Concrete Technology I

تكنلوجيا الخرسانة 1

Lecture 3: Chemical composition of Portland cement

Dr. Ahmed A. Ahmed

Al-Mustansiriyah University

College of Engineering - Civil Engineering Department

Learning Outcomes

في هذه المحاضرة سنتعرف على:

- المركبات الرئيسية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي (OPC)
- Bogue Equation
- المركبات الثانوية (الاكاسيد) في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي (OPC)
- الفقدان بالحرق Loss on Ignition (L.o.I)
- المواد الغير قابلة للذوبان Insoluble residue (I.R.)

في المحاضرة السابقة

ان المواد الأولية المستعملة في صناعة الاسمنت البورتلاندي تتكون بصورة رئيسية من :-

- الحجر الجيري **CaO** ويرمز له بالحرف **C**
- السليكا SiO_2 ويرمز له بالحرف **S**
- الالومينا Al_2O_3 ويرمز له بالحرف **A**
- اوكسيد الحديد Fe_2O_3 ويرمز له بالحرف **F**

تتفاعل هذه المركبات مع بعضها البعض داخل الفرن الى ان يتم الوصول الى حالة التوازن الكيمياوي وينتج عن هذا التفاعل الكلنكر الذي يضاف اليه الجبس لانتاج السمنت

Clinker

Gypsum ($CaSO_4.2H_2O$)

Cement!

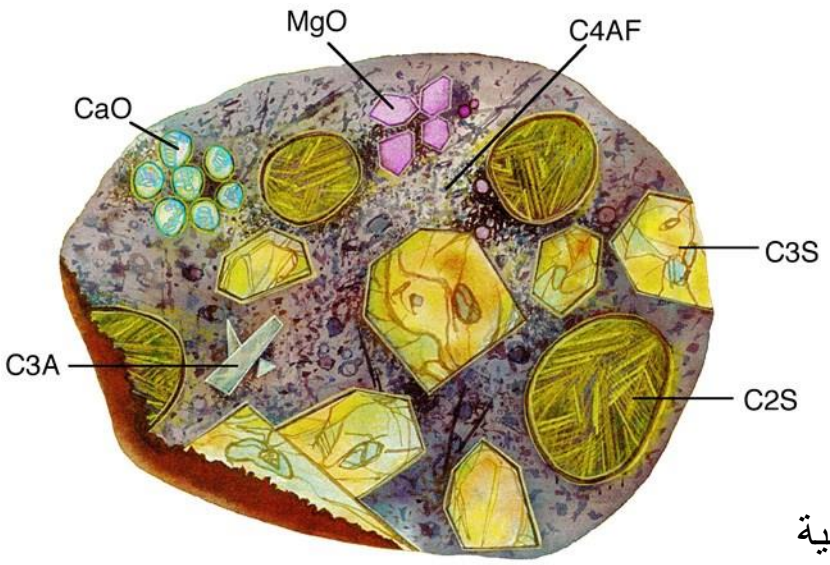
المركبات الرئيسية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي

المركبات الرئيسية الاربعة في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي

Compound Name	Approx. Formulation	Cement Notation
سيليكات ثلاثي الكالسيوم (alite)	$3CaO \bullet SiO_2$	C_3S
سيليكات ثنائي الكالسيوم (belite)	$2CaO \bullet SiO_2$	C_2S
ألومينات ثلاثي الكالسيوم	$3CaO \bullet Al_2O_3$	C_3A
الومينات حديد رباعي الكالسيوم	$4CaO \bullet Al_2O_3 \bullet Fe_2O_3$	C_4AF

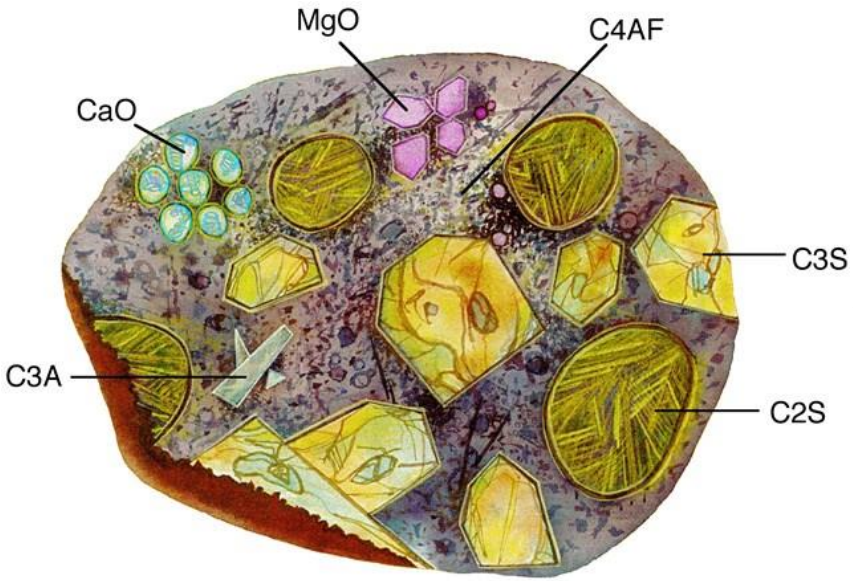
المركبات الرئيسية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي

سليكات ثلاثي الكالسيوم C_3S



- تتواجد هذه السليكات بكميات كبيرة في الاسمنت. على شكل حبيبات صغيرة متساوية الأبعاد وعديمة اللون تتحلل ببطء أثناء تبريدها إلى درجة 1250 درجة مئوية.
- تبقى ثابتة لا تتغير إذا لم يكن التبريد بطيئا" وتبقى مستقرة في درجات الحرارة الاعتيادية
- يحتاج للإماهة الكلية % 24 ماء من وزن الاسمنت
- هو المسؤول عن المقاومة المبكرة لعجينة الاسمنت خلال الأربعة أسابيع الأولى والسبب في ذلك ان C_3S يتميه بسرعة اكبر في البداية ويتميه بشكل كامل خلال ال 28 يوم.
- للحصول على خرسانة عالية المقاومة في وقت مبكر يستعمل الاسمنت الحاوي على نسبة عالية من C_3S
- مسؤول عن الاكتساب السريع للمقاومة للاسمنت مابين 3 ال 7 ايام

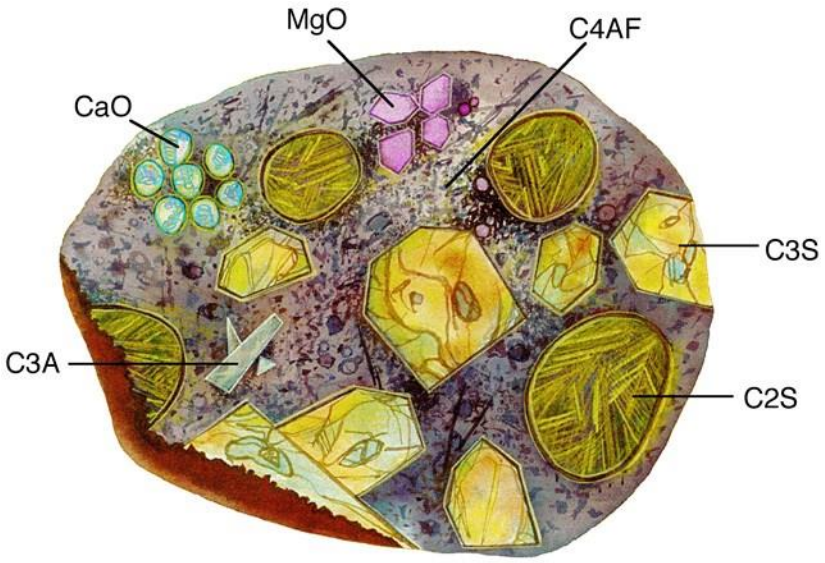
المركبات الرئيسية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي



سليكات ثنائي الكالسيوم C_2S

- لهذا المركب ثلاثة اطوار
- هذا الطور α-C_2S يتواجد في درجات الحرارة العالية ، ويتحول الى الطور β-C_2S عند درجة حرارة 1450 درجة مئوية
- يتحول الطور β-C_2S الى الطور γ-C_2S عند التبريد الى درجة حرارة 670 درجة مئوية لكن عند معدلات التبريد في معامل السمنت (التجاري) يحتفظ الطور β-C_2S باستقراره في الكلنكر المنتج. تتشكل حبيبات β-C_2S على شكل حبوب مستديرة ، تظهر عادة توأمة.
- يحتاج للإماهة الكلية 21% ماء من وزن الاسمنت
- مسؤول عن الاكتساب البطيء للمقاومة للاسمنت بعد 28 يوم (لانه يتميه ببطئ خلال الاربع اسابيع الاولى) ولغاية سنة

المركبات الرئيسية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي



ألومينات ثلاثي الكالسيوم C_3A

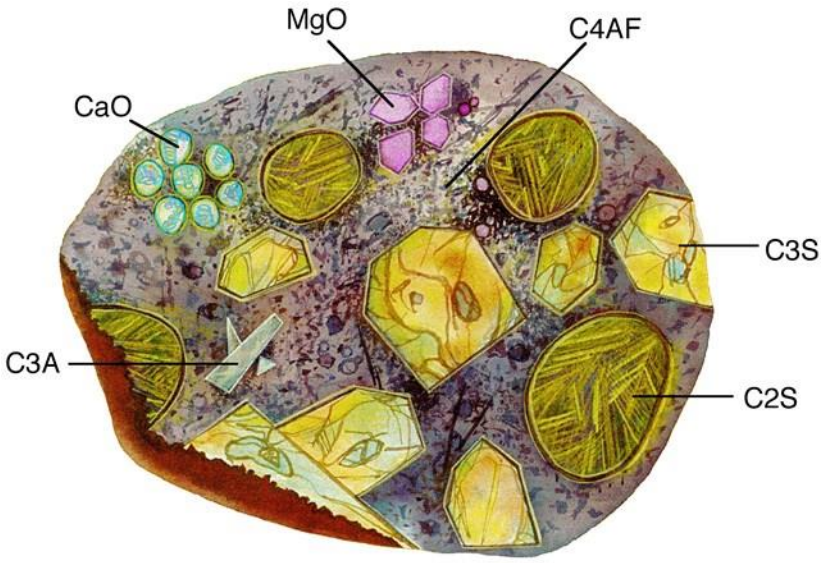
- يتواجد هذا المركب بكمية قليلة في معظم أنواع الاسمنت مقارنة مع باقي المركبات وذو بلورات منشوريه غامقة اللون وعند تفاعله مع الماء بصورة منفردة يبعث كمية كبيرة من الحرارة مكونا بلورات صناعية سداسية من الومينات الكالسيوم

- التفاعل يؤدي الى حدوث التجمد الفجائي flash setting ولكن لوجود الجبس الذي يضاف الى الكلنكر قبل عملية طحن الاسمنت حيث يتفاعل الجبس مع C_3A مكونا" سلفو الومينات الكالسيوم (The **AFt** phase **ettringite**) الغير ذائبة حول حبيبات أل C_3A فيؤخر تفاعلها مع الماء وبذلك سيتحدد هيكل عجينة الاسمنت بنواتج المركب C_3S حيث تكون مساميته قليلة جدا" مقارنة مع الهيكل المتكون من المركب C_3A

- يتفاعل هذا المركب مع أملاح السلفات (الكبريتات) الموجودة بكثرة في الرمال أو في التربة والمياه الجوفية التي تتعرض لها الكتلة الخرسانية مكونا سلفو الومينات الكالسيوم مما يؤدي الى زيادة حجم الكتلة الخرسانية فيسبب تشقق وتلف الكتلة الخرسانية

- مسؤول عن تجمد الاسمنت (فقدان السيولة والتصلب)

المركبات الرئيسية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي



الومينات حديد رباعي الكالسيوم C_4AF

- يتواجد هذا المركب بكميات صغيرة في تركيب الاسمنت مقارنة مع المركبات الثلاثة الأخرى , وهذا المركب لا يؤثر على عجينة الاسمنت ولكنه يتفاعل مع الجبس ليكون سلفوفرين الكالسيوم الذي يعجل بعملية الاماهة ويعمل كمادة مساعدة على الانصهار

- مسؤول عن اللون الرمادي للأسمنت.

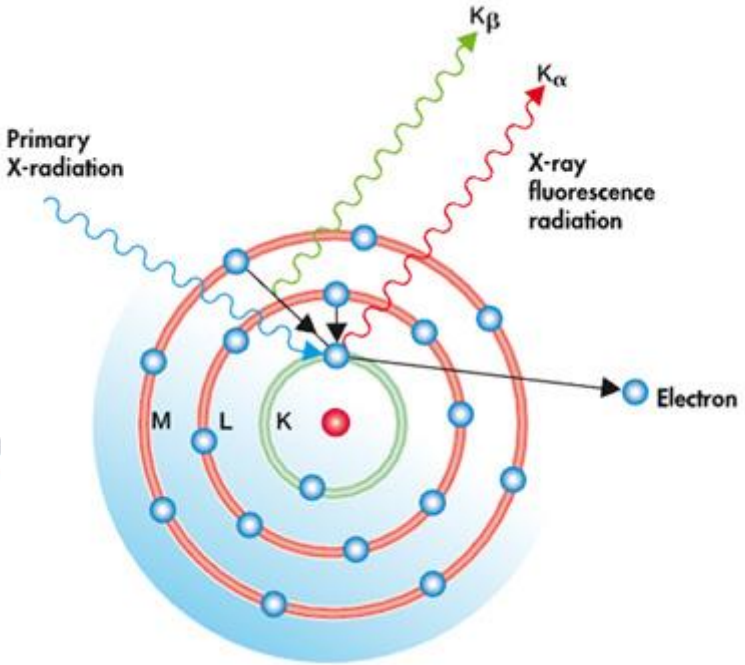
Bogue Equation

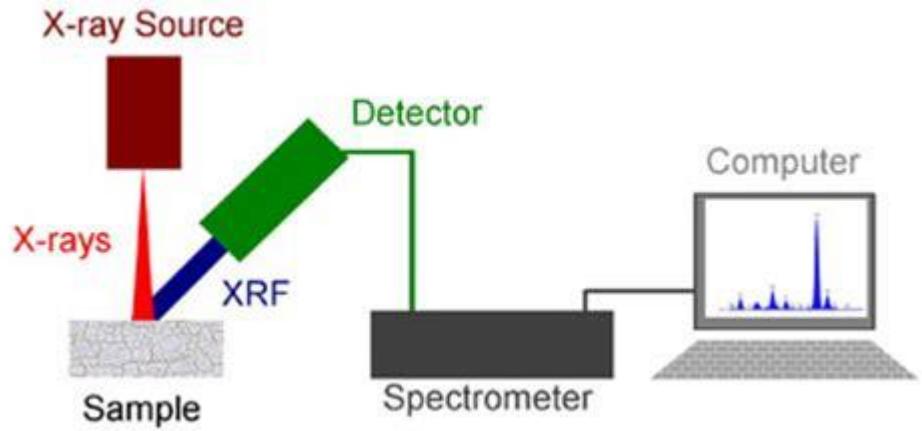
تسمى المركبات الرئيسية للسمنت البورتلاندي ب مركبات Bogue و تحسب النسب باستخدام مجموعة من المعادلات التي تسمى معادلات Bogue Equations، على فرض ان التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى تكوين المركبات الرئيسية وصلت إلى حالة التوازن الكيميائي وان ظروف تبريد الكلنكر لا تؤثر على توازن الطور وان نواتج التوازن الكيميائي متبلورة كليا، وكما يلي:

- $C_3S = 4.07\ (CaO) - 7.6\ (SiO_2) - 6.72\ (Al_2O_3) - 1.43\ (Fe_2O_3) - 2.85\ (SO_3)$
- $C_2S = 2.87(SiO_2) - 0.754\ (C_3S)$
- $C_3A = 2.65\ (Al_2O_3) - 1.69\ (Fe_2O_3)$
- $C_4AF = 3.04\ (Fe_2O_3)$

التحليل الطيفي بالإشعاعات الناجمة عن الأشعة السينية

(XRF X-ray flouresence) هي تقنية لكشف الفوتونات وقياسها و التي لها أطوال موجية في نطاق الأشعة السينية من الطيف الكهرومغناطيسي. يُستخدم لمساعدة العلماء على فهم خصائص العناصر الكيميائية لأي جسم.





المركبات الثانوية في التركيب الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي

Minor constituents	%
Mn_2O_3	0.05
P_2O_5	0.15
TiO_2	0.30
MgO	1.50
SO_3(S)	1.20
Loss on ignition	0.50
K_2O	0.72
Na_2O	0.18
Fluorine	0.04
Chloride	0.02
Trace elements	0.01
	4.67

- بالإضافة إلى المركبات الرئيسية المذكورة أعلاه ، هناك مركبات ثانوية ، مثل MgO و TiO_2 و Mn_2O_3 و K_2O و Na_2Oاثنان من المركبات الثانوية لهما أهمية خاصة: K_2O و Na_2O، والمعروفان باسم القلويات (حوالي 0.4-1.3٪ من وزن الأسمنت).

- تم العثور على أنها تتفاعل مع السيليكا التفاعلية Reactive Silica الموجودة في بعض الركام ، وتنتج منتجات التفاعل زيادة في الحجم مما يؤدي إلى حصول اجهادات تؤدي الى حدوث تشققات وتفكك الخرسانة. وقد لوحظ أن الزيادة في نسبة القلويات تؤثر على وقت التجمد ومعدل زيادة قوة الأسمنت.

الفقدان بالحرق Loss on Ignition (L.o.I)

- هو فقدان وزن عينة الأسمنت عند تعريضها لدرجة الحرارة الحمراء (عند 1000درجة مئوية).
ويظهر مدى كربنة وترطيب الجير الحر والمغنيسيوم الحر بسبب تعرض الأسمنت للغلاف الجوي.
ويمثل أيضا ، جزء من فقدان الوزن يأتي من فقدان الماء من تركيبة الجبس. الحد الأقصى L.O.I المسموح به في المواصفة العراقية رقم 5 هو 4٪ بالوزن.

المواد الغير قابلة للذوبان

- البقايا غير القابلة للذوبان هي مادة غير أسمنتية موجودة في الأسمنت البورتلاندي. تؤثر هذه المادة المتبقية على خصائص الأسمنت ، وخاصة قوتها الانضغاطية.

- هذه البقايا غير قابلة للذوبان في حامض الهيدروليك HCl وتنشأ من السليكا الغير متفاعلة والشوائب الموجودة في الجبس, وهي مقياس لتلوث الاسمنت وكذلك تعبر عن مدى اكتمال التفاعلات الكيمياوية في داخل الفرن وهذه المواد تأتي من الشوائب الموجودة في الجبس وتحدد المواصفات البريطانية والعراقية نسبتها بـ 1.5%من وزن الاسمنت أما المواصفات الأمريكية فتحدوها بنسبة 0.7 %

انواع الاسمنت البورتلندي

Different types of portland cement are available for specific purposes. They should meet ASTM C150 or AASHTO M85 requirements

- Type I – Normal
- Type II – Moderate sulfate resistance ($C_3A < 8\%$)
- Type II(MH) – Moderate heat of hydration and moderate sulfate resistance
- Type III – High early age strength
- Type IV – Low heat of hydration
- Type V – High sulfate resistance ($C_3A < 5\%$)

اشكر الجميع على الحضور