الفصل السابع

تنقية وتصنيع المشتقات النفطية الخفيفة

اغلب مصافي التكرير تتضمن الوحدات التالية:

١- وحدة التكرير للنفط الخام الجوية CRUDE OIL DISTILLATION UNIT:

يتم في هذه الوحدة فصل مكونات النفط الخام بالطرق الفيزيائية (أي بدون تفاعلات كيميائية) الى مشتقات نفطية ثمينة و تعتمد هذه الطريقة على كون النفط الخام عبارة عن خليط واسع من المركبات الهيدروكاربونية لكل منها قابلية مختلفة على التبخير و لكل منها درجة غليان خاصة و تجري عملية التقطير الجوي في ابراج تتكون عادة من عدة صينيات ذات اشكال مختلفة و عدد الصينيات و قطر البرج يتوقف على نوعية النفط الخام و مكوناته و على متطلبات عملية الفصل حيث تقطر كافة القطفات التي تغلي لغاية ٣٥٠ درجة مئوية كحد اعلى و تسحب القطفات المكثفة حسب درجة غليانها من مناطق مختلفة على امتداد برج التقطير و ترسل هذه القطفات الجانبية SIDESTREAM الى ابراج النزع STRIPPERS للتخلص من المكونات الخفيفة التي تؤثر على ثبوتيتها ، اما المتبقي من عملية التقطير الجوي و المعروف بالنفط الخام المختزل REDUCED CRUDE فيسحب من قعر البرج .

راجع الشكل (7-1). ونواتج وحدة التكرير الجوية هي:

أ- غازات التصفية

ب- النفثا الخفيفة LIGHT NAPHTHA

ج- النفثا الثقيلة HEAVY NAPHTHA

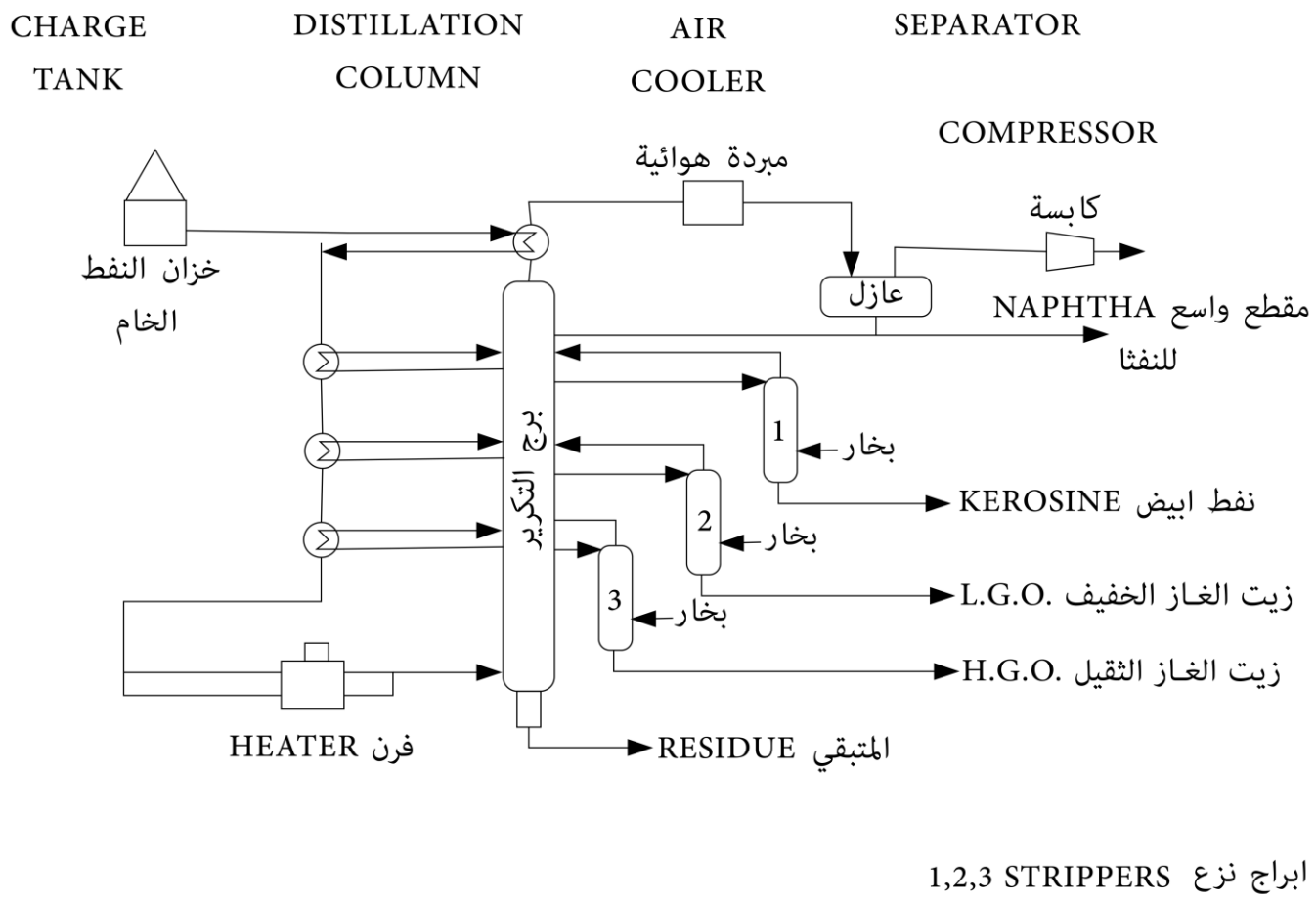
د- النفط الابيض KEROSINE

ه- زيت الغاز الخفيف LIGHT GAS OIL

و- النفط الخام المختزل REDUCED CRUDE OIL

وتسمى النواتج التي نحصل عليها من ابراج التكرير الوارد ذكرها اعلاه بالنواتج الخام ومعظمها لا يمكن استعماله او بيعه الا بعد تصفيته مرة اخرى او اضافة بعض المحسنات مثل النفثا الخفيفة (L.N) او النفثا الثقيلة (H.N) تعامل بطرق خاصة (سناتي على ذكرها لاحقا).

للتخلص من كبريتيد الهيدروجين والمركبات الكبريتية الاخرى والشوائب والنفثا الثقيلة اضافة الى ذلك تعامل في وحدة تحسين البنزين لتحسين العدد الاوكتاني وزيادته والنفط الابيض فتجري عملية الهدرجة لتخليصه من المركبات الكبريتية وتشبع المواد الهيدروكاربونية غير المشبعة فيه بالهيدروجين لجعله مناسبا للتسويق.
اما زيت الغاز الخفيف فتتم هدرجته وبظروف تشغيلية خاصة لإزالة المواد الكبريتية ويستخدم في انتاج زيت الديزل والنفط الاسود يسوق بدون أي معاملة وبدون اضافة اي محسنات. والنفط الخام المختزل R.C يرسل الى قسم الدهون لأنتاج زيوت التزييت والفائض منه يرسل الى قسم خدمات الطاقة كوقود في افران المراجل.



شكل (7-1) نواتج عملية التقطير.

٢- وحدة تحسين البنزين CATALYTIC REFORMING UNIT:

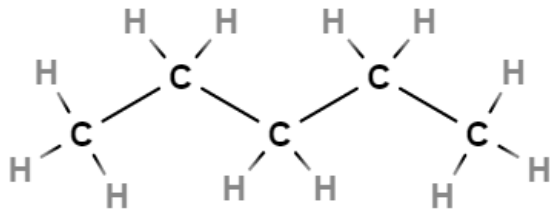
و تسمى وحدة التهذيب البلاتيني و الغاية من هذه الوحدة اعادة تركيب جزيئات معظم المركبات الهيدروكاربونية الداخلة في تركيب النفثا الثقيلة بشكل تنتقل فيه الجزيئة المستقيمة الى جزيئة متشعبة او الجزيئة الحلقية المشبعة (Naphthenes) الى حلقة غير مشبعة (اروماتية) مما يجعلها اكثر صلاحية للاستعمال كبنزين عالي الاوكتان و بوجود عامل مساعد هو البلاتينيوم (Pt) المحمول على اوكسيد الالمنيوم ذي المسامية العالية و تحدث التفاعلات الكيميائية في ابراج خاصة تدعى المفاعلات REACTORS و تحت ظروف تشغيلية معينة من حرارة و ضغط و معدل جريان .

التفاعلات الكيميائية في وحدة تحسين البنزين (في المفاعلات):

١- عملية الازمرة (ISOMERIZATION):

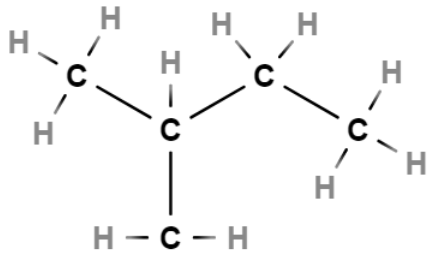
تتغير الذرات واعادة ترتيبها (تغير الصيغة التركيبية) Rearranging هو في المواد البارافينية ذات العدد الاوكتاني الواطئ (30-50) بحيث تتحول الى ايزوبرافينات ذات عدد اوكتاني عالي وبوجود العامل المساعد (البلاتينيوم المحمول على اوكسيد الالمنيوم ذي المسامية العالية).

مثل:



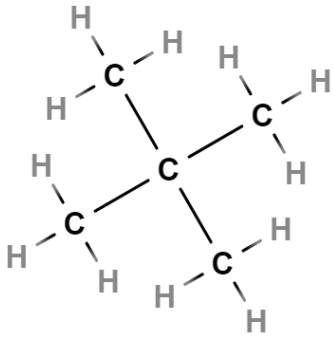
n-PENTANE (C_5H_{12})
بنتان اعتيادي
عدد اوكتاني 62

عامل مساعد
عملية الازمرة



ISOPENTANE (C_5H_{12})
عدد اوكتاني حوالي 92

عملية اضافية

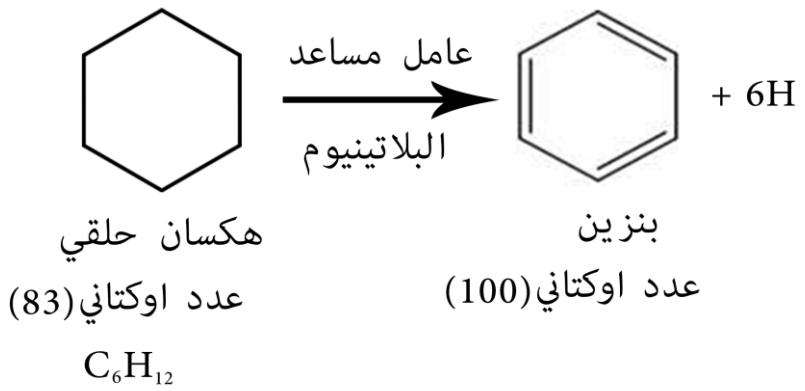


NEOPENTANE (C_5H_{12})
عدد اوكتاني (120)

يتضح من اعلاه اللافقدان في ذرات الكاربون ولذا يبقى الحجم ثابتا أي لا فقدان في المادة السائلة.

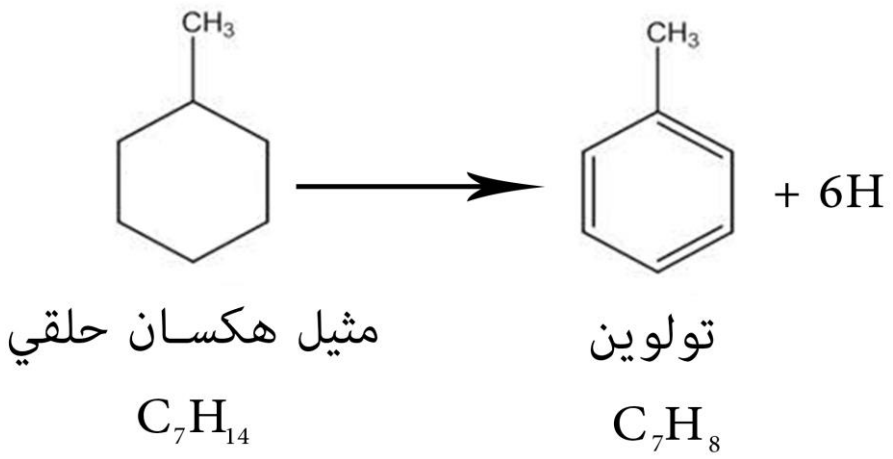
٢- عملية طرح الهيدروجين من المركبات النفثينية NAPHTHENE DEHYDROEENATION:

مثال: طرح (٦) ذرات من الهيدروجين في الهكسان الحلقي (C_6H_{12}) وتكوين اواصر مزدوجة يمكن من الحصول على مركب اروماتي بنزيني ذي عدد اوكتاني عالي:



وفي هذا التفاعل يتم فقدان عدد من ذرات الهيدروجين على عكس عملية الازمرة، مما يؤدي الى قلة الحجم أي الفقدان من المادة السائلة.

مثال اخر:



٣- عملية طرح الهيدروجين مع تكوين مركب حلقي DEHYDRO CYCLIZATION:

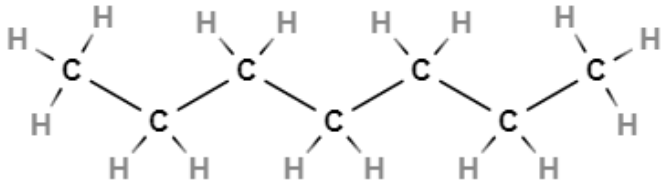
في هذه العملية تحدث مرحلتان:

المرحلة الاولى: DEHYDRO طرح الهيدروجين من المركبات البارافينية المستقيمة وتحويلها الى مركبات حلقية مشبعة (نفثينية).

المرحلة الثانية: تحويل المركبات الحلقية المشبعة الى مركبات عطرية:

مثال:

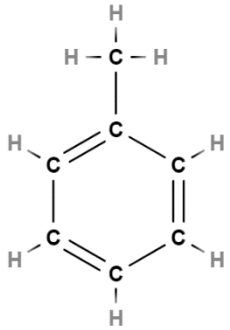
طرح (٨) ذرات من الهيدروجين لمركب الهبتان الاعتيادي (C_7H_{16}) والتحويل الى مركب اروماتي حاوٍ على (٦) ذرات من الكاربون حلقية مع ذرة كربونية سابعة متفرعة وهذا المركب يدعى التولوين.



n-Heptane

الهبتان الاعتيادي – عدد اوكتاني صفر

عامل مساعد



+ 8H
فقدان

تولوين

عدد اوكتاني (120)

هذه التفاعلات نافعة وقد تحدث تفاعلات ضارة وعادة في درجات الحرارة العالية منها:

١) عملية تكسير الجزئيات البارافينية والنفثينية لتكوين البيوتان ومواد خفيفة اخرى، مثال:

$C_{10}H_{22} + H_2 \rightarrow C_6H_{14} + C_4H_{10}$

والتفاعل مصحوب بحرارة عالية EXOTHER MIC

٢) عملية ازالة الألكلة DE ALKYLATION:

للمركبات النفثينية ذات الحلقات الحاوية على تفرعات جانبية والمواد العطرية لتكوين ايضا مادة البيوتان ومواد خفيفة اخرى تؤدي بدورها الى تقليل نسبة الانتاج من البنزين وتقليل تركيز الهيدروجين المدور.

٣- معالجة النفثا الخفيفة LIGHT NAPHTHA:

النفثا الخفيفة الاتية من وحدات التكرير ترسل الى وحدة التثبيت STABILIZER لفصل الغازات الخفيفة (C_1 , C_2 , H_2S) و تكثيف غازات البروبان و البيوتان لأنتاج الغاز السائل كناتج ثانوي اما البنزين المثبت فتكون مواصفاته كالاتي:

١- درجة معهد البترول الامريكي بحدود (78).

٢- درجة الغليان الابتدائية (10) درجة فهرنهايت.

٣- درجة الغليان النهائية بحدود (270) درجة فهرنهايت وضغط بخاري ملائم (7 صيفا – 10 شتاء باوند / الانج المربع).

ويمكن التحكم بضغط البخار بتغيير درجة الحرارة في أسفل برج التثبيت فاذا رفعنا هذه الحرارة فان غازات أكثر سوف تطرد وفي هذه الحالة سوف ينخفض الضغط البخاري للبنزين المثبت.

اما درجة الغليان النهائية (F.B.P) فيمكن التحكم بها في برج التكرير فاذا رفعنا درجة الحرارة في اعلى برج التكرير فان كمية الابخرة التي تترك برج التكرير سوف تزداد وتؤدي الى رفع درجة الغليان النهائية وبعد عملية التثبيت تجري عملية التحلية وهناك عدة طرق منها:

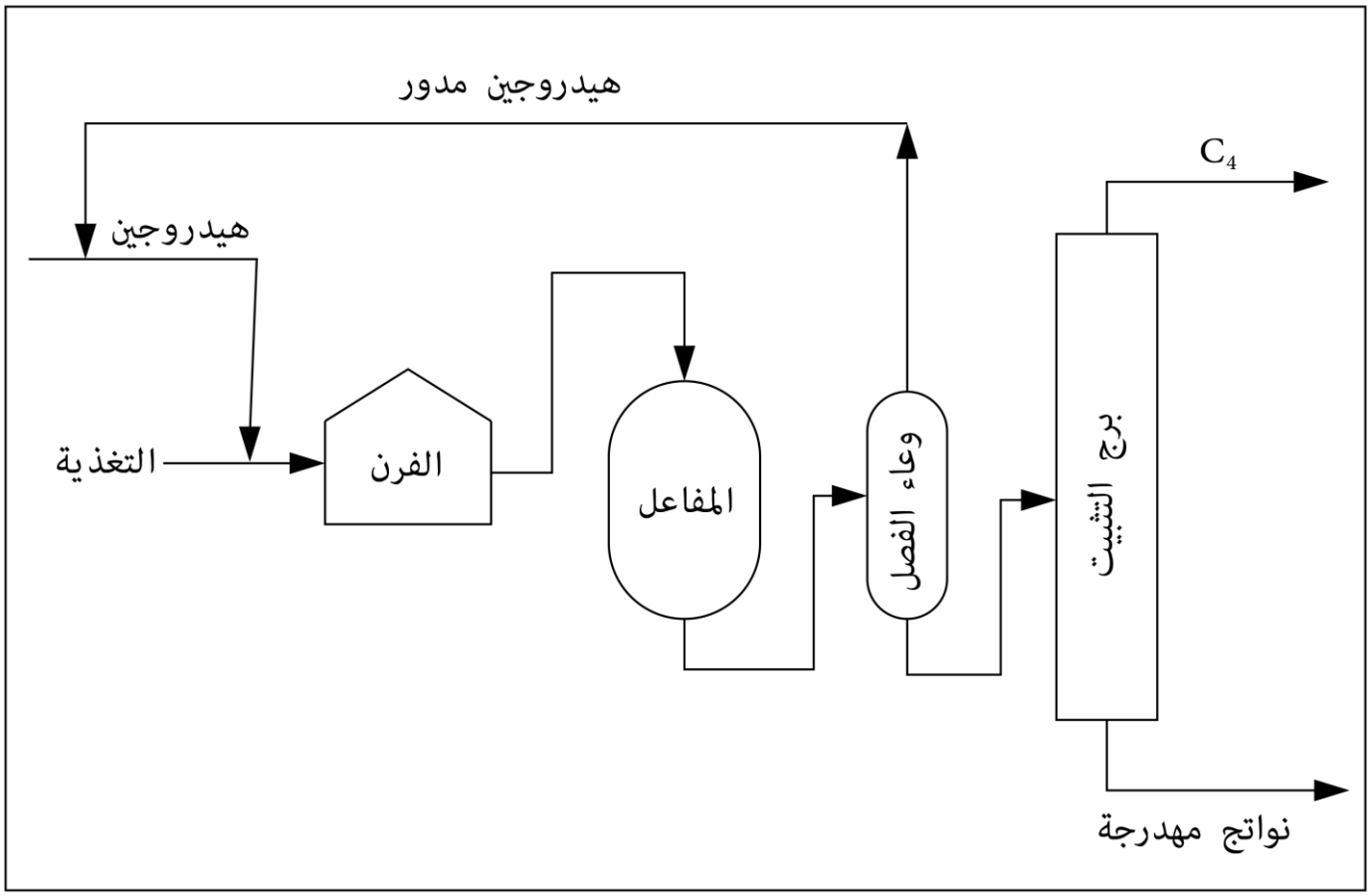
١- التحلية بواسطة الهيدروجين.

٢- التحلية باستعمال كلوريد النحاس $CuCl_2$ مع الهواء.

٣- التحلية بوحدات الميروكس.

٤- التحلية بالوحدات الكيميائية (حامض الكبريتيك والصودا الكاوية) وسيتم شرح هذه العمليات مفصلة لاحقا.

وان الناتج بعد عملية التحلية (ازالة المواد الكبريتية الضارة وغيرها) يسمى البنزين المعالج TREATED GASOLINE.



شكل (7-2): مخطط وحدة الهدرجة.

٤- وحدات المعالجة بالهيدروجين

ان عملية معالجة المنتجات البترولية بواسطة الهيدروجين قد تطورت في السنين الاخيرة الى حد كبير وشملت معظم المنتجات النفطية ومنها:

أ- النفثا الخفيفة والثقيلة او مقطع واسع لكليهما.

ب- النفط الابيض او وقود الطائرات.

ج- زيت الغاز.

د- زيوت التزييت.

ه- الشمع الصلب.

و- النفط الاسود المختزل او زيت الوقود الا انها قليلة الشيوع والاستعمال.

والهدف من عملية الهدرجة بصورة عامة هو:

أ- ازالة الكبريت وتحويله الى غاز كبريتيد الهيدروجين وتسمى العملية الازالة المائية للكبريت HDS – HYDRO DE SULPHURIZATION.

ب- ازالة المواد النتروجينية والاوكسجينية وتحويلها الى غاز الامونيا وبخار الماء.

ج- هدرجة المركبات العطرية وتحويلها الى النفثينات.

د- تحويل المركبات الهيدروكاربونية غير المشبعة مثل الاوليفينات وثنائي الاوليفينات الى هيدروكاربونات مشبعة (البرافينات).

ه- ازالة العناصر الهالوجينية وتحويلها الى غازات غير عضوية (مثل الكلور HCl).

وتتم الهدرجة بوجود عوامل مساعدة والانواع الشائعة الاستعمال هي Co , Mo (اكاسيد الكوبلت و الموليبديوم) و تستعمل لإزالة المواد الكبريتية بالدرجة الاولى او اكاسيد الكوبلت و النيكل Co – NI و تستعمل لإزالة المركبات النتروجينية بالدرجة الاولى اضافة الى المواد الكبريتية و تختلف الظروف التشغيلية من عملية الى اخرى حسب مادة التغذية، و هذه الظروف هي:

١- الضغط التشغيلي.

٢- درجة حرارة التفاعل

٣- كمية الهيدروجين ونقاوته.

٤- السرعة الحجمية للتغذية.

وتحدث التفاعلات الكيميائية في مفاعلات خاصة حاوية على أحد العوامل المساعدة اعلاه المحمولة على اوكسيد الالمنيوم ذي المسامية العالية.

اما تأثير عملية الهدرجة على مواصفات المشتقات النفطية الحقيقية فهي كما يلي:

اولا: النفثا الخفيفة والثقيلة

لإزالة الكبريت من هذه المشتقات حيث تدخل النفثا الخفيفة والثقيلة في عملية انتاج بنزين السيارات والتخلص من الكبريت سيؤدي الى الحد من الأكل في اجزاء المحرك، كما يساعد في تحسين العدد الاوكتاني للبنزين كما ان ازالة الكبريت من النفثا قبل معالجتها في وحدة تحسين البنزين لتجنب التسمم وتقليل كفاءة العامل المساعد (البلاتينيوم) في الوحدة.

ثانيا : الكيروسين (النفط الابيض) او وقود الطائرات التوربيني ATK

والغاية من ادخال هذه المشتعلات الى وحدة الهدرجة هي:

١- بوجود الهيدروجين (الاتي من وحدة تحسين البنزين) تتم ازالة المواد غير المرغوب فيها كالمواد الكبريتية والنيتروجينية والاوكسجينية وتحويلها الى غازات غير عضوية كغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز الامونيا وبخار الماء وكذلك العناصر الهالوجينية مثل الكلور الى غاز HCl.

٢- هدرجة المركبات العطرية وتحويلها الى نفثينات لضمان احتراق نظيف ومنتظم وبدون دخان أي لتحسين درجة الدخان SMOKE POINT.

٣- تحويل المواد الهيدروكاربونية غير المشبعة مثل الاوليفينات التي تكون مواد صمغية عند تبلمرها الى هيدروكاربونات مشبعة ثابتة.

٤- للحصول على ثباتيه عالية للمنتوج عند الخزن الطويل.

ثالثا: زيت الغاز

اما هدرجة زيت الغاز ايضا لإزالة مركبات الكبريت او تخفيفها الى نسب معقولة لتقليل التلوث بأكاسيد الكبريت وكذلك ازالة المفعول السلبي على زيت التزييت المستعمل في المحرك، كذلك ترفع العملية نوعا ما درجة السيتان لزيت الغاز (هذه الدرجة تعادل او تقابل درجة الاوكتان بالنسبة لمحرك البنزين).

وتشمل عملية الهدرجة كذلك:

أ. الزيت والشمع الصلب -سناتي على ذكرها لاحقا

ب. مواد ثقيلة مثل النفط الخام المختزل، الا انها قليلة الاستعمال ولأغراض معينة.

مادة رابع اثيلات الرصاص TETRA ETHYL LEAD:

تضاف مادة رابع اثيلات الرصاص $(C_2H_5)_4pb$ الى بنزين السيارات GASOLINE لرفع العدد الاوكتاني بدون التأثير على مواصفات البنزين الاخرى ومنها الضغط البخاري.

ان مركبات الرصاص سامة وان وجودها بنسبة قليلة في البخار يسبب تقيؤا شديدا وأحيانا الموت لذا هناك حد اعلى مسموح به بإضافتها الى البنزين وعادة تضاف مادة رابع اثيلات الرصاص بنسبة لا تتجاوز 3.6 سم مكعب لكل غالون امبراطوري او ما يعادل 0.8 غم لكل لتر، اضافة الى ذلك تلوث نواتج احتراق مركبات الرصاص الهواء مما يؤدي الى وضع تحديدات أكثر شدة حول كميات مركبات الرصاص المسموح بإضافتها الى البنزين.

ان زيادة كمية مادة رابع اثيلات الرصاص الى البنزين تؤدي الى تأخير وكبت عملية الاحتراق المبكرة وبالتالي تقليل ظاهرة الفرقعة أي زيادة العدد الاوكتاني.

ملاحظة:

١) يمكن استعمال رابع مثيلات الرصاص بدلا من رابع اثيلات الرصاص.

٢) البدائل لمركبات الرصاص هي مادة الالكيليت ALKYLATE.

٥- تحسين وقود الطيران AVIATIONFUEL:

هو على نوعين:

١- وقود الطائرات النفاثة AVIATION TURBINE KEROSINE(A.T.K) OR JETFUEL :

ان وقود الطائرات النفاثة عبارة عن نفط ابيض (مقاطع الكيروسين)

واهم خصائص وقود الطائرات النفاثة:

١- لا يحتوي على أي إثر للماء حيث ان تلوثه بالماء ولو بكميات قليلة جدا يسبب انجماد الماء عندما تحلق الطائرات على ارتفاعات عالية وبالتالي انسداد طريقة الوقود. ولذا تعتبر درجة الانجماد ناقص ٢٥ كحد اعلى لقبول المنتوج.

٢- له قيمة حرارية عالية.

٣- انه خالٍ من المواد العالقة والشوائب اضافة الى الماء وكذلك خالٍ من المواد الصمغية التي تعرقل عمل المرشحات وانسداد طريق الوقود.

٤- سهولة جريانه عند انخفاض درجات الحرارة في طبقات الجو العليا كما يجب عدم تكوين البلورات الشمعية التي تؤدي الى عرقلة عمل المرشحات وانسداد طريق الوقود. ولذلك يجب ان تكون اللزوجة للـ ATK المسموح بها في درجة ناقص 30 درجة فهرنهايت هي 15 كحد اعلى.

اما المحسنات التي تضاف الى وقود الطائرات النفاثة فهي:

١- مواد كيميائية ضد الكهربائية المستقرة ANTISTATIC

٢- مواد كيميائية ضد الاكسدة ANTI OXIDANT

٣- مواد كيميائية ضد الصدأ ANTIDUST

و يضاف في بعض الاحيان الى وقود الطائرات النفاثة محسن اخر يسمى METAL DEACTIVITOR حيث ان بعض المعادن مثل النحاس عند وجودها في الATK تساعد و تحفز على تكوين الاصماغ و لذلك تضاف مواد مانعة للحد من تأثير هذه المعادن و تحتوي تلك المواد المانعة عادة على مجموعة الامين.

وينتج وقود الطائرات النفاثة بمواصفات متعددة وحسب نوعية وقود النفاثات لطائرات عسكرية او مدنية وندرجها ادناه بإيجاز:

١- مواصفات منظمة الطيران العالمية اياتا
٢- المواصفات الامريكية للطائرات المدنية JP - 1
٣- المواصفات الامريكية للطائرات العسكرية JP – 4
٤- المواصفات البريطانية BRITISHDERD – 2494
٥- المواصفات الفرنسية JETFUEL (I.F.P)

وسنقتصر على المواصفات الامريكية لوقود النفاثات المستعمل في الطائرات المدنية.

SPECIFICATION FOR JET FUEL IP 1			
Appearance			bright + clear
API density	D 287		40 - 51
Spec. Gravity at 15 °c	D 1298		0.775 – 0.825
Flash point	IP 170	°c	38 – 66
Boiling range	D86, gr. 4	°c	
IBP	Cond. Bath temp. 0-4.4 °c	°c	To be specified
Vol. % at 200 °c		Vol. %	Min. 20
10 vol. %		°c	Max. 204
20 vol. %		°c	To be specified
50 vol. %		°c	Max. 232
90 vol. %		°c	To be specified
EBP		°c	Max. 288
Residue		Vol. %	Max. 1.5
Losses		Vol. %	Max. 1.5
Total sulfur	D 1266	Wt. %	Max. 02
Mercaptan sulfur or	D 1219/d 1323	Wt. %	Max. 0.001
Doctortest	D 484		Negative
Copper strip corrosion	D 130	2 h at 100 °c	Max. 1
Silver corrosion	IP 227	16 h	Max. 1
Smoke point	D 1322	mm	Min. 20
Luminometer number	D 1740		Min. 45
Or smoke point	D 1322	mm	Min. 25
Or smoke point	D 1322/d 1840	mm	Min. 20 and naphthaline content max. 3 vol
Heat of combustion	D 240	btu/lb	Min. 18,400

Or aniline gravity product	D 611 + d 287		Min. 5,250
Gum (existent)	D 381	mg/100 ml	Max. 7
Gum (potential)	D 873	mg/100 ml	Max. 14
Freeze point	D 2386	^{o}c (^{o}f)	Max. -50 (-58)
Acid number (100 ml sample)	D 974		Max. Nil
Total acid degree	D 374	mg KOH/g	Max. 0.1
Total acid degree	Attachment a to DERD 2494, issue 5	mg KOH/g	To be specified
Olefin content	D 1319	Vol. %	Max. 5
Aromatics content	D 1319	Vol. %	Max. 20
Water reaction	Fed. Test 3251		
Volume change		ml	Max. 1
Interface rating			Max. 1 b
Separation		Sharp separation, no emulsion or precipitation in any or above any phase	
Water separation index, modified	Fed. Test 3256		Min. 88
Viscosity at -30 ^{o}f, (-34.4 ^{o}c)	D 445	cst	Max. 15.0
Thermal stability	D 1660 at 300/400 ^{o}f,		
Pressure drop change in 5 h	6 lbs/h 300 min.	" BG	Max. 3.0
Precipitation rate in preheater			Less than 3.0
Copper content (only if copper sweetend)	DERD 2494	PPM	Max. 0.15
Metal contamination (if specified)			
Metal alkaline, total	MM 518	PPM	Max. 1.0
Lead content	MM 818	PPM	Max. 0.4
ADDITIVES – TYPE AND CONCENTRATION DEPENDING ON QUALITY REQUIREMENTS			
Oxidation retardation		mg/l	8.6 – 24.0
Metal deactivator		mg/l	max. 5.7
Static dissipator additive asa-3		PPM	max. 1.0
Corrosion inhibitor			nil

جدول (7-1) المواصفات الامريكية لوقود الطائرات النفاثة.

لقد ازداد استهلاك وقود الطائرات النفاثة خلال العقدين الاخيرين بعد تطور وسائل النقل الجوية بصورة فائقة وأصبح الوقود الاساسي في النقل الجوي المدني والعسكري. ولهذا الوقود مزايا وفوائد اهمها:

اولا: الادخار بمادة البنزين

ثانيا: تقليل المخاطر مقارنة مع بنزين الطائرات حيث ان الاخير ذو درجة تطاير عالية نسبيا (مدى درجة الغليان للـ ATK من 150-288 م° و لبنزين الطائرات من 30-150 م°).

ثالثا: لتوفر الكيروسين كناتج عرضي في مصافي التكرير البترولية.

٢- بنزين الطائرات AVIATION GASOLINE:

بنزين الطائرات عبارة عن قطفة بترولية خفيفة يتراوح معدل غليانها بين 30-150 درجة مئوية ويجب ان تتوفر فيه مواصفات معينة تفي بمتطلبات التشغيل والاحتراق الجيد الكامل وينتج بدرجات مختلفة وتبعا لذلك تختلف كمية رابع اثيلات الرصاص المضافة اليه كما مبين ادناه:

الدرجة	كمية رابع اثيلات الرصاص (ml/U.S Gallon max)
80	0.5
100	2.0
115	4.6

وفي بعض الاحيان ينتج على شكل متعدد الدرجات واهمها 100-130 او 115-145

واهم خصائص بنزين الطائرات هي:

١- منع حدوث التثليج في المبخرة ومنع انسداد طريق الوقود وتمثل وتحدد بمجموع درجات حرارة تبخره 10% و 50% و يكون مجموعها حوالي 135 درجة مئوية.

٢- الضغط البخاري ضمن الحدود المقررة قد يؤدي الى ارتفاع ضغط البخار الى انسداد طريق الوقود وابطال عمل المحرك.

٣- درجة الانسكاب ضمن الحدود المقررة وتكون عادة حوالي ناقص 60 م° لمنع احتمال تكوين البلورات الشمعية التي تؤدي الى انسداد طريق الوقود والمرشحات.

٤- المركبات البارافينية المتشعبة هي الاكثر ملائمة لتركيب بنزين الطائرات لأنها ذات وزن نوعي منخفض وتعطي قيمة حرارية للوحدة الحجمية اعلى اما المركبات العطرية فهي غير مرغوب فيها رغم انها تتصف بمقاومة جيدة للفرقعة فهي تتسبب في تكوين الدخان.

٥- عدم تكوين الاصماغ والاحماض عند الخزن والاستعمال.

٦- درجة الوميض ضمن الحدود المقررة وله علاقة بارتفاع الطائرة في الجو.

٧- لا يفقد من حجمه الا قليلا جدا عند مزجه مع الماء والحد الفاصل بين بنزين الطائرات والماء واضح وهو عديم الشوائب.

٨- انه متعادل كيميائيا ولا يسبب تآكلاً للمعادن ونسبة الكبريت فيه ضمن الحدود المقررة.

اما المحسنات المضافة الى بنزين الطائرات فهي:

١- مواد مانعة للأكسدة لتمنع تكوين الاصماغ وتمنع ترسيب مركبات الرصاص.

٢- مواد مانعة للفرقعة كمادة رابع اثيلات الرصاص.

٣- اصباغ بكميات قليلة جدا (جزء بالمليون) لتحديد الدرجة.

وينتج بنزين الطائرات بمواصفات متعددة منها الامريكية MIL – G – 5572 والبريطانية DERD – 2485 وندرج في ادناه اهم المواصفات البريطانية.

Distillation			
Initial Boiling point C˚		Report	
Fuel Evaporated % Vol			
at 75 C˚ (167 F˚)	**min**	10	
	max	40	
at 105 C˚ (221 F˚)	**min**	50	
at 135 C˚ (275 F˚)	**min**	90	
End point C˚	**max**	170 (338 F˚)	
Sum of 10% + 50% Fuel Evaporated			
Temperatures C˚	**min**	135	
Residues % Vol	**max**	1.5	
Loss % Vol	**max**	1.5	
Existent Gum max		3	
Freezing point C˚ max		-60	
Knock rating, Lean Mixture			
Motor Method : Octane Number	**min**	99	-
(Note 4) : Performance Number	**min**	-	115
Knock Rating, Rich Mixture:			
Performance Number (Note 4)	**min**	130	145
Oxidation Stability, 16 Hour :			
Potential Gum, mg/100ml	**max**	6	
Precipitate, mg/100ml	**max**	2	
Reid Vapour Pressure at 100°F (37.8°C), lbf/in²	**min**	5.5 7.0	
Specific Gravity at 60°/60°F (15.6°/15.6°C)		Report	
Sulphur, Total, %wt	**max**	0.05	
Tetraethyl Lead Content, as g Pb/litre (Note 6)	**max**	0.85	1.28
Water Reaction			
Interface Rating	**max**	2	
Separation Rating	**max**	2	
Volume Change, ml		2	

جدول (7-2) المواصفات البريطانية لبنزين الطائرات.

المواد المانعة للفرقعة:

تضاف مادة رابع مثيلات الرصاص الى بنزين الطائرات او بنزين السيارات العادي بكميات محددة كما أسلفنا سابقا ولمنع ترسب الرصاص او اوكسيده عند الاحتراق ويتم اضافة ثنائي اوكسيد الاثيلين او ثنائي بروميد الاثيلين مع رابع اثيلات الرصاص المضافة الى بنزين الطائرات حيث انه عند الاحتراق يتحد الرصاص مع الهالوجين مكونا هالوجين الرصاص المتطاير مع الغاز العادم ويدعى الخليط المضاف بالسائل الاثيلي.

وندرج في ادناه مواصفات السائل الاثيلي المستعمل في بنزين السيارات وبنزين الطائرات بصورة موجزة

TEL (MOTOR MIX) TEL (AVIATION MIX)

مزيج رابع اثيلات الرصاص المضاف

الخصائص	الى بنزين السيارات	الى بنزين الطائرات
1) TETRA ETHY LEAD رابع اثيلات الرصاص % وزنا	61.48 % NT	61.41 % NT
2) ETHYLENE DIBROMIDE ثنائي بروميد الاثيلين	17.86 % WT	35.78 % NT
3) ETHYLENE DICHLOROIDE ثنائي كلوريد الاثيلين	18.81 % WT	
4) DYE , KEROSINE , ANTI.OX اصباغ، نفط ابيض، مانع تأكسد	1.85 % WT	2.91 % WT
5) PHYSICAL PROPERTIES الخواص الفيزيائية	100	100
a) FREEZIN POINT (F˚) درجة الانجماد	-28	+16
b) FLASH POINT OF درجة الوميض	> 245	> 250
c) DENSITY 68 F˚ gm/ml الوزن النوعي (الكثافة)	1.5860	1.7410

جدول (7- 3) مواصفات السائل الاثيلي المضاف الى بنزين الطائرات وبنزين السيارات.