الفصل الخامس : نقل وتكرير البترول

س ٦٠ : ما الوسائل المستخدمة فى نقل البترول ؟

ينتج البترول فى شكل سائل أسود لزج ، وكشأن أى سلعة أخرى لابد من نقل البترول إلى المستهلك فى أنسب صورة للاستهلاك ، ولما كانت الصورة التى يوجد عليها البترول فى الطبيعة تحتاج إلى تهذيب ، نشأت الحاجة إلى تكرير النفط أولا ، وهى عملية المقصود منها فصل المكونات الكيميائية المختلفة إلى منتجات تجارية مفيدة يناسب كل منها أحد وجوه استخدام النفط ، فهناك منتجات الوقود وهى أنواع عديدة فى ذاتها ، وهناك الأسفلت المستخدم فى رصف الطرق ، وهناك الشموع التى تدخل فى صناعات كيميائية عديدة ، وهناك خامات الصناعات البترولية التحويلية ، وقد كانت مصافى النفط (معامل تكرير البترول) تقام فى الأيام الأولى قريبا من مواقع إنتاج البترول ، ولكن اتساع السوق وتنوع المنتجات البترولية تحتم معهما إقامة المصافى بالقرب من مواقع الاستهلاك ، ومن ثم نشأت الحاجة إلى نقل البترول الخام من الأقطار المنتجة إلى مصافى البترول فى الأقطار المستهلكة ، وفى البداية كانت شحنات البترول تعبأ فى براميل من الخشب وتنقل على العربات أو السكك الحديدية أو سفن الشحن التقليدية ، ومن وقتها جرت العادة على قياس كميات البترول بالبرميل ، ويعادل برميل النفط ٣٥ جالون أمريكى أو ما يساوى ١٥٩ لتراً حجما ، بينما تزن كل سبعة براميل من البترول طناً واحد تقريبا بحسب كثافة البترول ، ولما تزايد استهلاك البترول ونشأت الحاجة إلى نقله بكميات كبيرة ، جرى بناء خطوط الأنابيب التى يتدفق فيها البترول من منابعه إلى معامل التكرير ، ثم ظهرت الفناطيس وهى خزانات كبيرة محمولة على شاحنات أو سكك حديدية لتوصيل البترول إلى مسافات أبعد ، ثم ظهرت ناقلات البترول البحرية وهى سفن عملاقة يتكون جسمها من مجموعة من الخزانات الكبيرة لتعبئة النفط مزودة بماكينات ومضخات لتحميل البترول أو تفريغه .

س ٦١ : كيف بدأ التفكير فى بناء ناقلات البترول ؟ وكيف تطورت؟

تبنى ماركوس صمويل مؤسس شركة شل للنقل والتجارة فكرة بناء سفن تكون فى ذاتها خزانا عائما يجرى ملؤه بالنفط[١] ، وظهر بذلك أول جيل من ناقلات النفط حوالى العام ١٨٩٢ ، ومنذ ذلك التاريخ تطورت ناقلات النفط تطورا هائلا فى عددها وسعتها وسرعتها واستهلاكها للوقود ومعدلات الأمان فيها ، وقد بلغت الحمولة الإجمالية لأسطول ناقلات النفط فى العالم كله أكثر من ٢٥٠ ألف مليون طن ، حيث الحمولة الإجمالية هو وزن السفينة مع حمولتها **DEAD WEIGHT** ويجوب هذا الأسطول الضخم البحار والمحيطات حاملا ما يقرب من نصف مجموع الشحنات البحرية التجارية على مستوى العالم ، وتبنى ناقلات البترول على شكل خزان هائل مقسم إلى غرف منفصلة بحيث يمكن نقل أنواع الخام المختلفة منفصلة عن بعضها ، ويساعد هذا التقسيم على الحد من ترجرج الشحنة السائلة وبالتالى ثبات السفينة أثناء إبحارها ، وتقع الماكينات وغرف معيشة البحارة وكابينة القيادة كلها فى مؤخرة السفينة حيث يجب إبقائها بعيدا عن الشحنة القابلة للاشتعال ، وتبلغ حمولة أكبر ناقلات البترول حاليا ٤٠٠ ألف طن من البترول (٢,٨ مليون برميل تقريبا) وتستطيع الناقلات الحديثة أن تنقل البترول الخام أو أى من مشتقاته مثل المازوت أو السولار أو الكيروسين أو زيوت التشحيم ، وبينما يجرى نقل البترول الخام غالبا لمسافات طويلة على متون الناقلات العملاقة ، فإن المشتقات البترولية تنقل عموما لمسافات أقصر على ناقلات أصغر تبلغ حمولتها الإجمالية ٣٠ألف طن، وتحتوى الناقلات الحديثة عددا كبيرا من الخزانات المنفصلة ومجموعة من المضخات والأنابيب تسمح لها بتحميل وتخزين الأنواع المختلفة للشحنات كل على حدة ، وتستخدم ناقلات تبلغ حمولتها الإجمالية ٨٠ ألف طن لتصدير المنتجات البترولية من المصافى الجديدة فى الشرق الأوسط ، ويمكن لهذه الناقلات الأخيرة أن تحمل المشتقات البترولية العكرة أو تلك الشفافة النظيفة سواء بسواء على عكس الحال فى الناقلات القديمة ، ونحو منتصف الثمانينيات كانت ناقلة البترول من الحجم المتوسط البالغ حمولتها الإجمالية

(١) نشرة وثائقية لشركة شل عام ١٩٩٨ .

٢٥٠ ألف طن تستهلك ١٩٠ طنا من الوقود يوميا عند السرعة القصوى ، بينما تستهلك الناقلات الحديثة الآن (عام ١٩٩٨) أقل من ثلث تلك الكمية من الوقود ، ونستطيع أن نقيس حجم التوفير إذا علمنا أن تكلفة الوقود تبلغ بدورها ثلث مصروفات تشغيل الناقلة ، ويبلغ عدد أفراد طاقم التشغيل فى الناقلات الحديثة حوالى ٢٠ فردا على درجة عالية من المهارة والحرفية.

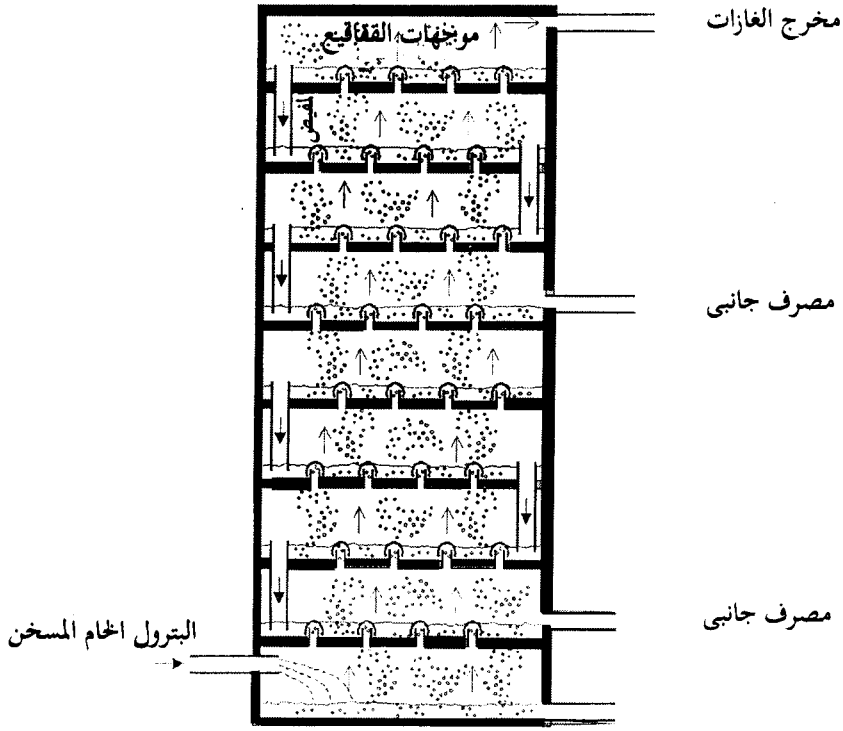
س ٦٢ : كيف يتم بناء خطوط أنابيب نقل البترول ؟

لعل أنسب طريقة لنقل البترول على البر هى ضخه عبر خطوط الأنابيب ، هذه الأنابيب تكون عادة ذات أقطار كبيرة ، بل يبلغ قطر بعضها أحيانا أكثر من متر ، ويجرى دفع البترول داخل الأنبوب باستخدام محطات ضخ متعاقبة (طلمبات) ، وتبلغ سرعة انتقال البترول داخل الأنبوب خمسة كيلو مترات فى الساعة تقريبا ، وتعتبر عملية إنشاء خط أنابيب لنقل البترول من أضخم الأعمال الهندسية ، حيث أن مثل هذا الخط قد تعترض مساره الصحارى والجبال والأنهار ، وتتعاون أكثر من شركة أو ربما أكثر من دولة لتغطية الاستثمارات الهائلة التى يحتاجها المشروع ، ومع النمو المطرد للإنتاج البترولى من أعماق البحار يتزايد عدد خطوط الأنابيب تحت مياه البحر ، ويتم تشييدها هنا بواسطة بارجة يتم فوق سطحها لحام أطوال من أنابيب الصلب قبل تمديدها على قاع البحر ، أما إن كان الأنبوب صغيرا فيمكن تحاشى إجراء عمليات اللحام فى وسط البحر عن طريق لف الأنبوب كله على بكرة ضخمة على سطح البارجة ، وتقوم البارجة بتمديد الأنبوب سحبا من هذه البكرة أثناء سيرها مع تثبيت طرف الأنبوب على البر ، وتحتاج الخطوط التى تنقل البترول الثقيل إلى عزلها حراريا لضمان عدم تجمد البترول داخل الأنابيب نتيجة برودة المياه ، وبالتالى توقفه عن التدفق ، كما يجرى تمديد خطوط الأنابيب الصغيرة داخل أخاديد طويلة محفورة فى قاع البحر حماية لها من التلف نتيجة اشتباك معدات الصيد البحرى بها .

س٦٣ : ما المقصود بعملية تكرير النفط ؟

يتكون البترول من خليط من السوائل والغازات الذائبة قليل الجدوى فى صورته الخام ، وداخل مصفاة النفط يجرى تحويل البترول الخام بواسطة المعالجات الطبيعية والكيميائية إلى عدد كبير من المركبات النافعة ، ويوجد ما يزيد على ٩٠٠ مصفاة حول العالم أكثر من ربعها فى الولايات المتحدة الأمريكية ، ويتمتع الكثير من هذه المصافى بمنشآت غاية فى التطور تمكنها من معالجة مختلف أنواع الخام لإنتاج العديد من المشتقات التى تناسب احتياجات كل سوق .

أولى مراحل تكرير النفط هى عملية التقطير ، والغرض منها هو تجزئة النفط إلى مكوناته المختلفة ، وفيها يدخل الخام بعد تسخينه فى أفران عالية الحرارة إلى أبراج عالية من الصلب تعرف باسم أعمدة التجزئة -FRACTIONATION COL UMN ، وتكون هذه الأعمدة ساخنة جدا عند القاع بحيث تتبخر أغلب مكونات الخام متصاعدة لأعلى ، وتقل درجات الحرارة داخل العمود بالتدريج فى اتجاه القمة ، وفيما بين القاع والقمة تعترض مسار الأبخرة المتصاعدة عدد من الصوانى المثقبة أو المزودة بصمامات فى وضع أفقى على مسافات محسوبة فيما بينها ، ولما كانت كل صينية أبرد من التى أسفلها فإن الأبخرة التى تتكاثف (أى التى تتحول مرة أخرى إلى سوائل) عند كل صينية تختلف من صينية لأخرى ، ذلك أن لكل واحد من مكونات النفط درجة حرارة معينة لا يمكن تكاثفه إلا عند الدرجات الأبرد منها فى الضغط الجوى المعتاد ، ومع استمرار تكاثف أنواع الأبخرة المختلفة فوق الصوانى المختلفة يمكن سحب السوائل المتراكمة فوق كل مجموعة من الصوانى المتتالية إلى خارج عمود التجزئية ، حيث يشكل كل سائل من هذه المجموعات أحد المشتقات التبرولية التى نعرفها بأسمائها التجارية وهى بالترتيب من أعلى العمود لأسفله كما يلى:



برج التقطير

أولا : المكونات الخفيفة :

١ـ غاز المصفاة وهو غاز خفيف يستخدم كوقود داخل المصفاة نفسها.

٢ـ غازات البترول المسيلة وتحتوى غازى البروبان والبيوتان المستخدمان فى الطهى .

٣ـ الجازولين وهو وقود السيارات المعروف بالبنزين أو البترول فى بعض البلاد العربية .

٤ـ النافثا وهى سائل عديم اللون يستخدم كخام فى الصناعات الكيميائية .

ثانيا : المكونات الثقيلة :

١ـ الكيروسين ويستخدم وقودا للطائرات النفاثة .

٢ـ زيت الديزل ويستخدم وقودا لماكينات الديزل.

٣ـ زيت الوقود (المازوت) ويستخدم كوقود لبعض الأفران فى السفن والمصانع .

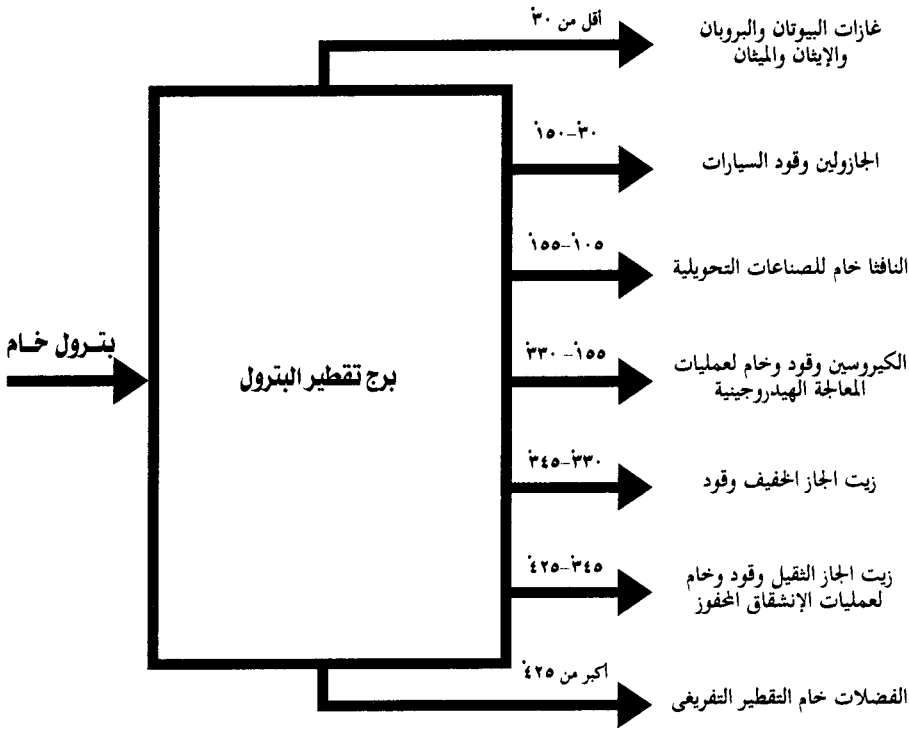
وفى أعقاب مرحلة التقطير الأولى يمكن إعادة تقطير أى من المكونات البترولية السابقة بغرض تنقيتها ، ويشكل زيت الوقود حوالى ثلث إلى نصف منتجات التقطير ، ومن ثم يعاد تقطيره تحت ضغط أقل من ضغط الجو لاستخلاص خامات زيوت التشحيم ، والبيتومين المستخدم فى عزل الرطوبة ورصف الطرق ، وأخيرا خامات الصناعات التحويلية .

س ٦٤ : كيف يتم الحصول على المشتقات البترولية المختلفة باستخدام التقطير ؟

لوحظ عند تسخين البترول إلى درجة حرارة معينة ثابتة ولتكن ٦٥ درجة مئوية ، أنه يبدأ فى الغليان ويتبخر جزء منه ثم يتوقف الغليان ويظل البترول الباقى على حاله رغم ثبات درجة الحرارة نفسها ، فإذا رفعت حرارة الجزء المتبقى مرة أخرى إلى درجة حرارة أعلى ولتكن ٩٠ درجة مئوية فإنه يعاود الغليان ويتبخر جزء جديد ثم يتوقف الغليان ، وهكذا كلما رفعت درجة حرارة السوائل المتبقية تغلى لبعض الوقت ويتبخر بعضها ثم تعود للتوقف ، ويفسر هذه الظاهرة أن البترول يتكون من آلاف من المركبات الكيميائية المختلطة ، وتختلف هذه المركبات الكيميائية فى بعض خواصها الطبيعية ، وتعتمد عملية التقطير على إحدى هذه الخواص الهامة ، وهى نقطة الغليان **BOILING POINT** ، وهى أعلى درجة حرارة يحدث عندها تحول السائل إلى بخار أو تحول البخار إلى سائل تحت الضغط الجوى المعتاد ، وعندما يتعرض خليط من الأبخرة للتبريد عند درجة حرارة معينة ، فإن المركبات الكيميائية التى تزيد نقطة غليانها على تلك الدرجة هى التى تتكاثف وتتحول إلى سوائل ، ويمكن تجميع هذه السوائل المتكاثفة وتسويقها تحت اسم تجارى كإحدى المشتقات البترولية.

وفى مصافى البترول كما ذكر فى إجابة السؤال السابق ، يتم رفع حرارة

البترول لأعلى درجة ممكنة[1] بحيث تتحول كل المكونات الخفيفة المطلوب استخلاصها إلى أبخرة ، ثم يبدأ التبريد التدريجى لهذه الأبخرة عند مراحل حرارية مختلفة ، فتتكاثف مكونات بترولية مختلفة عند كل مرحلة ، وتتم هذه العملية فيما يسمى ببرج أو عمود التجزئة .



وتبدأ العملية بضخ البترول الخام فى أنابيب تمر خلال فرن لتسخينه إلى درجة حرارة عالية (حوالى ٤٠٠ درجة مئوية) فيتحول إلى خليط من السوائل والأبخرة وهو مازال يمر فى هذه الأنابيب ، ويتم إدخال هذا الخليط الساخن إلى برج التجزئة ، حيث يتكون البرج من وعاء أسطوانى رأسى مثبتة فيه أفقيا مجموعة من الصوانى المثقبة ، ويزود كل واحد من الثقوب الموجودة فى

(١) لا تزيد على ٤٨٠ درجة مئوية عند الضغط الجوى المعتاد لتفادى تكسير جزيئات المركبات البترولية CRACKING ونشأة مركبات بترولية أخرى أخف.

الصوانى بأداة صغيرة تسمى بـ موجه الفقاعات **BUBBLE CAP** ، وهذه الأداة ليست سوى أنبوب قصير مثبت أعلاه قرص محدب لأعلى تتدلى أطرافه حول نهايات الأنبوب المذكور ، وتعمل هذه الأداة الصغيرة على اعتراض وتوجيه الأبخرة المتصاعدة من أسفل بحيث تمر على شكل فقاعات خلال السوائل المتجمعة أعلى الصينية قبل أن تتصاعد عبر البرج إلى أعلاه ، وتتم عملية التبادل الحرارى بين فقاعات البخار الحار وبين السوائل المتركمة الأبرد منها ، فتبرد وتتكاثف بعض المركبات الثقيلة الموجودة فى فقاعة البخار وتبقى مع السوئل ، وتسخن وتتبخر فى الوقت نفسه بعض المركبات الخفيفة الموجودة فى السائل وتنضم إلى البخار المتصاعد ، وكنتيجة لذلك تتزايد كمية السوائل المتراكمة أعلى الصوانى ويصل ارتفاعها لبضع بوصات ، فإذا استمرت فى الزيادة فاضت عبر مفيض **DOWNCOMER** على شكل أنبوب يصل بين كل صينية وتلك الواقعة تحتها مباشرة ، وهكذا فإن السوائل تأخذ طريقها إلى الأسفل عبر المفيضات **DOWNCOMERS** بينما تتصاعد الأبخرة عبر موجهات الفقاقيع **BUBBLE CAPS** ، ويتم تقسيم برج التقطير إلى مجموعات من الصوانى التى تتصل ببعضها عن طريق المفيضات ، وكل مجموعة من هذه الصوانى تكون مهمتها تجميع أحد أنواع المشتقات البترولية ، ويتم تصريف السوائل المتجمعة على الصينية السفلى من كل مجموعة إلى خارج البرج عبر مصرف جانبى لكل منتج على حدة **PRODUCT SIDE DRAW** ، ويمكن التحكم فى نوعية السائل المتجمع من كل مجموعة عن طريق التحكم فى توزيع دجات الحرارة عبر الصوانى المتتالية ، وعند قاع برج التجزئة تتجمع المركبات الثقيلة التى لم تكف حرارة الفرن العالية لتبخرها فيتم سحبها إلى خارج البرج لتقطيرها بطرق أخرى مختلفة ، وتسمى مثل هذه المركبات التى تخرج من البرج بنفس الحالة التى دخلت بها بالفضلات الصريحة **STRAIGHT RUN RESIDUE** ، أما عند قمة البرج فتستمر الأبخرة والغازات فى التصاعد ، ولا تتكاثف جميعها رغم التبريد الذى تتعرض له عند قمة البرج ، وتخرج هذه الغازات من أعلى البرج لتستخدم كوقود للأفران وللتوربينات الموجودة فى مصفاة النفط ، أو تمرر إلى معامل تسييل الغاز حيث تعد للتسويق.

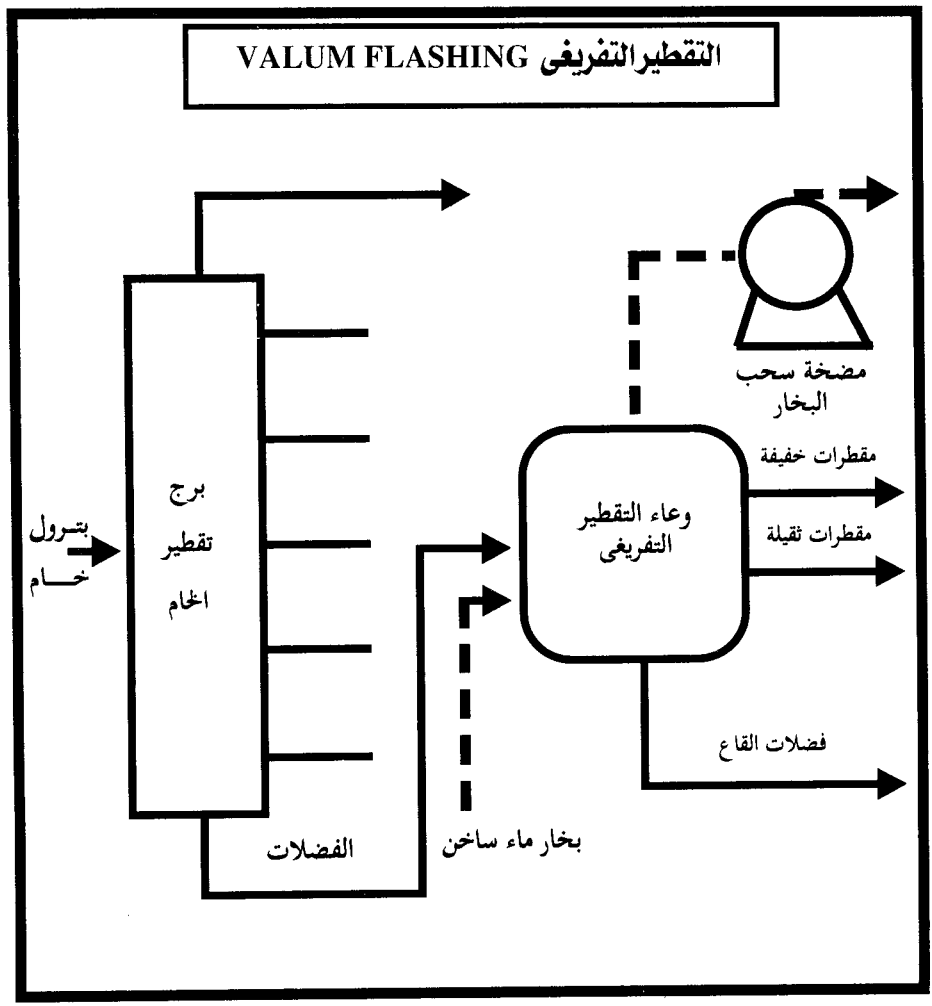
ونلاحظ أن البترول يستمر فى التدفق إلى داخل البرج طوال الوقت كما أن المشتقات البترولية المختلفة تستمر فى التدفق إلى خارج البرج طوال الوقت ، وعند أى لحظة فإن الكميات الداخلة تعادل فى وزنها تلك الخارجة ، ويعنى هذا أن البترول يدخل إلى البرج فى صورة من الصور ويبقى داخله بضع لحظات قليلة محسوبة يتم فيها تجزئته قبل أن يخرج من عدة مخارج فى صور مختلفة هى المشتقات البترولية التى سبق ذكرها منذ قليل.

س ٦٥ : ما المقصود بعمليات التكسير الحرارى للكربونات المهدرجة THERMAL CRACKING ؟

تتكون المركبات البترولية من خليط من المركبات الكيميائية التى تتشابه فى بنائها من عنصرى الكربون والهيدروجين ولكن بنسب مختلفة ، وبعض هذه المركبات بسيط للغاية إذ يتكون أصغر جزء منه (الجزىء) من ذرة كربون واحدة متحدة مع أربع ذرات هيدروجين مثل غاز الميثان المعروف بالغاز الطبيعى، وبعضها الآخر يتكون جزيؤها من ثمانى ذرات كربون وثمانى عشرة ذرة هيدروجين متحدة فيما بينها مثل الأوكتان ، كما أن بعضها يتكون جزيؤها من ست عشرة ذرة كربون وأربع وثلاثين ذرة هيدروجين مثل السيتان ، وبعبارة أخرى فإن جزيئات بعض المركبات تكون أكبر بكثير من جزيئات مركبات أخرى ، وكلما كانت الجزيئات أكبر كانت المركبات أثقل وأكثف وكانت نقط غليانها أعلى ، وعند تسخين البترول فإن المركبات الخفيفة هى التى تتطاير وتتبخر أولا تليها المركبات الأثقل فالأثقل مع اطراد ارتفاع درجة الحرارة ، ولكن هناك حدودا لذلك ، فعند درجات الحرارة المرتفعة جدا تنكسر الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر منها بطريقة غير محكومة ، وينشأ عن هذا التكسير الحرارى إنتاج مركبات كيميائية أخف ، فمثلا عند تسخين السيتان الذى يحوى جزيؤه ١٦ ذرة كربون و٣٤ ذرة هيدروجين إلى درجة حرارة فوق ٥٠٠ درجة مئوية فإن بعضا منه ينكسر منتجا الأوكتان والهكسان والإيثيلين[١] ،

(١) يتكون الأوكتان من ٨ذرات كربون و١٨ ذرة هيدروجين ، والهكسان من ٦ كربون و١٢ هيدروجين، والإيثلين من ذرتى كربون و٤ هيدروجين ، وعند جمع أعداد الذرات المذكورة نحصل على ١٦ كربون و٣٤ هيدروجين وهى التى كانت تكون السيتان .

وكلها مركبات أخف من السيتان ونقط غليانها أقل بكثير من نقطة غليان السيتان ، وحيث أن بعض المركبات الثقيلة المطلوب استخلاصها من البترول لا تتبخر عند درجة الحرارة القصوى البالغة ٤٠٠ درجة مئوية ، فإن طريقة التبخر ثم إعادة التكاثف عند ضغط الجو العادى لن تجدى فى استخلاصها ، إذ أن زيادة درجة الحرارة ستؤدى إلى تغيرها إلى مركبات أخرى غير تلك المطلوبة ، وتعرف هذه الظاهرة بالتكسير الحرارى **THERMAL CRACKING** ، ومن هنا نشأت الحاجة إلى تقطير البترول تحت ضغط أقل من ضغط الجو ، وهو ما يعرف بالتبخر التفريغى **VACUUM FLASHING** .



س ٦٦ : ماذا يقصد بالتبخر التفريغى VACUUM FLASHING ؟

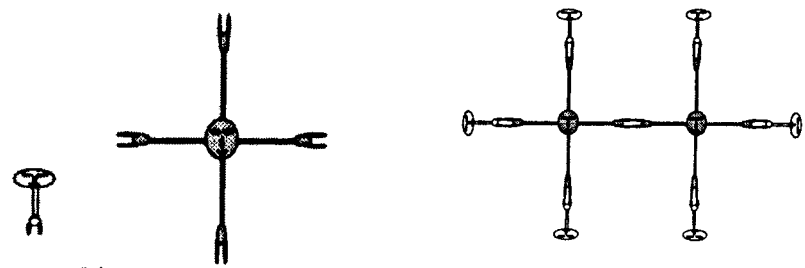
إذا وضع إناء به ماء فوق النار فإنه يغلى بعد فترة ، فإذا وضع مقياس للحرارة (ترمومتر) فى الماء يلاحظ أن الماء يبدأ فى الغليان عندما تصل حرارته إلى مائة درجة مئوية ، كذلك يلاحظ أن درجة الحرارة تظل ثابتة أثناء غليان الماء إلى أن يتبخر تماما ، وهذا يعنى أن نقطة غليان الماء هى ١٠٠ درجة مئوية ،ولكن التجربة أثبتت أن الماء يمكن أن يغلى ويتحول تماما إلى بخار عند درجات حرارة أقل (٨٠ درجة مئوية مثلا) بشرط إتمام العملية تحت ضغط جو منخفض ومناسب ، وليس ذلك وقفا على الماء وحده ولكن السوائل جميعها تغلى وتتبخر عند درجات حرارة منخفضة إذا تمت العملية تحت ضغط جو منخفض ، وتنخفض عموما نقطة غليان أى سائل مع انخفاض الضغط الواقع على سطح السائل .

وفى مصفاة النفط تتدفق باستمرار الفضلات الصريحة من أسفل برج التقطير، وهى سوائل ثقيلة يمكن استخلاص بعض المشتقات البترولية الخفيفة منها ، وذلك بواسطة تمريرها خلال ما يعرف بوعاء التبخر التفريغى VACUUM FLASHER ، وهو وعاء أسطوانى الشكل أقصر وأعرض من برج التقطير ويحتوى نفس الصوانى السابق وصفها ، ويتصل الوعاء من أعلاه بمضخة تسحب البخار إلى خارجه ، فينشأ عن ذلك ضغط منخفض يبلغ ثلث الضغط الجوى المعتاد تقريبا ، كما يدخل من أسفل الوعاء تيار مستمر من بخار الماء الحار ودرجة حرارته ٤٠٠ درجة مئوية ، ومهمة البخار الحار هى المحافظة على الحرارة داخل الوعاء ، وتيسير التحكم فى الضغط ، وتدخل الفضلات المتدفقة من برج التقطير إلى الوعاء المفرغ من الجانب فتتطاير منها المركبات الخفيفة بفعل انخفاض الضغط وحرارة البخار داخل الوعاء ، ونتيجة للتبخر السريع للمركبات الخفيفة تبرد السوائل المتبقية فيعيد بخار الماء الحار تسخينها ، وتعود المركبات البترولية المتبخرة لتتكاثف فوق الصوانى العلوية حيث يتم إخراجها عبر مصارف جانبية ، والمركبات المستخلصة بهذه الطريقة نوعان ، المقطرات التفريغية الخفيفة LIGHT FLASHED DISTILLATE والأخرى الثقيلة HEAVY FLASHED DIS-

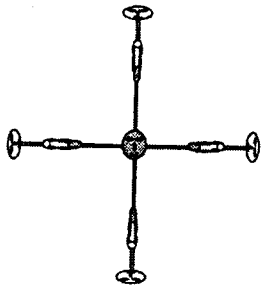
TILLATE ، ويستخدمان كخامة أساسية فى تصنيع زيوت التشحيم المختلفة ، أما البقايا التى تتجمع عند القاع FLASHER BOTTOMS فيتم سحبها وضخها إلى معامل الأسفلت أو إلى وحدات التكسير الحرارى THERMAL CRACKING ، أو تخلط مع زيوت الوقود (المازوت) .

س ٦٧ : ما الأنواع الأساسية للكربونات المهدرجة (الهيروكربونات) ؟

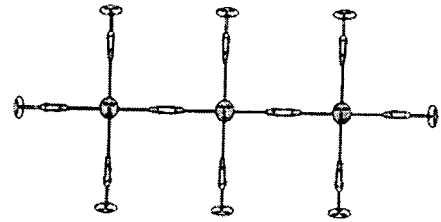
يتكون البترول من خليط من آلاف المركبات الكيميائية التى تعرف بالكربونات المهدرجة ، حيث يتشكل كل منها من اتحاد أعداد مختلفة من ذرات الكربون والهيدروجين ، وهناك أشكال مختلفة لاتحاد وترتيب ذرات الكربون والهيدروجين داخل جزيئات الكربونات المهدرجة ، وتتوقف الخصائص الطبيعية والكيميائية لهذه المركبات على هذه الأشكال ، ولتقريب الصورة التى يتم بها اتحاد ذرات الكربون والهيدروجين إلى الأفهام يمكن تصور أن ذرة الكربون لها أربع أياد وأن ذرة الهيدروجين لها يد واحدة ، وتتحد هذه الذرات بأن تتماسك أيادى ذرات الكربون بأيادى ذرات الهيدروجين أو بأيادى بعضها البعض ، ولا تستقر أى ذرة إلا إذا شغلت جميع أياديها بأيادى الذرات الأخرى، وفيما يلى شرح لأشكال الجزيئات فى الأنواع المختلفة من الكربونات المهدرجة :



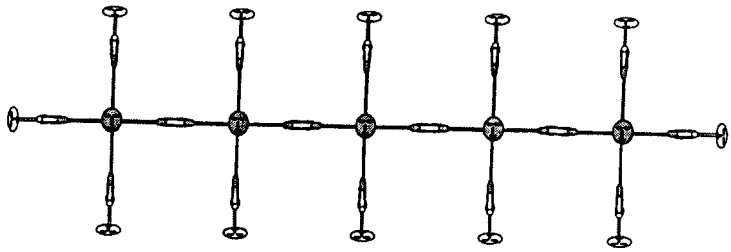
ذرة هيدروجين ذرة كربون جـزئ الإيثـان



جزئ الميثان



جزئ البروبان



جزئ البنتان

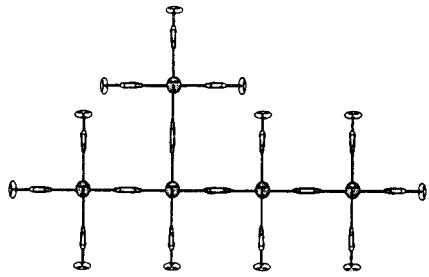
أولا : الكربونات المهدرجة المشبعة *SATURATED HYDROCARBONS* :

تصطف ذرات الكربون متماسكة يدا بيد إما فى شكل مستقيم أو متفرع أو على شكل حلقة ، وتشغل الأيادى الباقية بأيادى ذرات الهيدروجين ، ولا تتصل أى ذرتى كربون معا بأكثر من يد واحدة لكل ، ويتميز هذا النوع من الكربونات المهدرجة بالاستقرار كيميائيا ، وينقسم هذا النوع إلى ثلاثة أقسام :

١ـ البارافينات المعتادة **NORMAL PARAFFINS** ومن أمثلتها : الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان والبنتان والهكسان والهبتان ، وتصطف فيها ذرات الكربون فى خط مستقيم متماسكة يدا بيد فى شكل سلسلة مستقيمة ، ويبلغ عدد ذرات الهيدروجين ضعف عدد ذرات الكربون مضافا إليه ذرتى هيدروجين ، وتمثل البارافينات أغلب مركبات البترول الخام.

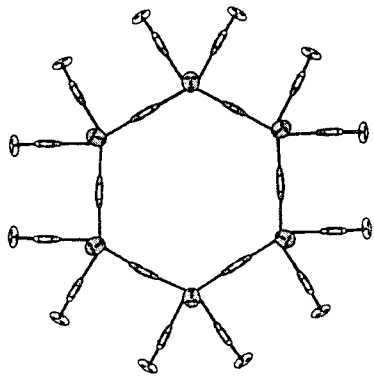
٢ـ البارافينات المناظرة **ISOPARAFFINS** ومن أمثلتها الأيزوبيوتان والأيزوبنتان والأيزوهكسان ، وفيها تخرج بعض ذرات الكربون إذا بلغ عددها أربعا أو أكثر فى الجزىء الواحد عن الصف ، وتتماسك مع ذرة كربون أخرى غير

الأولى أو الأخيرة فى الصف المذكور ، وتأخذ ذرات الكربون شكل سلسلة متفرعة ، ويبلغ عدد ذرات الهيدروجين ضعف عدد ذرات الكربون مضافا إليه ذرتى هيدروجين، وتتفق البارافينات المناظرة مع البارافينات فى التركيب الكيميائى ولكنها تختلف فى العديد من الخصائص الطبيعية مثل نقطة الغليان والكثافة ، كما تختلف فى بعض خواصها الكيميائية ، والبرافينات المناظرة تتواجد أيضا بوفرة فى البترول الخام.



جزئ السيكلوهكسان

٣ـ البارافينات الحلقية أو النافثينات **NAPHTHENES** ، ومن أمثلتها السيكلو بنتان والسيكلو هكسان ، وهى تتشكل إذا بلغ عدد ذرات الكربون خمسا أو أكثر ، فتتماسك هذه الذرات يدا بيد على شكلة حلقة ، وتشغل باقى أيادى ذرات الكربون بأيادى ذرات هيدروجين ، وبمعدل ذرتى هيدروجين لكل ذرة كربون.



جزئ السيكلوهكسان

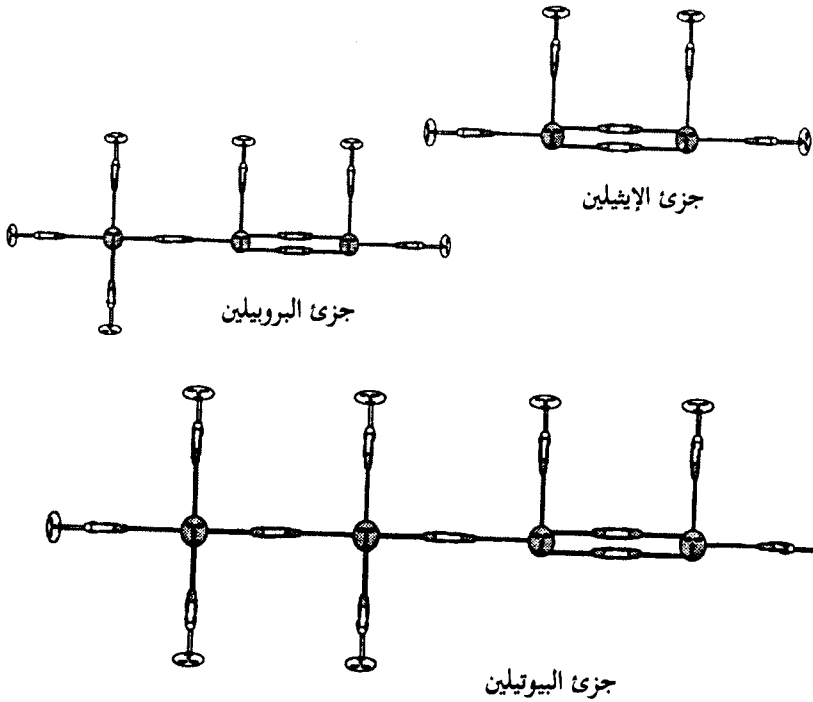
ويمكن تكوين عدد غير متناه من مركبات الكربونات المهدرجة المشبعة من بين الأنواع الثلاثة السابق ذكرها .

ثانيا : الكربونات المهدرجة غير المشبعة

UNSATURATED HYDROCARBONS :

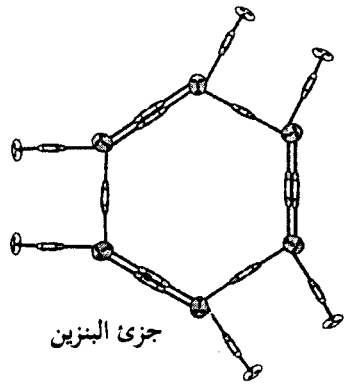
إذا تماسكت ذرتا كربون متجاورتين فى أحد مركبات الكربونات المهدرجة

بأكثر من يد واحدة لكل منهما ، وشغلت باقى الأيادى بذرات أخرى من الكربون أو الهيدروجين ، فإن هذه المركبات تكون قلقة فى بنائها وغير مستقرة، وتنتظر مثل هذه المركبات أى فرصة لتنفض كل من ذرتى الكربون إحدى يديها المتماسكتين لتمسك بيد ذرة خارجية إن وجدت فى الجوار ، وتبقيان متماسكتين فى الوقت نفسه ولكن بيد واحدة لكل منهما ، وإذا وجدت هذه الظاهرة فى الكربونات المهدرجة فإنها توصف بغير المشبعة ، وتنقسم الكربونات المهدرجة غير المشبعة إلى القسمين التاليين :



١ـ الأوليفينات OLEFINS ومن أمثلتها الإيثيلين والبروبيلين والبيوتيلين ، وهى مركبات تصطف فيها ذرات الكربون فى صف واحد مستقيم ، ويبلغ عدد ذرات الهيدروجين ضعف عدد ذرات الكربون بالضبط ، ولاتتواجد مثل هذه المركبات حرة فى الطبيعة ، وبالتالى فلا توجد فى البترول الخام ، ولكن هذه المركبات تتوالد أثناء تصنيع مشتقات البترول بعمليات التقطير التكسيرى CRACKING .

٢ـ العطريات (الأروماتيات)AROMATICS ومن أمثلتها البنزين والتولوين والزيلين ، وهى مركبات تصطف فيها ست ذرات من الكربون فى شكل حلقة وتتصل بها أفرع من مركبات الكربونات المهدرجة الأخرى ، وتتميز برائحة نفاذة مقبولة وقدرة كبيرة على التفاعلات الكيميائية المتنوعة ، وتدخل هذه المركبات فى صناعات المفرقعات والأصباغ وغيرها من الصناعات الكيميائية كما تستخدم بنسب محددة لتحسين نوعية وقود السيارات.



جزئ البنزين

ومن الشرح السابق يتضح كثرة مركبات الكربونات المهدرجة التى يمكن تشكيلها إذا زاد عدد ذرات الكربون على ست ، ولعل هذا هو السبب فى أن صناعة التقطير لا تعنى بفصل كل مركب منها على حدة ، ولكنها تركز على فصل مجموعات من هذه المركبات البترولية متقاربة فى صفاتها ، وتعتمد فى ذلك على دراسة الخواص الطبيعية للخليط مثل الكثافة واللزوجة ونقطة الغليان ونقطة الاشتعال.

س ٦٨ : ما حفاز التفاعل الكيميائى (الكاتاليست) CATALYST ؟

الحفاز أو الكاتاليست CATALYST هو مادة تضاف إلى المواد الكيميائية لتسهيل وتنشيط بدء التفاعل الكيميائى ، وعند انتهاء التفاعل يخرج الحفاز بنفس حالته التى دخل بها ، أى أنه لا يتغير كيميائيا عند نهاية التفاعل ، ولا يدخل فى التفاعلات النهائية ولكنه يسبب اتحاد أو انفصال المواد الأخرى التى تفاعلت ، إنه أشبه بالمحرضين الذين يثيرون الفتن ولكنهم لا يشاركون أبداً فى العراك !!

وهناك أنواع عديدة من المواد الحفازة المستخدمة فى صناعة تكرير البترول ، كل منها يلائم شكلا من أشكال عمليات التكرير المختلفة ، وتتواجد المواد الحفازة المستخدمة فى عمليات التكسير الجزيئى المحفوز للكربونات المهدرجة

على شكل حبيبات أو مسحوق ، والمسحوق المموع FLUIDIZED أكثر شيوعا هذه الأيام ، حيث يعامل معاملة الموائع (السوائل والغازات) بعد خلطه مع البخار الساخن فيجرى نقله من أحد أجزاء وحدات تكرير البترول إلى آخر عبر الأنابيب وبواسطة مضخات ، وفى البداية جرى استخدام كلوريد الألومنيوم ولكن تكلفته العالية دعت إلى التحول إلى أنواع من الطفلة الطبيعية ، واستمرت الأبحاث لتصينع نوع من الطفلة غير المتبلرة من مركبات الألومنيوم والسيليكون ، تم تطويرها إلى سيليكات الألومنيوم المعروفة باسم الزيوليت ZEO-LITE CATALYST وهو نوع من الطفلة أو الطين المخلق على أى حال ، أما فى عمليات التجميع الجزيئى المحفوز (الأكلة ALKYLATION) وهى عكس التكسير الجزيئى المحفوز ، فيستخدم حمض الكبريتيك كمادة حفازة بينما تستخدم فى عمليات التحسين الجزيئى المحفوز CAT REFORMING مادة حفازة مخلقة من الألومينا والسيليكا والبلاتين .

س٦٩ : ما المقصود بعملية التكسير الجزيئى المحفوز CAT CRACKING ؟

عند تقطير البترول الخام لاستخلاص المركبات الخفيفة منه تتبقى فضلات ثقيلة سوداء ، ومع تزايد الطلب على المركبات البترولية الخفيفة مثل الجازولين المستخدم كوقود للمركبات الصغيرة ، جرى التوسع فى عمليات التقطير التى تنتج المركبات الخفيفة والثقيلة على السواء ، ومع انتشار سيارات الركوب تزايد استهلاك الجازولين حتى فاق استهلاك المنتجات الثقيلة الأخرى ، وكانت النتيجة زيادة المطروح فى السوق من المنتجات الثقيلة وبالتالى تراجع أسعارها ، ومن هنا بدأ مهندسو تصنيع البترول فى التفكير بتطوير تقنيات تكسير المركبات الثقيلة كيميائيا بغرض الحصول على مركبات الجازولين الخفيفة والأعلى سعرا ، وذلك بعد أن لوحظ أن تسخين المركبات البترولية الثقيلة إلى درجات حرارة أعلى من ٤٠٠ درجة مئوية يؤدى إلى تكسير جزيئاتها ، ونشأة مركبات بترولية أخف يمكن أن تعالج للحصول منها على الجازولين.

وعند تكسير جزيئات المركبات البترولية الثقيلة بفعل الحرارة العالية تنشأ بعض المصاعب ، فقد يحدث نتيجة عدم توافر كميات مناسبة من الهيدروجين،

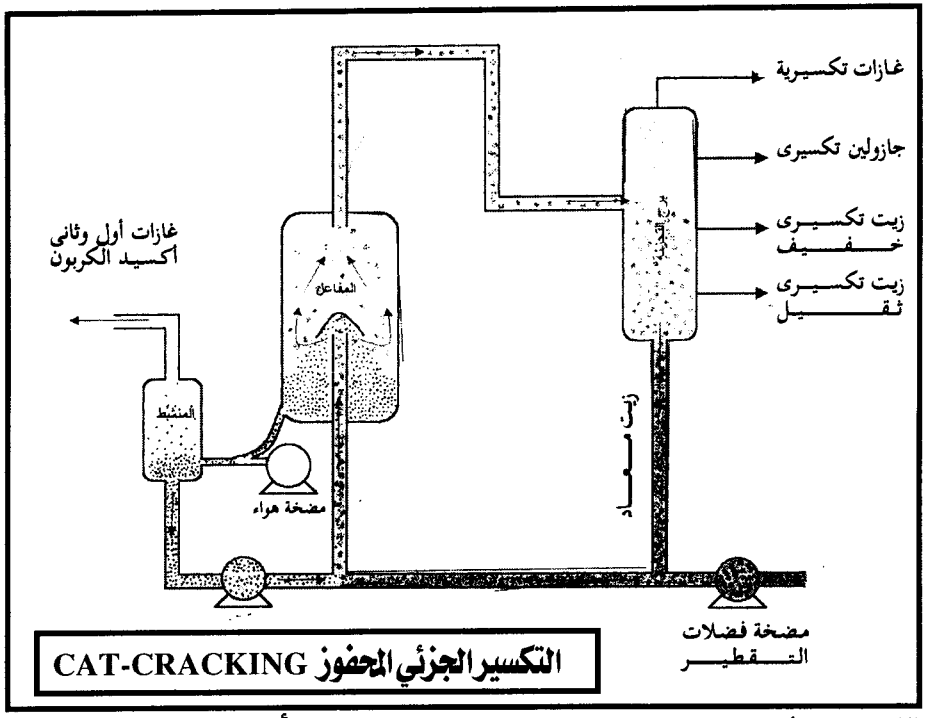
أن تتحرر بعض ذرات الكربون وتتحد مع بعضها لتكون الكوك COKE وهو أحد أنواع الفحم النقى الذى ينبغى فصله ، كما قد تتخلق جزيئات الكربونات المهدرجة غير المشبعة (الأوليفينات والنافثينات) وهى غير البارافينات المشبعة التى يتكون منها الجازولين ، أما الأكثر إثارة فإن جزيئات بعض المركبات النافثينية قد تنكسر فينتج عنها مركبات أثقل كثافة من الأصلية رغم أن عدد ذرات الكربون فيها أقل ، وتنتج عن عمليات التكسير هذه كافة أنواع الكربونات المهدرجة .

وتتكون وحدة التكسير الجزيئى المحفوز من ثلاثة أجزاء أساسية ، هى : المفاعل أو غرفة التفاعل REACTION CHAMBER ومنشط الحفاز CATALYST ثم برج التجزئة FRACTIONATOR ، وفيما يلى شرح مبسط لهذه الأجزاء.

١ – **غرفة التفاعل** REACTION CHAMBER هى قلب عملية التكسير الجزيئى المحفوز ، وهى وعاء كبير أشبه بخزانات المياه ، حيث يضخ الزيت الأسود الثقيل الخارج من أسفل أبراج التقطير الاعتيادية أو من أوعية التبخر التفريغية فى أنبوب عبر أحد الأفران لتسخينه ، ثم يحقن فى الأنبوب المادة الحفازة المنشطة مختلطة مع البخار الساخن ، ويدخل الزيت المخلوط مع الحفاز إلى نحو منتصف غرفة التفاعل متجها من أسفل إلى الأعلى ، وبمجرد دخوله يترسب مسحوق الحفاز CATALYST نحو قاع غرفة التفاعل بفعل الجاذبية الأرضية ، وتتصاعد المركبات البترولية الخفيفة المتولدة من تكسير جزيئات الزيت الثقيل إلى أعلى على شكل غازات وأبخرة ، ثم تمرر هذه الأخيرة عبر حلزون CYCLONE لتخليصها من بقايا الحفاز قبل أن تخرج من أعلى غرفة التفاعل إلى برج التجزئة ، وكنتيجة لتكسير جزيئات الزيت الثقيل تتحرر بعض ذرات الكربون لتتراكم مكونة فحم الكوك الذى يترسب كمادة صلبة حول جسيمات الحفاز مما يعيق عمله ، ويقال هنا أن الحفاز خامل SPENT CATALYST ولإعادة تنشيط الحفاز فإنه يضخ إلى خارج غرفة التفاعل ويرسل إلى منشط الحفاز.

٢ـ **منشط الحفاز** CATALYST REGENERATOR ليس فى الواقع سوى فرن للتخلص من فحم الكوك الملتصق مع الحفاز بإحراقه ، يتم ذلك بخلط

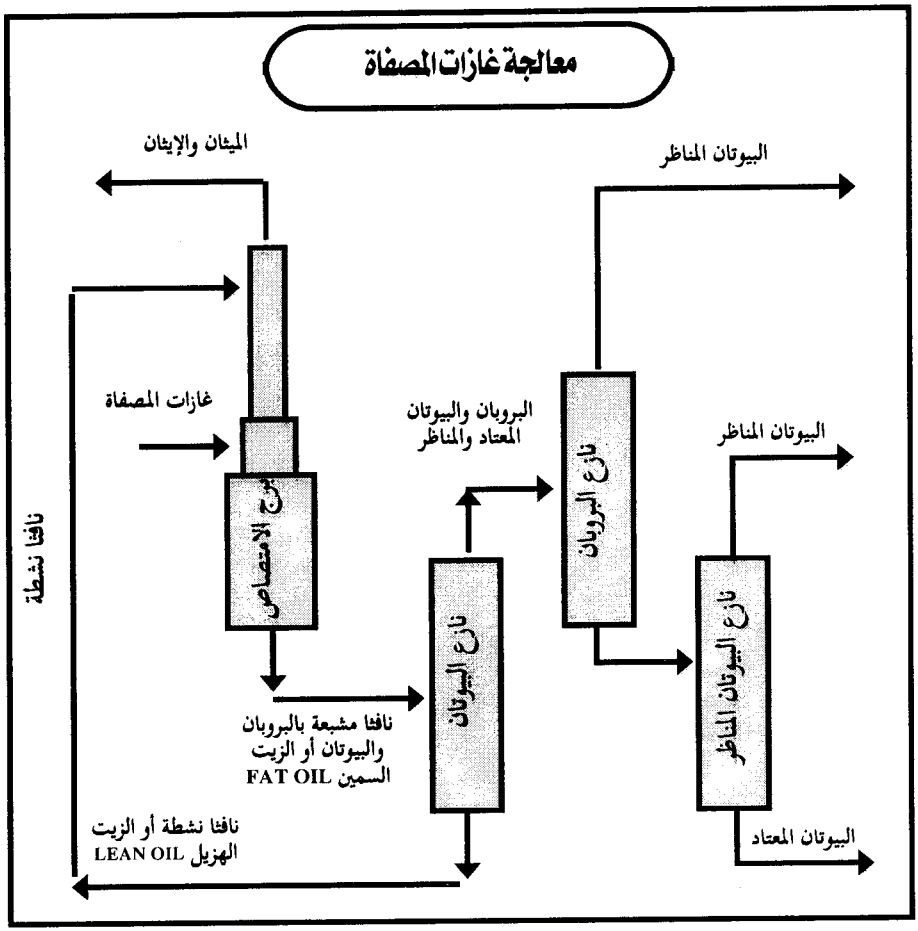
الحفاز الخامل الساخن مع الهواء الساخن داخل فرن خاص ، فيحترق الكوك منتجا غازى أول وثانى أكسيد الكربون ، بينما تستعيد جسيمات الحفاز نشاطها بعد أن تخلصت من الكوك الذى كان يكبلها ، وتخرج جسيمات مسحوق الحفاز المنشط مباشرة إلى حيث تحقن من جديد فى أنبوب الزيت الثقيل الداخل إلى غرفة التفاعل ثم تعود تارة أخرى إلى المنشط وهكذا.



التكسير الجزئي المحفوز CAT-CRACKING

٣ـ برج التجزئة FRACTIONATOR لا يختلف عن أبراج التقطير التى سبق تناولها ويستقبل هذا البرج المشتقات البترولية الخارجة من أعلى غرفة التفاعل، ويفصلها إلى خمسة أنواع مختلفة ، هذه المشتقات الخمس هى الغازات التكسيرية **CAT CRACKED GAS** والجازولين التكسيرى **CAT CRACKED GASOLINE** وزيت الجاز التكسيرى الخفيف **CAT CRACKED LIGHT GAS OIL** وزيت الجاز التكسيرى الثقيل **CAT CRACKED HEAVY GAS OIL** وأخيرا الزيوت المردودة **CYCLE OIL** وهى أثقلها وترد مرة أخرى إلى غرفة التفاعل فى محاولة ثانية لتكسيرها.

وتتوقف كفاءة ودقة عملية التكسير الجزيئى المحفوز على نوع الزيت الثقيل الذى تجرى معالجته وعلى درجة حرارة غرفة التفاعل ومعدل تدفق كميات الزيت إليها.



س ٧٠ : كيف تتم معالجة الغازات البترولية الناتجة عن عمليات تقطير البترول ؟

هناك نوعان من الغازات البترولية الناتجة عن عمليات التقطير البترولية ، النوع الأول منهما ينتج عن عمليات تقطير الخام ، ويقتصر هذا النوع على الكربونات المهدرجة المشبعة فقط ، وهى الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان والبيوتان المناظر ، أما النوع الثانى فينتج عن عمليات التقطير التكسيرى المحفوز والذى يحتوى – إضافة للمركبات السابقة – على كربونات مهدرجة غير

مشبعة مثل الإيثيلين والبروبيلين والبيوتيلين ، وتتم معالجة كل نوع منها بطريقة مختلفة ، وإن كانت عمليات الضغط والتبريد لتكثيف الغاز وتحويله إلى سائل ضروريتان فى كل صناعات فصل الغاز ، وعلى العكس من تقطير البترول حيث المشتقات المختلفة تكون فى ذاتها مجموعات مختلفة من الكربونات المهدرجة المتقاربة فى نقط غليانها ، فإن صناعة الغاز تركز على فصل كل مركب كيميائى منها بمفرده .

وعند معالجة الغازات الناتجة عن تقطير الخام يجرى فصل غاز الميثان ويستخدم كوقود ، وغاز الإيثان ويستخدم فى الصناعات التحويلية ، وغاز البروبان ويستخدم كوقود للأغراض المنزلية فى المناطق الباردة ، وغازى البيوتان والبيوتان المناظر ويستخدمان لتحسين خواص الجازولين (وقود السيارات) كما يستخدمان كوقود منزلى أو كمادة خام للصناعات التحويلية ، وتعتمد عملية الفصل على إذابة غازات البروبان والبيوتان والبيوتان المناظر فى النافثا السائلة التى يتم ضخها على أحد الأبراج التى تسمى برج الامتصاص **ABSORPER** ، حيث تدخل الغازات المذكورة عند منتصف البرج وتذوب فى النافثا وتتجه عبر الصوانى المتتالية إلى أسفل البرج ، بينما يتصاعد غازا الميثان والإيثان إلى أعلى البرج حيث يخرجان عبر الصوانى العلوية والنافثا المتساقطة عليها ويستخدمان كوقود للمصفاة فى الغالب ، وتعرف النافثا الطازجة التى تضخ أعلى برج الامتصاص بالزيت الهزيل **LEAN OIL** ، أما النافثا المشبعة بالغازات المذكورة والتى تخرج من قاع برج الامتصاص فتعرف بالزيت السمين **FAT OIL** ، ويتجه الزيت السمين المحمل بالغازات إلى برج تقطير صغير مهمته فصل النافثا عن الغازات وإعادة النافثا مرة أخرى إلى برج الامتصاص ، أما الغاز فيأخذ طريقه إلى برجى تقطير متتاليين ، فيتم فصل غاز البروبان فى الأول ثم يفصل غازا البيوتان المناظر والبيوتان فى الثانى.

النوع الثانى من غازات المصفاة ينتج عن عملية التقطير التكسيرى المحفوز ، وتحتوى غازات الإيثيلين والبروبيلين والبيوتيلين ،وهى غازات غير مشبعة، إضافة إلى غازات الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان والبيوتان المناظر المشبعة ، والمركبات الثلاثة الأولى تستخدم فى الصناعات البترولية التحويلية ولذا فإن فصلها يتم فى أقسام خاصة.

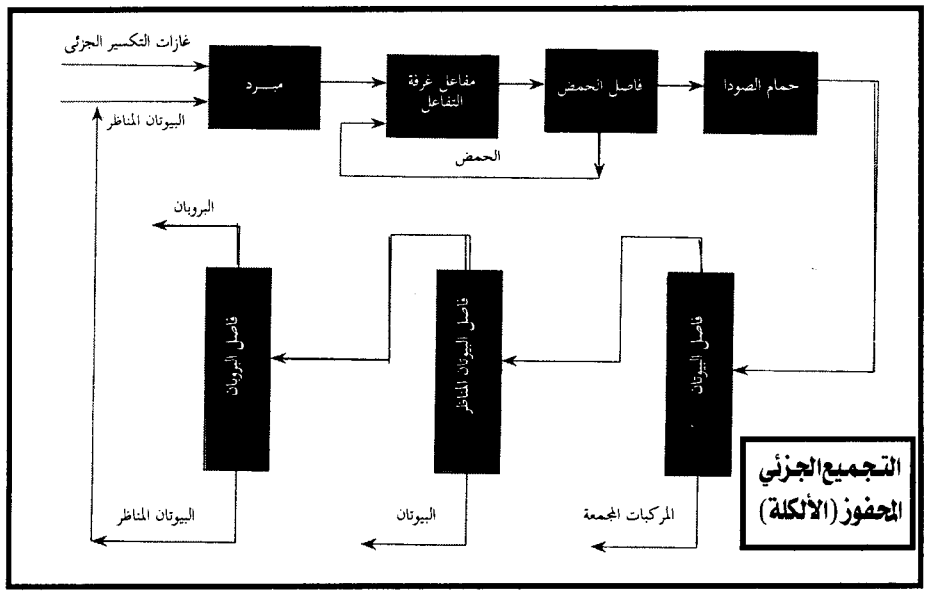
س ٧١ : ما المقصود بعملية التجميع الجزيئى المحفوز (الألكلة ALKYLATION) ؟

يطلق على مجموعة الذرات المكونة من ذرة كربون واحدة مع ثلاث ذرات هيدروجين اسم مجموعة الألكايل ALKYL GROUP ، ويسمى التفاعل الكيميائى الذى يتم بموجبه إدخال مجموعة الألكايل هذه إلى أحد جزيئيات الكربونات المهدرجة بالألكلة ALKYLATION ، أما بالنسبة لصناعة تكرير النفط فإن عملية التجميع الجزيئى المحفوز (الألكلة) هى تفاعل كيميائى بين البروبيلين أو البيوتيلين مع البيوتان المناظر لإنتاج مركب بارافينى مناظر أثقل كثافة بحيث يدخل ضمن مركبات الجازولين ، أى أن المقصود هو إنتاج الجازولين ولكن من المركبات الغازية الخفيفة هذه المرة ، وهو عكس عملية التكسير الجزيئى المحفوز حيث ينتج الجازولين من المركبات الثقيلة وتتم العملية بتعريض البيوتان المناظر ISOBUTANE مع الأوليفينات لضغوط عالية جدا فى وجود مادة حفازة CATALYST ويستخدم حمض الكبريتيك هنا كمادة حفازة لبدء التفاعل ، وينتج عن اتحاد (البيوتان المناظر ISOBUTANE والبروبيلين PRO-PYLENE) منتج (الهبتان المناظر ISOBUTANE) وهو أحد مركبات الجازولين ، كما ينتج عن اتحاد (البيوتان المناظر ISOBUTANE مع البيوتيلين BUTYLENE) منتج (الأوكتان المناظر ISOOCTANE) وهو أيضا أحد مركبات الجازولين.

أما وحدة التجميع الجزيئى المحفوز ALKYLATION UNIT فتتكون من مبرد CHILLER حيث يتم تبريد خليط سائل من البيوتان المناظر والبروبيلين والبيوتيلين ، ومفاعل أو غرفة تفاعل REACTOR حيث تتم التفاعلات بين البيوتان المناظر من جهة والبروبيلين والبيوتيلين من جهة أخرى فى وجود حمض الكبريتيك ، وفاصل الحمض ACID SEPARATOR حيث يجرى فصل الحمض الأعلى كثافة عن الكربونات المهدرجة التى تطفو فوق الحمض ، ويعاد ضخ الحمض إلى المفاعل بينما تمرر الكربونات المهدرجة الناتجة إلى وحدة معادلة الحمض CAUSTIC WASH للتخلص من آثار حمض الكبريتيك باستخدام محلول الصودا الكاوية ، ثم إلى برج نزع البيوتان DEBUTANIZER

حيث يفصل الجازولين عن المركبات الخفيفة من البروبان والبيوتان والبيوتان المناظر ، ثم تنتقل المركبات الخفيفة إلى برج نزع البيوتان المناظر DEISOBUTANIZER حيث ينفصل البروبان والبيوتان المناظر متجهين لأعلى بينما يتجه البيوتان لأسفل البرج ، ثم يمرر البروبان والبيوتان المناظر إلى برج نزع البروبان DEPROPANIZER حيث يجرى أخيرا الفصل بين البروبان لأعلى والبيوتان المناظر لأسفل حيث يضخ إلى المبرد من جديد ، وأبراج نزع البارافينات الثلاثة تعمل بنفس طريقة برج التقطير من حيث الصوانى وموجهات الفقاقيع والمفيضات .

وهكذا فإن وحدة التجميع الجزيئى المحفوز تستقبل البروبيلين والبيوتيلين من نواتج التكسير الجزيئى المحفوز مع البيوتان المناظر لتنتج البروبان والبيوتان والجازولين ، وكما سبقت الإشارة فإن البروبان والبيوتان يستخدمان كوقود منزلى والجازولين كوقود للسيارات.



س ٧٢ : ما المقصود بعملية التحسين الجزيئى المحفوز CATALYTIC RE-FORMING ؟

كان الهدف من عمليات التكسير الجزيئى المحفوز CAT CRACKING

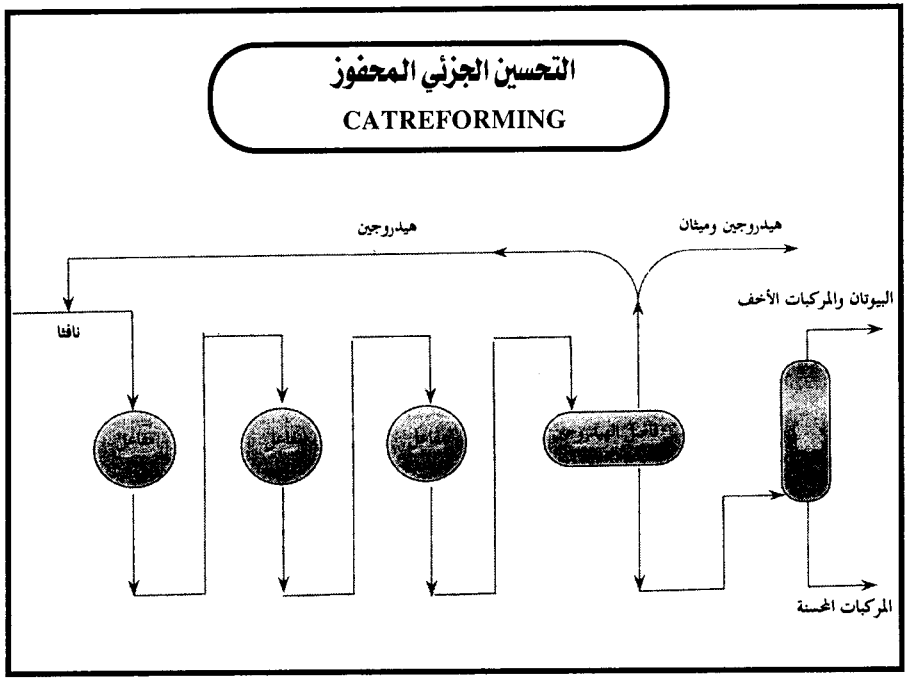
والتجميع الجزيئى المحفوز **ALKYLATION** هو زيادة نسبة الجازولين التى يمكن الحصول عليها من خام معين ، وذلك عن طريق تحويل كل من المشتقات الثقيلة والخفيفة إلى الجازولين المستخدم وقودا للسيارات ، ثم حان الوقت لمحاولة تحسين نوعية الجازولين للتغلب على مشكلات استخدامه وقودا للسيارات ، وتدخل النافثا هنا كخام مطلوب تحويله من خليط من البارافينات والنافثينات إلى خليط من المركبات البارافينية المناظرة والعطرية الأروماتية ذات الخصائص الأنسب لتشغيل آلة الاحتراق الداخلى (موتور السيارة) التى تعمل بالجازولين ، وتحويل مركبات النافثا البارافينية والنافثينية إلى بارافينات مناظرة وعطريات يستدعى إعادة ترتيب ذرات الكربون داخل جزيئات الكربونات المهدرجة ، فالذرات المرتبة على شكل سلسلة مستقيمة يعاد ترتيبها على شكل سلسلة متفرعة ، وتلك التى كانت مرتبة على شكل حلقات مشبعة يعاد ترتيبها على شكل حلقات غير مشبعة ، وتسمى هذه العملية بالتحسين الجزيئى المحفوز **CAT REFORMING** حيث إنها تتم فى وجود مواد حفازة[١] .

وتتميز عملية التحسين الجزيئى المحفوز بنوع مختلف من المادة الحفازة مصنوع من الألومينا والسيليكا والبلاتين ، وبسبب ارتفاع سعر البلاتين فإن سعر الحفاز المستخدم فى وحدة التحسين الجزيئ يبلغ بضعة ملايين من الدولارات ، مما يدعو إلى الحرص البالغ على عدم تبديده أثناء العمليات ، وهكذا فإن الحفاز يبقى فى مكانه داخل غرفة التفاعل ولا يغادرها ، بينما تمرر عليه النافثا الساخنة مع غاز الهيدروجين ، فإذا خمل الحفاز (تناقصت فاعليته) نتيجة ترسب فحم الكوك عليه ، فإن إعادة تنشيط الحفاز تتم أيضا وهو فى مكانه عن طريق عزل المفاعل مؤقتا عن العمل وتمرير الهواء الساخن خلاله لإحراق الفحم المترسب وتحرير الحفاز من جديد ، ثم إعادة المفاعل بما فيه من الحفاز المنشط إلى العمل مرة أخرى.

وتتكون وحدة التحسين الجزيئى المحفوز من ثلاثة مفاعلات كروية الشكل تحتفظ بالمادة الحفازة داخلها ، وتمرر عليها النافثا السائلة بعد تسخينها إلى

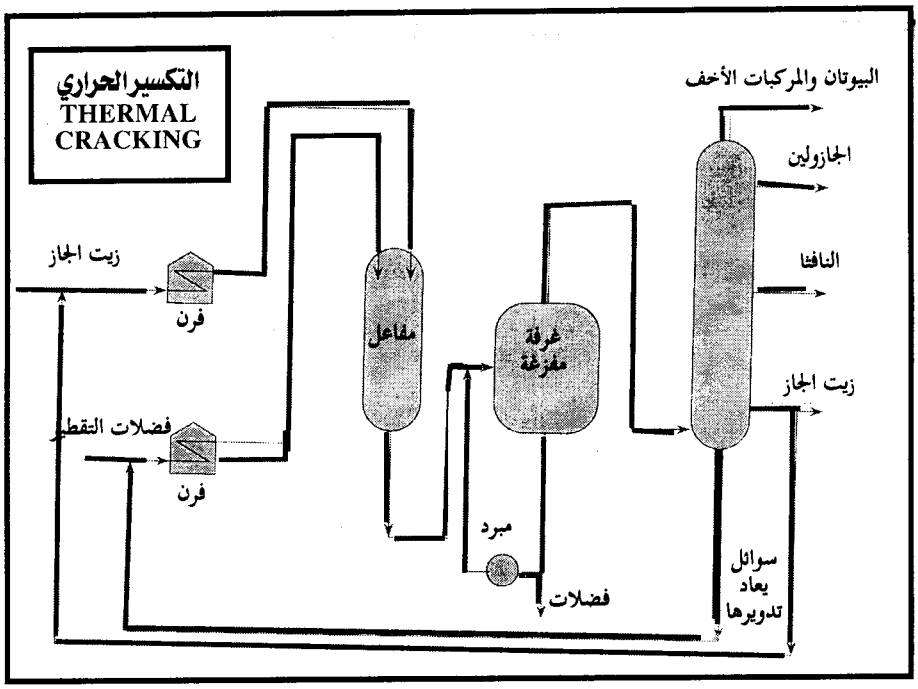
(١) ترجى مراجعة إجابة السؤال رقم ٥٠ عن الأنواع الأساسية للكربونات المهدرجة.

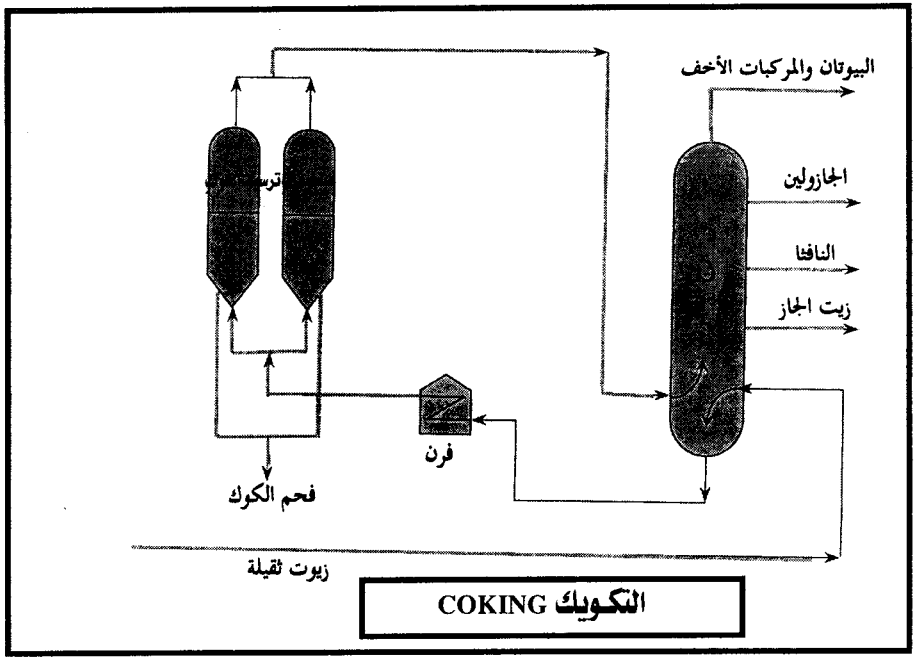
مابين ٤٨٠ إلى ٥٢٠ درجة مئوية ، ويكون الضغط ما بين ١٧ إلى ٣٤ ضغط جوى ، وتتخلل النافثا خلال حبيبات المادة الحفازة من أعلى إلى أسفل عبر المفاعلات الثلاثة على التوالى ، ويبقى مفاعل كروى رابع يظل احتياطيا لأى من المفاعلات الثلاثة السابقة إذا استدعى الأمر عزل أحدها لتنشيط الحفاز الموجود فيه ، وعقب خروج النافثا المعالجة من المفاعل الثالث تبرد لتسييل الأبخرة التى قد تتكون ، ثم تمرر على فاصل الهيدروجين HYDROGEN SEPARATOR حيث يتم فصل غاز الهيدروجين الناتج من التفاعلات وإعادته إلى المفاعل الأول ، أما السوائل المتبقية فتمرر إلى برج للتجزئة يسمى المثبت STABILIZER مهمته فصل المركبات الخفيفة سريعة التطاير مثل البيوتان والبروبان عن السوائل الثابتة التى يتكون منها الجازولين المحسن.



س ٧٣ : ما التكسير الجزيئى الحرارى THERMAL CRACKING ؟

مع زيادة الإقبال على الجازولين كوقود للسيارات تزايدت كميات خام البترول التى يجرى تكريرها ، ولكن تكرير البترول الخام كان ينتج دائما إلى جانب الجازولين كميات كبيرة من الوقود الثقيل العكر الذى لم يلق نفس الرواج الذى لاقاه الجازولين ، ومن هنا نشأت الحاجة إلى تحويل هذه الأنواع المختلفة من الوقود الثقيل والعكر إلى الجازولين الخفيف الرائق والأعلى قيمة، وكان التكسير الجزيئى الحرارى هو أحد عمليات التحويل هذه ، فعند تسخين الوقود الثقيل إلى درجات حرارة فوق الـ ٥٠٠ درجة مئوية تتكسر الجزيئات الكبيرة للكربونات المهدرجة التى يتكون منها الوقود الثقيل إلى جزيئات أصغر للكربونات المهدرجة هى التى يتكون منها الجازولين والغازات البترولية وبعض الزيوت الثقيلة ، وينشأ عن عمليات التكسير الحرارى عادة مركبات أوليفينية ونافثينية وأروماتية عطرية ، وتتكون وحدة التكسير الجزيئى الحرارى THERMAL CRACKING UNIT من أفران لتسخين كل من فضلات التبخير التفريغى VAC-UUM FLASHING وفضلات التكسير الجزيئى المحفوزCAT CRACKING إلى درجات حرارة بين ٥٠٠ إلى ٥٥٠ درجة مئوية ، مع مراعاة عدم بقاء السوائل فى الأفران لأكثر مما ينبغى ، لتجنب تكون فحم الكوك ، وتخرج السوائل من الأفران إلى غرفة التفاعل حيث يظل الضغط مرتفعا بما يعادل عشرة أمثال الضغط الجوى ، ويمنع الضغط المرتفع هنا تكون الكوك بينما يسمح بالتكسير الجزيئى الحرارى ، بعد ذلك تنتقل نواتج التفاعل إلى غرفة الفصل السريع FLASH CHAMBER حيث يتم تخفيض الضغط ، وتتصاعد المركبات البترولية الخفيفة على شكل أبخرة إلى أعلى حيث تتجه بعد ذلك إلى أحد أبراج التجزئة، ويقوم برج التجزئة بفصل البيوتان والغازات المصاحبة عند القمة ثم الجازولين والنافثا والكيروسين فى أقسام تالية وتتبقى سوائل القاع الثقيلة التى يعاد ضخها إلى الأفران مع الفضلات المعالجة ، أما فضلات غرفة الفصل السريع فيتم إعادة تدوير بعضها ويرسل الباقى إلى محطات خلط الوقود الثقيل.


التكسير الحراري
THERMAL
CRACKING
البيوتان والمركبات الأخف
الجازولين
النافثا
زيت الجاز
زيت الجاز
فرن
مفاعل
غرفة
مفرغة
فضلات التقطير
فرن
مبرد
فضلات
سوائل
يعاد
تدويرها


البيوتان والمركبات الأخف
الجازولين
النافثا
زيت الجاز
فرن
فحم الكوك
زيوت ثقيلة
التكويك COKING

س٧٤ : كيف يتم إنتاج فحم الكوك فى مصفاة النفط (معمل تكرير البترول) ؟

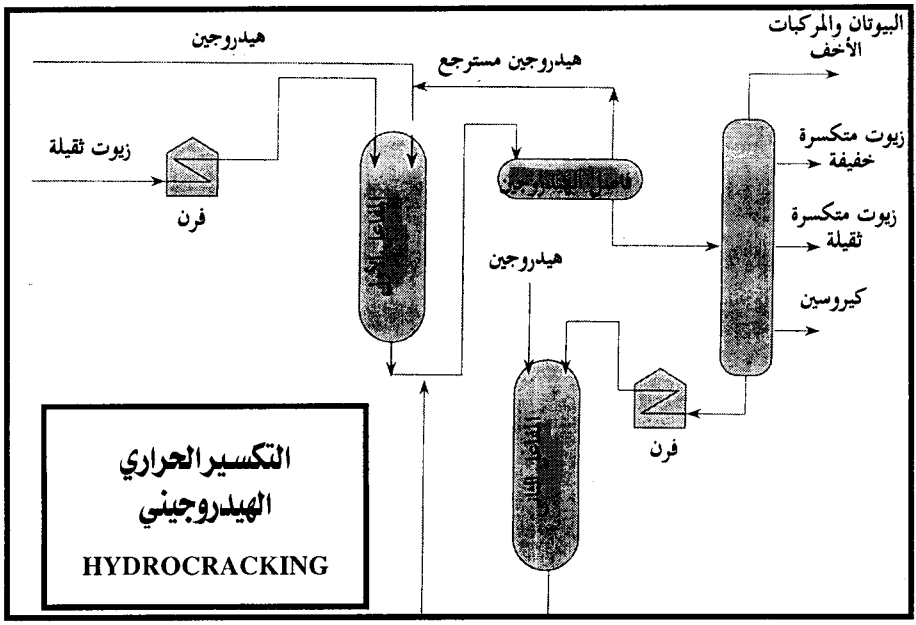
اكتشف مهندسو تكرير البترول أن المعدلات المرتفعة لضخ الوقود الثقيل إلى أفران وحدات التكسير الجزيئى يصاحبها عدم تكون الكوك فى أنابيب التسخين داخل هذه الأفران ، كما لاحظوا تراكم الكوك فى غرفة التفاعل المعزولة حراريا، وحيث أن فحم الكوك مادة صلبة فقد اكتنف إنتاجها فى المصافى الكثير من التعقيدات ، وقد تم تطوير تقنية لإنتاج فحم الكوك من البترول أخيرا، وذلك عن طريق تمرير كل من فضلات التقطير التفريغى وفضلات التكسير الجزيئى المحفوز عبر أفران تبلغ حرارتها ٥٥٠ درجة مئوية ، ثم تنتقل منها إلى غرفة التكويك أو المكوك حيث تدخل من أسفلها ، وفيها يتم تخفيض الضغط فتنفصل المركبات الخفيفة على هيئة أبخرة وتتصاعد إلى قمة المكوك حيث يجرى تجزئتها فى أحد الأبراج إلى البيوتان والجازولين والنافثا والجاز ، وتبقى المكونات الثقيلة عند القاع حيث تظل الحرارة مرتفعة نتيجة التدفق المستمر للزيوت الساخنة ، ويؤدى بقاء الزيوت الثقيلة معرضة للحرارة لفترة طويلة إلى تكسر جزيئاتها إلى فحم الكوك إلى جانب المركبات الأخرى الأخف ، ولإخراج الكوك المتراكم من غرفة التكويك يجرى إحداث ثقب فى الكوك المتراكم ثم إنزال أنبوب مثقب فى هذا الثقب ، ويستخدم هذا الأنبوب كمدفع مائى ، حيث يجرى ضخ الماء تحت ضغط عال يبلغ ١٧٠ ضغط جوى ، وينطلق الماء من الثقوب الجانبية فى الأنبوب فيفتت الفحم المتراكم إلى كتل تسقط من قاع غرفة التكويك إلى صناديق الشاحنات وعربات السكك الحديدية، ويستغرق امتلاء غرفة التكويك ٢٤ ساعة يجب بعدها تحويل مخارج الأفران إلى حيث تصب داخل غرفة تكويك احتياطية ، إلى حين تبريد الأولى ، واستخراج الكوك منها وهى عملية تستغرق ٢٢ ساعة ، وفى هذه الأثناء تكون غرفة التكويك الاحتياطية قد امتلأت بالكوك فيتم تشغيل الغرفة الأولى لحين تفريغ الثانية وهكذا .

س٧٥ : فيم يستخدم فحم الكوك ؟

هناك نوعان من فحم الكوك الناتج عن عمليات تكويك الفضلات البترولية ، أحدهما مليء بالثقوب والمسام ويسمى الكوك الإسفنجى والآخر يشبه الإبر ويسمى الكوك الإبرى ، ويستخدم الكوك الإسفنجى فى صناعة الأقطاب الكهربائية ELECTRODES والأقطاب الموجبة للبطاريات الجافة ANODES كما يشكل مصدرا للكربون النقى فى صناعة الكربيدات والجرافيت ، ويفضل الكوك الإبرى فى تصنيع الأقطاب الكهربية نظرا لصلابته.

س٧٦ : ما المقصود بالتكسير الجزيئى الهيدروجينى HYDROCRACKING ؟

التكسير الجزيئى الهيدروجينى واحد من أحدث عمليات تحويل وترقية الفضلات البترولية ، وهى أحدث من عمليات التكسير المحفوز أو التحسين الجزيئى ، كما أنها تعطى نسب أعلى من الجازولين على حساب كميات زيت الجاز (السولار) المصاحبة ، وتشبه هذه العملية عملية التكسير الجزيئى المحفوز ولكن فى وجود الهيدروجين ، ويتم فيها تكسير زيوت الجاز الخفيفة المتدنية القيمة والناتجة من عمليات التكسير الأخرى للحصول على الجازولين المتميز والبيوتان المناظر.



وعلى العكس من عمليات التكسير الجزيئى المحفوز CATCRACKING فإن الحفاز يبقى ساكنًا فى أحد أوعية التفاعل ويتم تمرير الجاز عليه من أعلى لأسفل عقب تسخينه فى فرن إلى درجة حرارة بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ درجة مئوية ثم مزجه مع غاز الهيدروجين تحت ضغط يعادل ما بين ٨٠ إلى ١٤٠ ضغط جوى ، فتتكسر جزيئات مركبات الجاز إلى مركبات الجازولين بنسبة بين ٤٠ و٥٠ بالمائة ، وتخرج نواتج التفاعل من قاع المفاعل حيث يتم تبريدها وتكثفها قبل أن تمرر إلى وعاء فصل الهيدروجين ، أما الهيدروجين فيعود إلى المفاعل مرة أخرى ، وأما السوائل فتمرر إلى أحد أبراج التقطير ، وتخرج من برج التقطير ثلاثة سوائل مختلفة هى زيوت الجازولين الخفيفة وزيوت الجاز المستخدمة وقودا للطائرات النفاثة وزيوت الكيروسين والديزل الثقيلة ، وهذه الأخيرة تتكرر عملية تكسيرها فى وجود الهيدروجين داخل مفاعل ثان يسمى بالمرحلة الثانية ، وفى المرحلة الثانية تكون الحرارة والضغط أعلى من المرحلة الأولى ، وتنضم نواتج المرحلة الثانية إلى نواتج المرحلة الأولى لدى دخولهما معا إلى وعاء فصل الهيدروجين.

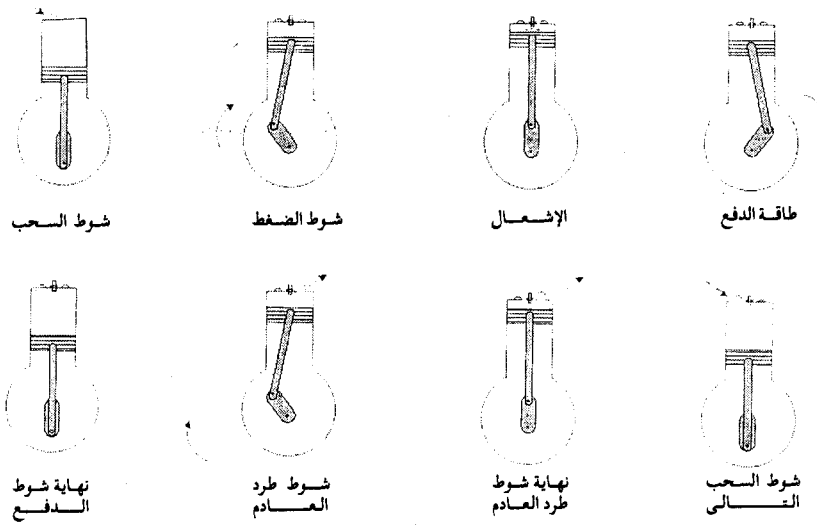
ونظرا لدرجات الحرارة والضغط العالية التى تحتاج إليها عملية التكسير الجزيئى الهيدروجينى فإن الأوعية التى تستخدم فيها تكون ذات جدران سميكة للغاية ، إذ يبلغ سمك جدار المفاعل المصنوع من الصلب ٦ بوصات ، كما أن هناك تجهيزات لتخفيض درجة الحرارة إذا زادت على حد معين حتى لا يتسارع معدل التفاعل خارج نطاق التحكم حيث أن التفاعل نفسه يولد حرارة عالية.

س٧٧ : كيف تعمل آلة الاحتراق الداخلى للجازولين (محرك السيارة) ؟

تتكون آلة الاحتراق الداخلى من خزان الوقود GAS TANK ومضخة الوقود FUEL PUMP والمكربن أو خلاط الوقود والهواء (الكاربوريتور) CARBURE-TOR وعدد من الأسطوانات CYLINDERS والكباسات PISTONS وشمعات الإشعال (البوجيهات)SPARK PLUGS ، وصمامات السحب والطرد INTAKE & EXHAUST VALVES ، والبدال (عمود الكرنك) CRANCK SHAFT ، ومشغل الصمامات (عمود الكامات)CAM SHAFT ، وعند إدارة مفتاح الماكينة تسحب

مضخة الوقود الجازولين من الخزان وترسله إلى المكربن ، ويقوم المكربن بتحويل الجازولين إلى رذاذ مخلوط مع الهواء قبل أن يرسله بدوره إلى الأسطوانة ، ويدخل رذاذ الجازولين المخلوط مع الهواء إلى داخل الأسطوانة التى يتحرك الكباس داخلها حركة ترددية متكررة ، ويرتبط دخول الجازولين إلى الأسطونة بلحظة تراجع الكباس إلى خارج الأسطوانة انفتاح صمام السحب ، وعندما يعاود الكباس حركته إلى الداخل مرة أخرى يغلق صمام السحب فينضغط خليط الجازولين والهواء ، ويتزايد الضغط ليصل إلى أقصاه مع وصول الكباس إلى آخر مداه داخل الأسطوانة ، وعند هذه اللحظة بعينها ترسل شمعة الإشعال شرارة كهربيائية تشعل الخليط المضغوط داخل الأسطوانة ، وينتج عن هذا الإشعال انطلاق غازات ساخنة ترفع الضغط داخل الأسطوانة أضعاف ما كانت عليه ، وتكون نتيجة هذا الارتفاع الكبير فى الضغط بعد الاشعال أن يرتد الكباس مرة أخرى بقوة أكبر إلى آخر مداه خارج الأسطوانة ، وعقب ارتداد الكباس ينخفض الضغط داخل الأسطوانة وينفتح صمام الطرد للتخلص من العادم ، ويعاود الكباس دخول الأسطوانة إلى آخر مداه طاردا أمامه العادم عبر صمام الطرد المفتوح الذى يغلق فى أعقاب ذلك ، ثم يتراجع الكباس ليسحب خليط الجازولين والهواء وتتكرر الدورة هكذا .

أشواط الكبّاس فى المحرك الجازولينى للسيارة



وتتبادل الكباسات المتصلة جميعا بالبدال الحركة مع بعضها البعض ، فحين يتراجع كباس بفعل ضغط الغازات المتولدة عن الاحتراق ينقل البدال حركته إلى الكباس الآخر فيتقدم لداخل أسطوانته ، والعكس بالعكس .

س٧٨ : ما ضغط ريد البخارى للوقود REID VAPOR PRESSURE(RVP) ؟

قد لا يعرف الكثيرون أن السوائل والأجسام الصلبة لا تشتعل ، وأن الذى يشتغل بالفعل هو الأبخرة والغازات ، هذه الحقيقة يمكن التأكد منها عند مراقبة أى مادة مشتعلة عن قرب ، فالفحم والخشب مثلا من الأجسام الصلبة إذا أشعلنا فيها النار نلاحظ أن اللهب يبعد عن المادة الصلبة بضعة ملليمترات ، كذلك الكحول والبترول بجميع مشتقاته ، وتفسير ذلك أن الاشتعال يحتاج إلى الأوكسجين من الهواء لكى يتحد مع المادة المشتعلة ، ولما كان الأوكسجين يتواجد فى الهواء فى صورة غاز فإنه يلامس فقط سطح المادة المشتعلة ، فإذا تم تسخين هذا السطح انطلقت منه بعض الغازات التى تختلط وتمتزج مع الأوكسجين الجوى فتزيد فرصة اتحادهما معا ، وينشأ عن هذا الاتحاد لهب وحرارة تؤدى إلى انطلاق المزيد من الأبخرة والغازات من سطح المادة المحترقة فيستمر اللهب مشتعلا ، وبعض المواد القابلة للاشتعال تحتاج إلى التسخين لدرجات حرارة أكبر قبل أن تبدأ فى اطلاق الأبخرة والغازات التى تبدأ الاشتعال، ومن بين هذه المواد تتمتع المواد السريعة التطاير بسرعة اشتعالها ، فبينما يأخذ الخشب بعض الوقت من لحظة تقريب النار منه قبل أن يشتعل ، فإن الكحول السائل يأخذ وقتا أقل ، ويكاد الغاز الطبيعى أن يشتعل بلمح البصر، وتتفاوت أنواع الوقود السائل فى سرعة تبخرها عند درجة الحرارة والضغط المعتادين ، فالوقود الأسرع تطايرا ينشأ عنه كميات أكبر من الأبخرة ، فإذا كان هذا التطاير يحدث فى حيز مغلق ، فإن هذه الأبخرة المتطايرة تؤدى إلى زيادة الضغط داخل هذا الحيز المغلق ، ومتى زاد الضغط فإنه يعوق استمرار عملية التطاير فيتوقف التبخر عند ضغط معين ، وقد سمى هذا الضغط الذى يتوقف تحته المزيد من التبخر بالضغط البخارى للسائل ، وقد لوحظ أن الضغط البخارى للسائل يتزايد مع زيادة درجة حرارة هذا السائل ، وقد صمم عالم

الفيزياء (ريد REID) جهازا لقياس ضغط البخار للسوائل المختلفة عند درجة حرارة قدرها ١٥ درجة مئوية ، ويستخدم هذا الجهاز لقراءة (ضغط ريد البخارى) REID VAPOR PRESSURE الذى يسهل المقارنة بين أنواع السوائل المختلفة من حيث سرعة تبخرها ، وكلما كانت قيمة هذا الضغط أكبر فإن ذلك يعنى أن السائل أسرع تبخراً ، وبالنسبة لأنواع الوقود السائل فإن زيادة قيمة ضغط ريد البخارى لأحد أنواع الوقود تعنى سرعة تبخره وبالتالى سهولة اشتعاله.

س٧٩ : لماذا يصعب تشغيل محرك السيارة فى الطقس البارد ؟

تتوقف سهولة تشغيل محرك السيارة فى الطقس البارد على نوع الوقود المستخدم ، فإذا كان الوقود سهل الاشتعال فى الطقس البارد أمكن تشغيل المحرك ، ومما سبق نعرف أن سهولة الاشتعال تتوقف على سرعة تطاير أو تبخر الوقود ، فإن كان الوقود يحتوى المركبات الثقيلة فإن تبخره ، وبالتالى اشتعاله سيكون أصعب فى الطقس البارد ، وإن كان يحتوى المركبات الخفيفة فإنها ستتبخر وتشتعل بدون مشاكل ، ويجرى التغلب على هذه المشكلة بإذابة نسبة من البيوتان السائل فى وقود السيارات ، وتزيد نسبة البيوتان فى الوقود الذى يوزع فى الشتاء عنها فى وقود الصيف ، ويمكن رؤية أبخرة البيوتان التى تتصاعد متراقصة من فوهة خزان وقود السيارة بالعين المجردة عند فتح الغطاء فى محطات خدمة تموين السيارات ، كما يمكن للإنسان الحاد الملاحظة أن يتبين أن هذه الأبخرة قد تكون أكثر فى الشتاء منها فى الصيف.

س٨٠ : لماذا يتوقف محرك السيارة إذا زادت درجة حرارة الوقود على حد معين ؟

يقوم المكربن (الكاربوريتور) CARBURETOR باستقبال الوقود من مضخة الوقود وتحويله إلى رذاذ ويخلطه جيدا بالهواء قبل تمريره إلى داخل الأسطوانة حيث يتم الإشعال بواسطة شرارة كهربائية ، وعند تشغيل المحرك نحتاج لفترة من الوقت قبل التحرك بالسيارة حتى يسخن المحرك وترتفع حرارته ، فإذا زادت حرارة المحرك فإن درجة حرارة الأجزاء المعدنية الأخرى ترتفع بما فيها المكربن

نفسه ، وترتفع بالتالى درجة حرارة الوقود لمروره فى المكربن ، وينشأ عن زيادة درجة حرارة الوقود تحول رذاذ الوقود كله إلى أبخرة مما يساعد على مزجه بالهواء جيدا وبالتالى زيادة كفاءة احتراق الوقود ، ومتى تم حرق الوقود كاملا داخل الأسطوانة انعكس ذلك على قوة وعزم المحرك فأمكن البدء فى التحرك بالسيارة ، ولكن إذا ارتفعت درجة حرارة الوقود كثيرا بحيث يتحول إلى بخار داخل مضخة الوقود نفسها وقبل الوصول إلى المكربن فهذا يعنى قلة كمية الوقود الذى تستطيع المضخة دفعه إلى المحرك ، حيث تحتل الأبخرة جزءا من الحيز الذى يفترض أن تشغله السوائل داخل المضخة ، ونتيجة عدم وصول الوقود للمحرك بالكمية الكافية يتوقف المحرك وتصعب إعادة تشغيله ، ويستمر هذا الوضع إلى أن يبرد المحرك من جديد وتنخفض درجة حرارة الوقود بما يسمح بتدفقه فى حالته السائلة إلى داخل مضخة الوقود ومنها للمحرك .

س ٨١ : ما رقم الأوكتان OCTANE NUMBER ؟

يؤدى ضغط الغازات دائما إلى ارتفاع فى درجة حرارتها ، وفى محرك السيارة يقوم الكباس بضغط خليط من الهواء وأبخرة الوقود داخل الأسطوانة ، وينشأ عن هذا الضغط بالتالى ارتفاع درجة حرارة هذا الخليط قبل أن تنطلق الشرارة الكهربية لتشعله ، وقد ضبطت هندسة السيارة بحيث لا تنطلق الشرارة الكهربية إلا لحظة وصول الكباس إلى آخر مداه داخل الأسطوانة ، ولكن الذى يحدث أحيانا أن يشتعل خليط الهواء والوقود ذاتيا SELF - EGNITE نتيجة الحرارة الناجمة عن الضغط ، والأسوأ من ذلك أن يحدث هذا الاشتعال الذاتى حتى قبل أن يصل الكباس إلى منتهاه داخل الأسطوانة وتنطلق شرارة الإشعال الكهربائية ، فإذا وقع ذلك فإن الأسطوانة يسمع لها صوت اصطدام ويرتد الكباس قبل أن يكمل الشوط فتختل الحركة المنتظمة للسيارة وترتج بعنف ، ويطلق على هذه الظاهرة (الخبط) KNOCKING ، وبدراسة هذه الظاهرة تبين أن بعض أنواع الجازولين المستخدم كوقود للسيارات لاتحدث الخبط ، وجرت دراسة مكونات الجازولين فتبين أن الأوكتان المناظر ISOOCTANE لا يحدث الخبط (أى لا يشتعل ذاتيا) إلا عند ضغوط عالية جدا فجرى الاصطلاح على

اتخاذه مرجعا وإعطائه الرقم ١٠٠ ، وفى الوقت نفسه وجد أن الهبتان HEP-TANE يحدث الخبط فى أدنى مراحل الضغط فتم الاصطلاح على إعطائه الرقم صفر ، وبخلط الأوكتان المناظر مع الهبتان بنسب مختلفة نحصل على أنواع مختلفة من الوقود ، وتعين النسبة المئوية لحجم الأوكتان فى هذا الخليط القياسى رقم الأوكتان للخليط OCTANE NUMBER ، أى أن خلط ٨٠ لتر من الأوكتان مع ٢٠ لترا من الهبتان ينتج وقودا ذا رقم أوكتان يعادل ٨٠ وهكذا ، وكلما ارتفعت نسبة الأوكتان المناظر فى الوقود زاد احتماله للضغط داخل أسطوانة المحرك دون أن يحدث الخبط ، ولكن الوقود المستخدم فى السيارات يحتوى العديد من المركبات الأخرى غير الأوكتان والهبتان ، ولقياس رقم الأوكتان لأى نوع من الوقود يجرى اختباره فى محرك قياسى وتعيين قيمة الضغط الذى يحدث عنده الخبط ، وتجرى مقارنة هذا الوقود بخليط الأوكتان المناظر والهبتان الذى يحدث الخبط عند نفس الضغط ، ويصطلح على أن **رقم الأوكتان لأى وقود هو نفسه رقم الأوكتان لخليط الهبتان والأوكتان الذى يحدث الخبط تحت نفس الظروف التى يحدث فيها هذا الوقود خبطا** ، والأرقام التى تظهر على مضخات الوقود فى محطات تموين السيارات تشير فى الواقع إلى رقم الأوكتان للوقود ، وحين يقال أن الوقود بنزين أو بترول ٩٠ أو ١٠٠ فذلك إنما يعنى رقم الأوكتان .

س٨٢ : ما أهمية رقم الأوكتان ؟

تتوقف قوة محرك السيارة على سعة هذا المحرك ، وحين يقال أن هناك محركان أحدهما سعته ١٠٠٠ سى سى والآخر سعته ٢٠٠٠ سى سى فإن الأخير هو الأقوى ، والمقصود بالسعة هو حجم الأسطوانات فى المحرك بالسنتيمتر المكعب ، وكلما زاد هذا الحجم كانت قدرة الأسطوانة على ضغط خليط الوقود والهواء داخلها أكبر ، أى أن فرصة حدوث الخبط داخل المحرك تكون أكبر ، وبالتالى فإن المحركات الأكبر تحتاج إلى وقود ذى رقم أوكتان أكبر والعكس بالعكس ، ومن هنا يتضح أن قوة المحرك لا تعتمد فقط على حجمه وتصميمه الهندسى ، إذ أن أداء هذا المحرك مرتبط أيضا بنوع الوقود المستخدم ، أو برقم الأوكتان لهذا الوقود .

س٨٣ : لماذا تدخل مركبات الرصاص فى وقود السيارات ؟

يتكون الوقود المستخدم فى السيارات من خليط من الجازولين الصريح الناتج من أبراج تقطير الخام مباشرة STRAIGHT RUN GASOLINE ، والجازولين المحسن الناتج من عمليات التحسين الجزيئى المحفوز للنافثا REFORMATE GAS-OLINE ، والجازولين الناتج من عمليات التكسير الجزيئى المحفوز للزيوت الثقيلة CAT CRACKED GASOLINE والجازولين الناتج من عمليات التجميع الجزيئى المحفوز للغازات البترولية ALKYLATE GASOLINE والجازولين الناتج من التكسير الجزيئى الهيدروجينى HYDROCRACKATE GASOLINE ، والبيوتان السائل BUTANE & ISO- BUTANE ، ويتم مزج كميات محسوبة من المشتقات السابقة للحصول على وقود يناسب المواصفات المطلوبة ، وتحدد المواصفات قيمة رقم الأوكتان وقيمة ضغط ريد البخارى لهذا الوقود ، وقد لوحظ أن إضافة الرصاص فى صورة إيثيل الرصاص الرباعى TEL أو ميثيل الرصاص الرباعى TML إلى الجازولين يؤدى إلى تقليل فرصة الاشتعال الذاتى للوقود المخلوط مع الهواء داخل الأسطوانة دون أن يؤثر سلبيا على الخواص الأخرى ومنها الضغط البخارى (١) ، أى أن هذين المركبين يؤديان إلى تحسين رقم الأوكتان للوقود ، ولكن المشكلة أن مركبات الرصاص سامة للغاية مما يؤدى إلى تلوث الهواء حتى مع القيود الصارمة التى حددت نسبة لا تزيد على أربعة سنتيمترات مكعبة لكل جالون من الوقود (الجالون =٣٨٠٠ سنتيمتر مكعب) .

وقد لا يدرك الكثيرون قدر التعقيدات المرتبطة بعمليات مزج الجازولين لإنتاج وقود يلائم ظروف تشغيل المحركات ولا يتعارض فى الوقت نفسه مع الاتجاه المتنامى لحماية البيئة ويكون بالإضافة لذلك اقتصاديا قى قيمته وفى مردوده ، وهو التحدى الذى يواجه مهندسى تكرير النفط الآن . إذ المطلوب ليس فقط ضبط كميات الأنواع المختلفة من الجازولين عند مزجها ، ولكن ضبط ظروف إنتاجها فى الوحدات المختلفة داخل معمل التكرير بحيث تفى

(١) سبق توضيح أن الضغط البخارى المرتفع للوقود يودى إلى توقف المحرك عند درجات الحرارة العالية.

كميات إنتاج الأنواع المختلفة باحتياجات مزج الجازولين دون زيادة أو نقصان .

س٨٤ : ما الفارق بين محركات البنزين (البترول) ومحركات الديزل ؟

مثل محرك الجازولين فإن محرك الديزل يتكون من أسطوانات وكباس وصمامات سحب وصمامات عادم وبدال ومضخة وقود ، ولكنها تختلف عن الأولى فى عدم وجود المكربن وشمعة الإشعال ووجود حاقن **FUEL INJECTOR** لحقن الوقود بكميات محسوبة داخل كل أسطوانة فى اللحظة المناسبة ، وعلى العكس تماما من محركات الجازولين فإن محركات الديزل تعتمد على الاشتعال الذاتى للوقود داخل الأسطوانة ، ولا يتم خلط الوقود مع الهواء قبل حقنه فى الأسطوانة ، بل يتم سحب الهواء الجوى فقط وضغطه داخل الأسطوانة بواسطة الكباس ، وعندما يصل الكباس إلى نهاية شوطه داخل الأسطوانة ، يكون الهواء مضغوطا لأقصى درجة وترتفع درجة حرارته طبقا لذلك، وعند هذه اللحظة بعينها يتم حقن الوقود داخل الأسطوانة على شكل رذاذ، فيشتعل الوقود ذاتيا نتيجة لحرارة الهواء المضغوط ، وينتج عن اشتعال الوقود حرارة عالية وغازات ترفع الضغط داخل الأسطوانة أضعاف ما كان عليه، فيرتد الكباس بقوة إلى خارج الأسطوانة ، وهى القوة التى تستغل لتدوير البدال، وعندما يصل الكباس إلى منتهاه خارج الأسطوانة ينفتح صمام العادم ويعود الكباس للداخل كاسحا أمامه عادم الاحتراق إلى خارج الأسطوانة ، قبل أن تبدأ دورة جديدة لسحب الهواء ثم ضغطه ثم حقن الوقود ، وتستغرق عملية حقن الوقود واشتعاله جزءا من ألف جزء من الثانية ، ولذا فإن محركات الديزل تحتاج إلى دقة بالغة فى التحكم بكمية وتوقيت حقن الوقود ، فزيادة كمية الوقود قد تؤدى إلى انبعاث الدخان الأسود الكثيف مع العادم ، كما أن اختلال التوقيت يؤدى إلى ارتباك أداء المحرك ومقاومة بعض الأسطوانات لبعضها بدلا من تعاونها، كما يراعى فى تصميم الحاقن قدرته على ضخ الوقود السائل تحت ضغط هائل يعادل ما بين ١٣٦ إلى ٦٨٠ ضغط جوى طبقا لحجم الأسطوانة .

س ٨٥ : ما أهم خصائص وقود الديزل ؟

من الضرورى فى وقود الديزل أن يتمتع بخاصية سهولة الاشتعال الذاتى على

العكس من وقود الجازولين الذى يجرى إشعاله بشرارة كهربية داخل المحرك ، وكما أن للجازولين معيارا يسمى رقم الأوكتان يشير إلى مدى صعوبة اشتعاله ذاتيا ، فإن للديزل معيارا يشير إلى سهولة اشتعاله ذاتيا ، هذا المعيار هو رقم السيتان CETANE NUMBER ، ويعبر رقم السيتان لوقود الديزل عن النسبة المئوية بالحجم لمادة السيتان فى مزيج مشابه من (السيتان) CETANE و(ألفا ميثيل نافثالين) ALFA-METHYL NAPHTHALENE ، عندما يتشابه المزيج والديزل فى خاصية الاشتعال الذاتى تحت نفس الظروف ، ويتوقف رقم السيتان على نسب أنواع مركبات الكربونات المهدرجة فى الوقود ، حيث البارافينات أسرع إلى الاشتعال الذاتى بما يعطيها الأفضلية هنا بينما تتراجع الرغبة فى العطريات الأروماتية لمقاومتها الاشتعال الذاتى ، ويتراوح رقم السيتان لوقود الديزل الشائع بين ٤٠، ٤٥ ، بنيما يبلغ فى الأصناف الأجود ما بين ٤٥ إلى ٥٠ ، والأخير يحتوى المركبات الخفيفة التى تناسب الطقس البارد والتى تحتوى نسبة كربون أقل مما يقلل من الدخان الأسود الذى يصاحب عادة محركات الديزل .

س٨٦ : ما نقطة الاشتعال (أو الوميض) للوقود السائل FLASH POINT ؟

نقطة الاشتعال (أو الوميض) للوقود السائل FLASH POINT هى أقل درجة حرارة ينطلق عندها قدر كاف من الأبخرة قرب سطح السائل بحيث يتكون مزيج من الهواء والأبخرة قابل للاشتعال ، ولا يفوتنا أن نذكر أن نقطة الغليان هى أعلى درجة حرارة تنطلق عندها الأبخرة أو تتكاثف فى الجو المعتاد ، وأهمية نقطة اشتعال الوقود أنها تحدد مدى ملاءمة الوقود للتخزين فى الظروف الجوية العادية، فإن كانت درجة الاشتعال منخفضة كانت فرصة وقوع الحرائق أقرب .

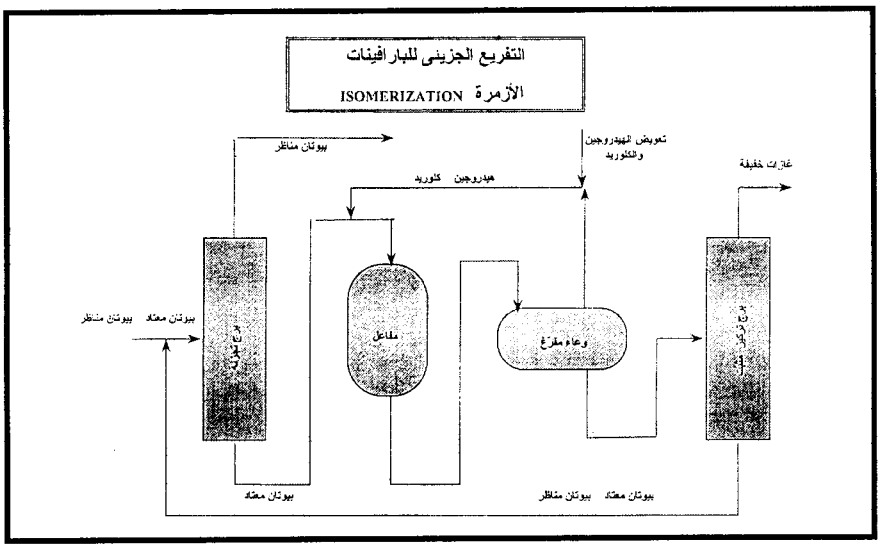
س ٨٧ : ما نقطة الانصباب للزيوت POUR POINT ؟

تتجمد الزيوت فى الطقس البارد شأنها شأن أى سائل آخر ، وتقاس درجة الحرارة التى يتجمد عندها الزيت ولا يمكن سكبه من الإناء ، وتحدد نقطة الانصباب بحوالى ثلاث درجات مئوية فوق درجة الحرارة التى يتجمد عندها الزيت ، وأهمية نقطة الانصباب تتجلى فى استخدام زيوت التشحيم التى يجب

أن تظل سائلة فى جميع ظروف التشغيل ، كما تتجلى أهميتها عند نقل الزيوت خلال شبكات أو خطوط أنابيب فى الطقس البارد ، ويراعى أن تكون أنواع الزيوت والوقود المستخدمة فى الطقس البارد ذات نقطة انصباب أقل من حرارة الوسط المحيط بها .

س٨٨ : كيف تقاس نوعية الأسفلت المستخدم فى رصف الطرق ؟

يتبقى الأسفلت عقب التقطير التفريغى لفضلات قاع برج تقطير الخام ، وهو مادة سوداء لزجة أو صلبة عند درجة حرارة الجو المعتاد ، وتتكون جزيئات الأسفلتينات عادة من أكثر من خمسين ذرة كربون وعدد أقل من ذرات الهيدروجين ، ويحتاج الأسفلت المستخدم فى رصف الطرق إلى خاصيتين هما الصلابة بحيث لا تنغرس فيه عجلات السيارات التى تستخدم الطريق ، وسهولة الانصهار عند درجات الحرارة الأعلى من حرارة الجو بحيث يمكن نقل وتشكيل الخلطة الأسفلتية من الرمل أو الحصى أو الجمرات مع الأسفلت الساخن قبل الرصف ، وتقاس الصلابة بمعدل اختراق **PENETRATION** إبرة قياسية طويلة فى جهاز خاص خلال زمن محدد عند درجة حرارة معينة ، ويتراوح معدل اختراق الأسفلت بين صفر للأسفلت الصلب ، ٢٥٠ للأسفلت اللين ، أما سهولة التشكيل فتقاس بدرجة الحرارة الصغرى التى يلين عندها الأسفلت بحيث تغوص فيه كرة من الصلب ذات وزن قياسى ، وتتراوح درجة الانصهار هذه **SOFTENING POINT** بين ٢٥ و ١٧٠ درجة مئوية للأنواع التجارية من الأسفلت.

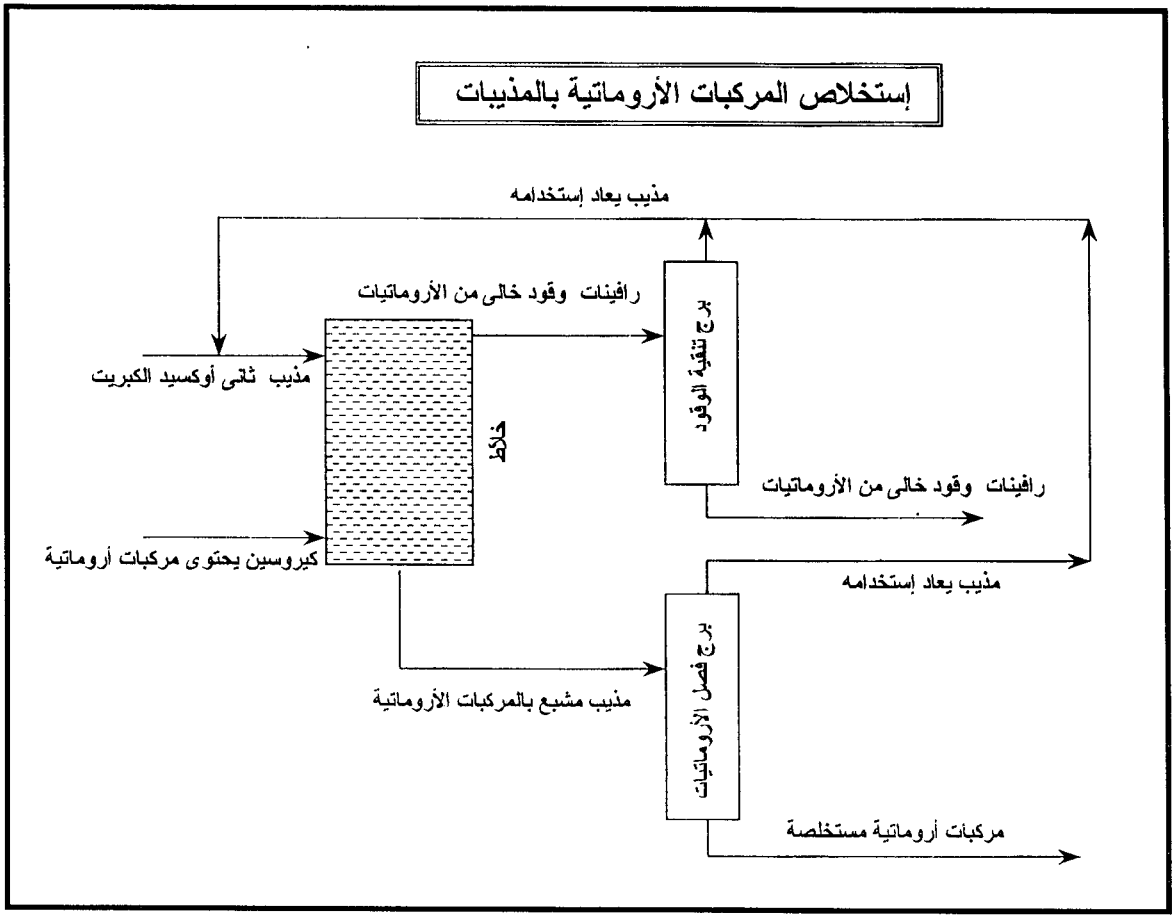


س٨٩: ما المقصود بعملية التفريغ الجزيئى (الأزمرة) ISOMERIZATION ؟

سبقت الإشارة إلى أن الكربونات المهدرجة تتكون من نوعين ، مشبعة SAT-URATED HYDROCARBON وغير مشبعة UNSATURATED HYDROCAR-BON كما أن الكربونات المهدرجة المشبعة تنقسم بدورها إلى قسمين البارافينات المعتادة NORMAL PARAFFINS ذات السلسلة الكربونية المستقيمة ، والبارافينات المناظرة ISOPARAFFINS ذات السلسلة الكربونية المتفرعة ، ويختلف هذان القسمان فى بعض الخصائص رغم تشابههما فى التركيب الكيميائى ، وتجرى عملية الأزمرة على مركبات مثل البيوتان والبنتان والهكسان المعتادة لإنتاج مركبات البيوتان والبنتان والهكسان المناظرة ، والفرق بينهما أن المركبات الأولى المعتادة تترتب ذرات الكربون فى جزيئاتها على شكل سلسلة مستقيمة بينما المركبات المناظرة تترتب ذرات الكربون فى جزيئاتها على شكل سلسلة متفرعة[١] وتتميز البارافينات المناظرة المستخدمة فى مزج الجازولين بارتفاع رقم الأوكتان عما هو عليه فى البارفينات المعتادة فيبلغ رقم الأوكتان للبنتان المعتاد مثلا ٦٢ بينما يبلغ رقم الأوكتان للبنتان المناظر ٩٢ ، كذلك يبلغ رقم الأوكتان للهكسان المعتاد ٢٥ بينما يبلغ رقم الأوكتان للهكسان المناظر ٧٥ ، ومن هنا تكتسب عملية الأزمرة أو التفريغ الجزيئى أهمية خاصة فى تحضير وقود السيارات عالى الجودة.

وتتم عملية التفريع الجزيئى للبارافينات المعتادة بخلطها مع كميات صغيرة من الهيدروجين والكلوريدات العضوية ثم تمريرها عبر مفاعل يحتوى على مادة من البلاتين حفازة للتفاعل ، ويمرر الخليط من أعلى لأسفل ، فيتم التفاعل ويتحول ٦٠ ٪ من البارافينات المعتادة إلى بارفينات مناظرة تخرج من أسفل المفاعل إلى وعاء لفصل الهيدروجين والكلوريدات العضوية التى تعاد إلى المفاعل ، فى حين تمرر البارافينات إلى برج التقطير حيث يجرى فصل البارافين المعتاد عن البارافين المناظر ، ويعاد تدوير البارافين المعتاد مرة أخرى للمفاعل بينما يأخذ البارافين المناظر طريقه إلى معمل تحضير الجازولين فى حال البنتان والهكسان ، أو إلى وحدة الألكلة فى حال البيوتان.

(١) ترجى مراجعة إجابة السوال رقم ٦٧ .


إستخلاص المركبات الأروماتية بالمذيبات
مذيب يعاد إستخدامه
رافينات وقود خالى من الأروماتيات
برج تنقية الوقود
مذيب ثانى أوكسيد الكبريت
خلاط
رافينات وقود خالى من الأروماتيات
كيروسين يحتوى مركبات أروماتية
مذيب يعاد إستخدامه
برج فصل الأروماتيات
مذيب مشبع بالمركبات الأروماتية
مركبات أروماتية مستخلصة

س٩٠ : كيف يتم استخلاص المركبات الأروماتية من زيوت الوقود المختلفة؟

هناك سببان لمحاولة استخلاص المركبات الأروماتية مثل البنزين والزيلين والتولوين من بين الكربونات المهدرجة المستخدمة كوقود ، فهذه المركبات قد تكون لها تأثيرات سلبية فيجب تخليص الوقود منها مثل تسببها فى انبعاث الدخان الأسود عند حرق الكيروسين أو الديزل ، أو قد تكون هذه المركبات مطلوبة لذاتها فى صناعة الكيماويات البترولية ، وتستخدم طريقة إدلينو EDLEA-NU PROCESS ثانى أوكسيد الكبريت السائل فى إذابة المركبات الأروماتية الموجودة فى الكيروسين دون باقى البارافينات والأوليفينات والنافثينات ، ثم يتم فصل المذيب المشبع بالمركبات الأروماتية عن الكيروسين حيث يطفو المذيب فوق الكيروسين ، ويتم تقطير المذيب المشبع أخيراً لفصل المركبات الأروماتية منه.

س٩١ : ما المقصود بالقيمة الحرارية للوقود HEATING VALUE ؟

عند حرق الكربونات المهدرجة يحدث تفاعل كيميائى بينها وبين الأكسجين الموجود فى الهواء ، وينشأ عن هذا التفاعل مادتى ثانى أوكسيد الكربون وبخار الماء وتنطلق نتيجة التفاعل كمية كبيرة من الحرارة ، وتقاس كمية الحرارة بوحدة تسمى (وحدة الحرارة البريطانية BRITISH THERMAL UNIT) ويرمز لها بالرمز BTU ، وتساوى هذه الوحدة كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء بمقدار درجة واحدة فهرنهايت ، كما أن هناك وحدة أخرى تسمى كالورى CALORIE وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء بمقدار درجة واحدة مئوية ، ويمكن بالطبع تحويل أى من الوحدتين إلى ما يعادلها من الأخرى[١] ، أما القيمة الحرارية للوقود HEATING VALUE فهى تعادل كمية الحرارة التى تنطلق عند حرق قدم مكعبة واحدة من الوقود الغازى أو عند حرق جالون من الوقود السائل ، وهناك قيمتان حراريتان لأى وقود ، قيمة حرارية عليا HIGHER HEATING VALUE

(١) وحدة الحرارة البريطانية الواحدة (BTU) =٢٥٠ كالورى.

وهى تعبر عن كل الحرارة الناشئة عن الاحتراق ، وقيمة حرارية دنيا LOWER HEATING VALUE وتعبر عن الحرارة التى يمكن الاستفادة منها فقط ، وهى تأخذ فى الاعتبار تبدد جزء من الحرارة الكلية الناشئة عن الاحتراق فى تحويل الماء الناتج عن اتحاد الهيدروجين الموجود فى الوقود مع الأوكسجين إلى بخار ، وتعبر نسبة القيمة الحرارية الدنيا إلى القيمة الحرارية العليا عن الكفاءة الحرارية الوقود THERMAL EFFICIENCY ، وواضح أن الكفاءة الحرارية للوقود تزداد إذا قلت فيه نسبة الهيدروجين ، حيث أن الهيدروجين هو السبب الوحيد لتكون الماء أثناء الاحتراق مما يؤدى إلى فقد نسبة من الحرارة المتولدة عن التفاعل ، وتؤخذ القيمة الحرارية للوقود وكفاءته الحرارية فى الحسبان عند تحديد سعر الوقود.

س٩٢ : ما أهم منتجات الصناعات الكيميائية البترولية ؟

يعتبر الإيثيلين هو أهم وحدة بناء لمنتجات الصناعات الكيميائية البترولية ويليه البروبيلين والبيوتادين والبيوتيلين ، ويتم إنتاج الإيثيلين والبروبيلين بعملية تكسير جزيئى حرارى للإيثان والبروبان ، ومع تطور الصناعة أصبح بالإمكان إنتاجهما من المركبات الأثقل مثل النافثا وزيت الديزل ، كما تدخل المركبات الأروماتية مثل البنزين والزيلين والتولوين فى هذه الصناعات ، وتنقسم المنتجات الكيميائية البترولية إلى المجموعات التالية :

١ـ صناعات اللدائن الحرارية THERMOPLASTICS وأهم منتجاتها البولى إيثيلين بأنواعه المختلفة ويستخدم فى صناعة العازلات الكهربائية والأنابيب وبعض الأدوات ذات الاستخدامات اللينة ، وتتميز هذه المنتجات بتأثرها بالحرارة فتنصهر أو تلين تعرضت لدرجة حرارة عالية .

٢ـ صناعات الراتينجات المقاومة للحرارة THERMOSETTING RESINS وأهم منتجاتها الإيبوكسى، وتتميز هذه المنتجات بمقاومتها للحرارة والرطوبة فتستخدم فى صناعة فرامل السيارات وبعض الدهانات الصناعية .

٣ـ صناعات الألياف المخلقة SYNTHETIC FIBRES وأهم منتجاتها البوليستر

والنايلون والأكـريليك والبـولى بروبيلين وتسـتـخـدم فى صناعـة الملابس والمنسوجات المختلفة والرياش من ستائر ومفارش .

٤ـ صناعـات المطاط المخلق **synthetic rubbers or elastomers** وتسـتـخـدم فى الإطارات والأحذية والأدوات الرياضية .

٥ـ صناعات المذيبات **SOLVENTS** وتستخدم فى صناعات دهانات الأسطح مثل الأصباغ والورنيش واللاكيه.

٦ – صناعة المنظفات والمعقمات **DETERGENTS** وتستخدم هذه المنظفات فى الغسيل المنزلى أو الصناعى للملابس والآلات.

* * * * *