مادة مواد البناء

المرحلة الأولى

العام الدراسي 2017 / 2018

مفردات المنهج

ت	المفردات	رقم الصفحة
1	تصنيف المواد الهندسية و خواصها	
2	الخواص الميكانيكية للمادة (أنواع القوى)hooks law, strain, stresses	
3	تمارين رياضية على الخواص الميكانيكية للمادة	
4	الطابوق الطيني (تصنيف الترب من حيث التدرج الحبيبي و أهم المعادن الطينية)	
5	مراحل صناعة الطابوق الطيني (طرق التشكيل ,التجفيف ،الحرق)	
6	الخواص الهندسية للطابوق الطيني	
7	أنواع الطابوق الطيني	
8	أنواع أخرى من الطابوق غير الطيني (الطابوق الجيري- الرملي ، الطابوق الخرساني , الطابوق الزجاجي)	
9	كتل البناء (كتل الترب المثبتة ، كتل البناء الخرسانية ، كتل الثرمستون)	
10	أنواع المواد الرابطة (الجص)	
11	صناعة الجص و أصنافه حسب المواصفة العراقية و البريطانية	
12	المنتجات الجبسية و المضافات الى الجبس (أستعمالأت الجص)	
13	النورة (صناعة النورة) أفران الحرق ,أطفاء النورة	
14	خواص النورة ، واستخداماتها في البناء ,خواص مونه السمنت والنورة	
15	صناعة السمنت	
16	التركيب الكيميائي للسمنت البورتلاندي وخواصه الفيزيائية	
17	أنواع السمنت البورتلاندي وغير البورتلاندي	
18	البوزولانا	
19	الخشب (استعمالاته ،ميزاته، أهم العوامل التي تؤثر على تحمل الخشب	
20	التغيرات البعدية في الخشب, تجفيف الخشب, عيوب الخشب	
21	فحوص الخشب	
22	أنواع الخشب (الطبيعي و أنواعه ، المصنع و أنواعه)	
23	مواد الاكساء ، الكاشي ، انواع الكاشي	
24	صفات الكاشي و الفحوصات اللازمة، عيوب الكاشي	
25	أنواع أخرى من مواد الأكساء	
26	المعادن (تصنيف المعادن , تحضير المعادن)	
27	الأهين ،الحديد المطاوع ، الفولاذ	
28	حجر البناء التصنيف الجيولوجي	
29	خواص واستعمالات كل صنف	
30	الخواص الهندسية للحجر	

مواد البناء

تصنيف المواد الهندسية و خواصها :-

أ- خواص المواد:- Properties of materials

أن خواص المواد هي تلك الميزات التي تتميز بها المواد المختلفة بعضها عن البعض الأخر وتظهر على شكل صفات خاصة للمادة سواء كان ذلك بالإحساس البسيط لتلك الصفة أو باستعمال الأجهزة و ألألأت الدقيقية لقياسها و تقسم الى الأنواع التالية :-

1- الخواص الفيزياوية Physical Properties

وتشمل الصفات التالية:-

أ- الأبعاد Dimensions ب- الشكل Shape ج- الكثافة Density د- المسامية Porosity ه- محتوى الرطوبة Moisture Content و- التركيب ألمجهري Micro Structure.

2- الخواص الميكانيكية Mechanical Properties
وتشمل الصفات التالية :-
أ- الشد Tension ب- الضغط Compression ج- الانحناء Bending د- التصادم Impact ه- الكزا زه Stiffness و- السحبية Ductility ز- القصافة Brittleness ح- المرونة Elasticity ط- المطاوعة plasticity

3- الخواص الكيماوية Chemical Properties

وتشمل الصفات التالية :-

أ- التركيب الكيميائي Chemical composition .
ب- الحامضية Acidity .
ج-القلوية Alkalinity.

د- مقاومة التآكل Resistance to corrosion .

هـ - التآكل بسبب الظروف الجوية Weathering.

4- الخواص الحرارية Thermal Properties

وتشمل الصفات التالية:-

أ- الحرارة النوعية Specific heat .

ب- التمدد Expansion.

ج- قابلية التوصيل Thermal Conductivity.

5- الخواص الكهربائية و المغناطيسية Electrical and Magnetic Properties

وتشمل الصفات التالية :-

أ- قابلية التوصيل Conductivity.

ب- النفاذية Permeability.

ج- التفاعل الغلوني Galvanic Action.

6- الخواص الصوتية Observer Properties

وتشمل الصفات التالية:-

أ- نقل الصوت Sound Transmission.

ب- عكس الصوت Sound Reflection.

ت- امتصاص الصوت Sound Absorption.

7- الخواص البصرية Optical Properties

وتشمل الصفات التالية :-

أ- اللون Color.

ب- نقل الضوء Light Transmission.

ت- عكس الضوء Light Reflection.

الخواص الميكانيكية :- Mechanical Properties

تعرف الخواص الميكانيكية بالصفات التي تخص تصرفات المادة عندما تتعرض الى قوى. و هذه الصفات هي الأساس الذي يمكن أن يعبر فيها المصمم عن احتياجاته و كذلك لأجل المقارنة بين النماذج المختلفة من مادة واحدة. أن أهم الخواص هي :-

1) المرونة (Elasticity):- وهي امتلاك المادة القابلية للرجوع الى شكلها و أبعادها الأصلية عند تجريدها من أي قوى مسلطة عليها. أن لجميع المواد المستعملة هذه الخاصية في ضمن حدود متباينة والتي تعتبر مرنة.أن القوى المؤثرة في ضمن حدود المرونة تسمى جهد المرونة Elastic Stress.

2) المطاوعة البلاستيكية (Plasticity) :- وهي الخاصية التي تسمح للمادة بأن تأخذ شكلا بدون أي فطر فيها (Fracture). والمادة المطاوعة المثالية هي التي لاتتغير أبعادها نهائيا" بعد رفع الجهود المؤثرة في تغيير شكلها. إن هذه الخاصية مهمة في تهيئة وعمل المواد الإنشائية و البنائية.
3) السحبية (Ductility) :- وهي قابلية المادة لمقاومة التغيير الكبير في المطاوعة و تغيير الشكل في حالة الضغط .
4) المطروقية (Malleability) :- وهي قابلية المادة لمقاومة التغيير الكبير في المطاوعة و تغيير الشكل في حالة الشد.
5) القصافة :(Brittleness) :- وهي صفة المادة التي تنكسر قبل أن يحدث فيها أي تغيير في الشكل.
6) المقاومة (Strength) :- وهي ثبات المادة أمام الجهد المسلط عليه وتقاس بالجهد المسلط على وحدة المساحة.
7) الكزازة (Stiffness) :- وهي صفة المادة لمقاومة أي نوع من التغيير في الشكل.
8) القساوة (Toughness) :- وهي خاصية المادة لمقاومة أو امتصاص القوى الميكانيكية و تكون هذه المواد ذات مقاومة كبيرة لتغير الشكل بجهود عالية.
9) الاستيعاب (Resilience) :- وهي وسعة المادة لخزن الطاقة الميكانيكية و تقاس بوحدة الطاقة. ومعاير الاستيعاب (Modulus of Resilience) هو الحد الأعلى لكمية الطاقة الميكانيكية التي يمكن خزنها في وحدة الحجم من المادة و التي تسترجع المادة وضعها بعد رفع القوى عنها.
10) الصلادة (Hardness):- وهي قابلية المادة لمقاومة التغلغل فيها.
11) الدوام :(Endurance)- وهي خاصية المادة لمقاومة التأثير المتعاقب في تأثير القوى. وحد الدوام (Endurance limit) هو الحد الأعلى للجهود المتعاقبة والتي يمكن أن تتحملها المادة بدون أن يحدث فيها أي فشل.

فحص المواد وأنواع القوى

فحص المواد :- هو تعيين القياسات الدقيقة لخواص وصفات المواد و بالأخص الخواص الميكانيكية و ذلك لعمل فحوص لها .

إن استعمال المواد الصحيحة يعتمد على الدقة في معرفة خواص هذه المواد و تقسم طرق الفحص بالنسبة الى عدة عوامل متعددة :-

1- بالنسبة للموضوع وتقسم الى :-
أ- الفحوص التجارية :- وهي الفحوص التي تعمل للمواد فيما يتعلق بصفاتها و ذلك لقبولها عندما تعرض في مواصفات تجارية أو لإغراض ضبط الإنتاج أو الصنع. ويتبع لهذا خطوات قياسية لمعرفة مطابقة المادة للمواصفات أو عدمه.
ب- فحوص البحث :- أن الاغراض الاعتيادية الى فحوص البحوث هي :-
1. للحصول على معلومات جديدة لمواد مألوفة.
2. لاكتشاف خواص مواد جديدة.
3. لتطوير الطرق القياسية لفحوص المواد.

4. لدراسة تصرف مواد معينة و صلاحيتها لاستعمالات خاصة.

ت- الفحوص العملية :- أن الغرض من هذه الفحوص هي الحصول على معلومات أساسية و مفيدة و معتمدة للمواد عندما يتطلب معرفة خواصها الدقيقة و تصرفاتها في أي تصميم.

2- بالنسبة الى الموقع وتقسم الى :-

أ- فحص الحقل.

ب- فحص المختبر.

إن لهذين الفحصين خواص كل منها من حيث دقة النتائج و احتمال الخطأ و نوع الفحوص وسرعة أعطاء النتائج والأجهزة المستعملة و الخطوات المتبعة للفحص و على ضوء هذه العوامل يقرر نوع الفحص.

3- بالنسبة الى الطريقة العامة المتبعة :-

أ- الفحص على نموذج كامل الحجم.

ب- الفحص على نموذج صغير.

ت- الفحص على نموذج مقطوع من النموذج الأصلي.

ث- الفحص على نماذج من مواد مصنوعة أو خام.

4- بالنسبة الى استعمال المادة بعد الفحص :-

أ- فحص أتلافي (Destructive test):-

ب- فحص غير أتلافي (Non-Destructive test):-

إن جميع الفحوص التي تعمل للحصول على قوى قصوى في التحمل تعتبر فحوص اتلافية أما الفحوص التي تعمل لمواد منهية فهي بطبيعة الحال تكون فحوص غير اتلافية.

أن أهم الفحوص التي تجري على المواد البنائية هي الفحوص التي غالبا ما تكون كافية لإعطاء فكرة عن صلاحية المواد و عدم صلاحيتها و التي تعطي معلومات عن عدة خواص في وقت واحد و أهم هذه الفحوص هما :-

ب-1- فحص الشد (Tension Test) :- أن فحص الشد هو تسليط قوى سحب متعاكسة على نهايتي النموذج المراد فحصه مما تسبب حدوث جهود شد في المادة و زيادة طول النموذج في جهة موازية للقوى المسلطة.

ب-2- فحص الضغط (Compression Test):- أن فحص الضغط هو توجيه قوى دفع نحو النموذج المراد فحصه مما تسبب حدوث جهود ضغط في المادة و نقصان طول النموذج في جهة موازية للقوى المسلطة.أي عكس ما يعمل لفحص الشد.

و عند أجراء هذا الفحص يجب الانتباه الى النقاط التالية:-

أولا:- صعوبة توجيه القوى بشكل مركز بحيث تكون مطابقة لمحور النموذج.

ثانيا:- حدوث جهود انحناء أثناء الفحص بسبب الجهاز أو النموذج.

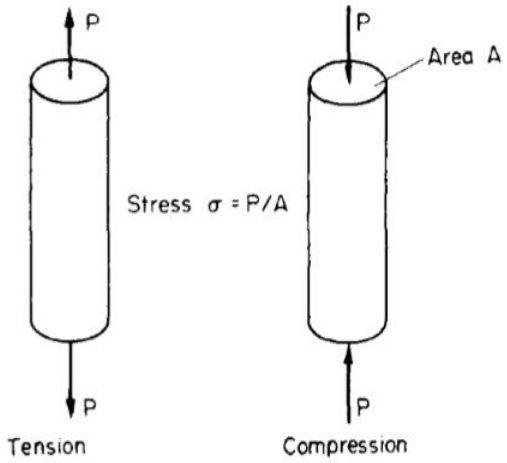
ثالثا:- تأثير الاحتكاك بين رأس الجهاز أو الصفائح التحمل في الجهاز مع نهايات الجهاز وذلك بسبب التمدد العرضي الذي يحدث في الجهاز أثناء الفحص.

رابعا:- يجب التقيد بجعل طول النموذج متناسبا مع العرض. وأن يكون مقطع النموذج صغيرا بدرجة يمكن استعمال ألأجهزة المألوفة لفحص الضغط.

- **يفضل في هذا الفحص أن يكون مقطع النموذج دائريا كما إن المواد البنائية المجهزة بأشكال غير دائرية تفحص كما هي .**

أنواع القوى

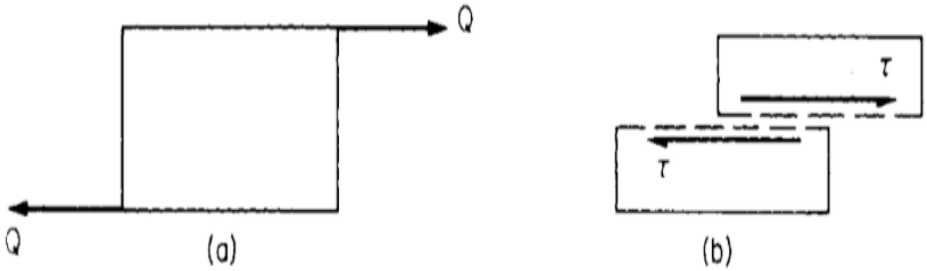
أ- القوى المحورية (Axial Forces) :هي قوى الشد و الضغط .



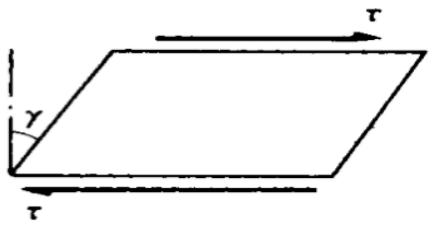
.

ب- قوى القص (Shear Forces).

قوى القص :- هي قوى موازية لسطح المادة و تسبب إزاحة نسبية بين السطح الأعلى و السطح الأسفل للنموذج و تسبب أجهادات قص مقدار هذا الإجهاد هي مقدار قوة القص مقسمة على مساحة السطح المؤثرة عليه.



أجهاد القص :- يرمز له بالرمز τ , هذا الإجهاد يسبب تغير في الشكل .



الانفعال في حالة القص هو ظل الزاوية γ .

$$tan = \frac{\Delta l}{l}$$

Δl= هي الإزاحة النسبية بين السطح الأعلى والأسفل.

l= هو البعد العمودي بين السطحين.

وبما إن الانفعال القص هو انفعال خطي ضمن حدود المرونة وهو كمية قليلة لذا فأن

$$\gamma = tan\gamma$$

والعلاقة بين τ و γ هي:-

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

الثابت G هو معامل القص, Shear modulus وهو من خواص المادة.

قانون هوك (Hook' s Low)

عند زيادة القوة المحورية (قوة الشد أو الضغط) بنسب ثابتة تقرأ قراءات المقياس (Strain gauge) في كل زيادة بالقوة المسلطة على النموذج و هذا يستمر الى أن يحصل الفشل في النموذج. منذ البداية تكون مساحة المقطع للنموذج معروفة لدينا و الطول الأصلي معروف. أذا أمكن أن نحسب الإجهاد و الذي يرمز له بالرمز (σ) من المعادلة التالية:-

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ = Normal stress (N/mm^2) or (Mpa) ,kN/m^2 , Ib/in^2 , kip/ft^2….etc

P = axial load (N ,kN , in ,ft)

A= Cross sectional area. (mm^2, m^2,in^2 ,ft^2)

الانفعال هو نسبة بين التغير بالطول الى الطول الأصلي.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

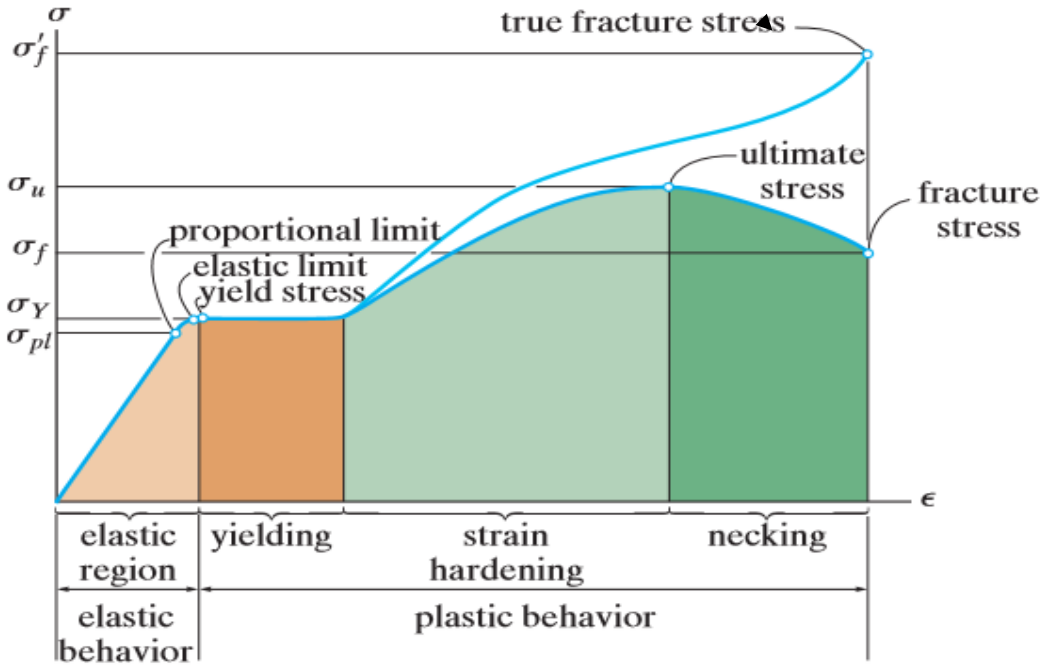
ϵ = Strain

Δl = change in the length (mm ,cm, mm,…….)

l = original length (mm ,cm, mm,…….)

نعمل جدول بقيم الإجهاد و الانفعال المأخوذة من هذه التجربة هذه النتائج ممكن أن ترسم على ورق بياني, المخطط الناتج هو مخطط الإجهاد – الانفعال (Stress - Strain-Curve), يختلف بشكل واسع من مادة لأخرى.

بالنسبة لمادة الحديد الانشائي ، يكون مخطط الأجهاد – انفعال (Stress – Strain Curve) كما مبين في الشكل التالي . من الواضح أن العلاقة تكون خطية في البداية لقيم قليلة من الانفعال ,هذه العلاقة الخطية بين التغير بالطول و القوة المسلطة المسببة لهذا التغير لوحظت في البداية من قبل العالم روبرت هوك (Robert Hook) عام 1678 م وهذا ما يطلق عليه قانون هوك.



Conventional and true stress-strain diagrams for ductile material (steel) (not to scale)

Activate Wind

$$б = \frac{E}{\epsilon}$$

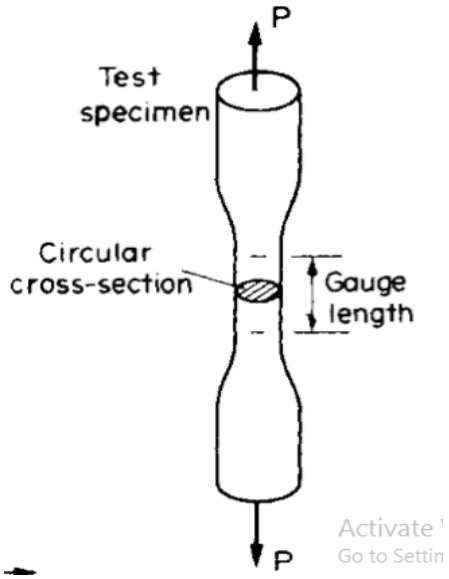
حيث (E) تمثل ميل الجزء المستقيم من المنحني ويسمى معامل المرونة (Modulus of elasticity) و هو النسبة بين وحدة الإجهاد الى وحدة الانفعال و يسمى أيضا (Young 's Modulus) طالما أن الانفعال بدون وحدات لأنه النسبة بين طولين فوحدات معامل المرونة هي نفسها وحدات الإجهاد.

من خلال مخطط الإجهاد – الانفعال (Stress - Strain-Curve) يمكن دراسة الخواص الميكانيكية للمادة .

معامل الاستيعاب (Modulus of Resilience):- أن مقدار الشغل المنجز في وحدة الحجم من المادة يزداد بالتدريج من الصفر الى أن تصل المادة الى نقطة إل (Proportional Limits) فمعامل الاستيعاب هو الشغل المنجز في وحدة الحجم من المادة ضمن حدود المرونة. أو هو قابلية المادة لامتصاص الطاقة ضمن حدود المرونة, و ممكن حسابها من خلال حساب المساحة تحت منحني مخطط أجهاد – انفعال (Stress – Strain Curve) من (0- proportional limit).

- معامل القساوة (Modulus of Toughness):-هو قابلية المادة لامتصاص الطاقة في وحدة الحجم من المادة في تجربة الشد ضمن حدود اللدونة و يمكن حسابها من حساب المساحة تحت منحني الإجهاد – الانفعال (Stress - Strain-Curve) من نقطة الاصل الى حد الفشل من (0- Fracture stress).
- (Proportional Limits) :-هي أكبر قيمة الإجهاد في تجربة فحص الشد بحيث إن الإجهاد هو دالة خطية للانفعال .
- حد المرونة (Elastic Limits):- هنالك نقطة إحداثياتها مجاورة لنقطة proportional limit) تسمى حد المرنة (Elastic Limits) و هي أعلى أجهاد في تجربة فحص الشد بحيث لأتبقى تشوهات دائمية عند رفع الحمل المسلط ، لكثير من المواد القيمة العددية لحد المرونة وال (Proportional Limits) تكون متطابقة و في مواد أخرى تكون قيمة حد المرونة (Elastic Limits) أعلى من (Proportional Limit) .
- مجال المرونة (Elastic Range) :- هو جزء من مخطط الإجهاد – الانفعال (Curve- Stress -Strain) الذي يمتد من نقطة الاصل الى نقطة (Proportional Limit).
- مجال اللدونة (Plastic Rang):- هو جزء من مخطط الإجهاد – الانفعال (Strain-Curve - Stress) الذي يمتد من نقطة (Proportional Limit) الى حد الفشل (Fracture stress) .
- نقطة الخضوع (Y)(Yield Point):- وهي النقطة التي يحدث فيها زيادة في الانفعال بدون أي زيادة في الإجهاد.و أجهاد الخضوع يسمى بـ (σ_y).
- التحمل الأقصى (σ_u) (Ultimate Strength or Tensile Strength):- هي أعلى إحداثيات في مخطط الإجهاد – الانفعال (Stress - Strain-Curve) أو هي أعلى أجهاد في مخطط الإجهاد – الانفعال (Stress - Strain-Curve).
- أجهاد الفشل أو القطع (σ_f)(fracture stress) : هو الإجهاد الذي تفشل فيه المادة .
- نسبة بواسان (υ، η) (Poissons) :- عندما تتعرض المادة الى قوى شد محورية يحدث زيادة في الطول بأتجاه الحمل المسلط مع نقصان في المقطع العرضي. النسبة بين الانفعال بالاتجاه

العرضي الى الانفعال بالاتجاه الطولي (المحوري) يسمى نسبة بواسان (Poissons ration) و يرمز لها بالرمز (υ) أو (η) قيمة نسبة بواسان لمعظم المعادن تتراوح بين (0.25 -0.35) .



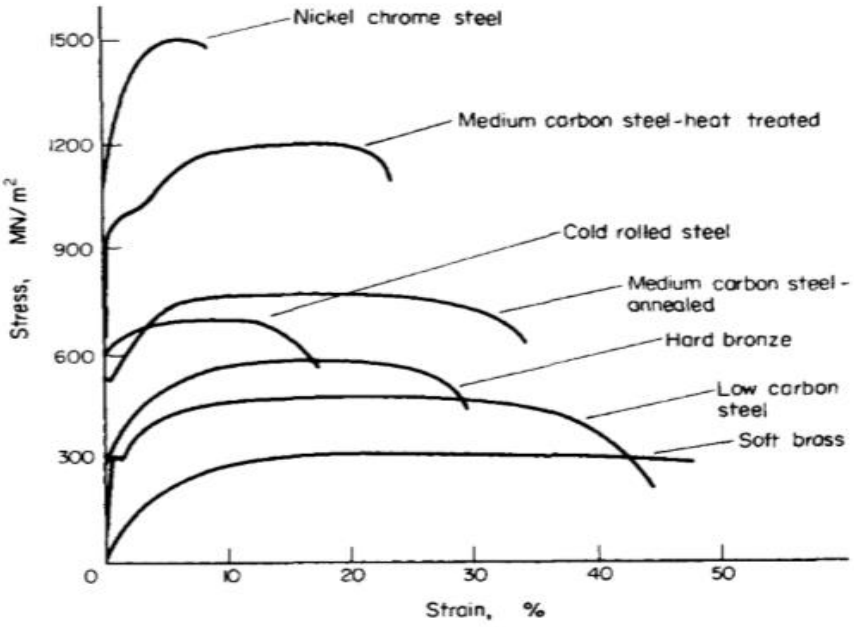


Fig. 1.5. Tensile test curves for various metals.

مخطط الاجهاد – انفعال لمعادن مختلفة .

- **تمارين رياضية على الخواص الميكانيكية للمادة**

مثال (1) :- أحسب مقدار الاستطالة لقضيب مقطعه A و طوله L و معامل المرونة له E معرض الى قوى شد محورية من النهايتين مقدارها P.

$$\epsilon \; \alpha \; \sigma$$

$$\sigma = E \, \epsilon$$

$$\sigma = \frac{E}{\epsilon}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

$$E=(P/A) / (\Delta L/L)$$

$$\Delta L= (P.L) / (A.E)$$

مثال (2) :- شريط حديدي طوله (30 م) و مقطعه (1ملم *6 ملم) أحسب مقدار الاستطالة عندما يتعرض الشريط الى قوة شد (50 نت) و قيمة معامل المرونة (200000 ميكا باسكال).

الحل:-

$$\Delta L= (P.L) / (A.E)$$
$$\Delta L= (50 *30 *1000) / ((6*1)*200000)$$
$$\Delta L=1.25 \text{ mm}$$

مثال (3) :- قضيب فولاذي مقطعه (500 ملم 2) و طوله (500 ملم) معرض الى قوة شد(50 كيلو نت) أحسب مقدار الاستطالة للقضيب أذا كان معامل المرونة للحديد (200000 ميكا باسكال).

الحل:-

$$\Delta L= (P.L) / (A.E)$$
$$\Delta L= (50 *1000 *500) / (500*200000)$$
$$\Delta L=0.25 \text{ mm}$$

مثال (4):- النتائج عملية تمثل قيم الإجهاد و الانفعال من تجربة مختبريه. أرسم هذه النتائج على ورق بياني و أوجد القيمة التقريبية لمعامل المرونة من المخطط.

Stress (Mpa)	0	141	202	252	290	319	343	360	370	390

Strain	**0**	**0.087**	**0.172**	**0.295**	**0.339**	**0.413**	**0.482**	**0.547**	**0.608**	**0.77**

•3–1. A concrete cylinder having a diameter of 6.00 in. and gauge length of 12 in. is tested in compression. The results of the test are reported in the table as load versus contraction. Draw the stress–strain diagram using scales of 1 in. = 0.5 ksi and 1 in. = $0.2(10^{-3})$ in./in. From the diagram, determine approximately the modulus of elasticity.

Load (kip)	Contraction (in.)
0	0
5.0	0.0006
9.5	0.0012
16.5	0.0020
20.5	0.0026
25.5	0.0034
30.0	0.0040
34.5	0.0045
38.5	0.0050
46.5	0.0062
50.0	0.0070
53.0	0.0075

3–5. A tension test was performed on a steel specimen having an original diameter of 12.5 mm and gauge length of 50 mm. Using the data listed in the table, plot the stress–strain diagram, and determine approximately the modulus of toughness. Use a scale of 20 mm = 50 MPa and 20 mm = 0.05 mm/mm.

Load (kN)	Elongation (mm)
0	0
11.1	0.0175
31.9	0.0600
37.8	0.1020
40.9	0.1650
43.6	0.2490
53.4	1.0160
62.3	3.0480
64.5	6.3500
62.3	8.8900
58.8	11.9380

Activate W
Go to Settings

(الطابوق الطيني)

تصنيف الترب من حيث التدرج الحبيبي و أهم المعادن الطينية

تكونت التربة أساسا بفعل عوامل التعرية للأجزاء الصخرية للقشرة الأرضية. قسم من الصخور الموجودة في التربة تكونت بالأصل من تربة تعرضت إلى ترسيب وانضغاط لحبيباتها. وباستمرار عمليات التعرية و حركة المياه و الثلوج و الرياح تكونت حبيبات أصغر و شكلت الطين, الرمل, الحصى وغيرها من مكونات التربة. ففي المناطق الجبلية هنالك تأثير واضح للسيول في عمليات التعرية سوف تتحرك و بالتالي تترسب في أماكن أخرى بعيدة عن مكانها الأصلي, هذه الحركة ربما تؤدي إلى تغيير في شكل الحبيبات من حاد الزاوية إلى شبه مستدير.

هنالك نوع أخر من عمليات التعرية وهي التعرية الكيميائية بعض الصخور مثل (Limestone) تتأثر بالحوامض البسيطة الموجودة في مياه الأمطار. الصخور الرسوبية مثل (Sandstone) مكونة من حبيبات السليكا المقاومة للتعرية بفعل الجو (Weathering) لكن المواد الرابطة بين هذه الحبيبات معرضة للتاكل والذوبان.

التعرية تختلف من مكان الى أخر حسب الظروف المناخية المحيطة مثلا في الصحاري تأثير التعرية الكيميائية قليل و الأملاح لا تذوب لقلة الأمطار لذا فهي تبقى بشكل كتل بلورية وسط الرمال , بينما في المناطق المطرية هناك باستمرار عمليات تعرية وذوبان لحبيبات التربة.

في أنواع أخرى من الترب هنالك تأثير واضح للماء في تشكيلها حيث إن النهر عندما يصب في البحيرة أو البحر فأن كمية الترسبات التي يحملها كبير و سرعة الماء تصبح قليلة فالحبيبات الكبيرة تترسب في البداية و الحبيبات الأصغر بعدها ,في هذه المناطق يكثر الحصى و الرمل الخشن.

الحبيبات الناعمة والخشنة بالتربة :-

التربة الرسوبية التي تكونت بفعل ترسبات البحيرات و الأنهار لها مدى واسع لتدرج الحبيبات تتراوح من الكتل الكبيرة الى الحبيبات الناعمة الصغيرة ,عموما فأن تصنيف التربة بالنسبة للتدرج الحبيبي ممكن أن يقسم الى ثلاث مجموعات رئيسية و هي :-

1. التربة خشنة الحبيبات أو التربة قليلة التماسك (Non- Cohesive soil).
   تكونت بفعل تكسر الصخور الى أجزاء تختلف في حجمها من الكتل الكبيرة الى الحصى و الرمل.
2. التربة ناعمة الحبيبات أو التربة المتماسكة (Cohesive soil).
   وتشمل الغرين و الطين.
   الغرين (Silt) هي الحبيبات التي تكونت وسط بين الرمل الناعم والطين.
   الطين (clay) هو حبيبات ناعمة لها قابلية على التشكل خصوصا عندما تكون مشبعة بالماء أي إن لها لدونه.
3. التربة العضوية: هي التربة السطحية التي تحتوي على مواد العضوية وهي تربة ضعيفة وذات تأثير ضار بالمنشات لذا وجب أزالتها من السطح قبل البدء بالأعمال الإنشائية.

تصنيف الترب من حيث التدرج الحبيبي و أهم المعادن الطينية

التربة خشنة الحبيبات أو التربة قليلة التماسك (Non-Cohesive soil)	الحصى Gravel رمل خشن Coarse Sand رمل – متوسط Medium Sand رمل ناعم Fine Sand	50% من الحبيبات أكبر من (2 ملم) معظم حبيباته بين (2 -0,5) ملم معظم حبيباته بين (0,2-0,06) ملم معظم حبيباته بين (0,06) ملم
التربة ناعمة الحبيبات أو التربة المتماسكة (Cohesive soil)	غرين Silt طين Clay	معظم حبيباته أقل من (0,06) ملم معظم حبيباته أقل من (0,002) ملم
التربة العضوية	Peat	تربة ضعيفة

المخطط التالي يوضح تصنيف الترب من حيث التدرج الحبيبي حسب المواصفات البريطانية

F= Fine M=Medium C= Coarse

Clay	Silt			Sand			Gravel
	F	M	C	F	M	C	
0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2.0 mm	

Practical Size Classification

المعادن الطينية

أهم المعادن الطينية :-

يتميز الطين بكونه مادة ناعمة الملمس حبيباته أقل من (0.002) ملم و التماسك بين الحبيبات كبير أي أن الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات قليل, وهو مادة لدنة قابلة للتشكيل و له قابلية للانضغاط حيث إن الانضغاط يحدث على مدى فترة طويلة من الزمن , ويتميز أيضا بكونه قليل النفاذية للماء.

يتكون الطين من معادن معقدة التركيب. طبيعية و تركيب هذه المعادن درست باستخدام أشعة X(X-ray) ووجد إن هذه المعادن مرتبة بشكل صفائح رقيقة مرتبة بشكل طبقات مشابهه لطبقات المايكا (Mica) الصفائح مكونة من مركبات اقل تعقيدا هذه المركبات هي :-

طبقة المغنيسيوم $Mg_3(OH)_2$ -burcite Magnesium layer

طبقة الألمنيوم Aluminum layer $Al_2(OH)_6$ - gibbsite

طبقة السليكا Silicon layer $Si_2O_3(OH)_2$

تبعا لترتيب هذه الطبقات تتشكل المعادن الطينية بتراكيب و خواص مختلفة , حيث أن هناك ثلاث مجموعات رئيسية للمعادن الطينية هي:-

1. مجموعة المونتموريلونايت Montmorillonite :- وتتكون من طبقتين من السليكا و طبقة واحدة من الجبسايت (gibbsite) كما موضح :-

Silica
Gibbsite
Silica

ومن امثلتها أيضا معدن البديلايت (Beidelite) و معدن النونترونايت (Nontronite) و كذلك البنتونايت(Bentonite) وهو من المعادن الطينية المعروفة لما له من أستخدامات واسعة في الاعمال الانشائية الحديثة و هو مكون بشكل رئيسي من المونتموريلونايت .

2. مجموعة الكاولينايت Kaolinit :- وتتكون من طبقتين واحدة من السليكا و الاخرى من الجبسايت (gibbsite) كما موضح :-

Gibbsite
Silica

ومن الامثلة الاخرى على هذه المجموعة معدن الديكايت (dickite) و الهلوسايت (halloysite

3. الايلايت (illites) المعلومات المتوفرة قليلة عن هذا النوع.

الطابوق :-

تعريف الطابوق:- هو عبارة عن قطع صلبة من الطين او النورة والرمل او أي مادة اخرى تعمل بشكل قطع منتظمة الابعاد يمكن صفها او نقلها واستعماله بسهولة في البناء ولها القابلية في تحمل الاثقال ومقاومة التاثيرات والتغيرات الجوية.

تصنيف الطابوق :- يصنف بالنسبة لطابوق لعدة عوامل منها:-

1- بالنسبة للمواد المستعملة في صنعه كالطابوق الطيني و الرملي و الخرساني ,.....الخ.
2- بالنسبة لطريقة صنعه كالطابوق الميكانيكي و نصف الميكانيكي و يدوي.
3- بالنسبة لنوعية الطابوق كالطابوق المصخرج و الاصفر والأبيض.....الخ.

أو تصنيف الطابوق :- يصنيف الطابوق بشكل عام بالنسبة لمقدار تحمله الى نوعين رئيسين :-

الاول :- وهو المستعمل لنقل الاثقال في الجدران و الذي يجب ان لايقل تحمله عن (1000) باون على الانج المربع.

الثاني :- وهو المستعمل لحجز فراقات في الابنية الهيكلية على شكل قاطع والذي يكون تحمله غالبا أقل من (1000) باون على الانج المربع.

ان أكثر أنواع الطابوق أستعمالا هو الطابوق الطيني و**ذلك لعدة لعوامل أهمها:-**

أ) توفر مادة الخام في كل مكان تقريبا.

ب) كلفة أنتاجه.

ت) تحمله للقوى.

ث) عزله للحرارة.

ج) مقاومته للنار و التغيرات الجوية.

صنع الطابوق

صنع الطابوق :-

يصنع الطابوق الطيني من الطين المتوفر في الطبيعة و الصالح لهذه الصناعة. يتكون الطين من بلورات ناعمة لمعادن مختلفة و لها خاصية الليونة و قابلية الالتصاق عند خلطها مع الماء .ترجع هذه الخواص الى دقة هذه البلورات في حجمها و اشكالها و طبيعة تصرفها بوجودها مع الماء.

أن الطين النقي يحوي على (60%) أوكسيد السليكون ($SiO_{1/2}$) و(25,5 %)من أوكسيد الألمنيوم (Al_2O) و (10%) ماء مركب كما يدخل أوكسيد الحديد بنسبة متغيرة مع مواد أخرى, أن هذا الطين بهذا التركيب لا يصلح لصناعة الطابوق ان لم يكن حاويا على مواد اخرى تساعد على تكوين عجينة لا تتقلص بالتجفيف و الفخر كالرمل الذي يساعد على عدم تشقق الطين في حالتي التجفيف و الفخر و كذلك الكلس أو الجبس الذي يساعد في فخر الطابوق بدرجة حرارة معتدلة بدون ان ينصهر و يكون الكلس أو الجبس مادة لاصقة لحبيبات الطابوق هذا و إن التحليل الميكانيكي للطين المستعمل لصناعة الطابوق في بغداد هو:-

13% طين نقي (أوكسيد السليكون و الألمنيوم والحديد)

45% سلت (غرين) Silt

17% رمل ناعم Fine Sand

8% رمل خشن Coarse Sand

وهناك أملاح قابلة للذوبان في الماء متغيرة في المقدار بين (0,5-3) بالمائة بالنسبة للمنطقة والعمق الذي تؤخذ منه التربة و كذلك هناك مقادير متفاوتة من مواد عضوية.

ان التحليل الكيمياوي فيما يخص المواد الكلسية و الجبسية فانه وجد ان التربة في جميع مناطق صناعة الطابوق تحوي غالبا على نسب متفاوته بين (25% -30%) وزنا من التربة و اذا زادت هذه النسبة على (35%) فان التربة تصبح غير صالحة لصناعة الطابوق .كما أن وجود الكلس بشكل كتل صغيرة بنسبة اقل من (35%) تجعل الطين غير صالح لصناعة الطابوق ايضا. وذلك لتحول هذه الكتل الى أوكسيد الكالسيوم عند الفخر و عند وصول الماء اليه يحدث قوى بتفاعله مع الماء تكفي لتفتيت الطابوق.

يكون الطين المستعمل نظيفا" و يتم عزل المواد الغريبة و قطع الصخور أو الحصى بواسطة مشبكات خاصة (Screens), وبعد ذلك تجري عملية التنعيم و المزج مع الماء و قد يضاف الرمل أحيانا لتعديل نسبة مكونات الطين. أن كمية الماء اللازمة تعتمد على كمية الماء الموجودة في الطين نفسه. أن طرق القولبة الرئيسية هي ثلاث طرق :-

أ- **طريقة الطين اللين (Soft –mud process):-** يمزج الطين مع كمية كبيرة نسبيا" من الماء و يعمل منه عجينة لدنة (Plastic) متجانسة. يشكل الطابوق بكبس هذه العجينة في القوالب بطريقة يدوية أو بطريقة آلية. تمنع العجينة من الالتصاق بالقالب و ذلك بتبليل القوالب أو نثرها بالرمل.

ب- **طريقة الطين المتيبس (Stiff –mud process) :-** يمزج الطين مع كمية كافية من الماء وليس أكثر من ذلك لعمل عجينة يمكن دفعها خلال القالب الذي هو بشكل فوهة معدنية مستطيلة بأبعاد طول الطابوقة * عرضها أو عرض الطابوقة * سمكها حيث تخرج عجينة الطابوق بشكل شريط مستمر على حزام متحرك و تقطع فور ذلك بواسطة سلك معدني موتر متحرك بسرعة معينة لإعطاء البعد الثالث للطابوقة (سمك الطابوقة أو طولها).

ت- **طريقة الكبس الجاف (Dry- pressed process):-** يكبس الطين ذو القوام الجاف في منظومة القوالب تحت ضغط عالي و يكون الطابوق الناتج بهذه الطريقة من أكثر الأنواع انتظاما".

يجفف اللبن (الطابوق بعد القولبة و قبل الفخر) بتعريضه للهواء و الشمس في المعامل البدائية (لفترة من يومين الى ثلاثة ايام) و يجفف صناعيا" في محلات خاصة مغلقة في المعامل الحديثة حيث يمكن التحكم بعملية التجفيف و قد تستخدم الغازات الناتجة من حرق الطابوق في هذه العملية. بعد التجفيف يفخر الطابوق بأفران خاصة و تكون عادة من نوع هوفمان(Hoffman -Kiln) بدرجة حرارة (750 -1000) ^{O} م. يتكون الفرن من قاعة كبيرة مستطيلة الشكل جدرانها سميكة ذات أبواب جانبية و يكون الحرق فيه خلال فتحات من السقف. يتم تجميع الدخان و الغازات الناتجة من الحرق بواسطة قنوات متعددة في أسفل الفرن تنتهي بمجرى خاص يؤدي الى مدخنة خارجية . يتم الحرق في هذا النوع بصورة دورية أي تتم عملية التعبئة و الحرق و التفريغ في مناطق مختلفة من الأفران في وقت واحد. وهنالك نوع آخر أحدث يكون مقسما" الى أقسام منفصلة و يكون ذو أبواب واسعة.

من أنواع الأفران الحديثة هو الفرن النفقي (Tunnel -Kiln) حيث تكون منطقة الشعل ثابتة بينما يتحرك اللبن المحمول على عربات خاصة حيث تدخل الفرن من جهة و تخرج مفخورة من جهة أخرى. تعتمد درجة حرارة الفخر على نوع الطين المستعمل و نوعية الطابوق المطلوبة و هي تتراوح بين (750 -1000) ^{O}م. يستعمل النفط الأسود بصورة رئيسية في الحرق في العراق و يمكن استعمال مصادر الطاقة الأخرى في الحرق أذا كانت أكثر اقتصادا".

ينتج بتفاوت درجة الحرارة نوعيات مختلفة من الطابوق وهي حسب تسلسل حصولها على الحرارة من الأقل الى الأكثر كما يلي:-

(الأحمر - المشوهب - الأبيض - الأصفر - المصخرج)

وغالبا يكون التحول بالنوعية مصحوبا بتحول في الخواص التي تتأثر بالحرارة و هي الكثافة و نقصان المسامية و قابلية الامتصاص و نقصان في ظهور التزهر و الأملاح ثم تغير في اللون.

فالفخر بدرجة حرارة عالية يزيد في كثافة الطابوق و ينقص المسامية و قابلية الامتصاص كما يقلل من احتمال ظهور(الشورة) و الأملاح وأن الحرارة العالية توثر على تبدل لون الطابوق من الأصفر الى الأخضر الفاتح.

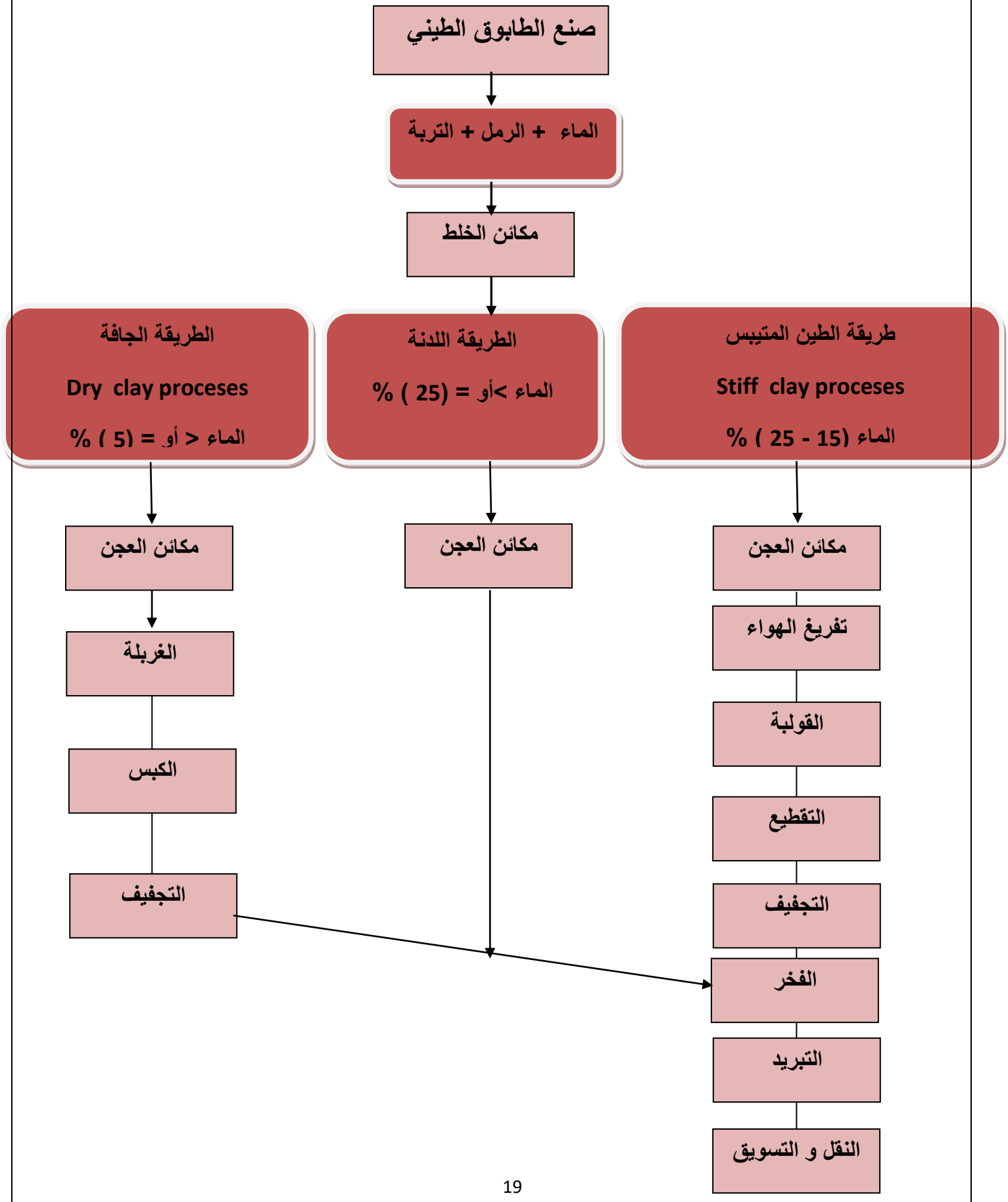
أن للطابوق قابلية لمقاومة تغلغل و نفاذ ماء المطر في الحالات الطبيعية عندما يكون سمك الجدار 25 سم أو أكثر وأن ماء المطر قد يتغلغل من بين الشقوق السطحية الى عمق عدة سنتمترات.

و يتوقف مقدار هذا التغلغل على عدة عوامل أهمها مسامية الطابوق , مدة التبليل , الشقوق في السطوح الخارجية للطابوق , نوعية الطابوق , نوع القيمة المستعملة ,نوع المفاصل في البناء .

يعتبر الطابوق ذو مظهر جيد رغم ان اللون يتغير تدريجيا الى لون يقترب من البرتقالي منه الى الاصفر مع الوقت و يسبب تداخل جزيئات ترابية ناعمة بين الحبيبات الطابوقة كما ان للطابوق من القابلية لمقاومة التغيرات الجوية ماليس لمواد كثيرة تستعمل لنفس الغاية.

لايتاثر الطابوق المشيد الا في حالتين الاولى هي الانجماد و في حالة وجود الرطوبة او ماء بين حبيبات الطابوق و الثانية هي الاملاح الذائبة والتي مع الانجماد تلعب دورا مهما في سحق وجه الطابوق.

مخطط يبين مراحل صناعة الطابوق الطيني:-



خواص الطابوق الطيني

خواص الطابوق الطيني Properties of Clay Brick:-

وتشمل الخواص الهندسية الاساسية للطابوق على:-

1. الشكل والأبعاد و نوع المنتوج كأن يكون مصمتا أو مجوفا".....الخ.
2. المسامية.
3. التحمل.
4. امتصاص الماء.
5. وجود الأملاح القابلة للذوبان و التزهر.
6. العزل الحراري.
7. مقاومة الحريق.

1. الشكل و الأبعاد و نوع المنتوج كأن يكون مصمتا أو مجوفا".....الخ.

يكون الطابوق الصالح للبناء ذو شكل جيد و تكون زواياه قائمة و حافاته مستقيمة و سليمة و أوجهه مستوية و خالية من الشقوق. يجب أن يكون مقطع الطابوقة متجانسا تام الحرق خال من قطع الحصى و الحجر و تكون أبعاده 240*115*80 ملم أو أية مقاسات أخرى يتفق عليها بين البائع و المشتري و يسمح بتفاوت مقداره ±3% بالنسبة للطول و العرض و ±4% بالنسبة للسمك. علما ان السمك الشائع هو 75 ملم و ليس 80 ملم.

قد تختلف أبعاد الطابوق من بلد لأخر حسب مواصفات ذك البلد و قد تكون هنالك أكثر من مقاس واحد للطابوق. ينتج الطابوق بأكثر من شكل واحد كالاتي :-

أ- المصمت (Solid) :-هو ذلك النوع من الطابوق الذي لا يزيد مقدار احتوائه على المسامات النافذة أو غير النافذة على 25% من حجمه و يكون ذو تحمل أكثر من غيره من الأنواع و لهذا السبب يستعمل في الأسس و الإنشاءات التي تحتاج الى قوة تحمل عالية و الى دوام جيد.

ب- المثقب (Perforated) :- هو ذلك النوع من الطابوق الذي يزيد مقدار احتوائه على الثقوب على 25% من حجمه ويكون ذي قوة تحمل أقل من النوع الأول و يستعمل في الأبنية و المنشات المحملة بالثقال و في القواطع و الحواجز.

ت- هناك أنواع أخرى من الطابوق الطيني مثل الطابوق المجوف (Hollow) و الخلوي (Cellular) و الطابوق ذو الفجوات و يسمى أيضا ذو الطمغة.

2. **المسامية :-** وهي وجود الفجوات الدقيقة والتي قد تميز بالعين المجردة أو لا يمكن تمييزها و تكون متصلة في ما بينها أو مغلقة داخل المادة و قد تكون على السطح الخارجي للمادة. أن زيادة مسامية الطابوق تعني قله في الكثافة (Density) و قلة التحمل و زيادة في امتصاص الماء و زيادة في العزل الحراري. تعتمد المسامية على مقدار الكبس أثناء الصنع و كمية الماء المتبخر من داخل عجينة الطابوق و كذلك على درجة الفخر حيث تقل المسامية بأزدياد الفخر و يكون الطابوق المنصهر المعروف محليا بأسم (المصخرج) أقل الانواع مسامية أو تكون معظم مساماته من النوع المقفل و في هذه الحالة يكون أمتصاص الطابوق للماء قليلا.

3. **التحمل :-** يصنف الطابوق بالنسبة لتحمله للاثقال الى ثلاثة أصناف:-

صنف أ: يستخدم هذا الطابوق في اجزاء المنشات والاسس المحملة بالاثقال والمعرضة للتاكل بفعل العوامل المناخية والطبيعية او طابوق الجدران الخارجية المعرضة للتاكل.

صنف ب: يستخدم هذا الطابوق في اجزاء المنشات والاسس المحملة بالاثقال وغير المعرضة للتاكل بفعل العوامل المناخية والطبيعية او طابوق الجدران الداخلية او الخارجية المحمية من الرطوبة.

صنف ج: يستخدم هذا الطابوق في اجزاء المنشات التي لا تتعرض للعوامل المناخية اوالطبيعية والجدران غير المحملة كالقواطع وغيرها .

تحسب مقاومة الانضغاط لكل طابوقة كما يلي:

$$\text{مقاومة الانضغاط (نيوتن /ملم}^2) = \frac{\text{الحمل المسلط عند الفشل(نيوتن)}}{\text{مساحة سطح الوحدة المسلط عليها الحمل (ملم}^2)}$$

$$\text{б} = \frac{P}{A}$$

Where:

P= load (n)

A= area (mm^2)

يحسب المعدل الحسابي لمقاومة الانضغاط لجميع النماذج المأخوذة.

جدول (1):المواصفة القياسية العراقية لمقاومة الانضغاط للطابوق

صنف الطابوق	الحد الادنى لقوة الانضغاط (نيوتن/ ملم^2)	
	معدل تحمل الضغط لعشرة طابوقات	تحمل الضغط لطابوقة واحدة
أ	18	16
ب	13	11
ج	9	7

4. **امتصاص الماء:-** أن لكمية الماء الممتص علاقة بمقدار تحمل الطابوق حيث أن الطابوق يكون تحمله أقل عندما يكون رطبا" وكذلك يعتبر الماء عاملا رئيسيا" في حركة الاملاح التي تسبب

التزهر أو التفاعل سلبيا" مع المادة الرابطة كما وأن أمتصاص الماء يؤدي الى تلف طبقات الانهاء و الأصباغ و كذلك فان الماء الممتص يكون مصدر قوي يحاول تفتيت الطابوقة عند الانجماد لذا فان لظاهرة أمتصاص الماء علاقة بدوام (Durability) البناء بالطابوق ,من الواضح ان الجدار الرطب لايناسب أي سكن صحي .

مضار الماء في الطابوق :-

1- الماء حاوي على املاح وشوائب تظهر كطبقة بيضاء على السطح الخارجي عند عملية التبخير وتؤثر على (البياض واللبخ).

2- عند تجمد الماء داخل الطابوقة سوف يزداد حجمه ضمن كتلة ثابتة فيؤدي الى تسليط ضغط على مكونات الطابوقة فتنكسر.

3-ان دخوله على الفجوات يؤدي الى زيادة تركيزه داخل الطابوقة ويعمل على تقليل تماسك مكونات الطابوقة.

لقد حددت المواصفة القياسية العراقية 25 رقم لسنة 1986 الحد الأعلى لامتصاص الطابوق بـ (20%) لصنف أ و (24%) لصنف ب و(26%) لصنف جـ ,علما ان الارقام المذكورة هي معدل امتصاص 10 طابوقات و تمثل النسب الوزنية للامتصاص عند الفحص بطريقة الغليان أو الامتصاص بطريقة الغمر بالماء البارد.

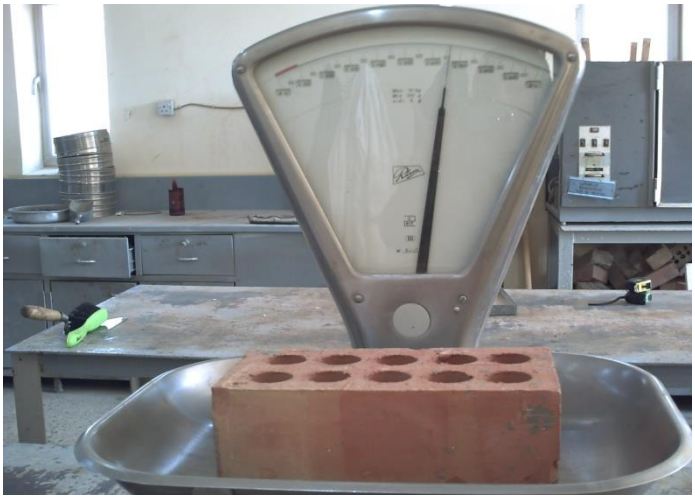
جدول (2): المواصفة القياسية العراقية رقم 25 لسنة 1986 لامتصاص الطابوق للماء

الاصناف	معدل امتصاص 10 طابوقات	امتصاص طابوقة واحدة
صنف أ	%20	%22
صنف ب	%24	%26
صنف ج	%26	%28

طريقة الغمر بالماء البارد:-

1- تؤخذ (10) طابوقات كاملة من موقع العمل وبشكل عشوائي وتجفف النماذج فرن ذي تهوية بدرجة حرارة (110-115)م لمدة لا تقل عن 24 ساعة والى حين ثبوت الوزن. ويبرد ويوزن وليكن W1 او ($و_1$)

2- االتشبيع :يغطس النموذج الجاف في ماء نقي بدرجة حرارة (15,5-30) ^{0} م لمدة 24 ساعة كما في الشكل (3), ويرفع النموذج المشبع وينشف بقماش مرطب ثم يوزن النموذج ويجب ان يتم وزن النموذج بعد مدة لا تتجاوز 5 دقائق من اخراجه من الماء وليكن W2 او ($و_2$).



أ- يحسب مقدار الامتصاص لكل نموذج بالطريقة التالية:

$$\text{النسبة المئوية للامتصاص} = \frac{و_2 - و_1}{و_1} * 100\%$$

حيث ان :

و$_1$:وزن النموذج الجاف.

و$_2$:وزن النموذج المشبع بعد 24 ساعة في ماء بارد.

Water absorption = {(W_2-W_1)/W_1 } *100%

Where :-

W_2 - weight of brick after 24 hours in water.

W_1- weight of dry brick.

ب- يكون معدل الامتصاص لكل النماذج المفحوصة على اساس نسبة الامتصاص لكل كمية الطابوق حيث يحسب الى اقرب 0.1% ثم تقارن مع المواصفة.

5. <u>وجود الاملاح القابلة للذوبان و التزهر:</u>

تعتبر الاملاح القابلة للذوبان بالماء في الطابوق عاملا مهما في حدوث التزهر (efflorescence) الذي يعرف محليا باسم (الشورة) حيث ان الماء (و هو عامل أساسي في حركة الاملاح) الحاوي على الاملاح يتبخر من سطح البناء بالطابوق المعرض للجو مؤديا الى تجمع الاملاح بشكل متبلور على السطح او تحته بقليل مسببا ظهور طبقات بيضاء او صفراء تشوه الجدار و تؤدي الى تساقط طبقات الانهاء . للاملاح الذائبة التي قد تكون كبريتية تاثير ضار على المواد الرابطة السمنتية حيث ان للاملاح الكبريتية – بوجود الماء قابلية التفاعل مع بعض مركبات الاسمنت و ينتج عن هذا التفاعل مركبات جديدة ذات حجم كبير مما يؤدي الى تفتت المادة الربطة. لقد حددت المواصفة القياسية العراقية رقم 25/ لسنة 1969 الحد الاعلى المسموح به للاملاح القابلة للذوبان كما في الجدول التالي:-

جدول رقم (3)الحد الاعلى المسموح به للاملاح القابلة للذوبان

صنف الطابوق	مجموعة الكبريتات القابلة للذوبان بالحامض	كالسيوم %	مغنيسيوم %	بوتاسيوم %	صوديوم %
أ	0.3	0.1	0.03	0.03	0.03
ب	0.3	0.1	0.03	0.3	0.3
جـ	---	--	--	--	--

الحد الاعلى المسموح به لنسبة للاملاح القابلة للذوبان في الطابوق

وحددت المواصفة القياسية العراقية رقم 25/ لسنة 1988 حدود التزهر كما في الجدول التالي:-

جدول رقم (4) المواصفة القياسية العراقية للتزهر

الاصناف	الحد الاعلى للتزهر
أ	خفيف

ب	خفيف
جـ	-----

6. العزل الحراري:- لايعتبر الطابوق الطيني من المواد العازلة الجيدة فبينما يعتبر جدار الطابوق بسمك طابوقة واحدة و ملبوخ غير كافيا للعزل حسب انظمة البناء البريطانية , فأن جدارا" مجوفا يحتوي على نفس الكمية من المواد الانشائية يكون مناسبا .

7. مقاومة الحريق:- ان الطابوق مادة جيدة لمقاومة الحريق فالجدار المبني بمونة السمنت و بسمك نصف طابوقة له قابلية مقاومة الحريق لمدة ساعتين و هي فترة وجيزة.

المواصفة القياسية العراقية رقم 25 /1988 .

1.7 Compressive strength, water absorption and effloresce according to Iraqi standard No. 25/1988:

Maximum water absorption %		Minimum compressive strength N/mm		Effloresce	Grade
Average for 10 bricks	For one brick	Average for 10 bricks	For one brick		
20	22	18	16	Slight	A
24	26	13	11	Slight	B
28	28	9	7	-	C

العوامل التي تؤدي الى زيادة قوة الطابوق الطينى:-

- نسبة الطين المرتفعة.
- نسبة كاربونات الكالسيوم الواطئة.
- نسبة املاح ذائبة قليلة.
- درجة حرارة مرتفعة.

أسباب تشقق الطابوق الطينى :-

- النسبة القليلة من المواد العضوية.
- التجفيف السريع.
- الفخر السريع.
- نسبة كاربونات الكالسيوم العالية.
- التزهر (تبلور الاملاح داخل المسامات).

تاثير كاربونات الكالسيوم على خواص الطابوق :-

- تقليل قوة تحمل الطابوق.
- أكساب اللون الابيض للطابوق.
- أعطاء المسامية العالية.

- خفض درجة حرارة الانصهار.
- ظهور التزهر.

أنواع أخرى من الطابوق الطيني:-

وتشمل بعض أنواع الطابوق الطيني المصنوع يدويا والمفخور بواسطة الكور البدائية و قد تقلص أنتاجه في الوقت الحاضر الى حد كبير لوجود بدائل افضل . من هذه الانواع الطابوق السطحي و يكون بابعاد 250 *250 *50 ملم و قد كان يستعمل في تطبيق السطوح ، و الطابوق الفرشي وهو الذي تتراوح أبعاده بين 280 *280*60 ملم الى 300*300*70 ملم و كان يستعمل في تطبيق بعض الارضيات و خاصة الرطبة. و كذلك في أعمال أكساء الجدران حيث ينتقى الطابوق المصنع من خامات حاوية على املاح كبربيتية تعطي اللون الاصفر الذهبي للطابوق بعد الفخر ثم تقطع الطابوقة الواحدة الى ثلاث قطع و يتم نجرها للحصول على سطح متميز اللون و محدد الابعاد ثم يبنى وجه الطابوق.

أنواع أخرى من الطابوق غير الطيني :-

الطابوق الجيري - الرملي (Sand –lime brick): وهو الطابوق المصنع أساسا من مزيج من الرمل و النورة المطفأة يكبس المزيج في قوالب خاصة ثم ينضج في افران مغلفة تدعى (Outo clave) حيث يتعرض الى بخار تحت ضغط و حرارة معينة.

المواد الخام

1- **الرمل (Sand)**: يجب ان يكون الرمل المستخدم في صناعة الطابوق الجيري-الرملي مطابقا للمواصفات القياسية العراقية رقم 572 :

أ- يحتوي على مالايقل عن 70% من السيليكا.

ب- مدرج جيا بين مقاس (0.5 -0.005) ملم.

ج- خالي من الشوائب كالمواد العضوية والصخور والمعادن والاملاح الذائبة.

د- نسبة الطين لا تزيد عن 10%.

هـ- نسبة الحديد لا تزيد عن 1.5%.

و- محتوى الجبس لا يزيد عن 1%.

ز- نسبة (MgO +CaO) لا تزيد عن 5%.

2 – **النورة (Lime) :** النورة المستخدمة صناعة الطابوق الجيري – الرملي يجب ان تطابق المواصفات القياسية العراقية رقم 572 :

أ- فعالية النورة لا تقل عن 83% .

ب- نسبة الحبيبات المحجوزة على منخل 75 مايكرون لا تزيد عن 2% .

3- **الماء (Water) :** يستخدم ماء الشرب في صناعة الطابوق الجيري الرملي .

4- **الاصباغ (Pigment) :** لصناعة طابوق جيري ملون ، تضاف اصباغ مناسبة لخليط الرمل والنورة بنسب تتراوح بين (0.2- 3) % من وزن الطابوق الكلي .

نسب الخلط

تكون نسبة النورة بين (9- 15)% من وزن الرمل .

مراحل صناعة الطابوق الجيري – الرملي

أ- تؤخذ نسب ملائمة من الرمل والنورة والاصباغ وتخلط جيدا مع كمية مناسبة من الماء .
ب- توضع المواد في قوالب معينة بنفس اشكال الطابوق تحت ضغط ميكانيكي (150- 200) كغم/سم^2
ت- يوضع الطابوق في فرن الاوتوكليف (outoclave) ويعرض الى بخار تحت ضغط (8.5- 16) كغم/سم^2 لمدة (6- 12) ساعة وذلك لتسريع عملية التفاعل بين النورة والرمل .

$CaO + H_2O + SiO_2 \rightarrow CaO.SiO_2. H_2O$ " Tobermorite " " Hydrous calcium silicate "

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

خصائص الطابوق الجيري – الرملي :

أ – المواد الاولية المستخدمة في صناعة الطابوق الجيري – الرملي خالية من الاملاح الذائبة ، لذا فان التزهر يكاد يكون معدوم .
ب - يتميز الطابوق الجيري بأشكاله المنتظمة أكثر من الطابوق الطيني بسبب طبيعة صنعه و عدم حرقه في الافران لذا تكون أوجهه مستوية و حافاته حادة.
ج – يحتاج الى كمية قليلة من المونة .
د – يكون تحمل الطابوق الجيري – الرملي عاليا.
هـ – يكون الطابوق الجيري متجانسا في المكونات والالوان.

أن أنكماش االجفاف (Shrinkge drying) متغيرا و عاليا نوعا ما لذا فأن هذا يستوجب العناية في تصميم و خزن و بناء الطابوق و كذلك في أختيار المادة الرابطة المناسبة تحاشيا لتصدع البناء.
لقد حددت المواصفة القياسية العراقية رقم 48 لسنة 1975 تحمل الضغط في الطابوق الجيري بـ (14) ميكا باسكال و حددت مقدار الانكماش بما لايزيد عن 0.035% من طول الطابوق الرطب الاصلي. بينما حددت المواصفة الامريكية (ASTM) مواصفات الطابوق الجيري بنوعين الاول يكون الحد الادنى لمعدل تحمل الضغط فيه (31) ميكا باسكال ويستعمل في المواقع المعرضة لعومل جوية قاسية تحت درجة الانجماد مع وجود رطوبة لذا يستعمل في الاسس و الستائر .والنوع الثاني يكون الحد الادنى لمعدل تحمل الضغط فيه (17) ميكا باسكال ويستعمل هذا النوع في المواقع المعرضة الى درجة حرارة تحت درجة الانجماد ولكن بدون رطوبة لذا يستعمل هذا النوع في مختلف المحلات التي لاتوجد حاجة لاستعمال النوع الاول فيها.

5- **الطابوق الخرساني (Concrete brick)** :- وهو الطابوق المصنوع من مزيج خرساني أي السمنت البورتلاندي و الركام الناعم و الخشن مع كمية مناسبة من الماء , و قد تستعمل بعض المضافات الاخرى للتلوين أو المضافات التي تعدل بعض خواص المزيج أو الطابوق الناتج. وأن السمنت المستعمل يكون من النوع البورتلاندي الاعتيادي أو الابيض او الملون او المقاوم للاملاح حسب طبيعة و لون الطابوق المطلوب. تكون أبعاد الطابوق الخرساني بنفس أبعاد الطابوق الطيني أو أية أبعاد أخرى و يكون الطابوق الخرساني غالبا صلب.

الخواص الهندسية للطابوق الخرسانى:-

أ- مستوي الاوجه مستقيم الحافات و ذو شكل هندسي منتظم و قطعه مستوية المقاسات مما يجعل البناء منتظما.
ب- يمكن التحكم في تحمله من خلال التحكم في مكونات المزجة و تكون نسب المزج عادة 1:(5 - 8) (سمنت :ركام) وزنا.
ت- يمكن أنتاجه بالوان متعددة.
ث- يكون تقلص الجفاف عاليا لذا لايستعمل قبل مرور فترة كافية بعد الانتاج و تكون حوالي شهر واحد و كذلك التغير الحجمي يكون عاليا.
ج- ذو كثافة عالية بحدود (2300 كغم /م3) الا أذا أستعمل الركام الخفيف الوزن .
ح- لايعتبر عازل حراري جيد أذا أستعمل الركام الطبيعي في انتاجه.
خ- يتأثر بالاملاح الكبريتية.

ينتج الطابوق الخرساني بعدة طرق فالمزج قد يكون بمعدات بسيطة كالخلاطات الاعتيادية أو بمعدات آلية تامة التحكم حيث يكون كيل المواد بالوزن و تستعمل خلاطات آلية يمكن التحكم فيها بزمن الخلط ثم صب الخرسانة بعد مزجها في القوالب التي قد تكون بسيطة تملا فيها المادة باليد أم قد تكون عملية القولبة آلية بصورة كاملة و تصب الخرسانة مع الكبس أو مع الكبس والاهتزاز.
ينضج الطابوق الخرساني بعد القولبة أما بالتبليل بالماء أو بأستعمال البخار حيث تختصر فترة الانضاج الى بضع ساعات بدلا من عدة أيام ضرورية للانضاج بالماء.
لقد حددت المواصفة القياسية البريطانية ستة أصناف من الطابوق الخرساني يكون الحد الادنى لمعدل تحمل الضغط فيها بين (7- 40) ميكا باسكال الطابوق الخرساني بينما حددت المواصفة الامريكية (ASTM) أربعة أصناف يكون الحد الادنى لمعدل تحمل الضغط فيها (17.3 -24.1) ميكا باسكال .
يستعمل الطابوق الخرساني في أعمال البناء كجدران حاملة داخلية وخارجية و في القواطع و في أعمال الاسس حسب نوعية الطابوق و يستعمل أيضا في أعمال تغليف الجدران حيث يستعمل الطابوق ويستعمل أيضا في أعمال تغليف الجدران حيث يستعمل الطابوق الملون أو ذو اللون الطبيعي.

6- الطابوق الزجاجي (Glass brick):- وهو قطع بنائية زجاجية بوجه زجاجي واحد أو وجهين زجاجيين و مجوفة من الداخل. ينتج الطابوق بأبعاد و أشكال متعددة فقد يكون الوجه مربعا أو مستطيلا . تكون ابعاد الوجه (8 - 20) سم عادة الا ان الابعاد الشائعة هي (146*146) ملم و (179 *179) ملم للمربع و (179 *95) ملم للمستطيل و السمك (80-120) ملم. تكون جوانب الطابوقة المجاورة للوجهين خشنة الملمس و ذات بروز أو نتوء طولي واحد أو أكثر و ذلك لتأمين التماسك و الترابط مع المادة الرابطة . يكون الوجه صقيلا أو مضلعا أو مقسما الى أشكال هندسية من داخل الوجه أو من خارجه. ينتج الطابوق الزجاجي بألوان متعددة. أن الطابوق الاملس غير صالح لامتصاص الصوت و هو يسمح بمرور نسبة من الضوء المسلط عليه الا أنه غير شفاف أي لايمكن الرؤيا من خلاله. أن الزجاج نفسه ناقل للحرارة الا أن وجود الفجوات الداخلية يساعد في زيادة العزل الحراري.

يستعمل الطابوق الزجاجي لاغراض معمارية في الزخرفة و الاضاءة في المحلات التي يتطلب فيها أنارة طبيعية بدون رؤيا بين الداخل و الخارج و بدون أستعمال الشبابيك و ذلك لمنع الغبار من الدخول كما في بعض معامل الصناعات الدقيقة كالادوية و الالكترونيات و غيرها. يستعمل كذلك في الجدران و السقوف التي لايمكن أستعمال الشبابيك فيها لاحتمال تكسر الزجاج الاعتيادي بسهولة بالاضافة الى حجب الرؤيا مثل جدران و سقوف السراديب و خاصة المجاورة لاملاك خاصة.

أنواع أخرى من الطابوق:- (كتاب المواد الانشائية)

طابوق السليكا :- و هو الطابوق الذي في تحليله يكون فيه السيلكا اكثر من 92% في وزنه.

الطابوق الناري (الحراري) :- و هو الطابوق الذي له مقاومة كبيرة للحرارة . و هو مقاوم للحرارة. وهو الطابوق الذي يقاوم درجات حرارة عالية تتراوح بين 1100-2200 درجة مئوية و له مقاومة عالية للكيمياويات و التأكل الفيزياوي. يصنع من الالومينا و الكاربون و الدولميت و الطين و السليكا و الزركون. يستخدم في المواقد و الافران الصناعية و يبنى بمونة حلرارية خاصة.من أهم مساؤئه مقاومته الضعيفة للصدمات و الكلال نتيجة التبريد و التسخين. ينتج بعدة الوان.

الطابوق المزجج :- وهو طابوق طيني أحدى أوجهه مزججه يدخل النار مرتين مرة للفخر و مرة لطلائه بمواد زجاجية.

الكتل البنائية :-

عبارة عن كتل كبيرة الحجم غالبا ما تتراوح أبعادها (40*20*20) سم.

أنواع الكتل البنائية:-

1- كتل الطين المثبت.
2- كتل البناء الخرسانية.
3- كتل الثرمستون.
4- الكتل الجبسية.

مميزات البناء بالكتل البنائية:-

أ- لسهولة البناء. ب- الارتفاع في الانتاجية. ج -أقتصادي في أستهلاك المواد الرابطة(مونة البناء). د- -أقتصادي في مواد الانهاء (ممكن ترك الجدار بدون أنهاء). ه- سرعة البناء. و- أمكانية أنتاج أنواع ذات تحمل عالية بالتحكم بنسب الخلط.

1- كتل الترب المثبتة (الطين المثبت):-

هذا النوع من أرخص الانواع, طريقة صنعه شائعة و قديمة يستخدم في بناء الدور الواطئة الكلفة.

2- **كتل البناء الخرسانية:-** وهي وحدة بناء الجدران التي تزيد في الطول والعرض والارتفاع على الابعاد المحدد في المواصفة القياسية العراقية الخاصة بالطابوق الخرساني (240 * 115 * 75) ملم وتستعمل لتشييد الجدران الحاملة والمصنعة من الاسمنت البورتلاندي والركام ذو الوزن الاعتيادي والخفيف او كليهما والماء مع او بدون اضافة مواد اخرى .

وهي الكتل من الخرسانة كما في الطابوق الخرساني(Concrete bricks) وله نفس خواص الطابوق الخرساني الا أن الكتل تكون عادة مجوفة مما يجعل البناء بالكتل أكثر عزلا و أقل وزنا.

تنتج الكتل بمعدات آلية بسيطة و في هذه الحالة يمكن أنتاج الكتل في مواقع الاعمال وتكون الكتل المنتجة أم مجوفة أو مصمتة (Solid blocks) والاخيرة غير مرغوبة في الاستعمال لكونها ثقيلة و رديئة العزل الحراري. أو تنتج الكتل بواسطة مكائن ضخمة في معامل الانتاج و هنا يمكن التحكم في كافة مراحل الانتاج و يكون الانتاج عاليا نوعا وكما.

تنتج الكتل بأبعاد للوجه مقدارها (20*40)سم و بسمك متغير (5-35)سم.

أ – كتلة البناء المصمتة

تعتبر الكتلة مصمتة اذا كان الحجم المجوف يقل عن 25 % من الحجم الكلي للكتلة.

ب- كتلة البناء الخرسانية المجوفة-

تعتبر الكتلة مجوفة اذا احتوت على تجويف او ثقب واحد او عدد من التجاويف او الثقوب التي تخترق كتلة البناء الخرسانية وكان الحجم المجوف ما بين (25 – 50) % من الحجم الكلي للكتلة.

التصنيف

تصنف كتل البناء الخرسانية الى درجتين حسب استعمالاتها :-

1- درجة (أ) :- للاستعمال العام في الجدران الخارجية او الداخلية المعرضة او غير المعرضة للرطوبة او التاثيرات المناخية تحت او فوق منسوب الارض.
2- درجة (ب) : - للاستعمال فوق الارضية في الجدران الداخلية او الخارجية المحمية بطبقة واقية تمنع وصول الرطوبة او التاثيرات المناخية .

المواصفات:

نوع الكتلة	الدرجة	الحد الادنى لتحمل الضغط نت\ ملم2 محتسبة على معدل المساحة الكلية		لا يزيد امتصاص الماء على (%)
		معدل 3 كتل	معدل كتلة واحدة	
مصمتة	ا	13	11	10
	ب	9	7	15
مجوفة	ا	7	6	15
	ب	5	4.5	20

3- كتل الكونكريت الخفيف (الثرمستون) (Aerated Concrete Blocks):-

وهو كتل بنائية خفيفة الوزن ذات مسامية عالية تصنع بخلط السمنت مع الرمل مع مسحوق الالمنيوم مع الماء الساخن للحصول على مستحلب (slurry) يشبه خليط الكيك في قوالب كبيرة بابعاد (2m طول*1m عرض*1m ارتفاع) . يتفاعل مسحوق الالنيوم مع النورة (lime) الموجودة في السمنت محررا كتلة من فقاعات الهدروجين التي تسبب تمدد الخليط ليملا القالب كما في خليط الكيك . عندما يبدا الخليط بالتصلب ، تبدا فقاعات الهيروجين ضمن الهيكل الخلوي(cellular structure) بالتحرر الى الجو ويحل محلها الهواء . بعد التصلب الابتدائي حيث ان العجينة ما تزال في الحالة اللدنة (plastic) ، تزال جوانب القالب وتقطع العجينة الى الابعاد المطلوبة بماكينة تقطيع ذات اسلاك رفيعة . بعدها توضع القطع في فرن الاوتوكليف (autoclave) حيث تعرض للبخار تحت ضغط عالي لمدة 24 ساعة لاكمال عملية الانضاج والتصلب . بعدها تبرد القطع حيث تكون القطع جاهزة للاستخدام عن اكتمال تبريدها .

قد تكون المادة الرابطة سمنت بورتلاندي او نورة او خليط سمنت ونورة وقد يضاف الرماد او خبث الافران وذلك لتحسين خواص الثرمستون حيث ان هذه المواد تتفاعل مع النورة في درجات الحرارة العالية في فرن الاوتوكليف مكونة مواد سمنتية تزيد من مقاومة الثرمستون .

فوائد أستخدام الثرمستون :-

1- كلفته واطئة و توفر المواد الاولية الداخلة في صناعته.

2- من الممكن أنتاج عدة أنواع في نفس المعمل أعتمادا على كثافة المنتوج و بالتالي أستخدامه في أستعمالات مختلفة.

3- أستخدام نفس القالب لانتاج منتوج ذو أبعاد مختلفة.

4- مدة أنتاجه قصيرة.

5- من الممكن الحصول على وجه صقيل للاجزاء المعمول منه.

العوامل المؤثرة على نوعية الانتاج:-

1. خواص المواد الاولية الداخلة في تركيبه.
2. الاختيار الصحيح للعوامل الموثرة في خطوات الانتاج كدرجة حرارة المزيج ووقت المزج ومدة الانضاج .
3. مدة التصلب.

المواصفات:-

يسمى الثرمستون بالكونكريت الخفيف أو المسامي ، حيث يمتاز بخفة وزنه بحيث تبلغ كثافته (651 – 750) كغم /سم2.

أنواع كتل الثرمستون:-

أ- كتل الثرمستون وتكون بالابعاد :-

59*24*24 سم

59*24*18 سم

59*24*12 سم

59*24*6 سم

ب- الالواح المسلحة يتراوح طولها بين (3-6) م.

العرض 59 سم

السمك (24 ,18 ,12) سم حسب التصاميم النمطية.

ت- الواح الجدران و السقوف وتكون بالابعاد:-

299 *59* 12 سم

39 *59* 12 سم

59 *59* 18 سم

59 *59* 24 سم

تعتمد نوعية الالواح على تصاميم المطلوبة.

خصائص الثرمستون (الكونكريت الخفيف) :-

1- خفة الثرمستون بالمقارنة بمواد البناء الاخرى المتداولة , فأن البناء المشيد بالثرمستون يحتاج الى أسس أخف لتحمل الثقل و الهيكل العام للبناية أضافة الى سرعة الى سرعة الانجاز و الاقتصاد بحوالي ثلثي الكلفة.

2- العزل الحراري للثرمستون يعادل (3-6) مرات قابلية العزل للطابوق العادي.

3- قابلية عالية للعزل الصوتي حيث أن جدار سمك (24) سم للثرمستون يعادل في عزله (64) سم جدار للطابوق العادي.

4- قابلية لتحمل درجات الحرارة العالية و بذلك يكون أيضا ضد الحرائق حيث أن الانخفاض في قوة الانضغاط بدرجات الحرارة تصل الى 600 م لايزيد عن 4% و بذلك تعتبر مادة أمينة.

5- معامل التمدد قليل مقارنة بمواد البناء الاخرى 34 ملم/م.

6- مقاومة الانجماد.

7- مقاومته للرطوبة و قلة الأمتصاص للماء و ذلك لكون مساماته الهوائية مغلقة و قابلية أمتصاص للماء هي (50 -100) ملم خلال (72) ساعة بينما الطابوق العادي يمتص (210) ملم في 5:30 ساعة.

8- رغم خفة وزنه يتحمل الضغط الكافي لبناء (3) طوابق بدون هياكل كونكريتية.

9- يوفر بناء الجدران بالثرمستون المسلح الوقت و اليد العاملة مقارنة بصب السقوف بالكونكريت الاعتيادي و بأستخدام معدات متوفرة للبنايات المتعددة الطوابق.

10- سرعة البناء بالثرمستون حيث يستغرق 4 ساعات لبناء جدار بعامل واحد في حين يستغرق العمل بين (7 -9) ساعات بأستخدام الطابوق العادي.

11- يحتاج ($1m^3$) من البناء بالطابوق الطيني($0.27m^3$) مونة السمنت أو الجص مقارنة ($0.07\ m^3$) بالثرمستون و هذا يعني أقتصاد بالنفقات ما يقارب 1:4 لصالح الثرمستون.

المواد الرابطة (Mortars and Binders)

أن بناء جدار بالطابوق أو الكتل من دون مادة رابطة تجعل الجدار قلقا و غير منتظما الا انه يمكن الاستغناء عن المادة الرابطة عندما تكون الكتل البنائية ضخمة جدا" فالصخور الكبيرة المنتظمة استعملت قديما بهذا الشكل في ابنية متعددة الا أن هذا غير مستعمل في الوقت الحاضر . تسمى المواد الرابطة محليا (المونة) أو (القيمة) . تستعمل المواد الرابطة للاغراض التالية:-

1. لربط وتثبيت الوحدات البنائية ووحدات التبليط و الاكساء.
2. تنظيم البناء بشكل هندسي جيد أفقيا أو عموديا".
3. المساعدة في توزيع الاحمال بصورة منتظمة في الجدار.
4. مقاومة نفاذية المياه من خلال المفاصل البنائية.
5. أستعمالها كمادة أنهاء.

تتميز المادة الرابطة الجيدة بالخواص التالية بشكل عام :-

1- لينة و يسهل مزجها والعمل بها و نشرها على السطوح.
2- لها القابلية الاحتفاظ بماء المزجة الى حد ما أي انه لايتسرب منها بسهولة.
3- تتصلب بسرعة مقبولة.
4- تتماسك مع السطوح الملاصقة لها بدرجة كافية بعد التصلب.
5- تكون ذات تحمل مقبول بعد تصلبها بحيث يكون تحملها مقاربا للوحدات البنائية أو حتى اقل قليلا" ,لا فائدة من أن يكون تحمل المادة الرابطة اعلى من تحمل الوحدات البنائية ذاتها.
6- مقاربة في خواصها الهندسية بصورة عامة للوحدات البنائية و غيرها من وحدات التبليط و الاكساء.
7- ذات مقاومة جيدة للعوامل الجوية و ذات دوام جيد.

أنواع المواد الربطة المستعملة محليا":-

- السمنت.
- النورة.
- الجص.

الجص(GypsumPlasters)

يشمل الجص كل المواد الرابطة التي يتم الحصول عليها من حرق الجبس الطبيعي وتجفيفه بشكل جزئي او كلي .

الجبس هو كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4.2H_2O$ و غالبا ما يكون عديم اللون عندما يكون نقيا و شكل بلوراته هي أبرية الشكل و قد يميل اللون الى الابيض مع زرقة خفيفة عندما يكون حاويا على مواد سليكونية (رمل و حصى) أو طينية أو كلسية أو مركبات معدنية او خليط منها تجعل لونه ابيض يميل الى الرمادي او الاحمر الفاتح .

1) المواد الخام- الصخور الجبسية Raw materials - Gypsum rocks

الجبس النقي هو المركب الكيميائي لكبريتات الكالسيوم المائية hydrous lime sulfate ($CaSO4.2H_2O$) ، تركيبه بالوزن :

النورة	%.32	Lime
كبريتات الكالسيوم		Lime Sulfate
ثالث اوكسيد الكبريت	%46.5	Sllfure trioxide
الماء	%20.9	Water H_2O
المجموع	%100	Total

الصخور الجبسية في الطبيعة نادرا ما تكون نقية ، حيث انها تكون غالبا حاوية على شوائب كالسيليكا (SiO_2) والالومينا (Al_2O_3) واوكسيد الحديد (Fe_2O_3) وكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) وكربونات المغنيسيوم ($MgCO_3$) . نسب هذه الشوائب يجب ان لا يزيد عن 6%.

صنع الجص Manufacture of Gypsum Plaster

تتضمن عملية صنع الجص :

- سحق الصخورالجبسية (Crushing) اي تكسيرها الى قطع صغيرة بقطر حوالي(25mm).
- طحن القطع (Grinding) حيث انها تطحن بمطاحن معينة.
- حرق المواد الناتجة من عملية الطحن(Calcination) بفرن دوار(rotary kiln).

نواتج الحرق

اذا تم حرق الجبس بدرجة حرارة اعلى من 100^{O}C ،لكن لا تزيد عن 190^{O}C ، ثلاث ارباع الماء الموجود اصلا في تكوينه يفقد بعملية الحرق

$$CaSO4.2H2O \xrightarrow{100°C-190°C} CaSO4.1/2\,H2O + 1\,1/2\,H2O$$

الناتج من عملية الحرق يسمى جبس باريس (Plaster of Paris) تركيبه الكيميائي ($CaSO_4.1/2H_2O$) .جبس باريس عن مزجه بالماء يكون الجبس بجزيئتين ماء ($CaSO_4.2H_2O$) ويتصلب بدقائق قليلة .

$$CaSO4.1/2\,H2O \rightarrow CaSO4.2H2O$$

اذا تم حرق الجبس بدرجة حرارة اعلى من 190^{O}C سيفقد الجبس كل جزيئات الماء والناتج يكون كبريتات الكالسيوم اللامائية (anhydrous sulfate of lime) .

$$CaSO4.2H2O \xrightarrow{T>190°C} CaSO4 + 2\,H2O$$

المنتجات الجبسية **Gypsum Plaster**

1. جبس باريس Plaster of paris :

ويسمى محليا (البورق)، ويصنع من حرق الجبس النقي بدون اضافة اي مادة اخرى اثناء او بعد عملية الحرق .

استعمالاته (Uses) :

- يستخدم في طبقة الانهاء الخارجية للجدران .
- يستخدم كمادة رابطة (مونة) في البناء .
- يستخدم في صب النقوش و الزخارف و البروزات و التماثيل.

المتطلبات الكيميائية حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 1988/28 :

- مجموع الاملاح القابلة للذوبان (Na_2O+MgO) لا تزيد عن 0.25 % وزنا.
- نسبة الماء ضمن التركيب الكيميائي تتراوح بين 4-9 %.
- نسبة الشوائب لا تزيد عن 5% .
- نسبة اوكسيد الكبريت (SO_3) لا تزيد عن 45 % .
- نسبة اوكسيد الكالسيوم (CaO) لا تزيد عن 30 % .

المتطلبات الفيزيائية حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 1988/28 :

- النعومة : المتبقي على منخل 1.18 لا يزيد عن 0% .
- زمن التماسك بين (8 – 25) دقيقة .

- المقاومة الميكانيكية : لا يزيد قطر دائرة الاثر عند سقوط الكرة عن 5 ملم .
- مقاومة الانضغاط : لا تقل مقاومة الانضغاط عن (5 MPa) للمكعبات القياسية (50*50*50) ملم .
- معاير الكسر : لا يقل عن(1.5 MPa) .

الجص الاعتيادي (Ordinary Plaster) :

هو جص نصف مائي (CaSO4. ½ H2O) hemi hydrate product يصنع بحرق الجبس الحاوي على شوائب طبيعية معينة او باضافة مواد معينة الى الجبس الطبيعي المحروق لتقليل زمن التماسك او لزياة لدونة المنتوج .

استخداماته (Uses) :

- يستخدم في الطبقة الاولى في بياض الجدران .
- يستخدم كمونة في الاعمال الانشائية .

المتطلبات الكيميائية حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 1988/28 :

- مجموع الاملاح القابلة للذوبان (Na_2O+MgO) لا تزيد عن 0.25 % وزنا.
- نسبة اوكسيد الكبريت (SO_3) لا تزيد عن 35 % .
- نسبة اوكسيد الكالسيوم (CaO) لا تزيد عن 25 % .
- نسبة الماء ضمن التركيب الكيميائي لا تزيد عن 9 %.
- نسبة الفقدان بالحرق لا تزيد عن 9% .

المتطلبات الفيزيائية حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 1988/28 :

- النعومة : المتبقي على منخل 1.18 لا يزيد عن 8% .
- زمن التماسك يكون بين (8 – 25) دقيقة .
- مقاومة الانضغاط : لا تقل مقاومة الانضغاط عن (3 MPa) للمكعبات القياسية (50*50*50) ملم.

الجص الفني (Technical Plaster):

يصنع بخلط نوعين من الجبس : جبس نصف مائي ((CaSO4 . ½ H2O)(hemi hydrate product) وجبس لا مائي(CaSO4) (anhydrous product) بنسبة 50% لكل منهما .

استعمالاته (Uses) :

- يستخدم في الطبقة الاولى في بياض الجدران .
- يستخدم كمونة في الاعمال الانشائية.

المتطلبات الكيميائية حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 1988/28 :

- مجموع الاملاح القابلة للذوبان (Na_2O+MgO) لا تزيد عن 0.25 % وزنا.
- نسبة اوكسيد الكبريت (SO_3) لا تزيد عن 50 % .
- نسبة اوكسيد الكالسيوم (CaO) لا تزيد عن 27 % .
- نسبة الماء ضمن التركيب الكيميائي لا تزيد عن 9 %.
- نسبة الفقدان بالحرق لا تزيد عن 9% .

المتطلبات الفيزيائية حسب المواصفة القياسية العراقية رقم 1988/28 :

- النعومة : المتبقي على منخل 1.18 لا يزيد عن 5% .
- زمن التماسك يكون بين (12 – 20) دقيقة .
- المقاومة الميكانيكية : لا يزيد قطر دائرة الاثرعند سقوط الكرة عن 5 ملم .
- مقاومة الانضغاط : لا تقل مقاومة الانضغاط عن (6 MPa) للمكعبات القياسية (50*50*50) ملم .
- معاير الكسر : لا يقل عن(2 MPa) .

الجص اللامائي (Anhydrous plaster):

هو عبارة عن كبريتات الكالسيوم اللامائية يمكن تحضيره بتسخين الجبس بدرجة حرارة أكثر من (180)° م ومن خواصه أنه مادة بيضاء اللون غالبا و قد يميل الى اللون الرمادي أو الأحمر الفاتح عندما تتوفر فيه بعض الشوائب ، يمتاز بكونه قليل الذوبان بالماء مقارنة مع الجص الاعتيادي ن يمكن زيادة سرعة تفاعله و جعله يتفاعل كالجص الاعتيادي وذلك بمعالجته بمواد ملحية مساعدة ومسرعة للتفاعل تضاف إليه اثناء عملية الطحن والحرق لتسريع تفاعله مع الماء.

استعمالاته (Uses) :

- يستخدم في الطبقة الاولى في بياض الجدران .
- يستخدم كمونة في الاعمال الانشائية.

سمنت كين (Keen cement):

وهو جص لامائي يحضر بحرق مادة الجبس بدرجة حرارة (700) ° م ثم تبرد ويضاف لها (0.1%) من مادة الشب ($K\ Al_2(SO_4).2\text{-}18H_2O$) لتسريع زمن التماسك ثم يطحن الناتج و يستعمل.

خواصه (properties):

- زمن تجمده بطيء تقريبا بين 1-7 ساعات .
- يكتسب المقاومة بشكل بطئ جدا لكنه يالتدريج يكتسب صلادة ومقاومة تفوق كل انواع المنتجات الجبسية.
- لدونته عالية.
- مقاومته للماء اعلى من الجص الاعتيادي.

استعمالاته (Uses) :

- يستعمل في طبقة الانهاء الخارجية وفي عمل الزوايا والاركان.
- يستعمل في انهاء الجدران في الاماكن المعرضة للرطوبة بدلا من الاسمنت والنورة .

اختبارات الجص :-

يجرى على الجص اختبارات عديدة اهمها:

1. النعومة.
2. الليونة القياسية (فحص نسبة ماء الجص).
3. زمن التماسك.
4. تحمل الضغط.
5. الكثافة.

1 - فحص النعومة (Fineness):

النعومة هي النسبة الوزنية للمواد المتبقية على غربال رقم (16)(Sieve No.16)(والذي قطر فتحته (1.18) ملم حسب المواصفات العراقية) من وزن العينة الكلي.

$$\text{النعومة} = \frac{\text{وزن المتبقي (غم)}}{\text{وزن العينة الكلي}} \times 100\% \quad \text{.....(1)}$$

المواصفة حسب(م ق ع رقم 28 لسنة 1988)

نوع الجص	لا تزيد نسبة النعومة عن
جبس باريس	%0
الجص الاعتيادي	8% حسب المواصفات العراقية
الجص الفني	%5
الجص النصف مائي	%1
الجص اللامائي	%1

2 ـ فحص الليونة القياسية (فحص نسبة ماء الجص):-

الليونة القياسية :- هي كمية الماء الواجب أضافتها إلى كمية قياسية من الجص للحصول على عجينة جيدة و سهلة الاستعمال.

لقد وجد تجريبيا أن أحسن كمية من ماء الخلط مع الجص المستعمل محليا" بالنسبة لنوعية الجص و سرعة تفاعله و أعطاء ليونة ثابتة تسهل استعماله في البناء أو البياض هي أن ينثر الجص على الماء في وعاء الخلط إلى أن يختفي الماء بامتصاص الجص له و لمعرفة هذه النسبة نتبع الطريقة التالية :-

تحسب نسبة ماء الجص كما يلي:-

$$\%100 \times \frac{\text{و}2-}{1}$$

عندما يكون:

و1= وزن نموذج الجص المخلوط (غم).

و2= وزن الأنبوب المدرج فارغا"(غم) .

و3= وزن الأنبوب المدرج مع كمية الماء المستعملة (غم).

و4= وزن الجص المتبقي من (و1) (غم).

المواصفة حسب (م ق ع رقم 28 لسنة 1988)

نسبة ماء الجص لجميع أنواع الجص تتراوح بين (40% - 56 %).

3 ـ فحص زمن التماسك (Setting time) :-

وقت التماسك : هو الزمن اللازم لتصلب عجينة الجص أي تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة.

- جهاز فايكت (Vicat apparatus) و يشمل على الهيكل و أسطوانة التحمل التي تزن (300) غرام بنهاية ذات قطر (1,0سم) و بطول (5,0 سم) و النهاية الثانية تحتوي على إبرة قابلة للتبديل بقطر (1 ملم) و بطول (5 سم). وأسطوانة التحمل قابلة للقلب على الهيكل و يمكن تثبيت حركتها حسب الوضع المرغوب بنابض خاص وله مؤشر قابل للتنظيم والذي يتحرك على مقياس مقسم بالمليمترات و مثبت بالهيكل. توضع عجينة الجص في مخروط ناقص معدني) يوضع على صفيحة زجاجية أبعاد مربعة و بضلع (10 سم) و المخروط الناقص مصنوع من مواد معدنية غير قابلة للتاكل و غير قابلة لامتصاص الماء بقطر القاعدة من الداخل (7 سم) و (6 سم) في الاعلى، و بأرتفاع (4 سم).كما موضح في الشكل التالي.

المواصفة:- حسب (م ق ع رقم 28 لسنة 1988)

نوع الجص	وقت التماسك(دقيقة)
الجص الاعتيادي	8 -25

الجص الفني	20- 12
مسحوق باريس (البورق)	8- 25

4 - فحص تحمل الضغط للجص (Compressive strength):-

تحمل الضغط :- هو أيجاد القوة المسلطة على وحدة المساحة و تقاس بوحدات كغم /سم^2.

المواصفة (م ق ع 28 لسنة 1988)

نوع الجص	الحد الادنى لتحمل الضغط (MPa)
الجص الاعتيادي	3
مسحوق باريس (البورق)	5
الجص الفني	6

قوالب النموذج :

تعمل نماذج الفحص بقوالب مكعبة منفصلة عن بعضها بأبعاد (2in) (5 سم) معمولة من مادة غير قابلة للتآكل و صلبة وذات تركيب قوي. يجب أن لا يحتوي كل قالب أكثر من ثلاثة مكعبات في أن واحد ويجب أن يكون القالب قابلا للانفصال إلى قطعتين فقط.عندما يركب القالب يجب أن يثبت جيدا" ويجب أن تكون الأبعاد ضمن المتطلبات التالية:-

الأوجه الداخلية يجب أن تكون مستوية بمقدار تغير لا يزيد عن 0.0254 ملم للقالب الجديد وعن 0.0508 ملم للقالب القديم. المسافة بين الوجه المتقابلة تقاس لكل قالب مكعب منفصل و يجب ان تكون في ضمن (5 ± 0.127)ملم لقالب الجديد و (5 ±0.508)لقالب قديم. جميع الزوايا بين الأوجه يجب ان تكون في ضمن (90 ± 0.05) درجة مقاسه من مسافة قريبة لنقطة تلاقي الأوجه.كما موضح في الشكل (7).

5- فحص كثافة الجص Density Test of Gypsum

الكثافة هي عبارة عن الكتلة / الحجم. تعين كثافة الجص من تجربة فحص تحمل الضغط للجص و ذلك بوزن مكعبات الجص الجافة بالغرامات وتقاس الأبعاد لحساب الحجم بالسنتمترات المكعبة وبذلك تحسب الكثافة من القانون :-

$$\text{الكثافة} = Density = \frac{W(gm)}{\mathrm{V(cm3)}}$$

حيث أن:-

W=وزن المكعب بالغرامات. V= حجم المكعب بالسنتمترات.

النورة Lime :-

يعتبر الجير نمن اقدم المواد الرابطة استخداما في التاريخ وهو عبارة عن اوكسيد الكالسيوم الناتج من حرق الحجر الجيري (كربوات الكالسيوم) عند رجة حرارة ما بين (900-1000) درجة مئوية وينتج عن الاحتراق مادة بيضاء هي اوكسيد الكالسيوم CaO او ما يعرف باسم الجير الحي (quick lime) . وحيث انه يلزم لاستخدامه في اعمال والبياض اضافة الماء اليه للحصول على مونة جيرية متحولا من اوكسيد الكالسيوم الى هيدروكسي الكالسيوم $Ca(OH)_2$ ولذي يعرف باسم الجير المطفيء . وق تكون العناصر التركيبية للحجر الجيري (الموا الاولية للجير) نقية بدون شوائب اي متكونة من كربونات الكالسيوم فقط وهي حالة نادرة ، و قد يحتوي على نسب مختلفة كربونات المغنيسيوم (MgCO3) وهذا يؤدي الى تواجد أوكسيد المغنيسيوم مع الجير الحي . توجد شوائب أخرى مع الجير الحي و تشمل عادة السليكا و الالومينا و أكاسيد الحديد والقليل من الكبريتات والقلويات.

أنواع النورة : تقسم النورة إلى عدة أنواع تبعا لنسبة أوكسيد الكالسيوم و أوكسيد المغنيسيوم فيها والأنواع هي:

1. نورة عالية الكالسيوم : حيث تحتوي على ما لا يقل عن 95% من أوكسيد الكالسيوم.
2. نورة مغنيسية : حيث تحتوي على(25 -40) % من أوكسيد المغنيسيوم .
3. نورة عالية المغنيسيوم و الالوماتية: حيث تحتوي على نسب عالية من أوكسيد المغنيسيوم.

عمليا تقسم النورة الحية الى نوعين فقط:

النورة الكلسية و النورة المغنيسية.

أطفاء النورة:- تطفأ النورة للحصول على الجير المطفأ و هو المادة الجافة الناتجة من معالجة الجير الحي بكمية كافية من الماء لانتاج هيدروكسيد الكالسيوم حسب المعادلة:-

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

يكون الجير المطفأ بشكل مسحوق مائل للبياض و يستعمل عادة" مع كمية أضافية من الماء و يسمى معجون النورة (lime paste or lime putty). أن النورة المطفأة المعروفة بالنورة المميهة (hydrated lime) هي الهيدروكسيد الناتج من أضافة الماء في المعمل و ليس في موقع العمل.

تتولد كمية من الحرارة أثناء عملية الاطفاء و يصاحب ذلك تمدد في حجم النورة .

أن سرعة تفاعل أوكسيد الكالسيوم مع الماء هي أكبر من سرعة تفاعل أوكسيد المغنيسيوم ولهذا توجد نورة سريعة الانطفاء و أخرى بطيئة الانطفاء أو متوسطة . تطفأ النورة بالماء لمدة لاتقل عن 24 ساعة قبل أستعمالها في البناء. أن الاطفاء يستمر مع مزج النورة بالماء و يكون المعجون الناتج بعد هذه الفترة ذو قابلية تشغيل أفضل و كذلك قابلية المادة للامتزاج مع الرمل و تقبلها لنسبة أكبر من أيضا".

تماسك النورة و تصلبها:-

يتبخر الماء الطليق عند بدء التماسك و يبدأ هيدروكسيد الكالسيوم بالاتحاد مع غاز ثاني أوكسيد الكاربون مكونا كربونات الكالسيوم التي هي المادة الصلدة و الرابطة

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

يحصل تفاعل مشابه لهيدروكسيد المغنيسيوم. أن هذا التفاعل بنوعيه (الكلسي و المغنيسي) يكون بطيئا جدا و اذا لم يكن بامكان الهيدروكسيد الاتصال بثاني أوكسيد الكاربون (كما في بعض الجدران السميكة) فيحمل أن لايكمل التفاعل أبدا.

نسب المزج لمونة السمنت – نورة:-

يستعمل معجون أو مسحوق النورة المطفأة مع السمنت و الرمل حيث أن النورة تساعد في تحسين قابلية التشغيل و تزيد من ترابط المادة الرابطة مع الطابوق وكذلك تكون المادة الرابطة الطرية أكثر قابلية على الاحتفاظ بمائها.

أن مونة سمنت – نورة – رمل هي أكثر الانواع أستعمالا في العالم الا ان عدم أنتاج النورة بكميات تجارية في الوقت الحاضر و عدم تصنيعها بطريقة علمية جعل أستعمالها في العراق محددا". ان عدم أستعمال النورة في المواد الرابطة يعني زيادة في كميات السمنت المستهلكة.

أقترحت المواصفة الامريكية ASTMC-270-73 نسب مزج تتراوح بين ¼ جزء الى 4 أجزاء من معجون النورة لكل حجم واحد من السمنت على أن يمزج مع النورة و السمنت رمل بنسبة ½ 2 الى 3 مرات بقدر مجموع حجمي السمنت و النورة. من الواضح أن الارقام الاولى في هذه النسب تستخدم لتحضير المونة ذات النوعية والتحمل الاعلى الارقام و الأخيرة تمثل نسب مزج المونة ذات النوعية الاوطأ.

في المواصفة البريطانية تكون نسب المزج مقاربة لما ورد في المواصفة الامريكية .

يفضل المزج بنسبة 9:2:1 حجما (سمنت – نورة – رمل) في الاعمال الاعتيادية و الاحمال الواطئة و بنسبة 6:1:1 في الحالات الخاصة التي يتطلب فيها تماسك سريع كما في حالة توقع الانجماد.

S.No.	Location	Ratio (by volume)		
		Cement	Lime	Sand
1.	Outside wall	1	1	6
		1	2	9
2.	Inside wall	1	2	9
		1	3	12

أختيار نسب المزج مونة السمنت – نورة:-

ينصح عند أختيار نسب المزج في أنواع المونة على أساس تحديد نسبة السمنت بأقل ما يمكن لاعطاء التحمل المطلوب مع زيادة تلك النسبة شتاءا" لأعطاء تحمل أبتدائي أعلى لمقاومة الانجماد. و تستعمل المونة الضعيفة مع الطابوق أو الكتل ذات التقلص الجاف(drying shrinkage) العالي و ذلك لتقليل حدوث التشققات في البناء. تستعمل مونة ذات محتوى عالي من السمنت في أجزاء المنشأ المعرضة إلى عوامل جوية قاسية كالجدران الساندة (retaining walls) والستائر والأسس . لاتستعمل مونة النورة و الرمل بدون سمنت في الوقت الحاضر و ذلك لبطء تصلب المزيج علاوة على ضعف تحمل المادة الناتجة حيث أن تحمل النورة كمادة سمنتية واطئ نسبيا.

خواص مونة السمنت – نورة:-تعتبر مونة السمنت – نورة من أكثر انواع المواد الرابطة أستعمالا في العالم لأن أستعمال النورة المطفأ مع مونة السمنت الاعتيادية يجعلها اسهل شغيلا" ونشرا" وذات قابلية أعلى للاحتفاظ بماء المزج وأكثر ترابطا مع الوحدات البنائية و كذلك كون النورة مادة سمنتية و لاتتاثر بالرطوبة بعد تصلبها و يمكن أنتاجها بكلفة اقل من كلفة السمنت .

أن أنتاج النورة بشكل صناعي واسع ضروري للاستفادة منها كمادة رابطة أضافة لاستعمالاتها الاخرى و لتخيف الضغط الحاصل على أستهلاك السمنت.

السمنت Cement

وهو من أشهر المواد الأنشائية وأهمها في البناء وغالباً ما تتبع كلمة سمنت كلمة بورتلاندي وأصل هذه التسمية من الصخور التي تم صنع السمنت لأول مرة منها في القرن التاسع عشر تقع في مكان يدعى (Portland). بأنكلترا.

مادة سمنتية :-هي أي من المواد الصلبة التي تكون بشكل مسحوق قابل للامتزاج و التفاعل مع الماء و التحول عند الجفاف الى مادة لاصقة و صلدة. هذا التعريف يشمل عددا" كبيرا" من المواد مثل الجص و السمنت بأنواعه والنورة و غيرها الا أن السمنت المستعمل في الخرسانة هو من نوع المواد الكلسية الهيدروليكية التي تحتوي على بعض المكونات الاخرى تحرق بدرجة حرارة عالية ثم تطحن بنعومة كبيرة.

يقسم السمنت المستعمل في الخرسانة و المواد الرابطة الى:-

أ- السمنت البورتلاندي بأنواعه.

ب-أنواع أخرى من الاسمنت الغير بورتلاندية .

صناعة الاسمنت البورتلاندي:-

هناك طريقتين رئيسيتين لصناعة الاسمنت البورتلاندي هي:-

الطريقة الرطبة (wet process) والطريقة الجافة (dry process). ففي الطريقة الرطبة يتم طحن و مزج المواد الاولية بوجود الماء. أما الطريقة الجافة فيتم طحن و مزج المواد الاولية بحالتها الجافة.

أن أختيار أي طريقة من هذه الطرق يعتمد على طبيعة المواد الاولية المستعملة حيث تستعمل الطريقة الرطبة عندما تكون نسبة الرطوبة في الخامات عالية أما الطريقة الجافة فتستعمل عندما تكون مواد الخام صلدة لدرجة أنها لا تتفتت في الماء. كما تستعمل الطريقة الجافة في البلدان الباردة و ذلك خوفا من تجمد الماء في الخليط و كذلك في حالة شحة الماء اللازم لعملية الخلط.

أ- السمنت البورتلاندي (Portland Cement ويختصر P.C).
مجموعة أنواع السمنت التي تكون المواد الخام فيها كلسية بنسبة حوالي الثلثين و الباقي مواد طينية و قد تضاف خامات أكاسيد الحديد. أن أختيار **المواد الاولية** يكون بالنسبة الملائمة لتوفير الكمية المناسبة من أوكسيد الكلس (CaO) والسليكا (أوكسيد السليكون SiO_2) و الالومينا (أوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) وأكاسيد الحديد (Fe_2O_3 أو غيره) لذلك النوع من السمنت البورتلاندي حيث

تتغير نسبة المواد ألأولية يعطي الانواع المختلفة من السمنت البورتلاندي. يستعمل حجر الكلس و الترسبات الطينية الصالحة كمواد أساسية لصناعة السمنت في العراق .

تهيأ المواد الخام وتطحن و تمزج ثم تحرق و تصهر بدرجة حرارة أكثر من 1350 °م في أفران دوارة مائلة تنتج ما يسمى بالكلنكر (Clinker) . يبرد الكلنكر ثم يطحن بالنعومة المطلوبة و يضاف اليه أثناء الطحن مادة الجبس التي تعمل على زيادة و تعديل زمن التماسك. قد تختلف نعومة السمنت حسب نوعية الاسمنت إلا أن الحبيبات السمنتية تكون بمقاس يتراوح بين (0.5 –8) مايكرون . يباع السمنت أما بحالة فل (غير معبأ) حيث ينقل بسيارات حوضية ذات مضخة خاصة و يخزن في صوامع (Silos) معدنية أو معبأ بأكياس ورقية ذات زنة (50 كغم) للكيس الواحد. ينتج السمنت بانواع مختلفة لأستخدامات مختلفة .

يتضح مما سبق أن كلمة سمنت بورتلاندي تعني مواصفات معينة لمجموعة من أنواع السمنت تشترك في كون مركباتها الاساسية (basic compounds) متشابهة و لكنها تختلف في نسب تواجدها. تنتج المركبات الاساسية عن أتحاد الاكاسيد المذكورة سابقا" بفعل الحرارة. أن أهم المركبات الاساسية :–

1. السليكا ثنائية الكلس ($2\ CaO\ .\ SiO_2$) ويرمز له (C_2S) يتميز هذا المركب بأن سرعة تفاعله بطيئة و يعطي حرارة قليلة أثناء التفاعل و تحمله الابتدائي لقوى الضغط قليل الا أن تحمله النهائي يكون جيدا.

2. السليكا ثلاثية الكلس ($3\ CaO\ .\ SiO_2$) ويرمز له (C_3S) يتميز هذا المركب بأن سرعة تفاعله معتدلة و يحرر كمية لا بأس بها من الحرارة أثناء التفاعل ويكون تحمله الابتدائي والنهائي جيد. يكون هذا المركب مع المركب السابق (70 –80)% من السمنت البورتلاندي.

3. الالومينا ثلاثية الكلس ($3\ CaO\ .\ Al_2O_3$) ويرمز له (C_3A) يتميز هذا المركب بتفاعله السريع و بتحريره كمية كبيرة من الحرارة أثناء التفاعل. أن التحمل الابتدائي له جيد الا أن تحمله النهائي ضعيف . يعتبر هذا المركب قلقا و خاصة بسبب تفاعله مع الاملاح الكبريتية الذي يؤدي إلى أضعاف السمنت.

4. الومينات الحديد رباعية الكلس ($4\ CaO\ .\ Al_2O_3.\ FeO_3$) ويرمز له (C4AF)يمثل مجموعة أكاسيد أخرى مقاربة له في الخواص. يتفاعل مع الماء بسرعة أقل من(C_3A) و أقل من مركبات سليكات الكالسيوم المائية. تكون حرارة الاماهه أعلى من تلك التي يولدها

(C_2S) وأقل من باقي من بقية المركبات. أن تأثير هذا المركب على تحمل السمنت قليل و كذلك على حرارة الاماهه. يعتمد في نسبة تواجده التي تتراوح عادة" بين (5–10)% من وزن السمنت على كمية أكاسيد الحديد في المواد الخام.

أن خواص أنواع السمنت البورتلاندي هي محصلة خواص المركبات حسب نسب تواجدها بالاضافة إلى تأثير نعومة السمنت .

أنواع السمنت البورتلاندي:-

يمكن تقسيم أنواع السمنت البورتلاندي الى ست أنواع رئيسية :

1- سمنت بورتلاند الاعتيادي (Ordinary Portland cement) يستعمل هذا السمنت في كافة الحالات عدا التي يستوجب فيها استعمال نوع أخر من السمنت حيث يستعمل للأعمال الأعتيادية.

2- سمنت بورتلاند المعدل (modified Portland cement) يستعمل في الحالات العامة وبخاصة التي تتعرض فيها الخرسانة الى أملاح كبريتية بكمية معتدلة أو عندما يتطلب أن تكون حرارة التفاعل (أو الاماهة) المنطلقة أقل من تلك في النوع الاعتيادي و ذلك عند عمل الكتل الضخمة أو عند تنفيذ صب الخرسانة في جو حار. يتميز هذا السمنت بتحديد كمية المركبين C_3A,C_3S .

3- سمنت بورتلاند سريع التصلد (Rapid hardening Portland cement) يتميز بسرعة تصلبه حيث يستعمل في الأعمال التي يتطلب فيها رفع القوالب بسرعة مثل أعمال الارصفة والطرق وزيادة التحمل في الايام الاولى بعد التصلب أو في الاجواء الباردة. يتميز هذا السمنت بزيادة كمية المركبC_3S وتقليل C_2S و بنعومة عالية.

4-سمنت بورتلاند واطئ الحرارة (Low heat Portland cement) يستعمل في الحالات التي يتطلب فيها أن تكون حرارة الاماهة أقل ما يمكن لتجنب الشقوق كما في حالات الصبات الضخمة كالسدود ودعامات الجسور و خاصة عند صب الخرسانة في الاجواء الحارة(حيث تتولد فيها بعد الصب حرارة عالية تؤدي الى حصول التشققات (cracks)) . يتميز هذا السمنت بتحديد كمية المركبC_3A.وأحيانا بتحديد مجموع (C_3A,C_3S) لجعل حرارة الاماهة معتدلة .

5- سمنت بورتلاند المقاوم للأملاح (Sulphate resisting Portland cement) ويستعمل في الأعمال الملامسة للتربة. يستعمل في الحالات التي تتعرض فيها الخرسانة الى تأثير الأملاح الكبريتية من أي مصدر كان. يتميز هذا السمنت بتحديد كمية المركب C_3A إلى أقل حد ممكن ويكون ذلك بتقليل نسبة الالومينا المتواجدة في المواد الخام و بإضافة خامات أوكسيد الحديد بنسبة أكبر في المواد الاولية حيث

تعمل تلك الخامات على الاتحاد مع الالومينا و الكل مكونة المركب C4AF المر الذي يقلل كمية C_3A في السمنت الناتج. أن مقاومة هذا السمنت للأملاح الكبريتية هي بحدود معينة ويجب وقاية الخرسانة بوسائل أضافية أذا كانت نسبة الأملاح المتواجدة أكثر من حدود مقاومة السمنت.

6- سمنت بورتلاند الأبيض. (White Portland cement)

يستعمل في الحالات التي يكون فيها اللون أبيضا" أو فاتحا"كما في النثر و اللبخ الابيض أو الملون أو في صناعة الكاشي أو الخرسانة بلون خاص. لهذا السمنت نفس خواص سمنت بورتلاند الاعتيادي ما عدا درجة اللون. ينتج هذا السمنت باستعمال مواد خام ذات لون فاتح مع تحديد كمية أكاسيد الحديد بشكل خاص إلى أقل حد ممكن لأنها تسبب قتامة لون السمنت و كذلك يستعمل الوقود الذي لا يسبب تلوث و تلون السمنت فالفحم الحجري مثلا لا يصلح كوقود في هذه الحالة.

ينتج في العراق سمنت بورتلاند الاعتيادي والمقاوم للأملاح الكبريتية و الابيض بصورة مستمرة ويمكن أنتاج بقية الأنواع الواردة ذكرها في نفس معامل السمنت(عدا الابيض) عند الحاجة.

أن الأنواع المستعملة من السمنت في انشاء الدور السكنية في العراق هي السمنت العادي لصب السقوف و الربّاطات و مونه البناء فوق طبقة مانع الرطوبة (D.P.C) والسمنت المقاوم المستعمل في صب الاسس وبناء تحت البادلو (D.P.C) وتشميع الاساس وكذلك السمنت الابيض المستعمل في الانهاءات .

انّ للسمنت خواص فيزيائية مهمة يتم التعرف عليها في المختبرات الانشائية مثل النعومة ودرجة حرارة الاماهة (hydration) ومقاومة الانضغاط والشد والقص لمكعبات نماذج السمنت. من المهم جداً أن يكون السمنت المستعمل في موقع العمل من النوع المكيس وغير المخزون لفترات طويلة (غير متحجر).

هنالك أنواع أخرى من السمنت البورتلاندي منها:-

1. سمنت بورتلاند مفقع للهواء (air entraining Portland Cement):- هو من نفس نوعية السمنت البورتلاندي الأساسي الواردة في 1 و2 و3 سابقا و مضافا" إليه في مرحلة الطحن مضافات تعمل على نشر فقاعات هوائية أو غازية دقيقة جدا" عند استعمال السمنت. تستعمل أنواع هذا السمنت عند توقع تعرض الخرسانة في المنشأ الى تأثير الانجماد بدرجة كبيرة.

2. سمنت بورتلاند خبث الفرن العالي (Portland Cement blast furnace slge):- سمنت يصنع باستعمال الخبث(slge) الناتج من تعدين الحديد في الفرن العالي (النفاخ) مع كلنكر سمنت بورتلاند و بعض المنشطات مثل النورة أو هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم أو مواد أخرى. يتميز هذا السمنت ببطء تصلده لذا فأن سرعة أطلاقه للحرارة تكون قليلة نوعا" ما و عليه

يفضل استعماله في الصبات الكبيرة و في الاجواء الحارة. يكون تحمل الضغط الابتدائي لهذا النوع من السمنت واطئ إلا أن تحمله النهائي يكون جيدا".

3. سمنت بورتلاند فائق التصلد(extra Rapid hardening Portland cement):- سمنت يصنع بإضافة كلوريد الكالسيوم الى سمنت بورتلاند سريع التصلد في مرحلة الطحن. يعمل كلوريد الكالسيوم كمعجل للتفاعل مؤديا" إلى زيادة في التحمل الابتدائي وفي سرعة أطلاق الحرارة. أن إضافة كلوريد الكالسيوم تزيد في احتمال تآكل فولاذ حديد التسليح لذا يحذر من استعماله في أعمال الخرسانة السابقة الجهد من النوع السابق التوتير. لهذا السمنت نفس استعمالات سمنت بورتلاند السريع التصلد و يستعمل عند الرغبة في الحصول على تحمل ابتدائي أسرع مما يعطيه النوع السابق.

4. سمنت بورتلاند الملون. (coloured cement)-: سمنت يصنع بإضافة خضاب ملون الى السمنت الاعتيادي في مرحلة الطحن. يكون الخضاب ذا لون ثابت و لا يتفاعل مع السمنت بصورة سلبية. يستعمل سمنت بورتلاند الاعتيادي لإنتاج سمنت ملون ذي لون غامق و سمنت بورتلاند الابيض لإنتاج سمنت ملون بألوان فاتحة. لهذا السمنت نفس استعمالات السمنت الابيض و لإعطاء لون معين.

5. سمنت بورتلاند البوزولاني (Portland pozzolan Cement):- سمنت يصنع بإضافة مواد بوزولانية الى سمنت بورتلاند الاعتيادي بنسبة حوالي 25% في مرحلة الطحن. أن المواد البوزولانية هي مواد سيليكية التركيب لها القابلية على التفاعل مع النورة بوجود الرطوبة و ينتج عنها مادة سمنتية. أن تفاعل أنواع السمنت البورتلاندي مع الماء ينتج نورة بشكل هيدروكسيد الكالسيوم و عندما تكون الظروف غير مناسبة فان هذه النورة يمكن أن تسبب تآكل الخرسانة بفعل الماء الذي يؤدي الى أرتشاح المادة خارج الخرسانة لذا فان وجود المواد البوزولانية يساعد في تحويل النورة الى مواد سمنتية ثابتة لا تتأثر بفعل الماء. أن التحمل الابتدائي لهذا السمنت ضعيف نسبيا" الا أن التحمل النهائي جيدا" و يساوي أو يزيد على تحمل سمنت بورتلاند الاعتيادي. يتميز هذا السمنت ببطء اطلاق الحرارة.

لا تنتج هذه الأنواع في العراق في الوقت الحاضر اما بسبب قلة استعمالها او لعدم توفر المواد الاولية بكلفة معقولة كما في سمنت بورتلاند خبث الفرن العالي.

أ- أنواع السمنت غير البورتلاندي:-

مجموعة أنواع السمنت التي لا تتكون من المركبات الأساسية للسمنت البورتلاندي الواردة ذكرها بصورة رئيسية بل توجد مركبات أخرى. لا تعود هذه الأنواع إلى مجموعة متقاربة التركيب كما في أنواع السمنت بورتلاندي. توجد أنواع السمنت غير بورتلاندي متعددة منها:-

1. السمنت الطبيعي:-(natural cement) سمنت محضر من حرق وطحن الصخور التي تتواجد في الطبيعة و يكون تركيبها سمنتيا" مشابها لمكونات سمنت بورتلاند تقريبا. تكون درجة الحرة واطئة بالنسبة الى أنواع سمنت بورتلاند. أن أنتاج هذا النوع من السمنت محدود جدا" في العالم بسبب تذبذب نوعيته و قلة تحمله قياسا لأنواع السمنت الاخرى.

2. سمنت عالي الالومينا(high alumina cement)

سمنت يصنع من الطباشير أو حجر الكلس و البوكسايت. يتميز هذا السمنت بلونه الغامق و بسرعة تصلده و بإعطائه تحملا" كبيرا حتى في اليوم الاول و كذلك بمقاومته الجيدة لتأثير الاحماض المخففة و الكبريتات لكنه يتأثر بالقلويات. يستعمل هذا السمنت في خرسانه الاجواء الباردة و عند الرغبة في الحصول على تحمل مبكر عال و في المنشات البحرية و كذلك في الخرسانة المقاومة للنار كالمداخن و الافران وغيرها.

يتأثر تفاعل هذا السمنت بدرجات الحرارة عندما ترتفع أكثر من 25 درجة مئوية عند التصلد و ما بعده و كذلك عند تعرض الخرسانة الى الرطوبة بصورة دائمة و ينتج عن ذلك تحولات تسبب هبوطا" في تحمل الخرسانة. لذا يجب الاهتمام بالسيطرة على درجة الحرارة عند عمل الخرسانة و أنضاحها و عدم استعمال نسبة ماء / سمنت أعلى من 0.40 (المدونة البريطانية) (cp11-72) . يجب أخذ هبوط المحتمل في الحمل بنظر الاعتبار عند التصميم.

عند مزج هذا السمنت مع سمنت بورتلاند الاعتيادي ينتج مادة سمنتية فائقة التفاعل تتصلد ببضع دقائق و يمكن تحميلها بعد ساعتين. تستعمل أنواع هذا المزيج الاصلاحات المستعجلة جدا".

3. سمنت فائق الكبريتات (Super sulphated cement) سمنت يصنع من خبث الفرن العالي و كبريتات الكالسيوم و كمية قليلة من السمنت البورتلاندي تحرق هذه المواد و تطحن بنعومة عالية. يتميز هذا السمنت بقلة حرارة التفاعل و بمقاومته الجيدة لتأثير الكبريتات و لتحمله الجيد الذي يكون على الاغلب أعلى من تحمل سمنت بورتلاند سريع التصلد. يفضل استعمال هذا السمنت في الصبات الكبيرة بشكل خاص كالسدود و غيرها و كذلك في الاجواء الحارة و عند تعرض الخرسانة لتأثير الكبريتات.

4. سمنت البناء (masonary cement):- سمنت يصنع من مزيج سمنت بورتلاند الاعتيادي مع مواد مفقعة للهواء و مواد أخرى كالجبس و النورة و غيرها. ينتج و يباع بأسماء تجارية مختلفة. يستعمل هذا السمنت لعمل المواد الرابطة و ليس الخرسانة.

5. سمنت تمددي (expansive cement):- سمنت يصنع بتراكيب متعددة الهدف أنتاج سمنت يتمدد أو على الأقل لا ينكمش بنتيجة تفاعله مع الماء. تنتج الأنواع المختلفة منه بمزج نسب معينه من السمنت البورتلاندي كمادة سمنتية مع مادة متفاعلة مع السمنت تؤدي الى التمدد و تكون كبريتية في الغالب و مادة مثبتة معادلة للسيطرة على التفاعل. يستخدم السمنت التمددي لغرض أصلاح النضوح في المنشات الصماء الناقلة أو الحافظة للسوائل كالسدود و السراديب و الخزانات و غيرها أو لإصلاح الاعضاء الانشائية المتضررة حيث أن أنواع السمنت البورتلاندي لوحدها لا تصلح لهذا الغرض بسبب انكماشها عند الجفاف.

6. أنواع أخرى من السمنت:- هنالك أنواع أخرى من السمنت مثل **سمنت بئر النفط** و يستعمل عند حفر آبار النفط **والسمنت النفاث التماسك** الذي يستعمل في الاصلاحات المستعجلة جدا". **والسمنت المنفر للماء** الذي يستعمل عند الحاجة لخزن السمنت لفترة طويلة في أجواء رطبة و غيره من أنواع السمنت.

فحوص السمنت:- وتشمل

أ- الفحوص الفيزياوية:-

1. فحص النعومة Fineness
2. فحص المقاومة Strength
3. فحص وقت التماسك Setting Time
4. فحص المتانة soundness

ب- الفحوص الكيمياوية:-

1. طريقة أخذ نماذج الفحص Sampling
2. التحليل الكيمياوي Chemical analysis
3. النعومة باستعمال جهاز الترابيدايميتر Fineness by Turbidimeter

4. النعومة بأستعمال طريقة تغلغل الهواء Fineness by air permeability
5. تمدد اوتوكليف Auto clave expansion
6. وقت التماسك بطريقة أبرة فايكت Time of setting by vicat needle
7. وقت التماسك بطريقة أبرة كليمور Time of setting by Gilmore needle
8. محتويات القيمة من الهواء Air content of mortar
9. جهد الضغط Compressive stress
10. جهد الشد Tensile stress

البوزولانا Puzzolana

اشتقت كلمة بوزولانا من كلمة (Pizzuoli) بلدة في ايطالياقرب مدينة نابولي(Naples) حيث ان الرماد البركاني المحيط بتلك البلدة عندما يخلط مع النورة المطفاة (hydrated lime) له قابلية التفاعل وتكوين مركبات سمنتية كما في السمنت.

تعرف البوزولانا على انها مواد سليكية (siliceous materials)خاملة ليس لها صفات سمنتية لكن بوجود الماء تتفاعل مع النورة في درجات الحرارة الاعتيادية وتكوين مركبات قليلة الذوبان في الماء وذات صفات سمنتية. ان الاستخدام الرئيسي للبوزولانا هو في صنع الخرسانة حيث انها تضاف كتعويض جزئي للسمنت ، الفائدة منها :-

1- العامل الاقتصادي من خلال تقليل كمية السمنت المستخدمة.
2- تحسين في قابلية التشغيل.
3- تقليل النضح والانعزال.
4- تقليل النفنذية.
5- مقاومة النجماد.
6- مقاومة الاملاح الكبريتية.
7- مقاومة التاثير الضار للقلويات الموجودة في الركام.
8- تقليل درجة حرارة الاماهة.

تصنيف البوزولانا

تصنف البوزولانا الى الى بوزولانا طبيعية وبوزولانا مصنعة :-

الوبوزولانا الطبيعية(natural puzzolana): هي البوزولانا التي تكون من مصادر طبيعية وتكون غنية بالسليكا والالومينا وتحتوي على نسبة قليلة من القلويات ومن امثلتها :-

1- الرماد والحمم البركانية عنما تطحن بنعومة عالية.
2- الترسبات الطينية حيث انها يجب ان تحرق وتطحن لتصبح فعالة.

البوزولانا المصنعة(artificial puzzolana): هي البوزولانا التي يكون مصدرها مواد صناعية ومنها:

1–الرماد (pulverrised fuel ash) : الرماد الناتج من حرق الفحم الحجري في محطات توليد الطاقة الكهربائية حيث يجمع ويستخدم كمادة بوزولانية .

2–خبث الفرن العالي النفاخ (Ground blast furnace slag) : وهو ناتج عرضي لعملية تعدين الحديد ، حيث ان الخبث ينتج من تحرر النورة من الحجر الجيري الذي يضاف للفرن من السليكا والالومينا الناتجة كمخلفات عرضية من خامات الحديب ومن الوقود.

3– غبار السيليكا (silica fume) : وهي ناتج عرضي من صناعة معدن السيليكون او الفيروسليكون(ferrosilicon) حيث يتم الحصول عليها من الدخان المنصاعد من الافران بعملية التكثيف ولذلك تدعى بالمايكرو سليكا المكثفة (condenced silica fume) ، تكون جزيئاتها كروية الشكل وفائقة النعومة حيث انها انعم من السمنت بحوالي 100 مرة .

4– رماد سيقان الرز (rice husk ash): ناتج من حرق سيقان الرز حيث انه يحتوي على 75% من السيليكا .

فعالية البوزولانا The activity of puzzolana

عندما تخلط البوزولانا مع السمنت البورتلاندي الاعتيادي فان السيليكا الموجوة في البوزولانا تتحد مع النورة الناتجة من اماهة السمنت. هذا التفاعل يطلق عليه التفاعل البوزولاني(puzzolanic action)، ناتج التفاعل يكون المركب هيدرات سليكات الكالسيوم (C-S-H)(calcium silicate hydrate) كما في عملية الاماهة (hydration) اي تفاعل السمنت البورتلاندي مع الماء. هذا المركب يعطي المقاومة وقلة النفاذية والديمومة للخرسانة .

تفاعل السمنت مع الماء

$$C_3S + H_2O \rightarrow C-S-H + Ca(OH)_2$$

تفاعل النورة مع السيليكا الموجودة في البوزولانا

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 \rightarrow C-S-H$$

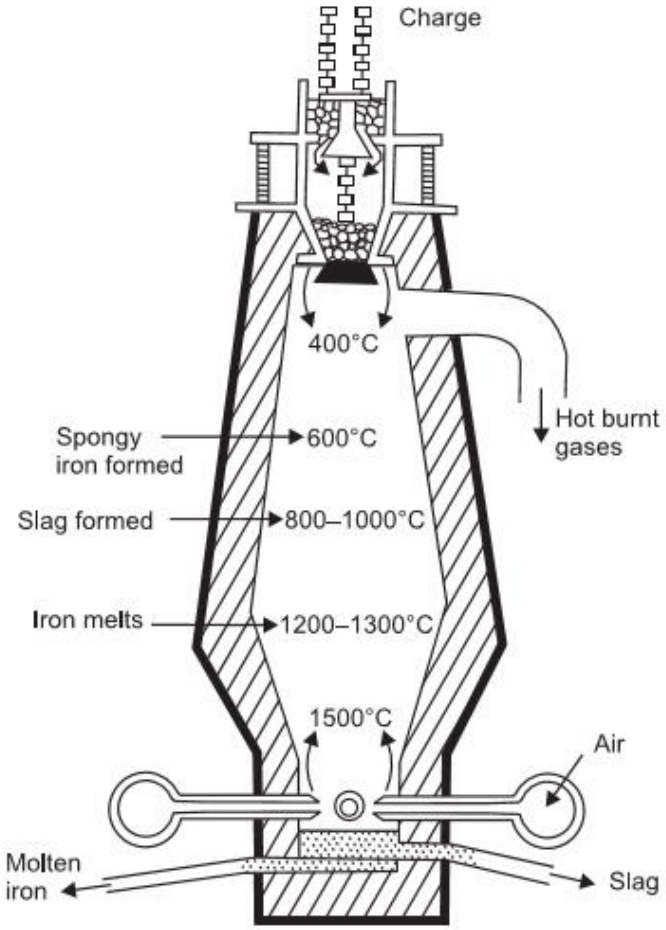


Fig. 13.1 Blast Furnace for the Manufacture of Pig Iron

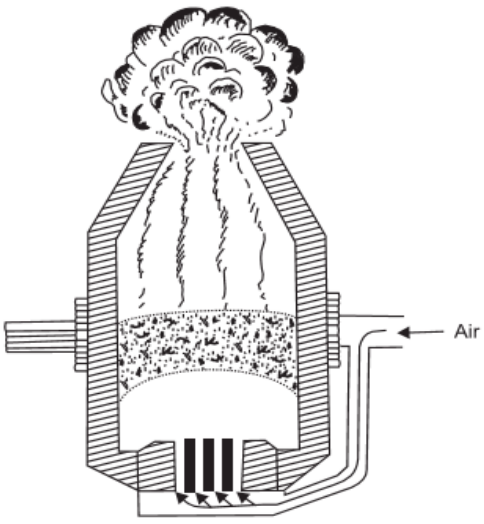


Fig 13.4 Bessemer Converter for the Manufacture of Steel

الخشب (TIMBER)

تعد الاخشاب من المواد الهندسية الطبيعية غير المعدنية والنصف قصفة. ويعد الخشب ضمن طائفة مواد البناء والذي له دور هام وفعال في أعمال العمارة والإنشاءات منذ قديم الزمان، وما زالت حتى الآن تعتبر من المواد الحديثة الاستخدام حيث انها تستخدم بنطاق واسع في الاعمال الانشائية نظرا لكثرة مميزاتها وهي كالتالي:

- خفيف الوزن اذ تتراوح كثافته (400-800) كغم/م^3 حسب نوع الخشب.
- مقاومته للاحمال مناسبة للغرض المستخدم من اجله ، اذ يتحمل شد اكبر من الخرسانة بكثير ، ولذلك يمكن استخدامه لتحمل قوى الانثناء.
- سهل التجهيز والتشكيل والتجميع والتشغيل.
- يستخدم في اعمال العزل الصوتي والحراري بكفاءة عالية.
- ديمومته عالية اذا توفرت له طرق الحماية المناسبة من الرطوبة والحرارة والمواد الكيميائية.

هناك عدة أنواع من الخشب ولكل نوع ميزاته الخاصة من ناحية الكلفة و النوعية و الشكل و اللون و المقاومة و الرائحة بحيث يمكن أن يكون أفضل في الاستعمال في محل معين عن غيره.

إن التقسيم العام للخشب يمكن أن يكون على الشكل التالي:-

1. خشب رخو . Soft wood
2. خشب صلب . Hard wood

الخشب رخو . Soft wood

وهو أكثر ما يستعمل للاعمال الإنشائية و الأعمال النجارية التي تصبغ بأصباغ دهنية.

الخشب صلب . Hard wood

وهو أكثر ما يستعمل للزخرفة و الزينة و المحلات التي يتطلب فيها مقاومة للاستعمال الشديد.

فالنجارية عبارة عن فن تركيب الخشب في الأعمال الإنشائية ويقسم إلى قسمين هما:-

أ- النجارية المؤقتة (Carpentary):- أستعمال الأخشاب في الأعمال الوقتية كعمل القوالب مثلا.

ب- النجارية الدائمية (Joinery):- وتشمل أستعمال الأخشاب في الأعمال التي تركب كجزء متمم للبناء كالابواب و الشبابيك و الخزانات و السقوف الثانوية و تغليف الجدران وغيرها.

خواص الخشب :-

تنمو الاشجار بأضافة طبقات الواحدة فوق الأخرى من الياف الخشب سنه بعد أخرى و أن الإضافة تكون دائما على الطبقة الخارجية. يلاحظ أن هذا النمو في المناطق الاستوائية هو مستمر وليس هناك قاعدة لتكون هذه الطبقات سنوية. أن محل أتصال الاغصان بالاشجار يحصل ما نسميها العقدة. أن تكوين الخشب هو تكوين حجيري وان هذا التكوين متباين بأنواع الاشجار. إن التكوين الحجيري و العقد و الطبقات لايختلف بالنسبة لانواع الاشجار فحسب بل يختلف حتى في نفس نوع الخشب وذلك للمحلات و الظروف التي تنمو بها الشجرة . ومن هذا يمكن الاستنتاج أن هناك عوامل متعددة يمكن أن تؤثرعلى خواص الخشب و تعطي أنواع غير محدودة الخواص . و لهذا عند أستعمال الخشب يجب أنتخاب الخشب ذي الخواص الملائمة لصفات و نوعية الاستعمال أو يستعمل بعد صنعه بطريقة حيث تختزل هذه الطريقة أكثر خواصه الرديئة كما هو معمول به في خشب المعاكس.

أن الخشب هو المادة الطبيعية الوحيدة التي لها من الخواص في مقاومة قوى الشد و الضغط معا" و له من المرونة و سهولة القطع و الربط و عمل الاشكال المطلوبة بحيث تجعل منه هذه الخواص صالحا" للاستعمال لأغراض بنائية و أنشائية كثيرة.

العوامل التي تؤثر في تحمل الخشب :-

أن أهم العوامل التي تؤثر في تحمل الخشب :-

1. **سرعة النمو Rate of growth**:- أ ن تباعد الحلقات السنوية في مقطع الخشب يدل على سرعة نمو الشجرة و هذا يعني تحمل ضعيف لهذه الأخشاب و أحسن مثال لذلك هي أنواع الأخشاب الرخوة على اختلاف أنواعها.
2. **استقامة الألياف** :- أن أخشاب الأعمال الإنشائية تكون غالبا بمقطع بحيث تكون الألياف متجهة نحو طول اللوحة و إن أي اختلاف بين اتجاه الطول في اللوحة والألياف لابد و أن يؤثر في قوة التحمل للخشب.
3. **العقد Knots**:- أن وجود العقد يضعف الخشب و خصوصا عندما تكون في الأماكن التي تقاوم قوى الشد لذا يجب الأخذ بنظر الاعتبار موقع العقد و حجمها. و يمكن القول بصورة عامة أن من المستحيل الحصول على خشب بمقاطع كبيرة و بدون عقد.
4. **عيوب الخشب التي تحدث بعد قطع الشجرة**:- أن العيوب التي تحدث بعد قطع الشجرة لابد أن تؤثر في تحمل الخشب باعتبارها نقاط ضعيفة و أهم هذه العيوب هي:-
   - أ- الشقوق الشاعية.
   - ب- الشقوق الدائرية.
   - ت- الرضوض.
   - ث- الانكماش.

   يمكن تقليل حدوث هذه العيوب و ذلك بأتباع الخطوات القياسية في تجفيف الخشب و التقيد بها.
5. **التدوير Wane**:- و هو بقاء السطح المدور الأصلي للشجرة على لوحة ما و هي مقصوصة وهذا لا يؤثر في القوة إلا عندما يكون بمقدار كبير.
6. **محتوى الرطوبة Moisture Content**:-أن مقاومة الخشب تزداد عندما يجفف. ويرجع قسم من هذه الزيادة في المقاومة إلى نقصان محتوى الرطوبة في الخشب.

ملاحظة:- يمكن أن يكون ثقل الخشب دليلا على مقاومته لتحمل الإثقال و أن وزن الخشب متغير بين (40-70) باون في القدم المكعب و ذلك بعد التجفيف . وأن وزن الأخشاب الرخوة هو غالبا(33) باون في القدم المكعب.

الخواص الهندسية للخشب:-

1. خفة الوزن مقارنة بالمواد الانشائية.
2. التحمل العالي للضغط و الشد في آن واحد لاحتوائه على الياف.
3. العزل الحراري الجيد.
4. سهولة الحصول على الاجزاء و الاشكال المطلوبة.
5. مظهر الخشب جيد من الناحية المعمارية.
6. غير متجانس لوجود العقد فيه (من السلبيات).
7. يكون أتجاهي (Directional).
8. يميل إلى فقدان و اكتساب الرطوبة من المحيط الخارجي و تسمى هذه الظاهرة(hydroscopic).

التغيرات البعدية في الخشب :-

يحتوي الخشب الطري عادة كمية كبيرة من الرطوبة وأن هذه الرطوبة تجف بعد قطع الخشب و يصحب هذا تقلص في حجم الخشب الذي لا يكون متساويا" في كل الاتجاهات بسبب تركيب الخشب .

عندما يوضع الخشب المجفف في محل ما رطب ، يمتص الرطوبة و يتمدد ، ثم عندما يفقد الرطوبة يتقلص مرة ثانية و هكذا يتغير حجم الخشب و مقدار الرطوبة فيه حسب رطوبة المحيط ،إن هذه الصفة في الخشب هي أهم نقطة يجب أن تعالج بحيث تتوقف أو تقلل إلى أدنى حدودها و لهذا السبب يجفف الخشب. أن النقطة الثانية التي لأجلها يجفف الخشب هي أن الخشب عندما يجفف بدرجة أقل من درجة معينة من الرطوبة بالنسبة لنوع الخشب فأنه يصبح له المناعة ضد نمو الفطريات على الخشب أو فيه كما أن التجفيف يقوي الخشب عندما يكون التجفيف بدرجة ثابتة بالنسبة لنوع و محل استعمال الخشب .

تجفيف الأخشاب (Seasoning of Maturing):-

تجفف الأخشاب المقطوعة حديثا لاحتوائها على نسبة رطوبة عالية تبلغ أحيانا 40% من وزن الخشب و يجب أن لا تزيد كمية الرطوبة التي يحتويها الخشب على 12%.

أهم الأسباب الموجبة لتجفيف الأخشاب ما يلي:-

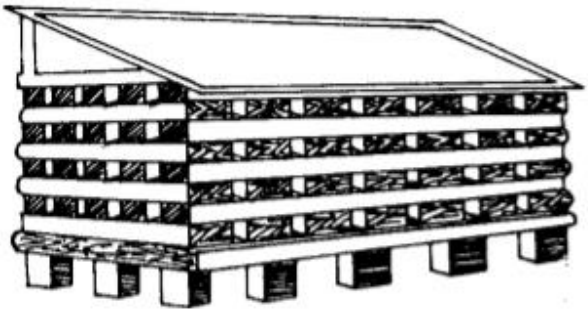
أ- تقليل وزن الخشب و تحسين خواصه الميكانيكية و تقليل نسبة الانكماش و الالتواء الذي يترتب على تفكك الأجزاء المكونة للأبواب و الشبابيك و المفاصل الأخرى.

ب- إزالة الأملاح العضوية و الصمغيه المتبقية في الألياف و تهيئتها للحفاظ عليها من التلف و التسوس و التآكل و ثم مقاومته الطويلة للظروف الخارجية و البيئية أثناء الاستعمال.

هناك ثلاث طرق في تجفيف الخشب هي :-

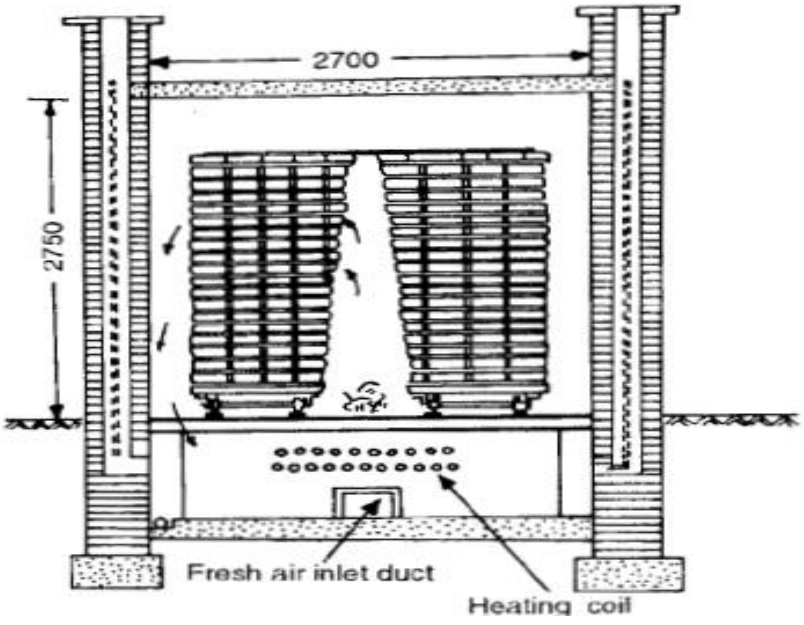
1. **التجفيف الطبيعي (Natural Seasoning)**

وهو التجفيف الذي يتم بتعريض الخشب إلى حالات جوية اعتيادية لمدة معينة. حيث أن التجفيف الطبيعي يتم بمرحلتين أولهما رص الأخشاب في الهواء الطلق بارتفاع من (1 - 1.5) متر حيث يفقد الخشب (75%) من كمية الرطوبة و ثم التخزين في مخازن و مسقفات حيث يكون جوها جافا" بقدر المستطاع و المدة اللازمة للتجفيف الطبيعي تعتمد على درجة حرارة و رطوبة الجو و تتراوح من بضعة أشهر إلى سنتين و عادة" تحتسب سنة واحدة لتجفيف 1سم من سمك الخشب.



التجفيف الطبيعي (Natural Seasoning)

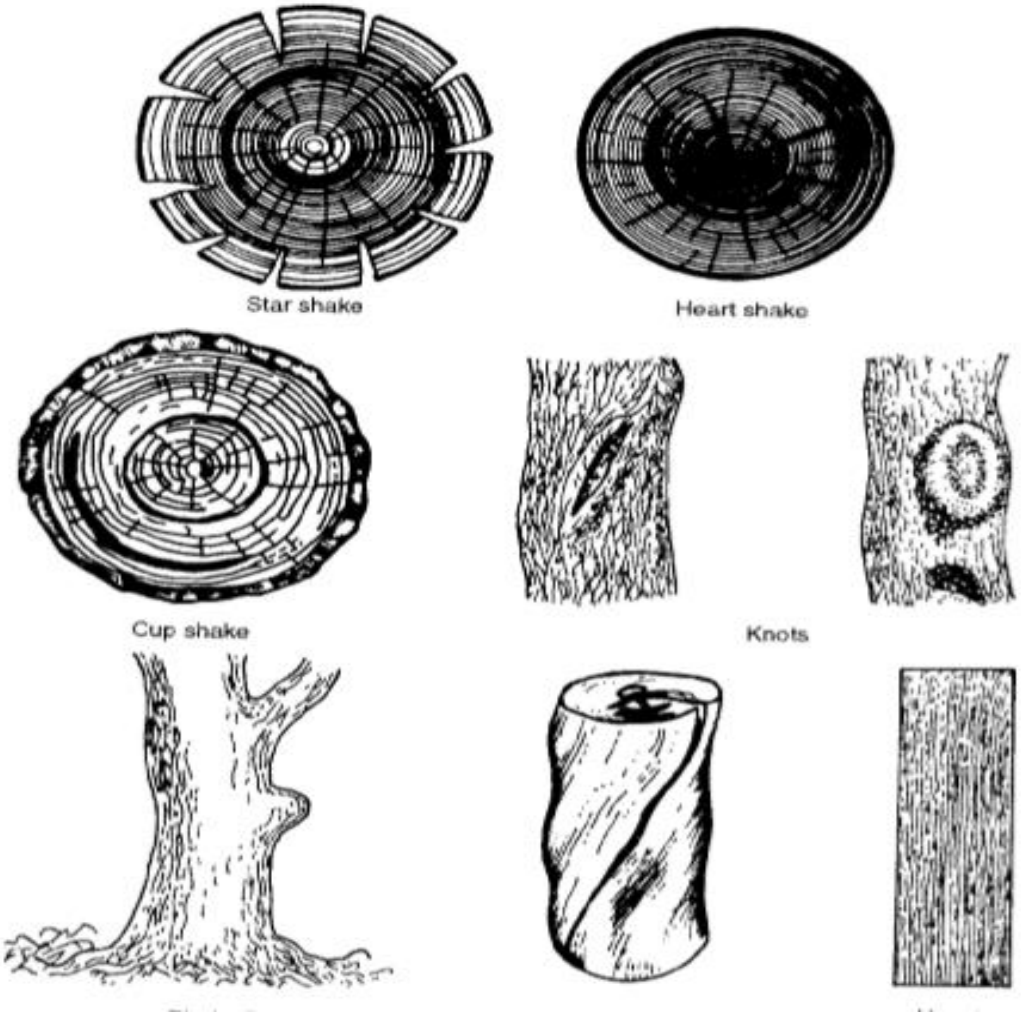
2. التجفيف بالأفران :- و هو الخشب يجفف في غرفة مسخنة صناعيا"مع ضبط الرطوبة النسبية في داخل هذه الغرفة.



3. التجفيف الكيمياوي (Chemical Seasoning):- وهو عبارة عن مزيج بين التجفيف بالأفران مع معالجة الخشب بمواد كيمياوية تجعله ذا مقاومة للحصول على صفات جيدة.

صفات الخشب و عيوبه :-

تمتاز الأخشاب حسب اللون و الكثافة و الرنين و الرائحة و تركيب الأنسجة و بموجب هذه الصفات يمكن تقدير قيمة الخشب و مجالات استعماله ومن أهم عيوب الخشب وجود العقد (Knots)و الشقوق الشعاعية و التي تظهر كثيرا بعد التجفيف أو نتيجة إلى نمو الشجرة السريع و الشقوق الدائرية الناتجة من انفصال الحلقات عن بعضها والرضوض الناتجة من اصطدام الساق بشدة مع كتل صلبة ثم الانكماش و الانحناء بسبب تباين التمدد و التقلص في أقسام المقطع الواحد وأخيرا التعفن بسبب نمو بعض الفطريات و الحشرات في داخل الخشب و في اللب بصورة خاصة و تحويله إلى تركيب هش أسفنجي متسوس قاتم اللون و الشكل التالي يبين هذه العيوب.



بعض عيوب الخشب و التشققات الناتجة

يكون انتقاء الأخشاب الصالحة لصناعة الأعمال النجارية حسب الأمور التالية:-

1. أن يكون مظهر الخشب نظيفا متجانس اللون في جميع أقسامه أذا أن اختلاف اللون دلالة على ضعف الشجرة.
2. خلوه من الشقوق و العصارات و العقد غير الثابتة ذات قطر يزيد عن 1 سم.
3. يعطي عند الطرق صوتا رنانا و تتراوح نسبة الرطوبة فيه من 8% إلى 12%.
4. يفضل أن يكون من خشب اللب.
5. انتظام الألياف و عدم استعمال الخشب ذو الألياف الملتوية أو الحلزونية.

أنواع الخشب:-

يصنف الخشب إلى نوعين أساسيين هما:-

أ- الخشب الطبيعي.
ب- **الخشب المصنع**.

أ- الخشب الطبيعي-: ويشمل

- الأخشاب الرخوة **Soft wood :-** تكون أشجارها دائمة الخضرة و خفيفة الوزن و تنمو سريعا مثل الصنوبر وخشب الجام و يستعمل في الاغراض النجارية كالابواب داخل الدور.
- الأخشاب الصلدة Hard wood تكون أشجارها غير دائمة الخضرة ويكتمل نموها بعشرات السنين و خشبها ثقيل الوزن نسبيا مثل خشب الجوز و البلوط و الجاوي و الماهوكني و يستعمل في اعمال النجارة في داخل الدور و خارجها.

و فيما يلي شرح موجز لاهم أنواع الأخشاب أعلاه:-

خشب الجام:- و هو أصطلاح يطلق محليا" على جميع فصيلة الأخشاب اللينة و معظمها تنتج من خشب الصنوبر و هو خشب رخو ذو لون أبيض اليافه قوية و لكنها ضعيفة التماسك مع بعضها وزنه بمعدل 430 كغم لكل متر مكعب. يتأثر بالرطوبة و الحرارة كثيرا" و يتمدد في الشتاء و يتقلص في الصيف مما يستوجب معالجته و تجفيفه قبل الاستعمال و طلاءه بالاصباغ الدهنية الواقية.هنالك أنواع كثيرة من هذه الأخشاب. يتميز خشب الجام بأنه رخيص السعر، سهل التشغيل ، متوفر بمقاسات و أطوال مناسبة.

خشب الصاج :- و مصدره الهند ، بورما و جاوا أو غيرها و هو خشب صلد وزنه بمعدل 650 كغم لكل متر مكعب، ذو لون بني أو أحمر حسب نوعيته يمتاز بقوة أليافه و تماسكها و يحتوي على أقل كمية من الاملاح و مواد صمغية و مواد عضوية في اليافه مقارنة مع بقية أنواع الأخشاب لذا فهو قليل التاثر بالرطوبة و الحراة و الحشرات والأرضة و يعتبر من أغلى

أنواع الخشب و المفضل في النجارية الدائمية. يطلى بعد صقله بالدملوك المذاب بالكحول فتظهر تفاصيل اليافه و يكتسب لمعة جذابة و يمكن أيضا طلاءه بالشمع لتظهر الالياف بدون لمعة.

الماهوكني :- يستعمل كثيرا" في عمل الابواب و الشبابيك لعدم تأثره بالعوامل الجوية ، يزن 480 كغم لكل متر مكعب و لونه أحمر متنوع أو أسمر مائل للاحمرار يعطي بريقا" أذا ما دهن بالكحول و الدملوك. و مصدره أواسط أمريكا ، جنوب أفريقيا، أستراليا ، كوبا ، هندوراس.

خشب الجاوي :- و هو من الأخشاب الصلدة له وزن بمعدل 650 كغم لكل متر مكعب و أنه قليل الاستعمال في أعمال النجارة الدائمية بأعتباره كثير التأثر بالرطوبة و قابل للالتواء و معرض للحشرات . و خصوصا الأرضة لاحتوائه على مواد دهنية ، لونه متباين من أصفر إلى أحمر غامق و عند أستعماله يستوجب طلاءه بأصباغ دهنية واقية و قد يصبغ بأصباغ دهنية واقية و قد يصبغ بالدملوك المذاب بالكحول حاله أستعماله داخل الدور ، مصدره من جاوه و سومطرة و بورما.

ب- **الخشب المصنع :-** أن أهم الأخشاب المصنعه التي تستعمل في الاعمال النجارية ما يلي :-

1. **الواح المعاكس (ply wood) :-** يصنع خشب المعاكس من القشرة و هي الطبقة التي تستخرج من سيقان الاشجار و تلتصق عدة قشرات مع بعضها البعض الآخر بعد تهذيبها بنوع من الغراء بحيث تكون الياف الطبقة الواحدة متعامدة و متعاكسة مع الياف الطبقة التي تليها ثم تكبس بمكابس خاصة تحت ضغط عال . تصنع الواح المعاكس من طبقات تتراوح من ثلاث طبقات الى خمس أو سبع أو تسع طبقات و بسمك يتراوح من 3 ملم الى 25 ملم و بالواح ذات أبعاد قياسية معينة و أحد وجهيه ناعم أو الوجهين أو أن يكون مكسوا" بقشرة من خشب خاص ذو نوعية جيدة مثل الصاج ، الماهوكني، والبلوط و الجوز و السيسم، بينما الطبقات الوسطية تكون من قشرة أخشاب أعتيادية ، و أحيانا يكون مكسوا" برقائق معدنية.
2. **الواح الالياف (الماسونايت)** :- تصنع من تقطيع الخشب و معالجته كيمياويا و تحويله الى عجينة و ثم ضغطه أفقيا" لعمل صفائح متماسكة و متجانسة التركيب و بسمك يتراوح من 4 الى 9 ملم . يعمل أحد أوجهه الذي سوف يظهر أملسا" ولماعا" و الوجه الآخر الذي يلصق خشنا", وهذه الالواح أقل سعرا" من المعاكس و يستعمل في صناعة الابواب الرخيصة و أن قابليته للتحمل قليلة يتقوس عند الكبس كثيرا" و لكنه قليل التقلص و الانكماش.
3. **الواح النشارة (الخشب المضغوط)** :- تصنع من نشارة الخشب الناتجه من معامل الخشب كناتج ثانوي ومن الفضلات الزراعية مثل سيقان الكتان و القصب و الاعشاب و قشور الاشجار حيث تعالج هذه المواد و تخلط بمادة صمغية و مواد كيمياوية خاصة لتتحول الى عجينة قابلة للكبس وعمل الواح بسمك يتراوح من 6 الى 36 ملم. تعمل الواح النشارة بأبعاد قياسية معينة و تستعمل بدلا من الواح الخشب في الاقسام الداخلية التي لا تتعرض للخارج بشكل مباشر.

فحوص الخشب Timber Testing نظرا لاستعمالات الخشب المتعددة يتطلب مع هذه الاستعمالات معرفة خواص الخشب الميكانيكية بصورة دقيقة و صحيحة نظرا لما للخشب من عوامل مجتمعة تجعل الحصول على النتائج و القيام بالفحوص عملية معقدة و أن هذه العوامل هي:-

1- النماذج المتعددة و ذات التجانس المتباين لنوع خشب واحد.

2- الأنواع المختلفة من المواد الخشبية و تغيير الخواص بالنسبة للأنواع.

3- حالات التغيرالمستمر في مصدر الخشب.

4- العوامل المتعددة إلى تغير الناتج لنفس نوع الخشب.

الغاية من الفحص:-

تعمل الفحوص على الخشب و ذلك:-

للحصول على معلومات للمقارنة بين خواص الخشب الميكانيكية.

للحصول على معلومات تبين تأثير صفات الخشب على خواصه الميكانيكية.

ومن هذه الصفات هي الكثافة و طبيعة النمو, موقع النموذج بالنسبة للشجرة, تغيير الصفات بعملية تجفيف الخشب.

أنواع الفحوص

1. محتوى الرطوبة Water Content
2. الانحناء الستاتيكي Static Bending .
3. الضغط بموازاة الألياف Compression parallel to Grain.
4. انحناء الزخم Impact Bending .
5. القصافة Brittleness.
6. الضغط عمودي على الألياف Compression perpendicular to Grain .
7. الصلابة Hardness .

8. القص بموازاة الألياف Shear parallel to Grain.
9. فحص الانفلاق Cleavage.
10. الشد بموازاة الألياف Tension parallel to Grain.
11. الشد عمودي على الألياف Tension perpendicular to Grain .
12. فحص سحب المسامير Nail withdrawal tests .

أن جميع هذه الفحوص تعمل على الخشب الطري والجاف هناك طرق لتعيين بعض الخواص الفيزيائية كالوزن و النوع والتقلص الحجمي Shrinkage in volume والتقلص التماسي Tangential Shrinkage و التقلص القطري Raidial Shrinkage كما يجب معرفة محتوى الرطوبة لكل النماذج بعد الفحص مباشرة من منطقة فشل النموذج.

1- محتوى الرطوبة Water Content

هي معرفة مقدار احتواء الخشب على الرطوبة و ذلك لأهمية علاقة الرطوبة بخواص الخشب الميكانيكية و غير الميكانيكية.

تكون نسبة محتوى الرطوبة مساوية الى :-

$$\text{Water Content} = \frac{W1 - W}{W} \times 100$$

أن الرقم الناتج من هذه التجربة يسجل مع أي تجربة تعمل للخشب كجزء من المعلومات عن المادة.

ملاحظة:-

1- يجب الانتباه بجعل مستوى الرطوبة لا يتغير من وقت أخذ النموذج والقيام بالوزن ووقت وضعه بالفرن ووزنه مرة ثانية.

2- عندما يراد عمل التجربة الخاصة بهذا الفحص على قطعة من الخشب عندئذ يجب أخذ النموذج من مقطع عرضي للقطعة من مسافة (ل + ب) من النهاية عندما يكون (ل × ب) يمثل طول و عرض المقطع العرضي.

العوامل المسيطرة على محتوى الرطوبة في الخشب

أن الخشب يجب أن يجفف و ذلك لجعل محتوى الرطوبة في الخشب المستعمل في الابنية هي كما يلي:-

1-أن الخشب من المواد التي لها القابلية لتغيير محتوى الرطوبة فيه نسبة للرطوبة الخارجية (gyroscopic materials) لذا كان محتوى الرطوبة فيه معتمدا على المحيط الذي هو فيه.

2-يكون محتوى الرطوبة للخشب ثابتا تقريبا بين (10 -20)% الا في الحالات التي يكون فيها الخشب ملامسا للماء أو موضوعا في محل رطب و هذا الرقم أوطا من محتوى الرطوبة للخشب الطري و كلما كان الجو أكثر جفافا كان محتوى الرطوبة للخشب أقل من ذلك المحيط.

3-في درجة رطوبة نسبية اقل من (30%) ينكمش الخشب أو ينتفخ عندما يتغير محتوى الرطوبة فيه.

4-أن الخشب يتعرض الى أقل أحتمال للتعفن في حالة كون محتوى الرطوبة فيه أقل من 25% و يمكن القول أيضا أن الخشب يحصل على مناعة ضد التعفن عندما يكون محتوى الرطوبة فيه أقل من 20%.

5-أن الخشب المجفف تماما بطريقة الهواء (التحيق) يحصل على محتوى رطوبة من (15 -23)% يعتمد على حالات الجو و بعد أكمال عملية التجفيف. عندما يراد تجفيف أكثر عندئذ يتطلب استعمال حرارة اصطناعية كما في أفران التجفيف أو المخازن الدافئة. أن الانكماش أو الانتفاخ للخشب لابد و أن يسبب تشويه و تغيير في أبعاد الخشب و أن هذه االحالات غير مرغوبة لذا كان من الضروري تخفيف محتوى الرطوبة الى درجة أن يجعل الخشب الجيد المستعمل للاغراض البنائية للاعمال الدائمية والمؤقتة كما أن الخشب غير المجفف و الحاوي على نسبة رطوبة عالية يكون أكثر تعرضا الى نمو الفطريات و تلف الالياف في حالات الخزن أو وقت التجفيف أو في حالات و ضعه في البناء.

2- فحص الضغط بموازاة الألياف Compression of Timber Parallel to the Grain

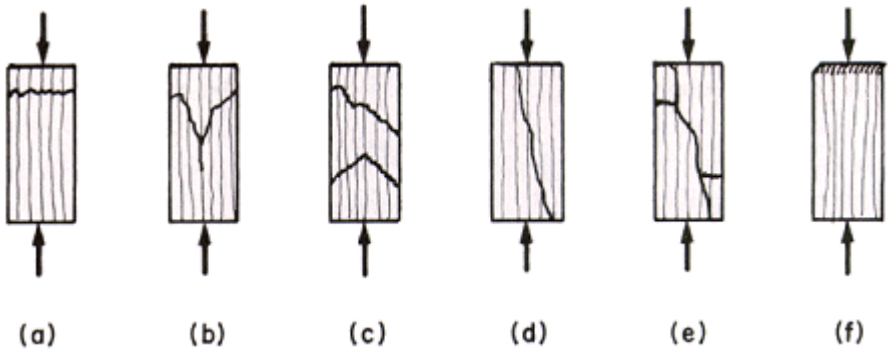
الغاية من التجربة:-

معرفة مقدار الانضغاط في الخشب بصورة موازية على أتجاه الألياف.

أوضاع فشل نماذج فحص الضغط

أن النموذج في حالة فحص الضغط سيفشل في أحدى الاوضاع التالية وكما موضح في الشكل (12) -:

(a) السحق Crushing .
(b) الانفصال الاسفي Wedge split .
(c) القص Shear .
(d) الانفصال Split .
(e) الضغط والقص بموازاة الألياف Compression and shear parallel to grain .
(f) تحدب النهايات Booming of end-rolling.

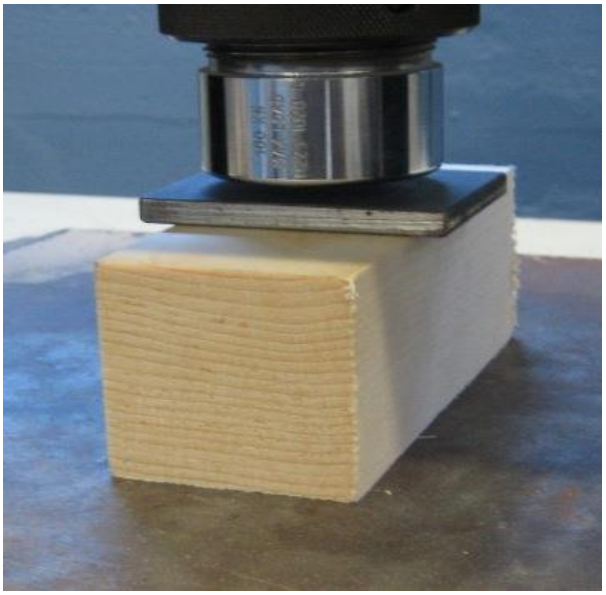


شكل (12) نماذج الفشل في الخشب الناتج من الضغط الموازي للالياف

3- فحص الضغط عمودي على الأليـاف Compression of Timber perpendicular to the Grain

الغاية من التجربة:

معرفة الانضغاط في الخشب بصورة عمودية على أتجاه الالياف.



شكل (13) فحص الانضغاط العمودي على اتجاه الألياف في الخشب

4- فحص الشد عمودي وموازي على الألياف

Tension Perpendicular and parallel to the Grain of Timber

الغاية من التجربة:- معرفة ما يتحمله الخشب من قوة شد بأتجاه عمودي وموازي لاتجاه الالياف.

النتائج:

1- ترسم الاجهزة والنماذج ونوع الفشل الذي يحدث.

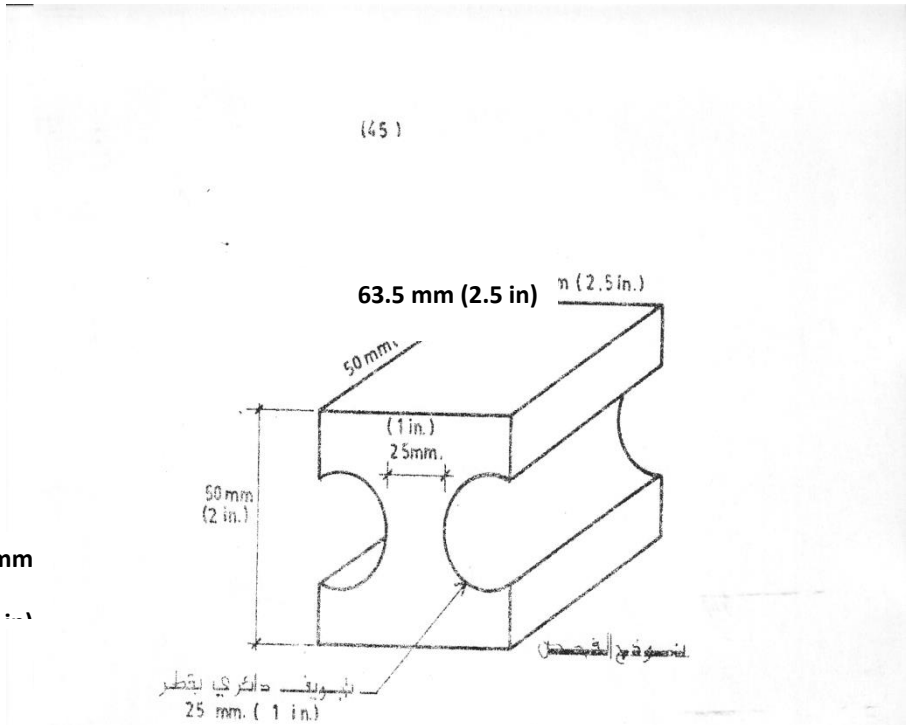
2- تحسب مقاومة الشد (5 كغم /سم^2)

$$S = \frac{P}{A}$$

حيث أن :- الشد المسلط على النموذج عند الفشل (كغم) P=

مساحة المقطع المعرض للشد في النموذج A=

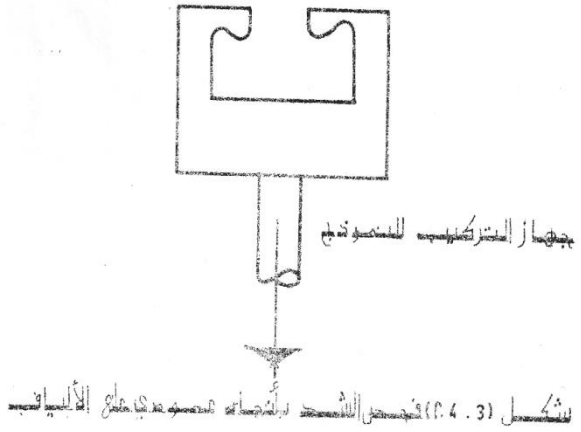
مقاومة الشد (كغم/سم^2) S=



نموذج الفحص

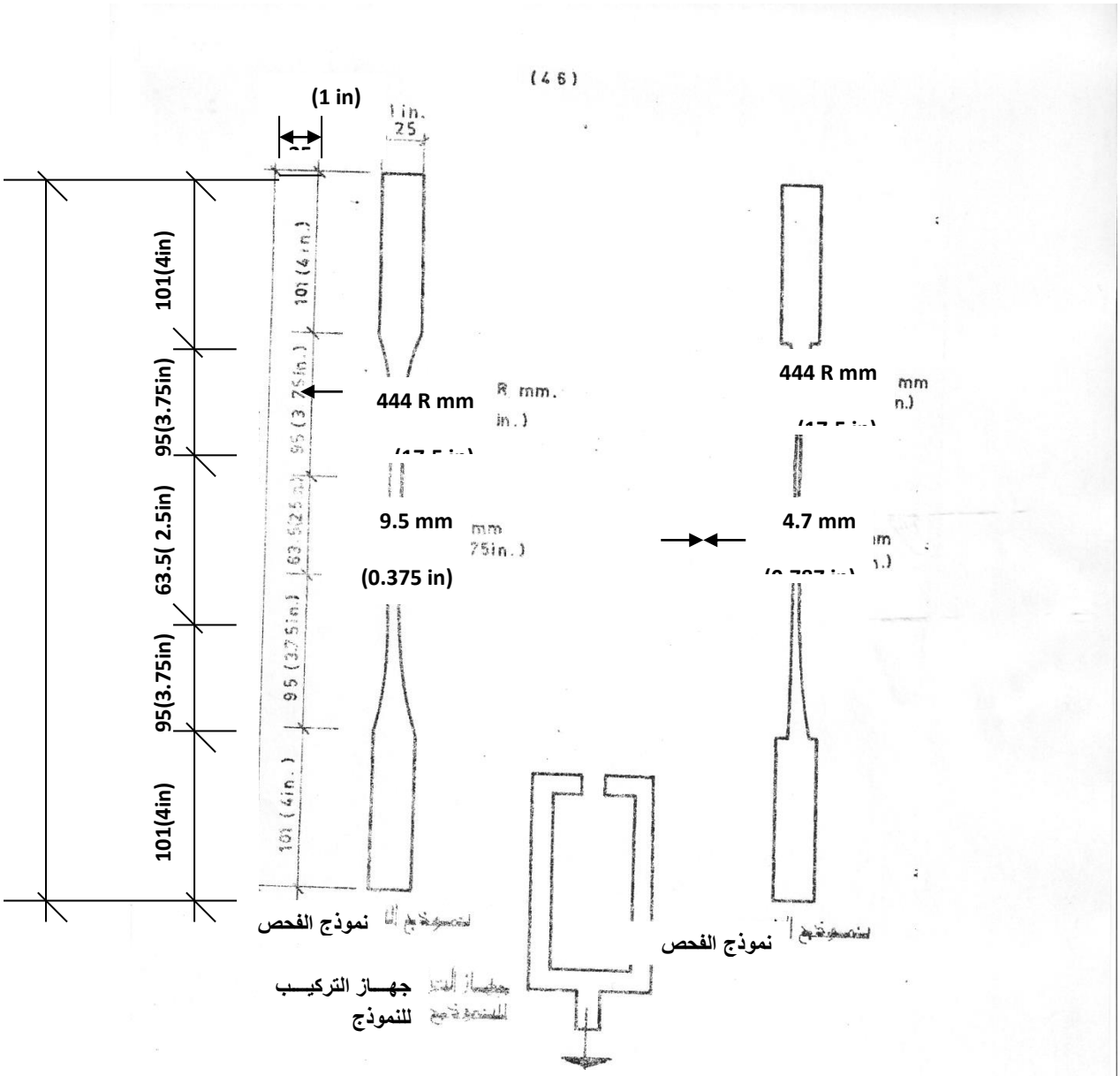
تجويف دائري بقطر

25 mm (1 in)



جهاز التركيب للنموذج

شكل (14) فحص الشد باتجاه عمودي على الالياف



شكل (15) فحص الشد في الخشب باتجاه موازي للألياف

فحص الانحناء الستاتيكي Static Bending

الغاية من التجربة:-أيجاد معامل التصدع للخشب.

يحسب معامل التصدع للخشب عند الفشل أو الثقل الاعظم بالطريقة التالية

$$S = \frac{3}{2} \cdot \frac{PL}{bh^2}$$

S=kg/cm2معامل التصدع

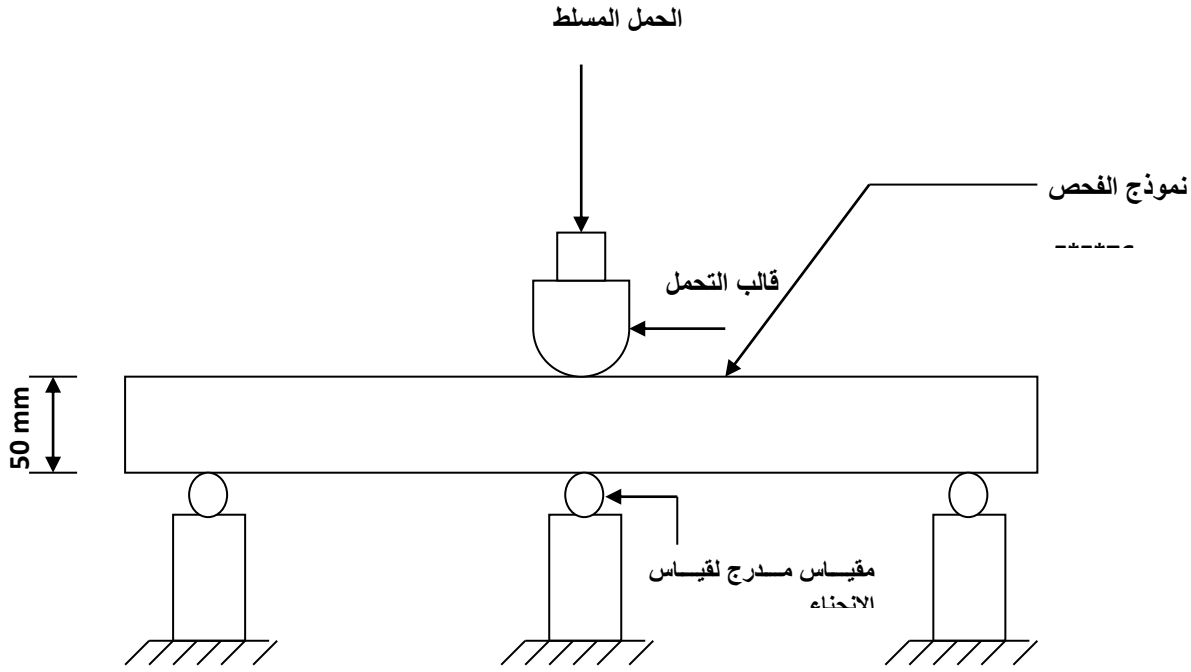
P=kgالمعدل الحسابي للثقل المسلط عند الفشل

L=cm طول النموذج محسوبا من منتصفي المساند

b=cm عرض مقطع النموذج

h=cmعمق النموذج

تستعمل أحدى القطع المفصولة من النموذج لايجاد محتوى الرطوبة فيه.



شكل (16) فحص الانحناء الاستاتيكي في الخشب

مواد الاكساء

تختم الأرضيات و السقوف بأضافة طبقة من مواد الاكساء المختلفة أهمها ما يلي:-

1. الخشب أما كالواح أو قطع ذات تشكيلات معينه.
2. الخرسانة ، بلاطات أو صبات غطاء أضافية.
3. الطابوق بتشكيلات معينة.
4. الكاشي بأنواعه المتعددة (tiles and terrazo)
5. المرمر والحجر(morble and stone)
6. الموزائيك المزجج و السيراميك (glass mosais ceramic)
7. اللينوليوم (linoleum)
8. بلاطات من المعاجين اللدنة (plastic and P.V.C tiles)
9. الفلين.
10. ماكنيسايت (Magnesite)
11. المطاط.
12. الاسفلت و الايبوكسي.
13. السجاد و المفروشات الاخرى.

يتطلب اكساء الارضيات في معظم الاحيان وجود طبقات أضافية فوق الارضية وذلك لتثبيت طبقة الاكساء عليها و جعل الارضية و طبقة الاكساء كوحدة متماسكة واحدة . تمتاز كل طبقة من طبقات الاكساء أعلاه بخاصية بارزة أو أكثر تميزها عن النوعيات الاخرى. ان أختيار طبقة الاكساء تعتمد على الخواص المطلوبة كل حسب نوعية المنشأ و أستخدام الارضية.

الكاشي Tiles

يكون اكساء الارضيات بالكاشي عل نوعين هما:-

1. الاكساء بالكاشي بالصب الموقعي:- و هذا يكون بمربعات أو مستطيلات كبيرة لا يزيد ضلعها على المتر و تترك مفاصل تمدد بعرض ا سم الى 2سم و ثم تختم بترايش معدنية كالنحاس مثلا يتم سقي و معالجة و جلي الكاشي موقعيا".
2. الاكساء بالكاشي مسبق الصب:- و ذلك بكبس مواد خرسانية في قوالب حديدية بأبعاد مربعة 20 أو 30 أو 40 سم أو بأبعاد مستطيلة حسب الطلب و بسمك يتراوح بين (2.5 – 5) سم أبعاد الكاشي.

فالكاشي هو المادة الخرسانية التي تعمل لتغطية الأرضيات والتي لها مقاومة التآكل وإعطاء سطح مستوي صالح للاستعمال ومقبول فنيا وهو من نوع مسبق الصب عادة. أن الكاشي يصنع من كبس مواد خرسانية في قوالب حديدية بحجم ثابت ويكون عادة صقيل الوجه وملونا .

أن الكاشي يصنع من كبس مواد خرسانية في قوالب حديدية بحجم ثابت و يكون عادة" صقيل الوجه و ملونا". تتكون الكاشية من مواد ضعيفة نسبيا في الظهر واخرى قوية في الوجه. ويستعمل في تطبيق اكثر المنشات وذلك لملائمته للاستعمال من الناحية المناخية والمقاومة والكلفة رغم انه ثقيل نسبيا في الابنية الهيكلية ذات الطوابق الكثيرة عندما يقارن وزنا بالبلاط المصنوع كيمياويا ذي الاصل المطاطي او البلاستيكي او الاسفلتي .

ويكون الكاشي على نوعين:

1- الكاشي العادي: وهو الكاشي المكون أساسا" من الركام والأسمنت ويصنع من طبقتين مختلفتين في التركيب أولا طبقة الوجه من الركام الناعم (الرمل الطبيعي) والأسمنت العادي والأبيض وقد يضاف اليها الخضاب. ثانيا" طبقة القاعدة (الظهر) وتحتوي على نسب من الركام الخشن والناعم والأسمنت العادي.
2- الكاشي الموزائيك: وهو الكاشي الأسمنتي المكبوس هيدروليكيا والمكون أساسا من الركام والأسمنت ويصنع من طبقتين مختلفتين في التركيب . اولا طبقة الوجه وتحتوي على نسبة معينة من الاحجار المكسرة الصلدة (شرط ان تتوزع الأحجار المكسرة الصلدة توزيعا منتظما ومتجانسا على كل مساحة وجه الكاشية) كالرخام البازلت والكرانيت ومسحوق الرخام وقد يضاف اليها الخضاب. (يعبر عن أحجام الحجارة الرخامية بأرقام من الصفر الى سته). وثانيا طبقة القاعدة (الظهر) وتحتوي عل نسبة

معينة من الركام الخشن والناعم (الرمل الأبيض) والأسمنت العادي، إما الأسمنت المستخدم في طبقة الوجه فيكون من النوع الأبيض .

ملاحظة: يكون السمنت من النوع البورتلاندي الاعتيادي أو الأبيض و مطابقا" لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية الخاصة بالسمنت البورتلاندي. الخضاب المستعمل لتلوين الكاشي يكون ذو ألوان ثابتة و لا يحتوي على مواد ضارة بالخرسانة و يحذر من استعمال الخضاب الذي يتأثر لونه عند التعرض لأشعة الشمس قبل أضافته الى الخليط و ذلك لغرض الحصول على كاشي شدة تلونه جيدة و متجانسة.

يحتاج الكاشي الى الاسقاء و التصليح و الجلي مع الصقل قبل الاستعمال . هنالك أخرى من الكاشي مثلا كاشي (**الطرطوار**) الذي يكون له وجه مشرح طوليا وعرضيا و يستعمل في المحلات لمنع الانزلاق . و هناك نوعية خاصة من الكاشي و تكون بمساحات كبيرة 30 سم الى 50 سم بشكل مربع و مطعم بقطع الرخام بألوان و تراكيب معينة و سعره أغلى من النوعيات الأخرى.

فحوص الكاشي

يلاحظ أن المواصفات الأجنبية لم تأت بتفاصيل دقيقة حول فحوص الكاشي نظرا" لارتباط هذه الصناعة بمواصفات محلية غالبا" من جهة و لقلة استعمال هذه المادة من جهة أخرى بالنسبة لهذه البلدان لذا جاءت الفحوص موجزة. و بما أن الكاشي يستعمل في العراق بمقياس واسع جدا" لذا أصبح لزاما" أن تحدد المواصفات لهذه المادة بدقة لكي يضمن أنتاجها و استخدامها بشكل صحيح.

أن الفحوص التي تجري على الكاشي تقسم الى نوعين الأول هو فحص المواد الأولية التي يصنع منها الكاشي بأتباع الفحوص الروتينية بالنسبة للمواصفات القياسية ، أما الفحص الثاني فهو فحص الكاشي المصنوع ويتم بأتباع الفحوص المدونة أدناه. لقد حددت هذه الفحوص القياسية أرقاما في أقل حدود القبول لمثل هذه الفحوص القياسية بينما نجد أن هذه الأرقام لا تنطبق تماما على الكاشي المحلي و ذلك لاختلاف المواد الأولية و طريقة الصنع و المعالجة و قد وضعت أرقام قد تكون أقرب الى الواقع بالنسبة للكاشي المفحوص.

أن أهم النقاط التي يجب أن نلاحظها قبل الفحص و بعده و بالنسبة للنتائج هي:-

- أن عمر الكاشي لغرض الاستعمال و الفحص يجب أن لا يقل عن (28) يوما".

- نتائج فحص الامتصاص:

أ- امتصاص الوجه يجب أن لا يزيد في أي فحص عن:-

- 0.4 غم /سم^2 للكاشي العادي.
- 0.4 غم /سم^2 للكاشي الموزائيك.

ب- الامتصاص الكلي يجب أن لايزيد في أي عن:-

- 10% للكاشي العادي.
- 8 % للكاشي الموزائيك.

- قوة التحمل في معاير الكسر لاتقل عن :-
  - 2.5 نت /ملم^2 للكاشي العادي.
  - 3 نت / ملم ^{2}للكاشي الموزائيك.

أن طريقة أخذ النموذج يجب أن تكون من ربطة كاشي في المعمل و يجب أن تؤخذ من قبل البائع وذلك بمعدل (3) كاشيات لأول (100) كاشية أو أقل من ذلك و تؤخذ كاشيتين لكل (200) كاشية أضافية أخرى.أو جزء منها من نفس وجبة التجهيز عندما يكون التجهيز أكثر من مئة كاشية قبل أن يفحص النموذج يتم التأكد من سلامته من أي تلف مسبق على أن تعوض أي كاشية تالفة أن وجدت من نفس ربطة التجهيز. أن وقت أخذ النماذج من المعمل يجب أن لا يقل عن (7 أيام) بعد الكبس و على أن يحافظ من احتمال التلف أو الضرر و إلى أن يحين وقت الفحص. أن الفحوص التي تجري على الكاشي هي:-

1- فحص الشكل العام واستوائية الوجه Face and Shape Test.
2- فحص الامتصاص Absorption Test.
   أ- فحص امتصاص الوجهFace Absorption.
   ب- فحص الامتصاص الكلي Total Absorption.
1- فحص الضغط.
2- فحص تغير اللون.

3- فحص الاستعمال المتعاقب.

4- فحص المواد الجبسية.

5- فحص معايير الكسر Modulus of Rupture.

6- فحوص أخرى.

3- مواصفات الكاشي

جدول يبين مواصفات الكاشي (م ق ع /1984/1043)

نوع الكاشي	نسبة التفاوت بالطول(ملم)	نسبة التفاوت بالسمك(ملم)	امتصاص الوجه (الحد الاعلى) غم/سم²	الامتصاص الكلي (الحد الاعلى) %	معاير الكسر (الحد الادنى) N/mm²
الكاشي العادي	200∓1 1∓ 250	22∓3 25∓3	0.4	10	2.5
الكاشي الموزائيك	300∓1	30∓3	0.4	8	3

أ- فحص الشكل العام واستوائية الوجه وموازاة الوجه للظهر

4-1-1-1 الغرض من التجربة: لمعرفة الشكل العام للكاشية ومقدار استوائية وجهها .

4-1-1-2 الاجهزة والادوات المستخدمة:

ا- مسطرة حديدية

ب- زاوية حديدية

4-1-1- 3 طريقة العمل :

أ- فحص الشكل العام:

تقاس الأبعاد والزوايا وذلك لضبط الشكل والاستقامة وعمودية الجوانب و الحافات ودقة الوجه ودقة الزوايا الأفقية والظهر وسمك القشرة وسمك الظهر وسمك ظهر الكاشية

وأبعادها الأخرى. يقدم تقرير حول هذه القياسات وصلاحية الكاشي أو عدمه ومطابقته للجداول والأرقام أدناه.

ب- فحص استوائية الوجه:-

يفحص الكاشي في فحص استوائية الوجه والذي يكون سبب الخطأ فيه غالبا تاكل قالب الكاشي من جهة واحدة بسبب سحب الكاشية بعد كبس الخرسانة في اتجاه واحد دائما او لعدم استوائية صينية الجلي في الكاشي الموزائيك او بسبب حركتها الافقية المتموجة.

لفحص كاشية يتم تنظيف وجه كاشيتين منتجه من نفس الوجبه ثم نطبق على وجهها ثم نضغط الاركان ونلاحظ اية حركة لهذه الاركان بسبب عدم تطابقها ويقاس الفراغ ان وجد بين الركنين بادخال عدد من الصفائح القياسية السمك والى ان يمتلىء الفراغ ويسجل بجمع سمك الصفائح. عند عدم ملاحظة اي فراغ في البداية تدور الكاشية العليا على الوجه السفلي ربع دائرة وتعاد العملية وهكذا الى ان تكمل دائرة كاملة وعلى ان يلاحظ الفراغ في كل ربع حركة ويسجل في التقرير بعد ترقيم الاركان بشكل متناظر .وعندما لا يحدث اي فراغ في دورة كاملة تسجل ان الكاشية مستوية الوجه وغير محدبه وان الفراغ يمكن ان يكون مقبولا في احد الاركان في ضمن حدود $\pm$ 0.5 ملم

ج- فحص موازاه الوجه للظهر:-

يتم الفحص بقياس سمك الأركان الاربعة ومنتصف الاضلاع الاربعة للكاشية بدقه 0.1 ملم ويلاحظ تطابق هذا السمك او عدم تطابقه مما يدل على عدم موازاه الوجه للظهر وان الاختلاف بالبعد يمكن ان يكون مقبولا الى حد $\pm$1.5 ملم.

فحص الامتصاص Absorption Test

الغرض من التجربة:

ان الفكرة في هذا الفحص هي معرفة مقدار الفراغات والفجوات والمسامات ما بين اجزاء مكونات الخرسانة للوجه وكل الكاشية وان هذه لها علاقة مباشرة بنوعية ومقاومة الكاشي وامتصاص الرطوبة والتأثر بالاملاح والتمدد والتقلص وعامل النقيع والجفاف كل ذلك يؤثر في قوة ومدى استعمال الكاشي.

الادوات المستخدمة:

1 - ميزان بسعة 10 كغم وفي دقة ± 1 غرام.

2- فرن مهوى بدرجة منظمة بين100-110 درجة مئوية.

3- حوض بعمق لا يقل عن 76 ملم والذي يستوعب النماذج.

4- اوعية مضلعة القعر او مستوية ومجهزة بقضبان من الزجاج لاسناد الكاشي عليها.

يقسم فحص الامتصاص الى نوعين :-

أ- فحص امتصاص الوجه Face Absorption

يوضع الكاشي في الفرن المهوى الخاص للتجفيف مرة واحدة بحيث تبعد الواحدة عن الأخرى مسافة لا تقل عن 25.4 ملم وعن اي وجه حار في داخل الفرن حتى نحصل على وزن قياسي ولغرض الحصول على هذا الوزن الثابت يجب ان يكون التغير في الوزن لا يزيد عن 2 غرام في الوزن الكلي لاي مجموعة من ثلاث كاشيات في فحص ثمانية ساعات متكررة ويخرج الكاشي من الفرن ويبرد في فترة (2/24±1) ساعة في جو الغرفة ومن المستحسن في جو مكيف بدرجة حرارة (20±2) درجة مئوية.

يجب ان يكون التبريد في الغرفة بعيدا عن التيارات والتقلبات السريعة في درجة الحرارة وتوزن الكاشيات ويدون وزن الكاشي الجاف (W1) لكل واحدة.

يؤشر الكاشي في حافته وفي كل ركن مسافة 4.8 ملم من الوجه وباتجاه السمك ثم توضع والوجه الى الاسفل في اوعية مضلعة مباشرة على قاعدة الوعاء او على قضبان زجاجية على ان لا تقل المساحة المعرضة للماء على 1 %.

يسكب الماء باعتناء وهدوء تدريجيا بدرجة حرارة(20±2) درجة مئوية في الوعاء والى ان يصل الى المستوى المؤشر±1.6 ملم على ان يلاحظ عدم انسياب الماء وتبليل القسم الباقي او ظهر الكاشية. تحافظ درجة الحرارة المعينة لفترة (2/24±1) ساعة وبعدها ترفع كل كاشية بهدوء مع ملاحظة عدم تبليل الظهر ثم تمسح القطرات العالقة بقطعة قماش مبللة بالماء ثم توزن كل كاشية ويسجل (W2).

ان النتائج تحسب وتقدم لامتصاص الوجه لكل كاشية بالغرامات لكل سنتمتر مربع من مساحة الوجه مقرب لاقرب 0.01 غرام \سم^2.

امتصاص الوجه = $\frac{W1-W2}{A}$ غرام \ سم^2

W2= الوزن الرطب (غم)

W1= الوزن الجاف (غم)

A= المساحة (الطول ×العرض)(سم^2)

ب – فحص الامتصاص الكلي Total Absorption

بعد الانتهاء من فحص امتصاص الوجه يجفف الكاشي الى الوزن القياسي ويبرد كما جاء في الفحص السابق (فحص امتصاص الوجه) ثم يغطس في الماء بدرجة (2±20) مئوية لوقت مقداره (1±24\2) ساعة على ان يوضع الكاشي افقيا بالنسبة لمستوى الماء وعلى ان يغطس بحيث يكون عمق الماء الذي فوق الكاشية لا يقل عن 25.4 ملم ولا يزيد عن 50.8 ملم. بعد التغطيس لفترة 24 ساعة يرفع الكاشي من الماء ويمسح بقطعة قماش مبللة بالماء توزن كل كاشية على حدة ويكون الوزن (W3) .تحسب وتقدم النتائج لاقرب 0.01 % من مقدار امتصاص الماء الى وزن الكاشية الجاف % وحسب المعادلة التالية:

الامتصاص الكلي= $\%100 \times \frac{w1 - w3}{w1}$

يقدم التقرير مصحوبا بـ:-

أ- العلامات المميزة لكل كاشية ب – تاريخ اجراء التجربة جـ- عمر الكاشية ووقت اجراء التجربة د- امتصاص الوجه هـ- الامتصاص الكلي لكل كاشية.

3-1-4 فحص معايير الكسر(Modulus of Rupture)

4-1-3-1 الغرض من التجربة: ايجاد معاير الكسر للكاشي.

4-1-3-2 الاجهزة والادوات:

ا- جهاز تسليط الحمل (كما موضح في الشكل (9)).

ب- مسندين اسطواني الشكل من الفولاذ قطر كل منهما (38.1)ملم وبطول يساوي عرض الكاشي على الاقل.(شكل 10)

4-1-3-3 المواصفة:

بموجب المواصفة القياسية العراقية رقم (1984/1043) يكون الحد الأدنى لمعاير الكسر مساويا الى (3 نت/ملم^2).

4-1-3-4 طريقة العمل:

ا-يؤشر منتصف الكاشية على سطحها العلوي كما تحدد المسافة بين المسندين على السطح السفلي للكاشي على ان يكون ($\frac{2}{3}$)من ابعاد الكاشي(كما موضح في شكل (6)).

ب- يسلط الثقل من الاعلى بواسطة اسطوانة فولاذية بقطر (38.1) ملم وموازية لوجه الكاشي ثم تستمرالزيادة في الحمل الى ان يكسر النموذج.

5-1-3-4 النتائج والحسابات:

لايجاد معاير الكسر تطبق المعادلة التالية:

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

S=معاير الكسر (نت/ملم^2)

P= الثقل المسلط (نت) L =المسافة بين المسندين(3/2 عرض الكاشية)(ملم)

b=عرض الكاشية(ملم) d= سمك الكاشية (ملم)

سؤال :- كاشية من النوع العادي أبعادها (250 *250 *24.9)ملم ، تم أجراء الفحوص المختبرية عليها وكان وزنها الجاف (4274 غم) ووزنها الرطب لامتصاص الوجه(4456 غم) ووزنها الرطب للامتصاص الكلي (4637 غم) والقوة عند الفشل في فحص معاير الكسر (4،78كيلو نت). بين مطابقة الكاشية للمواصفات القياسية.

سؤال :- كاشية من النوع الموزائيك أبعادها (300 *299 *24.9)ملم ، تم أجراء الفحوص المختبرية عليها وكان وزنها الجاف (6185 غم) ووزنها الرطب لامتصاص الوجه(6340 غم) ووزنها الرطب للامتصاص الكلي (7245 غم) والقوة عند الفشل في فحص معاير الكسر (5626 نت).أحسب أمتصاص الوجه و الامتصاص الكلي و معاير الكسر و قارن ذلك مع المواصفات القياسية.

أنواع أخرى من مواد الاكساء:-

الخشب :- تعمل الارضيات أما من الواح الخشب تستند على أعتاب و عوارض أو تستعمل قطع خشبية بمقاطع و تشكيلات معينة .تثبت القطع على الارضية أما بمواد لاصقة أو بمسامير تدق يميل 45 الى 50 درجة في المفاصل لغرض عدم أظهارها في الوجه الخارجي يمتاز الأكساء بالخشب بالمظهر والراحة و العزل الصوتي.

الطابوق :- يفضل استعمال أكساء الطابوق للطوابق السفلية كالاراضي و السرداب و بتشكيلات مختلفة و يتطلب وجود تحت أكساء الطابوق بعض طبقات التثبيت. كما يستوجب ترك مفاصل تمدد و مفاصل أنشاء لمساحات الأكساء لمعالجة التمدد و التقاص الحراري. يمتاز الأكساء بالطابوق بالمظهر و المتانه و العزل الحراري و المقاومة للحريق و توفر مواده الاولية.

الخرسانة :- الأكساء الخرساني يكون أما صبة غطاء موقعية فوق الارضية أو يكون بلاطات مربعة أو مستطيلة قياسية الابعاد تعمل بتشكيلات معينة . يتطلب ترك مفاصل تمدد و مفاصل أنشاء لمساحات الأكساء لمعالجة التمدد و التقاص الحراري.تضاف الى الطبقة العليا من الخرسانة مواد خاصة لزيادة صلادتها بالنسبة الى الارضيات التي فيها حركة مرور كثيرة و كذلك تضاف أصباغ في بعض الحالات لاعطائها لونا مميزا. يمتاز الأكساء الخرساني بالمظهر و المتانه ومقاومة الرطوبة و التاكل بحركة المرور و أن موادها الاولية متوفرة وذات كلفة معتدلة.

الرخام (المرمر) :- حجارة جيرية قابلة للصقل يستعمل في أكساء الارضيات بشكل قطع ذات أشكال و أبعاد تعمل حسب الحاجة.يفضل أن يكون الرخام بصلادة جيدة ليكون ذا دوام عال . يتوفر الرخام بالوان عديدة وتحوي بعضها على عروق و تركيب معين ، تتم عملية تقطيع و صقل الرخام خارج موقع العمل عادة و يتم التلميع بعد التركيب. يثبت الرخام فوق أرضية صلبة و تستعمل مونة السمنت و الرمل (1 :4)مثلا للتثبيت كمادة رابطة.

تمتاز الارضيات من المرمر أو الحجر بالمظهر الراقي و المقاومة للرطوبة و الحريق و التنظيف السهل و لاتتأثر بالدهون و الملوثات.

أن كلفة أكساء الارضيات بالمرمر و لاسيما بالنسبة الى القطع الكبيرة و الانواع النادرة منها غالية الثمن مقارنة مع نوعيات الأكساء الاخرى لذا يقتصر أسعمالها في المداخل الرئيسية و القاعات الكبيرة و في الابنية المهمة.

الموزائيك المزجج والسيراميك و الكاشي الفرفوري:-

الموزائيك المزجج :- له تركيب زجاجي و يكون بأشكال مربعة أو مضلعة صغيرة بالوان مختلفة . يجهز الموزائيك المزجج بطبقات من الورق السميك مثبت على الطبقة الواحدة قطع الموزائيك المزجج بمفاصل منتظمة. يثبت الموزائيك المزجج على الأرضية بمونة السمنت و الرمل حيث تفرش الطبقات فوق المونة و تكبس بمهارة و بضغط متساوي لدفع المونة بين المفاصل و ترفع ورقة الطبقة ليظهر الموزائيك المزجج مثبتا على الارضية. تملاء المفاصل في الوجه بسائل ثخين من السمنت الابيض أو السمنت الاعتيادي و أخيرا ينظف الوجه من بقايا السمنت مستعملا قماشا جافا أو فرشاة ناعمة لهذا الغرض.

يمتاز الأكساء بالموزائيك المزجج بالمظهر الممتاز و المقاومة العالية للحريق و التآكل بالحوامض والأملاح و أنه قليل الوزن و يحتاج مونه قليلة لتثبيته بهذا يعتبر خفيف الوزن مقارنة مع أنواع الأكساء الاخرى.

أما السيراميك:- فله تركيب طيني فخاري و يكون بأشكال مربعة أو مستطيلة أو مضلعة صغيرة أو كبيرة و بمظهر السادة و المنقوش. يصنع السيراميك بألوان متعددة. أن طريقة تثبيت السيراميك هي كما في الموزائيك المزجج ان كانت بطبقات للقطع صغيرة ،أما القطع الكبيرة فأنها تثبت بأستعمال مونة السمنت و الرمل و ترك مفاصل لتملاء بسائل السمنت السميك . يستعمل الأكساء بالسيراميك في الحمامات و في الأرضيات التي تحتاج الى سهولة التنظيف المستمر و يمتاز بالمظهر، و عدم التاثر بالدهان و الملوثات ، خفيف الوزن و مقاوم للحريق و الحوامض.

أما الكاشي الفرفوري :- فله تركيب فخاري ومطلي بمادة زجاجية و يكون بأشكال مربعة أو مستطيلة الشكل أو مضلعة. يثبت الكاشي الفرفوري على الأرضيات باستعمال مونه السمنت و الرمل و تترك مفاصل بين الكاشي و بمسافات قد تكون متلاصقة أو متباعدة تملأ المفاصل بسائل السمنت الأبيض أو الأسود لتظهر المفاصل بين الكاشي باستقامة منتظمة. أن حالات أكساء الأرضيات بالكاشي الفرفوري محدودة و يفضل استعمالها في الأرضيات التي يتطلب تنظيفها بالماء بصورة مستمرة.يمتاز الأكساء بالكاشي الفرفوري بالمظهر، و المقاومة العالية للحوامض و الأملاح و السهولة في التنظيف.

جهاز فحص معاير الكسر

مساند الفولاذ لفحص معاير الكسر

(المعادن)

تستعمل المعادن لاغراض هندسية متعددة حيث انها تستعمل في صنع الاعضاء الانشائية وفي صنع الابواب والشبابيك وفي مواد التسقيف وفي صنع الانابيب وغيرها من المنتجات . ولغرض تحديد مدى ملائمة المعادن المختلفة للاغراض الهندسية من الضروري دراسة تركيبها وخصائصها .

المعادن المستعملة للأغراض الإنشائية و البنائية هي قليلة نسبيا وهي بترتيب أهميتها كما يلي :- الحديد ،النحاس ،الرصاص، الخارصين و الألمنيوم بصورة رئيسية و هناك معادن تستعمل لأغراض ثانوية وهي حسب أهميتها معادن النيكل ، القصدير ، السليكون و الكروم.

أن مقدار الفائدة المحصلة من أي معدن في الأعمال الإنشائية تتلخص في ثلاث نقاط هي:-

1- ملائمته للاستعمال.

2- قابلية الشغل و العمل به.

3- كلفته.

وأن كل النقطتين الأولى و الثانية مرتبطة بخواص المعدن الفيزياوية أما النقطة الثالثة فمتعلقة بتوفير المعدن ووجوده بنوعية يمكن استخلاصه و معالجته للحصول على الأشكال المطلوبة منه بسهولة . إن الحديد يعتبر من أهم المواد المعدنية المستعملة للأعمال الهندسية الإنشائية وذلك لتوفره في الطبيعة بكميات كبيرة بشكل ترسبات حديدية كما أن كلفة استخلاصه تعتبر رخيصة نسبيا مما يجعله معدنا رخيصا. إن الحديد النقي لين نسبيا و طروق و له من القابلية المتوسطة في مقاومة قوى الشد (40000-50000) باون /أنج2 كما أن وزنه النوعي يبلغ 7,9 و درجة أنصاره تبلغ (1539)^{o}م . إن الحديد يتميز عن بقية المعادن بامتلاكه الخواص المغناطيسية.

استعمال المعادن :-

تستعمل المعادن لأغراض إنشائية و بنائية مختلفة أهمها:-

أ- كمواد إنشائية كما في الأبنية الهيكلية و المسنمات و الروافد و الحمالات .....الخ.

ب- كمواد غير إنشائية وذلك عند استعمالها على شكل ألواح وحديد مزخرف أو منقوش على السلالم و الشبابيك و الأبواب.

ت- كمواد محافظة وذلك عند استعمالها في تغطية السقوف وفي المقاطع الخارجية أو كمانع للرطوبة.

ث- كمواد مصنوعة لتكون واسطة لتجهيز وتصريف المياه و عمل الخزانات و غيرها.

تحضير الحديد من خاماته:-

يحضر الحديد بصورة عامة بعملية اختزال خامات الحديد بواسطة أول أوكسيد الكاربون أو الكاربون الذي يخلط مع الخامات في عملية تسخين مستمرة في فرن نفاخ Plast Furnace يكون فيها الناتج حديد الزهر (Pig Iron) وغازات منها أول وثاني أوكسيد الكاربون. أن عملية الاختزال هذه تبتدئ بالنسبة الى أوكسيد الحديد Fe2O3 بدرجة حرارة (200) 0م و تحوله الى (Fe3O4) ثم الى (FeO) ثم الى حديد . أن العملية تتم بدرجة حرارة مقدرها (800) م و أوطأ بكثير . من درجة انصهار الحديد التي تبلغ (1539) م عندما يكون نقيا و درجة (1100) م عندما تكون فيه مواد غريبة.

و يمكن الاستنتاج من المعادلة أن (224) وحدة من الحديد تحتاج الى (36)) وحدة من الكاربون .

تنقية حديد الزهر:-

ينقى حديد الزهر بمعالجته برفع أو تقليل المواد الغريبة التي فيه و ينتج حديد مطاوع أو حديد صلب (فولاذ) و أن هذه التسميات متوقفة على مقدار المواد الغريبة و نوعياتها .أن العملية الرئيسية في تحويل حديد الزهر الى حديد نقي على شكل مطاوع أو صلب ما هي إلا عملية تأكسد معقدة يتحول فيها السليكون الى أوكسيد السليكون و المنغنيز الى أوكسيد المنغنيز وكذلك بقية المواد الغريبة حيث تتحول الى أكاسيد. غير قابلة للذوبان بالحديد المنصهر و التي تطفو عليه على شكل خبث أو تخرج على شكل غازات متأكسدة. أن الأوكسجين اللازم لهذا التأكسد يوخذ من الهواء أو من أوكسيد الحديد الذي يضاف الى الخليط في الفرن وحيث يتم التفاعل و ينتج حديد صلب أو مطاوع حسب نوعية التنقية.

أنواع الحديد المختلفة و استعمالاتها:-

إن الحديد غهي: ما يستعمل في ثلاث حالات متميزة و هي :-

أ- حديد الاهين (الصب).

ب- حديد مطاوع.

ت- حديد الفولاذ (الصلب) بأنواعه المختلفة.

أن الاختلاف الرئيسي في خواص هذه المواد يرجع كما مبين يرجع كما مبين في الفقرات السابقة الى وجود كميات من الكاربون و بعض المواد الغريبة في الحديد بمقادير متفاوتة و بأشكال متعددة و طريقة تهيئة الحديد.

أ- حديد الأهين (الصب) Cast Iron:-

أن حديد الأهين يحصل بصورة مباشرة من الفرن النفاخ و على شكل حديد الزهر و خواصه مرتبطة الصهر بانتخاب مواد الخام. أن مقدار الكاربون فيه متغير بين (2 -6)% و هو على أنواع منها الأبيض و الرصاصي و النوع القابل للطرق و هذه الأنواع تعتمد في تكوينها بشكل رئيسي على كيفية وجود الكاربون في هذه السبيكة. أن لون حديد الأهين هو غالبا رصاصي غير لماع و بوجه خشن نسبيا في حالة عدم الإنهاء. عندما يكسر يظهر في يطوح الكسر التركيب البلوري لحبيبات الحديد واضحا وهو أكثر المواد الحديدية مقاومة للتآكل و مع هذا يتطلب محفظته عند استعماله. أن حديد الأهين ذو قوة عالية في تحمل قوى الضغط و لكنه ضعيف في حالة الشد و القص. يستعمل لعمل ألأجزاء الحديدية التي تصب عادة كأنابيب المجاري و ملحقاتها والروافد و الحمالات التي تستعمل لإغراض خاصة و بمقاطع مختلفة.

ب- حديد مطاوع Wrought Iron:- يصنع الحديد المطاوع من تنقية حديد الزهر بعمليات مبينة في الفقرات السابقة. أن مقدار الكاربون فيه لا يتجاوز 0،2% وهو مستعمل أكثر من أنواع الحديد الأخرى لأغراض مختلفة حيث يصنع قضبان حديد التسليح و حديد الشيلمان و المشبكات الحديدية و المقاطع المألوفة الأخرى المستعملة لأغراض بنائية كما يصنع منه

صفائح الحديد المضلعة و المستوية باختلاف أنواعها. أن لون حديد المطاوع هو أغمق لونا من حديد الأهين وذو تركيب ناعم في المقطع و هو أكثر تحملا لقوى الشد من حديد الأهين و ذو مقاومة للضربات.

ت- الفولاذ Steel :- أن الفولاذ الزهر أكثر أستعمالا في الإعمال الإنشائية من أنواع الحديد الأخرى تصنع منه جميع المقاطع المألوفة في استعمال الفولاذ و كذلك الصفائح المستوية و المضلعة والأنابيب و الحاجيات الأخرى بالطريقة الحارة. من أنواعه الفولاذ اللين (Mild steel) وهو أكثر نعومة للبلورات الحديدية من الأنواع الأخرى. لا تظهر عند قطعه أو كسره أي تركيب للحبيبات بالعين المجردة و هو أكثر عرضة للتآكل و الصدأ من أنواع الحديد الأخرى. وهناك الفولاذ الغير قابل للصدأ و هو النوع اللماع و الذي يمكن صقله بشكل وجه المرأة . أن الفولاذ بصورة عامة أكثر تحملا لقوى الشد و الضغط من أنواع الحديد الأخرى وله صفة المرونة أكثر من أي معدن آخر. أن مقدار هذه المقاومة للقوى مختلفة بالنسبة لاختلاف أنواع الفولاذ . في المواصفات الأمريكية (ASTM) هناك فولاذ له من جهد الشد ما يساوي (483 -620) Mpa وفولاذ له من جهد الشد ما يساوي (552 -620) Mpa و فولاذ له من مقاومة الشد ما يساوي (483 - 620) Mpa و فولاذ ذو الجهد العالي له مقاومة شد (552) Mpa.

هناك أنواع أخرى من الحديد تعمل بمعالجته بطرق خاصة بحلأنواع الحديدستفاد منها لإغراض بنائية معينة ومنها فولاذ ذو جهد الشد العالي و حديد غير قابل للصدأ و الذي هو سبيكة من معدن الكروم و النيكل و معادن أخرى مع الحديد.

أن معامل التمدد للمواد الحديدية متغير قليلا بالنسبة لأنواع الحديد المختلفة وهو متغير بين (0.00000089_0.0000062) في درجه فهرنهايت واحدة.

أن المواد الحديدية لا تحترق و هي مقاومة للنار إلا أنها في درجه حرارة عالية تفقد قوتها و بهذا تتعرض الأبنية الحديدية في حالة تعرضها إلى حريق إلى التصدع.

أن استغلال خواص الحديد المختلفة بالنسبة لأنواعه المتعددة أصبحت من الكثيرة بحيث تعددت الأنواع الأنفة الذكر بعضها عن البعض الآخر بخطوط واضحة.

فحوص الحديد:-

يفحص الحديد كما تفحص جميع المعادن بفحوص متعددة أهمها نوعين فحوص كيمياوية و فحوص غير كيمياوية والفحوص الكيمياوية تتناول كل ما يتعلق بالمعدن من الناحية الكيمياوية و المواد الغريبة التي فيها بشكل متحد بالمعدن و ممزوج أما الفحوص غير الكيمياوية فهي:-

1. الفحوص الميكانيكية.
2. فحوص تأثير الحرارة على خواص المعادن.
3. فحوص تركيبية تغطية سطوح المعدن.

4.فحوص خواص الكهربائية .

5.فحوص تركيبية.

6.فحوص غير أتلافيه.

7.التحليلات المنخلية و قياس حجوم الحبيبات لمساحيق المعادن.

8.طريقة أخذ النماذج.

9.فحوص متفرقة.

أن أكثر ما يهم الناحية الإنشائية أو البنائية هي الفحوص الميكانيكية والتي تتناول الفحوص التالية:-

1.فحص الانحناء Bending Test

2.فحص الضغط لحديد الاهين Compression Test for Cast Iron

3.فحص الصلادة بطريقة برينيل وروكويل Rockwell & Brinell

4.فحص الزخم لحديد الاهين Impact Test For Cast Iron

5.فحص معامل المرونة Modulus of Elasticity

6.نسبة بواسان Poissions Ratio

7.فحوص القصافة Stiffness Test

8.جهد الشد Tensile stress

9.فحوص الالتواء (اللوي) Torsin Test

حديد التسليح Steel Reinforcement

يكون حديد التسليح بشكل قضبان دائرية المقطع (circular bars) تنتج بأطوال قياسية واقطار مختلفة. إن الطول القياسي لقضيب التسليح يكون عادة بحدود (12م) . إما الأقطار أو القياسات المشهورة لحديد التسليح فتتراوح من (10ملم) والمسمى بثلاثة إثمان الانج ولحد (54ملم) رغم إن الحديد الشائع

الاستعمال في دور السكن ذو قياس (12ملم) أو نصف انج و (16ملم) أو ثلاثة ارباع الأنج.

إن قضبان التسليح تنتج عادة بشكل (plain bars) اومحزز (ذو نتوءات (Deformed) (إن التسليح الأملس يكاد لا يستعمل حالياً في تسليح الخرسانة وذلك لوجود مميزات للتسليح (المحزز) في الوقت الحاضر منها انه يوفر ترابطاً كبيراً (bond) مع الخرسانة بعد التصلب . إن هذه الميزة في السابق يتم الحصول عليها بعمل عقفات (hooks) في نهايات القضبان الملساء والتي تمثل عامل كلفة اقتصادية إضافي.

قبل استعمال حديد التسليح يجب التأكد من وجود المتطلبات التالية-:

أ . إن يكون نظيفاً وخالياً من الأتربة أو الأصباغ أو الصدأ (corrosion) أو الزيوت.

ب.أن تكون القضبان مستقيمة وغير مستعملة سابقاً .

فحص الشد Tension Test

الغرض من التجربة:

لتحديد معاير المرونة (Modulus of Elasticity) والمقاومة القصوى (Ultimate-Strength (f_u)) ومقاومة الخضوع (Yield strength(f_y)) للحديد عند تسليط قوة شد (Tensile Force) عليه.

نظرة عامة:

إن معظم الاستعمالات الشائعة للفحوصات الميكانيكية للمواد الإنشائية هو فحص الشد. إن النموذج القياسي في الولايات المتحدة هي نموذج دائري بقطر (1.25)سم وطول معير مقداره (5)سم بحيث تكون العلاقة كما يلي:

$$1.4 = \frac{L}{d} \qquad \text{أو} \qquad L = 4.52\sqrt{m}$$

$$\text{حيث} \quad m = \frac{\pi d^2}{4}$$

ويكون طول النموذج الاسطواني دائما اكبر من الطول المعير (L) وعلى الأقل يساوي (d+L).

وان نهايات النموذج عادة تعمل بمساحة مقطع اكبر وذلك لكي يمنع النموذج من الانكسار خلال عملية تثبيته في آلة الفحص.

إن جهاز الفحص عادة يكون مزود بجهاز ذاتي الحركة لرسم العلاقة البيانية بين الثقل (p) والتغير في الطول(Δ) وهذه العلاقة تعتبر خاصية ضرورية لأي مادة. شكل (11) يمثل العلاقة البيانية بين الثقل المسلط (p) والتغير في الطول(Δ) للحديد (Mild Steel)اثناء عملية فحص الشد. من هذه العلاقة يمكننا توضيح نقطة الخضوع (Yield Point) والمقاومة القصوى (Ultimate Strength).

في نقطة الخضوع يستطيل النموذج بمقدار معين دون أي زيادة في الثقل المسلط إما المقاومة القصوى (Ultimate Strength) فتعرف على أنها أعظم قوة مسلطة على النموذج مقسمة على مساحة المقطع الابتدائية ويعرف معاير المرونة بأنه ثابت التناسب بين الجهد والإجهاد(خلال الجزء المرن فقط).

الاجهزة والأدوات:

ا- نموذج اسطواني من الحديد قطره (1.25) سم وطوله المعير (L) يساوي (5) سم.

ب- جهاز فحص الشد.

المواصفة:

اعتمدت في هذا الفحص المواصفة الأمريكية (ASTM –A-615-86) وكما مبين في الجدول أدناه:

جدول يبين مواصفات حديد التسليح (ASTM –A-615-86)

النوع(Grade)	إجهاد الخضوع (Mpa)	المقاومة القصوى(Mpa)	الاستطالة % (التغير بالطول)
40	275.8	482.65	11.0
60	413.7	620.55	9.0

طريقة العمل:

1- يعاد قياس طوالمرونة Modulusمعدل قطر النموذج.

2- يوضع النموذج في جهاز الفحص.

3 - تسليط قوة الشد وملاحظة عملية الرسم البياني للعلاقة بين الثقل المسلط (p) والتغير في الطول (Δ)

4- يرفع النموذج ويلاحظ الكسر.

النتائج والحسابات:

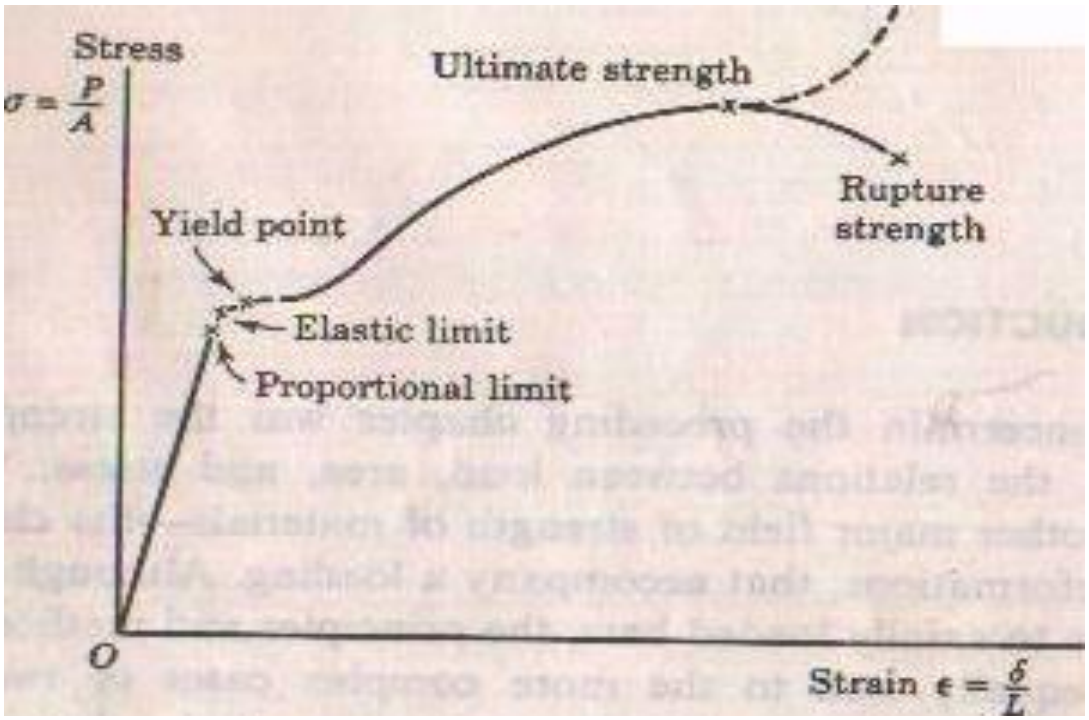
1- إيجاد نقطة الخضوع(Yield Point) والمقاومة القصوى (Ultimate Strength)

2- إيجاد معامل المرونة (Modulus of Elasticity) حيث إن :

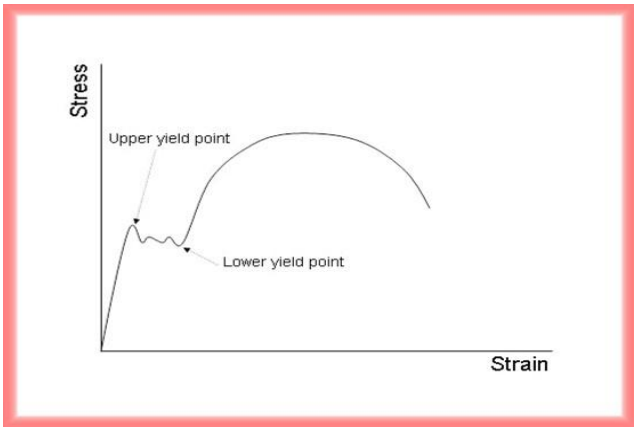
$$\text{معامل المرونة} = \frac{\text{الإجهاد (stress)}}{\text{الانفعال (strain)}}$$

3-إيجاد العلاقة بين نقطة الخضوع (Yield Point) والمقاومة القصوى(Ultimate Strength) ومناقشة النتائج

4- يرسم النموذج وجهاز الفحص ويرفق مع التقرير.



شكل يبين العلاقة بين الإجهاد والانفعال للحديد (Stress-strain curve of stress)



شكل يبين العلاقة بين الثقل المسلط والاستطالة

حديد الشيلمان (I-Section)

وهي مقاطع حديد ذات شكل حرف (I) ، وتستعمل كجسور و رباطات وللتسقيف (العقادة) أيضا . أن القياسات المتوفرة عادةً في الاسواق من الشيلمان تتراوح بينَ (3×2) انج الى (8×4) انج واوزانها من (6.67) كغم لكل متر طول الى (157.49) كغم لكل متر طول.
عند استعمال الشيلمان يجب مراعاة بعض الأمور ، منها-:

1. أن يكون نظيفاً خالي من الصدأ.
2. الشكل غير متضرر ومستقيم الحافات والاوجه ولا يحوي على عيوب

هناك مقاطع وإشكال حديد بنائية غير الشيلمان مثل حديد الزاوية والساقية حيث تتراوح قياسات مقاطع حديد الزاوية من (1/8×2/1×2/1) انج إلى (1×8×8) انج و بأوزان من (0.6) كغم الى (75.85) كغم لكل متر طول.
أن هذا النوع من المقاطع الحديدية تستعمل عادة في بناء الدور السكنية كجسور فوق فتحات الابواب والشبابيك (lintels) ويجب مراعاة الامور السابقة لاستعمال الشيلمان مع هذه الأنواع من الحديد ايضاً .

Example

The following data were recorded during the tensile test of a 14-mm-diameter mild steel rod. The gage length was 50 mm.

Load (N)	Elongation (mm)	Load (N)	Elongation (mm)
0	0	46200	1.25
6310	0.010	52400	2.50
12600	0.020	58500	4.50
18800	0.030	68000	7.50
25100	0.040	59000	12.50
31300	0.050	67800	15.50
37900	0.060	65000	20.00
40100	0.163	61500	Fracture
41600	0.433		

Plot the stress-strain diagram and determine the following mechanical properties: (a) proportional limits; (b) modulus of elasticity; (c) yield point; (d) ultimate strength; and (e) rupture strength.

3–5. A tension test was performed on a steel specimen having an original diameter of 12.5 mm and gauge length of 50 mm. Using the data listed in the table, plot the stress–strain diagram, and determine approximately the modulus of toughness. Use a scale of 20 mm = 50 MPa and 20 mm = 0.05 mm/mm.

Load (kN)	Elongation (mm)
0	0
11.1	0.0175
31.9	0.0600
37.8	0.1020
40.9	0.1650
43.6	0.2490
53.4	1.0160
62.3	3.0480
64.5	6.3500
62.3	8.8900
58.8	11.9380

حجر البناء (Building Rocks)

تعريف الحجر : هو ما كان أصل الماة المكونة له طبيعية

أ- استخدم الحجر في البناء

١- كوحدات بنائية أساسية عوضا عن البدائل الأخرى في إنشاء الجدران

٢- في أعمال تغليف واكساء الجدران من الخارج والداخل وكذلك الأرضيات وتشمل استعمال الحجارة المعدة بسمك قليل وبإشكال منتظمة (مثل المرمر والرخام).

٣- في تشيد بعض الأبنية التي تستوجب ان تكون مشيدة بالحجارة لأسباب معمارية او تراثية كبعض المتاحف والأبنية ذات الطابع الخاص .

في اعمال تكسية ضفاف الانهار والجداول وذلك لحماية المقطع وتقليل الترشيح .

صفات الحجر المستخدم للبناء :

* متجانس : بحيث لا يحتوي على عدة الوان واشكال .

* خالي من عروق الطين والفحم : جيث ان وجودهذه العروق يعتبر عيبا من عيوب الحجر .

* نفاذية اقل للماء .

*عدم وجود فجوات في الحجر: قد يظهرلنا الحجر مصمتا ولكنه يحتوي على فجوات من الداخل.

*انتظام الابعاد

* ينجح في اختبار التحمل ان كان يستخدم في جدران حاملة.

مواصفات حجر البناء حسب المواصفة القياسية العراقية (م.ق.ع 1387 /1989)

الكرانيت

اولا- الاصناف : لايوجد

ثانيا- المتطلبات الفيزياوية

2-1-الامتصاص (%): لا يتجاوز 0.4 .

2-2-الكثافة (كغم/م^3) : لا تقل عن 2500 .

2-3- تحمل االضغط (نيوتن /مم^2) :لا يقل عن 130

2-4- معاير الكسر(نيوتن /مم^2) : لا يقل عن 10

2-5- مقاومة التاكل (مم) : لا تقل عن 1 .

الرخام

اولا – الاصناف

أ – كاربونات الكالسيوم (معدن الكالسايت).

ب –كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (معدن الدولومايت) .

ج – سيليكات المغنيسيوم (معدن السربنتين).

د – حجر جيري من مياه الينابيع .

ثانيا – المتطلبات الفيزياوية .

2-1- الامتصاص (%) : لا يتجاوز 0.75% .

2-2- الكثافة (كغم/م^3) : لا تقل عن 1600 صنف أ .

2800 صنف ب .

2700 صنف ج .

2300 صنف د .

2-3- تحمل الضغط (نيوتن/مم^2): لا يقل عن 52 للاصناف الاربعة .

2-4- معاير الكسر (نيوتن /مم^2): لا يقل عن 7 للاصناف الاربعة .

2-5- مقاومة التاكل (مم) : لا تقل عن 1 للاصناف الاربعة .

يكون الرخام خاليا من العيوب من تشظي او تصدع او تشقق او انفصال في خط الالتحام على العرق او الندبة او اي شائبة نؤثر على صلادة او مظهر الحجر .

الحجر الرملي

اولا – الاصناف

أ – حجر رملي : نسبة السليكا الحرة لا تقل عن 60% .
ب – حجر رملي كوارتيزي : نسبة السليكا لا تقل عن 90 % .
ج – كوارتيزايت ، نسبة السيليكا الحرة لا تقل عن 95%.
ثانيا – المتطلبات الفيزياوية
2-1-الامتصاص (%) : لا يتجاوز 20% صنف أ .
30% صنف ب
1% صنف ج
2-2- الكثافة (كغم/م^3): لا تقل عن 2250 صنف أ
2400 صنف ب
2550 صنف ج
2-3- تحمل الضغط (نيوتن /مم^2) لا يقل عن 14 صنف أ .
70 صنف ب
140 صنف ج .
2-4- معاير الكسر(نيوتن /مم^2) لا يقل عن 2 صنف أ .
7 صنف ب .
14 صنف ج .
مقاومة التاكل (مم): لا تقل عن 1 لكافة الاصناف .

الحجر الجيري

اولا –الاصناف
أ – واطئ الكثافة (1760 – 2150 كغم / م^3)
ب – متوسط الكثافة (2150 – 2500 كغم / م^3)
ج – عالي الكثافة (اكثر من 2500 كغم / م^3)

ثانيا – المتطلبات الفيزياوية

2-1- الامتصاص (%) : لا يتجاوز 12 صنف أ .

7.5 صنف ب

3 صنف ج

2-2- الكثافة (كغم / م^3) : لا تقل عن 1750 صنف أ

2150 صنف ب

2550 صنف ج

2-3- - تحمل الضغط (نيوتن /مم^2) لا يقل عن 12 صنف أ

28 صنف ب

25 صنف ج

2-4- معاير الكسر(نيوتن /مم^2) لا يقل عن 2 صنف أ

3.5 صنف ب

7 صنف ج

مقاومة التاكل (مم): لا تقل عن 1 لكافة الاصناف

يكون الحجر الجيري ذو صلابة ومتانة جيدة وخاليا من العيوب المرئية او تجمعات المواد التي تؤثر على المظهر او المقاومة .

بالرغم من ان البناء بالحجارة هو الأساليب القديمة جدا والتي تمتاز بالمتانة والديمومة الطويلة والتي أثارها إلى حد عصرنا الحالي وبالتالي فان أعمال الحجارة في البناء يقصد استخدام الحجر كوحدات بنائية مايتبع ذلك من قواعد وأساليب هندسية لتنفيذ العمل بصورة جيدة وفق التصاميم المرغوبة

ويشهد عصرنا انحسارا في استخدام الحجارة كوحدات بنائية إنشائية للأسباب التالية :-

١- محدودية الانتشار الحجارة البنائية الصالحة في مواقع معينة حسب التركيب الجيولوجي للمنطقة ، أي قد لايكون متوفرة في مناطق قريبة من الأعمال او تكون متوفرة بكميات قليلة او غير صالحة

٢- صعوبة تهيئة الحجارة بكلفة مناسبة ،حيث ان عمليات القطع من المقالع و النقل والتعديل إلى مقاسات وإشكال مناسبة أصبحت غير اقتصادية في الغالب .

٣-وجود بدائل مناسبة أكثر اقتصادا وأسهل إنتاجا وأسرع بناءا كالطابوق والكتل وغيرها.

٤- عدم ملائمة بعض خواص الحجر الهندسية كزيادة الكثافة ووجوب تنفيذ الجدران بسمك كبير ،حيث لايمكن من الناحية العملية بناء جدران محملة بسمك اقل من ٤٥٠ملم وقواطع غير محملة بسمك اقل من حوالي ١٦٠ملم

ب- استعمال الحجارة في الصناعة الإنشائية

١- في صناعة المواد الإنشائية مثل الصخور الكلسية في صناعة السمنت والفلر والنورة والصخور الجبسية في صناعة الجص.

٢- في الخرسانة كركام.

٣- في صناعة الكاشي الموزانيك (كركام ملون في طبقة الوجه).

٤- في أعمال تبليط الطرق كطبقة أساس او تحت الأساس

٥- في أعمال التعليات الترابية لسكك الحديدية

التصنيف الجيولوجي

تعتمد الخواص الهندسية للصخور أساسية على كيفية تكوينها جيولوجيا وكذلك على تركيبها الكيميائي، وتصنف الحجارة جيولوجيا إلى:-

١- الصخور النارية (Igneous Rocks)

تكونت الصخور النارية من انصهار المواد غير العضوية بالحرارة العالية في باطن الأرض قبل آلاف السنين ، وتتصلب أما عن طريق خروجها إلى سطح الأرض بواسطة الحمم البركانية السائلة المتدفقة في باطن الأرض وتسمى بالصخور البركانية (Volcanic Rocks) وتتميز بأنها بردت وتجمدت بسرعة لذا فإنها غير متبلورة وزجاجية النسيج ومن أنواعها التراب (Trape) البازلت (Bazalt) أوانها تصلبت وبردت تحت أعماق سحيقة من القشرة الأرضية الأمر الذي يجعل تبريدها بطيئا نسبيا مسببا تبلورها وتسمى بالصخور الحرارية (Plutonic Rocks) ومن أنواعها الكرانيت (Granit) وهو يتكون من الكوارتز (Quartzes) وهي سليكا متبلورة تمتاز بالصلادة والمتانة والشفافة وعديمة اللون ، والفلسبار (Fellspar) وهي سليكات الألمنيوم وقليل من المايكا (Mica) وهي سليكات الالمنيوم مع البوتاسيوم والحديد والمغيسيوم وهو ذات قوام هش وينفلق الى رقائق نحيفة وبسهوله. والكرانيت يوجد بالوان متعدد الرمادي والأسود والأحمر وتمتاز بقابلية الصقل ممتازة وبصلابة وكثافة عالية ووزنه النوعي (٢.٧) ويستعمل للتغليف في الإغراض المعمارية المهمة ويتوفر بالعراق في منطقة بنجوين وقلعة دزة.

٢-الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks)

وهي صخور التي تكونت في الغالب من تحلل صخور قديمة بفعل الماء والريح واستقرت على شكل طبقات في المنخفضات على سطح الأرض وقد تتكون من تراكمات ذات أصل عضوي تدريجيا بالماء على مدى آلاف السنين ،بمرور الزمن وبفعل الضغط للماء فوقها اصبحت الطبقات الرملية والكلسية ككتلة متراصة ، الا أنها تمتاز بخواص متباينة بسبب تعدد التراكيب والطبقات ومن أهم الصخور الرسوبية بالعراق هي:

أ-الصخور الرملية (Sandy Stone)

وتكون من جزينات دقيقة ناعمة او كبيرة خشنه من الكوارتز المتماسك بواسطة مواد سمنتية مثل (الجير او المغيسيا ،الالومينا او اوكسيد الحديد) او مزيج من هذه المواد والتي تحدد متانة وتحمل ولون الحجارة .فإذا ما كانت المادة اللاصقة وبكمية كافية فإنها تعطي اللون الأبيض للحجارة وتكون الصخور قوية واذا كانت المواد السمنتية قليلة فان الحجارة تكون رخوة ، وتكون ضعيفة وقابلة للامتصاص عالي ، وتستعمل الأنواع القوية في البناء ، اما الأنواع الناعمة الحبيبات فتستعمل في المحلات التي تتطلب نحت الحجارة وتشكيلها.

ب- الصخور الكلسية (Lime Stone)

وهي صخور المتكونة بصورة أساسية من كاربونات الكالسيوم ، وتكون ذات لون ابيض او قريبة منه وتتفاوت كثيرا بالصلابة ، وبشكل عام اقل صلادة من الصخور الرملية والعمل فيها أسهل ومنها ما يصلح للنحت ومنها رخو يسهل قطعة بالمنشار ، تعتبر الحجارة الكلسية جيدة للبناء وينتشر استعمالها في العراق وتعتبر مادة أساسية في صناعة السمنت ، ويستعمل حجر الكلس المكسر كركام في الخرسانة وفي أعمال الطرق واسكك الحديدية .تنتشر الصخور الكلسية في مناطق متعددة من العراق مثل الموصل وكربلاء والنجف وغيرها

٣- الصخور المتحولة(Metamorphic Rocks)

تتكون الصخور المتحولة من تعرض صخور اقدم سواء أكانت رسوبية ام نارية الى الضغط والحرارة العالية في باطن الأرض الامر الذي سبب تغيرا في تركيبها الإنشائي ،فالحجارة الطينية (Mud Stone) مثلا فتتحول إلى حجر الإردواز (Slates) والصخور الرملية فتتحول الى حجر الكوارتز الرملي (Quartzite) والصخور الكلسية تتحول الى الرخام (Marble) وتستعمل الحجارة الرخامية في الزخارف الداخلية واكساء الجدران والأرضيات وفي عمل التماثيل والأعمدة وصناعة الموزانيك وتمتاز بكونها صلبة وقابلة للصقل والتشكيل والأنواع الجيدة منها تكون غالية الثمن ،وتتوفر الحجارة الرخامية في شمال العراق وخاصة جوارتة وكلالة ورايات

العزل الحراري في المباني

مفهوم العزل الحراري:

التقليل من انتقال الحرارة خلال أجزاء البناء وعناصره الخارجية سواء كان ذلك من الداخل الى الخارج كما في فصل الشتاء (فقدان حراري) أو من الخارج الى الداخل كما هو في فصل الصيف (كسب حراري). ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى والتي يفتَّرض التخلص منها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة الملائمة إلى ثلاثة أنواع هي :

1 - الحرارة التي تخترق الجدران والسقوف والأرضيات

2 - الحرارة التي تخترق النوافذ والأبواب والفتحات الأخرى

3 - الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية .

و تقدر الحرارة التي تخترق الجدران والسقوف في أيام الصيف بنسبة 60-70% من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية . وتقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بحوالي 66% من كامل الطاقة الكهربائية المستهلكة .

ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف ؛ وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والسقوف لتحقيق الهدف الوظيفي الملائم للمسكن وتقليل التكلفة .

تصميم المباني:

يجب مراعاة النواحي التالية عند تصميم المبنى

المبنى واتجاهه --------- اقل قدر ممكن من اشعة الشمس .

تصميم النوافذ ---------- خفض مستوى نفاذ اشعة الشمس .

الجدران والسقوف ---------- عزلها حراريا لتقليل تسرب الحرارة من والى المبنىٌ

ارتفاع السقوف ---------- تقليلها يؤدي الى تقليل حجم الفراغات وبالتالي تقليل مكيفات التبريد .

الأشجار ---------- تعطي ظلا وتدمن محيط اكثر برودة .

أهمية وفوائد العزل الحراري في المباني

1.توفير نسبة عالية من الوقود أو الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد

2. تقليل عدد الاجهزة وساعات تشغيلها يؤدي الى خفض كلفة ومعدات التدفئة والتكييف وتقليل كلفة صيانتها .

3. حماية البناء من أخطار تكثيف بخار الماء وتكون العفن ومن تأثيرات الحرارة والأضرار الناجمة عنها وخفض كلفة صيانتها .

4 . تأمين أجزاء صحية ومريحة للساكنين طيلة فصول السنة .

5. ليس فقط استثمار اقتصادي وإنما أيضا اجراء انشائي وصحي يؤدي الى رفع القيمة لسكنية للمبنى ويزيد من عمر البناء .

معايير اختيار مواد العزل الحراري المناسبة

1.تكون المادة العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض

2 . أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لنفاذ الماء وبخار الماء .

3 . أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للإشعاع الحراري .

4 . أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للإجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة التي تؤدي إلى التمدد والانكماش المتبادل والمستمر الذي يتسبب في فقد بعض الخواص الميكانيكية المهمة لمادة العزل الحراري .

5 . أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل مقاومة الانضغاط ومعامل المقاومة للكسر .

6 . أن تكون مقاومة للحريق .

7 . ألا ينتج عنها أضرار صحية ، وأن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن وغير قابلة لنمو الحشرات فيها .

8 . أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل ، قليلة القابلية للتمدد أو التقلص تحت تأثير العوامل الجوية والمناخية المحيطة .

9 . أن تكون مقاومة للتفاعلات والتغيرات الكيميائية .

10 . أن تكون سهلة التركيب .

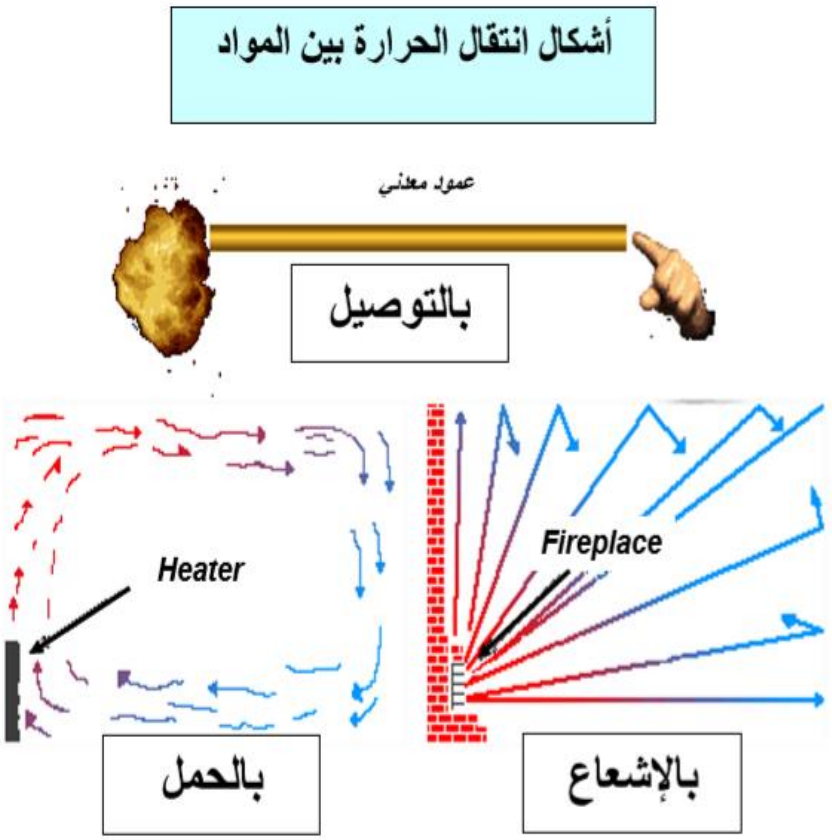
انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد عن طريق عدة طرق منها

التوصيل الحرارى (Conduction)

الحمل الحرارى (Convection)

الإشعاع الحرارى ((Radiation)



التوصيل الحرارى

تعتبر انتقال الحرارة بالتوصيل عملية معقدة وهى تختلف من مادة إلى أخرى حيث تصنف المواد إلى

1) الفلزات مثل النحاس وهى جيدة التوصيل للحرارة
2) المواد العازلة مثل الخشب وهى رديئة التوصيل للحرارة
3) أشباه الموصلات مثل الكربون ، وهى حالة وسط بين الحالتين السابقتين ، وهى رديئة التوصيل للحرارة في الظروف العادية ومع ارتفاع الحرارة تصبح المادة موصلة للحرارة.

يقاس العزل الحراري للاجزاء الخارجية للمبنى بمعدل انتقال الحرارة (Thermal transmittance rate) والتي تسمى(U-value) قيمة U وهي كمية الطاقة الحرارية بالواط التي تنتقل خلال المتر المربع الواحد من الجدار لكل كلفن واحد (W/m^2K) .

$$U = \frac{1}{\sum R} = w/m^2k$$

حيث ان R هي المقاومة الحرارية للمادة

$$U = \frac{1}{Rso + R1 + R2 + Ra + R3 + R4\ \ etc \ldots\ldots + Rsi(\frac{m^2k}{w})}$$

Rso= مقاومة السطح الخارجي

etc, R3,R2,R1 = المقاومة الحرارية لمكونات الجدار

Ra= مقاومة الفراغ الهوائي

Rsi= مقاومة السطح الداخلي

etc, R3,R2,R1 تحسب بقسمة السمك على معامل التوصيل الحراري للمادة

$$R\left(\frac{m^2k}{w}\right) = \frac{L(m)}{\propto (mk)}$$

حيث ان α هي معامل التوصيل الحراري للمادة

<u>مثال</u>

احسب قيمة U لجدار مجوف تفاصيله مبينة في الجدول التالي

مقطع الجدار	السمك (mm)	معامل التوصيل الحراري	المقاومة الحرارية $\frac{m^2k}{w}$(R)	الانتقال الحراري w/m^2k(U)
مقاومة السطح الخارجي	-----	------	0.06	
طابوق	103	0.84	0.123	
الفراغ الهوائي	50	----	0.18	
طابوق	100	0.18	0.555	
طبقة البياض	13	0.16	0.081	
مقاومة السطح الداخلي	-----	-----	0.12	
المجموع			1.119	0.89

كلما قلت قيمة U كلما زاد العزل الحراري للمبنى .