

الفصل السادس
الروابط Binders

obeikandi.com

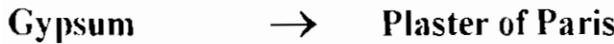
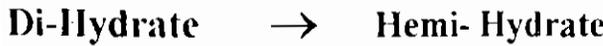
٦-١ - الجبس Gypsum:

استخدم الجبس في مصر بين كتل أحجار البناء كمونه كما في الأهرام كما استخدم كذلك في البياض وذلك منذ حوالي ثلاث ملايين سنة قبل الميلاد.

أيضا يرجع تاريخ استخدام الجبس في Mesopotamia إلى أزمنة مبكرة جدا .

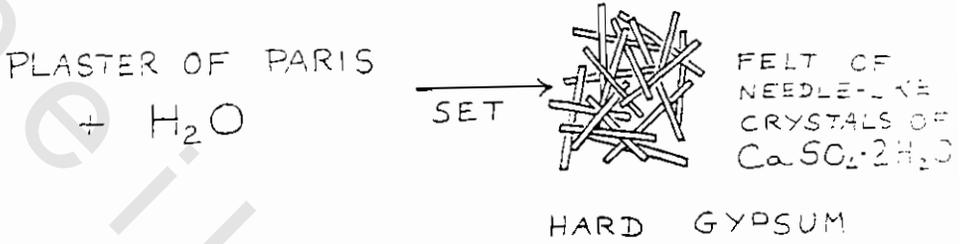
ويتم تجهيز جبس البياض بتسخين خام الجبس أو أحجار السيلينيت Selenite التي تحتوى كل منهما على كبريتات الجبس المائية في درجة حرارة متوسطة " At moderate temperatures " حيث يتحول الجبس المحتوى على جزيء ماء $2H_2O$ إلى جبس يحتوى على نصف جزيء ماء $\frac{1}{2} H_2O$ وذلك طبقا للمعادلات الكيميائية الآتية:

130°C



والجبس الذى يحتوى على نصف جزيء ماء يسمى : جبس باريس
أو بياض باريس Plaster of paris ويتم تجهيزه بتسخين الجبس المائى فى
درجة حرارة تتراوح بين ١٥٠-١٦٠ م°.

والجبس الباريسى يشك بسرعة عندما يخلط أو يضاف اليه الماء ،
ويتحول إلى جبس مائى ويأخذ شكل بلورات إبريه تشبه اللباد بعد الشك كما



شكل رقم (٣٥) يوضح

شك الجبس الباريسى

وتتوقف سرعة شك الجبس المنتج على حالات تسخين الجبس الخام
و درجات الحرارة داخل الأفران .

وبصفة عامة يوجد نوعين من أنواع الجبس نصف المائى التى
تحتوى على أشكال مختلفة من البلورات ولها معدلات مختلفة عند التفاعل مع
الماء.

النوع الأول : الفاهيمى هيدرات α - Hemi-Hydrate :

ويسمى جبس نصف مائى متبلور Crystalline Hemihydrate
ويتم تجهيزه بتسخين الجبس فى الأوتوكلاف Autoclave تحت درجة عالية
من الضغط فى وجود بخار الماء.

هذا النوع من الجبس يتبلور جيدا، ولا يكون كثير المسام ويتحد بيضاء شديد مع الماء.

النوع الثاني: بيتاهيمي هيدرات β -Hemi-Hydrate :

ويسمى جبس نصف مائي دقيق المسام Microporous Hemi Hydrate ويتم تحضيره في جو جاف .

هذا الجبس تكون بلوراته صغيرة، ويحتوي على مسام ذات أبعاد كبيرة نوعا ، ويتحد بسرعة أكثر مع الماء .

- شك الجبس The setting :

تتوقف سرعة شك الجبس - كما سبق الذكر - على حالات تسخين خام الجبس ، ودرجات الحرارة داخل الأفران . وفي سياق تفاعل الشك بل أثناء هذا التفاعل يسخن الجبس ويفقد قليلا من ماء الخلط بواسطة التبخر Evaporation لذلك يتغير حجم الجبس أثناء الشك ، في هذا الوقت يقوم الجبس بتعويض هذا التغير في الحجم عن طريق نمو البلورات المكونة له ، يحدث ذلك بواسطة عملية التميؤ Hydration.

لذلك فإن عملية شك الجبس يصاحبها حدوث تمدد بسيط يظهر ذلك واضحا عند عمل قوالب من الجبس *Nake moulds* ويكون مفيدا جدا لأننا لانحتاج لاستخدام موالىء *Fillers* حتى يمكن تجنب التقلص أو التشقق *Contraction & Cracking*.

هذا ويمكن تسريع عمليات شك الجبس عن طريق اضافة تراب الجبس *Gypsum dust* - الجبس الجاف - أو الملح، أثناء عمليات الخلط ،

فى حين يمكن تأخير زمن شك الجبس ، بإضافة مواد عضوية ،مثل : الغراء أو النشا.

لو الجبس أو جبس باريس سخن لدرجة أعلى من ١٦٥-١٧٠ °م يتم إزالة الماء المتبقى منه وتتكون كبريتات الكالسيوم غير المائية Anhydrous calcium sulphate (Anhydrite) وذلك طبقا للمعادلة التالية :

over 170°C



gypsum

anhydrite

والأنهيدرايت جبس لامانى يمكن أن يتحول إلى جبس مائى لكن فى الواقع يتم ذلك ببطء، إلا أنه يلاحظ أن الجبس المائى يمكن أن يتحول إلى جبس غير مائى تلقائيا فى الأجواء الحارة الجافة مثل : الصحراء المصرية.

ولأن كبريتات الكالسيوم تذوب ببطء فى الماء فإن الجبس لا يستخدم عادة فى الأسطح المعرضة (المكشوفة) فى الأجواء الرطبة .

٦-٢- الجير Lime:

ثبت استخدام الجير فى العصر الحجري الحديث حيث تم اكتشاف بياض الجير .

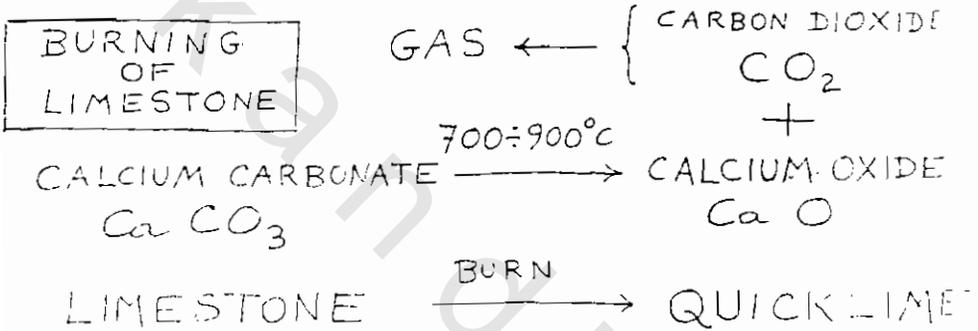
وفى العصور التاريخية ظهر بياض الجير فى الحضارة الميسينية والمينويه Mecenean & Minioc civilization وذلك فى قصر Knossos الذى يرجع إلى عام ١٧٠٠ ق.م.

وفى مصر بدأ استخدام الجير متأخرا قليلا حيث استخدم فى العصر البطلمى ٣٠٠ ق. م .

وكانت المون قديما تحتوى على كل من الجير والجبس، كما كان يتم
صناعتها بداية عن طريق خلط معادن تعطى صفات الجبس والجير .

ويتم تجهيز الجير فى درجات حرارة عالية ، أعلى من درجة حرارة
تجهيز جبس باريس ، لذلك فإن استخدام تكنولوجيا صناعة الجير كانت غير
مستحبة فى معظم الأحيان .

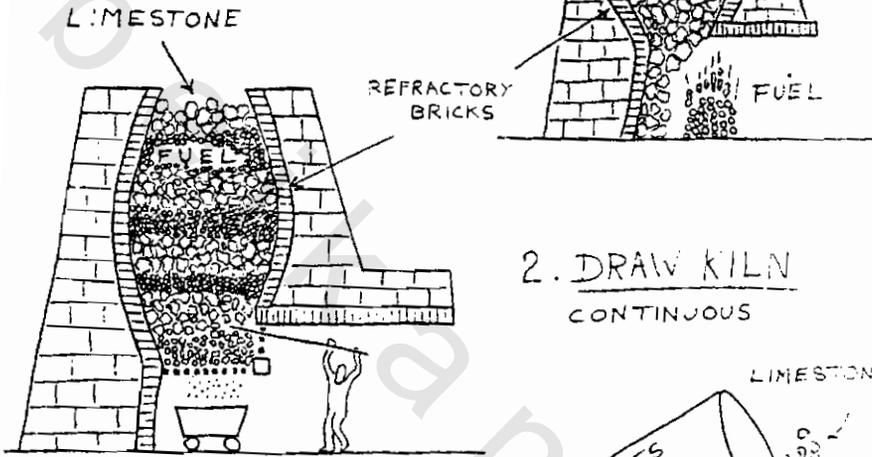
ويصنع الجير بحرق الجير الذى يحتوى أساسا على كربونات
الكالسيوم فى درجة حرارة 700-900 °م فى أفران خاصة ، أصبحت الآن
أكثر تقدما - انظر الشكل رقم (36) لينتج فى النهاية الجير الحى ، وذلك
طبقا للمعادلات الكيميائية التالية :



مع ملاحظة أن الحجر الجير إذا سخن لدرجة حرارة عالية جدا
Over Heated فان الجير الذى نحصل عليه بعد ذلك لايتحد جيدا معالماء ،
ويكون كتل Formation of lumps أيضا يجب العلم بأن الرخام مصدر غير
مناسب لكربونات الكالسيوم ، لأن حبيباته الكبيرة تشكل كتل من الجير الحى
صعبة الإطفاء .

1. FLARE KILN

DISCONTINUOUS
HEATING TIME
~ 1 MONTH



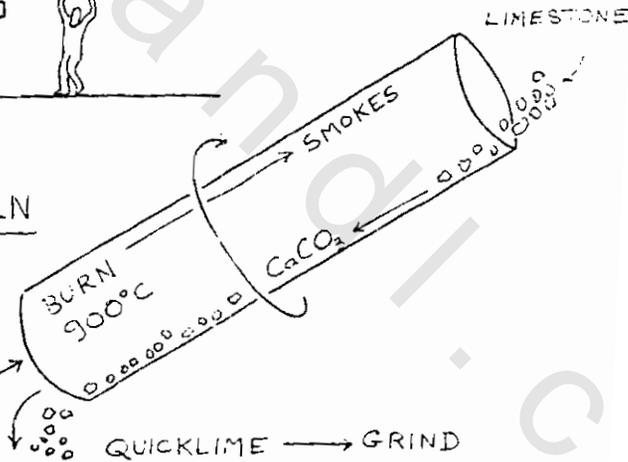
2. DRAW KILN

CONTINUOUS

3. ROTARY KILN

CONTINUOUS

FUEL
OIL, GAS OR
CARBON DUST

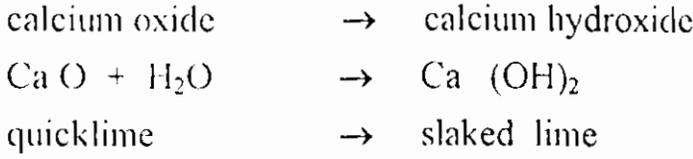


شكل رقم (٣٦) يوضح

أفران صناعة الجير

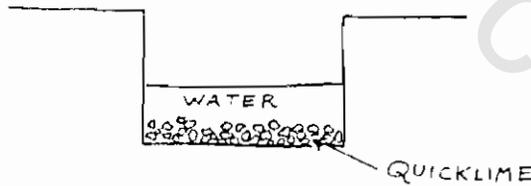
- طفى الجير Slaking:

عملية طفى الجير هي : عملية تفاعل بين الجير الحى والماء وهذا يتضح من المعادلة الآتية :



هذا التفاعل ينتج عنه حرارة ، وإذا تمت عملية إطفاء الجير بدقة يمكن أن نحصل على جير جيد . ولو استخدمت الكمية الصحيحة من الماء ، يمكن أن نحصل على هيدروكسيد كالسيوم فى شكل جير متميىء Hydrated على شكل بودره ، ولو أضيف إلى بودره الجير كمية أخرى من الماء نحصل على كتله شحميه ناعمة A Soft greasy mass تسمى : عجينة الجير Lime paste .

ويتم طفى الجير فى حفر تسمى : حفر الجير Lime pits انظر الشكل رقم (٣٧) حيث يمكث عدة شهور أو عام كامل . وكلما طالت فترة طفى الجير كلما تحسنت خواصه ، حيث أن طول فترة الطفى تسهل النمو الصفاتحى لبللورات الجير وتحسن من خاصية اللزوجة Plasticity فى عجينة الجير .



حفرة طفى الجير

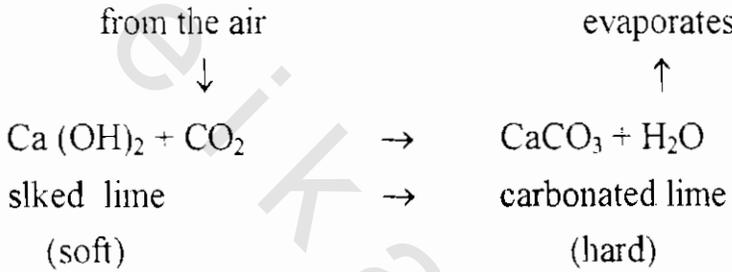
ويلاحظ أن الجير المطفا لا يستخدم وحدة ، لكن دائما يستخدم معه

. To Avoid Cracks مادة مألوفة لكي يمكن تجنب التشققات

- عملية تصلب الجير **Hardening**:

تحدث عملية تصلب أو شك الجير المطفا عن طريق تفاعل ثاني

أكسيد الكربون الجوي مع الجير وتبخر الماء . ويتضح ذلك من المعادلة الآتية:



من أجل ذلك فإن عملية الشك تتطلب اتصال مع الهواء وجفاف

تريجي. مع ملاحظة أن فقد الماء يسبب تقلص أو إنكماش في حجم الجير .

- مونة الجير **Lime mortar**:

الرمل هو المالىء النموذجي في مونة الجير ، ويجب غسل الرمل

جيذا قبل استخدامه وذلك للتخلص من الأملاح التي قد تسبب ظاهرة التزهير

Efflorescences وأيضا لازالة الطف والمواد العضوية التي تسبب في بطء عملية الشك.

وفيما يلي نذكر مثال جيد لمونة جير:

المسود	الكمية بالحجم	الكمية بالوزن
- جير مطفأ	١	١٥
- رمل	٣-٢	١٠٠
- ماء	حسب الطلب	

مع ملاحظة أن خلط المون بنسب صحيحة ضرورى جدا .

وقد لوحظ أن مونة الجير تصبح جيدة التشغيل إذا أضيف الماء إليها بكميات مناسبة ، وفي المقابل تتحسن الخواص الميكانيكية للمونة بعد تصلبها إذا قلت كمية الماء المضاف إليها .

كما أن خاصية التشغيل Workability يمكن أن تتم بدون فقد زائد لمتانة المون ، وذلك من خلال استخدام مسيلات Fluidizers ويفضل دائما الماء، لأن أقل كمية منه تسمح باستخدامه بدون تأثير على عملية التشغيل . أيضا فإن طاقة الخلط Energetic mixing الناتجة عن احتكاك مواد المون بالهواء تعمل على تحسين خواص التشغيل بدون إضافة زيادة من الماء.

ويحتاج عامل البناء A mason إلى خبرة كبيرة لكي يحقق التوازن بين خاصيتى التشغيل والقوة أو المتانة Workability and strength .

وتجدر الإشارة إلى أن الصعوبة الكبيرة فى استخدام مون الجير تكمن فى حقيقة أن تصلب المون يكون بطيئا جدا ، وربما لاتتصلب كلية فى الجو الرطب جدا، حيث أن الجفاف شرط أساسى من شروط تصلب مون الجير .

لذلك فإن صعوبة شك مون الجير تحد من استخدام الجير النقى فى الوقت الحاضر، وتشجع إضافة مركبات هيدروليكية تسهل عملية الشك أو التصلب فى الجو الرطب ... مثل: خلط الجير مع البوزولاتا أو خلط الجير مع الأسمنت .

ويجب أن نذكر فى هذا المجال أن الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمون الجير الحالية ، تقرب من الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمون الجير التى استخدمت فى المباني القديمة .

لذلك يفضل استخدامها فى أعمال الصيانة والترميم لهذه المباني خاصة إذا تم حل المشكلات التكنولوجية الأساسية حلا مرضيا.

٦-٣- المون الهيدروليكية Hydraulic Mortars:

تتصلب المون الهيدروليكية أو تشك عن طريق تفاعل كيميائى مع الماء ، بدون حاجة إلى الهواء الجوى ، على عكس المون العادية ، التى يتطلب شكها الهواء الجوى.

وتصنع المون الهيدروليكية من المركبات المائية التى تشك كاملة تحت الماء ، وعندما تتصلب تقاوم عوامل التلف فى الماء العذب أو ماء البحر. لذلك تستخدم هذه المون فى الأعمال التى تتطلب أو التى تنفذ فى البحر أو فى المجارى المائية بشكل عم . مثل : القناطر والسدود .

- الطريقة الأولى لتحضير مون الجير الهيدروليكية

Hydraulic lime mortars:

من الممكن أن يكون الجير مون هيدروليكية إذا تفاعل مع السليكا SiO_2 أو الألومينا Al_2O_3 . هذا التفاعل ممكن حدوثه فقط عند درجات حرارة عالية ، كما يحدث في أثناء صناعة الأسمنت.

ومن الممكن أن يتم التفاعل في درجة حرارة الغرفة لو استخدم مكونات نشطه جدا مع السليكا والألومينا ، كما حدث عند صناعة الأسمنت الرومانى القديم Ancient Roman Cement.

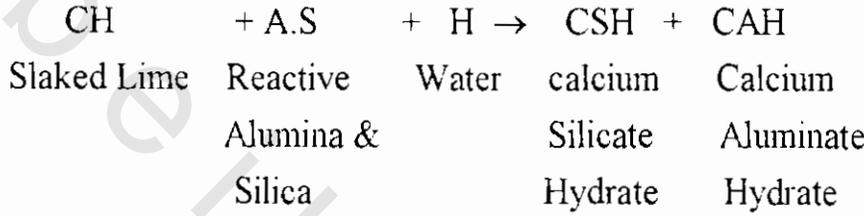
في الحقبة الهيلينستية Hellenistic period حوالى القرن الرابع قبل الميلاد، تم اكتشاف بعض التريبات البركانية الأصل، وذلك فى مناطق البراكين، وعندما خلط تراب البراكين مع الجير المطفأ نتجت مونه تصلبت تماما فى الجو الرطب جدا .

ويلاحظ أن كل المواد التى تنتج مون هيدروليكية مع الجير المطفأ تصمم على أساس التريبات البركانية ، ويطلق عليها اسم : مواد بوزولانيه Pozzolanic materials أو بوزولانا Pozzolana نسبة إلى مدينة بالقرب من نابلى تسمى : Pozzuoli.

ومن أهم المواد البوزولانيه الطبيعية التى استخدمت فى العصور القديمة البوزولانا Pozzolana وحجر توف tuff الموجود فى جزيرة سانتورين أحد جزر بحر إيجه Aegean islands وحجر الخفاف Pumice وحجر طراس Trass الموجود فى حوض نهر الراين الأدنى Rhine region.

هذه المواد البوزولانية تحتوى على سيليكات والومينا فى حالة نشطه لأنها صهرت فى البراكين ، وبعد ذلك خرجت إلى الهواء الذى بردها بسرعة، لذلك تكون غالبا زجاجية النسيج، وتحتوى على فقاعات غاز ، كما تكون غير بللوريه ، وغير ثابتة كيميائيا ، لها سطح نوعى كبير .

عملية التفاعل التى تتم بين الجير المطفأ والمواد البوزولانية يمكن تلخيصها فى المعادلة التالية :



مع ملاحظة أن هذه الرموز السابق ذكرها فى المعادلة ، هى نفسها الرموز المستخدمة فى كيمياء الأسمنت وموضحة فى الجدول رقم (٦).

كما لوحظ أن سيليكات الكالسيوم المائية الناتجة عن التفاعل السابق تكون شبكة من بللورات ليفيه Fibrous crystals أو مواد أمورفيه جيلاتينية Gelatinous amorphous materials وهذه يمكن اعتبارها السبب الرئيسى فى تصلب المونه .

وقد استخدمت أنواع أخرى من المواد البوزولانية الصناعية أيضا فى العصور الكلاسيكية ، وبصّة خاصة ، خبث الحديد Iron slag ومسحوق الطوب الأحمر أو كسر الفخار ، وهذه مواد قليلة التفاعل ، إلا أنه يجب ملاحظة أن هذه المواد عندما تخضع لدرجات حرارة عالية ، تصبح بعض أجزائها فى حالة زجاجية Vitrified.

هذا وما زالت المواد البوزولانية مستخدمة في التقنيات الحديثة
كإضافات حديثة لمواد تقليدية ، مثل : الرماد Fly ash كما أنه أحيانا تضاف
البوزولانا للأسمنت الحديث لتحسين مناعته للماء المحتوى على الكبريتات .

وفي الحقبة الرومانية : سمح استخدام المركبات الهيدروليكية بتنفيذ
الأعمال المائية ، كما استخدمت في تسليح القوالب المستعملة في النماذج
الخشبية Concrete casting in wooden moulds .

وفيما يلي نذكر نموذج لخليط مونة تستخدم في عمل القوالب
المكبوسة وتسمى : الخرسانة الرومانية Roman concrete هذا الخليط
ينكون من :

- جير Lime

- بوزولانا Pozzolanna

- كسر طوب أو بلاطات Broken Bricks or tiles

هذا ويمكن انتاج الخرسانة خفيفة الوزن باستخدام حجر الخفاف كماده

مالنه Aggregate بدلا من قطع الفخار Terracota

مثال ذلك: قبة البانثيون في روما The pantheon in Rome

وحديثا أنتجت التكنولوجيا مواد بوزولانية قوية أو لها قدرة فائقة على التحمل
Astrong & durable materials .

في العصور الوسطى ظهرت بدايات تكنولوجيا الخرسانة والمون

الهيدروليكية ، حيث كان يتم ملء الفراغ بين سمك الجدران وفي الحوائط
المزدوجة في المباني التاريخية ، بالادبش المخلوط بمواد هيدروليكية .

وقد نقلت المعلومات التكنولوجية عن المون الهيدروليكية من خلال مذكرات Vitruvius فى رسالة عن بداية عصر النهضة فى القرن الخامس عشر، فى بداية الثورة الصناعية ، حيث أنه أثناء تطوير الموانىء ، والطرق، وقنوات المياه ، تطلب استخدام كمية كبيرة من الخرسانة الهيدروليكية .

ويجب أن نعلم أن تكتيك الخرسانة الهيدروليكية مازال مناسبه للاستخدام فى العصر الحالى ، لكن المواد مازالت نادرة .

وقد استخدم المعمارىون الانجليز مواد بوزولانيه فى بناء دعامة Pier جديدة فى ميناء Tangiers عام ١٦٦٩م وذلك بالاستعانة بمستشارين ايطاليين .

وفى شمال انجلترا استخدم حجر الطراس أو خبث أفران الحديد بدلا من البوزولانا .

- الطريقة الثانية لتحضير مون الجير الهيدروليكية :

يتم بالتفاعل بين الجيرأ الحجر الجيرى مع السيليكا أو الألومينا ، درجة حرارة عالية جدا، ويحتمل أن هذه الطريقة عرفت منذ العصور الوسطى ، حيث كان يتم جلب الحجر الجيرى غير النقى من المحجر ثم يتم حرقه للحصول على الجير الحى، والجير الحى الناتج بعد الحرق مباشرة يخلط بالماء فى الحال ، ثم يستخدم مباشرة حيث يتصلب بسرعة تحت الماء.

وفى عام ١٧٩٦ م حصل Parker على براءة اختراع الأسمنت الرومانى Roman cement الذى أنتجه فى درجة حرارة تصل إلى ٨٠٠°م.

كما أنتج Frost ١٩١١م و Vicat ١٨١٨م مواد هيدروليكية عن طريق حرق المارل (حجر طيني جيري) أو خليط من الطفلة والطباشير.. وقد أطلق على هذه المواد الهيدروليكية اسم الجير الهيدروليكي Hydraulic lime.

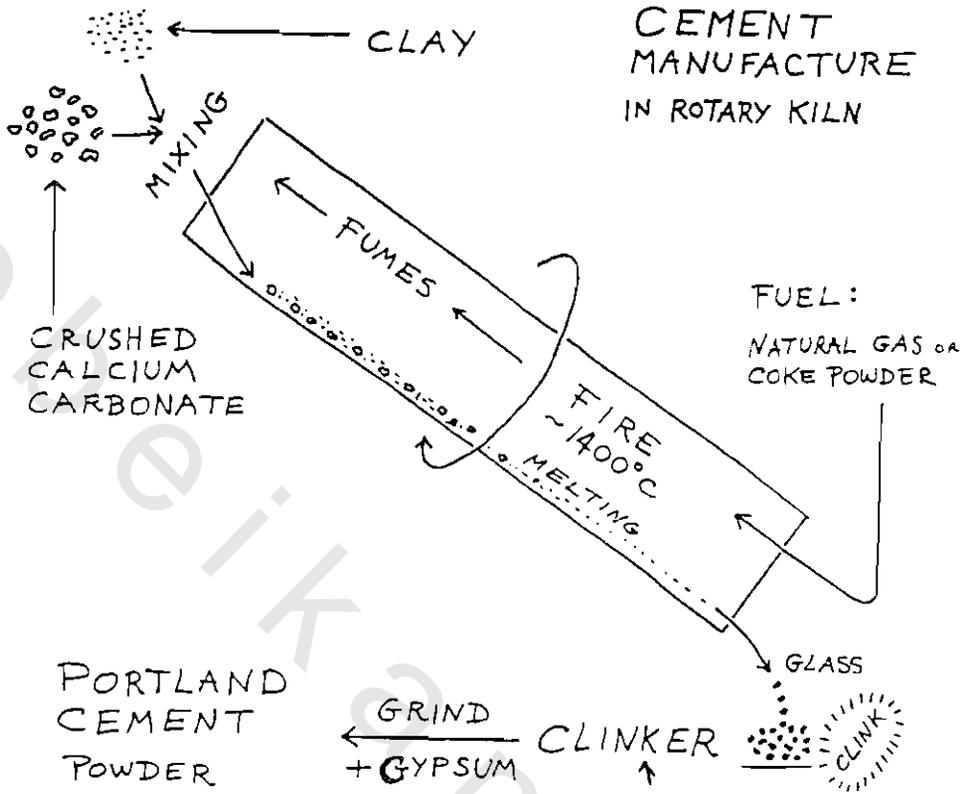
٦-٤ - الأسمنت البورتلاندى Portland cement:

حصل أسبدن Aspdin ١٨٢٤ م (وهو انجليزى الجنسية) على براءة اختراع الأسمنت البورتلاندى ، وقام بتصنيعه عن طريق حرق الحجر الجيري، ومسحوق الجير المحتوى على الطفلة، وأعاد تسخين الخليط فى درجة حرارة تراوحت بين ١٠٠٠ - ١٢٠٠ °م - والمنتج النهائى سمي الأسمنت البورتلاندى ، لأن لونه كان يشبه حجر البورتلاندى Portland stone وقد كان هذا المنتج أقل جودة إذا ما قورن بالموصفات الحديثة للأسمنت .

التطور التكنولوجى للأسمنت حدث بمعرفة مساعد أسبدن ويدعى Jonson عام ١٨٣٨م حيث اكتشف جونسون أن زيادة درجة إحراق مواد الأسمنت بحيث تتراوح درجة الحرارة بين ١٤٠٠-١٥٠٠ °م تسبب انصهار جزئى للسيليكات وتصبح زجاجية بعد التبريد .

وحديثاً يستخدم الفرن الدوار لصناعة الأسمنت . انظر الشكل

رقم (٣٨).

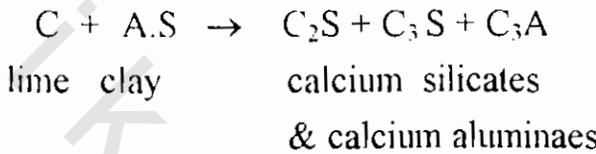


شكل رقم (٣٨) يوضح

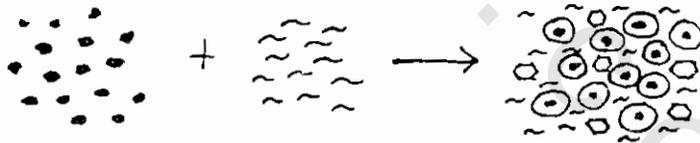
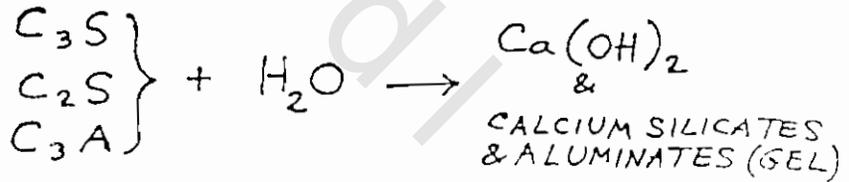
خطوات صناعة الاسمنت البورتلاندى بواسطة الفرن الدوار حيث تخلط الخامات بعد فرزها، بالنسب الصحيحة، وتوضع داخل الفرن الذي تصل درجة حرارته إلى ١٤٠٠ °م. وتخرج الخامات من الجانب الأخر في شكل كتل زجاجية تسمى كلنكر Clinker يتم تسلمها من الفرن، هذه الكتل سريعة التفاعل مع الماء، وعند شكها تكون كتلة لدنه من مادة هشه نوعا فى وقت قصير .

وبالرغم من ذلك فإنه بعد عدد قليل من الأيام قد تتكون مادة صلبة نوعا ما، وتستمر تفاعلات الشك داخل المادة ويستمر معها تحسن الخواص الميكانيكية .

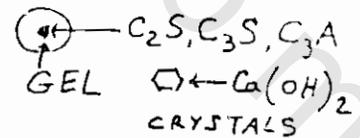
وعادة تحدث اختبارات صلاحية الأسمنت بعد حوالى شهر من الصناعة، هذا على الرغم من أنها تتم كل ستة أيام . وطبقا للأساس النظرى فإن عملية شك الأسمنت تتم بداية داخل الأفران حيث تتكون سيليكات والومينات الكالسيوم ، نتيجة لتفاعل الجير الناتج عن اضافة الحجر الجيري ، مع السيليكات الموجودة فى الطين - كما هو واضح من المعادلة الآتية :



سيليكات الكالسيوم والألومنيوم الناتجة عن التفاعل تتحد مع الماء وتكون هيدروكسيد كالسيوم مع مادة جيلاتينية (GEL) تحتوى على كالسيوم أقل من المركب الأساسى ، وذلك طبقا للمعادلة التالية



HYDRATION OF
PORTLAND CEMENT



جدول رقم (٦) يوضح
الرموز المستخدمة في كيمياء الأسمنت

Name of Compound	Chemical Formula	Abbreviation
Alumina	Al_2O_3	A
Iron Oxide	Fe_2O_3	F
Lime	Ca O	C
Slaked Lime	$Ca(OH)_2$	CH
Silica	$Si O_2$	S
Water	H_2O	H
Carbon Dioxide	CO_2	C
Suiphur Trioxide	SO_3	S
Tri-Calcium Silicate	$3CaO SiO_2$	C_3S
Di-Calcium Silicate	$2CaO. SiO_2$	C_2S
Tri-Calcium Aluminate	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Calcium Iron Aluminate	$4CaO-Al_2O_3. Fe_2O_3$	C_4AF
*Calcium silicate Hydrate	$CaO-SiO_2-nH_2O$	CSH
**Calcium Aluminate Hdrate	$CaO.Al_2O_3. nH_2O$	CAH

*A family of compounds with varying C/S ratios and water content Example.

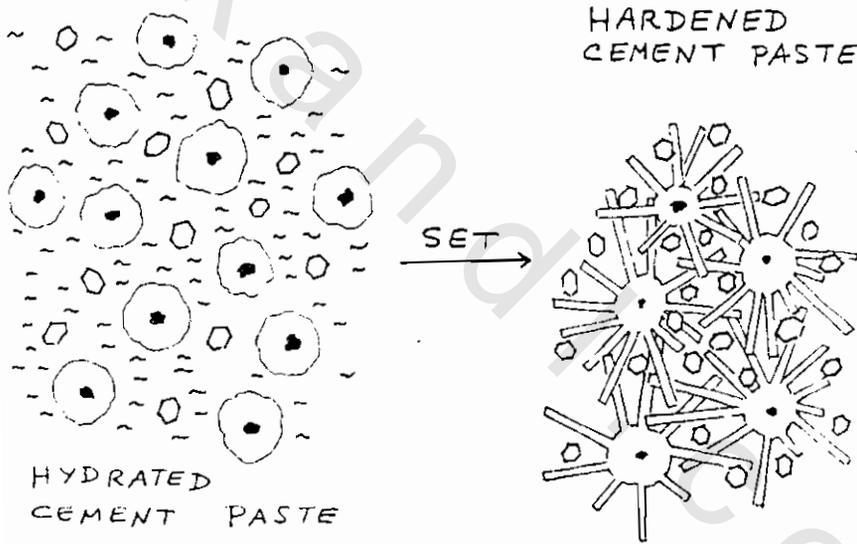
Tobermorite $C_5S_6H_2$

** A family of compounds with varying C/A ration and water content.

وأثناء تصلب الاسمنت تصبح مياه الخلط قلوية جدا (H 12-13) وذلك بسبب وجود الجير الحر . وفى مرحلة أخرى فان المياه تتخلل الجزيئات الصلبة فى (الجل) المتكون ، ويستمر التفاعل داخلها مؤديا إلى تكوين سهام ليفية Fibrous shoots تتكون بصفة أساسية من: سيليكات الكالسيوم المائية (CSH) .

وفى النهاية يتكون شكل شبكى من خلال المادة الكاملة التى تسبب التصلب .

وبعد جفاف الجير المتكون أثناء التفاعل يتحول ببطء شديد إلى كربونات الكالسيوم وتبدأ المادة فى الحصول على قوتها ومكانتها .



شكل رقم (٣٩) يوضح

عملية شك الاسمنت البورتلاندى

ملاحظات :

عادة يضاف الجبس إلى خليط الأسمنت أثناء الصناعة وذلك للتحكم في معدلات تفاعل الشك . والموصفات القياسية الحديثة تسمح باضافة كمية تتراوح بين ١-٧٪ من الجبس المائي .

الرموز المستخدمة في كيمياء الاسمنت موضحة في الجدول رقم(٦).

٦-٥ - الخرسانة الحديثة Modern concrete:

تصنع الخرسانة الحديثة من : اضافة الرمل والزلط أو كسر الصخور Crushed rocks إلى الأسمنت ، مع مراعاة النسب الصحيحة للخلائط وكذلك الخلط الجيد للكميات .

ويلاحظ أن المواد الخرسانية الهشة أو الصلبة تقاوم اجهادات الضغط بصورة جيدة ، لكنها لاتقاوم اجهادات الشد.

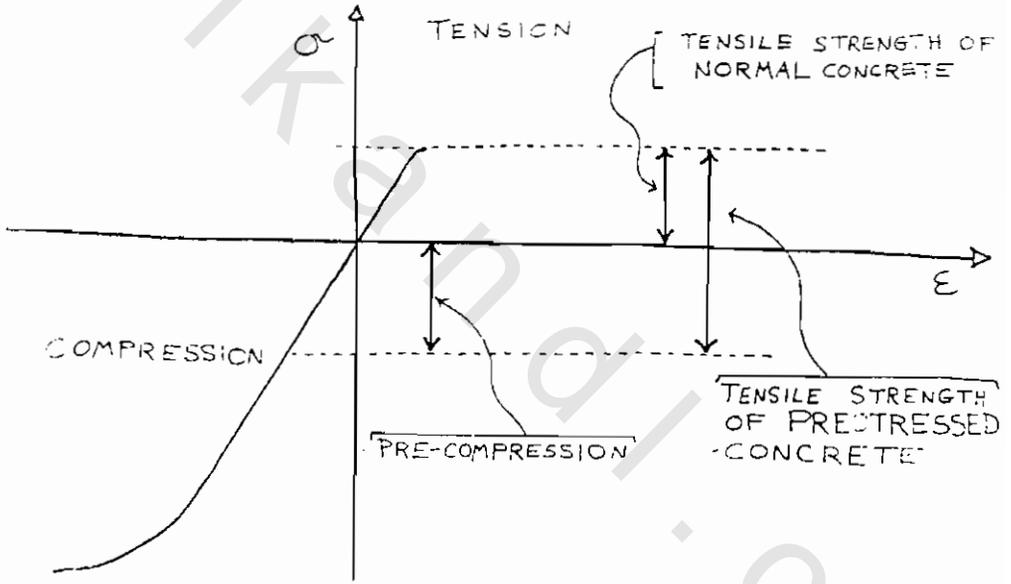
وضعف مقاومة هذه المواد لاجهادات الشد أمكن التغلب عليها حالياً باستخدام الحديد كمادة تسليح للخرسانة حيث أن الحديد له مقاومة عالية لاجهادات الشد.

الخرسانة المسلحة Reinforced concrete:

الحديد هو أكثر المواد شيوعاً في الاستخدام لتسليح الخرسانة وذلك لأن له تقريبا نفس معامل تمدد الخرسانة (12×10^{-6}) كما أن الأسمنت يلتصق جيداً بسطحه .

على الجانب الآخر فإن الأسمنت أثناء عملية الخلط يخلق بيئة قاعدية (High pH) وهذه تقلل من معدلات تآكل حديد التسليح.

وحدثاً تم تحسين خواص مقاومة الشد للخرسانة ، وذلك باستخدام
 تكتيك الخرسانة سابقة الاجهاد Pre-stressed concrete حيث يتم ادخال
 أسياخ من الحديد Steel cables داخل الخرسانة ، وهذه تعمل على اخضاع
 قوى الشد - أى إضعافها - وفى المقابل تقلل من اجهادات الضغط للخرسانة
 وتكون النتيجة زيادة مقاومة الخرسانة سابقة الاجهاد لقوى الشد . انظر الشكل
 رقم (٤٠)



شكل رقم (٤٠) يوضح

الفرق بين الخرسانة العادية والخرسانة سابقة الإجهاد

٦-٦- عيوب الأسمنت البورتلاندى : Defects of portland cement

الأسمنت البورتلاندى لا يحتوى فقط على سيليكات الكالسيوم والألومنيوم بل يحتوى أيضا على كبريتات الكالسيوم ، كما يحتوى أيضا على بعض الأملاح القلوية التى تتكون عندما يستخدم فى صناعته الطفلة ، أو وقود يحتوى على صوديوم أو بوتاسيوم فى عمليات الحرق، مع ملاحظة أن نسبة القلويات فى الأسمنت ربما تصل لأعلى من ٢٪.

وكنتيجة فإن المواد الذائبة كليا أو جزئيا التى تتكون أثناء تفاعلات

شك الأسمنت هي :

1- Cu (OH) ₂		CALCIUM HYDROXIDE
2- Na (OH)		SODIUM HYDROXIDE
3- Na ₂ SiO ₃	(AND OHER FORMULAS)	SODIUM SILICATES
4- Na ₂ SO ₄		SODIUM SULPHATE
5- Ca SO ₄		CALCIUM SULPHATE

وإذا تسرب السائل المتكون أثناء تفاعلات شك الأسمنت إلى داخل مسام مواد بناء المبانى القديمة ، بطريقة ما ، فإنه قد يسبب بعض الأضرار .. وذلك للأسباب الآتية :

١- ظهور بقع سوداء على سطح الحجر ، بسبب تأثير القلويات على بعض معادن الحجر الجيرى والرملى .

٢- تكون تزهرات غير ذائبة جزئيا من السيليكات و كربونات الكالسيوم مثلما حدث فى معبدى الكرنك وبورو بودور Borobudur هذه التزهرات Efflorescences تشوه سطح الحجر ، وتكون صعبة الإزالة ، وربما أيضا تسبب تلف محلى Locally damage فى سطح الحجر أو الطوب ، وذلك عن طريق اجهادات التبلور Crystallization stress .

٣- اجتهادات التبلور القوية تحدث بسبب كبريتات الصوديوم نظرا لكون هذا الملح قابل للذوبان في الماء .

من أجل ذلك فإنه يجب استخدام الأسمنت قليل القلوويات قليل الكبريتات ، لعمل الخرسانة التي قد تكون متصلة بالمباني القديمة ، ولكن يجب أن نعلم أن هذا النوع من الأسمنت غير متاح دائما، أو غير موجود في الأسواق .

كذلك يمكن استخدام الحواجز المائية لحماية المواد القديمة من ماء الأسمنت .

- بياض ومون الأسمنت Cement plaster & Mortars :

بياض ومون الأسمنت خطيرة جدا إذا استخدمت في المباني القديمة، وذلك للأسباب التالية :

١- أنها تغذى الأملاح الذائبة في المباني القديمة .

٢- أنها تتميز بقلّة مسامها ، وبالتالي لا تسمح للمياه بالتبخّر بسهولة ، لذلك فإن تسرب مياه المطر خلال الشروخ وتجمعها خلف طبقة البياض الأسمنتي قد تخلق قوى شد خلف هذه المونه سواء عند انخفاض الحرارة ، عن طريق التجمد Freezing أو عند ارتفاع درجة الحرارة ، عن طريق التبخر Evaporation وكنتيجة فإن البياض يتفكك بسهولة من فوق الحوائط ، أو تزداد رطوبة مواد البناء .

٣- الخرسانة الأسمنتية ذات كثافة عالية ، كما أن موادها عالية التوصيل الحرارى ، وأيضا تشجع عملية التكاثف ، لذلك يفضل استخدام الخرسانة

منخفضة الكثافة في أعمال الترميم للمباني القديمة الرطبة
. Old damp building

ملاحظة :

يجب أن يوضع في الاعتبار أن استخدام الخرسانة المسلحة في تدعيم المنشآت القديمة يشوبه كثير من الخطر، وذلك للأسباب التالية :

أ - معامل تمدد الخرسانة المسلحة أكثر من ضعف معامل تمدد جميع أنواع الأحجار المعروفة ، وكذلك الطوب .

ب - المواد المكونة للخرسانة المسلحة قوية جدا ، ولها معامل مرونة مرتفع جدا Very High Elasticity Modulus .

ج - تعمل الخرسانة على تنمية إجهادات الضغط والشد ، وذلك بسبب تأثير دورات الحرارة على موادها ، لذلك يجب وضع هذا في الاعتبار عند تصميم الخرسانة التي يتم ادخالها Inserted في نظام البناء القديم .

د - المباني القديمة التي يستخدم في تدعيمها الخرسانة المسلحة تخضع لعوامل التشوه Deformation وذلك لأن الخرسانة تفرغ كل إجهادات الشد المتعلقة بها على المواد الضعيفة المجاورة لها أو المتصلة بها - طوب ، حجر ، مون - وهذه المواد الضعيفة ، تستقبل نصيبها من الضغوط التي تكون عادة أكبر من قدرتها على التحمل ، وبناء عليه تزداد معدلات تحلل وتلف مواد الإنشاء.

٦-٧- مون الجير والأسمنت والإضافات الأخرى :

Lime - Cement Mortars & Other Mixtures:

لكى نحصل على مون جيرية ذات خواص هيدروليكية ، وذات قوة مناسبة ، يجب أن نضيف إلى الجير المائي ، كمية صغيرة من الأسمنت .

على سبيل المثال: تضاف نسبة ١ بالحجم اسمنت إلى ٤ بالحجم جير مائي أى تكون النسبة بين الأسمنت والجير (١ : ٤) بعد ذلك يضاف الرمل بالكمية المناسبة .

والمونة المتكونة من الأسمنت مع الجير تصبح خالية من بعض عيوب مونة الأسمنت ، وتكون سهلة عند الاستخدام ، ويمكن الاعتماد عليها فى عمليات الترميم أكثر من مون الجير النقية Pure Lime Mortars أى غير المخلوطة بالأسمنت .

لذلك يجب كلما أمكن استخدام أسمنت منخفض القلوية Low Alkali مع مونة الجير المستخدمة فى الترميم لى نحصل على خليط به أقل نسبة من الأملاح الذائبة .

وهناك طريقة أخرى للحصول على مونة متناغمة، أو منسجمة مع مواد البناء القديم ، وتكون قوية فى نفس الوقت ، حيث يتم تخفيف الأسمنت بكاربونات الكالسيوم .

وغالبا فإن بعض الأنواع الحديثة من الجير الهيدروليكى Hydraulic limes فى الحقيقة تحوى على أسمنت مخفف مع موالىء خاملة - غير نشطة - Inert fillers .

٦-٨- تلف الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة :

Deterioration of concrete and Reinforced Concrete:

الخرسانة العادية القوية قد توهم المرمم بأنها مادة غير قابلة للتلف ، خاصة إذا كانت مانعة للمياه .

أيضا الأحجار الصناعية ، كانت منتشرة الاستخدام في ترميم المباني الأثرية في القرن (١٩ ، ٢٠) وكانت تصنع من كسر الحجر والأسمنت البورتلاندى .

وهذه وتلك ظهر فيها تلف كبير لأسباب عدة :

على سبيل المثال : السقف المتقاطع في كنيسة St. Paul فى روما ، وتيجان أعمدة برج جرس الكنيسة، ظهر فيها تلف واسع الانتشار حوالى عام ١٨٧٥م وكان السبب فى ذلك التآكل المباشر بواسطة الأمطار الحمضية ، أو نتيجة تكون قشرة سطحية ، ثم تحلل أسقفها بواسطة تأثير عمليات التكاثف فى الجو الملوث .

وبصفة عامة فإن خرسانة الأسمنت تهاجم بواسطة أملاح الكبريتات الموجودة فى الماء ، مثل : ماء البحر .. وأيضا لأن الجير الموجود فى الأسمنت يكون عند تفاعل الشك مركبات الومنيوم ، وكبريتات (كبريتات الكالسيوم و الألومنيوم) التى تسمى Ettringite وهذه تتبلور مسببة ضغوط داخلية قوية Strong internal stress.

أيضا فإن الخرسانة المسلحة قد تتلف بسرعة إذا حدث بها بعض الشروخ ، وذلك لأن هذ الشروخ تسمح للماء بالوصول إلى حديد التسليح.

وكذلك فإن الجير الحى حول هذه الشروخ يتكربن بصورة كلية ،
وبعد فترة زمنية قصيرة تظهر قطرات مياه متعادلة أو حمضية .

وبالتالى فإن حديد التسليح الذى يحفظ جيدا يبدأ فى التآكل ويزداد
حجمه، وينتج عن ذلك ضغوط داخلية تتسبب فى زيادة الشروخ فى
الخرسانة، وتعجل من عمليات التآكل.

لذلك يجب معالجة شروخ الخرسانة بسرعة عن طريق الحقن
بواسطة الراتجات الصناعية السائلة ، مع ملاحظة أنه يجب أن يضاف إليها
المصلب أو المجدد قبل استخدامها فى عمليات الحقن .

أىضا الشروخ الدقيقة المتشابكة من الممكن غلقها كلية أثناء عمليات
الترميم وذلك لوقف تآكل معدن الحديد The Metal Corrosion فى
الخرسانة المسلحة .
