التلوث الهوائيAir Pollution

يعد تلوث الهواء من اخطر واحرج انواع التلوث لسببين:

1 - محدودية المورد الهوائي.

2 - أن الانسان يستهلك 15 كغم يوميا من الهواء مقارنة بـ 3 كغم من الماء و 1 كغم من الغذاء. كما أن حاجة الهواء مستمرة لايستطيع الانسان الاستغناء عنه لدقائق معدودة.

التلوث الهوائي اما أن يكون طبيعي ناتج عن انفجار البراكين وحرائق الغابات وتسرب الغازات من باطن الأرض او أن يكون الانسان سببا في أحاثه بسبب الثورة الصناعية والتقدم التكنولوجي (المصانع والسيارات) او بسبب استخدام الفحم كوقود للتدفئة.

حدثت كوارث كبيرة للتلوث الهوائي في تاريخ العالم منها في لندن بسبب حرق كميات كبيرة من الفحم وصدر اعلان عام 1306 يلزم حرق الفحم في الافران فقط ومنها حادثة ضباب لندن الكيمياوي أشهر كارثة للتلوث الهوائي بسبب غاز CO_2 وصدر على أثرها لائحة الهواء النقي عام 1956 في بريطانيا وعقد في لندن عام 1959 اول مؤتمر للتلوث الهوائي.

مصادر الملوثات الهوائية وانواع الملوثات:

تقسم ملوثات الهواء حسب طبيعتها الى ملوثات غازية Gases وملوثات جسيمية Particulates او دقائقية.

أولا: الملوثات الغازية Gases :

1 - غازات لاعضوية مثل:

أ - ثاني اوكسيد الكبريت SO_2.

ب -أكاسيد النتروجين NOx.

ت -أول أوكسيد الكاربون CO .

ث -كبريتيد الهيدروجين H_2S.

2 - غازات (ابخرة) عضوية:

أ - الهيدروكاربونات

ب -الكحول الكبريتي.

ت -الكحول.

ث -املاح عضوية.

ج -الكينوات.

الملوثات الجسيمية Particulates او الدقائقية:

تشمل الدقائق الصلبة او السائلة التي تبقى عالقة في الجو لفترة محدودة بين عدة ثواني الى عدة أشهر تبعا لحجم تلك الذرات وتقسم الجسيمات تبعا لطريقة اخذ النموذج الى نوعين:

1 - الدقائق العالقة Total suspended Particulates: وهي الدقائق التي يتم جمعها بواسطة جامع العينات المسمى Large Volume sampler.

2 - الغبار الساقط او المترسب Dust fall: ويقصد به ذلك الجزء من الدقائق التي لها الحجم والوزن النوعي الكافي لكي تترسب بواسطة الجاذبية الأرضية في جامع عينات الغبار الساقط Dust fall Sampler خلال مدة شهر واحد وبالتاكيد فان الغبار الساقط هو أقل بكثير من الدقائق العالقة المذكورة آنفا.

وتجدر الاشارة من خلال التعريف بالمصادر المختلفة للتلوث الهوائي الخمسة (أول اوكسيد ، اكاسيد الكبريت ،الهيدروكاربونات ، أكاسيد النتروجين) اضافة الى الجسيمات هي المسؤولة 90% عن مشكلة التلوث الهوائي.

وحدات قياس الملوثات الغازية:

يقاس تركيز الملوثات الغازية بحجم الملوث الغازي في كل مليون حجم من الهواء ويرمز له جزء بالمليون (ppm).

ويستخدم المايكروغرام / م^3 أو الـ ملغم/م^3 لقياس الملوثات الغازية ومن الممكن تحويل العلاقة الحجمية لتركيز الملوثات الى علاقة وزنية كالتالي:

حجم الوزن الجزيئي الغرامي من الغاز (ظروف قياسية) = 22.4 لتر.

التركيز (ملغم/م^3) = (التركيز الحجمي ppm / 22.4) * الوزن الجزيئي للغاز

مثال:

أذا كان التركيز الحجمي لغاز اول أوكسيد الكاربون الخارج من عادم السيارة = 1.5 ppm فما التركيز الوزني (ملغم/م^3) له؟

الحل:

الوزن الجزيئي الغرامي لـ CO = 28 غرام

التركيز الوزني (ملغم/م^3) = 1.5 * (22.4/28) = 1.875

وسائل قياس الجسيمات Particulates:

تعرف الدقائق بتسميات متعرف عليها كالتالي:

1 - الغبار Dust : دقائق من المواد الصلبة تتباين اقطارها بشكل كبير.

2 - الدخان Smoke : جسيمات صلبة (كاربونية) وقطرات متكاثفة مع السوائل أقطارها بين 1 الى 10 مايكرون.

3 - الضباب Fog : جزيئات ماء متكاثفة موجودة بكميات كبيرة في الهواء.

4 - الابخرة المعدنية Fumes: جسيمات المعادن والمواد العضوية تتراوح اقطارها بين 0.01 الى 1 مايكرون.

5 - الرذاذ Spray : قطرات سوائل متكاثفة ومتباينة الحجم.

الوسائل:

1 - جدول رينكلمان Ringleman Chart: يفيد في تحديد كثافة الدخان.

2 - جامعات الغبار الأسطوانية: لقياس الجسيمات القابلة للترسيب التي يزيد حجمها عن 10 مايكرون. وتحسب كمية المتساقطات (الرواسب الغبارية) بـ (ملغم/سم^2) أو (طن /ميل^2) في الشهر الواحد.

3 - مرشح الهواء Air filter: لقياس مجمل الدقائق الموجودة في الهواء وذلك بسحب الهواء بواسطة مضخة من خلال ورقة أو قماش ترشيح تتجمع عليها الدقائق المسحوبة خلال فترة زمنية محدودة. يحسب الفرق الوزني بين غشاء الترشيح قبل سحب الهواء وبعده ويقسم على حجم الهواء المسحوب.

مثال: استخدم مرشح هواء لايجاد المعدل اليومي لتركيز الدقائق الموجودة في حي سكني يبعد 800 م عن معمل اسمنت. كان الفرق بين الغشاء قبل الترشيح وبعده يعادل 33.6 غم علما بان سعة المضخة الساحبة 100 م^3 /

ساعة وان عملية اخذ النماذج أستمرت 24 ساعة. ماهو التركيز اليومي للدقائق بـ (ملغم/ م ^{3}) في هذا الحي السكني.

الحل:

وزن الدقائق= 33.6 غم * 1000 ملغم = 33600 ملغم

حجم الهواء المرشح = 100 م^3 / ساعة * 24 (ساعة / يوم) = 2400 م^3 / يوم

تركيز الدقائق = 33600 ملغم / 2400 = 14 ملغم / م^3 (المعدل اليومي).

السيطرة على ملوثات الهواء:

أن التنسيق لمجابهة أزمة التلوث الهوائي تتكون من ثلاثة مستويات عمل أو مراحل كما مبين ادناه:

المرحلة الاولى: تعريف المحددات النوعية للهواء Air Quality Criteria : أي تحديد درجة نقاوة الهواء وتثبيت التراكيز الامينة للشوائب المختلفة وبالاخص الجسيمات Particulats واكاسيد النتروجين والكبريت واول أوكسيد الكاربون والهيدروكاربونات (الملوثات الخمسة الاولية) والمؤكسدات الكيمياضوئية (الملوثات الثانوية).

المرحلة الثانية: ترجمة محددات نوعية الهواء Criteria الى معايير لنوعية الهواءAir Quality Standards تصف أو تعرف الحدود المسموح بها لهذه الشوائب في الهواء المتاخم. أي يجب وضع معايير عند مناطق انبعاث الملوثات سواء كانت مدخنة مصنع ام كاتم سيارة وتعرف هذه المعايير بمعايير الانبعاث Emission Standards.

المرحلة الثالثة: تطبيق وسائل السيطرة لتحقيق معايير الأنبعاث وخير مثال على ذلك هو قيام منتجي السيارات في العديد من الدول بتصميم محركات هذه السيارات بحيث تعطي اقل قدر ممكن من الملوثات. كذلك فان من وسائل السيطرة فرض استخدام اجهزة السيطرة على الملوثات بالنسبة على السيارات القديمة نسبيا حتى تكون غازات عادم هذه السيارات ضمن الحدود المقبولة.

<u>التقنيات الهندسية للسيطرة على تلوث الهواء:</u>

معظم الاجراءات العلاجية منصبة في الواقع على تصفية الهواء المنبعث من مصادر التلوث الناتجة كمحطات توليد الطاقة وصناعة الاسمنت وغيرها. أن هذه الطريقة تتطلب امكانيات تكنولوجية واسعة وإجراءات مرتبطة فقط بالصناعة التي تقرر اتخاذ الاجراءات المناسبة لقنص او عزل الملوثات من غازاته المنبعثة فيما يحقق تخفيض تركيز الملوثات في الهواء المغادر للصناعة عن طريق المداخن مثلا. وسيتم التركيز على مصادر التلوث الثابتة وذلك بسبب تقنيات ازالة الملوثات المستخدمة لاحتمالات تعرض مهندس البيئة للقيام بصيانة او تصميم او تعديل مثل هذه الوحدات. وتزيل أجهزة ومعدات قنص الملوثات نوعين رئيسيين من الشوائب:

1 - الدقائق او الجسيمات Particulates.

2 - الغازات Gases .

عزل الدقائق من الهواء الملوث – المصادر الثابتة:

من الضروري التاكيد على نقطة اساسية هي أن تقليل حجم الغازات المحتوية على الشوائب ما امكن ذلك يساعد بالتاكيد على سهولة التخلص من هذه الشوائب باقل كلفة ممكنة. وقبل أن نتطرق الى الوسائل المختلفة لازالة الدقائق لا بد من التذكير ببعض الانواع المالوفة في الهواء الملوث المنبعث من المصادر الثابتة وهذه الانواع هي:

1 - القطيرات السائلة (السديم أو الطل) (Mist): وهي القطيرات من السائل يقل قطرها عن مايكرون واحد وشكلها كروي.
2 - الابخرة Fumes: وتعرف احيانا بـ الابخرة المعدنية وهي جسيمات صلبة يقل قطرها عن 1 مايكرون ويكون شكلها كروي بفضل الشد السطحي وتنتج الابخرة من الصناعات المعدنية.
3 - الغبار Dust : جسيمات كروية صلبة يتراوح قطرها بين 1 الى 100 مايكرون وقد تكون صفائحية Flakes أو ليفية Fibers.
4 - القذى Grit :وهي اجسام غير منتظمة الشكل حجمها اكبر من 100 مايكرون قد تكون على شكل اسفنجي او ليفي او صفائحي.

يعتمد اختيار الطريقة المناسبة في عزل الدقائق على خصائص هذه الدقائق كتوزيعاتها الحجمية لذلك من الضروري تحليل حجم الدقائق بطريقة مناسبة مثل استخدام المناخل او المجهر أو الترسيب. كذلك مادة الجسيمة لها اهمية في اختيار طريقة العزل مثلا كونها صلبة او سائلة وخصائصها الكيمياوية.

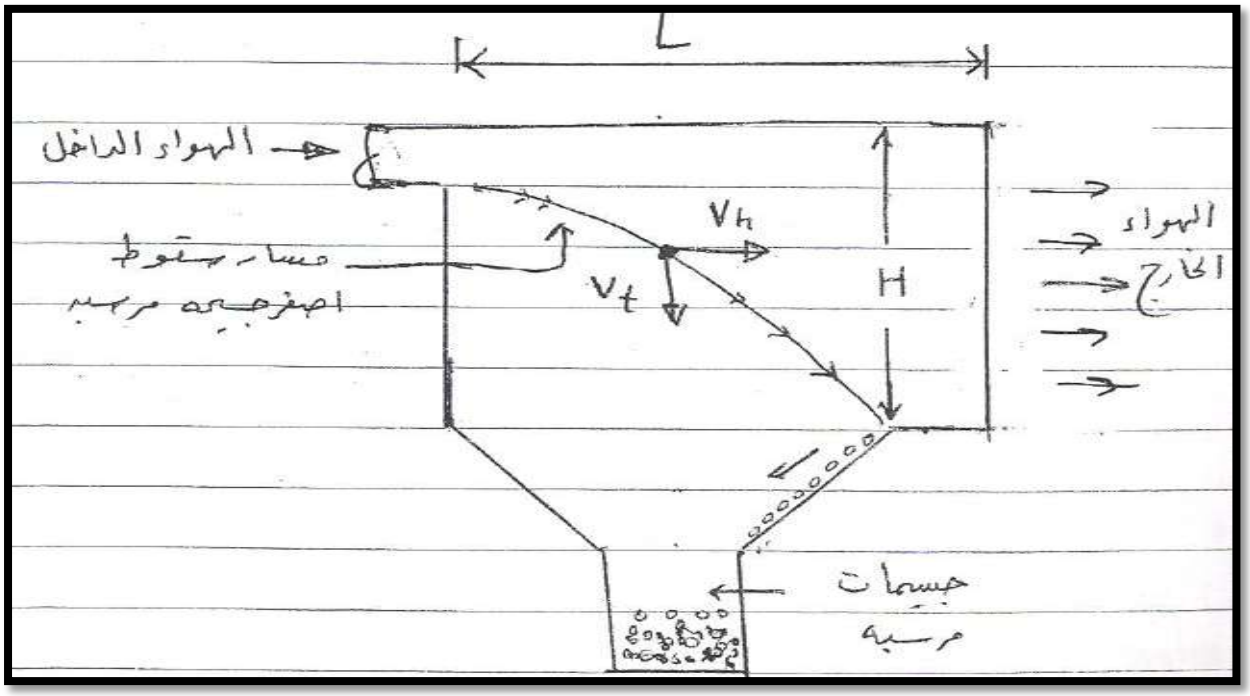
ومن الممكن تقسيم طرق عزل الجسيمات الى خمس قطاعات اعتمادا على المبدأ الذي تعتمد عليه طريقة العزل:-

1 - العزل الميكانيكي الجاف: الذي يتحقق عند تخفيض سرعة الهواء او تغييراتجاهه مما يؤدي الى ترسيب الدقائق.
2 - العزل الميكانيكي مع استخدام الماء: لتحسين تجميع الجسيمات (بالغسل أو الرش)
3 - الترشيح باستخدام الالياف او الحصران الليفية (النسيجية).
4 - الترسيب الالكتروستاتيكي: الذي يعتمد على امرار الجسيمات من مجال متأين لاكساب الدقائق شحنة كهربائية تساعد على جذبها الاقطاب الكهربائية.
5 - العزل بأستخدام الذبذبات الصوتية Sonic : وهو اسلوب يعتمد على الذبذبات الصوتية لتجميع الذرات الناعمة.

أولا: العزل الميكانيكي الجاف:

أ - غرف الترسيب Settling Chamber:

هذه ابسط أنواع طرق الترسيب ، وتعتمد على مبدا خلاصته أن الدقائق الصلبة او السائلة العالقة في غاز سوف تهبط خلال الغاز تحت تأثير جاذبيتها وبسرعة تعتمد على حجم الجسيمات وكثافتها فضلا عن كثافة ولزوجة الغاز الذي يحوي هذه الدقائق.



وتصل هذه الجسيمات الى سرعة هبوط حرة نهائية ممكن حسابها من قانون ستوك Stok's Law.

$$v_t = \frac{g\,(\rho_p - \rho_a)d_p^2}{18\mu} \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث أن :

v_t = سرعة الهبوط الحرة للجسيم النهائية

g = التعجيل الارضي (م/ثا^2 او سم /ثا^2)

dp = (وحدات طول مثل م ، سم ، ملم)

ρ_p = كثافة الجسيمة كغم/م^3 أو غم/سم^3)

ρ_a = كثافة الهواء كغم/م^3 أو غم/سم^3)

μ = لزوجة الغاز (الهواء) (نيوتن . ثا /م^2 أو كغم/ م.ثا)

وكما موضح في الشكل اعلاه فأن:

$$\frac{v_t}{H} = \frac{v_h}{L}$$

حيث أن:

v_h = سرعة الهواء خلال عبوره بغرفة الترسيب (السرعة الافقية للهواء)

L = طول الغرفة (م)

H = ارتفاع منطقة الترسيب (م)

$$v_t = \frac{v_h\,H}{L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ومن المعادلة (1) و (2)

$$\frac{v_h H}{L} = \frac{g(\rho_p - \rho_a)d_p^2}{18\mu}$$

وغالبا ماتهمل ρ_a لصغرها مقارنة بكثافة الجسيمة. وتفيد التجارب التي اجريت على سرعة الهبوط الحرة أن قانون ستوك يصلح للجسيمات بين 10 و 100 مايكرون. ويمكن حساب أصغر الجسيمات التي سوف ترسب في الغرفة من القانون التالي:

$$d_p = \left(\frac{18\,\mu\, v_h\, H}{g\, L\, \rho_p}\right)^{1/2}$$

يطبق قانون ستوك لحساب قطر الدقائق المرسبة شرط أن يكون ($K \leq 3.3$) (K أقل أو يساوي 3.3)
لحساب K نستخدم العلاقة التالية:

$$K = d_p\left(\frac{g\,\rho_a\,\rho_p}{\mu_a^2}\right)^{1/3}$$

g= التعجيل الارضي (م/ثا^2 او سم /ثا^2)
dp = قطر الدقائق (وحدات طول مثل م ، سم ، ملم)
ρ_p = كثافة الجسيمة الكتلية(كغم/م^3 أو غم/سم^3)
ρ_a = كثافة الهواء الكتلية (كغم/م^3 أو غم/سم^3) (1.204 كغم/م^3)
μ_a = لزوجةالهواءالديناميكية (نيوتن . ثا /م^2 أو كغم/ م.ثا) $2.1 * 10^{-5}$ كغم/م.ثا)

مثال: احسب اصغر مقاس لجسيمة dp (يمكن ازالتها بكفاءة 100 %) في غرفة ترسيب (Settling) أذا علمت المعلومات التالية:
سرعة الهواء الافقية ($v_h = 0.3$ m/sec)
كثافة الدقيقة (الجسيمة) $\rho_p = 2000 kg/m^3$
طول غرفة الترسيب (L = 7.5 m)
ارتفاع غرفة الترسيب (H = 1.5 m)
لزوجةالهواءالديناميكية (μ_a=$2.1 * 10^{-5}$ kg/m.sec)

الحل:

$$d_p = \left(\frac{18\,\mu\, v_h\, H}{g\, L\, \rho_p}\right)^{1/2}$$

$$d_p = \left(\frac{18 * 2.1 * 10^{-5} * 0.3 * 1.5}{9.81 * 7.5 * 2000}\right)^{1/2}$$

$$= 33.9 * 10^{-6}\ m$$

$$= 33.9\ \mu_m\ (33.9\ micron)$$

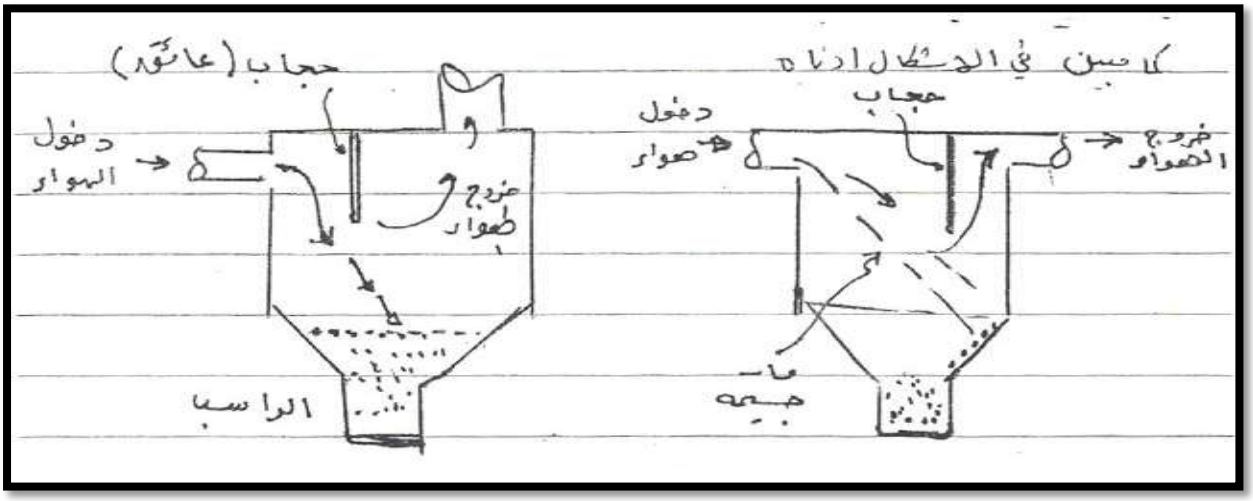
$$K = d_p\left(\frac{g\,\rho_a\,\rho_p}{\mu_a^2}\right)^{1/3}$$

$$K = 33.9 * 10^{-6}\left(\frac{9.81 * 1.204 * 2000}{(2.1 * 10^{-5})^2}\right)^{1/3}$$

$$= 1.277 < 3.3 \qquad \therefore O.K$$

ب -مجمعات القصور الذاتي (غرف الحجب) Baffle Chamber:

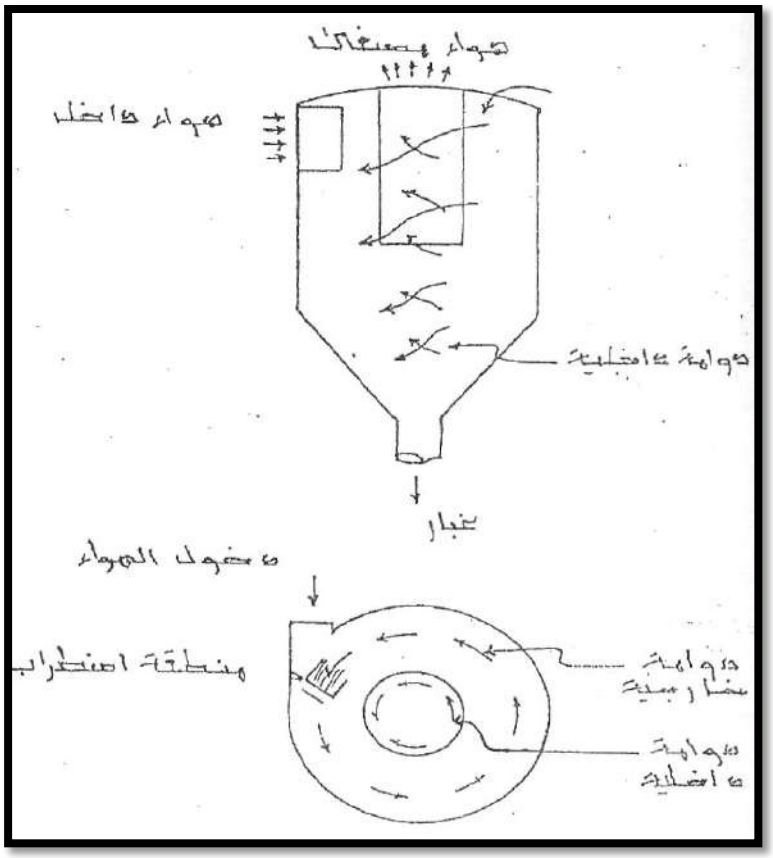
تعتمد الانواع العديدة على مبدأ واحد هو استغلال الطاقة الحركية للجسيمات لفصلها وقد يكون ذلك بمجرد التغيير الفجائي لمسار الهواء كما في غرف الحجب Baffle Chamber. يحصل الترسيب بمساعدة الزخم من خلال تغيير مسار التيار الذي يكون موجه الى الاسفل خلال الوعاء الذي يحتوي عائق (حجاب) والذي يسبب في انحراف اتجاه التيار وبنفس الوقت اكمال الدقائق المسايرة والاستمرار مع التيار بفعل خاصية القصور الذاتي سوف تترسب نحو الاسفل كما في الاشكال ادناه.



ج- السايكلونات Cyclones :

تعد السايكلونات من أكفا الوحدات المستعملة في السيطرة على تلوث الهواء ويتكون من حاوية اسطوانية عمودية يدخلها الغاز من منفذ افقي مماس لجدار الاسطوانة. وتعمل الحركة الاعصارية (الدورانية) التي يكتسبها التيار الهوائي على تجميع الغبار في الجزء القريب من الجدار وذلك بفعل قوة الطرد المركزي لذلك

تترسب الجسيمات المرتطمة بالوجه الداخلي لجدار الاسطوانة بصورة مستمرة للتجميع في الجزء الاسفل (المخروطي) في حين يتجه التيار نحو المنفذ المغادر خالقا دوامات اصغر قطرا عند مغادرته للوحدة لاحظ الشكل ادناه.



كما من المفيد شرح علاقة كفاءة السايكلون ببعض الخصائص:
قطر السايكلون: تزداد كفاءة ازالة الجسيمات بنقصان قطر السايكلون، بعبارة اخرى أن حجم الجسيمة يتغاير مع قطر السايكلون ضمن الكفاءة الثابتة.
سعة السايكلون: تزداد كفاءة ازالة الجسيمات مع سرعة الغاز الداخل (التي تعد قياسا لسعة السايكلون). أو بعبارة اخرى أن قطر الجسيمة المزالة تقل مع زيادة سرعة الدخول (حجم السايكلون) عند كفاءة معينة.
درجة حرارة الغاز: بما أن لزوجة الغاز تزداد مع زيادة درجة الحرارة لذا فان كفاءة العزل سوف تنخفض. ولكن بالنسبة لكتلة محدودة من الغاز فان الحجم سوف يزيد مع أرتفاع درجة الحرارة لذا فان سرعة دخول الغاز سوف تزيد وهذا سيزيد من الكفاءة كما أشرنا سابق.

ثانيا: العزل الميكانيكي مع استخدام الماء Scrubbing:
يعتمد مبدا عزل الدقائق على التماس بين الدقائق وقطرات الماء حيث يسهل عزل هذه القطرات مع ماتحويه من جسيمات وتتحقق هذه العملية لعدة اسباب اهمها:
فعل القصور الذاتي والجاذبية لكل من الجسيمات وقطرات الماء حيث تزيد فرص التماس بين الجسيمات وقطرات الماء كلما زادت السرعة النسبية لهما.

العديد من الجسيمات تحمل شحنة الكتروستاتيكية تتسبب في تجاذبها مع قطيرات الماء.
ظاهرة الانتشار التي تمتاز بها الجسيمات الصغيرة جدا خاصة في الابخرة التي تجعل هذه الجسيمات تتحرك حركة عشوائية(حركة براونية) وهذا مما يزيد من احتمال اصطدامها بقطرات الماء ولا تملك الجسيمات الكبيرة مثل هذه الخاصية لذا فاحتمال ارتطامها بقطيرات الماء يبقى ضعيفا.
غالبا ما تكون الغازات ذات درجة حرارة عالية وتعمل قطرات الماء على تبريدها واشباعها بالرطوبة وعند زيادة التبريد تتكثف ابخرة الماء على شكل قطيرات متخذة الجسيمات الصلبة كنويات لها وبذلك تزيد في عزل الجسيمات الصلبة.
بهذه الوسائل الاربعة تزيد كمية الجسميات المعزولة عند استخدام الماء ويكون السبب الاول هو الفعال بالنسبة للجسيمات الكبيرة في حين يكون تأثير الشحنة الكهربائية والأنتشار للجسيمات الصغيرة فقط اما التكثيف فيشمل الجسيمات من كل الحجوم . هناك عدة انواع من طرق عزل الجسيمات باستخدام الماء منها:

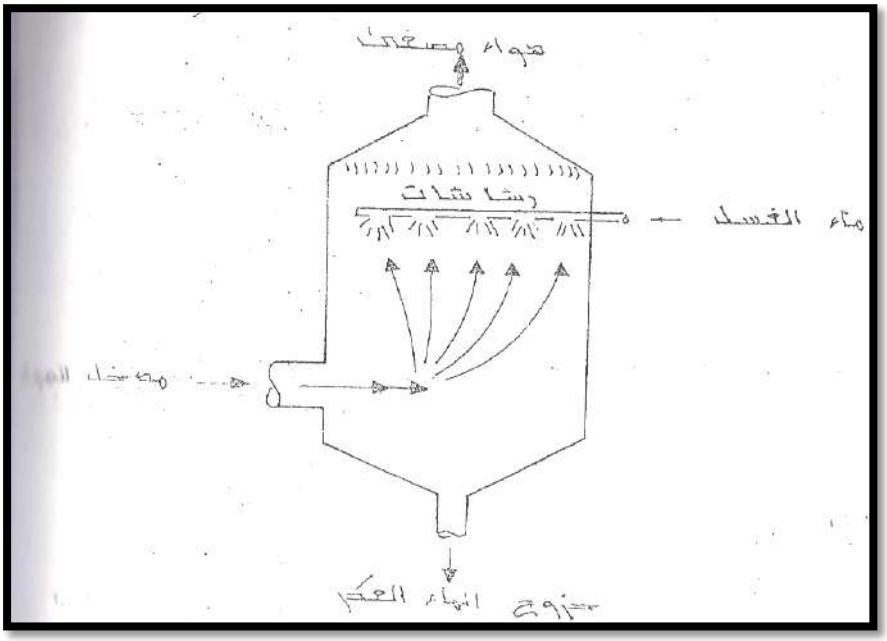
برج الرش الجذبي Gravity Spray Tower .

وحدات الغسل ذاتية التحفيز Self Induced Scrubber .

وحدات الغسل ذات الطاقة الحركية High Energy Scrubber .

برج الرش الجذبي Gravity Spray Tower :

يتكون من حاوية كبيرة يجري التيار الهوائي خلالها بسرعة بطيئة نسبيا ومن اسفل الى اعلى في حين ترش قطرات الغسل من اعلى وبذلك يكون اتجاهها معاكسا للتيار الهوائي ويوضح الشكل أدناه برجا تقليديا للرش.



وتعتمد كفاءة هذا البرج البسيط على كمية مياه الغسل وكذلك على حجم القطيرة (والذي يعتمد على ضغط الماء الداخل) وقد ثبتت من التجارب أن مثل هذا البرج يكون كفوءا فقط لازالة الجسيمات التي يزيد حجمها على 10 مايكرون.

الخصائص المهمة لغاسلات الهواء بالرش:

1 - كلفة انشاؤها معقولة .

2 - في حالة غسل غازات ساخنة جدا سيؤدي ذلك الى ارتفاع استهلاك الماء.

3 - كلما تطلب الحصول على كفاءة اعلى للجسيمات سيكون ذلك على حساب انخفاض الضغط.
4 - تقييم هذه الوحدات على اساس أزالة الجسيمات العالقة أي:

5 - تعتمد كفاءة الإزالة على كمية المياه المستخدمة للغسل وذلك عند ثبات مقدار فقدان الضغط.

ثالثا: عزل الدقائق بالترشيح:

يتم العزل بهذه الطريقة بإمرار الهواء من خلال وسط مسامي (صناعي او طبيعي) يمنع مرور الدقائق بينما يسمح بمرور جزيئات الهواء. تستعمل الكثير من المواد كوسط للترشيح ولكن السائد منها في الوقت الحاضر هو الالياف بمختلف أنواعها والورق ويتم اختيار عادة الوسط المرشح بما يتناسب مع حجم وكمية الجسيمات اضافة الى تركيبها الكيمياوي لئلا تؤدي الجسيمات الى تلف وسط الترشيح. كذلك فان أوساط الترشيح يمكن أن تكون ثابتة كورق الترشيح وحصران الالياف التي لا يجري ازالة الدقائق منها بصورة مستمرة بل تبدل أو ترفع للتنظيف. وتقوم المرشحات بحجز كل الدقائق التي يزيد حجمها عن حجم ثقوب الوسط في بداية مرور الهواء في خلاله ولكن بعد فترة تنشأ فوق وسط الترشيح وفي خلال طبقة من الجسيمات المحجوزة تعمل بدورها على زيادة كفاءة الوسط بقيامها بدور ترشيح الجسيمات خلالها. أضافة الى ذلك من الممكن حصر كيفية أستخدام المرشحات بعزل الدقائق بالوسائل التالية:

1 - حجز الجسيمات التي يزيد حجمها على فراغات وسط الترشيح أي أن وسط الترشيح يعمل مثل المنخل البسيط.
2 - تلتصق الجسيمات المشحونة (الصغيرة جدا في الغالب) بوسط الترشيح وبذلك تعزل من التيار الهوائي.
3 - تتعرض الجسيمات الى تغيرات في اتجاهات مسارها خلال وسط الترشيح لذلك فهي تلتصق بفعل القصور الذاتي بمادة الوسط.
4 - الجسيمات التي يقارب حجمها حجم الغاز الناقل لها لا تتاثر بفعل القصور الذاتي وتتحرك خلال فراغات وسط الترشيح مع تيار الهواء الناقل لها ولكن حركتها البراونية قد تؤدي الى أصطدامها بمادة الوسط وبذلك تنعزل عن تيار الهواء.

وهنالك نوعان رئيسيان لهذه الطريقة:

1 - حصران الالياف Fabrous Mats .
2 - المرشح الليفي Fabric Filter .

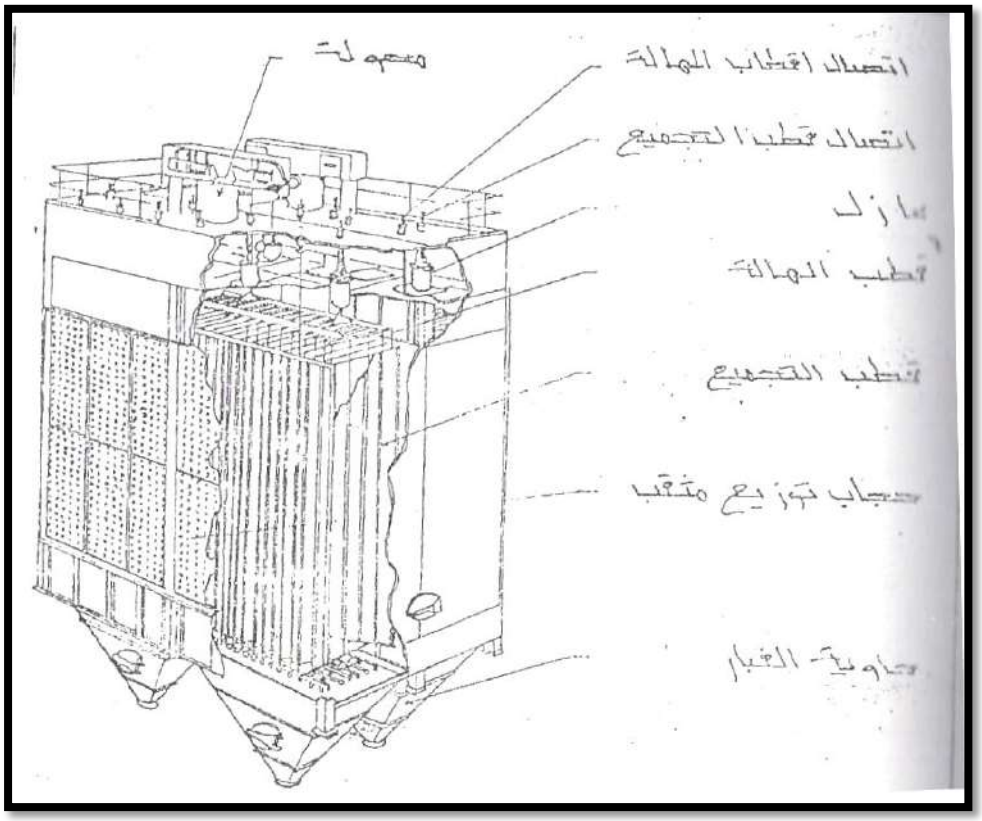
حصران الألياف Fabrous Mats:

أي مادة يمكن أن تكون على شكل ألياف او تصنع كألياف يمكن أن تستخدم كحصران ليفية فالمواد الطبيعية المستعملة هي الصوف والقطن والمواد المصنعة مثل النايلون واشباهه والصوف الزجاجي والمعدني وغيره. وتوضع هذه المواد على شكل حشوات (حصران) بين ألواح مثقبة او شبكات معدنية وتعتمد خصائص المرشحات على كثافة الألياف (كبس الالياف) ونوعيتها أضافة الى سمك المرشح فبعض هذه المرشحات محدودة الكبس (الكثافة) تستطيع أن تمرر تيارا خلالها بسرعة 20 – 25 م/دقيقة وبضائعات ضغط لاتتجاوز عدة ملمترات (عمود ماء) ومن المتوقع أن مثل هذا المرشح سوف لا يحجز الا الجسيمات الخشنة نسبيا ولكن

عند استخدام مرشح اكثر كثافة (بحيث تبلغ ضائعات الضغط فيه 15 – 20 سم ماء) فأن مثل هذا المرشح يستطيع حجز الجسيمات الناعمة جدا والتي يقل قطرها عن مايكرون واحد بما في ذلك رذاذ الحامض المتولد في صناعة حامض الكبريتيك ومن مزايا هذا النوع من المرشحات هو الخيارات العديدة المتوفرة في مواد الترشيح وبما يتناسب مع الظروف التشغيلية للصناعة كدرجة حرارة الهواء وخصائص الجسيمات الكيمياوية. ونظرا لكون هذا النوع من المرشحات هو من النوع الثابت. ولا يجري تنظيفه بصورة مستمرة لذلك لا يستخدم حيث توجد تراكيز عالية من الدقائق بل يستخدم مع التراكيز القليلة حيث تبديل المرشح أو رفعه لغرض التنظيف بين حين واخر.

رابعا: الترسيب الأليكتروستاتيكي Electrostatic Precipitation:

تعتمد فكرة هذه الطريقة على تأيين الدقائق وأكسابها شحنة تجعلها تلتصق بقطب مخالف لشحنتها لعزلها منه فيما بعد وأبسط أنواع هذه الطريقة هو امرار الهواء بين قطبين كهربائيين انظر الشكل أدناه:



يبلغ فرق الجهد بينهما 25 – 100 كيلوفولت حيث يتأين هواء الحيز الموجود بينهما ويحدث ما يعرف بتفريغ الهالة Corona Discharge ويؤدي مرور الدقائق خلال هذه الهالة الى شحنة سالبة تجعلها تتحرك نحو القطب اللوحي الموجب حيث تزال منه بين الحين والآخر بالطرق على الواح القطب.

وبالامكان تصميم وحدات هذه الطريقة بحيث تزيل 80% من الدقائق الميكرونية التي هي بحجم 0.1 مايكرون أو أقل بحيث تبلغ الكفاءة الاجمالية للوحدة بحدود 99% شريطةان يكون دفق الهواء ودرجة حرارته بحدود معقولة توفر فرق جهد مناسب بين الاقطاب اضافة الى عدم تراكم الغبار على القطب بشكل كثيف مما يؤدي الى حدوث شرارة بين القطبين حيث تقل الكفاءة تبعا لذلك.

من اهم خصائص المرسبات الأليكتروستاتيكية:

1 - بأمكانها ازالة القائق بمختلف حجومها بما في ذلك تلك الدقائق التي يقل قطرها عن 0.01 مايكرون.

2 - تعمل تحت درجة حرارة غاز متفاوتة ولكن على أن لا تتجاوز 450 م في حالة تصميمها من الحديد المطاوع.

3 - بالامكان تصميمها لمقاومة كل ظروف التآكل ولكن بأختيار المواد المناسبة للأقطاب وقد أستخدمت معظم أنواع المعادن في تصنيع أقطاب الهالة مثل الفضة والتيتانيوم وكذلك أقطاب التجميع.

4 - بصورة مطلقة يمكن ازالة كل الدقائق بواسطة هذه المرسبات فأذا كانت الدقائق جافة وحرة الجريان فيستخدم المرسبات الجافة اما اذا كانت هذه الدقائق من السوائل على شكل سديم (Mist) فان أستخدام المرسبات الأليكتروستاتيكية الرطبة يعد حلا عمليا حيدا.

5 - على الرغم من امكانية تصميم هذه المرسبات لاي كفاءة مرغوبة فان ذلك سيكون على حساب الكلفة.

مثال تصميمي على المرسبات الاليكتروستاتيكية:

أحدى المعادلات الرياضية لحساب كفاءة المرسب الاليكتروستاتيكي هي معادلة (Deutch)

$$E = 1 - \frac{1}{e^k}$$

$$k = \frac{Aw}{Q}$$

حيث أن:

E = الكفاءة المطلوبة %

e = Exponential = 2.718

A = مساحة القطب الجامع

w = سرعة الانتقال الفعالة للجزيئات

Q = دفق الهواء

مثال:

أحسب مساحة الواح الاقطاب المطلوبة لمرسب اليكتروستاتيكي أذا كانت الكفاءة المطلوبة 99 % ودفق الهواء 3.5 م^3/ثا وبسرعة فعالة للجسيمات 0.08 م/ثا.

الحل:

$$E = 1 - \frac{1}{e^k}$$

$$0.99 = 1 - \frac{1}{e^k} \quad \rightarrow k = 4.605$$

$$k = \frac{Aw}{Q}$$

$$4.605 = \frac{A * 0.08}{3.5}$$

$$A = 201.46\ m^2$$