صناعة الإسمنت

عزيز محمد أبوخلف

تاريخ الإسمنت

يستخدم الإسمنت كمادة رابطة في عمليات البناء، حيث يربط مواد الخرسانة المكونة من الرمل والحصى والماء. نحصل على الإسمنت من تفاعل خليط ناعم متجانس من الحجر الجيري والطفلة عند درجة حرارة عالية، ثم طحن الناتج مع الجبس. يتوفر الإسمنت في كثير من بلدان العالم وتقوم بتصنيعه، ويعود ذلك إلى وفرة المواد الخام الداخلة في تصنيعه.

ظهر الإسمنت البورتلاندي في القرن التاسع عشر، وسمي بذلك لأن خصائصه تشبه صخور بورتلاند في بريطانيا. وقد سُجل كبراءة اختراع سنة ١٨٢٤ م، وكان عبارة عن خليط من الطفلة والجير، تم حرقه في فرن، فتشكل الكلنكر.

تطورت صناعة الإسمنت البورتلاندي حيث أضيف الجبس كمبطىء لعملية الشك، وحصول الحرق عند درجات حرارة عالية فينتج سيليكا بها نسبة جير أعلى، مما يساهم في تقوية الخرسانة.

مراحل صناعة الإسمنت

يمر الإسمنت في عدة مراحل متتابعة هي:

- استخراج المواد الخام.
- التكسير والطحن.
- خلط المواد الخام ببعضها وتجانسها.
- حرق المخلوط والحصول على الكلنكر.
- تبريد الكلنكر.
- طحن الكلنكر مع الجبس للحصول على الإسمنت.
- التعبئة والشحن.

يجري تفجير المحاجر، ونقل الناتج إلى المصنع، ثم تكسيره، ثم خلطه مع الطفلة والإضافات الأخرى بنسب معينة، ثم طحن الخليط الناتج. يدخل الخليط إلى الفرن الدوار، للحصول على مسحوق الكلنكر أسود اللون، من خلال تفاعلات كيميائية عديدة، حيث يتفكك حجر الجير وينتج عنه أكسيد الكالسيوم، وغاز ثاني أكسيد الكربون. بعد ذلك يبرد الكلنكر، ويتحول إلى شكل

حبيبات، ثم يضاف الجبس الذي يتحكم في زمن شك الإسمنت (معدل التميه). بعد ذلك يتم طحن الإسمنت للحصول على مسحوق ناعم، ثم إعداده للتخزين والنقل.

مكونات الإسمنت

الإسمنت مسحوق جاف ناعم رمادي اللون، غير عضوي، يتكون من الكلس والسيليكون والألمنيوم والحديد والجبس، على صورة أكاسيد، ويستخدم في ربط مواد البناء بعضها ببعض. عند إضافة الماء إلى الإسمنت، فإنه يتصلب ويكتسب خواص الربط. هذه الخواص تتشكل نتيجة التفاعل الكيميائي بين الإسمنت والماء، فيما يعرف بالتميه hydration.

الكلس CaO، وهو أكسيد الكالسيوم، أهم مكون في الإسمنت، وتصل نسبته إلى ٨٠%، ومصدره كربونات الكالسيوم (كالسايت أو الحجر الجيري أو الطباشير). ويكون السيليكون على هيئة أكسيد السيليكون (السيليكا SiO_2)، ويشكل ما نسبته ١٥%، وأصله في الرمل والقوارير القديمة والطين. يشكل الألمنيوم ما نسبته ٥%، ويكون على هيئة أكسيد الألمنيوم (ألومينا Al_2O_3)، ومصدره البوكسايت والألمنيوم المعاد تدويره والطين. أما الحديد فيكون على هيئة أكسيد الحديد الأحمر Fe_2O_3، ومصدره الهيماتايت والطين والرماد المتطاير والمواد المصنعة من الحديد. يوجد الجبس مع كربونات الكالسيوم، ورمزه الكيميائي $CaSO_4.2H_2O$. هذه المكونات يجري تكسيرها وطحنها وخلطها بنسب معينة.

الجدول التالي يبين المكونات واختصاراتها:

Compound	Formula	Shorthand form
Calcium oxide (lime)	Ca0	C
Silicon dioxide (silica)	SiO_2	S
Aluminum oxide (alumina)	Al_2O_3	A
Iron oxide	Fe_2O_3	F
Water	H_2O	H
Sulfate	SO_3	$\underline{S}$

تركيب الكلنكر (نسب تقريبية نموذجية):

Compound	Formula	Shorthand form	% by weight
Tricalcium aluminate	$Ca_3Al_2O_6$	C_3A	10
Tetracalcium aluminoferrite	$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$	C_4AF	8
Belite or dicalcium silicate	Ca_2SiO_5	C_2S	20
Alite or tricalcium silicate	Ca_3SiO_4	C_3S	55
Sodium oxide	Na_2O	N	2
Potassium oxide	K_2O	K	
Gypsum	$CaSO_4.2H_2O$	$C\underline{S}H_2$	5

يتفاعل الكلس مع السيليكا فتتكون سيليكات ثلاثي الكالسيوم (إيلايت) (C_3S) $3Ca.SiO_2$، وكذلك سيليكات ثنائي الكالسيوم (بيلايت) (C_2S) $2Ca.SiO_2$، وبالرموز: $C + S \rightarrow C_2S$ and C_3S
يتفاعل الكلس مع الألومينا فيتكون ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A) $3CaO.Al_2O_3$، وبالرموز: $C + A \rightarrow C_3A$
يتفاعل الكلس مع الألومينا والفيرايت فيتكون ألومينو فرايت رباعي الكالسيوم $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ (C_4AF)، وبالرموز: $C + A + F \rightarrow C_4AF$

أنواع الإسمنت

الإسمنت العادي

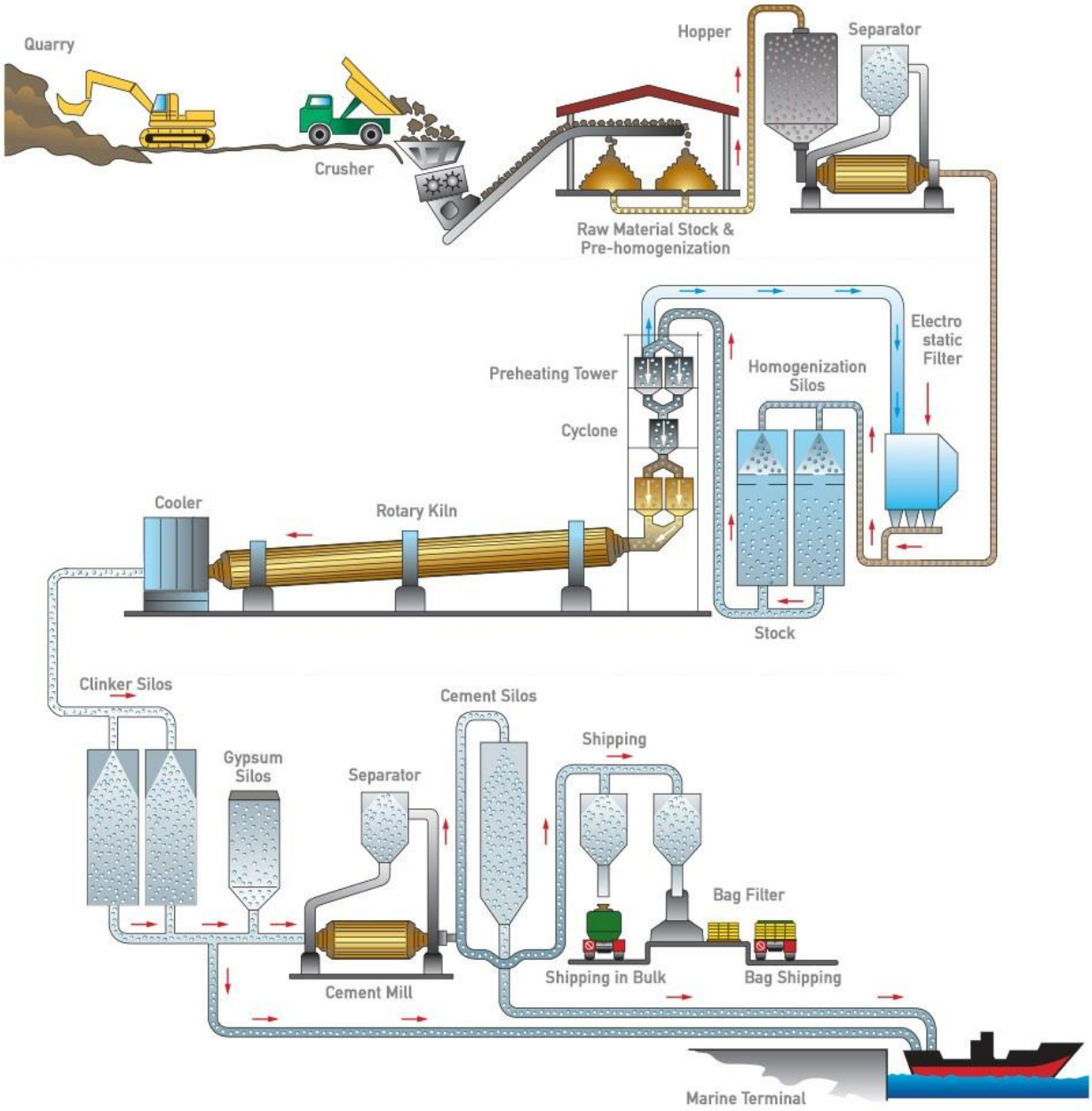
يستخدم في كثير من الأعمال الإنشائية. منه الإسمنت الأبيض، الذي تقل فيه نسبة أكسيد الحديد، ويتميز بالصفة الجمالية. ومنه الإسمنت سريع الشك، وإسمنت آبار البترول الذي يستخدم في تبطين هذه الآبار. يضاف البوزولان بنسبة لا تتجاوز ١٥%، فنحصل على إسمنت أكثر نعومة.

الإسمنت سريع التصلب

يستخدم في إنشاء الطرق، وهو انعم من العادي. نسبة الحجر الجيري فيه إلى السيليكا أعلى منها في العادي.

الإسمنت الذي يقاوم ملوحة البحار

وتصل نسبة الرمل فيه إلى ٢٥% من المخلوط الخام.


Quarry
Crusher
Hopper
Separator
Raw Material Stock &
Pre-homogenization
Electro
static
Filter
Preheating Tower
Homogenization
Silos
Cyclone
Cooler
Rotary Kiln
Stock
Clinker Silos
Cement Silos
Shipping
Gypsum
Silos
Separator
Bag Filter
Cement Mill
Shipping in Bulk
Bag Shipping
Marine Terminal