

## الطابوق الطيني (Clay Brick)

### مقدمة:

يعتبر الطابوق الطيني أحد أقدم مواد البناء وأكثرها ديمومة في العالم. استخدمت في البناء منذ ما يقرب من 6000 سنة في مدينة بابل. يتم استخدام الطابوق الطيني في مجموعة واسعة من المباني من المباني السكنية إلى المصانع، مثل إنشاء الجدران والأرصفة والعناصر الأخرى في أعمال البناء.



صورة رقم (1): الطابوق الطيني.

### المواد الأولية

الطين هو المادة الخام الأولية المستخدمة في صناعة الطابوق لأنه أكثر المواد الطبيعية وفرة على وجه الأرض وله خصائص معينة مثل اللدونة التي تسمح بتشكيلها أو قولبتها عند مزجها بالماء.

حيث تكون الكتل الطينية مصنوعة من تربة زراعية أو رواسب طينية رملية منتشرة في معظم أنحاء العراق. يختلف تكوين هذه الرواسب باختلاف المناطق، ويختلف باختلاف العمق الذي تؤخذ منه التربة.

وقد وجد أن نسب مكونات التربة الداخلة في صناعة الطابوق هي 15% طين و 40-55% طمي (silt) و 20% رمل ناعم و 8% رمل خشن وقد تم إجراء بعض التعديلات على التربة مثل زيادة الرمل إذا كانت نسبته قليلة جداً أو إزالة الاملاح من التربة.

مواد الطين الثانوية هي مركبات الألومينا والسيليكا، وكميات قليلة من الجير والمغنيسيا والصوديوم أو البوتاسيوم. توجد مركبات الحديد، عادةً الأكاسيد أو الهيدروكسيدات أو الكربونات، دائماً كشوائب في الطابوق الطيني، حيث تؤثر على لون الطابوق. محتوى الملح القابل للذوبان طبقاً للمواصفة البريطانية (BS 3921) هو: أقصى نسبة (بالكتلة) من المغنيسيوم + البوتاسيوم + الصوديوم = 0.25% والكبريتات = 1.6%.

الطين الذي يحتوي على نسبة تصل إلى 3% من أكسيد الحديد يعطي اللون الأبيض إلى الكريمي أو البرتقالي، ويتغير إلى اللون الوردي والأحمر مع ارتفاع محتوى أكسيد الحديد إلى ما بين 8 و 10%. بإضافة ثاني أكسيد المنجنيز بنسب من 1 إلى 4%، يمكن إنتاج مجموعة من الألوان الرمادية والبنية.

نظراً لتعدد استخدامات المواد الخام، والتي يمكن بسهولة تشكيلها في مجموعة كبيرة من الأشكال والأحجام، والمرونة التي يمنحها ذلك للتصميم والبناء، فقد ظل البناء بالطابوق الطيني فعالاً من حيث التكلفة.

### مراحل صناعة الطابوق الطيني

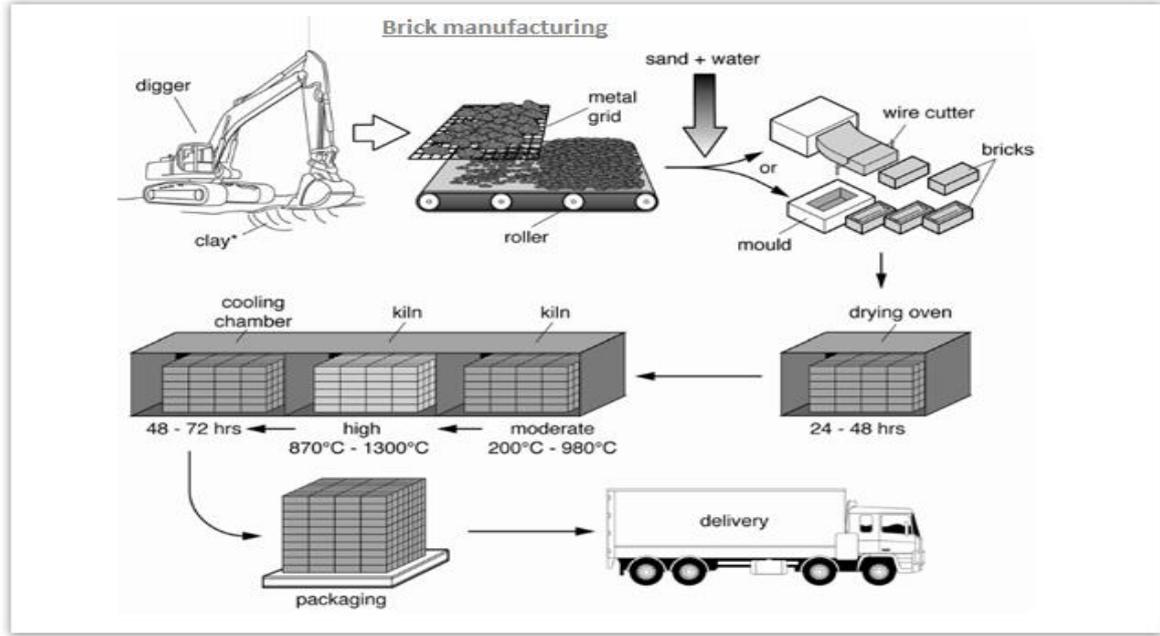
بشكل عام، تتكون عملية صناعة الطابوق من عدة مراحل:

المرحلة 1: تحضير المواد الخام

المرحلة 2: القوالب

المرحلة الثالثة: التجفيف

المرحلة الرابعة: الحرق والتبريد



صورة رقم 2: عملية تصنيع الطابوق الطيني.

### المرحلة الأولى: تحضير المواد الخام:

#### المقالع

تستخدم معدات تحريك التربة الثقيلة مثل الجرافات والقاشطات والمجارف الميكانيكية لاستخراج الطين والصخر الزيتي.

#### التكسير والخلط

بعد نقل المواد الأولية من المقالع بالشاحنات، يتم تخزين المواد لتمكين خلط أنواع مختلفة من الطين. يتم تغذية المواد بشكل منفصل بواسطة خزام ناقل إلى الكسارات الأولية. هذه تقلل حجم الجسيمات إلى 3-5 مم أو أقل. يتبعها خلط الطين، للحصول على الخصائص المرغوبة، مثل اللون والقوة.

#### الطحن

الاحزمة الناقلة تحمل الطين المخلوط بعيداً من أجل التكسير الثانوي، والذي يتم عادةً عن طريق طاحونة (pan mill). الطاحونة لها عجلتان ثقيلتان من الفولاذ، لسحق الطين.



صورة رقم 3: الطاحونة.

#### الفحص

قبل عملية القولية، يتم غربلة الطين وإعادة القطع كبيرة الحجم إلى المطحنة لطحنها مرة اخرى.

#### المرحلة الثانية: القولية

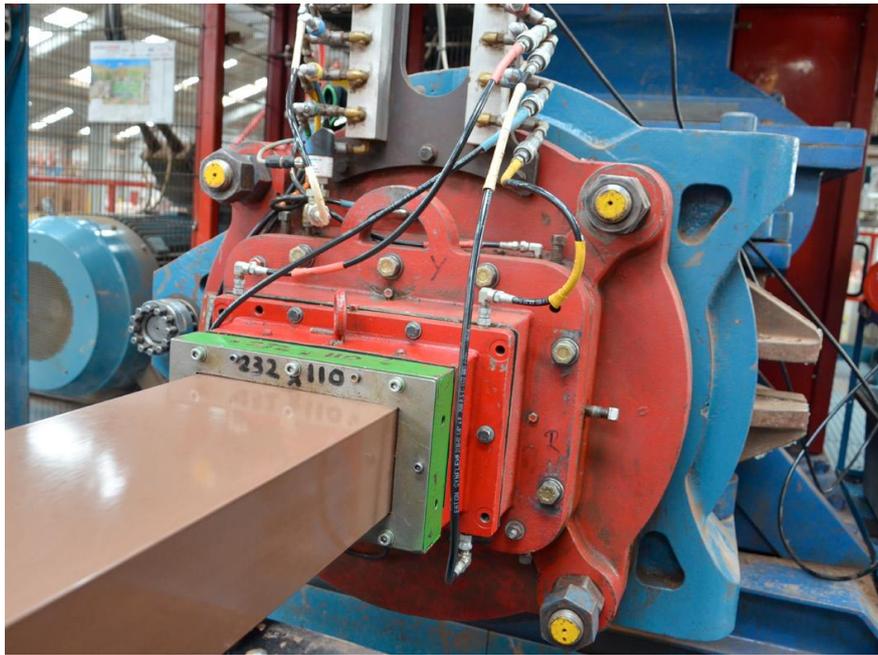
الخطوة الأولى في عملية التشكيل او القولية هي إنتاج كتلة بلاستيكية متجانسة من الطين. عادة، يتم تحقيق ذلك عن طريق إضافة الماء إلى الطين في حجرة الخلط (انظر الى الصورة 4). بعد ذلك، تكون كتلة الطين البلاستيكية جاهزة للقولية. هناك ثلاث عمليات رئيسية لقولية الطابوق: الطين الصلب والطين اللين والضغط الجاف.



صورة رقم 4: غرفة خلط الطين مع الماء.

### طريقة الطين الصلب Stiff-Mud Process

في طريقة الطين الصلب أو طريقة البثق (extrusion process) (انظر الى الصورة 5) ، يتم خلط الماء بنسبة من 10 إلى 15 % مع الطين لإنتاج اللدونة. بعد خلط الطين بالماء، يمر الطين عبر غرفة نزع الهواء لإزالة فقاعات الهواء الموجودة في الطين، هذا يؤدي الى زيادة قابلية تشغيل الطين وزيادة لدونته ومقاومته. بعد ذلك، يتم بثق الطين من خلال قالب لإنتاج عمود من الطين كما موضح في الصورة رقم 5.



صورة رقم 5: طريقة بثق الطين.

ثم يقوم القاطع الأوتوماتيكي بتقطيع عمود الطين لإنشاء الطابوق الفردي. تجعل ظروف الضغط العالي لعملية البثق جسم الطين شديد الكثافة والصلابة مما ينتج عنه قوة وكثافة أعلى تلقائيًا.



صورة رقم 6: عملية تقطيع الطين.

#### طريقة الطين اللدن او الطري Soft-Mud Process

تعتبر طريقة الطين الطري مناسبة بشكل خاص للطين الذي يحتوي على الكثير من الماء بحيث لا يمكن بثقه بواسطة الطريقة السابقة (طريقة الطين الصلب). يتم خلط الماء بنسبة 20 إلى 30 في المائة مع الطين ثم يتم تشكيلها في قوالب. لمنع الطين من الالتصاق، يتم تشحيم القوالب بالرمل. يمكن إنتاج الطابوق بهذه الطريقة بالآلة أو باليد.



صورة رقم 7: القوالب اليدوية.

### عملية الضغط الجاف Dry-Press Process

هذه العملية مناسبة بشكل خاص للطين منخفض اللدونة. يخلط الطين بكمية قليلة من الماء (تصل إلى 10 بالمائة)، ثم يتم ضغطه في قوالب فولاذية تحت ضغط من (3.4 إلى 10.3 ميجا باسكال) بواسطة مكابس هيدروليكية.

### المرحلة الثالثة: التجفيف

قبل حرق الطابوق، يجب تجفيفه بشكل صحيح: يجب تقليل محتوى الرطوبة إلى 8%. من الحجم. في البلدان الحارة، هناك شمس كافية لعملية التجفيف ويستفيد معظم صانعي الطابوق بشكل كامل من هذا المصدر المجاني للطاقة عن طريق وضع الطابوق في منطقة مفتوحة تحت الشمس. أبرز عيوب هذه العملية انها تستغرق وقتاً طويلاً (14 إلى 21 يوماً)، خاصة في موسم الأمطار.

لتقليل دورة التجفيف، أدخل صانعو الطابوق بعض الوسائل الميكانيكية للتجفيف. الطريقتان الأكثر شيوعاً هما مجففات الأنفاق أو الغرف. تعمل هذه الطرق على النحو التالي:

• **مجففات الأنفاق:** يتم إنتاج الطابوق ثم وضعه على عربات السكك الحديدية المسطحة أو عربات الأفران. يتم دفع العربات عبر النفق. يمكن أن تستغرق هذه العملية من 40 إلى 50 ساعة.

• **مجففات الغرف:** مجففات الغرف عبارة عن غرف كبيرة حيث يتم تعبئة الطابوق في عربات نقالة. قد تكون سعة الغرف من 50000 إلى 60000 طابوقة. ويتم إدخال الهواء الساخن إلى الغرفة. وقت التجفيف يتراوح ما بين 30 و 45 ساعة. يتبخر معظم الماء في مرحلة التجفيف عند درجات حرارة تتراوح من (38 درجة مئوية إلى 204 درجة مئوية). في جميع الأحوال، يجب تنظيم الحرارة والرطوبة بعناية لتجنب تشقق الطابوق.

### المرحلة الرابعة: الحرق والتجفيف

يتم حرق الطابوق ما بين 10 و 40 ساعة، حسب نوع الفرن والمتغيرات الأخرى. هناك عدة أنواع من الأفران التي يستخدمها المصنعون. النوع الأكثر شيوعًا هو الأفران النفقية، تليها الأفران الدورية. قد يكون الوقود عبارة عن غاز طبيعي أو فحم أو نشارة خشب أو غاز ميثان من مدافن النفايات أو مزيج من هذه الأنواع من الوقود.



الشكل 7: الطابوق داخل نفق الحرق.

يوضع الطين الجاف في مركبات خاصة لحرقة داخل الفرن. تحدث العديد من التغيرات الكيميائية والفيزيائية عند حرق الطابوق، ويمكن تلخيصها على النحو التالي:

- 1- عند (150-400) درجة مئوية: يحدث فقدان بعض الماء المتحد كيميائياً مع الطين.
- 2- عند (573) درجة مئوية: يتحول الفا الكوارتز إلى  $\beta$  كوارتز ويحدث تمدد يصل إلى 18% ويتعافى أثناء التبريد بعد هذه العملية.
- 3- عند (600) درجة مئوية: تتحلل معادن الطين وتبدأ مرحلة التليد ويبدأ الطابوق في اكتساب القوة.

- 4- عند (850-950) درجة مئوية: حيث تتحلل كربونات، وهي كربونات الكالسيوم الأكثر شيوعاً والأكثر أهمية، وهي غير مرغوب فيها في الطابوق لأنها تسبب تكون لبنة مسامية بسبب تحللها إلى CaO مما يسبب ظاهرة انفجار الجير واطلاق غاز CO<sub>2</sub>.



يسبب ثاني أكسيد الكربون ضغطاً خارجياً، في محاولة للخروج من حدود الكتلة، مما يتسبب في تمدد في حجم الكتلة، وخروج ثاني أكسيد الكربون يترك فجوات هوائية ولبنة عالية المسامية وبالتالي يزداد امتصاص الكتلة وهذه صفة غير مرغوبة.

- 5- عند (900-950) درجة مئوية: يحدث التصلب النهائي ويبقى لون الطابوق ثابتاً (بني فاتح).

- 6- عند 1400 درجة مئوية: تبدأ المواد الخام في الانصهار وتتحول إلى زجاج حيث يفقد الطابوق شكله وأبعاده ويصبح هشاً.

التبريد: بعد انتهاء عملية الحرق، تبدأ عملية التبريد. نادراً ما يتجاوز وقت التبريد 10 ساعات في الأفران النفقية ومن 5 إلى 24 ساعة في الأفران الدورية.