الصناعات البتروكيميائية

د. إبراهيم محمود النجار

تحتل الصناعات البتروكيميائية في عالمنا اليوم مكاناً مرموقاً نظراً للإستخدامات المتعددة لها، حيث أصبحت توفر العديد من المنتجات الضرورية كبديل رخيص للعديد من المنتجات الطبيعية، والتي كان الحصول عليها من مصادرها الطبيعية ممكنا ولكن بصعوبة مثل صناعة الألياف الصناعية والمطاط والأسمدة والأدوية ، بالإضافة الى صناعة المنظفات والمبيدات الحشرية وغيرها، وهي جميعا بدورها تسهم بشكل واضح في رفاهية الانسان .

ويمكن تعريف البتروكيميائيات بأنها المركبات الكيميائية التي يتم الحصول عليها من النفط أو الغاز الطبيعي أو المشتقة من المواد الهيدروكربونية المؤلفة للنفط والغاز الطبيعي والتي تستخدم في الصناعات الكيميائية، ويكمن نجاح الصناعات البتروكيميائية في اعتمادها على وفرة الغاز الطبيعي والنفط ـ المادة الخام ـ بتكلفة عالية وأسعار منخفضة .

نظراً لأهمية صناعة البتروكيميائيات سيتم ـ بإذن الله ـ تخصيص ثلاثة أجزاء من مجلة «**العلوم والتقنية**» لهذه الصناعة يتضمن الجزء الأول المعلومات الهامة والأساس عن صناعة البتروكيميائيات من حيث المصدر والمشتقات والتطبيقات الصناعية لها بصفة عامة ، ويشمل ذلك النفط والغاز المصاحب ، والغازات الطبيعية ، والمواد الأساس في الصناعات البتروكيميائية العطرية (الحلقية) والأليفاتية (اللاحلقية) ، واستخدام المحفزات ، وأهم العمليات الهندسية في هذه الصناعة وأجهزة تحليل المواد البتروكيميائية بالاضافة الى لمحة عن الصناعات البتروكيميائية في المملكة .

أما الجزء الثاني فسوف يتضمن ـ بإذن الله ـ أهم المنتجات البتروكيميائية المشتقة من الميثان والإيثيلين والبروبلين والبوتادايئين والأيزوبرين والبنزين والتولوين والزايلينات .

أما الجزء الثالث سوف يتضمن ـ بإذن الله ـ أهم الصناعات القائمة على المنتجات البتروكيميائية ، مثل صناعة المطاط ، الألياف (الخيوط) الصناعية ، المنظفات ، المواد البلاستيكية ، صناعة النايلون ، المبيدات الحشرية ، صناعة المواد اللاصقة ، الأسفنج الصناعي ، الدهانات والأصبغة ، صناعة الأدوية ، كما سيتضمن تأثير صناعة البتروكيميائيات على البيئة .

مصادر البتروكيميائيات

يمكن تقسيم مصادر البتروكيميائيات حسب نوع الهيدروكربونات المستعملة إلى ثلاثة مصادر رئيسة هي :ـ

● الغاز الطبيعي

تعد الهيدروكربونات الناتجة من فرز وفصل مكونات الغاز الطبيعي المرافق للزيت الخام أو الغاز الطبيعي الحر الموجود في مكامن خاصة بعيداً عن الزيت مصدر رئيس للصناعات البتروكيميائية ، حيث

يوفر هذا المصدر غاز الميثان اللازم للعديد من الصناعات البتروكيميائية ، يعد غاز الميثان المكون الأساس للغاز الطبيعي ، حيث تبلغ نسبته فيه حوالي ٩٠٪ . ومن أهم الصناعات التي يستخدم فيها الغاز الطبيعي النقي هي صناعة الأمونيا (النشادر) والأسمدة الأزوتية (النيتروجينية) ، ويمكن الاستفادة من الغازات الأخرى المرافقة مثل غاز الإيثان في صناعة البلاستيك (بولي إيثيلين) ، كذلك يستفاد من كل من البروبان والبوتان ، والبنتان والكبريت في كثير من الصناعات البتروكيميائية .

● نواتج تقطير النفط الخام

يعد هذا المصدر العمود الفقري للعديد من الصناعات البتروكيميائية ، و يمكن الحصول عليه من عمليات تقطير النفط الخام التي تتم بعدة طرق منها التقطير الجوي أو التقطير تحت ضغط جوي منخفض أو تحت ضغط مرتفع ، أو بالإستخلاص بوساطة المذيبات أو عمليات الفصل الغشائي أو عمليات التبلور . وتتضح أهمية هذا المصدر في عملية تحويل النفط الخام عديم الفائدة ، إلى منتجات هيدروكربونية جديدة (قطفات) تحتوي على العديد من المركبات ، وتختلف درجة غليانها باختلاف تكوينها ، هذا بالاضافة الى بعض الغازات التي يتم فصلها والاستفادة منها ، وتتمثل نواتج التقطير هذه في الجازولين (مقطر ٤٠ - ١٨٠م) وكيروسين (مقطر ١٨٠ - ٢٣٠م) وسولار (٢٣٠ - ٣٠٥م) وديزل ثقيل (٣٠٥ - ٤٠٥ م) والمازوت (٤٠٥ - ٥١٥م) ، ويعد الكيروسين أهم هذه النواتج في الصناعات البتروكيميائية ، وهو لقيم لعمليات تكسير لاحقة أو قابل لعمليات أخرى بالتحول الكيميائي .

● المنتجات النفطية المحولة

يمثل هذا المصدر المركبات الكيميائية الناتجة عن التحولات الكيميائية لبعض نواتج تقطير النفط الخام لعدم توفر مثل هذه المركبات أو لقلة وجودها في نواتج التقطير الأساس ، كما أن هذه المركبات الجديدة أساس للعديد من الصناعات البتروكيميائية ، فعلى سبيل المثال يتم الحصول على المركبات غير المشبعة (الأوليفينات) والعطريات بعمليات التكسير بأنواعه ،و البلمرة وغيرها من عمليات كيميائية أخرى ، كما أن الهدف الأساس للعديد من العمليات الكيميائية السالفة الذكر الحصول على منتجات نفطية ذات جودة عالية ، فالنفثا مثلا يتم تحويلها إلى جازولين ذو رقم أوكتيني مرتفع ، أما زيت الوقود فيعطي منتجات خفيفة ذات جودة مرتفعة منها البنزين . إلا أن هذه العمليات الكيميائية ينتج عنها بعض الهيدروكربونات الخفيفة (الغازية) والتي تمثل المصدر الأول للصناعات البتروكيميائية .

إضافة الى المصادر المذكورة هناك مصادر أخرى متعددة ، تعتمد على المصادر الأساس التي سبق ذكرها ، وعلى نوع المنتج البتروكيميائي المطلوب .

المنتجات البتروكيميائية

تنقسم المنتجات البتروكيميائية إلى مجموعتين رئيستين تبعاً لطبيعة المادة الأولية الداخلة في عملية التصنيع وهما : **المنتجات العضوية** وتتكون أساسا من عنصري الكربون والهيدروجين بالاضافة إلى عناصر أخرى مثل الأكسجين ومن أمثلتها الكحول الميثيلي (CH_3OH) والأسيتون $\{(CH_3)_2(CO)\}$ ، **والمنتجات غير العضوية** وهي لاتحتوي على عنصر الكربون مثل غاز النشادر (NH_3) ، حامض الكبريتيك (H_2SO_4) والكبريت الصلب .

تُنتج المنتجات غير العضوية ثانوياً بالقرب من مصانع تكرير النفط الخام لتوفر المواد الأولية لها ، كما ان لها أهمية كبيرة في العديد من الصناعات البتروكيميائية ، فعلى سبيل المثال يستفاد من الأمونيا في الحصول على الأسمدة الأزوتية .

تتخلل عمليات الإنتاج السابقة عمليات كيميائية مختلفة ، فعلى سبيل المثال تتحول الهيدروكربونات النفطية إلى مواد أولية قد تكون ذات فائدة ومنتج نهائي أو يمكن اعتبارها مادة أولية وبدورها يمكن أن تكون العمود الفقري للعديد من الصناعات، أو باعتبارها مصدر أساس لانتاج المواد الوسطية أو النهائية اللازمة لصناعة البتروكيميائيات .

تعد المنتجات الهيدروكربونية العمود الفقري للعديد من الصناعات البتروكيميائية التي أصبحت متعددة نظراً لاختلاف تركيبها وأوزانها وتشابكها وإحتوائها على عناصر أخرى مثل الأكسجين والكبريت والنيتروجين ، والتي يمكن تصنيفها إلى مجموعات حسب صفاتها الطبعية والكيميائية ، ونظراً لامكانيات تحول المواد الهيدروكربونية وبطرق كيميائية سهلة ، مثل : عمليات التكسير بأنواعها والألكلة والبلمرة والتكثيف وإعادة التشكيل والنزع العنصري وبدءاً بهذا المنبع النفطي ، متعدد التركيب أصبح بالامكان الحصول على آلاف المركبات الهيدروكربونية التي يمكن أن تكون مواد أولية أو وسطية أو نهائية في الصناعات البتروكيميائية ، ونظراً لأهمية هذه المنتجات فسوف نتطرق لأهم استخداماتها كمواد أساس لصناعة البتروكيميائيات وذلك كما يلي:-

● الغاز الطبيعي

يستخدم الغاز الطبيعي لانتاج الهيدروجين والكربون وتحضير غاز الإصطناع ، ويمكن الحصول من المكون الرئيس للغاز الطبيعي (الميثان) على العديد من المركبات الهيدروكربونية المفيدة وذلك عن طريق عدة تفاعلات منها الأكسدة الكاملة والجزئية ، والكلورة ، والمعالجة

الحرارية ، ونزع الهيدروجين.

● غاز التكرير

تستخدم الغازات البترولية الناتجة عن عمليات التكرير المختلفة لإنتاج غازات مختلفة ، وتتميز بأنها غازات هيدروكربونية غير مشبعة وتحتوي على ذرتين الى أربع ذرات كربون مثل الإيثيلين والبروبلين والبوتلين والبوتادايئين بالاضافة إلى شبيهاتها المشبعة ، شكل (١). ويعد غاز الإيثيلين أكثر استخداماً في وقتنا الحاضر حيث يدخل في إنتاج عشرات المركبات البتروكيميائية الوسطية والنهائية .

وتستخدم غازات التكرير كمصدر رئيس لإنتاج بتروكيميائيات متنوعة ، كما تستخدم الهيدروكربونات غير المشبعة والتي يتم فصلها من غازات التكرير في تحضير الجليسرين ، المطاط الصناعي ، البلاستيك ، المنظفات الصناعية والعديد من المذيبات العضوية وذلك بالاضافة إلى إنتاج الجازولين المصنَّع من خلال عمليات الألكلة الاليفاتية ، شكل (٢) .

● الغاز المسيّل

يتكون الغاز المسيّل من غازي البروبان والبوتان ومشتقاتهما غير المشبعة، وقد سمي بهذا الاسم نظراً لسهولة تحوله إلى سائل تحت ضغط عال وحرارة منخفضة ، ويمكن الاستفادة منه واستخدامه كمصدر لانتاج البتروكيميائيات بفصل مكوناته بالتجزئة العالية أو بالتقطير الاستخلاصي . ويوضح شكل (٢) أهم مصادر إنتاج الغازات النفطية ومكوناتها وأهم إستخداماتها لإنتاج النهايات البتروكيميائية .

● شكل (١) أهم المنتجات القائمة أساساً على الغازات النفطية بمختلف أنواعها .

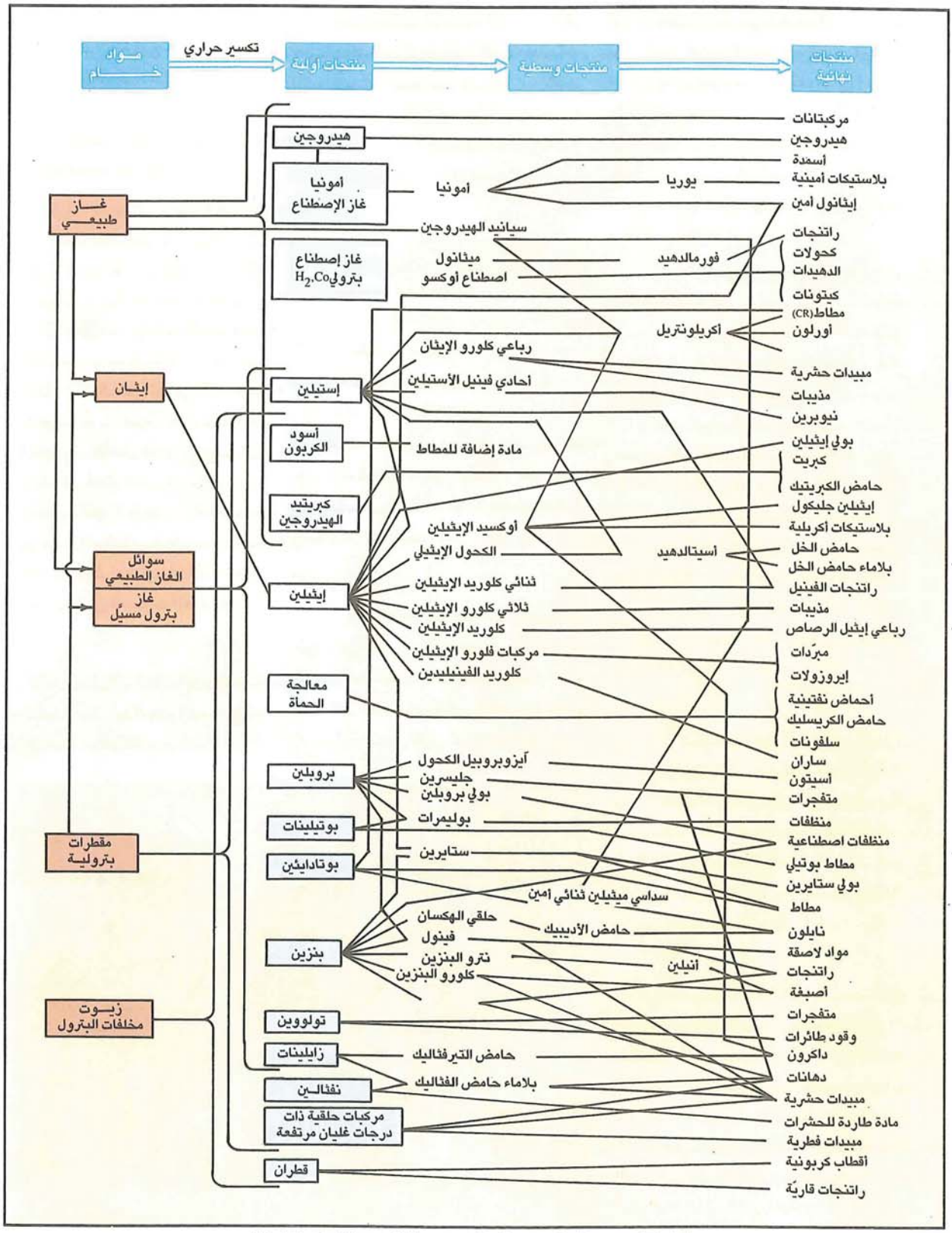
● المقطرات الخفيفة

تشمل المقطرات الخفيفة الجازولين والنفثا ، ويعد الجازولين أهمها (مدى درجة غليانه من ٤٠ إلى ٢٠٥ °م) ، وهو عبارة عن خليط من الهيدروكربونات التي تحتوي على ٥ إلى ١٠ ذرات كربون ، وتشمل مواد هيدروكربونية مشبعة مستقيمة ومتفرعة وحلقية ، ومواد هيدروكربونية غير مشبعة مثل الأوليفينات والعطريات ، وقد يصل عدد الهيدروكربونات التي يتم فصلها من الجازولين إلى ٥٠٠ مركب، ويمكن الحصول على الجازولين من النفط بعدة طرق منها عمليات التكسير الحراري والتكسير الحفزي والتكسير المهدرج والتكسير البخاري ، كما يمكن الحصول عليه من عمليات بناء الهيدروكربونات للغازات المسالة والتي تشمل عمليات الألكلة والبلمرة لجزيئين أو أكثر بوجود عوامل مساعدة .

تأتي النفثا بعد الجازولين من حيث أهميتها في المقطرات الخفيفة ، وهي مقطر يتراوح مدى درجة غليانه بين ٦٠ إلى ٢٤٠م، حسب ظروف الإنتاج ، وتستخدم مركبات النفثا بعد تجزئتها كمذيبات عضوية وذلك بعد إزالة المحتوى الكبريتي بتفاعلها مع الهيدروجين ووجود محفزات مختارة . كما تعد النفثا مصدر أساس للهيدروكربونات العطرية (البنزين ، التولووين ، والزايلينات) التي يتم فصلها بطريقة المعالجة بالمذيبات. وتعد أجزاء البنزين والتولووين والزايلينات من أهم المنتجات النفطية الاساس للعديد من الصناعات البتروكيميائية الوسطية والنهائية الهامة مثل صناعة المطاط والطلاء والستايرين والأنسجة الصناعية والبلاستيك وغيرها .

● المقطرات الوسطى

تعرف المقطرات الوسطى بأنها المقطرات



● شكل (٢) رسم تخطيطي لإستنباط البتروكيميائيات من المنتجات البترولية .

البترولية التي يتراوح مدى غليانها من ١٧٥°م إلى ٤٠٠°م . وتتراوح عدد ذرات الكربون في المقطرات الوسطى بين عشرة إلى عشرين ذرة كربون ، ومن أهم هذه المقطرات الكيروسين ووقود النفثا وزيت التدفئة والمقطرات الشمعية الخفيفة .

تعد المقطرات الوسطى مصدراً إضافيا للمركبات الهيدروكربونية ، فعلى سبيل المثال فإن الكيروسين ، يشتمل على ١٠ إلى ١٨ ذرة كربون ويتكون من البرافينات المستقيمة والمتفرعة ، كما تتواجد فيه البرافينات وحيدة الحلقة المحتوية على مشتقات الهكسان الحلقي الألكيلية ، وكذلك البرافينات ثنائية الحلقة ومشتقاتها الألكيلية ، بالاضافة الى الهيدروكربونات العطرية مثل الكيل البنزين والنفثالين ومشتقاتهما الالكيلية ، ويمكن الاستفادة من جميع محتويات الكيروسين بعد معالجة المقطرات الوسطى بعمليات التكسير أو التقطير أو غيرها من العمليات المعروفة .

● المقطرات الثقيلة والمخلفات النفطية

تعد المقطرات الثقيلة والمخلفات النفطية مصدر آخر للمركبات الهيدروكربونية ، التي يزيد عدد ذرات الكربون فيها عن ٢٠ ذرة ، وعند إخضاع هذه المركبات الى عمليات كيميائية مختلفة أهمها عمليات التكسير يمكن الحصول منها على مركبات مختلفة يستفاد منها في الصناعة البتروكيميائية إلا أن استعمالها قليل نظرا للتكلفة الكبيرة لعمليات التكسير المستخدمة فيها .

التطبيقات الصناعية

يتضح من السابق أن الغاز الطبيعي والنفط ومشتقاته على اختلاف أنواعها متمثلة في الغازات والغازات المسالة والمقطرات الخفيفة والمتوسطة والثقيلة والمخلفات النفطية تعد المصدر الأساس لصناعة البتروكيميائيات والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات تبعاً لإستخداماتها ، شكل (٢) ، وذلك كما يلي :-

● مواد بتروكيميائية أولية

هي بتروكيميائيات يمكن الحصول عليها من المنتجات النفطية مباشرة أو عن طريق عملية تصنيعية واحدة ،ومن هذه المواد يعد غاز الاصطناع (التشييد) المنتج البتروكيميائي الأولي للغاز الطبيعي . وهو أيضاً يمكن أن يكون مادة أولية لإنتاج الميثانول الذي بدوره يعد المادة الأولية لإنتاج الفورمالدهيد ، كذلك يمكن إعتبار مادة الفورمالدهيد مادة أولية لصناعة الراتنجات (Resines) ، أما الراتنجات مثل الفينول فورمالدهيد واليوريا فورمالدهيد وغيرها فإنها تعد منتجات بتروكيميائية نهائية .

ويمكن القول هنا وبعبارة أصح أن الغاز الطبيعي هو في الحقيقة المادة الأولية لجميع هذه البتروكيميائيات والتي يمكن اعتبارها ضمن المجموعة الثانية أي مواد وسطية بينما تعد الراتنجات البتروكيميائيات النهائية ، أي أن هناك سلسلة من البتروكيميائيات يمكن انتاج احداها من الأخرى ، بالاضافة الى أن كل من هذه البتروكيميائيات الوسطية تستعمل أيضا بتروكيميائيات نهائية ، فعلى سبيل المثال ، يستعمل الميثانول حديثا كوقود للسيارات ، بينما يعد الفورمالدهيد مادة نهائية عند استخدامه في حفظ الأنسجة الحيوانية .

● بتروكيميائيات وسطية

يمكن الحصول على البتروكيميائيات الوسطية من المواد البتروكيميائية الأولية بعملية واحدة أو أكثر من عمليات التصنيع، ومن أمثلة البتروكيميائيات الوسطية الكحولات والألدهيدات ، والستايرين والكيلات البنزين وحامض الفثاليك والهيدروكربونات المكلورة والمفلورة .

● منتجات بتروكيميائية نهائية

هي مركبات مصنعة من المواد البتروكيميائية الأولية والوسطية بعدة تفاعلات متتابعة ، ومن أمثلة المنتجات المواد البلاستيكية والخيوط الصناعية ومذيبات التنظيف الجاف والدهانات والكيميائيات الصناعية والمواد اللاصقة والمطاط الصناعي والراتنجات والبوليميرات عالية الكثافة والمبيدات الحشرية والأسمدة والكبريت ومشتقاته والأدوية.

● مصنع ينبت للصناعات البتروكيميائية «سابك» .