ألمحاضرة ألتاسعة صناعة ألأسمنت ليوم ألخميس 2020/4/30

The Cement Manufacturing Process صناعة ألأسمنت

صناعة ألأسمنت من ألصناعات ألتي يعود تأريخها الى بداية ألقرن ألتاسع عشر في منطقة البورتلاند من وسط بريطانيا.

أما في ألعراق فقد بدأت صناعة ألأسمنت عام 1949 حيث أنشأ أول مصنع جنوب بغداد في منطقة معسكر ألرشيد سابقا، و قد ساهمت هذه الصناعة بصورة كبيرة في دفع عجلة ألتطور في ألعراق بشكل كبير من خلال ألمساهمة في بناء ألمنشات ألحكومية ة ألمؤسسات. و يعتبر ألأسمنت ألعراقي من أجود أنواع ألأسمنت ألعالمية بسبب توفر و نقاوة ألمواد ألأولية ألمستعملة في ألأنتاج.

المواد الاولية :

معدنية تدخل في صناعة ألأسمنت

تحتاج صناعة ألأسمنت الى عدة مواد أهمها مادتين أساسيتين يمكن توفرها **من ألمواد ألخام** ألطبيعية ألتي نحصل عليها من ألمناجم (ألمقالع) وهي : كل **من حجر الكلس و الطين**

حيث توفر هاتان المادتان ألمواد المعدنية اللازمة لانجاز عملية صناعة الاسمنت.

و ألمتمثلة بـ كاربونات ألكالسيوم CaCO3 (التي تتحول ألى اوكسيد الكالسيوم CaO) و ألسيليكا SiO2 و الالومينا Al2O3

بألأضافة الى **اوكسيد الحديديك** و بنسب ضئيلة

لذلك من الضروري في اختيار مواد صناعة الاسمنت على اختيار خليط احدها ذو مكون كلسي عالي و الاخر يحتوي على مكون عالي من السليكا والالومينا و اوكسيد الحديديك.

لذا يعتبر حجر الكلس والاكاسيد الفلزية المكونان الاساسيان لهذه الصناعة.

طرق صناعة الاسمنت :

ألأسمنت ألبورتلندي من أكثر أنواع ألأسمنت شيوعا و أستخداما لأغراض ألبناء (وتعود تسميته ألى منطقة بورتلاند البريطانية) لذلك تتضمن دراستنا عملية تصنيع هذا ألنوع من ألأسمنت وهنالك ثلاثة طرق للأنتاج :

1-الطريقة الرطبة.

2 - الطريقة نصف الجافة.

3- الطريقة الجافة.

لايوجد أختلاف كبير بين هذه الطرق ألأ أن الاختلاف الرئيسي بينها في عملية طحن و خلط المواد الاولية حيث تطحن المواد الاولية **بالطريقة الرطبة** مع اضافة الماء لغرض المساعدة في عملية الطحن و مزج المواد الاولية لينتج خليط (slurry معجون خفيف) نسبة الماء فيه تتراوح (30-40 %) ويضخ المعجون الى خزانات خاصة للتهيئة للحرق في الافران.

(ما فائدة أضافة ألماء في هذه ألطريقة؟)

اما **في الطريقة النصف جافة** فأن المواد الاولية تطحن بحالتها ألجافة وتنقل الى خزانات للتهيئة حيث ترسل الى جهاز يقوم بخلطها بنسبة حوالي 10% مع الماء وجعلها على شكل حبيبات يتم تغذيتها الى الفرن.

أما **الطريقة الجافة** تطحن المواد الاولية الى مسحوق ناعم ثم ترسل الى خزانات لغرض تهيئتها وادخالها في الفرن الدوارالذي لاتوجد فيه سلاسل فولاذية كما موجود في الطريقة الرطبة.

مراحل صناعة الاسمنت:

تشترك ألطرائق ألثلاثة ألمذكورة أنفا في صناعة ألأسمنت **بنفس مراحل ألتصنيع** ما عدا ألأختلافات ألتي ذكرت أعلاه وكما يأتي:

المرحلة الاولى :

تتضن هذه المرحلة عملية تهيئة و مزج المواد الاولية التي يمكن الحصول عليها كما يأـي:

حجر الكلس : تتم عملية استخراجه بواسطة التفجير و نقله الى كسارات لتحويله الى مسحوق لينقل الى المخازن داخل المعمل.

الطين : يوجد في مقالع مكشوفة وينقل بواسطة ألأحزمة ألناقلة أو السيارات حيث يغسل لتخليصه من ألأملاح (لماذا) و الشوائب والاوساخ وتكون ضمن نوع خاص من الغسالات.

ينقل حجر الكلس المكسر مع الطين النظيف الى الطاحونة وهي عبارة عن انبوب قطره (3-5 متر) وهذه الانبوبة مقسمة الى اقسام تحتوي على اجسام طاحنة كروية الشكل لغرض تحويل المواد ألأولية ألى مزيج ناعم .

يكون أدخال المواد الاولية لغرض ألطحن بنسب محددة بحيث يكون حجر الكلس بنسبة 70%, اما الطين فلا يضخ بصورة مباشرة و انما على شكل وجبات شبيهة بالناعور **(لماذا؟)** بحيث يحقق نسبة 30% من ألمزيج ألكلي.

ان مايجري من عمليات داخل الطاحونة هي **عمليات فيزيائية** وليس كيميائية تتضمن السحق والمزج فقط.

والمادة الناتجة في الطريقة الرطبة (بعد أضافة 30% ماء) هي المعجون (Slurry) خفيف الذي يصبح ضمن مواصفة معينة بحيث تكون نسبة كاربونات الكالسيوم هي 74% .

المرحلة الثانية :

تتضمن هذه المرحلة عملية حرق مزيج ألمواد ألأولية ألتي تتم بأفران أنبوبية دوارة تسمى (Rotary furnace) مائلة هندسيا **(لماذا؟)** ذات ابعاد مختلفة تعتمد على سعة انتاج المصنع نفسه , يغذى المعجون الى هذه الافران برافعات معينة.

ان اول منطقة في الفرن الدوار هي منطقة التجفيف (drying zone) وهي المنطقة التي تحدث فيها عملية طرد محتويات الماء التي تحدث في الطريقة الرطبة أو بقايا ألرطوبة في ألمواد ألأولية (بألنسبة للطريقة ألجافة) وفي هذه المنطقة توجد سلاسل تعرقل حركة المواد الاولية لتزيد من عملية خلط ألمواد ألمتفاعلة.

وتوجد في بداية الفرن منطقة تسمى بمنطقة الدخول ( ) فيها مراوح تقوم بسحب الغازات الناتجة و دفعها الى خارج ألفرن وزيادة التجفيف , وفي هذه المرحلة (اي المرحلة الثانية) تتم عملية حرق المواد ألتي تبدا بدرجة حرارة واطئة و تنتهي بدرجة حرارة حوالي 1400-1450م نهاية ألفرن.

مواصفات ألفرن ألدوار

Rotary furnace size & length depending on the capacity

90 – 180 m length

2.5 – 6 m internal diameter

Inclined so material is travel from upper to down & takes 1 -3 hrs.

ألتفاعلات ألتي تحدث في ألفرن ألدوار

ملاحظة مهمة جدا ألرموز ألتالية المثبتة في نهاية كل معادلة هي أختصار للمركبات الكيميائية ألناتجة من ألتفاعل و تستعمل كبديل عن كتابة ألرمز ألكيميائي للمنتوج في صناعة ألأسمنت

سؤال مهمة لماذا تستعمل هذه ألرموز؟

الرموز (C2S) (C5A3), (CS), (CA), (C3S), (C3A), (C4 AF)

The first zone in rotary furnce is drying zone

1- ألمنطقة ألأولى وتتم فيها عملية التجفيف المتضمنة فقدان ماء الرطوبة بدرجة 100°

2- أما درجة الحرارة ألأعلى 500-550 تتضمن وفقدان ماء التبلور

3- والتفكك

$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ —500-550° ——— $Al_2O_3.2SiO_2 + 2H_2O$

$MgCO_3$ ——°600——————— $MgO + CO_2$

$CaCO_3$ ——————— $CaO + CO_2$

4- at 800°C

$CaO + Al_2O_3$ ——————— $CaO.Al_2O_3$ (CA)

$CaO + SiO_2$ ——————— $CaO.SiO_2$ (CS)

5- at 900°c - 950°c

$CaO + Al_2O_3$ ——————— $5\,Ca\,.\,3\,Al_2O_3$ (C5 A3)

$2\,CaO + SiO_2$ ——————— $2\,CaO\,.\,SiO_2$ (C2S)

6- at 900 - 1100°c

$CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ——— $4\,CaO\,.\,Al_2O_3\,.\,Fe_2O_3$. (C4 AF)

We obtain C_2S at high temperature

7- at 1260°c we obtain liquid formation o . **C_3A**

$CaO + Al_2O_3$ ———— $3CaO.Al_2O_3$ (C_3A)

8- at 1200 – 1450 °C

$CaO.SiO_2$ ———— $3CaO.SiO_2$ (C_3S)

ملخص ألتفاعلات ألرئيسية للأكاسيد

$CaCO_3 + heat \rightarrow CaO + CO_2$

$2CaO + SiO_2 \rightarrow 2CaO \cdot SiO_2$ (Bellite)

$3CaO + Al_2O_3 \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3$

$4CaO + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \rightarrow 4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

$CaO + 2CaO \cdot SiO_2 \rightarrow 3CaO \cdot SiO_2$ (Alite)

سليكات الكالسيوم وهي المركب الاساسي للاسمنت .

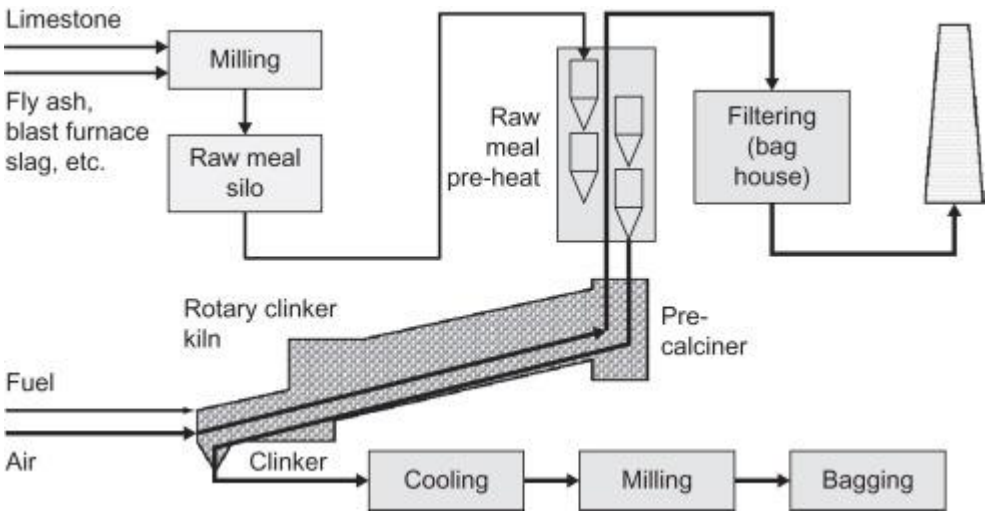
After that burning zone at the end of the rotary furnace which is at 1400-1450°C. Hence, the materials changing to **KLINKER**.

ألمرحلة ألثالثة

تتضمن هذه ألمرحلة عملية طحن مادة ألكلنكر الناتجة وتحويلها الى محوق ناعم جدا بنفس طريقة ألطحن للمواد ألأولية لغرض تعبئته حسب ألمطلوب بعد تبريده الى درجة حرارة 150-200م

Grinding the klinker in away similar to that one in preparing R.M. after cooling to 150 – 200°c .

مخطط لصناعة ألأسمنت



ألمواصفات ألقياسية للأسمنت ألبورتلندي

يحتوي ألأسمنت ألبورتلاندي المكونات ألكيميائية في أدناه:

The chemical composition for the klinker (Portland cement)

CaO	67 – 59%
SiO_2	26 – 16 %
Al_2O_3	8 – 4%
Fe_2O_3	5 – 2%
MnO	zero – 3%
MgO	5 – 0.3%
$K_2O + Na_2O$	1.6- 0.6%
SO_3	2.5 – 0.5%
S	2 – zero %

كما تجرى فحوصات أخرى للكشف عن ألشوائب الموجودة في ألأسمنت بأجراء ألفحوصات ألتالية:

Test to know the impurities:

1- Test for the purity by microscop.
2- Test by sieves 700 holes/ cm.

The most important tests are:

1- The percent of the free CaO . the percent is 2%
واذا زادت فانها تؤثر على متانة الاسمنت وهي دلالة على عدم طحن المواد او حرقها.
2- The percent CO_2
3- SO_3 %, K_2O %, Na_2O , MgO, CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3%, Sio_2
4- Heat of reaction with H_2O
5- Time of setting
6- Tensile strength, stress
7- Resistance
8- Dissolve in HCl 20%
9- Density of cement 3.1 – 3.2 according to Fe_2O_3

Types of cement:

أنواع ألأسمنت يعتمد نوع الاسمنت على طبيعة استخدام الاسمنت

1- Portland cement

ألأسمنت ألمقاوم للأملاح

2- Corrosion resisting cement

3- High alumina cements → $CaCO_3$ + bauxite.
الذي يحتوي على اكاسيد الحديد و السليكا والمغنيسيوم , سريع جداً في التصلب و القوة و مقاومة ماء البحر.

.Reaction of cement:

عدة نظريات وضعت لشرح تصلب السمنت و تكوين ألخرسانة ألأسمنتية وجميعها تفترض بأن عملية ألـ hydration و ألـ hydrolysis تحدث عند أضافة ألماء للمواد ألأسمنية مع مكونات ألخرسانة.

Hydration & hydrolysis takes place when water is added to cement material.

عملية التحلل (hydrolysis) تنتج مواد جديدة قليلة الذوبان تكون متبلورة او بحالة غروية والى هذه المواد تعزى صفات الصلابة و المقاومة.

It is not easy to study all the compounds products of hydrolysis.

و من ألصعوبة دراسة نواتج ألتحلل و بألرغم من ذلك فأن نواتج ألتفاعلات هي:

However, the products of reaction is

- $Ca(OH)_2$ & hydrated calcium silicate
- Hexa hydroxyl tricalcium aluminate
  - الذي يتبلور على شكل مكعب و يساعد على تماسك حبيبات الرمل.
- Hydrated calcium aluminate $Ca_3 Al_2 (OH)_2$
  - بالاضافة الى هيدروكسيد الحديد الغروي.
  - اما اضافة الجبس (CaSO4) وزيادة نسبة فان مركب
- Ca O. Al2 O3. 3 CaSO4. 31 H2O
  - وهذه بلورات تؤدي الى زيادة البلورات وحصول تشقق للاسمنت .
  - **التفاعلات الرئيسية للأسمنت عند تكون الخرسانة**
- $3CaO.SiO_2 + 2H_2O \longrightarrow CaO.SiO_2.2H_2O + Ca(OH)_2 + heat$

$3CaO.AL_2O_3 + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 Al(OH)_3.H_2O + heat$