



# محاضرات الكيمياء الصناعية

المرحلة الثالثة  
٢٠٢٠-٢٠٢١

تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات الاستراتيجية لانها ترتبط مباشرة باعمال البناء وهي رابطة هيدروليكية في مكونات المونة والخرسانة والتعمير ويستخدم الاسمنت كمادة مع ذلك صناعة بسيطة تعتمد على توفر المواد الخام اللازمة لذلك .

**التركيب الكيميائي للاسمنت :** الخليط الاساسي لصناعة الاسمنت يتكون غالبا من الطين وحجر الكلس والذي يسخن إلى درجة حرارة كافية لاحداث التفاعل بينهما لانتاج سليكات الكالسيوم او ما يدعى بالكلنكر الذي يضاف إليه فيما بعد الجبس (كبريتات الكالسيوم) لتتحول إلى الاسمنت .

► يُعدُّ حجر الكلس والطينُ المادَّتان الأساسيتان لصناعة الاسمنت في العراق وأصبحت المواد اللاعضوية التي تحويها هاتان المادتان هي المواد الأساسية اللازمة لإتمام هذه العملية والمواد المعدنية هذه هي أكسيد الكالسيوم  $\text{CaO}$  والسيلكا ( $\text{SiO}_2$ ) و أكسيد الحديد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  والالومينا ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) واهم اربع مركبات موجودة في الاسمنت هي:

- سليكات ثلاثي الكالسيوم ( $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ) ورمزها صناعيا ( $\text{C}_3\text{S}$ )
- سليكات ثنائي الكالسيوم ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) ورمزها صناعيا ( $\text{C}_2\text{S}$ )
- الومينات ثلاثي الكالسيوم ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ) ورمزها صناعيا ( $\text{C}_3\text{A}$ )
- الومينو حديدت رباعي الكالسيوم ( $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ ) ورمزها صناعيا ( $\text{C}_4\text{AF}$ )

اما المركبات الثانوية الاخرى فهي نسبة قليلة من الجبس ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) وبعض الشوائب مثل  $\text{MgO}$  وبعض الاكاسيد الأخرى مثل  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,

النسبة في الأسمنت البورتلاندي	الاصطلاح	المركب
٤٠ - ٥٥%	C3S	ثالث سيليكات الكالسيوم
٢٠ - ٣٥%	C2S	ثاني سيليكات الكالسيوم
٩ - ١١%	C3A	ثالث ألومينات الكالسيوم
٥ - ١١%	C4AF	رابع ألومينات حديد الكالسيوم

وينبغي أيضا تحديد معامل تشبع الجير **Lime Saturation Factor** وهو نسبة الجير الى أكاسيد السليكون والألمنيوم والحديد، وذلك بغرض معرفة كمية الجير المستخدمة في إنتاج الأسمنت لأنه كلما زادت كمية الجير عن الحدود المسموح بها تسببت في تكون الكلنكر مبكرا ويقلل من درجة الحرارة أثناء الحرق مما يؤثر على إتمام عملية التفاعل والاتحاد للسيليكا والألمنيوم والتي تحتاج إلى درجات حرارة عالية للانصهار وجدية التفاعل. ومن هنا فإن معامل تشبع الجير ( LSF ) هو كالاتي

$$L.S.F = \frac{CaO}{Si_2O_3\% + Al_2O_3\% + Fe_2O_3\%}$$

و هذا المعامل يجب أن لا يزيد عن ( 1.02 ولا يقل عن 0.6 )

وكذلك يوجد معامل آخر ذو أهمية في تحديد نسبة السيليكا بالنسبة لألومينا الحديد في الأسمنت وهو معامل السيليكا ( **Silica Ratio** ) كما يلي

$$S R = \frac{Si O_2}{Al_2 O_3 + Fe_2 O_3}$$

لأنه بزيادة نسبة السيليكا وانخفاض نسبة الألومينا يعطينا أسمنت مقاوم للتأثيرات الكيميائية، أما إذا زادت نسبة الألومينا وانخفضت نسبة السيليكا فإن الأسمنت يكون سريع التصلد

## انواع الاسمنت وخصائصها:

١- **الاسمنت البورتلاندي العادي** : يستخدم في اعمال الانشاءات بوجه عام وهناك اصناف مختلفة من هذا النوع مثل الاسمنت الابيض والذي يحتوي على نسبة اقل من اوكسيد الحديد مثل اسمنت آبار البترول المستخدم في تبطين آبار البترول ، والاسمنت سريع التصلب ، واصناف أخرى متعددة ذات استخدامات عامة.

٢- **الاسمنت البورتلاندي المتصلب**: في درجة الحرارة العالية

والمقاومة للكبريتات : يستخدم في الحالات التي تتطلب حرارة تميؤ

معتدلة أو في الانشاءات الخرسانية المعرضة لتأثيرات متوسطة من الكبريتات

**٣- الاسمنت سريع التصلب المقاوم :** تختلف انواع هذا الاسمنت عن الاسمنت العادي بعدة نواحي منها ١ ان نسبة حجر الكلس إلى السيليكات وسيليكات ثلاثي الكالسيوم في الاسمنت سريع التصلب تكون اكبر من مثيلاتها في الاسمنت العادي. ٢ يمتاز بنعومة اكبر مما يؤدي إلى سرعة تصلبه وتولد سريع للحرارة يستخدم الاسمنت سريع التصلب في انشاء الطرق .

**٤- الاسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة :** يحتوي هذا النوع من الاسمنت على نسبة منخفضة من سيليكات ثلاثي الكالسيوم ( $C_3S$ ) والومينات ثلاثي الكالسيوم ( $C_3A$ ) وهي المركبات المسؤلة عن الداررة العالية في التميؤ مما يؤدي إلى انخفاض في الحرارة المتولدة وبالتالي سترتفع نسبة رباعي الومينات الكالسيوم الحديدية ( $C_4AF$ ) في هذا النوع من الاسمنت ويستخدم هذا النوع من الاسمنت في بناء السدود الضخمة وفي المواقع التي تحتاج إلى صب كتل ضخمة من الكونكريت

**٥- الاسمنت المقاوم للكبريتات :** يحتوي هذا النوع من الاسمنت على نسبة منخفضة من الومينات ثلاثي الكالسيوم . ويتصف بقدرة اكبر على مقاومة الكبريتات بسبب مكوناته او بسبب العمليات المستخدمة في صناعته . لذلك فهو يستخدم في الحالات التي تتطلب مقاومة عالية للكبريتات

**٦- الاسمنت البورتلاندي الابيض :** يصنع من خلط الطين الخالي من مركبات الحديد مع حجر الكلس والرمل حيث ان وجود مركبات الحديد هو المسبب الرئيسي للون في الاسمنت العادي وتكون مواصفات هذا النوع مشابهة صفات الاسمنت العادي .

## طرق انتاج الاسمنت :

هناك ثلاث طرق لانتاج الاسمنت هي (الطريقة الرطبة ،الطريقة الجافة ،  
والطريقة شبة الجافة)

إن الاختلاف الرئيسي بين الطرائق الثلاثة هو في عملية طحن وخط المواد الأولية ، حيث تطحن المواد الأولية بالطريقة الرطبة مع إضافة الماء قبل عملية الطحن وأثناءها بحيث ينتج خليط (معجون) نسبة الماء فيه تتراوح بين ٣٠-٤٠% ثم يضخ هذا المعجون إلى خزانات خاصة مفتوحة لتهيئته للحرق في الأفران التي يثبت داخلها عدد من الأسلاك الفولاذية التي تقوم بعملية تجفيف المواد الأولية داخل الفرن