

# الأسمنت

أعداد

د. بشرى تركي مهدي

## الأسمنت

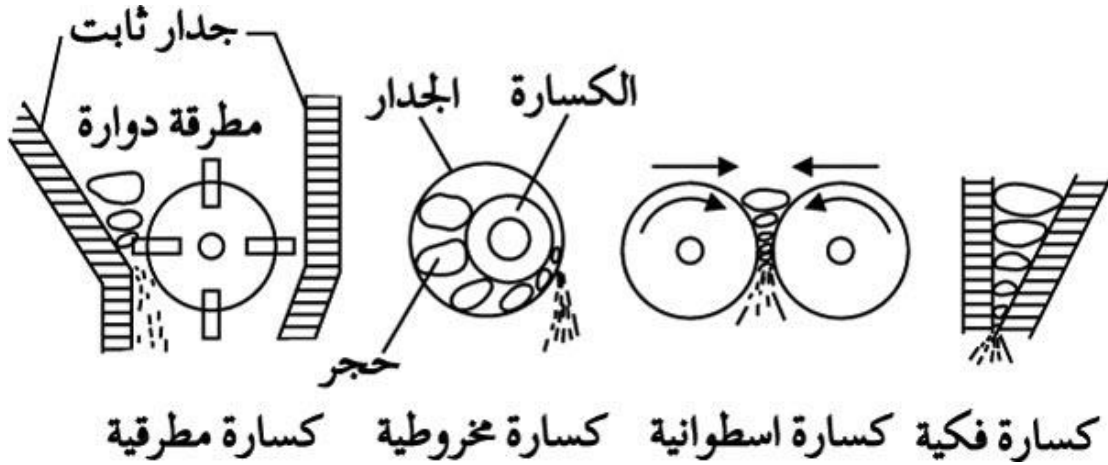
الاسمنت وهو عبارة عن مادة اصطناعية تتكون من مواد أولية ، تتحول تلك المواد تحت تأثير الحرارة إلى مادة جديدة اصطناعية.  
والأسمنت هو تلك المادة الناعمة التي تملك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض.

## المواد الأولية لصناعة الأسمنت

يحتوي الاسمنت على مادتين أساسيتين هما حجر الكلس والطين . وكذلك المواد المعدنية التي تحويها هاتان المادتان ، وهذه هي المواد الأساسية اللازمة لأنجاز هذه عملية تصنيع السمنت :-

المكونات	الكتلة %
Calcium oxide, CaO	61-67%
Silicon oxide, SiO <sub>2</sub>	19-23%
Aluminum oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.5-6%
Ferric oxide, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0-6%
Sulfate	1.5-4.5%

يتم اختيار خليط ذي مكون عال من المحتوى الكلسي ( حجر الكلس) مع مكون آخر منخفض المكون الكلسي ( الطين ) ، الا أنه يحتوي على نسبة أعلى من السيلكا والالومينا وأوكسيد الحديد يك . ونسب هذه المكونات تختلف بنسب مختلفة اعتماداً على المنشأ . حجر الكلس Limestone بعد أستخراجة ونقله الى كسارات مختلفة بالحجم و الشكل ويحول الى أجزاء صغيرة بوساطة الكسارات المطرقية .



الطين Clay ويتكون من 50% من  $SiO_2$  ومن 14-16%  $Al_2O_3$  والباقي عبارة عن  $CaO$  و  $Na_2O$  و  $Fe_2O_3$  وغيرها من البوتاسيوم والكلور . يغسل الطين لازالة الشوائب والايوساخ وتدخل بنفس الاتجاه مادة حجر الكلس المطحون مع الطين التنظيف الى الطحونه . الطين يدخل بشكل معجون بوساطة مضخات وتعتمد كميته على كمية حجر الكلس ( عمليات سحق ومزج ) .

بعض الاحيان تضاف المواد المضافة والتي تتضمن الحديد والرمل والتي تسمى مواد التصحيح للنسب المراد الوصول بها **corrective materials** .

لذا كان من الضروري اختيار خليط ذي مكون عال من المحتوى الكلسي مع مكون آخر منخفض المكون الكلسي ( الطين ) الا أنه يحتوي على نسبة عالية من السيلكا والالومينا واوكسيد الحديد . ويمكن اعتبار الحجر الكلسي والاكاسيد الفلزية المكونان الاساسيان لهذه الصناعة

<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>المكونات الاضافية</b>	<b>المكون الطيني</b>	<b>المكون الكلسي</b>
(أ) الرمل (ب) الغضار ذي السيليكا العالية (ت) أكسيد المغنيسيوم (ث) القلويات (ج) الكلوريد (ح) الفلوريد (خ) الفوسفور	(المكون الغضاري) التربة الناعمة أو الصخور الرسوبية وجسيماتها غروية كبيرة ومتبعثرة وتشكل سليكات الالمنيوم المائية المركب الرئيس للغضاريات وتقسم الى :- الكاؤولين Kaolinite $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ والمونتوريلونيت $Si_8 \cdot Al_4 \cdot O_{20} (OH)_{4 \cdot n} H_2O$	حجر الكلس $CaCO_3$

مادتي الكلس والطين تسحقان في آلات السحق وتمزجان مع بعضهما البعض بنسب يحددها المختبر ويطحنان في آلات الطحن ثم نمرهما عبر الفرن الذي تبلغ درجة حرارته حوالي 1450°م. فنحصل حينئذ على مادة الكانكر. نضيف لهذه المادة مواد أخرى. وندخلها في آلة الطحن من بعدها نحصل على مادة الاسمنت التي توضع باكياس ثم تعبأ.

## مراحل إنتاج الأسمنت

1. تكسير وخط المواد الخام	
الطريقة الرطبة	تطحن المواد الاولية مع اضافة الماء قبل عملية الطحن وفي أثنائها بحيث ينتج خليط (معجون) نسبة الماء فيه تتراوح بين 30-40% ثم يسخن هذا المعجون الى خزانات خاصة مفتوحة لتهيئته للحرق .
الطريقة الجافة	تطحن المواد الاولية مع تسخينها لتتحول الى مسحوق ناعم ثم تنقل الى خزانات مغلقة وتهيأ وترسل للفرن عن طريق جهاز يتم فيه التبادل الحراري أما باستعمال الماء أو الهواء البارد وبعد ذلك تدفع الى الفرن الدوار .
الطريقة نصف الجافة	المواد الأولية تطحن جافة وتنقل الى خزانات مغلقة ثم تهيأ وترسل الى جهاز يقوم بخلطها بنسبة 10% مع الماء وجعلها على شكل حبيبات كروية صغيرة، يتم تغذيتها للفرن عن طريق شبكة متحركة لتجفيفها ثم تدفع الى الفرن الدوار لحرقها .

2. الطحن	
الطريقة الرطبة	تنقل المواد الأولية بنسبة 70% من حجر الكلس و 30% من الطين الى الطاحونة ، وعملية الطحن والمزج هي عملية فيزيائية ( لاتحدث اية تفاعلات كيميائية) وتخلط بالمياه ، وأن المادة الحاصلة هي المعجون الذي يحتوي $CaCO_3$ ونسبة قليلة من $MgCO_3$ ومواد اخرى مثل الكبريتات والحديد وضمن مواصفات خاصة مثل قوة الشد والصلابة ، ويتم سحب عينات بشكل دوري لضمان مطابقة تركيبة للمواصفات ،بعدها يتم دفع الخليط الى طواحين أخرى لتنعيمه وتحويله الى خليط متجانس .
الطريقة الجافة	كما معمول في الطريقة الرطبة فيما عدا أمرار هواء حار أثناء الطحن لتخليص الخليط من الرطوبة الموجودة فيه ، بعد اكمال الطحن يدفع مسحوق المواد المتجانس الى الافران .
الطريقة نصف الجافة	الطحن في الطريقة نصف الجافة هي حالة خاصة من العمليات الجافة ، حيث اثناء الطحن يتم تخليص الخليط من الرطوبة العالية جراء وجود نسبة من الماء فيه.

3. عملية الحرق	
الطريقة الرطبة	يتم في أفران دواره مقسمة الى مناطق ، حيث يغذى الخليط المتجانس الى هذه الافران ويبدأ في منطقة الدخول لسحب الغازات وزيادة التجفيف بعدها منطقة التجفيف لطرد الماء ، ويخرج على هيئة مسحوق . ويعاني تفاعلات بدرجات حرارية تبدأ من $500^{\circ}C$ وتنتهي بدرجة $1450^{\circ}C$ ( جميع معادلات التفاعل في الكتاب المقرر صفحة 320 ). بعد هذه التفاعلات يتم الحرق النهائي قرب نهاية الفرن الدوار وتتحول المادة الخام في هذه المنطقة الى مادة الكلينكر <b>Clinker</b>
الطريقة الجافة	الافران تتكون من عدة أقسام ثابتة ومنها دواره وبينها حواجز لتحقيق التبادل الحراري ويبدأ الحرق بدرجة $800^{\circ}C$ وينتهي بدرجة $1500^{\circ}C$ ، فيخرج الكلينكر <b>Clinker</b> ويسقط على مبردات اوتوماتيكية .
الطريقة نصف الجافة	أيضاً" كما معمول في الطريقة الجافة .

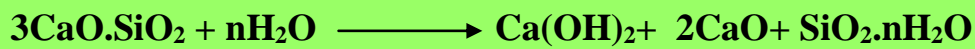
3. عملية الطحن النهائي وأضافة الجبس والتعبئة	
ينقل الكانكر إلى طواحين ،حيث يضاف إليه الجبس والبازولان ويطحن ،ثم يعبأ في أكياس.	الطريقة الرطبة
	الطريقة الجافة
	الطريقة نصف الجافة

## تصلب الأسمنت

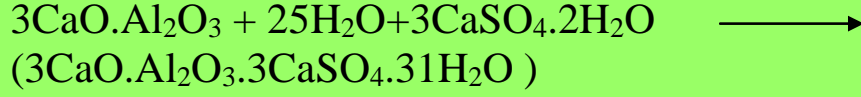
يعزى تجمد وتصلب الاسمنت بعد خلطه بالماء الى عمليات التميؤ Hydration التي تحصل لمكوناته المختلفة التي تتفاعل مع الماء مكونه المركبات المائية الصلبة جدا" و المتماسكة . تتصلب مكونات الأسمنت الأربعة بفترات زمنية متفاوتة . ففي المرحلة الاولى تنشأ القوة من تميؤ الومينات ثلاثي الكالسيوم يعقب ذلك سيليكات ثلاثي الكالسيوم وكمايلي :-



بالاضافة الى ذلك فإن جزءا" من سيليكات ثلاثي الكالسيوم يتحلل بالماء مولدا" هيدروكسيد الكالسيوم الذي يتفاعل بدوره مع ثاني اوكسيد الكربون الموجود في الجو مكونا" كاربونات الكالسيوم الصلبة وكمايلي :-



وجود الجبس مع السمنت يعمل على التفاعل مع الالومينات بامتصاصه كمية عالية من الماء .  
والمركب الناتج يخفف من سرعة تصلب الأسمنت .



والتصلب مرحلتان ، تصلب بدائي وتصلب نهائي . ويتم فحص التصلب بواسطة جهاز فايكات Vicat .

## أنواع الأسمنت ومواصفاته

أدى التنوع الكبير في استخدامات الاسمنت ، الى تطوير انواع متعددة من الاسمنت التي تتميز عن السمنت العادي بمواصفات إضافية أستدعت ظروف العمل الى تطورها وفي الوقت الحاضر هناك 27 نوع للاسمنت

1. إسمنت المداخن العالية
2. اسمنت حليبي(رماد) أو اسمنت مركب
3. الاسمنت الأبيض (يختلف في تركيبه )
4. الاسمنت البورتلاندي العادي.
5. الاسمنت البورتلاندي المركب
6. الاسمنت البورتلاندي المتصلب في درجة الحرارة العالية و مقاوم للكبريتات
7. الاسمنت سريع التصلب
8. الاسمنت البورتلاندي منخفض الحرارة
9. الاسمنت البوزولاني

الا أن أهم هذه الانواع هي :-

### 1. الاسمنت منخفض الحرارة

يستخدم في اعمال الصب التي لا تتسرب منها الحرارة بسرعة مما يؤدي الى تشقق الاجسام الكونكريتية ، فيستخدم في هذه الحالات السمنت منخفض الحرارة ، يتميز هذا النوع من الاسمنت بأن حرارة التميؤ التي تتحرر نتيجة خلطه مع الماء منخفضة ، لذلك يعتمد الى رفع نسبة سيليكات ثنائي الكالسيوم والومينو حديدت رباعي الكالسيوم وجعلها اعلى من الومينات ثلاثي الكالسيوم وسيليكات ثلاثي الكالسيوم ، وذلك بزيادة نسبة أكسيد الحديد الى خلطة المواد الأولية . كما أن تقليل نسبة حجر الكلس في الخلطة وزيادة نسبة السيليكا تؤدي الى تقليل نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم .

### 2. الأسمنت المقاوم للأملاح

تتأثر الومينات ثلاثي الكالسيوم بالاملاح الذائبة بالتربة الى درجة كبيرة وبشكل خاص الكبريتات ، لذلك يعتمد الى خفض نسبة هذا المكون في صناعة الاسمنت المقاوم للاملاح . ويجري ذلك بزيادة نسبة اوكسيد الحديد في خلطة الخامات واستخدام طين ذي نسبة واطئة من الالومينا ، وتخفض أيضا نسبة الجبس المضاف الى الكلنكر .

وبهذه الخلطة تكون قد رفعت نسبة الومينو حديدت رباعي الكالسيوم وخفض نسبة الومينات ثلاثي الكالسيوم ، وبذلك قد رفعا مقاومة السمنت للاملاح بنسبة عالية مقارنة بالسمنت العادي .

### 3. الأسمنت سريع التصلب

يمتاز هذا النوع بسرعة تصلبه ومئاته العالية . وهذا يعود الى سرعة تصلب سيليكات الكالسيوم في السمنت ، كذلك نعومته ودقة طحنة ، وهذا يرفع من صلابته . لذلك يعتمد الى رفع نسبة الكالسيوم في الخام المعد لانتاج هذا النوع من الاسمنت ، الجدول أدناه يوضح مقارنة بسيطة بين نسب الاكاسيد في أنواع الاسمنت .