الأسمنت

الاسمنت وهو عبارة عن مادة اصطناعية تتكون من مواد أولية ، تتحول تلك المواد تحت تأثيرالحرارة إلى مادة جديدة اصطناعية.

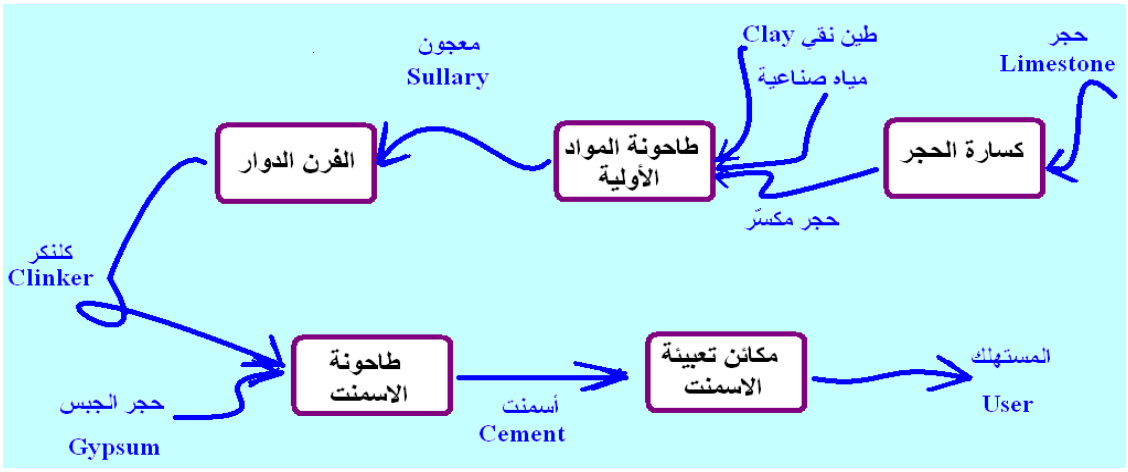
والأسمنت هو تلك المادة الناعمة التي تملك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض.

المواد الأولية لصناعة الأسمنت

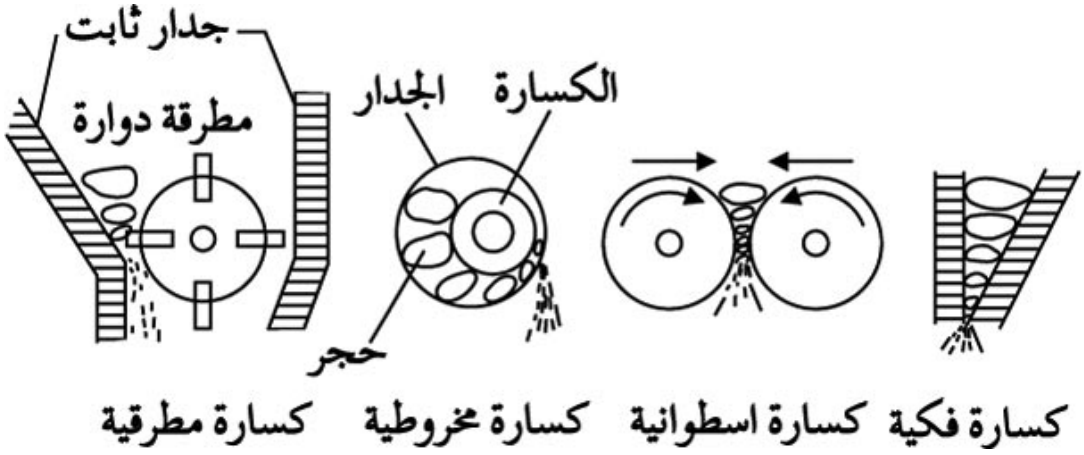
يحتوي الاسمنت على مادتين أساسيتين هما حجر الكلس والطين . وكذلك المواد المعدنية التي تحويها هاتان المادتان ، وهذه هي المواد الأساسية اللازمة لأنجاز هذه عملية تصنيع السمنت :-

المكونات	الكتلة %
Calcium oxide, CaO	61-67%
Silicon oxide, SiO_2	19-23%
Aluminum oxide, Al_2O_3	2.5-6%
Ferric oxide, Fe_2O_3	0-6%
Sulfate	1.5-4.5%

يتم أختيار خليط ذي مكون عال من المحتوى الكلسي (حجر الكلس) مع مكون أخر منخفض المكون الكلسي (الطين) ، الا أنه يحتوي على نسبة أعلى من السيلكا والالومينا وأوكسيد الحديد يك . ونسب هذه المكونات تختلف بنسب مختلفة أعتمادا" 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 والاوساخ وتدخل بنفس الاتجاه مادة حجر الكلس المطحون مع الطين النظيف 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 أختيار خليط ذي مكون عال من المحتوى الكلسي مع مكون أخر منخفض المكون الكلسي (الطين) الا أنه يحتوي على نسبة عالية من السيلكا والالومينا واوكسيد الحديديك . ويمكن أعتبار الحجر الكلسي والاكاسيد الفلزية المكونان الاساسيان لهذه الصناعة

1	2	3
المكون الكلسي	**المكون الطيني**	**المكونات الاضافية**
حجر الكلس	**(المكون الغضاري)**	(أ) الرمل
$CaCO_3$	التربة الناعمه أو الصخور الرسوبية وجسيماتها غروية كبيرة ومتبعثرة وتشكل سليكات الالمنيوم المائية المركب الرئيس للغضاريات وتقسم الى :-	(ب) الغضار ذي السيليكا العالية
	الكاؤلين Kaolinite	(ت) أوكسيد المغنيسيوم
		(ث) القلويات
		(ج) الكلوريد
		(ح) الفلوريد
		(خ) الفوسفور

.

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

مراحل أنتاج الأسمنت

1- الطريقة الرطبة
2- الطريقة الجافة
3- الطريقة نصف الجافة

1. تكسير وخلط المواد الخام	
الطريقة الرطبة	تطحن المواد الاولية مع أضافة الماء قبل عملية الطحن وفي أثنائها بحيث ينتج خليط (معجون) نسبة الماء فيه تتراوح بين 30-40 % ثم يضخ 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 بأستعمال الماء أو الهواء البارد وبعد ذلك تدفع الى الفرن الدوار .
الطريقة نصف الجافة	المواد الأولية تطحن جافة وتنقل الى خزانات مغلقه 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. الطحـــن	
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 الحـــرق	
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 $500\ ^0C$ وتنتهي بدرجة $1450\ ^0C$(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 Clinker
الطريقة الجافة	الافران تتكون من عدة أقسام ثابته ومنها دواره وبينها حواجز لتحقيق التبادل الحراري ويبدأ الحرق بدرجة $800\ ^0C$ وينتهي بدرجة $1500\ ^0C$ ، فيخرج الكلينكر Clinker ويسقط على مبردات اوتوماتيكية .
الطريقة نصف الجافة	أيضا" كما معمول في الطريقة الجافة .

3. عملية الطحن النهائي وأضافة الجبس والتعبئة

الطريقة الرطبة **الطريقة الجافة** **الطريقة نصف الجافة**	ينقل الكلنكر إلى طواحين ،حيث يضاف إليه الجبس والبازولان ويطحن ،ثم يعبأ في أكياس.

تصلب الأسمنت

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

$$3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O$$

$$3CaO.SiO_2 + nH_2O \longrightarrow 3CaO.SiO_2.nH_2O$$

$$2CaO.SiO_2 + nH_2O \longrightarrow 2CaO.SiO_2.nH_2O$$

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

$$3CaO.SiO_2 + nH_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 2CaO + SiO_2.nH_2O$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

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

$$3CaO.Al_2O_3 + 25H_2O + 3CaSO_4.2H_2O \longrightarrow (3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O)$$

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

أنواع الأسمنت ومواصفاتة

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

1. إسمنت المداخن العالية
2. اسمنت حليبي(رماد) أواسمنت 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. <u>الاسمنت منخفض الحرارة</u>

يستخدم في اعمال الصب التي لاتتسرب 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 يعمد الى رفع نسبة سيليكات ثنائي الكالسيوم والومينو حديدت رباعي الكالسيوم وجعلها اعلى من الومينات ثلاثي الكالسيوم وسيليكات ثلاثي الكالسيوم ، وذلك بزيادة نسبة أوكسيد الحديديك الى خلطة المواد ألأولية . كما أن تقليل نسبة حجر الكلس في الخلطة وزيادة نسبة السيليكا تؤدي الى تقليل نسبة سيليكات ثلاثي الكالسيوم .

2. <u>الأسمنت المقاوم للأملاح</u>

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

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

3. <u>الأسمنت سريع التصلب</u>

يمتاز هذا النوع بسرعة تصلبة ومتانته العالية . وهذا يعود الى سرعة تصلب سيليكات الكالسيوم في السمنت ، كذلك نعومته ودقة طحنة ، وهذا يرفع من صلادته . لذلك يعمد الى رفع

نسبة الكالسيوم في الخام المعد لانتاج هذا النوع من الاسمنت ، الجدول أدناه يوضح مقارنة بسيطة بين نسب الاكاسيد في أنواع الاسمنت .

جدول نسب الاكاسيد في انواع السمنت المهمه ونسبها في السمنت العادي

	السيليكا	الالومينا	أوكسيد الحديديك	أوكسيد الكالسيوم	ثالث اوكسيد الكبريت
السمنت العادي	21.1	5.8	2.8	63.8	1.7
السمنت منخفض الحرارة	23.8	4.9	4.9	60.2	1.7
السمنت المقاوم	19.9	6.0	2.6	64.6	2.3