

## صناعة الاسمنت

### 1. المقدمة.

الأسمنت هو تلك المادة الرابطة الناعمة التي تتصلب وتقسى فتملك بذلك خواصا تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض.

وأهم استخدام للأسمنت هو الملاط والخرسانة حيث يربط المواد الاصطناعية أو الطبيعية لتشكيل مواد بناء قوية مقاومة للتأثيرات البيئية العادية. يجب عدم الخلط بين الخرسانة والأسمنت، فالأسمنت يشير إلى المسحوق الجاف المستخدم في ربط المواد الكليية للخرسانة.

وللأسمنت المستخدم في البناء نوعين هما الأسمنت المائي والأسمنت غير المائي. تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الإستراتيجية. وهي مع ذلك صناعة بسيطة مقارنة بالصناعات الكبرى، وتعتمد على توفر المواد الخام اللازمة لذلك.

### 2. تركيب الاسمنت

تعتبر صناعة الأسمنت من الصناعات الاستراتيجية، لأنها ترتبط مباشرة بأعمال الإنشاء والتعمير. ويستخدم الأسمنت كمادة رابطة هيدروليكية. وهي مع ذلك صناعة بسيطة مقارنة بالصناعات الكبرى، وتعتمد على توفر المواد الخام اللازمة لذلك.

الخليط الأساسي لصناعة الاسمنت يتكون غالباً من الطفل (Clay) والحجر الجيري (Limestone) ، والذي يسخن في درجة حرارة كافية لإحداث التفاعل بينهما لإنتاج سليكات الكالسيوم (Calcium Silicate) و تختلف الملوثات الناتجة عن مصانع الأسمنت من حيث المكونات والكمية، تبعاً لاختلاف عمليات التشغيل من مصنع لآخر وإجراءات النظافة العامة المتبعة، وعوامل أخرى متنوعة.



شكل 1: الاسمنت

### 3. المواد الخام الأولية في صناعة الأسمنت:

- 1- الحجر الجيري.
  - 2- رمل السيليكات.
  - 3- الطفلة.
  - 4- الأتربة السطحية.
  - 5- طفلة وأتربة البوكسيت: (جسيمات متوسطة الحجم من الطبقات الرسوبية مثل الطفلة، ولها محتوى منخفض من الماء).
  - 6- أكاسيد الحديد : وتستخدم كعوامل مذيبة .
  - 7- الجبس: ويضاف في المرحلة النهائية بمطاحن الأسمنت.
  - 8- مواد أخرى:
- أ- تستخدم المواد الكيميائية في المعمل، للقيام بالتحليل واختبارات التحكم في الجودة.
- ب- تستخدم الزيوت ومواد التزييق الأخرى لصيانة الآلات.
- ج- يستخدم الغاز الطبيعي والمازوت لتوليد غازات الاحتراق المستخدمة في الأفران، وتكون الأفران مجهزة بحيث تستطيع حرق أكثر من نوع واحد من أنواع الوقود.

### 4. طرق تصنيع الإسمنت

- هناك طريقتان أساسيتان في صناعة الإسمنت:  
العمليات الرطبة و العمليات الجافة

في العمليات الرطبة: تطحن المواد الخام وتخلط بالمياه، ثم يفصل الناتج المعلق (Slurry) إلى الفرن. أما في العمليات الجافة: فيتم تجفيف المواد الخام قبل أو أثناء الطحن أي قبل إدخالها إلى الفرن

## 5. خطوات تصنيع الاسمنت

### اولا: خط العمليات الرطبة.

عمليات التشغيل الرئيسية في هذا الخط:

#### أ. تكسير وخلط المواد الخام

تُكسر المواد الخام من حجر جيرى وسيليكات وطفلة وأتربة سطحية بواسطة الكسارات، ثم تُنخل وتُنقل، ليتم تخزينها على هيئة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

#### ب. الطحن

تنقل المواد الخام في طواحين المعلقة ( Slurry Mills ) ، حيث تخلط بالمياه، ويستمر طحن المعلق حتى يصل إلى درجة النعومة المطلوبة. ينقل المعلق بعد ذلك إلى صوامع التخزين، حيث يصبح متجانساً بعد الضبط النهائي لمكوناته، وتؤخذ منه عينات بشكل دوري لضمان مطابقتها لتركيباته للمواصفات، ثم ينقل المعلق إلى أحواض المعلقة (Slurry Basins) حيث تقوم طواحين الشواكيش (Rotating Arms) بتحويله إلى خليط متجانس.

#### ج. الفرن والمبرد

يسحب المعلق من قاع الأحواض إلى فتحة تغذية الفرن الدوار (Rotary Kiln) والفرن الدوار هو فرن أسطواني طويل، مبطن من الداخل بطوب حراري، ويدور ببطء حول محور يميل قليلاً عن المستوى الأفقي. ويسمح هذا الميل بدفع محتويات الفرن أثناء الدوران إلى الأمام. وتتولد عند الطرف الأمامي ( الأسفل ) 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 إلى ما بين 60 و 200 م° ، المتكون بواسطة مبرد هوائي من 1400 م°.

#### د. الطحن النهائي والتعبئة

ينقل الكلنكر إلى طواحين كرات (Ball Mills) ، حيث يضاف إليه الجبس ويطحن، ثم يعبأ في أكياس من الورق أو البلاستيك.

## ثانياً: خط العمليات الجافة

عمليات التشغيل الرئيسية في هذا الخط:

### أ. تكسير وخلط المواد الخام

تُكسر المواد الخام من حجر جيرى وسيليكات وطفلة وأتربة سطحية بواسطة الكسارات، ثم تُنخل وتُنقل، ليتم تخزينها على هيئة أكوام في مناطق مفتوحة أو مغطاة.

### ب. الطحن

يتم إدخال المواد الخام في مجفف دوار (Rotary Drier)، حيث تجفف بواسطة الهواء الساخن أو العادم الناتجة عن تشغيل الفرن، ثم تطحن المواد الخام في طواحين المواد الخام وتنقل إلى صوامع تخزين ما قبل الخلط حيث تصبح 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 و70% حجر جيرى.

### ج. الفرن والمبرد

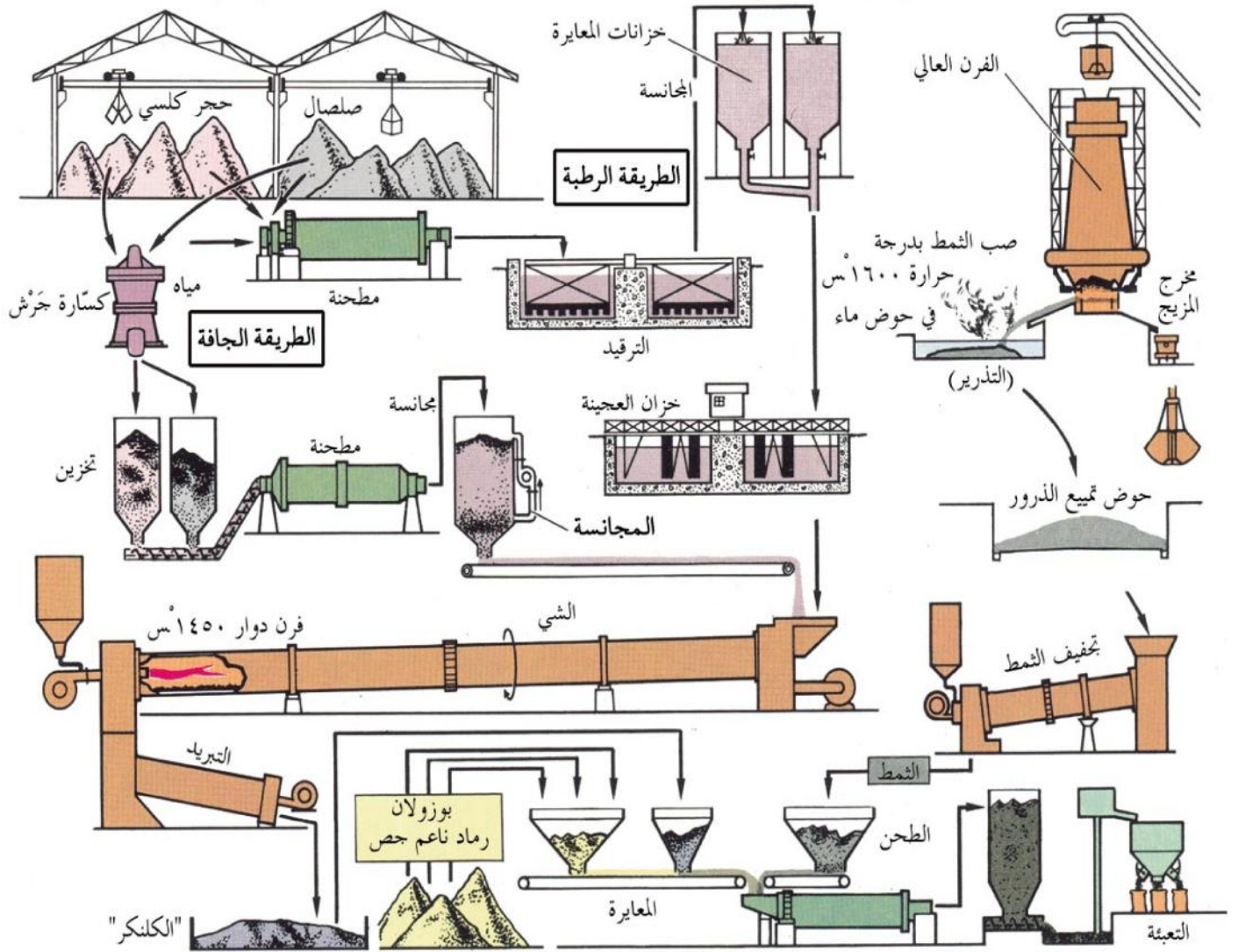
تسحب المواد الخام المتجانسة من قاع صوامع التخزين إلى فتحة تغذية برج التسخين الابتدائي ذي المراحل المتعددة، وقد يصل ارتفاع البرج إلى 120 متر، وهى مجهزة بسيكلونات لكلسنة الخليط، ومنه إلى الفرن الدوار.

- يستخدم الغاز الطبيعي أو المازوت كمصدر للطاقة الحرارية، كما يستخدم الهواء الساخن الناتج عن تبريد الكلنكر كمصدر إضافي للحرارة.
- هناك ثلاث أنواع من المبردات تستخدم في تبريد الكلنكر: المبرد الدوار (Rotary Cooler)، المبرد الكوكبي (Planetary Cooler) والمبرد الشبكي (Grate Cooler)، والنوع الأخير هو أكثر الأنواع المستخدمة في العمليات الجافة.

### د. الطحن النهائي والتعبئة

ينقل الكلنكر إلى طواحين كور حيث يضاف إليه الجبس ويعبأ في أكياس من الورق أو البلاستيك.

خطوات تصنيع الاسمنت مبينة بالشكل (2).



الشكل (2): خطوات تصنيع الاسمنت.

## 6. اقتصاد الاسمنت

تستهلك طاقة كبيرة ولا تحتاج إلى يد عاملة، وعملية نقله وتسويقه عن طريق البر باهظة الثمن، أما عن طريق المحيطات فهي سهلة. لذلك يفضل أن تكون المصانع قريبة من الساحل لكي يسهل نقلها عن طريق البحر مع شرط توفر شرط آخر ألا وهو قرب المحاجر الكلسية من المصنع وذلك الأفضل.

## 7. أنواع الأسمنت البورتلاندى وخصائصها

### أ. الأسمنت البورتلاندى العادي:

يستخدم في أعمال الإنشاءات بوجه عام، وهناك أصناف مختلفة من هذا النوع مثل الأسمنت الأبيض الذي يحتوى على نسبة أقل من أكسيد الحديد، و أسمنت آبار البترول المستخدم في تبطين آبار البترول، والأسمنت سريع الشك، وأصناف أخرى متعددة ذات استخدامات خاصة.

### ب. الأسمنت البورتلاندى المتصلب في درجة الحرارة العالية و المقاوم للكبريتات:

يستخدم في الحالات التي تتطلب حرارة تميؤ معتدلة، أو في الإنشاءات الخرسانية المعرضة لتأثيرات متوسطة من الكبريتات.

### ج. الأسمنت سريع التصلب:

تختلف أصناف الأسمنت سريع التصلب عن الأسمنت العادي من عدة نواحي، منها أن نسبة الحجر الجيري إلى السيليكات ونسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم في الأسمنت سريع التصلب تكون أكبر من مثيلاتها في الأسمنت العادي. كما يتصف هذا النوع بدرجة نعومة أكبر من الأسمنت العادي، مما يؤدي إلى سرعة التصلب وتولد سريع للحرارة. يستخدم الأسمنت سريع التصلب في إنشاء الطرق.

### د. أسمنت بورتلاندى منخفض الحرارة:

يحتوى هذا النوع على نسبة منخفضة من كبريتات ثلاثي الكالسيوم وألومينات ثلاثي الكالسيوم، مما يؤدي إلى انخفاض في الحرارة المتولدة. تستخدم أكاسيد الحديد لخفض نسبة ألومينات ثلاثي الكالسيوم، وبالتالي ترتفع نسبة رباعي ألومينات الكالسيوم الحديدية في هذا النوع من الأسمنت.

### هـ. الأسمنت المقاوم للكبريتات:

يحتوى هذا النوع من الأسمنت على نسبة منخفضة من ألومينات ثلاثي الكالسيوم، ويتصف بقدرة أكبر على مقاومة

الكبريتات بسبب مكوناته، أو بسبب العمليات المستخدمة في صناعته، لذلك فهو يستخدم في الحالات التي تتطلب مقاومة عالية للكبريتات.

#### 8. ترتيب شركات صناعة الاسمنت عالميا في نهاية 2005 كما يلي:

فرنسا تحتل المرتبة الأولى عالميا : lafarge  
سويسرا تحتل المرتبة الثانية عالميا. Holcim  
المكسيك تحتل المرتبة الثالثة عالميا.: Cemeux  
ألمانيا تحتل المرتبة الرابعة عالميا.: Heidelberg Cement  
إيطاليا تحتل المرتبة الخامسة عالميا.: Italcementi

#### 9. الإسمنت والبيئة

عد صناعة الاسمنت احدى الصناعات الحيوية لعلاقتها المباشرة والفعالة بعملية التنمية ولكون مادتها (الاسمنت) من الاساسيات التي تقوم عليها المشاريع التنموية الصناعية والزراعية والخدمية والعمرانية .  
عروف عن هذه الصناعة انها تعد من الصناعات الملوثة للبيئة لما تطرحه من دقائق مادة (الكلنكر) الناتجة عن الافران اضافة الى غازات الاحتراق لذا اصبح من الضروري استخدام وسائل وتقنيات لترسيب واقتناص هذه الدقائق وضمان عدم تسربها الى الجو.

#### 10. المخاطر الصحية الناجمة عن صناعة الاسمنت

يؤثر غبار الاسمنت على المتعرضين له لفترات طويلة نظرا لاحتوائه على السليكا الحرة حيث يؤدي الى الاصابة بمرض السليكوس (التسمم السليكي) خاصة في المعامل التي تنتج الاسمنت المقاوم للحوامض. كما يؤدي التعرض لغبار الاسمنت للاصابة بالامراض الجلدية والحساسية والقرحة المعدية والاثنى عشرية اضافة الى ان تشغيل المعامل بدون مرسبات غبار او في حالة كون هذه المرسبات تعمل بكفاءة قليلة يؤدي الى تأثير سلبي في الرؤية في المناطق المحاورة وعلى البث الازعاجي والتلفزيوني .

## 11. مصادر التلوث الناجمة عن صناعة الإسمنت

### • تلوث الهواء:

ويتولد من محورين الاول هو دقائق الكلنكر المترسبة مع غازات الاحتراق والثاني هو الملوثات الغازية ( $CO, Hc, CO_2, SO_x, NO_x$ ) الناتجة عن احتراق الوقود نفسه ويعد الاول هو الالهام والاضرار على البيئة.. اما الثاني فله تأثير سيء ايضا خاصة ان اغلب معامل الاسمنت تستعمل النفط الاسود كوقود والذي يعد احدى انواع الوقود لمحتواه الكبريتي العالي.



الشكل(3): تلوث الهواء.

### • تلوث الارض :

وينشأ في ثلاثة محاور الاول خزن المواد الاولية والكلنكر والفحم ومواد اخرى في المعمل وعند سقوط الامطار يتسرب قسم منها مع مياه الامطار فتلوث الارض ثم المياه الجوفية ، والثاني جراء عمليات الطمر للغبار المتجمع في المرسبات والناتج من الافران والمطاحن الذي يتم طمره في الاراضي بعد رشه بالماء ، والثالث يتمثل في الغبار الخارج من الافران والمتساقط على الاراضي المحيطة بمعامل الاسمنت.