

تقسيم ملوثات الهواء

ملوثات الهواء يمكن تقسيمها بطرق مختلفة كالآتي :

(أ) طبقاً للمصدر:

- (١) ملوثات أولية والتي تنبعث مباشرة في الجو وتوجد في حالة ، مثل CO_2 ، NO_2 ، SO_2 ، والهيدروكربونات (Hydrocarbons).
- (٢) ملوثات ثنائية مثل تلك المشتقة من الملوثات الأولية بسبب التفاعلات الكيميائية أو الكيميائية الضوئية في الجو مثل الأوزون ، الضباب الكيميائي الضوئي (Smog) ، (PAN - Primary - Acyl Nitrate).

(ب) طبقاً للتركيب الكيميائي:

- (١) الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات ، الألدهايدز ، الكيتونز ، الكحولات .
- (٢) الملوثات الغير عضوية :
- مركبات الكربون (مثل CO ، الكربونات).
- مركبات النيتروجين (مثل NO_2 ، NH_3).
- مركبات الكبريت (مثل H_2S ، SO_2 ، SO_3 ، H_2SO_4).
- مركبات الهالوجين (مثل HF ، HCL ، الفلوريدات المعدنية).
- عوامل الأكسدة (مثل الأوزون)
- الجسيمات الغير عضوية (مثل ، الرماد المتطاير ، الرمال ، الاسبستوس ، الأتربة من النقل ، المناجم ، والأنشطة الصناعية والميتاليرجية .

(ج) طبقاً لحالة المادة:

- (١) ملوثات غازية التي تختلط مع الهواء ولا ترسب مثل CO ، NO_2 ، SO_2 .
- (٢) الملوثات من الجسيمات التي تشمل المواد الصلبة الدقيقة أو السوائل والتي عادة توجد في حالة غروية كالأيروسولات مثل الدخنة ، التربة ، الضباب ، الرذاذ .

ملوثات الهواء وتأثيراتها

أكثر الملوثات للهواء هي :

(١) أول أكسيد الكربون (٢) أكاسيد النيتروجين، (٣) ثاني أكسيد الكبريت (٤) الهيدروكربونات (٥) الجسيمات الصلبة.

١- أول أكسيد الكربون :

يحتوى الهواء الجوى على نسبة ٠,١ إلى ٠,١٢ جزء فى المليون من أول أكسيد الكربون. الأنشطة الطبيعية التى تساهم فى وجود أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى مثل الأنشطة البركانية، انبعاث الغازات الطبيعية من السبخات ومن المستنقعات، تفريغ الشحنات الكهربائية فى الجو أثناء العواصف، إستنبات البذور.. الخ. ولكن معظم أول أكسيد الكربون فى الجو يرجع للأنشطة الآدمية مثل عادم السيارات والذى يسبب نسبة ٦٠٪ من أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى وحرق المخلفات الزراعية والتى تمثل ١٧٪ من أول أكسيد الكربون فى الهواء الجوى، العمليات الصناعية مثل أفران صناعة الحديد والصلب، معامل تكرير البترول، مصانع الورق، الغازات الصناعية وتلك تساهم بحوالى ٩٦٪ من ٢٥ فى الجو. تركيز أول أكسيد الكربون فى هواء المدينة حوالى ٥٥ جزء فى المليون. الكائنات الدقيقة فى التربة تزيل أول أكسيد الكربون من المجال الجوى الملاصق. فقد أمكن إزالة ١٢٠ جزء فى المليون من أول أكسيد الكربون بواسطة ٢,٨ كيلو جرام من عينة التربة فى خلال ٣ ساعات. رغم أن التربة تزيل أول أكسيد الكربون إلا أنه مازال موجوداً بتركيزات عالية فى الجو، ذلك لأن المساحات الأكثر إنتاجاً لأول أكسيد الكربون هى تلك حيث التربة المحيطة ذات أقل قدرة على إزالة أول أكسيد الكربون.

نظراً لأن نظام النقل هو المسبب فى انبعاث ٧٥٪ من اجمالى انبعاثات أول أكسيد الكربون فى العالم، حيث معظمها من آلات الاحتراق الداخلى المستخدمة لوقود الجازولين، حيث توجد جهود مكثفة لخفض انبعاثات CO من هذا المصدر. هناك تركيز فى الجهود البحثية حول الآتى :

(أ) تطوير التصميم للمحركات لخفض انبعاثات أول أكسيد الكربون نتيجة حرق الجازولين:

إنبعاثات السيارات تتكون من CO، NO_x، الهيدروكربونات، الجسيمات. في حالة عدم بعض اجراءات خفض أحد هذه الملوثات فإن كمية باقى الملوثات تتأثر كذلك فى نفس الوقت. فمثلا إنخفاض نسبة الهواء إلى الوقود تقلل من انبعاثات NO_x بدرجة كبيرة ولكنها تزيد من انبعاثات CO، الهيدروكربونات. نسبة الاتحاد العنصرى ما بين الهواء - الوقود هى النسبة حيث النسبة الصحيحة للاكسجين تستمر للأكسدة الكاملة للكربون والهيدروجين إلى CO₂، و H₂O على التوالى. ولكن مكربنات العربات (الكربيرتورات) تصمم بزيادة نسبة الوقود أى زيادة نسبة الوقود فى خليط الهواء الوقود ذلك لأن المحرك يميل إلى التوقف فى حالة خفض نسبة الوقود إلى الهواء فى خلط الهواء - الوقود. استخدام نسبة هواء إلى الوقود الضعيفة والتي توفر تحسن فى توزيع الوقود وتأخير توقيتات الحرق واستخدام نسب ضغط أقل هى بعض التطويرات فى تصميم المحركات التى ثبت نجاحها فى خفض التلوث ولكن مع بعض التضحية فى الوقود واقتصاديات الطاقة.

(ب) تغيير الوقود وتطوير وقود بديل:

الجهود مستمرة لتطوير وقود بديل للجازولين والذى عند الاحتراق يطلق تركيز أقل من الملوثات. فقد أوصى باستخدام الغاز الطبيعى، غاز الميثان، الجازولين المعرض للتكسير بالتقطير الهدام بالبخار (Steam Reformed Gasoline)، خليط من الهيدروكربونات الخفيفة.. الخ، باستخدام مثل هذه الأنواع من الوقود فإن الانبعاثات الناتجة عن عدم الاحتراق الكامل يتم إستبعادها وبذا تنخفض نسبة الملوثات الضارة فى عادم السيارات. ولكن يلزم تطور إضافى فى التقنيات لتمكين استخدام هذه الأصناف من الوقود على نطاق واسع. الكحولات وخليط من الجازولين والكحول، استخدمت كذلك كوقود، بعض من نواتج احتراقها مثل الألدهايدز بسبب حساسية للعين. بعض إضافات الوقود مثل املاح الباريوم ثبتت تحقيقها لنتائج باهرة كما توجد دراسات مستمرة لتطوير إضافات الوقود وذلك قبل إقرار استخدام إضافات جديدة.

رابع إيثيل الرصاص (TEL - Tetraethyl Lead) المستخدم على نطاق واسع كإضافة للجازولين لمنع الخبط (Antinock)، والذي يعتبر المصدر الرئيسي للتلوث بالرصاص في الجو وقد تم إستحداث الجازولين الخالي من الرصاص.

(ج) معالجة الغازات العادمة (Exhaust Gases):

معالجة الغازات العادمة باستخدام المفاعلات حرارية أو المستخدمة لعامل وسيط في ماسورة العادم كان من الأبحاث الهامة في المحولات ذات المرحلتين بالعامل الوسيط (In the Two Stages Catalytic Converter)، يتم إختزال N_2 إلى NH_3 في المحول الأول عند درجة حرارة مرتفعة في وجود عامل وسيط مثل البلاتين أو بعض سبائك المعادن في وجود غازات إختزال مثل CO، الهيدروكربونات. لأكسدة CO، الهيدروكربونات في المحول الثاني، يستخدم عوامل وسيطة مؤكسدة من المعادن الثمينة مثل (Pt, Ru, Ir) أو أكاسيد (CO, CR, CU, Ni, Fa, Mn)، المحملة على مادة من السيراميك مع نظام لسحب الهواء الإضافي لتأكيد تمام الأكسدة. ولكن في حالة العوامل الوسيطة من المعادن الثمينة، فإنه يجب استخدام الجازولين الخالي من الرصاص وذلك لمنع التسمم للعامل الوسيط. ذلك بالإضافة إلى أن العامل الوسيط المستخدم في السيارات يجب أن يكون سعره منخفض، وغير ضار، صالح لمدة طويلة، ومتاح بوفرة. وكبديل لمحول العامل الوسيط، تم تطوير المحركات ذات الشحنة من طبقات (Stratified Charge Engine) في اليابان هذه المحركات توفر حرق إضافي حيث خليط غني بالوقود يتم إدخاله وحرقة بشراة. هذه تحدث الحرق عند درجة حرارة منخفضة نسبياً، والذي يسبب خفض تكون NO_x . ثم يدخل الخليط المحروق إلى غرفة رئيسية أكبر حيث يخلط مع خليط بنسبة وقود ضعيفة (أى نسبة أعلا من الهواء ونسبة أقل من الوقود في خليط الهواء - الوقود). هذا يؤكد الاحتراق التام لـ CO والهيدروكربونات بدون توقف المحرك وفي نفس الوقت يكون تكون NO_x محدوداً بسبب استمرار درجة الحرارة المنخفضة في الغرفة. ولكن يلزم البحوث المستمرة قبل استخدام مثل هذه المحركات على نطاق واسع في السيارات.

(د) إعادة تدوير الغازات العادمة:

وهذا هو أحد البدائل الجارى دراستها للحد من تلوث عادم السيارات.

٢- أكاسيد النيتروجين (NO_x):

من بين أكاسيد النيتروجين الثمانية الممكنة، فإن المكونات الهامة في الجو هي فقط NO₂، NO، N₂O. تركيزات الجو من NO₂، NO، N₂O هي ٠,٢٥ جزء في المليون، ٠,١ إلى ٢ جزء في المليون، ٠,٥ إلى ٤ في المليون على التوالي رغم أن تركيز N₂O أكثر في الجو، فإن NO₂، NO هي الأكثر من وجهة نظر تلوث الهواء ويعبر عنهما معاً بالرمز NO_x. تكون NO من N₂، O₂ يتم عند درجات الحرارة المرتفعة (من ١٢١٠ إلى ١٧٦٥ م) والتي عادة تكون في عمليات الاحتراق بالاشتراك مع الهواء. التبريد السريع لنواتج الاحتراق (Quenching) يمنع تحلل NO. كذلك فإن أكسدة NO إلى NO₂ يتم عند درجة حرارة مرتفعة (١٠٠ م) ولكن كمية NO₂ التي تتكون تكون عادة أكثر من ٠,٥٪ من إجمالي NO_x الموجود. كذلك يتكون NO₂ بتفاعلات التحلل الضوئي في الجو، كما سبق توضيحه.

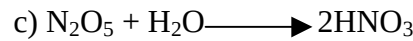
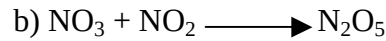
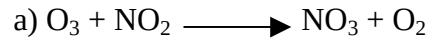
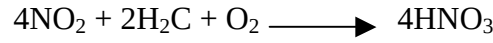
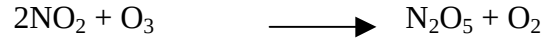
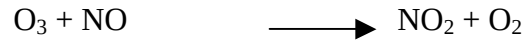
بعض من التفاعلات التي تتم تشمل:



398 nm



حجم ثالث



} آلية جديدة
لتكون حامض
النيتريك

أكاسيد النيتروجين يمكن أن تتكون بفعل التثبيت الطبيعي أو الصناعي للنيتروجين من الجو أو من مركبات النيتروجين الموجودة في المواد العضوية. الإنبعاث السنوي على مستوى العالم لأكسيد النيتروجين NO_x من المصادر بفعل الإنسان حوالى 5×10^9 طن والذى هو أقل قليلاً من ذلك الناتج عن صرف نشاط البكتريا. أكاسيد النيتروجين يتم الحصول عليها بحرق الفحم، الزيت، الغاز الطبيعي ومواد عضوية أخرى. لذلك، فإن NO_x يدخل إلى الجو من خلال عادم السيارات الحرائق، الأفران، محطات القوى التى تعمل بالفحم والمصادر المثيلة. عند حرق الوقود فى الهواء فإن بعض N_2 فى الهواء يتأكسد إلى NO كمية NO التى تتكون تتوقف على درجة حرارة الاشتعال ومعدل التبريد أو التبريد السريع لنواتج الاحتراق. إرتفاع درجة حرارة الاشتعال وسرعة التبريد لنواتج الاحتراق يساعد على تكون NO .

متوسط زمن المكث (Residence Times) لكل من NO ، NO_2 فى الجو هو ٤ يوم، ٣ يوم على التوالى. حيث يحدث لهم تفاعلات كيميائية ضوئية وتفاعلات كيميائية مختلفة فى الجو، بما يؤدي إلى تكون HNO_3 والذى يرسب فى شكل نترات كرماد أو أثناء سقوط الأمطار.

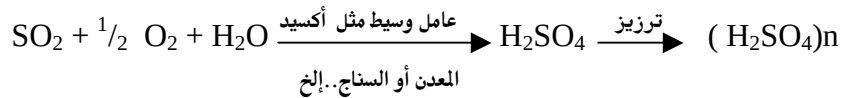
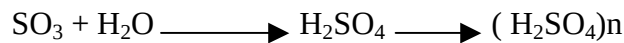
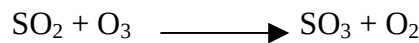
NO_x من المصادر بفعل الإنسان قد يكون من ١٠ إلى ١٠٠ ضعف أكثر فى المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية. حتى فى المناطق الحضرية يتغير مستوى NO_x طبقاً لضوء الشمس وكثافة حركة المرور فى أى وقت.

كما تم مناقشته فإن استخدام محولات بالعامل الوسيط ذات المرحلتين يمكن أن يقلل إنبعاثات NO_x من عادم السيارات. بالمثل NO_x من إنبعاثات محطات القوى يمكن خفضه بنسبة ٩٠٪ باستخدام عملية حرق من مرحلتين. يمكن حرق الوقود أولاً عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً وذلك باستخدام ٩٠٪ من الهواء المطلوب بحيث تتكون أقل كمية من NO عند هذه الظروف. ثم يمكن إكمال حرق الوقود عند درجة حرارة منخفضة نسبياً فى وجود الهواء الزائد. NO لا يتكون فى هذه الظروف.

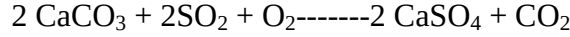
٣- ثانى أكسيد الكبريت (SO₂) :

إحتراق أى مادة محتوية على الكبريت ينتج ثانى أكسيد الكبريت SO₂ مصحوباً بكمية صغيرة من SO₃، هذا الخليط يرمز له عادة بالرمز SO_x. تقريباً ٦٧٪ من SO₂ الملوث فى كل العالم يرجع إلى النشاط البركانى والمصادر الطبيعية الأخرى، والتي لا يمكن التحكم فيها. باقى الـ ٣٣٪ من إنبعاثات SO₂ يكون بسبب الأنشطة الآدمية مثل حرق الوقود، محطات الطاقة التى تعمل بالفحم، النقل، التكرير، عمليات تصنيع الخامات المعدنية مثل صهر خامات الكبريتيد (Sulphide) والمصانع الكيماوية مثل صناعة حامض الكبريتيك. معظم المركبات من صنع الإنسان من SO_x يكون مركزاً فى المناطق الحضرية والصناعية.

حوالى معظم الكبريت الموجود فى الوقود السائل والغازى وحوالى ٨٠٪ من الكبريت الموجود فى الوقود الصلب يظهر فى شكل SO₂ فى الغازات العادمة. طبقاً لمحتوى الوقود المحروق من الكبريت وظروف الحرق (كمثال زيادة النسبة المئوية للهواء المستخدم)، تركيز SO_x فى الغازات العادمة يختلف من ٠,٠٥ إلى ٠,٤٪. ولكن فى العمليات الميتاليرجية مثل صهر خامات الكبريتيد، فإن تركيز SO₂ فى الغازات يمكن أن يكون ٥ - ١٠٪. يتأكسد SO₂ إلى SO₃ فى الهواء الجوى بعمليات وسيطة وتحلل ضوئى شاملاً الأوزون، NO_x، والهيدروكربونات، ينتج عنه الضباب الدخانى الكيماوى الضوئى (Photochemical Smog). أكسدة SO₂ يمكن أن تحدث فى وجود عامل وسيط مثل NO_x، أكاسيد المعادن، السناج والغبار. فى ظروف الرطوبة الجوية العادية، يتفاعل SO₃ مع بخار الماء لانتاج نقاط من رزاز H₂SO₄ والتي ينتج عنه ما يسمى المطر الحامضى والذى سيتم مناقشته لاحقاً. حامض الكبريتيك ورزاز الكبريتات الموجود فى هواء المدن أصغر من ٢ ميكرون وبذا يمكنه بسهولة الوصول إلى منطقة الوريد الرئوى، مما يسبب مشاكل تنفس حادة، وخاصة لكبار السن.



التحكم فى انبعاثات SO₂ من الأنشطة الآدمية يؤخذ فى الاعتبار على أساس :
(١) إزالة SO₂ من الغازات العادمة قبل تركها تنطلق فى الجو. الكيماويات المزيلة
مثل الحجر الجيري أو حامض الستريك يمكنها امتصاص SO₂ من الغازات العادمة.



(٢) إزالة الكبريت من الوقود المستخدم فى الاحتراق: كبريت البيريت فى الفحم
(Pyritic Sulphur) يمكن إزالته بالطحن والغسيل فى مغاسل الفحم.
ولكن الكبريت المتحد عضوياً يصعب إزالته من الفحم. تجرى الأبحاث لتخليق نوع
خاص من الكائنات الدقيقة باستخدام التكنولوجيا الحيوية (Bio-Technology) التى
تكون قادرة على تحويل الكبريت المتحد عضوياً إلى الشكل المذاب.

(٣) استخدام وقود منخفض الكبريت.

(٤) انتاج الطاقة باستخدام مصادر بديلة للطاقة وعدم تشجيع محطات الطاقة
الحرارية باستخدام الوقود الحفرى.

المطر الحامضى (Acid Rain) :

لقد ظل المطر ذو قيمة للجنس البشرى، ذلك لأن المحاصيل الجيدة وامدادات المياه
الوفيرة يمكن تحقيقها فقط بالأمطار الموقوتة والكثيفة. فأمطار الصيف تنعش الناس. أمطار
الربيع تغذى الخزانات الجوفية وتنظف المياه الأرضية. أمطار الخريف والشتاء تساعد
فى نظافة الهواء. عموماً تعتبر الأمطار من علامات الأمل والمستقبل الواعد.

ولكن، خلال العقود الأخيرة الماضية، حدث بعض الأمطار البسيطة التى تسببت فى
مشاكل فى بعض أجزاء من العالم. فى هذه الاماكن، المطر يجب أن يمر خلال الجو
الملوث بأكاسيد الكبريت SO_x وأكاسيد النيتروجين NO_x. المطر الساقط والبرد يتفاعل
مع هذه الملوثات لينتج عادةً خليطاً من حامض الكبريتيك، حامض النيتريك والماء. وهذا
ما يعرف بترسيب أو سقوط الحامض أو المطر الحامضى.

المطر يميل طبيعياً إلى الحموضة حيث الرقم الهيدروجينى (pH) من ٥,٦ إلى ٥,٧
نتيجة لتفاعل CO₂ الموجود فى الجو مع الماء لانتاج حامض الكربونيك. هذه الكمية
الصغيرة من الحموضة رغم هذا، تكون كافية لإزالة الأملاح المعدنية (Minerals) فى
القشرة الأرضية وتجعلها متاحة لحياة الإنسان والحيوان، أى ليست بالحموضة الكافية

التي تسبب أى ضرر. المواد الجوية الأخرى من الأنشطة البركانية، حريق الغابات والظواهر الطبيعية الأخرى المشابهة، تسبب وتساهم فى الحموضة الطبيعية للمطر. حتى مع الكميات الكبيرة للأحماض التي تنتجها الطبيعة سنوياً، فإن سقوط المطر الطبيعي يمكنه إمتصاصها لدرجة ان تسبب تلفيات. ولكن مساهمة كلا من SO_x ، NO_x .. إلخ من الأنشطة السكانية هي التي تحدث الاضطراب فى التوازن الحمضى وتحول المطر الطبيعي ذو الحموضة الخفيفة إلى ترسيبات ذات بعد ونتائج بيئية.

لقد سبق أن ذكرنا فى الفصل السابق أن إنبعاثات كلاً من SO_x ، NO_x فى الجو تتحول إلى أحماض H_2SO_4 ، HNO_3 فى شكل نقاط بسبب سلسلة التفاعلات الكيماوية الضوئية والتفاعلات الكيماوية التي تتم لوجود عوامل وسيطة من مواد أخرى موجودة فى الجو. نقاط الحامض هذه يتم معادلتها جزئياً بالقلويات مثل جسيمات الجير الحى (Lime)، الأمونيا (NH_3).. إلخ، هذه الأملاح وباقى نقاط H_2SO_4 ، HNO_3 ، بالإضافة إلى HCL المنطلق فى الجو من خلال الانبعاثات الطبيعية وبفعل الإنسان يسبب ترسيبات حامضية والتي تعرف بالمطر الحامضى. تحليل عينة المطر الحامضى اظهرت المحتويات الآتية: H^+ ، NH_4^+ ، Na^+ ، K^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، SO_4 ، NO_3 ، Cl . مساهمة هذه الثلاث أحماض فى المطر الحامضى هي غالباً بالترتيب التالى: ($H_2SO_4 > HNO_3 > HCl$). سقوط الحامض يمكن أن يحدث فى مكان بعيد جداً، قد يصل إلى ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ كيلو متر من مصادر التلوث. حتى أن بعض حوادث سقوط المطر الحامضى فى السويد وكندا تم تعقبها وكانت نتيجة الانبعاثات الكثيرة لـ SO_x من المناطق ذات الصناعات الكثيفة فى كل من المملكة المتحدة والولايات المتحدة.

المطر الحامضى يمثل واحداً من أسباب تلوث الهواء بسبب الانبعاثات الكثيرة من NO_x ، SO_x من المناطق الصناعية الكبيرة فى الجو. زيادة مدة المكث للملوثات من NO_x ، SO_x تزيد من فرص أكسدة هذه المواد إلى H_2SO_4 ، HNO_3 ، بواسطة التفاعلات الكيماوية الضوئية والكيماوية. المطر الحامضى يمكن أن يسبب تلف كبير للمواد والنظام البيئى على الأرض مثل المياه، الأسماك، النباتات، الأحجار، البويات، التربة والجنس البشرى كالاتى:

(١) التلف للمباني ومواد الإنشاء وكذلك الآثار القديمة العالية المصنعة من الرخام والحجر الجيري والحجر الرملى..الخ نتيجة حدوث الثقوب والضعف بسبب عدوانية المكونات الحامضية. وسوف تتعرض الآثار فى مصر لنفس المصير فى حالة عدم أخذ الاجراءات اللازمة.

(٢) حموضة التربة والذى يؤثر بالتالى على الأداء الميكروبي والتربة وتثبيت النيتروجين. كذلك الآثار الغير مباشرة بسبب التغير فى كيمياء التربة بسبب حموضة التربة والذى يؤدى إلى إنخفاض انتاجية الغابات.

(٣) التلف للمحاصيل والغابات، إزالة مواد الغذاء من الأوراق وتغير خصائص نمو البذور. التلف لأنسجة نمو النباتات الصغيرة وعملية التمثيل الضوئى، والذى يعيق نمو النبات ويهدد مقاومتها.

(٤) التأثيرات الهامة على النظم المائية، مثل الحموضة، خفض القلوية، إماعة المعادن مثل الألومونيوم ليكون قابلا للتدفق (Mobilization).

(٥) تأثيرات بيولوجية أخرى على الحياة المائية مثل التغير فى مكونات أجناس مثل البلانكتون، الخضروات، خفض انتاجية الاسماك، وزيادة تعرض الأسماك للمرض.

(٦) التلف بفعل التآكل الحمضى للصلب، الزنك، البويات ذات الأساس الزيتى وطلاء السيارات.

(٧) التأثيرات المحتملة على الإنسان، كالرئة، والجلد والشعر التى يمكن أن تتأثر. المعادن الثقيلة التى تنطلق بالأمطار الحامضية قد تسبب تهديداً حاداً لصحة الإنسان. حموضة خزانات مياه الشرب وزيادة تركيزات المعادن الثقيلة قد يزيد من معايير الصحة العامة وقد يسبب تأثيرات ضارة.

درجة التلف بسبب المطر الحمضى تتوقف على عوامل مثل المناخ، الطبوغرافية، الجيولوجية، والنشاط آدمى، والكائنات النباتية والحيوانية فى المنطقة (Biota)

ظاهرة المطر الحمضى هى مشكلة متداخلة بدرجة كبيرة وإجراءات العلاج للحد منها هى إجراءات مكلفة جداً. احتمالات وقوع المطر الحمضى هو أحد الأسباب الرئيسية ضد إنشاءات محطات الطاقة الحرارية التى تعمل بالفحم. حيث بالإضافة إلى تأثيرات المطر

الحمضى، فإنه أصبح من المرغوب فيه التحكم فى الملوثات (المسببة للمطر الحمضى) من المصدر وليس بمعالجة النتائج الضارة لما يحدثه المطر الحمضى.

الامكانيات الوحيدة العملية لمقاومة مشكلة المطر الحمضى هو بخفض انبعاثات SO_x ، NO_x حيث إعتبرت البدائل الثلاث الآتية لهذا الغرض:

(١) **حفظ الطاقة (Energy Conservation):** الناتجة عن خفض استهلاك الوقود وبالتالي بطئ انبعاثات SO_x ، NO_x . حفظ الطاقة من خلال زيادة الكفاءة فى استخدام الوقود وتحسين العزل الجارى الذى يؤخذ فى الاعتبار كذلك.

(٢) **إزالة الكبريت والنيروجين** من وقود غازات المدخنة وزيادة استعمال الوقود ذات المحتوى المنخفض الطبيعى من الكبريت أو استخدام التكنولوجيات التى تقلل انبعاثات SO_x ، NO_x . إزالة الكبريت واستخدام تقنيات ذات الانتاج المنخفض من NO_x هى البدائل المتاحة حالياً للمقاومة ومن المحتمل أن تظل كذلك لفترة زمنية أكثر.

(٣) **استبدال الوقود الحفرى** ببدائل أخرى للطاقة والذى يمكن ان يوفر حلول لهذه المشكلة.

خفض انبعاثات SO_x يمكن ان يتم بالآتى:

(أ) **إزالة المحتوى من الكبريت** قبل حرق الوقود باستخدام تقنيات مثل نظافة الفحم، تحويل الفحم إلى غاز (Coal Gasification)، إزالة الكبريت من الوقود السائل.

(ب) **إزالة المحتوى من الكبريت** أثناء الاحتراق كما فى حالة احتراق الطبقة المائعة (Fluidized Bed Combustion).

(جـ) **إزالة انبعاثات الكبريت** بعد الاحتراق كما فى حالة عادم الغازات وغازات المداخن حيث نظم الغسيل (Scrubbers) تكون متاحة. مستقبل خفض SO_x من مصادر الوقود التقليدية يتوقف على كفاءة تلك التقنيات.

خفض انبعاثات NO_x من مصادر الحرق الثابتة يمكن تحقيقه بتعديل فى الأفران وتصميم جهاز الحرق (Burner) أو تعديل فى ظروف التشغيل.

تقنيات تعديل الحرق المتاحة حالياً تشمل استخدام الحرق على مرحلتين، حيث يتم التحكم فى الهواء بدقة، حقن الماء أثناء الحرق، تدوير الغازات العادمة، أو تغيير تصميم غرف الحرق. انبعاثات (NO_x) من مصادر الاحتراق للسيارات يمكن خفضه بخفض

درجة حرارة الاحتراق فى المحرك والازالة لـ NO_x بالعوامل الوسيطة من الغازات العادمة باستخدام تجهيزات مثل نظام الثلاث مسارات (3 Way System) حيث تخفض أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات و NO_x فى نفس الوقت. من المسلى ملاحظة أن بعض العلماء يظنون أن SO_2 كملوث للهواء الناتج عن احتراق الوقود الحفرى والذى يساهم بدرجة كبيرة فى المطر الحمضى ، يمكن كذلك أن يعيق الظاهرة الخطيرة لزيادة الحرارة فى العالم بسبب تأثير الصوبة ، وذلك بتعديل تكون السحب بالطريقة التى تعمل على ارتداد أشعة الشمس ثانياً إلى الفضاء وتبريد الكوكب.

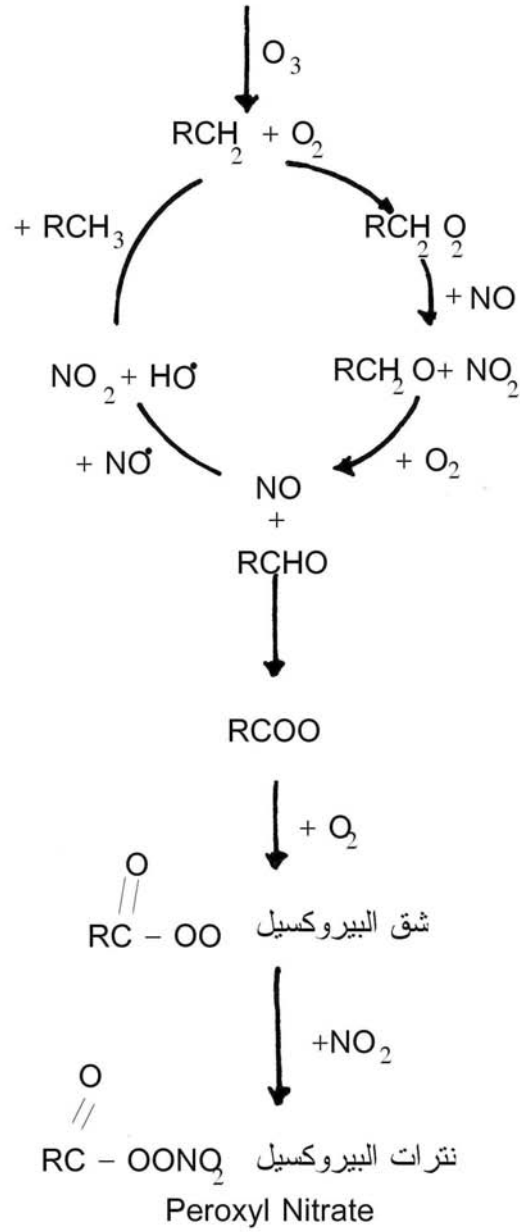
٤- الهيدروكربونات (Hydrocarbons) :

تنبعث الهيدروكربونات إلى الجو بالنشاط البيولوجى الطبيعى وكذلك من المصادر بفعل الإنسان مثل عوادم السيارات ، حرق الفحم والزيوت ، والخشب والمخلفات وتبخير المذيبات. المصادر بفعل الإنسان تقدر بحوالى ١٥٪ من إجمالى انبعاثات الهيدروكربونات فى الجو. الانبعاث السنوى من الهيدروكربونات فى الجو بفعل الإنسان يقدر تقريباً بحوالى ١٠×٥٧ طن^٧ فى العام. الميثان (CH_4) هو أكثر الهيدروكربونات انبعاثاً فى الجو بالأنشطة الطبيعية مثل التحلل اللاهوائى للمادة العضوية فى الماء ، والتربة والرواسب بالكائنات الحية الدقيقة. يوجد كذلك حوالى ٢٠ نوع آخر من الهيدروكربونات فى الجو الملاصق فى المناطق حيث الكثافة المرورية العالية وتشمل الإيثان [Ethane ، n - butane ، n - pentane ، Isopentane ، Isobutane ، m - xylene ، Toluene ، Acetylene ، Ethylene ، Propane]. الهيدروكربونات الغير ثابتة فى الظروف الحرارية تتأكسد فى الجو من خلال سلسلة من التفاعلات الكيماوية والكيميائية الضوئية. وهذه ينتج عنها تكون مختلف المنتجات مثل CO_2 ، مواد عضوية فى شكل جسيمات صغيرة (والتى ترسب) والأحماض المذابة فى الماء والالدهايدز والتى يتم غسيلها إلى أسفل بفعل الأمطار. بعض من هذه المواد الناتجة عن التفاعل الكيماوى الضوئى للهيدروكربونات يكون له تأثيرات ضارة على الإنسان أكثر من الهيدروكربونات نفسها. الهيدروكربونات لها دور محدد تلعبه فى تكون الضباب الدخانى الكيماوى الضوئى (Photo chemical Smog) والذى يتصف بخفض الرؤية ، حساسية العين ، رائحة خاصة وتلف للنباتات وسرعة التشقق للمنتجات المطاطية.

الضباب الدخاني الكيماوى الضوئى (Photo chemical Smog)

عند تحمل الجو بكميات كبيرة من عوادم السيارات أثناء الأيام المشمسة الحارة مع رياح خفيفة وانخفاض مستوى التقلبات، عندئذ فإن الغازات العادمة يتم حجزها بطبقات التقلبات العكسية (Inversion Layers) مع وجود كتل هوائية ساكنة حيث التعرض فى نفس الوقت لأشعة الشمس الكثيفة. عندئذ، تحدث عدة تفاعلات كيماوية ضوئية لكل من NO_2 ، الهيدروكربونات والمركبات العضوية الأخرى والشق الحر (Free Radicals) بما يؤدي إلى تكون الأوزون، فوق الأكاسيد (Peroxides)، المؤكسدات الكيماوية الضوئية الأخرى فى الجو الشكل (٥). وهذا يؤدي إلى ظاهرة الضباب الدخاني الكيماوى الضوئى (Photo chemical Smog)، والذي يتصف بتكون الرزاز (الايروسولات) التى تقلل الرؤية، ووجود أدخنة بنية المسببة لحساسية العين والرئة، والتى تسبب التلف الشديد للنباتات والمصنوعات المطاطية. الضباب الدخاني بفعل التفاعل الكيماوى الضوئى هو ضباب مؤكسد ويتم تمييزه من الضباب العادى المختزل والذي يتكون أثناء الجمع بين الدخان والضباب.

الهيدروكربون النشط



شكل (٥) تفاعلات الشق الحر التي تحدث عند
تكون الضباب الدخاني الضوئي

لمقاومة تكون الملوثات الكيماوية الضوئية فى الجو، فإنه يجب التحكم فى إنبعاثات الملوثات الأساسية وهى الهيدروكربونات، NO_x .

٥- الجسيمات (Particulates)؛

الجسيمات الصلبة أو السائلة هى من المكونات الهامة فى الجو. ينطلق كل عام فى الجو حوالى ٢٠٠٠ مليون طن من الجسيمات من المصادر الطبيعية مثل البراكين العواصف الرملية والرياح، الرش للاملاح.. الخ. الأنشطة بفعل الإنسان مثل حرق الخشب، الفحم والوقود السائل والغازى، العمليات الصناعية، وعمليات الصهر، واستغلال المناجم، إنبعاثات الرماد من محطات القوى، حرائق الغابات، حرق الفحم، الخشب ومخلفات الزراعية.. الخ. هذه تطلق حوالى ٤٥٠ مليون طن من الجسيمات فى العام. قطر الجسيمات هذه يتراوح من 2×10^{-5} ميكرون إلى 5×10^{-2} ميكرون مع زمن مكث مختلف يتوقف على حجم وكثافة الجسيمات والاضطراب فى الهواء والذى يقلل من معدل سقوطها. عددها لكل سنتيمتر مكعب يمكن أن يتغير من عدة مئات إلى عدة آلاف. فى المناطق الصناعية والحضرية عدد الجسيمات يمكن أن يزيد حيث تختلف من ٦٠ ميكروجرام إلى ٢ مليجرام/ المتر المكعب. ولكن، حجم الجسيمات وخصائصها الكيماوية أكثر أهمية من عددها. بسبب مساحتها السطحية الضخمة فإن هذه الجسيمات توفر حجم ممتاز لامتصاص مواد عضوية وغير عضوية مختلفة والتى تساعد على التفاعلات الغير متجانسة فى الجو. الأجسام هذه قادرة كذلك على تشتت الضوء وخفض الرؤية. الجسيمات تشمل Fe_3O_4 ، V_2O_5 ، CaO ، $PbCl_2$ ، $PbBr_2$ ، الرماد المتطاير، السناج (Soot)، الرذاذ.. الخ. من بين الجسيمات العضوية الهامة الهيدروكربونات الأروماتية متعددة الحلقات (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) والتى توجد فى مختلف الجسيمات العضوية وهى مسرطنة. السناج عبارة عن منتج مركز بدرجة عالية من الهيدروكربونات الأروماتية الحلقية ويمكنه نفسه إمتصاصها لكثير من هذه المركبات وكذلك آثار من المعادن السامة مثل Be ، Cd ، V ، Ca ، Ni ، Mr ، بالإضافة إلى المواد العضوية المسرطنة مثل بنز الفايبيريدين (Benzo - ∞ - Pyrenes).

الجسيمات الدقيقة ذات القطر أقل من ٣ ميكرون (مثل المواد المعدنية السامة التى يحملها الهواء مثل Be والأسبستوس) والتى يمكنها أن تخترق خلال الأنف والزور

والوصول إلى الرئة مسببة مشاكل فى التنفس وحساسية فى الصدر (فى الشعب الهوائية). وبالمثل التليف الرئوى لعمال مناجم الأسبستوس، ومرض الرئة السوداء فى مناجم الفحم، إنتفاخ الرئة فى سكان المدن. بالإضافة إلى أن الجسيمات التى يحملها الهواء مثل الأتربة، الغبار، الأدخنة، الضباب، والسناج يمكن أن يسبب التلف لمواد مختلفة. الجسيمات يمكن أن تعجل تآكل المعادن وتسبب التلف للبيويات والتماثيل. تتوقف درجة التلف على الخواص الكيماوية والطبيعية للجسيمات. الجسيمات الموجودة فى الجو يمكن أن تؤثر على المناخ من خلال تكون السحب والبرد. كما أنها قد تمتص أشعة وتقلل من الرؤية.

الجسيمات يمكن أن تزال من عوادم الغازات الصناعية باستخدام التجهيزات مثل الجامعات الحلزونية (Cyclone Collector)، غرف الترسيب، الغسيل الرطب والترسيب الكهروستاتيكي.

الخواص والتأثيرات البيولوجية / الكيماوية لبعض ملوثات الهامة

Characteristics & Biochemical Effects Ofsome Important Air

Pollutants

١- أكاسيد الكبريت (SOX) :

الخواص: يشمل SO_x من ٩٧ - ٩٩٪ من SO_2 ، ١ - ٣٪ من SO_3 . وهو غاز لا لون له، ثقيل، يذوب فى الماء وله رائحة نفاذه وخانقه. سريع الانتشار، مكوناً لحامض مؤكسد، يتفاعل مع الماء مكوناً H_2SO_3 ، H_2SO_4 ، كليهما يتفاعل مع المادة العضوية، المعادن والمواد.

التأثير البيوكليماوى: يمتص بسرعة ويحدث تهيج وحساسية فى القصبة الهوائية — يتفاعل مع كيماويات الخلايا مثل الأنزيمات. حامض الكبريتيك الذى يتكون يعمل على خفض الرقم الهيدروجين، يعيق أداء الانزيمات ويتلف مختلف وظائف الجزيئات، يؤدي إلى توقف التنفس، ويعيق أداء الجهاز التنفسى من خلال مقاومة الهواء، زيادة الحساسية للعدوى.

٢- أكاسيد النيتروجين: NO_x:

الخواص: يشمل NO_x غالباً كلاً من NO، و NO₂ و N₂O.NO غاز لالون له وقليل الذوبان فى الماء. NO₂ غاز لونه أحمر بنى، يذوب فى الماء إلى حد ما، وهو عامل مؤكسد، يمكن أن يتفاعل مع الماء ليكون HNO₃ وهذا عامل مؤكسد قوى ويمكنه التفاعل مع معظم المعادن وكثير من المركبات العضوية. غاز NO₂ يمكن أن يصل إلى الجهاز التنفسى. وهو يساهم كذلك فى تكون الأوزون فى الجو.

التأثير البيوكيماوى:

يؤكسد النسيج الخلوى للدهون، يكون رباط مع الهيموجلوبين ويقلل كفاءة انتقال الاكسجين. يحدث اضطراب فى بعض نظم الخلايا الأنزيمية. المستويات العالية والتعرض لمدة طويلة يمكن أن يسبب انسداد رئوى، تهيج أنسجة الرئة وقد يؤدى ذلك إلى الموت. أسباب حامض النيتريك وآثارها تشبه فى ذلك لحامض الكبريتيك. NO يمكن من تكوين مركب إضافى مع الهيموجلوبين، فى حالة وصوله إلى الدورة الدموية.

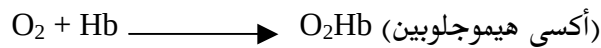
٣- أول أكسيد الكربون: CO

الخواص: غاز ليس له لون أو رائحة وهو غاز سام، قليل الذوبان فى الماء ولكنه يظل شديد الخطورة نظراً لشراسته الكبيرة للهيموجلوبين أكثر من ذلك للاكسجين.

التأثيرات البيوكليماوية: هذا الغاز يعيق إتحاد الاكسجين مع الهيموجلوبين إلى

حد ما، وبذا يقلل من طاقة الدم على حمل الاكسجين

فى الظروف العادية:



فى وجود (CO) أول أكسيد الكربون.



النتيجة المباشرة للتسمم بأول أكسيد الكربون هو فقد السيطرة التى تسبب كثيراً من حوادث السيارات. زيادة التعرض إلى مستويات أعلا من CO يؤدى إلى اضطرابات عضوية مختلفة مثل الاختناق الذى يسبب الوفاة. التسمم بفعل CO يمكن علاجه بتوفير اكسجين والذى يغير التفاعلات السابقة.

٤- الأوزون:

الأوزون والمؤكسدات الكيماوية الضوئية الأخرى مثل PAN Peroxy Acety Nitrate الموجود في الضباب الكيماوى الضوئى (Photo chemical).

الخواص: الأوزون عبارة عن غاز أزرق شاحب، قليل الذوبان فى الماء، غير ثابت التركيب، له رائحة حلوه. عامل مؤكسد نشط جداً يمكنه الاتحاد مع كثير من المركبات العضوية فى الخلايا والانسجة وكذلك مع المطاط والمواد الأخرى O_3 ، PAN ضار للنباتات والحيوان والإنسان.

التأثيرات البيوكيماوية:

أكسدة مكونات الخلايا . سمية كلاً من الأوزون، PAN هى بسبب تكون الشق الحر (Free Radicals). الشق الحر المتكون يمكن أن يتلف DNA وبذا يغير الخواص الجينية للخلايا. التأثير السام للأوزون يتم بعد الاستنشاق والامتصاص فى الرئة مسبباً تراكم السوائل فى الرئة، حيث يسبب تلف الشعيرات الهوائية والوفاة فى حالة التعرض لمستوى مرتفع. كلاً من الأوزون والضباب الكيماوى الضوئى يسبب الحساسية للعين وأوعية التنفس. الشق الحر الناتج بفعل الأوزون والمؤكسدات الكيماوية الضوئية الأخرى يتلف مجموعات (Sulphydryl) على الأنزيمات وكذلك يقلل من نشاط الأنزيمات التى هى أساسية فى دروة حامض الستريك وتوليد طاقة الخلايا. الأوزون يمكن أن يعيق نشاط بعض الأنزيمات التى تقوم بتكوين السيليلوز والزيوت فى النبات. من بين الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت (Cysteine) يتم إتلافه بفعل PAN.

٥- الهيدروكربونات (والمركبات العضوية المتطايرة الأخرى):

الخواص: نشطة جداً، تتفاعل مع أنواع كثيرة من المركبات منتجة منتجات كثيرة. الهيدروكربونات المتطايرة والمركبات العضوية الأخرى تساهم فى التفاعلات الجوية المسببة لتوالد الأوزون.

التأثيرات البيوكيماوية: بعض من هذه المركبات يمكن أن تتفاعل مع مكونات الخلايا. الهيدروكربونات المسرطنة مثل (Benzopyrene) يمكن أن تتفاعل مع DNA مسببه التغير الإحيائى والسرطان.

٦- جسيمات المادة الدقيقة:

الخواص: الجسيمات الدقيقة الصلبة أو السائلة في شكل نقاط بما فيها الأدخنة، الغبار، الرزاز. الجسيمات الصلبة يمكن أن تمتص مختلف الكيماويات.

التأثيرات البيوكليماوية: يختلف التأثير طبقاً لطبيعة الجسم الدقيق. جسيمات الكربون والجسيمات الأخرى تسبب أمراض الرئة. كما تؤدي إلى تلف DNA في الرئة وأماكن أخرى.

٧- المعادن الثقيلة:

الخواص: تتوقف الخواص على طبيعة المعدن:

التأثيرات البيوكليماوية: إعاقة نشاط الأنزيمات بتدمير بعض المجموعات الدالة (Functional Groups). التأثيرات البيوكليماوية الأخرى تتوقف على الطبيعة الكيماوية للمعادن.

تأثير بعض ملوثات الهواء ومصادرها يمكن تلخيصها في الجدول الآتي:

جدول مصادر بعض ملوثات الهواء الهامة وأثرها على الإنسان والحيوان

الملوثات	المصادر الرئيسية	الآثار المحتملة
أول أكسيد الكربون CO	الاحتراق الغير كامل للوقود إنبعاثات عادم السيارات، المحركات النفاثة، الأفران، المناجم، أدخنة التبغ	السمية، تسمم الدم، زيادة عدم الوعي المسبب للحوادث، يتحد مع الهيموجلوبين بما يسبب الوفاة.
ثاني أكسيد الكبريت SO ₂	حرق الوقود، حرق منتجات البترو، حرق المخلفات، صناعة البترول، معاملة تكرير البترو، مصانع حامض الكبريتيك، العمليات الميتالرجية	زيادة معدل التنفس والشعور بضيق التنفس، الاختناق، وحساسية واحتقان في الجهاز التنفسى والزور والحنجرة وحساسية في العين

تابع - جدول مصادر بعض ملوثات الهواء الهامة وأثرها على الإنسان والحيوان

أكاسيد النيتروجين NO_x	عادم السيارات، أفران الفحم، الغاز، الغلايات، محطات القوى، صناعة المفرقات، الاسمدة، صناعة HNO_3 حرق الخشب والمخلفات	حساسية الجهاز التنفسي، الصداع، امراض إلتهاب الشعب الهوائية، إنتفاخ الوريد الرئوى، التلف لمقاومة الرئة، الاستسقاء الرئوى Edema، التأثير على الغدد الدميمة Lachrymatory، فقد الشهية، تآكل الاسنان
كبريتيد الهيدروجين H_2S	أفران الكوك، مصانع ورق الكرافت، صناعة البترول والتكرير، صناعة زيوت الفسكوز، صناعة الصبغات، دباغة الجلود ومحطات معالجة مياه الصرف الصحى	الصداع، الأرق، التهاب باطن الجفن (المستحمة)، ألم فى العين، حساسية فى الجهاز التنفسي، الاختناق، الرائحة الكريهة. عند التركيزات العالية يمكن أن يسبب إنسداد لانتقال الاكسجين، تسمم أنزيمات الخلية، إتلاف الأنسجة العصبية
الكلور Cl_2	تسرب الكلور من الأسطوانات، التحلل الكهربى للمياه المالحة، تبيض لب القطن والعمليات الصناعية الأخرى المستخدمة للكلور	حساسية العين، الأنف، الزور، السمية، حساسية الجهاز التنفسي، تأثيرات على الغدد الدميمة. فى حالة الجرعات الكبيرة قد يسبب الاستسقاء الرئوى، الالتهاب الرئوى، النسيج الضام، التهاب القصبات والشعب الهوائية.

تابع - جدول مصادر بعض ملوثات الهواء الهامة وأثرها على الإنسان والحيوان

فلوريد الهيدروجين HF	صناعة الصوف الزجاجي، الصناعات الكيماوية، صناعة الاسمدة، صناعة الالومينيوم، السيراميك، تصنيع صخر الفوسفات الخام	حساسية، أمراض الجهاز التنفسى، تركيز الفلور فى العظام، تآكل الأسنان
ثانى أكسيد الكربون CO ₂	إحتراق الوقود، عادم السيارات، إنبعاثات المحركات النفثة	سام فى حالة الكميات الضخمة، نقص الاكسجين فى خلايا الجسم
الهيدروكربونات HC	صناعة الكيماويات العضوية، تكرير البترول، صناعة المطاط، عادم السيارات	بعض الهيدروكربونات لها تأثير مسرطن، تأثيرات على الغدد الدرقية
المؤكسدات مثل O ₃	التفاعلات الكيماوية الضوئية فى الجو المستخدمة للمواد العضوية والاكسجين .. الخ، التفاعلات الناتجة عن الصرف الصامت للشحنات الكهربائية وإشعاعات فوق البنفسجية الكثيفة فى الجو.	حساسية الرئة، العين، والقصببات الهوائية، تراكم السوائل فى الرئة وتلف لمستطرقات Capillaries الرئة. هذه التأثيرات البيوكيماوية للأوزون تعود أساساً بسبب توالد شق حر الذى يدمر مجموعات SH الموجودة فى الأنزيمات.
الغبار Dusts	مصانع الأسبستوس، نشاط العمل فى المناجم، الصناعات الميتالرجية، صناعة السيراميك، مداخل المصانع، صناعة الزجاج والاسمنت، السباكة	أمراض الجهاز التنفسى، السمية من الأتربة المعدنية. غبار الأسبستوس يسبب التليف الرئوى. تكلس الغشاء الرئوى وسرطان الرئة

تابع - جدول مصادر بعض ملوثات الهواء الهامة وأثرها على الإنسان والحيوان

البريليوم Be	الفحم، صناعة الفضاء ومحطات الطاقة النووية، تصنيع لمبات الإضاءة الفلورسنت، وقود المحركات، استخدامات صناعية أخرى	التلف للجلد والغشاء المخاطي، إتلاف الوريد الرئوي، واحتمال أن يسبب السرطان
البورون B	وحدات إنتاج البورون، إنتاج واستخدام وقود البترول والإضافات، حرق الفحم والمخلفات الصناعية، تصنيع المنظفات	البلع أو الاستنشاق في شكل رماد يسبب الحساسية والالتهابات. مركب Boron Hydride يمكن أن يتلف CNS ويسبب الوفاة
الكاديوم Cd	صناعة إنتاج الكاديوم، عمليات الترسيب، الكهربى للمعادن، لحام المعادن. منتج ثانوي من تنقية Pb ، Tn ، Cu ، في صناعة الأسمدة والمبيدات بطاريات الكاديوم، النيكل، محطات الانشطار النووي. إنتاج TEL المستخدم كإضافة في البترول	استنشاق الأبخرة والبخار يسبب تلف للكليه، التهاب القصبات، الالتهاب الشعبي، اضطرابات المعدية والمعوية، السرطان، اضطرابات في القلب، الكبد، المخ. ينتج أن تسبب تسمم حاد. اضطرابات في المسالك، الأنيميا، الإفراط في ضغط الدم، مرض العظام النخاعي (الركبتين) والسرطان
الكروم Cr	الصناعات الكيماوية والميتاليرجي، عمليات استخدام مركبات الكروم، صناعة الاسمنت والاسبتوس	سام لأنسجة الجسم، يمكن أن يسبب الحساسية، التهاب الجلد، تقرحات الجلد، تلف الغشاء الأنفي، يحتمل أن يسبب السرطان

تابع - جدول مصادر بعض ملوثات الهواء الهامة وأثرها على الإنسان والحيوان

الرصاص Pb	إنبعاثات عوادم السيارات، صهر الرصاص، حرق الفحم أو الزيت، مبيدات من مادة زرنيخات الرصاص Lead Arsenate ، الستدخين، أعمال سباكة المعادن، واستخراج الخامات المعدنية من المناجم	الامتصاص المسالك المعوية والهوائية والترسيب في الغشاء المخاطي، بسبب اتلاف للكلية والكبد، مرض معدى معوى، تخلف ذهني للأطفال، قصور في الاخصاب والحمل
الزنك Zn	تنقية واستخلاص الزنك، عمليات الجلفنة، صناعة النحاس الأصفر (حيث السبيكة من النحاس والزنك)، الطلاء المعدني، السباكة.	أدخنة الزنك لها تأثير عدواني على الجلد ويمكن أن يسبب حساسية وتلف للأغشية المخاطية
المنجنيز Mn	انتاج الفيرومجنيز، اضافات الوقود من الجاثومجنيز، أسلاك اللحام، حرق المواد المحتوية على المنجنيز	التسمم لـ CNS ، الامتصاص البلع، الاستنشاق أو الالتصاق يمكن أن يسبب إصابة الرئة بالمنجنيز
النيكل Ni	الصناعات المتالييرجييه باستخدام النيكل، حرق الوقود المحتوى على إضافات من النيكل، حرق الفحم والزيت، أحواض الطلاء الكهربى المستخدمة لاملاح النيكل، حرق المواد المحتوية على النيكل	اضطراب التنفس، التهاب الجلد، سرطان الرئة والجلد

تابع - جدول مصادر بعض ملوثات الهواء الهامة وأثرها على الإنسان والحيوان

الفاناديوم V	استخلاص الفاناديوم، تصنيع السبائك المحتوية على الفاناديوم، محطات القوى، حرق الزيت الغنى بالفاناديوم	اضطرابات معدية ومعوية وفي الجهاز التنفسي، أمراض القلب وكذلك السرطان فى حالة التعرض الحاد، إعاقة تخليق الكوليسترول
السيلينيوم Se	حرق الوقود ومخلفات زيت الوقود، الأدخنة والغازات من مخلفات التكرير، حرق الورق والمخلفات الأخرى، المصادر الطبيعية	حساسية للجهاز التنفسي والمعوى، حساسية للعين والأنف والزور، التلف فى الرئة، الكلى، الكبد
الزئبق Hg	إستخراج وتنقية الزئبق، المواد العضوية المستخدمة فى المبيدات، المعامل المستخدمة للزئبق	إستنشاق أبخرة الزئبق يمكن أن يسبب تأثيرات سامة وتسسم البروتوبلازم. المواد العضوية المحتوية على الزئبق هى مواد شديدة السمية ويمكن أن تسبب تلف للجهاز العصبى والمخ ولا يمكن علاجه

تأثير ملوثات الهواء على الإنسان وبيئة

Effect Of air Pollutants on Man & His Envionment

١- اطلاق المواد:

المواد التي يمكن ان تتأثر بتلوث الهواء تشمل المعادن، مواد البناء، المواد المطاطية، الورق، المنسوجات، الجلود، الصبغات، الزجاج، الطلاءات من الإناميل ومواد التغطية السطحية الأخرى. انواع التلف المحتمل على هذه المواد بالملوثات الهوائية تشمل التآكل، البرى، الترسيب، التآكل الكيماوى المباشر والغير مباشر. شدة التلف تتوقف على عدة عوامل منها الرطوبة، درجة الحرارة، ضوء الشمس، حركة الهواء وكذلك طبيعة وتركيز الملوثات. الجدول الآتى يلخص التلف المحتمل لمختلف المواد بسبب الملوثات:

مظاهر تلوث الهواء على مختلف المواد

المادة	نوع التلف	ملوث الهواء الرئيسى	العوامل البيئية الأخرى التي تؤثر على معدل العدوانية
المعادن	التآكل، فقد البريق واللمعان، التصاق الاوساخ	SO _x والغازات الحامضية الأخرى	الرطوبة، درجة الحرارة، الهواء، الملح
مواد البناء	البرى السطحى، الغسيل، التآكل، إزالة اللون	SO _x والغازات الحامضية الضباب الحامضى، الجسيمات التي تلتصق	الرطوبة، درجة الحرارة، التجمد
البويات	تغيير اللون، ليونة، التشطيب، برى السطح	SO ₂ ، HS ₂ ، O ₃ جسيمات تلتصق	الرطوبة، ضوء الشمس، الفطريات والكائنات الدقيقة الأخرى

المنسوجات	انخفاض جهد الشد، التلوث بالوساخات	SO ₂ ، NO ₂ والغازات الحامضية الأخرى، الجسيمات	الرطوبة، ضوء الشمس، طبيعة السلعة
الجلد	الضعف، تغطية السطح بمساحيق ناعمة	SO ₂ ، غازات حامضية أخرى	طبيعة السلعة
الورق	التقصيف	SO ₂ ، غازات حامضية أخرى	رطوبة، ضوء الشمس
الصبغات	الشحوب، تغير اللون التغير في مظهر السطح	NO ₂ ، أوزون، غازات حامضية، المؤكسدات، HF	ضوء الشمس، الرطوبة
المطاط	التشقق، الضعف	الأوزون، عوامل الأكسدة	ضوء الشمس

٢- إتلاف النباتات:

ملوثات الهواء، مثل ثاني أكسيد الكبريت، HF، جسيمات الفلوريدات، الضباب الكيماوى الضوئى، المؤكسدات مثل الأوزون، الايثيلين (من السيارات، NO_x، الكلور، محاليل الرش لآبادة الحشائش، الاعشاب الضارة والتي تحدث تأثيرات سامة على النباتات. التلف عادة يكون فى شكل تلف يمكن رؤيته مثل تفضيض الجانب السفلى للورقة. تأخر نمو البنات قد يحدث كذلك فى بعض الحالات. درجة التلف للنبات تتوقف على طبيعة وتركيز الملوثات، زمن التعرض، وظروف التربة والنبات، مرحلة النمو، الرطوبة النسبية ودرجة ضوء الشمس.

٣- تلف لحيوانات الحقل:

الزرينخ، الرصاص، الفلوريدات هى الملوثات الرئيسية التى تسبب التلف لحيوانات الحقل. فالملوثات التى يحملها الهواء تتراكم فى الخضروات وتسمم الحيوانات عند تغذيتها على تلك الخضروات الملوثة.

يوجد الزرنيخ كملوث في الفحم وفي كثير من الخامات. وهو يستخدم كذلك كمبيد حشري. الماشية القريبة من مصانع الصهر وعمليات التصنيع الأخرى يصيبها كثير من الأمراض.

الرصاص ينبعث من عمليات صهر الخامات المعدنية، ومن أفران الكوك والفحم وعوادم السيارات، التريز للزرنيخ والرصاص. التسمم بالرصاص يحدث في الخيول والحيوانات الأخرى مع أعراض مشاكل التنفس والضعف والاضطرابات المعوية. الماشية تحديداً حساسة لسمية الفلوريد والتي يمكن أن تسبب التسمم بالفلوريد ومركباته.

٤- خفض الرؤية والغيوم في السماء :

الغيوم والسود في السماء يمكن أن يكون بسبب الدخان والضباب أو بفعل العواصف الرملية. خفض الرؤية يمكن أن يكون بسبب الدخان، الضباب والأدخنة الصناعية التي تحتوى على جسيمات في الحجم من ٠,٤ إلى ٠,٩ ميكرون التي تشتت الضوء. مدى هذه التأثيرات يتوقف على حجم الجسيمات، زاوية سقوط الشمس، كثافة التريز، سمك كتلة الهواء تحت التأثير، وعوامل أخرى مثل سرعة الرياح والرطوبة.

٥- التأثير على صحة الإنسان ونشاطاته :

يمكن أن يؤثر تلوث الهواء على صحة العمال في الأنشطة الصناعية مسبباً خفضاً في القدرة الانتاجية للعمال. اجراءات الأمن الصناعي التي تتبعها كثير من المنشآت الصناعية يمكنها مقاومة هذه الآثار المرضية. وكذلك بالإضافة إلى العمال في المصانع فإن تلوث الهواء يمكن أن يؤثر على قطاع كبير من السكان. ضباب لندن المشهور عام ١٩٥٢ الذي استمر لمدة خمسة أيام والذي تسبب في وفاة ٤٠٠٠ شخص. لقد أثبتت الدراسات الطبية وجود علاقة ما بين تلوث الهواء وأمراض التنفس وسرطان الرئة.

يتوقف تأثير تلوث الهواء على العمر، الجنس، الصحة العامة، الغذاء، الحالة الصحية، وتكرار التعرض، وتركيز الملوثات ومدة التعرض ودرجة الحرارة والرطوبة في توقيات التعرض.

تلوث الهواء، قد يسبب المرض، التغيب الكثير عن العمل بين العمال، النوم والذي يستتبعه إنخفاض في جميع أوجه نشاط الإنسان.

أثر النشاط الإنسانى بالمناخ وتلوث الهواء:

إنتشار ملوثات الهواء فى مكان معين يتأثر بالعوامل المناخية مثل سرعة الرياح، إتجاه الرياح والاضطرابات. كذلك الترسيبات والرطوبة لها تأثير على درجة التلوث.

سرعة الرياح واتجاهاتها:

دفع وانتشار ملوثات الهواء قرب مستوى سطح الأرض يتأثر بشدة بسرعة الرياح واتجاه الرياح. زيادة سرعة الرياح قرب نقطة الصرف للملوثات الهواء تعمل على زيادة سرعة إنتشار الملوثات وتخفيفها بالهواء. على الجانب الآخر، تميل الملوثات لتكون أكثر تركيزاً قرب منطقة الصرف عندما تكون سرعة الرياح منخفضة، ولكن فى الأرض الغير مستوية فإن سرعة الرياح والاتجاه نحو المصدر يمكن ألا يتحكم فى حركة الملوثات. فمثلاً، التلال يمكن أن تعكس سريان الهواء المحمل بالملوثات إما رأسياً أو أفقياً. درجة الإنعكاس تتوقف على الثبات الرأسى للجو. فى الوديان قد تسير الرياح المحملة بالملوثات أعلا أو أسفل الوادى. هذه التأثيرات المتعرجة ليست كبيرة مع زيادة عمق الوادى.

الثبات الجوى والتغير فى درجات الحرارة:

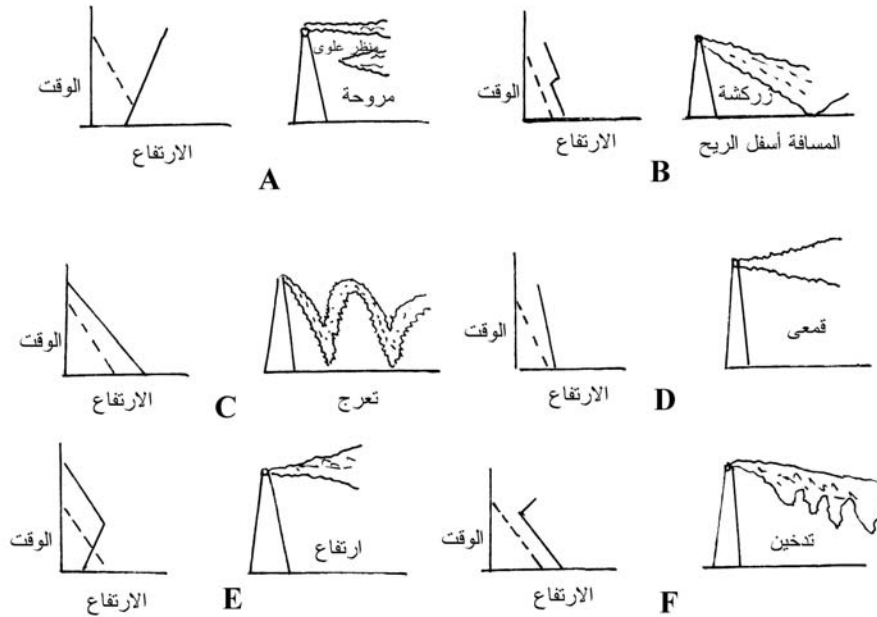
تأثير الثبات الجوى والتغير فى درجة الحرارة مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض والتخفيف سبق مناقشته. إنخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع يسمى معدل الهبوط (Lapse Rate). فى ظروف معدل الهبوط العالى فى درجة الحرارة بدون تبادل حرارى (Super Adiabatic Lapse Rate)، يكون الجو غير مستقر حيث تنتشر الملوثات بسرعة ذلك بسبب الخلط الرأسى للهواء. على الجانب الآخر، فى ظروف معدل الهبوط فى درجة الحرارة السالب أو التحول فى درجة الحرارة (أى عند زيادة درجة الحرارة مع الارتفاع) فإن الملوثات فى الهواء لا تنتشر رأسياً ذلك لأن الهواء القريب من الأرض أكثر كثافة من الهواء الأعلا وبذا فإن الخلط أو الاضطراب يكون قليل جداً (ذلك لأن الجو يكون مستقراً). لذلك، فإن مشكلة تلوث الهواء قد تصل إلى أبعاد مزعجة ذلك عندما تكون الظروف المناخية معاكسة للانتشار المؤثر للملوثات. لحسن الحظ، الظروف المناخية فى بلادنا تعمل على انتشار الملوثات مقارنة بالبلاد الباردة.

خواص ذيّل بطحابة الدخان عند مختلف ظروف الانخفاض في درجة الحرارة مع

زيادة الارتفاع (Plume Characteristics Under Different Lapse Conditions)

المداخن تستخدم مع الغلايات، الأفران.. الخ، لعمل السحب الطبيعي، لتوفير الهواء الضروري للإحتراق ولنشر الملوثات الغازية بكفاءة. تصميم المدخنة، وخاصة إرتفاع المدخنة (Stack Height) يجب تنفيذه مع الأخذ في الاعتبار العوامل الإحصائية للجو مثل سرعة الرياح واتجاه الرياح، ذلك للتأكد من عدم تأثر السكان بجوار المصنع. شكل الانتشار لسحابة الغازات يتوقف أساساً على ثبات الجو. الأشكال المختلفة لخواص السحابة مع ظروف درجات الحرارة موضح في الشكل (٦).

شكل (٦) أنواع سحابات الدخان في الظروف المختلفة لثبات الجو



معدل الهبوط الحقيقي في درجة الحرارة مع الارتفاع

المعدل القياسي للهبوط (٦ - 7 م / الكيلومتر)

من الشكل يمكن ملاحظة أنه عندما يكون الجو مستقرًا جدًا فإن الغازات العادمة تكون في شكل مروحة (Fanning Plume). السماء الصافية مع الرياح الخفيفة أثناء الليل تكون محببة لتكون المروحة وفي هذه الظروف ستنتشر السحابة أفقياً، عند حدوث الانقلاب بالرياح الخفيفة واضطراب خفيف سفلي، فإن السحابة المحتجزة (Trapping Plume) يمكن أن تتحرر عند حدوث معدل إنخفاض في درجات الحرارة بدون تبادل كبير في درجات الحرارة يلاحظ وجود سحابة متعرجة (Looping) ذلك بسبب تكون تصاعد حراري كبير في الهواء الغير مستقر، بما ينتج عنه وصول تركيزات عالية من سحب الغازات نحو الأرض لفترات قصيرة. اليوم الحار الصافي، الذي يصاحبه رياح خفيفة يمكن أن ينتج سحب دخان متعرج عندما يكون الجو ملئاً بالسحب أو أن تكون الرياح شديدة وأن الاضطراب يكون ميكانيكا أكثر منه حرارياً يلاحظ حدوث السحابة العميقة (Conning). السحابة في شكل القمع تميل للوصول إلى الأرض على مسافات بعيدة مقارنة بالسحابة المتعرجة. عندما يكون هناك معدل كبير في إنخفاض كبير في الضغط مع الارتفاع يلاحظ ارتفاع القمع (Lofting). في هذه الظروف يحدث إنتشار علوى سريع والانبعثات لا تصل إلى الأرض ذلك لأن الانتشار السفلي لا يخترق طبقة الانعكاس. عند حدوث معدل إنخفاض قوى مع الارتفاع عند الطبقات السفلي يلاحظ انعكاس في الطبقات العليا، تدخين (Fumigation). في هذه الظروف، يصل إلى الأرض سحبات غاز عالية التركيز مع الطول الكامل للسحابة بسبب الاضطراب الحراري. التدخين (Fumigation) يسود عادة مع السماء الصافية والرياح الخفيفة أثناء الصيف.

الترسيب والرطوبة : (Precipitation & Humidity)

نظافة الملوثات يمكن أن يحدث بثلاث عمليات طبيعية، وهى سقوط الملوثات ذات حجم الحبيبات الكبير بالجاذبية وهذا يسمى (Fallout)، وعند وجود الملوثات فى حبيبات السحاب فإنها تعمل كنواة لتكثيف ونمو نقاط المطر والذي يصل إلى الأرض بالترسيب عند نزولها إلى السطح فإن العملية تسمى (Wash Out).

كما أن تلوث الهواء يتوقف على الظروف المناخية، فإن تلوث الهواء بالتال يؤثر كذلك على المناخ إلى حد ما. فمثلاً، تلوث الهواء يمكن أن يحجب الرؤية، يزيد من زمن وتغير الضباب ويقلل من أشعة الشمس القادمة. هذه قد تؤثر إلى حد ما، على نشاط الإنسان. على الجانب الآخر أنشطة الإنسان مثل إزالة الغابات، المبالغة فى نقل المياه

السطحية والجو فيه ، حرق الوقود الحفري ، انبعاثات السيارات .. الخ. هذه كذلك يمكن أن تغير ظروف المناخ على الأرض.

معايير نوعية الهواء (Precipitation & Humidity)

معايير نوعية الهواء توضح مستويات الملوثات التي لا يمكن زيادتها خلال وقت معين في منطقة جغرافية محددة. ملخص بعض معايير نوعية الهواء الملاصق ، والتي تفيد في معرفة المستويات الضرورية لحماية الصحة العامة مع مجال كبير للامان.

معايير نوعية الهواء للولايات المتحدة

المثلوث	معايير نوعية الهواء
SO _x	المتوسط الحسابي لعام حوالى ٠,٠٣ جزء فى المليون ، ٠,١٤ جزء فى المليون أقصى تركيز لمدة ٢٤ ساعة والذي لا يزيد عن مره واحدة فى العام.
NO ₂	٠,٠٥ جزء فى المليون كمتوسط حساب خلال العام.
CO	أقصى تركيز خلال ٢٤ ساعة ، ٩ جزء فى المليون أقصى تركيز لمدة ساعة ، ٣٥ جزء فى المليون
الجسيمات	المتوسط الهندسى السنوى ٠,٠٣ جزء فى المليون لمدة أقصاها ٢٤ ساعة ٠,١ جزء فى المليون مرة واحدة فى العام
المؤكسدات	٠,٠٨ جزء فى المليون لمدة أقصاها ساعة واحدة مرة واحدة فى العام.

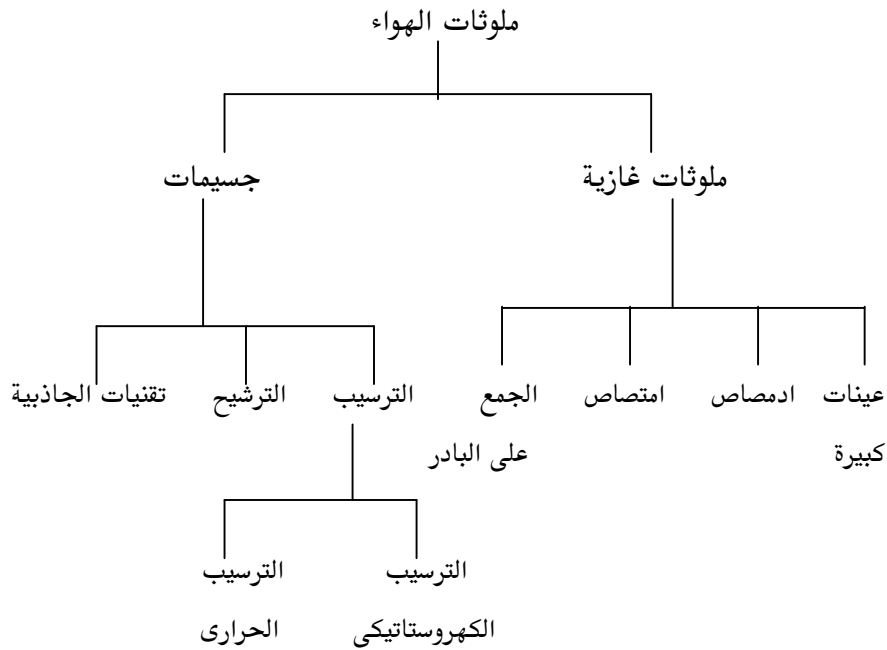
رصد الملوثات فى الهواء : (Air Monitoring)

يمكن تقدير التأثير الضار لتلوث الهواء فقط على أساس البيانات التي يتم جمعها من مواقع مختارة جيدا لأخذ العينات ، وباستخدام طريقة أخذ العينات والتحليل المعروفة. من المفضل عمل الرصد الكيميائى – الطبيعى والبيولوجى وتوقيع النتائج للحصول على أسلوب لرصد والتحكم فى تلوث الهواء. الهدف الأولى من برنامج الرصد هو لجمع البيانات الأساسية عن كمية ونوعية الملوثات الموجودة فى الهواء وتأثير الطبوغرافية ، والسكان والعوامل الجوية على تلوث الهواء.

أخذ العينات والتحليل للجو:

عموما يتم أخذ عينة ١٠ متر مكعب بمعدل ٠,٠٠٠٣ مكعب في الدقيقة إلى ٣ متر مكعب في الدقيقة لمدة ١-٣ ساعة يعبر عن تركيز الملوثات بالميكروجرام/م³ (Mg/m³) تجهيزات الجمع المختلفة والتقنيات المستخدمة للملوثات من الجسيمات والغازات يمكن تلخيصها كالآتي:

تقنيات الجمع لملوثات الهواء



تقنيات الجاذبية:

تستخدم تقنيات الجاذبية لجمع الجسيمات القابلة للترسيب (مثل، الأدخنة، السناج، الرماد المتطاير. الخ) في الهواء. التجهيزات المستخدمة تشمل أجهزة أخذ العينات لسقوط الأتربة، مثل القنينة لسقوط الأتربة.. الخ. قنينة سقوط الأتربة عبارة عن إناء من الزجاج أو البولي إيثيلين ذو فوهة مفتوحة بها قليل من الماء عند القاع. يتم تعريضها للجو لمدة شهر، في حافظة مانعة للطيور وعلى حامل بارتفاع ١ متر عن سطح الأرض. كتلة التراب الساقط على وحدة المساحة لسطح ماء القنينة يتم تحديده بعد التبخير للماء والتجفيف والوزن. يتم تقييم النتيجة بالملجرام/سم²/الشهر، أو الطن/كم²/الشهر. تقنيات الترسيب تستخدم لجمع الجسيمات ذات القطر أكبر من ٥ ميكرون.

تقنيات الترشيح:

تستخدم تقنيات الترشيح لجمع الجسيمات العالقة التي لا ترسب مبكراً. التجهيزات المستخدمة تشمل جهاز أخذ العينات ذو الحجم الكبير (High Volume Sampler)، جهاز أخذ العينات بالشريط الورقي (Paper Tape) .. الخ. الوسط الترشيحي المستخدم هو الصوف الزجاجي (للمركبات العضوية)، ورق الترشيح (للمعادن والآن أيونات) ولباد السيليكا للجسيمات الصغيرة من المواد العضوية والغير عضوية. حجم المسام لهذه المرشحات يكون عادة ٠,٤٥ ميكرون. المحتوى من الجسيمات يعبر عنه عادة بالميكروجرام/م^٣ من الهواء.

تجهيزات أخذ العينات ذات الحجم الكبير تستخدم غالباً لأخذ عينات الجسيمات العالقة. وهذه تستخدم لضخ أحجام ضخمة من الهواء (حتى ٣٢٠٠٠ م^٣) بمعدل حوالى ١,٧ متر مكعب فى الدقيقة وحجز الجسيمات حتى قطر ٠,١ ميكرون عن مرشحات من الصوف الزجاجي. فى تقنية خاصة تسمى التقنية بالقصور الذاتى Inertial Technique الهواء الملوث يتم سحبه إلى جهاز أخذ العينة المزود بعوائق الذى يعمل على تغيير إتجاه سريان الهواء، بينما تسير الجسيمات فى اتجاه التصادم مع العوائق. فى التصادم الجاف يكون للعوائق سطح لاصق حيث ترتطم عليه الجسيمات. فى التصادم الرطب يكون العائق مغموراً فى السائل الذى يتم تجميع الجسيمات فيه بالتصادم.

تقنيات الترسيب:

الترطيب الطراري: عند التعرض لتدرج كبير فى درجات الحرارة فإن الجسيمات العالقة تميل للتحرك إلى منطقة درجة الحرارة الأقل. هذا المبدأ يمكن استخدامه لجمع الجسيمات الرزازة (Aerosol Particles) فيما بين ٠,٠٠١ ميكرون. هذه التقنية يمكن استخدامها بكفاءة لجمع الجسيمات المشعة.

الترسيب الكهرواستاتيكي:

فى هذه التقنية تستخدم شحنة كهربية لدفع الجسيمات المشعة أو الجسيمات الأخرى فى المجال من ٠,٠٠١ إلى ١٠ ميكرون وترك تيار الهواء والتحرك نحو سطح التجميع.

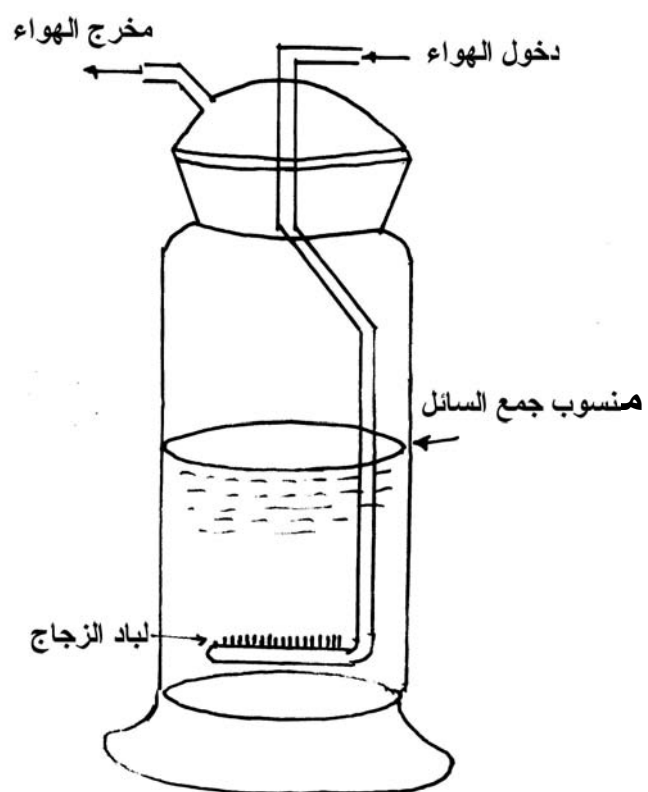
التبريد أو التجميد أو التكثيف للعينات :

فى هذه التقنية الملوثات الغازية من تيار الهواء يتم حجزها فى غرف تجميع مختلفة، كل منهم تظل عند درجة عالية أقل من السابقة، تتراوح من الصفر (فى حمام الثلج) إلى - ٩٦ م (فى حمام سائل النيتروجين). هذه التقنية تستخدم لجمع الأبخرة الغير مذابة أو الغير نشطة، الهيدروكربونات، الغازات المشعة، فى نفس الوقت باستخدام قطارات العينات ذات التجميد المحتوية على غرف تظل عند درجات حرارة تنخفض بالتتالى.

عينات الامتصاص :

فى هذه التقنية يتم جمع ملوث الهواء الغازى بالالتصاق القريب أو بالفقاعات (Bubbling) خلال محلول الامتصاص المقابل. مع المحافظة على حجم الفقاعات وزمن المكث المطلوب .

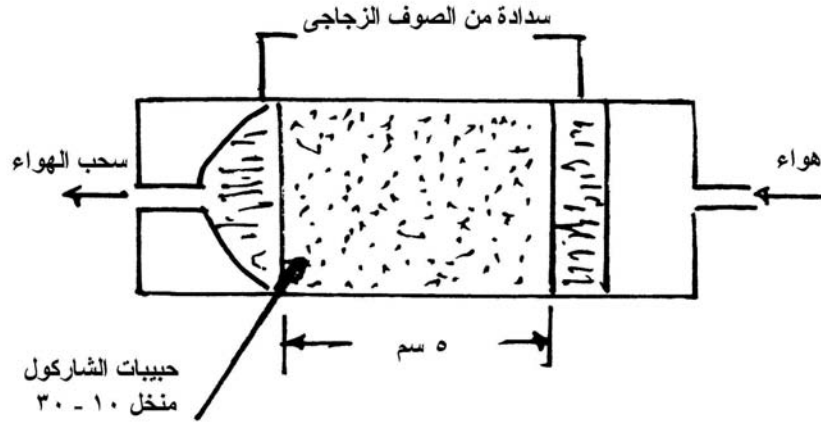
سوائل الامتصاص المستخدمة تشمل الماء (لامتصاص الغازات مثل غاز فلوريد الهيدروجين HF)، الزيوت لامتصاص الهيدروكربونات، القلويات لامتصاص الغازات الحامضية والاحماض لامتصاص الغازات القلوية. تجهيزات الامتصاص تشمل أعمدة الحشو، أوانى الغسيل الزجاجية، نظام الغسيل بالتصادم وبالتيارات المعاكسة. نموذج للغسيل بلباد الزجاج ملوثات الهواء الغازية موضح فى الشكل (٧) :



شكل (٧) جهاز غسيل الغاز المستخدم لأخذ عينات ملوثات الهواء الغازية

عينات الادمصاص:

فى هذه التقنية يتم ادمصاص الغازات والأبخرة فى الهواء الملوث على مادة ادمصاص مناسبة مثل الكربون المنشط، الألومنيا المنشطة، السيليكا جيل والمصافى الميكرونية المصنوعة من زيوليت الكالسيوم او الصوديوم. نموذج لأنبوبة ادمصاص الكربون المنشط موضحة فى الشكل (٨).



شكل (٨) أنبوبة الادمصاص

كمية الملوث الذى يتم ادمصاصه تتناسب مع المساحة السطحية لمادة الادمصاص، وكذلك الخواص الكيماوية والطبيعية لمادة الادمصاص، ودرجة الحرارة والضغط فى العينة. عند إستخدام الكربون المنشط كمادة ادمصاص، فإن الملوث الذى تم ادمصاصه يمكن سحبه (Leached) بمذيب مناسب مثل (Carbon Disulphide) ويتم تحليل المحلول باستخدام (Gas Chromatography). فى بعض الحالات يتم حقن العينة من تجهيزه الجمع مباشرة فى جهاز الكروماتوجرافى للتحليل.

عينات كبيرة:

فى هذه التقنية يتم أخذ عينة كبيرة بين فترات مناسبة ثم يسمح لها بالالتصاق بمحلول إمتصاص مناسب فى جهاز أخذ العينة. المستخدم عادة هو جامع لإزاحة السائل أو الغاز أو قنينة البلاستيك المفرغة.

تقنيات التحاليل والأجهزة المستخدمة فى تقدير الملوثات الجوية

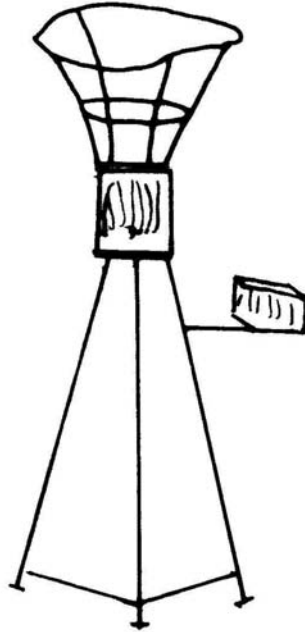
معدات أخذ العينات وطرق التحاليل المستخدمة فى تقدير بعض الملوثات العادية يمكن تلخيصها كما فى الجدول الآتى :

معدات أخذ العينات وطرق التحاليل المستخدمة فى تقدير بعض الملوثات العادية

م	الملوث	معدة أخذ العينة	طريقة التقدير
١	الغبار	قنينة سقوط الغبار	بالجاذبية
٢	الجسيمات العالقة	جهاز أخذ العينات كبير الحجم	بالجاذبية
٣	معدل الكبرته Sulphation Rate	شمعة رصاص	بالجاذبية
٤	كبريتيد الهيدروجين	وعاء أخذ عينات الهواء	طريقة المثيلين بلو
٥	ثانى أكسيد الكبريت	وعاء أخذ عينات الهواء	التوصيل، أمبيرومترى.
٦	أكاسيد النيتروجين	وعاء أخذ عينات الهواء	طريقة جاكوب
٧	أول أكسيد الكربون	جهاز خاص لأخذ العينات	جهاز كروما توجرافى
٨	الهيدروكربون	جهاز خاص لأخذ العينات	جهاز كروما توجراف

١- قنينة سقوط الغبار: (Dust Fall Jar)

تستخدم هذه لتعيين الجسيمات القابلة للسقوط فى الهواء - تشمل قنينة سقوط الهواء وعاء من الزجاج أو من البولى إيثيلين ذو فوهة مفتوحة مع قليل من الماء فى القاع. عادة يتم وضع الوعاء فى مانع للطيرور وعلى حامل ١ متر فوق أرضية الجهاز ويعرض للجو لمدة شهر. كتلة الغبار الساقطة على وحدة المساحة من سطح ماء القنينة يتم عندئذ تعيينها. قنينة سقوط الغبار وشمعة الرصاص على حامل ثلاثى موضح فى الشكل (٩):

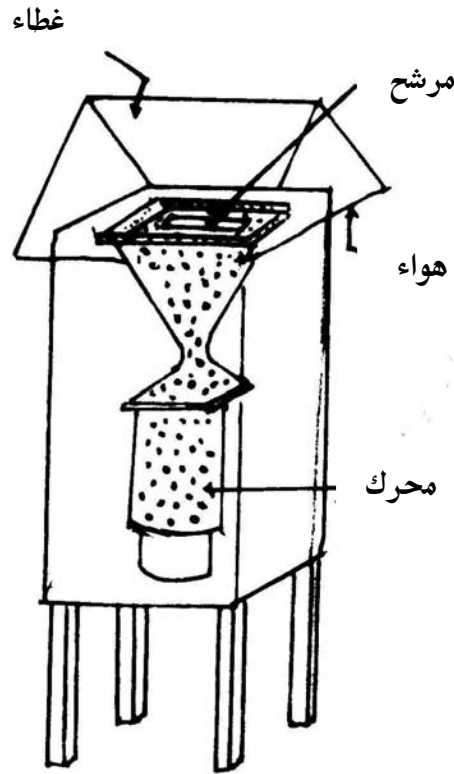


قنينة سقوط الغبار ، شمعة الغبار

٢- تعيين الجسيمات العالقة بجهاز أخذ العينات كبير الحجم: شكل (١٠)

يستخدم جهاز أخذ العينات كبير الحجم لتعيين الجسيمات العالقة فى الهواء والتي تظل لمدة طويلة. وهذا يستخدم لتقدير إجمالى المستويات للجسيمات. يتم تثبيت جهاز اخذ العينات فى حافظة خشبية بالطريقة التى تسمح بسحب الهواء من التدفق العلوى الرأسى خلال مرشح من الصوف الزجاجى ٢٠ سم فى ٢٥ سم بمعدل سريان حوالى

١,٧م^٣/ الدقيقة. الجسيمات ذات الحجم من ٠,١ إلى ١٠٠ ميكرون يتم عادة جمعها على المرشح. يتم عادة أخذ العينة لمدة ٢٤ ساعة. من كتلة الجسيمات التي تم جمعها وحجم جهاز أخذ عينات الهواء يمكن حساب تركيز كتلة الجسيمات العالقة في الهواء الملاصق بالميكروجرام/ م^٣. الجسيمات التي تجمع على المرشح يمكن حرقها أو استخلاصها بمذيب مناسب أو هضمها بواسطة خليط من حامض مؤكسد للتحليل الكيماوى التالى. خواص الجسيمات الجوية يمكن عملها بطريقة أفضل باستخدام الميكروسكوب العادى أو الاليكترونى



شكل (١٠) جهاز أخذ العينات كبير الحجم لجمع الجسيمات العالقة فى الجو

٣- تعيين معدل الكبريتة : (Determination Of the Sulphation Rate)

معدل الكبريتة هو مؤشر تراكمي مفيد في تقدير SO_2 ومركبات الكبريت الأخرى في الجو. يتم تعيينه بطريقة بيروكسيد الرصاص. المبدأ المطبق في هذه الطريقة هو أنه عند التصاق مركبات الكبريت ببيروكسيد الرصاص الصلب، فإنه يتكون مركب كبريتات الرصاص، والذي يمكن تقديره بالطريقة الوزنية أو بطريقة (Turbimetry). أنبوبة أسطوانية من البولي إيثيلين أو من الزجاج بمساحة ١٠٠ سم^٢ يتم لفها بقطع من نسيج الكنفاه أو نسيج الجوارب أو من أربطة الشاش (١٠ سم × ١٠ سم). يتم تغطية النسيج بطبقة متساوية من الصمغ في الكحول وبيروكسيد الرصاص، حيث تغطي الأسطوانة (فقط فوق مساحة ١٠٠ سم^٢) باستخدام ملعقة ثم التجفيف في مجفف. شمعة الرصاص التي تم تحضيرها تنشأ في صندوق التهوية (Louvered Box) الذي لا يسمح بدخول الهواء ولكن يسمح فقط بالتصاق الهواء مع سطح النسيج. بعد التعرض لمدة شهر، تتكون ($PbSO_4$) والتي يتم تقديرها في المعمل بالطريقة الوزنية أو بالعكارة.

معدل الكبريتة = اجمالي $BaSO_4$ الذي يتكون في ملجرام بسبب الكبريتة $\times 0.343$ ملجرام من SO_3 لكل ١٠٠ سم^٢ في اليوم.

(١ ملجرام من كبريتات الباريوم = 0.343 ملجرام من SO_3)

٤- تقدير كبريتيد الهيدروجين :

يتم تمرير حجم مقاس من الهواء بمعدل سريع مناسب خلال محلول امتصاص محتويًا على ($CdSO_4$) ، ($NaOH$) ، في وعاء الامتصاص. يتم عندئذ معالجة المحلول بمحلول حامض السلفاميك (Sulphamic Acid) ، يليه حامض كبريتيك ، $And - Ferric Chloride$ ، $N- N dimethyl P- Phenylene Diamine$ يتم تعيين الامتصاص للميثيلين بلو المتكون على جهاز اسبكتو فوتوميتر عند ٦٧٠ نانو ميتر. يمكن حساب H_2S الموجود بواسطة منحنى المعايرة الذي يتم تحضيره بأحجام مختلفة من محلول NaS القياسي. تركيز H_2S يقيم بالميكروجرام/ م^٣ من الهواء الماء.

٥- تقدير ثانى أكسيد الكبريت : SO_2

في الهواء الملاصق في المجال من ٠,٠٠٥ جزء من المليون حتى ٥ جزء في المليون يمكن تعيينه بطريقة (West & cake) المطورة. في هذه الطريقة عينة الهواء المحتوية

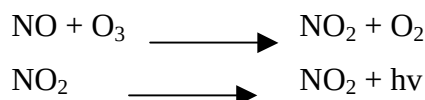
على SO_2 يتم سحبها خلال محلول غسيل (Scrubbing Solution) محتوياً على HgCl_2 ، KCl (والذى ينتج HgCl_4^{2-} من بوتاسيوم تتراكلورو ميركوريك المتكون). يتفاعل SO_2 الموجود فى الهواء HgCl_2 معطياً HgCl_4^{2-} (Dichloro - Sulphitomercurate Complex). وهذا يتم تفاعله مع الفورمالدهايد، يليه الباراروزانيلين (Para - Rosaniline) فى المجال الحامضى. يتم قياس امتصاص الصبغة الحمراء - البنفسجية الناتجة عند ٥٤٨ نانوميتر (548 nm).

كفاءة الجمع لمحلول الغسيل لثانى أكسيد الكبريت هى حوالى ٩٥٪. فى حالة وجود أكثر من ٢ جزء فى المليون من NO_2 فى الهواء، فإن تداخله فى الطريقة السابقة لتقدير SO_2 يمكن إبعاده بإضافة حامض السلفاميك ($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$) والذى يختزل NO_2 إلى N_2 . أجهزة التحليل (Analysers) التجارية مبنية على قياس التوصيل (Conductometry) حيث SO_2 يمتص فى محلول S_2O_2 . وزيادة التوصيل للمحلول بسبب تكون H_2SO_4 يتم قياسها لتعيين المحتوى من SO_2 . كذلك تتوفر أجهزة مراقبة وقياس SO_2 (Monitors)، استخدام قياس التيار الكهربى (Amperometry)، حيث التغيرات فى جهد القطب بسبب التفاعل بين SO_2 والبروم Br_2 يتم قياسية لتعيين SO_2 .

٦ - تقدير أكاسيد النيتروجين:

محلول مائى من NO_2 ينتج كميات متساوية من أيونات النترات والنيتريت. يتم تعيين تركيز النيتريت على أساس تكون صبغة الأزو ذات اللون الأحمر الأرجوانى المنتجة عند رقم هيدروجينى ٢ إلى ٢,٥ وذلك بتزواج (Diazotized Sulphanilic Acid) مع (Naphthyl) Ethylenc diamlne dihydrochloride (1 - N). نظام اللون يخضع لقانون (Beer's Law) حتى ١٨٠ ميكروجرام لـ ١ / N مع (1- cm lightpath) عند (543 nm).

يمكن عمل تحليل NO_x بطريقة أفضل وذلك بواسطة (Chemilumini scence). تداخل NO مع O_3 ينتج جزئيات NO_2 ذات النشاط الالكترونى. وهذه تبعث اشعاعات فى المجال من ٦٠٠ - ٣٠٠٠ نانوميتر. وهذه يمكن قياسها باستخدام (Photo multiplier)، ذلك لأن الكثافة تتناسب مع التركيز.



عينة الهواء المحتوية على NO، NO₂ يتم تمريرها خلال محول حرارى، والذي يحول NO₂ إلى NO. تحليل هذه العينة بالطريقة الكيماوية الضوئية (Chemiluminescence) يعطى إجمالى NO_x. تحليل عينة أخرى بدون المرور خلال المحول الحرارى يعطى NO فقط. الاختلاف لكل التحليلين السابقين يقابل NO₂ فى عينة الهواء.

٧- تحليل أول أكسيد الكربون:

أول أكسيد الكربون يمتص بقوة الاشعة تحت الحمراء عند أطوال موجة معينة ولذا فإنه يمكن تعيينه بطريقة الاسبكتروميتري (Spectrometry) بالاشعة تحت الحمراء وبدون تشتت.

أول أكسيد الكربون عند مستويات أقل من ١٠ جزء فى المليون يمكن تعيينه بطريقة (Gas Chromatography) باستخدام كاشف تأين الغاز (Gas Ionization Detector)

٨- تحليل الهيدروكربونات: (Analysis of Hydrocarbons)

الهيدروكربونات الموجودة فى الجو يمكن جمعها فى برج امتصاص به مادة حشو ماصة مناسبة مثل (Porous Styrene - divinyl benzene Polymer)، وبأخذ عينة حوالى ١٠ لتر من الهواء بمعدل ٤ لتر/ الدقيقة. يمكن امتصاص العينة بتسخين برج الامتصاص وذلك ليتمكن التعيين بواسطة (Gas Chromatographic)، باستخدام كاشف التأين للهلب أو (mass spectrometer) للمستويات المنخفضة.

بخلاف الملوثات السابقة فإنه يمكن تعيين:

الأمونيا: بالاسبكتروفوتومتري أو البوتنشيوميترى.

المبيدات المتطايرة: بالكروما توجرافى.

أيونات المعادن الثقيلة مثل النحاس، الكاديوم، الكروم، الحديد، المنجنيز،

الرصاص، الزنك، بأى من الطرق Atomic Absorption Spectrometry

أو Emission Spectroscopy

أو X-Ray Fluorescence

أو Neutron Activation للنحاس، الكروم،

الحديد، المنجنيز، الخ

تقنيات مثل الكروماتوجرافى (للسليكات، البولى-سيكلوك هيدروكايونز،

البوتنشيوميترى للفلوريات).

كذلك يستخدم (Electron spectroscopy) للكبريتات لتحليل الجسيمات الصغيرة.

تلوث الهواء من المصادر الصناعية والغير صناعية :

الجدول التالي موجز لبعض الملوثات الرئيسية من بعض الصناعات ومن بعض المصادر الأخرى.

جدول لبعض الملوثات الرئيسية من بعض الصناعات ومن بعض المصادر الأخرى

المصدر	نوع انبعاثات التلوث
تكرير البترول والصناعات البترولية	SO_x ، NO_x ، الهيدروكربونات الجسيمات الصغيرة ، الالدهايدز ، NH_3 مذاق ، كحولات كبريتية (Mercaptans) ، دخان.
صناعة الحديد والصلب	SO_2 ، CO ، غبار ، NO_2 ، جسيمات ، أدخنة ، أدخنة أحماض ، أدخنة أكاسيد ، أدخنة زيوت ومذيبات ، رائحة ، دخان.
صناعة الأسمدة	رماد متطاير SO_x ، ضباب حامضي ، NO_x ، فلوريدات ، NH_3 ، غبار اليوريا ، غبار الأسمدة ، دخان .
محطات الطاقة الحرارية	رماد متطاير ، SO_x ، NO_x ، جسيمات مثل السناج ، CO ، غبار الفحم الغير محروق.
الصناعات الكيماوية	SO_x ، NO_x ، NH_3 ، الفلوريدات ، الهيدروكربونات ، CO ، من الصناعات الكيماوية العضوية ، الزئبق والكلور من مصانع الكلور والقلوى ، الجسيمات والأدخنة من مصانع الأحماض والخيوط الصناعية.
صناعة الأسمنت	أسمنت ، غبار الجير المحروق ، SO_x ، NO_x ، غبار متطاير ، دخان
دباغة وتصنيع الجلود	كحولات كبريتية ، السلفيدات (Sulphides)
البويات ، الصبغات	نيتروبنزين ، أنيلين ، مخففات ، مذيبات ، مواد التأسيس
الورق والمنسجات الورقية	H_2S ، كحولات كبريتية
السيارات	SO_x ، NO_x ، HC ، HO الهيدروكربونات ، الدخان.

تقييم انبعاثات التلوث من الصناعات:

تقييم انبعاثات التلوث من مختلف الصناعات يمكن عمله على أساس الآتي:

- (١) حساب الميزان المادى المبني على المدخلات والمخرجات.
- (٢) حساب معامل الانبعاث، والذي هو المتوسط الاحصائي لكتلة الملوث المنبعث من كل مصدر تلوث ولكل وحدة كمية من المادة المستخدمة أو المصنعة.
- (٣) أخذ عينات من الانبعاثات للتعيين الحقيقي لمختلف الملوثات وكمياتها التي انبعثت من كل مصدر. الغبار من سريان الغاز يحجز مع وسط ترشيح مناسب (مثل المرشحات من الصوف الزجاجي، .. الخ). والغاز المار يتم تحليله لتقدير مكوناته.

تلوث الهواء من السيارات:

تنقسم الانبعاثات من المحركات التي تعمل بالبترول إلى الآتي:

أ- انبعاثات العادم.

وهذه فى معظمها تحتوى على CO، NO_x، جسيمات محتوية على مركبات الرصاص والهيدروكربونات الغير محترقة، الوسائل المختلفة للحد من هذه الانبعاثات هي (١) تعديل تصميم المحرك (٢) تغيير فى ظروف التشغيل (٣) معالجة الغازات العادمة بتجهيزات مثل أجهزة الامتصاص، الادمصاص، المحولات الحفازة، ما بعد الحرق (٤) تقدير أو تغيير الوقود.

انبعاثات علبة عامود الادارة: (Crank Gase Emissions)

وهذه تشمل التسربات خلال الدافع (piston) وخاصة أثناء مشوار الضغط وانتاج بخار الزيت فى علبة الدافع. وهذه الانبعاثات معظمها يحتوى على الهيدروكربونات. كمية التسرب تتوقف على تصميم المحرك، حالته وظروف الاستخدام. فمثلاً، الأسطوانة المجهده وحلقات المكبس يعملان على زيادة تسرب الغازات الغير تامة الاحتراق. انبعاثات أسطوانة عامود الإدارة يمكن الحد منها بتوفير نظام تهوية لاسطوانة عامود الإدارة، والذي يعيد تدوير الغازات المتسربة الغير تامة الاحتراق، هواء تهوية عامود الادارة إلى مأخذ المحرك. وذلك بدلاً من تركهم للصرف فى الجو.

الانبعاثات التبخرية (Evaporative Emissions) :

يصل متوسط الانبعاثات التبخرية من السيارات حوالى ٢٠ كجرام/ العام. الطرق المختلفة للحد من هذه الانبعاثات تشمل:

(١) امتصاص أبخرة الوقود فى خرطوشة ترشيح من الشاركون وذلك لاعادة الاستخدام فى المحرك.

(٢) تطوير الوقود باستبدال C_4 ، C_6 ، من الهيدروكربونات من الأوليفين إلى المقابل من الهيدروكربونات البارافينية.

(٣) ادخال تجهيزات ميكانيكية مناسبة للحد من المشكلة.

التحكم فى تلوث الهواء:

يستخدم الأسلوبين الآتيين للتحكم فى تلوث الهواء:

(١) التحكم أو حصر التلوث عند المنبع ، يمكن تحقيق ذلك الآتى :

(أ) تطوير العملية بالطريقة التى لا تتكون بها الملوثات فوق مستوى التركيز المسموح به.

(ب) خفض تركيز الملوث ليتطابق مع المستويات وذلك قبل صرفها إلى الجو، وذلك باستخدام المعدة المناسبة أما لتدمير أو لحجز الملوثات المتكونة.

(٢) تخفيف الملوثات فى الجو إلى المستويات المسموح بها وذلك قبل وصولها إلى

المستقبل. يمكن عمل ذلك باستخدام مداخن طويلة ، التحكم فى معايير العملية مع مراعاة الظروف الحياتية فى البيئة المحيطة ، لمنع تراكم التركيزات الخطرة على مستوى الأرض.

الطرق والمعدات المستخدمة للتحكم فى الملوثات الغازية:

(١) الحرق: (Combustion)

تستخدم هذه التقنية عند احتواء الملوث على غازات أو أبخرة والتى هى ذات طبيعة عضوية. الحرق بالاشتعال أو الحرق بالتحفيز لهذه الملوثات يحولها إلى بخار ماء ومنتجات ضارة نسبياً مثل CO_2 . المعدة المستخدمة فى الحرق بالاشتعال تشمل محارق الدخان (Fume Incinerators) ، حقن البخار ، (Venturi Flues) ، (Absorbtion). الحرق بالتحفيز (Catalytic Combustion) ، يستخدم فى الحالات حيث يكون المطلوب درجة حرارة تشغيل أقل. مثال ، حرق الغازات العادمة لعملية التكسير ، الأدخنة من أفران تسخين البويات والطلاءات وكذلك عمليات التحميص للبن.

(٢) الامتصاص : (Absorbption)

فى هذه التقنية يتم تمرير الغازات الخارجة خلال وحدات غسيل أو امتصاص (Scrubbers Or Absorbers) محتوية على السائل المناسب للامتصاص وإزالة أو تخفيف واحد أو أكثر من الملوثات الموجودة فى تدفقات الغاز. تتوقف كفاءة عملية إمتصاص الغاز على:

(أ) النشاط الكيماوى للملوث الغازى فى المجال السائل

(ب) مدى الالتصاق السطحى بين السائل والغاز

(ج) زمن الالتصاق (د) تركيز مجال الامتصاص.

المعدة المستخدمة تشمل: أبراج الصوانى، ذات الحشو، أبراج الرش، الأبراج ذات الفقاعات أو بالبلث (Bubble cap plate Towers Liquid Jet scrubber Towers).
تقنية امتصاص الغازات تستخدم على نطاق واسع لإزالة الملوثات مثل H_2S ، NO_x ، SO_2 ، SO_3 والفلوريدات من الغازات. السوائل المختلفة المستخدمة للامتصاص كما فى الجدول الآتى:

جدول سوائل الامتصاص لبعض الملوثات الغازية

الملوث	سائل الامتصاص
NO_x	H_2O ، محلول حامض نيتريك (HNO_3)
HF	NaOH ، H_2O
H_2S	إيثانول أمين، NaOH + فينول (بنسبة جزيئات ٣ : ٢)، ألومينات الصوديوم، الصودا آش، ترائى بوتاسيوم فوسفيت، سائل الأمونيا من أفران الكوك، صوديوم ثيوارزينيت ($\text{Sodium thioarsenate}$) .. إلخ
SO_2	ماء، ماء قلوى، عالق Ca (OH)_2 فى الماء، كبريتيت Sulphites الباريوم، أو الكالسيوم أو الصوديوم، Ethanolamine ، Dimethyl Aniline ، خليط بنسبة ١ : ١ من الماء و Xylidine كبريتات الألومنيوم .. إلخ

الادمصاص : (Adsorbtion)

فى هذه التقنية الغازات العادمة يتم تمريرها خلال مواد الادمصاص الصلبة المسامية فى أوعية مناسبة. المكونات العضوية أو الغير عضوية لهذه الغازات العادمة يتم إيقافها ملاصقة لمادة الادمصاص الصلبة أو الامتصاص الكيماوى (Chemosorbtion).
كفاءة الادمصاص تتوقف على المساحة السطحية لكل وحدة وزن لمادة الادمصاص، خواص طبيبعة وكىماوية أخرى لمادة الادمصاص وطبيعة وتركيز الغاز المطلوب ادمصاصه. مواد الادمصاص المستخدمة عادة لمختلف الغازات الملوثة كما فى الجدول الآتى.

جدول مواد الادمصاص لبعض الملوثات الغازية:

الملوث	مادة الادمصاص
NO _x	سيليكاجيل، الزيوليت التجارى.
HF	كتل من الحجر الجيرى، حبيبات مثقبة من NaF.
H ₂ S	أكسيد الحديد.
SO ₂	حجر جيرى أو دولوميت مطحون. ، الألومينا القلوية (AL ₂ O ₃ + Na ₂ O)
أبخرة المذيبات العضوية	الكربون المنشط
غازات بترولية	البوكسيت
الأبخرة المصاحبة مع الغازات،	الألومينا، سيليكاجيل ، البوكسيت

خصائص الادمصاص التفضيلى لبعض مواد الادمصاص يجعل بعضها مفضل لاستخدامات معينة. فمثلاً، السيليكاجيل ٦٠٠، الألومينا المنشطة، الزيوليت المخلق أو (Selica Molecular Seives)، تمتز تفضيلاً بخار الماء من خليط من بخار الماء والملوثات العضوية. التخلص من الغازات الممتزة يتم عادة بزيادة درجة الحرارة أو خفض الضغط.

عندما تحتوى تدفقات المخلفات الغازية على تركيزات عالية من الغازات مثل NO_x ، SO_x ، .. إلخ، فإنه يمكن إستعادة الغازات إقتصادياً واستخدامها فى صناعة HNO_3 ، H_2SO_4 ، .. إلخ، يمكن إزالة SO_x من محطات إنتاج الطاقة بحقن مسحوق الحجر الجيرى إلى فرن الغلاية. بتفاعل CaO المتكون مع SO_x ليكون $(\text{CaSO}_4, \text{CaSO}_3)$ وبذا سيتم إيقاف انبعاث SO_x فى الجو.

الغازات المسببة للرائحة يمكن الحد منها بالادمصاص فى مذيب مناسب أو بالادمصاص على الكربون المنشط.

الطرق والمعدات المستخدمة فى الحد من انبعاثات معينة:

الجسيمات فى الهواء الملاصق يمكن أن تكون من مصادر ثابتة أو متحركة. تجهيزات تجميع الجسيمات تبنى على الحجم، الشكل، الخواص الكهربائية، خاصية امتصاص الرطوبة والاحتفاظ بها (Hygros copic) لتلك الجسيمات.

التجهيزات المختلفة المستخدمة يمكن تقسيمها كالتالى:

(١) تجهيزات ميكانيكية:

هذه التجهيزات تعمل غالباً على أساس الآليات التالية:

(أ) الترسيب بالجاذبية حيث السرعة الأفقية للغاز الحامل يتم خفضها بشكل مناسب بحيث ترسب الجسيمات بقوة الجاذبية.

(ب) التغير المفاجئ فى الاتجاه لسريان الغاز بما يسبب فصل الجسيمات بسبب عزومها الكبيرة.

التجهيزات الميكانيكية المستخدمة عادة لفصل الجسيمات من الغاز هى غرف الترسيب، غرف العوائق والسيكلون الحلزوني. غرف الترسيب تجمع الجسيمات بالجاذبية أو بالطر المركزى. هذه تستخدم فى محطات الطاقة وفى الصناعات المستخدمة للمنتجات الصخرية.

بالنسبة لأجهزة الجمع بالسيكلون الحلزوني، يتم نقل سرعة تدفقات الغاز إلى دوامة محصورة (Confined Vortex)، حيث قوة الطرد المركزى بها تدفع الجسيمات العالقة نحو حوائط منشأ الجمع. تستخدم أجهزة الجمع بالسيكلون الحلزوني (Cyclone Collectors)، لإزالة الملونات من الجسيمات فى صناعة المنتجات الصخرية، والحديد والصلب، المناجم، الصناعات الميثاليرجية.

(٢) نظم الترشيح: (Filtration System)

يتم دفع الغازات المحملة بالأتربة خلال وسط مسامي مثل نسيج القماش. يتم حجز وتجميع الجسيمات في المرشح وصرف الغازات الخالية من الجسيمات العالقة. المستخدم عادة هي المرشحات ذات الوسط الترشيحي العميق أو من المنسوجات والمرشحات من الأكياس المصنعة من النسيج المسامي. المستخدم عادة هو الوسط الترشيحي من القطن، الصوف النيلون، الأسبستوس، السليكون المغطى بالصوف الزجاجي. تستخدم شعيرات النسيج والنيلون حتى درجة حرارة ٨٠ - ٩٠ م°، بينما يستخدم الأسبستوس والسليكون المغطى بالصوف الزجاجي في درجة حرارة حتى ٢٥٠ - ٣٥٠ م°. يستخدم الصوف للغازات الحامضية بينما النسيج، النيلون والاسبستوس تستخدم كمرشحات للغازات القلوية. المرشحات من الصوف الزجاجي لها مقاومة كيميائية عالية. المرشحات من المنسوجات تستخدم في الصناعات التي تتعامل مع المنتجات الصخرية والصبغات ومواد التلوين.. الخ.

(٣) الترسيب الكهروستاتيكي: (Electrostatic Precipitator)

عند احتواء تيار من الهواء أو الغاز على رزاز مثل الغبار، الدخان أو الضباب ومروره بين قطبين معزولين كهربياً عن بعضهما البعض وبينهما فرق كبير في الجهد الكهربى، عندئذ فإن جسيمات الرزاز ترسب على القطب ذو الجهد الأقل. المرسب الكهروستاتيكي يحتوى على الأجزاء التالية:

أ- مصدر فولت عالى.

ب- قطب صرف الجهد العالى (عادة سالب) له مساحة مقطع صغيرة مثل السلك، قطب الجمع (عادة موجب وعند جهد الأرض) له مساحة سطحية كبيرة مثل ماسورة أو لوح..

ج- تجهيزه لصرف المادة المتجمعة

د- غلاف خارجي لاحتواء القطب

الخطوات الأساسية الأربع التالية يتم إتباعها في تشغيل المرسب الكهروستاتيكي:

(١) الشحن الكهربى للجسيمات بالتأين.

(٢) نقل الجسيمات المشحونة كهربياً بالقوة المسلطة عليهم في المجال الكهربى إلى سطح الجمع.

(٣) معادلة الجسيمات ذات الشحنة الكهربائية المرسبة على سطح الجمع

(٤) إزالة الجسيمات المرسبة من سطح الجمع بالحك أو بالغسيل.

تكون المرسبات الكهروستاتيكية هى المفضلة فى حالة:

(١) عند تداول أحجام من الغازات ضخمة جداً

(٢) أهمية إستعادة مادة جافة لها قيمة إقتصادية

(٣) أساسى فى إزالة الجسيمات الدقيقة جداً وبكفاءة تجميع عالية

(٤) عندما تكون درجة حرارة الغاز مرتفعة جداً

أجهزة الترسيب الكهروستاتيكية مستخدمة على نطاق واسع فى محطات توليد الطاقة، وفى صناعة الورق ولب الورق، وفى الصناعات الكيماوية مثل مصانع حامض الكبريتيك، الحديد والصلب، وفى الصناعات التعدينية ومصانع التكرير وصناعة أسود الكربون ومصانع طحن الصخور.

(٤) الغسيل الرطب: (Wet Scrubbers)

يستخدم الغسيل الرطب فى حالات:

أ- عند الحاجة إلى الإزالة للجسيمات الصلبة بكفاءة عالية.

ب- عند الحاجة إلى إزالة الجسيمات وكذلك الملوثات الغازية

ج- عندما تكون الغازات المطلوب معالجتها قابلة للاشتعال

د- عندما يكون حجم الغازات المطلوب معالجتها منخفض

هـ- عندما يكون التبريد مطلوب ولا اعتراض على إضافة الماء.

و- عندما يكون هناك تغير كبير فى معدل السريان.

ز- عندما تكون درجة الحرارة للغازات المعالجة مرتفعة حتى ٣٠٠ م° أو أكبر من ذلك

تقسيم تجهيزات الغسيل الرطب طبقاً لطريقة جميع الجسيمات كالآتى:

(أ) نوع عربة السائل حيث تيار الغاز المحتوى على الجسيمات يمكنه الارتطام بسطح السائل خلال جهاز الجمع والسائل الحامل لجسيمات البخار يتدفق إلى خارج الجهاز للصرف.

(ب) نوع إعداد الجسيمات حيث جسيمات الغبار فى تيار الغاز يحدث لها التصاق جيد مع الماء بحيث أن الحجم المؤثر للجسيمات يزداد بسبب تكون تجمعات من الجسيمات مع الماء الأكثر ثقلاً (Agglomeration). وهذه يمكن فصلها بسهولة أكثر من تيار الغاز بأى من آليات التجميع.

أنواع كثيرة من أجهزة الغسيل الرطب المستخدمة فى الحد من تلوث الهواء والتي تشمل الغسيل بالفنشورى (Ventury Scrubber)، الغسيل بالرش بالجاذبية (Gravity Spray Scrubber)، الغسيل بالتصادم الرطب، غرف الرش الحلزونية، الغسيل الرطب بالطرد المركزى.. الخ.

يستخدم الغسيل الرطب فى الصناعات الكيماوية، التعدينية وذلك لحجر SO_2 ، NH_3 ، أدخنة المعدن.. الخ.

الإزالة المؤثرة للملوثات الغازية والجسيمات من عادم الغازات من الأنشطة بفعل الإنسان هى ذات دلالة هامة جداً. فى حالة صرف ملوثات الهواء فى الجو بطريقة غير واعية وغير صحيحة، فإن الإتزان الديناميكى الموجود فى الجو سوف يضطرب وهذا يسبب تأثيرات ضارة على الإنسان والبيئة.

الفصل الثالث

طرق معالجة انبعاثات الغازات العادمة

والجسيمات الصغيرة فى الهواء الجوى

Particulate & Gaseous Emmisions Control

عام:

ينبعث من كثير من الصناعات عوادم من الغازات والجسيمات الصغيرة الصلبة التى تختلط بالهواء الجوى. لمنع هذه الانبعاثات من الاختلاط بالهواء الجوى تستخدم عدة تجهيزات والتى تصمم على أساس التكاليف الأولية، وتكاليف الصيانة، مدى توفر المساحات من الأراضى، وكفاءة التصميم فى العمل وجمع المخلفات. يراعى عند التصميم مراعاة الآتى:

* خواص الغاز الحامل مثل: الضغط، الرطوبة، درجة الحرارة، الكثافة، نقطة الندى، اللزوجة.. الخ.

* عوامل التشغيل: مثل تركيز الجسيمات العالقة، الفقد فى الضغط المسموح به، معدل تدفق الغازات العادمة، متطلبات كفاءة الجميع.. الخ

* بالإضافة إلى خواص معينة مثل الشكل، العدوانية، الكثافة، الالتصاق، التوصيل الكهربى، السمية، قطر الجسم العالق.. الخ.

تجهيزات جمع الغبار:

تنقسم تجهيزات جمع الغبار إلى ثلاثة أنواع وذلك طبقا لكفاءة الجمع، الامكانيات، طريقة العمل:

* تجهيزات فصل داخلية (Internal Separators)

* تجهيزات جمع رطبة

* الترسيب بالطريقة الكهروإستاتيكية.

* تجهيزات الفصل الداخلية:

تصنع تجهيزات الفصل الداخلية لجمع الغبار بأشكال واحجام مختلفة كالآتى :

* الجمع باستخدام العواكس (Louver Collector)

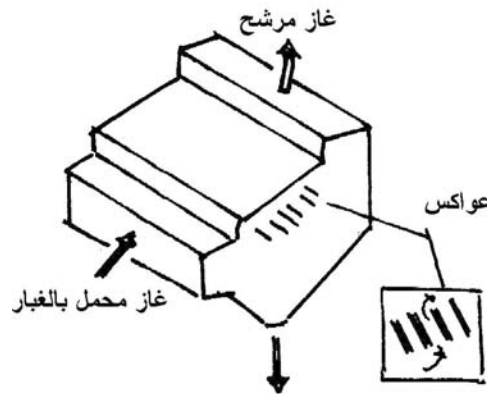
* المرشحات المصنعة من المنسوجات Fabric Filters

* طرق الترسيب بالجاذبية

* السيكلون

(١) تجهيزات الجمع باستخدام العواكس : شكل (١١)

عند التغير المفاجئ فى إتجاه مسار الغاز المتدفق ، فإن حبيبات الغبار لا تستطيع التغير المفاجئ فى الاتجاه بسبب القصور الكبير لهذه الحبيبات حيث يتم فصلها عن الغاز. هذا المبدأ مطبق فى تجهيزه جمع الغبار بالعواكس الموضح فى الشكل (١١). وهو يتكون من عدة ألواح بزاوية بالنسبة لمسار الغاز. توضع الألواح لاجبار التغير الحاد والسريع فى مسار تدفقات الغاز، حيث تنفصل جسيمات الغبار عند نقطة التغير المفاجئ الحاد فى الاتجاه. تجمع جسيمات الغبار فى قاع جهاز التجميع. فى حالة وضع الألواح (الريش) بفواصل صغيرة عند الزوايا الحادة لاتجاة تدفق الغاز فإن ذلك يؤكد أقصى ظروف لجمع الغبار.



شكل (١١) نظام العواكس

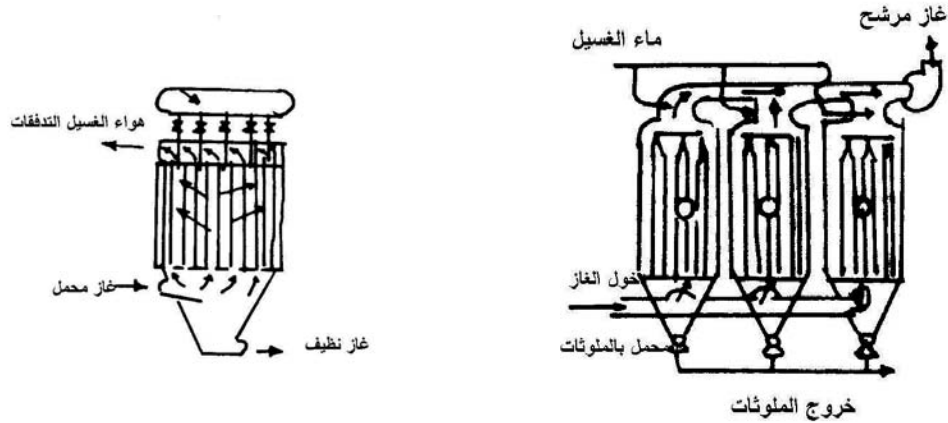
(٢) المرشحات المصنعة من المنسوجات: شكل (١٢)

إستخدمت المرشحات المصنوعة من المنسوجات على نطاق واسع فى تجهيزات جمع الغبار العديدة مثل إسطدام القصور الذاتى، التقاطع، التسرب، الترسيب، والفصل الكهرو إستاتيكي.

عند مرور غازات محملة بالغبار على سطح من المنسوجات فإن خط التدفق للغاز ينحرف، بينما حبيبات الغبار حتى 0.1 ميكرون تلتصق على النسيج بسبب القصور الذاتى. بفرض أن الحبيبات لا تنحرف وأنها تسير فى مسار الغاز فإن النسيج يسبب لها إعاقة وتنتشر فى النسيج. يحدث الترسيب عند تدفق الغاز بسرعات منخفضة وأن تكون حبيبات الغبار كبيرة أكبر من 10 ميكرون. حبيبات الغبار (حيث حجم الحبيبات من 0.5 إلى 5 ميكرون) يمكن تجميعها بسبب الشحنات الكهرو إستاتيكية عند مرور الغاز الملوث على منسوجات من الخيوط الكيماوية.

نسبة الهواء إلى النسيج من أحد العوامل الهامة عند تصميم المرشحات من المنسوجات فى مرشح الكيس بالنسبة المنخفضة، فإن نسبة الهواء إلى النسيج هى ما بين $7 - 25$ ملليمتر / الثانية. الشكل (١٢) يوضح مرشح الكيس.

شكل (١٢) مرشح الكيس



مرشح الكيس منخفض النسبة

مرشح الكيس عالى النسبة

فى هذا المرشح تدخل الغازات المحملة بالغبار خلال قاع القادوس حيث ترسب الأجسام الثقيلة بفعل الجاذبية. ترسب الجسيمات وتحتجز فى الجانب الداخلى لنسيج المرشح وذلك عند مرور الغاز خلاله. لتنظيف الأكياس يتم دفع الهواء المضغوط فى الإتجاه المعاكس. فى المصنع الواحد، يستخدم صفين من تجهيزات جمع الغبار. عند وجود صف فى العمل لجمع الغبار فإن الصف الآخر من الأكياس يتم إجراء عملية نظافته. تنظيف الأكياس يمكن عمله كذلك باستخدام هزازات أو نبضات. عادة نسبة الهواء إلى النسيج تكون ما بين ٧,٥ - ١٢,٥ ملليمتر/ الثانية، ولكن فى حالة النسبة العالية للأكياس فإنها يمكن أن تكون ٥٠ - ٥٠ ملليمتر/ الثانية. الوسط الترشيحي للمرشحات النسيجية يمكن أن ينقسم إلى مجموعتين وذلك طبقا لبناء طبقة الغبار على المرشح. هذه المنسوجات أو اللباد يتم التصاقها كيميائيا وميكانيكيا.

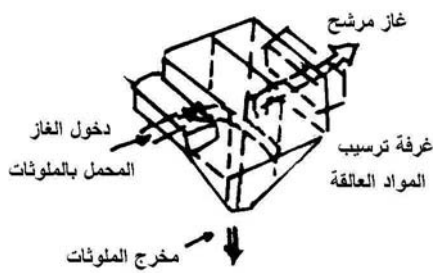
الجدول التالى يوضح مختلف أنواع نسيج المرشح وحدود درجات حرارة إستخداماتها:

نوع النسيج	الاسم التجارى	أقصى درجة حرارة يمكن استخدامها
بولى آميد (التسلسل الطويل)	النيلون	١٢٠م
بولى أكليرونيتريل	ميكروتين	١٣٠م
بولى إيستر	داكرون	١٣٠م
بولى تترافلورو إثيلين	تينلون	٢٨٨م
بولى آميد (أرماتيك)	نُومكس	٢٣٠م
زجاج	زجاج	٣٠٠م
قطن	قطن	٨٠م
صوف	صوف	٩٣م

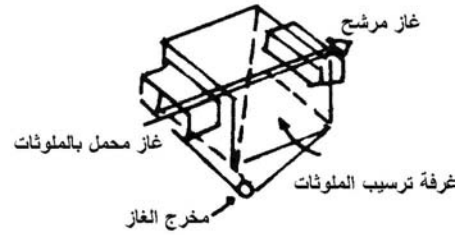
(Gravity Settling Chambers) : غرف الترسيب بالجاذبية (٣)

الشكل (١٣) يوضح غرفة الترسيب بالجاذبية.

شكل (١٣) تجميع بالجاذبية



تجميع بالجاذبية والعوائق

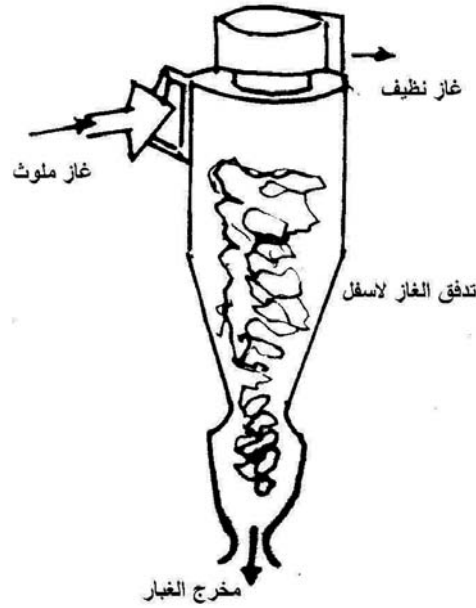


تجميع بالجاذبية

وهي تتكون أساساً من غرفة مغلقة حيث تنخفض سرعة الغازات العادمة المحملة بالجسيمات العالقة الصغيرة تنخفض إلى حد كبير، حيث ترسب الجسيمات العالقة (الغبار) بفعل الجاذبية. في هذه الغرف يتم المحافظة على السرعة الأفقية للغاز إلى أقل ما يمكن وذلك لإمكان توفير أفضل ظروف للترسيب. ولكن من الناحية العملية يتم المحافظة على سرعة الغاز في الغرفة ما بين ٠,٣ إلى ٣,٠٠ متر في الثانية، بما يسمح فقط للجسيمات كبيرة الحجم ذات قطر ٤٠ ميكرون وأكبر أن ترسب في هذه الغرف.

(٤) السيكلون (Syclone) :

شكل (١٤) يوضح سيكلون لإزالة الغبار من الهواء.



شكل (١٤) السيكلون

السيكلون يعمل بمبدأ فصل الجسيمات العالقة بتحويل سرعة دخول الغاز الداخل إلى دوامة مضاعفة (Double Vortex). الغاز الداخل يتحرك حلزونياً عند السطح الداخلي إلى أسفل، عند السطح الأوسط يتحرك حلزونياً إلى أعلا. بسبب القصور الذاتي فإن جسيمات الغبار تميل إلى التركيز على سطح جدار السيكلون إلى حيث ترسب ثم إلى المخرج. وهذه الطريقة أقل في التكلفة ومناسبة للغبار الجاف ذات قطر من ١٠ - ٤٠ ميكرون ، كما أن السيكلون يمكنه تداول ظرف متعددة من الحالات الطبيعية والكيميائية مقارنة بأجهزة التجميع الأخرى. تزداد كفاءة السيكلون مع زيادة الآتى :

* سرعة دخول الغازات المحملة بالغبار

* قطر حبيبات الغبار
* كثافة حبيبات الغبار
* تركيز الغبار في الغاز الحامل
* نعومة السطح الداخلى لجدار السكلون.
ولكن لوحظ أن زيادة سرعة الدخول تقلل من كفاءة التجميع حيث يحدث التصاق الحبيبات مع بعضها.

* تجهيزات التجميع الرطبة: (Wet Collection Devices)

هذه التجهيزات تزيل جسيمات الغبار من الغاز بترطيب الجسيمات بنقاط من السائل أو بإعاقة الجسيمات الرطبة أو الغير رطبة على سطح تجميع ثم التنظيف ببثق السائل. الآتى بعد تجهيزات التجميع الرطبة.

❖ الكاشطات الحلزونية

❖ غرف الرش

❖ الكاشطات بالفينشورى

❖ الأبراج ذات الوسط الترشيحي

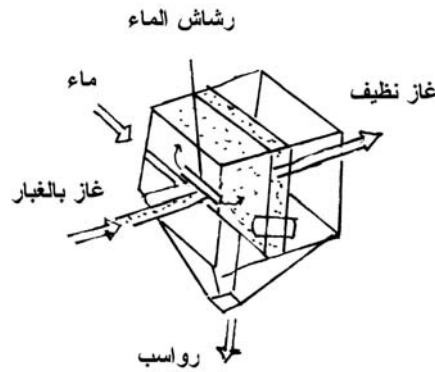
الكاشطات الحلزونية (Cyclonic Scrubbers)

وهذه تعرف كذلك بالحلزون الرطب - يعتبر جهاز السيكلون (شكل ١٤) من الكاشطات الحلزونية - فى هذه الحلزونات يوجد عادة دخول ملامس للإيروسول (الغاز المحمل بالغبار)، حيث تنفصل الجسيمات العالقة من الإيروسول بقوة الطرد المركزى والاصطدام بالماء عند الدخول. هذا الحلزون يمكن تجهيزه بمقطع مزيل للطروبة مكون من ألواح فى شكل الزج زاج. التصميم لهذه الكاشطات الحلزونية ينفذ عادة حتى ٢٠٠٠ لتر فى الدقيقة ومتطلبات المياه التى تتراوح ما بين ٢ لتر إلى ٥٠ لتر لكل ٤٠ لتر من الغاز. تزال جسيمات الغبار ذات قطر ٥ ميكرون وأكبر بكفاءة ٩٠٪، كما يحدث خفض فى ضغط الماء ٠,٤ - ٠,٧ سم.

غرف الرش : (Spray Chambrs)

الشكل (١٥) يوضح غرفة الرش لإزالة الغبار.

شكل (١٥) غرف الرش



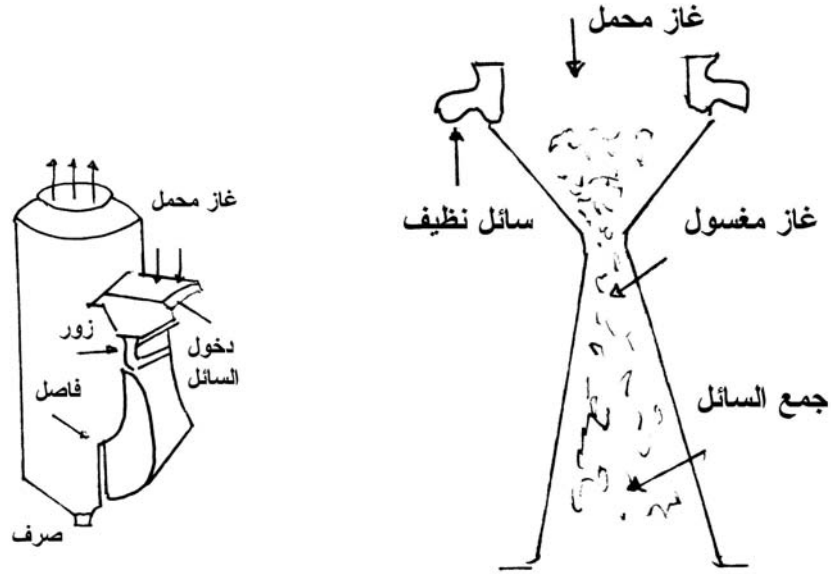
الشكل (١٥) به غرفة ترسيب بالجاذبية بسيطة مجهزة برشاشات للسائل. في هذه التجهيزة يتم غسيل الغاز برش الماء حيث يرسب الغبار كحمأة في قاع غرفة الحمأة. معظم الإزالة يرجع إلى التصادم ما بين جسيمات الغبار ونقاط الماء حيث تحتجز جسيمات الغبار بواسطة الماء. هذا يسبب زيادة في حجم ووزن جسيمات الغبار بما يعمل على سرعة الترسيب والجمع.

الغسيل بالفنشوري : (Venturi Scrubber)

الشكل (١٦) يوضح جهاز الغسيل بالفنشوري وهذا يمكنه تنظيف ٤٠٠٠ لتر من الغاز في الدقيقة. لإزالة العتامة والضباب فإن الغسيل بالفنشوري يليه الفصل الحلزوني. يتكون الغسيل بالفنشوري أساساً من زور الفنشوري حيث يندفع خلاله الغاز الحامل للغبار بسرعة مستقيمة حوالى ٣٤٠٠ إلى ١٢٦٠٠ متر في الدقيقة. الماء بصفة سائل الغسيل العادى يضاف فى إتجاه تدفق الغاز بمعدل ٠.٣ إلى ١.٥ لتر لكل لتر من الغاز.

دخول الماء يتم عند زور الفنشورى ببائقات (Nozzles) أو عند الدخول بواسطة باثقات ذات الهدار.

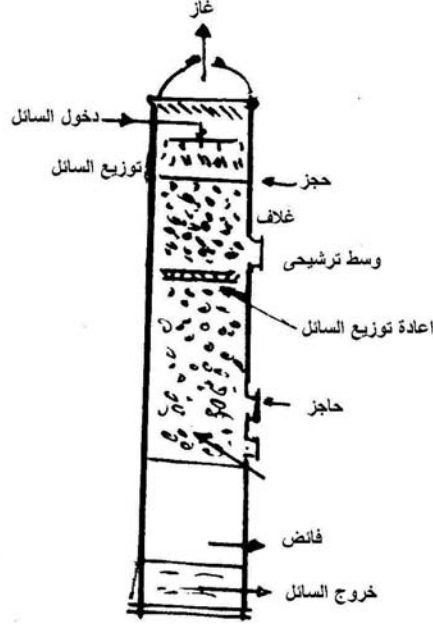
شكل (١٦) الغسيل بالفنشورى



تختلف كفاءة الغسيل بالفنشورى طبقا للطاقة المستخدمة حيث يمكن أن تصل إلى ٩٩٪ حتى بالنسبة للجسيمات الأصغر فى الحجم من الميكرن. عند السرعة العالية تتركز المياه عند الزور والاضطراب الناتج يؤدي لزيادة كفاءة الجمع للجسيمات المتناهية فى الصغر. فى استخدام مادة الصنع المناسبة لجهاز الغسيل بالفنشورى فإنه يمكنه العمل مع الغازات المسبب للتآكل والاحتكاك والبرى وذات درجات الحرارة المرتفعة.

الأبراج ذات الوسط الترشيحي (Packed Towers) :

الشكل (١٧) يوضح برج الوسط الترشيحي لتنظيف الهواء والغازات.

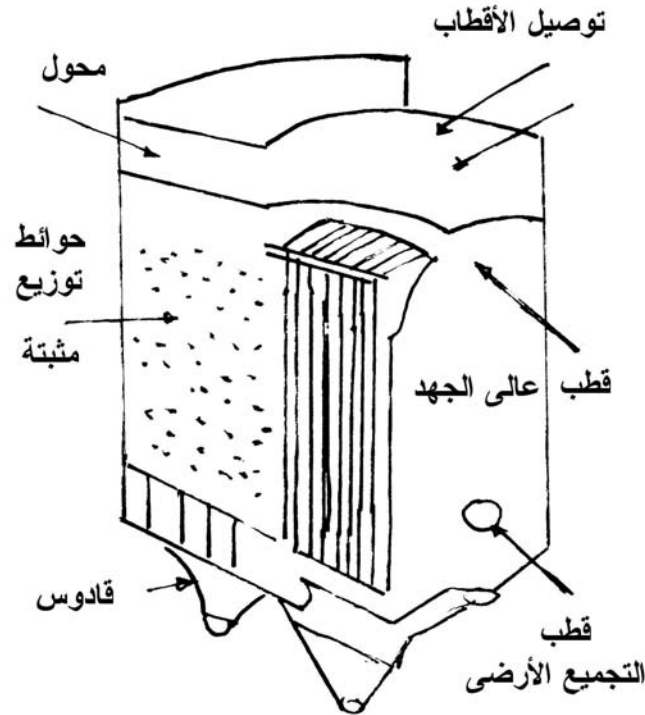


شكل (١٧) برج الحشو

فى هذا البرج تمر الغازات المحملة بالغبار إلى أعلا خلال طبقة مادة التجميع. يتدفق السائل إلى أسفل خلال الطبقة مسبباً نظافتها وكذلك إزالة الجسيمات المرسبة. المساحة السطحية للجمع يجب أن تكون كبيرة نسبياً. المواد المستخدمة فى هذا الوسط الترشيحي يجب أن تكون ذات كثافة نوعية منخفضة، مقاومة للتآكل وخاملة كيميائياً. عادة تستخدم أشكال من السيراميك (حلقية)، أشكال من الحجارة، الكوك .. إلخ. تستخدم مواد الوسط الترشيحي الخشنة لإزالة الجسيمات أقل من ١٠ ميكرون. سرعة الغاز خلال الطبقة الخشنة تكون حوالى ١٠٠ متر فى الثانية. وفى حالة الطبقة الرفيعة تكون السرعة ١٨ - ٢٠ متر فى الدقيقة. مميزات هذه الطريقة هى أن الفقد فى الضغط يظل ثابتاً. الحمأة التى يتم تجميعها يتم التخلص منها بعد الترويب والترسيب وزيادة كثافتها. ولذلك فإن المعالجة والتخلص من الحمأة هو عملية إضافية مطلوبة فى هذا النظام.

* الترسيب الالكتروستاتيكي: (Electrostatic)

يمكن تنفيذ هذه الطريقة لمختلف أنواع أشكال الغازات مع كفاءة تجميع ٩٩.٩٩٪ و طاقة حتى ١٥٠٠٠٠ لتر في الدقيقة وعند درجة حرارة حتى ٦٠٠ درجة مئوية. يوجد قليل من فقد الضغط في هذه الطريقة حتى ٦ - ١٠ سم من الماء. الشكل (١٨) يوضح جهاز الترسيب الالكتروستاتيكي.



شكل (١٨) مرسب كهروستاتيكي

الغازات المحملة بالغبار تمر أفقياً خلال ممرات للغاز عمودية وضيقة مكونة من صفوف متوازية من أقطاب جمع أرضية. يستخدم أسلاك معزولة ذات فرق جهد عالي حتى ٤٠ - ٥٠ كيلو فولت بفواصل بدقة في خط المنتصف لكل ممر للغاز وبذا تسبب مرور الغاز المحمل بالغبار بين أسلاك ذات جهد مرتفع والألواح المتصلة أرضي.

مبدأ العمل للمرسبات اللكتروستاتيكية هو كالآتى :

***تأين الغاز:**

الجهد العالى المستخدم فى هذه الطريقة عند ٤٠٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ فولت يسبب إنتاج مليارات الاليكترونات والتى تصطدم بجزئيات الغاز والتى تصبح بالتالى أيونات سالبة وأيونات موجبة. مشاهدة هالة زرقاء يمثل تكون أيونات الغاز.

*** شحن الغبار:**

الأيونات موجبة الشحنة تعود ثانياً إلى سلك القطب السالب حيث تكتسب إليكتروناته ، بينما الأيونات سالبة الشحنة تصطدم بجسيمات الغبار حيث تصبح هذه الجسيمات سالبة.

*** ترسيب الغبار:**

جسيمات الغبار سالبة الشحنة تدفع بقوى كهربية عالية فى إتجاه اللوح موجب الشحنة (الموصل أرضى) حيث تلتصق به. بهذه الطريقة فإن جسيمات الغبار تجمع على قطب التجميع وهكذا مكونة طبقة كثيفة. هذه الطبقة تنزف بالتدريج شحنتها السالبة نحو القطب الأرضى. هذه الزيادة فى سمك طبقة الغبار توفر المقاومة لتوصيل الأيون سالب الشحنة والمعروف بمقاومة الغبار (Dust Resistivity) ومقاومة الغبار هذه يجب أن تكون ما بين ١٠٧ – ١٠^{١١} أوم/ سم.

عند زيادة سمك طبقة الغبار عن ٦ ملليمتر فإن قوة الجذب الكهربية تصبح ضعيفة. أما الجسيمات المرسبة حديثاً فإنها محتفظة بالشحنة نظراً لأن قطب الجمع (collectrode) كان معزولاً بطبقة الغبار. فى الظروف السابقة وبسبب الجسيمات سالبة الشحنة على قطب الجمع يحدث وميض فوقى بين قطب السلك وقطب التجميع والذى يقلل من كفاءة المرسب الاليكتروستاتيكي. عند هذه المرحلة فإن طريقة حادة تسبب إنتزاع طبقة الغبار من قطب التجميع. هذا الطرق يسبب تلاصق الغبار والذى يجمع فى قادوس الجمع. المجال العالى للجهد يعيد شحن أى جسيمات صغيرة والتى عاد إحتجازها أثناء عملية الطرق.

للحصول على كفاءة عالية فإن المرسب. الكهروستاتيكي يجب أن يعمل عند سرعات للغاز من ١ - ٢ متر في الثانية، عند درجة حرارة ١٠٠ - ١٥٠ م. معدل الترسيب يتراوح من ٠,٠٦ إلى ٠,٢ ثانية /سم ويتوقف على حجم حبيبات الغبار وخواص الغاز. الترسيب الكهروستاتيكي له فوائد ومميزات كثيرة مثل عدم وجود أجزاء متحركة، يمكن العمل في درجة حرارة حتى ٧٢٠ م، الطاقة الاستيعابية العالية للغاز، وكفاءة تجميع عالية للجسيمات الصغيرة وفقد في الضغط قليل. ولكن العيوب قد تشمل التكاليف الأولية العالية، عمالة مدربة تدريب خاص للعمل عند تداول الجهد العالي، متطلبات النظافة المسبقة، حدود الاستخدام للملوثات السائلة والصلبة.

إزالة ثانى أكسيد الكبريت من الغازات العادمة:

الغازات العادمة تحتوى على نسبة عالية من ثانى أكسيد الكبريت ، ذلك لأن محتوى الوقود من الكبريت مرتفع. الفحم المحتوى على نسبة عالية من الكبريت يستخدم عادة كوقود فى الصناعة وفى محطات الطاقة الحرارية ويمكن خفض ثانى أكسيد الكبريت فى الغازات العادمة باستخدام الفحم المحتوى على نسبة منخفضة من الكبريت ولكن محتوى الفحم من الكبريت قد يصل إلى حوالى ٣,٥٪. يمكن إزالة الكبريت بالهدرجة (Catalytic Hydrogenation) للفحم العالق فى القار عند ضغط ١٠٠ – ٢٥٠ جوى ودرجة حرارة ٤٥٠م للحصول على إزالة الكبريت بنسبة ٧٥٪ مع استهلاك ٢٠ كيلو جرام من الهيدروجين لكل طن من الفحم. كبريتيد الهيدروجين الناتج من هذه العملية يمكن حرقه خلال المداخن.

زيت البترول الخام يحتوى على كبريت بنسب مختلفة. يمكن خفض المحتوى من الكبريت الموجود فى زيت البترول بالمعالجة بالصودا الكاوية. كبريتيد الهيدروجين المنتج ومركبات الكبريت الأخرى (Mercaptanes) يمكن حرقها عند إرتفاعات المداخن. لخفض الكبريت فى زيت البترول تستخدم طريقة (Hydro desulpharization).

خفض ثانى أكسيد الكبريت من الغازات العادمة:

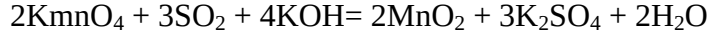
تستخدم طرق مختلفة لخفض ثانى أكسيد الكبريت من الغازات العادمة ولكن ذلك يتوقف على نوع الصناعة. بعض الطرق العادية المستخدمة لخفض ثانى أكسيد الكبريت فى الغازات العادمة كالتالى:

* باستخدام سائل الأمونيا:

تستخدم هذه الطريقة فى صناعة الأسمدة، حيث تمر الغازات المحتوية على ثانى أكسيد الكبريت خلال محلول الأمونيا حيث تنتج كبريتات الأمونيا ويتم بيعها كمنتج ثانوى. فصل غاز ثانى أكسيد الكبريت من الغازات العادمة الملتصق بالسائل يتم تنفيذه فى أبراج الإدمصاص أما المحتوى على حشو زلطى أو بلاستيك أو الأبراج ذات الألواح المتعاقبة، كذلك الأبراج التى تعمل بالفنشورى وبالرش.

* طريقة كايروكس (Cairox Method) :

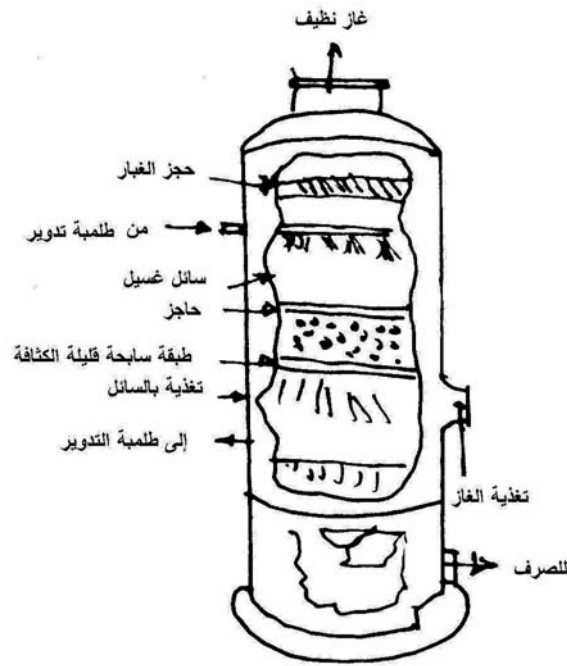
فى هذه الطريقة الغاز النظيف المحتوى على ثانى أكسيد الكبريت يتم خلطه مع برمنجات البوتاسيوم ($KMnO_4$) بالرش ، تحدث الأكسدة كالتى :



الحماة الناتجة من العملية السابقة يتم صرفها فى خطوط مواسير الصرف الصحى .
حيث يعمل ثانى أكسيد المنجنيز كعامل أكسدة وعامل ترويب فى معالجة مياه الصرف الصحى .

* طريقة الحجر الجيرى – طريقة الغسيل بالجير :

الشكل (١٩) يوضح تقنية إزالة ثانى أكسيد الكبريت بطريقة الحجر الجيرى السابحة .



شكل (١٩) الطبقة السابحة بالجير المطفى

فى هذه الطريقة يتم حقن الحجر الجيرى فى طبقة الجهاز. عندئذ يتم تمرير الغازات المحتوية على ثانى أكسيد الكبريت خلال الطبقة المعدة عند ٨٠٠ - ١٠٠٠ م. فى هذه الطريقة يتم فصل ثانى أكسيد الكبريت بنسبة ٩٠٪ مكونا كبريتات الكالسيوم. الحبيبات المنتجة يمكن فصلها بطرق فصل المواد الصلبة عن السائلة.

فى طريقة الغسيل بالجير يتم تمرير الغازات المحتوية على ثانى أكسيد الكبريت خلال مياه الجير. يزال ثانى أكسيد الكبريت من الغازات مكوناً محلول كبريتات الكالسيوم والذى يتم تكثيفه فى أجهزة زيادة القوام (Thickners) ثم تجفيفه والتخلص منه كمخلفات صلبة.

*** طريقة الامتصاص بالمنخل الجزيئى (Molecular Sieve Absorption Method)**

فى الصناعة المنتجة ١٨٠ طن فى اليوم من حامض الكبريتيك باستخدام راتنج عند ٤٠ م، ثم جمع مستويات منخفضة من ثانى أكسيد الكبريت بحوالى ١٥,٥ جزء فى المليون من الغاز النهائى. يتم فصل ثانى أكسيد الكبريت من الغازات العادمة بطريقة المنخل الجزيئى حيث يتم تخليصها من الراتنج بالهواء الجاف عند ١٠٠ م ثم تدويره ثانياً لمحاولات ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) لانتاج حامض الكبريتيك.

*** التخلص من ثالث أكسيد الكبريت :**

الغازات العادمة تحتوى على كمية صغيرة من ثالث أكسيد الكبريت مقارنة بمستوى ثانى أكسيد الكبريت. عند خروج ثالث أكسيد الكبريت من المدخنة فإنه يتفاعل مع الرطوبة فى الجو مكوناً ضباب حامض ، والذى بالتالى يكون دخان أبيض. عند وجود ثالث أكسيد الكبريت الغازى فى شكل مركز فى الغازات العادمة ، فإن الغازات يتم إعادة تكثيفها وتدويرها خلال أجهزة الامتصاص (Absorbers).

*** مزيل الضباب الحامضى (Acid Mist Remover) :**

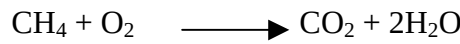
الصناعات الكيماوية المنتجة لحامض الكبريتيك يمكن أن تنتج ضباب مستمر يصعب التخلص منه. حجم نقاط الضباب يتراوح من ١ إلى ١٠ ميكرومتر أو أكثر، ولكن يصعب التخلص من نقاط الضباب الأصغر من ذلك. أما بالنسبة للنقاط الكبيرة والتى تزيد عن ١٠ ميكرومتر يمكن إستخدام سلك شبك من الصلب المقاوم مركب أعلا برج الامتصاص. ويعمل بخفض قليل فى الضغط حيث إزالة هذه النقاط من الضباب. يمكن كذلك

إستخدام الغسيل بالفنشورى Venturi Scrubber لإزالة هذه النقاط، ولكن يلزم إنخفاض كبير فى الضغط لتحقيق كفاءة الإزالة.

فى حالة نقاط الضباب الحامضى الصغيرة، فإن استخدام أجهزة الترسيب الاليكتروستاتيكية تعتبر ذات كفاءة عالية فى إزالتها. فى هذه الحالة يجب أن تكون الأقطاب وكذلك جسم الجهاز من مادة مقاومة للأحماض ومقاومة للتآكل. أجهزة تجميع الضباب من الفيبرجلاس يمكن إستخدامها كذلك لتجميع النقاط ذات الانخفاض العالى فى الضغط..

* الإختزال بالعامل المساعد (Catolytic Reduction) :

يمكن إختزال غاز NO₂ والأكسجين فى الغازات العادمة وذلك بالخلط مع الوقود الغاز والتميرير على عامل وسيط. العامل الوسيط المستخدم هو الفاناديوم البلاتينى والبلاتين. عادة يستخدم الميثان كوقود فى هذه العملية. حيث تحدث التفاعلات الآتية :



العامل الأخير للتخلص من الملوثات فى الغازات العادمة هو التخفيف بفعل الهواء الجوى حيث تزداد نسبة التخفيف بزيادة حركة الرياح التى تزداد كلما إرتفعنا عن سطح الأرض.