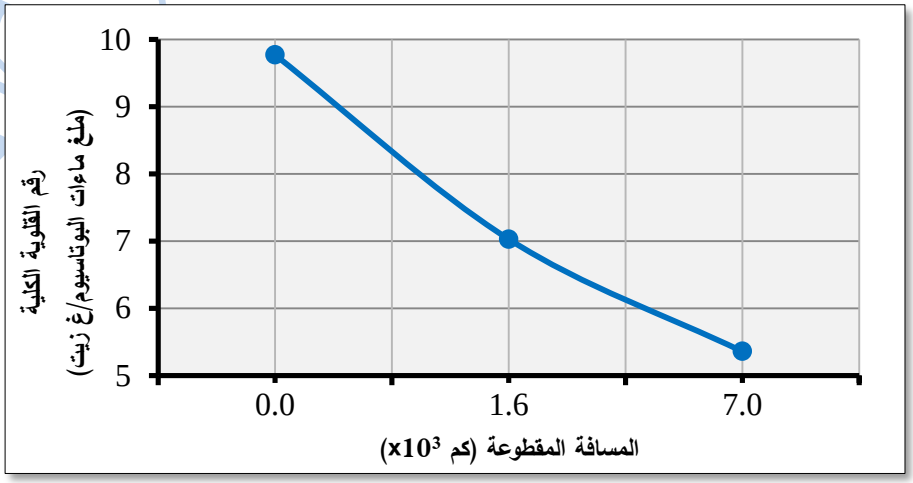


الشكل (5-22) منحني نسبة مضادات الاهتزاز والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (3)

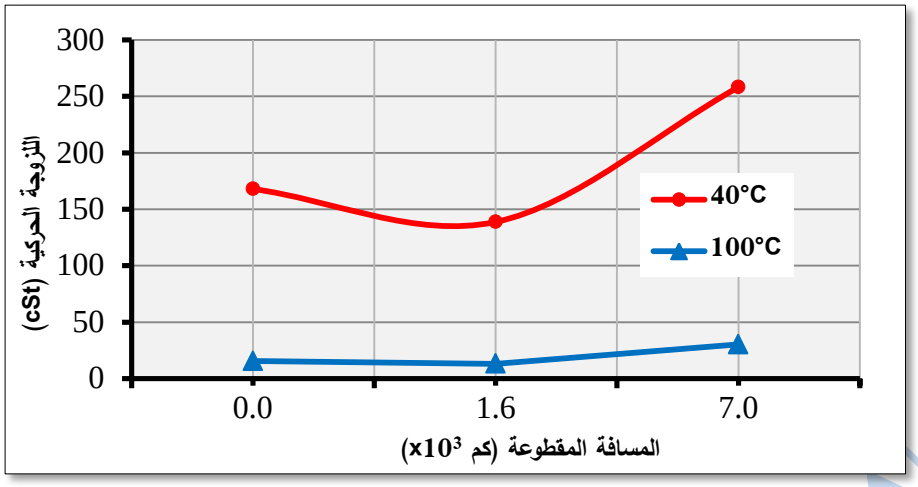
4- المنحنيات البيانية للآلية (4) دبل كبين ميتسوبيشي رقم 933730



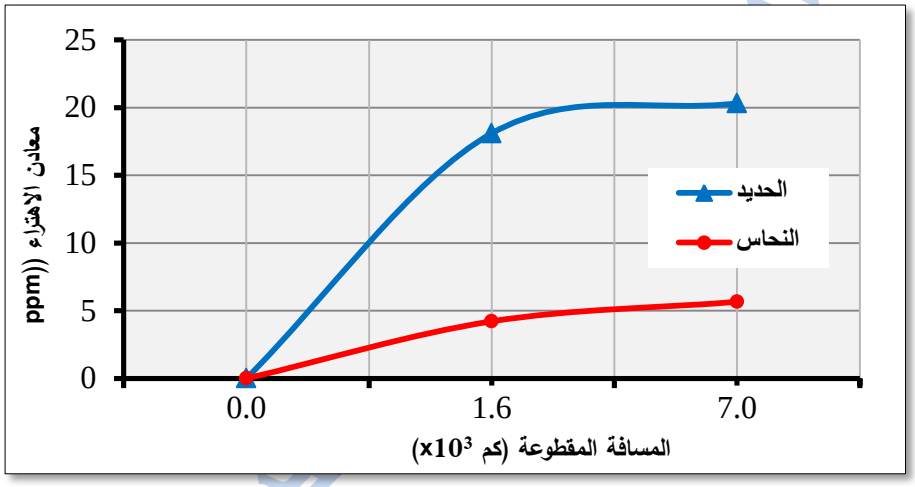
الشكل (5-23) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)



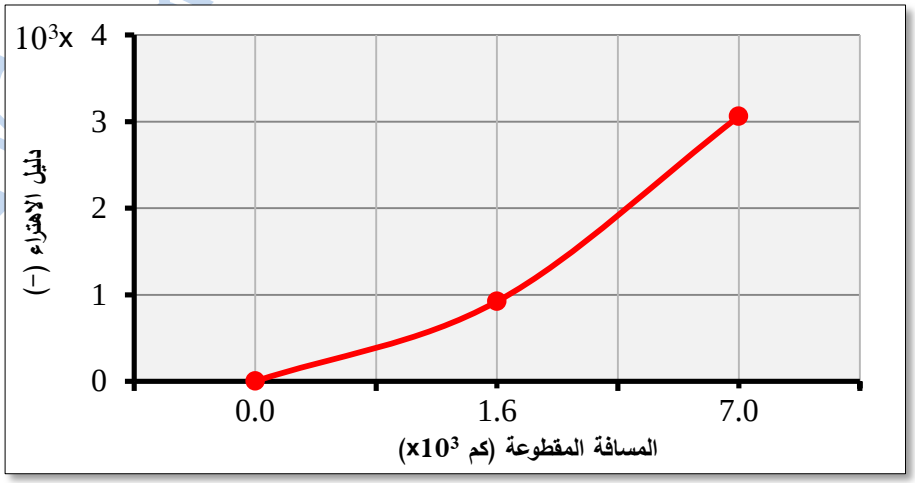
الشكل (5-24) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)



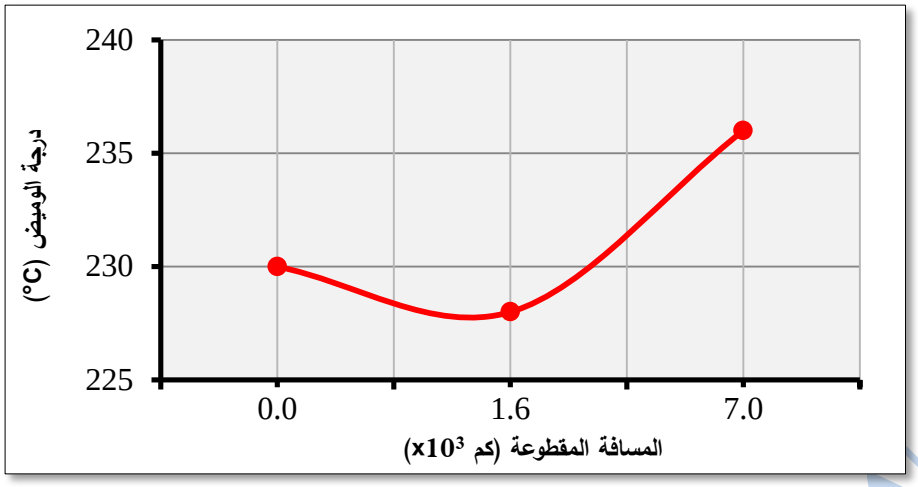
الشكل (5-25) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)



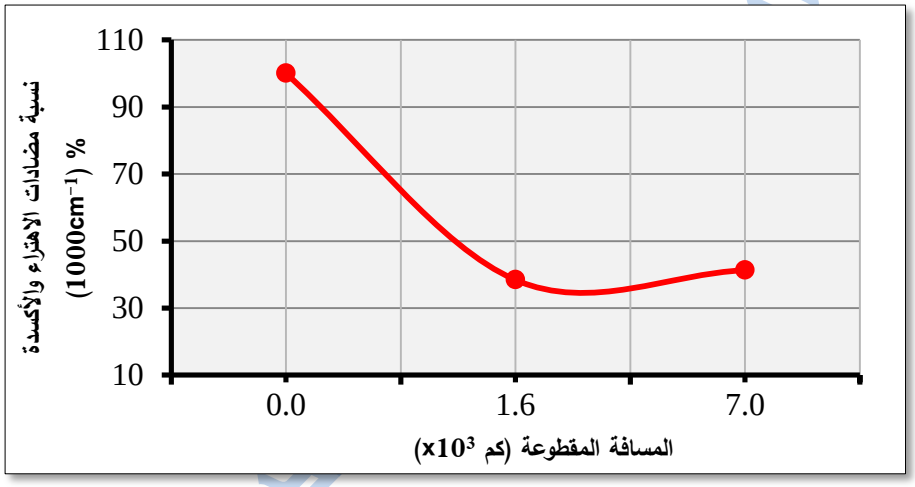
الشكل (5-26) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)



الشكل (5-27) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)

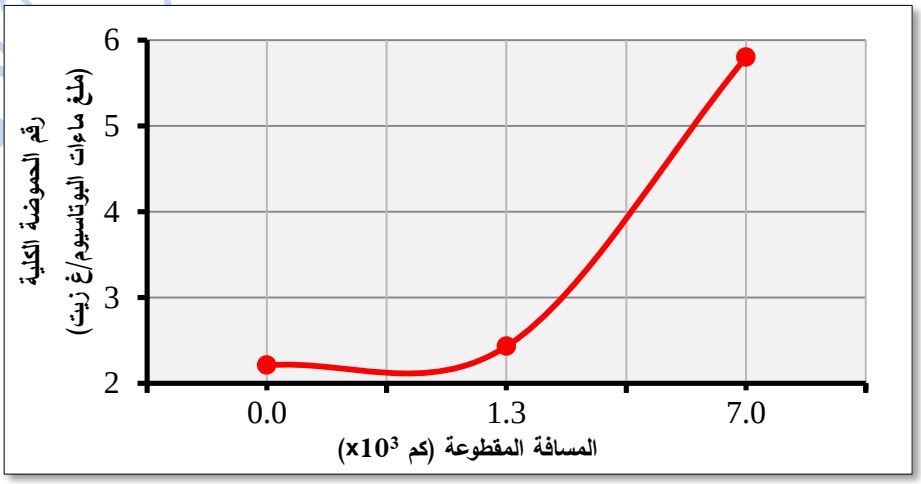


الشكل (5-28) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)

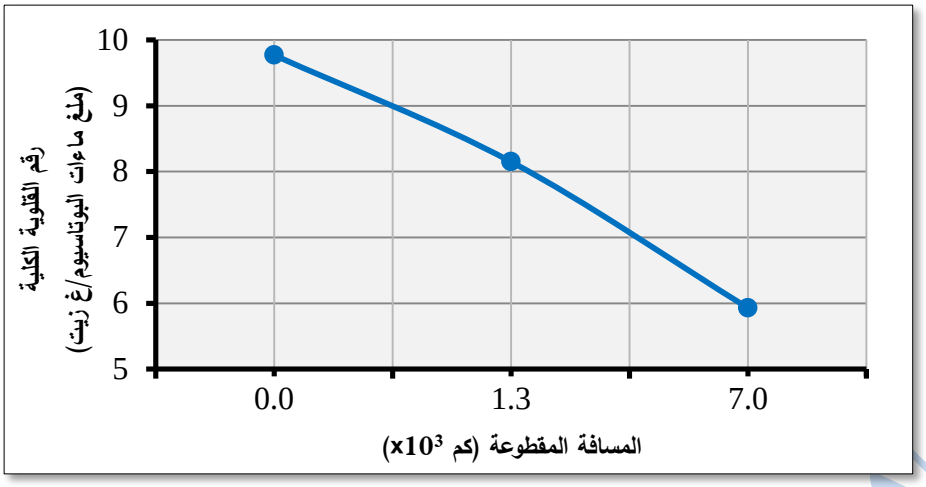


الشكل (5-29) منحني نسبة مضادات الاهتزاز والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (4)

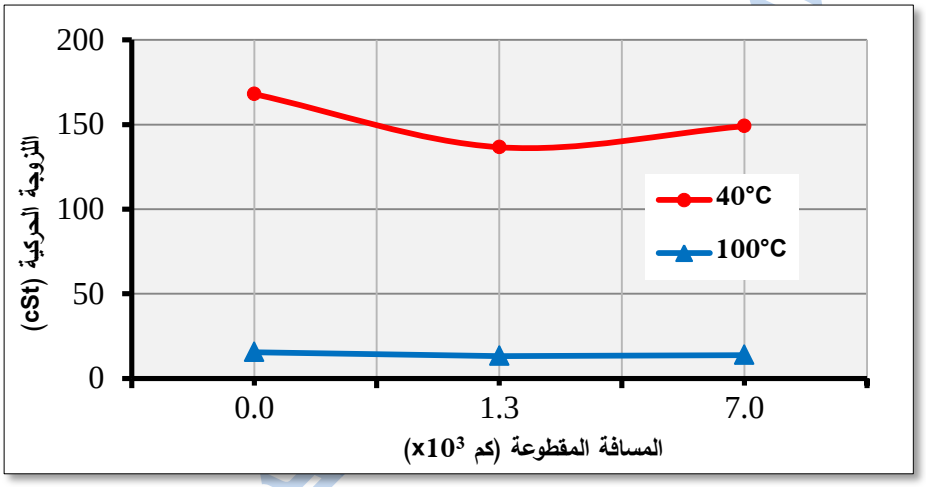
5- المنحنيات البيانية للآلية (5) صالون تويوتا لاند كروزر رقم 986086



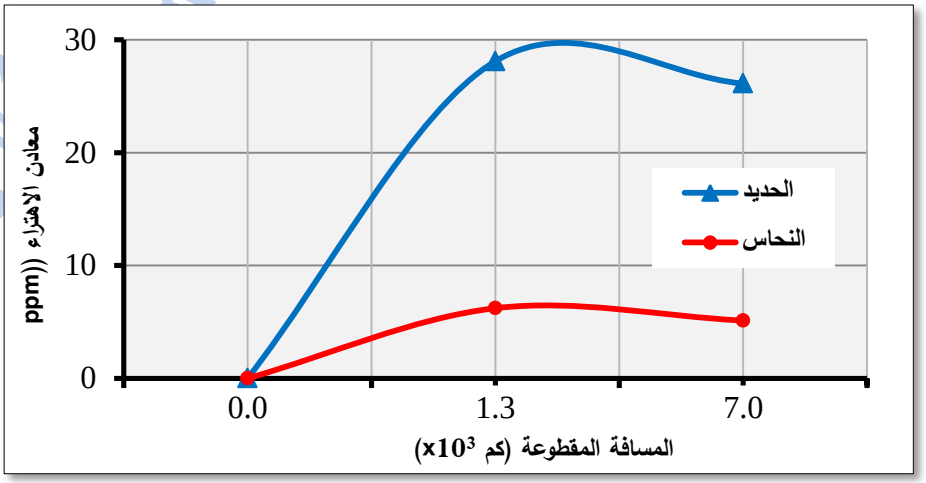
الشكل (5-30) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)



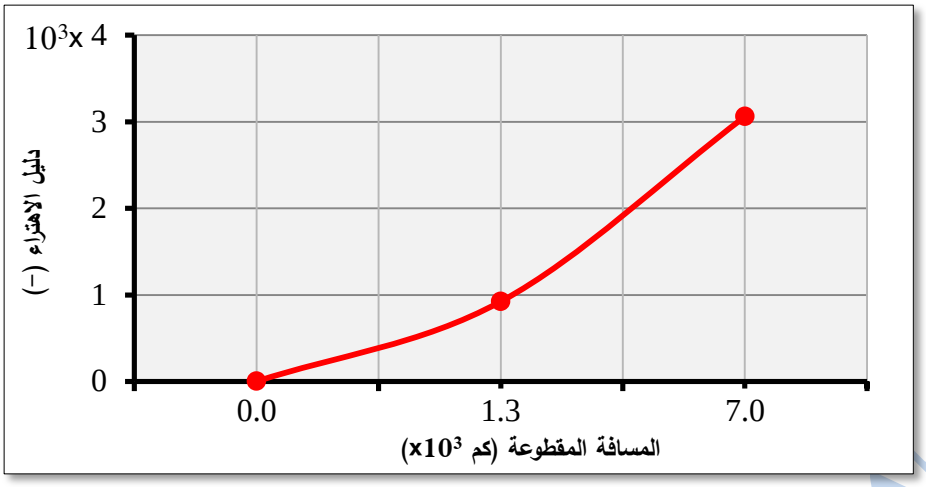
الشكل (5–31) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)



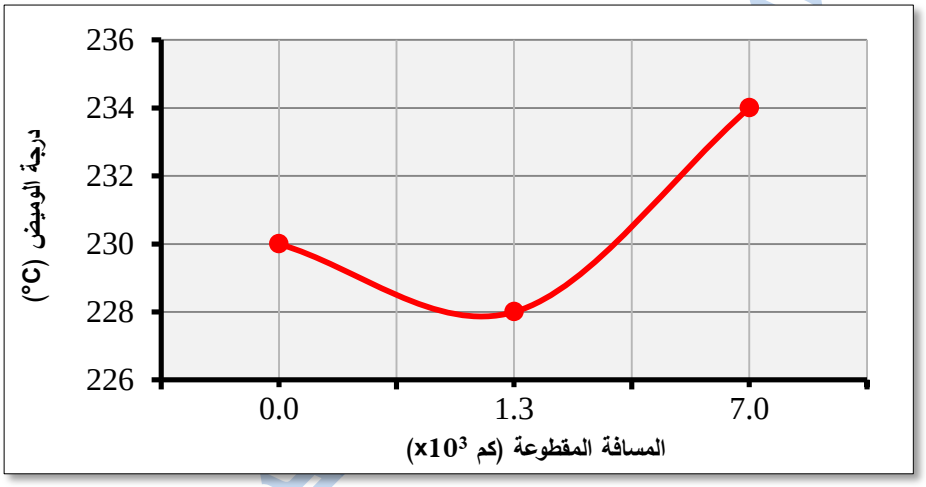
الشكل (5–32) منحني اللزوجة الحركية مع المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)



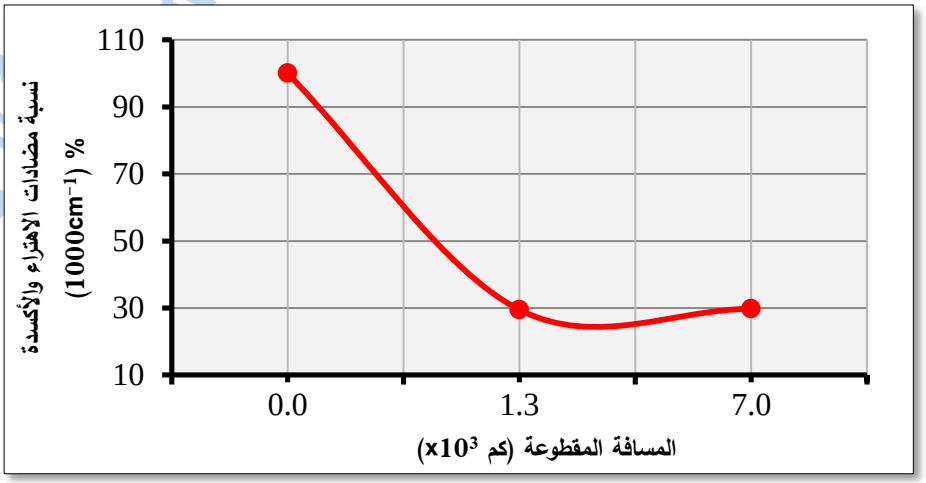
الشكل (5–33) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)



الشكل (5-34) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)

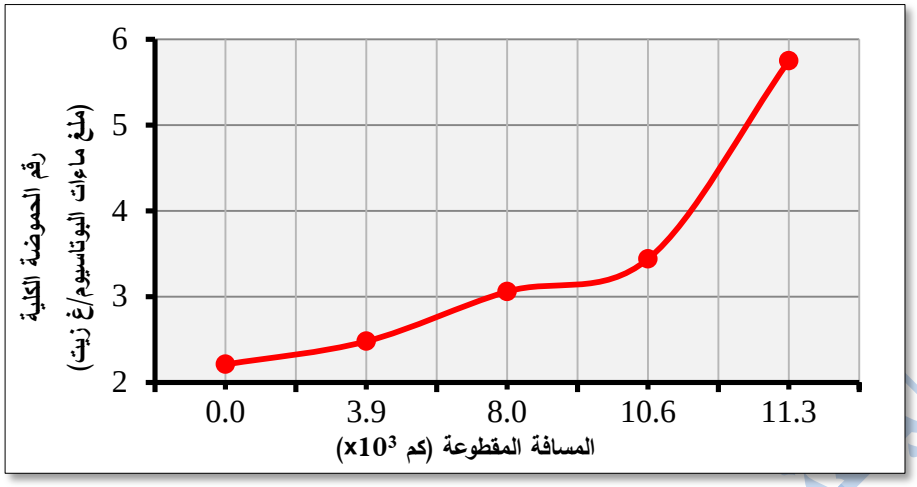


الشكل (5-35) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)

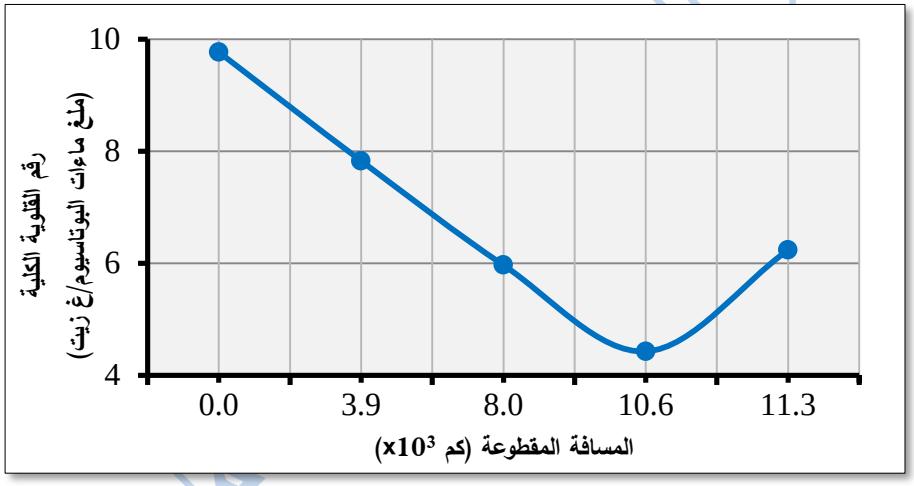


الشكل (5-36) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (5)

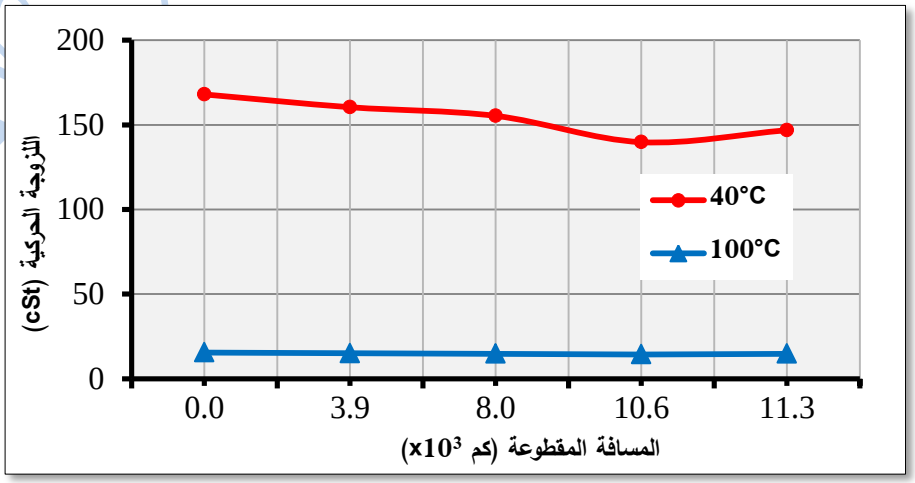
6- المنحنيات البيانية للآلية (6) صالون أيسوزو رقم 975885



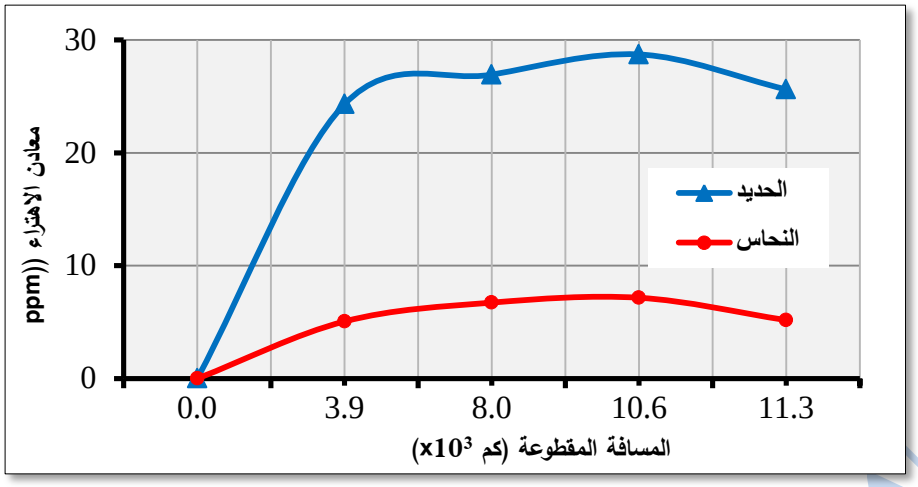
الشكل (5-37) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)



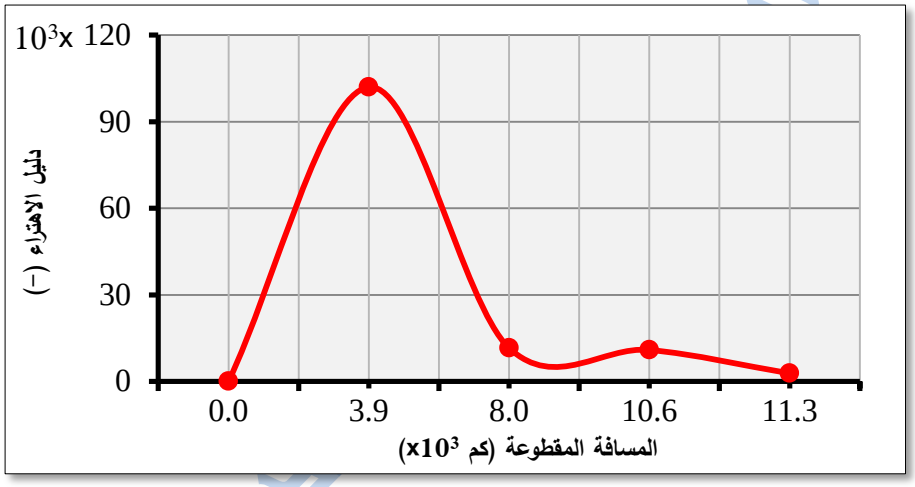
الشكل (5-38) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)



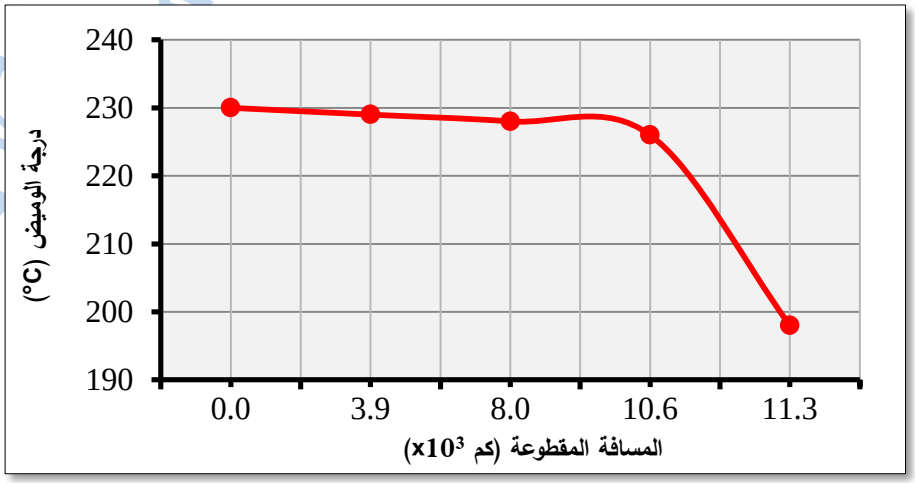
الشكل (5-39) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)



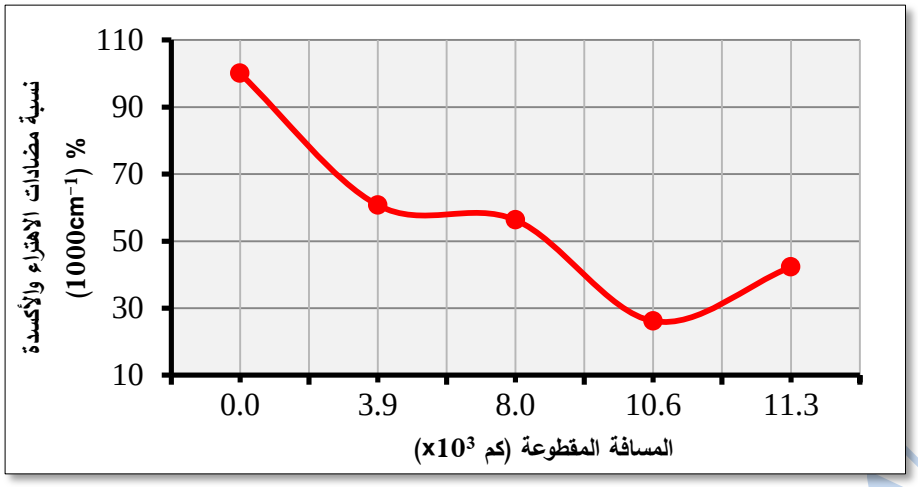
الشكل (5–40) منحني تركيز معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)



الشكل (5–41) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)

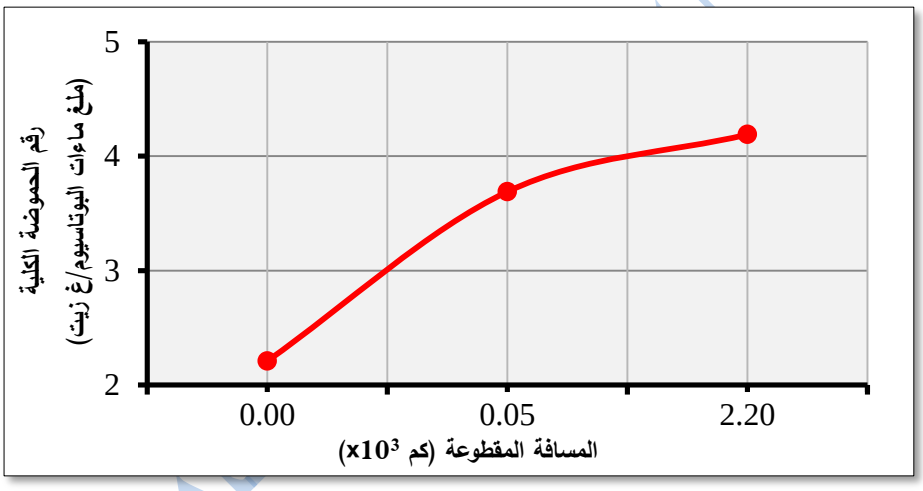


الشكل (5–42) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)

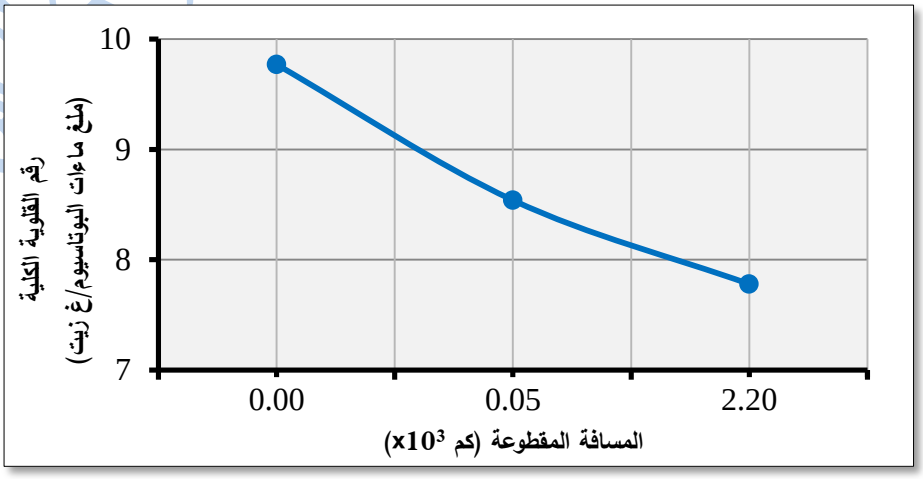


الشكل (5-43) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (6)

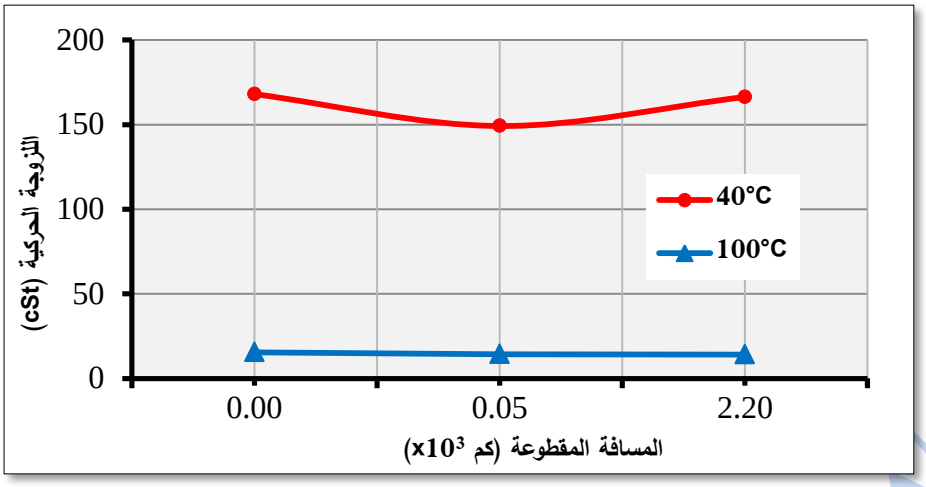
7- المنحنيات البيانية للآلية(7) دبل كبين مازدا رقم 480212



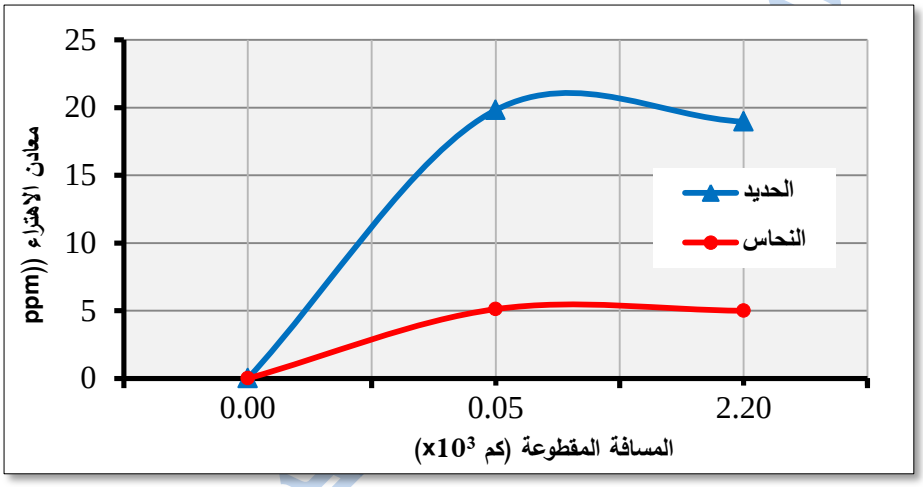
الشكل (5-44) منحني رقم الحموضة الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)



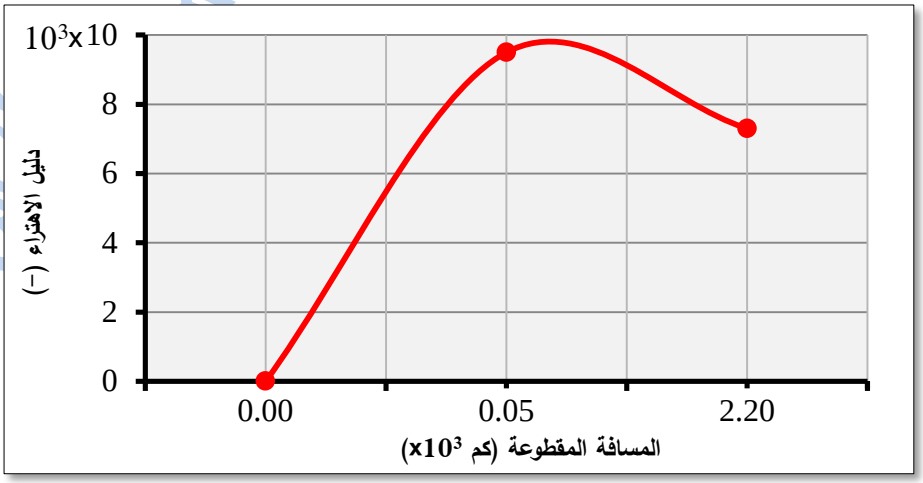
الشكل (5-45) منحني رقم القلوية الكلية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)



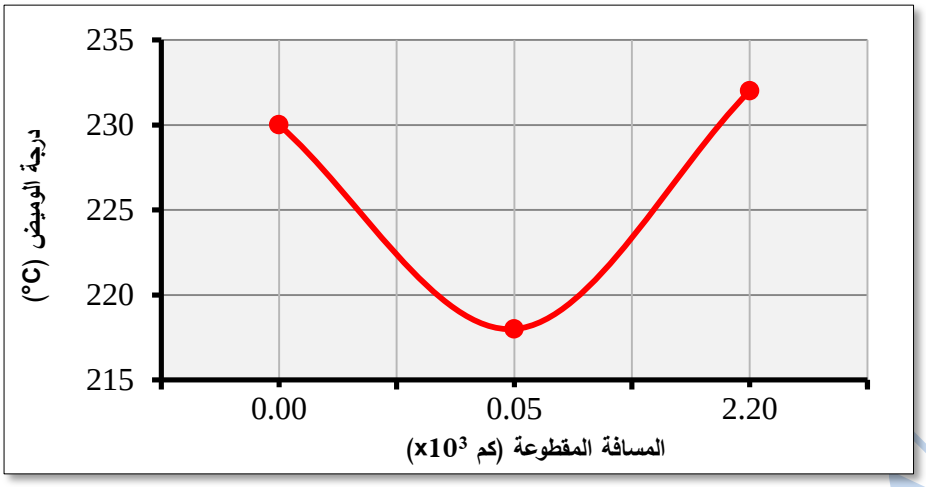
الشكل (5-46) منحني اللزوجة الحركية بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)



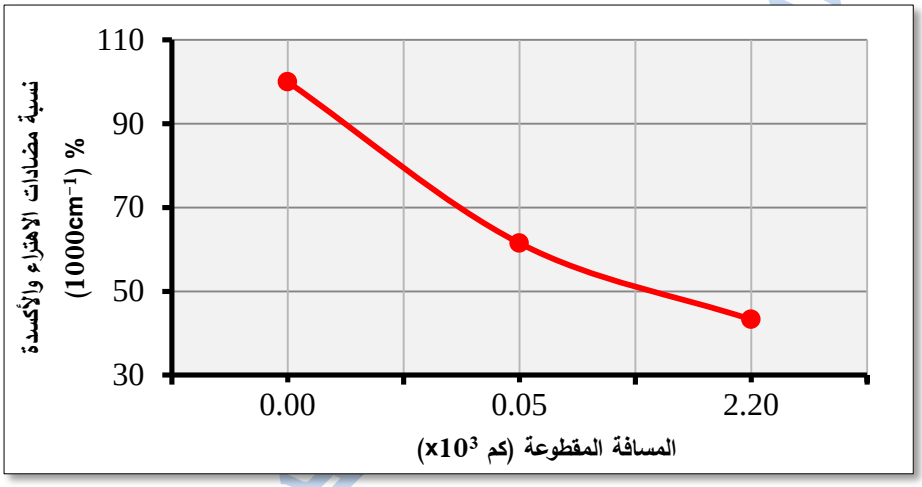
الشكل (5-47) منحني معادن الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)



الشكل (5-48) منحني دليل الاهتراء بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)



الشكل (5-49) منحني درجة الوميض بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)



الشكل (5-50) منحني نسبة مضادات الاهتراء والأكسدة بدلالة المسافة المقطوعة للآلية رقم (7)

5-1-4- مناقشة وتفسير النتائج

بدراسة المخططات البيانية المرسومة من قيم نتائج التحاليل المخبرية لعينات الزيت السوري المعدني 40 شاق المأخوذة من آليات التجارب الميدانية العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG ومقارنتها بالحدود الاحترازية العالمية المتبناة في هذا البحث الجدول (5-1)، نلاحظ ما يلي:

1- زيادة في رقم الحموضة الكلية TAN لجميع نتائج التحاليل حيث تبدأ من قيمة منخفضة نسبياً للزيت الجديد (العينة الصفرية) المقدرة بـ (mg_{koh}/g_{oil} 2.21) حيث ترتفع بشكل تدريجي بدلالة المسافة الكيلو مترية المقطوعة لكل آلية لتصل إلى

أعلى قيمة لها (mg_{koh}/g_{oil} 5.83) للآلية تويوتا لاند كروزر رقم 974941 ولتبقى هذه القيم بمجملها أقل من القيمة الاحترازية لرقم الحموضة الكلية. وتفسر هذه الزيادة بسبب ازدياد الأحماض المتشكلة في الزيت نتيجة حرارة تشغيل المحرك وتلوث الزيت من خلال تهوية حوض علبة المرافق وتسرب قليل من غازات حجرة الاحتراق والكبريت الموجود فيه ولو بنسبة ضئيلة جداً وهذا سيؤدي إلى أكسدة الزيت وزيادة لزوجته (غلظته) وزيادة الاهتراء وتآكل الأجزاء المعدنية.

2- بينما يلاحظ انخفاض رقم القلوية الكلية TBN بدلالة المسافة الكيلو مترية المقطوعة لجميع نتائج تحاليل آليات التجربة والتي بدأت بقيمة عالية للزيت الجديد بقيمة (mg_{koh}/g_{oil} 9.66) حيث تعبر هذه القيمة العالية عن كمية الإضافات القلوية الموجودة في الزيت وقدرتها على معادلة النواتج الحمضية المتشكلة فيه، وهذه النواتج ستخفض هذه الإضافات القلوية وتستنزفها لتصل إلى أدنى قيمة لها والبالغة ($4mg_{koh}/g_{oil}$) للآلية صالون نيسان رقم 975374 إلا أنها تبقى أكبر من القيمة الاحترازية المسموح بها عالمياً. إن هذا الانخفاض التدريجي المقبول في رقم القلوية الكلية له التفسير نفسه لرقم الحموضة الكلية لأن زيادة الأخير يرافقه بشكل حتمي وطبيعي انخفاض في رقم القلوية الكلية وهكذا دواليك، وبالتالي فإن زيادة النواتج الحمضية المتشكلة ستؤدي لاستنزاف الإضافات القلوية وستزيد من الاهتراء وارتفاع اللزوجة مما يشير إلى ارتباط نتائج رقم الحموضة الكلية برقم القلوية الكلية وبنسب معادن الاهتراء من حديد ونحاس وكذلك اللزوجة بعضها ببعض.

3- أما نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء بدلالة المسافة الكيلو مترية فتشير 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 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 وزيادة في نسب الحديد والنحاس في نتائج تحاليل العينات المرسومة في المخططات البيانية.

4- تذبذبت اللزوجة باتجاه الزيادة لجميع آليات التجربة الميدانية وبقيت ضمن الحدود الاحترازية المقبولة، ويعود سبب 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 كما ذكرنا إلى 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 استنزاف للإضافات المانعة للاهتراء والتي ستزيد من إجهادات القص المطبقة على الزيت مما يخفض اللزوجة وبالتالي تتذبذب اللزوجة ولكن باتجاه الزيادة كمحصلة لذلك.

5- يشير تذبذب دليل الاهتراء وتغيرات نسب معادن الحديد والنحاس في الزيت بتزايد نحو الارتفاع في جميع منحنيات آليات التجربة الميدانية حيث وصلت إلى أعلى قيمة لها لمعادن الحديد (172.4 ppm) وللنحاس (24.2 ppm) للآلية صالون نيسان رقم 975374 إلا أنها ضمن الحدود الآمنة والمقبولة مما يعكس الحالة الفنية الجيدة لمحركات آليات التجربة، علماً أن هذين المؤشرين ينبأن عن الصيانة الاستباقية (المبكرة) للمحرك[4] . تفسر زيادة تغيرات نسب معادن الاهتراء من حديد (ناتجة عن جدران الأسطوانات وأساور المكابس) ونحاس (ناتجة عن مضاجع محامل عمود المرفق وعمود الحدبات ونهايات ذراع التوصيل) في الزيت بسبب استنزاف الإضافات المانعة للاهتراء والتي ستحد من التصاق تلك العناصر في الطبقة الترايبو كيميائية عند السطوح المعدنية لأجزاء المحرك مما يؤدي لزيادة الاحتكاك والاهتراء وهذا ما تظهره المخططات البيانية لمعادن الاهتراء والتي بقيت دون الحدود الاحترازية المسموح بها عالمياً.

6- انخفضت نقطة (درجة) الوميض بشكل تدريجي طفيف وضمن الحدود المقبولة مما يدل على عدم وجود تسرب للماء أو الوقود إلى دارة تزييت المحرك.

7- تبين نتائج التحاليل المخبرية والمخططات البيانية لجميع آليات التجربة الميدانية أن جميع القيم ضمن المقبولة والمسموح بها لصلاحية الزيت مقارنة بالقيم الاحترازية المتبناة في الجدول (5-1).

5-1-5- نتيجة البحث

1- بمقارنة مسافة المسير لآليات التجربة الميدانية ضمن هذا البحث نجد أن العربة نيسان رقم 975374 قد قطعت أطول مسافة والبالغة 18065 كم، تليها العربة تويوتا رقم 974941 والتي قطعت مسافة 11458 كم، ثم العربة أيسوزو رقم 975885 حيث قطعت مسافة 11330 كم، وقد كان مجال عمل جميع الآليات ضمن ظروف التشغيل القاسية والشاقة. وبالتالي يمكن استنتاج وتحديد العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG بمسافة مسير 20000 كم (عشرون ألف كيلومتر)، مقارنة بالمسافة الأساسية للزيت نفسه عند عمل المحرك على البنزين 7500 كم، أي زيادة في العمر الاستثماري للزيت أكثر من ضعفين وهذا ما يتوافق مع الأبحاث العالمية في هذا المجال.

2- من خلال دراسة ومقارنة تغير نسب قيم ذرات المعادن المهترئة (الحديد والنحاس) في المحرك البنزيني العامل على الغاز الطبيعي المضغوط بالإضافة إلى قراءة دليل الاهتراء من المخططات البيانية نجدها ضمن القيم المقبولة والمعقولة مقارنة بالقيم الاحترازية المتبناة عالمياً، وبالتالي فإن تحويل المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط ليس له آثار سلبية على الحالة الفنية للمحرك، وهذا ما يتوافق مع الأبحاث العلمية المنجزة في هذا المجال.

3- إن هذه الزيادة في مسافة تبديل الزيت عند عمل المحرك البنزيني 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 المستهلكة في عمليات تبديل زيوت المحركات.

4- تعكس هذه الزيادة أثراً بيئياً إيجابياً هاماً، إ ذ 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 المحركات البنزينية، إضافة إلى تقليل الاصدارات الملوثة للبيئة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي عند استخدام الغاز الطبيعي المضغوط.

5-2- تحويل سيارة مخبر المحركات والآليات للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط

يتوفر في مخبر المحركات والآليات لدى قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق سيارة سياحية نوع داتسون حيث تم تركيب منظومة آلية تحويل للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG إضافة لعملها الأساسي على وقود البنزين لتصبح آلية تعمل على وقود ثنائي(Bi-fuel) وتتمتع هذه السيارة بالمواصفات الفنية كما في الجدول (5-10):

الجدول (5-10) مواصفات العربة موضوع التجربة

طراز السيارة	DATSUN Type: B21
الرقم المميز	Chassis No: B210-738727
طراز المحرك	Engine Type: A12
سعة الأسطوانات	Engine Capacity: 1171CC
عدد وتوضع الأسطوانات	4 Cylinders / Liner
عدد الأشواط	4 Stroke
استطاعة المحرك العظمى	Max Hp/RPM: 69Hp/6000RPM (SAE)
تغذية الوقود	Carburetor
الشركة الصانعة	NISSAN Motor co. LTD
بلد المنشأ	YOKOHAMA, JAPAN

5-2-1- أجزاء منظومة تحويل الآلية للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط

تم تأمين مواد أجزاء منظومة تحويل السيارة للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط من مستودع مديرية الآليات لحقول نفط الجبسة في الحسكة وهي ذات المواد الموثوقة والمعتمدة والمركبة على آلياتهم العاملة بنفس المنظومة والتي كان منها آليات التجارب الميدانية، ويبين الشكل (5-51) أجزاء هذه المنظومة.



الشكل (5-51) أجزاء منظومة تحويل السيارة للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG

وسنأتي على شرح أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط المركبة على السيارة داتسون بالتفصيل التالي:

1- أسطوانة الغاز الطبيعي المضغوط CNG

- حجمها الهندسي (السعة المائية) 75 ليتراً.
- مصنوعة من صفائح سماكة 10ملم فولاذ مولبيديوم كروم Chromium Molybdenum Steel الشكل (5-52).
- أبعاد الأسطوانة: القطر الخارجي 356 ملم ، الطول 970 ملم.
- الوزن: 66 كغ
- درجة الحرارة المسموح بها العظمى/الدنيا: -40°c/65°c.
- ضغط العمل Work pressure: 200 بار.
- ضغط الاختبار pressure Test: 300 بار.



الشكل (5-52) أسطوانة الغاز الطبيعي المضغوط

– صناعة الأرجنتين خاضعة لمواصفات الأيزو ISO9001.

تم وضعها في الصندوق الخلفي للسيارة ويتم إحكام التثبيت بمشدات تفي بهذا الغرض.

2– منظم الغاز Regulator

جهاز يتحكم الكترونياً بتخفيض ضغط الغاز ويسمح بتنظيم جريان تدفق الغاز حسب حاجة المحرك، وهو مجهز بثلاث مراحل لتخفيض الضغط مما يسمح بالاستقرارية والثبات بالإضافة إلى الصمام الكهربائي للضغط العالي (High pressure Solenoid) الموضوع في المرحلة الأولى. يتم تأمين تسخين أجزاء الجهاز من خلال دارة تبريد المحرك مما يمنع تجمد الغاز خلال هبوط الضغط في مراحل عمله. إن تدفق الغاز الضروري للمحرك يتم الحصول عليه عبر الأنبوب الرئيسي للأسطوانة من خلال الضغط التخلخلي الناتج عن دوران المحرك ، كما أن المنظم مزود بصمام كهربائي (Solenoid Valve) يؤمن الحماية والأمان للمنظومة من خلال حجز الغاز ومنعه من التدفق عند توقف المحرك عن العمل.

أ– المواصفات الفنية للمنظم طراز TN1:

الشركة الصانعة: LANDIRENZO REGGIO الإيطالية.

نوع المنظم: ثلاثي المراحل، مزود بجهاز الكتروني لبدء الإقلاع وتحكم تخلخلي بالسرعة الخاملة للمحرك .

الاستخدام: للسيارات وهو مناسب للآليات المزودة بحفازات، حواقن، مغذي، شاحن قسري للهواء.

التسخين: من خلال دارة تبريد المحرك.

مجال درجة الحرارة: -40°C / 120°C

نوع الغاز: الغاز الطبيعي المضغوط CNG / الميتان.

ضغط الاختبار: 300 bar

ضغط الدخول الأعظمي: 240 bar

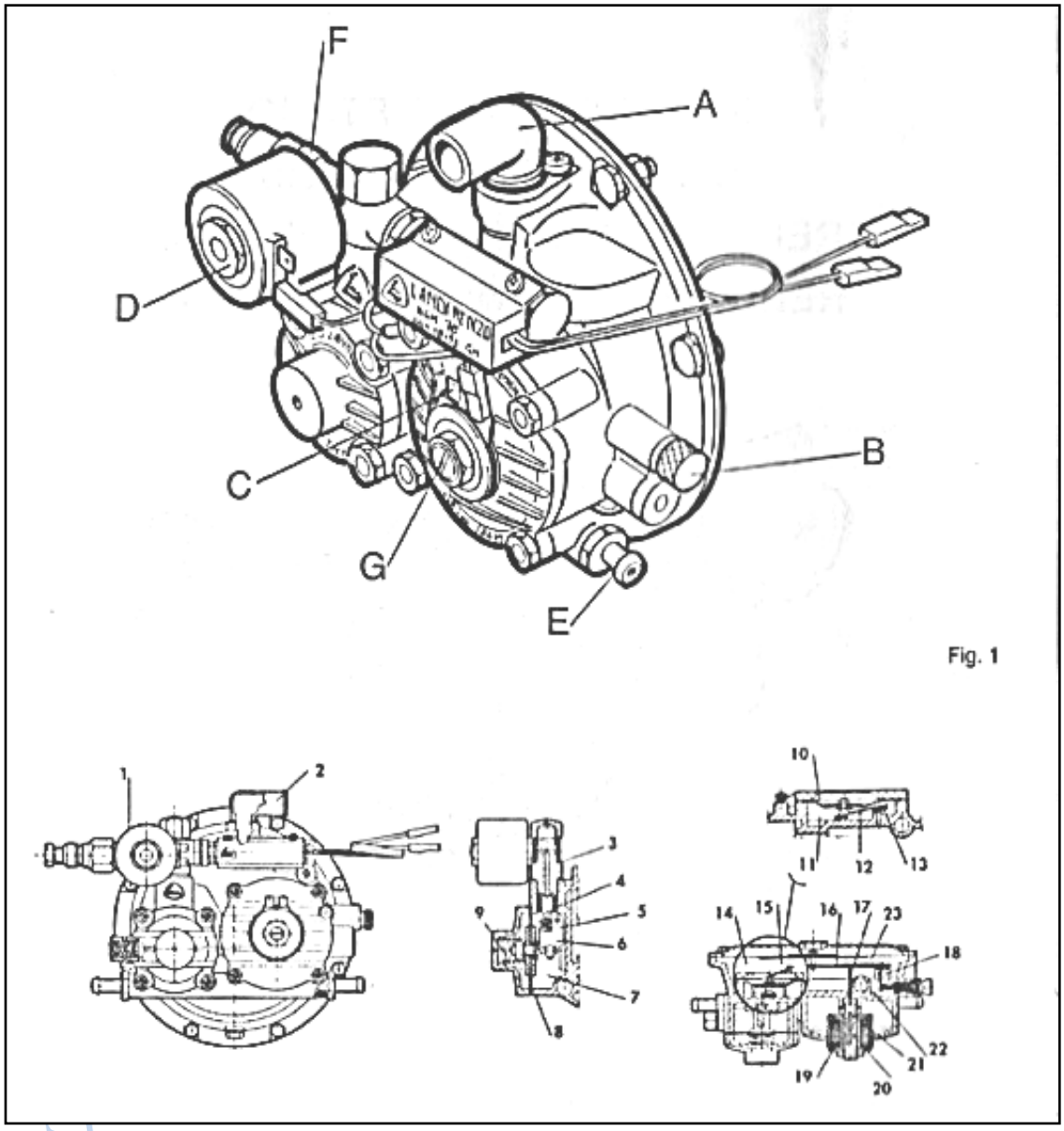
الاستطاعة وفرق التوتر للجهاز: 20W / 12V (DC)

ضغط الحفظ: 6bar

ب– أجزاء المنظم:

يبين الشكل (5–53) أجزاء المنظم مع مقاطع هندسية له حيث:

A) وصلة مخرج الغاز B) بزال وضع السرعة الخاملة C) وصلة إضافية لصمام السرعة الخاملة الكهربائي D) صمام الضغط العالي الكهربائي E) وصلة التسخين F) وصلة مخرج الغاز G) صمام السرعة الخاملة الكهربائي.



الشكل (5-53) أجزاء منظم الغاز CNG مع مقاطع هندسية توضيحية

ج- مبدأ العمل:

يتدفق الغاز عبر مجموعة الدخل للمنظم (1) ، ويمر عبر القناة (3) إلى صمام المرحلة الأولى (4) ويدخل إلى حجرة المرحلة الأولى (7) .

إن الضغط المؤثر على جدران هذه الحجرة يمدد الحجاب المرن (8)Diaphragm ليتغلب على مقاومة النابض الحلزوني(9) . يتصل الحجاب المرن بالعتلة (6) المتمركزة في (5) لتؤثر على صمام المرحلة الأولى(4) . إن عمل الفتح والإغلاق لحركة الحجاب المرن سيخلق توازن للضغط.

بعدها يمر الغاز من حجرة المرحلة الأولى (7) إلى حجرة المرحلة الثانية (11) وكمية تدفق الغاز تقاس بالضغط المطبق على الحجاب المرن (10) الذي يتمدد ويتغلب على مقاومة الصفيحة النابضية (15) ، لتؤثر على العتلة (12) وتضبط صمام المرحلة الثانية (13) بالفتح والإغلاق.

إن التخلخل المتولد عن المحرك ينتج حركة محورية للحجاب المرن في المرحلة الثالثة (23) المتصل بالعتلة (16) ليفتح الصمام (18) ويسمح للغاز للوصول إلى حجرة المرحلة الثالثة عبر القناة (22) وأخيراً إلى المحرك بواسطة الأنبوب الخاص بذلك.

الصمام(18) والعتلة المانعة للتسرب(23) تشكل خزاناً للنابض المحلزن(20).

هذا النابض يؤثر على العتلة بواسطة المسمار (17) الذي يؤكد الإحكام ومنع تسرب الغاز عند توقف المحرك عن الدوران. هذا الجهاز مبني على الصمام الكهربائي (19) المتحكم بالجهاز الإلكتروني والذي يعطي التيار الكهربائي فقط عند إقلاع المحرك، فعندما يقلع المحرك فإن الجهاز يحرر العتلة (16) ويسمح للغاز بالعبور من الصمام (18) والوصول إلى المحرك. وعند توقف المحرك عن الدوران فإن الملف الكهربائي سينشط القلب(21) والنابض(20) الذي سيؤثر ثانية بالضغط على العتلة(16) ويغلق تدفق الغاز. وهذا يحدث لأي سبب يتوقف عنده المحرك عن الدوران.

يتم تركيب المنظم في مقصورة توضع المحرك قريباً من الخلاط بعيداً عن مجمع العادم بما لا يقل عن 150 ملم، وبعيداً عن أسلاك شمعات الاحتراق ووشيعة رفع الجهد.

يجب التقيد بتعليمات الصيانة الدورية وفق تعليمات صانع الآلية مثل:

- فحص أو استبدال مصفاة الهواء وشمعات الاحتراق وغازات العادم وكفاءة الدارة الكهربائية كل 15000 كم.
- فحص خلوص صمامات السحب والعادم كل 30000 كم.
- استعمال شمعات احتراق من المجال الحراري الأبرد، وأن لا تتجاوز مسافة الثغرة بين القطبين 1ملم.

3- خلاط غاز/هواء Gas/air mixer

يتوضع على الرقبة العليا للمغذي مباشرة، وهو جهاز ميكانيكي يعمل على مبدأ فينتوري ليحقق المزج الصحيح للغاز مع الهواء في الشروط الديناميكية والثابتة ، وقد اختير النموذج الموضح في الشكل (5-54) الملائم للمغذي الموجود على سيارة المخبر، وقد تم إجراء عملية خراطة للجزء الأسفل من الخلاط بقطر 58 ملم ليحقق إزواجاً مناسباً بين القطر الداخلي للخلاط والقطر الخارجي لعنق المفحم العلوي.

4- أنبوب غاز ضغط عالي

مصنوع من فولاذ – كروم الشكل (5-54)، ذو قطر داخلي 4 ملم وقطر خارجي6.5 ملم، يتحمل الضغط العالي ويؤمن الغاز من الأسطوانة الموضوعة في الصندوق الخلفي للسيارة مروراً بأسفل العربة ليصل إلى المنظم الموضوع في مقصورة المحرك.

5- معالج تسبيق توقيت الاشعال Timing advance processor

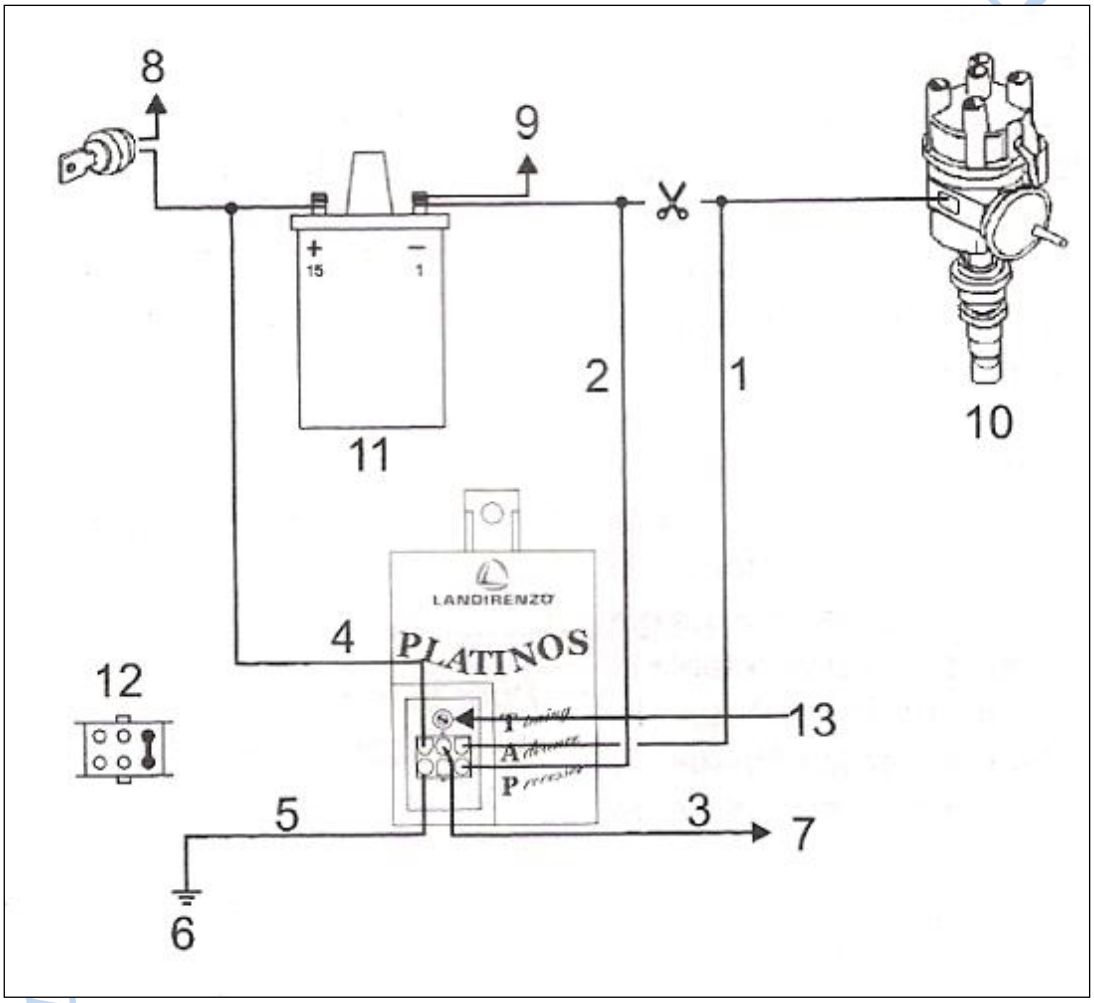
إنتاج شركة LANDIRENZO PLATINOS الإيطالية ويؤمن هذا الجهاز المبين في الشكل (5-54) التغير اللازم في شرارة تسبيق توقيت الاشعال عند عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط ويخزن ويعيد التوقيت الأصلي للشرارة عند عمل المحرك على الغازولين. يتم تركيب الجهاز بشكل شاقولي في صدر مقصورة المحرك بعيداً عن مصادر الحرارة كغازات العادم.

إن الزيادة في تسبيق توقيت الاشعال خلال عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط ذو



الشكل (5-54) من اليمين بالترتيب خلاط غاز/هواء – أنبوب غاز ضغط عالي – معالج تسبيق الإشعال

الأوكتان العالي يحسن أداء المحرك وهو ما يضمنه عمل هذا الجهاز، يتم تحقيق هذا الغرض عملياً من خلال تشغيل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط وضبط توقيت الاشعال بتدوير موزع الشرارة Distributer لنحصل على أفضل أداء للمحرك عند عمله على الغاز، ثم ننتقل بتحويل تشغيل المحرك على البنزين ونضبط تأخير توقيت الاشعال للمحرك خلال عمله على البنزين من بزال التعيير والضبط Fuel retard register الموجود على الجهاز والمبين في الشكل (5-55) والذي يوضح أيضاً مخطط وصل الشبكة الكهربائية لمعالج تسبيق الاشعال مع شبكة دارة الاشعال للسيارة.



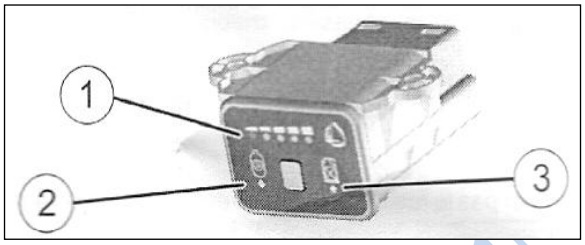
الشكل (5-55) مخطط وصل شبكة كهرباء معالج تسبيق الاشعال

حيث تدل الأرقام المبينة في المخطط على ما يلي: (1) سلك أسود، (2) سلك بني، (3) سلك أزرق، (4) سلك أحمر، (5) سلك أصفر-أخضر، (6) أرضي، (7) السلك الأزرق الواصل إلى مفتاح التبديل، (8) +12V أسفل مفتاح التشغيل، (9) خط إلى عداد دوران المحرك، (10) موزع الشرارة، (11) ملف رفع الجهد، (12) خط طوارئ، (13) بزال (برغي) ضبط تأخير الاشعال على وقود البنزين.

6- وحدة مفتاح تحويل الوقود (غاز/بنزين) Switching unit

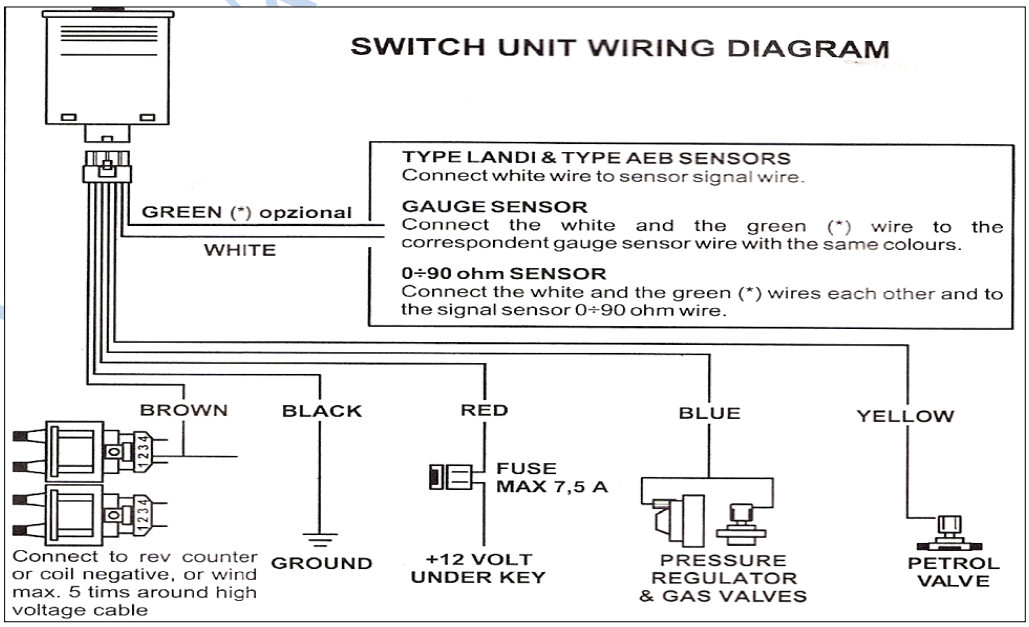
وهو مكمل لوظيفة لوحة عدادات السيارة حيث يوضع في مقصورة القيادة ويبين حالة عمل المحرك ما بين التشغيل على وقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG أو العمل على البنزين.

يوضح الشكل (5-56) وحدة مفتاح التحويل من الطراز 094M إنتاج شركة LANDIRENZO الإيطالية حيث تشير الأرقام: (1) خمسة مبينات ضوئية Led علوية تضيء عند العمل على الغاز



الشكل (5-56) وحدة مفتاح تحويل غاز/بنزين مع مبين مستوى الغاز

وتدل على كميته في الأسطوانة، أربعة منها خضراء اللون وواحدة حمراء تدل على الكمية الاحتياطية. (2) مبين ضوئي Led أخضر سفلي يساري يدل على وضعية العمل على الغاز الطبيعي المضغوط. (3) مبين ضوئي Led أصفر سفلي يميني يدل على وضعية العمل بوقود البنزين. ويشرح المخطط الكهربائي في الشكل (5-57) مخطط وصل الشبكة الكهربائية لوحدة مفتاح تحويل الوقود (غاز/بنزين) مع مبين ضوئي لمستوى الغاز في أسطوانة الغاز الطبيعي المضغوط.



الشكل (5-57) مخطط الشبكة الكهربائية لوحدة مفتاح تحويل الوقود غاز/بنزين مع مبينات مستوى الغاز

7- خرطوم غاز ضغط منخفض

يصل بين مخرج المنظم ومدخل الخلاط بقطر داخلي 22 ملم وقطر خارجي 31 ملم خاص بالغاز الطبيعي المضغوط، إيطالي الصنع.

8- مقياس ضغط (مانومتر)

من إنتاج شركة WIKAI الإيطالية يقيس الضغط في المجال bar(400÷0) كما هو مبين في الشكل (5-58).

9- صمام التعبئة Refueling valve

يوجد بداخله كرة معدنية تغلق مجرى الغاز بواسطة نابض حلزوني الشكل (5-58)، فعند التزود بالغاز يتغلب ضغط التعبئة على النابض المؤثر على الكرة فيحرر المجرى ويتم تدفق الغاز إلى الأسطوانة ، يوضع صمام التعبئة عند الأسطوانة في الصندوق الخلفي للسيارة مدمج مع صمام الفتح والإغلاق المبين في الشكل (5-58) لسهولة التحكم عند حالات الطوارئ وأعمال الصيانة.



الشكل (5-58) من اليمين بالترتيب صمام فتح/إغلاق - مقياس ضغط (مانومتر) - صمام تعبئة غاز

5-2-2- توضع وتركيب أجزاء منظومة عمل السيارة على الغاز الطبيعي المضغوط

وضعت منظومة عمل الآلية على الغاز الطبيعي المضغوط CNG في ثلاثة أجزاء من السيارة داتسون الموجودة في مخبر الآليات والمحركات لدى قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة من كلية

الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق حيث انتهى العمل في نهاية الفصل الأول من العام الدراسي 2012-2013 ، وهذه الأجزاء الثلاثة هي:

الجزء الأول: مقصورة توضع المحرك الموضحة في الشكل(5-59)، حيث يوضع منظم الغاز الطبيعي المضغوط CNG على الهيكل الأمامي الأيسر بثلاثة براغي تثبيت، ويتم تزويده بالماء الساخن الخارج من كتلة المحرك لمنع تجمد أجزائه أثناء انخفاض الضغط (منع تشكل الهيدرات). ويبين الشكل أيضاً شبكة الكهرباء المعزولة الخاصة بمنظومة الغاز الواصلة ما بين مقصورة القيادة (الآتية من وحدة تحويل الوقود غاز/بنزين) ومقصورة توضع المحرك، حيث يتم ربطها بمعالج تسبيق توقيت الاشتعال من جهة ووصلها بشبكة الأسلاك الكهربائية الواصلة بين المعالج والمنظم وموزع الاشتعال وملف رفع الجهد ومضخة البنزين من جهة أخرى، كما تتضمن مقصورة توضع المحرك الخراطيم المرنة لتسخين المنظم وخرطوم الغاز ذو الضغط المنخفض وجزء من أنبوب الغاز ذو الضغط العالي الفولاذي الآتي من مقصورة الصندوق الخلفي عبر أسفل أرضية السيارة.



الشكل (5-59) أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط المركّبة في مقصورة توضع المحرك

الجزء الثاني: مقصورة القيادة والركاب المبينة في الشكل(5-60) حيث توضع وحدة التحويل بمبين نوعية الوقود المشغل، مع مفتاح التحويل للعمل بين الغاز الطبيعي المضغوط CNG والبنزين أسفل لوحة المبينات والعدادات، كما تتضمن شبكة الأسلاك الكهربائية الواصلة بينهما والمتجهة نحو مقصورة توضع المحرك.



الشكل (5-60) أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط الموضوعة في مقصورة القيادة والركاب

الجزء الثالث: مقصورة الصندوق الخلفي الموضحة في الشكل (5-61) حيث توضع أسطوانة الغاز الطبيعي المضغوط CNG مع قاعدتها المعدنية التي تم تصنيعها محلياً لتأمين عدم تدحرج الأسطوانة عند مسير السيارة، ويتم تثبيت هذه القاعدة على أرضية السيارة بأربعة براغي، كما يبين الشكل توضع صمام فتح وإغلاق الغاز المركب على الأسطوانة وصمام تعبئة الغاز الطبيعي المضغوط، ومقياس ضغط الغاز (مانومتر)، وأنبوب الغاز الفولاذي ذو الضغط العالي المتجه عبر ثقب قطره 6 ملم نحو المنظم في مقصورة توضع المحرك.



الشكل (5-61) أجزاء منظومة الغاز الطبيعي المضغوط الموضوعة في الصندوق الخلفي للسيارة

يمر أنبوب الغاز الفولاذي من مقصورة الصندوق الخلفي عبر أسفل أرضية مقصورة السيارة ويتم تثبيته بقواعد مرنة تم تصنيعها محلياً لتحقق الجساءة اللازمة والضرورية خلال مسير واستثمار السيارة كما هو مبين في الشكل (5-62).



الشكل (5-62) كيفية تثبيت ومرور أنبوب الغاز الفولاذي أسفل أرضية السيارة

أخيراً يجب تجنب إجراء أي تعديل لاحق في الدارة الكهربائية للسيارة دون الرجوع إلى المخططات الكهربائية المبينة سابقاً في الشكلين (5-57) و(5-59)، حيث تم وضع لصاقة " تنبيه "على هيكل السيارة داخل مقصورة المحرك في مكان ظاهر تبين فيها أن السيارة مجهزة بمنظومة تحويل محركها للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط وأن الدارة الكهربائية الأساسية للسيارة قد تم تعديلها بما يناسب هذا التعديل.

ماجستير المهندس محمد ماهر كلاس

النتائج

1- يمكن تحديد العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق في محرك بنزيني يعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG بمسافة مسير 20000 كم (عشرون ألف كيلومتر)، مقارنة بالمسافة الأساسية لصلاحية الزيت نفسه المقررة أصولاً عند عمل المحرك على البنزين أو الديزل 7500 كم، أي زيادة في العمر الاستثماري للزيت أكثر من ضعفين وهذا ما يتوافق مع الأبحاث العالمية المنجزة في هذا المجال.

2- إن تغير نسب قيم ذرات المعادن المهترئة (الحديد والنحاس) في المحرك البنزيني العامل على الغاز الطبيعي المضغوط من خلال نتائج الاختبارات ضمن القيم المقبولة والمعقولة مقارنة بالقيم الاحترازية المتبناة عالمياً ، وبالتالي فإن تحويل المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط ليس له آثار سلبية على الحالة الفنية للمحرك، وهذا ما يتوافق مع الأبحاث العلمية المنجزة في هذا المجال.

3- إن زيادة العمر الاستثماري للزيت لأكثر من ضعفين عند عمل المحرك على الغاز الطبيعي المضغوط CNG تعكس مردوداً اقتصادياً بالغ الأهمية يتجسد في التوفير المادي الناتج عن تقليص النفقات المصروفة على تبديل زيوت المحركات، لأن هذه الزيادة سوف تخفض تلك التكاليف عند عمل المحركات على الغاز الطبيعي المضغوط لما دون ثلثي القيمة المصروفة عند عملها على البنزين، كما ستخفض بالمقدار نفسه كميات الزيوت المستهلكة في عمليات تبديل زيوت المحركات.

4- تعكس هذه الزيادة في العمر الاستثماري للزيت أثراً بيئياً هاماً، لأنها سوف تخفّض كميات المخلفات السائلة الناتجة عن استهلاك زيوت المحركات لما دون الثلثين وذلك عند استخدام الغاز الطبيعي المضغوط بديلاً عن البنزين، إضافة إلى تقليل الاصدارات الملوثة للبيئة الناتجة عن محركات الاحتراق الداخلي كما هو معلوم.

5- أرفد هذا البحث عملياً مخبر المحركات والآليات في الكلية بمنظومة كاملة لتحويل المحرك البنزيني للعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG، حيث تم تركيبها وتشغيلها على السيارة السياحية طراز داتسون الموجودة في المخبر لتصبح سيارة بوقود ثنائي (Bi-fuel).

التوصيات

1- اعتماد العمر الاستثماري للزيت المعدني السوري 40 شاق صالح للاستعمال مسافة 20000 كم لمحركات البنزين العاملة على الغاز الطبيعي المضغوط CNG، واعتباره وثيقة هامة يمكن تعميمها لدى جميع قطاعات الدولة للعمل بها.

2- تعتبر السيارة المتواجدة لدى مخبر المحركات والآليات في قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق نموذجاً ومرجعاً بهذا الخصوص يمكن الاستفادة منها في تنفيذ خطة مستقبلية لوضع آليات تعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG، كما يمكن استخدامها في مجالات بحثية وتعليمية عديدة.

3- ضرورة الإسراع باستخدام الغاز الطبيعي المضغوط CNG في قطاع النقل لما له من مردود اقتصادي جيد وأثر إيجابي على البيئة.

4- يمكن اعتماد محتوى البحث مرجعاً كمادة علمية يمكن تزويدها في مناهج التعليم المتوسط والجامعي.

ماجستير الهندسة محمد ماهر كلاس

المقترحات

1- إجراء أبحاث علمية على زيوت معدنية سورية أخرى متعددة الدرجات مثل 15ش/50 و20ش/50 ومقارنة النتائج والتوصيات.

2- وضع آليات تعمل على الغاز الطبيعي المضغوط في حيز الخدمة والاستثمار.

3- الاستفادة من التجربة المصرية والإيرانية في مجال استخدام وقود الغاز الطبيعي المضغوط CNG في الآليات.

4- توعية إعلامية لبيان أهمية استخدام الغاز الطبيعي المضغوط CNG.

5- تسهيلات تشجيعية لاستيراد آليات تعمل على الغاز الطبيعي المضغوط CNG.

ماجستير المهندس محمد ماهر كلاس

Glossary الاختصارات

American Gear Manufacturers Association	AGMA
American Society for Testing and Materials	ASTM
Association des Constructeurs Europeans' d' Automobiles	ACEA
Barrel per day	bbl/d
Barrel	bbl
Bivalent fuel	Bi-fuel
British lubricants federation	BLF
Carbon dioxide	CO2
Carbon Monoxide	CO
Centi Stockes	cSt
Cold cranking simulator	CCS
Commercial	C
Compressed natural gas	CNG
Decibel	dB
Deutsches Institute für Normung	DIN
Direct current	DC
Direct Reading Ferro graph	DR
Electronic control unit	ECU
Energy Conserving	EC
Environmental protection agency	EPA
European union of independent lubricant companies	UEIL
Exhaust gas recirculation	EGR
Extreme Pressure	EP
Federal Motor Vehicle Safety Standards	FMVSS
Gas-to-liquid	GTL
Hydrocarbons	HC
Hydrogen compressed natural gas	HCNG
Infrared spectrometer	IR
Institute of petroleum	IP
Internal combustion engine	ICE
International lubricant standardization and approval committee	ILSAC
International Organization for Standardization	ISO
Japanese Automobile Standards Organization	JASO
Liquid compressed natural gas	LCNG
Liquid Natural gas	LNG
Liquid petroleum gas	LPG
Low heating value	LHV
Million metric standard cubic meter per day	MMSCMD
Minimum Spark Advance For Best Torque	MBT
National lubricating grease Institute	NLGI

Natural gas liquids (Propane, Butane, Pentane)	NGL
Natural Gas Vehicles	NGVS
Natural Gas	NG
Oil drain intervals	ODI
Oil life monitor	OLM
Olefin Copolymers	OCPS
On board diagnostics	OBD
Original equipment manufacturer	OEM
Part per million	PPM
Perfluoropolyalklethers	PFPAES
Pipe line	PL
Polyalkyleneglycols	PAG
Polyalphaolefins	PAOS
Polymethaerylates	PMAS
Polyesters	POE
Pressure average	Pav
Revolutions Per Minute	rpm
Rotary viscometer	RV
Saybolt second universal	SSU,SUS
Service	S
Society Automobile Engineers	SAE
Society of petroleum engineers	SPE
Society of Tribologists and lubricant engineers	STLE
Sulphated Ash, Phosphorous and Sulphur	SAFS
Tetraethyl lead	TEL
The American Petroleum Institute	API
The general oxides of nitrogen	NOX
Total acid number	TAN
Total base number	TBN
Viscosity Grade	VG
Viscosity Index	VI
Wear index	WI
Winter	W
Wobbe	Wo
Zinc Dialkyl Dithiophosphate	ZDDP
Zinc Dithiophosphate	ZDP

المراجع

المراجع العربية:

[1] جرعتلي فرحان – جامعة حلب – كلية الهندسة الميكانيكية – رسالة ماجستير– دراسة كفاءة محرك الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز السوري.

[2] حميد أحمد– محمد علي صلاح الدين – قسومة محمد فايز – الخن جورج – مركز الدراسات والبحوث العلمية – مساهمة في ترشيد استهلاك بعض زيوت المحركات في القطر العربي السوري – مجلة جامعة دمشق في العلوم الأساسية والتطبيقية – المجلد 4 العدد /16/– الجزء الثاني – ربيع الآخر 1409هـ/1988م.

[3] السابق محمد سعيد – وسائل النقل والبيئة – جامعة دمشق – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– قسم الدراسات العليا – محاضرات ماجستير– المحركات والاليات.

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

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

[6] صبح علي – النقل والبيئة – جامعة دمشق – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم الدراسات العليا – ماجستير – المحركات والآليات – 2007.

[7] عبود عدنان – الموسوعة العربية – الزيوت المعدنية – المجلد 525 www.arab.ency.com.

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

[9] كراز خلدون– مجلة الباحثون – العدد 62 آب/2012.

[10] كراز خلدون– مجلة الاقتصادي– العدد 119 تاريخ 2011/9/10.

[11] مجلة البيئة والصحة – العدد /2/ – www.envmt-healthmag.com.

[12] المنصور حاتم – منشورات جامعة حلب – كلية الهندسة الميكانيكية – دليل التجارب المخبرية في الوقود والزيوت والشحوم – مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية 1424هـ/2003م.

[13] المنصور حاتم – منشورات جامعة حلب – كلية الهندسة الميكانيكية – وقود وزيوت وشحوم – مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية 1420هـ–2000م.

[14] ميرو مصطفى – بلاغ رئاسة مجلس الوزراء رقم 33/ب/–7019/15 تاريخ 15/9/2002.

[15] وزارة النفط والثروة المعدنية – المؤسسة العامة للنفط – دراسات مديرية الإحصاء والتخطيط.

المراجع الأجنبية:

[16] Donald J, and Shirley E, Lubrication Engineering, Automotive engine oil condition monitoring, September, 1994.

[17] http://autos.aol.com/article/3000-mile-oil-change-not-needed

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

[19] http://naftcenews.wvu.edu/naftc_enews/2010/12/18/-let-s-clear-the-air

[20] http://papers.sae.org/2003-01-1957/

[21] http://papers.sae.org/2012-01-1622

[22] http://papers.sae.org/2007-01-4133/

[23] http://papers.sae.org/981443/

[24] http://papers.sae.org/981444/

[25] http://papers.sae.org/981448/

[26] http://www.aa1car.com/library/oil_viscosity.html

[27] http://www.autoeducation.com/autoshop101/oil-change-9.htm

[28] http://www.autoeducation.com/autoshop101/oil-change-9.htm

[29] http://www.enhancedsyntheticoil.com/Oil-Drain-Interval-Recommendations.htm

[30] http://www.globalindustrialsolutions.net/base-oil-definition.php

[31] http://www.globalindustrialsolutions.net/viscosity-grade-chart.php

[32] http://www.landi.it

[33] http://www.opieoils.co.uk/c-789-acea.aspx

[34] http://www.wisegasinc.com/wg-cylindersafety.htm

[35] http://www.wisegasinc.com/wg-cylindersafety.htm

[36] http://www.woodward.com/vcsoh4.aspx

[37] http://rajarafasamudra.com/cng_business

[38] http://blogs.scientificamerican.com/plugged-in/2011/10/26/from-austin-to-boston-on-natural-gas

[39] http://machinerylubrication.com/Read/663/natural-gas-engine-lubrication

[40] http://www.machinerylubrication.com/Read/29113/base-oil-groups

[41] Standard Handbook Of Lubrication Engineering, McGraw – HILL BOOK COMPANY

Abstract

Investment period (IP) for internal combustion engine (ICE) mineral oil means the best oil drain intervals (ODI), which is the longest mileage vehicles travel after using a new oil without noticeable changes in its properties.
Engine oil is very important for engine life and operation. therefore, determining IP of oil will minimize product cost and harmful wastes.
Natural gas (NG) maximizes ODI and reduces toxic gas components caused by ICE. In addition, it is available in Syria and could be used as vehicle's fuel.
This research includes laboratory tests and field trails to determine investment period (ODI) for Syrian mineral oil SAE 40 used in gasoline engine when operated on compressed natural gas (CNG).
Several used oil samples are taken from seven Bi-fuel vehicles which work at Jbeseh's petroleum field in Hasakah . Used oil analysis (UOA) is performed: viscosity, total acid number (TAN), total base number (TBN), wear metals (Iron and Copper), flash point, wear index (WI), antioxidant and wear additives by Tribology laboratory at scientific studies and research center (SSRC) in Damascus.
So, the UOA results were used to determine IP for gasoline engine when operated on CNG ODI of (20000 km) were obtained in comparison with original intervals (7500 km) recommended when oil used in gasoline engines. ODI is extended more than 2 times. These results will affect economic efficiency and environment positively. It reduces less than 2 times by cost savings for engine oil exchange, quantities of new oils and used oils wastes.
Additionally, in this research gasoline DATSUN car is equipped with CNG components system to be a Bi-fuel car. This car belongs to vehicles and engines laboratory at automobiles and heavy machines department of mechanical and electrical collage in Damascus university. It could be used in future researches and education.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Mechanical & Electrical Engineering
Automobiles & Heavy Machines engineering Department

Determining investment period of Syrian mineral oil used in Gasoline engine operated with compressed natural gas

Graduation Project Prepared To Obtain a Master Degree Of Mechanical Engineering

(Engines & Vehicles Engineering Master)

by
Engineer Student

Mohammad Maher Kallas

Supervised by

Dr. Thaer Sallam **Dr. Younes Saoud**

Academic Year
2012-2013