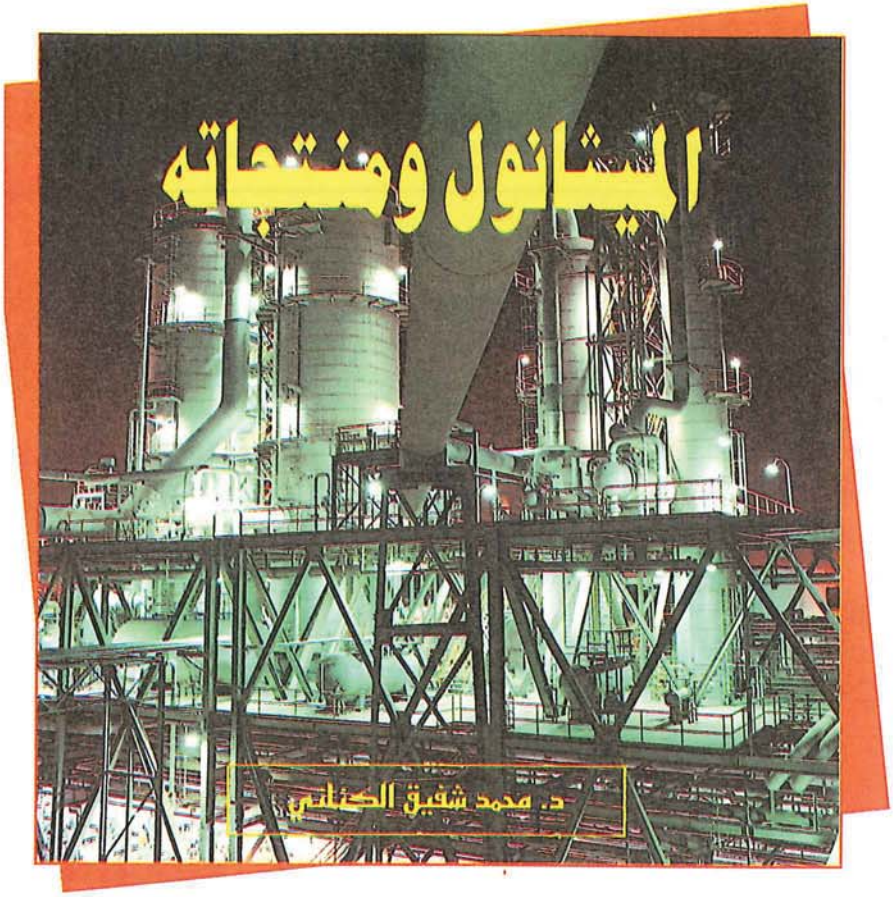
الميثانول ومنتجاته



د. محمد شفيق الكتاني

الميثانول (CH_3OH) أبسط الكحولات البرافينيه يتصف بأنه عبارة عن سائل قطبي متطاير شفاف ، سام وقابل للاشتعال حيث يحترق بلهب يميل إلى اللون الأزرق ، وزنه الجزيئي ٣٢,٠٤، كثافته ٠,٧٩ . جم /سم ٣، درجة غليانه ٦٤,٥م° ، درجة تجمده -٩٧,٨م° ، نقطة الوميض ١٥,٥م° ، مدى الاشتعال ٦- ٣٦,٥٪ ، وحرارة الاشتعال ٤٦٤م°.

عُرف الميثانول لأول مرة عام ١٦٦١م إذ تم الحصول عليه من التقطير المكرر لخل الخشب فوق محلول من الكلس . وقد تم التوصل إلى معرفة تركيبه مابين ١٨٠٠ ـ ١٨٨٤م حيث أدخلت عبارة « ميثيل » إلى الكيمياء عام ١٨٣٥م.

وخلال ١٨٣٠ ـ ١٩٢٣م، تم الحصول على « كحول الخشب » بوساطه التقطير الجاف للخشب ، ليبقى المصدر الهام للميثانول ، وفي عام ١٩١٣م توصلت شركة باسف (BASF) الألمانية إلى إنتاج الميثانول من أحادي أكسيد الكربون والهيدروجين لتبدأ مرحلة جديدة لإنتاجه بكميات كبيرة .

وفي بداية الستينيات طورت شركة (ICI) الإنكليزية طريقة لصناعة الميثانول من تفاعل غاز الاصطناع الخالي من الكبريت والمحتوى على كمية كبيرة من أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين في وجود «محفِّزات» من أكاسيد نحاس ذات انتقائية عالية . وتتميز هذه الطريقة بظروف تفاعل معتدلة تقريباً (٢٠٠°م ـ ٣٠٠°م ، وضغط ٥٠ ـ ١٠٠ ضغط جوي) .

صناعة الميثانول بالمملكة

شهدت المملكة العربية السعودية في الخمس عشرة سنة الأخيرة تطوراً سريعاً في الصناعات البتروكيميائية ، كما وُضعت الخطط المستقبلية الطموح التي تهدف إلى جعل المنطقة رائدة في مجال هذه الصناعات.

وقد قامت الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) بمشاركة مجموعة شركات يابانية بتأسيس أول مصنع لإنتاج الميثانول في الجبيل عام ١٩٧٩م يدعى الشركة العربية السعودية للميثانول (الرازي) ، وقد بدأ إنتاج الميثانول في هذا المصنع عام ١٩٨٣م بطاقة إنتاجية سنوية ٦٤٠ ألف طن متري ووصلت إلى ١,٢ مليون طن عام ١٩٩٢م .

كما قامت سابك بمشاركة شركتي «هوكست سيلانس» (Hoechst - Celance) و« تكساس إيسترن » (Texas Eestern) الأمريكيتين بتأسيس مصنع آخر لإنتاج الميثانول عام ١٩٨١م في مدينة الجبيل الصناعية يدعى بالشركة الوطنية للميثانول (ابن سينا) . وقد بدأ إنتاج الميثانول في هذا المصنع عام ١٩٨٤م بطاقة إنتاجية سنوية تصل إلى ٧٧٠ ألف طن متري وتجاوزت مليون طن عام ١٩٩٢م .

وقامت سابك أيضاً بمشاركة البحرين والكويت بتأسيس مصنع آخر عام ١٩٧٩ يدعى شركة الخليج لصناعة البتروكيميائيات (جبيك) ، وقد بدأ إنتاج الميثانول في هذا المصنع بالاعتماد على الميثان كمادة أولية عام ١٩٨٥م بطاقة إنتاجية سنوية تصل إلى ٤٠٠ ألف طن متري .

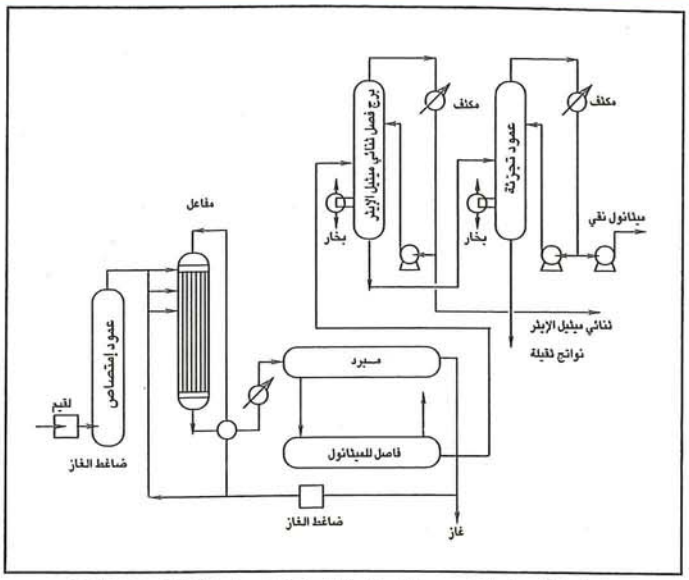
يستخدم حوالي ٢٣٪ من الميثانول المنتج بوساطة شركتي (ابن سينا والرازي) في إنتاج ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MTBE) ، وتدعى الشركة التي تنتج هذه المادة (الشركة السعودية الأوربية للكيميائيات) أو (ابن زهر) ، قامت سابك بتأسيسها عام ١٩٨٤م بمشاركة شركات فنلندية ، وإيطالية والشركة العربية للاستثمارات البترولية (أبيكورب) (Arab petroleum Investement Corp.) . وقد بدأ إنتاج هذه المادة عام ١٩٨٨م بطاقة إنتاجية سنوية تصل إلى ٥٠٠ ألف طن متري .

إنتاج الميثانول

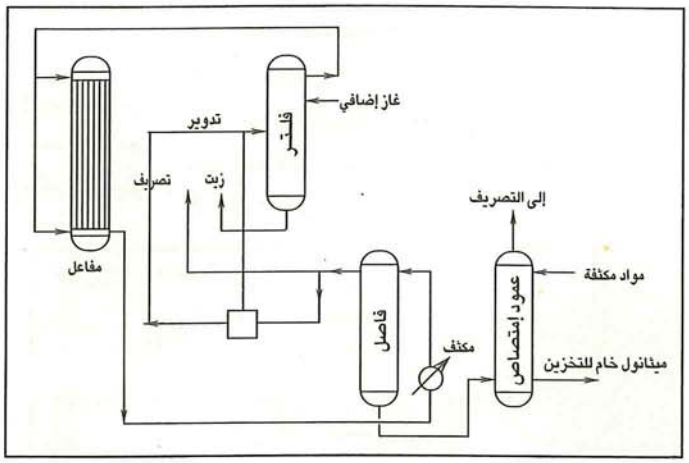
ينتج الميثانول في الوقت الحاضر على نطاق واسع من التحويل الوسيطي لغاز الاصطناع باستخدام مزائج غازات مضغوطة تتكون من الهيدروجين ، وأول أكسيد الكربون ، وثاني أكسيد الكربون بوجود محفِّزات معدنية غير متجانسة .

وتصنف الطرق الصناعية لإنتاج الميثانول حسب الضغوط المستخدمة إلى طريقة : الضغط المرتفع ، الضغط المتوسط ، الضغط المنخفض ، وتتضمن تلك الطرق الخطوات الأساس التالية : ـ

* إنتاج غاز الإصطناع بطريقة إعادة التشكيل البخاري للغاز الطبيعي مع إضافة ثاني أكسيد الكربون لموازنة الهيدروجين الفائض .



● شكل (١) مخطط مبسط لصناعة الميثانول بطريقة الضغط المرتفع .



● شكل (٢) مخطط مبسط لصناعة الميثانول بطريقة الضغط المتوسط .

* ضغط الغازات .
* التصنيع في المفاعل الوسيطي .
* التنقية بالتقطير .

● طريقة الضغط المرتفع

تعد هذه الطريقة أول طريقة صناعية تجارية لصناعة الميثانول من غاز الإصطناع . تجري هذه الطريقة في الطور الغازي ، شكل (١) ، عند درجة حرارة ٣٢٠ ـ ٣٨٠°م وتحت ضغط يتراوح بين ٢٥٠ الى ٣٥٠ ضغط جوي ، وبوجود محفِّز من أكسيد الزنك وأكسيد الكروم ($ZnO-Cr_2O_3$) ، وزمن تماس قصير جداً (١ـ٢ ثانية) لمنع حدوث تفاعلات جانبية إذ تبرد الغازات الناتجة عن التفاعل وتكثّف لفصل الميثانول .

تفصل النواتج الثانوية الناتجة عن هدرجة الميثانول وأول أكسيد الكربون مثل ثنائي ميثيل الإيثروفورمات الميثيل والميثان بوساطة التقطير عند درجات غليان منخفضة ومرتفعة وذلك حسب صفات كل ناتج .

● طريقة الضغط المتوسط

تجرى هذه الطريقة ، شكل (٢) ، عند درجة حرارة ٣٥٠°م وتحت ضغط يتراوح بين ١٠٠ إلى ٢٥٠ ضغط جوي ، وباستخدام محفِّز من أكسيد الكروم وأكسيد الزنك . ويتم الحصول على الميثانول في هذه الطريقة بنقاوة عالية مع كميات صغيرة من نواتج ثانوية .

● طريقة الضغط المنخفض

تتميز هذه الطريقة بتكلفتها المنخفضة، وبمرونتها في التشغيل، واختياراً الوحدة إضافة إلى أنه يستخدم فيها غاز الاصطناع الغني بالهيدروجين دون اللجوء إلى إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون للحصول على نسب مولية من المواد المتفاعلة .

وتبدأ خطوات هذه الطريقة ، شكل (٣)، بإزالة الكبريت من الغاز الطبيعي ، ثم دفعه مع مزيج من البخار وغاز ثاني أكسيد الكربون إلى برج إعادة التشكيل، بعدها يجري التفاعل عند درجة حرارة ٢٤٠ ـ ٢٦٠ م وتحت ضغط ٥٠ ـ ١٠٠ ضغط جوي ، وبوجود محفِّز من أكاسيد النحاس ـ الزنك ـ الألومنيوم ($CuO - ZnO - Al_2O_3$) .

تقطير الميثانول الخام

يحتوي الميثانول الخام الناتج من العمليات أعلاه على المكونات الآتية :ـ

بقايا خفيفة : وهي مكونات ذات درجات غليان منخفضة ، وتشمل غازات مذابة وثنائي ميثيل الإيثر، وفورمات الميثيل ، والأسيتون .

بقايا ثقيلة : وهي مكونات ذات درجات غليان مرتفعة ، وتشمل كحولات أعلى ، ومركبات هيدروكربونية ذات سلاسل طويلة ، وكيتونات عليا وإسترات لكحولات منخفضة مع أحماض النمل والخل والبروبيونيك ، إضافة إلى كميات قليله جداً من هيدروكربونات شمعية عليا ($C_{40} - C_8$) .

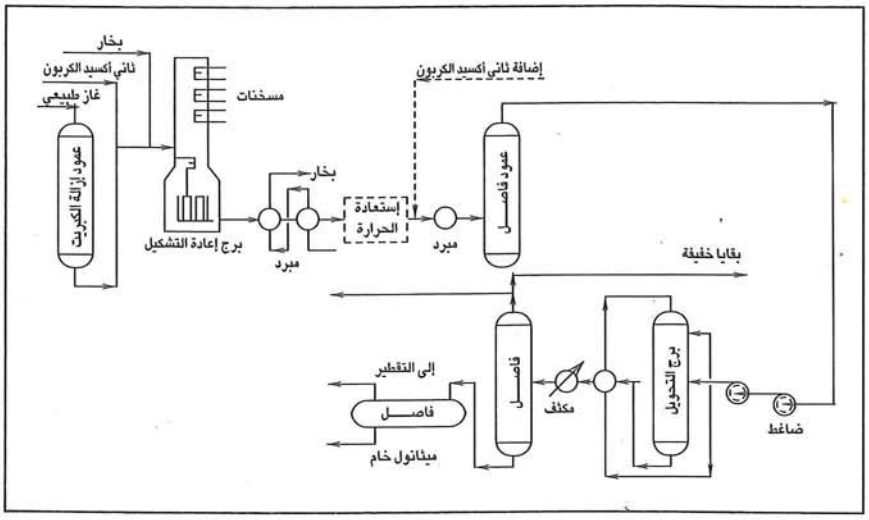
تفصل الشوائب المصاحبة للميثانول الخام ، بشكل عام ، على مرحلتين . إذ تتم في المرحلة الأولى إزالة جميع المكونات التي تغلي عند درجات حرارة أقل من درجة غليان الميثانول في عمود البقايا الخفيفة ، وفي المرحلة الثانية يتم تقطير الميثانول النقي في عمود أو عمودَي تقطير .

التطبيقات الصناعية للميثانول

يستخدم حوالي ٧٠٪ من إنتاج العالم من الميثانول في الصناعات البتروكيميائية ، ومن أهم الصناعات البتروكيميائية ، التي تعتمد على الميثانول كمادة وسطية ، شكل (٤) ، مايلي :ـ

● الفورمالدهيد

تعتمد صناعة الفورمالدهيد بصفة أساس على الميثانول حيث يستخدم حوالي نصف إنتاج العالم من الميثانول لتصنيع هذه المادة ، وأن أكثر من ٩٠٪ من إنتاج الفورمالدهيد يعتمد على استخدام الميثانول كمادة خام ، بينما ينتج الجزء الباقي من



● شكل (٣) مخطط مبسط لصناعة الميثانول بطريقة الضغط المنخفض.

أكسدة المركبات الهيدروكربونية ، ومن أهم الطرق المستخدمة في صناعة الفورما لدهيد مايلي : ـ

* نزع الهيدروجين المؤكسد (Oxidative Dehydrogenation) باستخدام الفضة ، أو مسحوق النحاس كمحفِّز لنزع الهيدروجين من الميثانول في الطور الغازي عند درجة حرارة ٤٥٠ ـ ٦٠٠°م ، وتحت الضغط الجوي ، ويتم التفاعل بوجود الهواء وفق التفاعلين التاليين :ـ

$$CH_3OH \longrightarrow HCHO + H_2$$

$$H = +20\ Kcal/mol$$

$$H_2 + 1/2\ O_2 \longrightarrow H_2O$$

$$H = -58\ Kcal/mol$$

* الأكسدة المباشرة للميثانول بوجود وسيط أكسيد الحديد والموليبدنوم ($Fe_2O_3 - MoO_3$) عند درجة حرارة ٣٠٠ ـ ٤٥٠°م وفق المعادلة التالية :ـ

$$CH_3OH + 1/2\ O_2 \longrightarrow HCHO + H_2O$$

$$H = -38\ Kcal/mol$$

* **صفات واستخدامات الفورمالدهيد :** تبلغ درجة حرارة غليان الفورمالدهيد ـ ١٩°م ، ودرجة حرارة تجمده ـ ١٨٨°م ، وهو غير ثابت حيث يتبلمر بسهولة إلى مركبات بولي أوكسي الميثيلين ، وبالتالي لايمكن تخزينه ونقله وهوفي حالته الحرة سواء كان على شكل غاز أو محلول . ولذلك يمكن أن يكون متوفراً تجارياً على الأشكال التالية :ـ

* محلول يحتوي على ٣٧٪ وزناً من الفورمالدهيد إضافة إلى ٦ـ١٣٪ من الميثانول كمادة مثبتة تمنع بلمرته ، وترسب بوليمرات غير ذوابة.

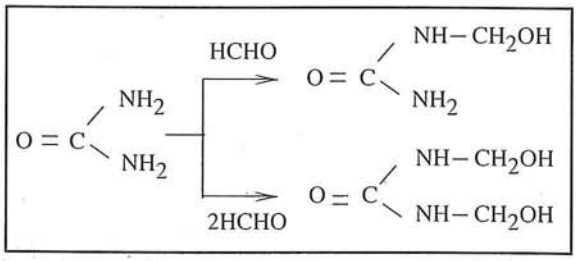
* محاليل من ٣٠٪ الى ٣٧٪ فورمالدهيد خالية من الميثانول .

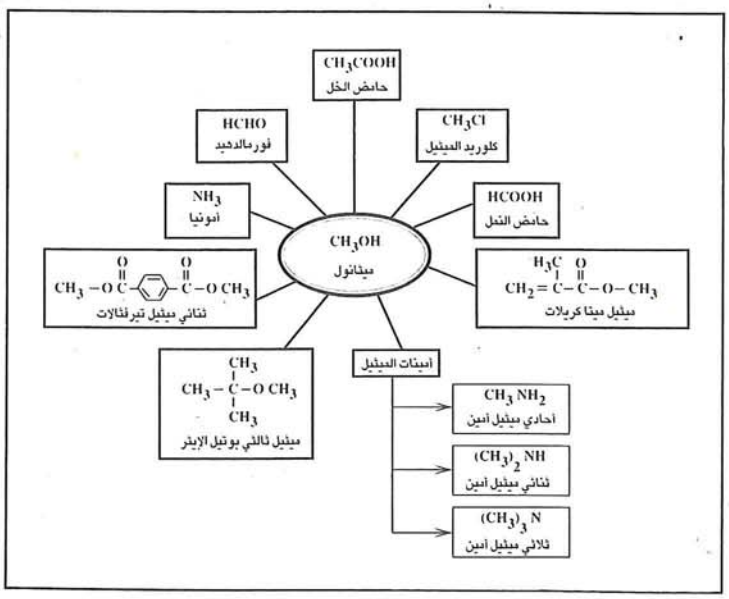
* مزيج صلب غير قابل للانحلال على شكل بارافورم يتكون من بولي أوكسي ميثيلين جليكولات $HO(CH_2O)_nH$ حيث تتراوح n مابين ٨ إلى ١٠٠ .

* مركب حلقي صلب يسمى تريوكسان .

إلى جانب الاستخدامات المباشرة لمحاليل الفورمالدهيد المائية (فورمالين ،فورمول) كمعقم ، وكمادة حافظة ، وكعامل مساعد في صناعات: النسيج ، والفراء، والورق، والخشب ، فإن معظم إنتاجه (حوالى ٦٠٪) يستخدم كمادة أولية في صناعة كثير من المواد الصناعية ، شكل (٥)، ومن أهم هذه المواد مايلي :ـ

راتنجات اليوريا ـ فورمالدهيد: وتعرف تجارياً بالأمينوبلاست (Aminoplast)، ويتم إنتاجها من تفاعل الفورمالدهيد مع اليوريا ومن ثم إجراء تفاعلات تكاثف للنواتج بوجود محفِّزات من أحماض ، أوقواعد . ويعتمد الناتج على نسب المواد المتفاعلة ، والرقم الهيدروجيني (PH) الذي يجرى فيه التفاعل كما هومبين في معادلات التفاعل التالية :ـ





● شكل (٤) منتجات الميثانول .

● شكل (٥) أهم إستخدامات الفورمالدهيد الصناعية .

ويتم تشكل راتنج اليوريا ـ فورمالدهيد بالتحميض، والتسخين حيث يحدث التشابك كما هو مبين في الشكل (٦) .

يستخدم معظم إنتاج راتنجات اليوريا ـ فورمالدهيد كمادة لاصقة ، وفي صناعة الألواح الخشبية وذلك بمزجه مع مسحوق الخشب (النشارة) أو قطع صغيرة منه ، وضغطها على شكل ألواح أو صفائح ، ومن ثم تجرى عليها عملية تقسية عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً ، كما تستخدم هذه الراتنجات في معالجة ، وطلي الورق لإكسابه قوة ومتانة ، ومقاومة للرطوبة ، وفي صناعة الدهانات ، وأداوت الزينة ، والزخرفة ، ومعالجة النسيج ، وغيرها من الاستخدامات الثانوية الأخرى.

* **راتنجات الميلامين ـ فورمالدهيد:** وتعرف تجارياً بـ (Melanoplasts) ، ويتم إنتاجها من تفاعل الميلامين (٢، ٤، ٦- ثلاثي أمينوترايزين) مع الفورمالدهيد تحت ظروف قاعدية ، أو متعادلة وذلك على مرحلتين حيث تنتج في المرحلة الأولى مركبات ميثيلول الميلامين مشابهة لمركبات ميثيلول اليوريا ، شكل (٧) .

أما في المرحلة الثانية فتتم عملية التشابك بالتحميض والتسخين بطريقة شبه معقدة حيث ينتج راتنج متشابك متصلب بالحرارة ، أو غير مطاوع للحرارة (Thermosetting) .

تمتاز راتنجات الميلامين ـ فورمالدهيد عن راتنجات اليوريا ـ فورمالدهيد بأنها أكثر متانة وصلابة وذات مقاومة ممتازة للرطوبة ، وهي تستخدم لاستعمالات مشابهة لاستعمالات راتنجات اليوريا ـ فورمالدهيد ، بالإضافة إلى استخدامها لإنتاج صفائح الفورميكا ، والمواد اللاصقة ، والدهانات ، وبعض أنواع القطع الكهربائية ، كما تضاف لراتنجات اليوريا ـ فورمالدهيد لتحسين خواصها .

* **راتنجات الفينول ـ فورمالدهيد :** وتعد نوعا من أنواع راتنجات الأمينو، وتعرف بالبكاليت (Bakelite Resins) وتسمى تجارياً فينوبلاست (phenoplast) .

يتم إنتاج هذا النوع من الراتنجا ت من تفاعلات الاضافةوالتكا ثف بين الفينول والفورمالدهيد في وسط حامضي أو قاعدي ، حيث ينتج نوعان مميَّزان من الراتنجات يعرفان براتنجات الريزول (Resols) ، والنوفولاك (Novolacs) ، وذلك تبعاً لظروف التفاعل والنسبة الجزيئية للفورمالدهيد إلى الفينول .

تستخدم راتنجات الفينول ـ فورمالدهيد في مجالات صناعية متعددة ، منها طلاء الصفائح الخشبية الرقيقة المشابهة لألواح الفورميكا حيث تؤخذ الألواح الرقيقة من الخشب ، وتطلى بطلاء لاصق محُضرً بخلط نسبة معينة من نشارة الخشب مع الريزول ، ثم توضع الألواح المطلية في ضاغطات ساخنة ، ليتم التشابك بين السلاسل البوليميرية وخروج جزيئات الماء وتبخرها في نفس الوقت .

ومن الاستخدامات الأخرى للراتنجات الفينولية صناعة : العوازل الكهربائية ، والمفاتيح الكهربائية ، ومقابض الأبواب ، وأواني الطهي ، وبعض قطع السيارات . حيث ان هذه الراتنجات في حالة تقسيتها تصبح مقاومة لدرجات الحرارة العالية ، والمذيبات ، والمواد الكيميائية مما يجعلها مناسبة للصناعات المذكورة .

* **بنتا إرثريتول:** يحضر هذا المركب بوساطة تفاعل فورمالدهيد والأسيتا لدهيد بوجود مركب قاعدي قوي وفق التفاعل التالي :-

$$4HCHO + CH_3CHO + NaOH \longrightarrow C(CH_2OH)_4 + HCOONa$$

يجري التفاعل عند درجة الحرارة العادية (٢٥مْ) بإضافة محلول الصودا الكاوية إلى محلول مائي يحتوي ٢٥٪ وزناً

من الفورمالدهيد ، ثم إضافة المزيج إلى الأسيتالدهيد ، وعند انتهاء التفاعل يعدَّل المزيج ، ويبخَّر تحت ضغط منخفض ليسمح بتبلور البنتا أرثريتول .

يستخدم البنتا أرثريتول في إنتاج راتنجات الألكيد (Alkyde Resins) المستخدمة في صناعة الدهانات ، وراتنجات الروسين (Rosin resins) ، وفي صناعة المتفجرات ، كما يستخدم في زيوت التجفيف .

* **هكساميثيلين ترامين :** ويتم بتفاعل الأمونيا مع الفورمالدهيد وفق التفاعل التالي:-

$$6\,HCHO + 4NH_3 \longrightarrow (CH_2)_6N_4 + 6H_2O$$

يعرف هذا المركب بالهكسامين ـ في مجال الصناعات البلاستيكية ـ وبالأوروتروبين في مجال الصناعات الصيدلانية .

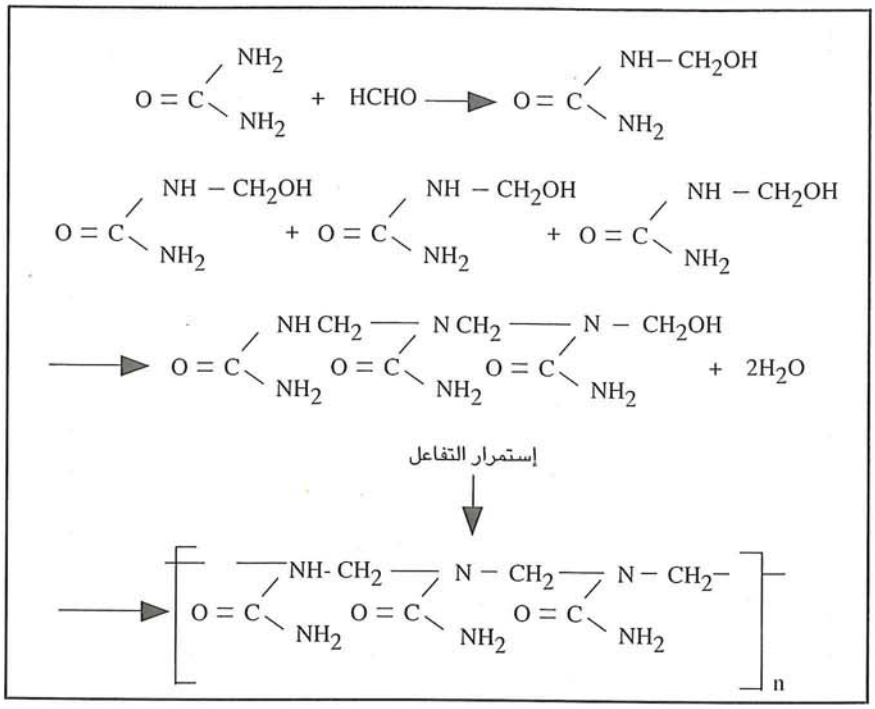
ويجري التفاعل صناعياً على شكل دفعات ، (Batches) ، أو مستمر (Contineous) عند درجة حرارة ٣٠ ـ ٥٠°م ، ورقم هيدروجيني ٧ – ٨ .

يستخدم الهكسامين في الصناعات التالية :-

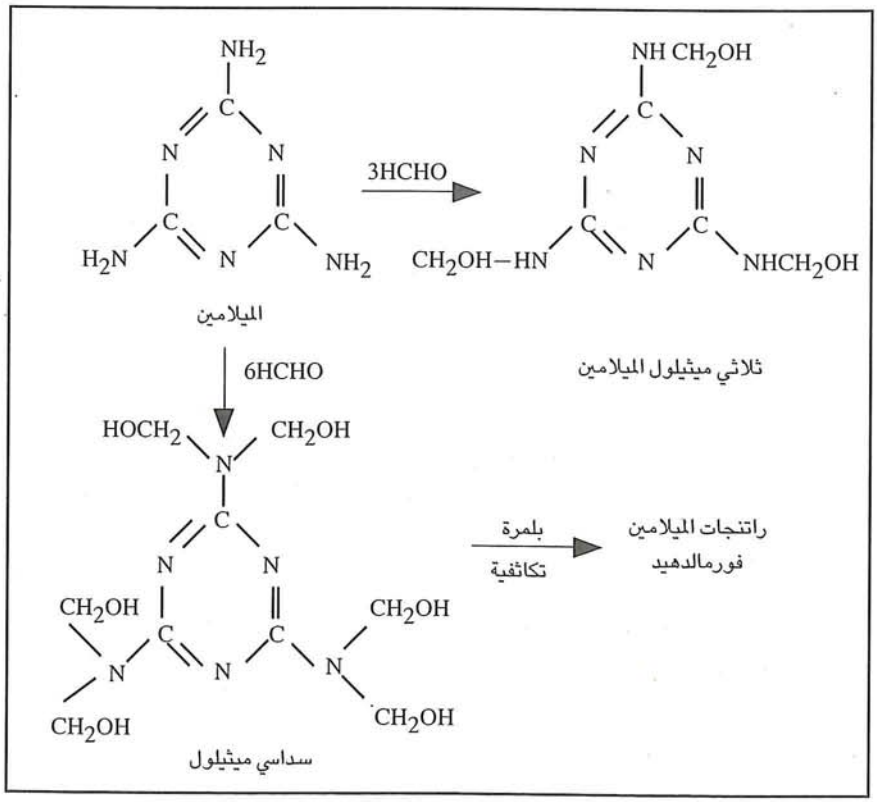
- المطاط ،حيث يقوم بدور العامل المسرع في فلكنة (المعاملة بالكبريت) المطاط .
- بعض المركبات الصيدلانية .
- صناعة إحدى المواد شديدة الانفجار .
- تقسية راتنجات الفينول ـ فورمالدهيد .
- مبيد للفطريات ،ولبعض الآفات الزراعية.
- مادة مانعة للتآكل ضد الأحماض المعدنية .

● حامض الخل

يستهلك حوالي ٩٪ من إنتاج الميثانول في صناعة حامض الخل (Acetic Acid) وذلك من تفاعل كربلة الميثانول بوساطة أول أكسيد الكربون في الطور السائل بوجود محفِّزات متجانسة مثل :كوبالت ـ يود أو روديوم ـ يود أونيكل ـ يود عند درجة حرارة ٢٠٠°م وضغط ٣٠ ـ ٤٠ جو.



● شكل (٦) معادلات تفاعل اليوريا والفورمالدهيد لتشكيل راتنجات اليوريا ـ فورمالدهيد .



● شكل (٧) معادلات تفاعل الميلامين مع الفورمالدهيد لإنتاج راتنجات الميلامين ـ فورمالدهيد .

يستخدم حوالي ٤٥٪ من إنتاج حامض الخل في العالم في صناعة خلّات الفينيل المستخدمة في صناعة بولي أسيتات الفينيل (بولي خلّات الفينيل) ، ويستخدم حامض الخل كذلك في صناعة خلّات الميثيل ، وخلات آيزوالبروبيل ، وخلّات البوتيل ، وبلاء ماء حامض الخل ، والأسيت أنيليد وكلوريد الأستيل ، والأسيت أميد ،

وحامض كلورو الخل ، إضافة الى استخدامه كمذيب في صناعة حامض التيرفثاليك ، وثنائي ميثيل الإستر ، والدهانات ، وغيرها من الاستخدامات الأخرى .

● ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر

ينتج ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر (MethylTertiary Butyl Ether-MTBE) من تفاعل الميثانول مع الآيزوبوتن فوق مبادلات أيونية (محفِّزات حمضية) من راتنج بولي ستايرين مسلفن في الطور السائل ، وعند درجات حرارة تتراوح مابين ٣٠ ـ ١٢٠مْ ، وضغط من ٧ ـ ١٤ضغط جو ى.

يعد ميثيل ثالثي بوتيل الإيثر منتجاً هاماً لرفع عدد أوكتان الجازولين نظراً لصفاته الأوكتانيه العالية (١٠١ ـ ١١٧) ، وقد أخذ يحل محل مادة رباعي إيثيل الرصاص التقليدية كمادة تضاف للجازولين لرفع عدد أوكتانه ، وقد تسبب ذلك في زيادة الطلب عليه إذ استخدم في عام ١٩٨٨م حوالي ٢٠ ٪ من إنتاج الميثانول لتصنيع هذه المادة ، ويتوقع أن تزداد نسبة الإنتاج منه بمعدل ١٢٪ سنوياً .

● حامض النمل (الفورميك)

يتم إنتاج حامض النمل (Formic Acid) من إماهة فورمات الميثيل الناتجة عن كربلة الميثانول في الطور السائل بوساطة أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة ١٢٠م° ، و ٩ضغط جوي ، وفي وجود محفِّز قاعدي من ميثو أوكسيد الصوديوم ، عند درجة حرارة ٨٠م° و ٤٥ضغط جوي .

يستخدم حامض النمل في صناعة الأنسجة ، والجلود ، والصباغة ، والمواد الصيدلانية ، وكمادة حافظة لبعض الأطعمة ، وكمادة مضافة في صناعة المطاط ، كما أن أملاحه مثل فورمات الصوديوم تستخدم كمذيب ، وفي المبيدات الحشرية ، وكمادة وسطية لإنتاج عدد من المركبات الكيميائية مثل حامض الحماض (حامض الأوكساليك) .

تستخدم فورمات الإيثيل كمادة مذيبة لخلات السيليلوز وللنتروسيليلوز ، وكمكون مادة نكهة في المشروبات الخالية من الكحول ، وفي صناعة الآيس كريم ، والعلك ، والسكاكر . ومن مركبات حامض النمل المستخدمة في الصناعة : فورمات آيزوالبوتيل التي تستخدم كمذيب للمواد الملوِّنة ، والمواد اللاصقة ، وكعوامل منظِّفة .

● كلوريد الميثيل

تم تصنيع كلوريد الميثيل في السابق بالكلورة المباشرة للميثان ، ولكن بسبب صعوبة تجنب تشكل كلوريدات عليا ، و صعوبة التخلص من الكميات الكبيرة من كلوريد الهيدروجين ، فإن أغلب كلوريد الميثيل يحضرً في الوقت الحاضر من تفاعل الميثانول مع كلوريد الهيدروجين إما في الطور السائل عند درجة حرارة ١٠٠ ـ ١٥٠° م ، وبوجود محفز من كلوريد الزنك ، أوفي الطور الغازي عند درجة حرارة ٣٠٠ ـ ٣٨٠ °م ، و من ٣ الى ٦ ضغط جوي ، وبوجود أكسيد الألمنيوم كمحفِّز .

من أهم التطبيقات الصناعية لكلوريد الميثيل صناعة : السيليكونات ، وميثيل السيليلوز ، وكلوريدات الميثيل ، ورباعي ميثيل الرصاص ، وأملاح الأمين الرباعية ، ،ومبيدات الأعشاب ، ومركبات فلورو وكلورو الميثان . كما أنه يستخدم كمذيب ، وكمادة وسطية في العديد من الصناعات العضوية مثل : عمليات المثْيلة ، والأثْيرَة وغيرها .

● أمينات الميثيل

تتم صناعة أمينات الميثيل (Methylamines) بوساطة مثْيلة الأمونيا مع الميثانول بعدة خطوات عند درجة حرارة ٣٥٠ ـ ٥٠٠ °م ، و١٠ ـ ٢٠٠ ضغط جوي ، وبوجود سليكات الألومينوم ، أو فوسفات الألومينوم كمحفزات . وتختلف منتجات التفاعل حسب كمية المواد المتفاعلة وظروف التفاعل مثل الحرارة ، والضغط ، إذ يتم إنتاج أحادي ميثيل الأمين في المرحلة الأولى ، يليها ـ في المرحلة التالية ـ إنتاج ثنائي ميثيل الأمين ، ثم يأتي إنتاج ثلاثي ميثيل الأمين في المرحلة الثالثة .

يعد ثنائي ميثيل أمين أكثر أهمية من الأمينات الأخرى حيث إنه يستخدم في صناعة N,N ـ ثنائي ميثيل فورم أميد و N,N ـ ثنائي ميثيل أسيتاميد الذي له تطبيقات كثيرة في مجال الصناعة ، حيث يستخدم كمذيب لألياف الأكريليك ، والبولي يوريثان ، وفي تصنيع العديد من العوامل الفعَّالة سطحياً ، وكيميا ئيا ت المطاط .

يأتي أحادي ميثيل أمين في المرتبة الثانية من حيث الأهمية ، والطلب عليه ، حيث يستخدم بشكل رئيس بتحويله إلى ثنائي ميثيل اليوريا وN ـ ميثيل بيروليدون ، وكذلك للحصول على ميثيل تيورين الذي يستخدم في عمليات غسيل ثاني أكسيد الكربون .

أما ثلاثي ميثيل أمين فيأتي في المرتبة الثالثة إذ ليس له تطبيقات صناعية كثيرة ، ويمكن استخدامه في إنتاج N,N - ثنائي ميثيل أسيتاميد عند تفاعله مع أول أكسيد الكربون (تفاعل كربلة) ، وفي تصنيع أملاح كولين (Choline salts) التي تستخدم كإضافات لعلف الدواجن .

● ثنائي ميثيل تيرفثالات

يتم إنتاج ثنائي ميثيل تيرفثالات بأسترة حامض التيرفثاليك بوساطة الميثانول في الطور السائل عند درجة حرارة ١٤٠ ـ ١٧٠°م ، و ٤ ـ ٧ ضغط جوي .

يستخدم معظم الإنتاج العالمي من ثنائي ميثيل تيرفثالات كمادة أولية في صناعة بولي إيثيلين تيرفثالات الذي يستخدم في صناعة ألياف البولي إستر ، والصفائح الرقيقة جداً والأوعية البلاستيكية .

● ميثيل ميثاكريلات

يتم صناعة ميثيل ميثاكريلات من تفاعل الأسيتون مع الميثانول بوجود محفِّز سيانيد الهيدروجين في وسط قلوي ، وعند درجة حرارة ١٠٠ ـ ١٢٥°م على ثلاث مراحل حيث يتفاعل في المرحلة الأولى الأسيتون مع حامض السيانيد ، وفي المرحلة الثانية يتفاعل منتج المرحلة الأولى مع حامض الكبريت ، وفي المرحلة الثالثة يتفاعل