مفهوم – الزجاج وتركيبه الكميائي:

مادة عديمة اللون تصنع اساسا من السليكا المصهور في درجات حرارة عالية مع حامض البوريك او الفوسفات. يوجد الزجاج في الطبيعة كما يوجد ايضا في المواد البركانية التي تسمى الزجاج البركاني، او في المواد التي تنشأ من النيازك. وعادة يكون الزجاج شفافا ولكنه قد يكون غير شفاف او نصف شفاف ايضا، ويختلف لونه تبعا لمكوناته.

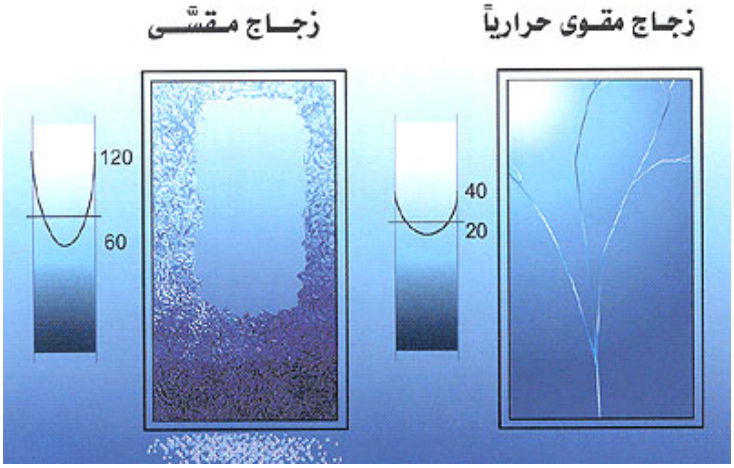
أنواع الزجاج:

1- الزجاج المقوى حراريا:

الزجاج المعالج حرارياً, ينتج بتسخين الزجاج العادي (الملدَّن) إلى درجة قريبة من درجة إنصهاره, ثم يبرد بطريقة خاصة.

مميزات الزجاج المقوى حراريا

- لهذا الزجاج قدرة على مقاومة الكسر بدرجة تعادل ضعف مقاومة الزجاج العادي, كما أن ميله للتحطم أقل بكثير.
- في حال تلقى الزجاج المقوَّى حرارياً صدمة ما أدَّت إلى انكساره, فإنه يتحوَّل إلى عدد قليل من القطع الكبيرة, و ذلك بسبب الإجهادات المنخفضة المطبقة عليه.
- الميزة الأهم للزجاج المقوَّى حرارياً هو أنه يبقى عالقاً في الإطار المحيط به دون أن يسقط (إذا كان قد رُكِّبَ بالطريقة الصحيحة).



-

استعمالات الزجاج المقوَّى حرارياً:

- يعتبر الزجاج المقوَّى حرارياً الخيار الأمثل للاستخدام في الأسقف و المظلات الزجاجية و الفتحات السماوية, كما ينصح به في الأبنية المرتفعة, حيث يبدأ استخدامه من الطابق الرابع إلى الطابق الأخير, في حين يستخدم الزجاج المقسَّى في الطوابق الثلاث الأولى من المبنى. و غالباً ما يكون الزجاج المقوَّى حرارياً ضمن وحدة زجاج مجلتن أو وحدة زجاج مزدوج عازل.

2- الزجاج المجلتن :

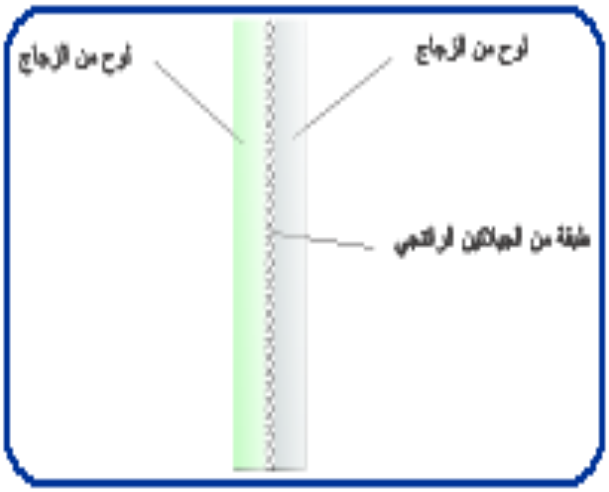
■ يتألف الزجاج المجلتن من طبقتين أو أكثر من الزجاج تفصل بين كل منها طبقة من الراتنجيات Resins(مواد عضوية), و ذلك لضمان درجة أعلى من الأمان.

ميزات الزجاج المجلتن بطريقة الراتنجيات :

1- إذا تلقى الزجاج المجلتن صدمة عنيفة أدت إلى كسر إحدى الطبقات الزجاجية, فإنه يبقى ثابتاً في مكانه و لا يتناثر بفضل التصاقه بطبقة (أو بطبقات) أخرى، و من هنا أطلقت عليه صفة الزجاج الآمن.
2- القدرة الكبيرة على تخفيض مقادير الأشعة فوق البنفسجية التي تمر عبر وحدة الزجاج المجلتن.
3- القدرة الملحوظة على تخفيض ضجيج الصوت.
4- إمكان تلوين الوحدة الزجاجية بألوان تلائم الديكورات الداخلية .

❖ **يستعمل الزجاج المجلتن، في المقام الأول, في المجالات التالية:**

1- الفتحات السماوية و المظلات الزجاجية.
2- الأسقف و الشرفات و الأدراج الزجاجية.
3- المدارس, و كافة الأماكن التي يخشى فيها من تدافع التجمعات البشرية.
4- التقسيمات الداخلية (الشركات و المكاتب التجارية ...).
5- واجهات الأبنية السكنية و الأبنية الضخمة (المجمعات التجارية , المطارات, الفنادق, المشافي ...) .
6- المباني الأمنية (وزارات, سفارات...), و الأماكن التي تحتاج إلى حماية من السرقة, من مصارف, و متاحف, و محال التحف و المجوهرات ... .



3- الزجاج المقسَّى:

- زجاج أكثر أماناً يسمى زجاج الأمان المقسَّى.تُجْرى عملية تقسية الزجاج بتسخين الزجاج العادي إلى درجات حرارة عالية(660˚ مئوية)، ثم بتبريد الزجاج بسرعة عالية نسبياً.

وأهم ميزات هذا الزجاج هي

- يمكن للزجاج المقسّى تحمل صدمات ميكانيكية أشدّ ممّا يتحمله الزجاج الملوّن العادي بـ 5 الى 7 مرات.

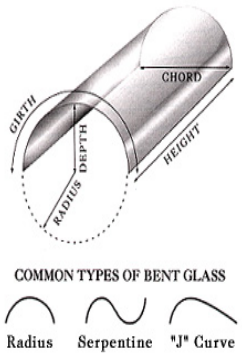
- عندما يتكسر الزجاج نتيجة صدمة شديدة, يتحول الى عدد كبير من الشظايا صغيرة التي لا تجرح ولا تؤذي أحداً(لهذا السبب يسمى هذا الزجاج زجاج أمان مقسَّى).
- يمكن للزجاج المقسَّى تحمل فروق في درجات الحرارة الداخلية والخارجية, تصل إلى 300 مئوية, في حين لا تتجاوز الفروق المقابلة في الزجاج العادي قبل تكسره مباشرةً 70 مئوية.
- يمكن تقسية أنواع مختلفة من الزجاج : الشفاف, والملوّن والعاكس, والمعالج كيمائياً، والمطبوع, وغيرها.
- يمكن أن يكون سمك الزجاج الذي سيُقسَّى بين 4 ملم وَ 19 ملم.ومساحة ألواح الزجاج التي يمكن تقسيتها تصل إلى 2440 ملم *3900 ملم.

4- الزجاج المقاوم للرصاص

عدة طبقات من الزجاج المجلتن الذي يمكن أن يحوي طبقة من مادة البولي كاربونيت (Polycarbonate),بحيث يمنع الرصاص أو قطع الزجاج المتكسر, نتيجة لإطلاق الرصاص, من الطيران نحو الأشخاص و الممتلكات. ينصح بإستعمال هذا النوع من الزجاج في نوافذ المصارف و الحواجز التي تفصل زبائن المصارف عن موظفيها, المباني المالية, مكاتب البريد, مراكز صرافة العملات, و في السيارات المصفحة.

5- الزجاج المنحني:

يصنع الزجاج المنحني بتسخين الزجاج المستوي تدريجياً ليبلغ درجة حرارة أعلى قليلاً من نقطة الانصهار, ثم يعطى شكلاً مقعراً أو محدباً في فرن خاص, وحالما يأخذ الزجاج الشكل المطلوب.يُبَّرد بطريقة يمكن التحكّم فيها للتوثق من أن المنتَج النهائيّ خالٍ من أي إجهادات داخلية.هذا حين يُستعمل هذا الزجاج استعمالاً خارجياً, فإنه يُضفي على الواجهات جمالاً لافتاً للنظر. وفي الجدران الرأسية, والأسقف الزجاجية,



يضفي هذا الزجاج عليها منظراً أصيلاً جميلاً (زوايا المباني, واجهات العرض, زجاج الأمان المزدوج,)

وفي الاستعمالات الداخلية, يمكن الاستفادة من الزجاج في الدرابزين, وجدران المصاعد, وطاولات العرض, وتقسيمات المكاتب, وغيرها.

الاخشاب

تعد الأخشاب من المواد الهندسية الطبيعية الغير معدنية والنصف قصيفة. ويعد الخشب من مواد البناء التي لها دور هام وفعال فى أعمال العمارة والإنشاءات منذ قديم الزمان حيث تم أستعمال الخشب كعنصر أنشائي سواء كعمود أو كجسور لحمل السقف، ومازالت حتى الآن تعتبر من المواد الحديثة الاستخدام حيث أنها تستخدم بنطاق واسع فى الأعمال الإنشائية إلى كثرة مميزاته وهي كالاتي:-

-أنه خفيف الوزن.

-أن مقاومته للأحمال مناسبة للغرض المستخدمة من أجله.

-أنه يسهل تجهيزه وتشكيله وتجميعه وتشغيله.

-يستخدم فى أعمال العزل الصوتى والحرارى بكفاءة عالية.

- درجة تحمله مع الزمن عالية وإذا توفرت له طرق الحماية المناسبة.

ومع كل هذه المميزات العديدة للأخشاب إلا أن له بعض العيوب والتى تتلخص فيما يلى:

- أنه يسهل تآكله وتسوسه وتحلله بفعل البكتريا والرطوبة والحشرات .

-له قابلية عالية على الاحتراق.

- له قابلية على الانكماش.

- العقد :- وتكثر في الأخشاب اللينة كالخشب الأبيض والعقدة هي مكان اتصال الغصن بالجذع ومن أخطارها أنها قد تنفصل أثناء العمل ولذلك يجب إزالتها بماكينة إزالة العقد ويمكن حرقها .

– التشققات وجيوب الصمغ .

❖ **مكونات الاخشاب**

مكونات الخشب الجاف بصفة عامة ورئيسية تتكون من السليلوز كمادة أساسية بنسبة حوالى ٦٠% ، ومادة اللينين بنسبة حوالى ٢٨%، ومواد آخرى سكرية ومتنوعة بنسبة حوالى ١٢ % وعموما فإن الأشجارهى المصدر الأساسى لإنتاج الأخشاب والتى تحتوى على كل مكوناته، وتلك الأشجار تنمو بإنقسام الخلايا فى الإتجاه العرضى مكونة حلقات تزيد من سمك جذع الشجرة، وكذلك أيضا تنقسم فى الإتجاه الطولى. وعموما تتكون الحلقة فى عام كامل ولذلك سميت بالحلقات السنوية. ويتركب الخشب الطبيعي (قطاع من شجرة) عموما من القشرة و الكامبيوم و خشب الظهر و خشب القلب و اللب و الحلقات السنوية ويقاس عمرالشجرة بعدد الحلقات السنوية .وتقل صلابة الخشب كلما قرب من القشرة الخارجية، وتعد المنطقة المسماة قلب الشجرة قرب اللب من اكثر المناطق كثافة وصلابة وتحملا واكثرها جفافا وانسبها استعمالا في اعمال البناء المختلفة.

❖ **مراحل تصنيع الاخشاب**

تمر صناعة الأخشاب بمرحلتين أساسيتين وهما التقطيع والتجفيف، وقد يمر بمرحلة ثالثة وهى وقاية الخشب وحفظه إذا إحتجنا لذلك. وتلك المراحل بالترتيب هى:

١- **مرحلة التقطيع:** يتم تقطيع الأشجار أولا، ثم توضع فى قنوات مائية لتخفيف وإزالة العصارة منها، ثم تقطع الكتل الخشبية من تلك الأشجار وهى بحالتها المبتلة بعدة طرق مختلفة وذلك بالشكل والأبعاد والغرض المستعملة هذه الأخشاب من أجله.

٢- **مرحلة النجفيف :** المقصود من تجفيف الأخشاب هو تقليل إنكماش الخشب فى حالته المبتله والذى يسمى الخشب الأخضر، وعموما يكون التجفيف للأخشاب بإحدى الطرق الآتية:

- **التجفيف الطبيعي:** هذا النوع من التجفيف يتم فى الهواء الطلق حيث ترص الألواح المبتلة الخضراء فى صفوف بترتيب منتظم بحيث يكون بينهما فواصل تسمح بتخلل ومرور الهواء بكل سهولة خلالها وفيما بينها. تستغرق هذه العملية مابين ٤٠ الى ٩٠ يوم للحصول على نسبة تجفيف ٨٠%.
- **التجفيف الصناعي** : ويتم فى أفران خاصة لذلك حيث ترص الألواح الخشبية المطلوب تجفيفها داخل غرف خاصة لها درجات حرارة ورطوبة معينة، وتستغرق العملية للحصول على نسبة تجفيف ٩٦%حوالي ٣ الى ١٢ يوم طبقا لنوع وحالة وموصفات الخشب المستخدم.
- **التجفيف المشترك:** وهذه الطريقة تجمع بين مميزات التجفيف الطبيعى والتجفيف الصناعى. حيث يتم التجفيف الطبيعى أولا لفترة معينة فى الهواء الطلق يعقبها فترة اخرى من التجفيف الصناعى.

٣- **مرحلة الحفظ والوقاية:** هو المحافظة على الخشب من تخلل الرطوبة إليه أومن للبكتريا والحشرا ت. وقد تستخدم مواد كثيرة ومتعددة لهذا الغرض، وهذه المواد إما مواد كيميائية. ومنها محاليل سائلة مائية مثل كلوريد الزنك وفلوريد الصوديوم وغيرها، ومنها أيضا محاليل طيارة مثل الفينول وغيرها. ومن مواد الوقاية أيضا المواد الصمغية وتتم وقاية الأخشاب بالمواد سالفة الذكر اما بغمره او حقنه او طلائه او رشه بها.

❖ **انواع الاخشاب**

أ- **الخشاب الطبيعية:** تقسم الاخشاب الطبيعية حسب المناطق المناخية:-

١ – أخشاب صلبة :وتنتمي الى الأشجار ذات الأوراق العريضة التي تنفض أوراقها في الخريف مثل السنديان والجوز والأبنوس وتنمو في المناطق الاستوائية .

٢ – الخشب الترف اللين : وتنتمي الى الأشجار ذات الأوراق الأبرية وهي في الأغلب دائمة الخضرة وتنتج بذورها في أكياس مركبة وتكون قاتمة اللون مثل الأشجار الصنوبرية ومنها خشب السويد وتنمو في المناطق الباردة .

٣ –.أخشاب متوسطة الصلابة قاتمة اللون مثل أخشاب الزان والبلوط والماهوجني وتنمو في المناطق الباردة.

ومن الامثلة المحلية على الاخشاب الطبيعية هي :-

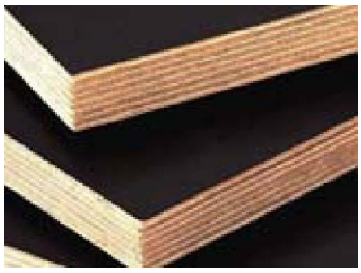
- **خشب الصاج:** وهو من الاخشاب الصلدة والذي يمتاز بقوة اليافه وتماسكها ويحتوي على كمية قليلة من الاملاح والمواد الصمغية ومواد عضوية في اليافه مقارنة بباقي الانواع لذا فهو قليل التاثر بالرطوبة والحرارة والحشرات والارضه. يتوفر هذا النوع من الخشب بعدة درجات فالدرجة الاولى يكون خالي من العقد ومتميز الالياف ومتجانس اللون ويكون سعره عالي لذلك يقل استخدامة. اما الدرجة الثانية فيكون معتدل السعر وهو اقل جودة من الاول ويحتوي على بعض العقد ولونه غير متجانس.
- **خشب الجام :** وهو من فصيلة الاخشاب اللينة وينتج معضمها من خشب الصنوبر. وهو خشب رخو ذو لون ابيض واليافه قوية ولكنها ضعيفة التماسك مع بعضها. يتاثر بالرطوبة والحرارة كثيرا حيث انه يتمدد في الشتاء ويتقلص في الصيف مما يستوجب معالجته وتجفيفه قبل الاستعمال وطلاءه بالاصباغ الدهنية الواقية. وهو رخيص الثمن ويتوفر بمقاسات واطوال مناسبة.
- **الماهوكني:** لونه احمر او اسمر مائل الى الاحمرار، لايتاثر بالعوامل الجوية لذلك يستخدم كثيرا في الابواب والشبابيك.
- **خشب الجاوي :** وهو من الاخشاب الصلدة . يتاثر كثيرا بالرطوبة وقابل للالتواء ومعرض للحشرات وخصوصا الارضه لاحتوائه على مواد دهنية . لونه متباين من اصفر فاتح الى احمر غامق .

ب – الاخشاب الصناعية: وتتضمن:-

١- **الخشب المضغوط (Fibre hard board)**

هى ألواح مصنعة من الألياف النباتية أو أى مادة لجنوسليلوزية أو من نشارة أى نوع من الأخشاب، مع ربطها بالراتنجات الصناعية وكبسها تحت ضغط مرتفع ودرجة حرارة عالية، ثم يتم تصلد الألواح بعد ذلك فى درجة حرارة ورطوبة متناسبتين على أن تكون الألواح خالية من المواد الغريبة الضارة.

٢- **الخشب الرقائقي (الخشب المعاكس) (plywood)**



هو لوح من الخشب يتكون من مجموعة من الطبقات المتماسكة مع بعضها أو جميعها من أى نو ع مطلوب من أنواع الخشب وذلك باستخدام مادة غراء لاصقة ، عادة يكون اتجاه العروق في الطبقة الأولى متعامدا مع اتجاه العروق في الطبقة الثانية وتلصق الطبقات فوق بعضها البعض مع الضغط ضمانا لعدم انتفاخها عند التعرض للماء وعدم انفلاق الألواح عند دق المسامير في الطبقات.

٣- **القشرة الخشبية**

هى شريحة رقيقة من الخشب تصنع من أنواع مختلفة من الأخشاب بطريقة الكشط لجذوع أو جذور الأشجار، وتوضع القشرة هذه على الأسطح الخارجية للمنتجات الخشبية

ومن اهم انواع الاخشاب المستخدمة في البناء هي:-

- الخشب الأبيض Spruee
- الخشب الموسكى (الصنوبرى) Pines
- الخشب العزيزى Pitch Pines
- الخشب الزان Beech
- الخشب الأرو Oak
- الخشب الماهوجينى Mahogany
- الخشب البلوط Ash
- الخشب الجوز Walnut
- الخشب الأبنوس Ebony
- الخشب الأرز Cedar
- الخشب السرو Cypress
- الخشب الجواريا Guarea
- الخشب الميرانتى Meranti
- الخشب الماكورى Makore
- الخشب السابيلى Sapale
- الخشب البوتيلى (السيبو) Utile
- الخشب الاديجو Idigdo
- الخشب الاكومية Okoume
- الخشب التيك Teak
- الخشب الكسيبو Candollei
- الخشب البوثجا Tessmani
- الخشب السيكومور Sycamore

❖ **خواص الاخشاب**

١- الكثافة (density) : تتراوح قيمة الوزن النوعي للخشب بين ٠.٣-٠.٩ حسب نوع الخشب وعمر الاشجارالمصنع منها ومحتوى الرطوبة بها. ان جودة الخشب تزداد بزيادة كثافته والعكس صحيح.

٢- محتوى الرطوبة (Moisture content) للرطوبة تأثير فعال على مقاومة الأخشاب للأحمال لتناسبها العكسي مع المقاومة، وكذلك تساعد على سرعة تلف الخشب بالتآكل. وعادة يحتوى الخشب على الرطوبة خلال جدران خلايا الخشب الداخلية والخارجية ، وأيضا خلال الفراغات الداخلية بالخلايا (الماء الحر). لذلك فإنه للحصول على خشب له جوده عالية يجب أن يتم تجفيف الخشب بحيث يتم التخلص من الرطوبة في الخلايا كلها ولا يعتمد على تبخر الماء الحر أو بعض من الرطوبة التى على جدران الخلايا، وذلك لأهمية طرد الرطوبة من الخشب ومتانته.

٣- المقاومة (strength) : أن الأخشاب تقاوم بدرجة عالية إجهادات الشد فى اتجاه أليافها، حيث تتراوح مابين ٧٠٠ – ٢٠٠٠ كغم / سم^{٢} ولكن مقاومة الشد فى الاتجاه العمودى على الألياف ضعيفة جدًا نسبيًا إذا ما قورنت بإجهادات القص والانحناء مما يجعل مقاومة الخشب العالية لإجهادات الشد فى إتجاه أليافه قليل الفائدة، وعلى ذلك يكون الحكم الأساسى على الخشب بمقاومته لإجهادات الضغط.

٤- العزل الحراري (Heat insulation) ان معامل التوصيل الحرارى للخشب حوالى ٠.٩٦ لذلك يعتبر الخشب من المواد ذات العزل الحرارى الجيد ولذا فإنه يستخدم فى تبطين الحوائط الداخلية للحجرات، ولكن الأخشاب سريعة الاحتراق وبالأخص التام الجفاف منها.

٥- العزل الكهربائي (Electrical insulation) الخشب الجاف من أهم العوازل الجيدة للكهرباء، ولكن تواجد الرطوبة به يجعله جيد التوصيل للكهرباء.

❖ **استعمالات الخشب في البناء**

١- عمل القوالب الخشبية (النجارية المؤقتة)

٢- الشبابيك والابواب

٣- الهياكل الخشبية

٤- أكساء الأرضيات بالخشب

٥- أكساء الجدران

٦- السقوف الثانوية.

الطابوق

تعريف الطابوق :.

هو الوحدات البنائية المنتظمة الشكل والابعاد التي تستعمل في البناء والتي لاتزيد ابعادها عن حد معين وتكون مصنعة من الطين او من مواد خرسانية او من الحجر او من مزيج النورة والرمل وغيرها.

الاصناف الرئيسية للطابوق:.

يصنف الطابوق حسب نوع مادة الصنع إلى أربعة أنواع هي:

1. الطابوق الطيني 2. الطابوق الجيري 3. الطابوق الخرساني 4. الطابوق الزجاجي

١- الطابوق الطيني:-

هو اكثر انواع الطابوق استعمالا في العراق وخاصة في المناطق الوسطى والجنوبية وذلك لعدة عوامل منها توفر المواد الخام باماكن قريبة وبكلفة انتاج قليلة نسبيا وتحمله للقوى والعزل المتوسط للحرارة ومقاومته للنار والتغييرات الجوية.

١-١-مراحل صناعة الطابوق الطيني *(Manufacture of Clay Bricks)*

يعتبر الطابوق الطيني من المواد البنائية التي استعملها الإنسان منذ القدم فالطابوق غير المفخور كان من أقدم أنواع الطابوق المستعمل وبعد ذلك استعمل الطابوق المفخور , وتعتبر آثار بابل في العراق من أقدم الآثار الباقية التي تدل على قدم معرفة الإنسان بنظم بنائية هندسية جيدة وباستعمال مواد ذات ديمومة جيدة.

١-١- ١-المواد الأساسية *(Raw Materials)*

أ- الالومينا (الطين) (AL_2O_3)

المركب الرئيسي في الطين العادي هو الكاؤولين ($Al_2O_3. 2SiO_2. 2H_2O$) ومنه يمكن الحصول على الالومينا والسليكا. يعتبر الالومينا عنصر أساسي في التربة الطينية وعدم وجودها في التربة يؤدي إلى الانكماش أثناء عملية التجفيف و الحرق . النسبة المثلى في التربة 20% لإنتاج طابوق طيني جيد .

ب- السليكا (الرمل) (SiO_2)

وممكن الحصول عليه من الطين العادي كما ذكرنا سابقا او من الرمل. عند وجود السليكا بنسبة مناسبة تمنع انحناء و اعوجاج الطابوق الطيني عند الحرق. أما وجودها بكميات كبيرة تجعل الطابوق أكثر هشاشة.

ج- الجير (الكلس) (Lime)

عند وجوده بنسبة قليلة يساعد السليكا على الانصهار بدرجات حرارة واطئة و الذي بدوره يساعد على ربط الجزيئات مع بعضها . يساعد أيضا على منع الانكماش للطابوق قبل الحرق (اللبن) .

أما وجوده بنسبة أكثر من 35% يؤدي إلى جعل الطابوق ضعيفا بسبب تفتت مركباته عند وصول الماء إلى الطابوق .

ء- أو كسيد الحديد (Iron Oxide)
يعطي اللون للطابوق ووجوده يساعد على تقليل درجة حرارة الانصهار للسليكا (الرمل) أما إذا وجد بكميات كبيرة فان ذلك يؤدي إلى جعل الطابوق اسود .

ه- المغنيسيا (Magnisa)
وجودها بنسبة قليلة يعطي اللون الأصفر الباهت للطابوق ويقلل من الانكماش لكن وجودها بكميات كبيرة يسبب بلى أو تحلل الطابوق .

المواد الضارة في الطابوق الطيني *(Harmful Materials in Clay Bricks)*

أ- القلويات *(Al-Kalis)* يتلخص تأثيرها بما يلي :.

1- تقلل درجة حرارة الانصهار أي تجعل الطابوق ينصهر بدرجة حرارة منخفضة.
2- تؤدي إلى تغيير شكل الطابوق حيث يحصل الانحناء (الاعوجاج).
3- يكون لها تأثير رطب حيث تمتص الرطوبة الموجودة في الجو و تحتفظ بها مما يؤدي في بعض الأحيان إلى تفتت الطابوق وانهيار الأبنية .

ب- كـــتل الـــجير (الـــكلس) *(Lumps of Lime)* تتغير مركباته في الحرارة إلى أو كسيد الكالسيوم و بوجوده إذا تعرض الطابوق للماء سوف يتفتت إلى قطع صغيرة. حيث ان زيادة الكلس في التربة المصتعة للطابوق يقلل من قوة الانضغاط والكثافة النوعية وتزيد من قابلية الطابوق على امتصاص الماء.
اثناء عملية الحرق يحدث التفاعل التالي

$$CaCO_3 \text{ -————} CaO + CO_2$$

ان تحرير غاز CO_2 يـؤدي الى اجهادات داخلية مسببا حصول تشقق وتهشم للنموذج. كذلك فان CaO اذا كانت نسبته عالية فانه يمتص رطوبة من الجو ويتحول الى $Ca(OH_2)$ والذي يكون حجمه اكبر من حجم CaO ويؤدي الى تهشم الطابوق وهذه الظاهرة تسمى التفجير التجيري. من الممكن معالجة هذه الظاهرة بزيادة الطحن للكلس حيث ان الحبيبات الناعمة لاتؤثركثيرا على حجم نواتج التفاعل.

ج- كـتل الـحصو *(Pebble of Stone)* كيمياويا لا تمتلك أي تأثير ضار لكنها تكون غير ملائمة أثناء عملية الصب أو القولبة أو عملية تقطيع الطابوق إلى أحجام معينة .

ء- كـبريـتيد الحـديـد *(Iron Pyrite)* أثناء عملية الحرق ونتيجة للحرارة العالية يتحلل كبريتيد الحديد و بدوره يؤدي إلى تفتيت الطابوق إلى قطع صغيرة .

ه- **الأمـــلاح *(Salts)*** من أهمها ملح الطعام (NaCl) و كبريتات الألمنيوم و وجودها يسبب التزهر.

و- المواد العضوية (Organic Materials) بالرغم من إن وجود المواد العضوية في الطابوق الطيني يساعد في عملية الحرق لكنها تسبب زيادة في النفاذية أو المسامية للطابوق.

١-١-٢- تحضير الطابوق الطيني *(Preparation of Bricks Clay)*

1. يجب إزالة الطبقة العليا من التربة و بعمق 25 سم و ترمى بعيدا وذلك لاحتوائها على الجذور و مواد عضوية أخرى , أما التربة تحت هذا العمق يجب أن تنظف من الجلاميد (الحصو الكبير) و أي شوائب أخرى و من ثم استخدامها .
2. التربة المحضرة والتي تكون على شكل كتل يجب أن تفتت أو تسحق و تنشر بشكل أكوام , يتم تعريض هذه الأكوام للجو لأسابيع قليلة لزيادة مرونتها ولتحسين نوعيتها و هذه العملية تسمى (التجوية) .
3. إذا كان من الضروري إضافة كميات قليلة من الرمل و الرماد والجير فيجب أن تخلط جيدا مع التربة الناتجة من (2) و تسمى عملية الخلط هذه (المزج) .
4. التربة الناتجة مما سبق تسحق أو تفتت كليا و تضاف لها كمية من الماء ثم تعجن و من ثم يتم تخليصها من أي كتل فيها و تجهيزها للصب أو القولبة .

١-١-٣- القولبة أو الصب *(Molding)*

تكون القوالب الضرورية لصنع الطابوق بشكل متوازي المستطيلات . عادة تكون القوالب ذات حجم اكبر بقليل من حجم الطابوق النهائي (بعد الحرق) بحدود 10% وذلك لسهولة تفريغ القالب. إن عملية الصب تتم بإحدى الطرق آلاتية:.

1. طريقة الضغط الجاف (Dry-Pressed Process)

هذه الطريقة تستخدم للطين الذي ينكمش بصورة غير طبيعية أثناء عملية التجفيف , وهنا الطين لا يكون لين بصورة كافية بل تخلط معه نسبة قليلة من الماء لا تتجاوز 10% وذلك لتشكيل المسحوق الرطب , وباستعمال ماكنة الضغط والتي تعمل بضغط عالي جدا يضغط هذا المسحوق بقوالب خاصة ليأخذ شكل الطابوق . يعتبر الطابوق الناتج بهذه الطريقة من أكثر الأنواع انتظاما. وفي هذه الطريقة يحرق الطابوق مباشرة أي لا تحتاج إلى عملية تجفيف وكذلك يجب أن يؤخذ الحذر أثناء عملية الحرق حيث يجب أن تزداد درجة الحرارة تدريجيا.

ملاحظة / تكون كمية الأملاح موزعة بالتساوي في الطابوق لعدم استعمال الماء بكمية كبيرة لان الماء يؤدي إلى ترسيب الأملاح على أوجه الطابوقة بعد جفافها.

2. طريقة الطين الصلد (Stiff Mud Process)

هذه الطريقة واسعة الاستعمال , يحتوي الطين المستخدم في هذه الطريقة على نسبة رطوبة تتراوح من 12% - 15% , يضغط هذا الطين خلال فتحات خاصة لإزالة الفراغات التي

تحتوي على الهواء ومن ثم يضغط خلال فتحات تمتلك أبعاد الطابوق فيخرج بشكل شريط مستمر على حزام متحرك وتقطع بأطوال تساوي طول الطابوقة بواسطة سلك يعرف بسلك التقطيع .

3. طريقة الطين اللين (الرخو) (Soft Mud Process)
وهي أقدم طريقة , ويحتوي الطين المستخدم فيها على نسبة رطوبة عالية (20-30)%. يضغط الطين في قوالب بسيطة بشكل متوازي المستطيلات أما بواسطة اليد أو بمساعدة الماكنة , ولمنع التصاق الطين بالقالب أما يغطس القالب بالماء مباشرة قبل ملئه بالطين وهنا الطابوق الناتج يكون ناعم السطح أو يلوث القالب الرطب بالرمل قبل ملئه بالطين وهنا الطابوق الناتج يكون خشن السطح .

١-١-٤- التجفيف (*Drying*)

إن الطابوق الناتج من الطرق المختلفة يحوي رطوبة تتراوح بين (7- 30)% اعتمادا على طريقة القولبة أو الصب ويجفف هذا الطابوق أما بتعريضه للهواء والشمس في المعامل الابتدائية أو باستعمال أفران التجفيف لمدة يوم أو يومين في المعامل وبعدها يكون الطابوق جاهز للمرحلة النهائية (الحرق أو الفخر)

١-١-٥- الحرق (*Firing*)

إن حرق الطابوق الطيني يحتاج (3 – 4) أيام وان عملية الحرق تمر بثلاث مراحل وهي :.
المرحلة الأولى و يتم خلالها طرد حوالي 50% من الماء الحر (غير المتحد مع مركبات الطين) الموجود في الطابوقة وهذه المرحلة تحتاج درجة حرارة بحدود (100 – 175)م° .
المرحلة الثانية وهذه المرحلة تبدأ بدرجة حرارة 425 م° وتنتهي بدرجة حرارة 750 م° تقريبا .
و يتم خلالها طرد الماء المتحد كيمياويا وطرد غاز ثاني اوكسيد الكربون وتكوين الاكاسيد اضافة الى ما تبقى من بخار الماء الغير متحد.
المرحلة الثالثة و تبدأ هذه المرحلة خلال المرحلة الثانية وبعدها , و فيها يتحلل الطين كيمياويا وتتحول محتويات الطابوق الى مادة زجاجية كثيفة ليحص التماسك المطلوب بين جزيئات الطين لذلك تزداد قوة الطابوقة . اما بالنسبة للرمل فلا يتحلل كيمياويا لذا فهو لا يساهم في زيادة قوة تحمل الطابوق.
ويصنف الطابوق حسب اللون (اعتمادا على درجة حرارة الحرق) إلى ثلاثة أنواع هي:
1. الطابوق المصخرج: وهو الطابوق الملامس للاشتعال، تكون دراجة الحرارة عالية يتم انصهار جميع جزيئات الطابوق بصورة كاملة وتحويلها الى كتلة صلبة بعد التبريد. وقد يفقد هذا النوع من الطابوق شكله المنتظم ولكنهذو مقاومة تهشم عالية وقليل المسامات مقاوم للرطوبة ،صلب ذو كثافة عالية ولا تظهر على سطحه الأملاح وله مقاومة عالية للتاكل بسبب الاحماض ويستعمل عادة كوحدات بناء تحت مانع الرطوبة ٠البادلو) والاجزاء المدفونة في التربة والاجزاء المعرضة للرطوبة العالية والتلوث الجوي في مناطق المصانع والمعامل. وتكون الوانه متغايرة وغامقة.

2. الطابوق الأصفر او الابيض: وهو الطابوق المصفوف في المنطقة الوسطى من الفرن يكون عادة معرضا الى درجات حرارية معتدلة وكافية لتوفير الخواص المطلوبة من حيث الشكل والقوة والمتانة وتجانس الالوان ويستعمل هذا النوع من الطابوق في وحدات البناء لجميع اجزاء التشييد.

3. الطابوق الأحمر:- وهو الطابوق في الادوار البعيدة عن مناطق الاشتعال والتي تلي الادوار الوسطية وتكون عادة معرضة لدرجات حرارة واطئة وغير كافية لتوفير مستلزمات الطابوق الجيد فقوته ضعيفة ولونه احمر يوحي بعدم اكتمال الحرق ويستعمل لبناء الاسيجة والاعمال الوقتية الاخرى ويسمى هذا النوع ايضا بالطابوق المشوهب.

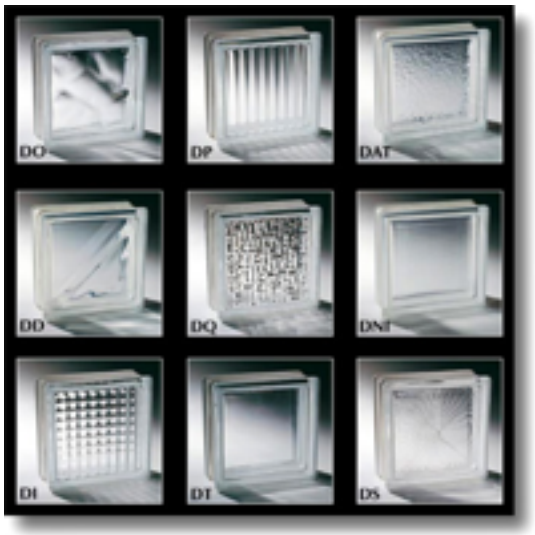
١-٢- انواع اخرى من الطابوق الطيني:-

١-٢-١- الطابوق الناري:- يستخدم في تبطين المصاهر والافران والمداخن والمواقد وغيرها وفي المحلات التي ترتفع فيها درجة الحرارة كثيرا بحيث لايمكن استخدام المواد الانشائية التقليدية. يصنع الطابوق الناري من طين خاص مثل الكاولينات وقد يصنع من رمل خاص مثل النوع السليكوني والذي يحتوي على مالايقل عن(٩٢%) سليكا (SiO_2). ويكون الحرق بدرجات حرارة عالية وباسلوب خاص بحيث يكون الناتج مقاوما للحرارة العالية.

١-٢-٢- الطابوق المزجج:- هو طابوق طيني يكون فيه وجة واحد او اكثر كليا بمادة تزجيج بفعل الحرارة ،حيث تعطي مظهرا صقيلا وملونا ، يرش وجه الطابوق الطيني غير المفخور المراد تزجيجة بمركبات خاصة ثم يحرق الطابوق فينتج وجها مزججا بالسيراميك (Ceramic Glazed) وتكون الوان التزجيج متعدده فمنها الابيض والاخضر والبني ،وتكون الاوجة المزججة ملساء وكتيمة وسهلة التنظيف وذات مقاومة لتاثير بعض المواد الكيميائية. ويستعمل هذا النوع لاغراض الزخرفة المعمارية والمسابح والمطابخ وغيرها.

٢- انواع اخرى من الطابوق

٢-١- الطابوق الزجاجي (Glass brick):- هو طابوق مصنوع من مواد زجاجية وعادة تكون مجوفه من الداخل وتكون بأبعاد مختلفة وهي اما وجها مربع او مستطيل هي ١٥*١٥سم او٢٠*٢٠ سم للمربع او ٢٠*١٠سم للمستطيل اما السمك فهو اما٨ سم او ١٢سم. تكون الجوانب للطابوقة المجاورة للوجهين خشنه الملمس وذات بروز او نتوء طولي واحد اواكثر وذلك لتامين الربط والتماسك مع المادة الرابطة . يكون الوجة صقيل او مضلعا او مقسما الى اشكال هندسية من الداخل اومن الخارج. يسمح بمرور نسبة من الضوء الاانه غير شفاف اي لايمكن الرويا من خلاله والوانه مختلفة. ومن مميزاته الاخرى فهو عازل للصوت والحرارة وذلك لوجود الفجوات الداخلية. يستخدم لإغراض معمارية من الزخرفة والإضافة في المحلات التي تتطلب فيها الإنارة طبيعية بدون رؤيا الداخل والخارج من دون شبابيك كذلك لمنع الغبار من الدخول كما في بعض معامل الصناعات الدقيقة كالأدوية والالكترونيات والساعات والأغذية وغيرها ولاتستعمل للجدران الحامله.



٢-٢- الطابوق الجيري - الرملي Lime Brick-Sand :- ومكوناته:

- الجير : ويكون الجير الحي أو المطفئ مطابقاً للمواصفات والمعايير الأمريكية.
- الرمل : ويكون الرمل المستخدم من نوع سيلسي خالي من الأملاح والشوائب العضوية ، وجيد التدرج.
- الماء : ويصلح الماء الصاح للشرب للبناء بسبب قلة أو عدم وجود الشوائب فيه.

يضاف الماء الى خليط الرمل والنورة في خلاطات لعمل البسيس ثم ينقل الى سايلوات لاستكمال عملية التخمير ، والتفاعل ومن ثم ينقل البسيس المتفاعل الى قاطعة كابسة (٥٥٠-١٢٠٠) طن تقطع البسيس الى شكل الطابوق المطلوب ثم يدخل الى اوعية خاصة مغلفة تدعى المحمم (Autoclave) حيث يتعرض الى بخار تحت ضغط جوي لايقل عن خمس اضعاف الضغط الجوي الاعتيادي (١٦جو ،٢٠٤مْ لمدة ٦ساعات).

ويمكن انتاج طابوق رملي خفيف بنفس الطريقه المذكورة إلا أن الخلطه يضاف إليها مواد نافخة لاحداث مساميه به حيث يضاف مسحوق معدن الألومنيوم إلى الرمل الناعم والجير المحروق وأحياناً بدلاً من الرمل يستخدم إما رماد الميكا أو خبث الأفران أو الرماد الطائر.

ومن مميزاته:

- خفة وزنه عن الطابوق الرملي السابق ذكره
- نسبته العالية لعزله الحراري
- سهولة تشغيله

ومن عيوبه:

- مقاومته المنخفضة للضغط
- شدة ميوله للأنكماش

ويمكن انتاج الوان كثيرة منه مثل الأبيض الطبيعي والأصفر و الأحمر والذهبي والأخضر.

٢-٣- الكتل الخرسانية Concrete block unite :- ينتج من الخرسانة (سمنت – رمل – حصى – ماء) تخلط هذه المواد مع بعضها بطرق بسيطة أو بطرق ميكانيكية حديثة وتصب بقوالب فولاذية لإبعاد الطابوقة ويسلط عليها ضغط وقد يصاحبه اهتزاز لإنتاج طابوق بكثافة عالية ويمتاز الطابوق الخرساني بالخواص التالية:

1. شكله منتظم أكثر من الطابوق الطيني.
2. ممكن التحكم بقوته من خلال تغير نسب الخلط ونوعية الاسمنت.
3. يمكن إنتاجه بألوان متعددة بإضافة الخضاب الملون.
4. يمتاز بكثافته العالية وهي تقدر ب 2300 آغم/م3.
5. يتأثر بأملاح الكبريتات لذلك يفضل استخدام الاسمنت المقاوم في صناعة الطابوق تحت مستوى التربة.
6. تقلصه الكبير عند الجفاف لذلك يجب تركه فتره كافية قبل استخدامه.

٣- مشاكل الطابوق العراقي

٣-١- التزهر :- او الشورة هو ظهور مسحوق ابيض على سطح الطابوق وهو عبارة عن أملاح كبريتية متبلورة تسبب تساقط الإنهاء, كما ولها تأثير ضار على المواد الرابطة حيث إن هذه الأملاح تتفاعل مع مركبات الاسمنت مكونة مواد تؤدي إلى تفتتها.

- ❖ مصادر الاملاح الذائبة في الطابوق :. تعتبر التربة من أهم مصادر الأملاح الذائبة أما الماء فيعتبر المحرك الأساسي للأملاح.
- ❖ اهم الاساليب المتبعة للتقليل من حدوث التزهر:.

١- اخذ التربة من مقالع عالية.
٢- فخر الطابوق بدرجة حرارة عالية لتقليل المسامية إيقاف الأملاح عن الحركة وذلك بمنع وصول الماء إلى الطابوق وكذلك زيادة المقاومة.

٣- تحويل الاملاح الذائبة الى غير ذائبة بإضافة كلوريد الباريوم وكاربونات الباريوم مع التربة التي يصنع منها الطابوق الطيني.
٤- عدم استعمال ماء مشبع بالاملاح عند البناء .
٥- استعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف بغمر الطابوق فيه.

اشكال التزهر

1- معدوم:عندما لا يظهر تزهر .
2- خفيف:عندما تكون مساحة السطح المغطاة بطبقة خفيفة من الملاح لاتزيد عن (10%) من مجموع سطح الطابوقة.
3- متوسط:عندما تكون الطبقة الملحية اكثر من (10%) و اقل من (50%) من مساحة سطح الطابوقة على ان لا يصحب ذلك تفتت او تقشر في السطح.
4- كثيف:عندما تكون الطبقة الملحية كثيفة وتغطي اكثر من (50%) من سطح الطابوقة دون ان يصحب ذلك تفتت او تقشر في السطح.
5-كثيف جداً:عندما تكون الطبقة الملحية كثيفة جداً ويصحب ذلك تفتت او تقشر في السطح.

٣-٢- التشقق:- ان اكثر من ٥٠٪ من الطابوق المنتج يحتوي على شقوق مرئية وغير مرئية وهذه الشقوق تساعد على ظهور الشورة، زيادة نسبة امتصاص الماء، التقليل من قوة انضغاط الطابوق.

٣-٣- لون الطابوق: يعتمد لون الطابوق الفخاري على نوعية المعالجة الحرارية ومدتها بالاضافة الى التركيب المعدني للتربة المستخدمة فالطابوق المصخرج بدرجة حرارة عالية ولفترة طويلة يمتاز بلون غامق وكما يلي:
في حالة وجود اوكسيد الحديد FeO في المواد الاولية وكانت هناك وفرة بالاوكسجين في الفرن (جو مؤكسد) يتحول الى Fe_2O_3 اوكسيد الحديديك وهو يعطي اللون الاحمر للطابوق.

$$FeO + O_2 \text{ ——- } Fe_2O_3$$

ولكن في حالة شحة الاوكسجين فان Fe_2O_3 الاحمر سوف يختزل الى FeO الاسود وهذا يحدث عادة عندما يكون داخل الفرن نقص في كمية الاوكسجين الكافي لحرق الوقود.

$$Fe_2O_3 + CO \text{ ———- } 2FeO + CO_2$$

FeO بدرجة حرارة ١٠٥٠ م يصهر الطابوقة كي يعطي طور زجاجي ذو لون اسود الى اخضر (Black core) او اللب الاسود.

مواد البناء

Building Materials

تعريف:

المواد الهندسية - :هي اي مادة تدخل في عمل من أعمال الإنشاء سواء كانت عمرانيا او صناعيا وتنقسم المواد الهندسية الى - :

١ - مواد معدنية (Metallic Materials)

وتدخل في الصناعة الإنشائية والأجهزة وتنقسم الى نوعين- :

أ - معادن حديدية - : وتشمل الصلب ،وحديد الزهر ،وحديد المطاوع.

ب - معادن غير حديدية : مثل النحاس ،النيكل، الالمنيوم ,الرصاص والقصدير

٢- مواد لا معدنية (Non Metallic Materials)

وتنقسم الى نوعين- :

أ - مواد البناء - : مثل الحجر ،الطابوق ،الاسمنت ،الجبس ،الخشب .....

ب - مواد متنوعة - : مثل البلاستك ،المطاط ، الفلين ، والزجاج ،الأصباغ.....

٣ - مواد مولدة للطاقة- (Energy Producing Materials)

مثل الماء والوقود ومواد الطاقة الذرية -- وتمثل القشرة الأرضية أهم المصادر للمواد الخام (Raw Materials) التي يستخرج منها المواد الهندسية كافة.

<u>خواص المواد الهندسية</u>

هي تلك المميزات والصفات التي تتميز بها المواد المختلفة بعضها عن البعض الأخر ويمكن تقسيم خواص المواد الهندسية الى :-

١ - الخواص الفيزياوية : وتشمل الأبعاد ،الشكل ،الوزن النوعي ،المساحة ومحتوى الرطوبة.

٢ - الخواص الميكانيكية : وتشمل مقاومة الضغط ،الشد ،القص ، الصلادة، الانحناء والمرونة

٣ - الخواص الكيميائية - : وتشمل التركيب الكيميائي ،الحامضية او القاعدية

٤ - الخواص الحرارية - : وتشمل العزل الحراري ،التوصيل الحراري ، التمدد.

٥ - الخواص الكهربائية والمغناطيسية - : التوصيل الكهربائي والنفاذ المغناطيسي.

٦ - الخواص الصوتية - : وتشمل العزل الصوتي ،الانعكاس الصوتي وامتصاص الصوت.

٧ - الخواص البصرية - : وتشمل اللون وانكسار الضوئي ،وامتصاص وانعكاس الضوء

ولما كانت الخواص الميكانيكية هي التي تحدد سلوك المواد تحت تأثير الأحمال المختلفة ، أصبح الإلمام بهذه الخواص أساسيا عند تصميم اي عمل هندسي يتعرض لتأثير الأحمال.

الخواص الميكانيكية (Mechanical Properties)

المقاومة Strength

هي مقاومة المادة لاي حمل مؤثر عليها سواء كان حمل ضغط، شد، ،----- وتعرف بالمقاومة للضغط اذا كان الحمل المؤثر حمل ضغط والمقاومة للشد اذا كان الحمل المؤثر حمل شد وهكذا، **وأقصى مقاومة (Ultimate Strength)** تعرف بانها اكبر اجهاد تتحمله المادة تحت تأثير الحمل المؤثر حتى الكسر . وتقاس بالجهد الأقصى المسلط على وحدة المساحة

الاجهاد (Stress)

هو مقياس لانتشار القوى في داخل الكتلة او الجسم ، هو القوى (الحمل) لوحدة المساحة.

Stress (σ) =Force/Area =F/A

kg/cm2 , N/ mm2 , lb/in2

وهناك عدة أنواع من الاجهادات والتي تعتمد على نوع الحمل المسلط ويمكن تصنيفها الى:

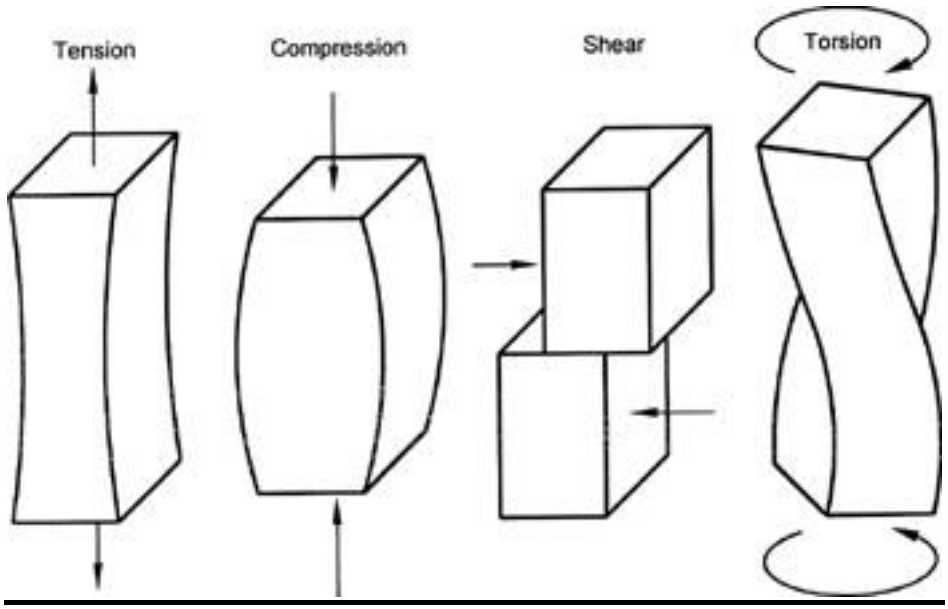
١ - إجهاد الضغط Compression Strength

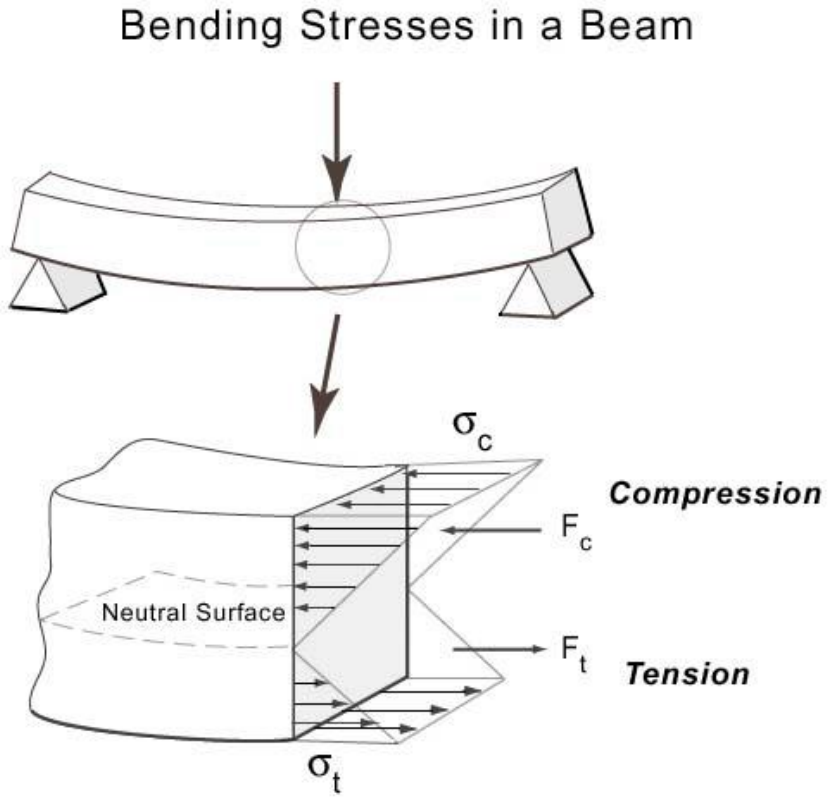
٢- اجهاد الشد Tension Strength

٣- اجهاد القص Shear Stress

٤- اجهاد الانحناء Bending Stress

٥ - اجهاد الالتواء Torsion Stress





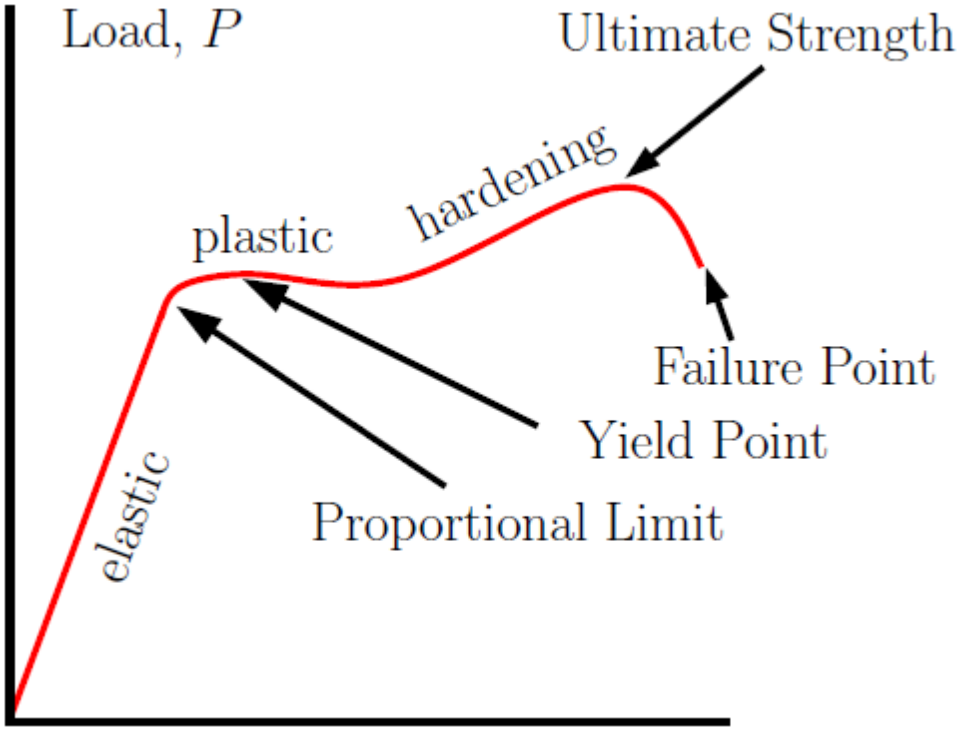
الانفعال Strain

هو مقياس التشوهات (Deformations) في الكتلة او الجسم ، وهو مقدار التغير بالطول او الحجم الى الطول الاصلي او الحجم الاصلي.

$$\text{Strain } (\varepsilon) = \text{Length change /Length} = \Delta L / L$$

$$\text{Strain } (\varepsilon) = \text{Volume change / Volume} = \Delta V / V$$

العلاقة بين الاجهاد- الانفعال Stress- Strain Relationship



شكل (١)العلاقة بين الاجهاد والانفعال

حد التناسب Proportion Limit

لغاية حد التناسب للمادة، منحني الاجهاد-الانفعال يكون بشكل مستقيم وهنا يتم تطبيق قانون هوك **Hooks Law**

- ليس هناك تغير دائم بعد زوال الحمل
- بعد حد التناسب يتغير الشكل من الخط المستقيم

قانون هوك Hooks Law

ضمن منطقة اللدونه ، الإجهاد يتناسب خطيا مع الانفعال لغاية حد التناسب (Proportional Limit)

$$\sigma = E\varepsilon$$

σ (sigma) is the axial/normal stress
E is the elastic modulus or the Young's modulus
ε (epsilon) is the axial/normal strain -

حد المرونة Elastic Limit

هي النقطة التي بعدها لا يرجع النموذج الى ابعاده الاصلية بعد زوال الحمل

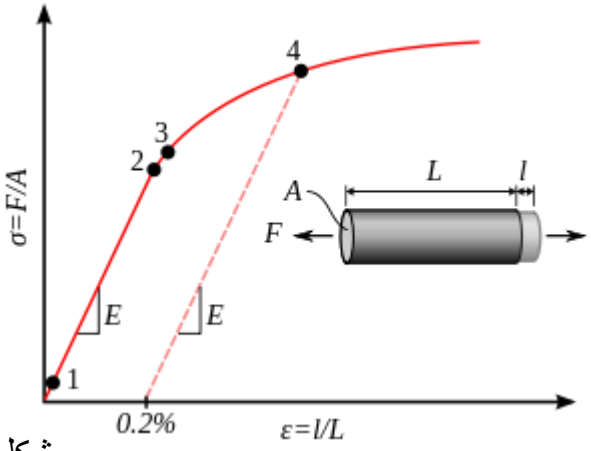
- حد التناسب وحد المرونة متقاربان جدا ولمختلف الاغراض

نقطة الخضوع Yield Point

النقطة التي تحدث عندها زيادة الانفعال بدون زيادة في الاجهاد، والاجهاد عند هذه النقطة يسمى اجهاد الخضوع **Yield Strength**

- بعد نقطة الخضوع يسلك المادة السلوك اللدن Plasticity
- بعض المواد ليس لها نقطة خضوع واضحة. هنا تستعمل طريقة (Offset Method)

- For the tension and compression labs, used the following offsets:
- For steel, use 0.2% strain
- For brass, use 0.35% strain
- For cast iron, use 0.05% strain
-



شكل(٢) طريقة Offset لتحديد نقطة الخضوع

المرونة Elasticity

هي قدرة المادة على استعادة شكلها الأصلي وإبعادها الأصلية بعد زوا ل الحمل المؤثر.

الصلابة Stiffness

قدرة المادة على مقاومة التشوه deformation ضمن المجال الخطي (Liner Range) وهو ما يعبر عنه بمعامل المرونة

معامل المرونة Modulus of Elasticity

هو حاصل قسمة الإجهاد على الانفعال لنفس اتجاه الحمل.

Modulus of Elasticity (E)= Stress/Strain= σ/ / ε

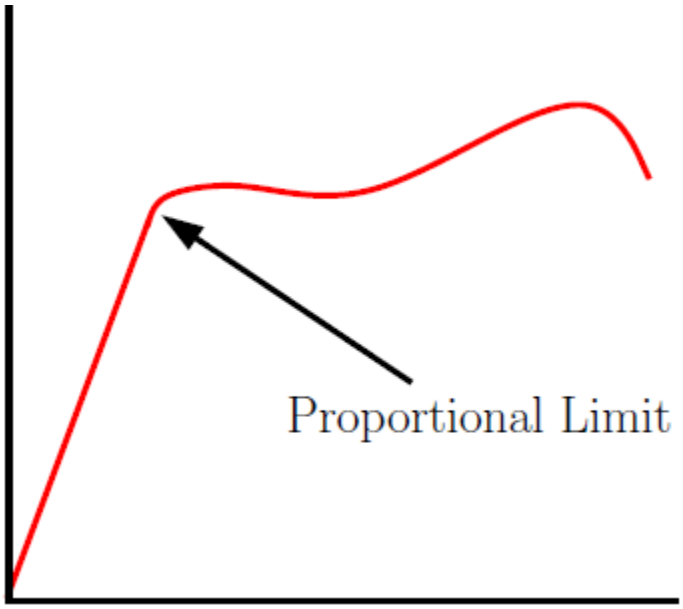
kg/cm2 , N/ mm2 , lb/in2

E (Steel) ≈ 200 x 103MPa
E (Aluminum) ≈ 70 x 103MPa
E (Concrete) ≈ 30 x 103MPa

قياس معامل المرونة Modulus of Elasticity Determination

١ - للمواد المطيلية Ductile Materials

ميل الخط المستقيم لمنحني الاجهاد- الانفعال

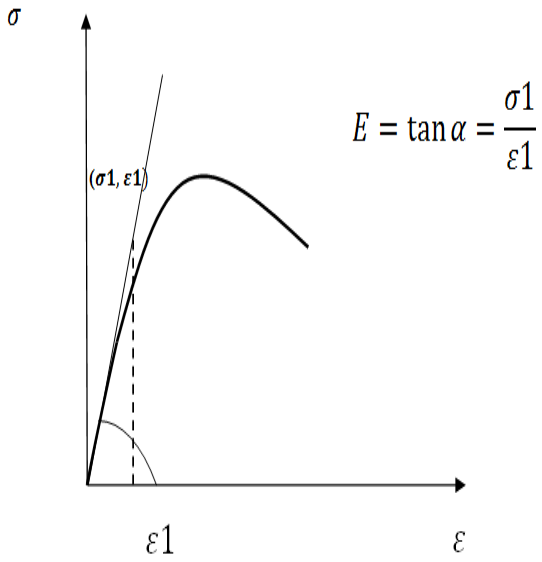


شكل (٣) تعيين معامل المرونة

٢- للمواد القصيفة Brittle Materials

A-معامل المماس الابتدائي Initial Tangent Modulus

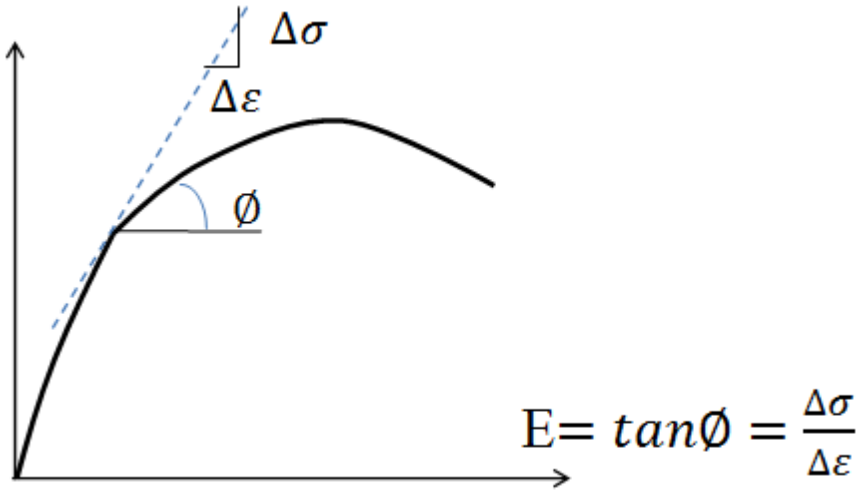
ميل المماس لمنحني الاجهاد – الانفعال المرسوم من نقطة الاصل



شكل (٤) تعيين معامل المرونة -معامل المماس الابتدائي

B-معامل المماس Tangent Modulus

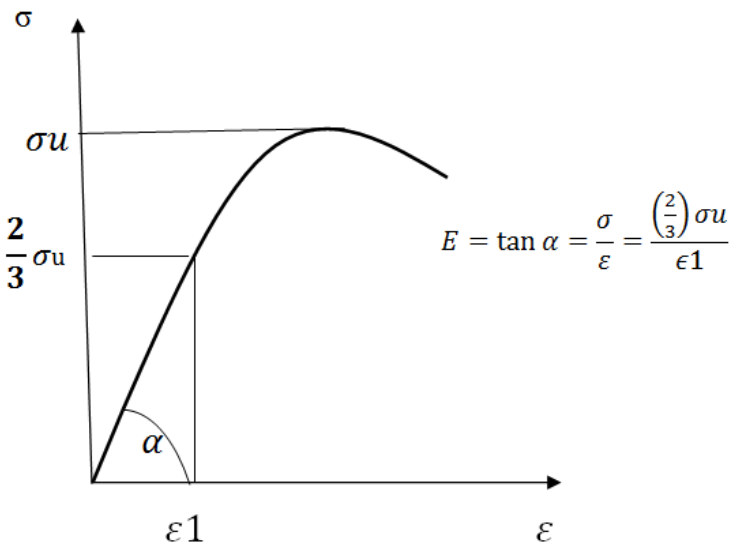
ميل المماس المرسوم على منحني الاجهاد – الانفعال في نفطة على المنحني واعتياديا في نقطة الخضوع Yield Point



شكل (٥) تعيين معامل المرونة - معامل المماس

C-معامل القاطع Secant Modulus

ميل الخط المستقيم المرسومو من نقطة الاصل الى نقطة على المنحني والتي تحددها المواصفات القياسية



شكل (٦) تعيين معامل المرونة - معامل القاطع

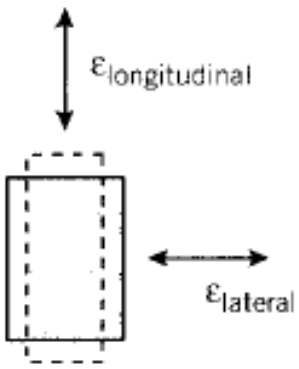
نسبة بواسون Poisson's Ratio

هو نسبة الانفعال الجانبي الى الانفعال الطولي لعينة محمله بحمل محوري

Poisson's Ratio(υ)= Lateral Strain /Longitudinal Strain)=

ε lateral / ε longitudinal (unite less)

Greek letter υ (nu)



اللدونة (المطاوعة) Plasticity

هي قدرة المادة على الاحتفاظ بشكل كامل او دائم بعد حصول التشوة (Deformation) نتيجة الحمل المؤثر

Permanent deformation without rupture

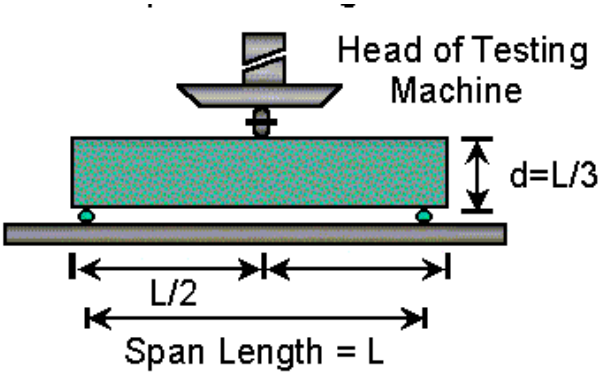
معاير الكسر Modulus of Rupture

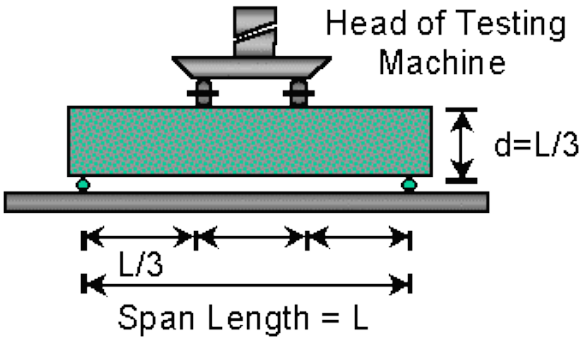
هي طريقة غير مباشرة لقياس مقاومة الشد للنماذج ، من خلال تحميلة بحمل واحد او اثنين ومسند الى مساند ثابتة.

١ - الحمل بنقطة واحدة M.O.R= 3PL/2bd2

٢- الحمل بنقطتين M.O.R= PL/bd2

kg/cm2 , N/ mm2 , lb/in2





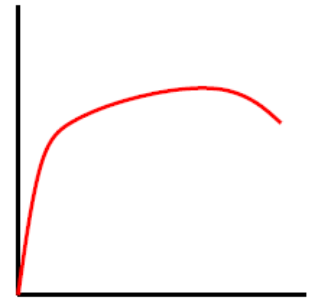
المطيلية- Ductility

قابلية المادة لحدوث تغير لدن plastic كبير بها دون تشقق تحت تاثير اجهاد الشد ، وتقاس بالنسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع.

Percentage reduction of area= [(Ao – A)/Ao]×100

Ao- original cross-sectional area

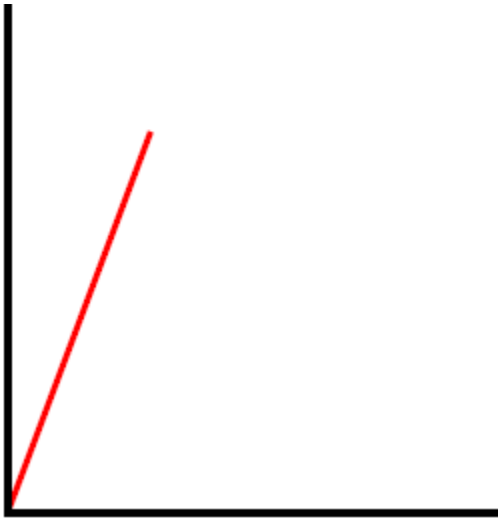
A - cross-sectional area at the point of fracture



Aluminum, Brass (Ductile)

القصافة Brittleness

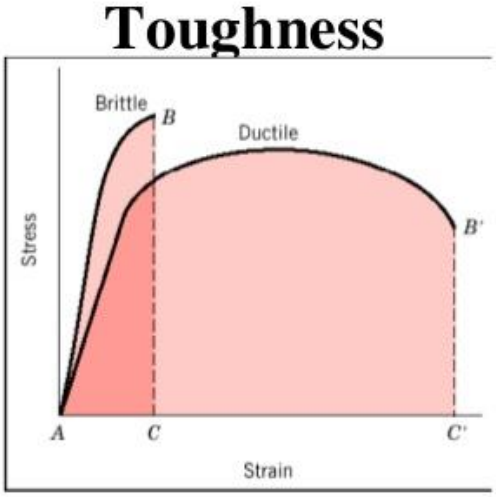
الخاصية التي تجعل المادة تتشقق قبل حدوث تشوه ملحوظ والقصافة عكس المطيلية



Glass (Brittle)

المتانة Toughness

قدرة المادة على مقاومة الاحمال الديناميكية دون كسر ، اي قدرتها على امتصاص الطاقة دون كسر وتقاس بالمساحة تحت منحني الاجهاد الانفعال



Toughness = the ability to absorb energy up to fracture
= the total area under the strain-stress curve up to fracture

Example: Steel bar has a circular cross-section with diameter *d* = 50 mm and an axial tensile load *P* = 10 kN. Find the normal stress.

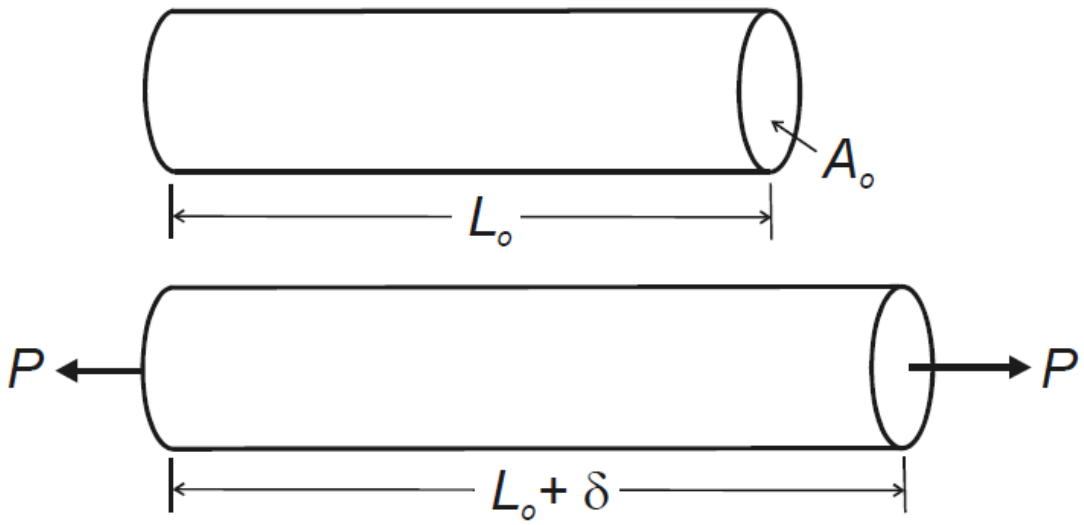


Fig.( )Bar under tensile force

$$\sigma = \frac{P}{A_o} = \frac{P}{(\pi d^2/4)} = \frac{4(10\times10^3)}{\pi(50\times10^{-3})^2}\frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 5.0929\times10^6\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Units are force per unit area = N / m2 = **Pa** (pascal). One Pa is very small, so we usually work in **MPa**(mega-pascal, Pa x 106).

σ = 5.093MPa

Example:Steel bar has length *Lo* = 2.0 m. A tensile load is applied which causes the bar to extend by δ = 1.4 mm. Find the normal strain

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_o} = \frac{1.4\times10^{-3}}{2.0}\frac{\text{m}}{\text{m}} = 0.0007$$

Greek letters

δ (delta)

مواد التطبيق للأرضيات

مقدمة

من اجل إنهاء الأرضيات (التطبيق) وجعلها بمظهر جيد ولائق ، فيتم استخدام طرق التطبيق
١ - صب الخرسانة 2- فرش التراب ويكون على شكل طبقات مع الحدل والرش بالماء للتخلص من الفجوات 3- التطبيق بالكاشي (او البلاطات)

الكاشي Tiles

هي الوحدات الخرسانية التي تعمل لتطبيق الأرضيات والتي لها المقاومة للتآكل والدوام و إعطاء سطح مستوي و صالح للاستعمال ومقبولا فنيا ، وهي مسبقة الصب ، ويصنع الكاشي من كبس مواد خراسانية في قوالب حديدية وتكون من طبقتين الأولى (من مواد ملونة الوجه) قوية و والطبقة الثانية تكون طبقة ضعيفة نسبيا في الظهر من الاسمنت والرمل وذات نسبة ماء إلى الاسمنت قليلة.

صناعة الكاشي

يتكون الكاشي من طبقتين الأولى تسمى القشرة (الوجه) ، والأخرى طبقة الظهر : يملئ القالب بشربت كثيف بنسبة خلط 1:1(سمنت : رمل) حيث يستخدم الاسمنت الأبيض (وبعض المواد الملونة للكاشي السادة) ، ويستخدم حجر الموزائيك في الكاشي الموزائيك ، وتكون هذه الطبقة بعد عملية التنعيم لا تتجاوز (8 ملم) وسمك طبقة الوجه لايتجاوز 3(مل) ، بعدها ترش طبقة خليط من سمنت ورمل (1:1) فوق الشربت ، ثم نكمل إملاء القالب بمونة السمنت بنسبة خلط (2:1) وقد يستخدم حصى بمقاس أقصى (10 ملم) (بحص) وثم تكبس المواد بقوالب الحديد وبعدها يرفع الضغط والحافات والغطاء وتزحف الكاشية باليد . تبقى الكاشية يوم واحد في الهواء للجفاف ، ثم تنقل إلى حوض الماء للمعالجة لمدة يوم أخر ، ثم تخزن في موقع رطب إلى عمر (28) يوم وفي حالة الكاشي الموزائيك خلال فترة (28) يوم يتم الجلي والتنعيم للوجه ، وفي بعض الأحيان تتم المعالجة باستخدام الإنضاج المعجل باستخدام البخار ذات رطوبة نسبية إلى درجة الإشباع ودرجة حرارة (70)م• ويكون لمدة يوم واحد ، ، ويكون الانكماش في الإنضاج المعجل اقل من الانكماش في الإنضاج الاعتيادي.

وطبقة الظهر هي التي تعطي وتحدد معاير الكسر للكاشي ، يعني إن طبقة الظهر تتحمل مقاومة الشد (لمعاير الكسر)

حددت المواصفة القياسية العراقية رقم 1042لعام 1984(للكاشي الموزائيك) حدود القبول لمعاير الكسر بأن لا تقل عن (3) نيوتن / ملم ^{2}

وهذا يعني أن الظهر يتحمل مقاومة شد (3) نيوتن / ملم 2، و بالكاشي يستخدم الحجر المكسر أو الحصى المكسر في طبقة الظهر لأنها تعطي ربط أفضل من الحصى النهري الذي يكون غير ملائم استخدامه، وحتى نحافظ على معاير الكسر ثابت فان سمك الكاشية يكون متغير مع زيادة الطول وعرض الكاشية .

أنواع الكاشي

يقسم الكاشي إلى نوعين أساسين هما

1- الكاشي السادة (PLAIN TILE) 2- الكاشي الموزائيك (TERAZZO TILE)

1- الكاشي السادة

و يقسم إلى أنواع عدة وأهمها

أ – الكاشي السادة العادي ب -الكاشي النقش ج - الكاشي المشجر د -آاشي الطرطوار

وبشكل عام للكاشي السادة في طبقة الوجه نستخدم الغبرة (حجر مكسر) (Limestone) والغاية منها تقليل التبدلات البعدية وجعل السطح صقيل وسهولة رفعها من القالب مع مواد ملونه ويشترط ان تكون االمواد الملونه (من اصل معدني، مادة غير قلقة كيميائيا ،لاتتفاعل مع السمنت اومركباتها ،لاتتاثر بالجو اواشعة الشمس ، مع ضمان التوزيع والتجانس على الوجة .

2- الكاشي الموزائيك

يتم استخدام طبقة الوجه فيها حجارة الموزائيك وتكون اغلبها من أصل رخامي ويجب أن تتوفر فيها الشروط التالية

١ -يجب ان تكون صلدة ذات حبيبات متبلورة ويفضل من اصل كلسي.

٢ -قابلية الذوبان لاتزيد عن(٠.٥ %) وتستخدم حجر الجبس التبلور يذوب بنسبة (2.٥%)

٣ -يجب ان تكون صلدة بدرجة مقاربة للسمنت وغير قابلة للتفتت.

٤ -تخلط بتجانس وتوضع على الوجه.

يقسم الكاشي الموزائيك إلى عدة أنواع منها

أ – الكاشي الموزائيك الاعتيادي ب -كاشي موزائيك مطعم ج - كاشي موزائيك مشجر

انواع اخرى من بلاطات التطبيق للارضيات

❖ **الجرانيت**

ويصنع من احجار طبيعية

- **مميزاته**

1- للجرانيت صلابة وقوة بالتحمل فلا يخدش ولا يكسر بسهولة ويتحمل الحرارة والبرودة
2- اشكاله والوانه مميزه ومختلفه وتعطى

- **عيوبه**

تكلفته العاليه

❖ **المرمر**

شكله لايختلف عن الجرانيت كثيرا(الرخام غالبا افتح قليلا عن الجرانيت) لكن يفرق من ناحيه القوه وهنا السبب في اختلاف السعر. للرخام اشكال والوان واحجام متعددة منه اللامع والمطفى ومنه الكبير والصغير والسميك والرفيع وله الوان متعدده مثل الرمادى والاحمر والاسود المعرق بالابيض

- **مميزاته**

1- يعطى رقى وفخامه وتميز وجمال للمكان
2- ممكن عمل سجاده بالرخام حيث يتم تركيبه بقطع رخامية صغيرة ومتعددة الألوان
3- يمكن صيانة الأرضيات الرخام وإعادة تلميعها كما لو كانت جديدة.(عن طريق الجلى)
4- مناسب للاجواء الحاره لانه بيدى احساس بالبروده.

- **عيوبه**

1- غالى سواء فى تكلفه المتر او في عملية الصناعة
2- تحتاج أرضيات البيت الرخام إلى عناية خاصة ويجب ألا يصل إليه أي منظف حامضي أو عصائر غازية وخاصة الأمونيا كما يتاثر بالهون والبقع.

❖ **السيراميك:**

هو عبارة عن بلاط مصنوع من الطين ,عن طريق تعريضه للحرق تحت درجات حرارة عالية , ثم دهن وجهه بطبقة قوية من الكوارتز أو البازلت , ويكون سمك هذه الطبقة رقيقاً جداً في العادة , بحيث يشكل قيمة مهملة نسبة إلى سمك البلاط .يتواجد السيراميك بعدة أبعاد

- **مميزات السيراميك:-**

1- مقاومة الأحماض,والمواد الكيميائية.
2- المظهر الجمالي الجيد.

- **عيوب السيراميك:-**

ضعيف وغير مقاوم للبري , لذلك لا يحبذ استخدامه كبلاط أرضيات في المناطق التي تكثر فيها الحركة كالمحلات التجارية والمباني العامة.

❖ **الباركيه**

عبارة عن قطع رفيعة من الخشب يتم تركيبها ورصها على الأرضيات وتثبت بغراء لاصق يفضله البعض في الغرف والمطابخ وله أشكال والوان عديدة حيث يوجد بلون غامق وفاتح
من مميزاته يشيع جوا من الد فئ والفخامة اما عيوبه فهو غالي الثمن ويحتاج إلى اهتمام بالغ ويتأثر بالرطوبة سريعا
ولا يستعمل الماء في تنظيفه وقد يتعرض للخدوش أو الحفر. كما انه لايناسب البلدان الحاره

❖ **البورسيلان:-**

البورسيلين يصنع من احجار صناعيه ويوجد منه نوع مطفى ونوع اخر لامع

- **مميزات البورسيلان:-**

1- قوي.
2- مقاوم للأملاح والكيماويات.
3- مقاوم بشكل كبير للتآكل.
4- تتنوع أشكاله وأحجامه منه ما يشبه الرخام ومنه ما يشبه الجرانيت وهناك أنواع منه بشكل السيراميك
5- غير قابل لامتصاص الالوان والبقع كانواع الرخام
6- لمعانه دائم ولا يتطلب الجلي أو التلميع بعد التركيب
7- مقاوم للحريق وله مقاومة فائقة للرطوبة والعوامل الجوية المختلفة
8- سهل التركيب وسهل العناية به ومناسب للاستخدام فى الاجواء الحاره

- **استخداماته:-**

يستخدم للأرضيات , أو للجدران الداخلية والخارجية.
هناك نوع جديد من البورسلين هو مايسمى ببورسلين ليزر الفرق بينه وبين البورسلين العادى او السيراميك انه لايكون فيه فواصل ولا يحتاج لغراء مابين البلاطات اي يشبه السجادة
ونوع اخر يشبه الباركيه وهويستخدم عوضا عن الباركيه وذلك لرخص ثمنه مقارنا بالباركيه ياتى بمقاسات مختلفه وتاتي بشكل يحاكي الباركيه وعلى درجات مختلفه من الالوان الفاتحه والغامقه

❖ **الفينيل**

هو بلاط من البلاستيك مثل المشمع وهو أدفىء من السيراميك وهو أنسب أنواع الأرضيات للمشاريع التي تتطلب خصائص معينة مثل المتانة، سهولة الصيانة، مقاومة التعفن، مقاومة الكهرباء الساكنة، و كتم الضوضاء، كما أن المواصفات الخاصة الواجب توفرها في الفينيل تتطلب أن يكون على قدر عالٍ من الأداء التقني بجانب النواحي الجمالية.
و تعدّ التكلفة غير المرتفعة نسبياً ميزة أساسية للفينيل، إضافة إلى توفر أصناف لا متناهية منه تضم ألواناً و نقوشاً متعددة، كما أن صيانة أرضيات الفينيل تتطلب الكم اليسير من العناية ، و يعدّ الفينيل مقاوماً للبلل، مما يسمح باستخدامه في الغرف ذات الرطوبة المفرطة، مع الأخذ في الاعتبار أنه يصبح مقاوماً للماء حينما يتم تركيبه بإحكام. ومن عيوبه انه يتمزق او يثقب اذا سقط عليه شيء حاد و بقوة.

المواد الرابطة

وتسمى المونة او القيمة وهي عبارة عن المادة اللينة التي تتصلب مع الوقت و تستعمل للاغراض التالية:

1. ربط وتثبيت الوحدات البنائية ووحدات التبليط والاكساء.
2. تنظيم البناء بشكل هندسي.
3. المساعدة في توزيع الاحمال بشكل منتظم.
4. مقاومة نفاذية الماء من خلال المفاصل البنائية.
5. يمكن ان تستخدم كمادة انهاء للجدران والسقوف.

2

مميزات المادة الرابطة الجيدة

1. لينة ويسهل مزجها والعمل بها ونشرها على السطوح.
2. لها القابلية على الاحتفاظ بماء المزج.
3. تتصلب بسرعة مقبولة.
4. تتماسك بدرجة كافية مع السطوح الملاصقة لها.
5. ذات تحمل مقبول بعد تصلبها.
6. ذات مقاومة متباينة للعوامل الجوية.

المواد الرابطة المستعملة محليا

1. مونة السمنت - رمل (تعرف محليا بمونة السمنت فقط)
2. مونة السمنت – نورة رمل
3. مونة الجص
4. مونة الطين

3

مونة السمنت

وهي من انواع المونة التي تقاوم الرطوبة, وهي اكثر انواع المونة استخداما في العراق وذلك لتوفرها وملائمة خواصها للاستعمال وتتكون هذه المادة (المونة) من السمنت البورتلاندي (انواع السمنت حسب الحاجة) ليعمل بوجود الماء كمادة لاصقة ولاحمة للمادة الأخرى المالئة والتي هي الرمل.

تتراوح نسب الخلط بين 2:1 الى 4:1 حجما (سمنت:رمل) وتضاف كمية كافية من الماء للحصول على قابلية تشغيل ولدونة مناسبة ويجري الخلط باليد للاعمال الصغيرة او بالخباطة الميكانيكية للاعمال المتوسطة والكبيرة.

تتميز مونة السمنت بانها ذات قوة تحمل جيدة وقوام جيد (حسب نسبة السمنت المستعمل والماء) وذات مقاومة جيدة للرطوبة بعد تصلبها الا انها قد تتاثر بالاملاح الكبريتية التي يكون مصدرها الرمل او ماء الخلط , كما انها تكون صعبة المزج في حالة استخدام رمل خشن حاد الزوايا لذلك يجب ان تكون المواد الداخلة في صناعتها مطابقة للمواصفات العراقية والرمل يجب ان يكون من النوع الناعم النظيف.

مونة السمنت - نورة

ويعتبر الجير من أوائل المواد اللاحمة إستخداما في التاريخ وهو عبارة عن أكاسيد الكالسيوم الناتج من حرق الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) عند درجة حرارة عالية تتراوح ما بين 900-1000 درجة مئوية وينتج عن الاحتراق مادة بيضاء هي أوكسيد الكالسيوم أو ما يعرف باسم الجير الحي. وحيث أنه يلزم لاستخدامه في أعمال المباني والبياض إضافة الماء إليه للحصول على مونة جيرية متحولا من أوكسيد الكالسيوم إلى هيدروكسيد الكالسيوم والذي يعرف بإسم الجير المطفى. وقد تكون العناصر التركيبية للحجر الجيري (المواد الأولية للجير) نقية بدون أي شوائب أخرى أي متكونة من كربونات الكالسيوم فقط، وهي حالة نادرة. وقد تكون متحولة بنسب مختلفة إلى ما بين كربونات الكالسيوم و كربونات الماغنسيوم لأن الحجر الجيري من الصخور المتحولة من كربونات كالسيوم خالصة إلى كربونات ماغنسيوم، وقد تكون بعض الشوائب من السيليكا أو الألومينا أو أوكسيد الحديد أو القليل من الكبريتات و القلويات.

الجير المطفي (النورة المطفئة)

وهو عبارة عن الجير الحي المتحول كيميائيا عند إضافة الماء إليه أثناء الاستخدام إلى جير مطفي.

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 15.6\ K.Cal$$

بعد ان تكتمل

عملية الاطفاء تماما تتحول الكتل الى مسحوق ناعم ينقل الى احواض فيها كمية من الماء ليحل بشكل كثيف ويمرر بمناخل ناعمة لتفصل المواد الغريبة او المتفاعلة مع الماء. تطفأ بالماء لفترة معينة قبل استخدامها بالبناء. تتم عملية التماسك بفقدان الجير المطفئ لمائه بواسطة التبخر وامتصاص ثاني اوكسيد الكاربون من الهواء ويكون الناتج كاربونات الكالسيوم الصلبة الرابطة والتي تربط ذرات الرمل.

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

الجص Gypsum

هو كبريتات الكالسيوم الحاوية على نصف جزيئة ماء $CaSO_4.\frac{1}{2}H_2O$ وشوائب مثل السيليكات، الالومينات واكاسيد الحديد. يصنع الجص من الترسبات الجبسية. والجبس هو المركب المتبلور لكبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4.2H_2O$) ويفقد جزيئة ونصف من ماء التبلور بدرجة حرارة 170 درجة مئوية . ويفقد الجبس جميع مائه بدرجة حرارة 200 درجة مئوية ويتحول الى الجبس اللامائي ($CaSO_4$).

الجص الحاوي على نصف جزيئة ماء يدعى مسحوق باريس وهو مادة غير مستقرة حيث بمجرد تواجد الماء او الرطوبة يحدث التفاعل العكسي مكوناً مادة صلبة لذلك يجب خزنها في مكان لاتصله الرطوبة لانه يتحول بسرعة الى مادة صلبة اما مادة كبريتات الكالسيوم اللامائية (الجص اللامائي) فانها تحتاج الى زمن اطول لترجع الى كبريتات الكالسيوم المائية عند تفاعلها مع الماء.

ان اهم مقالع المواد الخام في العراق (الترسبات الجبسية) الموجودة في العراق هي المنطقة الشمالية حيث توجد هذه الترسبات بشكل صخور جبسية منتشرة على سطح الارض او بشكل ترسبات تحت سطح الارض وتكون عالية النقاوة وفي المناطق الوسطى تتواجد الخامات الجبسية في شرق وغرب المنطقة وتكون سطحية وتحوي على نسب متباينة من المواد الشائبة اهمها الطين والحصى والرمل.

الانواع الشائعة من الجص

1. الجص الميكانيكي: هو المادة الناتجة من احراق خامات الجبس ويحوي نسبة عالية من الشوائب وعادة تؤثر في زيادة وقت التماسك, يحضر بكور بدائية ويطحن بمطاحن صغيرة ومتحركة يستعمل في الانهاء الابتدائي وكقيمة بنائية ولايستعمل في الطبقة الاخيرة من الانهاء.
2. الجص الفني: يحضر من نفس خامات النوع الميكانيكي الا انه يحرق بافران خاصة ويطحن بمطاحن ثابتة وهو انعم من النوع السابق وذو تحمل اعلى وزمن تماسك اقل يستعمل كقيمة بنائية وللانهاء في الطبقات الاولية والنهائية.
3. البورك: هو اقرب مايكون الى مسحوق باريس ويسمى البياض , يستعمل للانهاء النهائي او للانهاء الاولي بعد خلطه مع الرمل.

خواص الجص

- من المواد الرابطة غير المقاومة للماء لذا لا يستعمل في المحلات المعرضة للرطوبة.
- تحمل الجص قليل نسبياً ويتاثر بدرجة الحرق ونعومة الجص ومقدار الشوائب وظروف الخزن بعد الانتاج.

ملاحظات حول استعمالات الجص

1. يجب ان يخزن في مكان جاف لان له قابلية على امتصاص الرطوبة.
2. يجب ان يكون الماء المستعمل في عمل الخلطة نظيفاً وخالياً من المواد الطينية والاملاح.
3. يجب ان تكون اوعية الخلط نظيفة وخالية من اثار الجص المتصلب.
4. تستعمل المونة الطرية بعد الخلط مباشرة اي قبل تصلبه.
5. لا يجوز اعادة خلط مونة الجص او اعادة اضافة مونة جديدة الى مونة قديمة.
6. للحصول على جص ذو زمن الجماد اطول يحرق الجبس بدرجات حرارة عالية او يخلط مع الرمل او بعض المواد الاخرى.
7. لايصلح الجص لاعمال تطبيق الكاشي لان الجص عبارة عن املاح كبريتية يؤثر تأثير ضار على الخرسانة بوجود الرطوبة حيث انه يتفاعل مع مركبات السمنت مكوناً مركبات كبيرة الحجم وهذا يؤدي الى ارتفاع الكاشي عن الارض.

استعمالات الجص

1. يستعمل الجص كمادة رابطة للوحدات البنائية في المناطق الجافة
2. يستعمل كمادة انهاءات الجدران الاولية والنهائية
3. في انتاج منتجات جاهزة جصية ومنها :

أ- الواح بياض PLASTER BOARD

هو عبارة عن الواح مربعة أو مستطيلة الشكل يتراوح سمكها بين (2-4) سم ينتج من البورق وتباع بشكل قطع تركب على الجدران أو السقوف يستخدم عادة مع الجص الالياف البنائية او الصناعية لزيادة تحملها وعدم تكسرها وهي ذات اشكال هندسية وفنية لاعطاء شكل فني جميل .

ب – الكتل البنائية Building Block

وتصنع من الجص او الجص والرمل وكذلك مع الركام خفيف الوزن تتميز هذه الكتل بقلة الكثافة وعزلها الجيد وانهاءها الجميل وهي على الاغلب تكون مجوفة

ت - الواح قواطع Partition Tile

وهي الواح كبيرة تستعمل كقاطع لتقطيع الفضاءات و تكون مجوفة أو صلدة وذات ابعاد مختلفة

ث - القطع الكاتمة للضجيج Noise Silencers Tiles

وهي الواح تصنع من الجص او من الياف الاسبست او تراكيب معدنية او مواد اخرى، تمتاز هذه القطع بان سطحها الخارجي مثقب يعمل على امتصاص الصوت ويقلل الضوضاء .

زمن الانجماد (التماسك) للجص Setting time

هو الزمن اللازم لتحول الجص والماء الى مادة صلبة ويتأثر بـ:

4. الشوائب الموجودة مع المادة الجبسية حيث كلما زادت نسبة الشوائب كلما طال زمن الجمود.
5. النعومة. الجص الخشن زمن جموده ابطأ من زمن جمود الجص الناعم ويسهل العمل به مع نسبة ماء اقل والسبب يعود الى ان المساحة السطحية لحبيبات الجص الخشن اقل من المساحة السطحية لحبيبات الجص الناعم والتفاعل مع الماء يجري مع سطح الحبيبات وتقاس النعومة بانها نسبة ما يتبقى من المادة على منخل رقم 1.18 مم.
6. نسبة الماء الى الجص ويرمزلها w/g يزداد زمن الجمود بزيادتها والسبب يعود الى ان الحبيبات العالقة في الماء تنمو بجميع الاتجاهات وتلتقي مع الحبيبات الاخرى وتنمو متحولة الى المادة الصلبة فاذا قلت نسبة الماء فان الحبيبات ستتباعد عن بعضها وتحتاج الى وقت اكبر لتتحد.
4. درجة حرارة الحرق: كلما ازدادت درجة حرارة الحرق ازداد زمن الجمود والسبب يعود الى انه درجة

الحرارة غير العالية الجص الناتج هو جبس باريس وهو ناتج غير متحول كلياً اي حاوي على نصف جزيئة ماء ويحتاج الى جزيئة ونصف ليتحول الى مركب مستقر (كبريتات الكالسيوم المائية) في حين اذا ازدادت درجة الحرارة فان الناتج فان الناتج هو الجص الالماني الذي يحتاج الى جزيئتين من الماء ليتحول الى المركب المستقر وهذا التفاعل اطول اي زمن الجمود اطول.

مونة الطين

الطين مادة ضعيفة التماسك تستخدم لاغراض بنائية بدائية محدودة كالابنية الريفية القليلة الكلفة المشيدة باللبن