دولة ليبيا

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة المرقب

كلية الهندسة -الخمس

قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية -شعبة عامة

مشروع تخرج لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس في الهندسة الميكانيكية بعنوان:

دراسة عملية لمقارنة أداء مرشحات الغبار المستخدمة في مصانع الإسمنت الليبية (مصنعي لبدة والمرقب)

إعداد الطلبة:

حسن التومي الدروقي **عبد الله مفتاح المائل**

تحت إشراف:

د. معمر عبد الهادي إحميد

العام الجامعي خريـ2019-2020ـف

بسم الله الرحمن الرحيم

"يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ "

صدق الله العظيم

سورة المجادلة الآية رقْم 11

أعضاء اللجنة الممتحنة

الاسم	الصفة	التوقيع
د. معمر الهادي إحميد	رئيساً	
د. معمر أحمد العلوص	عضواً	
د. علي محمد الشريف	عضواً	

الإهـــداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي علم بالقلم علم الإنسان ما لم يعلم

والصلاة والسلام على خير خلق الله نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

نهدي ثمرة بحثنا هذا :

إلى روح المصطفى محمد صلى الله عليه وسلم خير المعلمين على وجه الأرض

وإلى

شمعتنا المضيئة ..

وإلى

رمز العطاء والكرم والجود ..

وإلى

كل من كان عرقهم وجهدهم وراء كل نجاح حققناه في هذه الحياة ..

ولهم الفضل بعد الله في تربيتينا ..

وإلي

(آبائنا و أمهاتنا و إخوتنا و أخواتنا)

إلى هذا الصرح العلمي

كلية الهندسة / الخمس

الشكر والتقدير

الحمد الله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

لابد لنا ونحن نخطوا خطواتنا الأخيرة في حياتنا التعليمية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب كلية الهندسة / الخمس مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد ...

نتوجه بأسمى آيات الشكر والتقدير إلى مشرف المشروع الدكتور / **معمر الهادي إحميد** على مجهوداته الطيبة التي بذلنا معنا طيلة فترة إعداد هذا البحث، وبارك الله له في وقته وعلمه.

كما نتوجه بالشكر إلى عضوي لجنة المناقشة على تفضلها وقبولهما تحكيم بحثنا هذا.

وختاما نتقدم بجزيل الشكر إلى جميع الأصدقاء والزملاء على مساندتهم لنا طيلة فترة إعداد هذا البحث.

وآخر دعوانا ان الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد الأولين والآخرين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم وعلى آله وصحبه أجمعين.

الملخص:

إن التطور السريع في مجال الصناعة الذي يشهده العالم اليوم وخاصة في مجال صناعة الاسمنت، ولما لهذه المادة من أهمية في البناء والتشييد العمراني والذي تحتاجه أغلب دول العالم وخاصة الدول النامية مثل بلدنا ليبيا. فبقدر ما نحتاج إلى هذه الصناعة والتي تعتبر من الصناعات الغير صديقة والملوثة للبيئة، نحتاج إلى الاهتمام بالتفاصيل الدقيقة لإتمام مراحل العمليات الصناعية بالصورة المطلوبة وبأقل أضرار ممكنة من ناحية التلوث البيئي.

وللتركيز على نظافة البيئة المحيطة بهذه المصانع، هذه الدراسة البحثية قامت بدراسة وتحليل مراحل الترشيح والتنقية بواسطة المرشحات (Filters)، وبالتالي هذه الدراسة سوف تستعرض نوعين من المرشحات المستخدمة في المصانع الليبية وهي المرشح السيكلوني (Cyclone Filter) والمستخدم في مصنع لبدة للإسمنت والنوع الاخر هو المرشح القماشي (Fiber Filter) والمستخدم في مصنع المرقب للإسمنت.

وللتوضيح أكثر قمنا في هذه الدراسة بدراسة وتحليل البيانات التشغيلية والتي تم تجميعها من غرف التحكم بالمصنعين والتي تم الحصول عليها من خلال الزيارات الميدانية للمصنعين، ومن خلال هذه البيانات المتحصل عليها تم دراسة تأثير عاملين مهمين وهما تأثير كمية الغبار الداخلة للمرشحين وحجم الحبيبات الداخلة للمرشحين على الكفاءة. ومن ثم المقارنة بين كفاءة المرشحين، حيث أظهرت النتائج أن كفاءة المرشح القماشي تفوق بحوالي 1% على كفاءة المرشح السيكلوني مع الأخذ بالاعتبار العديد من المميزات التي تميز بها المرشح السيكلوني عن القماشي، المرشحين متقاربين من ناحية التأثير الحجمي للحبيبات على الكفاءة، ومن هنا نستطيع القول بأن أفضل قيم لحجم الحبيبات تكون من حجم µm (100-200).

المحتويات

1.مقدمة.....1
1.1 مشكلة المشروع:.....1
2.1 أهمية المشروع:.....2
3.1 الهدف من المشروع:.....3
1.3.1 الهدف الرئيسي:.....3
2.3.1 الأهداف الثانوية:.....3
2.الأسمنت (Cement).....6
1.2 مقدمة ونبذة تاريخية.....6
2.2 وصف عملية صناعة الإسمنت.....7
3.تلوث الهواء الناتج من صناعة الاسمنت وتأثيره على البيئة.....18
1.3 أنواع ومصادر ملوثات الهواء الغازية.....20
2.3 ملوثات الهواء الغير غازية: 22
1.2.3أشكال التلوث البيئي: 22
3.3 التأثير البيئي الناتج عن الانبعاثات السائلة.....28
4.3 التأثير البيئي الناتج عن تصريف النفايات الصلبة.....29
5.3 التأثير البيئي الناتج عن الضوضاء 29
6.3 مصادر الملوثات في مصانع الاسمنت.....29
4.تكنولوجيا تنظيف الغازات الصناعية من الملوثات 32
1.4أجهزة ترشيح وتنظيف الهواء (الفصل بقوة الطرد المركزي (multi cyclones)). 35
1.1.4 أنواع السيكلونات: 38
2.1.4 مميزات وعيوب المرشح السيكلوني (multi cyclones): 39
2.4 المرشح القماشي (Fabric Filter).....39
1.2.4 الضغط التفاضلي(Δp) 41
2.2.4 مزايا وعيوب المرشحات القماشية ذوات الأكياس: 42
3.2.4 جمع الجسيمات في مرشحات النسيج ذوات الأكياس: 42
4.2.4 الأعطاب التي تعترض المرشحات: 50
5.2.4 طرق تنظيف الأكياس:.....50

6.2.4 مرشحات الأكياس النبضية:.....53
7.2.4 مبادئ تشغيل المرشحات القماشية: 53
8.2.4 أقفاص شد الأكياس.....55
4.4 طريقة الحسابات المستخدمة: 57
5.4 المعادلة المستخدمة في الحسابات 58
5. تحليل البيانات ومناقشة النتائج 57
1.5 دراسة عملية للمقارنة بين كفاءة المرشحين (**Fabric filter– cyclone filter**) في مصنعي لبدة والمرقب:.....57
1.1.5 تأثير تحميل الغبار على كفاءة المرشح السيكلوني: 58
2.1.5 تأثير حجم الحبيبات علي كفاءة المجمع السيكلون: 59
2.5 تحليل نتائج المرشح القماشي في مصنع المرقب:.....60
1.2.5 تأثير تحميل الغبار (**Dust loading**) علي كفاءة المرشح القماشي: 60
2.2.5 تأثير حجم الحبيبات (**Particle size**) على كفاءة المرشح القماشي 61
3.5 مقارنة تأثير كمية الغبار على كفاءة المرشحين السيكلون القماشي:.....63
4.5 مقارنة تأثير حجم الحبيبات على كفاءة المرشحين السيكلون والقماشي:.....64
6. الاستنتاج 66
2.6 التوصيات 60
7.المراجع.....61

فهرس الأشكال

شكل (1.2) يوضح تجميع مواد الخام.....8

شكل (2.2) يوضح إعادة طحن المواد بعد خلطها.....9

شكل (3.2) يوضح مزج وتجانس المواد الخام مع بعضها 9

شكل (4.2) يوضح طاحونة إسطوانية ذات غرفتين 11

شكل (5.2) يوضح ثلاثة مناطق في الفرن.....15

شكل (6.2) يوضح عملية حرق مواد الخام.....16

شكل (7.2) يوضح مرحلة تكوين الكلنكر.....16

شكل (8.2) يوضح إضافة الجبس للكلنكر وعملية الطحن النهائية.....17

شكل (9.2) يوضح مراحل صناعة الإسمنت.....17

شكل (10.2) يوضح عمليات تصنيع الإسمنت المختلفة.....18

شكل (11.2) مخطط مراحل تصنيع الإسمنت وأماكن تجميع تراب المسارات الجانبية.....19

شكل (1.3) يوضح تأثير التلوث على صحة الإنسان.....23

شكل (2.3) يوضح تأثير التلوث على التربة والأشجار.....24

شكل (1.4) يوضح المرشح السيكلوني.....38

شكل (2.4) يوضح أنواع السيكلونات.....38

شكل (3.4) يوضح الإعتراض المباشر لجزيئات متوسطة الحجم.....44

شكل (4.4) يوضح الإنحشار لجزيئات كبيرة الحجم.....44

شكل (5.4) يوضح الإنحراف لجزيئات صغيرة الحجم.....45

شكل (6.4) يوضح عملية التصفية عبر المرشحات القماشية.....46

شكل (7.4) يوضح مرشحات عميقة (غير منسوجة) 47

شكل (8.4) يوضح الأقمشة الجديدة الغير محمية 48

شكل (9.4) يوضح الطلاء المسبق لوسائط الترشيح.....49

شكل (10.4) يوضح الهزاز الهوائي لحقائب الأكياس.....51

شكل (11.4) يوضح الهواء العكسي لحقائب الأكياس.....52

شكل (12.4) يوضح التنظيف بالصدى الصوتي.....53

شكل (13.4) يوضح طريقة تجميع الغبار.....54

شكل (14.4) يوضح مرشح كيس النفاثة النبضية.....55

شكل (15.4) يوضح تركيب أقفاص شد الأكياس.....56

شكل (16.4) يوضح أنواع المرسب الكهربائي في مصنع الإسمنت.....57

الشكل (1.5) مخطط العلاقة ما بين الكفاءة مع كمية الغبار المصفي للمرشح السيكلوني.....58

الشكل (2.5) مخطط العلاقة ما بين الكفاءة مع حجم الحبيبات للمرشح السيكلوني.....59

الشكل (3.5) مخطط العلاقة ما بين الكفاءة مع كمية الغبار المصفي للمرشح القماشي.....61

الشكل (4.5) مخطط العلاقة ما بين الكفاءة مع حجم الحبيبات للمرشح القماشي.....62

الشكل (5.5) مخطط تأثير كمية الغبار أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة.....64

الشكل (6.5) مخطط تأثير حجم الحبيبات أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة.....65

فهرس الجداول

جدول (1.3) يبين ملوثات الهواء الغازية وتأثراتها 21
جدول (2.3) يوضح الوحدات الخدمية ومصادر التلوث المحتملة.....34

قائمة الرموز

الرمز	المفهوم	الوحدات
η_c	Collection Efficiency	(%)
$\dot{m_i}$	Input of solid mass	(Kg)
$\dot{m_o}$	Output of solid mass	(Kg)
D	Diameter of the smallest granule of the soil	(m)
V_C	Gas velocity at the inlet of the filter	(m/s)
R_1	The inlet diameter of the filter	(m)
R_2	The outer diameter of the filter	(m)
ξ_1	Gas density	(kg/m^3)
ξ_2	*The density of the granules minute*	(kg/m^3)
μ	*Gas Viscosity*	(m^2/s)
N	Number of snail rolls that the Gas	(-)

الفصل الأول

مقدمة

(introduction)

1.مقدمة

في ظل التضخم الصناعي الهائل الذي يشهده العالم الان والازدياد الهائل لوسائل النقل أصبحت الكرة الأرضية مهددة نتيجة التلوث الذي يصيبها جراء نفايات ونواتج هذه الصناعات إن كانت صلبة أو سائلة أو غازية. نتيجة ما يشهده العالم اليوم من تغير في المناخ والظواهر الطبيعية والاحتباس الحراري وانتشار الأمراض وارتفاع نسبة الإصابة بالسرطانات وغيرها جعل العالم يفكر جديا في حماية هذا الكوكب وقد أكد العلماء على بداية النهاية للكرة الأرضية إذا استمر التلوث وعدم أخذ الإجراءات اللازمة لحماية هذا الكوكب.

ولكن الصناعة ووسائل النقل لايمكن الاستغناء عنها في هذا العصر لذلك أدخلت التكنولوجيا الحديثة في البحث عن حلول تحد من التلوث وتقلل من الانبعاثات الغازية للغلاف الجوي.

والتحديات التي تواجه الصناعة ومنها صناعة الإسمنت عديدة والمهام التي تقع على عائق المصنعين هو القيام باستنباط عمليات جديدة وتحسين الطرق الحالية بغية الوصول إلى الحد الأدنى من تأثير هذه الصناعة على البيئة والتي صنفت على أنها من أهم الصناعات السلبية لما تسببه من تلوث كبير للبيئة المحيطة بالمصنع والتي قد تمتد إلى مساحات كبيرة جداً إذا لم يتم اخذ الإجراءات المناسبة للحد من هذا التأثير.

حيث تعتبر صناعة الإسمنت من الصناعات الاستراتيجية لأنها ترتبط مباشرةً بأعمال الإنشاء والتعمير ويستخدم الإسمنت كمادة رابطة من مكونات الخرسانة، والإسمنت مادة تم صنعها تحت درجات حرارة عالية وتتكون من مواد طبيعية مثل الحجارة الكلسية، الجير الكلسي.

1.1 أطروحة المشروع:

نظر اً لما تحتله مادة الاسمنت من أهمية في العالم ولاسيما الدولة الليبية في قطاع البناء والتشييد والحداثة وما يصدر عن إنتاج هذه المادة من انبعاثات سامة ونفايات صلبة وتجريف الأراضي الطبيعية، فقد تناولت بعض من الدراسات المحلية المشكلات البيئية الناتجة عن هذه الصناعة فضلا عن أن لها ترابطات أمامية وخلفية بينها وبين الصناعات الإنشائية والقطاعات الاقتصادية الأخرى كصناعة البلاط والزلط وغيرها فكانت دراسات مختلفة في عدة مناطق محلية ودولية لتسجيل وتحليل أثر ملوثات الإسمنت على البيئة مثل بعض الأشجار ذات القيمة الاقتصادية وعلى بعض المحاصيل الحقلية وتربتها. إن اضرار الاسمنت عدة منها الجزيئات الصغيرة

الموجودة في ذرات الغبار التي يحملها الهواء تستقر في البيئة وتؤثر سلبا علي تنفس الانسان. وكذلك يتأثر العاملين بالمشاكل التي تسببها الضوضاء.

ويؤدي الغبار الناتج عن صناعة الإسمنت، إلى انخفاض نمو الأشجار وعدد الأوراق ووزنها ومساحتها حيث يتَّرسب الغبار على أوراق الشجر، فيسد الثغور ويقلل من التبادل الغازي، فتتكون طبقة ناعمة مما يؤدي إلى تساقط الأوراق وجفاف النباتات، كما يؤدي إلى موت أجزاء من الأشجار، وربما إلى تدني الإنتاجية للنبات والتَّربة.

تشير الدراسات العالمية أن المواد الملوثة في الجو لا تبقي محصورة وقريبة من مصدر التلوث بل تنتقل لمسافات بعيدة عن مصدرها حيث تتساقط الجزيئات الكبيرة منها في منطقة قريبة من مصدر تكوينها وتسبب أضرارا كثيرة للنباتات بسبب وزنها الثقيل وأما الجزيئات الصغيرة فتتساقط على بعد مسافات أكبر.

ووجد أن غبار الإسمنت سبب مباشر للقاعدية القوية في الطبقة السطحية من التَّربة وقد وجد أن من ضمن المكونات الأساسية لغبار الإسمنت هو S، Na، Al، Ca، K ، Mg والتي وجدت بدرجة أكبر في التَّربة القريبة من مصنع الإسمنت وعلى وجه الخصوص في الطبقة السطحية من التَّربة.

2.1 أهمية المشروع:

على الرغم من أهمية مصانع الإسمنت في قطاع البنية التحتية في ليبيا، إلا أنها تمثل مركزاً من المراكز التي يحف النشاط فيها بالكثير من الملوثات بشكل أو بأخر وتساهم في تلوث البيئة من خلال تلويثها للتربة والمياه والهواء، وما ينتج عنه من تأثير سلبي على حياة الإنسان والحيوان والنبات. ويعتقد الكثير من الباحثين في هذا المجال أن التأثيرات السلبية لصناعة الإسمنت على البيئة أصبحت ظاهرة ملموسة تتطلب تركيز الضوء عليها والمساهمة في إيجاد الحلول لها. من هنا تأتي أهمية هذه الدراسة في تسليط الضوء على مشكلة التلوث البيئي التي قد تسببت فيها مصانع الإسمنت في ليبيا، ووضع التوصيات اللازمة أمام أصحاب القرار للحد من هذه المشكلة.

تعد هذه الدراسة من أوائل الدراسات التي تتطرق إلى موضوع التلوث البيئي الناتج عن مصانع الإسمنت في الدولة الليبية، وتعطي صور واقعية للحالة التي عليها تلك المصانع من الناحية البيئة.

كما أن الدراسات على هذا النوع من الأبحاث تحاول نتائجها وتوصياتها التي تخرج بها أن تساهم في الوصول إلى حلول عملية لمجمل المشاكل البيئية التي تعاني منها هذه الصناعة.

3.1 الهدف من المشروع:

أجرينا هذه الدراسة لتسليط الضوء على الآثار البيئية التي تسببها الغازات والأتربة المنبعثة من خطوط الإنتاج المختلفة في مصنع الإسمنت وهنك هدفان في المشروع:

1.3.1 الهدف الرئيسي:

دراسة عملية لمقارنة كفاءة المرشحات المستخدمة في مصانع الاسمنت الليبية (مصنعي لبدة – المرقب كنموذجا).

2.3.1 الأهداف الثانوية:

1. دراسة عن كيفية صناعة الإسمنت (الخطوات الرئيسية).
2. دراسة للتعرف عن التلوث البيئي الناتج من هذه الصناعة.

4.1 دراسات سابقة:

1. A.K. Majumder,A. K; Shah, H; Shukla, P; and Barnwal, J.P. (2007), "تأثير متغيرات التشغيل على شكل (خطاف السمك) على المنحنيات في السليكونات "Cyclones"
2. Avci, A; and Karagoz,I. (2003), "تأثير معدل التدفق و المتغيرات الهندسية علي كفاءة المجمع في فواصل السليكونات "Cyclones" "
3. Altmeyer, S; Mathieu, V; Jullemier, S; Contal, P; Midoux, N; Rode, S; and Leclerc, J. P. (2004), "مقارنة الأوضاع المختلفة لأداء السليكونات "Cyclones" لظروف التشغيل المختلفة باستخدام البرامج العامة "
4. Dietz, P. W. (1981). "كفاءة التجميع لفواصل المرشح القماشي"AIChE Journal، 27(6), 888-892.

5. Jo, Y., Tien, C., & Ray, M. B. (2000)."تطوير مابعد الأكياس لتحسين كفاءة المرشح القماشي "Powder Technology, 113(1) , 97-108.
6. Kim, J. C., & Lee, K. W. (1990)."دراسة تجريبية لتجميع الجزيئات الصغيرة للمرشح القماشي" Aerosol Science and Technology

الفصل الثاني

صناعة الإسمنت

(Cement industry

2.صناعة الأسمنت:

1.2 مقدمة ونبذة تاريخية

الإسمنت هو مادة ناعمة، إذا أضفنا لها الماء نحصل على مونة لزجة، تتحول لصلدة بعد فترة من الزمن في الماء أو الهواء على سواء، وبالتالي نقول إن للأسمنت خواص هيدروليكية أي أن للأسمنت كفاءة على الشك والوصول إلى حالته لصلبة تحت الماء نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية المختلفة وتكوين منتجاً ومقاوماً لتيارات الماء. لذلك فإن للأسمنت دور هام كمادة لاحمة مسؤولة عن التلاصق بين المواد والعناصر المختلفة وهذا الدور يظهر في استخدامات الأسمنت بكثرة فى الأعمال الإنشائية والمعمارية. على ذلك يكون من الضروري معرفة عمليات صناعة وإنتاج الأسمنت البورتلاندى بأنواعه المختلفة وكذلك تعيين ومعرفة التركيبات والخواص الكيميائية والطبيعية والتكوين البلوري لمركباته وتفاعلاتها ودراسة التغيرات المصاحبة للتفاعلات الكيميائية بين مركبات الأسمنت والماء.

يرجع استخدام المواد الإسمنتية إلى قديم الزمان، حيث أن أصل تلك المواد التي تسمى بالجير العادي والجير الهيدروليكي. الجير العادي هو عبارة عن حجر جيري نقي تم إطفاءه ليصبح جير حي والذي يستخدم بعد إطفاءه بالماء كمادة لاحمة حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون من الجو فيتحول من أكسيد كالسيوم إلى كربونات كالسيوم أي يرجع إلى صورته الأولى كحجر جيري قوي قبل عملية التكليس. أما الجير الهيدروليكي المائي فينتج من تكليس الحجر الجيري غير النقي والذي يحتوي على سيليكا وألومنيا وأكسد الحديد ولذي له خاصية التلاصق والتصليد تحت الماء.

فى العصور القديمة كان للقدماء المصريين الدور الفعال فى استخدام المواد الإسمنتية الناتجة من الجير والجبس، ثم استخدم اليونانيون والرومان الحجر الجيري المكلس وبعد ذلك تم طحن خليط من الحجر وبعض من التراب والحمم البركانية والمسمى بالبوزولان والذي وجد لأول مرة بالقرب من بلدة بوزولى فى إيطاليا وأنتجوا من هذا الخليط الأسمنت البوزولانى، وكان لهذا الأسمنت دور فعال فى تصنيع الخرسانة بقوة فى منشآت عدة.

ثم شهدت القرون الوسطى تأخر وانخفاض فى طرق التصنيع ومعدلات الإنتاج والاستخدام بالمقارنة بالعصور القديمة، ثم ظهرت بعد ذلك تحسينات أخرى نحو إنتاج واستخدام الأسمنت البوزولانى في القرن الثامن عشر.

ثم تم تطوير الأسمنت بعد ذلك إلى إنتاج نوع جديد من الأسمنت وهو الأسمنت البورتلاندى والذي اكتشفه جوزيف اسبيدن البناء الإنجليزي فى أوائل القرن التاسع عشر عام 1825 م، ويرجع اسم بورتلاند إلى تشابه صلادة الأسمنت البورتلاندى مع بعض أحجار البناء الموجودة فى جزيرة بورتلاند بإنجلترا لذلك أطلق على هذا النوع من الأسمنت بالأسمنت البورتلاندى والذي ينتج من تسخين خليط من الطين الناعم جدًا والحجر الجيري فى فرن حتى يتطاير ثاني أكسيد الكربون لتحصل على مادة إسمنتية لاحمة تحت الماء أو فى الهواء.

ثم بعد ذلك تم إنتاج الأسمنت الحديث بواسطة إسحاق جونسون فى عام 1845، والذي قام بحرق خليط من الطين والجير حتى درجات حرارة عالية ليتكون الكلنكر والذي يطحن محتويا على مركبات المواد الإسمنتية القوية والتي تشابه تقريبا مركبات الأسمنت البورتلاندى فى العصور الحديثة.[1] .

وفى العصور الحديثة توالت التحسينات فى مراحل تطوير تصنيع وإنتاج أنواع الأسمنت المختلفة طبقا للأغراض المختلفة فى الكثير من الآلات مثل الأسمنت فائق النعومة والأسمنت المقاوم للكبريتات والأسمنت سريع التصلد والأسمنت منخفض الحرارة والأسمنت الملون وهكذا...

2.2 وصف عملية صنع الإسمنت

(**Cement manufacturing process description**)

إن الأسمنت المستخدم حاليًا هو الأسمنت البورتلاندى بصوره المتعددة، لذلك يجب معرفة طرق صناعته وإنتاجه والتعرف على المواد الخام المستخدمة فى إنتاجه والمحتوية على الكالسيوم والسيليكا بنسب معينة.

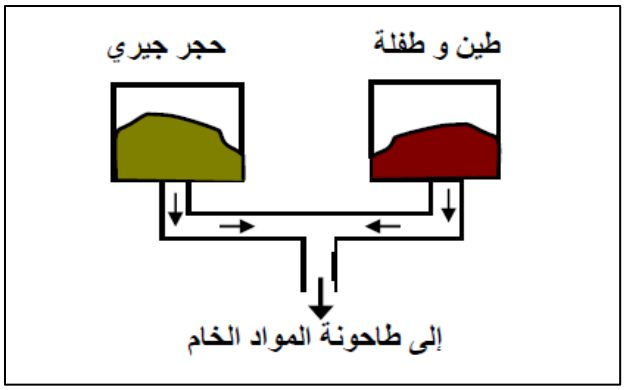
نظرًا لأن سيليكات الكالسيوم هي المكون الأساسي للأسمنت البورتلاندى، لذلك فإن المواد الخام المستخدمة فى إنتاج الأسمنت والغنية بالكالسيوم هي الحجر الجيري **(Lime stone)** والحجر الطباشير**(Chalk)**والرخام والأصداف البحرية وبنسبة قد تصل إلى 75% ، أما الطين **(Clay)** والطفل **(Shale)** **ونسبته** حوا لي 25 % فهي المصادر الرئيسية للسليكا المطلوبة فى صناعة الأسمنت واللازمة لإنتاج سيليكات الكالسيوم .ويحتوي الطين على بعض من أكاسيد الحديد **(Fe_2O_3)** وأكسيد الألومنيوم**(Al_2O_3)** والقلويات والتي تساعد على تكون سيليكات الكالسيوم عند درجات حرارة منخفضة نسبياً ولذلك فإنه فى أغلب الأحيان يضاف إلى المواد الخام السالفة

الذكر أكسيد الحديد(مواد خام الحديد) أوأكسيد الألمونيوم (بوكسيت) أو أكسيد السليكون (الرمل)، إذا كان الطين المستعمل يحتوي على نسبة ضعيفة من أحد هذه المواد الخام. ولأنه يلزم دقة تجانس المواد الخام فى الخليط المطلوب لإنتاج الأسمنت قبل معالجتها الحرارية، لدقة تكوين المركبات المطلوبة فى كلنكر الأسمنت لذلك يتم تحديد النسب المطلوبة عن طريق التحاليل الكيمائية للمواد لمعرفة عناصر مركبها الكيمائي للوصول إلى المنتج المطلوب من الأسمنت.

يتم ذلك فى مرحلة الخلط والمزج للمواد والتي تلي مرحلة استخراج المواد الخام وطحنها حيث أن المواد الخام تستخرج من المقاطع والمحاجر بطريقة التفجير أو مباشرة بمعدات ميكانيكية ضخمة، ثم تنقل إلى كسارات لطحنها من صخور وكتل إلى حصوات بقطر من 10 إلى 50 مم، ثم يتم خلطها بالنسب المطلوبة.[4]

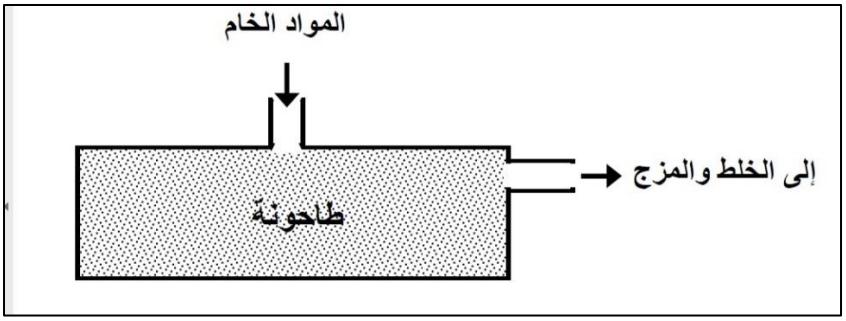
والخطوات الآتية تلخص طريقة تصنيع الأسمنت البورتلاندى:

1. يتم تجميع المواد الخام الأساسية بالنسب المطلوبة كما هو موضح بالشكل (1.2) وتسمى مرحلة الخلط.



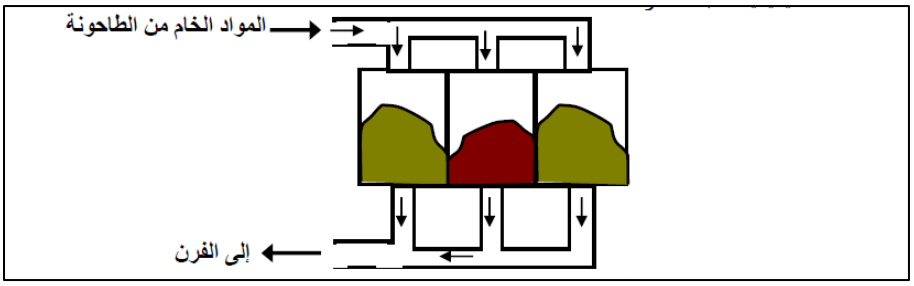
شكل (1.2) يوضح تجميع المواد الخام الأساسية

2. يتم إعادة طحن المواد الخام**(Crushing & Milling)** بعد خلطها فى طواحين خاصة إلى جزيئات لا يزيد مقاسها عن (75ميكرون 0.75 مم) كما هو موضح بالشكل (2.2) وتدعى مرحلة الطحن للمواد الخام.



شكل (2.2) يوضح إعادة طحن المواد الخام بعد خلطها

1. بعد طحن وتنعيم المواد الخام يتم دمجها ومزجها **(Blending)** لتجانس المواد الخام فى الخليط كما هو موضح بالشكل (3.2) وتدعى مرحلة المزج والتجانس .وهذه المرحلة هي التي يتم فيها إجراء التحاليل الكيميائية لضبط المكونات.



شكل (3.2) يوضح مزج وتجانس المواد الخام ببعضها

2. يتم حرق المواد الخام المجهزة بعد المزج والتجانس فى أفران خاصة حسب طرق التصنيع كما يلي:

- **طريقة الرطبة:**

لقد أخذ استخدام العمليات الجافة فى صناعة الأسمنت فى الانتشار ليحل تدريجيًا محل العمليات الرطبة بسبب الوفر فى الطاقة الذي تتميز به العمليات الجافة والدقة فى عمليات التحكم وفى خلط المواد الخام. والعمليات الرئيسية فى هذا الخط هي:

تكسير وخلط نسب المواد

تكسر المواد الخام من حجر جيري وسيليكات وطفلة وأتربة بواسطة الكسارات تنخل(Screening) وتنقل ليتم تخزينها على هيئة أكوام فى مناطق مفتوحة أو مغطاة.

الطحن

تنقل المواد الخام فى طواحين المعلقات (Slurry mills) حيث تخلط بالمياه ويستمر طحن المعلق حتى يصل إلى درجة النعومة المطلوبة ينقل المعلق بعد ذلك إلى صوامع التخزين حيث يصب متجانسًا بعد الضبط النهائي لمكوناته، وتؤخذ منه عينات بشكل دوري لضمان مطابقة تركيباته للمواصفات ثم ينقل المعلق إلى أحواض المعلقات (Slurry basins) حيث تقوم طواحين الشواكيش (Rotating arms) بتحويله إلى خليط متجانس.[1]

الفرن والمبرد

يسحب المعلق من قاع الأحواض إلى فتحة تغذية الفرن الدوار(Rotary Kiln) الفرن الدوار هو فرن أسطواني طويل مبطن من الداخل بطوب حراري ويدور ببط ء حول محور يميل قليلاً عن المستوى الأفقي .ويسمح هذا الميل بدفع محتويات الفرن أثناء الدوران إلى الأمام. وتتولد عند الطرف الامامي (لأسفل) من الفرن غازات احتراق عالية الحرارة تتدفق إلى الجزء الأعلى (الخلفي)من الفرن في تيار معاكس لحركة محتويات الفرن المندفعة إلى أسفل .ويتم تبريد الكلنكر (Clinker)المتكون بواسطة مبرد هوائي من 1400° م إلى ما بين 60 و° 200م.

الطحن النهائي والتعبئة

ينقل الكلنكر إلى طواحين كور (Ball Mills) حيث يضاف إليه الجبس ويطحن، ثم يعبأ فى أكياس من الورق أو البلاستيك (الاكياس) يوضح الشكل (4.2) طواحين الكور المستخدمة فى مصانع الأسمنت.[4] .

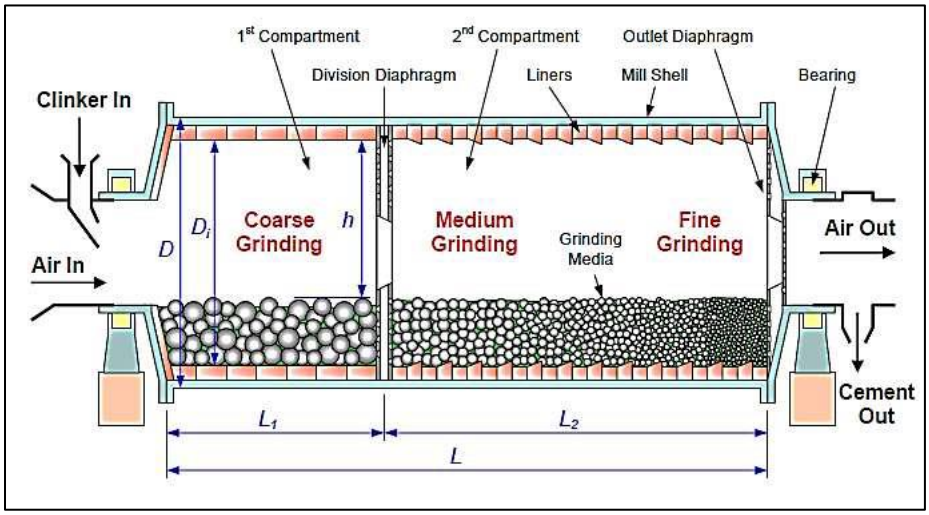
1

للملاحظة: يجب معرفة

- مصير العادم المنبعث من الفرن والتي قد تحتوي على نسبة من الأتربة الناعمة.
- مصير الأكياس المفروضة.

لاحظ: تنشأ الضوضاء من تشغيل الكسارات والمناخل والطواحين.

1



شكل (4.2) يوضح طاحونة أسطوانية ذات ثلاثة غرف

•<u>الطريقة ا لجافة:</u>

يوضح الشكل (10.2) عمليات صناعة الأسمنت المختلفة.

.تتضمن العمليات الجافة ما يلي:

تكسير(سحق) وخلط

تكسير المواد الخام من حجر جيري وسيليكات وطفلة وأتربة سطحية نسبة المواد الخام بواسطة الكسارات ثم تنخل وتنقل ليتم تخزينها على هيئة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

الطحن

يتم إدخال المواد الخام فى مجفف دوار(Rotary Drier) حيث تجفف بواسطة الهواء الساخن أو العادم الناتجة عن تشغيل الفرن .ثم تطحن مواد الخام فى طواحين المواد الخام وتنقل إلى صوامع تخزين ما قبل الخلط(Pre-blending Silos) حيث تصب متجانسة بواسطة الهواء المضغوط، بعد ذلك تنقل المواد الخام المتجانسة من صوامع تخزين ما قبل الخلط إلى صوامع التخزين .تتم عملية الخلط بنسبة 30 % طفلة و 70 % حجر جيري

الفرن والمبرد

تسحب المواد الخام المتجانسة من قاع صوامع التخزين إلى فتحة تغذية برج التسخين الإبتدائي ذو المراحل المتعددة وقد يصل ارتفاع البرج الى 120 متر مجهزة بسيكلونات لكلسنه الخليط [4].

ومنه إلى الفرن الدوار (Rotary Kiln) .ويستخدم الغاز الطبيعي أو المازوت كمصدر للطاقة الحرارية، كما يستخدم الهواء الساخن الناتج عن تبريد الكلنكر لمصدر إضافي للحرار ة .يميل الفرن قليلا عن المستوى الأفقي بحيث يسمح بحركة بطيئة للمواد الصلبة إلى أسفل فتقطع المسافة من فتحة التغذية الموجودة بأعلى الفرن إلى الطرف السفلى (جهة الاحتراق) حيث تتولد غازات الإحتراق عالية الحرارة فى فترة زمنية تتراوح ما بين ساعة وثلاث ساعات، بينما تتحرك غازات الاحتراق إلى أعلى فى تيار معاكس لحركة المواد الصلبة. تعمل غازات الاحتراق الساخنة على تسخين المواد الخام تسخيناً أوليًا إلى 900° م عند فتحة تغذية الفرن وتوفر الحرارة اللازمة لتحلل كربونات الكالسيوم. ثم تخرج هذه الغازات من أعلى المدخنة عند400 °م. وتبلغ درجة حرارة اللهب المنبعث من قادف اللهب حوالي2000° م. وتستخدم فى العمليات الجافة أفرانًا أقصر من تلك المستخدمة فى العمليات الرطبة نظرًا لعدم استخدام المياه.

والفرن الدوار قطرة (4-5 متر) وطوله من (54-75متر). وتستخدم غلايات استرجاع الطاقة فى العمليات الجافة حيث تكون درجة حرارة العادم الناتجة عن تشغيل الفرن أكبر من تلك المتولدة فى العمليات الرطبة وتستخدم المرسبات (الفلاتر) الإلكتروستاتيكي لفصل الجسيمات الناتجة عن أتربة الأفران والمحمولة فى تيار العادم. كما تستخدم الالومينيوم وطوب الماغنيسيوم (Magnesia Bricks) فى تبطين الفرن نظرًا لتعرض السطح الداخلي للتآكل وللمواد الكيميائية عند درجات الحرارة المرتفعة فى منطقة تكون الكلنكر. ويتكون المنتج النهائي (الكلنكر)من حبيبات تتراوح أحجامها بين(3و20مم). ويخرج الكلنكر من الفرن الدوار ليدخل إلى أجهزة التبريد الهوائي المفاجئ (Air quenching coolers) لتنخفض درجة حرارته بسرعة إلى ما بين (100-200° م) كما تعمل هذه المبردات بالتبادل على تسخين غازات الاحتراق تسخينًا أولياً، ويوضح الشكل (5.3) مناطق الفرن الثلاث.[4]

وهناك ثلاث أنواع من المبردات تستخدم فى تبريد الكلنكر :المبرد الدوار (Rotary Cooler) المبرد الكوكبي(Planetary Cooler) والمبر الشبكي(Grate Cooler) والنوع الأخير هو أكثر الأنواع المستخدمة فى العلميات الجافة.

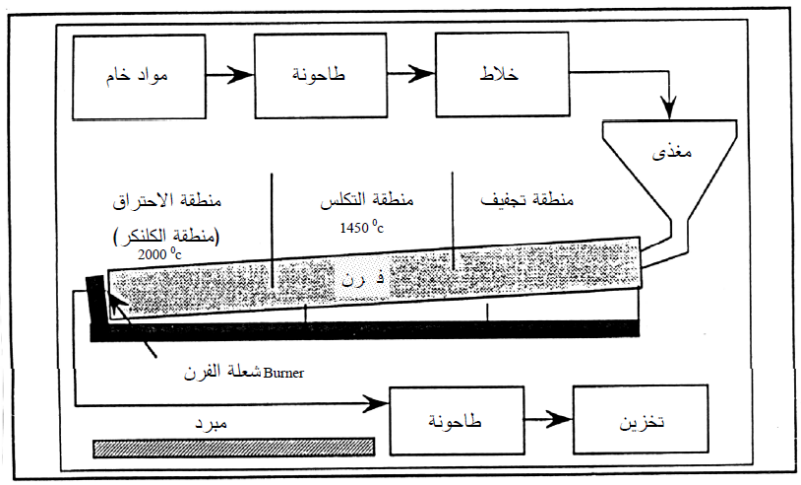
يتسبب تكون الأتربة فى الفرن فى بعض المشاكل مثل:

- تتكون تراكمات ناتجة عن الأتربة على حلقات السيكلونات وفتحة تغذية الفرن ومنطقة التكلس (Calcining zone) والتي قد تؤدى إلى إيقاف الفرن عن العمل لعدة أيام.
- يستهلك تبخر القلويات قدرًا كبيرًا من الطاقة.

الطحن النهائي والتعبئة/ ينقل الكلنكر إلى طواحين كور حيث يضاف إليه الجبس ويعبأ في أكياس من الورق أو البلاستيك (أكياس).

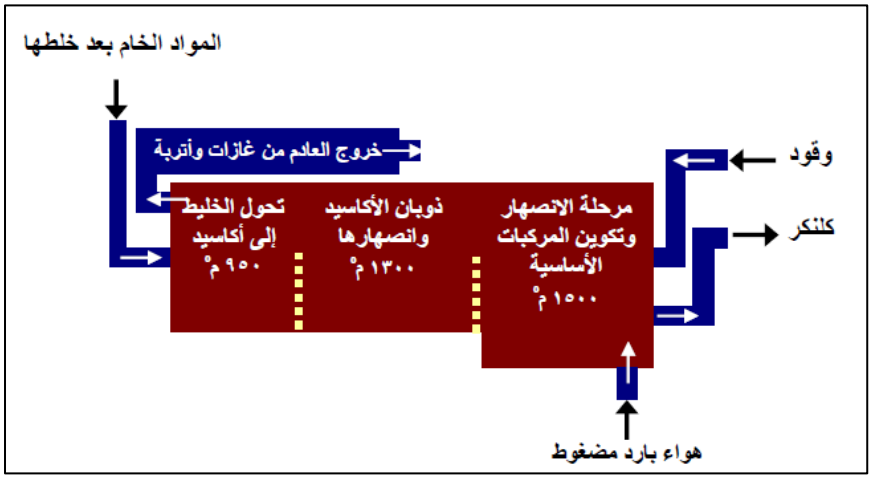
الطريقة شبه الجافة:

العمليات شبة الجافة هي حالة خاصة من العمليات الجافة، حيث يستخدم الفرن المزود بعامود وفى الحالتين تشكل المواد الخام المطحونة فى العمليات الجافة، على هيئة حبيبات يتراوح قطرها بين (10 و 15مم) بحيث يضاف إليها 13 % من المياه، في حالة استخدام فرن ليبول تجفف الحبيبات وتسخن تسخيناً ابتدائياً بواسطة السخان الشبكي الابتدائي المتحرك ثم تنقل إلى فتحة تغذية الفرن .ويستخدم فى هذا النظام، لأول مرة، أسلوبًا يعتمد على تسخين المواد الخام تسخيناً ابتدائياً بواسطة جهاز منفصل ذو كفاءة حرارية مرتفعة، وهي المهمة التي كان يقوم بها الفرن فى الأنظمة التقليدية ، فى حالة استخدام الفرن المزود بعامود تضاف السيليكات والطفلة خلال مرحلة التحبيب،(pelletizing) وتتم عمليات التجفيف والتلبيد،(sintering) والتبريد فى الطبقة العمودية المتحركة ، وقد ساد استخدام هذا النظام قبل انتشار الأفران الدوارة، ويمتاز هذا النوع من لأفران بالاقتصاد الحراري، بينما يعيبه ضرورة استمرار تحريك النار (poking) فى الفرن للحافظ على حالة احتراق ثابتة، بالإضافة إلى تفاوت جودة منتجاته.



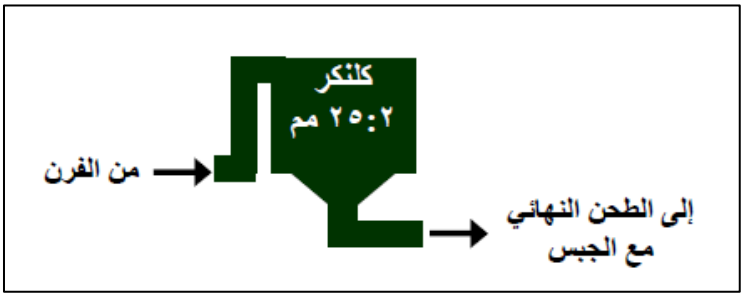
شكل (5.2) يوضح ثلاثة مناطق في الفرن

عندما تصل هذه المواد(مواد الخام) المنصهرة إلى آخر مرحلة فى الفرن، تكون الحرارة حوالي 1500 درجة مئوية كما هو موضح بالشكل (6.2)



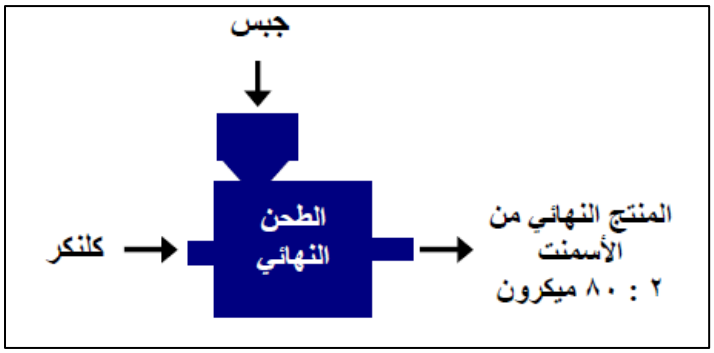
شكل (6.2) يوضح عملية حرق المواد الخام

3. بعد الانصهار تتكون المواد الجديدة وتسمى الكلنكر (**Clinker**) وهي عبارة عن كرات صغيرة يتراوح قطرها ما بين 25-2مم والتي يتم تبريدها بسرعة فجائيا وذلك بضخ هواء بارد لمنع تبلورالمواد والذي يحسن من خواص الأسمنت كما هو موضح بالشكل(7.2) .



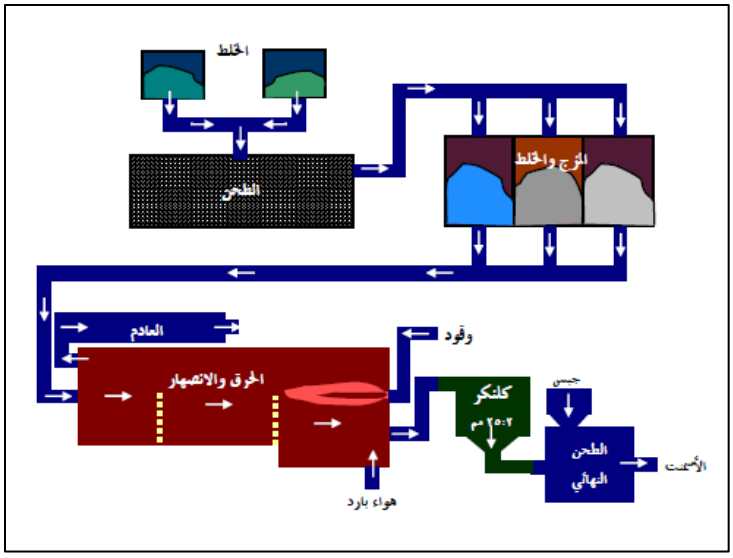
شكل (7.2) يوضح مرحلة تكون الكلنكر

4. يتم إضافة جبس (كبريتات الكالسيوم) إلى حبيبات الكلنكر بنسبة لا تزيد عن 5% بغرض التحكم فى زمن الشك الابتدائي وتفاعلات التصلد للأسمنت كما هو مبين بالشكل (8.2)

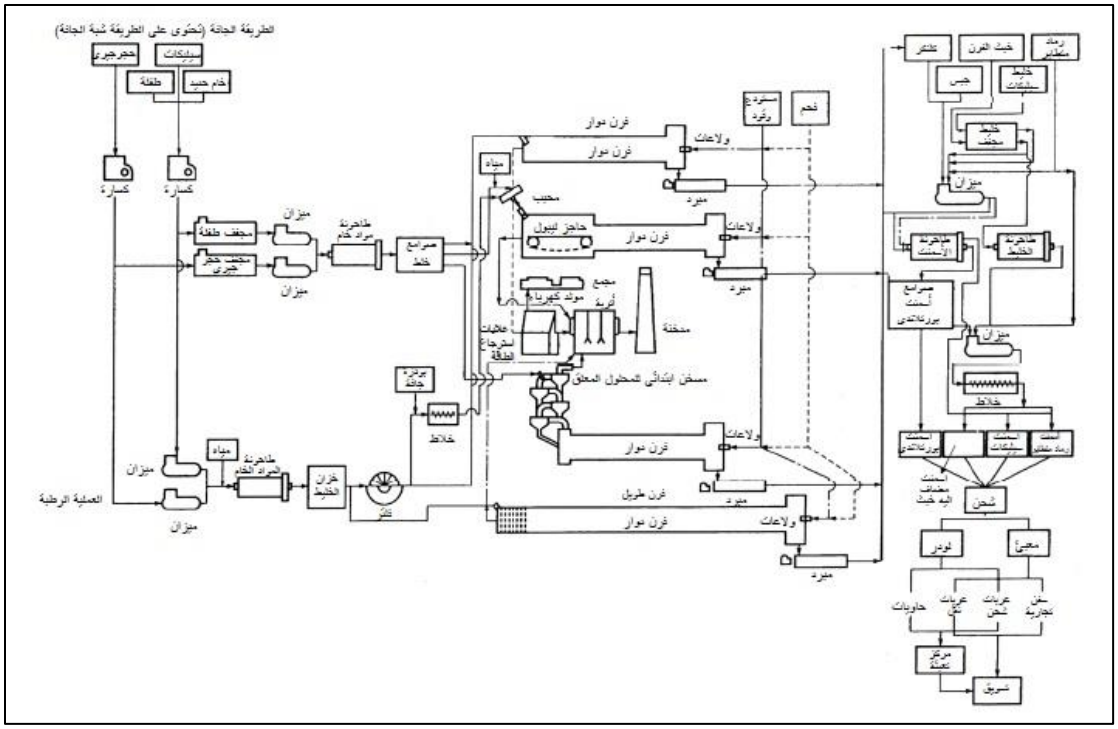


شكل (8.2) يوضح إضافة الجبس للكلنكر وعملية الطحن النهائية.

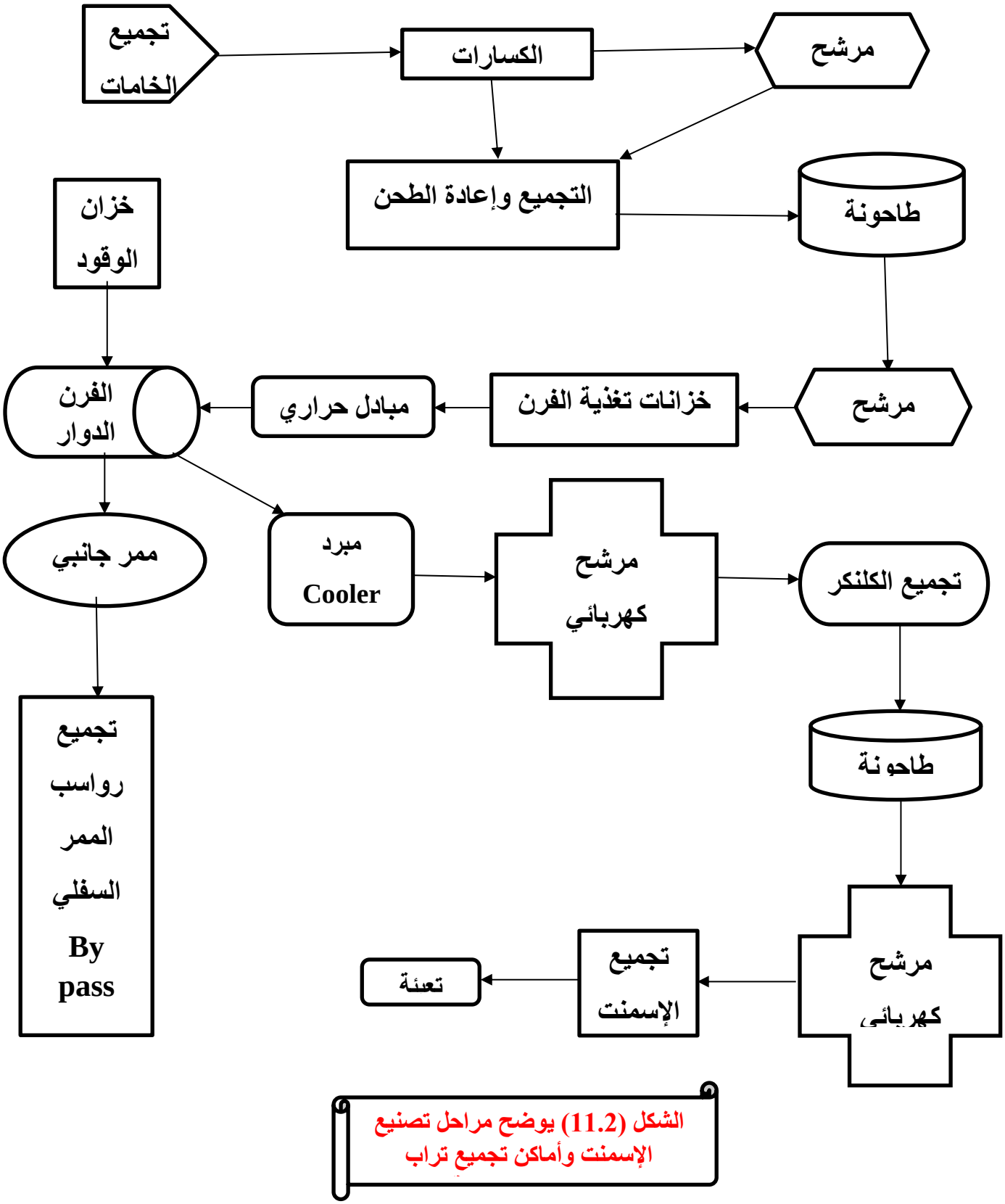
5. العملية النهائية فى صناعة الأسمنت البورتلاندى تحتوي على طحن الكلنكر إلى حبيبات مقاس قطرها ما بين 2 إلى 80 ميكرون، والمادة المطحونة الناتجة هي الأسمنت كما هو موضح بالشكل السابق، والشكل (9.2) يوضح تخطيط لجميع مراحل صناعة الأسمنت.[4]



شكل (9.2) يوضح مراحل صناعة الإسمنت



شكل (10.2) يوضح عمليات تصنيع الإسمنت المختلفة



الشكل (11.2) يوضح مراحل تصنيع الإسمنت وأماكن تجميع تراب

الفصل الثالث

تلوث الهواء الناتج من صناعة الإسمنت وتأثيره على البيئة

(Air pollution resulting from the cement industry and its impact on the environment)

3.مقدمة:

يعد الهواء ملوثا عندما يحصل تغيرا في مكونات وعناصر الهواء في حالتي الزيادة أو النقصان في التركيز عن الحدود المسموحة، أو إضافة مركبات أو إضافة عناصر بتركيزات غير مسموحة نتيجة للنشاطات الطبيعية أو الإنسانية، وتعد تدخلات الإنسان بالبيئة نتيجة استخدام وسائل النقل وإنشائه المصانع الأثر الكبير في تلوث الهواء في العقود الأخيرة من القرن الماضي، وأكثر أسباب تلوث الهواء ناتجة عن وسائل النقل، المصانع، محطات توليد القدرة، الاستهلاك المنزلي للوقود، وملوثات الهواء الناتجة عن تلوث الفضلات.[2]

1.3 أنواع ومصادر ملوثات الهواء الغازية

الجدول (1.3) يبين بعض ملوثات الهواء الغازية الشائعة والمشهورة، وهذه الملوثات لاقت اهتماماً دوليا وهي:

- ثاني أكسيد الكبريت.
- أكسيد النيتروجين (NO،NO_2).
- أول أكسيد الكربون.
- ثاني أكسيد الكربون.
- الأوزون ومؤكسدات كيميائية أخري.
- أكاسيد الرصاص.

جدول (1.3) ***يبين ملوثات الهواء الغازية وتأثراتها***

الإسم	الرمز	الخواص والأهمية	أهميتها وتأثيرها كملوث
ثاني أكسد الكبريت	SO_2	غاز عديم اللون، حمض الكبريتوز(H_2SO_3) في الماء رائحة حمضية نفاذة	تسبب خطر للزراعة، ومواد البناء وتؤثر وتشكل خطورة على الجهاز التنفسي
ثالث أكسيد الكبريت	SO_3	قابل للذوبان في الماء ليكون حمض الكبريتيك(H_2SO_4)	آكل إلى حد عالي
كبريتيد الهيدروجين	H_2S	له رائحة عند التركيزات المنخفضة مثل رائحة البيض الفاسد، وعديم الرائحة عند التركيزات العالية	سام إلى حد كبير
أكسيد النيتروز	N2O	عديم اللون يستخدم كحامل غاز	نسبة غاز خامل وهو ليس من نواتج الإحتراق
أكسيد النيتريك	NO	عديم اللون، وأحياناً يستخدم كبنج ومخدر	ينتج أثناء الإحتراق وأثناء الأكسدة ذات درجات الحرارة العالية ويتأكسد في الهواء إلى أكسيد النيتروز(N_2O)
ثاني أكسيد النيتروجين	NO_2	غاز بني أو برتقالي	مكون لطبقة الضباب الدخاني الضوكيميائي، وهو سام عند التركيزات العالية
أول أكسيد الكربون	CO	عديم اللون والرائحة	ناتج عن الإحتراق الغير تام وهو سام عند تركيز العالي
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	عديم اللون والرائحة	ناتج عن الإحتراق الغير تام للمركبات العضوية، وهو المسؤول عن تغير المناخ العالمي
الأوزون	O_3	قابل للتفاعل بشكل كبير	يساهم في حدوث اضطرابات في طبقة الستراتوسفير القريبة من سطح الأرض
الهيدروكربونات	C_XH_Y	عدة مركبات مختلفة	تنبعث من عوادم السيارات
فلوريد الهيدروجين	HF	عديم اللون، حمضي، ناشط للتفاعل	ينتج من صهر الألومنيوم، ويعتبر سام

2.3 ملوثات الهواء الغير غازية:

1. المواد الدقيقة:

يقصد بها الجسيمات الموجودة في الهواء والتي تشمل الغبار والدخان والهباب (soot) وتظل هذه الجسيمات عالقة في الهواء فترة زمنية طويلة حيث تلعب العديد من العوامل مثل حجم الجسيمات وسرعة الرياح دوراً كبيرا في طول بقائها في الهواء الجوي، وينتج الغبار من مصادر عدة منها طبيعية وتشمل الرياح المحملة بالأتربة ومن البراكين وحرائق الغابات وقد تكون نتيجة فعل الانسان ويتمثل ذلك في العمليات الصناعية المختلفة مثل صناعة الاسمنت، ومن محطات توليد الطاقة التي تستخدم الوقود الاحفوري. [2]

1.2.3 أشكال التلوث البيئي:

يعد التلوث من الظواهر التي أخذت قسطاً كبيراً من اهتمام حكومات دول العالم منذ النصف الثاني من القرن العشرين. وتعد مشكلة التلوث أحد أهم المشاكل البيئية التي بدأت تأخذ أبعاداً اقتصادية واجتماعية خطيرة، ولاسيما مع نهاية القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين نتيجة للتوسع الصناعي الهائل والمدعوم بالتكنولوجيا الحديثة، وأخذت الصناعات في الآونة الأخيرة اتجاهات خطيرة متمثلة في التنوع الكبير وظهور بعض الصناعات المعقدة التي يصاحبها في كثير من الأحيان تلوث خطير يؤدي عادة إلى تدهور المحيط الحيوي. ويأخذ الضرر الناتج من التلوث أشكالاً عديدة فأولها وأكثرها وضوحاً، هو تأثيرها على صحة الإنسان، مثل تلوث الهواء والماء والتربة، وكذلك التلوث الضوضائي، ويمكن توضيح هذه الأشكال للتلوث البيئي بما يأتي:

أولا: التلوث الغذائي

أدي الاستخدام الجائر للمخصبات الزراعية والمبيدات الي حدوث العديد من الاضرار الصحية والاقتصادية بالمواد الغذائية التي يستهلكها الانسان، ونشأ نتيجة لذلك التلوث الغذائي.

ثانيا: التلوث الهوائي

هي الحالة التي يكون فيها الهواء محتوياً على مواد كيميائية وغبار وأتربة ضارة بالإنسان وبمكونات البيئة المختلفة كالنبات والحيوان وغير ذلك ، ويقصد أيضاً بالتلوث الهوائي زيادة كميات المواد الكيميائية والغازات الناشئة عن إنتاج مصادر الطاقة ونقلها واستخدامها في الغلاف

الجـوي، ممـا يتـرك آثـاراً سـلبية علـى مكونـات البيئـة ، وتنبعـث مـن المصـانع معظـم أكاسـيد الكبريـت والأجـزاء الدقيقـة مكونـة الأمطـار الحامضـية التـي تسـبب أضـراراً علـى الحيـاة النباتيـة وكـذلك نـواتج الاحتـراق مـن الطهـي فـي المنـازل ونـواتج الاحتـراق الـداخلي مـن القطـارات والسـيارات والمصـانع الإنتاجيـة وغيرهـا. كمـا أكـدت دراسـات مختلفـة أن أمـراض التهـاب الأغشـية المخاطيـة والقصـبة الهوائية تزداد في المناطق الصناعية عما هي عليه في المناطق غير الصناعية.

شكل(1.3) يوضح تأثير التلوث علي صحة الإنسان

ثالثا: التلوث المائي

يعـرف تلـوث الميـاه بأنـه تـدهور فـي نوعيـة الميـاه الطبيعيـة بسـبب إضـافة المـواد الضـارة إليهـا بتراكيـز متزايـدة أو إدخـال تـأثيرات عليهـا مثـل زيـادة درجـة حرارتهـا أو حتـى نقصـان بعـض مكوناتهـا الطبيعيـة الأساسـية مـن جـراء تـدخلات الإنسـان، ممـا يجعـل هـذه الميـاه غيـر صـالحة للاسـتعمالات الحياتيـة والصناعية.

ولقـد أصـبح التلـوث البحـري ظـاهرة أو مشـكلة كثيـرة الحـدوث فـي العـالم نتيجـة للنشـاط البشـري المتزايـد وحاجـة التنميـة الاقتصـادية المتزايـدة للمـواد الخـام الأساسـية والتـي يـتم عـادة نقلهـا عبـر المحـيط المـائي، كمـا أن معظـم الصـناعات القائمـة فـي الوقـت الحاضـر تطـل علـى سـواحل البحـار أو المحيطـات ، وبـالطبع فـإن الاسـتخدام السـيئ لمصـادر الميـاه والناشـئ عـن كـون هـذه المصـادر ملكيـة

مشـاعة، فضـلاً عـن أن غيـاب الرقابـة الحكوميـة الفعالـة يـؤدي إلـى تكـاليف اجتماعيـة لا يهـتم بهـا الملوثون ومن ثم يذهبون في تلويثهم إلى أكثر من الحد المقبول اجتماعياً.

رابعا: التلوث الأرضي (تلوث التربة)

تلـوث التربـة يعنـي دخـول عنصـر ملـوث أو أكثـر فـي التربـة بتركيـز معـين يجعلـه ضـاراً للإنسـان والحيـوان والنبـات، ويحـدث تغيـراً ضـاراً فَـي خـواص التربـة. وتتلـوث التربـة بـالأخص عـن طريـق النفايـات الصـلبة التـي هـي المـواد الصـلبة وشـبه الصـلبة المـراد معالجتهـا أو الـتخلص منهـا والناتجـة عـن النشـاطات السـكنية عامـة وعـن النشـاطات الصـناعية خاصـة، ولاسـيما صـناعة الإسـمنت هـذا فضـلاً عـن أن المـواد الصـلبة تتحلـل بـبطء شـديد مثـل أجـزاء هياكـل السـيارات وقطـع الغيـار المنـدثرة فـي المصـانع والأكيـاس التـي تمـلأ بمنتجـات المصـانع وغيرهـا. كمـا تضـر منظرهـا العـين مسـببة (التلوث الجمالي).

شكل (2.3) يوضح تأثير التلوث على التربة والأشجار

خامسا: التلوث الضوضائي

إن مشاكل التلوث الضوضائي تزداد يوماً بعد يوم وخصوصاً في المناطق الحضرية (المزدحمة بالسكان) بجانب المناجم، والطرق السريعة، والمناطق الصناعية ومناطق أخرى توجد بها حركات إنشاء كالبناء وتنفيذ المشاريع، فالضوضاء نوع من التلوث الجوي الاهتزازي يصدر على شكل موجات.

وهناك تعاريف كثيرة ومختلفة للضوضاء، على سبيل المثال تعرف الموسوعة البريطانية الضوضاء بأنها "الصوت غير المطلوب" أما الموسوعة الأمريكية فتعرفها بأنها " الصوت غير المرغوب وتعرف الضوضاء (الضجيج) من الناحية الفيزيائية بأنها صوت ناتج عن موجات سمعية ذات ضغوط وتوترات عشوائية. وفي العمل تمثل الضوضاء صوتاً غير مرغوب فيه، أو طاقة ضائعة.

ولتخفيض الضوضاء يمكن للحكومة تحديد أماكن سكنية يمنع فيها أصداء الضوضاء وتحديد أماكن صناعية يجوز فيها إقامة مصانع والنشاطات المصدرة للضوضاء. ففي المناطق السكنية يكون من حق السكان الاستمتاع بالهدوء، فإذا أراد أحد أن يقيم مصنعاً تصدر عنه ضوضاء، فعليه أن يحصل على موافقة السكان ويدفع لهم تعويضاً مناسباً، وهذا يسمى ب (مبدأ الملوث يدفع)، أما في المناطق الصناعية إذا أراد السكان الهدوءً فعليهم شراء حق الهدوء من صاحب المصنع بأن يدفعوا للمصنع تعويضاً مناسباً، وهذا يسمى ب (مبدأ المتلوث يدفع)

سادسا: التلوث الاشعاعي

تسبب الانسان في احداث تلوث يختلف عن الملوثات المعروفة وهو التلوث الاشعاعي الذي يعد في الوقت الحالي من أخطر الملوثات البيئية. وقد يظهر تأثير هذا التلوث بصورة سريعة ومفاجئة على الكائن الحي، كما قد يأخذ وقتا طويلا ليظهر في الأجيال القادمة، ومنذ الحرب العالمية الثانية وحتى وقتنا الحالي استطاع الانسان استخدام المواد المشعة في انتاج أخطر القنابل النووية والهيدروجينية.

سابعا: التلوث المعدني

تعد مشكلة التلوث بالعناصر المعدنية السامة في الوقت الحاضر من اهم المشكلات التي تواجه المتخصصين في المجال البيئي، ذلك لأنها ذات أضرار صحية بالغة على صحة الانسان، وقد تفاقمت هذه المشكلة نتيجة للتطور السريع في المجلات الصناعية المختلفة، أما عنصر الرصاص فقد لوحظت زيادته باستمرار نتيجة لاحتراق العديد من وقود المركبات. [2]

ثامنا: التلوث الصناعي

وهو التلوث الناتج عن نشاطات الانسان المختلفة وسلوكياته، خاصة في المجالات الصناعية المختلفة، وتعد مخلفات المصانع من أهم مصادر هذا التلوث ومن بينها مصانع الاسمنت.

التأثيرات البيئية والصحية للملوثات الناتجة عن صناعة الاسمنت:

1. **التأثير البيئي الناتج عن الانبعاثات في الهواء**

وتنقسم الي:

- **الذرات الترابية**

تتكون هذه الانبعاثات من الرماد والسخام والمكونات الكربونية والتي تكون غالبا ما تكون ناتجة عن عملية الاحتراق الغير كاملة وتغلغل هذه الذرات الي الجهاز التنفسي والرئة وتسبب تلف كبير في الجهاز التنفسي (كأمراض الربو والسعال المزمن والتهابات الشعب الهوائية).[3]

- **الجسيمات العالقة**

إن معظم الأضرار الصحية الناتجة عن التعرض للجسيمات العالقة تتسبب فيها جسيمات متناهية في الصغر، حجمها أقل من 10 جزء في المليون من الأتربة وتخترق هذه الجسيمات طريقها حتى تصل إلى الرئة مسببة أعراض مرضية مختلفة (مثل الربو الشعبي، السعال والأزمات التنفسية .... الخ) ومعظم هذه الجسيمات العالقة تكون ناتجة عن عمليات الاحتراق الغير تام ومن أمثلتها: الرماد، السناج والمركبات الكربونية. بالإضافة إلى ذلك تضم الجسيمات العالقة متكثفات حمضية ومعادن مثل الرصاص والكادميوم وكبريتات ونترات.[3]

- **أكاسيد النتروجين**

ست مركبات معروفة هي: أولا أكسيد النيتريك وثاني أكسيد النتروجين وأكسيد النيتروز وتشمل اكاسيد النتروجين ثالث أكسيد النيتروجين ورابع أكسيد النيتروجين وخامس أكسيد النيتروجين ويعتبر أكسيد النيتريك وثاني أكسيد النيتروجين من أكثر مركبات النيتروجين انتشارا في ملوثات الهواء الخارجي. وثاني أكسيد النيتروجين أثقل وزنًا من الهواء، وهو قابل للذوبان في الماء مكونًا حمض النيتريك وإما حمض النيتروز أو أكسيد النيتريك

ويذوب حمض النيتريك والنيتروز في مياه الأمطار، أو يتحدا مع الامونيا الموجودة في الهواء لتكوين نترات الأمونيوم وعندئذ، ينتج ثاني أكسيد النيتروجين ويلعب ثاني أكسيد النيتروجين دورًا رئيسيًا في إنتاج ملوثات الهواء الثانوية مثل الأوزون وذلك باعتباره مركب ماص جيد للطاقة في مجال الأشعة فوق البنفسجية. وينبعث أكسيد النيتريك إلى الهواء الجوي بكميات كبيرة أكثر من ثاني أكسيد النيتروجين. ويتكون عند عمليات الاحتراق العالي الحرارة وذلك باتحاد الأكسجين والنيتروجين معا ويعتبر ثاني أكسيد النيتروجين من المركبات التي لها تأثير بيولوجي ملحوظ كما يؤدي الي التهاب الرئتين.[2]

- **ثاني أكاسيد الكربون**

يسهم حرق الوقود العضوي لإنتاج الحرارة والكهرباء في ظاهرة الاحتباس الحراري بسبب تكوين ثاني أكسيد الكربون حيث تتكون طبقة من هذا الغاز تمنع تسرب الانبعاث الحراري من الأرض مما يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة سطح الكرة الأرضية

- **غبار الاسمنت**

من المشاكل الصحية في هذه الصناعة التعرض لغبار الأسمنت لكونه مادة ماصة للرطوبة وقلوية كما أنها مادة مسببة للتآكل وتحتوي على بعض العناصر الضارة والمعادن (الكروم السداسي التكافؤ، الكوبالت والنيكل) وعادة ما يصاب العمال في مصانع الأسمنت بالالتهابات في الجهاز التنفسي العلوي والاكزيما.[4]

- **أكسيد الألومنيوم**

تتسبب المساحيق الجافة من أكسيد الالومنيوم في التهابات حادة بالجلد وتآكل المخاطية. وكما أن هناك تقارير تفيد بأن التعرض لتركيزات مرتفعة من تراب الالومنيوم المحمول في التيارات

الهوائية ببيئة العمل قد تسبب بعض الحالات في إصابة العاملين بداء التغبر الرئوي كما تتضمن أثار التعرض المزمن في بيئة العمل للأبخرة أو الاتربة المحملة بالألمونيوم، أمراضًا رئوية متعددة مثل تليف أنسجة الرئة، التضخم الرئوي والاسترواح الرئوي (وجود الهواء داخل الغشاء الرئوي).

- **أكسيد الحديديك**

يتسبب تعرض العاملين لأبخرة أكسيد الحديد والسيليكا في داء التغبر الرئوي المختلط.

- **طفلة الكاولين**

يحتوي مسحوق البنتونيت على كميات كبيرة من السيليكا الحرة التي قد يتسبب استنشاقها لفترات طويلة في الاصابة بتغبر الرئة. وقد ثبت أن استنشاق أنواع مماثلة من الطفلة مثل تراب القصار لفترات طويلة يتسبب كذلك في التغبر الرئوي دون ظهور أعراض التسمم السليكي. وتظهر أعراض هذا الداء عادة بعد انقضاء سنوات عديدة على التعرض. أما تعرض العيون المباشر فيؤدى الى التهابات حادة في الجزء الأمامي من الغشاء الوعائي للمقلة وتكون الخراريج في الجزء الخلفي من القرنية.

- **كبريتات الكالسيوم (الجبس)**

تتسبب أتربة الجبس في تهيج والتهاب الاغشية المخاطية للجهاز التنفسي والعينين وفى التهاب الملتحمة (الرمد) أحيانًا، والالتهاب المزمن للأنف، والحنجرة والبلعوم، وفقدان حاسة الشم والتذوق، ونزيف الانف وأضرارًا أخرى بالأغشية المبطنة للقصبة والشعب الهوائية.[3]

3.3 التأثير البيئي الناتج عن الانبعاثات السائلة

في حالة وصول تراب الافران الي أنظمة صرف السوائل قد يؤدي ذلك الي تكون الطين مما قد يؤدي الي انسداد الصرف الصحي كذلك تشكل الزيوت ومواد التشحيم الناتجة من الجراحات وورش العمل خطرا كبيرا في حالة تصريفها في شبكة الصرف الصحي حيث تتسبب في الالتصاق في المواسير مما تؤدي الي صعوبات عديدة في عمليات الصيانة وكذلك إذا تم تصريف تلك النفايات السائلة في المصطلحات المائية فإنها يمكن ان تتعارض مع الحياة المائية في هذا المصطلح المائي أو يمكن ان تكون بقع زيتية كبيرة تؤدي الي ثلوث كبير للبيئة المحيطة به.

4.3 التأثير البيئي الناتج عن تصريف النفايات الصلبة

تنشأ ذرات التراب الدقيقة من عمليات التكسير والطحن والخلط بالإضافة الي الاتربة الناتجة عن عملية الترسيب الكهربائي في مرحلة الطحن الأخيرة قبل التعبئة ومن الجدير بالذكر ان التخلص من تلك النفايات عن طريق القائها في منطقة دفن خارج المصنع يتطلب إضافة عوامل تثبيت للتقليل من أضرارها التي قد تؤدي الي مخاطر جمة على السكان بالبيئة المحيطة في حالة ارتفاع نسبة تلك الملوثات في الهواء.

5.3 التأثير البيئي الناتج عن الضوضاء

تنتج الضوضاء بمصانع الاسمنت كنتيجة لعمليات الطحن والتكسير وتتسبب الضوضاء المستمرة في ارتفاع ضغط الدم وتأثر على الجهاز العصبي، بالإضافة الي تسببها في العديد من المشاكل متعلقة بالسمع والتركيز إذا تم التعرض لها لفترات طويلة.

6.3 مصادر الملوثات في مصانع الاسمنت

1. الغلايات

تنتج الغلايات البخار المستخدم في توليد الطاقة الكهربية. تقوم محطات الطاقة الحرارية المنتجة للبخار بتوليد الكهرباء من خلال سلسلة من عمليات تحول الطاقة تشمل حرق الوقود في الغلايات لتحويل المياه الى بخار مرتفع الضغط يستخدم في تدوير التوربينات لتوليد الكهرباء وينتج عن هذه العملية انبعاثات غازية مثل الانبعاثات النمطية الناتجة من عمليات الاحتراق وتتضمن العادم الناتجة عن حرق الوقود (من ضمنها المعادن الثقيلة في حالة تواجدها بنسب مرتفعة في الوقود) أكاسيد الكبريت والنتروجين وهيدروكربونات غير محترقة. ويتوقف تركيز هذه الملوثات في العادم على نظام الاحتراق (تصميم رشاشات الوقود، ارتفاع المدخنة) ومهارة التشغيل ومكونات الوقود. أما الغلايات التي تعمل بالغاز فتنتج عنها كميات ضئيلة للغاية من الجسيمات والملوثات الأخرى.[2]

أما بالنسبة لتفوير الغلاية، فتعتبر مياه التفوير من أهم مصادر تلوث الصرف السائل إذ تحتوي على كميات كبيرة من المواد الصلبة الذائبة الكلية. لتجنب تكون قشور الغلاية ينبغي أن تكون المواد الصلبة الذائبة الكلية في مياه تغذية الغلاية عند أدنى حد ممكن، لذلك يستخدم الماء اليسر في

تغذيـة الغلايـات، وتهـدف عمليـة تفـوير الغلايـة إلـى خفـض تركيـزات الامـلاح والمـواد الصـلبة الذائبـة إلى الحد الذي يمنع ترسبها (تكون القشور) على أسطح التسخين.

وتسـتخدم الميـاه فـي وحـدات توليـد الطاقـة لتبريـد التوربينـات، وتتولـد الميـاه علـى هيئـة متكثفـات البخـار وتتوقـف كميـة ميـاه الصـرف الناتجـة عـن هـذه الوحـدات علـى طريقـة التبريـد المتبعـة (دائـرة تبريـد مفتوحـة أم مغلقـة) وعلـى إعـادة تـدوير متكثفـات البخـار، وتعتبـر زيـوت التزليـق وعمليـات التشـحيم هـي المصدر الرئيسي لتلوث مياه الصرف الناتجة عن وحدات توليد الطاقة. [2]

2. أبراج التبريد

تسـتخدم الميـاه لأغـراض التبريـد علـى نطـاق واسـع فـي مختلـف الصـناعات، وخـلال عمليـة التبريـد ترتفـع درجـة حـرارة الميـاه ولا تصـلح للاسـتخدام لهـذه الأغـراض إلا بعـد إعـادة تبريـده ا. لـذلك فـإن أبـراج التبريـد تعتبـر وسـيلة فعالـة لإعـادة تـدوير الميـاه وبالتـالي ترشـيد اسـتهلاكها. وتتضـمن عمليـة تبريـد الميـاه بخـرًا جزئيـاً يـؤدى إلـى زيـادة تركيـز الامـلاح والمـواد الصـلبة الذائبـة، لـذلك فمـن الضـروري تقـوير أبـراج التبريـد للـتخلص مـن التركيـزات المرتفعـة لتلـك المـواد بالميـاه، وتكـون ميـاه تـوفير البـرج ذات تركيـزات مرتفعـة مـن المـواد الصـلبة الذائبـة الكليـة التـي تتسـبب فـي تلـوث ميـاه الصرف.

فـي العمليـات الجافـة بصـناعة الأسـمنت تسـتخدم الميـاه أساسًـا لتبريـد عمليـات التشـغيل المختلفـة (معـدات التجفيـف، تبريـد الأجهـزة، والضـواغط وقواعـد (كراسـي) تحميـل الفـرن وقواعـد تحميـل الطاحونـة ومواسـير الموقـد..... الـخ) لـذلك فـإن الإدارة الجيـدة للميـاه فـي العمليـات الجافـة تـؤدى فـي الحـالات الطبيعيـة الـى خلـو ميـاه الصـرف مـن الملوثـات. أمـا فـي العمليـات الرطبـة فـإن الميـاه المستخدمة (مع المعلق) تتبخر في الفرن.

3. الضواغط

تسـتخدم الضـواغط فـي صـناعة الأسـمنت لنقـل المـواد الخـام بواسـطة التيـارات الهوائيـة المضـغوطة وتسـتهلك الضـواغط كميـات كبيـرة مـن الزيـوت لأغـراض التزليـق والتبريـد، بالإضـافة الـى الطاقـة الكهربيـة. وتعتبـر زيـوت التزليـق والضوضـاء الناتجـة عـن تشـغيل الضـواغط هـي أهـم الملوثـات الناتجة عن هذه الوحدات.

4. المعمل

يؤدى المعمل مهامًا أساسية في مصانع الأسمنت:

أ. اختبار المواد الخام والكيماويات المستخدمة والمياه ومياه الصرف.

ب. التحكم في جودة المنتجات بفحصها وإجراء الاختبارات اللازمة لذلك وإجراء المقارنات بين المواصفات القياسية ومواصفات المواد الخام والمنتجات.

ت. المتغيرات التي يقوم المعمل باختبارها تمثل الخصائص الفيزيائية للمواد والمنتجات وتركيبها الكيميائي.

ث. بعض المواد الكيميائية المستخدمة في المعمل تدخل ضمن المواد الخطرة التي ينبغي مراعاة الالتزام بالقوانين البيئية في إجراءات تداولها وتخزينها.

5. الورش والجراج

تقوم الورش الكهربية والميكانيكية في المنشآت الصناعية الكبيرة بإجراءات الصيانة والإصلاح وأهم الملوثات الناتجة عن هذه الوحدات هي:

أ. الضوضاء

ب. مياه غسيل المعدات والتي قد تكون ملوثة بزيوت التزليق

ت. المعادن الخردة

أما بالنسبة للجراج فإن نوعية الملوثات التي قد تتولد عنه تتوقف على الخدمات التي يؤديها. إن تواجد محطة للسولار أو الديزل بالمنشأة يتطلب وجود خزانات للوقود تحت الأرض أو فوقها وبالتالي خططا للتحكم في التسرب والانسكابات. أما زيوت التزليق المستهلكة فيتم صرفها على شبكة الصرف أو بيعها لمحطات إعادة التدوير.

6. المخازن

تتوقف مواصفات المخازن على نوعية المواد المخزنة:

أ. تستخدم الكيماويات لغرض معالجة المياه أو كمواد إضافية في العمليات

ب. وتحتاج هذه الكيماويات لإجراءات خاصة في تداولها وتخزينها وإدارتها وفقًا لمتطلبات القوانين

ت. يستخدم الوقود في الغلايات وفى السيارات والشاحنات ويخزن في خزانات تحت الأرض أو فوقها، وأكثر أنواع الوقود شيوعًا هي المازوت والسولار والغاز الطبيعي والجازولين

ث.المعادن الخردة

7. محطات معالجة مياه الصرف

تحتوي مياه الصرف الناتجة عن مصانع الأسمنت على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية والمواد الصلبة العالقة وأملاح البوتاسيوم والكبريتات وتتصف بدرجة قلوية مرتفعة. أهم الملوثات الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف هي:

أ. الحمأة، وتعتبر من أهم المخلفات الصلبة

ب. قد تمثل المياه المعالجة مصدرًا للتلوث البيئي إذا تعدت تركيزات الملوثات فيها الحدود التي نصت عليها القوانين البيئية ذات الصلة

8. المطعم ودورات المياه وأماكن الاعاشة

تتولد عن هذه الوحدات مياه صرف صحي ومخلفات منزلية صلبة.

9. وحدة تصنيع الاكياس الورقية

تنتج هذه الوحدات شكاير من الورق الكرافت لتعبئة الأسمنت، ويعتبر الورق والاكياس المرتجعة (المرفوضة) من المخلفات الصلبة.

10. الصرف السائل

تحدث أعلى مستويات تلوث الصرف السائل عند ملامسة المياه لأتربة الأفران الذي تم تجميعه، وهناك ثلاثة مصادر رئيسية لحدوث هذا التلامس:

أ. عملية الترشيح التي تؤدى إلى التخلص من القلويات الذائبة واستخلاص المواد الصلبة الغير ذائبة لإعادة استخدامها، وفى النهاية يصرف ناتج الترشيح (الرشيح)

ب. التخلص من معلق الأتربة الرطبة دون استرجاع المواد الصلبة أو إعادة استخدامها حيث يضخ المعلق في برك الترسيب ويترك لتترسب المواد الصلبة ويصرف ماء الترشيح

ت. الصرف السائل الناتج عن جهاز غسيل الغازات المستخدم في غسيل انبعاثات الفرن الغازية للتخلص من أتربة الفرن

كما توجد مصادر أخرى لتلوث مياه الصرف:

أ. مياه تفوير الغلايات وأبراج التبريد (تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة، والمواد الصلبة العالقة)

ب. زيوت التزليق المستهلكة في الجراج والورش إذا تم صرفها على شبكة الصرف سوف تكون مياه زيتية (زيوت وشحوم)

ت. مياه الصرف الصحي

أهم الملوثات في الصرف السائل هي المواد الصلبة الذائبة الكلية والمواد الصلبة العالقة والمعادن الثقيلة.

11. المخلفات الصلبة

أهم المخلفات الصلبة في صناعة الأسمنت هي: أتربة الأفران، المواد الخام، الكلنكر ومواد أخرى يتم تخزينها في المنشأة على هيئة اكوام. وفى حالة سقوط الأمطار تتخلل المياه هذه الأكوام لتذيب بعض المواد وتحملها مع تيار الصرف السطحي. ويتسبب إنتاج 2000 طن من الكلنكر يوميًا فيتولد 20طن/ يوم من الأتربة. وهكذا فإن تلوث المياه بأتربة المواد الخام قد ينتقل إلى الطبقات الموجودة تحت سطح الأرض وقد يؤدى في النهاية إلى تلوث مصادر المياه الجوفية. كما تتسبب عمليات تكسير المواد الخام وخلطها وطحنها والطحن النهائي في تولد الأتربة قبل الوصول إلى مرحلة التعبئة.

وهناك مصادر أخرى للمخلفات الصلبة مثل الاكياس البلاستيك أو الاكياس الورقية المرتجعة، ومخلفات الورش والجراج والحمأة الناتجة عن محطة معالجة مياه الصرف.[2]

12. أتربة الفرن (أتربة الممرات)

تنقل ممرات الجانبية للعادم الاتربة الناتجة عن حرق الوقود في الفرن الدوار. ويتم التخلص من جزء من الأتربة عن طريق المدخنة، كما تتولى المرسبات الالكتروستاتيكية التخلص من جزء كبير من الأتربة عن طريق شحن جزيئاتها بجهد كهربي مرتفع، ثم ترسيبها عند الالكترود وجمعه. ويتسبب التخلص من أتربة الأسمنت في تلوث الهواء، سواء داخل المنشأة أو خارجها، بسبب تأثير الرياح. بينما يؤدى تحبيب أتربة الأسمنت بواسطة المياه إلى الحد من هذه المشكلة.

والجدول (2.3) يوضح الوحدات الخدمية ومصادر التلوث المحتملة.[3]

جدول (2.3) يوضح الوحدات الخدمية ومصادر التلوث المحتملة:

مدخلات	الوحدات الخدمية	ملوثات
وقود+هواء ماء	الغلايات بخار	مياه تفوير الغلاية(TDS) غازات العادم
مياه ساخنة	أبراج التبريد	مياه تفوير أبراج التبريد (TDS)
زيوت تشحيم	ضواغط	زيوت مستهلكة ضوضاء
مواد كيميائية	المعمل	مياه الصرف تداول المواد الخطرة
زيوت تشحيم مياه غسيل الأراضي المعدات مواد التنظيف	ورش أعمال الكهرباء والميكانيكا	مياه غسيل تحتوي على زيوت مخلفات صلبة
وقود زيوت ماء غسيل	جراج	مياه غسيل تحتوي على زيوت مخلفات صلبة
مواد خام وقود مواد كيميائية خردة معادن	تخزين	انسكابات مواد خام مرتجعة مواد خطرة
مياه الصرف	وحدة معالجة مياه الصرف	مياه معالجة حمأة
مياه	مطعم ودورات مياه	مياه صرف

الفصل الرابع

تكنولوجيا تنظيف الغازات الصناعية من الملوثات

(Technology of cleaning industrial gases from pollutants)

4.مقدمة

هناك سببان رئيسيان لتنظيف النفايات الصناعية الغازية وهما الفائدة والحماية فمثلا الفائدة يمكن أن تنتج عند استخدام غازات الأفران العالية لتسخين ولتوليد الطاقة ولا يجب إزالة الغبار العالق بالهواء قبل حرقها. كما يمكن استخلاص غاز ثاني أكسيد الكبريت من غازات محطات توليد القوة الكهربائية وتحويله اقتصادياً إلى كبريت ويمكن أيضا استخلاص فلز الجرمانيوم من الرماد المتطاير من حرق بعض أنواع الفحم.

أما السبب الثاني الذي من أجله يجب تنظيف الغازات فهو حمية المشتغلين بالصناعة والبيئة من التلوث فمثلا نفايات الغازات المحتوية على مكونات سامة مثل أبخرة الزرنيخ أو الرصاص تشكل خطراً على صحة العاملين بالصناعة والسكان المحيطين بالمصنع. كما أن الغازات التي تحتوي على مركبات الفلورين أو الكبريت فإنها تقتل النباتات وتتلف دهانات الأسطح والأبنية وتلوث المنطقة المحيطة بالمصنع وبالتالي تصبح هذه المنطقة غير مناسب للمعيش.

وعموماً يمكن تقسيم ملوثات الهواء إلى نوعين. الملوثات الغازية والملوثات الحبيبية (Particulate Pollutants). وهذه الأخيرة تنقسم إلى ملوثات صلبة أو ملوثات سائلة وتشمل الأتربة(dusts) والدخان (Smoke) والهباب (Soot) والأبخرة(Fumes) وعموماً يطلق تعبير أيروسول (aerosol) على أي مخلوطين من هذه الملوثات المتعلقة بالهواء، ويمكن فصل الغازات الضارة من النفايات الصناعية الغازية باستخدام عمليات كيميائية تعتمد أساساً على امتصاص هذه الغازات، أما فصل الملوثات الحبيبية سواء كانت صلبة أو سائلة من نفايات الغازات فتحتاج لعمليات معقدة على أسس علمية متعددة. وفيما يلي سرد للأسس العلمية المستخدمة لفصل الملوثات الحبيبية من الأيروسولات.[7]

- **<u>معدات تنظيف الغازات</u>**

من أهم معدات تنظيف الغازات الصناعية الآتية: -

1. أجهزة ترشيح وتنظيف الهواء (الفصل بقوة الطرد المركزي (multi cyclones)).
2. المرشح القماشي (Fabric Filter)
3. المرسبات الكهربائية (Electrical precipitators).

ويعتمد اختيار جهاز تنظيف الغازات على مجموعة من العوامل هي: -

1. الحجم والتوزيع الحبيبي للأتربة.
2. درجة حرارة الغازات.
3. كمية ونوعية الغازات.
4. كفاءة الفصل المطلوبة.
5. تركيز الأيروسول.

ونظرا لتعدد المتغيرات التي تدخل في تصميم هذه المعدات مازال يعتمد على الخبرة التكنولوجية المكتسبة حيث إن القواعد العلمية المتاحة استنتجت لنماذج مبسطة وبذلك يصعب استخدامها لتصميم المعدات الفعلية. ولذلك غالبا ما يستعان للاختيار الفعلي بجداول خاصة تعطي معلومات عن الاستخدامات المختلفة للمعدات تحت ظروف تشغيل مختلفة والكفاءة التي يمكن توقعها من استخدام هذه المعدات. وفيما يلي شرح مبسط لكل من هده المعدات.[7]

1.4أجهزة ترشيح وتنظيف الهواء (الفصل بقوة الطرد المركزي (multi cyclones)).

السايكلون جهاز واسع الاستخدام يعمل على فصل الجزيئات العالقة والمحمولة بالهواء او اي غاز اخر بالاعتماد على الطرد المركزي .يستخدم السايكلون بشكل واسع في تلوث الهواء وكيفية تنقية وتخليص الهواء من الملوثات وطرحه بشكل نظيف الى الجو وكذلك يمكن استخدامه في فصل المواد عن الهواء .تم اختيار السايكلون لعدة أسباب منها رخص الكلفة التصنيعية للجهاز وقلة الكلفة التشغيلية وكذلك قلة فرق الضغط كما ان كلفة الصيانة قليلة ومن الممكن تصنيعه من اي مادة توفر متطلبات درجة الحرارة وفرق الضغط ومن مساوئ هذا الجهاز هو كفاءة الفصل القليلة للجزيئات التي اقطارها اقل من 310 µm لكن هذا لم يشكل مشكلة لكون مدى اقطار جزيئات الإسمنت المراد فصلها عالي(اكبر من 60µm). عملية فصل الإسمنت ذات اهمية اقتصادية للمحافظة على الإسمنت وعدم طرحه الى الخارج وكذلك لفصل الإسمنت ومنع تراكمه مما يؤدي الى تلفه نتيجة الحرارة العالية الناتجة من مجفف الرذاذ[3].

قام Lapple بتطوير طريقة لتصميم السايكلون وحساب كفاءته وفرق الضغط له والطاقة المستهلكة وكلفته الانشائية وهي طريقة سهلة ودقيقة لأقطار الجزيئات العالية .هذه الطريقة تحتاج

معرفة معدل التدفق الحجمي والسرعة الداخلة للجهار لتحديد بقية معالم الجهاز من حيث الابعاد وتحتاج لمعرفة درجة حرارة الهواء ومدى اقطار الجزيئات لحساب الكفاءة.

اقترح Stairmand نموذج للتصميم يعرف بنظرية الجزيئة الساكنة حيث يعتمد هذا الموديل على موازنة القوى الساكنة الموجودة بين الجزيئات الداخلة الى السايكلون والدوامات الداخلية وتأثير الاقطار عليها حيث تنتج هذه الموازنة جزيئات حرجة تمتلك فرصة متعادلة بين الفصل وعدمه تعرف ب(d_{50}) الجزيئات التي تمتلك اقطار اعلى من (d_{50}) تفصل والتي اقل لا تفصل وتخرج من السايكلون مع الغاز.

كما ذكرCooper بان نموذج التصميم الكلاسيكي الموضوع من قبل Lapple هو مقبول هندسيا كما ودرس تأثير سرعة الغاز الداخلة للسيكلون على ابعاد الجهاز عند التصميم.[6]

قام.Carlos A. Herrera et al بفصل دقيق الطحين (أصغر من 44µm) عن الطحين الغني بالألياف الخشنة (أكبر من 44µm) حيث اظهر السايكلون امكانيات جيدة من ناحية كفاءة الفصل كما وان كلفته الاقتصادية قليلة. كفاءة الفصل للدقائق أصغر من 44µm هي60%.[6]

درس (Konal و Wanjari) السايكلون واستخدامه في المطاحن حيث وجده مناسبا جدا لهذا الاستخدام لقلة كلفته التشغيلية وكلفة الصيانة ولكفاءة الفصل العالية والتي تصل إلي91.1%.[6]

قام (Marijana) باستخدام السايكلون في فصل الحليب بعد خروجه من مجفف الرذاذ واستنتج عدم تأثر خصائص باودر الحليب بعد فصله في السايكلون.[6]

كما قام Phisut بفصل بودر عصير الفواكه باستخدام السايكلون بعد تجفيفه بمجفف الرذاذ .كانت جزيئات عصير الفواكه رطبة وهذا ادى الى تكتل الجزيئات على جدران السايكلون مما ادى الى تقليل كفاءة الفصل وتم التخلص من ذلك بوضع فلتر للتخلص من الرطوبة قبل السايكلون مما ادى الى زيادة الكفاءة واستنتج وجود تناسب عكسي بين الرطوبة وكفاءة الفصل.[6]

وكم سبق الذكر أن السيكلون من المعدات الأكثر إستخداماً لتنظيف الغازات. ويتكون السيكلون (Cyclone) من أسطوانة تدخل إليها الغازات في إتجاه مماس ويتصل بالأسطوانة من أسفل جزء مخروطي مقلوب كما في الشكل (1.5)، وقد يصل قطر الجزء الأسطواني من السيكلون إلى عدة أمتار طبقا للكفاءة المطلوبة وكمية الغازات المتداولة

(تتـراوح كميـة الغـازات مـن 1-1000م^3/دقيقـة). وتسـتخدم السـيكلونات لفصـل الأتربـة التـي يتـراوح حجمهـا مـن5-200 ميكـرون. ويجـب أن تكـون سـرعة دخـول الغـازات للسـيكلونات كبيـرة كلمـا أمكـن حيـث تـزداد كفـاءة الفصـل مـع سـرعة دخـول الغـازات. ومـن الممكـن اسـتبدال السـيكلونات ذات الأقطـار الكبيـرة بخليـة مـن السـيكلونات ذات أقطـار صـغيرة متصـلة علـى التـوازي ذات مـدخل واحـد وقـادوس تجميع واحد للأتربة المتجمعة ويتراوح قطر السيكلون من السيكلونات من0.5 إلى 0.60 متر.

ويمكن حساب قطر أصغر حبيبة من الأتربة يمكن ترسيبها بواسطة السيكلون من المعادلة: -

$$D = \sqrt{9\mu(R_2 - R_1)/\pi N V_C(\xi_2 - \xi_1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث: -

V_C= سرعة الغاز عند مدخل السيكلون.

R_1=القطر الداخلي للسيكلون.

R_2=القطر الخارجي للسيكلون.

μ = لزوجةالغاز .

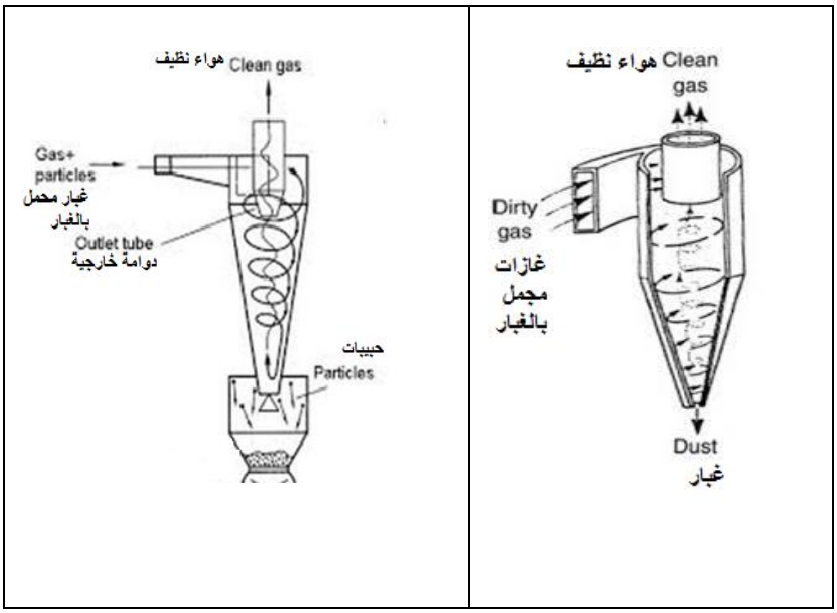
N=عدد لفات الحلزون التي يعملها الغاز.

ξ_2 =كثافة الحبيبات الدقيقة

ξ_1 = كثافةالغاز .

وقد وجد أن Nتساوي 5 لفات في حالة السيكلونات التي لها نفس الأبعاد القياسية.

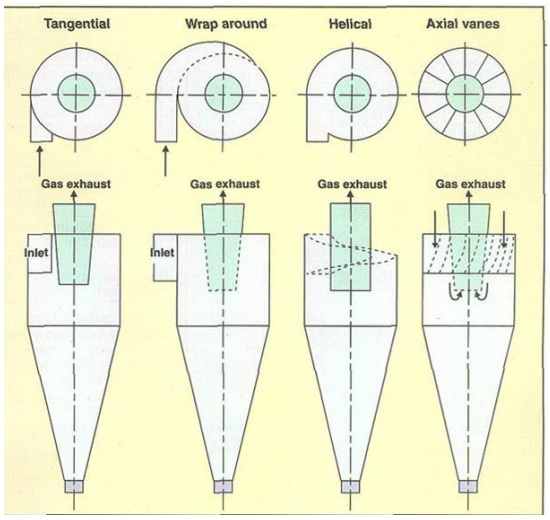
وتتناسـب كفـاءة الفصـل فـي السـيكلونات عكسـيا مـع قطـر ماسـورة دخـول الغـاز وكمـا تتناسـب الكفـاءة طرديـاً مـع قطـر السـيكلون، نتيجـة لتصـادم الجزيئـات مـع بعضـها الـبعض اثنـاء عمليـة الفصـل ونتيجـة للفـرق الملحـوظ فـي الضـغط. وفـي بعـض الأحيـان يبلـل سـطح هـذه الحـواجز لإزالـة حبيبـات الأتربـة الأكبر من 20 ميكرون كما تستخدم لإزالة البخار وقطرات الماء من الغازات.[7]



شكل (1.4) يوضح مصفي السيكلوني.

1.1.4 أنواع السيكلونات:

تتوفر السيكلونات البسيطة في مجموعة متنوعة من الأشكال تتراوح من الوحدات الطويلة الرفيعة إلى الوحدات ذات القطر القصير. تم استخدام تكوينات ذات مدخل مختلف لتدوير تيار الغاز عند دخوله إلى السيكلون لتعزيز قوة الطرد المركزي داخل السيكلون كما هو موضح بالشكل (2.4).[6]



شكل (2.4) يوضح أنواع السيكلونات

2.1.4 مميزات وعيوب المرشح السيكلوني (multi cyclones):

مميزات	عيوب
لا تسد بسهولة أي "لا تغلق بسهولة"	يستخدم مواد طلاء غالية الثمن
رخيص الثمن	تكاليف تشغيل ترتبط بإنخفاض في الضغط
صيانة منخفضة	غير مناسبة للمواد اللاصقة
مناسبة لدرجات الحرارة العالية	ضروري من إضافة مواد مانعة التآكل على الجدران مثل (السيراميك، أو أحد أشكال المينا).
لا تتطلب مساحة كبيرة	
تصميم بسيط	
كفاءة عالية	
لا تحتاج إلى أكياس أو فلاتر قماشية	

2.4 المرشح القماشي (Fabric Filter)

أجهزة الفصل بين الجزئيات الصلبة والغاز المرتبطة بأنظمة النقل الهوائية لها وظيفتان.

استعادة المواد قدر الإمكان والتقليل من تلوث البيئة. هناك العديد من اليات الفصل والتي تختلف حسب اختلاف حجم الجزيئات المصاحبة للهواء المنقول.

إذا كانت المادة السائبة تتكون من جزيئات كبيرة وثقيلة نسبيا، فقد يكون من الممكن جمع المادة في حاوية واحدة، حيث تسقط الجزيئات الكبيرة و الثقيلة أسفل المرشح أثناء نقل الغازات من خلال مرورها داخل المرشح و ذلك حسب سرعة المواد الداخلة للمرشح .[3]

ومع ذلك، إذا كانت المواد الداخلة للمرشح ذات حجم جزيئي صغير، فقد يكون من الضروري تعزيز التأثيرات الجاذبية. الطريقة الأكثر شيوعا لتعزيز الجاذبية هي نقل المواد الي الدوار بحيث يتم طرح الجسيمات الصلبة الي الخارج بينما يتم سحب الغاز من مركز الدوامة.

إذا كانت الجسيمات دقيقة وذات كثافة منخفضة، لا يكون الفصل في المرشح السيكلوني فعالا بالكامل، وفي هذه الحالة يتم اللجوء الي المرشح قماشي لتصفية الهواء.

بشكل عام، كلما زادت ثقل الجزيئات التي يجب جمعها، كلما زادت تكلفة نظام الفصل المناسب.

غبار الهواء الذي قد يصادف في المواقف الصناعية اقل من حوالي 10 μ m في الحجم.

كيفية اشتغال المرشحات القماشية ذات الأكياس:

في أنظمة النقل الهوائية التي تتعامل مع المواد الدقيقة أو المتربة، فإن طريقة الترشيح التي أصبحت معتمدة عالميا تقريبا هي مرشح نوع القماش. وتسمي هذه المرشحات عادة بيوت الحقائب. تستخدم معظم حقائب الأكياس أكياسا في شكل أكمام طويلة (أو أنابيب) اسطوانية مصنوعة من القماش المنسوج أو المحشو كوسيط مرشح.

يدخل الغاز أو الهواء المحتل بالغبار إلى بيت الأكياس من خلال النطاطات عن طريق الشفط (عادة) أو بالضغط الإيجابي ويتم توجيهه إلى مقصورة بيت الأكياس تسقط جزيئات الغبار الأثقل عند المدخل نفسه، في حين يتم نقل جزيئات الغبار الأخف وزنا مع الغاز إلى اعلى في الأكياس. يتم سحب الغاز عبر الأكياس، إما من الداخل أو الخارج وفقا لطريقة التنظيف، ويتراكم الغبار على وسط المرشح، مما يزيد من مقاومة تدفق الغاز، بسبب هذا، يجب تنظيف المرشح بشكل دوري عند حدوث انخفاض الضغط ووصوله الى مستوى لا يسمح بمواصلة استعمال المرشح.

أثناء التنظيف، تتم إزالة الغبار المتراكم على الأكياس من سطح القماش وترسب في النطاط للتخلص منه لاحقا. اعتمادا على طريقة صنع حقيبة الأكياس، يمكن إجراء التنظيف اثناء استعمال حقيبة الأكياس أو فصلها عن الاستعمال حتى يتم تنظيفها، في هذه الحالة يجب أن يكون المرشح مكون من حقيبتين أو أكثر.[5]

حقيبة الأكياس تفصل الجسيمات من الهواء الذي يحملها بطريقة فعالة للغاية. وهي تجمع جزيئات بأحجام تتراوح من أقل من الميكرون إلى عدة مئات من الميكرونات في القطر بكفاءة 99 في المئة

أو أفضل. طبقة الغبار، التي تسمى كعكة او كعكة الغبار، والتي يتم جمعها على القماش هي المسؤولة في المقام الأول عن هذه الكفاءة العالية. الكعكة هي حاجز ذو مسام ملتوية تحبس الجزيئات اثناء انتقالها عبر الكعكة.

عادة ما تكون تركيزات الملوثات الداخلة إلى البيوت التي تحتوي على الأكياس من 1 إلى 23 جرماً لكل متر مكعب (g/m^3) [0.5إلى 10حبيبات لكل قدم مكعب(gr/ft^3)]، ولكن في الحالات القصوى، قد تختلف ظروف مدخل ما بين 0.1 إلى أكثر من 230 جم/^{3}م(0.05 إلى أكثر من 100 غرام/^{3}قدم).

1.2.4 الضغط التفاضلي(Δp)

يعتبر انخفاض الضغط، الذي يطلق علبه الضغط التفاضلي(Δp)بين جانب الغاز النظيف وجانب الغاز المحمل بالغبار في حقيبة الأكياس، أحد أهم المتغيرات التي يجب مراعاتها في تصميم حقيبة الأكياس. يحدث إنخفاض الضغط عبر حقيبة الأكياس بسبب مقاومة تدفق الهواء عندما يمر الهواء عبر كيس الترشيح وكعكة المرشح. يتم التعبير عن الضغط بالبوصة أو بالسنتيمترات وإنخفاض الضغط يعني ارتفاع تكلفة الطاقة. سيتم استهلاك الطاقة بشكل عام من قبل المراوح التي تستخدم لدفع أو سحب مجري الهواء من خلال حقيبة الأكياس.

يتم قياس الضغط التفاضلي بواسطة مقياس الضغط، ومع مرور الوقت يمكن أن يتلف مقياس الضغط نتيجة للغبار أو نتيجة للرطوبة أو التآكل، ويمكن أن يصبح المقياس غير قابل للقراءة. وبالتالي يلزم توفير صنابير هواء لتنظيف مقياس الضغط لمنع الانسداد.

يدل الإنخفاض المفاجئ في الضغط التفاضلي على حدوث تسرب في النظام. في حين يشير الإرتفاع المفاجئ في الضغط التفاضلي إلى حدوث تسرب في النظام أو حدوث تلف لبعض الأكياس أو الحقائب للفلتر القماشي، فإن أكياس الفلتر أصبحت عمياء أو "مملوءة" بالجسيمات. وبالتالي فإن مقياس الضغط التفاضلي هو أفضل مؤشر لحالة التشغيل لحقيبة الأكياس، وكذلك يقوم بتقديم معلومات مهمة لاستكشاف الأخطاء وإصلاحها.[5]

2.2.4 مزايا وعيوب مرشحات النسيج ذوات الأكياس:

المزايا	العيوب
كفاء جمع عالية	درجة حرارة الغاز محدودة
تحمل التغيرات في ظروف مجري الغاز	تدهور النسيج في درجات الحرارة العالية
عملية بسيط نسبيا	أقصي درجة حرارة260 درجة مئوية
لا تتطلب استخدام الجهد العالي	يمكن أن يحترق النسيج إذا كان الغبار الذي تم جمعه قابل للأكسدة
صيانة مبسطة	متطلبات الصيانة عالية (استبدال الحقيبة)
مرشح جيد لجمع الرماد المتطاير من الفحم	لايمكن تشغيل القماش في بيئة رطبة، أو مواد استرطابية، أو تكثيف للرطوبة، أو مكونات لاصقة
مرشح جيد لجمع الرماد المتطاير المحتوي على درجة عالية من الإحتراق	قد تكون هناك حاجة لحماية الجهاز التنفسي لموظفي الصيانة عند استبدال القماش
	مطلوب إنخفاض الضغط المتوسط، عادة في حدود 100 إلى 250 (N/mm^2)

3.2.4 جمع الجسيمات في مرشحات النسيج ذوات الأكياس:

1. آليات جمع الجسيمات في مرشح النسيج

تعتمد فكرة التصفية بالمرشحات الأقمشة من حقيقة أن جزيئات المواد المحمولة ومهما بلغ صغر حجمها تبقي أكبر من جزيئات الغاز. لذلك عندما يتم تصفية الغاز المحمل بالغبار من خلال المرشح، يتم التقاط الجزيئات على المرشح بينما ينساب الغاز النظيف من بين مسام الأنسجة.

تعمل مرشحات القماش من خلال مجموعة من آليات. وتشمل هذه الآليات:

- إجهاد
- انحراف
- اعتراض
- انتشار مباشر

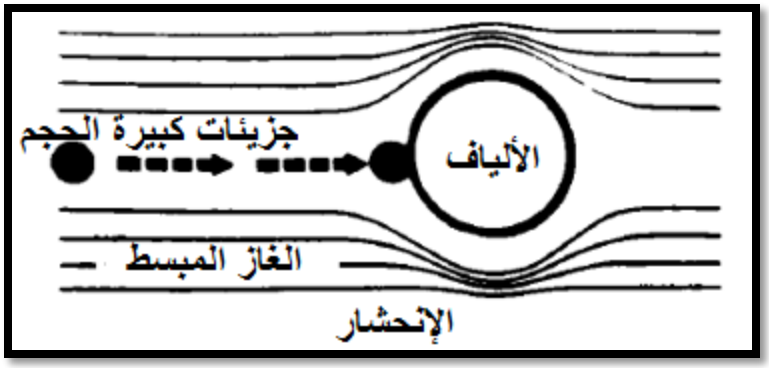
الإجهاد هو عملية إزالة جزيئات كبيرة من الغبار (أكبر من مسام أنسجة الفلتر).

تتم إزالة الجزيئات الكبيرة عن طريق الإنحناء، وتتم إزالة الجزيئات المتوسطة عن طريق الإعتراض المباشر، وتتم إزالة الجزيئات الصغيرة عن طريق الإنتشار المباشر كما هو موضح في الشكل (3.4) يوضح الإعتراض المباشر لجزيئات متوسطة الحجم.

الجسيمات من مصدر صناعي عموما تطفو على طول مجري الغاز. إذا وضعنا شيئا ما في طريقهم مثل الألياف، فسوف تصطدم بها وتترسب عليها، بما أن المرشح يحتوي على مسام صغيرة، فإنه يسمح لجزيئات الغاز بالتدفق خلاله. هذه الجزيئات تخلق تيار مستمر حول الألياف في المرشح.[3]

شكل (3.4) يوضح الإعتراض المباشر لجزيئات متوسطة الحجم

في حالة وجود جزيئات كبيرة، فإنها تترسب وبالتالي لا يمكنها الدوران حول الألياف والمضي قدماً للأمام مباشرة حتى تؤثر على سطح الألياف وتبقي عليها كما هو موضح في الشكل (4.4) يوضح الإنحشار جزيئات كبيرة الحجم. هذا الأسلوب يسمي الإنحشار.

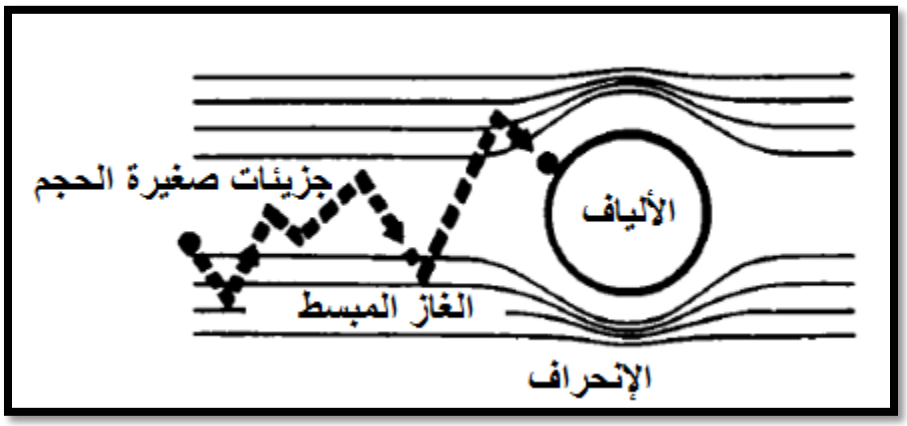


شكل (4.4) يوضح الإنحشار جزيئات كبيرة الحجم

الجسيمات متوسطة الحجم تستطيع المرور من خلال الإلتفاف حول الألياف باستخدام مجري الغاز، لكنها لا تستطيع الذهاب بعيداً في هذا الإتجاه.

لذلك بدلاً من ضرب رأس الألياف، كما هو مبين في الشكل (4.4) يوضح الإنحشار جزيئات كبيرة الحجم (إذا كانت المسافة بين مركز الجسيم والجزء الخارجي من الألياف أقل من نصف قطر الجسيم)، فإنها تترسب علي جوانب الألياف وهذا ما نعبر عنه بالإعتراض المباشر.

يمثل الإعتراض المباشر ما يقرب من 99% من الجزيئات التي يزيد حجمها عن 1 ميكرومتر (ميكرون) بقطر ديناميكي في نظام مرشح القماش.[5]



شكل (5.4) يوضح الإنحراف لجزيئات صغيرة الحجم

يمكن أن تقوم مرشحات القماش أيضاً بجمع جزيئات صغيرة جداً، يقل قطرها عن1 ميكرون. قد يعتقد المرء أن هذا الحجم للجسيمات ستنتقل جنبا إلى جنب مع مجري الغاز. في الواقع هذه الجسيمات صغيرة للغاية، فهي ترتد حولها وتنحرف قليلا عندما تكون عالقة بجزيئات الغاز. تؤدي

هذه الحركة الفردية أو العشوائية إلى توزيعها في جميع أنحاء الغاز كما هو موضح بالشكل (5.4) الإنحراف لجزيئات صغيرة الحجم، وتعرف باسم الحركة البراونية أو الإنتشار البراوني. قد يكون للجسيمات سرعة مختلفة عن تيار الغاز، وفي مرحلة مايمكن أن تتلامس مع الألياف وتجمع. ويسمي هذا السلوك بالنشر.

2. آليات ترشيح النسيج

الألياف هي أي مادة طويلة تشبه الشعر (الطول /القطر ≤100) النسيج عبارة عن مجموعة مستقرة من الألياف المرتبطة ببعضها للحفاظ على بنية دائمة.

الأقمشة المنسوجة هي طريقة من الطرق التقليدية حيث يتم فيها تشكيل الألياف أولا في خيوط ثم يتم نسج الخيوط معا لصنع نسيج منسوج. الأقمشة المنسوجة لديها نمط نسج متكرر محدد تعمل أنماط النسيج المختلفة (على سبيل المثال، الحياكة العادية، ونسج التويل، إلخ) على زيادة أو تقليل مقدار المسافة وتؤثر على نفاذية النسيج الأكثر إحكاما بنفاذية أقل، وبالتالي يلتقط الجزيئات الدقيقة بكفاءة أكبر. يتكون النسيج غير المنسوج (المقشور) من ألياف طويلة ، مرتبطة ببعضها بواسطة معالجة كيميائية أو ميكانيكية أو حرارية أو مذيبات النسيج غير المنسوج ، الحصير الليفي ، غالبا ما يطلق عليه الشعر أوالإبر. تصنع معظم الأكياس إما كليا أو جزئيا عن طريق النسيج حيث أن الأقمشة غير المنسوجة ترتبط عادة بقاعدة منسوجة تسمي سكريم.

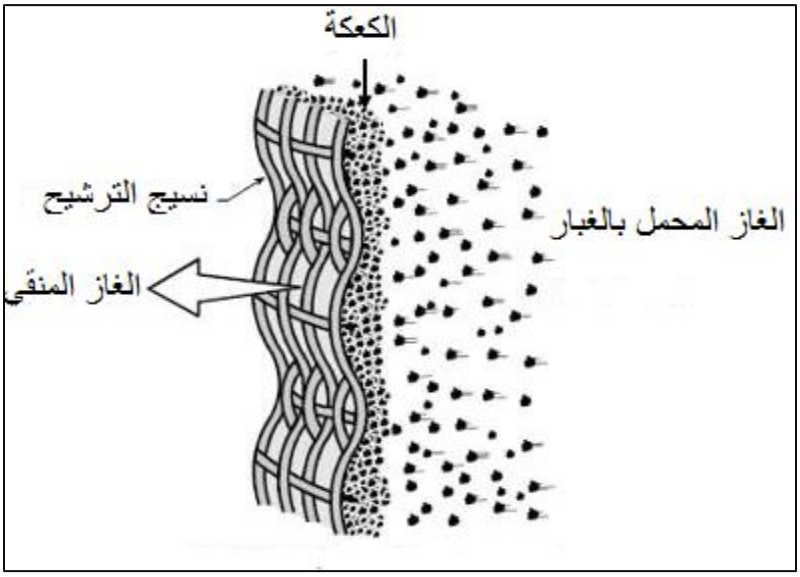
يمكن تقسيم ترشيح الأقمشة إلى آليتين أو وضعيتين:

- ترشيح الكيك
- الترشيح غير الكيك أي في العمق

3. كعكة الترشيح

تقوم الجسيمات التي يتم التقاطها بالتدريج ببناء كعكة على سطح القماش بحيث تزداد باستمرار الطبيعة المتاهة لمسار تدفق الغاز بينما ينخفض حجم الشبكة الفعال. بعض الجزيئات تفلت من المرشح حتى تتشكل الكعكة. وبالتالي، تميل كفاءة جمع المرشح إلى التحسين مع الإستخدام. ومع ذلك، فإن انخفاض الضغط عبر المرشح يزيد. وبالتالي، فإن طبقة/ سمك كعكة التشغيل

الأمثـل هـو مفاضـلة بـين كفـاءة التجميـع وانخفـاض الضـغط والتنظيـف المنـتظم ضـروري للحفـاظ على انخفاض الضغط على مستوي التشغيل.



شكل (6.4) يوضح النخل عبر مرشحات النسيج

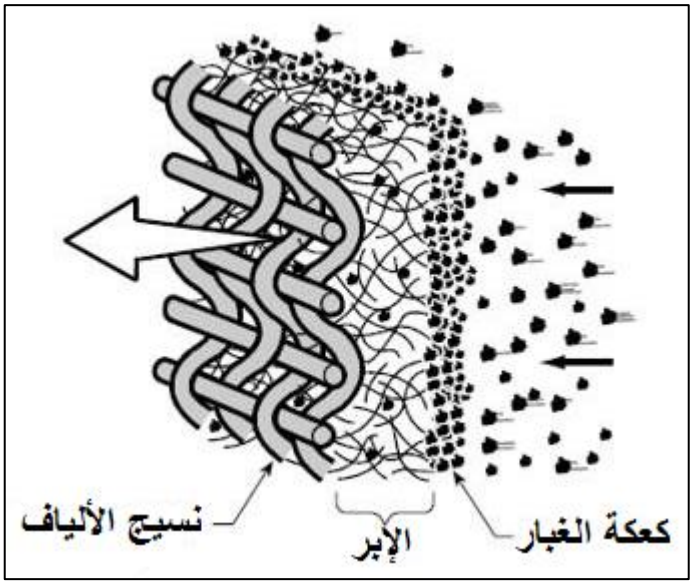
نظـرا لأن كفـاءة التجميـع خـلال فتـرة إنشـاء الكيـك الأولـي أقـل ممـا كانـت عليـه بعـد إنشـاء كعكـة موحـدة، فـإن التشـغيل بـدون كعكـة غبـار غيـر مرغـوب فيـه وتقليلـه إلـى أدنـي حـد. كمـا هـو موضـح فـي الشـكل (6.4) النخـل عبـر مرشـحات النسـيج، نظـراً لأن التصـفية تـتم فـي المقـام الأول بسـبب وجـود كعكة الغبار، فإن هذا النوع من التصفية يسمي ترشيح الكيك.

مـن الموصـي بـه أنـه خـلال فتـرة بنـاء الكعكـة الأوليـة، يـتم تخفـيض معـدل تـدفق الهـواء إلـى نصـف المعيار لمدة ساعتين تقريباً ثم يزداد بمرحلة تدريجية لمنع انسداد الجزيئات الدقيقة من المرشح.

نظـراً لتكـون كعكـة الغبـار علـى سـطح القمـاش المنسـوج، فهـي مناسـبة لطـرق التنظيـف منخفضـة الطاقة مثل اهتزاز أو عكس تدفق الهواء من خلال أكياس الفلتر.

1. الترشيح في العمق (بدون كعكة)

في المرشح القماشي ا لمنسوج يتم جمع الجسيمات بواسطة آليات الغربلة يتم التقاط الجزيئات الكبيرة جدا بحيث لا يمكن ان تمر عبر شبكة القماش والاحتفاظ بها علي سطح المرشح. تقوم الجسيمات التي تم اصطيادها ببناء كعكة تدريجيا على سطح القماش. تتسرب بعض الجزيئات من خلال الفلتر او المرشح مما تسبب في تلوث طفيف للهواء. حيث تلتصق الجزيئات مع الالياف إلى حد كبير نتيجته ل (قوات فان دير فال) بما أن الجسيمات يجب إزالتها من العمق، فإن تقنية التنظيف عالية الطاقة مثل (pulsejet) ضرورية لتنظيفها. شكل (7.4) يوضح مرشحات عميقة (غير منسوجة)

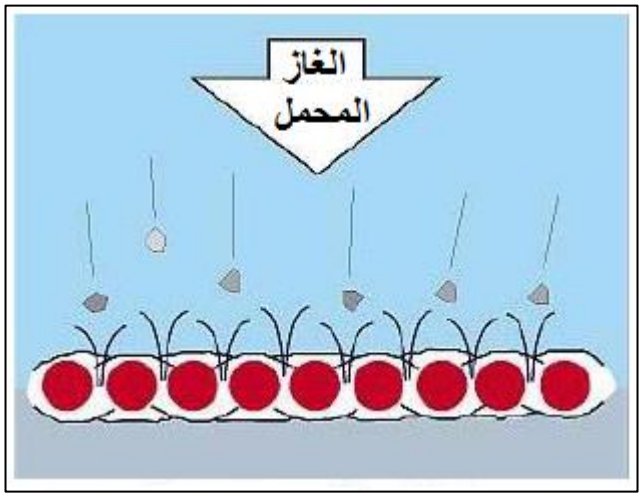


شكل (7.4) يوضح مرشحات عميقة (غير منسوجة)

لا ينبغي استخدام الأكياس المصفاة في حالة الرطوبة العالية، خاصة إذا كانت الجزيئات رطبة (هذه الجزيئات لها صلة بإمتصاص الرطوبة وبالتالي تصبح لزجة) لأن الانسداد أو التعمية قد يؤدي إلى مثل هذه الحالات (حالات الرطوبة).

2. الطلاء المسبق

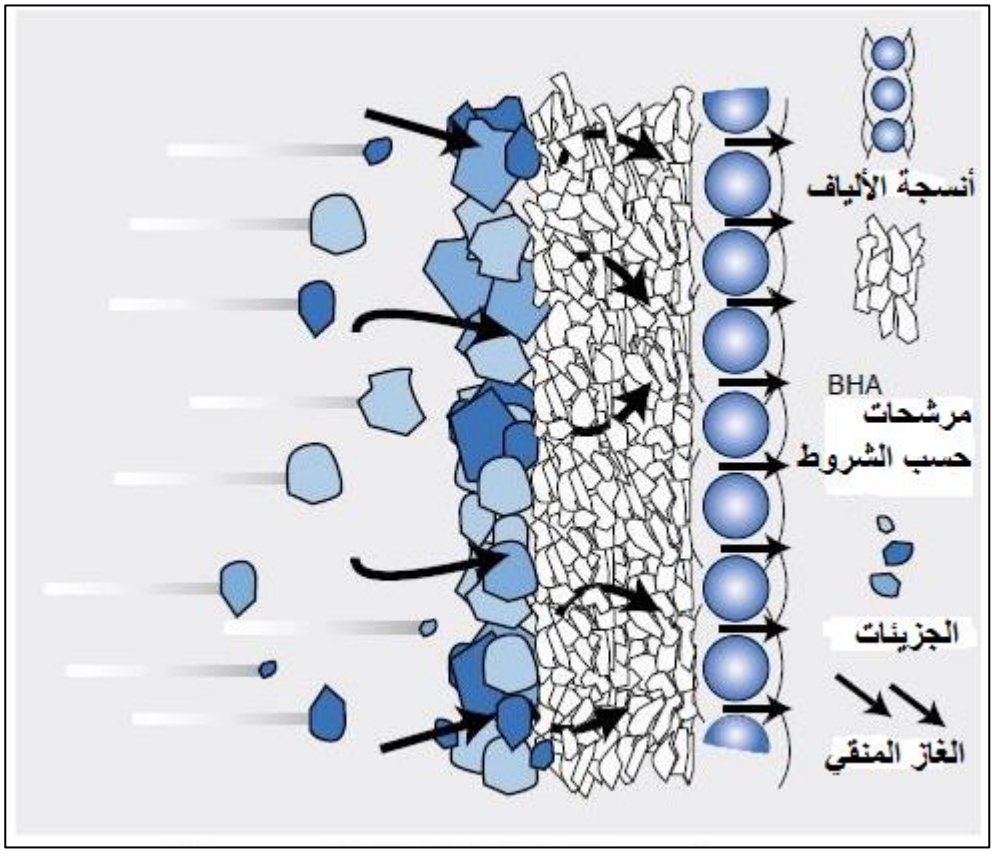
لكـي تعمـل الأكيـاس بشـكل فعـال، يجـب أن تقـوم مرشـحات القمـاش بالتقـاط الجزيئـات أولاً ثـم إطلاقهـا أثنـاء دورة التنظيـف. تعتمـد فعاليـة هـذه العمليـة علـى تطـوير كعكـة الغبـار (طبقـة التحكم الأولية للغبار) التي تحمي فجوات النسيج.



شكل (8.4) يوضح الأقمشة الجديدة غير المحمية

كمـا هـو موضـح بالشـكل (8.4) الأقمشـة الجديـدة الغيـر محميـة، تعمـل فواصـل الأقمشـة الجديـدة غيـر المحميـة مثـل فتحـات التهويـة المصـغرة لتسـريع تـدفق الهـواء عبـر النسـيج، ممـا يـؤدي إلـى اصـطدام الجسيمات مما يؤدي إلى التعمية.

الطـلاء المسـبق هـو تطبيـق غبـار جـاف نسـبياً وعناصـر التصـفية قبـل البـدء لتـوفير قالـب ترشـيح أولـي للحصـول علـى كفـاءة عاليـة وحمايـة عناصـر المرشـح مـن التعميـة. ستسـاهم هـذه الأتربـة الدقيقـة أو الرطبـة أو اللاصـقة فـي تعميـة وسـائط المرشـح. لـذلك فـإن الطـلاء المسـبق لوسـائط الترشـيح بطبقـة مـن الغبـار الخامـل يسـمح بتوزيـع أحجـام معروفـة مـن الجسـيمات، مثـل الجيـر أو كربونـات الكالسـيوم ($CaCO_3$) أو الرمـاد المتطـاير، ليقلـل المشـاكل المرتبطـة مـع هـذا النـوع مـن الغبـار والشـكل (9.4) يوضح الطلاء المسبق لوسائط الترشيح.[5]



شكل (9.4) يوضح الطلاء المسبق لوسائط الترشيح

1. مواد نسج المرشحات:

خصائص غاز المدخل مهمة للغاية في اختيار المواد لوسط الترشيح. عادة، يمكن استعاب درجات حرارة الغاز التي تصل إلى حوالي 260 درجة مئوية (500 درجة فهرنهايت)، مع ارتفاع يصل حوالي 290 درجة مئوية (550 فهرنهايت)، مع مواد النسيج المهمة. يمكن استخدام مبردات الرش أو الهواء لخفض درجة حرارة تيار الملوث. هذا يمنع حدود درجة حرارة النسيج من أن يتم تجاوزه. خفض درجة الحرارة الدنيا لتيار الملوث أعلى من نقطة الندى لأي مكثف في التيار. يجب عزل بيت الأكياس والقناة المرتبطة به وربما تسخينه إذا حدث تكثيف.

4.2.4 الأعطاب التي تعترض المرشحات:

ثلاثة آليات فشل يمكن أن تقصر من العمر التشغيلي لكيس الترشيح وللمرشحات بصفة أعم. إنها مرتبطة:

- المتانة الحرارية.
- الكشط والتآكل.
- التفاعل الكيميائي.

معلمة التصميم الأكثر أهمية هي الحد الأقصى لدرجة الحرارة للنسيج، أو المتانة الحرارية. تحتوي القمشة على حدود درجة الحرارة عليا يمكنها تحملها باستمرار. ومن هنا يتم تحديد درجة حرارة عادم العملية للمواد النسيجية التي يجب استخدامها لجمع الغبار.

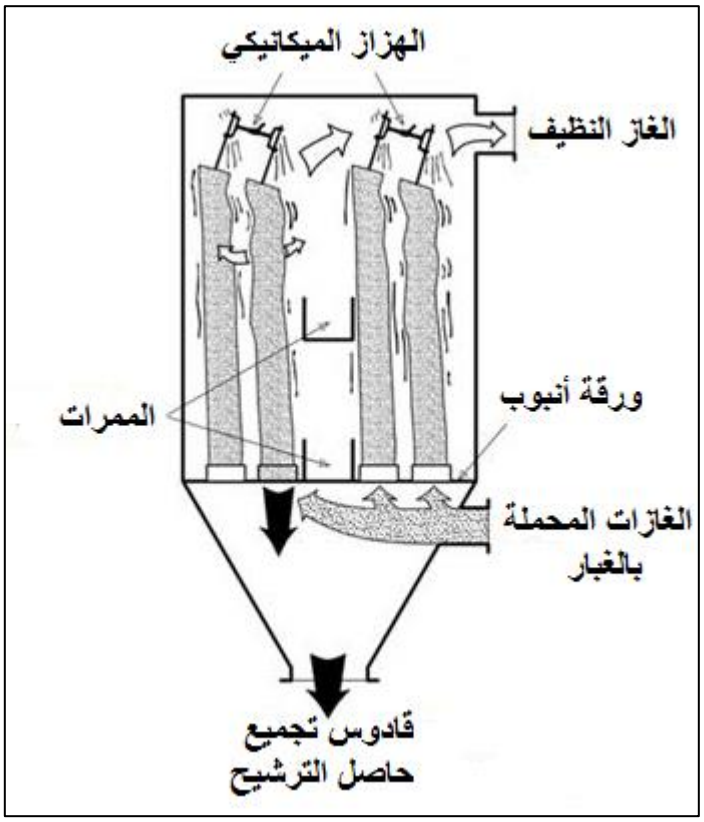
هناك مشكلة أخري كثيراً تواجه في تشغيل الحقيبة هي التآكل، يمكن أن ينتج تآكل الأكياس عن فرك الأكياس ضد بعضها البعض وعن طريقة تنظيف الأكياس. على سبيل المثال، في حقيبة أكياس تنظيف بالهز، قد يتسبب الهز الشديد في تدهور حالة الأكياس بصفة مبكرة، لاسيما في المناطق التي تعلق فيها الأكياس. في وحدات النبض الهوائي، يمكن أن تؤثر الحركة المستمرة الطفيفة للأكياس على الأكياس الداعمة فتتآكل بشكل خطير مما يؤثرعلي عمر الأكياس المستعملة.

5.2.4 طرق التنظيف الأكياس:

1. الهزاز الهوائي لحقائب الأكياس

تتم عملية تنظيف حقيبة الأكياس الميكانيكية بواسطة اهتزاز الشريط الأفقي العلوي الذي يتم فيه تعليق الأكياس. قد يتم نقل الحركة إلى الأكياس بعدة طرق، لكن التأثير العام هو إنشاء حركة تموج (بسيطة متناغمة أو جيبية) على طول النسيج. عندما يتحرك القماش إلى الخارج من خطوط الوسط في الحقيبة أثناء أجزاء من الحركة التموج، يتحرك الغبار المتراكم على السطح مع القماش. عندما يصل النسيج إلى الحد الأقصى لتمديده، فإن بقع

الغبـار لـديها مـا يكفـي مـن الجمـود لإزاحتهـا مـن القمـاش والوقـوع فـي قـادوس التجميـع والشـكل (10.4) يوضح الهزاز الهوائي لحقائب الأكياس.



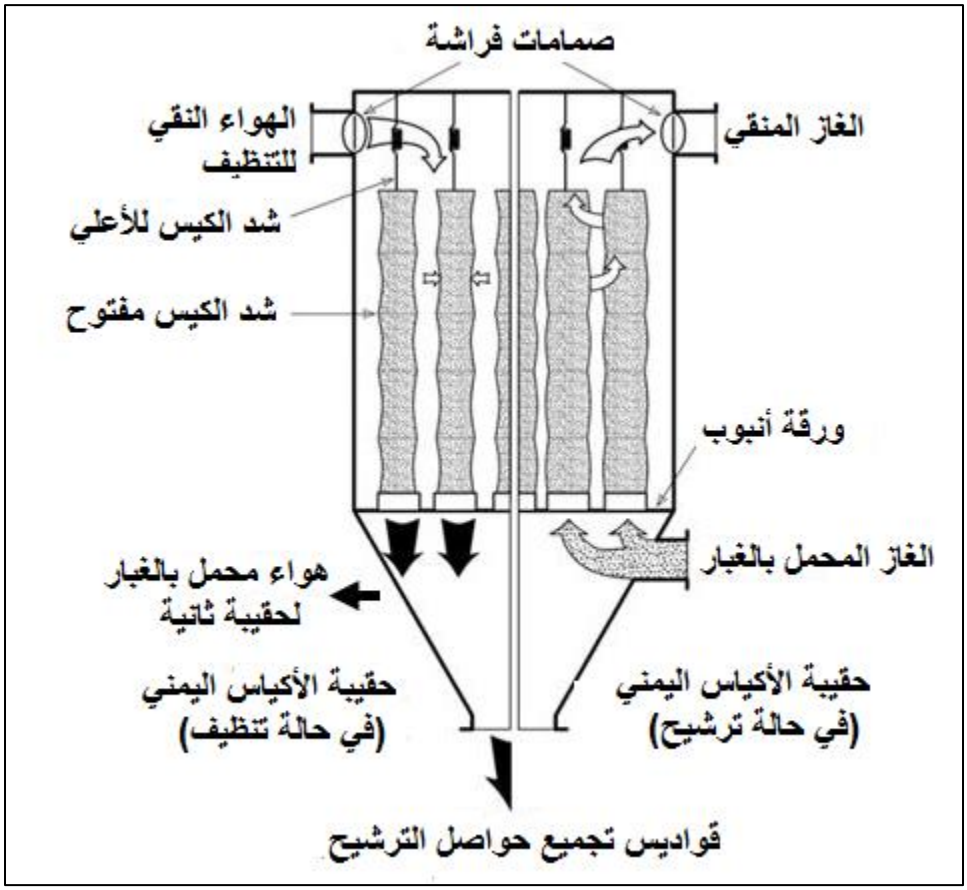
شكل (10.4) يوضح الهزاز الهوائي لحقائب الأكياس

2. الهواء العكسي لحقائب الأكياس:

عنـدما تـم إدخـال الأقمشـة المصـنوعة مـن الأليـاف الزجاجيـة فـي تصـنيع أكيـاس الترشـيح، أصـبحت هنـاك حاجـة إلـى وسـيلة لتنظيـف هـذه الأكيـاس، والتـي قـد يبلـغ قطرهـا 300مـم وطولهـا 10أمتـار لمنـع التدهور المبكر. تم تطوير التنظيف بالهواء العكسي كوسيلة أقل كلفة لنقل الطاقة إلى الأكياس.

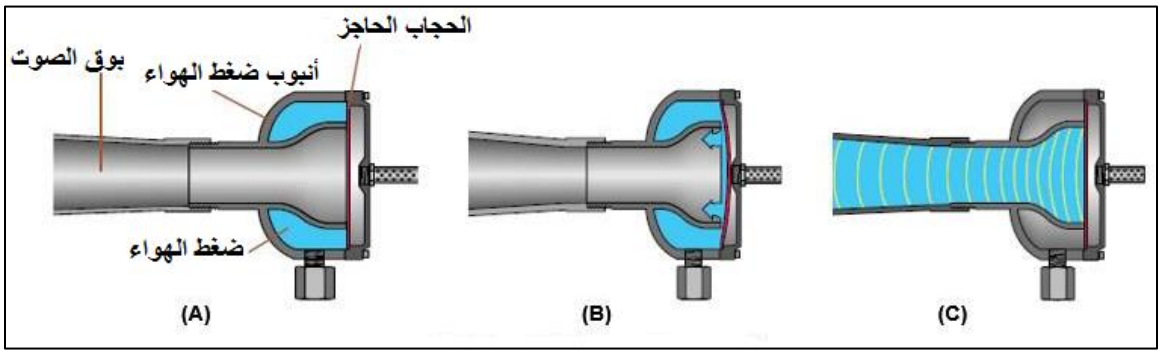
يـتم تثبيـت الأكيـاس فـي حقائبهـا وإدخـال الهـواء العكسـي علـى ورقـة الأنبـوب فـي أسـفل بيـت الأكيـاس التـي تـم تعليقهـا مـن الشـماعات القابلـة للتعـديل (لضـبط شـد الأكيـاس) فـي الأعلـى. عـادةً مـا يـدخل تـدفق

الغـاز القـذر إلـى بيـت الأكيـاس ويمـر عبـر الأكيـاس مـن الـداخل، ويتجمـع الغبـار فـي داخـل الأكيـاس والشكل (11.4) يوضح الهواء العكسي لحقائب الأكياس.



شكل (11.4) يوضح الهواء العكسي لحقائب الأكياس

3. التنظيف بالصدى الصوتي:



شكل (12.4) يوضح التنظيف بالصدى الصوتي

في الشكل (12.4) يظهر عمل قرن صدي صوتي. كما هو موضح في الشكل(A) في الرسم التوضحي السابق، حيث يتم إدخال الهواء المضغوط في أنبوب ضغط الهواء للقرن الصوتي، يتراكم الضغط بسرعة، مما يؤدي إلى ثني لوحة الحجاب الحاجز. كما هو موضح بالشكل (B)، يهرب الهواء خلف لوحة الحجاب الحاجز من التيتانيوم في القرن، مما يقلل من ضغط الهواء في أنبوب النقل. الحد من الضغط يتيح للحجاب الحاجز أن يستقر بسرعة، مما يخلق نبضة قويا في جسم البوق. كما هو مبين في الشكل (C)، تنتقل النبضات عبر البوق حيث يتم تضخيمها بواسطة شكل جرس، وتصبح رشقات قوية من الطاقة الصوتية القادرة على تفجير الجزيئات بعيداً عن أسطح القماش.

6.2.4 مرشحات الأكياس النبضية:

وتسمي حقائب الأكياس النبضية أيضا مرشحات الأكياس النبضية أو مرحات النبض النابضة. في مرشح النبضة النابضة يتم تنظيف الأكياس عن طريق إدخال نبض عالي الضغط من الهواء المضغوط أعلي كل كيس.

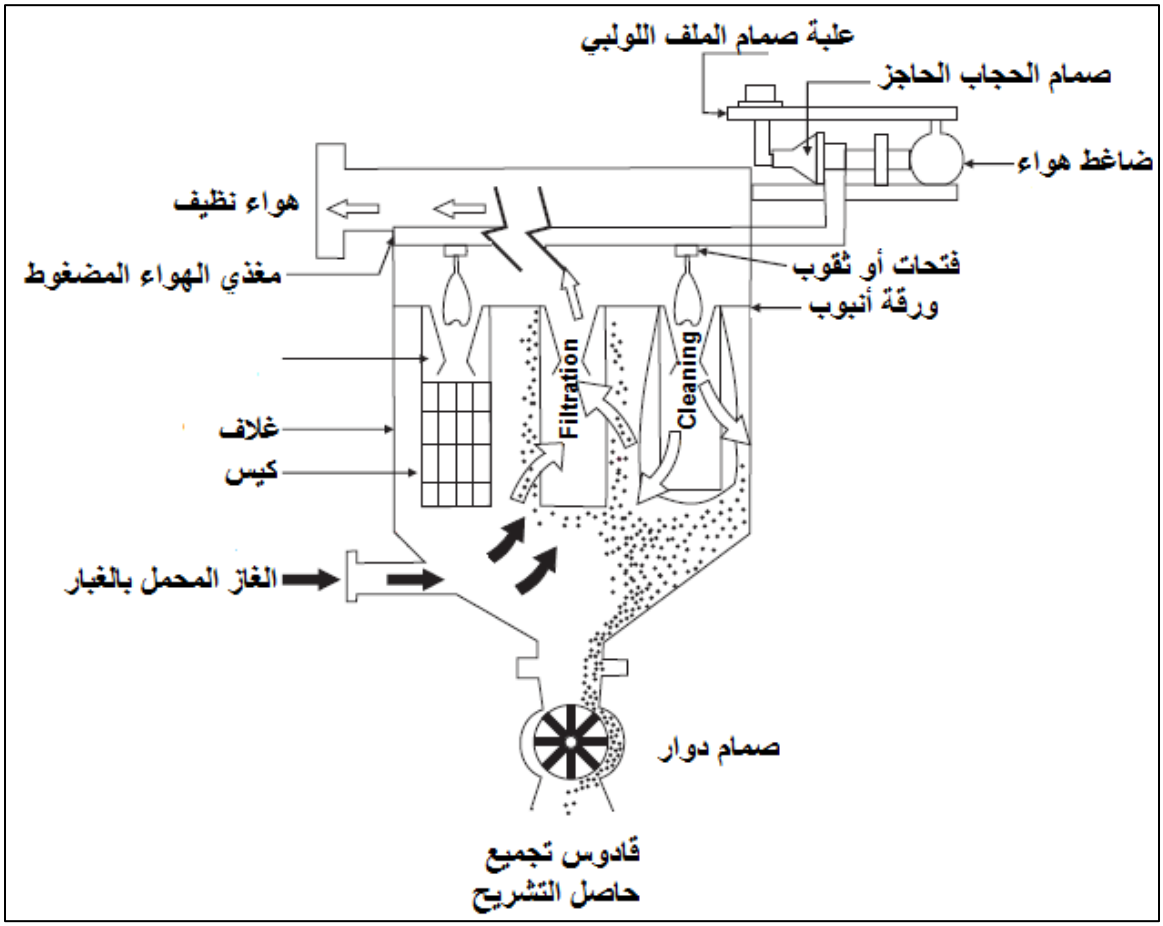
7.2.4 مبادئ تشغيل مرشحات الكياس النبضية:

ربما نشأ مصطلح "النبض النبضي" باستخدام فنتورى (مضخة نفاثة) لإنشاء نبض تنظيف الأكياس ذات الضغط العالي، ويشير مصطلح التنظيف النفاث النبضي كما هو مستخدم هنا إلى إجراء التنظيف الناشئ (50إلى 150 ملي لكل ثانية)، النبض عالي الضغط الناتج عن

أي تقنيــة مــع أو بــدون Venturi والشــكل (13.4) يوضــح طريقــة تنظيــف الأكيــاس (تجميــع الغبار).

شكل (13.4) يوضح طريقة تجميع الغبار

فــي مرشــح كــيس النفاثــة النبضــية، يــتم دعــم الأكيــاس الفرديــة بواســطة صــندوق معدني/سلك/مرشــح، يــتم تثبيتــه علــى ورقــة الأنبــوب فــي الجــزء العلــوي مــن الغــلاف. القفــص المعــدني يمنــع انهيــار الحقيبــة. يــدخل الهواء/الغــاز المحمــل بالغبــار مــن أســفل الغــلاف ويتــدفق مــن الخــارج إلــى داخــل الأكيــاس. يمــر الهــواء عبــر الأكيــاس (وســائط الترشــيح) بينمــا يــتم الاحتفــاظ بــالمواد الصــلبة علــى الســطح الخــارجي للأكــيس. تعمــل إشــارة مــن مؤقــت الحالــة الصــلبة علــي فــتح صــمام الملــف اللــولبي المغلــق عــادة. يــؤدي صــمام الملــف اللــولبي إلــى تحريــر ضــغط الهــواء فــي الأنبــوب الــذي يــربط الملــف اللــولبي بصــمام النــبض/ الحجــاب الحــاجز، ممــا يــؤدي إلــى إطــلاق ضــغط الهــواء خلــف الحجــاب الحــاجز (الخليــة الخلفيــة)، ممــا يــؤدي إلــي فــتح الصــمام والســماح بتــدفق الهــواء مــن الهــواء المضــغوط رأس فــي مشــعب الهــواء المضــغوط. يــتم تنظيــف صــف مــن الأكيــاس بواســطة رشــقة قصــيرة مــن الهــواء المضــغوط يــتم حقنهــا مــن خــلال مشــعب الهــواء المضــغوط (وتســمي أيضــا أنبــوب الأنابيــب أو أنبــوب التطهيــر) عــادة عمــر الكــيس فــي مرشــح النــبض النبضــي هــو مــن 3 إلــى 6 ســنوات، الشــكل (14.4) يوضــح مرشــح كــيس النفاثة النبضية. [5]



شكل (14.4) يوضح مرشح كيس النفاثة النبضية

8.2.4 أقفاص شد الأكياس:

القفص هو هيكل أسطواني يتكون من أسلاك فولاذية تعمل بالتوازي مع المحور الطولي للكيس وتدعمها حلقات فولاذية على فترات متباعدة بشكل متساوٍ على طولها. ينتهي الطرف العلوي في تركيب (طوق) لتركيبه على ورقة أنبوب الحقيبة. يتم وضع الأقفاص داخل أكياس الفلتر لتوفير الدعم للنسيج حيث يحدث الثني أثناء دورات الترشيح والتنظيف. والشكل (15.4) يوضح تركيب أقفاص شد الأكياس.

شكل (15.4) يوضح تركيب أقفاص شد الأكياس

- **صيانة حقائب الأكياس:**

- **مشاكل الحجاب الحاجز والصمام اللولبي:**

إذا لم يتم فتح الصمام، فستكون المشكلة على الأرجح مشكلة كهربائية. قد يكون ملف اللولبي محترقاً. يمكن أن يكون سبب ذلك مصدر الطاقة الخاطئ، أو عدم توفير الطاقة الكافية أو عدم توفير الطاقة على الإطلاق. لذلك تم تجهيز لوحة الموقت مع فتيل ضربة لحمايتها من ارتفاع القوة. إذا لم تعمل لوحة المؤقت، فاستبدال المصهر إذا انفجرت. استبدال لوحة الموقت إذا لم يكن هناك مشكلة مع الصمامات. يمكن أن يكون هناك أيضاً الكثير من الضغط، يجب أن يسخن الملف قليلاً ويجب أن تسمع صوت نقر عند التنشيط. قد لا يغلق الصمام إذا فقد مرونته.[5]

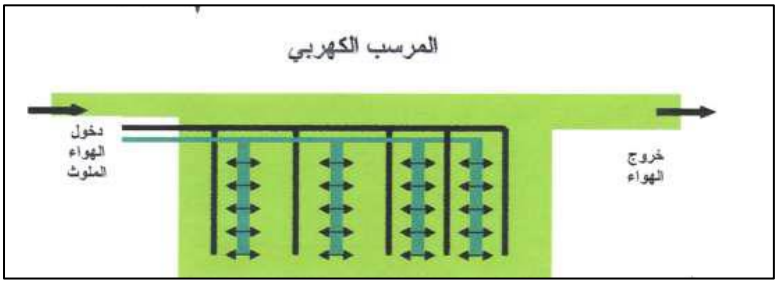
5..3 المرسب الكهربائية

تستخدم القوي الكهربائية لفصل الجسيمات المعلقة عن الغازات فعند حث شحنة إلكتروستاتيكية على الجسيمات، يمكن ترسيبها من مجري الغاز. إن تأثير الشحن على كل الجسيمات بأقطار مختلفة، ولهذا يمكن الحصول على كفاءة تجميع عالية، وتعد هذه الطريقة مناسبة للسيطرة على الجسيمات الخارجة من مصنع الأسمنت ومصاهر المعادن وغيرها من المصانع الثقيلة.[7]

توجد أنواع عديدة من هذه المرسبات، ولكن أكثرها استعمالاً في المشاريع الصناعية هي الأنواع الأنبوبية ونوع المرحلتين، وكل المرسبات تعتمد نفس الأسس العلمية، وهذه الأسس تتضمن ثلاثة خطوات أساسية وهي الشحن الكهربائي للجسيمات العالقة، تجميع الجسيمات المشحونة في المجال الكهربائي، وإزالة المادة المترسبة خارج الوعاء، وضحت التجارب إن معظم الجسيمات الصناعية تشحن كهربائياً خلال عملية تكوينها بواسطة الإحتكاك والطحن ولكن الشحن الطبيعي عادةً منخفض أو معتدل لذلك تستخدم أسلاك عالة الفولتية لشحن الجسيمات وأقطاب كهربائية (Electrodes) مثل الألواح والأنابيب.

يتأثر تجميع الجسيمات المشحونة بعرضها على الأسلاك عالية الفولتية او بإمرارها خلال مجال الكتروستاتيكي بين قطبي كهرباء ويدعي النوع الأول بمرسب ذي مرحلة واحدة، بينما النوع الثاني يحوي مرحلتين منفصلتين هما الشحن والتجميع.

والشكل (16.4) يوضح الطريقة العامة باستعمال الأسلاك عالية الفولتية وبمرحلة واحدة.



شكل (16.4) يوضح يبين أنواع المرمسب الكهربائي في مصنع الإسمنت

4.4 طريقة الحسابات المستخدمة:

طريقة الحسابات المستخدمة بالدراسة لغة البرمجة Matlab، وذلك لحساب كفاءة المجمع (**Efficiency Collection**) للمرشحين،

5.4 المعادلة المستخدمة في الحسابات:

هذه المعادلة تم استخدامها في حساب الكفاء للمرشحين السيكلون والقماشي

$$\eta = \frac{\dot{m}_{input} - \dot{m}_{output}}{\dot{m}_{input}} \times 100 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

حيث: -

η = الكفاءة

$\dot{m}_{input}$=كمية المواد الداخل للمرشح.

$\dot{m}_{output}$ =كمية المواد الخارجة من المرشح.

الفصل الخامس

تحليل البيانات ومناقشة النتائج

(Data analysis and discussion of results)

5. مقدمة:

المرشحات أجهره واسعة الاستخدام تعمل على فصل الجزيئات العالقة والمحمولة بالهواء أو اي غاز اخر بالاعتماد على عدة نظريات للترشيح، وسنقوم في هذا البحث بدراسة نوعين من المرشحات وهي (المرشحات السيكلونية والمرشحات القماشية). حيث يستخدم مرشح السايكلون نظرية الطرد المركزي بشكل واسع في تنقية الهواء من الملوثات وطرحه بشكل نظيف الى الجو. تم اختيار السايكلون لعدة أسباب منها رخص الكلفة التصنيعية للجهاز وقلة الكلفة التشغيلية وكذلك قلة فرق الضغط كما ان كلفة الصيانة منخفضة ومناسب لدرجات الحرارة العالية والمرشح السيكلوني لا يتطلب مساحة كبيرة وتصميمه بسيط. وللمقارنة تم اختيار المرشح القماشي أيضا لعدة أسباب منها سهولة التصميم والتشغيل ويستخدم بفاعلية في حالات المراحل الاخيرة لتنقية الغبار حيث ذرات الغبار تكون متناهيه في الصغر ولكنه أيضا لا يخلو من بعض العيوب كما سبق ذكره فهو لا يحتمل درجات الحرارة العالية والتي تكون مطلوبة في المراحل الابتدائية للتشغيل.

إذا كانت الجسيمات دقيقة وخاصة إذا كانت ذات كثافة منخفضة، فقد لا يكون الفصل في مرشحات السايكلون فعالا بالكامل، وفي هذه الحالة قد يتم إمرار هذه الجسيمات خلال مرشح القماش والذي يكون فعالا في هذه المراحل. بشكل عام، كلما زادت الجزيئات التي يجب جمعها، كلما زادت تكلفة نظام الفصل المناسب. وهناك عدة أسباب لاختيار المرشح القماشي منها كفاءة الجمع عالية وتكلفة الصيانة بسيطة، والمرشح القماشي لا يتطلب استخدام جهد عالي.

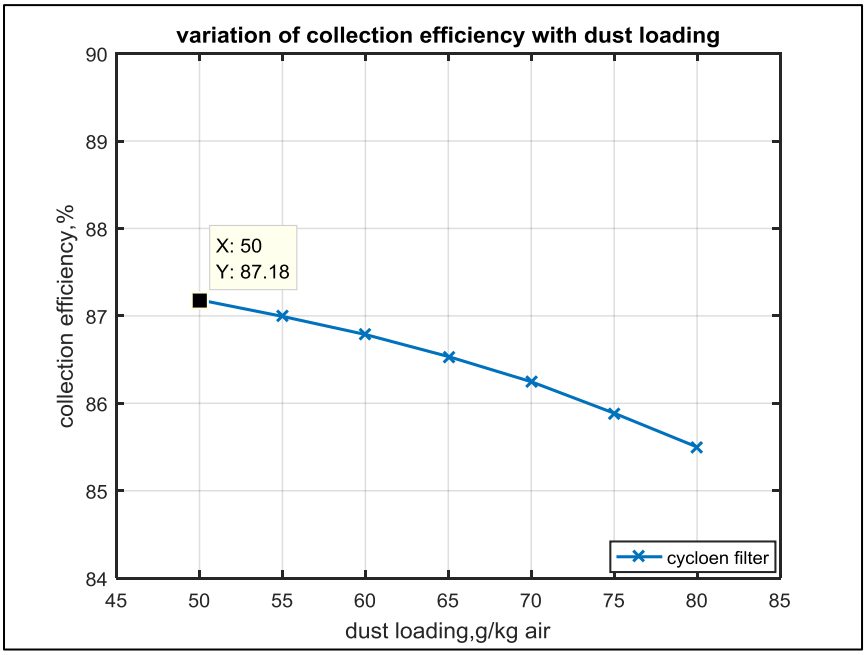
1.5 دراسة عملية للمقارنة بين كفاءة المرشحين (Fabric filter– cyclone filter) في مصنعي لبدة والمرقب:

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو دراسة وتحليل تأثير عاملين مهمين في عملية الترشيح وهما تحميل الغبار (Dust Loading)، وحجم الحبيبات المراد فصلها (particle size) على كفاءة التجميع (Collection Efficiency) لكل من المرشح السيكلوني (cyclone filter) والمرشح القماشي حيث سنتناول في هذا الفصل عرض ومناقشة النتائج المتحصل عليها من غرف التحكم والمراقبة لكلا المصنعين (مصنع لبدة ومصنع المرقب).

تحليل نتائج المرشح السيكلوني في مصنع لبدة:

1.1.5 تأثير تحميل الغبار على كفاءة المرشح السيكلوني:
(Dust loading effects on cyclone collector efficiency)

تم إجراء الدراسة لتأثير تحميل الغبار على كفاء المرشح أثناء الظروف التشغيلية المختلفة داخل المصنع وهذه القيم والنتائج المتحصل عليها هي من واقع العمل اليومي للمصنع خلال فترات التشغيل اليومي وتم الحصول عليها مباشرة من غرفة التحكم الرئيسية بالمصنع ودالك اثناء الزيارة الميدانية التي في الفترة من شهر2 الي حوالي شهر5 والتي كان فيها ناتج تحميل الغبار من ($dust/kg_{air}$) 50-80. وتظهر النتائج النموذجية في الشكل (1.5) بشكل عام أن كفاءة التجميع للمرشح تتأثر بشكل واضح بكمية تحميل الغبار حيث تنخفض الكفاءة التجميعية مع زيادة تحميل الغبار.



شكل (1.5) يوضح العلاقة ما بين الكفاءة (collection efficiency) مع كمية الغبار المصفى (dust loading)

السبب الأكثر احتمالاً في المرشح السيكلوني (Cyclone filter) هو أن القصور الذاتي للجسيمات يميل إلى معادلة زخم الهواء حيث استقرت بشكل طبيعي في اتجاه تدفق الهواء. ستؤدي زيادة تحميل الغبار إلى إنخفاض في عنصر السرعة المماسية وانخفاض في شدة الدوامة وهذا يعتبر السبب الرئيسي في انخفاض الكفاءة. وبالتالي عند التحميل المنخفض للكتلة تميل الجزيئات إلى أن تكون أقل تركيزا نظرا لأن كلا من قلة

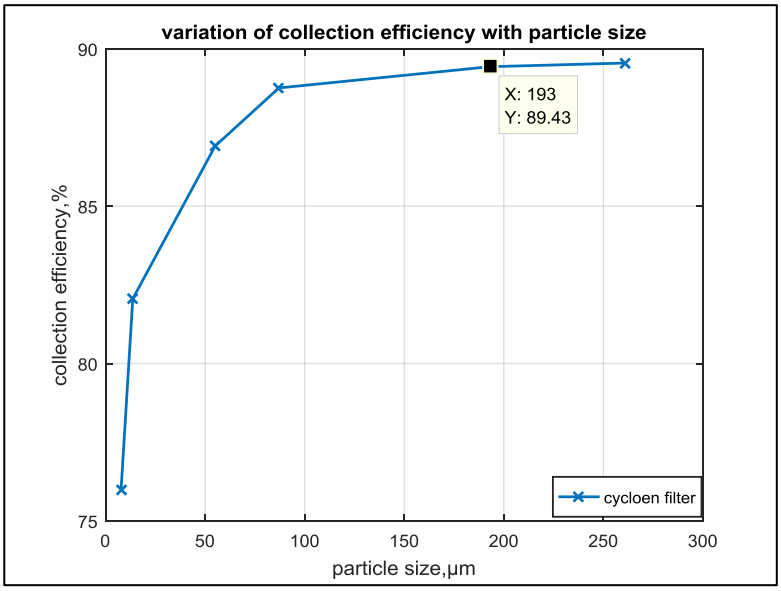
الاضطراب وضعف الدوامة يحدثان مع زيادة التحميل للجسيمات، قد تزداد كفاءة المرشح بشكل صغير إذا كان التخميد المضطرب يفوق أو أكثر من فقدان الشكل الدوامى المنتظم لحركة الجسيمات.

2.1.5 تأثير حجم الحبيبات مع كفاءة المجمع السيكلون:

(the effect of particle size with the efficiency of the cyclone)

لإيجاد العلاقة بين كفاءة المرشح وحجم الحبيبات التي يتم ضخها في المرشح وكما سبق الذكر ومن خلال الزيارة الميدانية لمصنع لبدة لصناعة الإسمنت والتعرف عن قرب للعمليات المختلفة التي تتم لاستكمال العملية الصناعية وأيضا بمساعدة المهندسين والفنيين بغرف التحكم تم الحصول على بينات تشغيلية في الفترة ما بين شهر2 الى حوالي شهر5. وأيضا تمت زيارة قسم التحليل الكيميائي للعينات المستخدمة في المصنع وبمساعدة المهندسين والفنيين في هذا القسم تم أخذ البيانات المعملية للعينات المستخدمة ودالك من حيث حجم الحبيبات والتعرف ايضا على الطريقة المنخلية المستخدمة لتحديد حجم الحبيبات التي سيتم ضخها في المرشح قيد الدراسة ومن ثم دراسة تأثير حجم هذه الحبيبات على كفاءة المرشح السيكلوني.

ومن خلال قراءات حجم الحبيبات المتحصل عليها من قسم التحليل الكيميائي تم رسم العلاقة البيانية الموضحة في الشكل رقم (2.5) والتي توضح العلاقة بين كفاءة المرشح وحجم الحبيبات المستخدمة والتي يتم ضخها أثناء عمليات التشغيل.



شكل (2.5) يوضح العلاقة ما بين الكفاءة (collection efficiency) مع حجم الحبيبات (particle size)

ويلاحظ من الشكل (2.5) ان تأثير حجم الحبيبات يكون طرديا على كفاءة المرشح أي كلما زاد حجم الحبيبات للغبار تزداد الكفاءة إلى حد معين ومن بعدها تبدأ الكفاءة بالاستقرار عند حجم معين للحبيبات والتي تكون تقريبا 200 µm والتي سجلت عندها قيمة الكفاءة حوالي 89.5%. ومن هذا المخطط نستطيع القول بان حجم الحبيبات يجب متابعته ومحاولة التحكم بالحجم للحصول على كفاءة ترشيح عالية، والابتعاد قدر الامكان عن أحجام صغيرة جدا لان هذا من شائنه التأثير سلبا على كفاءة الترشيح ومن ثم الحصول على جودة أقل في منتج الاسمنت وايضا سنحصل على هواء ملوث عند خروج الهواء من عملية الترشيح.

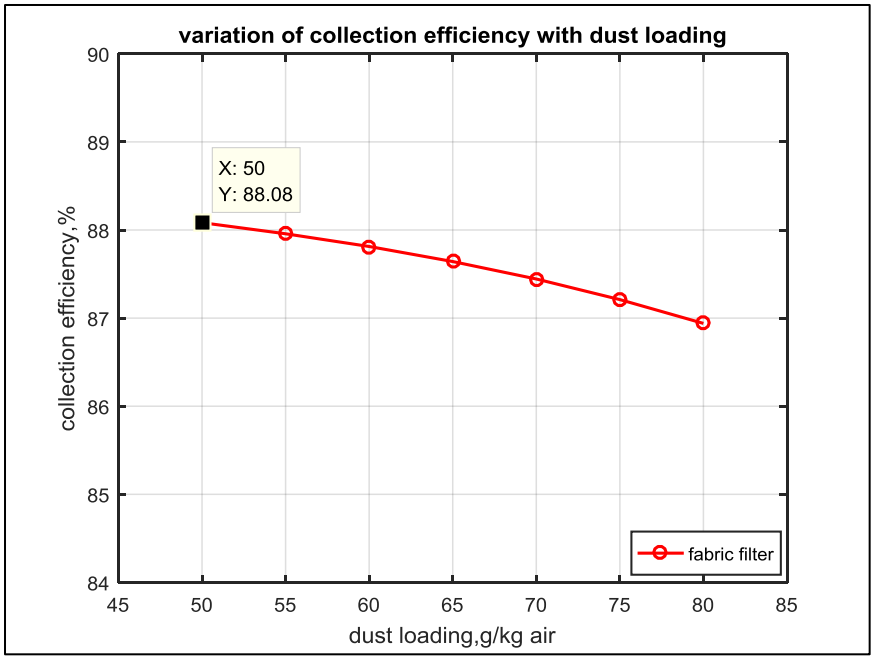
2.5 تحليل نتائج المرشح القماشي في مصنع المرقب:

1.2.5 تأثير تحميل الغبار (Dust loading) مع كفاءة المرشح القماشي:

(Effects of dust loading with the efficiency of the fabric collector):

لإيجاد العلاقة بين كفاءة المرشح وكمية الغبار التي يتم ضخها في المرشح القماشي ومن خلال الزيارة الميدانية لمصنع لبدة لصناعة الإسمنت والتعرف عن قرب للعمليات المختلفة التي تتم لاستكمال العملية الصناعية وأيضا بمساعدة المهندسين والفنيين بغرف التحكم تم الحصول على بينات تشغيلية في الفترة من شهر2 الى حوالي شهر5.

في هذه الحالة أي حالة المرشح القماشي سنعتمد على قيم الضغط المقاس في المرشح، حيث سيدل الانخفاض المفاجئ في الضغط على حدوث تسرب في النظام. في حين يشير الإرتفاع المفاجئ أو الحاد في الضغوط إلى انسدادات في مجاري المرشح القماشي، وفي هذه الحالة فإن أكياس الفلتر أو المرشح أصبحت مسدودة "مملوءة" بالجسيمات. وبالتالي فإن مقياس الضغط هو أفضل مؤشر لحالة التشغيل لحقيبة الأكياس، ويقدم أيضا معلومات مهمة لاستكشاف الأعطال وإصلاحها.



الشكل (3.5) يوضح العلاقة ما بين الكفاءة (collection efficiency) مع كمية الغبار المصفي (dust loading)

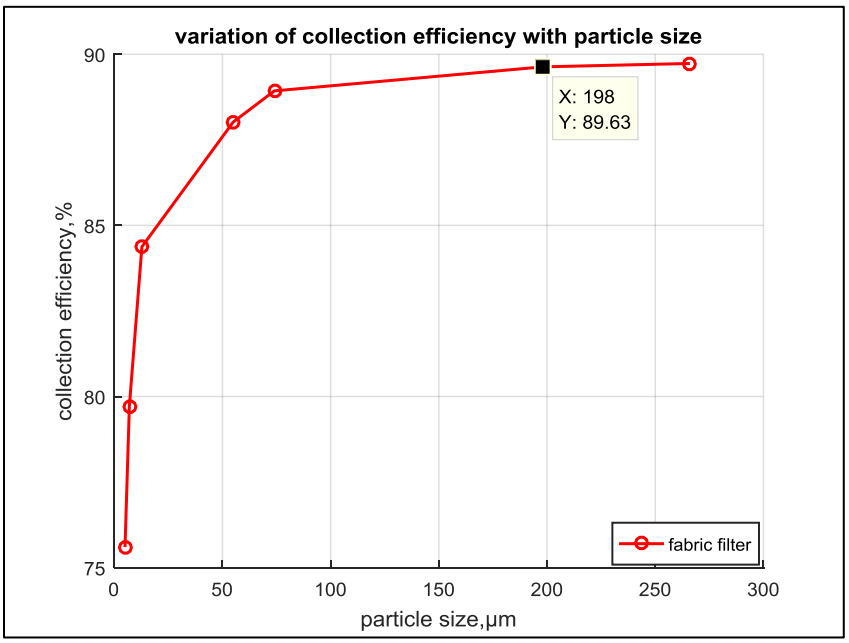
ويلاحظ من الشكل (3.5) إن كفاءة المرشح تقل تدريجيا كلما زاد تحميل الغبار لتصل الكفاء حوالي 87%، هذا يعني كلما زادت كمية الغبار المحمل في المرشح القماشي كلما قلة الكفاءة وهذا الأمر يعتبر منطقي، من هنا يجب مراعاة وتحديد كمية المواد الصلبة أو الشحنة المراد إدخالها للمرشح القماشي لأنه إذا زادت عن القيم الموضحة في المخطط البياني أي أعلى من(80 g/kg air) ستنخفض كفاءة المرشح بشكل ملحوظ وبالتالي سيكون الهواء الخارج ملوث ويؤثر سلبا على البيئة وأيضا على إتمام العملية الصناعية بالشكل الجيد، وبالتالي يجب مراقبة قيم الشحن جيدا أثناء التشغيل.

2.2.5 تأثير حجم الحبيبات (Particle size) على كفاءة المرشح القماشي

The relationship of the effect of particle size with the efficiency of the fabric collector

لإيجاد العلاقة بين كفاءة المرشح وحجم الحبيبات الداخلة للمرشح وبنفس الالية تم الحصول على البيانات من مصنع الإسمنت المرقب وكانت آلية أخذ البيانات من غرفة التحكم والمراقبة داخل المصنع التي تعمل بمنظومة متطورة متصلة مع المرشح القماشي عبر حساسات لقياس حجم الحبيبات والضغوط ودرجات

الحرارة وعدة متغيرات أخري. وأيضا بمساعدة المهندسين والفنيين بغرف التحكم تم الحصول على البينات التشغيلية في الفترة ما بين شهر2 الى حوالي شهر5.



الشكل (4.5) يوضح العلاقة ما بين الكفاءة (collection efficiency) مع حجم الحبيبات (particle size)

ويلاحظ من الشكل (4.5) زيادة في بداية المنحني للكفاءة مع زيادة في حجم الحبيبات وتزداد الكفاءة كلما زاد حجم الحبيبات. وهذا يشير إلى أنه عند حجم حبيبات دقيقة وصغيرة جدا ستكون كفاءة المرشح لتنقية هذه الجسيمات صغيرة ومتدنية، كما نلاحظ انه مع ازدياد حجم الحبيبات تزداد كفاءة الترشيح إلى أن يصل حجم الحبيبات إلى قيمة معينة µm (200) كما هو موضح في الشكل رقم (4.6) وبعدها تبدأ الكفاءة في الاستقرار ولا تعطي أي زادة أو تغير ملحوظ، ومن هنا نستطيع القول بانه من الأفضل شحن المرشح القماشي بشحنات يتراوح حجم الحبيبات فيها ما بين µm (100 إلى 200).

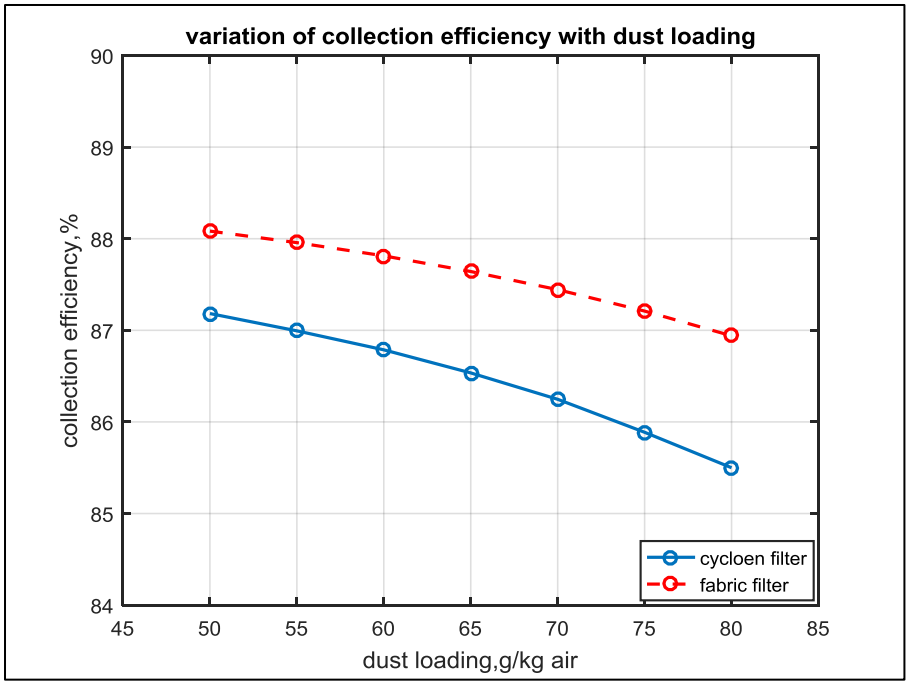
3.5 مقارنة تأثير كمية الغبار على كفاءة المرشحين السليكون والقماشي:

Comparison of cyclone filters with fabric in terms of efficiency and dust loading

في هذه الدراسة تم التركيز على دراسة وتحليل تأثيرات عنصرين مهمين وهما كمية المواد الصلبة الداخلة للمرشح وايضا حجم الحبيبات التي يتم ضخها داخل المرشحات وتأثيراتها على كفاءة المرشحات. ومن خلال البيانات التشغيلية المتحصل عليها من غرف التحكم للمصنعين لبدة والمرقب وبعد تحليل هذه النتائج ومن خلال المخططات البيانية لكفاءة المرشحين، نستطيع القيام بمقارنة كفاءة المرشحين لكل حالة كما يلي:

- **تأثير كمية الغبار أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة:**

الشكل (6.5) يوضح تأثير كمية الغبار أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة، في هذه الحالة وكما نلاحظ أن كمية الغبار التي تم تحميلها لكلا من المرشحين هي متساوية في القيمة تقريبا حيث كانت تتراوح ما بين(50 إلى 80 g/kg air) وذالك لتتم المقارنة بالشكل الصحيح، ونلاحظ من الشكل أن كفاءة المرشح القماشي تكون أعلي بقيمة 1% تقريبا في أغلب حالات التحليل، وايضا نستطيع أن نلاحظ أنه كلما زادت قيمة المواد الداخلة إلى المرشح كلما قلت قيمة الكفاءة بقيم متناسبة طرديا، وهذا يعطي مؤشرا لضرورة التحكم في هذه القيم الداخلة للمرشحات وذالك للوصول إلي جودة عالية للترشيح والتقليل من التلوث الذي يعتبر هو الهدف الرئيسي لهذا البحث.

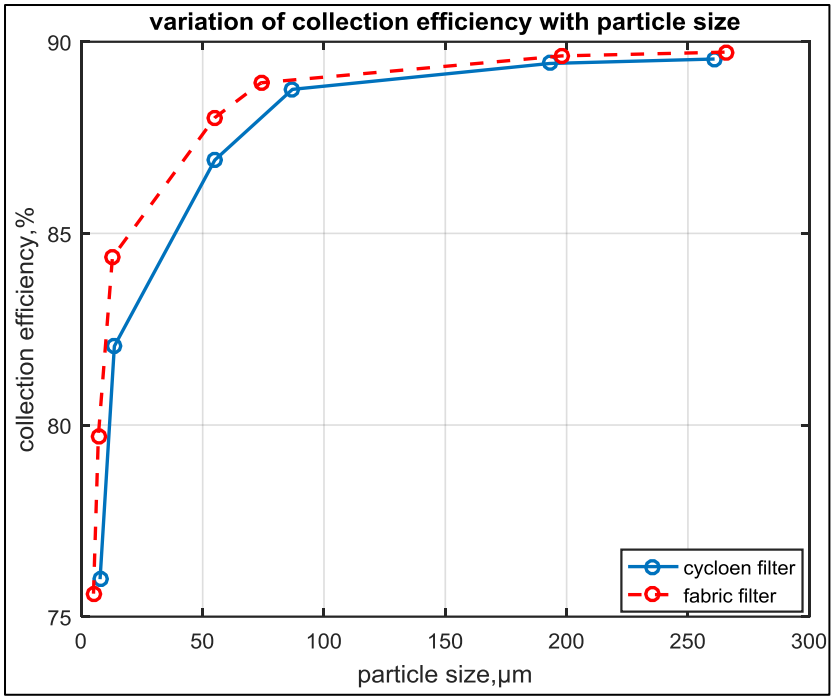


الشكل (5.5) يوضح تأثير كمية الغبار أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة.

4.5 مقارنة تأثير حجم الحبيبات على كفاءة المرشحين السليكون والقماشي:

(Comparison of cyclone filters with fabric in terms of efficiency and particle size)

الشكل (6.5) يوضح تأثير حجم الحبيبات أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة، في هذه الحالة وكما نلاحظ أنه تم اختيار أحجام حبيبات متساوية لكلا من المرشحين وهي متساوية في القيمة تقريبا حيث كانت تتراوح ما بين µm (10 إلى 270) وذالك لتتم المقارنة بالشكل الصحيح, ونلاحظ من الشكل أن كفاءة المرشح القماشي تكون أعلي بقليل في أغلب حالات التحليل، وايضا نستطيع أن نلاحظ أنه كلما زاد حجم الحبيبات الداخلة إلى المرشح كلما زادت قيمة الكفاءة بشكل عالي وواضح إلى أن تصل إلى قيم تبدأ عندها في الاستقرار نسبيا وحدث دالك تقريبا عند حجم µm (200)، ومن هنا نستطيع القول بان المرشحين متقاربين من ناحية التأثير الحجمي للحبيبات على الكفاءة، ومن هنا نستطيع القول بأن أفضل قيم لحجم الحبيبات تكون من حجم µm (100) وما فوق وذالك للوصول إلي جودة عالية للترشيح والتقليل من التلوث الذي يعتبر هو الهدف الرئيسي لهذا البحث.



الشكل (6.5) يوضح تأثير حجم الحبيبات أو المواد الصلبة الداخلة للمرشحين على الكفاءة

6. الاستنتاج

وعند الختام تم التحقق من تحميل الغبار (Dust loading)، وحجم الجسيمات (Particle Size)، بالنسبة لكفاءة المرشحات (Collection Efficiency). بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، يمكن استخلاص الاستنتاجات الأكثر أهمية وهي كالآتي:

1. انخفاض كفاءة المرشحين مع زيادة تحميل الغبار أو المواد الصلبة التي يتم تزويد المرشحين بها ومن هذه النتائج نستطيع التعرف على أفضل القيم لكمية المواد التي يجب ضخها للمرشح ومن تم التحكم في هذه القيم للوصول إلى أعلى كفاءة للمرشحين.
2. زادت كفاءة المرشحين مع زيادة حجم الجسيمات واقترابها من 98% وهذا يدل على ضرورة التحكم في حجم الحبيبات الداخلة الى المرشح ودالك للحصول على قيم مناسبة للكفاءة.
3. من المقارنة بين كفاءة المرشحين نلاحظ أن كفاءة المرشح القماشي أعلى بقليل من المرشح السيكلوني ولنفس ظروف التشغيل، ولكن في المقابل نجد أن الخصائص الميكانيكية للمرشح السيكلوني وخاصة من ناحية تحمله لدرجات الحرارة العالية وايضا سهولة التشغيل والصيانة تجعله من المرشحات المفضلة الاستعمال في المصانع الليبية.

1.6 الخلاصة:

مما سبق نستنتج أنه من المقارنة بين كفاءة المرشحين نلاحظ أن كفاءة المرشح القماشي أعلى بقليل من المرشح السيكلوني ولنفس ظروف التشغيل، ولكن في المقابل نجد أن الخصائص الميكانيكية للمرشح السيكلوني وخاصة من ناحية تحمله لدرجات الحرارة العالية وايضا سهولة التشغيل والصيانة تجعله من المرشحات المفضلة الاستعمال في المصانع الليبية.

توصيات للعمل المستقبلي أثارت النتائج التي تم الحصول عليها بالتأكيد بعض النقاط المثيرة للاهتمام لأنه من الواضح أن هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات التجريبية والنظرية للعثور على إجابات للعديد من الأسئلة التي يشير إليها هذا التحقيق.

يمكن تقديم بعض التوصيات المتعلقة بأداء المرشحين:

2.6 التوصيات

من خلال هذه الدراسة تم التوصل إلى بعض التوصيات وهي:

1. الإسراع في تطوير المصفيات بمصنع الإسمنت واستبدالها بمصفيات جديدة.
2. استحداث جهاز يتبع الهيئة العامة للبيئة داخل المصنعين يتولى عمليات الرقابة وقياس الملوثات والانبعاث بما يتماشى والحدود المسموح بها.
3. الاختيار المناسب والمدروس للمصانع بحيث تكون بعيدة من المناطق السكنية والزراعية.
4. ضرورة إنشاء جهاز للمراقبة والتفتيش من أجل التأمين والحفاظ على البيئة، ووضع محددات لاستخدام الموارد الطبيعية المتجددة وغير المتجددة ومحاربة الاستغلال لمقالع الأحجار والتراب، وبالأخص في حال تخصيص (خصخصة) المعمل للقطاع الخاص.

7.المراجع:

المراجع باللغة العربية:

[1] خواص المواد واختبارتها. أ.م محمود إمام ود. محمد آمين "منشور جامعة المنصورة" 2007ف.

[2] هندسة البيئة ،د. فاضل حسن أحمد ،منشورات جامعة عمر المختار ،الطبعة الأولي ،1996ف.

[3] مذكرات من وحدات الإنتاج بالمصنعين (لبدة - والمرقب).

[4] دليل التتفتيش على صناعة الأسمنت. "منشور جامعة عين شمس" ديسمبر 2002ف.

المراجع باللغة الإنجليزية:

[5] Working-Design-Considerations-and-Maintenance-of-Bag-Type-Fabric Filters. By K. P. Shah, Fifth Edition -2000

[6] Design and fabrication of cyclone separator.

[7] Perry's Chermical Engineer's Hand Book , robet H.perry , Don W.Green , Serventh Edition -1997.