

البترول: المواد البتروكيماوية

مقدمة

تعرف البتروكيماويات بصفة عامة بأنها الكيماويات و/أو المنتجات المصنعة من البترول والغاز الطبيعي، وهي بذلك تمثل في التنظيم الهيكلي للصناعات الكيماوية القاعدة الأساسية للصناعات الكيماوية العضوية الثقيلة مع إسهام محدود للغاية من الفحم، ومصادر الكتلة الحيوية في الوقت الحاضر .

ويتكون قطاع صناعة البتروكيماويات من ست صناعات، حُدِّت طبقاً للتصنيف الدولي القياسي للتجارة SITC ، والنظام الدولي للتصنيف الصناعي ISIC على الوجه المبين في **الجدول الرقم (١)**

الجدول

الجدول الرقم (1)

تصنيف قطاع صناعة البتروكيماويات

الرقم الكودي	الرقم الكودي	مجموعة المنتجات
طبقاً للتصنيف الصناعي	طبقاً لتصنيف التجارة	
ISIC	SITC	
3513.01	231.20 599.79	المطاط الصناعي 1.
3513.04, 13.31 3513.73 3511.03, 3511.05	266.21, 266.22 266.31, 266.32	الألياف الصناعية 2.

البتروكيماويات 3.	299.75	.. etc.
العضوية	581.12, 581.99	3513.10, 3513.13
مواد البلاستيك 4.		3513.16, 3513.19
		3513.22, 3513.25
		3513.28
	513.27	3529.01
الكربون أسود 5.	554.20	3523.04
المواد ذات النشاط 6.		
السطحي		

وتشتمل أي صناعة بتروكيماوية على عدد من المراحل، تتمثل في :

١. اختيار الخامة الأولية أو مادة التغذية Feedstock وتجهيزها، من منتجات تكرير البترول الخام، و/أو الغاز الطبيعي، الغازات البترولية المسالة، أو مخاليط منها لنسب الاحتياج من كل من البتروكيماويات الأساسية .
٢. إنتاج البتروكيماويات الأساسية Basic Petrochemicals ؛ وتنقسم إلى ثلاث مجموعات رئيسة هي :
 - أ. مجموعة الأوليفينات .
 - ب. العطريات .
 - ج. غاز التشييد .

ويمثل الإيثيلين، والبروبيلين، والبيوتادين النسبة الغالبة من مجموعة الأوليفينات التي تدخل في صناعة البتروكيماويات، بينما يمثل البنزول، والتلوين، والزيلينات البتروكيماويات الأساسية من مجموعة العطريات. أما غاز التشييد فيتكون من الهيدروجين، وأول أكسيد الكربون بنسب مختلفة، ويدخل في صناعة الأسمدة الآزوتية، والعديد من الكيماويات العضوية .

٣. تصنيع البتروكيماويات الوسيطة Intermediates من البتروكيماويات الأساسية، وتشمل قائمة كبيرة من المواد مثل أكسيد الإيثيلين EO ، الإيثيلين جليكول EG ، الميثانول، الأمونيا، حامض التريفثاليك TPA ، أسود الكربون، الإستيرين S ، الفينيل كلوريد VC ، إلخ .

٤. إنتاج البتروكيماويات النهائية End Products باستخدام واحد أو أكثر من البتروكيماويات الأساسية و/أو الوسيطة، ومن أمثلة البتروكيماويات النهائية في مجال صناعة مواد البلاستيك البولي إيثيلين بنوعياته المختلفة PE ، والبولي بروبيلين PP ، كما يمثل الإستيرين بيوتادين SB المكون الأساسي لأكثر نوعيات المطاط الصناعي استهلاكاً في الوقت الحاضر SBR ، بينما تشتمل الألياف التخليقية على ثلاث مجموعات تركيبة متباينة، هي مجموعة البولي إستر، ومجموعة البولي أميدات، ومجموعة البولي أكريلونترل. أما في مجال المواد ذات النشاط السطحي فيمثل الملح الصوديومي لحامض الألكيل سلفونيك أحد البتروكيماويات النهائية .

٥. الصناعات التكميلية Downstream Industries ، ومن خلالها يتم تصنيع منتجات للتسويق بالأشكال والمواصفات المطلوبة، عن طريق خلط البتروكيماويات النهائية مع مكونات أخرى تمثل في بعض الأحوال مواد مألوفة، وكثيراً ما تمثل إضافات خاصة تحقق تسهيل عمليات التشكيل، و/أو تحقيق مواصفات الاستخدام المطلوبة من المنتجات .

هذا وقد كان الفحم والشحومات النباتية والحيوانية والسليلوز والمولاس المصدر الرئيس لخامات الصناعات الكيماوية العضوية، ومع الارتفاع المطرد في عدد سكان العالم خاصة بعد الحرب العالمية الثانية، وزيادة الطلب على الإنتاجين النباتي والحيواني للاستهلاك الآدمي، بالإضافة إلى تقلب الأسعار نتيجة لتأثير الظروف الجوية والآفات على حجم الإنتاج الزراعي، وارتفاع معدلات التنمية الاقتصادية في الكثير من دول العالم، ازداد الاهتمام بالبتترول والغاز الطبيعي لتصنيع منتجات بديلة و/أو مكملية لمصادر الثروة الطبيعية في سد الاحتياجات، مما أدى إلى ارتفاع حجم الإنتاج العالمي من البتروكيماويات من مئات الأطنان

فقط عام ١٩٢٠) أسمدة) إلى ١٣٥ مليون طن عام ١٩٧٨ وحوالي ٢٠٠ مليون طن عام ١٩٩٥ موزعة جغرافيًا على النحو التالي :

(أ) الولايات المتحدة الأمريكية ٢٣%

(ب) أوروبا الغربية ٢٩%

(ج) جنوب شرق آسيا ١٧%

(د) اليابان ١٠%

(هـ) باقي دول العالم ٢١%

كما تطورت قيمة الإنتاج من ٤٥,٨ بليون دولار عام ١٩٧٠ إلى ٢٠٠ بليون دولار عام 1980 إلى ٣٥١ بليون دولار عام ١٩٨٥ وأكثر من ٨٣٠ بليون دولار عام 1995.

القسم الأول

نشأة صناعة البتروكيماويات وتطورها

نشأة صناعة البتروكيماويات

١. الاحتياج المتزايد للكيماويات المستخدمة في صناعة المطاط الصناعي والراتجات والألياف الصناعية، فاق بدرجة كبيرة المصادر غير النفطية، مما أوجب البحث عن مصادر جديدة لتقابل هذه المطالب .

٢. كان أول منتج كيماوى يصنع من الهيدروكربونات النفطية، هو الإيثيلين جلايكول الناتج من الإيثيلين بطريقة كلوريد الهيدرين. وقد أدخلت هذه الصناعة شركة كاربيد الأمريكية في أوائل عام ١٩٢٠. يُعدّ ذلك أول بداية لصناعة البتروكيماويات التي تطورت

بثبات على مدى عشرين عاماً. ونتيجة للمتطلبات الكبيرة التي نشأت بعد الحرب العالمية الثانية تزايد النمو في هذه الصناعة بصورة مطردة .

وحتى عام ١٩٢٠ لم تكن قد ظهرت صناعة كيماويات بدرجة ملحوظة من البترول، ولكن عند حلول عام ١٩٥٥ كان أكثر من ٢٥% من الكيماويات التي تنتج في الولايات المتحدة الأمريكية يصنف تحت اسم البتروكيماويات، وبمعدلات متزايدة أخذت صناعة البتروكيماويات تغطي جميع الكيماويات المنتجة .

٣. في عام ١٩٥٦ تم إنتاج ٣٥ بليون رطل من البتروكيماويات منها ٢١ بليون رطل مواد أليفاتية، ٣,٥ بليون رطل مواد أروماتية، ١٠,٥ مليون رطل مواد غير عضوية .

وقد ظهر النمو الهائل في صناعة البتروكيماويات من المتطلبات المتزايدة للكيماويات، والتي لا يمكن تصنيعها من مصادر أخرى. ولمدة طويلة كان قطران الفحم المصدر الرئيس للكيماويات العضوية .

٤. تعدّ المنتجات الزراعية مصدراً مهماً للكيماويات، مثل الكحول الإيثيلي، وحامض الخليك، والأسيتون، والكحول الميثيلي. وقد وضح أن هذه المصادر غير كافية تماماً لتغطية المتطلبات المتزايدة من هذه الكيماويات، علاوة على أن إنتاجها من النفط أقل من تكلفة إنتاجها من المصادر الزراعية. كما ازداد الاحتياج إلى عمليات التكرير والتكسير في صناعة النفط، والتي أدخلتها بعض الشركات لزيادة المتطلبات من كميات الجازولين ونوعياته، وتبع ذلك الازدياد في كميات الأوليفينات ذات الوزن الجزيئي الصغير مثل الإيثيلين والبروبلين والبيوتيلين، وكذلك الهيدروكربونات البارافينية، وكل هذه المواد الأولية مطلوبة في صناعة البتروكيماويات .

ونتيجة البحوث المتزايدة في مجال البتروكيماويات، تم إنتاج مواد جديدة لم يكن في الإمكان إنتاجها من مصادر أخرى، وظهرت على المستوى الصناعي كيماويات متطورة لم تكن معروفة من قبل .

وبمتابعة التطور في بعض الكيماويات خلال الحرب العالمية الأولى سجد أن الطولين كان مطلوباً لتحضير المادة المفرقة ثلاثي نيتروطولين (ت ن ت)، وقد كان إنتاج

الطولوين من قطران الفحم غير كاف، لتغطية متطلبات صناعة المفرقات، وبحلول الحرب العالمية الثانية ظهرت عملية صناعة جديدة لتحويل النافثينات النفطية إلى هيدروكربونات أروماتية. وبالرغم من أن الاحتياج لمادة (ت ن ت) كان كبيراً إلا أن إنتاج الطولوين المستخدم في صناعتها كان غير كاف. وفي الوقت الحالي أصبح ٧٠% من إنتاج الطولوين مصدره من النفط، بالرغم من أن الكميات المنتجة من قطران الفحم قد ازدادت. والحالة المماثلة لذلك، هي إنتاج الزايلين من قطران الفحم، إذ أصبح ينتج من النفط، وهذا الزايلين يستخدم في تحضير راتنجات ألكيدية، وتحضير حامض تيرفثاليك المستخدم في صناعة ألياف "الداكرون".

5. في بداية الحرب العالمية الأولى، استدعى الاحتياج الملح للأسيتون المنتج من تقطير الخشب إلى صناعته من مواد أولية جديدة. ثم ظهرت طريقة جديدة لتحضير الأسيتون من الكحول الأيزوبروبيلي، والذي تم تصنيعه من هيدرة البروبلين، وبذلك تم فتح باب جديد يوفر كميات كبيرة من الأسيتون بأسعار أرخص من إنتاجه بأي طريقة أخرى.

وكان لتحويل الغاز الطبيعي والهيدروكربونات النفطية إلى أول أكسيد الكربون؛ أو ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين المنفذ الرخيص لإنتاج الهيدروجين اللازم لصناعة الأمونيا أو الميثانول. وقد كان قبل عام ١٩٢٧ يتم الحصول على الميثانول في الولايات المتحدة الأمريكية من تقطير الخشب. إلا أن هذا الإنتاج كان غير كافٍ ولا يغطي احتياجات السوق، ووصل سعر الجالون منه إلى دولار، وفي عام ١٩٢٧ تم إدخال طريقة صناعية جديدة لإنتاج كحول الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين، وتم رفع إنتاج هذا الكحول بسعر منخفض وصل إلى ثلاثة وثلاثين سنتاً للجالون.

وبعد الحرب العالمية الثانية، أدى الاحتياج الشديد للفينول المطلوب لتحضير الراتنجات الصناعية، إلى تزايد الطلب على البنزين، الذي فاق الكميات المنتجة من فحم الكوك. مرة أخرى قابلت بحوث البتروكيماويات هذا التحدي، وتم تطور عمليات صناعية لتحويل الهيدروكربونات النفطية إلى بنزين يغطي الاحتياجات المطلوبة والمتزايدة.

خلال الحرب العالمية الثانية، كان الجلوسرين (وهو منتج ثانوي ينتج من صناعة الصابون) شحيحاً، وكان لابد من البحث عن مصدر آخر لإنتاجه. بعد الحرب العالمية ازداد الطلب على

الجلسرين في حين انخفضت المصادر التي تنتجها . كان يمكن أن يصل حجم إنتاج الجلسرين إلى مرحلة حرجية، إذا لم تتطور صناعة البتروكيماويات، وتتجح في إنتاج الجلسرين من البروبلين .

يتوقع أن تستمر احتياطات النفط اللازمة لصناعة البتروكيماويات زمناً طويلاً. وبالإضافة إلى النفط يتم الحصول على الإيثان والهيدروكربونات الكبيرة من الغاز الطبيعي، وهذه يتم تحويلها بالتالي إلى إيثيلين وأوليفينات تستخدم كمواد أولية في صناعة البتروكيماويات. وهناك اهتمام متزايد لإجراء مزيد من التطوير على طريقة (فيشر - ترويش) لإنتاج الهيدروكربونات والكحولات والألهدات والكيثونات والحموض العضوية من أول أكسيد الكربون والهيدروجين. تطوير هذه الطريقة يعطي كميات أكبر من الأوليفينات المستخدمة كمواد وسيطة. وفي الوقت الحالي يتم إنتاج أول أكسيد الكربون والهيدروجين بكميات كبيرة من الغاز الطبيعي

تطور صناعة الهيدروكربونات البارافينية

١. يُعدّ الغاز الطبيعي أهم مصدر للمواد الخام في صناعة البتروكيماويات، وسوف يستمر ذلك مادامت احتياطات النفط تغطي الاحتياجات المطلوبة. ونظراً لأن هذه الاحتياطات سوف تنضب في يوم ما، فإن جهوداً كبيرة تبذل من أجل البحث عن مصادر جديدة للهيدروكربونات كوقود أو ككيماويات. أغلب هذه الجهود تبذل في اتجاه الاستفادة من غاز التشييد، المكون من (أول أكسيد الكربون والهيدروجين)، وهذا الغاز يمكن الحصول عليه إما من الفحم أو من الغاز الطبيعي .

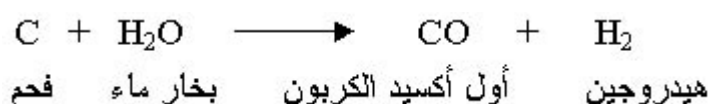
٢. كانت ألمانيا لا تمتلك إلا القليل من النفط في الماضي، ولكي تحقق اكتفاء ذاتياً منه فقد قامت باكتشاف طريقة (فيشر - ترويش) لتحضير نفط صناعي من أول أكسيد الكربون والهيدروجين المستخرجين من الفحم.. وقد استخدم هذا النفط الصناعي كوقود سائل، وكذلك في تحضير بعض الكيماويات .

ففي عام ١٩٢٣ لاحظ العالمان الألمانيان فرانز فيشر وهانز ترويش أن الهيدروجين وأول أكسيد الكربون وجد برادة الحديد القلوية، وتحت ضغط ٤٠٠-٤٥٠ جو، وحرارة 100-150° م، تتحول إلى منتج يتركب من خليط من مركبات أوكسوجينية تحتوي على كميات ضئيلة من الهيدروكربونات. ولاحظ فيشر أنه عندما يكون ضغط التفاعل ١-٧ جو تنعكس نسب المركبات الأوكسوجينية إلى الهيدروكربونات، وفيما بعد وجد أن الحفازات التي تحتوي على نيكل وكوبالت

وحديد أو روثينيوم تجعل التفاعل نشيطاً في تحويل أول أكسيد الكربون والهيدروجين إلى مركبات عضوية .

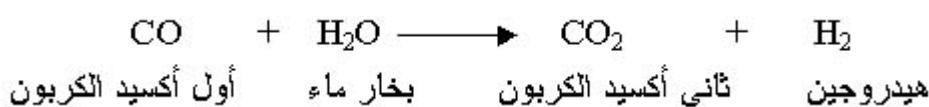
بعد الحرب العالمية الثانية ازداد الاهتمام بطريقة (فيشر - ترويش) في الولايات المتحدة الأمريكية وتم تطويرها والتوسع فيها، حتى أصبحت في الوقت الحالي منافسة للنفط في إنتاج الوقود، بالإضافة إلى اعتبارها مصدراً مهماً للكيماليات .

غاز التشييد : يشار في ألمانيا إلى خليط أول أكسيد الكربون والهيدروجين بغاز التشييد، ويتم الحصول عليه من فحم الكوك طبقاً للتفاعل الآتي :



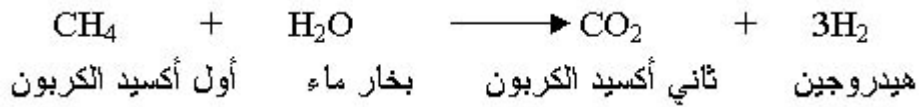
هذا التفاعل طارد للحرارة، ويتم فيه أولاً تسخين فحم الكوك حتى درجة التوهج بواسطة اللفح الهوائي. بعد ذلك يتم إدخال بخار الماء ليتكون خليط من أول أكسيد الكربون والهيدروجين. يستخدم في هذه العملية تشغيل فرنين في وقت واحد، بحيث يتم تسخين أحد الفرنين في المرحلة الأولى، ثم يتم إنتاج غاز التشييد في الفرن الآخر في المرحلة الثانية .

وللحصول على خليط مناسب من أول أكسيد الكربون إلى الهيدروجين بنسبة ٢:١ وهي النسبة اللازمة في الصناعة يتم تحويل نصف كمية أول أكسيد الكربون الناتجة إلى ثاني أكسيد الكربون وهيدروجين كالاتي :



ويتم هنا امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج بإمراره في الماء. يحتاج هذا التفاعل لحفاز مناسب، وأشهر الحفازات المستخدمة أكسيد الحديد المدعم بأكسيد الكروم والكالسيوم والمغنسيوم .

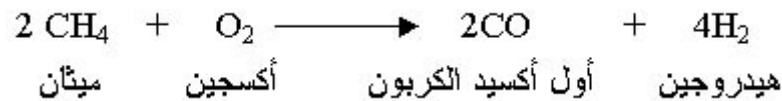
يُعدّ الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية مصدراً لإنتاج غاز التشييد أكثر من الفحم، وتستخدم في ذلك عمليتين: العملية الأولى تشمل تفاعل الغاز الطبيعي (الميثان) مع بخار الماء .



في العملية الأولى يكون التفاعل ممتصًا للحرارة، في حين أنه في العملية الثانية يكون التفاعل طاردًا للحرارة، بحيث يزداد معدل التفاعل الأول بالنسبة للتفاعل الثاني كلما ارتفعت درجة الحرارة. يحتاج تفاعل الميثان مع البخار إلى حفاز في حرارة أقل من ١٣٠٠°م. وأغلب الحفازات هنا تحتوي على نيكل .

نظرًا لأن تفاعل الميثان مع البخار يكون نسبة عالية من الهيدروجين، فإنه عادة ما يستخدم هذا التفاعل كمصدر للهيدروجين اللازم لصناعة الأمونيا. ويتم هنا تحويل أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون بالتفاعل مع بخار الماء .

الطريقة الثانية لتحضير غاز التشييد من الغاز الطبيعي تشمل الاحتراق الجزئي في وجود كمية محدودة من الهواء أو الأوكسجين. وهذه العملية طاردة للحرارة، ولا تحتاج إلى حرارة خارجية، وتعدّ اقتصاديًا أرخص من الطريقة الأولى. ويسير التفاعل هنا طبقاً للآتي :



80% من الإنتاج العالمي للأمونيا يرجع الفضل فيه إلى الهيدروجين الناتج من الغاز الطبيعي، والذي يشكل ٧٠% من مصادر الهيدروجين. أما باقي مصادر الهيدروجين (٣٠%) فهي تنتج من النافثا والمقطرات الثقيلة . عادة ما يكون الغاز الطبيعي مشوبًا بمركبات كبريتية (كبريتيد الهيدروجين)، وذلك يستلزم إزالتها بواسطة إمرار الغاز فوق طبقات محملة بحفازات الكربون وأكسيد الزنك في حرارة ٤٠٠°م. أما في حالة نزع المركبات الكبريتية من النافثا فتستخدم لذلك وحدات نزع الكبريت بالهدرجة في حرارة ٤٠٠°م وضغط 40٣٥ - جو في وجود هيدروجين، والمرور فوق حفازات الكوبالت والموليبدنيوم التي تضمن نزع الكبريت بالكامل . الجدير بالذكر أن الطن من الغاز الطبيعي (ميثان) ينتج ٢ طن أمونيا، في حين أن طن نافثا ينتج ١,٧ طن أمونيا، وذلك بالنسبة للإنتاج العالمي الحالي خلال العقدين الأخيرين .

القسم الثاني
صناعة المواد البتروكيمياوية الأساسية

١. تمثل الجداول الأرقام 2، 3، 4 (الطلب العالمي وطاقات الإنتاج لعدد من البتروكيمياويات الأساسية عام 1994 والطلب المتوقع عليها عام ٢٠٠٠).

الجدول الرقم (2)
الطلب العالمي على الإيثيلين

	2000
مليون طن حجم الطلب، *	87
%	
<u>الجغرافي للطلب التوزيع *</u>	23.7
— الولايات المتحدة	21.3
— أوروبا الغربية	
— أوروبا الشرقية	6.2
— كندا	3.5
— اليابان	8.5
— أمريكا الجنوبية	5.9
— شرق آسيا	16.4
— الشرق الأوسط	7.0

الجدول الرقم (3)
الطلب العالمي على البروبيلين

	2000
مليون طن حجم الطلب، *	47
الجغرافي للطلب التوزيع *	%
— الولايات المتحدة	27.3
— أوروبا الغربية	27.0
— أوروبا الشرقية	5.6
— كندا	1.1
— اليابان	11.4
— الشرق الأوسط	2.6
— أمريكا الجنوبية	5.9
(غير اليابان) — دول الشرق الأقصى	18.1
— أستراليا	0.6

الجدول الرقم (4)
العرض والطلب العالميين على البنزول

	2000
الإنتاجية، مليون طن الطاقة *	39.8
— الطلب	%
— آسيا / الباسيفيك	9.90
— أمريكا الشمالية	9.35
— أوروبا الغربية	7.34
— أوروبا الشرقية	2.85
— الشرق الأوسط وأفريقيا	0.90
— أمريكا الجنوبية	0.95
الطلب إجمالي -	31.29

ولما كان الإيثيلين الأعلى طلبًا، فقد تطورت الطاقات الإنتاجية له في أوروبا الغربية منذ بدء إنتاجه على المستوى التجاري عام ١٩٤٢م، إلى ١٥٠ ألف طن عام ١٩٥٠م، ٢٩٠ ألف طن عام ١٩٥٥م، ثم إلى ١,٠٩ مليون طن عام ١٩٦٠، 2.32 مليون طن عام ١٩٦٥م، ثم قفز إلى ٧,٨٤ مليون طن عام ١٩٧٠م، و١٣ ثم ١٦ مليون طن في عامي ١٩٧٥م، ١٩٨٠م على التوالي .

٢. وقد تضافرت عوامل ارتفاع أسعار البترول والركود الاقتصادي، وعدم وجود توازن بين العرض والطلب إلى إغلاق عدد من وحدات الإنتاج خلال الفترة من ١٩٨٠ إلى ١٩٨٥، ومنذ عام ١٩٨٥ وحتى الآن تسير أعمال التوسع في الطاقات الإنتاجية مع معدلات زيادة الطلب بقدر الإمكان.

كما ارتفع متوسط الطاقة الإنتاجية لوحدات التكسير الحراري للنافثا من ٣٣ ألف طن عام ١٩٦٠ إلى ١٣٠ ألف طن عام ١٩٧٠، ثم إلى ٣٠٠ ألف طن عام ١٩٩٠، وتعدّ الطاقة المتعارف عليها حاليًا 450-500 ألف طن إيثيلين سنويًا، ويرجع ذلك إلى انخفاض تكلفة الإنتاج بزيادة الطاقة الإنتاجية للوحدة، على أن ذلك لم يمنع إنشاء وحدات بطاقة أقل أو أكثر حتى وقتنا هذا، وتشغيلها اقتصاديًا، إذ يمثل حجم الإنتاج أحد العوامل المؤثرة على اقتصاديات عملية الإنتاج، وليس العامل الوحيد، وربما كانت أسعار مواد التغذية والطاقة أهم العوامل المؤثرة على اقتصاديات الإنتاج.

هذا وقد بلغ استهلاك مواد التغذية في عام ١٩٩٤ على المستوى العالمي ١,٧ بليون برميل أكثر من نصفها نافثا، بينما بلغ حجم الاستهلاك من الإيثان والبروبان ٣٥% من إجمالي الاستهلاك .

٣. كما تجدر الإشارة إلى أن اختيار مادة التغذية تتوقف على عدة عوامل، تشمل: ضمان الإمداد، والأسعار، ونوعية ونسب مكونات منتجات وحدة التكسير الحراري (إيثيلين - بروبيلين - بيوتاديين - أروماتيات... الخ)

ويقدر بعض الخبراء أنه سوف يتم التعاقد على إنشاء عشر - خمس عشرة وحدة لإنتاج الإيثيلين في عام ٢٠٠٠ بطاقة متوسطة ٤٥٠ - ٥٥٠ ألف طن للوحدة. كما ينتظر أن تكون أكبر الدول المصدرة للإيثيلين عالميًا بحلول عام ٢٠٠٠ هي السعودية، قطر، ليبيا، كوريا، واليابان. وأن تكون أهم الدول المستوردة له إندونيسيا، الهند، تايلاند، تايوان، ومنطقة جنوب أوروبا.

هذا وقد توصلت شركة UOP بالاشتراك مع شركة Norsk Hydro النرويجية إلى تكنولوجيا جديدة لتحويل الميثانول إلى أوليفينات، وقدرت احتياجات مادة التغذية في وحدة إنتاج ٥٠٠ ألف طن إيثيلين بالإضافة إلى ٣٠٠ ألف طن بروبيلين سنويًا بحوالي ٢,٥ مليون طن ميثانول. وترى الشركتان، أن الطريقة المبتكرة تتساوى في اقتصادياتها مع تكنولوجيا التكسير البخاري للإيثان، وتفضل تكسير النافثا. وفي حالة ثبوت جدوى هذه التكنولوجيا، ينتظر

التوسع في إنشاء وحدات جديدة لإنتاج الميثانول بالعديد من دول العالم النامي، وتصديره بتكلفة أقل من تكلفة نقل الغاز الطبيعي أو الغازات البترولية المسالة للدول الصناعية لإنتاج البتروكيماويات .

٥. أما بالنسبة للبروبلين فهناك طلب متزايد عليه لإنتاج البولي بروبيلين، وكذلك المطاطات من نوعية الترموبلاستيك أساساً. ولما كان ٨٠% من إنتاج البيوتاديين يدخل في صناعة المطاط الصناعي فإن الطلب عليه ينتظر أن يستمر في النمو مع ازدياد الطلب العالمي على المطاط الصناعي .

٦. أما بالنسبة للبنزول والأروماتيات بصفة عامة فإن الاعتبارات البيئية سوف تحد من محتواها بالجازولين، الأمر الذي يدعو لاستخدام تكنولوجيات أخرى بديلة لتكنولوجيا الإصلاح الحفزي للنافثا كأحد المصادر الأساسية للبنزول والأروماتيات كالاتي :

الاستخدامات	%
ولي إيثيلين عالي الكثافة	٢٤
ولي إيثيلين منخفض الكثافة	١٩
ولي إيثيلين منخفض الكثافة خطي	١٣
ستايرين	٧
بولي فينيل كلوريد	١٥
أكسيد الإيثيلين والإيثيلين جليكول	١١
مواد أخرى	١٢

مواد ناتجة من الغاز الطبيعي

يُعدّ الغاز الطبيعي أحد المصادر الرئيسية لصناعة البتروكيماويات في العالم. ويُعدّ الميثان المكون الرئيس للغاز الطبيعي، وتقل نسبته إلى أكثر من ٩٠% من عديد من الغازات الطبيعية. تعديل الغاز الطبيعي ينتج أول أكسيد الكربون والهيدروجين، وهذان الغازان في خليط منهما يسمى بغاز التشييد .

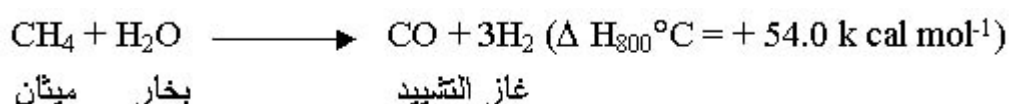
غاز التشييد SYNTHESIS GAS SYN-GAS

غاز التشييد هو خليط من غازي أول أكسيد الكربون والهيدروجين بأية نسب منهما، وقد تستعمل هذه المخاليط كما هي، أو يفصل مكوناتها لاستعمال كل منهما على حدة، وينتج غاز التشييد بتفاعل الغاز الطبيعي مع بخار الماء عن طريق عمليتين أساسيتين: هما عملية التعديل ببخار الماء، وعملية الأكسدة الجزئية، وتستعمل هاتين العمليتين الغاز الطبيعي كمادة أولية بصفة أساسية، إلا أنهما يمكنهما أيضاً، استعمال مقطرات أثقل، فبعملية التعديل ببخار الماء قد تستعمل مقطرات ثقيلة مثل السولار إلا أن الأكسدة الجزئية قد تستعمل أبعد من ذلك لتشمل مخلفات التقطير الثقيلة. heavy residues.

1-عملية التعديل ببخار الماء The Steam Reforming Process

هذه العملية حفزية catalytic ، يستعمل فيها حفازات تحتوي على أكسيد النيكل، على ألومينا NiO/Al_2O_3 ، والذي يعبأ في أنابيب رأسية كطبقة ثابتة. fixed-bed ونظراً لاستعمال درجات حرارة عالية تصل إلى ١٠٠٠°م في هذه العملية، فإن السبائك المصنوع منها صلب هذه الأنابيب تحتوي على نسبة عالية من الكروم والنيكل لتقاوم التآكل. ويستفاد من حرارة غازات العادم exhaust المنبعثة من الأفران المسخنة للأنابيب المحتوية على الحفاز، في تسخين بخار الماء steam المستعمل في هذه العملية، إذ ينتج نصف بخار الماء اللازم للتفاعلات منها. والعملية من العمليات المستمرة أو السريانية continuous process flow ، والنصف العلوي من الأنابيب يحتوي على حفاز يختلف قليلاً عن الحفاز المعبأ في النصف السفلي منها، إذ أن النصف السفلي يحتوي على نسب أكبر من الأكاسيد القاعدية، مثل أكسيد

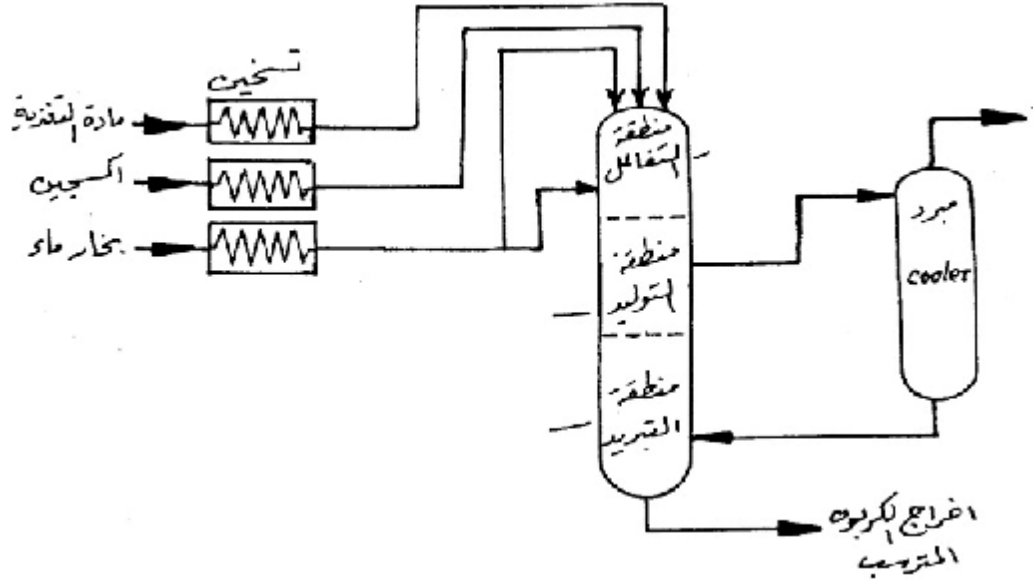
البوتاسيوم التي تعمل كمنشطات promoters ، كما تختلف درجة حرارة النصف العلوى من أنابيب الحفاز عن حرارة النصف السفلي، فالأولى حوالي ٧٠٠°م، بينما الثانية حوالي ١٠٠٠°م، والضغط المستعمل في العملية هو ٢٥ ضغطاً جويًا، وهو ضغط منخفض نسبيًا، وبالرغم من أن وجهة النظر الثرموديناميكية تلزم باستعمال ضغوط أكثر انخفاضاً إلا أن رفع الضغط إلى ٢٥ جو يساعد على عدم ترسيب الكوك Coke على الحفاز؛ لأنه ينقص من عمره التشغيلي ويسبب تفتته، أيضاً، desintegration.



2- عملية الأكسدة الجزئية PARTIAL OXIDATION

تعدّ هذه العملية أحدث من التعديل ببخار الماء، إلا أن الأخيرة أوسع انتشاراً حتى الآن، وقد زاد انتشار الأكسدة الجزئية بعد أن أصبح الأكسيد رخيص الإنتاج حالياً. وقد توصلت إلى هذه العملية شركة تكساس للبترول، لذلك تسمى، أيضاً، بعملية تكساكو نسبة لهذه الشركة The Texaco Process، كذلك يطلق عليها، أيضاً، اسم عملية التعديل بالأكسجين Oxygen Reforming؛ لأن الأكسجين يستعمل فيها، أيضاً، مما يفرقها عن التعديل ببخار الماء، ومن الأسماء المستعملة لهذه العملية، اسم عملية توليد غاز التشييد Synthesis Gas Generation، ومما يجعل هذه العملية أكثر اقتصادياً من التعديل الحفزي، أنها تستعمل مواد تغذية ثقيلة كزيت الوقود Fuel oil إذ لا يهتم استعمال أي نوع من مادة التغذية الهيدروكربونية؛ لأنها عملية غير حفزية non-catalytic؛ ولا يخشى ترسيب كربون كما في العمليات الحفزية. ومن المتوقع أن يكثر انتشار هذه العملية في المستقبل، خاصة في المناطق التي يصعب وصول الغاز الطبيعي إليها والتي هي في حاجة ملحة للمقطرات الخفيفة. **الشكل الرقم (١)** يبين مخططاً لعملية الأكسدة الجزئية لإنتاج غاز التشييد:

الشكل (١) مخطط لعملية الأكسدة الجزئية لغرض انتاج غاز التشييد



مواد ناتجة من المقطرات النفطية

تُعدّ المقطرات النفطية مصدراً أساسياً لإنتاج الأوليفينات بواسطة التكسير الحراري. وفي الوقت الحالي يُعدّ التكسير الحراري للنفط هو أهم مصدر للأوليفينات الصناعية. وتتم عملية التكسير الحراري في وجود أو غير وجود حفاز، ولكن عند عدم استخدام حفاز تتطلب العملية الصناعية درجات عالية. تتم عادة عملية التكسير الحراري في حرارة $500 - 600^{\circ}\text{C}$ ، ولكن عند الرغبة في الحصول على أوليفينات يجب أن يكون التكسير في حرارة $750 - 800^{\circ}\text{C}$.

والأوليفينات غير ثابتة من ناحية الديناميكا الحرارية في جميع أنواع درجات الحرارة، ولكن ثبات الأوليفينات بالنسبة للبارافينات المقابلة يزداد بزيادة الحرارة. لذلك يُعدّ الإيثيلين أكثر ثباتاً من الإيثان في حرارة فوق 800°C ، عموماً تُعدّ البارافينات والنافثينات أكثر الهيدروكربونات ثباتاً في حرارة تحت 250°C . أما الأوليفينات والأروماتيات فتُعدّ أكثر ثباتاً فوق هذه الحرارة.

وعندما يتعرض هيدروكربون لحرارة عالية تحدث عملية نزع الهيدروجين لتكوين الأوليفينات أو قد تتكسر الرابطة الكربونية لتكون أوليفينات وبارافينات ذات أوزان جزيئية أصغر. بالنسبة للهيدروكربونات ذات الأوزان الصغيرة تُعدّ عملية نزع الهيدروجين ذات أهمية كبرى، خاصة عند تطبيقها على الإيثان والبروبان والبيوتان. وفي هذه الحالة يتم الاستعانة بحفاز مناسب .

وتتكون الأوليفينات الثنائية والهيدروكربونات الأروماتية في حرارة أعلى من ٦٠٠°م. وتتكون الهيدروكربونات الأروماتية بتزاوج الأوليفينات والأوليفينات الثنائية. أغلب المركبات الأروماتية التي تنتج من النفط يتم صنعها بواسطة انتزاع الهيدروجين من النافثينات .

لإنتاج الأوليفينات يتم استخدام مخزون تغذية أحادي التركيب، مثل الإيثان أو البروبان أو مخزون تغذية متعدد الهيدروكربونات، مثل سوائل الغاز الطبيعي NGL Natural Gas Liquids، أو النافثا، أو زيوت الديزل الموجودة في الزيت الخام .

في أوربا، إذ يوجد نقص في الغاز الطبيعي ومكثفاته، يتم إنتاج الأوليفينات من النافثا الخفيفة أو الثقيلة (الكيروسين)، والتي يتم الحصول عليها من تقطير الزيت الخام. وفي الولايات المتحدة الأمريكية يتم إنتاج الأوليفينات من مقطرات سوائل الغاز الطبيعي NGL ونظرًا لأن هذه المقطرات أصبحت شحيحة، فإن الاتجاه يتزايد في استغلال النافثا الثقيلة والبارافينات وزيت الديزل .

يتم حاليًا تحسين خواص نوعية مخزون التغذية الثقيلة، وذلك بانتزاع الكبريت بالهدرجة أولاً، ثم القيام بعملية التكسير المهدرج .

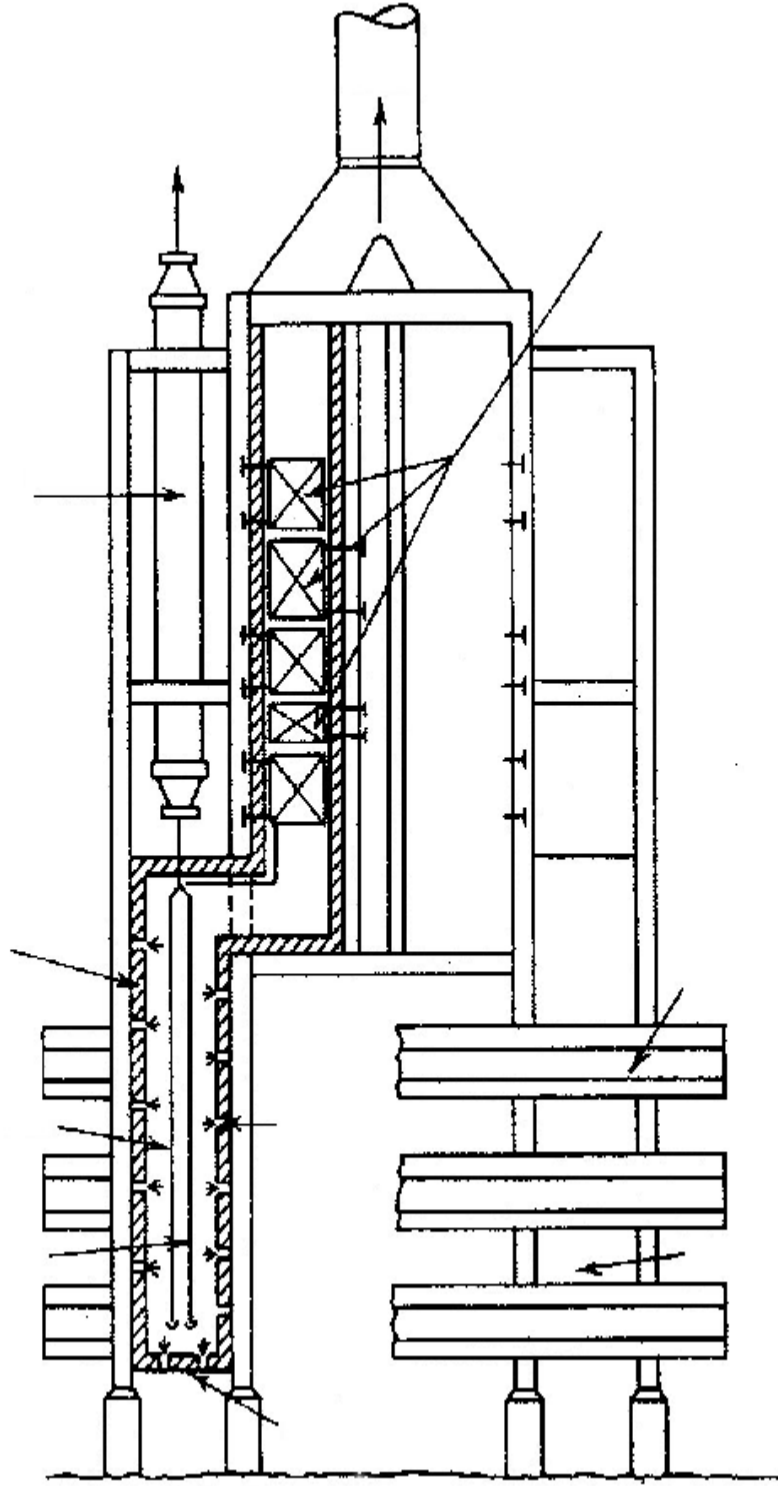
١ - الإيثيلين

أ . يتم إنتاج الإيثيلين حاليًا بواسطة التكسير الحراري للهيدروكربونات في مفاعلات ذات ملفات أنبوبية تسخن من الخارج. وقد أحرز نجاح كبير في التكسير الحراري للزيوت الخام لإنتاج الإيثيلين بواسطة شركة باسف BASF الألمانية في أواخر الستينات، ثم تلى ذلك

إحراز تقدم في إنتاج الإيثيلين بواسطة شركة يونيون كاربايد Union Carbide الأمريكية بالتعاون مع شركة داو Dow، وشركة شيبودا Chiyoda

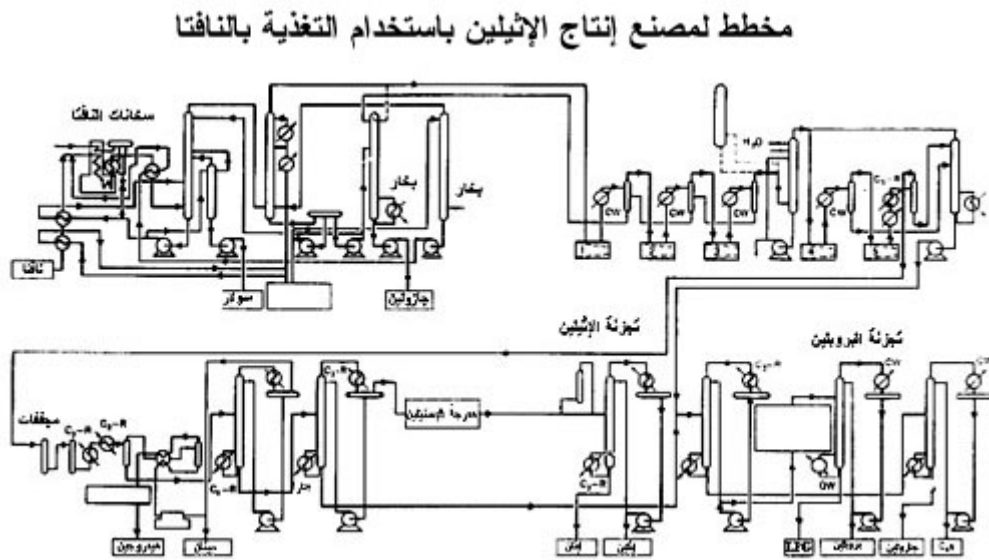
ب . في أواخر عام ١٩٧٩، بدأت شركة يونيون كاربايد إنتاج ٢٣٠٠ طن متري إيثيلين في العام بواسطة استخدام وحدة تجريبية في مدينة ستيردريفت Steadrift في تكساس. وهذه الوحدة مزودة بمفاعل أولي متقدم. ثم قامت شركة داو Dow بإقامة مصنع يملك طاقة إنتاجية قدرها ١١,٣٠٠ طن متري في العام في مدينة فري بورت Freeport في تكساس. وتُعدّ سخانات التكسير الحراري وملحقاتها من مبدلات التبريد بمثابة القلب في مصنع إنتاج الإيثيلين **الشكل الرقم (٢)**

الشكل الرقم (٢) رسم نموذجي لسخان النافثا الحرارى



ج . أما إنتاج الإيثيلين من مخزون النافثا منخفضة الكبريت فموضح في **الشكل الرقم (٣)** حيث يستخدم في ذلك ٦-٨ سخانات تكسير حراري، وأحدها يعمل كاحتياطي وذلك لإنتاج ٣٠٠,٠٠٠ طن متري إيثيلين في العام.

الشكل الرقم ٣



٢. البروبيلين

يتم إنتاج بروبيلين التكرير كمنتج ثانوي للتكسير الحفزي للسائل للسولار gas oil ، وفي الولايات المتحدة الأمريكية زادت وصلات تكرير النفط من إنتاج الجازولين مما أدى إلى زيادة إنتاج البروبيلين أكثر منه في أوروبا .

وفي عام ١٩٨١، قامت شركة يونيون كاربايد Union Carbide ، وشركات أخرى بإنتاج البروبيلين بواسطة مفاعل تكسير متقدم Advanced cracking reactor [١]، يتم فيه تكسير

الزيت الخام أو المقطرات النفطية الثقيلة المتعددة في حرارة عالية وزمن تفاعل قصير في منطقة التفاعل، مع تبريد سريع لنتاج التفاعل لتقليل المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها .

٣ - البيوتيلين

أ . ينتج البيوتيلين من عمليات التكسير الحراري لمقطرات الكربون الرباعي مثل البيوتان، إذ يتكون من نوعين من الأيزوميرات، أحدهما يسمى سيس - ٢ - بيوتيلين cis- 2 butylene، والآخر يسمى ترانس - ٢ - بيوتيلين 2 - trans - butylene.

ويتحقق أعلى ناتج من البيوتيلين في الحرارة العالية والضغط المنخفض، ومن الصعب فصل أيزوميرات البيوتيلين بواسطة التقطير. وجميع الناتج من البيوتيلين يستخدم كمصدر لإنتاج البيوتاديين.

ب . الطريقة الثانية لإنتاج البيوتيلين هي بواسطة النزع الحفزي للهيدروجين من البيوتان. ويتم ذلك في حرارة ٦٠٠°م، وضغط ١ جو، وسرعة تلامس عالية. ويستخدم في ذلك حفازات أكسيد الكروم على الألومينا، إذ يتم إنتاج مخلوط من ٧٥% - ٢ - بيوتيلين، ٢٥% ١ - بيوتيلين، وذلك من البيوتان. بعد ذلك يتم نزع الهيدروجين من ١ - بيوتيلين للحصول على البيوتاديين

والحفازات المكونة من 10-45% ألومونيا، ٥-٥٠% أكسيد الكروم، والباقي خامس أكسيد الفاناديوم أو ثالث أكسيد الموليبدنيوم سبق استخدامها بنجاح لتحويل البيوتان إلى بيوتيلين وبيوتاديين. وقد تم تنفيذ عملية نزع الهيدروجين في حرارة ٥٥٠ - ٧٥٠°م عند ضغط ١-٣ جو في وجود ١٠-٢٥ حجم بخار ماء لكل حجم هيدوكربون، سرعة التلامس النوعية هنا ٢٠٠ - ٧٠٠ حجم من غاز الهيدروكربون لكل حجم حفاز في الساعة الواحدة .

4. الأسيتيلين

يصنع الأسيتيلين بإحدى الطرق الآتية :

- طريقة كربيد الكالسيوم .
- طريقة التحلل الكهربائي للميثان .

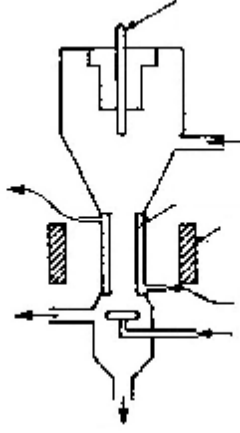
- طريقة وولف للاسترجاع التكريسي للغاز الطبيعي .
- طريقة الأكسدة الحرارية للهيدروكربونات .

أ. طريقة إنتاج الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم تعتمد على تلامس كربيد الكالسيوم للماء في ضغط أقل من الضغط الجوي. ويستلزم لإنتاج وحدة واحدة من الأسيتيلين ٢,٥ - ٣ ضعفها من كربيد الكالسيوم.

ب. طريقة إنتاج الأسيتيلين بواسطة التحلل الكهربائي للميثان تجري بواسطة قوس كهربائي للتفريغ، يتم فيه تسخين التغذية بالميثان لخفض الطاقة الكهربائية اللازمة للتفريغ. يبلغ استهلاك الطاقة في القوس الكهربائي حوالي ٦,٤٥ - ٧ كيلو واط لكل كيلو جرام أسيتيلين. في حالة استخدام التغذية بالبروبان تقل الطاقة الكهربائية المستخدمة إلى ٥ - ٦ كيلو واط لكل كيلو جرام بروبان.

قامت شركة دي بونت Pont Du الأمريكية بتطوير طريقة التحلل الكهربائي، بتصميم فرن كهربائي يتكون من قوس كهربائي يقع بين كاثود من نوع سودير برج (Soderberg) قطره ١,٢٥ سنتيمتر، والأنود هنا يتكون من أنبوبة نحاس مبردة قطرها ٩ سنتيمترات، ويحيطها ملف مغناطيسي. يدخل الغاز الهيدروكربوني منطقة القوس، ثم ينتقل إلى الأنود، إذ يتم تبريده كاملاً بالماء. التطوير الجديد هنا هو استبدال القوس الكهربائي بواسطة نفث بلازما. وتنتج بلازما الأرجون في حرارة ١٢٠٠°م ما يقرب من ٩٠ - ٩٩% أسيتيلين. انظر الشكل الرقم (٤)

الشكل (٤) طريقة دى بونت لإنتاج الأسيتيلين



ج. أما طريقة وولف لإنتاج الأسيتيلين فتعتمد على التحلل الحراري التي تتم داخل زوج من المبدلات الحرارية يقعان على جانبي غرفة الاحتراق. تتم عملية التحلل الحراري في حرارة 1300°C وما فوقها بالنسبة للميثان، في حين أنه بالنسبة للبروبان تستخدم حرارة 1200°C . يتم الاحتفاظ بضغط أقل من الضغط الجوي حوالي نصف بار، خلال عملية التحلل الحراري لزيادة إنتاج الأسيتيلين. تتميز طريقة وولف بعدم الحاجة للأكسجين النقي، وكذلك بعدم اختلاط نواتج الاحتراق مع نواتج التكسير، علاوة على عدم تكوين سناج أو كربون

د. ينتج الأسيتيلين حاليًا في شركات عديدة بطريقة الأكسدة الجزئية للميثان، باستخدام الأكسجين، وذلك يحتاج إلى أعلى طاقة للتحويل إلى الأسيتيلين. يستخدم في هذه الطريقة أفران أكسدة جزئية لإنتاج الأسيتيلين من الميثان أو الغاز الطبيعي باستغلال حرارة الاحتراق.

1 . الأروماتيات

أ. كانت أول عملية لفصل الأروماتيات من فحم الكوك، الذي كان المصدر الوحيد لهذه المركبات. بدأ الطلب على الأروماتيات يفوق ما يتم إنتاجه من فحم الكوك في حوالي عام ١٩٥١ فبدأ البحث عن مصادر بديلة أخرى

ب . خلال الحرب العالمية الأولى كان إنتاج الطولوين اللازم لصناعة مفرقات (ت ن ت) غير كاف، وسرعان ما استتبطت عمليات صناعية لإنتاج الطولوين من النفط. أما الزايلين الأيزوميرية فقد أصبح من الممكن الحصول عليها من النفط، وقد تم فصل الأرثوزايلين وأكسدته إلى أنهيدريد الفثاليك كطريقة بديلة لأكسدة النافثالين. كما تم أكسدة أيزوميرات الميثازايلين، والبارازايلين إلى حموض الفثاليك المقابلة

ج. بعد الحرب العالمية الثانية، ازداد الاحتياج على البنزين لدرجة أصبح فيها فحم الكوك (وهو المصدر الوحيد له) لا يكفي لإنتاجه، وفي الوقت الحالي نجد أن ٩٠% من الزايلين، وحوالي ٧٠% من الطولوين يتم الحصول عليها من النفط، بالإضافة إلى أنه يتم الحصول على ٤٥٠ مليون رطل بنزين من النفط كل عام. وهذه العطريات تعد الآن من أهم البتروكيماويات التجارية

د. تعدّ الأروماتيات من أهم المواد الأولية في الصناعات الكيماوية لعدة سنوات، خاصة صناعة البلاستيك، والألياف الصناعية، والراتجات، والأصباغ، والمنظفات الصناعية. لعقود قليلة كان الجانب الاقتصادي لاستخلاص الأروماتيات من مقطرات النفط غير مناسب لسببين. السبب الأول هو صناعة الطيران، وهي المستهلك الأول للأروماتيات. السبب الثاني هو إمكانية الإنتاج الوفير للأروماتيات من فحم الكوك بأسعار زهيدة. وقد انعكس هذا الاتجاه مؤخراً وأصبحت الكميات الرئيسة للأروماتيات تنتج من النفط، علاوة على أن بعض الخامات النفطية غنية بكميات كبيرة من الأروماتيات، وهذه الخامات تعدّ مصدراً مهماً لها

هـ . في الوقت الحالي أصبحت معامل التكرير معدة للإصلاح الحفزي ومعدة، أيضاً، بوحدات أخرى للبلمرة، والأكلّة، والتكسير الحراري، والتي لها القدرة على تغطية إنتاج الأروماتيات طبقاً لاحتياجات المتزايدة. لقد أصبح وقود الطائرات النفائّة والكبروسين وزيت التزيت في اتجاه الأروماتيات، وبذلك أصبح الإستخلاص البسيط للأروماتيات من هذه

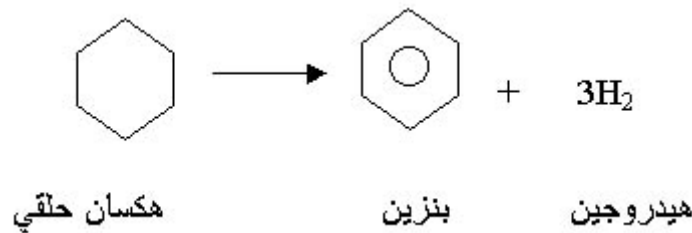
المقطرات أو من مقطرات ذات درجات غليان عالية كافيًا لإنتاج كميات وفيرة تغطي احتياجات الصناعات الكيماوية، والتي لا يمكن لصناعة فحم الكوك أن توفرها، نظراً لأن صناعة الحديد لا تتقدم بالسرعة الكافية التي تجعلها تستهلك فحم الكوك.

و . الأروماتيات ذات الفائدة الكبرى هي تلك التي لها درجات غليان منخفضة، وتشمل البنزين والطورلين والزايلين Benzene, Toluene, Xylene، ويطلق عليها ب ت إكس .BTX

وينتج ب ت إكس BTX بواسطة الإصلاح الحفزي والذي يتم بواسطته رفع كفاءة الجازولين منخفض الأوكتان إلى جازولين عالي الأوكتان باستخدام الحفازات .

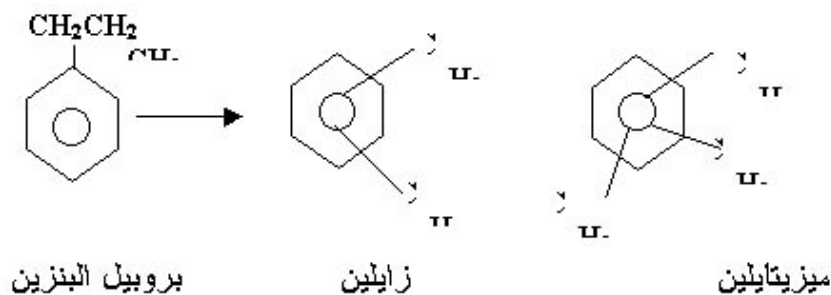
التفاعلات الآتية توضح تكوين ب ت إكس من مقطرات البارافينات ذات درجات الغليان المنخفضة (80 - 180°م):

1. نزع الهيدروجين : لتحويل النافثينات إلى أروماتيات



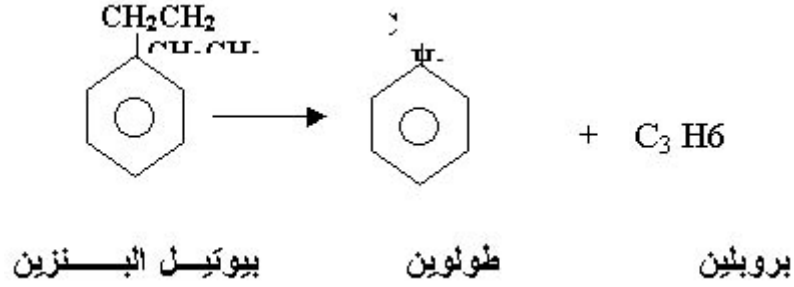
2. الأزمرة

وتنتج أعلى رقم أوكتان، إذ يتم أزمرة البارافينات الطبيعية إلى أيزوبارافينات. وعند أزمرة أروماتيات ذات سلاسل جانبية طويلة يتم الحصول على أروماتيات ذات سلاسل جانبية قصيرة .



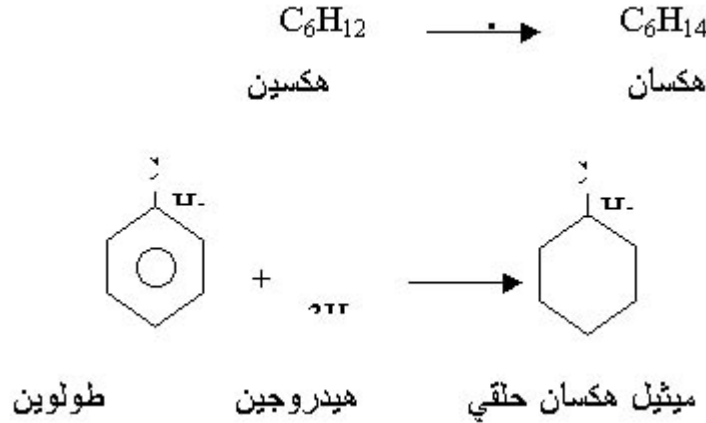
3. تكسير البارافينات

وفيها يتم تكسير البارافينات ذات الأوزان الجزيئية الكبيرة إلى جزيئات أصغر. وينطبق ذلك على الأروماتيات ذات السلاسل الطويلة .



4 . الهدرجة

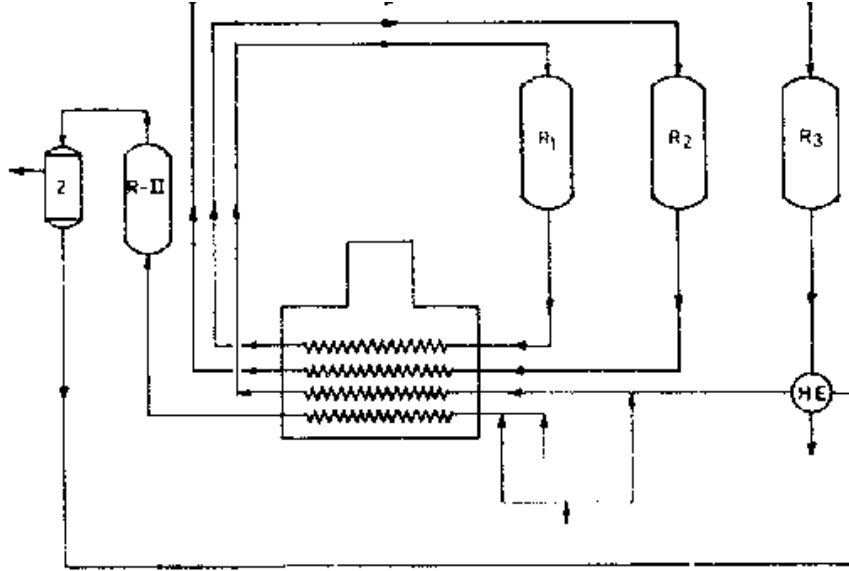
وفيها يتم تحويل المركبات غير المشبعة إلى مركبات مشبعة بالهيدروجين



ز . وقد أدى التقدم في عمليات الإصلاح الحفزي إلى ولادة عدة عمليات للإصلاح، مثل الإصلاح الحفزي، والإصلاح المنصي، والإصلاح المدعم..، وكل هذه العمليات متماثلة والاختلاف بينها يقع في عدد المفاعلات وترتيبها.

في المرحلة الأولى: تتم عملية إصلاح حفزي للنافثا للحصول على مقطرات إصلاحية طبقاً للشكل الرقم (٥)

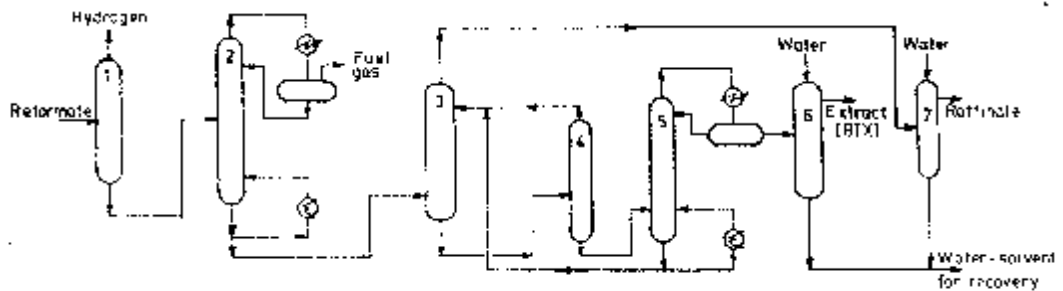
الشكل (٥) إصلاح حفزى للنافتا



في المرحلة الثانية: تتم عملية استخلاص للأروماتيات ب ت إكس من المقطرات المستصلحة طبقاً للشكل الرقم (٦) .

الشكل الرقم ٦

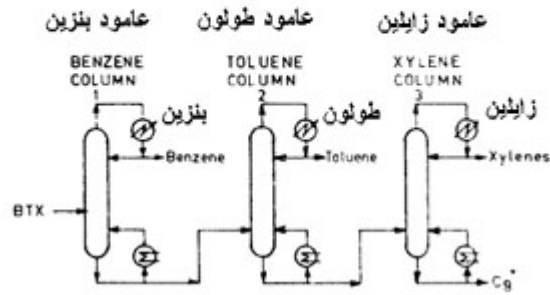
فصل النافتا المنصلحة الى أروماتيات



في المرحلة الثالثة : يتم فيها تقطير جزئي للأروماتيات ب ت إكس للحصول على البنزين والطورلين والزايلين كل على حدة طبقاً للشكل الرقم (٧).

الشكل الرقم 7

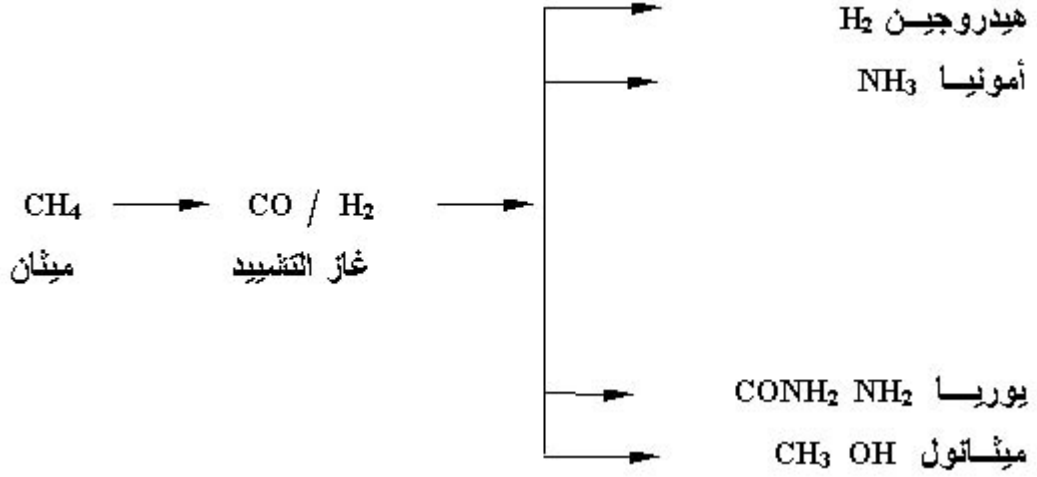
فصل خليط الأروماتيات (BTX) إلى بنزين وطولوين وزايلين



القسم الثالث

صناعة المواد البتروكيمياوية الوسيطة

1. مواد ناتجة من غاز التشييد



يلاحظ هنا أن غاز التشييد هو أهم منتج بتروكيمياوي ينتج من الغاز الطبيعي. ويعدّ غاز التشييد المادة الأولية لمنتجات الأمونيا واليوريا والميثانول .

أ. الأمونيا (النشادر)

(١) تعدّ صناعة الأمونيا واليوريا من الصناعات الرئيسة للصناعات النيتروجينية، وتمثل صناعة الأسمدة الأزوتية أهم منتجاتها.

(٢) بعد الحرب العالمية الثانية، كان الاستخدام الأساس للأمونيا هو صناعة حامض النيتريك، وذلك بواسطة أكسبتها، ثم ازداد الطلب على الأمونيا في صناعة الاسمدة. تمثل الأمونيا أهم مصدر نيتروجيني لنمو النبات، ولذلك كان يتم ضخ الأمونيا السائلة أو محلولها المائي المخفف في التربة. ويتم حالياً التوسع في إقامة مصانع إنتاج الأمونيا بمعدلات كبيرة في دول العالم. وقد وصل إنتاجها عام ١٩٩٠ في الولايات المتحدة الأمريكية إلى ٣٠٠ بليون رطل.

(٣) تستخدم الأمونيا في تصنيع أنواع من الأسمدة النيتروجينية مثل نترات الأمونيوم وفوسفات الأمونيوم واليوريا.

(٤) تعدّ عملية "هابر" أهم عمليات إنتاج النشادر وأوسعها انتشاراً، إذ يتم فيها إمرار مخلوط من النيتروجين والهيدروجين بنسبة جزيئية ١ : ٣ فوق حفاز من أكسيد الحديد المنشط في حرارة ٤٧٥ - ٥٥٠°م، وتحت ضغط ٢٥٠ - ٣٠٠ جو.

(٥) إنتاج حامض النيتريك : يتم إنتاج حامض النيتريك بأكسدة الأمونيا بالهواء في وجود حفاز من البلاتين والروديوم.

من أهم استخدامات حامض النيتريك إنتاج سماد نترات الأمونيوم ونيترة البارافينات والأروماتيات

(٦) إنتاج الأمينات : تتفاعل الأمونيا مع الفورمالدهايد المائي لتكون الهكساميثيلين تترامين (هكسامين).

ومن أهم استخدامات الهكسامين صناعة لدائن الفينول - فورمالدهايد، وفي الصناعات الدوائية، وفي صناعة مفرق RDX بواسطة النترة.

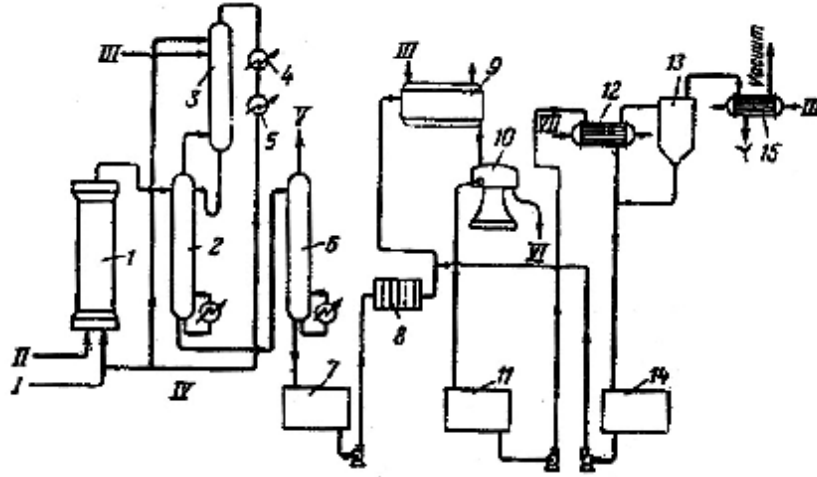
وتتفاعل الأمونيا، أيضاً، مع هاليدات الألكيل لتكون أمينات أولية وثنائية وثلاثية. وفي الصناعة توجد عملية مستمرة لصناعة أحادي ميثيل الأمين، وثنائي ميثيل الأمين، وثلاثي ميثيل الأمين، بالتفاعل المباشر بين الأمونيا والميثانول في مفاعل نازع للماء، مثل السليكا والألومينا تحت ضغط ٦ - ١٢ جو، وحرارة ٣٨٠ - ٤٥٠°م.

ب. اليوريا

يتم صناعة اليوريا بتفاعل الأمونيا مع ثاني أكسيد الكربون، وتنتج اليوريا على مرحلتين :

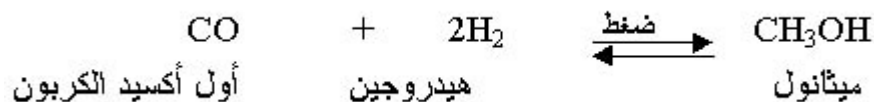
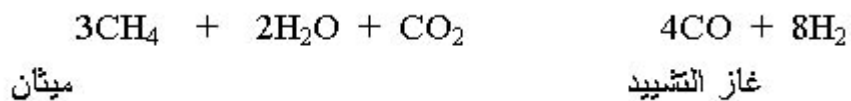
- (١) المرحلة الأولى: يتكون فيها كاربامات الأمونيوم، والتفاعل هنا طارد للحرارة، ولذلك يحتاج التفاعل لحرارة منخفضة، وضغط مرتفع نسبياً، ولذلك تستخدم حرارة ١٨٠ - ٢٠٠°م، وضغط ١٨٠ - ٢٠٠ جو، وتكون نسبة التحول إلى الأمونيا في الدورة الواحدة ٣٥-٤٠%، أما نسبة الأمونيا إلى ثاني أكسيد الكربون في التغذية فتصل إلى حوالي ٣:١.
- (٢) المرحلة الثانية: تتحلل فيها كاربامات الأمونيوم إلى يوريا وماء عند ٢٠٠°م. والتفاعل هنا ماص للحرارة. **الشكل الرقم (٨)** يوضح مخطط لعملية إنتاج اليوريا.

مخطط لعملية إنتاج اليوريا



ج. الميثانول

(١) يصنع الميثانول من غاز التشييد منذ عام ١٩٢٣ بالطريقة نفسها التي ينتج بها اليوم. وتوجد مصانع الميثانول عادة بجوار مصانع اليوريا، وذلك لأن مصنع الميثانول يستخدم ثاني أكسيد الكربون الناتج من طريقة هابر للأمونيا. في هذه الحالة يتم تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الميثان والبخار فوق حفاز النيكل، لينتج كميات إضافية من أول أكسيد الكربون والهيدروجين، ثم السير قدمًا لاتحادهما لتكوين الميثانول، الذي يستلزم ضغطًا مرتفعة جدًا حتى لا يرتد وينعكس التفاعل الأخير:



(٢) أقيم أول مصنع لإنتاج الميثانول من غاز التشييد عام ١٩٢٤ في ألمانيا بواسطة شركة باسف (BACF)، وقد استخدم في هذه الصناعة الضغوط العالية ٣٥٠٠-٥٠٠٠

باسكال، وحفاز النحاس والزنك؛ وفي السنوات التالية، طورت الحفازات لتخفيض الضغوط وتقليل تكاليف التشغيل. وفي الوقت الحالي، ظهرت حفازات متطورة من أكسيد النحاس والزنك، خفضت ضغوط التشغيل إلى ٥٠٠-١٥٠٠ بسكال في ٩٠% من مصانع الميثانول.

(٣) مازالت عملية تصنيع الميثانول مكلفة، وتجرى البحوث حاليًا لاكتشاف حفاز يسمح بتحويل الميثان مباشرة إلى ميثانول دون أن يرتد التفاعل. وما زال الأمل معقودًا لتحقيق تقدم في هذا المجال.

(٤) يشمل تصنيع الميثانول ثلاث خطوات رئيسية :

(أ) الإصلاح البخاري للغاز الطبيعي، وإضافة ثاني أكسيد الكربون لتعديل نسبة أول أكسيد الكربون إلى الهيدروجين لتكون ٢ : ١ .

(ب) الضغط من ٥٠٠ إلى ١٥٠٠ بسكال

(ج) محول حفزي لتكوين الميثانول.

(د) تنقية الميثانول وتقطيره.

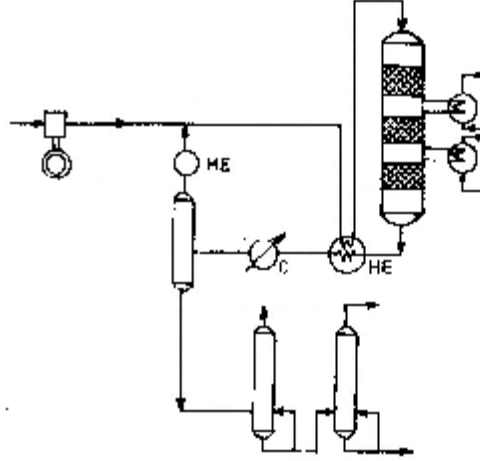
ولحماية الكباسات في المصنع يتم تزويدها من الأمام بخط من الماء. يتم تسخين الغاز المكبوس، ومروره خلال مفاعل به رفوف عليها الحفازات، وفيما بينها مبدلات حرارية. التفاعل هنا طارد للحرارة، ونظرًا لحساسية التفاعل للحرارة يتم إزالة الحرارة بسرعة .

ويحتوى مخرج التفاعل على ٥ - ٢٠% ميثانول فقط، إذ أن عملية التحويل تتم في اتجاه واحد ببطء جدًا. بعد التبريد وخفض الضغوط يزال الميثانول السائل وتنقيته بالتقطير .

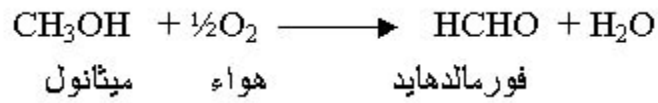
باقي غاز التشييد غير المتفاعل يتم تدويره إلى المفاعل مرة أخرى، كما هو موضح في

الشكل الرقم (٩)

مصنع إنتاج الميثانول



يتم الحصول على الميثانول بنقاوة ٩٩% وينقل داخل حاويات مغلقة. حوالي ٤٠-٥٠% من الميثانول يتم تحويله إلى فورمالدهايد بأكسدته بالهواء



يعدّ الفورمالدهايد مكوناً مهماً في صناعة اللدائن الأمينية والفينولية .

(٥) النمو المتزايد في استخدام الميثانول ليس في اتجاه صناعة البتروكيماويات، ولكن في اتجاه وقود السيارات، وذلك إما بتحويله إلى ميثيل رباعي بيوتيل الأثير MTBE ، الذي يضاف للجازولين لرفع رقم الأوكتين أو يضاف الميثانول مباشرة للجازولين.

(٦) يضاف الميثانول بنسبة ١٠% إلى الإيثانول لأسباب سياسية حتى لا يستخدم الأخير في صناعة المشروبات الروحية، ذلك لأن الميثانول يسبب دوارة وقيئاً وعمى إبصار وغيوبة، ومن ثم يحد من تداول الإيثانول كمادة مسكرة.

2. مواد ناتجة من البارافينات :

تعدّ الهيدروكربونات البارافينية من أحد المكونات الرئيسة للنفط، وهي بمثابة المواد الأولية الكبرى لتحضير البتروكيماويات. وتعدّ البارافينات المصدر الرئيس لتحضير الأوليفينات بواسطة عمليات التكسير الحراري ونزع الهيدروجين.. وقد سبق الإشارة إلى عملية تحويل الميثان إلى غاز التشييد، وكذلك عملية تحويل البارافينات (ميثان، إيثان، بروبان) إلى أسيتيلين .

ويأتي بعد استعراض للتفاعلات المهمة للهيدروكربونات البارافينية : الأكسدة والكلورة والنترة، والسلفو أكسدة والسلفو كلورة، وجميع هذه التفاعلات تنتج مواد كيماوية بالغة الأهمية، وحتى الآن لم تدخل هذه الصناعة في برامج البتروكيماويات بالمنطقة العربية .

أ. أكسدة البارافينات

(١) لم تلق عمليات أكسدة البارافينات إلا الاهتمام القليل، نتيجة بعض الصعوبات الفنية. وأولها ضرورة إجراء التفاعلات خارج حدود انفجار مخلوط الهيدروكربونات والهواء، ويستلزم ذلك استخدام كميات كبيرة من الهيدروكربونات أو من الهواء. وفي حالة استخدام فائض كبير من الهيدروكربونات يستلزم ذلك إعادة تدوير كميات كبيرة منها. وكذلك استخدام كميات كبيرة من الهواء مما ينتج عنه فقدان للنواتج الثانوية المتطايرة من مخارج الغازات.

ولذلك استبدل الهواء بالأكسجين حتى يسهل إزالة كميات كبيرة من الغاز الخامل (النيتروجين) المستخدم طحال هذه العملية الصناعية. وكللت هذه العملية بالنجاح .

المشكلة الثانية في أكسدة البارافينات هي تنوع نواتج الأكسدة، وفقدان كمية من الهيدروكربونات المستخدمة في صورة أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون. كما أنه عندما تتكون منتجات عديدة يستلزم ذلك فصل المنتجات النقية، وذلك يتطلب تكاليف باهظة .

تتأثر أكسدة البارافينات بأية تغيرات طفيفة في العمليات الصناعية، مثل الحرارة، وزمن التفاعل، ووجود حفازات، مما يصعب فيه إعادة التامة للعمليات الصناعية السابق تنفيذها .

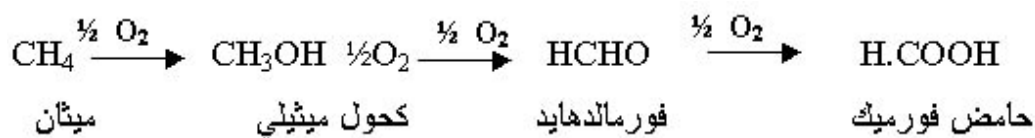
ب. هناك بعض القواعد العامة الخاصة بأكسدة البارافينات، وهي :

(١) تتفاعل البارافينات مع الأكسجين صناعيًا في حرارة ٢٥٠°م، وأعلى من ذلك.

(٢) الميثان هو الأكثر صعوبة في الأكسدة، كما أن عمليات الأكسدة تسهل كلما طالت السلاسل الكربونية للبارافينات.

(٣) تتم الأكسدة من خلال ميكانيكية الشوارد الحرة.

(٤) نواتج أكسدة البارافينات هي الكحولات، والألدهيدات، والحموض العضوية



(٥) عادة ما يحدث تكسير للسلاسل الكربونية والبارافينات العليا، وينتج عنها نواتج أكسجينية ذات سلاسل كربونية أقل.

(٦) لمنع الأكسدة الزائدة للبارافينات يلزم انخفاض في سرعة التفاعل وكذلك في زمن التلامس

(٧) تستخدم في الأكسدة حفازات من أكاسيد المعادن مثل خامس أكسيد الفانديوم.

(٨) إضافة بيروكسيدات لتوليد الشوارد الحرة تخفض حرارة التفاعل التي تحدث فيها الأكسدة كما أنها تزيد من سرعة التفاعل.

ج. كلورة البارافينات

يتم كلورة البارافينات في الحالة السائلة، أو الغازية مع وجود حفاز أو بدونها. وللأشعة فوق البنفسجية تأثير كبير في إثارة تفاعلات الكلورة، كما أنها تسمح باستخدام حرارة أقل انخفاضاً. تشمل الحفازات الفعالة في كلورة البارافينات: اليود، وثالث كلوريد الفوسفور، وثالث كلوريد الأنثيمون .

وتبدأ عملية الكلورة بميكانيكية الشقوق الحرة عند كلورة الميثان في وجود الأشعة فوق البنفسجية، إذ تسبب هذه الأشعة تفكك جزئي الكلور إلى ذرتين، كلور تعمل كل ذرة منهما على حث تفاعل متسلسل .

وعند كلورة الميثان يتكون أولاً كلوريد الميثيل CH_3Cl ، الذي يتفاعل مع ذرة كلور أخرى، وينتج كلوريد الميثيلين CH_2Cl_2 ، الذي يتحول إلى كلور وفورم CHCl_3 ، ثم في النهاية إلى رابع كلوريد الكربون CCl_4 . هناك صعوبة في التحكم في تفاعل الكلورة. ولذلك يتم تصميم عمليات الكلورة في الصناعة، بغرض تحضير منتجات أحادية الكلور باستخدام كميات كبيرة من البارافين .

هناك محاذير في استخدام مخاليط الهيدروكربون والكلور، لأنها تميل للتفاعل بانفجار، ولذلك يلزم الاهتمام بعدم إجراء هذا التفاعل في حدود الانفجار .

د. نترته البارافينات

في الماضي كان الإهتمام بالنيتروبارافينات معملياً حتى عام ١٩٣٥م عندما اكتشفت طريقة لتحضيرها بالنترته المباشرة للهيدروكربونات البارافينية في الحالة الغازية. في حالة نترته بارافين النونان في الحالة السائلة تم الحصول على ناتج بنسبة ٧٦% يحتوي على مركبات أحادية النيترو ومركبات متعددة النيترو. غير أن عمليات النترته كانت مصحوبة بقدر كبير من الأكسدة، وتحول كميات كبيرة من حامض النيتريك (المستخدم في النترته) إلى نيتروجين، وبالتالي فقدان قدر كبير من الحامض، علاوة على تكون كميات كبيرة من مركبات متعددة النيترو. وقد أمكن التغلب على ذلك بإجراء التفاعل في الحالة الغازية في حرارة ٤٠٠ -

٥٠٠م. أهم النيتروبارافينات نيتروميثان CH_3NO_2 ونيتروإيثان $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$ التي تستخدم في تحضير الأمينات .

هـ. سلفوكلورة البارافينات

تتفاعل البارافينات مع ثاني أكسيد الكبريت والكلور، أو مع كلوريد السلفوريل في وجود الضوء أو مواد باعثة للشقوق الحرة لإنتاج ألكيل كلوريد السلفونيل بكميات كبيرة. ويسمى هذا التفاعل تفاعل ريد Reed Reaction.



ومثل تفاعلات الكلورة والنترتة نجد أن تفاعلات السلفو كلورة تنتج خليطاً من أيزوميرات كلوريد السلفونيل نظراً لأن هذا التفاعل يتم عشوائياً على طول السلسلة الكربونية للهيدروكربون البارافيني، كما أن عملية كلورة أخرى تتم في السلسلة الكربونية نفسها .

باستخدام الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من المصابيح الزئبقية أو بتعريض التفاعل للضوء الشديد المتوهج، يزداد تفاعل السلفوكلورة، ويقل تفاعل كلورة السلسلة الكربونية. ولتقليل تفاعل الكلورة يجرى تفاعل السلفوكلورة في حرارة الغرفة، وباستخدام ثاني أكسيد الكبريت بزيادة ١٠ - ٣٠ %.

يمكن أن يتم تفاعل السلفوكلورة، أيضاً، باستخدام أشعة جاما. كما يمكن أن يتم تفاعل السلفوكلورة في غير وجود الضوء باستخدام حفازات عضوية مثل الديازوميثان ومركبات الأزو والبيروكسيدات العضوية .

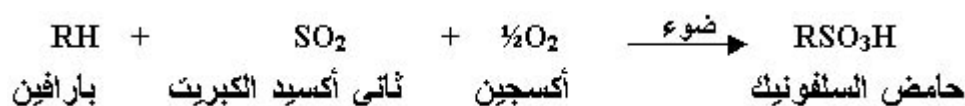
من الناحية العملية لا يمكن منع تكوين مركبات السلفوكلورة الثنائية والعديدة، ولكي يتم تقليلها يجرى التفاعل جزئياً .

يتم تفاعل سلفوكلورة البارافينات الطبيعية بسلاسة ومعدل عالٍ. وفي حالة الأيزوبارافينات تزداد نسبة الكلورة الثانوية في السلسلة الكربونية .

بارافينات كلوريد السلفونيل الناتجة من تفاعل السلفوكلورة تسمى ميرزولات Mersolates. ويتم تصبينها بالصودا الكاوية للحصول على منظفات صناعية أنيونية. $RSO_3 Na$

و. سلفو أكسدة البارافينات

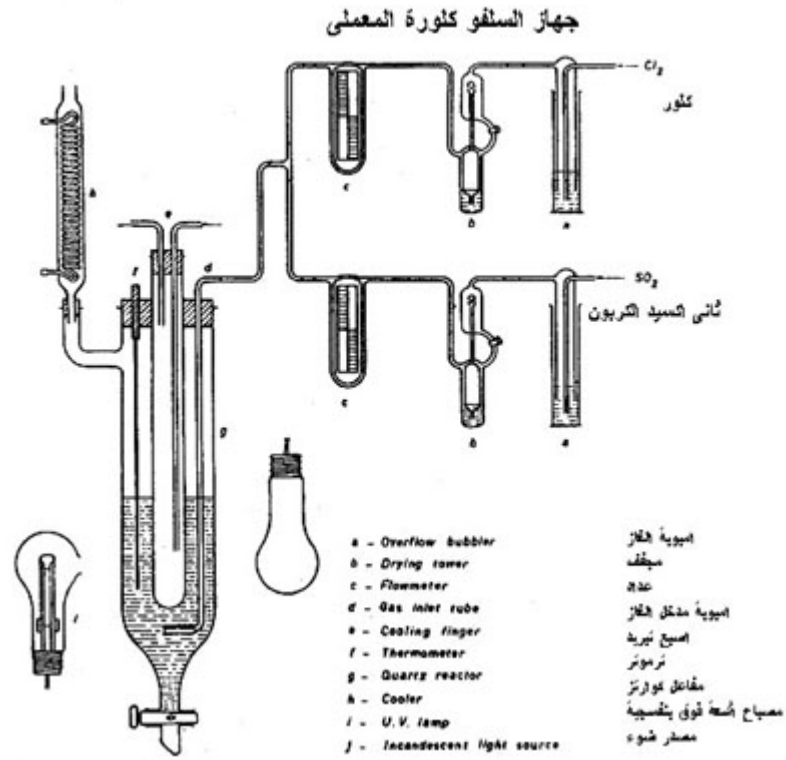
اكتشفت سلفو أكسدة البارافينات بواسطة العالم بلاتز Blatz ، الذي تمكن من مفاعلة البارافينات مع ثاني أكسيد الكبريت والأكسجين في وجود الضوء والحفازات العضوية مثل البروكسيدات للحصول على حموض السلفونيك. يتم سلفو أكسدة البارافينات السائلة في الظروف العادية باستخدام الأشعة فوق البنفسجية أو أشعة جاما أو البيروكسيدات. وتتم هنا عملية السلفنة في أي موقع على السلسلة الكربونية .



يتم تصبين حموض السلفونيك للبارافينات بواسطة الصودا الكاوية للحصول على منظفات صناعية أنيونية. $RSO_3 Na$

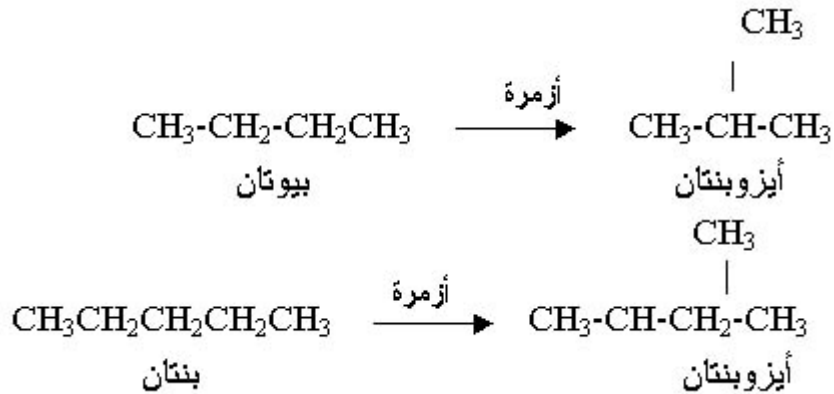
نجح الباحث المصري الدكتور / عبد الفتاح محسن بدوي، أستاذ البتروكيماويات بمعهد بحوث البترول المصري، في تطبيق عمليات السلفوكلورة، والسلفو أكسدة على بارافينات من خام زيت مرجان المصري، وقد أشاد العالم الألماني كونيك Konnecke بهذا البحث ووصفه بأنه عمل دقيق بذلت فيه عناية فائقة .

الشكل الرقم (١٠) يوضح عملية سلفوكلورة بارافين مرجان التي أجراها الباحث المصري معملًا .



ز. أزمرة البارافينات

(١) هذه العملية من أهم استعمالاتها أزمرة البيوتان العادي والبنتان العادي إلى الأيزوبيوتان والأيزوبنتان على التوالي:



(٢) المعروف أن البيوتان المتفرع (الأيزوبيوتان) يستعمل كمادة تغذية لعملية الألكلة Alkylation. ألكلة الأيزوبيوتان والأيزوبيوتين تعطي الأيزوأكتان صاحب الرقم

الأوكتينى ١٠٠ هذا بالإضافة إلى أن الأيزوبوتان يضاف إلى الجازولين المستعمل كوقود للسيارات لرفع بخريته Volatility، ورقمه الأوكتينى. أما الأيزوبنتان فإنه صاحب رقم أوكتينى مرتفع، ويعدّ من مكونات الجازولين الجيد، الذي يستعمل كوقود للسيارات والطائرات، فإذا استعملت عملية الأزمرة للبارافينات ذات ذرات الكربون $E \leq 5$ فإن الهدف سيكون إنتاج وقود له رقم أوكتينى مرتفع. كذلك يمكن أزمنة البننتان العادي ليعطي الأيزوبنتان الذي يعدّ المادة الأولية في إنتاج الأيزوبرين، والذي يمكن بلمرته لينتج مطاط الأيزوبرين.

(٣) يستعمل في الأزمنة حفاز ثالث كلوريد الألومنيوم اللامائي $AlCl_3$ ، وقد تستعمل حفازات أخرى مثل برومين الألومنيوم أو ثاني كلوريد الزنك. وتجرى عملية الأزمنة في الحالة السائلة أو البخارية. وفي الحالة السائلة تستخدم درجات حرارة منخفضة من -20 إلى 50°C ، بينما تستعمل في الحالة الغازية درجات حرارة تتراوح ما بين 160 إلى 200°C . وحينما يكون الهيدروكربون العادي المراد أزمرته محتويًا على خمس ذرات كربون فأكثر فإن عملية الأزمنة يلزمها استعمال ضغط أعلى من الضغط الجوي، وذلك لكبح جماح تفاعل التكسير؛ لأن التكسير يزداد بازدياد عدد ذرات الكربون في سلسلة الجزيء بميكانيكية أيون الكربونيوم

3 . مواد ناتجة من الأوليفينات

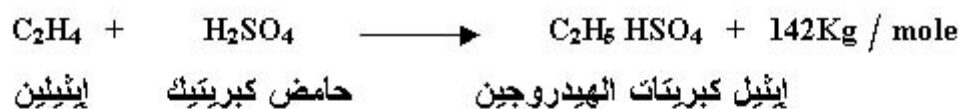
لا توجد الأوليفينات في النفط أو الغاز الطبيعي، ولكنها تتكون كناتج ثانوي بواسطة التكسير الحراري لمقطرات النفط. ويتم إنتاج الأوليفينات بكميات كبيرة عند عمليات تصنيع الهيدروكربونات من أول أكسيد الكربون والهيدروجين. وتعدّ هذه العمليات مصدرًا مهمًا للأوليفينات الناتجة من ذلك لها روابط مزدوجة طرفية تجعلها مرغوبة في الاستخدام ككيماويات وسيطة لعدة صناعات .

هناك عدة تفاعلات رئيسة مهمة للأوليفينات: الهيدرة، الأكسدة، الكلورة، البلمرة، وذلك لكي تكون كيماويات تجارية مهمة من الكحولات والأكاسيد العضوية والمركبات الكلورية والبوليمرات .

أ. الإيثانول $C_2H_5 OH$

(١) ينتج الإيثانول أساساً بواسطة تخمر المولاس في عدة دول. وفي بعض الدول ينتج الإيثانول بواسطة هيدرة الإيثيلين في وجود حفاز. وعملية الهيدرة تتم إما في الحالة السائلة أو الحالة البخارية.

هيدرة الإيثيلين في الحالة السائلة: ويتم فيها دفع الإيثيلين في حامض الكبريتيك المركز، الذي يمتصه في تفاعل طارد للحرارة. في الخطوة التالية يتم تحلل المخلوط الناتج ليتكون إيثانول وحامض طبقاً للتفاعل الآتي :



يعمل حامض الكبريتيك في هذا التفاعل كحفاز، ويتم التفاعل في درجة الحرارة العادية، ويزيد الضغط امتصاص الإيثيلين في حامض الكبريتيك. يتم تفاعل الامتصاص داخل برج التفاعل، وينتهي بخروج النواتج إلى وحدة التحلل ليتكون الإيثانول .

في التفاعل يمتص حامض الكبريتيك تركيز ٩٥% حوالي ١,٢ جزئي إيثيلين لكل جزئي حامض، والوقت اللازم للتفاعل هو أربع ساعات. في الصناعة يكون زمن الامتصاص في 98% حامض كبريتيك مركز حوالي ١ - ١,٥ ساعة، ويكون للضغط الجزئي للإيثيلين تأثير على التفاعل بحيث يحتفظ بالضغط عند ٢٠ بار .

المرحلة الثانية من التفاعل تلي الامتصاص، وفيها تبدأ عملية التحلل. يحتاج الامتصاص هنا إلى حرارة أعلى تصل إلى ٩٠ - ١٠٠°م، وزمن التفاعل يكون أطول إذا كان التخفيف عالياً. يتم معادلة المخلوط وتقطيره في برج التقطير، ويكون أول ناتج في قمة البرج هو

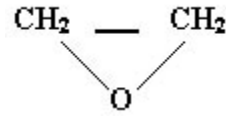
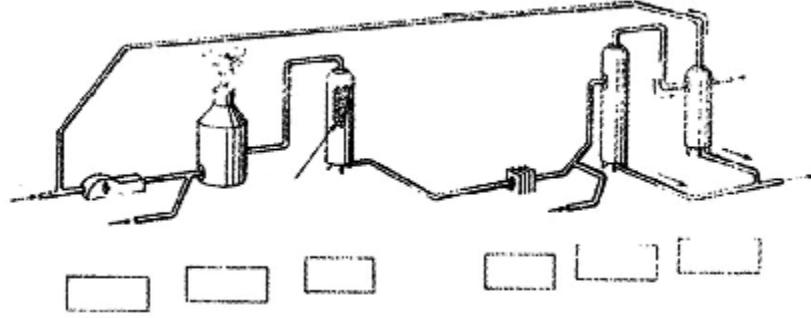
خليط من الأثير وكحول إيثيلي 60% وماء. ولتركيز الكحول يستخدم برجين أو ثلاثة أبراج للتقطير. أما متبقي الحامض في البرج فيتم تركيزه وإعادة تدويره. عادة ما يتم الحصول على كحول إيثيلي تركيز 95% في هذه العملية. أما الكحول الإيثيلي المطلق فيتم الحصول عليه بواسطة تقطير أزيتروبي مع البنزين .

(٢) الهيدرة المباشرة للإيثيلين: توجد بعض المصاعب الفنية في التعامل مع حامض الكبريتيك في الطريقة السابقة، منها تنقية الإيثانول. وقد تطورت هذه الطريقة باستخدام الهيدرة المباشرة للإيثيلين. أحسن حفاز للهيدرة المباشرة هو حامض الفوسفوريك المحمل على قاعدة سليكا - ألومينا

تلعب نسب المواد المتفاعلة والضغط والحرارة دوراً مهماً في تحديد الناتج. وأحسن ناتج يتم في زمن تلامس ١٨ - ٢٠ ثانية، وتكون نسبة الماء إلى الإيثيلين حوالي ٠,٦ - ٠,٧. ويكون الناتج نسبة ضئيلة من الإثير والألدهيد. ولكن أعلى نسبة ناتج تكون عادة في اتجاه الكحول النقي .

لتصنيع الكحول الإيثيلي في هذه العملية يتم هنا تسخين خليط من الإيثيلين والبخار، ثم يدفع هذا الخليط إلى مفاعل يحتوي على حفاز محمل فوق طبقة ثابتة. ثم يتم السماح لمواد التفاعل بالتبادل الحراري، إذ يتم بعدها إزالة باقي غازات الإيثيلين من الكحول السائل بواسطة فاصل غازي، بعد ذلك يتم دفع الإيثانول نحو التقطير، إذ تمزج الغازات مع الماء لاستخلاص أبخرة الإيثانول، ثم يتم التقطير المشترك مع محلول الإيثانول في الماء للحصول على إيثانول تركيز 95% كما هو موضح في الشكل الرقم (١١) .

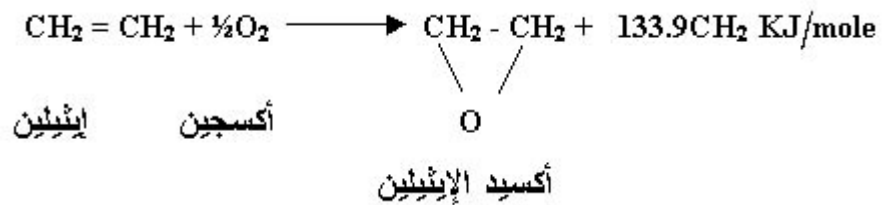
إنتاج الايثانول من الإيثيلين



ب. أكسيد الإيثيلين

(١) أصبح أكسيد الإيثيلين مادة كيميائية مهمة بعد أن أصبحت عملية الأكسدة المباشرة للإيثيلين صناعية عام ١٩٥٠. يقدر إنتاج أكسيد الإيثيلين في العالم عام ١٩٨٣ بحوالي ٦١٠ × ٨,٠٩ أطنان منها حوالي ٤٧% يتم إنتاجه في الولايات المتحدة الأمريكية

(٢) تعدّ الطريقة الحديثة لإنتاج أكسيد الإيثيلين ثورية، إذ تشتمل على خطوة واحدة في التفاعل يتم فيها أكسدة مباشرة للإيثيلين فوق حفاز الفضة. ونظرا لأن الإيثيلين قابل للانفجار لذلك تتم أكسدته خارج حدود الانفجار ويتم التفاعل كالاتي:

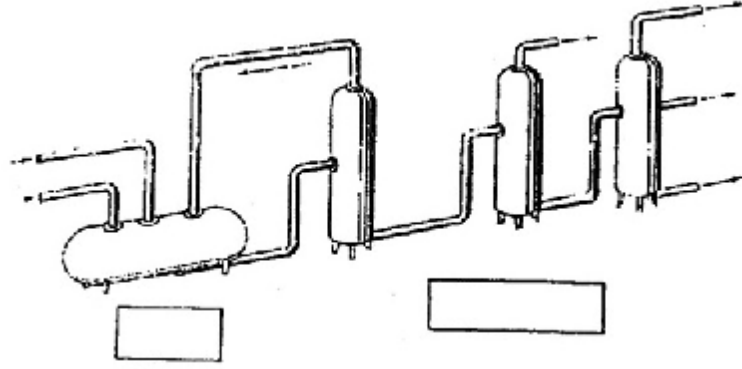


يتم في هذه العملية إزالة الحرارة الزائدة لضبط التفاعل؛ ولذلك يتم إعادة تدوير التفاعل عدة مرات. أغلب الصناعات الحديثة تعتمد على هذه التكنولوجيا. ومن الشائع إضافة وحدة لإنتاج

جلايكول الإيثيلين Ethylene glycol إلى صناعة أكسيد الإيثيلين كما هو موضح في الشكل الرقم (١٢) .

الشكل الرقم ١٢

إنتاج أكسيد الإيثيلين وجلايكول الإيثيلين



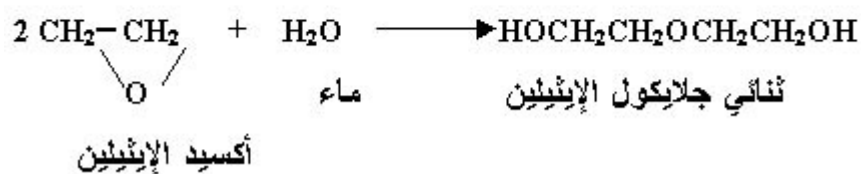
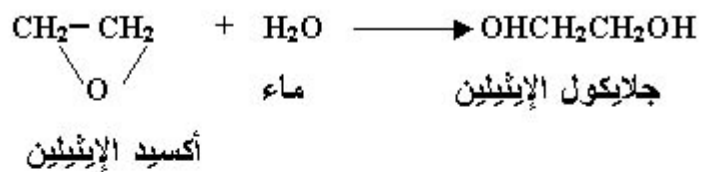
(٣) تبدأ صناعة أكسيد الإيثيلين بخليط من الإيثيلين تركيز ٩٥% وأكسجين جاف يتم إمراره فوق حفاز الفضة في مفاعل متعدد الأنابيب. يصل ضغط التفاعل إلى حوالي ١ - ٣ مللي بسكال، والحرارة حوالي ٢٠٠-٣٠٠°م. يتم هنا امتصاص الأكسجين على أسطح الفضة، إذ يثار التفاعل بالشقوق الحرة.

وينفجر خليط الإيثيلين والهواء إذا زاد تركيز الإيثيلين من ١,٧ إلى ٧٨% حجمًا عندما تنخفض الحرارة من ٥٤٠°م إلى ٤٦٠°م. وجود الأكسجين يزيد من حدود الانفجار للإيثيلين.

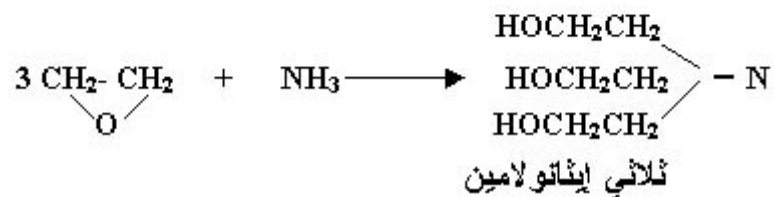
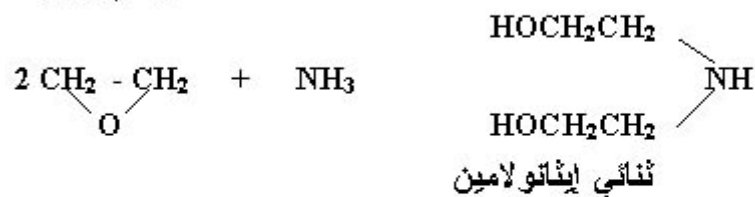
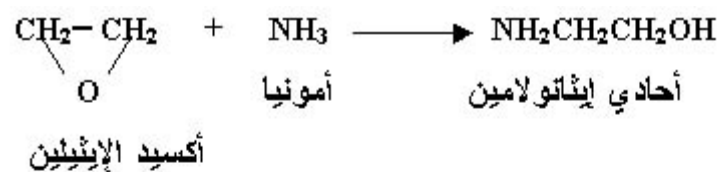
(٤) في العملية الصناعية هالكون Halcon يتم إنتاج أكسيد الإيثيلين بخليط من ١٥% إيثيلين مع ٧% أكسجين، والباقي نيتروجين. تقوم شركة شل Shell لإنتاج أكسيد الإيثيلين باستخدام خليط من ٣٠% إيثيلين مع ٨% أكسجين (الحفاز عادة يكون ٨% فضة منشطة بواسطة السزيوم والبوتاسيوم المحملة على حبيبات الألومينا). يستخدم هنا غاز خامل أو نيتروجين لتخفيف تيار الأكسجين، وذلك بتعديل إعادة دوران الغازات، والتي يكون التركيز فيها عاليًا.

الصناعة التي تعتمد على الهواء يستخدم فيها النيتروجين للتخفيف. أما الصناعة التي تعتمد على الأكسجين فيستخدم فيها الميثان.

(٥) جلايكول الإيثيلين : يتم صناعة أحادي وثنائي وثلاثي جلايكول الإيثيلين بتحلل أكسيد الإيثيلين في الماء تحت درجة حرارة ٧٠°م تحت الضغط الجوي، وطبقاً لنسب الماء كالاتي:



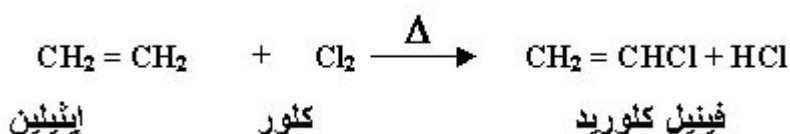
(٦) الإيثانولامينات: يتفاعل أكسيد الإيثيلين مع الأمونيا لينتج مخلوطاً من أحادي وثنائي وثلاثي إيثانولامين كالاتي



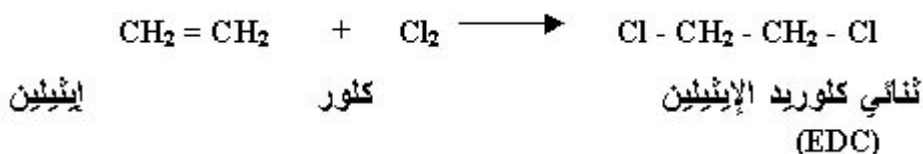
جميع الإيثانولامينات تستخدم في امتصاص ثنائي كبريتيد الهيدروجين، وثنائي أكسيد الكربون علاوة على استخدامها في صناعة المنظفات الصناعية والمذيبات .

ج. كلورة الإيثيلين

(١) التفاعل العادي بين الإيثيلين والكلور يتم بإضافة الكلور إلى الرابطة المزدوجة، ولكن في الحرارة العالية يقوم الكلور باستبدال الهيدروجين. ففي حرارة فوق ٤٠٠°م، نجد أن الإيثيلين مع الكلور بنسبة جزئية ٥ : ١ يتحول إلى فينيل كلوريد.



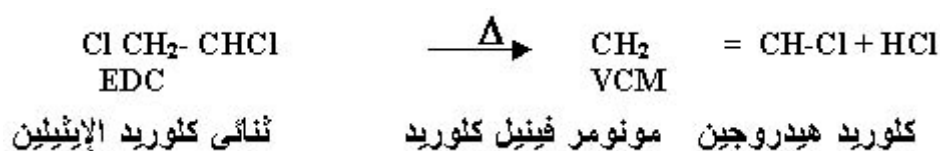
أما كلورة الإيثيلين بالإضافة، فتعطي ثنائي كلوريد الإيثيلين (EDC Ethylene Dichloride)، وهو مذيب معروف.



(٢) هذا التفاعل يتم في حرارة منخفضة، ويتم عادة في الحالة السائلة، وفي وجود مذيب خامل. التفاعل هنا طارد للحرارة، ولكي يتم منع تكوين منتجات عالية يفضل تبريد خليط التفاعل لمنع ارتفاع الحرارة أكثر من ٢٥°م. تستخدم كلوريدات الفلزات مثل كلوريد الحديدك FeCl₃ كحفاز للتفاعل ليمنع حدوث التفاعل بالاستبدال، ويجعله يتم بالإضافة في حرارة منخفضة.

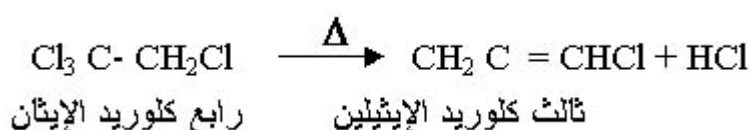
(٣) في الصناعة يتم الإنتاج التجاري لثنائي كلوريد الإيثيلين بإجراء التفاعل في الحالة الغازية بين الإيثيلين والكلور في مفاعل أنبوبي باستخدام كلوريد الألومنيوم AlCl₃ أو كلوريد الحديدك FeCl₃ كحفاز. درجة الحرارة تتراوح ما بين ١٥°م في المدخل إلى ١٣٥°م في المخرج، ويتم التفاعل في ضغط الجو، ثم يتم فصل ثنائي كلوريد الإيثيلين بالتقطير الجزئي للحصول عليه بصورة نقية ودرجة غليان ٨٣,٧°م.

يستخدم ثاني كلوريد الإيثيلين EDC كمذيب، وكمادة وسيطة لإنتاج مونومر فينيل كلوريد Vinyl Chloride Monomer VCM، وذلك بتسخين ثاني كلوريد الإيثيلين في حرارة ٦٠٠°م ليفقد جزيء كلوريد هيدروجين مكونا VCM كالاتي :



يتفاعل مونومر فينيل كلوريد مع الكلور بالإضافة ليكون ١، ١، ٢ - ثلاثي كلوريد الإيثان، وبكلورة أخرى يكون رابع كلوريد الإيثان، ثم خامس كلوريد الإيثان، وأخيراً سادس كلوريد الإيثان .

رابع كلوريد الإيثان في حرارة ٦٠٠°م يفقد جزئي كلوريد هيدروجين مكوناً ثالث كلوريد الإيثيلين المذيب الصناعي، المعروف والمستخدم في عمليات التنظيف الجاف للملابس، وفي إزالة الشحوم من المعادن .



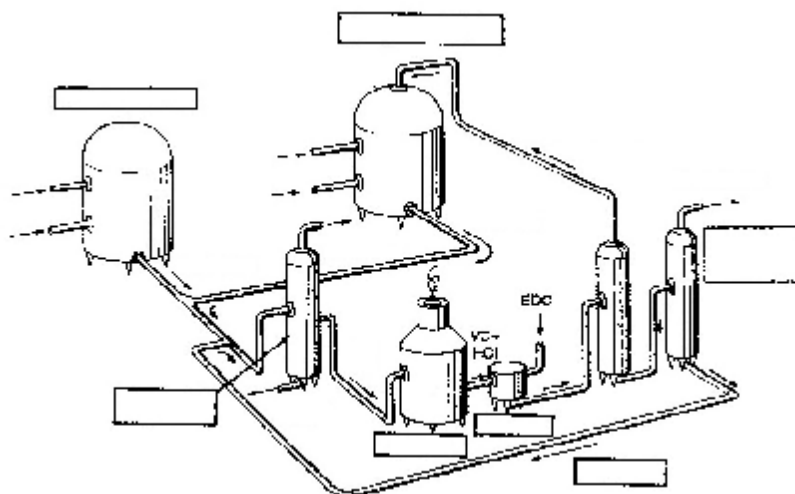
استطاعت شركة دي بونت الأمريكية إزالة كلوريد الهيدروجين من رابع كلوريد الإيثان في حرارة ٣٠٠°م، وذلك باستخدام كلوريد الباريوم BaCl₂.

تحضير ثالث كلوريد الإيثيلين من الإيثيلين، يحتاج إلى ستة ذرات كلور، في حين أن تحضيره من الأسيتيلين يحتاج إلى أربع ذرات كلور فقط، ولذلك يفضل استخدام الطريقة الأخيرة في الصناعة .

(٤) مونومر فينيل كلوريد VCM : يتم تحضير VCM في الصناعة بالعمليات المشتركة للأوكسي كلورة، والكلورة المباشرة للإيثيلين، كما هو موضح في الشكل الرقم (١٣)

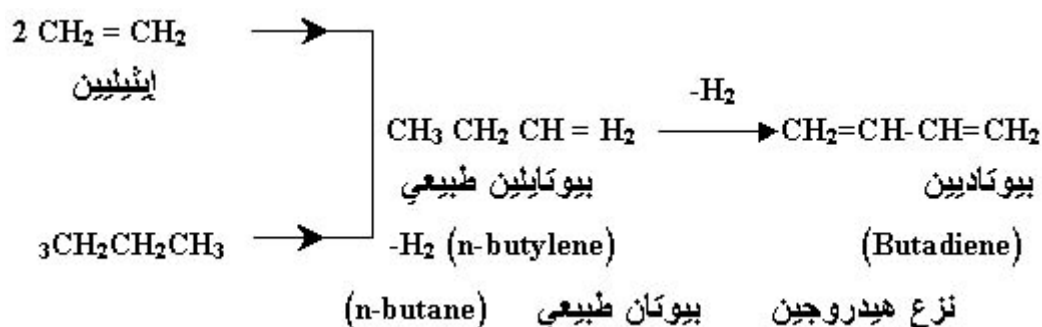
الشكل الرقم ١٣

مصنع ثنائي كلوريد الإيثيلين EDC ومونومر فينيل كلوريد VCM



د. البيوتاديين $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$

مركب ١، ٣ - بيوتاديين يعدّ أوليفين ثنائي، وهو المكون الرئيس للمطاط الصناعي، ويتم تصنيعه إما من الكحول الإيثيلي أو من الإيثيلين أو البيوتان. صناعة البيوتاديين من الإيثيلين هي الأكثر اقتصاديا حيث يتم بلمرة الإيثيلين إلى بيوتالين ثم يتبعها عملية نزع الهيدروجين أو يتم نزع الهيدروجين من البيوتان للحصول على البيوتاديين .

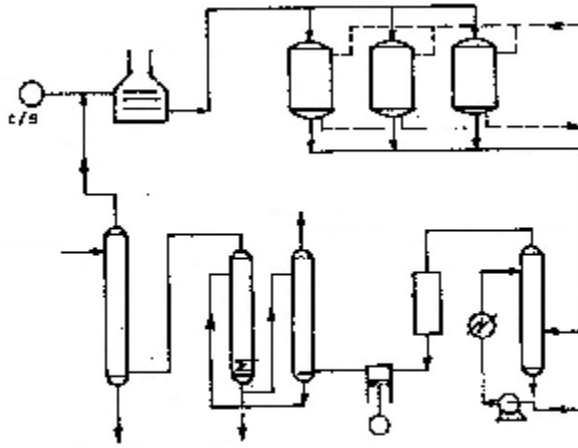


قام باعداده من الشبكة الإلكترونية المهندس : مهنا الكاطع

يتم الحصول على أغلب البيوتاديين في الصناعة بالإزالة الحفزية للهيدروجين من البيوتالين الطبيعي، الذي ينتج من التكسير الحراري للهيدروكربونات عالية الوزن الجزيئي، أو بواسطة نزع الهيدروجين من البيوتان الطبيعي n-butane ، وهذه العملية تتم في مرحلة واحدة على طبقات ثابتة أو سائلة كما هو موضح في **الشكل الرقم (١٤)**

الشكل الرقم ١٤

إنتاج البيوتاديين من البيوتان

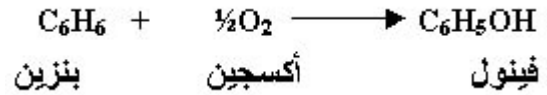


3. مواد ناتجة من الأروماتيات :

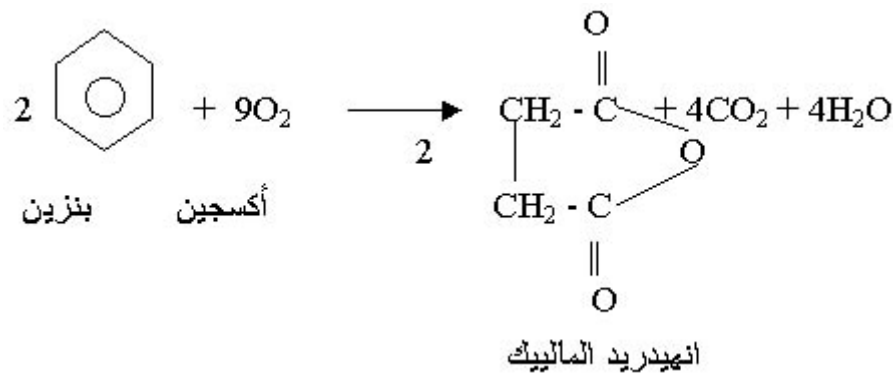
عدم ثبات الإلكترونات المرتبطة بحلقة البنزين تجعل الهيدروكربونات الأروماتية تتميز بخصائص كل من المركبات المشبعة، والمركبات غير المشبعة، مما يجعل حلقة البنزين تتفاعل مثل البارافينات بواسطة الإحلال تحت ظروف معينة، وتتفاعل بالإضافة مثل الأوليفينات تحت ظروف خاصة .

أ. أكسدة الأروماتيات

البنزين: يتم أكسدة البنزين إلى فينول دون فتح الحلقة كالاتي :



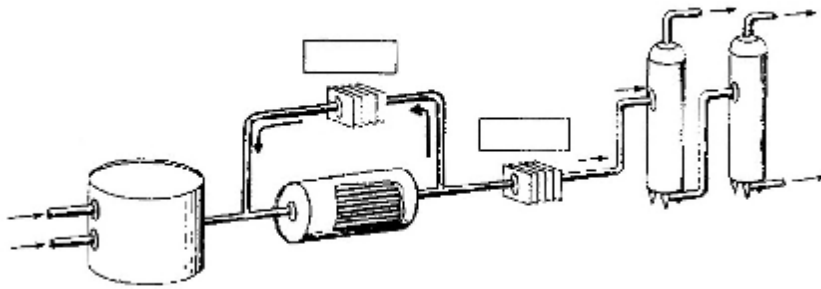
يستخدم في الأكسدة حفازات مثل أكسيد الفاناديوم V_2O_5 ، وأكسيد التنجستين WO_3 ، وأكسيد الموليبدنيوم MoO_3 والبلاتين. ويتم التفاعل في حرارة $300-400^\circ\text{C}$ تحت ضغط مرتفع $150-200$ بار، مع استخدام الهواء أو الأكسجين. هذا التفاعل ليس له أهمية صناعية، ولكن تفاعلات فتح حلقة البنزين لتكون أنهيدريد الماليك هي الأكثر أهمية، ويتم ذلك بأكسدة البنزين بالهواء، وهي من أقدم الطرق الكيماوية، وما زالت تطبق حتى الآن كالاتي :



يتم إجراء هذا التفاعل في مفاعل باستخدام أكاسيد الفاناديوم والموليبدنيوم في حرارة 380°C وتحت ضغط طبيعي، ويصل الناتج إلى $65-70\%$ كما هو مبين في **الشكل الرقم (١٥)**.

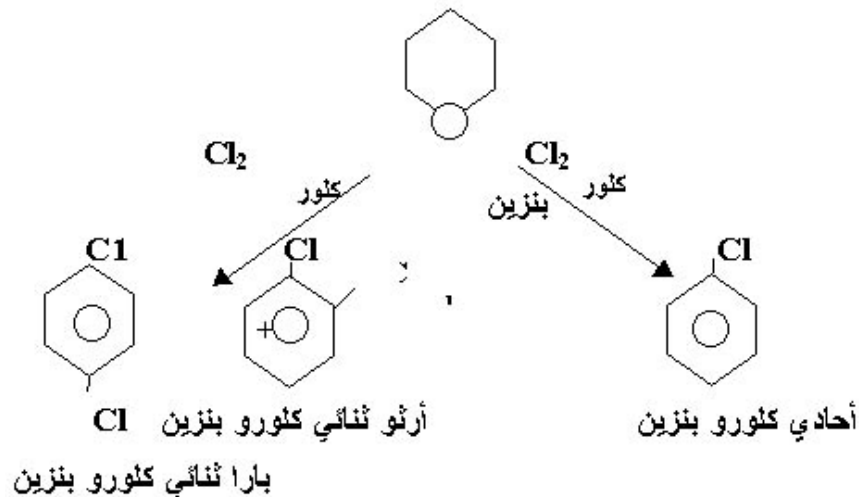
الشكل الرقم ١٥

مصنع إنتاج أنهيدريد المالبيك



ب. كلورة البنزين

(١) يعدّ أحادي كلورو بنزين من مركبات البنزين المعروفة، ويتم تحضيره بواسطة عمليات متقطعة أو عمليات مستمرة. أما في ثاني كلورو بنزين، فيكون وضع ذرتي الكلور في الوضع أرثو أو الوضع بارا، وذلك عند زيادة عملية الكلورة، والتي تعتمد على زمن التفاعل والحرارة والعامل الحفاز.



(٣) ظروف التفاعل

الحرارة ٨٠-١٠٠°م

الضغط عادي

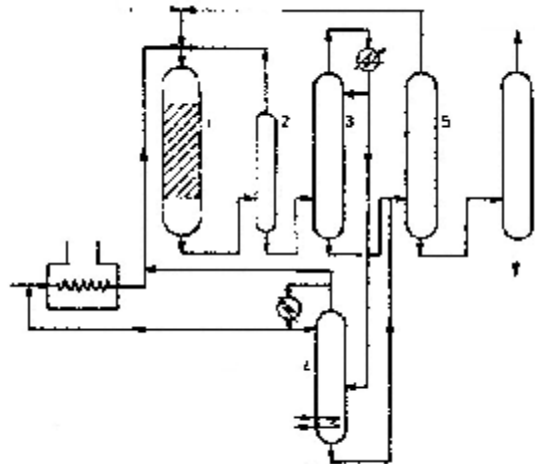
العامل الحفاز كلوريدات الألومنيوم، الحديد، القصدير

ويتم إنتاج ٨٠% من أحادي كلورو بنزين في تفاعل الإحلال الموضح بعاليه، وباقي الناتج يتكون من ثنائي كلورو بنزين. الاستخدام الرئيس لأحادي كلورو بنزين هو في صناعة الفينول والإيثيلين، والاستخدامات الأخرى تشمل صناعة البولي كلوروبنزين والنيثرو بنزين .

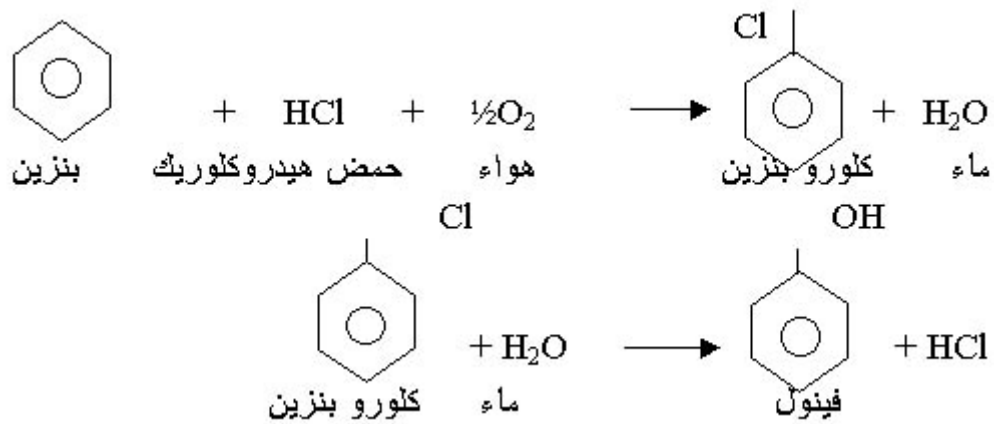
ج. الفينول

يتم إنتاج الفينول عادة بواسطة طريقة راشيغ Raschig Process ، إذ يتم تحضير الكلورو بنزين من البنزين وحامض الهيدروكلوريك والهواء، وفوق كلوريد النحاس كحفاز يتلوها تحلل الكلورو بنزين إلى الفينول بواسطة البخار كما هو موضح في الشكل الرقم (١٦)

الشكل ١٦ إنتاج الفينول من البنزين



قام باعداده من الشبكة الإلكترونية المهندس : مهدي الكاطع

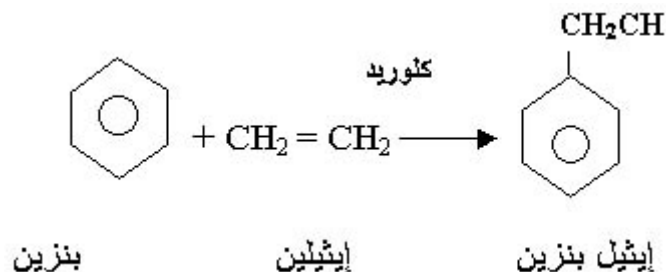


د. ألكلة الأروماتيات

ألكلة الأروماتيات ذات أهمية كبرى لتحضير إيثيل البنزين، وتحضير دوديسيل بنزين .

(1) إيثيل البنزين

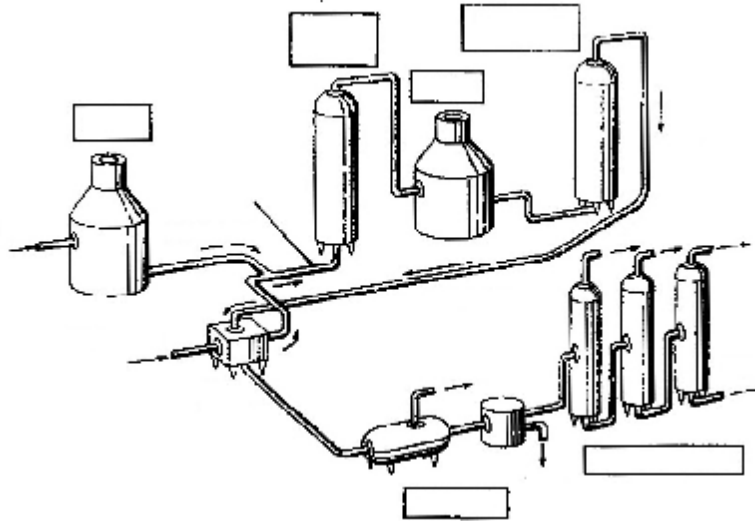
يتم تحضير إيثيل البنزين بتفاعل الإيثيلين مع البنزين في وجود كلوريد الألومنيوم أو حامض الفوسفوريك كعامل حفاز. يتم إدخال خليط من البنزين الجاف والإيثيلين (بنسبة جزيئية ١ : ٠,٦) في داخل برج الألكلة تحت ضغط جوي. يتم إضافة كمية قليلة من كلوريد الإيثيل ethyl chloride إلى الإيثيلين كمصدر لكلوريد الهيدروجين لتنشيط العامل الحفاز (كلوريد الألومنيوم). يتم التغذية بحبيبات كلوريد الألومنيوم من أعلى البرج بمعدل ثابت. ويلزم هنا رطل كلوريد ألومنيوم لإنتاج ٧٥-١٠٠ رطل إيثيل بنزين. يتم غسيل إيثيل البنزين بواسطة ٥٠% هيدروكسيد صوديوم، ثم يقطر ويستخدم في تحضير الإستايرين .



(2) الإستايرين :

يستخدم إيثيل البنزين كمادة وسيطة لتحضير الإستايرين. ويتم ذلك بعملية إزالة الهيدروجين من إيثيل البنزين باستخدام عامل حفاز مكون من أكاسيد الزنك والكروم والحديد والماغنسيوم فوق فحم منشط أو ألومينا. يتم هنا تسخين إيثيل البنزين في حرارة 520°C ، ويخلط في مفاعل مع بخار عالي السخونة حرارته 710°C (٢,٥ رطل بخار لكل رطل إيثيل بنزين)، ثم يمرر المخلوط في مفاعل يحتوي على العامل الحفاز، ويحتفظ بحرارة المفاعل عند 630°C ، إذ يتكون الإستايرين بنسبة 35-40% كما هو موضح في الشكلين رقمين 17، 18 .

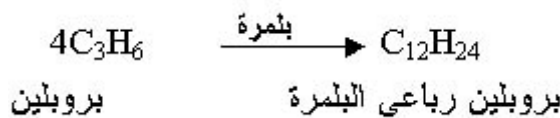
الشكل الرقم ١٧ مصنع إنتاج الإستايرين



الشكل ١٨ - مصنع بوليسار (Polysar) لإنتاج مونومر الأيستاييرين

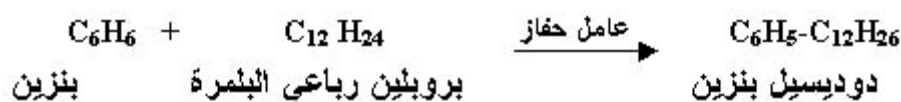
(3) دوديسيل بنزين

يتم ألكلة البنزين بواسطة أوليفينات طويلة السلسلة مثل الدوديسين. ويتم تكوين الدوديسين بواسطة البلمرة الرباعية للبروبلين التي تكون البروبلين رباعي البلمرة Propylene Tetramer كالتالي :



قام العالمان ايفرنج وبيترز Evering & Peters ببلمرة البروبلين بواسطة عامل حفاز مكون من فلوريد الهيدروجين وثالث فلوريد البورون HF-BF₃ في حرارة 40-60° م، وتحت ضغط مناسب للاحتفاظ بالحالة السائلة، مع استخدام كميات كبيرة من البروبان كوسيط لتخفيف التفاعل، وأمكن الحصول على كميات كبيرة من الأوليفينات ذات سلسلة كربونية من ١٢ إلى ١٥ . C₁₂-C₁₅

قام كذلك العلماء الثلاثة فونتانا وأوبلا وكيدير Fontana, Oblad , Kidder بتحضير البروبلين رباعي البلمرة بكميات كبيرة باستخدام عامل حفاز مكون من فلوريد الهيدروجين وثالث بروميد الألومنيوم HBr-AlBr₃ ، واستخدام البروبان كمذيب لتخفيف وسط التفاعل. وأجرى التفاعل في حرارة - ٤٠ إلى ٢٦° م لإنتاج البروبلين رباعي البلمرة. يستخدم البروبلين رباعي البلمرة في ألكلة البنزين كالتالي :



لقد وجد أن كلاً من كلوريد الهيدروجين أو فلوريد الهيدروجين أو حامض الكبريتيك كلها عوامل حفازة جيدة لإتمام عملية ألكلة البنزين، باستخدام نسبة معينة من البنزين والبروبلين رباعي البلمرة، يعطي حامض الكبريتيك كميات كبيرة من دوديسيل البنزين أكثر من استخدام فلوريد الهيدروجين أو كلوريد الهيدروجين، إلا أن الناتج يكون ملوثاً بواسطة أوليفينات غير مرغوبة يصعب إزالتها .

يعدّ فلوريد الهيدروجين حفازاً ممتازاً لألكلة البنزين في حرارة ٥-١٠°م .

دوديسيل البنزين من الكيماويات الوسيطة المهمة في تحضير المنظفات الصناعية، وذلك بواسطة عمليات السلفنة والتعادل .

هـ. نترتة الأروماتيات

(1)نترتة البنزين

يتم تحضير النيتروبنزين بواسطة النترتة المباشرة للبنزين بواسطة مخلوط من حامض النيتريك في مفاعل ثم يضاف إليه مخلوط مكون من ٥٥% حامض كبريتيك، ٣٥% حامض نيتريك، ٨% ماء، وذلك من تحت سطح البنزين في حرارة ٥٠-٥٥°م، ويستغرق التفاعل ٢-٦ ساعات .

يتم دفع مخلوط التفاعل إلى حوض الفصل، إذ يتم سحب النيتروبنزين الخام وغسله لإزالة أي بقايا حموض ثم تجفيفه وتقطيره. أغلب النيتروبنزين المتكون يحول إلى أنيلين بواسطة الهدرجة الحفزية في وجود الحديد والماء.. كالاتي .

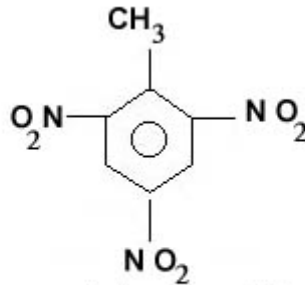


(2)نترتة الطولين

نترتة الطولين من العمليات المهمة لتحضير المفرق المعروف باسم ثلاثي نيترو الطولين (ت ن ت T.N.T Trinitro toluene) (ويتم ذلك في عدة خطوات. كل خطوة تتطلب حرارة عالية وحموضاً أكثر تركيزاً .

الخطوة الأولى في عملية النترتة تتم في حرارة ٣٠-٥٠°م باستخدام مزيج مكون من حامض كبريتيك ٥٩% وحامض نيتريك 24% وماء ١٧% .

نواتج التفاعل المكونة من الأورثونيتروبولوين والبارا نيتروبولوين يتم نترتها مرة أخرى للحصول على ن ت ن ت باستخدام مزيج مكون من حامض نيتريك أعلى تركيزاً وماء أقل وحرارة ٧٠°م .



مفرق ثلاثي نيتروبولوين ن ت

القسم الرابع : صناعة المواد البتروكيمياوية النهائية

تنتج البتروكيمياويات النهائية باستخدام واحد أو أكثر من البتروكيمياويات الأساسية و/أو الوسيطة، ومن أمثلتها في مجال صناعة البلاستيك (الترموبلاستيك) البولي إيثيلين والبولي بروبيلين والبولي فينيل كلوريد، والبولي إيثايرين .

1.البولي إيثيلين CH₂-CH₂- n -

أ. يستهلك ٥٠% من إنتاج الإيثيلين في العالم في إنتاج البولي إيثيلين. وقد تم اكتشاف هذا البوليمر عام ١٩٣٢، وسمي بالبولي إيثيلين منخفض الكثافة PELD، أو البولي إيثيلين عالي الضغط، لأنه يحضر عند ضغوط في حدود ١٥٠٠ ضغط جوي، وعند ٢٠٠°م، وتسير البلمرة بميكانيكية الشقوق الحرة، إذ تضاف مركبات قادرة على تكوين شقوق حرة، مثل البيروكسيدات أو الهيدروبيروكسيدات أو الأكسجين نفسه.

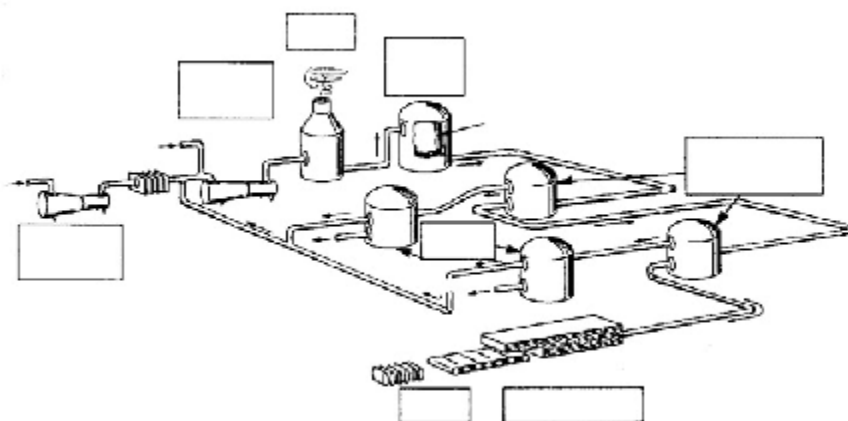
يتكون البوليمر من سلاسل مستقيمة متوازية يقطعها وصلات عرضية linked Cross، لذلك يسمى البولي إيثيلين منخفض الكثافة، إذ تبعد الوصلات العرضية السلاسل عن بعضها، كما أن لهذا النوع من البولي إيثيلين نسبة تبلور Crystallinity منخفضة

ب. في عملية إنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة، يدفع الإيثيلين إلى ضغط التفاعل، وذلك بواسطة عدة مكابس تتطلب فيما بينها عمليات تبريد. يتم إدخال الإيثيلين المكبوس والحفاظ إلى مفاعل أوتوكلاف Autoclave ترفع فيه درجة الحرارة والضغط لتتم عملية البلمرة. يسحب البولي إيثيلين الناتج بانتظام ثم يبرد، ويحول لحبيبات جافة، في الوقت الذي يتم فيه فصل باقي الإيثيلين، الذي لم يتبلر، ويعاد تدويره في

الكباسات كما هو موضح في الشكل الرقم ١٩

ج. أما البولي إيثيلين مرتفع الكثافة PEHD أو منخفض الضغط، فقد اكتشف عام ١٩٤٥، وهو يخلو من الوصلات العرضية، ونسبة التبلور فيه عالية. ويتم تحضيره عند ضغط في حدود ٢ جو، مما يجعل هذه العملية اقتصادية للغاية، وتستخدم درجات حرارة ما بين ٥٠-٧٠°م أي أوطأ من درجة انصهار البوليمر نفسه، كما يستعمل زمن تلامس ما بين ١-٤ ساعة، ويمكن التحكم في الوزن الجزيئي للبوليمر بالتحكم في ظروف التفاعل.

مصنع إنتاج بولي إيثيلين منخفض الكثافة



تسمى عملية إنتاج البولي إيثيلين عالي الكثافة بعملية زيغلر Zeigler ، إذ يستعمل حفاز زيغلر المكوّن من ناتج تفاعل أحد مركبات فلز انتقالي، مثل رابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ مع مركب عضو فلزي Organometallic مثل داي إيثيل ألومنيوم مونو كلوريد. Diethyl Aluminium Monochloride.

وهناك طريقة أخرى لإنتاج بولي إيثيلين عالي الكثافة تستخدم فيها حفازات أكسيدية من أكاسيد الفلزات مثل أكسيد الكروم المحمل على سيليكات أو سيليكات ألومينا، والتي يضاف إليها بعض المنشطات من أكاسيد الفلزات الأخرى مثل أكسيد الحديد وأكسيد النحاس وأكسيد الباريوم .

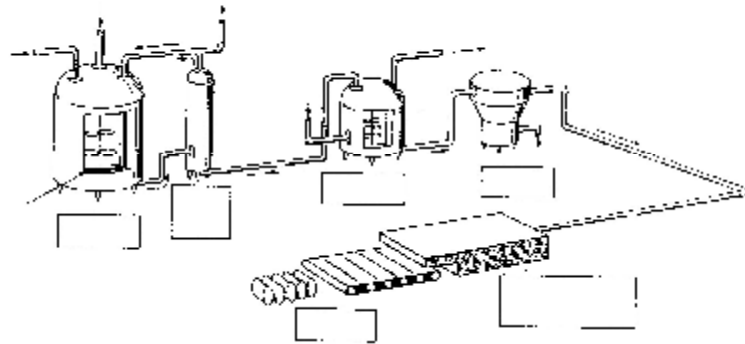
في هذه العملية تستعمل ضغوط في حدود ٤٠ جو، وحرارة ١٢٥-١٦٠°م، ويضاف الحفاز بنسبة ١/٢ % ..

وفي عمليات الإنتاج، يتم تحضير الحفاز في غرفة مستقلة، تمد المفاعل بكميات صغيرة من الحفاز المذاب في مذيب الهكسان الحلقي . Cyclohexane كما يغذى

المفاعل بإيثيلين شديد النقاوة ليعطي ضغطاً من ١-٦ جو، وتكون درجة حرارة المفاعل $50-70^{\circ}\text{C}$. يتكون البولي إيثيلين عالي الكثافة، ثم يسير إلى مبخر المذيب، ويترسب البوليمر الصلب كما هو موضح في الشكلين الرقمي 20، 21.

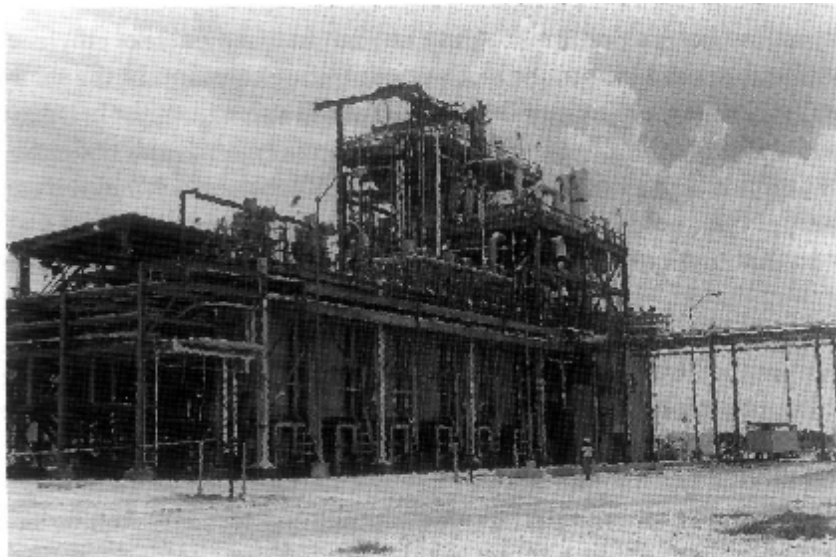
الشكل الرقم ٢٠

مصنع إنتاج البولي إيثيلين مرتفع الكثافة



الشكل الرقم ٢١

مصنع هوكست سيلانيز لإنتاج البولي إيثيلين مرتفع الكثافة



د. يعدّ البولي إيثيلين واحدًا من أهم البوليمرات الذي يزداد إنتاجه عامًا بعد عام،
 "يوضح **الجدول الرقم ٥** الطلب العالمي على البولي إيثيلين" وهو مادة ثرموبلاستيكية
 Thermoplastic ذات لون أبيض ونقطة ليونة Softening point تساوي ١٢٠ -
 ١٢٥°م **الجدول الرقم ٦** يبين التطور في الطلب العالمي على البولي إيثيلين"، **والجدول**
الرقم ٧ يبين التوزيع الجغرافي للطاقت الإنتاجية للبولي إيثيلين".

وللبولي إيثيلين مقاومة كيميائية عالية وقوة ميكانيكية، ومقاومة للتجمد، ومقاومة للنشاط
 الإشعاعي، ومقاومة لنفاذية الغازات والرطوبة. ويمتاز بوزنه الخفيف، كما أنه لا
 يحتوي على أي سمّية

الجدول الرقم (5) الطلب العالمي على البولي إيثيلين

	2000
مليون طن حجم الطلب، -	48
— النوعيات	%
— عالي الكثافة	42
— منخفض الكثافة	33
— منخفض الكثافة خطي	25

الجدول الرقم (6)
تطور الطلب العالمي على البولي إيثيلين
(كجم / فرد / سنة)

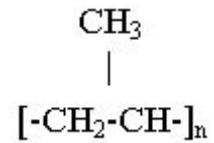
	1995	1997	2000
إيثيلين منخفض الكثافة بولي -	3.47	2.56	2.57
إيثيلين منخفض الكثافة بولي -	1.43	1.71	2.02
خطي	2.83	3.13	3.43
إيثيلين عالي الكثافة بولي -	3.39	3.67	4.03
بروبلين بولي -			

الجدول الرقم (7)
التوزيع الجغرافي للطاقات الإنتاجية
للبولي إيثيلين

	عام ١٩٨٨		عام ١٩٩٩	
	مليون طن	%	مليون طن	%
الشمالية أمريكا -	11.2	35	16.1	30
الجنوبية أمريكا -	1.5	5	2.2	4
الغربية أوروبا -	8.7	27	12.3	23

الشرقية أوروبا -	3.3	10	4.5	8
والشرق الأوسط أفريقيا -	1.8	6	4.6	9
الباسيفيك /آسيا -	5.5	17	13.7	2.6

2. البولي بروبيلين



عندما نضجت تكنولوجيا البولي بروبيلين PP في أواخر عام ١٩٥٠، أسرعت الصناعات الكيماوية بحصاد التطبيقات العديدة لهذا المنتج الثرموبلاستيكي Thermoplastic، نظراً لسهولة تشكيله أو دفعه وكذلك لقدرته على تقبل الألوان .

تشبه مصانع إنتاج البولي بروبيلين إلى حد كبير مصانع إنتاج البولي إيثيلين عالي الكثافة، بل إنه يمكن استخدام المصانع نفسها في الإنتاج. التغذية هنا تتم بواسطة بروبيلين عالي النقاوة. كما أن مصانع إنتاج البولي بروبيلين مزودة بوحدة إضافية لإزالة البولي بروبيلين منخفض الوزن الجزيئي والعشوائي atactic من البولي بروبيلين مرتفع الوزن الجزيئي والمنتظم المستوى isotactic ، وذلك بوضع خليط البوليمرات في هبتين طبيعية heptane ساخنة، التي تذيب البوليمر العشوائي، ولا تذيب البوليمر المنتظم، وبالتالي يمكن فصل البوليمر الأخير بواسطة عمليات الطرد المركزي .

ما زالت هناك بحوث لتطوير صناعة البولي بروبيلين، خاصة في مجال الحفازات، للوصول إلى بوليمر منتظم isotactic ، بنسبة 100% نظراً لأن الحفازات المستخدمة حالياً لا تنتج إلا ٦٠ - ٧٠% من هذا النوع المطلوب .



أ. البولي فينيل كلوريد PVC هو أحد البوليمرات القليلة ذات التطبيقات الواسعة تجارياً، والتي لها حجم مبيعات يقع بين البولي إيثيلين والبولي إسترين. في عام ٢٠٠٠ تنبأ معهد استانفورد للبحوث أن PVC في الولايات المتحدة الأمريكية سيصل إلى المقدمة، وسيكون حجم إنتاجه السنوي ١٧ × ٩١٠ طن متري. وهذا التوسع في الإنتاج ناتج من درجة المقاومة الكيميائية العالية، والقدرة الفريدة، لهذا النوع من البوليمرات، الذي يمكن خلطه مع إضافات أخرى ليعطي أنواعاً كثيرة من بوليمرات ذات خصائص طبيعية وكيميائية وبيولوجية متعددة أكثر من أي بوليمرات أخرى. "الجدول الرقم ٨ يوضح تطور الطلب العالمي على البولي فينيل كلوريد"، "الجدول الرقم ٩ يبين التوزيع الجغرافي لإنتاج البولي فينيل كلوريد".

ب. يتم إنتاج PVC بواسطة بلمرة الشقوق الحرة لكلوريد الفينيل. وتتراوح درجة البلمرة n ما بين ٣٠٠ إلى ١٥٠٠ جزئياً. بوليمرات PVC تتشكل حرارياً Thermoplastic بمعنى أنها تزداد طواعية، وتتشكل في الحرارة العالية، وعند تبريدها تحتفظ بخواصها الأصلية. بتطبيق الحرارة والضغط يمكن دفع PVC وتشكيله ليأخذ أي شكل مطلوب، ويتم ذلك في حرارة ١٥٠ - ٢٠٠°م طبقاً للوزن الجزئي والتركيب.

ج. في عام ١٩٣٥ تم اكتشاف PVC بعد تعرض مادة ١، ٢ - ثنائي كلوريد الإيثان لضوء الشمس، ففي أوائل عام ١٩٣٥ تم تسجيل مادة بيضاء تركيبها العنصري C₂H₃Cl وكثافتها ١,٤٠٦ جرام/سم^٣. ثم تم اكتشاف الطبيعة اللدائنية والأهمية التجارية لهذه المادة، وظهرت لها تطبيقات تم تسجيلها في براءات اختراع لإنتاج الرقائق والألياف. بعد ذلك ظهرت طريقة بلمرة مشتركة لها باستخدام البيروكسيدات كمنشطات للبلمرة. وقد فتحت مجالات عديدة لهذه المادة بعد اكتشاف الملدنات ومثبتات الحرارة.

د. خلال الحرب العالمية الثانية، ظهر نقص في إنتاج المطاط الصناعي وظهر في الأفق الـ PVC كمادة عازلة للأسلاك والكابلات تفوقت على المطاط، واستمر تطور الـ PVC حتى وقتنا الحالي.

هـ. صناعة PVC لها مشاكلات الخواص الفراغية للبولي بروبيلين نفسها، نظراً لعدم انتظام ذرة الكربون المتصل بها ذرة الكلور، وبالتالي يمكن أن تنتج جزيئات PVC منتظمة أو عشوائية التبلر. بوليمر PVC التجاري يحتوي على ٥-١٠% أشكال بلورية، وهي نسبة مئوية صغيرة من الجزيئات المنتظمة. كثافة البوليمر حوالي ١,٣ - ١,٨ جرام/سم^٣، وهي أعلى من البولي إيثيلين أو البولي بروبيلين. و. يتم بلورة مونومر فينيل كلوريد VCM بواسطة أربع طرق: معلق، مستحلب، كتلة، محلول، أغلب PVC يصنع بواسطة طريقة المعلق Suspensio، إذ يسهل تشكيله ودفعه وتحويله إلى رقائق. وبوليمر PVC الناتج من عمليات المستحلب emulsion يمكن استخدامه في الدهانات، كما أنه يمكن تشكيله بعد تجفيفه وإضافة ملدن سائل Plasticizer ز. في عملية البلورة كمعلق يتم ملء مفاعل الأوتوكلاف autoclave بالماء، ويستخدم كحول بولي فينيل Polyvinylalcohol للمساعدة في تثبيت المعلق، كما يضاف لورويل بيروكسيد كحافز للشقوق الحرة. تستغرق عملية الإنتاج ١٠-١٢ ساعة في الدفعة الواحدة

الجدول الرقم(8)

تطور الطلب العالمي على البولي فينيل كلوريد
(كجم / فرد / سنة)

	1993	1999
الشمالية أمريكا -	12.5	15.0
الجنوبية أمريكا -	2.5	4.0
الغربية أوروبا -	14.0	17.0
الشرقية أوروبا -	2.0	6.5
الأوسط وأفريقيا الشرق -	1.0	1.5
	2.0	3.0
	4.0	5.0

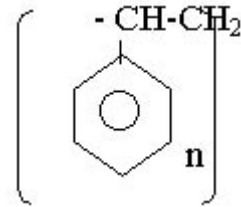
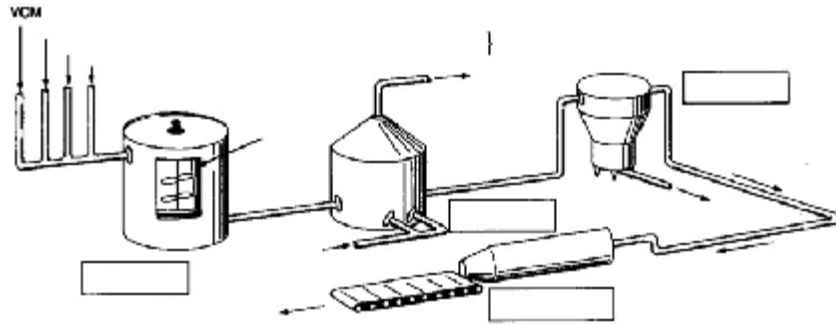
الباسيفيك / آسيا -		
العالم بقية دول -		

الجدول الرقم (9)
التوزيع الجغرافي لإنتاج البولي فينيل كلوريد
(مليون طن / سنة)

	1992	1994	1996	1998
الشمالية أمريكا -	11.735	12.733	13.685	14.380
الغربية أوروبا -	10.785	13.348	12.368	12.835
الباسيفيك / آسيا -	12.218	14.362	14.676	17.675
الجنوبية أمريكا -	2.388	2.589	3.818	4.352
الشرقية أوروبا -	4.817	5.124	5.346	5.390
والشرق الأوسط أفريقيا -	2.377	2.948	3.225	3.836

وتبلغ سعة المفاعل 5000-6000 جالون، وهو مبطن بالزجاج. بعد شحن جميع المكونات يتم دفع بخار ماء في قميص خارجي للتسخين. وعند بداية التفاعل يتم استبدال البخار بالماء البارد. ثم تخلط المكونات بقوة للحفاظ على المونومر معلقاً في الماء، ويتم متابعة تكوين جزيئات البوليمر والحفاظ على نموها طبقاً للشكل الرقم ٢٢ .

مصنع إنتاج PVC معلق



4 . البولي إستايرين

أ. بدأ الإنتاج التجاري للبولي إستايرين PS عام ١٩٣٠، بطاقة إنتاجية متزايدة بسرعة، خلال الحرب العالمية الثانية، لتغطية المصانع المنتجة للمطاط الصناعي. "الجدول الرقم ١٠ يبين الطلب العالمي على البولي ستيرين".

ب. بالرغم أن الإستايرين يتبلر ذاتيًا بالحرارة في جو خالٍ من الأكسجين، إلا أن الحفازات تضاف إليه للبلورة الكاملة في حرارة منخفضة. هذه الحفازات تشمل مركبات كاتيونية أو أنيونية أو مركبات زيغلر أو شقوق حرة مثل البيروكسيدات أو مركبات الآزو. تعدّ الشقوق الحرة من أهم الحفازات ذات الأهمية التجارية الكبرى. ويستخدم لذلك بواعث للشقوق الحرة ثنائية الوظيفة لتقليل زمن التفاعل، والتحكم في تكوين الوزن

الجزئى الفعال. يتم الوصول إلى معدلات عالية من البلمرة باستخدام حفازات أنيونية، مثل المركبات العضوية الفلزية

ج. يستخدم في صناعة البولي إستايرين عمليات بلمرة مستحلب أو معلق مائي أو محلول، أو كتلة وكل عملية تنتج أنواعاً مختلفة من البولييمرات. عملية بلمرة الكتلة تتميز بالنقاوة والألوان الممتازة للبوليمر، بالمقارنة لعملية البلمرة بالمعلق، التي تنتج بسهولة بولييمرات ذات أوزان جزيئية مختلفة، ولكنها تفتقد النقاوة.

د. البولي إستايرين المتمدّد أو الرغوي EPS هو نوع من أشكال البولييمرات الخلوية الجامدة. ويتم إنتاجها بإضافة عامل متمدّد مثل البنتان الطبيعي أو الأيزو بنتان إلى الإستايرين قبل عملية البلمرة المعلقة. يتم إضافة مثبتات إلى خليط التفاعل لإنتاج حبيبات ذات أحجام كبيرة

هـ. تعدّ عمليات بلمرة المعلق أكثر العمليات شيوعاً في إنتاج البولي إستايرين كما هو موضح في الشكل الرقم ٢٣

الجدول الرقم (10)

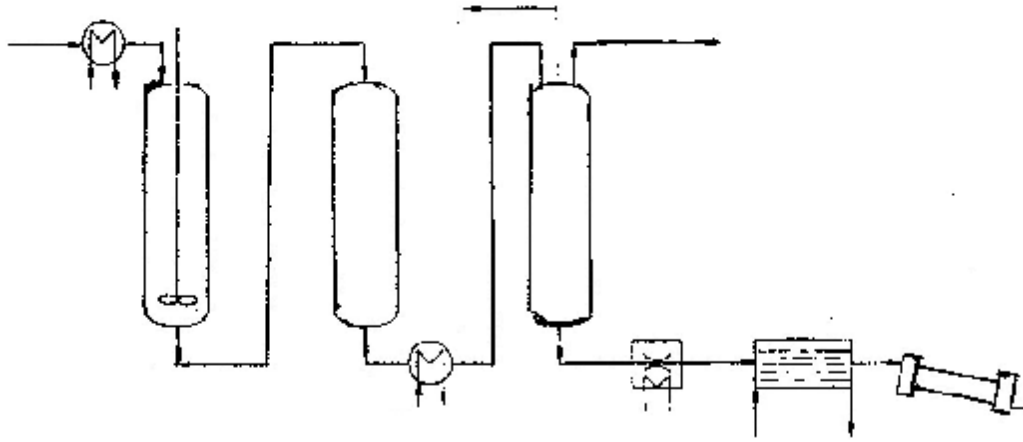
الطلب العالمي على البولي ستيرين

	1994	2000
مليون طن حجم الطلب، -	10.4	14.0
الجغرافي للطلب التوزيع -	%	%
الشمالية أمريكا -	37	24
الغربية أوروبا -	24	21
الباسيفيك /آسيا -	33	44
أخرى مناطق -	16	11

قام بإعداده وتنسيقه من الشبكة الألكترونية : المهندس مهدي الكاطع

الشكل الرقم ٢٣

مخطط إنتاج البولي إيثايرين من الإيثايرين بواسطة بلمرة المعلق



5. مواد البلاستيك

أ. عام

(١) بلغ إنتاج مواد البلاستيك ٣٤,١ مليون طن بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٩٤، كانت قيمتها ٣٦ بليون دولار، ودخلت هذه المواد في تصنيع سلع ارتفعت قيمتها إلى ٨٠ بليون دولار. وتمثل الجداول المرفقة تطور الطاقات الإنتاجية وأحجام الطلب على نوعيات مواد البلاستيك الثرموبلاستيك والتي يتضح منها:

ظلت الدول الصناعية حتى عهد قريب مناطق الإنتاج الرئيسة لمواد البلاستيك والمستهلك الأساس لها، ولكن هذه الصورة تغيرت كثيراً في الوقت الحاضر، وينتظر أن تستمر صورة التغيير بدخول دول منطقة آسيا/الباسيفيك أساساً كمنطقة إنتاج رئيسة، كما تطور الاستهلاك في العالم النامي بصفة عامة.

(٢) ينتظر أن يتجمد حجم الطلب للفرد من البولي إيثيلين منخفض الكثافة، بينما يتزايد الطلب على كل من البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة والبولي إيثيلين مرتفع الكثافة، كما يتزايد الطلب بمعدلات مختلفة بالنسبة للنوعيات الأخرى من مواد البلاستيك طبقاً لما هو موضح بالجدول الأرقام ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠.

(٣) هناك نوعية جديدة من العوامل المساعدة المسماة بالميتالوسين، يمكن باستخدامها إنتاج نوعيات متميزة من مواد البلاستيك، تقترب في خواصها من مواد البلاستيك الهندسية، وبتكلفة محدودة نسبياً، مما يدعو للاعتقاد بأنه لن يكون هناك مشروع جديد لإنتاج البولي أوليفينات، بدون استخدام هذه النوعية من العوامل المساعدة.

(٤) هناك اهتمام كبير، وعلى مستوى عالمي، بإعادة تدوير مواد البلاستيك المختلفة، وقد يؤثر هذا الاتجاه بالسلب على معدلات نمو الطلب على الإنتاج الجديد، في حالة نجاح تكنولوجيا إعادة التدوير، والتوسع في تطبيقها مستقبلاً، وتعدّ ألمانيا دولة رائدة في هذا المجال.

كما يتزايد استهلاك مواد البلاستيك سهلة التحلل كوسيلة من وسائل حماية البيئة.

(٥) يحتاج تشغيل مواد البلاستيك إلى منتجات نهائية لاستخدام العديد من الإضافات، التي تسهل من عمليات التشغيل، أو تحافظ على خواص المنتجات أو تحسنها، وقد بلغ حجم هذه الإضافات على المستوى العالمي ٦,٨ مليون طن عام ١٩٩٤، وكان حجم مبيعاتها ١٥ بليون دولار.

(٦) لا توجد دولة في العالم مكتفية ذاتياً من جميع نوعيات مواد البلاستيك، وليس أدل على ذلك من حجم صادرات وواردات الولايات المتحدة الأمريكية من مواد البلاستيك.

عام ١٩٩٥، إذ بلغ حجم الواردات ٧,٥ بليون دولار، بينما كانت الصادرات ١٥,٥ بليون دولار .

ب. البلاستيك الثرموست Thermoset plastics

يعدّ البلاستيك الثرموست أكثر صلابة، ولكنه أكثر هشاشة من البلاستيك الثرموبلاست. ويتميز البلاستيك الثرموست بخواص متميزة من الناحية الميكانيكية والكيمائية والكهربائية، ولكن ذلك يعتمد على التركيب الكيميائي والوزن الجزيئي . ويتكون البلاستيك الثرموست من جزيئات طويلة السلسلة، تكون بوليمرات متشابكة في ثلاثة أبعاد تنتج من تفاعلات التكاثف. condensation.

خلال عملية البلمرة أو بواسطة إضافة مواد تساعد على التشابك، يتم تقوية هذا النوع من البلاستيك، لتحسين نوعياته، وذلك باستخدام الألياف الزجاجية أو الألياف الصناعية أو القطن أو الورق .

ويعدّ بلاستيك الفينول - فورمالدهايد، وكذلك بلاستيك اليوريا - فورمالدهايد، من أقدم أنواع البلاستيك الهندسية، التي تتميز بأنها قوية وثابتة الأبعاد، ومقاومة للتآكل والصدمات، وتعمل في ظروف حرارية مختلفة .

١. لدائن الفينول - فورمالدهايد

تعدّ من أقدم أنواع اللدائن، وقد تم اكتشافها بواسطة العالم باكيلاند Backeland عام 1909 ، ولذلك أطلق عليها اسم باكيلايت Bakelites ، وقد استخدمت على نطاق واسع في صناعات الكهرباء والسيارات، ويتم إنتاجها بأشكال مختلفة متعددة، إذ أنها تحتوي على مجموعات وظيفية ثنائية وثلاثية.

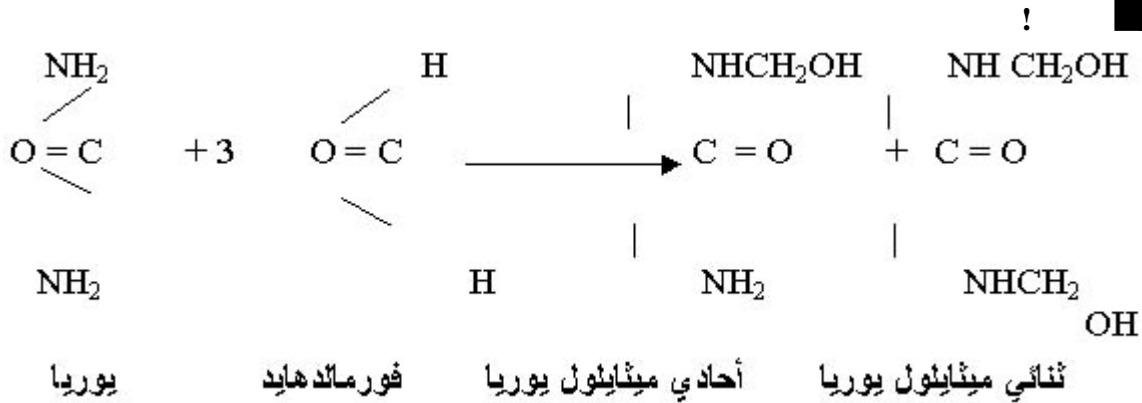
وينتج تفاعل التكاثف بين الفينول والفورمالدهايد نوعان من اللدائن: أحدها يسمى نوفولاك Novolacs، والآخر يسمى ريزول Resols ، ويتم تفاعل التكاثف في وسط قاعدي، أو وسط حامضي، لينتج نوعان من اللدائن .

وعندما يتفاعل الفينول مع الفورمالدهايد في وسط حامضي بكميات متماثلة جزيئياً أو في وجود زيادة طفيفة من الفينول، تنتج كحولات بنزلية، ثم تحدث بلمرة فيما بينها، مكونة

ميثيلينية. ومع ازدياد التكاثف تتكون مركبات ذات سلاسل طويلة. تكون الحفازات في وجود زيادة من الفينول لدائن خطية تذوب في كثير من المذيبات العضوية. هذا اللدائن يكثر عليه الطلب في صناعة البويات والطلاءات. صناعة اللدائن الفينولية، يمكن إنتاج أنواع منها ثلاثم عدة أغراض في مجال التشكيل أو حرارة أو الطلاءات، أو المواد اللاصقة المستخدمة في صناعة الخشب الحبيبي. رقم ٢٤ يوضح عملية إنتاج لدائن الفينول - فورمالدهايد.

٢٤ - فورمالدهايد:

نوع من اللدائن تحت اسم البلاستيكات الأمينية. والمنتجات الناتجة من تكاثف اليوريا دهايد قديمة مثل قدم المنتجات الناتجة من تكاثف الفينول - فورمالدهايد. تلعب نسب عمل وظروف التفاعل دوراً مهماً في سير تفاعل التكاثف، وينتج عند إضافة اليوريا مالدهايد نوعان من المواد: أحدهما يسمى أحادي ميثايلول يوريا، والآخر يسمى ميثايلول يوريا، كالآتي :



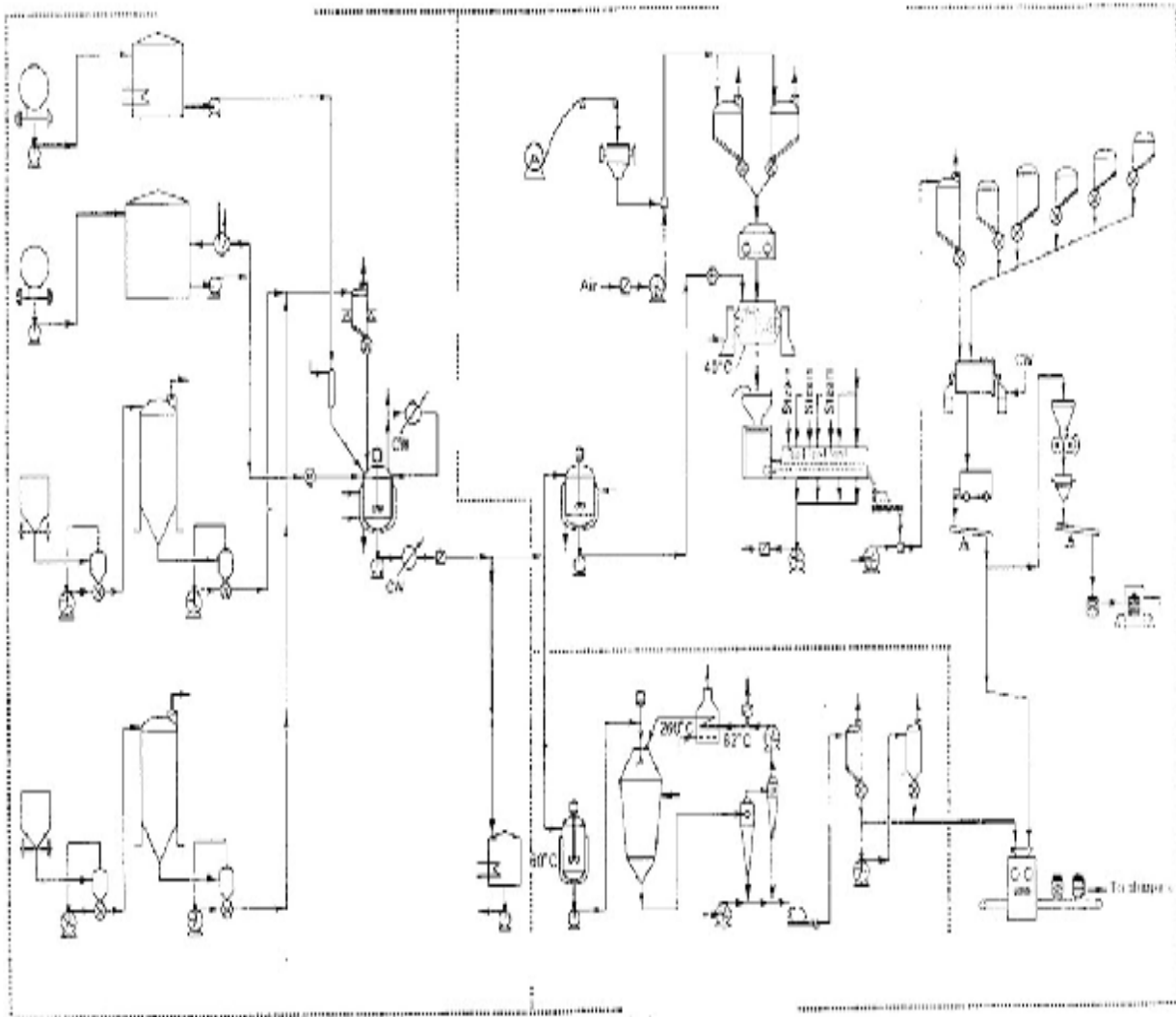
يتم بلمرة الميثايلول يوريا عند التسخين في وجود حامض أو هكسامين. ويتم التفاعل ببطء تحت ظروف متحكم فيها، بحيث يحتفظ بالحرارة عند ٤٠°م، ودرجة تركيز هيدروجيني ٨ - ٧ pH ثم يستمر التسخين لإزالة الماء. عادة تستخدم كمية كبيرة من الفورمالدهايد تصل نسبتها من ٣ إلى ٥ مرات من اليوريا. بعد إزالة الماء تصبح الكتلة اللدنة المتكونة لزجة، وذلك بإضافة مواد طاردة للماء مثل الثيوريا أو السليولوز، وهذه المواد تعمل على فصل الماء من المنتج المتكون. يتم إضافة حفازات حامضية مثل البروم أو حمض التارتاريك قبل عملية عجن اللدائن. ثم يتم إزالة الحفاز الحامض

تحت ضغط، إذ تعمل الحرارة بعد البلورة. يضاف،
الذي يعمل على صلابة المنتج قبل الرقم ٢٥ يوضح

قم ٢٥

مخطط انتاج لدائن اليوريا هايد والميلامين -

!



قام بإعداده وتنسيقه من الشبكة الألكترونية : المهندس مهند الكاطع

6 . الألياف الصناعية Synthetic Fibers :

تشكل المونومرات المشتقة من البتروكيماويات مصدراً مهماً في صناعة الألياف الصناعية .وقد أخذ استهلاك هذه الألياف الصناعية في الارتفاع في كثير من دول العالم، وتطور نمو هذه الصناعة في زمن سريع. خلال حقبة الستينات تصدرت ألياف النايلون مكاناً بارزاً، ووصل إنتاجها إلى حوالي ٦٠% من جميع الألياف الصناعية. وبعد عام ١٩٧٠م انخفض إنتاج ألياف النايلون إلى حوالي ٣٠%، في حين بلغ إنتاج ألياف البولي إستر حوالي ٥٠%، كما بلغ إنتاج ألياف الأكريلات والألياف الأخرى حوالي ٢٠%. بحلول عام ٢٠٠٠م وصل إنتاج الألياف الصناعية في العالم حوالي ٢٠ مليون طن، وتشكل كمية هذه الألياف حوالي ٥٠% من باقي الألياف الأخرى التي يصنعها الإنسان .

أ. ألياف البولي أميد Polyamide fibers:

تحتوي ألياف البولي أميد على وحدات مونومر متصلة بمجموعات أميدية-
[n-CONHRNHCOR']، ويتم تحضيرها من تفاعل ثنائي الأمينات مع ثنائي الحموض الكربوكسيلية، أو مع اللاكتامات لتتكون مجموعة أميدية من نوع-
[n-CONHR]، إذا كانت المجموعات R وكذلك R'، من نوع أليفاتي aliphatic، أو الحلقية alicyclic، أو مخاليط تحتوي على الأقل على ٨٥% وزناً مجموعات أروماتية، فإنه يطلق على البولي أميدات اسم نايلون Nylon، أما إذا كان هناك أكثر من ٨٥% وزناً من الوحدات المتكررة مجموعات أروماتية، فإنه يطلق على هذه الألياف أراميدات. Aramids.

يعدّ النايلون من أهم الألياف الصناعية، ويرجع ظهوره عام ١٨٩٩م. في عام ١٩٢٩م تم القيام بأبحاث نتج عنها ظهور الألياف الصناعية بطريقة تجارية، وقد نجحت هذه الأبحاث في إنتاج البولي أميدات من الحموض الأمينية الأليفاتية واللاكتام، وانتهت هذه الأبحاث بظهور نايلون - 6. Nylon-6 وفي عام ١٩٣٨م، ظهرت أول براءة اختراع ألمانية لإنتاج البولي كابرو أميد القابل للغزل كألياف.

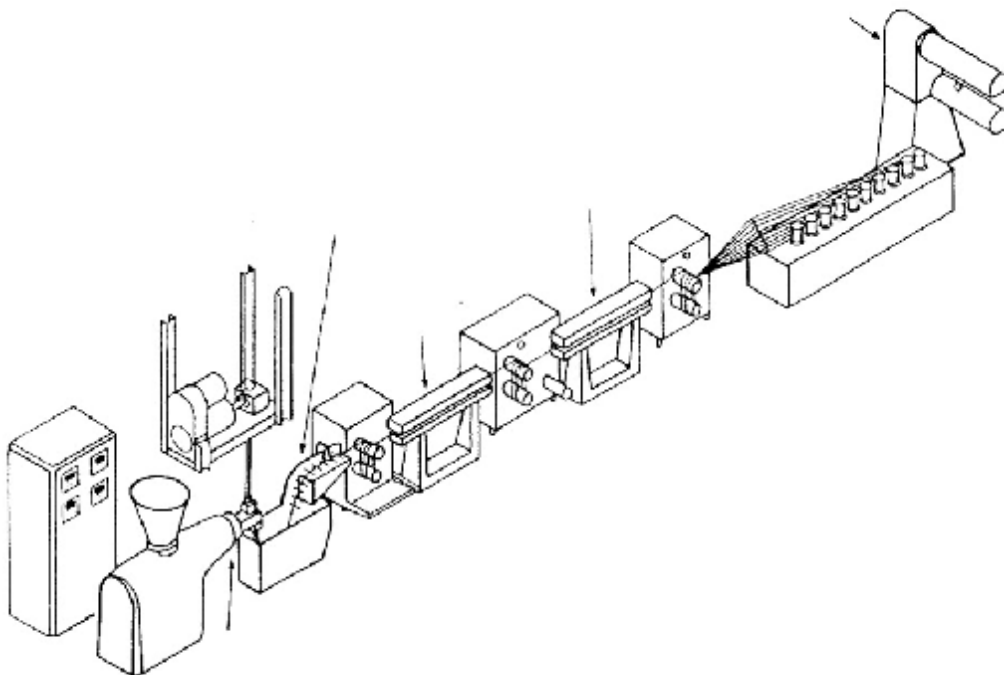
في أكتوبر 1939م، بدأت شركة دي بون الأمريكية في إنتاج النايلون، وتم تسويقه في مايو ١٩٤٠. ثم قامت شركة مونسانتو للنسيج الأمريكية بإنتاج النايلون 6,6

Nylon-6,6 عام ١٩٥٢م. بعد ذلك بدأ إنتاج النايلون - ٦ في الولايات المتحدة الأمريكية بعد توافر مادة كايرو لاكتام على نطاق واسع عام 1955 م.

في عام ١٩٥٠م، تم إنتاج ٥٥,٠٠٠ طن متري من ألياف البولي أميد في أربعة عشر مصنعًا. وبحلول عام ١٩٨٠م، ارتفع الإنتاج العالمي إلى حوالي ٣ ملايين طن متري، يخص الولايات المتحدة الأمريكية منها حوالي مليون طن متري. **الشكل الرقم ٢٦** مخطط إنتاج ألياف النايلون .

الشكل الرقم ٢٦

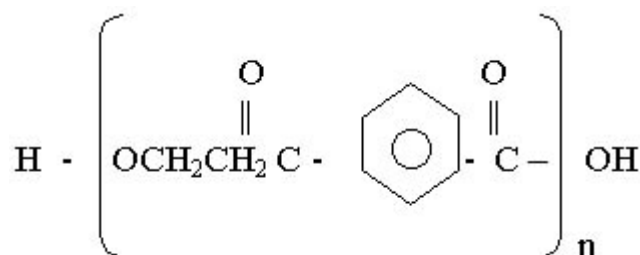
خط إنتاج ألياف النايلون



قام بإعداده وتنسيقه من الشبكة الألكترونية : المهندس مهدي الكاطع

ب. ألياف البولي إستر Polyester fibers

تتكون ألياف البولي إستر من لدائن صناعية طويلة السلسلة، مركبة من ٨٥% على الأقل من إستر كحول ثنائي الهيدروكسيل HO-R-OH وحامض تيريفثاليك-P-HOOC-C₆H₄-COOH. وأكثر ألياف البولي إستر استخدامًا هي تلك المصنوعة من لدائن بولي إيثيلين تيريفثالات الخطية PET



في عام ١٩٤٨م، امتلكت شركة دي بونت حقوق براءة الاختراع الأمريكي لإنتاج ألياف البولي إستر PET، وحصلت شركة إمبريال للصناعات الكيماوية ICI البريطانية على حقوق براءة الاختراع لباقي العالم. في أوائل عام ١٩٣٠م، أنتجت ألياف البولي إستر الأليفاتية، ولكنها كانت ذات درجات انصهار منخفضة وغير مناسبة للاستخدام التجاري. ثم اكتشف بعد ذلك البولي إستر الأروماتية الأخرى، وأصبحت ألياف البولي إستر متداولة تجاريًا في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٣م، وتم التوسع في إنتاجها بكميات كبيرة في الفترة ما بين عام ١٩٦٠م وعام ١٩٧٠م. تكون ألياف البولي إستر سوقًا للألياف الصناعية السريعة النمو في الولايات المتحدة الأمريكية وجميع أنحاء العالم.

وتنتج ألياف البولي إستر بتفاعل حامض التيريفثاليك TA أو ثنائي ميثيل الإستر DMA مع الإيثيلين جلايكول لتكوين مونومر الثنائي الإستر، والذي يتبلر إلى بوليمر البولي إستر المتجانس PET.

ويصهر هذا البوليمر، ويدفع خلال منتجات مغزلية، ليكون خيوطًا تتصلب بالتبريد في تيار من الهواء، ثم تسحب الألياف بالحرارة، وتمدد الخيوط إلى أطوال أكثر من طولها عدة مرات، لتكوين تركيبات بلورية ذات خواص طبيعية مطلوبة.

ج. ألياف الأكريليك Acrylic fibers

قام بإعداده وتنسيقه من الشبكة الإلكترونية : المهندس مهدي الكاطع

تتكون ألياف الأكريليك من لدائن صناعية طويلة السلسلة، مكوّنة على الأقل من ٨٥% وزناً، من وحدات أكريلونيتريل. أما الألياف من نوع مود أكريليك Modacrylic فهي مركبة من وحدات أكريلونيتريل نسبتها أقل من ٨٥% وزناً، ولكنها تحتوي على الأقل على ٣٥% وزناً من هذه الوحدات. □ هناك أنواع منتشرة تجارياً من الألياف الصناعية من نوع مواد أكريليك، تحتوي على ٢٥-٦٠% من مونومرات، مثل كلوريد الفينيل، وبالتالي تتميز بدرجة عالية في مقاومة الحريق.

بدأت بحوث إنتاج الألياف الصناعية من نوع البولي أكريلو نيتريل PAN في ألمانيا، في بداية عام ١٩٣٠م، ثم انتقلت بعد ذلك إلى الولايات المتحدة الأمريكية. وفي عام ١٩٣٨م، أمكن إنتاج الألياف الصناعية من اللدائن الذائبة في محلول ملحي مائي، يحتوي على ثيوسيانات الصوديوم. وقد درست شركة دي بونت الأمريكية تأثير عدة مزيّيات، وأنتجت أول ألياف تجريبية للاستخدام العسكري عام ١٩٤٢م. في عام ١٩٤٩م، ظهر أول إنتاج لشركة دي بونت من ألياف الأكريليك بسرعة، ووصل الإنتاج العالمي إلى ١٣٠,٠٠٠ طن متري في عام ١٩٦٠م، ثم إلى 400.000 طن متري عام ١٩٦٥م، ثم مليون طن متري في عام ١٩٧٠م، ثم ١,٤ مليون طن متري عام ١٩٧٥م. وفي عام ١٩٧٦م زاد الإنتاج العالمي على ٢ مليون طن متري .

د. صناعة الألياف الصناعية في العالم

(١) بلغ الإنتاج العالمي من الألياف غير الطبيعية ٢٢,٢ مليون طن عام ١٩٩٤م. وكان إنتاج ألياف البولي إستر يمثل أكثر من نصفها.

كان التوزيع الجغرافي للإنتاج على النحو التالي:

النسبة	الدولة
%	

١٩	الولايات المتحدة الأمريكية
١٦	أوروبا الغربية
١١	تايوان
١١	الصين
٨	اليابان
٨	كوريا الجنوبية
٨	بقية دول آسيا
٦	أوروبا الشرقية
٥	أمريكا الجنوبية
٤	الهند
٤	بقية دول العالم

(٣) وقد وصل استهلاك العالم من الألياف (الطبيعية وغير الطبيعية) عام ١٩٩٤م إلى ٤٢,٦ مليون طن على النحو التالي:

النسبة	البيان
%	
٤٤	قطن
٢٥	بولي إستر
٨	نايلون

٦	أكريليك
٧	بولي أليفينات
٦	رايون وأسيتات
٤	صوف وحرير

(٤) ونظرًا للارتفاع المستمر في حجم السكان بالعالم، ومشكلات موازنة العرض والطلب على محصول القطن في دول الصين والهند وباكستان، فإن الطلب على الألياف الصناعية سوف يستمر في النمو، ويمثل **الجدول الرقم ١١** التوزيع الجغرافي لمناطق إنتاج حامض التريفتاليك والداي ميثيل تريفتالات عام ١٩٩٣م، والمتوقع له عام ١٩٩٨م (مليون طن).

(٥) تختلف نسب إنتاج الألياف الصناعية من منطقة لأخرى، فعلى سبيل المثال، كان توزيع الإنتاج بالولايات المتحدة مقارنة بأوروبا عام ١٩٩٤م على الوجه المبين **بالجدول الرقم ١٢**

(٦) انخفض إنتاج الألياف الصناعية في روسيا من ٤٧٤ ألف طن عام ١٩٩٢م، إلى ٣٤٩ ألف طن فقط عام ١٩٩٣م.

(٧) صناعة الغزل والنسيج والملبوسات كثيفة العمالة، وتمثل الأجور المنخفضة في الدول النامية حافزًا للتوسع فيها، لذلك مثلت صادرات هذه الصناعة ٢٥% من إجمالي الصادرات في الهند والصين، ٣٠% في تونس وتركيا، ووصلت إلى ٥٠% من إجمالي الصادرات في بنجالاديش وباكستان وهايتي عام ١٩٩١م .

لجدول الرقم(11)

التوزيع الجغرافي لمناطق إنتاج الألياف الصناعية
"حامض التريفتاليك والدائي ميثيل تريفتالات "

	1993	1998
المتحدة الولايات -	7.8	7.8
أوربا -	6.8	7.0
اليابان -	3.9	3.9
تايوان -	1.8	2.4
الجنوبية كوريا -	1.1	1.9
الصين -	0.9	3.4
الهند -	0.7	2.3

الجدول الرقم(12)

توزيع إنتاج الألياف الصناعية في الولايات المتحدة
الأمريكية وأوربا

نوعية الألياف	الولايات المتحدة	أوربا
% البولي إستر	52.8	41.6
% البولي أكريليك	6.9	30.1
(% النايلون) البولي أميد	40.3	28.3

7 . المطاط الصناعي

أ. عام

قبل الحرب العالمية الثانية، كان المطاط الطبيعي يشكل ١٠٠% من صناعة المطاط. ثم بعد ذلك لم يستطع إنتاج المطاط الطبيعي أن يغطي احتياجات دول العالم، ومن ثم تطورت صناعة المطاط الصناعي وأصبح مطاط الإستايرين بيو تاديين أكثر أنواع المطاط إنتاجاً بالأطنان .

ويتم إنتاج المطاط الصناعي في خطوتين : (١) تحضير المونومر . (٢) بلمرة المونومر .

وأهم مونومر يستخدم في صناعة المطاط الصناعي هو البيوتاديين :

(1) مطاط البيوتاديين : BUNA

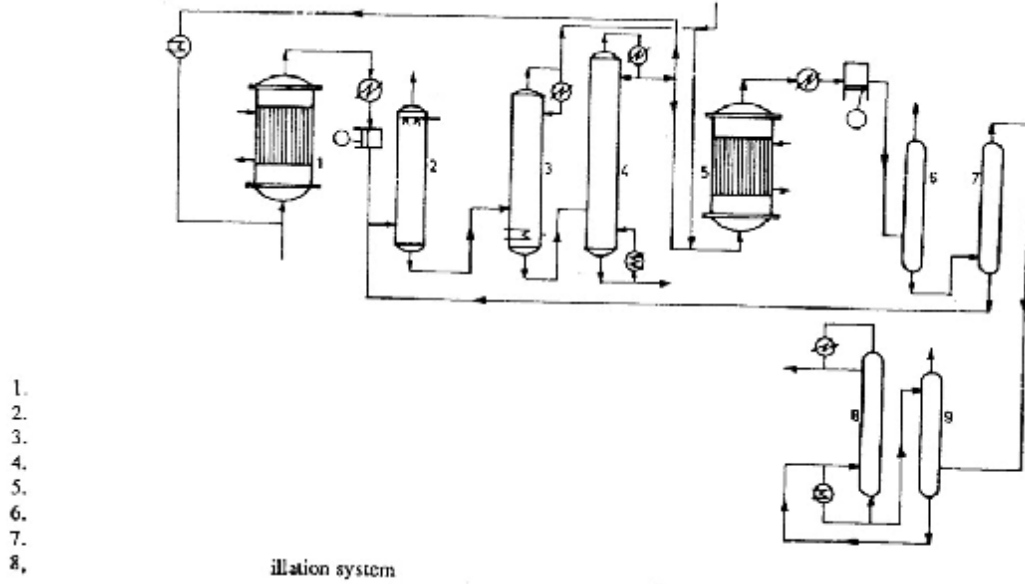
تنتج البيوتاديين $CH_2=CH-CH=CH_2$ عادة من مخزون تغذية النفط، إذ يتم فصله من غازات تكسير النافثا. كما يتم إنتاج البيوتاديين، أيضاً، بواسطة عمليات نزع الهيدروجين أو الأكسدة ونزع الهيدروجين، من البيوتيلين في وجود حفاز أكسيد الأنثيمون في حرارة $400-450^{\circ}C$ تحت ضغط ٢ جو مع الاحتفاظ بنسبة الهواء إلى البخار ١،٨ : ١ .

ويمكن إنتاج البيوتاديين من الكحول الإيثيلي بواسطة طريقتين: الطريقة الأولى يتم فيها تحويل الكحول الإيثيلي إلى أسيتالدهايد، الذي يتكثف إلى كروتونالدهايد ثم إلى بيوتاديين. أما الطريقة الثانية فيتم فيها إمرار أبخرة الكحول الإيثيلي والأسيتالدهايد فوق سليكا جيل محملة بأكاسيد الزركونيوم في حرارة $320-350^{\circ}C$ كما هو موضح في الشكل الرقم ٢٧ .

يتبلر البيوتاديين عن طريق بلمرة الكتلة أو تكنولوجيا المستحلب بواسطة بلمرة الشقوق الحرة لتكوين أنواع مختلفة من مطاط البيوتاديين BUNA

الشكل الرقم ٢٧

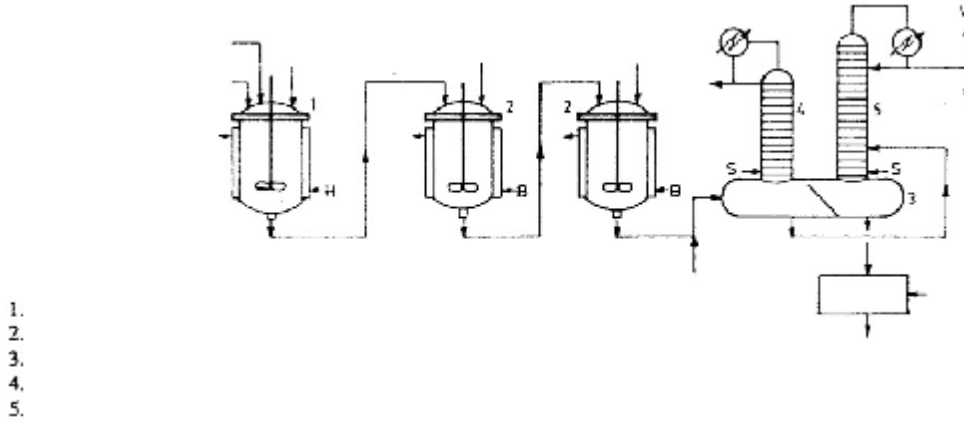
إنتاج البيوتاديين من الكحول الإيثيلي



(2) مطاط الإستايرين - بيوتاديين : SRB

يتبلر الإستايرين مع البيوتاديين بأي نسبة. والمنتج الناتج من ٧٠% بيوتاديين، ٣٠% إستايرين يعطي مطاطاً من نوع SRB. وهذا النوع هو أكثر الأنواع إنتاجاً بالنسبة لجميع أنواع المطاط الصناعي. **الشكل الرقم ٢٨** يبين عملية إنتاج مطاط الإستايرين - بيوتاديين.

مخطط إنتاج مطاط الإستايرين - بيوتادين



(3) مطاط الكلوروبرين (النيوبرين : CR)

مطاط الكلوروبرين مطاط له استخدامات خاصة، ويتميز بمقاومة الحرارة والزيوت والأوزون. هذا النوع من المطاط محور بالكلور والكبريت، لإكسابه خاصية المقاومة العالية للتمزق والحرارة

(4) مطاط البولي يوريثان :

أدخل هذا النوع من المطاط بواسطة شركة باير عام ١٩٥٠م، ويتميز بأن له خواص متوسطة بين البولي إستر والبولي أميد، وله تطبيقات عديدة في مجال المواد اللاصقة والنسيج والرغويات المرنة والصلبة، ولذلك يدخل في صناعة الأثاث والسيارات والثلاجات ومواد البناء والأحذية

ب. صناعة المطاط الصناعي في العالم

(١) بلغ الاستهلاك العالمي من المطاط الصناعي عام ١٩٩٤م حوالي ٩ ملايين طن

توزيعها الجغرافي كما يلي
(مليون طن):

أوروبا الغربية	٢,١٦٤
آسيا وأستراليا	٢,٠٢٠
أمريكا الشمالية	٢,٩٣٥
أمريكا الجنوبية	٠,٥٦١
الإجمالي	٩,٠٢٠

وينتظر أن يرتفع الاستهلاك إلى ١٠,٥ مليون طن عام ٢٠٠٠م، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأرقام لا تشمل استهلاك دول أوروبا الشرقية والاتحاد السوفيتي السابق والصين وفيتنام وكوريا الشمالية

(٢) بلغ حجم السوق العالمي للمطاط عام ١٩٩٥م حوالي ١٥ مليون طن، استهلكت صناعة الإطارات ٦٠% منها، وبلغت نسبة المطاط الصناعي ثلثي حجم السوق العالمي للمطاط (١٠ ملايين طن).

(٣) ينتظر أن يصل حجم أسطول السيارات العالمي عام ٢٠٠٠م إلى أكثر من ٨٠٠ مليون سيارة، وأن تحدث فجوة بين العرض والطلب على المطاط الصناعي.

(٤) التوزيع النسبي لنوعيات المطاط المستهلك بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٩٣م على النحو التالي:

النسبة %	البيان
٣٩	إستائرین / بیوتادیین
٢٧	مطاط طبيعي
١٣	بولي بيوتاديين
٦	إيثيلين / بروبيلين
٣	نيتريل
٢	بولي كلوروبرين
١٠	أنواع أخرى

(٥) قدر حجم الاستهلاك العالمي من أسود الكربون المستخدم في صناعة المطاط عام ١٩٩٤م بحوالي ٦ ملايين طن، وحجم سوقه ٣ بلايين دولار.

(٦) بلغ حجم السيليكا المرسبة الداخلة حديثاً في صناعة الإطارات بالولايات المتحدة حوالي ٤٥ ألف طن، وينتظر التوسع في استخدامها ترشيحاً لاستهلاك الطاقة، وإطالة عمر الإطار وزيادة الأمان في استخدامه. وتستهلك المنطقة العربية سنوياً أكثر من ٦ ملايين إطار سيارات تصل قيمتها إلى ٣٠٠ مليون دولار.

(٧) حدث تطور كبير في استهلاك المطاطيات من نوعية الثرموبلاستيك، نظراً للوفر في عمليات الإنتاج وإمكانية إعادة تدويرها، مما رفع من حجم استهلاكها على المستوى

العالمي من ٩٠ ألف طن إلى ٦٥٠ ألف طن خلال الفترة من الستينات إلى بداية التسعينات.

عام ١٩٩٣م، استهلكت الولايات المتحدة وأوروبا الغربية واليابان ٣٢٥ ألف طن من مطاط البولي يوريثان بلغت قيمتها أكثر من ١,٥ بليون دولار، وهي المناطق الرئيسة للاستهلاك في الوقت الحاضر، ولكن الإنتاج والاستهلاك يتزايدان على المستوى العالمي، خاصة في منطقة الباسيفيك نظراً للخواص المتميزة للمنتجات.

وبلغت قيمة المطاط الصناعي المستهلك عام ١٩٩٤م بالولايات المتحدة الأمريكية ٤,٥ بليون دولار، بينما وصلت قيمة المنتجات المطاطية لأكثر من ١٨ بليون دولار (الإطارات ١١,٤ بليون دولار، ومنتجات مطاطية أخرى ٦,٧ بليون دولار).

وقدر حجم الكيماويات المستخدمة في صناعة المطاط على المستوى العالمي عام ١٩٩٤ بحوالي ٦٣٥ ألف طن، بلغت قيمتها ٢,٤ بليون دولار.

(٨) بينما كان استهلاك الاتحاد السوفيتي ودول أوروبا الشرقية يمثل حوالي ١٥% من حجم الاستهلاك العالمي من المطاط، انخفض الاستهلاك حالياً لأقل من ٥% من الاستهلاك العالمي.

8. المنظفات الصناعية: Synthetic detergents

أ. عام


المنظفات الصناعية هي إحدى المواد ذات النشاط السطحي surfactants والتي كثر استخدامها بعد الحرب العالمية الثانية كمواد فعالة تستخدم في أغراض التنظيف المختلفة كبديل للصابون .

وتوجد عدة أنواع من المنظفات الصناعية، أهمها :

(١) منظفات أنيونية : Anionic detergents

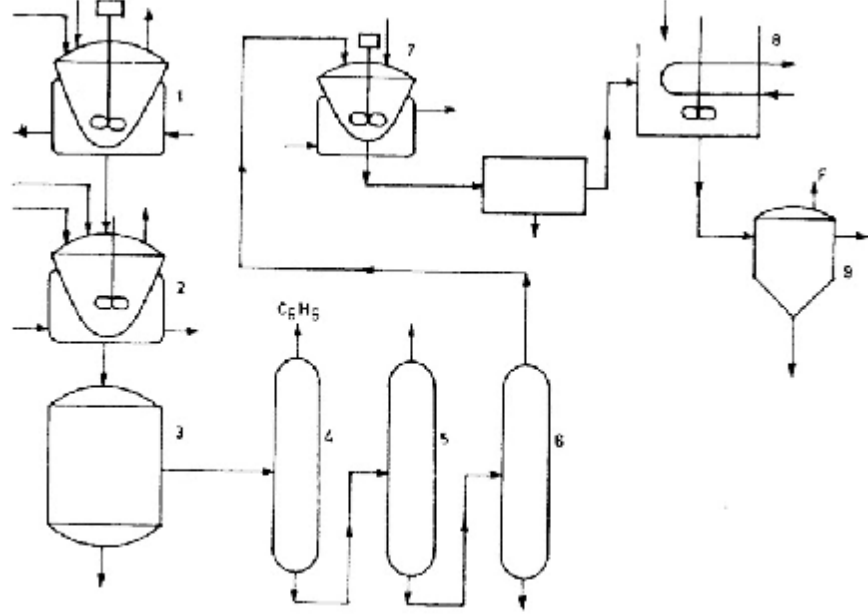
وتشمل كبريتات الألكيل، ومنها نوعان. كبريتات ألكيل أولية، وتحضر بتفاعل الكحول الأولي ذي السلسلة الكربونية الطويلة (١٢ - ١٨ ذرة كربون) مع حامض الكبريتيك المركز، وكبريتات ألكيل ثانوية، وهذه تحضر بتفاعل الأوليفينات أو الكحول الثانوي، مع حامض الكبريتيك المركز. وهناك نوع آخر من المنظفات الأنثيونية يسمى سلفونات الألكيل، الذي يحضر من البارافينات المحتوية على ١٢-١٨ ذرة كربون بواسطة التفاعل مع غازي ثاني أكسيد الكبريت والكلور (تفاعل ريد)، أو تفاعلها مع خليط ثاني أكسيد الكبريت والأكسجين. وقد ذكرت هذه الطرق في باب المواد البتروكيماوية الوسيطة كمادة ناتجة من البارافينات (سلفو كلورة وسلفو أكسدة).

أما النوع الأكثر شيوعاً في المنظفات الأنثيونية فهو سلفونات ألكيل الأريل، ومن أمثلتها سلفونات دوديسيل بنزين *benzene sulphonate*، الذي يتم تحضيرها بتفاعل رباعي البروبيلين مع البنزين في وجود عامل مساعد كما ذكر سابقاً في باب ألكلة الأروماتيات. ويتم إجراء عملية سلفنة الناتج بواسطة حامض كبريتيك مدخن أو ثالث أكسيد الكبريت، وأخيراً يعادل الحامض السلواني الناتج بواسطة الصودا الكاوية، إذ يتكون دوديسيل بنزين سلفونات الصوديوم.

هناك طريقة أخرى اقتصادية لتحضير المنظفات الأنثيونية من الكيوسين، وذلك بواسطة إزالة الأروماتيات من الكيوسين بامتصاصها اختياريًا فوق السليكاجيل النشطة السطوح أو الاستخلاص أو السلفنة، ثم يتم كلورة البارافينات المتبقية في الكيوسين بواسطة غاز الكلور، إذ يتكون الكلورو بارافين، الذي يتم ألكلة البنزين بواسطته في وجود حفاز كلوريد الألومنيوم للحصول على كيريل البنزين *benzene Keryl*. يتم سلفنة الناتج الأخير ومعادلته بالصودا الكاوية للحصول على المنظف المطلوب.  طبقاً لما هو موضح في الشكل الرقم ٢٩.

ومن المفيد أن نذكر هنا أن إنتاج المنظفات الأنثيونية بجميع أنواعها يبلغ حوالي ٤٨% من الإنتاج الكلي للمنظفات.

منظفات صناعية من الكيروسين



(٢) منظفات غير أيونية Nonionic detergents

يحضر هذا النوع من المنظفات بتفاعل المركبات المحتوية على هيدروجين نشيط، مثل الحموض الدهنية أو الكحولات الدهنية أو ألكيلات الفينولات أو الأمينات الدهنية مع أكسيد الإيثيلين. وتسمى المواد الناتجة من هذا التفاعل بالإيثوكسلات.

يتميز هذا النوع من المنظفات بقلّة الرغوة وقوة الاستحلاب، كما أن نسبة الإنتاج منها تصل إلى ٣٢% من المجموع الكلي للمنظفات

(٣) منظفات كاتيونية : Cationic detergents

من أمثلة هذا النوع من المنظفات الأمينات الدهنية ذات السلاسل الطويلة C8-C18، وأيضاً، أملاح الأمونيوم الرباعية التي تحضر بتفاعل الأمين الثلاثي مع هاليدات الألكيل.

ويستخدم هذا النوع من المنظفات في صناعات النسيج وعمليات الصباغة، بالإضافة إلى استعمالها كمواد مضادة للبكتيريا والفطريات، ويمثل إنتاج هذا النوع من المنظفات حوالي ١٢% من الإنتاج الكلي للمنظفات.

ب. الطلب على المنظفات بالولايات المتحدة الأمريكية

١. بلغ حجم الطلب على المواد الفعالة بالمنظفات الصناعية بالولايات المتحدة عام ١٩٩٣م حوالي ١,٢٦ مليون طن، وينتظر أن يرتفع إلى ١,٤٧ مليون طن عام ٢٠٠٥م.
٢. دخلت المواد الفعالة في تصنيع منتجات نهائية حجمها ٥,٣٥ مليون طن، وصلت قيمتها لأكثر من ٥ بلايين دولار (عام ١٩٩٣م).
٣. تم تطوير إنتاج وإحلال مواد الجلوكوز كمادة فعالة منظفة أسهل في تحليلها وآمن على الجلد من ألكيل بنزين سلفونات الشائع استخدامه حالياً، كما يتم تطوير منتجات من النشا للاستخدام كمادة مالئة، أو منظفة، أيضاً.
٤. كان استهلاك الفرد من المنظفات عام ١٩٩٣م من ٣-٥ كجم في السنة بمنطقة أمريكا الجنوبية، مقارنة بحوالي ١١ كجم في المكسيك، 9.5 كجم في الولايات المتحدة الأمريكية.
٥. يتجه العالم لتطوير وإنتاج منظفات من أصل نباتي كمصدر متجدد بجانب الحفاظ على البيئة.

القسم الخامس

استخدامات البتروكيماويات

استخدام البتروكيماويات في المجالات المدنية

1. البولي فينيل كلورايد :

أ. صناعات المواسير المستخدمة في مجالات

١. شبكات الصرف الزراعي المغطى .

٢. الشبكات الكهربائية في الإنشاءات المدنية .

٣. شبكات التوصيلات التليفونية .

٤. الصرف الصحي .

٥. شبكات الغاز الطبيعي للمنازل .

٦. شبكات مياه الشرب .

ب. صناعة الكابلات الكهربائية

تكوين طبقة عازلة خارجية لتغطية أنواع الكابلات كافة (كابلات ضغط عالي ومنخفض)، وأسلاك التوصيلات، وصناعة الأجهزة الكهربائية مثل الراديو والتليفزيون والتليفونات والثلاجات والغسالات والبطاريات السائلة والجافة .

ج. صناعة الجلود والأحذية ولعب الأطفال

تستخدم في صناعة الجلود الصناعية، وأرضيات الفينيل، كما تصنع منها الأحذية الكاملة والنعال والأحذية الشعبية، مما يساعد على الحد من ارتفاع الأسعار المطرد للأحذية الجلدية .

د. قطاع النقل والمواصلات

يدخل في صناعة بعض الأجزاء البلاستيكية المستخدمة في صناعة السيارات .

هـ. العبوات

عبوات الأدوية وعبوات الزيوت ومستحضرات التجميل وزجاجات المياه المعدنية

و. المباني والإنشاءات

تصنيع الشبابيك والأبواب الداخلية والقواطع والألواح المستخدمة في صناعة الأثاث والديكور — مفروشات الحمامات — المفارش البلاستيكية .

2. البولي إيثيلين

أ. مجال الزراعة

(1) تبطين الترع والقنوات لتقليل فاقد المياه .

(2) صواني الشتلات الزراعية .

(3) المواسير المستخدمة في أحدث طرق الري بالرش والتنقيط .

(4) الغطاء المستخدم في الصوبات الزراعية .

ب. مجال التعبئة والتغليف :

(1) إنتاج الأكياس بأنواعها المختلفة .

(2) الزجاجات اللازمة لتعبئة الزيوت والمواد الغذائية ومستحضرات التجميل .

(3) صناعة صناديق تعبئة المياه الغازية .

ج. مجال الأدوات المنزلية

1.الأوعية المصنعة من البلاستيك .

2.لعب الأطفال .

3.خراطيم المياه .

4.الأحذية .

د. صناعة المنتجات البلاستيكية والإسفنج الصناعي

3. البروبلين

تتبع مادة البروبلين مجموعة الألياف الأحادية، وهي ثاني أهم مواد هذه المجموعة بعد الإيثيلين، كمادة بتروكيماوية أساسية، كما أنها تعدّ ثاني المواد البتروكيماوية من حيث حجم الإنتاج بكل من دول غرب أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية. وتوضح أهمية البروبلين كمادة بتروكيماوية أساسية من خلال المواد البتروكيماوية الوسيطة والنهائية، المعتمد إنتاجها على خامة البروبلين، ودور هذه المواد في تكامل الصناعات البتروكيماوية، وكذلك أهميتها كخامات مستخدمة في الصناعات التحويلية .

وحيث إن تنمية قاعدة الصناعات التحويلية تعدّ أمراً حيويّاً بالأقطار العربية، لما في ذلك من تأثير على صناعة الخامات من ناحية، وتوفير السلع النهائية التي تحتاج إليها القطاعات كافة من ناحية أخرى، هذا بالإضافة إلى إحلال الواردات من السلع، فإنه من الضروري توضيح أهمية تنمية الصناعات البتروكيماوية المعتمدة على البروبلين بالنسبة لبعض الصناعات التحويلية، وفيما يلي مشتقات البروبلين المستخدمة في هذه الصناعات :

البولي بروبيلين - أكريلونيتريل إستايرين بيوتاديين - ABS البولي يول - رانتجات البولي إستر غير مشبع (منتجات الفير جلاس - (رانتجات الفينول فورمالدهيد - رانتجات بولي ميثيل ميتا أكريلات .

4 . البولي بروبيلين

أ. أهمية البولي بروبيلين في الدول العربية

لقد اتضح مما سبق الأهمية المتزايدة للبولي بروبيلين على المستوى العالمي، ووفقاً لبيانات شركة آثر دي لينتل العالمية يستخدم البولي بروبيلين على النحو التالي :

(١) المنتجات البلاستيكية بطريقة الحقن، والمستخدم في قطاعي التعبئة والتغليف، وقطاع النقل ٤٤ %

(٢) الفيلم المستخدم في مجال التعبئة ١٧ %

(٣) الألياف والخیوط (السجاد والمجالات الصناعية) ٢٨ %

ب ويعدّ توفير مواد البولي بروبيلين أمراً مهماً بالنسبة لتنمية بعض القطاعات بالدول العربية، وفي مقدمتها :

(1) الشكاير المنسوجة لتعبئة الخضراوات والفاكهة :

(أ) السيلوفان .

(ب) تبطين رقائق الألومنيوم لتعبئة المواد الغذائية .

(ج) زجاجات عبوات مستحضرات التجميل والكيماويات .

(د) صناديق تعبئة زجاجات المياه الغازية .

(2) مجال البطاريات وقطع الغيار :

(أ) صناديق بطاريات السيارات .

(ب) قطع غيار السيارات .

(3) صناعة السجاد والموكيت من ألياف وخيوط البولي بروبيلين :

(أ) الصناعات النسيجية .

(ب) ألياف وخيوط البولي بروبيلين .

(ج) ألياف الأكريليك .

(د) ألياف النايلون .

(هـ) صناعة الأدوات المكتبية، والأدوات المنزلية، وأدوات النظافة) .

(و) مجال الحقن الطبية البلاستيكية بأحجامها المختلفة .

(4) الراتنجات

(أ) راتنجات الإيبوكسي .

(ب) راتنجات ستايرين أكريليك .

(ج) راتنجات ستايرين بولي أكريليك

ج. وفيما يلي بعض المواد البتروكيمياوية المشتقة ومجالات الاستخدام :

* بولي بوتلين ترفنتالات PET البلاستيك للأغراض الصناعية - السجاد

* تتراهدروفوران THF مادة مذيية للراتنجات

* جاما بوتيرولكتون مادة مذيية ومزيله للدهانات

* بولي إستر غير مشبع UP- منتجات الفبير جلاس (الخزانات - الأنابيب والمنتجات الأخرى)
resins

*إيزوبروبانول IPA	مادة مذيبة (الزيوت - الراتنجات - الدهانات) -الأسيتون.
* بولي أكريلونيتريل	ألياف الأكريليك (الأقمشة - التريكو - البطانيات - السجاد - الستائر)
* أكريلك إستر	الدهانات-المواد اللاصقة-صناعة النسيج
* أكريل أميد	البولي أكريل أميد (معالجة المياه) - طينة حفرا الآبار - صناعة النسيج.
* جلايكول البروبلين	راتنجات البولي أستر غير مشبع- مانعة للتجمد-الأحبار - سوائل الفرامل
* بولي إيثير بولي يول	البولي يورثين (الإسفنج الألكيد-المتفجرات -العقاقير-البولي يول
* صناعات المذيبات الكيماوية	الأسيتون - الايزوبروبانول
* إنتاج موانع التجميد	البروبلين جلايكول

5 . المطاط الصناعي

أ. مجال النقل والهندسة

(1)إنتاج إطارات السيارات والجرارات

(2)السيور الناقلة

(3)أرضيات السيارات الداخلية

ب. مجال الأحذية

(1)صناعة نعال الأحذية

(2) صناعة الأحذية المطاطية

ج. مجال البطاريات :

(1) صناديق بطاريات السيارات

د. مجال الأدوات المنزلية :

(1) الأثاث المنزلية

(2) المشايات المطاطية

(3) خراطيم الحرائق

هـ. وفيما يلي بعض المواد البتروكيمياوية المشتقة ومجالات الاستخدام :

* ميثيل أيزوبوتيل كيتون مادة مذيية (الدهانات - المواد اللاصقة - المبيدات)

* بولي ميثيل ميتا أكريلات منتجات بلاستيكية بديلة لتلك المصنعة من الزجاج - ألواح أكريليك
PMMA

* بولي إستايرين التعبئة والتغليف - منتجات ذات الاستخدام الواحد - العزل الحراري - الأغراض الصناعية

* ستايرين أكريلونيتريل البلاستيك - للأغراض الصناعية - التعبئة والتغليف - الأجهزة المنزلية.
SAN

* مطاط إستايرين بيوتاديين الإطارات والمنتجات المطاطية - السجاد
ABR

* أكريلونيتريل إستايرين البلاستيك للأغراض الصناعية

بيوتاديين ABS

* مطاط بيوتاديين BR	الإطارات والمنتجات المطاطية
* مطاط كلوروبرين	الإطارات والمنتجات المطاطية
* مطاط نيتريل	الإطارات والمنتجات المطاطية - رفع درجة أوكتين الجازولين - مادة مذيبة - العطور - مزيل الدهانات
* مطاط أيزوبرين	الإطارات والمنتجات المطاطية
* مطاط بوتيل	الإطارات والمنتجات المطاطية
* ميثيل ثالث بيوتيل الإثير MTBE	رفع درجة أوكتين الجازولين (بديل مركبات الرصاص) مادة مذيبة - مزيله للدهانات - المنظفات الصناعية
* ميثيل إيثيل كيتون MEK	مادة مذيبة الدهانات بي-رقائق بي.في.سي)
* بولي بيوتين	المواد اللاصقة بالأنصهار - تغليف الكابلات - مواد عالقَة Sealant مادة خام في صناعة المنظفات والمواد المليئة.

6. ألياف وخيوط البولي إستر

أ. لقد أوضحت الدراسات أهمية وضرورة تنمية الألياف التركيبية بالدول العربية، وبصورة خاصة ألياف وخيوط البولي إستر .

ويعد توفير مادة البولي إيثيلين ترفتلات ذات أهمية كبرى بالنسبة لتنمية بعض القطاعات، وفي مقدمتها قطاعي الغزل والنسيج والتعبئة والتغليف، وأهم المنتجات المصنعة من مادة بولي إيثيلين ترفتلات ما يلي :

(1) الخيوط المستخدمة في صناعة الأقمشة

(2) الخيوط المستخدمة في صناعة السجاد BCF

(3) الخيوط عالية المتانة TIRE CORD

(4) خرز أو حبيبات البولي إستر : Polyester Chips

(أ) خيوط البولي إستر المستمرة

(ب) قوارير وعبوات البولي إستر (التعبئة والتغليف)

(ج) أفلام التصوير Photographic film

(د) أفلام أشعة إكس X-Ray Film

(هـ) شرائط التسجيل والفيديو والكمبيوتر Magnetic Tape

ب. وتسوق ألياف وخيوط البولي إستر في العالم تحت العديد من الأسماء التجارية ومن أهمها:

- Dacron Du Pont

- Diolen Enka Glazstoff

- Terylene ICI

- Trevira Hoechst

- Tergal Rhone Poulenc

- Terton Teigin, Toya Rayon

استخدام البتروكيماويات في المجالات العسكرية

١. استعمالات في إنتاج الدخان Smokes

أ. يمكن لزيت النفط الخام الذي تستخدمه سفن الأساطيل البحرية أن ينتج سحابة من الدخان الكثيف عند إحراقه إحراقاً غير تام، أي في جو محدود من الهواء. وقد استعمل الألمان هذه الطريقة في بداية الحرب العالمية الأولى عام ١٩١٥م، لتغطية حركة سفنهم البحرية ومساعدتها على الهروب من متابعة سفن الأسطول البريطاني. وما زالت هذه الطريقة مستعملة حتى الآن بواسطة أغلب الأساطيل البحرية لسهولة استخدامها ولتوفير زيت النفط الخام المستعمل في إدارة محركاتها

ب. وعادة ما تكون سحابة الدخان الناتجة بهذا الأسلوب كثيفة بشكل معقول، ويكفي إحراق نحو ٦٠ جراماً من الزيت الخام لتكوين نحو ٣٠ متراً مكعباً من الدخان

ج. وأفضل الطرق لإنتاج سحابة دخان من هذا النوع، هي الطريقة التي ييخر فيها الزيت الخام بالحرارة ثم أكسدته أكسدة غير كاملة، وتؤدي هذه الطريقة إلى تكوين جسيمات دقيقة من الكربون، مكسوة بغشاء رقيق من الزيت يمنع تجمعها، مما يؤدي إلى استمرار السحابة في الهواء زمناً طويلاً

د. هناك مادة أخرى مهمة من البتروكيماويات وهي الهكساكلوروايثان Hexachloroethane، وهي عبارة عن مادة صلبة تخلط مع عدة مواد أهمها تراب الزنك وأكسيد الزنك والألومنيوم وكلوريد الألومنيوم، لتكوين خليط يتم إشعاله، ليتفاعل الألومنيوم مع الهكساكلوروايثان معطياً كلوريد الألومنيوم، وينطلق في هذا التفاعل مع أكسيد الزنك لتكوين كلوريد الزنك، الذي ينطلق في الهواء مكوناً سحباً بيضاء عالية الكثافة، ويعطي كل ٣ - ٤ جرامات من هذا الخليط نحو ٣٠ متراً مكعباً من الدخان.

٢. استعمالات في إنتاج المواد الحارقة : Incendiary Agents

أ. المواد الحارقة الحربية

تتكون أساساً من مواد هيدروكربونية، مثل مقطرات النفط كالجازولين والكيروسين، وهي عندما تتأكسد، أي عندما تشتعل في وجود أكسجين الهواء، تنبعث منها طاقة حرارية شديدة تؤدي إلى اشتعال ما تلامسه من مواد .

وعادة ما يضاف إلى هذه السوائل النفطية بعض المواد، لزيادة كثافتها أو لزيادة قوامها، تحت اسم "المواد المغلظة Thickeners"، وهي تساعد على التصاق العامل الحارق بالأهداف، كما أنها تساعد كذلك على زيادة مدى قذف العامل الحارق من القاذفات .

وتتعدد أنواع هذه المواد المغلظة، فقد يستخدم بعض البوليمرات الصناعية مثل "البولي إيثايرين" أو "أيزوبيوتيل ميتا أكريلات). كذلك يمكن استخدام بعض المواد ذات النشاط السطحي المعدنية مثل "نافثينات الألومنيوم" أو "بالميتات الألومنيوم".

ب. النابالم: Napalm

يطلق هذا الاسم على العوامل الحارقة المكونة من المواد النفطية المغلظة، ويشق الاسم من الأحرف الأولى للمادتين الكيماويتين المستعملتين كمادة مغلظة فيه. هما "نافثينات الألومنيوم" و "بالميتات الألومنيوم".

ويعد النابالم أشهر العوامل الحارقة. وقد اكتشفه العالم الأمريكي "لويس فيزر Louis Fieser" أثناء إجرائه لبعض البحوث في جامعة هارفارد الأمريكية في أوائل الأربعينيات .

ويمكن الحصول على النابالم المناسب للاستخدام بالتحكم في نوع المادة المغلظة، وكذلك في نسبتها التي تضاف الجازولين. وعادة ما تتراوح نسبة المادة المغلظة بين ٦-١٢ %.

ولا يشتعل النابالم ذاتياً، ولكنه يحتاج إلى وسيلة خاصة لإشعاله، وقد استعملت أنظمة مختلفة للاشتعال، سواء في قاذفات اللهب أو في القنابل، ومنها الفوسفور، والبارود، والمغنسيوم، ويمكن استخدام الصوديوم لإشعال النابالم فوق الماء .

وقد استعمل النابالم في الحرب العالمية الثانية، فقد ألقت الطائرات الأمريكية نحو 4 ملايين لتر من النابالم على القوات اليابانية في مسرح العمليات في المحيط الهادى، كذلك استخدمت القوات الأمريكية النابالم في الحرب الكورية (١٩٥٠-١٩٥٣). كذلك استخدمته القوات الأمريكية في حرب فيتنام لحرق المحاصيل الزراعية، وبخاصة حقول الأرز، وكذلك لإحراق الغابات والأحراش .

وقد استخدمت القوات الفرنسية قنابل النابالم في حربها في الهند الصينية (1946-1954) ، كما استخدمته القوات الفرنسية ضد المقاتلين الجزائريين أثناء حرب التحرير الجزائرية .

أسقطت الطائرات الإسرائيلية قنابل النابالم على المناطق السكنية في دلتا نهر النيل، وفي يوم ١٢ فبراير ١٩٧٠، هاجمت طائرات الفانتوم الإسرائيلية أحد المصانع المصرية في أبي زعبل بقنابل النابالم .

وفي ١٥ فبراير ١٩٦٨، هاجمت الطائرات الإسرائيلية أكثر من ١٥ قرية ومعسكر اللاجئين الفلسطينيين على طول نهر الأردن بالنابالم، ثم استعملت قنابل النابالم بصفة مستمرة ضد القوى الفلسطينية وفي جنوب لبنان .

كذلك استخدمت القوات العراقية قنابل النابالم ضد الأكراد في الأجزاء الشمالية والشرقية من العراق في الستينيات، ولقي مئات من الأطفال والنساء حتفهم من جراء هذا الهجوم. وقد أطلقت كل دولة اسمًا خاصًا بها على النابالم، فهو يعرف مثلاً في روسيا بالرمز OP-2 على حين يعرف في السويد باسم ألونات Alunat ولكن مكوناته الأساسية واحدة تقريباً في جميع الحالات .

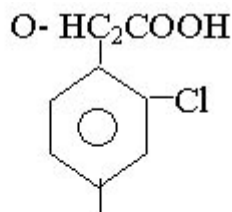
3 . استعمالات في العوامل المضادة للنباتات : Antiplant Agents

أ. تطورت البحوث الخاصة بمبيدات الأعشاب Weed Killers أو مسقطات أوراق الشجر Defoliantس تطوراً كبيراً في السنوات الأخيرة، خاصة بعد الحرب العالمية الثانية.

وقد استعملت بعض هذه العوامل الكيماوية في بعض الحروب المحلية التي حدثت في السنوات التالية للحرب العالمية الثانية، وبخاصة في حرب فيتنام. وأهم العوامل الكيماوية المشتقة من البتروكيماويات والمبيدة للأعشاب هي :

(١) مركب (٢، ٤ - ثنائي كلورو حامض فينوكس خليك):

ويرمز له بالرمز (٢، ٤-د) وهو الرمز المستخرج من اسمه الأجنبي:



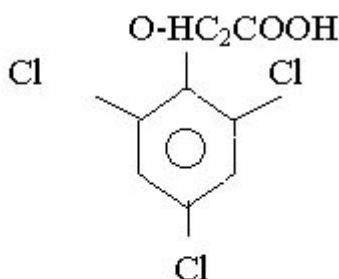
Cl

2,4 - Dichlorophenoxy acetic acid

(2.4 D) = (٢ - 4.2)

(٢) مركب (٢ و ٤ و ٥ - ثلاثي كلورو حامض فينوكسي خليك)

ويرمز له بالرمز (٢ و ٤ و ٥ - ت) وهو الرمز المستخرج من اسمه الأجنبي:



2, 4, 5 - Trichlorophenoxy acetic acid

(2,4,5 - T) = (٢ و ٤ و ٥ - ت)

وقد استعملت القوات الأمريكية خليطاً من هذه المواد وعرف خليط كل من (٢ و ٤ - د) و (٢ و ٤ و ٥ - ت) باسم العامل البرتقالي Orange Agent.

وقد بلغت كميات هذه العوامل الكيميائية التي أقيمت على فيتنام بواسطة القوات الأمريكية حدًا هائلًا من الضخامة، وقدرت على أساس المواد الفعالة بنحو ٢٦٠٠٠ طن من عامل "٢ و ٤ - د" ونحو ٢٤٠٠٠ طن من عامل "٢ و ٤ و ٥ - ت".

ب . وقد أدى استعمال هذه العوامل الكيماوية إلى حدوث مأساة لا مثيل لها في التاريخ، فقد تسبب عن ذلك تدمير نحو مليون ونصف مليون هكتار من الغابات، منها نحو ١٢٤٠٠٠ هكتار من أشجار المانجروف التي تنمو على شواطئ البحار في المياه المالحة، وذلك بالإضافة إلى تدمير الزراعة ونباتات المحاصيل في مساحة هائلة قدرت بنحو ٣٠٠,٠٠٠ هكتار.

وما زالت آثار هذا الدمار الشديد ظاهرة للعيان في هذه المساحات الهائلة حتى الآن وبعد انقضاء أكثر من عشرين سنة على إلقاء هذه العوامل الكيماوية على التربة.

وهذا الدمار الشديد، دمار لا انعكاسي، وقد لا يمكن إصلاح آثاره أبداً، فبعد انقضاء كل هذه المدة الطويلة، لا توجد هناك أية بادرة على ظهور أي نوع من النباتات الجديدة في هذه المناطق، كما أن هذه الأراضي، بعد أن أصبحت عارية من النباتات والأشجار، أصبحت معرضة لعمليات التعرية بشكل واضح، وهو الأمر الذي قلل كثيراً من فرص عودة النباتات للنمو على هذه التربة.

ج. وقد تبين فيما بعد، أن بعض العوامل الكيماوية المضادة للنباتات مثل "٢و٤ - د"، و "٢و٤و٥ - ت" يوجد بها قدر صغير من مادة أخرى شديدة السمية تعرف باسم "دايوكسين" "Dioxin"، وهي تتكون مع هذه العوامل في أثناء تصنيعها.

ونظراً لأن "العامل البرتقالي" الذي استعمل في فيتنام كان يتكون من خليط من "٢و٤ - د"، و "٢و٤و٥ - ت"، الذي يحتوي كل منهما على قدر صغير من الدايوكسين، فإن هذا العامل البرتقالي كان يحتوي بالضرورة على قدر أكبر من هذه المادة السامة.

وحيث أن الكمية المستخدمة من مادتي "٢و٤ - د"، و "٢و٤و٥ - ت" قد قدرت بنحو ٥٠ ألف من الأطنان، فإن كمية مادة الدايوكسين الموجودة بهما والتي أُلقيت على فيتنام بلغت نحو ١٧٠ كيلو جراماً على أقل تقدير.

ولمادة الدايوكسين فعل مزدوج شديد الخطورة، فبجانب أنها شديدة السمية بالنسبة للإنسان، مثلها في ذلك مثل غازات الحرب، فهي أيضاً تعد من أشد المواد تدميراً للبيئة التي تلقى عليها، وقد تم اكتشاف هذا الفعل المزدوج في أثناء حرب فيتنام.

ويمكن تصور السمية الفائقة لمادة الدايوكسين، إذا علمنا أن الجرعة المميتة منها تقل عن ٠,٦ من الميكرو جرام لكل كيلو جرام من وزن الجسم (الميكرو جرام يساوي جزءاً من مليون جزء من

الجرام)، وهو تركيز ضئيل جداً ويقل كثيراً عن تركيز الجرعة المميتة لأغلب غازات الأعصاب المعروفة اليوم.

وقد تبين فيما بعد أن هذه المادة تؤدي إلى الإصابة بالسرطان، كما تؤدي إلى تشوية الأجنة وإلى مواليد مشوهة، ولكن هذه الآثار الخطيرة لا تظهر إلا بعد مدة طويلة، وهي تشبه في ذلك الإشعاعات النووية التي لا تظهر آثارها إلا بعد مدة طويلة.

ويمكن أيضاً معرفة الآثار الخطيرة لهذه المادة من حادث "سفيسو" "Seveso" بإيطاليا عندما تسرب نحو ٢ كيلو جرام من هذه المادة فوق مساحة مزروعة من الأرض تقدر بنحو ٢٥٠٠ هكتار، وقد أدى هذا الحادث إلى إتلاف المزروعات والنباتات بهذه الأرض، وما زالت هذه المساحة من الأرض غير صالحة للزراعة حتى الآن.

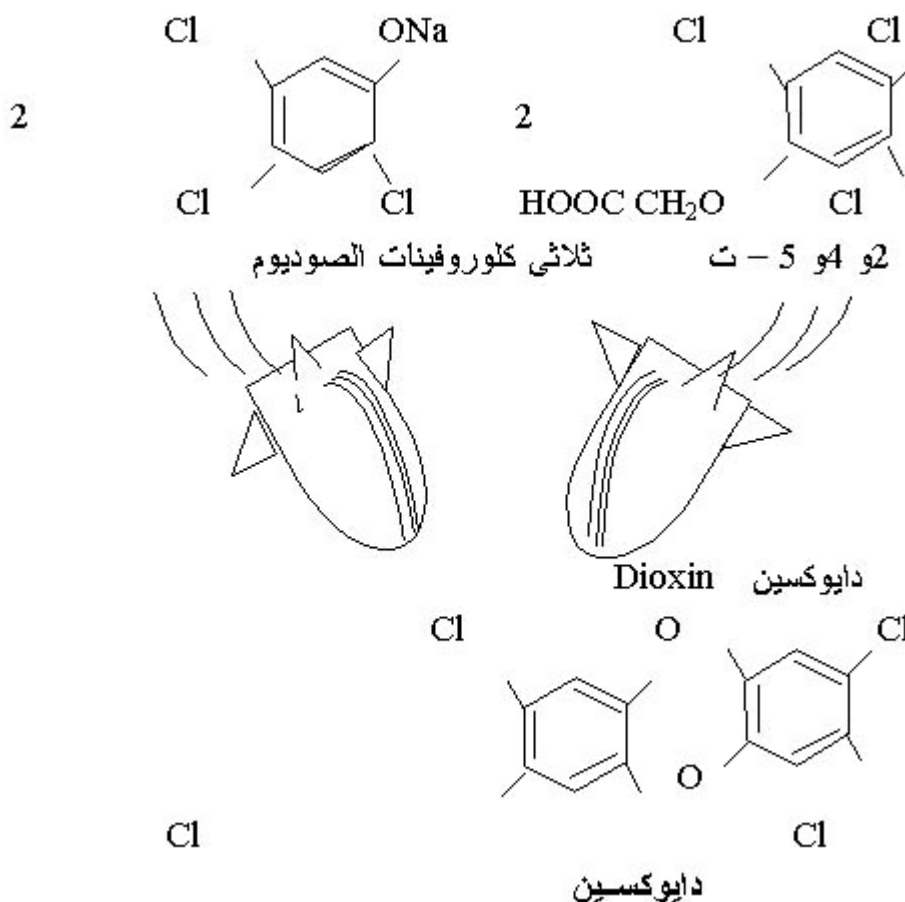
والسبب في هذا الأثر الممتد والخطير لمادة الداىوكسين، أنها مادة شديدة الثبات، فيبلغ عمر النصف لهذه المادة، عشرات السنوات، أي أن نصف الكمية الموجودة منها يحتاج إلى عشرات السنين كي يزول، ويحتاج كذلك نصف ما تبقى منها إلى عشرات أخرى من السنين، وهكذا، ولهذا السبب فإن ما يلقى منها على التربة يمتد أثره أمداً طويلاً.

وعلى الرغم من أن هذه المادة ليست من العوامل الكيميائية، إلا أنه يمكن تصور المأساة التي قد تحدث عند إلقاء هذه المادة فوق أراضي العدو.

ويمكن أن يكون السلاح المستخدم في هذه الحالة على هيئة قنبلة مشحونة بمادة "٢و٤و ٥ - ت"، وعند انفجار هذه القنبلة تؤدي حرارة الانفجار العالية إلى تفاعل جزئين معاً من "٢و٤و ٥ - ت" لتكوين الداىوكسين، الذي ينتشر في الهواء، ويلوث مساحة هائلة من الأرض.

كذلك يمكن شحن القنبلة بمادة أخرى مثل "ثلاثي كلورو فينات الصوديوم"، وفي هذه الحالة، أيضاً، يمكن أن تؤدي حرارة الانفجار إلى تفاعل جزئين معاً من هذه المادة لتكوين الداىوكسين.

ويبدو من ذلك أنه يمكن صنع بعض العوامل الكيميائية شديدة السمية من مواد بسيطة تدخل في صناعة المبيدات الحشرية، ولا يمكن منع أي دولة من صناعة المبيدات، كما لا يمكن الحد من تكوين الشركات متعددة الجنسيات التي تدخل في هذا المجال، ولا يوجد حتى الآن ضمان كامل في ألا تتحول صناعة المبيدات إلى صناعة غازات الحرب.

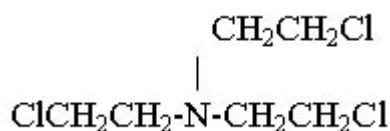


4. استعمالات في الأسلحة الكيماوية Chemical Weapons:

أ. تعتمد معظم الأسلحة الكيماوية المستخدمة حاليًا على التفاعلات الكيماوية، فانفجار المواد شديدة الانفجار ما هو إلا تفاعل كيماوي، وكذلك احتراق النابالم تفاعل كيماوي، ولكن المقصود بالأسلحة الكيماوية هو استخدام أسلحة تعتمد في تأثيرها على الخواص السامة للمواد المعبأة فيها، وليس على الطاقة التفجيرية لهذه الأسلحة.



ب. تعدّ مادة تراي إيثانولامين $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{-N-CH}_2\text{CH}_2\text{-OH}$ أهم مادة بتروكيماوية مدرجة ضمن المواد الكيماوية التي وضع عليها حظر عالمي في اتفاقية حظر الأسلحة الكيماوية. وذلك لأن هذه المادة تدخل في تحضير غاز الخردل النيتروجيني.



غاز الخردل النيتروجيني (تراي كلورو تراي إيثيل إمين):

يرمز لهذا الغاز في الجيش الأمريكي برمز خاص، وهو NH-3. وقد عرف الأثر المنفط (الكاوي) لهذا المركب منذ عام ١٩٣٥. ولكنه لم يصنع بكميات كبيرة إلا أثناء الحرب العالمية الثانية، فقد وجدت قوات الحلفاء نحو ٢٠٠٠ طن من غاز الخردل النيتروجيني في نهاية الحرب في مخازن الجيش الألماني

ج. وهذه المادة عبارة عن سائل ذي درجة غليان منخفضة، وليس له رائحة نفاذة، وهو قليل الذوبان في الماء، ولكنه يذوب في أغلب المذيبات العضوية.

يتصف هذا المركب بخواصه السامة والمنفطة، ومهاجمته للحمض النووي في الخلية الحية، ويسبب السرطان، وهو يماثل في تأثيره الإشعاع الذري Radiomimetic agent

المادة الأخرى المشتقة من البتروكيماويات هي ثيو داي جلايكول HOCH₂CH₂-S-CH₂CH₂OH، وهي مدرجة في اتفاقية حظر الأسلحة الكيميائية. وذلك لأن هذه المادة تدخل في تحضير غاز الخردل الكبريتي المحظور دوليًا:



غاز الخردل الكبريتي

عرف هذا العامل الكيماوي المنفط بعدة أسماء، فقد أطلق عليه الفرنسيون اسم "ايبريت" Yperite. وأطلق عليه الأمريكيون والبريطانيون اسم غاز الخردل.

ويعدّ غاز الخردل واحدًا من أفضل غازات الحرب وأهمها، ويلقب أحيانًا باسم "ملك الغازات". وما زال مستعملًا حتى الآن، على الرغم من مرور أكثر من مائة وخمسين عامًا على ظهوره، ومرور نحو خمسة وسبعين عامًا على بدء استخدامه في الحروب، وذلك لدرجة الثبات العالية ومدة استمراره الطويلة.

والسبب في زيادة الإصابات الناتجة عن هذا العامل، أنه لم تكن هناك طريقة معروفة للوقاية منه، ومن فعله المنفط، فقد كانت جميع الغازات المستعملة في ذلك الحين من النوع الخانق الذي يكفي ارتداء القناع الواقي لتلافي ضررها وأثرها السام.

أما هذا العامل الجديد فقد امتد فعله ليس فقط إلى الأغشية المخاطية والرئتين، ولكنه امتد إلى جلد الإنسان وإلى جميع الأجزاء العارية من جسمه، بل كان في مقدرة هذا العامل أن يخترق الملابس والأحذية الجلدية، وقفازات المطاط، ويصل إلى جلد المصاب، ويحدث به حروقاً والتهابات شديدة تجعله عاجزاً عن الحركة وعن القتال.

وقد جاء في أحد التقارير البريطانية أن عدد الإصابات التي نتجت عن الغازات السامة في الحرب العالمية الأولى في المدة من يوليو ١٩١٧ إلى نوفمبر ١٩١٨ كانت نحو ١٦٠,٩٧٠ إصابة، منها نحو ١٨,٥٩٠ حالة وفاة، وكانت نسبة الإصابات الناتجة من غاز الخردل نحو ٧٧% من هذه الحالات.

وتقدر كمية غاز الخردل التي استعملت في الحرب العالمية الأولى بنحو ١٢,٠٠٠ طن، وأحدثت هذه الكمية نحو ٤٠٠,٠٠٠ إصابة، ويتضح من ذلك أن استعمال نحو ٣٠ كيلو جراماً من غاز الخردل قد أدى إلى حدوث إصابة واحدة، بينما احتاج الأمر إلى استعمال نحو ١٠٤ كيلو جرامات من العوامل الخانقة لإحداث إصابة واحدة في ميدان القتال.

وقد عرف غاز الخردل منذ زمن بعيد، فقد تم تحضيره أول مرة عام ١٨٤٥، ثم قام الكيميائي الألماني "فيكتور ماير" Victor Meyer عام ١٨٨٦ باستنباط طريقة بسيطة لتحضيره بكميات مناسبة، كما وصف خواصه السامة والمنفطة.

وغاز الخردل سائل زيتي القوام يضرب لونه إلى الصفرة في حالته النقية، ويغلي عند ٢١٧°م معطياً أبخرة أثقل من الهواء بنحو خمس مرات، وتشبه رائحته الفجل أو رائحة المستردة.

ويبلغ تطاير غاز الخردل ٦٢٥ مج/م^٣ عند ٢٠°م مما يدل على قلة تطايره، وعلى بقاءه مدة طويلة على سطح الأرض، ولهذا يوصف بأنه عامل مستمر، وتتراوح مدة بقاءه من حالة إلى أخرى، فقد تبقى أبخرته نحو ٢٤ ساعة في الأماكن المفتوحة، وقد تصل إلى أسبوع أو أكثر في المناطق التي تنمو بها نباتات كثيفة مثل الأحرش والغابات، وبعض الحقائق، وتزيد فترة استمراره عن ذلك عند انخفاض درجة حرارة الجو.

وقد تبين من بعض الدراسات التي أجريت على بعض المتطوعين أن غاز الخردل يهاجم الجلد والأعين والرئة والجهاز الهضمي، ويسبب القيء، كما تؤدي الجرعات الكبيرة منه إلى إصابة نخاع العظام والعقد الليمفاوية والطحال وانخفاض عدد كرات الدم البيضاء، كما أن الإصابة المباشرة بغاز الخردل تصيب القرنية والقزحية إصابة مستديمة تؤدي إلى فقدان البصر.

ويزداد تأثير الخردل في الأجواء الحارة والرطبة، ونظرًا لطول بقائه أو استمراره، فهو لا يصلح للاستعمال في حالة الهجوم أو عند الرغبة في احتلال الأراضي التي تقع تحت سيطرة الأعداء، ولكنه يصلح للاستعمال عند الرغبة في منع العدو من احتلال القطاع الذي يطلق فيه هذا الغاز.

وغاز الخردل قليل الذوبان في الماء، ولكنه ينحل في وجوده معطياً حمض الهيدروكلوريك، ومركب ثيوداي جليكول، وتزداد سرعة هذا التحلل المائي في وجود القلويات مثل هيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم.

ويذوب غاز الخردل إلى حد ما في الأصماغ، وفي المطاط، ولذلك فإن له القدرة على اختراق الأحذية الجلدية والقفازات، وأغلب أنواع الملابس الأخرى، مما يجعل الوقاية منه غاية في الصعوبة إلى حد كبير.

ويمكن إزالة آثار غاز الخردل بمركب هيبوكلوريت الكالسيوم التي تحوله إلى مركب سلفوكسيد الخردل، وهو مركب غير سام، ولكن هذا التفاعل قد يؤدي إلى أكسدة هذا المركب إلى مادة أخرى شديدة السمية، وهي مادة سلفون الخردل، ولذلك لا يفضل استعمال هيبو كلوريت الكالسيوم في تطهير غاز الخردل، ويفضل استعمال بعض

المواد الأخرى، مثل مركب "كلور أمين ت" Chloramine-T.

ومما يسبب خطورة غاز الخردل، أن رائحته تختفي تمامًا عندما يكون تركيزه قليلاً في الهواء، ولا يمكن عندئذ الإحساس بوجوده إلا بعد ظهور أعراض الإصابة به.

ولا يمكن الإحساس عادة برائحة الخردل إلا إذا بلغ تركيزه في الهواء نحو ١,٣ مج/م^٣. وقد تبين من كثير من التجارب أن التعرض لتركيز من هذا الغاز يقل عن هذا التركيز، أي نحو ١ مج/م^٣، عادة ما يؤدي إلى التهاب الأغشية المخاطية والعينين، ويدل ذلك على أن الإنسان قد يتعرض للإصابة بغاز الخردل دون أن يشعر بوجوده على الإطلاق.

وأحد الآثار المباشرة لغاز الخردل، هي فقدان المصاب به لحاسة الشم، وبذلك لا يمكن له أن يشعر بالتركيزات الأعلى من ذلك والأشد خطراً.

كذلك من الممكن استعمال غاز الخردل مع بعض العوامل الأخرى المسيلة للدموع، حتى تسبب هذه العوامل الأخيرة التهاب الأغشية المخاطية للأنف، وتمنع الإحساس برائحة غاز الخردل.

وتبلغ الجرعة المميتة لغاز الخردل نحو ٦ - ٢٠٠ مج/م^٣، تبعاً للزمن الذي يتم فيه التعرض لأبخرته، وبصفة عامة، فإنه يعدّ مميتاً لمن يتعرضون لأبخرته لمدة عشر دقائق بتركيز ١٥٠ مج/م^٣، أى ١٥٠٠ مج/ق/م^٣، وتصل الجرعة المميتة منه عن طريق الجلد إلى نحو ١٠,٠٠٠ مج/ق/م^٣.

ويتضح من ذلك أن سمية غاز الخردل تزيد على سمية غاز الفوسجين بنحو ٤ مرات، ولذلك فهو يعدّ من أنشط العوامل الكيميائية.

ونظراً لأن غاز الخردل يتحول إلى مادة جامدة عند ١٤°م، فإنه يفضل أن يضاف إليه قدر صغير من أحد المذيبات العضوية حتى لا يتجمد عند استعماله في الأجواء الباردة.

وقد استخدم كل من الألمان والفرنسيين هذه الطريقة في أثناء الحرب العالمية الأولى، فأضافوا إليه نسباً من المذيبات العضوية تتراوح ما بين ١٠ - ٢٥%، واستعملوا لهذا

الغرض رابع كلوريد الكربون والكلوروفورم والنتروبنزين، على حين استعمل الأمريكيون الكلورو بكرين كمذيب لغاز الخردل مما أضاف كثيراً إلى الصفات السامة لهذا المزيج.

ويلاحظ أن إضافة مذيب إلى غاز الخردل يساعد كثيراً على زيادة تطايره، ويساعد بذلك على انتشار الغاز في الهواء عند انفجار العبوات الحاملة له، على هيئة رذاذ يتكون من قطرات دقيقة جداً، أو على هيئة سحابة من البخار في الهواء.

ويمكن لهذا الرذاذ أن ينفذ بسهولة في كثير من الأشياء، مثل جلد الإنسان، وقفازات المطاط، والملابس والأحذية الجلدية، وغيرها من ملابس الجنود، كما أن هذا الرذاذ يستمر عالقاً بملابس الجنود مدة طويلة، وبذلك يصبح هؤلاء الجنود وسيلة لنقل هذا الرذاذ، ومصدراً للتلوث عند انتقالهم من مكان لآخر.

وتساعد الرياح على انتشار غاز الخردل، وقد وجد أن رياحاً سرعتها نحو ١٨ كيلو متراً في الساعة يمكن أن تنقل أبخرة الخردل أو رذاذه إلى نحو ٨٠٠ متر من مكان الإصابة، مع الاحتفاظ بتركيز مناسب منه في الهواء يصل إلى نحو ٧٠ مج/م^٣.

ويرمز لغاز الخردل في الجيش الأمريكي بالرمز H كما يرمز للخردل المقطر أو النقي بالرمز HD.

في نوفمبر عام ١٩٨٣، أبلغت إيران الأمم المتحدة أن قواتها تعرضت لهجوم بالأسلحة الكيماوية من جانب العراق. وقد قام السكرتير العام للأمم المتحدة بتشكيل لجنة من فريق من المتخصصين من أستراليا وأستراليا والسويد وسويسرا لتقصي الحقائق في إيران، وقامت هذه اللجنة بعملها في مارس ١٩٨٤، ثم في فبراير ١٩٨٦، وتضمنت التقارير المقدمة أن الأسلحة الكيماوية التي أُلقيت على إيران كانت قنابل هوائية معبأة بغاز الخردل، وغاز الأعصاب "التابون".

كذلك هناك تقارير أخرى بأن العراق قد استخدمت الغازات السامة ضد الأكراد، مما أدى إلى إبادة قرية بأكملها عدد سكانها نحو ٥٠٠٠ فرد.

٥ . التحقق من نزع الأسلحة الكيماوية :

أ. قامت فنلندا عام ١٩٧٢ بتقديم مشروع بحثي للتحقق من نزع الأسلحة الكيماوية، إلى لجنة نزع السلاح في جنيف والتابعة للأمم المتحدة تتضمن الطرق المستخدمة في التحاليل وكذلك الأجهزة المختلفة المطلوبة لهذا العمل.

وقد قامت فنلندا بنشر أربعة عشر تقريراً في هذا الخصوص تحت ما يسمى "الكتب الزرقاء الفنلندية"، وتقع في نحو ٢٥٠٠ صفحة تصف الطرق المتطورة، وأساليب التحاليل الكاملة للكشف عن ٢٠٠ غاز حربي ومشتقاتها ونواتج تحليلها.

وتعدّ الطرق المذكورة في هذه التقارير على درجة عالية من الدقة، ويمكن تحليل كل غاز سام بطريقتين منفصلتين، تعتمد كل منهما على مبدأ تحليلي مختلف، وذلك حتى يمكن تأكيد نتائج التحاليل، ويمكن الاعتماد بها في ساحات القضاء.

تستخدم هذه الطرق التحليلية الدقيقة لتحليل هواء المصانع الكيماوية المختلفة، إذ أنها لا تكشف فقط عن المواد الكيماوية المسموح بإنتاجها، ولكنها تعطي معلومات عن المواد الوسيطة أو طرق التصنيع، وبذلك

يمكن اكتشاف وجود الغازات السامة إذا كانت تنتج بالمصنع، دون أن يتعرض المصنع إلى مخاطر الكشف عن طرق التصنيع أو المعلومات التكنولوجية والتجارية الخاصة به

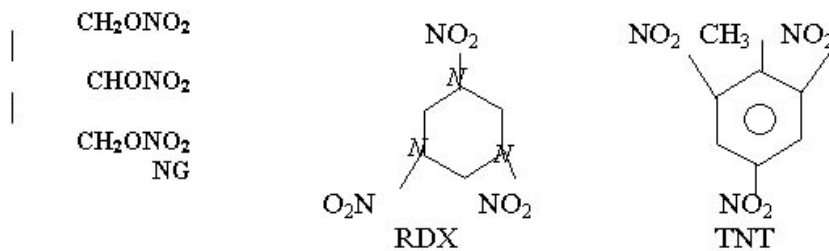
ب. وقد تضمن المشروع الفنلندي كذلك إيجاد قاعدة بيانات مبرمجة للمعاونة في عمليات التحقق من الأسلحة الكيماوية، وللاستعانة بها في أعمال المفتشين الدوليين للمنظمة الدولية لحظر الأسلحة الكيماوية التابعة للأمم المتحدة.

ج. بدأت فنلندا في عام ١٩٩٠ بمشروع برنامج دولي لتدريب علماء من ٢١ دولة، للتحقق من الأسلحة الكيماوية للعمل كمفتشين دوليين في المنظمة الدولية. تم هذا التدريب في جامعة هلسنكي بدعم من وزارة الخارجية الفنلندية

6 . استعمالات في المفرقات والمواد القاذفة Explosives and Propellants

تعدّ المفرقات والمواد القاذفة مركبات كيماوية أو مخاليط منها تنتج بسرعة أحجام كبيرة من الغازات الساخنة عندما يتم حثها بطريقة مناسبة. تحترق المواد القاذفة بمعدل أبطأ نسبياً يقاس بالسنتيمترات في الثانية، في حين أن المفرقات تنفجر بمعدل كيلو مترات في الثانية. الطاقة التي تولدها المفرقات والمواد القاذفة تعتمد على خواصها الحرارية الكيماوية Thermo chemical properties

أهم المواد المشتقة من البتروكيماويات والمستخدم في صناعة المفرقات النيتروجلسرين NG و سيكلو تراي ميثيلين تراي نيترامين RDX و تراي نيترو طولوين TNT المادة الأولى تحضر من الجلسرين والثانية من الهكسامين والثالثة من الطولوين بواسطة النترتة .



أما المواد المشتقة من البتروكيماويات والمستخدم في صناعة المواد القاذفة في الصواريخ فتشمل لدائن البولي يوريثان، والبولي بيوتاديين التي يتم خلطها مع مواد مؤكسدة مثل بيركلورات الأمونيوم ونترات الأمونيوم

القسم السادس
البتروكيماويات في العالم العربي
وفي منطقة الشرق الأوسط

١ . تطور صناعة البتروكيماويات في الدول العربية خلال الفترة ١٩٨٧ - ١٩٩٢ م

في أوائل الثمانينات كان إجمالي إنتاج المواد البتروكيماوية في الدول العربية بأكمله في غاية التواضع، لا يلفت الأنظار إليه لضعف إنتاجه، إذ لم يتجاوز ٣٨٦ ألف طن عام ١٩٨١، ولكن كثيراً من الدول العربية كانت على قناعة تامة بأهمية الصناعات البتروكيماوية، ولذا فقد شهد عقد الثمانينات نمواً كبيراً في هذه الصناعة، فما أن حل عام ١٩٨٧ م حتى قفز الإنتاج إلى أكثر من ٨,٧ مليون طن، وقارب الإنتاج عام ١٩٩٢ م على ١٣ مليون طن كما هو مبين بالجدول الرقم (١٣) .

الجدول الرقم (13)

تطور صناعة البتروكيماويات في الدول العربية خلال الفترة (١٩٨٧ - ١٩٩٢ م)
(بيانات إجمالية - الكمية بالآلاف طن)

السنة	1987	1988	1989	1990	1991	1992
البيان						
الإنتاج	8734.4	8926	11493.4	11433.6	11647	12996.5
الواردات	704.9	1131.9	1329	1533	1445.7	1323.9
الصادرات	3638.4	3620.3	4104.6	4104.4	5888.9	6994.5
الاستهلاك	5800.9	6437.6	8717.9	8862.1	7203.9	7325.8
العجز أو الفائض	2933.6	2488.4	2775.6	2571.5	4443.1	5670.7

كما يلاحظ من الجدول المذكور ارتفاع معدل النمو السنوي في إنتاج المواد البتروكيمياوية في الدول العربية خلال الفترة (١٩٨٧ - ١٩٩٢م) إذ بلغ ٩ % سنوياً .

وقد تطورت واردات الدول العربية من المواد البتروكيمياوية أيضاً خلال تلك الفترة بمعدلات أعلى كثيراً من معدلات نمو الإنتاج، إذ نمت الواردات بمعدل ١٦ % سنوياً، من حوالي ٧٠ ألف طن في عام ١٩٨٧م، إلى أكثر من ١,٣ مليون طن في سنة ١٩٩٢م .

وقد سلكت الصادرات في نموها خلال الفترة سلوكاً مشابهاً تقريباً لتطور الواردات، فقد ازدادت بمعدل سنوي قدره ١٥ %، من حوالي ٣,٦ مليون طن في عام ١٩٨٧م، إلى ٧ ملايين طن تقريباً في عام ١٩٩٢م .

أما نمو استهلاك الدول العربية للمواد البتروكيمياوية فقد كان بمعدل ٦ % سنوياً في المتوسط، وقد زاد الاستهلاك من ٥,٨ مليون طن سنة ١٩٨٧م إلى 7.3 مليون طن عام ١٩٩٢م .

وبما أن معظم هذه المواد البتروكيمياوية تعدّ من المواد الخام لصناعات أخرى، أو من المواد الوسيطة يتم استخدامها في كثير من الصناعات التحويلية المنتجة للسلع النهائية، فإن استهلاك هذه المواد البتروكيمياوية في الدول العربية يعدّ مؤشراً على نمو الصناعات المرتبطة بالمنتجات البتروكيمياوية في الدول العربية .

ويظهر في **الجدول الرقم (١٣)** تزايد الفائض في الدول العربية من المواد البتروكيمياوية خلال السنوات الست التي غطتها الدراسة، إذ أن متوسط النمو السنوي قد بلغ ١٨ % . إلا أنه يلاحظ أن معظم النمو في الفائض يعزى إلى القفزة الكبيرة في هذا الفائض في عامي ١٩٩١م و ١٩٩٢م، إذ أن الفائض لم يصل إلى 3 ملايين طن قبل عام ١٩٩١م، وقفز إلى حوالي ٥,٧ مليون طن في عام 1992م .

وكما هو موضح فإن بيانات **الجدول الرقم (١٣)**، يفيدنا بالاتجاه العام لتطور الصناعات البتروكيمياوية في الدول العربية بشكل إجمالي خلال الفترة (١٩٨٧ - ١٩٩٢م)، إلا أنه محدود الفائدة في كشف مجالات التعاون والتكامل على مستوى القطر العربي الواحد، أو على مستوى الدول العربية ككل، ولذلك فقد تم تفصيل هذه الإجماليات حسب المواد البتروكيمياوية، في الجداول الأرقام 14، 15، 16، 17 وهذه الجداول تبين الإجمالي بالنسبة للدول العربية مجتمعة، حسب المادة

البتروكيماوية من حيث إنتاجها وواراداتها وصادراتها واستهلاكها والعجز والفائض في كل مادة على مستوى الدول العربية .

2 . الإنتاج

في مجموعة الجداول أرقام 14، 15، 16، 17 نستطيع التعرف على تطور الوضع لكل مادة من المواد البتروكيماوية على مستوى الدول العربية إجمالاً خلال السنوات الست موضع الدراسة (١٩٨٧ - 1992 م).

الجدول الرقم (١٤) يبين تطور الإنتاج لكل مادة يتم إنتاجها في دولة أو أكثر من الدول العربية، وبالرغم من أن عدد المواد المذكورة في جدول الإنتاج حوالي ٦٠ مادة، إلا أن المواد التي تم الحصول على معلومات عن إنتاجها في الدول العربية لم تتجاوز ٣٥ مادة. وقد أظهر الجدول، أيضاً، أن أكثر من ٦٠% من إجمالي إنتاج الدول العربية من المواد البتروكيماوية يتركز في ثلاث مواد: هي الإيثيلين حوالي ٣ ملايين طن والميثانول حوالي 3.6 مليون طن، والبولي إيثيلين بأنواعه الثلاثة ١,٤ مليون طن، وذلك في عام ١٩٩٢ م.

كما يلاحظ في **الجدول الرقم (١٤)** أن معدل النمو خلال الفترة قد تم حسابه كمتوسط، إلا أنه يعطي مؤشراً على اتجاه التطور في إنتاج المادة المعنية، وهو ما يساعد على التنبؤ بالمستقبل .

ولكي تتضح الصورة، فلابد من النظر في جداول الواردات والصادرات والاستهلاك لمعرفة مواطن العجز والفائض في كل مادة من المواد البتروكيماوية على مستوى الوطن العربي .

الجدول الرقم(14)

تطور إنتاج البتروكيماويات في الدول العربية خلال الفترة ١٩٨٧ - ١٩٩٢ م
إجمالي الدول العربية

اسم المادة	الإنتاج بالطن						معدل النمو خلال الفترة ٨٧-٩٢
	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	
الإيثيلين	٢٣٤٥٥٥٨	٢٤٢٢٤٤٥	٣٠٣٠٥١١	٣٠٧٦١٤٧	٢٩٨٨٢١٩	٢٩٣٦٢٤٩	٥

البروبلين	٩١٨٧٨	١٣٤١٦٣	١٦٨٠٨١	٢٠٣٤٩٩	١٨٣٧٣٦	٦٩١٧٣	٤
البوتلين	١٤٠٠٠	١٤٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٥٠٠٠	٤٤
البنزين	٤٣٦١٤	١٩٥٦٤	٣٣٥٣٢	١٦٦١٣	٦٩٣٢	٣٢٤٠٦٣	٨٩٧
الطولوين	٤٨٢٦	٨٥٠٧	١٢٣٧٩	١٠٠٣٠	٥٤٥٢	٢٣١٦٢	٧٦
الزايلين	١٠٥٧٣٠	٧٨٥٠٨	٤٤٢١٠	٢٠٦٩٨	٢٥٠٦٤	٣٥٩٢١	(١٢)
الميثانول	٢٥٨٥٣٩٠	٢٥٤٠٠٤٦	٢٥١٠٩٠٩	٢٧٥٤٨٢٨	٢٦٩٢٤٨٨	٣٥٧٩٠٣٥	٨
أكسيد الإيثيلين	٢٩٨٠٠٠	٢٩٨٠٠٠	٦٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠٠	٦٠٠٠٠٠	٢٠
الإيثيلين جلايكول	٤٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠	٧٦٠٠٠٠	٧٦٠٠٠٠	٧٦٠٠٠٠	٧٦٠٠٠٠	١٨
الإيثيلين داي كلورايد	٥٣٠٣٦٥	٥٣٤٤٠٨	٦٧٤٩٥١	٧٤٧٣٠٤	٦٨٦٧٨٤	٧٠٧٧٣٧	٧
كلوريد الفينيل	٢٦٢٤٤٦	٢٦٤٤١٠	٣٨٦٥٨٨	٣٩١٥٧٢	٤٠٤٤٩٠	٤٢٣٢٤٤	١١
الإيثانول	٢٥٨٠٠٠	٢٨٥٠٠٠	٣١٢٠٠٠	٣١٦٠٠٠	٣٣٣٠٠٠	٣٣١١٧٨	٥
الإستايرين	٣٢٣٠٠٠	٣٢٣٠٠٠	٣٧٩٠٠٠	٣٧٩٠٠٠	٣٧٩٠٠٠	٣٨٥٠٠٠	٤
حامض الخليك	-	٣٧٦٨	٦١٤	٢٦٤	١١٢٢	٢٤٥٦	٧٦
فورمالدهايد	-	٤٣٩٣	٤٨٥٧	١٣٧٩٢	٤٠٧٦	٢٦٧٠٨	١٧٠
بولي يول	٣٧٠	٦٠٠	٧١٠	٩٢٠	١٢٥٠	١٦٧٠	٣٦
بولي إيثيلين بأنوعه الثلاثة	١٠٦٤٢٨٢	١٠٥٤٤٧٩	١٤١٣٤٣٨	١٤٧٦٩٨٠	١٣٩٤٣٦١	١٤١٣٤٠١	٧
البولي بروبيلين	-	٣٩٧٨٦٨	٣٥٤٣٧	٣٣٢٧٠	٦٥٣٩٣	٦٤٧٠٥	٢٥
البولي كلوريد فينيل	١٩٦٣٣٧	٢٣٨٣٠٧	٢٦٩٣٢٣	٣٢٢٦٣٨	٣٠٠٢٨٣	٣٧٥٠٢٠	١٤
بولي إستايرين	٣٤٠٠٠	٣٤٠٠٠	١١٣٠٠٠	١١٣٠٠٠	١١٣٠٠٠	١١٣٠٠٠	٤٧
راتنجات بولي إستر غير مشبع	٧٦٥٥	٧٩٦٣	٩٠٣٧	١٠٢٦٥	٩٥٩١	١٣٢١٤	١٣

بولي ميثيل ميتا كريلات	٤١٧٠	٤١٧٠	٤٥٨٠	٢٢٩٠	-	١٤٠	(٣٤)
راتنجات فينول فورمالدهايد	٣٣٦	٨٤٢	٢٢٢٠	١٧٧٧	١٢٧٩	١٠٧٩	٥٠
راتنجات اليوريا فورمالدهايد	٢٠٢٥	٣٦١٠	٢٦٣٠	٢٥٨١	٣١٦٢	١١٠٦٨	٦٢
راتنجات ميلامين فورمالدهايد	٢٦٦	٣١١	٢٥٠	٢١١	٣٢٠	١٢٦٥	٧٠
حبيبات وخيوط ألياف البولي استر	١٩٠٠٠	٢١٥٠٠	١٩٥٠٠	١٨٦٠٠	٢٠٨٠٠	٢١٧٠٠	٣
راتنجات وخيوط وألياف بولي أميد	-	٣٤١٣	١٥٧٠	١٤٧٦	١١٠٣	١٣١٧	(١٧)
بولي فينيل أسيتات	٦٩٥٥	٧٧٨٤	٢٠٥٧	١٣٧٦٢	٢٨٦١	٤٨٥٦٣	٤٠٥
راتنجات ألكيد	٥٧٧٠	١٨٩٠	٢١٨١٩	٢٠٢٦٧	٢٧١٥٤	٥٧٣٤٢	٧٤
راتنجات إيبوكسي	-	-	-	-	-	٦٠٠	٠
راتنجات استايرين أكريلك	-	-	-	-	١٠٠٠	٦٥٣٩	٥٥٤
ألكيل بنزين خطي	٣٤٠٠٠	٦٤٨٠٠	٨٢٢٠٠	٧٧٦٠٠	٣٧٩٠٠	٦١٧٠٠	٢٥
داي أكتيل فثالات	٢٥٠٠	٢٨٠٠	٣٠٥٠	٣١٧٥	٢٢٢٠	٣٢٢٠	٨
ميثيل ثلاثي بيوتيل إيثر	٩٤٠٠٠	٩٤٠٠٠	٥٥٠٠٠٠	-	٥٥٠٠٠٠	٥٥٢٠٠٠	١٢١
الإيثيلين داي كلورايد	٥٣٠٣٦٥	٥٣٤٤٠٨	٦٧٤٩٥١	٧٤٧٣٠٤	٦٨٦٧٨٤	٧٠٧٧٣٧	٧

3. الواردات

الجدول الرقم (١٥) يوضح لنا إجمالي واردات الدول العربية من كل مادة من المواد البتروكيمياوية الداخلة في الدراسة. وإذا رجعنا إلى **الجدول الرقم (١٣)** وجدنا أن إجمالي واردات الدول العربية من جميع المواد البتروكيمياوية لم يتجاوز ١,٥ مليون طن تقريباً في أي سنة من طالسنوات التي شملتها الدراسة، وبالرغم من أن الاستيراد بشكل عام لا يعطي صورة اقتصادية إيجابية في معظم الأحوال، إلا أن الأمر في هذه الحالة مختلف تماماً، والسبب أن معظم المواد البتروكيمياوية تعدّ مواد خاماً، أو مواد وسيطة لصناعات أخرى، وبذلك يكون انخفاض الاستيراد منها مع عدم إنتاجها محلياً دليلاً على عدم تطور الصناعات التي تستخدم هذه المواد .

ولذلك، فإن الاستنتاج الذي نخرج به من فحص جدول الواردات هو أن حجم الصناعات التي تستخدم المنتجات البتروكيمياوية في الدول العربية إجمالاً متواضعة، ولكن بالنظر إلى معدل نمو الواردات نجده في ارتفاع مستمر (١٦%)، وهو ما يبعث

على الجدول الرقم (١٥)

تطور واردات البتروكيمياويات في الدول العربية خلال الفترة ١٩٨٧ - ١٩٩٢م
إجمالي الدول العربية

اسم المادة	الواردات بالطن						معدل النمو خلال الفترة ٨٧-٩٢
	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	
الإيثيلين	١٠٠٢٠	٢٩٨٥١	٣٠٠٩٥	٢٦١٧٥	٤٥٠٣٥	٤٩٢٧٥	٥٣
البروبلين	١٢٧	٣٢٦	٤٣٧	٢٣٧	٥٣٤	٤١٨	٥٠

البيوتلين	-	١٥	١٣٦٧٣	٦١٨٤	٥٢٣٧	٢٩٢٧	٢٢٧٣٥
البيوتاديين	٢	-	-	-	٤٤٢٢	-	٢٢١٠٠٠
البنزين	٢٢٦٩٤	٥٣٣٨٣	٧٢٨٠٥	٣٩٢٩٧	٥٠٢١١	٢٦٨١٥	٢١
الطولوين	٥٥١٧	٨٢٩٤	١٤٣٢٥	١٠٦٧١	١٣٩٧٨	١٥٠٩٢	٢٧
الزايلين	٢٠٩٧	٣٠٢٥	٤٥٢٩	٦٠٦٠	٤٨٧٩	٧٩٦٨	٣٤
الميثانول	٧١٨١	٣٧٤٩	٥١٣٤	٧٩٢٤	٤٧٨٢	١٣٤٩٤	٣٧
أكسيد الإيثيلين	٢٤	٥٤٣	٩٦٤	٦٩٢	٣٧٦	٢٢١	٤٢٥
الإيثيلين جلايكول	١١٨٢٧	١٧٩٩٠	٢٠٣٤٧	٢٥٠٤٣	١٢٧٨٨	٣١٨١٤	٣٨
الإيثيلين داي كلورايد	٣٣٨٤	٥١٨٧	٣٨١١	٢٥٨٢	٦٢٨٧	٢٢٦	٨
كلوريد الفينيل	٤٥٠	٢١١	٤٥٣٨	٣١	١٢١٣	٥٤٨	١١٣١
الإيثانول	٢٩٣٠	٣٢٩٧	٤٧٨٩	٤٢٦٧	١٩٤٤	٩٨	(٢١)
الأكلريلونيتريل	-	٤	١	٣	٢٧	٢٠٧٠	٢١٢٣
الأكتانول	٦١٧	٤٩٣١	٢٧٩٥	٩٥٩	٨٧	٤٨	٩١
الإستايرين	٧٥٧	٥٩٩	٧٦٣	١٢٠٣	١٤٧٥	٢٦٨٨	٣٤
كلبرولكتام	١٠٢٧	١٠٨٠	٣٩٥١	١٤٥٢	٤٢٩	٦٠٥	٣٦
داي ميثيل ترفتلات	-	١٦٨٧٥	٢٠٩٠٠	٦٠٠٠	١٠٥٠١	-	٩

حامض الترفتيك	٢	٢	-	١	-	-	(٣٥)
حامض الخليك	١٤١٢	٢٣٣٥	١٤٤٩	١٧٨٨	٢٩٩٣	١٨٢٤	١٤
فنييل إسيئات	١١٨٧٤	١٢٦٣٢	٨٥٤٧	٨٦٠١	٦٤٣٩	١٣١٦٥	١١
الفلورمالدهايد	٦٤٦	٢٦٥٥	٤٤١٦	٥٤٦٩	٥٥٦٨	٣٤٠٧	٧٣
اليركلورو ايثيلين	٥٣٩٦	٥٢٣٨	٣٢٩٩	٥٥٨٥	٥٠٩٠	٣١٠٤	(٤)
طولوين داي أيزوسيانات	١٤١٩	٢٣٢٢٤	٢٩٠٢٧	٢٣٨٠٨	١٥٣٨٤	١٦٦٩٨	٩
إيثيلين داي أيزو سيانات	-	٩٠٠	٩٤٠	٩٧٠	١٠١٠	١٠٥٠	٤
بولى يول	٢٨٨٩٠	٣٧٣٨٤	٥٠٦٢٩	٤١٦٩٥	٣٨٧٢٠	١٣٠٢٩٨	٥٥
بولى إيثيلين بأنواعه الثلاثة	١٣١٢٩٤	٢٥٤٧٦٤	٣٠٤٢٥٠	٢٨٨٥٨٥	٣٠١٦٢٣	٢٧٠٤٧٤	٢١
بولى إيثيلين منخفض الكثافة	٤٢٨٥١	٤٣٦٨٩	٥٥٢٨٨	٨٥٧٤٠	٨٩٥٧١	١١٦٦١١	٢٤
بولى إيثيلين عالي الكثافة	-	-	-	-	٢٨٨٣٥	٤٥٩٧٣	٥٩
بولى بروبيلين	١٧٠٠٧	٥٩١٧٠	٧٧٠٩٣	١٢١٨١٦	١٥٧٩٣٠	٧٥٦٩٥	٦٣
بولى كلوريد	٤٤٨٣٨	١١٣٤٥٢	١٣٣٠٠٩	١٢١٤٧٥	١٤٠٠٨٢	١٢٢٨٤٤	٣٣

فينيل							
بولي إستايرين	١٨٦٧٦	٤٥٦٥٥	١٠٤٣٦٦	١٦٥٢٩٣	٥٠٦٨٢	٣٣١٤٣	٤٦
راتنجات بولي أستر غير مشبع	١٠٩	٥٤٢٧	٤١٧١	٦٠٥١	٤٧٩٥	٢٤١٤	٩٦٦
بولي كربونات	-	٤٨٧	٢٠٤	٢٠٤	٦٠٧	٥٢٤	٣١
بولي ميثيل ميت إكريلات	٣٩٤٠	٣٢٨٨	٣٩٨٠	٣٩٧١	٧١١٢	٥٠٤٤	١١
راتنجات الفينول فورمالدهيد	٢١٨٧	٥٩٢٤	٣٧٩٣	٦٢١٨	٥٤٣٣	٣٦٨٠	٣١
راتنجات يوريا فورمالدهايد	١٨٧٥	١٤٠٠٩	١٥٣٢٢	٢٠٠٤٠	١٤١٨٢	٨٧٢٢	١٢٤
راتنجات ميلامين فورمالدهايد	٧٩٦	٤٥٧٩	٤٢٩٤	٣٥٠٦	٦٩١٣	١٦٨٣	٩٤
ألياف إكريك	١٦٥٦١	١٥٨٢٥	١٦٦٨١	٣٢٢٧٣	٣٧١٤٠	٤٥٠٣٤	٢٦
حبيبات وخيوط وألياف بولي إستر	٣٦٠١٨	٥٠٢٦٦	٣٧٧٨٠	٦٣١٠٠	٧٢٩٢٩	٦٣٦٨٠	١٧
حبيبات	٧٧٤٧	١١١٨٨	٧٥٦٤	١٧٥٨٢	١٧٣٠٤	١٢٤٦٥	٢٣

وخيوط وألياف بولي أميد							
مطاط إستائيرين بيوتاديين	١٢٤٣١	١٩١٩٨	١٦٩٩٤	١٦٤٥٢	٢١٠٩١	١٤٤٩٠	٧
مطاط بيوتاديين	٧١	٤٧٨٨	٤١٨٧	٩٢٤١	٣٤٦٩	٥٤٢٩	١٣٤٩
بولي فينيل إسيتات	١٤٨٣٠	١٧٢٦٦	١٦٩٣١	١٤٧٦٥	٢٠٨٩٤	٢١٧٧٣	١٠
راتنجات ألكيد	١١٣٣٧	٢٩٣١٠	١٨٠٩٠	٢٢١٣١	٢٤٧٤٦	١٠٥٨٠	١٩
راتنجات إيبوكسي	٤٦٣٢	٤١٣٩	١٢٩٤٥	٧١٥٦	٨٤٧٤	٦٢٩٢	٣٠
راتنجات إستائيرين إيبوكسي	-	-	-	-	١٤٢٤	٣٤٥	(٧٦)
راتنجات إستائيرين إكريليك	-	٤٩٩١	٢٤٤٩	٤٧١٩	٣٠٠٣٦	٣٤٦٧٩	١٤٨
داي أكتيل فتالات	٢٦٩٤٧	٢٥٨٦٢	١٩٧٦٤	٢٣٨٦٤	٢٠٥٤٤	٢٤٣٩٦	(٠)
ميثيل ثلاثي بيوتيل إثير	-	-	-	-	١٢٩	-	٠

مواد مبلمرة أخرى	١٣٢٧	١٠٧٧	١٦٦٦	١١٧٥	٥٧٦٢٢	٣٨١٧٤	٩٥٥
راتتجات تكثيف كيماوي أخرى	٨٤٣٧٥	٥٨١٥٠	٤١٣٥٦	٦١٠٥٩	٣٠٦٠	-	(٢٧)
راتتجات بلمرة وتكثيف أخرى	٣٤٦٥٢	٣٨٥٧٩	٩٥٢٤٧	١٤٠٠٨٧	٦٠٧٤	١١٤٣٥	٤٠

التفاؤل .

٤. الصادرات :

يبين الجدول الرقم (١٦) صادرات الدول العربية بشكل إجمالي مجتمعة من كل مادة من المواد البتروكيماوية .

ونلاحظ في هذا الجدول أن هناك مواد يتم تصديرها، في حين أنه لا يوجد ما يقابلها في جدول الإنتاج، كما يلاحظ أن هذه الكميات صغيرة، مما يدل على أنها في الغالب مستوردة وأعيد تصديرها .

كما يبين الجدول أن معظم الصادرات يتركز في عدد قليل من المواد البتروكيماوية، فمثلاً، تشكل صادرات الميثانول ٤٠% من صادرات الدول العربية من جميع المواد البتروكيماوية في عام ١٩٩٢م .

كما يلاحظ في الجدول أنه على الرغم من أن إنتاج الإيثيلين يقرب من ٣ ملايين طن عام ١٩٩٢م، إلا أن المصدر منه حوالي ٤٣٠ ألف طن في العام نفسه، مما يشير إلى استهلاكه في صناعة عربية .

وبشكل عام تكرر ما لاحظناه في جدول الواردات، وهو أن تصدير المواد البتروكيماوية (الأساسية والوسيطة) يعني أن الصناعات التي تستخدم هذه المواد في الدول العربية لم تتطور إلى الدرجة التي

تواكب فيها تطور صناعة البتروكيماويات الأولية. وكما هو معروف أن القيمة المضافة في الصناعة تتزايد كلما اقتربنا من المنتج النهائي، وغني عن القول أن أهم أهداف هذه الدراسة الكشف عن فرص ومجالات التعاون في هذا القطاع، وتزود المهتمين في التنمية الصناعية في الوطن العربي بالمعلومات التي تمكنهم من اتخاذ قرارات سليمة في هذا الفرع الحيوي من فروع القطاع الصناعي .

الجدول الرقم (١٦)

تطور صادرات البتروكيماويات في الدول العربية خلال الفترة ١٩٨٧ - ١٩٩٢ م
إجمالي الدول العربية

اسم المادة	الصادرات بالطن						معدل النمو خلال الفترة ٨٧-٩٢
	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	
الإيثيلين	٢٣٣٤٦٩	٣٤٨١٠٤	٤٦٣٩٤٦	٤٦٧٣١٥	٤٤٤٤٧٣	٤٢٩٤٦١	١٥
البروبلين	٨٠٥٨٠	١٤٠٠٦٥	١٦٥٠٣٠	٢٠١٤٢٤	١٨١٨٤٩	٨٩١٧٦	١١
البيوتلين	-	-	-	-	-	٢	٠
البيوتاديين	-	-	-	-	-	-	٠
البنزين	٣٣٥٢٩	٢٨٢١٤	٢٦٤٢٩	٢٣٧٦٤	١٥٦٠٧	١٣٣٥١	(١٦)
الطولوين	-	-	١٧	-	٢٦	-	٥٣
الزايلين	٧٤٥٩٦	٤٥٢٦٤	٣٥٩٩٦	٢٣٥٤٧	١٥٥٧٢	٤٨٨٠٤	١٧
الميثانول	٢٦٢٦٥١٥	٢٥٢٧٥٨٥	٢٢٥٤٦٧٤	٢٨٠٨٩٢٩	٢٣٣٣٨٣٠	٢٧٧٤٨٧١	٢
أكسيد الإيثيلين	-	٣١	٥	-	١٠٠٠	٣٦	٦٥٧٣
الإيثيلين جلايكول	-	-	-	-	١٥٨٣٩٣	٨٧١٥٠٩	٤٥٠

الإيثيلين داي كلورايد	١٩٩	٢٧	١٨١	٢٥	١٧١٧٦٢	٢٩٤١٧٢	١٣٧٤٨٣
كلوريد الفينيل	-	-	٢٦	٦٦٢	٢٧٣٦٦	٧٠٧٥٤	٢٢١٣
الإيثانول	٢٥٨٠٠٠	٢٥٨٠٠٠	٢٩٣٠٥٦	٢٩٥٦١٧	٢٩٣٦٢٠	٣٠٨١٩٤	٤
الأكريلولونيتريل	-	-	-	-	-	-	٠
الأكتانول	-	-	-	-	-	-	٠
الإستايرين	-	-	-	-	١٠١١٩٥	٢٦٣٥٥٩	١٦٠
حامض الخليك	-	٣	١٢٨	٢٧	-	-	٢٠٤٤
فنيل إسيئات	١	-	-	١	١	٦	٢٥٠
الفورمالدها يد	-	-	-	-	٦٦	٨٩١	١٢٥٩
اليركلورو إيثيلين	-	-	٢٨	-	٤	-	(٨٦)
طولين داي أبزو سيانات	-	٣٣	-	٤٣	١	-	(٣٤)
بولي إيثيلين بأنواعه الثلاثة	١٦٥٧٦٦	١٥٠٧٧٨	١٨٤٠٥١	١٧٨٤٣٢	٦٥٦٩٨٥	٥٠٦٧٢٦	٥١
بولي إيثيلين منخفض الكثافة	-	-	-	٨٥	٧٠٨٧٤٩	٦٥٥٦٣٠	٤١٦٨٥٧

بولي إيثيلين عالي الكثافة	-	-	-	-	-	٣٤٦٣	٠
بولي بروبلين	-	-	٢٣٠	٧٠٧	٣٦٠٩٢	٨٧٥٤	١٧١٢
بولي كلوريد فينيل	٦٣٤	١١٦	٢٧٩٦٥	١٦٦٧١	١٥٧٠٧٩	١٥٠١٨١	٤٩٤٥
بولي إستائيرين	١٧٠	٢٢٤	١٥٣٦	١١٨٩	١١٢٠٠	٧٢٨٥	٢٨٠
راتنجات بولي إستر غير مشبع	-	-	-	٠	١٩١	٦٤٣	٣١٩٠٢
بولي كربونات	-	-	-	١	-	١٠	٩٠٠
بولي ميثيل ميت أكريلات	٣٣	-	-	١٤	١٠٠	٦٣١	٣٦٢
راتنجات الفينول فورمالدهيد	١١	-	٠	١٨	٤	-	٥٩٩٠٨
راتنجات يوريا فورمالدهايد	-	٥٩	٤٢	-	١٢٨	٣٤	٣٤
راتنجات	-	-	٣	-	٢١٤٤	٣٠٣	٣٥٦٤٠

ميلا مين فورمالدهايد							
ألياف كريك	١	٧	٣٣	٥٥	٥٠١	٢٠٧	٣٥٨
حببيات وخيوط وأللياف بولي أستر	٥٠٦	٩٤	٩١	٢٧٩٠	١٦٣٤	١٣١٤	٥٦٢
حببيات وخيوط وأللياف بولي أميد	٥٥٩	٦٧٣	٦٦٨	٦٩٧	٦٧٤	٨١	(١٤)
مطاط إستايرين بيوتادين	٢	-	٨	١٢	٤٦	٧٠	١٧٢
راتنجات الكيد	-	-	-	٢٥	٥٩٠٨	٤٣٢٩	١١٧٥٣
راتنجات إيبوكسي	٦١	٧	٣٢	٤٥	١٣٣	-	١٢٦
راتنجات إستايرين أكريليك	-	-	-	-	١٨٩	٣٢	(٨٣)
الكيل بنزين خطي	-	-	٤١٢٤٢	٣٢٦٤٤	١٢١٧١	٢٢٠٠٠	(١)

مئيل ثلاثي بيوتيل إيثر	٩٤٠٠٠	٩٤٠٠٠	٥٥٠٠٠٠	-	٥٥٠٠٠٠	٤٦٨٠٠٠	١١٨
---------------------------	-------	-------	--------	---	--------	--------	-----

5. الاستهلاك

يبين **الجدول الرقم (١٧)** إجمالي استهلاك الدول العربية من كل مادة من المواد البتروكيمياوية التي شملتها الدراسة لكل سنة من السنوات المدروسة، وكذلك معدل النمو في المتوسط في استهلاك كل مادة، ويبين الجدول توزيع الاستهلاك حسب المواد، ودرجة تركزه على عدد قليل من المواد. فمثلاً تشكل مادتي الإيثيلين والبولي إيثيلين بأنواعه الثلاثة أكثر من ٥٠% من استهلاك الدول العربية للمواد البتروكيمياوية، وهو ما يدل على حجم الصناعات المستخدمة لهذه المواد تحديداً.

كما يلاحظ في الجدول ظهور أرقام استهلاك سالبة لبعض السنوات مثل الميثانول في عام ١٩٨٧ وعام ١٩٩٠، ومادة الزايلين عام ١٩٩٢م، ومادة الإيثيلين جلايكول عام ١٩٩٢م. وهذه كميات صغيرة نسبياً، ويمكن تفسيرها بتغير كميات المخزون.

أما ظهور كميات سالبة من استهلاك مادة بولي إيثيلين منخفض الكثافة عام 1991/1992م، فهذا يعود إلى أن بعض البيانات تدمج البولي إيثيلين بأنواعه الثلاثة في بعض السنوات، وتنقلها في بيانات أخرى. ولو رجعنا إلى **الجدول الرقم (١٤)** لوجدنا أنه لا توجد بيانات عن البولي إيثيلين منخفض الكثافة، إذ أنه مدمج مع البولي إيثيلين بأنواعه الثلاثة، ولكن في جدول الواردات **الرقم (15)** وجدول الصادرات **الرقم (16)** ظهرت في البيانات كميات مفصلة لمادة البولي إيثيلين منخفض الكثافة، ولذلك ظهرت الأرقام في جدول الاستهلاك **الرقم (17)** كأنها كميات سالبة.

وعودة إلى **الجدول الرقم (١٣)** نجد أن الاستهلاك الإجمالي للدول العربية من جميع المواد البتروكيمياوية عام ١٩٩٢م في حدود ٧,٣ مليون طن، وهو ما يعادل 51% من إجمالي الإنتاج والواردات، وهو ما يشير إلى وجود مجال واسع لتطوير مزيد من الصناعات التي تستخدم المواد البتروكيمياوية المنتجة في الدول العربية.

الجدول الرقم (١٧)
تطور استهلاك البتروكيماويات في الدول العربية خلال الفترة ١٩٨٧ - ١٩٩٢ م
إجمالي الدول العربية

اسم المادة	الاستهلاك بالطـن						معدل النمو خلال الفترة ٨٧-٩٢
	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	
الإيثيلين	٢١٢٢١٠٩	٢١٠٤١٩٢	٢٥٩٦٦٦٠	٢٦٣٥٠٠٧	٢٥٨٨٧٨١	٢٥٥٦٠٦٣	٤
البروبيلين	١١٤٢٥	(٥٥٧٦)	٣٤٨٨	٢٣١٢	٢٤٢١	(١٩٥٨٥)	(٢٥٠)
البيوتلين	١٤٠٠٠	١٤٠١٥	٥٨٦٧٣	٥١١٨٤	٥٠٢٣٧	٤٧٩٢٥	٦٠
البيوتاديين	٢	-	-	-	٤٤٢٢	-	٢٢١٠٠٠
البنزين	٣٢٧٧٩	٤٤٧٣٣	٧٩٩٠٨	٣٢١٤٦	٤١٥٣٥	٣٣٧٥٢٧	١٥٩
الطولوين	١٠٣٤٣	١٦٨٠١	٢٦٦٨٧	٢٠٧٠١	١٩٤٠٤	٣٨٢٥٤	٣٨
الزايلين	٣٣١٣١	٣٦٢٦٩	١٢٧٤٣	٣٢١١	١٤٣٧١	(٤٩١٥)	١٧
الميثانول	(٣٣٩٤٥)	١٦٢١٠	٢٦١٣٦٩	(٤٦١٧٨)	٣٦٣٤٤٠	٨١٧٦٥٨	٩٧
أكسيد الإيثيلين	٢٩٨٠٢٤	٢٩٨٥١٢	٦٠٠٩٥٩	٦٠٠٦٩٢	٥٩٩٣٧٦	٦٠٠١٨٥	٢٠
الإيثيلين جلايكول	٤١١٨٢٧	٤١٧٩٩٠	٧٨٠٣٤٧	٧٨٥٠٤٣	٦١٤٣٩٥	(٧٩٦٩٥)	(٩)
الإيثيلين داي كلورايد	٥٣٣٥٥٠	٥٣٩٥٦٨	٦٧٨٥٨١	٧٤٩٨٦١	٥٢١٣٠٩	٤١٣٧٩١	(٣)
كلوريد الفينيل	٢٦٢٨٩٦	٢٦٤٦٢١	٣٩١١٠٠	٣٩٠٩٤١	٣٧٨٣٣٧	٣٥٣٠٣٨	٨

الإيثانول	٢٩٣٠	٣٠٢٩٧	٢٣٧٣٣	٢٤٦٥٠	٤١٣٢٤	٢٣٠٨٢	١٨٨
الأكلريلونيتريل	-	٤	١	٣	٢٧	٢٠٧٠	٢١٢٣
الأكتانول	٦١٧	٤٩٣١	٢٧٩٥	٩٥٩	٨٧	٤٨	٩١
الإستاييرين	٣٢٣٧٥٧	٣٢٣٥٩٩	٣٧٩٧٦٣	٣٨٠٢٠٣	٢٧٩٢٨٠	١٢٤١٢٩	(١٣)
لكتام	١٠٢٧	١٠٨٠	٣٩٥١	١٤٥٢	٤٢٩	٦٠٥	٣٦
حمض مالييك لامائي	٥٨٨	٢٤٨٨	٢١٩٧	١٦١٤	١٧٢٦	٧١١	٤٧
داي ميثيل ترفثلات	-	١٦٨٧٥	٢٠٩٠٠	٦٠٠٠	١٠٥٠١	-	٩
حامض فتليك	٢	٢	-	١	-	-	(٣٥)
حامض الخليك	١٤١٢	٦١٠٠	١٩٣٥	٢٠٢٥	٣٨١٥	٤٢٨٠	٧٤
فنييل أسيتات	١١٨٧٣	١٢٦٣٢	٨٥٤٧	٨٦٠٠	٦٤٣٩	١٣١٥٩	١١
الفورمالدهايد	٦٤٦	٧٠٤٨	٩٢٧٣	١٩٢٦١	٩٥٧٩	٢٩٢٢٤	٢٥٧
بولي إيثيلين منخفض الكثافة	٤٢٨٥١	٤٣٦٨٩	٥٥٢٨٨	٨٥٦٥٥	(٦١٩١٧٨)	(٥٣٩٠١٩)	(١٥١)
بولي إيثيلين عالي الكثافة	-	-	-	-	٢٨٨٣٥	٤٢٥١٠	٤٧
بولي بروبيلين	١٧٠٠٧	٩٨٩٣٨	١١٢٣٠٠	١٥٤٣٧٩	١٨٧٢٣١	١٣١٦٤٦	١٠٥
بولي كلوريد	٢٤٠٥٤١	٣٥١٦٤٣	٣٧٤٣٦٧	٤٢٧٤٤٢	٢٨٣٢٨٧	٣٤٧٦٨٣	١١

فينيل							
بولي إستايرين	٥٢٥٠٦	٧٩٤٣١	٢١٥٨٣٠	٢٧٧١٠٤	١٥٢٤٨٣	١٣٨٨٥٨	٤٠
راتنجات بولي إستر غير مشبع	٧٧٦٤	١٣٣٩٠	١٣٢٠٨	١٦٣١٦	١٤١٩٥	١٤٩٨٥	١٧
بولي كربونات	-	٤٨٧	٢٠٤	٢٠٣	٦٠٧	٥١٤	٣١
بولي ميثيل ميت أكريلات	٨٠٧٧	٧٤٥٨	٨٥٦٠	٦٢٤٧	٧٠١٢	٤٥٥٣	(٩)
راتنجات الفينول فورمالدهيد	٢٥١٢	٦٧٦٦	٦٠١٣	٧٩٧٧	٦٧٠٨	٤٧٥٩	٢٩
راتنجات يوريا فورمالدهايد	٣٩٠٠	١٧١١٠	١٧٩١٠	٢٢٦٢١	١٧٢١٦	١٩٧٥٦	٧٢
راتنجات الميلامين فورمالدهايد	١٠٢٢	٤٨٩٠	٤٥٤١	٣٧١٧	٥٠٨٩	٢٦٤٥	٦٨
ألياف أكرليك	١٦٥٦٠	١٥٨١٨	١٦٦٤٨	٣٢٢١٨	٣٦٦٣٩	٤٤٨٢٧	٢٦
حبيبات وخيوط وألياف بولي استر	٥٤٥١٢	٧١٦٧٢	٥٧١٨٩	٧٨٩٠٩	٩٢٠٩٥	٨٤٠٦٦	١١
حبيبات	٧١٨٨	١٣٩٢٨	٨٤٦٦	١٨٣٦١	١٧٧٣٣	١٣٧٠١	٢٩

وخيوط وألياف بولي اميد							
مطاط أستائيرين بيوتادينين	١٢٤٢٩	١٩١٩٨	١٦٩٨٦	١٦٤٤٠	٢١٠٤٥	١٤٤٢٠	٧
مطاط بيوتاديين	٧١	٤٧٨٨	٤١٨٧	٩٢٤١	٣٤٦٩	٥٤٢٩	١٣٤٩
راتنجات ألكيد	١٧١٠٧	٤٧٢٦٠	٣٩٩٠٩	٤٢٣٧٣	٤٥٩٩٢	٦٣٥٩٣	٤٣
راتنجات إيبوكسي	٤٥٧١	٤١٢٣	١٢٩١٣	٧١١١	٨٦٤١	٦٨٩٢	٣٢
الكيل بنزين خطي	٣٤٠٠٠	٦٩٧٩١	٤٣٤٠٧	٤٩٦٧٥	٥٥٧٦٥	٧٤٣٧٩	٢٦
داي أكتيل فاثالات	٢٩٤٤٧	٢٨٦٦٢	٢٢٨١٤	٢٧٠٣٩	٢٢٧٦٣	٢٧٦١٦	٠

6. التطورات العربية الحديثة

واصلت الأقطار العربية، وخاصة أقطار الخليج العربي خلال عام ١٩٩٧ والنصف الأول من عام ١٩٩٨ التوسع في قطاع الصناعات البتروكيمياوية إما عن طريق إقامة مشروعات جديدة أو التوسع في المشروعات القائمة .

ففي عُمان تم اختيار شركة البترول البريطانية للكيماويات كشريك لإقامة مشروع بتروكيماويات هو الأول من نوعه في البلاد. وسيقام هذا المجمع في صحار في الشمال الغربي من البلاد، وسيكون من وحدتين أساسيتين، الأولى لإنتاج الإيثيلين بطاقة ٤٥٠ ألف طن/سنة، والثانية لإنتاج البولي إيثيلين بالطاقة نفسها، وذلك باستخدام الغاز الطبيعي لإنتاج مادة الإيثيلين. يتوقع أن تنتهي عمليات الإنشاء، وأن يدخل المشروع

مرحلة الإنتاج ما بين عامي ٢٠٠١ و ٢٠٠٢. وستمتلك شركة البترول البريطانية للكيماويات ما بين ٤٠ إلى ٤٩% من أسهم المشروع، وي طرح ٤٠% من الأسهم للاكتتاب العام، بينما تمتلك شركة نفط عُمان (OOC) ما تبقى من الأسهم .

وفي الإمارات، أبرمت شركة أبو ظبي للبلمرات المحدودة "بروج"، وهي شركة مشتركة بين شركة أبو ظبي الوطنية للبترول (أدنوك)، وشركة بورلس Borealis الدانماركية، عقداً مع مجموعة بكتل - لندي اللآينس، لتنفيذ عمليات الإنشاء لأول مجمع بتروكيماوى ضخم في الدولة. وسيقام هذا المجمع في منطقة الرويس الصناعية، ويتكون من وحدة لإنتاج الإيثيلين بطاقة ٦٠٠ ألف طن/سنة. بدأت عمليات الإنشاء خلال الربع الثالث من عام ١٩٩٩، وتنتهي خلال الربع الأخير من عام ٢٠٠١. وتقدر الكلفة الإجمالية لهذا المشروع بحوالي ٦٠٠ مليون دولار أمريكي .

وفي السعودية، أبرمت شركة الجبيل للبتروكيماويات (كيما)، وهي إحدى الشركات المملوكة للشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك)، اتفاقاً مع مجموعة من البنوك والمؤسسات المالية المحلية والإقليمية والعالمية للحصول على قرض بقيمة ٧٢٠ مليون دولار، وذلك لتمويل جزء من برنامج توسعه تقوم "كيما" بتنفيذه. ويشمل هذا البرنامج إقامة وحدة جديدة لإنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة بطاقة ٢١٨ ألف طن/سنة، هذا بالإضافة إلى تنفيذ أعمال إعادة تأهيل لوحدة إنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة الخطي القائمة بغرض رفع طاقتها بنسبة ٤٠% لتصل إلى ٨٥٠ ألف طن/سنة .

وقد تم اختيار شركة ABB Lummus Global لتنفيذ المشروع، الذي سيقام في مدينة الجبيل الصناعية. ومن المتوقع أن يدخل مرحلة الإنتاج في نهاية عام ٢٠٠٠. وسوف تستخدم مادة الإيثيلين المنتجة في هذه الوحدة لإنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة الخطي المنتج في المجمع نفسه .

ومن ناحية أخرى، أبرمت الشركة الشرقية للبتروكيماويات (شرق) اتفاقاً مع الشركة اليابانية ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة، لتنفيذ عمليات تطوير وإعادة تأهيل لوحدتي إنتاج مادة البولي إيثيلين منخفض الكثافة الخطي، بغرض رفع طاقتها بحوالي ٣٠٠ ألف طن / سنة. وسيؤدي ذلك إلى رفع إجمالي طاقة إنتاج سابك من هذه المادة إلى حوالي ٣ ملايين طن/سنة، عندما يتم الانتهاء من هذا المشروع وغيره من المشروعات، التي تقوم بتنفيذها شركات سابك الأخرى. ومن المتوقع أن تنتهي أعمال الإنشاء لمشروع "شرق" خلال منتصف عام ٢٠٠٠ .

وتقوم الشركة السعودية - الأوربية للبتروكيماويات (ابن زهر)، ببناء وحدة ثانية لإنتاج البولي بروبيلين بطاقة ٣٢٠ ألف طن/سنة، في الوقت نفسه الذي يجري فيه تنفيذ أعمال إعادة تأهيل الوحدة القائمة بغرض رفع طاقتها الحالية إلى ٣٢٠ ألف طن/سنة. ومن المتوقع أن يدخل المشروع الجديد الجاري تنفيذه مرحلة الإنتاج خلال الربع الثاني من عام ٢٠٠٠ .

ومن ناحية أخرى، يشرف المشروع، الذي يجري تنفيذه من طرف الشركة العربية للألياف الاصطناعية (ابن رشد) على الانتهاء. وسينتج هذا المشروع مادة حامض النيريفثاليك النقي المستخدمة في إنتاج الألياف الاصطناعية. وتبلغ الطاقة الإنتاجية للمشروع ٣٥٠ ألف طن/سنة من حامض النيريفثاليك النقي. كما يجري الإعداد لتشغيل مجمع العطريات، الذي يتكون من وحدتين: الأولى لإنتاج البنزين بطاقة ٣٥٠ ألف طن/سنة، والثانية لإنتاج مادة البارازيلين بطاقة ٣٣٠ ألف طن/سنة .

هذا ويواصل القطاع الخاص في المملكة الدراسة والتخطيط لإقامة مشروعات بتروكيماوية جديدة تعتمد على المواد البتروكيماوية الأساسية والوسيط التي تنتجها سابك والشركات التابعة لها. وفي هذا الإطار تخطط شركة الجفالي وإخوانه لإقامة مصنع لإنتاج مادة طولوين داي أيسو سيانيد. وسوف يقام هذا المشروع، الذي لم تحدد طاقته الإنتاجية بعد في مدينة الجبيل الصناعية، وسيتم تزويد المشروع بمادة الكلور من مصنع شركة "صدف"، كما حصلت شركة عبد الرحمن الفضة على ترخيص لإنشاء مصنع جديد لإنتاج مادة نونيل فينول Nonyl Phenol بطاقة ٢٥ ألف طن/سنة. كذلك تخطط شركة تحسين، وهي شركة مشتركة تمتلك شركة نستلي 15% Nestle ، وباقي الأسهم تمتلكها مؤسسات مالية سعودية. وتخطط هذه الشركة لإنشاء مجمع لإنتاج مادة ميثيل بيوتيل إيثر بطاقة ٩٠٠ ألف طن/سنة. ومن المتوقع أن يبدأ الإنتاج في هذا المشروع، الذي سيقام في ينبع في أواخر عام ٢٠٠٠. وستقوم شركتا إيكرفيول ونستلي بتسويق ٣٥٠ ألف طن/سنة من الإنتاج، بينما تسوق شركة تحسين الباقي .

ومن ناحية أخرى، تقوم شركة "تلدين"، والتي هي عبارة عن شركة مشتركة بين مجموعة "نتبت" السعودية Natpet، وشركة مونتال أريبيا Montell Arabia باستدراج عروض لبناء مصنع لإنتاج مادة البولي بروبيلين بطاقة ٢٥٠ ألف طن /سنة، وذلك في مدينة ينبع الصناعية، وسيتم استخدام التقنية التي طورتها شركة UOP الأمريكية، والتي تعتمد على نزع الهيدروجين من البروبان، إضافة إلى استخدام تقنية مونتال الخاصة بإنتاج مادة البروبيلين.

أما فيما يتعلق بنشاطات شركة سابك للتسويق، فقد تم افتتاح فرع جديد لهذه الشركة في برشلونة بإسبانيا تحت اسم "شركة سابك أيبريكا المحدودة للتسويق".

وتجدر الإشارة إلى أن سابك تمتلك فروعاً أخرى في كل من فرنسا وبريطانيا وإيطاليا وألمانيا، بالإضافة إلى مكاتب تمثيل في عدد من الدول الأوروبية الأخرى.

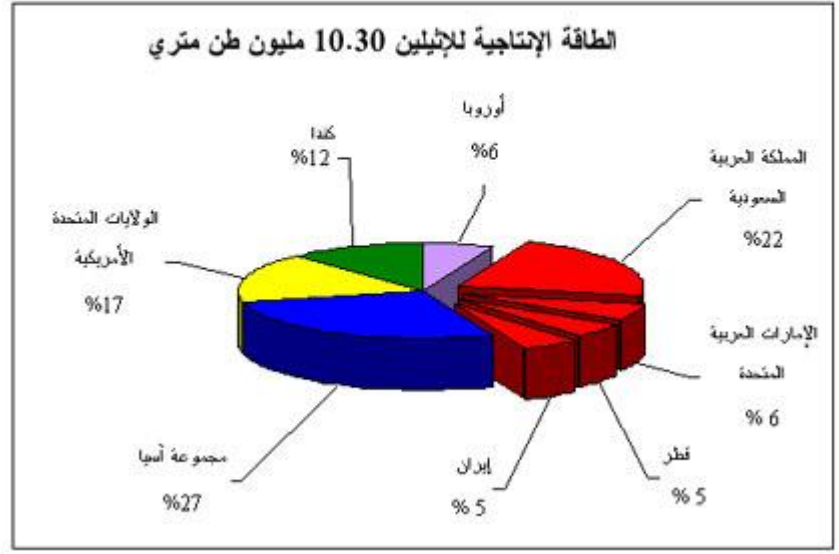
وفي الكويت، تواصل شركة الصناعات البتروكيماوية الكويتية تنفيذ خططها الهادفة إلى التوسع في قطاع البتروكيماويات، وذلك على الرغم من الانخفاض، الذي طرأ على أسعار المنتجات البتروكيماوية في الأسواق العالمية. وتدرس الشركة حالياً إقامة مجموعة من المشروعات البتروكيماوية، أهمها مجمع لإنتاج الأروماتيات، ووحدة لإنتاج الميثانول، ووحدة لإنتاج البولي فينيل كلورايد.

7. ازدياد نمو الصناعات البتروكيماوية في الشرق الأوسط

يقول فهد الشيبني رئيس مجموعة مصانع البوليمر في الشركة السعودية للصناعات الأساسية - سابك) إن منطقة الشرق الأوسط من الممكن أن تكون من المحاور العالمية في مجال النشاط البتروكيماوي خلال العقود القليلة المقبلة.

ومن بين الدلائل التي تشير إلى نمو صناعة البتروكيماويات في منطقة الشرق الأوسط. ما تنويه الشركة السعودية للصناعات الأساسية سابك) من زيادة في إنتاجها من البتروكيماويات. فسوف تنمو طاقة سابك) من إنتاج الإيثيلين خلال السنوات الثلاث المقبلة من ٣,٢ مليون إلى ٥,٥ مليون طن متري سنوياً. وسيتم خلال هذا العام تصنيع ٣٥ مليون طن متري من المنتجات كافة، وسوف يصل الإنتاج - خلال عام ٢٠١٠ - إلى ٤٨ مليون طن متري على أقل تقدير. انظر الشكل الرقم (٣٠)

خطط الشرق الأوسط تشكل 40% من إنتاج الإيثيلين العالمي



والجدير بالذكر أن نصيب (سابق) من السوق العالمية في بعض المنتجات الرئيسية، مثل جلايكول الإيثيلين والميثانول (١٤ في المائة) وبيوتيل ثلاثي الإيثان المثلي والبولي إيثيلين، كان آخذاً في النمو .

من بين خواص النمو السريع في الأسواق المحلية، أن (سابق) تباع ٤٠ في المائة من مجمل إنتاجها داخل المملكة العربية السعودية. وسوف تستوعب السوق السعودية الإنتاج كافة في مادتي تيريفثاليت البولي إيثيلين مع حلول عام ٢٠٠٢ .

هذا وقد ارتفع إجمالي استهلاك البولييمر في المملكة بنسبة ٨,٥ في المائة سنوياً منذ عام ١٩٨٥، بل إنه ارتفع إلى ١٩ في المائة خلال السنوات القليلة الماضية. فقد وصل الاستهلاك خلال عام ١٩٩٩ إلى ٦٥٠ ألف طن متري، وهو في طريقه لأن يتعدى المليون طن متري سنوياً مع حلول عام 2004.

من جهة أخرى من المنتظر، فيما بين عامي ٢٠٠٠ - ٢٠٠٥، البدء في إقامة مشروعات عالمية كبرى في كل من الكويت، وقطر، وأبو ظبي، وعُمان، ومصر. وهذا - بلا شك - سوف يزيد الطاقة الإنتاجية في مواد متعددة، بداية من البولي إيثيلين الخطي المنخفض الكثافة وغاز البروبيلين، وانتهاءً بأسمدة وجلايكول المونوإيثيلين والصودا الكاوية .

إن عملية إعادة البناء الشاملة في مجال هذه الصناعة سوف تستمر، وهذا من شأنه أن يعيد الحياة إلى المصانع المهملة، ومرافق الإنتاج في المناطق المحرومة من مزايا مخزون التغذية. إن منطقة الشرق تسترجع مركزها التجاري القديم، الذي كانت تحتله منذ ألفي عام كمفترق طرق بين الشرق والغرب

القسم السابع

معالجة التلوث في الصناعات البتروكيمياوية

تعدّ صناعة البتروكيمياويات عمليات إنتاجية، تبدأ بمواد أولية (ميثان، مقطرات نفطية) للحصول على منتجات بسيطة، ومونومرات لصناعة البلاستيك والدائن والألياف الصناعية، والتي يباع جزء منها، والجزء الآخر يحول إلى منتج شبه نهائي .

الإجراءات الوقائية لضبط التلوث في الصناعات البتروكيمياوية ترتبط بمصانع الإنتاج. وتشمل الملوثات هنا :

١. مواد عضوية غير قابلة للتحلل (مركبات كلورية)
٢. مركبات نيتروجينية .
٣. معادن ثقيلة .

يرتبط التلوث بالمواد العضوية الكلورية بعمليات البلمرة والإضافة والتكثيف، الناتجة من التفاعلات الثانوية التي تتم في مواقع الإنتاج المختلفة. هذه المواد لها بعض الذوبانية في الماء نتيجة وجود مجموعات جاذبة للزيت lipophilic groups علاوة على بط تأكسدها بيولوجيًا .

يشمل التلوث بالمواد النيتروجينية كلوريد الأمونيوم (الناتج الثانوي من إنتاج الكابرولاكتام والأكريلونيتريل والأكريلات)، وكذلك مواد تحتوي على نيتريلات، أو سيانو هيدرين، أو أمينات، أو مشتقات نيترو أروماتيات. هذه المركبات عندما تتحلل بيولوجيًا تكون في الصرف النهائي كميات ملحوظة من أيونات الأمونيوم أو أيونات النترات .

يعزى التلوث بالمعادن الثقيلة إلى التسرب، الذي يحدث للحفازات، وكذلك إلى عمليات إنتاج الكلور بالخلايا الزئبقية. ينتج التلوث كذلك من تآكل المعدات. المعادن التي تكون عادة في مياه الصرف الصناعي تشمل النحاس والنيكل والكوبالت والموليبدنيوم والكبروميوم والزنك والبرموت والفاناديوم .

المعايير التي تتخذ في معالجة التلوث في الصناعات البتروكيمياوية تشمل خفض التلوث إلى معدلات السلامة بالنسبة لتركيزات المواد التي لها سمية حادة. كذلك خفض معدلات المواد الموجودة عادة في مياه

الصرف الصناعي، مثل المعادن والمركبات النيتروجينية، والفوسفورية، والمواد العضوية القابلة للتحلل، والهيدروكربونات الكلورة .

تحتاج معالجة التلوث في صناعة البتروكيماوية إلى وضوح الأهداف عند التخطيط المحكم للاستثمارات في مجال البيئة. ويستلزم ذلك أنظمة صارمة واستخدام تكنولوجيات عملية اقتصادية يسهل تطبيقها.

وأهم طرق معالجة التلوث في هذه الصناعة الآتى :

أولاً: وحدات مركزية لمعالجة مياه الصرف

تتكون خطوات المعالجة هنا من :

1. فصل المواد الصلبة المعلقة :

تشمل هذه الطريقة عملية الترويب Flocculation ، التي تتم بإضافة مواد مروبّة Flocculating agents لترسيب المواد العالقة. بالإضافة إلى المواد الصلبة العالقة العضوية وغير العضوية. يجب إجراء عمليات للتخفيض الجزئي للمواد الذائبة، خاصة أيونات المعادن والفلوريدات والفوسفات والجزئيات العضوية الكبيرة بإضافة كميات كبيرة من الجير الذي يحسن من عمليات فصل المواد العالقة والذائبة .

2. خفض الأكسجين الحيوى الممتص BOD:

تتم هذه الطريقة بالأكسدة البيولوجية، وتمثل أهم جزء في معالجة التلوث. تعدّ الأكسدة البيولوجية بواسطة الحماة النشيطة activated sludge من أقدم طرق المعالجة. تستخدم في ذلك مرشحات في وسط البلاستيك، وقد اتسع انتشارها كمرحلة أولى لتخفيض الأكسجين الحيوي الممتص BOD ، والذي يتميز بنسبة عالية من الأحمال البيولوجية .

تمثل الزيادة في استخدام الطاقة العالية، وكذلك الاحتياج لخزانات أكسدة ذات أحجام كبيرة مشكلات كبيرة في معالجة التلوث، ويتم حلها بإحلال الأكسجين بدلاً من الهواء، واستخدام الفحم المنشط لدعم الكتلة البيولوجية .

تسمح العمليات البيولوجية للحماة النشيطة بالفصل الكامل للفوسفات المتبقية في الصرف الصناعي ولكنها ذات تأثير محدود بالنسبة لخفض نسبة المركبات النيتروجينية، والمواد غير القابلة للتحلل البيولوجي (المركبات الكلورية).

3. الترشيح النهائي والكلورة

تعدّ هذه العملية الخطوة الأخيرة التي تسمح بإزالة الكميات المتبقية من الحماة التي تسربت في المرحلة البيولوجية السابقة، وتسمح هذه العملية بتطهير التدفق الأخير للصرف.

4. التخلص من الحماة

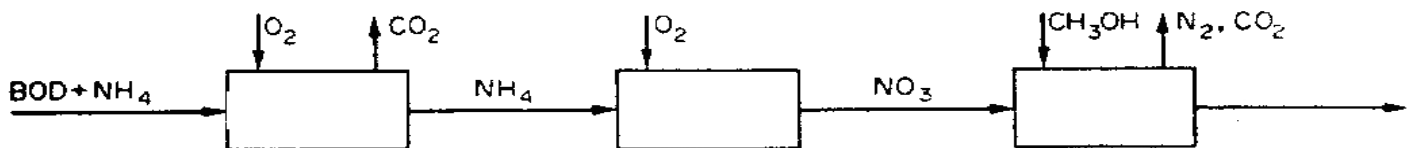
يتم التخلص من الحماة بالحرق في أفران خاصة، ثم الترشيح للتخلص من الحماة الأولية والثانوية في وحدة الصرف الصناعي.

هناك طريقة تبادلية ممكنة لمعالجة الحماة في مراحلها الأولى لتجنب التخمر اللاهوائي، وتقليل حجمها، وذلك باستخدام عدة طرق، منها التثبيت الهوائي واللاهوائي والمعالجة بالأوزون أو ثاني أكسيد الكبريت، وكذلك التسخين داخل أوتوكلاف في وجود أو غير وجود الأكسجين.

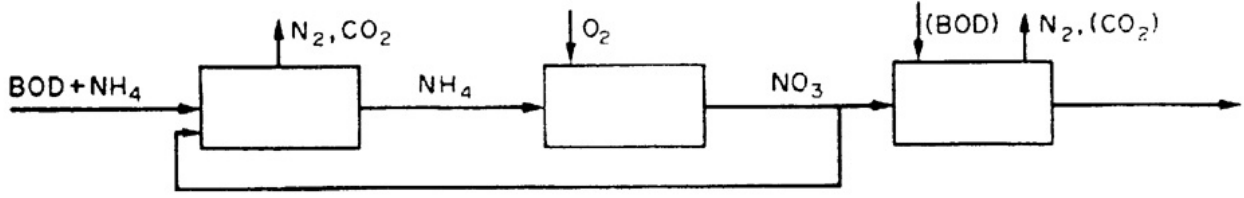
إن الوحدة المركزية لمعالجة مياه الصرف حتى لو نفذت على أعلى مستوى تكنولوجي لن تستطيع القيام بالخفض المطلوب، كما يجب لتركيز المركبات النيتروجينية، والمركبات العضوية غير القابلة للتحلل: (مثل المركبات الهالوجينية)، والمعادن الثقيلة (مثل الزئبق)، والملوحة.

هناك أمثلة عملية على مستوى صناعي لعمليات النترنة nitrification، وإزالة النترنة بيولوجيًا biological denitrification أثبتت نجاحًا في معالجة التلوث، مخططات إزالة النترنة بيولوجيًا موضحة بالشكل الرقم (٣١).

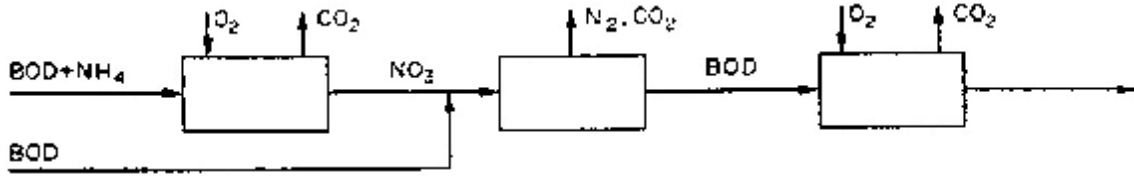
الشكل الرقم ٣١



مخطط (أ)



مخطط (ب)



مخطط (ج)

ثانيًا: التدخل الفني في حدود البطارية

تشمل هذه المرحلة عمليات لمعالجة صرف معين يحتوي على ملوثات خاصة :

طريقة تعتمد على فصل طبيعي وكيميائي، وطبيعي كيميائي، ستكون مناسبة لمعالجة مياه الصرف الخاصة بالصناعات البتروكيمياوية، والطرق المستخدمة هنا تشمل :

١. الطفو (Flotation):

بالإضافة إلى إزالة الزيوت غير الذائبة، تُعد هذه التكنولوجيا تطبيقًا مفيدًا لاستخلاص المواد التي لها خواص ذات نشاط سطحي، وكذلك لإزالة المركبات العضوية الأخرى بعد معالجتها كيميائيًا لتحويلها إلى مترابكات Complexation أو جعلها لا تذوب insolubilization

٢. التحلل الحراري Thermal hydrolysis:

تستخدم هذه العملية عادة لتدمير النيتريلات، والسيانيدات وكذلك لتحلل الجزيئات السامة أو المعقدة، وذلك للإسراع بتحللها بيولوجيًا .

٣. الأكسدة المبللة Wet oxidation

بالرغم من وجود بعض المصاعب التكنولوجية (التآكل وتكوين القشور)، يعدّ استخدام هذه الطريقة فعالاً. ويستلزم ذلك الوصول بالأكسدة الحفزية إلى أحسن معدلات لخفض حرارة التشغيل القائمة، والتي تصل إلى فوق ٢٥٠°م. هذه العملية تسمح بتدمير المواد السامة والجزيئات الكبيرة الذائبة الموجودة بكميات كبيرة في الصرف .

٤ . الادمصاص Adsorption:

في هذه العملية يتم الادمصاص على كربون نشيط أو على بوليمرات صناعية، ويزداد الاحتياج إلى هذه الطريقة عند الرغبة في استخلاص المواد التي لا تتحلل بيولوجيًا، وبالأخص المركبات العضوية الكلورية

المصطلحات الفنية

Feedstock	خامة أولية
Basic Products	منتجات أساسية
Intermediate Products	منتجات وسيطة
End Products	منتجات نهائية
Downstream Industries	صناعات تكميلية
Synthesis Gas	غاز التشييد
Steam Reforming Process	عملية التعديل ببخار الماء
Promoters	منشطات

Disintegration	تفتت
Oxygen Reforming	التعديل بالأكسجين
Synthesis Gas Generation	توليد غاز التشييد
Non-catalytic	غير حفزي
Natural Gas Liquids	سوائل الغاز الطبيعي
Advanced Cracking Reactor	مفاعل تكسير متقدم
BTX	بنزين، طولوين، زايلين
Dehydrogenation	نزع الهيدروجين
Isomerisation	أزمنة
Hydrogenation	هدرجة بالهيدروجين
Chlorination	كلورة بالكلور
Nitration	نترتة بحامض النيتريك
Alkylation	الكلنة
Volatility	بخارية
EDC	ثنائي كلوريد الإيثيلين
VCM	مونومر فينيل كلوريد
Propylene Tetramer	بروبلين رباعي المبلمرة
PELD	بولي ايثيلين منخفض الكثافة

PEHD	بولي ايثيلين مرتفع الكثافة
Cross Linked	وصلات عرضية
Crystallinity	تبلور
Autoclave	مفاعل أوتوكلاف (تحت الضغط)
Organometallic	عضوي فلزي
Thermoplastic	متشكل حراريًا
Softening Point	نقطة الليونة
Ataxic	عشوائي
Isotactic	منتظم
Suspension	معلق
Emulsion	مستحلب
Plasticizer	ملدن
Condensation	تكثيف
Synthetic Fibers	ألياف صناعية
Polyester Fibers	ألياف بوليس أستر
Acrylic Fibers	ألياف بولي أكريليك
BUNA	مطاط بيوتاديين
SRB	مطاط أستايرين - بيوتاديين

CR	مطاط كلورو برين
Synthetic Detergents	منظفات صناعية
Anionic Detergents	منظفات أنيونية
Nonionic Detergents	منظفات غير أنيونية
Cationic Detergents	منظفات كاتيونية
MTBE	ميثيل ثالث بيوتيل الأثير
Thickeners	مواد مغلظة
Antiplant Agents	عوامل مضادة للنبات
Defoliants	مسقطات أوراق الشجر
(CW) Chemical Weapons	أسلحة كيميائية
Radiomimetic Agents	عوامل مماثلة للإشعاع
Explosives	مواد مفرقة
Propellants	مواد قاذفة
Flocculation	مجموعات جاذبة للزيت
Flocculating Agents	مواد مروية
BOD	خفض الأكسجين الحيوي الممتص
Activated Sludge	حمأة نشيطة
Nitrification	عمليات نترتة

Biological Denitrification	إزالة النترة بيولوجيًا
Complexation	التحويل إلى متراكبات
Insolubilization	عدم الإذابة
Thermal Hydrolysis	تحلل حراري
Wet Oxidation	أكسدة مبللة
Adsorption	إدمصاص على سطح نشيط

المراجع والمصادر

أولاً: المراجع

١. أحمد قدرى أبو الغيط، "البتروكيماويات علم وتقنية"، جامعة أم القرى، مكة المكرمة ١٩٨٥ .
٢. أحمد مدحت إسلام، د. عبد الفتاح محسن بدوي، د. محمد عبد الرازق الزرقا، "الحرب الكيميائية"، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٩، ج ١ و ٢ .
٣. توفيق محمد قاسم، "البترول والحضارة"، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٤ .

ثانياً: التقارير

١. "صناعة البتروكيماويات ومستقبلها في مصر حتى عام 2010"، المجالس القومية المتخصصة، لجنة صناعة البتروكيماويات، القاهرة .
٢. "دراسة تحليلية عن واقع صناعة وتجارة البتروكيماويات في الأقطار العربية"، جامعة الدول العربية، الدار السعودية للخدمات الاستشارية، ١٩٩٤ .
٣. "دراسة عن واقع وآفاق تنمية الصناعات البتروكيماوية في الوطن العربي"، المنظمة العربية للتنمية الصناعية، الدار السعودية للخدمات الاستشارية، الرياض، إبريل ١٩٨٣، ج ١ .
٤. "الملحق الرقم (١) لتقرير صناعة البتروكيماويات"، لجنة الإنتاج الصناعي والطاقة، مجلس الشورى، القاهرة، ١٩٩٦ .

٥. إسماعيل كمال الدين عبده، "تقرير عن صناعة البتروكيماويات"، معهد بحوث البترول المصري، ١٩٩٦.

٦. "تقرير الأمين العام السنوي الخامس والعشرون"، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، ١٩٩٨.

ثالثاً : المراجع الأجنبية

1. Melvin J. Astle, "The Chemistry of Petrochemicals", Reinhold Publishing Corporation, New York, 1956.
2. B.K. Bhashararao, "A Text on Petrochemicals", Khanna Publishers, Delhi, 1998.
3. Donald L. Burdick, "Petrochemicals, in Non-Technical Language", Penn Well Books, Oklahoma, 1990.
4. Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", Wiley Sons, New York, 1985.
5. Abdel Fattah Mohsen Badawi, "Synthetic Detergents from Local Petroleum Distillates", M. Sc., The National Research Centre, Petrochemical Laboratory, Cairo, 1968.
6. Patricia Short, "Middle East set to enhance position in petrochemicals, Chemical & Engineering News", Washington DC., January 17, 2000.
7. F. Fisher and H. Tropsch, Ber., 5613, 1923.
8. H. Atwell et al., "Technical Oil Mission Report No. 5", Office of Technical Services Report No. PB 2051, July 19, 1945.
9. H. Storch, "Synthesis of Hydrocarbons from Water Gas", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1945.
10. C. Brown, "American Institute of Chemical Engineers", Series 32, Houston, 1984.
11. J. Meyers, U.S. Patent. 2,576, 634 (1951)
12. B. Evering and E. Peters, U.S. Patent. 2, 528, 876 (1950)
13. C. Fontana, A. Oblad and Q. Kidder, U.S. Patent. 2, 525, 787 (1950).
14. W. Gibson et al., J. Chem. Soc. (1922), 121, P. 270.
15. "Technical Review Middle East", March/April, 2000.
16. L. Benedetti et al., "Pure and Applied Chem.", 1976.

