



مورد البناء واختبارها





منشورات جامعة دمشق

كلية الهندسة - جامعة دمشق

مولد البناء واختبارها

الدكتور
محمد الراتب ساطع

الدكتور
أنور لؤي سعود

جامعة دمشق



مدخل :

يشتمل هذا الكتاب في جزئه الاول على كامل مفردات منهاج مقرر مواد البناء لطلاب السنة الثانية في كلية الهندسة - القسم المدني يتألف الكتاب من سبعة عشر فصلا تشمل دراسة مختلف مواد البناء التي يتعامل معها المهندس المدني من حيث صفاتها وخصائصها واستخداماتها . ويمكن القول ان المعلومات الواردة في هذا الكتاب هي مقدمة لمقررات مواد اخرى مثل تكنولوجيا البتون و الطرق و الجسور و التجهيزات الفنية للمباني وغيرها .



مقدمة : =====

تحتل صناعة مواد البناء اهمية كبيرة في الاقتصاد الوطني .
فقد دعى التطور الكبير في حجم بناء المنشآت الصناعية والمباني السكنية والعامة والسياحية والمنشآت المائية والطرق والمواصلات الحديدية الى استعمال انواع كثيرة من مواد البناء وبكميات هائلة لم يعرفها القطر من قبل .
وهذا يضح امام المهندسين والعاملين في حقل البناء مشاكل كثيرة ومعقدة يجب حلها باستمرار بشكل يسبح بالحصول على اكبر مردود واقل كلفة .
واذا استعرضنا الاحصائيات التي ترى ان كلفة مواد البناء في المباني السكنية تبلغ ٤٠-٤٥ ٪ من الكلفة الاجمالية تتفجح الاهمية البالغة في تحسين مواصفات مواد البناء ومستوى صناعيتها وتقليل كلفتها .
ويمكن استعمال مواد البناء بشكل فعال ومناسب عندما يتمتع المهندسون والفنيون والعاملون في حقل البناء بمعرفة جيدة بصفات المواد على تنوعها وشروط عملها في مختلف المنشآت الهندسية .
ولهذا تعتبر مواد البناء مادة رئيسية في تأهيل المهندسين بمختلف اختصاصاتهم (مدني - معماري - منشآت مائية - تخطيط مدن) .
كما تلزم في دراسة مواد هندسية اخرى مثل البتون المسلح والمنشآت المعدنية والتصميم المعماري وتنظيم الورشات والتعهدات المحبة وغيرها

تعطى في الجزء الاول صفات المواد وطرق صنعها و مواد الخام

المستعملة في صناعتها واتجاهها ومجالات استعمالها .

ويسبب التعدد الكبير ل مواد البناء فانها تقسم الى مجموعات ،

وذلك اما بحسب مجال الاستعمال ، او بحسب تكنولوجيا صناعتها حيث

تعتبر المواد الخام المستعملة في صناعة المواد وطريقة صنعها ،

وحسب هذه الطريقة تقسم المواد الى المواد الحجرية الطبيعية

والسيراميكية والرابطة والبيتون والمعدنية وغيرها من المواد .

كما يمكن ان توجد لبعض المواد مثل المواد العازلة طرقا مختلفة

في صناعتها .

تتميز مواد البناء بحجمها الكبيرة ووزن حتمي عال مما يسبب

كلفه عالية في نقلها من المعمل او المقالع ، حيث تمنع او تستخرج ،

الى الورشات .

ويمكن ان تزيد كلفة نقل بعض مواد البناء رخيصة الثمن على سعرها

الطبيعي .

ولهذا السبب يتوجب على المهندسين العمل على استعمال المواد

المحلية مثل الرمل والبحص والكلس والمواد الحجرية الطبيعية والاعجر

وغيرها .

كما يتوجب على العاملين في حقل استخراج وصناعة مواد البناء

رفع مواصفاتها ليصبح استعمالها فعالا واقتصاديا وديمومة عالية .

وقد بدأت في القطر هيئة المواصفات والمقاييس السورية التابعة

الى وزارة الصناعة باصدار مواصفات قياسية سورية .

وهذه المواصفات التي تصدر تباطأ تعتمد عليها الدولة وتلزم الوزارات
والمؤسسات والهيئات العلمية والمعامل والمصانع باستعمالها والعمل
بموجبها .

وبالنسبة للمواد وطرق الاختبار التي لم تصدر لها مواصفات قياسية
سورية لها بعد فيمكن استعمال المواصفات العالمية مثل ASTM , AASHTO
DIN , GOST, BS , AFNOR

تعطى في الجزء الثاني طرق اختبار المواد وكيفية تشغيل الأجهزة
اللازمة لذلك وبعض القيم العملية والجداول اللازمة للمهندس وذلك بطريقة
مبسطة ليسهل على الطالب تفهمها وإتقانها .

وأخيرا نأمل ان يكون هذا الكتاب عوناً للطالب في كلية الهندسة
والمهندس في مكتبه وورشته .

الدكتور المهندس

الدكتور المهندس

محمد راتب سطاس

اندراس سعود

الفصل الأول

الصفات الأساسية لمواد البناء

تسمى بصفات المواد الأساسية الخواص التي تظهرها المواد في علاقتها مع ظاهرة ماء أو عملية التأثير المتبادل مع غيرها من المواد وترتبط معرفة صفات المادة بالدراسة العميقة والشاملة لصفات العناصر الكيميائية وكذا التفاعلات الكيميائية المختلفة المؤسسة على علمي الكيمياء والفيزياء. وبدون المعرفة الكاملة لمختلف الصفات لا يمكن اختيار المادة الأكثر ملاءمة للتصميم المعين للمنشآت، وبالتالي لا يمكن تنفيذ أعمال البناء بجودة عالية وبأقل كلفة .

ولذا فإن الصفات الأساسية لمواد البناء تحين مجالات استعمالها وبالتقييم الصحيح لصفات المواد يمكن تنفيذ المنشآت المهيئة والاقتصادية ذات الديمومة العالية .

تقسم الصفات الأساسية لمواد البناء الى صفات فيزيائية - كيميائية ميكانيكية - تكنولوجية .

تنتمي الى الصفات الفيزيائية المميزات الوزنية للمادة والكثافة ونفاذيتها بالنسبة للسوائل والغازات والحرارة والإشعاعات . وكذلك قدره المادة على مقاومة تأثير الوسط الخارجي في شروط الاستشطار .

وتتنتمي الى الصفات الكيميائية قدرة المادة على مقاومة تأثير الحموض والأملاح والتي تسبب في اجراء التفاعلات التبادلية في المادة وتخریبها .

وتتميز قدرة المادة على مقاومة الضغط والشد والصدم وغرز مواد
اخرى فيها ، والتأثيرات الاخرى الموافقة للقوى المختلفة بالصفات
الميكانيكية .

اما الصفات التكنولوجية فهي عبارة عن قدرة المادة على تقبل
المعاملة في تحضير المنتجات منها .

§ ١ الصفات الفيزيائية :

١- الوزن النوعي :

عبارة عن نسبة وزن المادة الى حجمها المطلق (حجم الاجزاء
المبلبة) ويعطى بالقانون التالي :

$$\gamma = \frac{G}{V_{\text{بل}} \text{ cm}^3} \quad [g / \text{cm}^3]$$

وتعطى وحدة الوزن النوعي بالغ / سم^٣

وفي الجدول رقم (١-١) اعطيت القيم الوسطية للوزن النوعي لبعض

مواد البناء

جدول رقم (١-١)

القيم الوسطية للوزن النوعي لبعض المواد

المواد	الوزن النوعي غ / سم ^٣	المواد	الوزن النوعي غ / سم ^٣
الغرانيت	٢٦ ٢٩	الزجاج	٢٥ ٣
الاحجار الكلسية	٢٤ ٢٦	الخشب	١٥ ١٦
الرمال الكوارتزية	٢٦ ٢٧	البيتومين	٠٩ ١٢
الاسمنت البورتلاندى	٢٩ ٣١	البلاستيك	١ ١٢
الطوب الخشبي	٢٥ ٢٨	الفولاذ	٧,٨٦

٢- الوزن الحجمي :

وهو وزن وحدة الحجم الطبيعي للمادة (مع المساحات و الفراغات) ويعطى بالقانون التالي :

$$\gamma_0 = \frac{G}{V} \text{ Kg / Cm}^3$$

هذا ومن الانسب استعمال وحدة الوزن الحجمي بال (كغ/م^٣) أو بال (طن/م^٣) .

وبالنسبة للمواد الموطفة من حبيبات فيعين الوزن الحجمي الردي γ_0 وهو عبارة عن وزن وحدة الحجم بغافيه المساحات والفراغات ما بين الحبيبات في الحالة الجافة . يتغير الوزن الحجمي الردي كثيرا بالنسبة للمواد الحبيبية المفككة الرطبة وخاصة اذا كانت الحبيبات بأبعاد تقل عن ٣.٠ مم .

ان الوزن الحجمي لغالبية مواد البناء اقل من وزنها النوعي ماعدا السوائل والمواد الناتجة من الانصهار (كالزجاج والغرانيت) حيث يساوى الوزن الحجمي عليها الوزن النوعي .

تتعلق الصفات التقنية للمواد بأوزانها الحجمية كالمتانة وناقلية الحرارة، ويدخل الوزن الحجمي في حساب سماكة الجدران للمباني السكنية وفي حساب نقل وتنزيل وتركيب العناصر الهندسية وكذا في حساب درجة تراص المواد وساميتها .

وقد اعطيت في الجدول رقم (٢-١) قيم الوزن الحجمي الوسطي لبعض مواد البناء في الحالة الجافة الهوائية .

جدول رقم (٢-١)
الوزن الحجمي لمواد البناء في الحالة
الجافة الهوائية

المادة	الوزن الحجمي كغ/م ^٣	المادة	الوزن الحجمي كغ/م ^٣
البيتون (الثقيل)	٢٥٠٠-١٨٠٠	الرميل	١٦٥٠-١٤٥٠
البيتون الخفيف	١٨٠٠-٥٠٠	البحص	١٦٠٠-١٣٠٠
الطوب الغضاري	١٨٠٠-١٦٠٠	الفولاذ	٧٨٦٠
الغرانيت	٢٧٠٠-٢٥٠٠	خشب الصنوبر	٦٠٠-٥٠٠
حجر كلسي (متراص)	٢٤٠٠-١٨٠٠	الصوف المعدني	٤٠٠-٢٠٠
كيمازيت	٩٠٠-٣٠٠	الستيرايوسور	٢٠

٣- درجة التراص (الكثافة) :

وهي عبارة عن نسبة امتلاء حجم المادة بالمادة الصلبة ويمكن

حساب درجة التراص بالقيمة النسبية او بالنسبة المئوية .

$$d_o = \frac{V_o}{V} , d_o = \frac{V_o}{V} \cdot 100\%$$

وان درجة تراص غالبية مواد البناء اصغر من الواحد او من ١٠٠٪ بسبب وجود مسامات فيها .

٤- المسامية :

وهي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للمادة وهي تكمل درجة

التراص الى الواحد او الى ١٠٠٪ .

$$P_o = 1 - \frac{V_o}{V} , P_o = \frac{V - V_o}{V} \cdot 100\%$$

يمكن ان تكون المسامات مغلقة او مفتوحة على بعضها البعض .
وفي الحالة الاخيرة يمكن تعيينها في المخبر بطريقة امتصاص الماء
بضغط جوى عادى او تحت ضغوط جوية او استعمال التفريغ الجوى وذلك
حسب القانون التالي :

$$P_o = \frac{G_w - G}{G_w - G_1}$$

حيث G_w - وزن العينة المشبعة بالماء (غ)
 G - وزن العينة في الحالة الجافة (غ)
 G_1 - وزن العينة في الميزان الهيدروستاتيكي (غ)

تقسم المسامات حسب ابعادها الى مايلي :

- ١- مسامات < 0.2 مم
 - ٢- مسامات $= 0.2 - 0.002$ مم
 - ٣- مسامات $= 0.002 - 0.0002$ مم
 - ٤- مسامات " زجاجية " او نصف مغلقة بأبعاد تقل عن 0.0002 مم
- يمكن حساب المسامات وعددها بالميكروسكوب اذا كانت ابعادها تزيد عن
 0.2 مم وكذلك الامر بالنسبة للمسامات بأبعاد بين $0.2 - 0.002$ مم .

المسامات بأبعاد اقل من 0.002 مم فتعين بطريقة الكثف والتبخر
الموضوعة بالاستناد الى قانون تومسون .

وبالنسبة للمواد الحبيبية فان نسبة مجموع حجوم المسامات والفراغات
ما بين الحبيبات الى الحجم الكلي للمادة الحبيبية في الحالة الجافة
تسمى بنسبة الفراغات وتعين حسب القانون التالي :

$$P_o' = 1 - \frac{\gamma_o'}{\gamma} , P_o' = \left(1 - \frac{\gamma_o'}{\gamma} \right) \cdot 100 \%$$

ويمكن ان تتحول المسامية من المفر وحتى اقل من الواحد

$$0 \leq P_0 < 1$$

ان لدرجة التراص المسامية اهمية كبيرة فبهما تتعلق الصفات الاخرى مثل المتانة وامتصاص الماء والنفاذية للماء والخازات والحرارة ومقاومة المقيع والحموض وغيرها .

٥- درجة امتصاص الماء :

وهي امكانية المادة في امتصاص الماء في الوسط الرطب . ويمكن ان يكون الماء الممتص بشكل سائل او بخار ماء ، ولذا نميز بين صفتين :
أ- الامتصاص بالتكثف (امتصاص بخار الماء) :

وهي صفة المادة في امتصاص بخار الماء من الهواء . وتتعلق بدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وبشكل وابعاد المسامات ونوع المادة .
فبعض المواد تجتذب سطوحها ذرات الماء بقوة وتدعى بالمواد الشفهة للماء ، والبعض الآخر تنبذ الماء وتسمى بالمواد الكارهة للماء ، وان المواد الشفهة للماء تتحل به بينما المواد الكارهة للماء تقاوم تأثير الوسط المائي .

عند تساوى بقية العوامل فان امتصاص المادة لبخار الماء يتعلق بمساحة سطح المادة باعتبار السطح الداخلي للمسامات والقنوات الشعرية) ، واذا كانت مسامية المواد متساوية فان المواد التي لها مسامات اداق تتصف بقدرة اكبر على امتصاص بخار الماء .

ب - امتصاص الماء :

وهي امكانية المادة في امتصاص الماء والاحتفاظ به وتقاس بنسبة الماء الممتصة بالمادة الجافة المغمورة كلياً داخل الماء اليه وزن المادة الجافة (درجة امتصاص الماء وزناً) اوالى حجمها (درجة الامتصاص حجماً W_o) .

$$W = \frac{G_1 - G}{G} 100 \% , W_o = \frac{G_1 - G}{V} 100 \%$$

حيث G_1 وزن المادة في حالة اشباعها بالماء بال غ

G وزن المادة في الحالة الجافة بال غ

V حجم المادة (مع المسامات) بال سم³

ان درجة امتصاص الماء حجماً اقل من الصامية الحقيقية ، اذ ان بعض المسامات تكون مغلقة ولا يصل اليها الماء . ودرجة امتصاص الماء حجماً اقل من ٠/٠١٠٠ بينما يمكن ان تكون درجة امتصاص الماء وزناً اكثر من ١٠٠ % بالنسبة لبعض المواد ذات المسامية العالية وتتغير درجة امتصاص مواد البناء للماء بحسب المسامات وشكلها وابعادها ونوع المادة ودرجة شراحتها للماء .

تتغير صفات المادة باشباعها بالماء ، فيزداد الوزن الحجمي وناقلية الحرارة ويزداد الحجم لبعض المواد كالخشب والخضار كما تنقص المسامية بسبب اضعاف ذرات الماء للروابط بين اجزاء المادة .

هذا وتسمى النسبة بين مائة المادة على الضغط في حالة اشباعها بالماء (R_w) الى مئتها في الحالة الجافة (R) بعامل

$$K = \frac{R_w}{R} \quad . \quad (K) \text{ التطرية}$$

يعتبر هذا العامل مقاومة المادة لتأثير الماء . وهو يساوى الصفر
لبعض المواد مثل الخشب بينما يساوى الواحد بالنسبة لـ مواد أخرى
مثل الزجاج والفولاذ .

وتدعى المادة مقاومة لتأثير الماء اذا كان عامل التطرية يساوى —
او اكبر من ٠.٨ . ولايسح باستعمال المواد التي عامل تطريتها اقل
من ٠.٨ في الاماكن المعرضة لتأثير الماء .

٦- درجة طرح المادة للماء :

تحتفظ المادة بالماء الموجود فيها بشروط توافر الرطوبة النسبية
المتوازنة للهواء . وحين تكون رطوبة المادة اعلى من الرطوبة
النسبية المتوازنة فان المادة تطرح الرطوبة الى الوسط المحيط (أي .
تجفف المادة) .

هذا وتتناسب سرعة طرح الرطوبة طويلا مع الفرق بين رطوبة
المادة والرطوبة النسبية للهواء . كما تتعلق هذه السرعة بصفات
المادة نفسها وشكل المسامات وطبيعة المادة . ان المواد الكارهة
للماء ذات المسامات الكبيرة تعطى الماء بسهولة اكبر من المواد الشريفة
للماء وذات المسامات الصغيرة . ولايخلى الوسط الهوائي في الشروط
الطبيعية من الرطوبة .

ولهذا فان المادة الرطبة لاتجف في هذه الشروط تماما بل الى
درجة معينة من الرطوبة تسمى بالمتوازنة وفي هذه الحالة تكون المادة
في حالة الجفاف الهوائي . في الغرفة حيث عادة لاتتعد الرطوبة
النسبية عن ٠.٦٠ / تكون رطوبة الخشب ٠.٨ - ٠.١٠ / ورطوبة الجدران
الخارجية ٠.٠٦ - ٠.٠٤ .

بتغير الرطوبة النسبية للهواء تتغير رطوبة المادة (في حالة كونها شرهة للماء) .

يسبب تغير رطوبة كثير من المواد في تغيير أبعادها فتتفتح عند تعرضها الى الرطوبة ، وتنقلص عند تجفيفها . وان تناوب الرطوبة والتجفيف يسبب في نشوء اجهادات متغيرة بالاهارة في عناصر المنشآت الهندسية تؤدي الى فقدان هذه العناصر قدرة التحمل (تتخرب) . ولهذا السبب تستخدم مقاومة المادة للهواء .

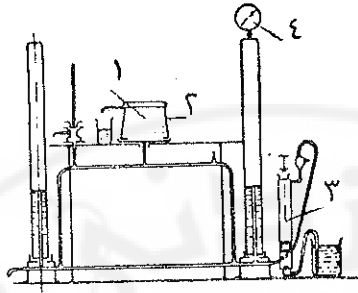
٧- مقاومة المادة للهواء :

وهي امكانية المادة من تحمل التناوب المتعدد للرطوبة والتجفيف دون ان تطرا عليها تشوهات كبيرة او نقص كبير في المتانة الميكانيكية .

٨- نفوذية المادة للماء :

عبارة عن قدرة المادة على تمرير الماء تحت الضغط . تتعلق درجة نفوذية المادة للماء بدرجة تراصها وبنيتها . وان المسواد الكتيمية (مثل الزجاج والببتومين والفولاذ) غير نفوذة للماء . وكذا فان المواد الحامية على مسامات دقيقة مغلقة عمليا غير نفوذة للماء . تتميز نفوذية المادة للماء بكمية الماء المار خلال ساعة واحدة عبر اسم^٢ من سطح المادة تحت تأثير ضغط (معطى) ثابت . بالنسبة لبعض المنشآت الخاصة مثل الخزانات لحفظ الماء والانابيب للمياه الحلوة والمالحة يجب ان تكون على درجة عالية من عدم نفوذيتها للماء .

تختبر المواد على عدم نفوذيتها للماء باستعمال اجهزة خاصة (شكل رقم ١-١) توضع العينة (١) ذات الشكل المخروطي



شكل رقم (١-١)

جهاز تعيين نفوذية المادة للماء

(١) عينة من المادة (٢) قالب معدني

(٣) مضخة (٤) موشم الضغط

(في الشكل بينت العينة بشكل كروي وليس بالمقياس ، عادة للمونة البنائية تكون سماكة العينة في حدود ٢-٣ سم) في قالب معدني (٢) وتعب جوفاء العينة بيرافين مهيئ. يصل الماء من المضخة (٣) تحت ضغط يبين بموشم الضغط (٤) الى العينة فيضغطها الى قالب المعدني وينفذ عبر مساماتها .

٩- مقاومة المتفتح :

وهي امكانية المادة المشبعة بالماء من تحمل تناوب التجمد والذوبان لمرات كثيرة دون ظهور دلائل الانكسار وذوبان ان تنقص مقاومة المادة كثيرا .

ولقد اظهرت المشاهدات العديدة ان المواد المعرضة لتأوب
امتصاص الماء وتجمده تخرب تدريجيا ، وذلك لان الماء الموجود ضمن
مسامات المادة عند تجمده يزداد حجمه بمقدار ٠/٠٩ تقريباً .
وان اكبر ازدياد لحجم الماء اثناء تجمده يكون في درجة الحرارة +٤
حيث ان متابعة انخفاض درجة الحرارة لاتزيد في حجم الجليد . واذا
كانت المسامات مليئة بالماء وبدأ الماء بالتجمد فانه يضغط على
جدران المسامات التي تنشأ فيها اجهادات هائلة تسبب في تخریبها .
لتعيين مدى مقاومة المادة للمقيح يعتمد الى تجميد النماذج
المشبعة بالماء بدرجة حرارة (-٥م - ١٧م) ومن ثم تدويرها .
وبدرجة الحرارة هذه ضرورة بسبب ان الماء في الاقنية الشعرية يتجمد
بدرجة الحرارة -١٠م وانخفاض . تتعلق مقاومة المادة للمقيح بكثافتها
وبدرجة تشبع مساماتها بالماء . وان المواد الكثيفة مقاومة للمقيح .
وتكون المواد المسامية مقاومة للمقيح فيما اذا كانت مساماتها
مغلقة او فيما اذا كان الماء يشغل ٠/٠٩ فقط من حجم المسامات
وتعتبر المادة مقاومة للمقيح فيما اذا لم تنقص متانتها اكثر من ٠/٠٢٥
بعد تعريضها الى العدد المطلوب من تأوب التجمد والتذويب
واذا لم ينقص وزنه اكثر من ٠/٠٥ .
تعيين درجة مقاومة المقيح بعامل المقاومة (K) حسب

$$\text{الدستور : } K = \frac{R_1}{R_w}$$

حيث R_1 : حد المتانة على الضغط للمادة بعد اختبارها على
المقاومة ضد المقيح (Kg / cm^2) .

R_{vw} : حد المتانة على الضغط للمادة المشبعة بالماء (Kg / cm^2) .
وبالنسبة للمواد المقاومة للمقبح يجب ان لا يقل عامل مقاومة المقبح
عن ٠/٠٧٥

١٠ - ناقلية الحرارة :

وهي صفة المادة تعبر الحرارة من خلالها .
تتصف كل المواد بناقلية للحرارة ولكن لكل مادة ناقلية للحرارة تختلف
عن المواد الاخرى . وتميز ناقلية المادة للحرارة بعامل الناقلية
الحرارية الذي يساوى لكمية الحرارة (Calory) بالحرارة ، المارة
عبر النموذج بمساحة ١م ومساحة ٢م خلال ساعة واحدة بفرق درجتى
الحرارة على سطحها بمقدار درجة مئوية واحدة .

$$\lambda = \frac{Q \delta}{A (t_1 - t_2) Z} \quad \text{حرارة} \quad \text{م} \cdot \text{س} \cdot \text{م}^2 \cdot \text{درجة}$$

حيث Q - كمية الحرارة المارة بالحرارة

δ - سماكة المادة بالم

A - مساحة الجدار التي يمر عبرها التيار الحرارى م^٢

$t_1 - t_2$ - فرق الحرارة على سطحى المادة بالدرجات

Z - الوقت الذى يمر التيار الحرارى اثناءه عبر المادة -

بالساعات .

تتعلق ناقلية المادة للحرارة بعدة عوامل : طبيعة المادة ، بنيتها
درجة مساميتها ، شكل المسامات ، الرطوبة ودرجة الحرارة الوسطية التي
يحدث بها تعبر الحرارة . فالمواد التي مساماتها مغلقة تتعصف
بناقلية اقل من المواد ذات المسامات المتصلة ببعضها .

كما ان للمواد ذات المسامات الصغيرة ناقلية اقل من المواد ذات المسامات الكبيرة . وذلك لان الهواء يتحرك في المسامات الكبيرة او المتصلة فينقل الحرارة أكثر من الهواء الساكن .

هذا وتتناسب درجة ناقلية الحرارة للمادة المتجانسة طرديا مع وزنها الحجمي ولكن لم يوضع دستور عام للعلاقة بين درجة ناقلية الحرارة والوزن الحجمي حتى الآن . الا انه بالنسبة للمواد الجافة على الهواء والتي رطوبتها تتراوح بين ٠.٧-٠.١ حجما تعطي درجة ناقلية الحرارة حسب الدستور التالي :

$$\lambda = \sqrt{0,0196 + 0,22 \lambda_0^2} - 0,14 \quad \text{حره / م} \cdot \text{سا} \cdot \text{درجة}$$

وتؤخر الرطوبة تأثيرا بالغا على ناقلية المادة للحرارة فدرجة ناقلية المواد الرطبة للحرارة اكبر من المواد الجافة . ان درجة ناقلية الماء للحرارة اكبر بـ ٢٥ مرة من الهواء . وتعطى في الجدول رقم (١-٣) قيم عامل ناقلية الحرارة والوزن الحجمي لبعض مواد البناء . ولدرجة ناقلية الحرارة اهمية كبرى بالنسبة للمواد المستعملة للجدران وسطوح الابنية المدفأة ولحمل التبريدات والابلات الحرارية وان كلفة تدفئة الابنية تتعلق بعامل الناقلية للحرارة .

جدول رقم ١ - ٣

الوزن الحجمي وعامل الناقلية الحرارية لبعض مواد البناء

المادة	الوزن الحجمي كغ/م ^٣	عامل الناقلية الحرارية حرارة/م. سا. درجة
الفولاذ	٧٨٦٠	٥٠
الغرانيت	٢٥٠٠ - ٢٧٠٠	٢٤ - ٢٥
البيتون المسلح	١٨٠٠ - ٢٥٠٠	١ - ١٣
البيتون الخفيف	٥٠٠ - ١٨٠٠	٠٣ - ٠٧
الطوب الغضاري العادي	١٦٠٠ - ١٨٠٠	٠٢ - ٠٨
الصوف المعدني	٢٠٠ - ٤٠٠	٠٥ - ٠٨
الواح من الالياف الخشبية	٣٠٠	٠٧
فيبروليت	٤٥٠ - ٥٥٠	٠٥ - ٠٨
البلاستيك المسامي ستيريومير	٢٠	٠٣
الباء (للمقاومة)	١٠٠٠	٠٥
الزجاج المسامي	٢٥٠ - ٣٠٠	٠٥ - ٠٧

١١ - السعة الحرارية :

وهي صفة المادة امتصاص الحرارة عند تسخينها .

وهي تتميز بعامل السعة الحرارية الذي يعطى بالدستور التالي :

$$C = \frac{Q}{G (t_2 - t_1)} \quad \text{حرارة/ كغ. درجة}$$

حيث Q : كمية الحرارة المصروفة على تسخين المادة من درجة الحرارة t_1 (بالحرارة) وحتى t_2 (بالحرارة) .

G : وزن المادة بالكـ

$t_2 - t_1$: الفرق بين درجة حرارة المادة قبل وبعد التسخين بالدرجة مئوية .

إذا كان $G = 1 \text{ Kg}$, $t_2 - t_1 = 1^\circ$ فان عامل السعة

الحرارية عبارة عن كمية الحرارة (بالحرارة) اللازمة لتسخين ١ كـ من المادة درجة مئوية واحدة .

يتراوح عامل السعة الحرارية للمواد الحجرية بين ٠.١٨ - ٠.٢٢ .
وللمواد الخشبية ٠.٥٧ - ٠.٦٥ . وللفلواز ٠.١١ . وللماء ١ . وللبيتون ٠.٢٢ حرة/كـ درجة .

وفي الحالات التي تستلزم استعمال مجموعة من المواد فان السعة الحرارية لها تحسب بالقانون التالي :

$$C = \frac{G_1 \cdot C_1 + G_2 \cdot C_2 + \dots + G_n \cdot C_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

حيث $G_1, G_2, \dots, G_n$ - وزن المواد الداخلة في المجموعة بالكـ

$C_1, C_2, \dots, C_n$ - عوامل السعة الحرارية الموافقة .

ان للسعة الحرارية اهمية كبرى في الحالات التي تستلزم

المحافظة على الحرارة . مثلا في حساب الاستقرار الحراري لجدران

وسطوح الابنية المدفأة بهدف المحافظة على حرارة الغرف بدون

تذبذبات كبيرة ضد تغير الحرارة وكذلك في حساب الافران .

وبفهم بالاستقرار الحرارى للجدران والسطوح قدرتها على المحافظة على تذبذب صغير لدرجة الحرارة على سطحها الداخلى بغض النظر عن تذبذب التيار الحرارى نتيجة العمل غير المتساوى للتدفئة .

ويجب الا يزيد تذبذب الحرارة فى اليوم فى المباني السكنية عن ٦ درجات مئوية .

١٢- مقاومة النار :

وهي امكانية المادة على تحمل درجة الحرارة العالية دون ان تفقد قدرة التحمل (اى دون نقصان شديد للمعانة وتشوهات كبيرة) .

وهذه الصفة ضرورية اثناء الحريق ويجب مراعاة تأثير الماء اذ انه اثناء الحريق يستعمل الماء في اطفائه .

تقسم المواد بحسب مقاومتها للنار الى ٣ / اقسام :

مواد لا تلتهب ، مواد تلتهب بصعوبة ، مواد تلتهب بسهولة .

فالمواد التي لا تلتهب هي المواد التي لا تحترق ولا تشتعل تحت تأثير الحرارة العالية مثل المواد المعدنية وغير العضوية الطبيعية والصناعية والمعادن .

الا ان بعض هذه المواد لا تتشقق تحت تأثير الحرارة العالية ولا تتشوه مثل الطوب المحضر من الغضار بينما البعض الآخر (مثل الفولاذ) تتشوه كثيرا تحت تأثير الحرارة العالية .

ولهذا السبب لا يمكن تصنيف الفولاذ مع المواد المقاومة للنار ، اما المواد التي تلتهب بصعوبة فهي المواد التي تحترق دون لهب او تلتهب ولكن بصعوبة تحت تأثير الحرارة العالية ولكنها تستمر في الاحتراق فقط بوجود النار .

من هذه المواد الخشب المعامل بالمركبات المقاومة للنار والمواد التي
تظنهب بسهولة هي المواد التي تحترق وتظنهب تحت تأثير النار وتستمر في
الاحتراق بعد ابعاد النار ايضا .
من هذه المواد كل المواد العضوية غير المعاملة بالمركبات المقاومة
للنار .

٣- مقاومة الحرارة :

وهي قدرة المادة على تحمل التأثير المستمر للحرارة العالية بدون
ان تتشوه او تنصهر وتقسم المواد الى ٢ / اقسام :

مواد مقاومة للحرارة :

وهي المواد التي تتحمل التأثير المستمر لدرجة الحرارة الاعلى من
(٥٨٠م) والمواد التي تتحمل التأثير المستمر لدرجة الحرارة بين (٢٥٠م)
(٥٨٠م) تدعى بالمواد المنصهرة بصعوبة .
اما المواد التي تتحمل التأثير المستمر لدرجة الحرارة دون (٢٥٠م)
فتدعى بالمواد المنصهرة بسهولة .
تتعلق المقاومة الحرارية بتجانس المادة وعامل التمدد الحراري لاجزاء
المادة ، هذا ويعتبر الزجاج والخرائيت من المواد التي ليست لها مقاومة
حرارية .

٤- نفوذية الاشعاع الذري :

من بين الصفات الفيزيائية للمواد فان لصفة عدم تمرير اشعة لاوتيار
النترونات اهمية قصوى نظرا لخطرهما على حياة الاعضاء الحية .

ولهذا يجب ان تتصف جدران المنشآت في المعامل الذرية
ومعاهد الابحاث العلمية بالحماية البيولوجية * وهذه الجدران تستطيع
امتصاص تيار الانشطارات الاشعاعية بحسب سماكتها ونوع الاشعاعات
وطبيعة مادة الجدران *

وللحماية من تيار النترونات تستعمل المواد الحاوية على كمية كبيرة من
الماء المرتبط ، وللحماية من اشعة γ تستعمل المواد ذات الوزن الحجمي
الكبير (الرصاص ، الببتون الثقيل جدا) * وان الببتون يحوى على الماء
المرتبط ، ويضاف الى الببتون مواد خاصة لتقليل نفوذية التيار النتروني
(مثل البور ، الكاديوم ، والليثيوم) *

١٥- التصفح :

صفة البلورات وحبيبات المعزلات والمواد عند طحنها (اوتكميرها)
في ان تتفتت باتجاهات معينة مشكلة سطوحا مستوية في امكنة الانكسار *
وذلك بسبب الخصائص الداخلية لبنيته ، وعلى هذا فان الحجر سيلكسر
في الامكنة الاقل ترابطا بين طبقات المادة *
وتستعمل هذه الصفة عند استخراج قطع كبيرة من الاحجار ، وكذا
عند تحضيرها للتكسير للحصول على البحص * وبحسب ما تكون درجة التصفح
للبلورات وحبيبات المعزلات كاملة تماما او كاملة او متوسطة او غير كاملة تحدث
عدة انواع من مقاطع الانكسار بد θ من المقاطع المستوية واللامعة وانتهى
بالمقاطع غير المستوية وغير الصحيحة *

٦-١-١ الكماش (التقلص) :

صفة البيتون (العونة) في شروط الوسط الهوائي أن يغير (ينقص) من حجمه مع تشكيل تشققات على سطح العنصر (المنشأ) .
من المعروف انه لمنع التقلص للبيتون (للعونة) يجب ان يكون الوسط الذي يحدث فيه التصلب برطوبة الهواء النسبية مساوية لـ ١٠٠ % أو داخل الماء .

وهذا يسمح باعتبار ان يهخر الماء من البيتون في الساعات الاولى من التصلب هو سبب نشوء تشققات التقلص ، وبالتالي يجب الاهتمام البالغ بالبيتون في فترة تصلبه الاولى وخاصة عند استعمال المواد المسببة في زيادة نسبة الماء (مثل المصروف الكبير من الاسمنت ، والاسمنت بنعومة عالية ، والمواد المعدنية المضافة ، والرمل الناعم وغيرها) .

وحيث ان محتوى الاسمنت في العونة الاسمنتية اعلى منه في البيتون فان تقلص العونة اعلى من تقلص البيتون بعرتين تقريبا . وكذا فان للبيتون الحاوى على مصروف اعلى من الاسمنت تقلصا اعلى . وفي الاعمال الكبيرة مثل تنفيذ اغطية للطرق والمطارات من البيتون الحاوى على مصروف صغير من الماء مع وضع مادة على شكل قشرة رقيقة (بيتومين سائل ، اللك الايتيولسي) لا تحدث تشققات تقلص برغم درجات الحرارة العالية للهواء صيفا ، ويعتبر عامل التقلص (للحسابات) مساويا الى ١٥٠٠٠ ر . (١٥ ر . مم لكل ١ م للمنشأ) تقريبا .

ويؤدى المعاملة الحرارية عندما تكون رطوبة الهواء غير كافية في غرفة المعاملة الحرارية (الاوتوكلاف) ، وكذا عدم التقيد بشروط التسخين التى تظهر التشققات دائما .

وتبين هذه التشققات ، بطريقة غير مباشرة ، أن للمادة مسامية عالية وهي تخفض المقاومة الكيميائية والفيزيائية .

وتلعب الشروط الخارجية من الحرارة والرطوبة الدور الرئيسي في نشوء تشققات التقلص . ففي الأيام الممطرة ، حيث رطوبة الهواء النسبية عالية ، لا يتبخر الماء من الببتون وبالتالي لا يحدث تقلص . وبالعكس يمكن حدوث تمدد في الحجم كما يحدث عند التصلب داخل الماء .

وبسبب التأخر في اتمام عمليات تشكيل بنية الحجر الاسمنتي فان التقلص يمتد ايضا على فترة زمنية طويلة . ويمكن التحكم بصفات تشو الببتون (العونة) بالتحكم بنعومة الاسمنت وبالتركيب الميزالي له .

١٧- التغير المتساوي للحجم :

صفة المادة الرابطة في التصلب دون حدوث تشققات . ان سبب حدوث التشققات هو وجود اكسيد الكالسيوم الحر (CaO) والذي يتفاعل مع الماء

يزداد حجمه .

ولهذا تحدد نسبة اكسيد الكالسيوم الحر في الاسمنت (وهو الاكسيد غير المتحد مع بقية الاكاسيد SiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3) ويجب حفظ الاسمنت في المستودعات فيما اذا تبين ان للاسمنت تغيرا غير متساو للحجم ، حيث تحدث عملية الكربنة (تفاعل غاز الفحم الموجود في الهواء مع اكسيد الكالسيوم) .

يمنع استخدام الاسمنت الحاوي على اكسيد الكالسيوم الحر بنسبة تزيد عن المسعوح به والا يحدث انهيار في المنشآت الببتونية والببتونية المسلحة .

١٨- مقاومة الضوء :

صفة المادة في عدم تغيير لونها تحت تأثير الاوساط الخارجية .

١٩- المقاومة الكهربائية :

صفة المواد العازلة للكهرباء* (كالمواد البلاستيكية) تحمل توتر التيار الكهربائي. واحيانا يمكن ان يزيد التوتر على المقاومة الكهربائية (والتي تقاس بـ الكيلو فولط / مم ، كيلو فولط / سم ، فولط / سم) وتزداد المقاومة الكهربائية بزيادة سماكة الطبقة من المادة العازلة للكهرباء .

٢- الصفات الكيميائية :

١- الانحلال :

صفة المادة في تشكيل محاليل متجانسة (محاليل حقيقية) تتصف ببنية كيميائية متماثلة وصفات فيزيائية متشابهة في جميع اجزاء كتلتها نتيجة التأثير المتبادل لمادة ما مع الماء او غيره من المحاليل . وتتغير درجة الانحلال بحسب بنية المادة وتركيب المحلول المائي ودرجة حرارته . تتميز المواد بدرجات انحلال مختلفة فمياه المحيطات تحوى املاح محالولة تتراوح بين (١) و (١٦٤) غ لكل (١٠٠٠) غ ماء ($NaCl$ و $MgCl_2$ محالولة بسهولة و $CaSO_4$ و KCl و K_2SO_4 و $MgSO_4$) وغيرها . وان النسبة بين هذه الاملاح ثابتة نسبيا .

٢- البلورة :

صفة المادة في تشكيل البلورات عند تحولها من حالة (غازية او سائلة) الى حالة ثابتة (صلبة) .

يسبب تبلور بعض المواد في زيادة متانتها مثل الاسمنت المتصلب
ان تبلور الماء في مسامات الحجر الاسمنتي يمكن ان يسبب في تخریب بنيته
ويرافق تبلور المواد ذات المنشأ العضوي وكذا المنشأ المعدني تغير في
حجمها • ويمكن فحص خواص التبلور ودرجته بواسطة الميكروسكوبات •

٣- مقاومة التآكل :

صفة المادة في عدم تخریبها بتأثير الاوساط الفعالة ، وقد عرفت
اوساط فعالة كثيرة تؤثر بشكل تخریبي على بعض المواد ولا تؤثر على بعضها
الاخر • وتقدر مقاومة التآكل بالتحليل الكيميائي •

٤- مقاومة العوامل الجوية :

صفة المادة في عدم تخریبها بتأثير العوامل الجوية (حرارة الهواء ،
الامطار ، الاشعة الشمسية ، مختلف الغازات ، وغازات مختلف المعامل ،
المواد العضوية الدقيقه وغيرها) وفي عدم تغير تركيبها وصفاتها • ويمكن
في المخابر اجراء اختبارات تؤثر بشكل مشابه لتأثير العوامل الجوية •

٥- الالتصاق :

صفة مادة في الالتصاق على سطح مادة ثانية وتقاس بمتانة الالتصاق —
عند فصلهما عن بعضهما البعض • وكمثال على هذه الصفة يمكن ابرار
البيتون والبيتون المسلح حيث قوى الالتصاق تظهر في ترابط الحجر الاسمنتي
مع سطوح المواد الحصوية (الرمل ، الحصى ، الزلط) وحديد التسليح •

٦- قوة الترابط :

مادة المادة بسبب قوى الالتصاق الداخلية للجزيئات ويمكن ملاحظة ذلك في الببتون والبيتون المسلح حيث تظهر قوى الترابط باللتصاق المواد المولفة للحجر الاسمنتي كحبات الرمل والبحص وحديد التسليح . وبالنتيجة نحصل على حجر صناعي مترابط من مختلف المواد التي تتصف كل مادة منها بصفات خاصة بها .

يمكن الحكم بطريقة غير مباشرة على الالتصاق وقوة الترابط مثلا بواسطة تعيين مادة المونة الاسمنتية او الببتون .

٧- التصلب :

بعض المواد تكتسب عدة صفات جديدة نتيجة عمليات فيزيائية وكيميائية مثل المقاومة لحمولات مختلفة بالشكل والعيزات ومقاومة تأثير الوسط الخارجي الفعال وغيرها .

تتعلق المتانة المكتسبة وكذا مقاومة تأثير القوى الخارجية والاساط الفعالة بتركيب مختلف المواد الداخلة في التصلب والشروط التي يجرى التصلب فيها .

٨- الشيخوخة :

صفة المادة الانتقال من حالة الى اخرى نتيجة عمليات فيزيائية وكيميائية بحيث تفقد امكانية مقاومة الحمولات والاساط الخارجية الفعالة .

٩- انتشار الحرارة او امتصاصها :

صفة المادة في نشر الحرارة نتيجة لجريان التفاعلات الكيميائية مثل امتصاص الحرارة اثناء تحضير المواد الرابطة وانتشار الحرارة اثناء تصلبها .

١٠- الاسقاء :

صفة الفولاذ في زيادة متانتها وتغيير صفاتها التكنيكية في الاتجاه الملائم نتيجة معاملتها بالحرارة (تسخينها الى درجة حرارة اعلى من الحوية ثم التبريد بسرعة بعد احتفاظها بالحرارة لمدة معينة) .

١١- مقاومة التعفن :

صفة الخشب في عدم تعفنه بتأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية والحيوية (البيولوجية) .

١٢- امكانية الاحتراق :

صفة بعض المواد في الاحتراق اى الاشتراك في التفاعلات الكيميائية الجارية بسرعة والمترافقة بانطلاق الضوء وكمية من الحرارة .

٣- الصفات الميكانيكية :

تتميز الصفات الميكانيكية للمواد بقدرتها على مقاومة كل اشكال تأثيرات القوى الخارجية . وبحسب مجموعة الدلائل نميز بين متانة المادة على الضغط والانحناء والصدم والقتل والقساوة واللدونة والمرونة والاهتراء وغيرها .

١- المتانة :

وهي امكانية المادة مقاومة الانكسار تحت الاجهادات الناجمة عن الحمولة في دراسة هذه الخاصة يحني علم مقاومة المواد وهنا نعطي المفاهيم العامة لمتانة المواد الضرورية في دراسة الخواص الاساسية لمواد البناء .

يمكن ان تتعرض مواد البناء في المنشآت الى حولات مختلفة مثل
الضغط والشد والانعطاف والصدم ، فالمواد الحجرية (كالغوايت والبيتون)
تعمل جيدا على الضغط وبشكل رديء على الشد (اقل بـ ٥٠-٥ مرة) وعلى
الانعطاف والصدم .

ولهذا تستعمل المواد الحجرية للعناصر العاملة على الضغط . بينما
المعادن والخشب تعمل جيدا على الضغط والشد اولا لانعطاف ولهذا السبب
فهي تستعمل للعناصر العاملة على الضغط والشد اولا لانعطاف . تتميز
مادة مواد البناء بحد المتانة . ان حد المتانة هو الاجهادات الموافقة للحولة
المؤدية الى انكسار نموذج المادة . وبحسب حد المتانة على الضغط والشد
حسب الدستور التالي :

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

حيث P — الحولة الكاسرة بالكغ

A — مساحة المقطع العرضي لنموذج المادة بالسم^٢

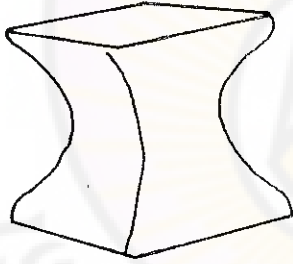
يعين حد المتانة على الضغط باختبار نماذج خاصة بالمكابس الميكانيكية
او الهيدروليكية . تكون هذه النماذج عادة بشكل مكعبات بطول ضلع يتراوح بين
(٢-٣) سم (القياسات الصغيرة هي للمواد ذات التركيب المتجانس) .

كما يمكن اختيار نماذج اسطوانية او مشورية على الضغط . وكذلك فالاختبار
المعادن على الشد تستعمل نماذج بشكل قضبان دائرية المقطع ولا اختبار
المواد الوابطة تستعمل نماذج بشكل / 8 / .

ان قياسات وشكل النماذج يجب ان تكون موافقة للمواصفات حيث انها تؤثر
على نتيجة الاختبار .

فمثلا تقاوم النماذج الموشورية والاسطوانية الضغط اقل من النماذج المكعبة ذات المقطع العرضي نفسه ، وبالعكس فان الموشور قليل الارتفاع (الارتفاع اصغر من الضلع) يقاوم الضغط اكثر من المكعب . وذلك لان لوحة المكبس تضغط على سطوح الاستناد للمكعب وقوى الاحتكاك تقاوم تشوه هذه السطوح بينما الاجزاء الجانبية والمركزية للنموذج تتعرض الى التشوه (تمدد عرضي) وهي تقاوم ذلك بقوى الارتباط بين جزئيات المادة . ولهذا فكلما كان مقطع النموذج بعيد اكثر عن لوحة المكبس كلما كان انكسار النموذج فسي هذا المقطع اسهل ولهذا السبب فانه عند كسر المواد القياسية (غير المرنة) كالحجر والبenton والطوب فان شكل الانكسار يكون على شكل جزعي هرمين متقابلين بالرأس (شكل ٢-١) .

شكل ٢-١



نموذج مكعب الشكل بعد اختباره على الضغط حتى الانكسار

وبدا من شكل وابعاد النموذج يؤثر ايضا على متانة المادة شكل السطح الخارجي للمادة وسرعة تطبيق الحمل .

ولهذا السبب وللحصول على نتائج يمكن مقارنة بعضها مع بعض
يجب اختبار المواد بطرق نظامية (ستاندارد) لأجل كل مادة على
حسب .

كما تتعلق متانة المادة أيضا ببنيتها ووزنها الحجمي (المسامية)
ورطوبتها واتجاه تطبيق الحمولة . تختبر على الانعطاف نماذج على
شكل مؤشر توضع على مسندين وتطبق حمولة مركزة في نقطة واحدة
أوفي نقطتين وتزداد الحمولة حتى انكسار المؤشر . وبحسب عدد
المتانة على الانعطاف بالدستور التالي :

إذا كانت الحمولة المركزة مطبقة في نقطة واحدة ومقطع المؤشر

$$R = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{مستطيل يكون :}$$

وإذا كانت الحمولة المركزة مطبقة في نقطتين متايزتين بالنسبة إلى
محور المسنديين فيكون :

$$R = \frac{3P(L-a)}{bh^2} \text{ kgf/cm}^2$$

حيث P - الحمولة الكاسرة بالكغ ، L - المسافة بين المسنديين بالسـم
A - المسافة بين الحمولتين بالسـم ، h ، b - عرض
وارتفاع المقطع العرضي للمؤشر بالسـم .

تسمح للاجهادات في عناصر المنشآت ان تبلغ نسبة معينة من
حد المثانة (عامل امان) . ويراعى ضد تحديد قيمة عامل الامان عدم
تجانس المادة وظروف الاستثمار ونوع الحمولات .

وكلما كانت المادة اقل تجاسسا كلما توجب زيادة عامل الامان .

$$[\sigma] = \frac{R}{m}$$

حيث m - عامل الامان

R - حد المتانة

• [σ] - الاجهادات المسموح بها

٢- السيوية : Creep

بتأثير الحمولات الممضرة نسبيا فان المادة تتشوه

تشوها لدنا قليلا ولمدة طويلة. ويزيادة التشوهات اللدنة فان ابعاد العناصر والمنشآت تتغير . توجد عدة نظريات في شرح اسباب سيوية المواد واخذها ترتبط هذه المفة بالانتقال النسبي للذرات والجزئيات أى تعتبر السيوية كالسيولة البسيطة للمادة .

تزداد السيوية بزيادة درجة الحرارة وزيادة الاجهادات .

٣- الاسترخاء :

مبارة عن مفة المادة المتعلقة بانخفاض الاجهادات الناجمة عن

تأثير الحمولات الخارجية وذلك بسبب تناقص التشوهات المرنة وزيادة التشوهات اللدنة .

ويحسب معطيات الباحثين المختلفين فان استرخاء الاجهادات

في الببتون في حال المحافظة على التشوهات ثابتة يتلاشى مع

الزمن .

٤- الانقسام :

صفة المادة في الانهيار تحت تأثير قوة طارئة دون حدوث تشوه لدن مرئي (هائي) حتى في تلك الحالات التي تشوه فيها المادة تشوها لدنا بتأثير الحمولات الستاتيكية .

٥- الاهتراء :

صفة المادة في تأكلها طبقة طبقة بتأثير قوى الاحتكاك بين سطحها و سطح المادة المؤثرة عليها .
ويتعلق اهتراء المادة بعلاقتها (المساواة الصلحية) . وعند التأثير المشترك لقوى الاحتكاك والقوى الطارئة تزداد سرعة تأكل المادة .
يمكن تعيين الاهتراء بطرق مختلفة ومن هذه الطرق مثلا تعيين الاهتراء بواسطة توجيه ماء مع مادة صلدة كالرمل الكوارتزي على شكل ناقورة بضغط كبير، او تعيينه بواسطة قرص الاهتراء .

ويحسب الاهتراء كنسبة بين الوزن الذي تفقده عينة الاختبار الى مساحة السطح المعرض للاهتراء حسب القانون التالي :

$$N = \frac{g_1 - g_2}{A} \cdot 100\% \quad g/cm^2$$

حيث g_1 - وزن العينة المختبره قبل التجربة بال غ

g_2 - وزن العينة المختبره بعد التجربة بال غ

A - مساحة السطح المعرض للاهتراء بال سم^٢

كما يمكن تعيين الاهتراء كفاقد للارتفاع حسب القانون التالي :

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad mm$$

حيث h_1 - ارتفاع العينة المختبره قبل التجربة بال مم

h_2 - ارتفاع العينة المختبره بعد التجربة بال مم

كما تعين مقاومة الاهتراء للمواد الموطفة من حبيبات كالبحص بواسطة جهاز لوس انجيلوس .

وتعتبر المواد الحجرية الطبيعية كالكوارتزيت والحجر الرملي والبازلت - ياباز والديوريت والخرانيت والرخام والصخر الكلسية من المواد ذات المقاومة الجيدة للاهتراء .

٦- مقاومة الصدم :

ولها أهمية عظمى للمواد المستعملة في الارضيات والطرق . يتميز حد المتانة على الصدم بمقدار العمل المعروف على تكسير النموذج منسوبا الى حجمه (كغ/م^٣) ، وتختبر المواد على الصدم بواسطة جهاز خاص .

٧- صفات المرونة واللدونة :

تتشوه المواد المعرضة الى الحمولات فتتغير ابعادها وشكلها . وتختلف المواد عن بعضها البعض بمقدار نوع التشوه . اذا استعاد النموذج ابعاده وشكله بعد ابعاد الحمولة فان هذا التشوه يسمى بالتشوه المرن . بينما اذا احتفظ جزئيا اوكلها بالتشوه بعد ابعاد الحمولة دهي هذا بالتشوه اللدن .

آ- المرونة :

وهي صفة المادة لاستعادة شكلها الاولي وابعادها الاولية بعد ابعاد الحمولة . يدهى حد المرونة الاجهادات الموافقة لتشوهات لدنة قليلة جدا .

بب اللدانة :

صفة المادة في تغيير شكلها تحت تأثير الحمولة دون ظهور الشقوق والاحتفاظ بهذا الشكل بعد ابعاد الحمولة . تقسم المواد كلها الى مواد لدنة ومواد غير لدنة. من المواد اللدنة الفولاذ والنحاس والعجينة الغضارية والبيتومين المسخن . . . ومن الثانية المواد الحجرية .
ان المواد غير اللدنة تنكسر فجأة دون أن تتشوه وهي تقاوم بشكل جيد على الضغط وبشكل سيء على الشد والانعطاف والمدم .

§ ٤- الصفات التكنولوجية =====

١- امكانية اللحام :

صفة بعض المواد بعد تسخينها حتى الانصهار او حتى الليونة بالتبريد الالتحام بشكل متين مع المواد من ذات النوع والتي ايضا تسخن الى نفس الحالة .

٢- الثبات الحرارى :

صفة الخلائط البيتومينية فسي انخفاض متانتها وفي تشوهها تحت تأثير الحمولات في شروط ارتطاع درجة حرارة الوسط المحيط .
ولهذه الصفة الاهمية البالغة في تعيين تركيب الخلائط البيتومينية للطرق والمطارات والثبات الحرارى المنخفض يسبب في نشوء تشوهات للاغطية على شكل تموجات وانزاحات وتعاود البيتومين الى الاعلى .
يعين الثبات الحرارى بطرق اصطلاحية مثل تعيين النسبة بين المتانة بدرجة الحرارة + ١٠م والمتانة بدرجة الحرارة + ٥٠م ويحبر بعامل الثبات

$$K_t = \frac{R_{20}}{R_{50}} \quad : K_t \text{ الحرارى}$$

حيث R 20 - حد المثانة لعينات قياسية بدرجة حرارة + ٢٠° سيلسيوم
R 50 - حد المثانة لعينات قياسية بدرجة حرارة + ٥٠° سيلسيوم

٢- امكانية التشكل :

صفة المواد والخلائط الموطقة من مواد مختلفة اخذ شكل القالب تحت تأثير اقل ما يمكن من قوى الرص .
هذه الصفة تحدد درجة رص الخلائط وتأثير على مانتها وعدم نفوذيتها ومقاومتها للاهتراء وللعوامل الفعالة المختلفة .

٤- عدم الانفصال :

صفة الخلائط عند نقلها وحسبها عدم فصل الماء وعدم تغيير التجانس الذي امكن التوصل اليه .

الفصل الثاني الصخور الطبيعية والمواد الحجرية منها

=====

§ ١- تقسيم الصخور الطبيعية :

تتألف القشرة الأرضية من الصخور الطبيعية وتدعى بالصخور الطبيعية المادة المعدنية المتجانسة نوعاً ما . ويمكن ان تكون الصخور الطبيعية موطقة من مادة معدنية واحدة فتسمى (مونوميترال) او من عدة مواد معدنية فتسمى (بولي ميترال) .

من المواد الميترالية نذكر الرمال الكوارتزية والجبس النقي كيميائياً والمغنيزيت ، ومن المواد البولي ميترالية نذكر الغرانيت والبازلت الجوفري .

يدعى بالميترال المادة الطبيعية المتجانسة بتركيبها الكيميائي وصفاتها الفيزيائية . والميترال عبارة عن نتاج العمليات الفيزيائية الكيميائية الجارية في القشرة الأرضية .

وبفضل الانتشار الواسع للصخور الطبيعية ولتعدد خواصها الفيزيائية والميكانيكية فانها تستعمل بشكل واسع في الاعمال الهندسية . وبعض هذه المواد (كالرمل والزلط) تستعمل دون معالجتها . وبعضها الآخر تعامل ميكانيكياً (الطحن ، النشر ، الجلخ) ويحصل على البحص والالواح والقطع الحجرية والعناصر لمختلف أعمال الديكور والعمارة .

كما تستعمل الصخور الطبيعية كمواد خام في الحصول على المواد الرابطة المعدنية كالجبس والكلس والاسمنت وفي انتاج المواد الحجرية المنعمية كالطوب والزجاج والمنتجات من الببتون والمونة الاسمنتية (جدول رقم ١-٢) وتسهل دراسة صفات الصخور الطبيعية اذا ما اعتبر تقسيمها على اساس المنشأ (التقسيم المنشئي) .

يعطي منشأ الصخور وظروف تشكلها فكرة جيدة عن تركيبها الكيميائي والمعدني ونيتها . وهذه الدلائل تحدد المتانة والديمومة والخواص الدينامية للصخور الطبيعية وهي عبارة عن منطلق في اختيار وتقييم الصخور الطبيعية من حيث صفاتها الميكانيكية واقتصاديتها المختلفة عناصر المباني والمنشآت .

وبحسب المنشأ تقسم الصخور الطبيعية الى ثلاثة اقسام كبيرة :
الاندفاعية ، والرسمية ، والاستحالية (الجدول رقم ٢٠) .

جدول رقم ٢ - ١

مجالات استعمال الصخور الطبيعية

مجالات استعمال الصخور الطبيعية	المنتجات النهائية باستعمال الصخور الطبيعية كمواد خام
البناء	مواد حصى للبيتون (للمونة) ، احجار رصف للطرق والارصفة ، احجار ممنعة (طابوق ، كيرامزيت ، قرميد) مواد للعزل الحراري بلاط للاسطح ، زجاج ، انابيب وغيرها .
صناعة المواد الرابطة	مواد رابطة معدنية وعضوية ، منتجات اسمنتية اسبستية وغيرها .
الصناعة التعدينية	مواد معدنية ومنتجات منها ، مواد حجرية لبناء الافران ، المواد الخفيفة والمنتجات المختلفة منها .
صناعة المواد المقاومة للحرارة	مواد مقاومة للحرارة .
الصناعة الكيميائية	احجار مقاومة للحموض وغيرها .
صناعة الدهان	مواد ملونة طبيعية وغيرها .
الصناعة الالكترونية	مواد خام على شكل معادن نادرة (جرمانيا تيتان وغيرها) .
الصناعة الزراعية	اسمدة .

الجدول رقم ٢ - ٢
تقسيم الصخور الطبيعية حسب المنشأ

الغرانيت ، السانيت ، الديوريت الفابرو .	١- الباطنية	١- الصخور الاندفاعية " العاغمية "
اللبياريت ، التراكت ، البورفيريت والاندزيوت ، الدياتاباي ، والباولست	٢- السطحية	
آالسائية الرطاد البركاني ، الخفاف	٣- المتفتتة	
"الحطامية بالمتراطة التوف البركاني		
الجبص ، انهيدريت ، ماغنيزيت دولوميت ، بعض انواع المواد الكلسية (التوف الكلسي) .	١- ترسبات كيميائية	٢- الصخور الرسوبية
مواد كلسية ، الحوار ، دياتوميت التريبيل .	٢- ترسبات عضوية	
الخغار ، الرمل ، الزلط	سائية	
الحجر الرملي ، الكونغلوميرات	٣- ترسبات ميكانية متراطة	
الغنايس	١- الناتجة من الصخور الاندفاعية	١- الصخور المتحولة
الرخام ، الكوارتزيت	٢- الناتجة من الصخور الرسوبية	

١- الصخور الاندفاعية :

تشكلت من تجمد الماغما المنصهرة الخارجة من باطن الارض وتعلبها
وبسبب اختلاف شروط التجمد يوجد نوتان من الصخور الندفعية . في
النوع الاول لم تخرج الماغما المنصهرة الى سطح الارض تماما وتجمدت
تحت الطبقات العليا للقشرة الارضية فتشكلت الصخور الاندفاعية الباطنية
وفي النوع الثاني خرجت الماغما المنصهرة الى سطح الارض وتجمدت
فتشكلت الصخور الاندفاعية السطحية .

(١) الصخور الاندفاعية الباطنية :

تشكلت في ظروف ضغط هائل من الطبقات العليا للقشرة فتجمدت
ببطء وبشكل منتظم ولهذا فان تبلور المينرلات الموطفة لها كان في شروط
ملائمة . فنجد هذه الصخور ضخمة الابعاد وكتيمة (درجة التراص كبيرة)
وموطفة من البلورات كبيرة ومتلاحمة .

ولهذه الصخور وزن حتمي كبير ومثانة عالية على الضغط ومقاومة ضد
المصقح كبيرة ودرجة امتصاصها للماء صغيرة وناقليتها للحرارة كبيرة .
ان للصخور الاندفاعية الباطنية بنية بلورية حبيبية تسمى ايضا
بالبنية الغرانيتية نسبة الى الغرانيت الصخر الاكثر انتشارا من الصخور
الاندفاعية الباطنية .

(٢) الصخور الاندفاعية السطحية :

تشكلت على سطح الارض دون ضغط واقح عليها مع تبرد سريع
للماغما . وقد يحمل قسم من الماغما احيانا بللورات لبعض المينرالات .

ولهذا فأننا نرى الصخور الاندفاعية السطحية موطئة من بعض البللورات واضحة التشكل مثبتة في المينرال الاساسي خفي التبلور .
وفي الحالات التي بردت الصخور السطحية بطبقات هائلة فان تركيبها يشبه تركيب الصخور الاندفاعية الباطنية . بينما اذا كان سمك الطبقة قليلا فان التبريد يحدث بسرعة والمادة الناتجة تكون زجاجية التركيب اما الطبقات العليا فتصبح مسامية بسبب خروج الغازات بشكل كثيف .

(٣) الصخور الاندفاعية الحطامية :

وتشكلت بشروط التبريد السريع للمagma ومن هذه الصخور حجر الخفان ، الرماد البركاني . ويمكن لبعض الصخور المتفتتة (الرماد البركاني) ان تتراكم مشكلة التوف البركاني .

ع - الصخور الرسوبية :

وتشكلت بترسب المواد العالقة في المياه . ولقد حدث الترسيب في فترات على شكل طبقات وعروق . وبحسب نوع التشكل والتركيب تقسم الصخور الرسوبية الى ٣ / مجموعات : الكيميائية ، العضوية ، الميكانيكية

(١) الكيميائية :

وهي الصخور التي تشكلت نتيجة ترسيب المواد المينرالية من المحاليل المائية ثم تراصت هذه المواد والتصقت بعضها مع بعض ومنها الجبس والانهدريت والتوف الكلسي .

(٢) العضوية :

تشكلت نتيجة ترسيب بقايا النباتات المائية والاجسام الحيوانية ثم تراصت والتصقت بعضها مع بعض كالكهوية المواد الحجرية الكلسية والحوار والدياتومييت .

٣- الميكانيكية (المخور الرسوبية المتفتتة) :

وتشكلت نتيجة ترسب المواد الهشة من جراء التفتت الفيزيائي والكيميائي للمخور الطبيعية .

وبعض هذه المخور التفتت بوجود مادة رابطة كالغضار واكاسيد الحديد والكاريونات وشكلت المخور الرسوبية الميكانيكية المترابطة مثل الكونفلوميرات

٣- المخور المتحولة :

وتشكلت نتيجة تحول اصاب المخور الاندفاعية او الرسوبية تحت تأثير الحرارة والضغط العاليين واحيانا تحت تأثير العوامل الكيميائية . وفي مثل هذه الظروف يمكن ان تحدث عملية اعادة التبلور دون أن تنصهر المواد المينرالية وتنتج عادة مواد ذات درجة تراس اعلى من المواد المتعرضة لهذه العوامل وذات تركيب مغاير .

٢- المينرالات الداخلة في تركيب المخور الطبيعية :

تتعلق الخواص البنائية للمخور الطبيعية بالدرجة الاولى بالتركيب المينرالي لها . والمميزات الرئيسية للمينرالات هي تركيبها الكيميائي وخواصها الفيزيائية كالوزن النوعي والقساوة السطحية (الصلادة) .

١- المينرالات الداخلة في تركيب المخور الاندفاعية :

وتدخل كمواد رئيسية في تركيب المخور الطبيعية الاندفاعية مجموعة صغيرة من بين المينرالات الطبيعية الكثيرة العدد ومن هذه المجموعة : الكوارتز ، الفلدسبات ، الميكا ، المينرالات الحديدية الماغنيزية والكاريونات والسولفات .

(١) الكوارتز :

تركيبه الكيميائي ثاني اوكسيد السيليوم (SiO_2 المصلب) ،
وهو أكثر المينيرالات انتشارا في القشرة الارضية . ويوجد في الطبيعة
بشكل حر (كالرمل الكوارتزي والزلجاج الكوارتزي والبلور الصخري) كما يدخل
في تركيب بعض الصخور . وزنه النوعي / ٢١٥ غ / سم^٣ ، والصلادة (٩-١٠)
السطحية (٧) (حسب سلم مووس) وحد المتانة على الضغط في حدود
(٢٠٠٠٠ كغ/سم^٢) والكوارتز مقاوم للتأثيرات الجوية ولتأثير الحموض عدا
حمض فلور الماء ($H F$) ولا يتفاعل الكوارتز في درجة الحرارة (٩٠ - ١٨٠ °)
مع الكلس $Ca(OH)_2$ ، بينما يتفاعل معه في الوسط المشبع ببخار الماء
تحت ضغط (٨-١٢) ضغط جوي و (٩٠٠-٢٠٠) مشكلا السيليكات المائية
وتستعمل هذه النخامة للحصول على الاحجار الصنعية من خليطة
الرمل والكلس وتسمى هذه الاحجار بالاحجار السيليكاتية (البيتون السيليكاتي).

(٢) الفلدسبات :

التركيب الكيميائي هو سيليكات الالمنيوم وهو عبارة عن اتحاد السيليوم
مع اوكسيد الالمنيوم والاكاسيد القلوية للمعادن مثل اوكسيد البوتاسيوم
واوكسيد الصوديوم واوكسيد الكالسيوم .
يتميز الفلدسبات بالتصفج وينقسم بسهولة الى صفائح . ويختلف
لونه بحسب المواد الموطفة . وبحسب التصفج يقسم الفلدسبات الى
اورتوكلاز وبلاغيوكلاز الاول تركيبه $6SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot K_2O$ يتصفج
بزواية قائمه بينما الثاني يتصفج بزواية حادة ومنه الالبيت وتركيبه الكيميائي
 $6SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot Na_2O$ والانورثيت وتركيبه $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot CaO$
حد المتانة للفلدسبات على الضغط يتراوح بين (١٧٠٠-٢٠٠) كغ/سم^٢
والوزن النوعي من (٢.٥٦) (اورتوكلاز) وحتى (٢.٦٦) (انورثيت) والصلادة (٦-٧) .

وبالمقارنة مع الكوارتز فان الفلدسبات يتفتت تحت تأثير العوامل الجوية (الرطوبة وغاز الفحم) والمواد الناتجة من هذا التفتت هي المواد السيليكاتية الالومينية كالكاومولين ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) الذي يدخل في تركيب الغضار واحيانا الكالسيت ($CaCO_3$) .

(٣) الميكا :

وهي مركبات معقدة ومتعددة للسيليكات المائية وتنقسم الى قسمين البهوتيت والموسكوفيت . تدخل في تركيب الاولى بعض الشوائب على شكل اوكسيد الماغنيزيوم والحديد ولهذا فانها غير شفافة ولونها قاتم يميل الى السواد بينما الموسكوفيت شفافة لعدم وجود هذه الشوائب فيها وتتفتت الميكا الى الواح رقيقة مرنة ولهذا فهي تنصف بالتصغح الشديد .

الوزن النوعي للبهوتيت ($2.8 - 2.9$) جم/سم³ وللموسكوفيت ($2.6 - 2.7$) جم/سم³ ويصادف الموسكوفيت في الصخور الاندفاعية والرسوبية .

(٤) المينرالات الحديدية والماغنيزية :

وتتنسب الى هذه المينرالات البيروكسين (من اهم انواعه الاوجيت والامفيبول (القرن الكاذب) ، والاوليفين . وهذه المينرالات ذات تركيب كيميائي معقد وفي الغالب عبارة عن سيليكات الماغنيزيوم والحديد لونها اخضر غامق ورصاصي واحيانا اسود ، القساوة السطحية ($5 - 7$) الوزن النوعي ($3.0 - 3.6$) جم/سم³ . ولهذه المينرالات مقاومة كبيرة على الصدم وضد التفتت في الجو عدا الاوليفين ، ويتفتت الاوليفين في الجو تنتج مادة السيريانتين ومن انواعها الاميانت الكريزوتيلي الذي يتصف ببنية ليفية .

٢- المينرالات الداخلة في تركيب الصخور الرسوبية .

- الكالسيت ، الماغنيزيت ، الدولوميت ، الجبس ، الانهدريت .

(١) الكالسيت ($CaCO_3$) :

وهو سبات كلسي ، واحد المينرالات الاكثر انتشارا في القشرة الارضية . والكالسيت يمكن أن يكون ذا حبيبات ناعمة ومتوسطة وكهيرة، الوزن النوعي (٢.٧) غ/سم^٣ والصلادة (٣) . وهو ينحل قليلا في الماء (٠.٢ رطل في المتر ماء ويتفاعل جيدا مع الحموض . وان الماء الحاوي على غاز الفحم يتلف الكالسيت اذ تتشكل فحمت الكالسيوم الحامضية $Ca(HCO_3)_2$ التي تنحل في الماء اكثر بـ ١٠٠ مرة بالمقارنة مع الكالسيت .

(٢) الماغنيزيت ($MgCO_3$) :

وغالفا عن الكالسيت يوجد في الطبيعة بشكل نادر وقساوته اعلى وينحل اقل منه في الماء .

(٣) الجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) :

عبارة عن مينرال ذي تركيب صفائحي اوجبيبي وهو طري (القساوة السطحية) وزنه النوعي (٢.٣) غ/سم^٣ . ولونه ابيض واحيانا يكون ملونا بألوان مختلفة بحسب الشوائب . رماسي ، احمر ، اصفر واسود وينحل بسهولة في الماء (٧٥ مرة اكبر من انحلال الكالسيت) .

(٤) الدولوميت ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) :

وهو مينرال بحسب تركيبه الكيميائي عبارة عن ثنائي فحمت الماغنيسيوم والكالسيوم . وبحسب صفاته الفيزيائية فهو يشبه الماغنيزيت .

٥. الالهيدريت (Ca SO_4) :

وهو جص بدون ماء وتبلغ الصلادة (٣-٣,٥) والوزن النوعي ٢,٨-٢,٩ غ/سم^٣ .

٦. الكاولين :

وهو عبارة عن سيليكات الالمنيوم المائية $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ لالون له اذا كان بحجم صغير (قطعة صغيرة) اما اذا كان بحجم كبير فلوله ابيض او اصفر او اسمر او سماوي او اخضر صلاتته (٢,٥-٢,٨) . كما توجد بعض المعنولات الثانوية في الصخور الطبيعية مثل كربونات الحديد Fe S_2 والاباثيت (ملح فوسفور الكالسيوم) وغيرها .

٢- الصخور الاندفاعية :

تقسم الصخور الاندفاعية الى :

- ١- صخور اندفاعية باطنية ٢- صخور اندفاعية سطحية .
- ٣- صخور اندفاعية حطامية (مفتتة) نشأت نتيجة تكسير الصخور كتلية

١- الصخور الاندفاعية الباطنية :

ان الصرد البطيء للصهارة (الماغما) في اعماق الارض تحت الضغط الهائل يجعل الظروف ملائمة للتبلور الكامل لهذه الصهارة (الماغما) .

ولهذا فان الصخور الاندفاعية الباطنية تتصف جميعها بدرجة تراص كبيرة وبنية بلورية واضحة (بلورات كبيرة) .

(١) الغرانيت :

وهو الأكثر انتشارا ويتألف من الكوارتز (٢٠-٤٠ %) والفيلدسبات (اورتوكلاز ٤٠-٧٠ %) والميكا (٥-٢٠ %) وأحيانا نحل محل الميكا بعض المواد المعدنية (الاكاسيد الحديدية والمغنيزية) ذات اللون الغامق • ويتعلق لون الغرانيت بالفيلدسبات والمواد المعدنية فيكون اما رصاصي اللون او احمر او رصاصي مائل الى السماوى • وقد التحمت حبيبات الغرانيت بقوة بحيث يحدث الانكسار في جسيم الحبات وليس في سطوح الالتحام • ويبلغ الوزن الحجمي (٢٦٠٠) كغ/م^٣ وحد المتانة على الضغط (١٠٠٠-٣٠٠٠) كغ/سم^٢ واما على الشد فيبلغ $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{10}$ من حد المتانة على الضغط • ويفضل المتانة الميكانيكية الحالية والمقاومة ضد العوامل الجوية يستعمل الغرانيت في مجال البناء فتخمر منه بلاطات للتكسية والادراج والارضيات والاطراف والبحص • كما يستعمل في بناء المنشآت المائية والمنشآت الاثرية •

(٢) الحجر الاسواني (السينيت) :

يتألف من الفيلدسبات (اورتوكلاز) ومادة معدنية غامقة اللون وبنية تشبه الغرانيت ويبلغ الوزن النوعي (٢٧-٢٩) غ/سم^٣ والوزن الحجمي (٢٤٠٠-٢٩٠٠) كغ/م^٣ وحد المتانة على الضغط (١٥٠٠-٢٠٠٠) كغ/سم^٢ والسينيت احدى من الغرانيت ومعالته اسهل • ويستعمل في مجالات استعمال الغرانيت •

(٣) الديوريت :

وهو صخر بلورى يتألف بشكل رئيسي من البلاغيوكلاز (٧٥%) هورنبلد (القرن الكاذب) ومواد معدنية غامقة اللون والبيوتيت والوجيت •

لون الديوريت أخضر غامق وحتى أخضر مائل الى السواد والوزن الحجمي يبلغ (٢٧٠٠-٢٩٠٠) كغ/م^٣ وحد المائة على الضغط (١٨٠٠-٣٠٠٠) كغ/سم^٢ وهو صعب في المعالجة ويقاوم الاثقال والعوامل الجوية ويستعمل في الطرق وفي التكسية بشكل بلاطات .

٤) الغابرو :

حجر بلوري يتألف بشكل رئيسي من البلاغيوكلاز ومواد معدنية غامقة اللون (البهروكسين) كما يدخل في تركيبه البيوتيت والهورنبلند . لون الغابرو رماسي أو أخضر مائل الى الأسود ويدخل في مجموعة الغابرو اللبرادوريت . الوزن الحجمي للغابرو قريب من وزنه النوعي ويبلغ (٢٨-٣٨) غ/سم^٣ . حد المائة على الضغط (١٠٠٠-٢٨٠٠) كغ/سم^٢ واحيانا حتى (٣٠٠٠) كغ/سم^٢ وهو مقاوم للعوامل الجوية وصعب المعالجة ولكن سطحه المصقول يحافظ على بريقه لمدة طويلة ، يستعمل في المنشآت المائية كما يحضر منه البحص والبلاطات للتكسية .

٢- الصخور الاندفاعية السطحية :

وتشكلت هذه الصخور بتبرد الماغما (المهارة) التي خرجت من باطن الارض على سطحها . ويمكن ان تكون بنيتها نصف بلورية او حبيبية اوزجاجية . وتشبه هذه الصخور الاندفاعية الباطنية في تركيبها الكيميائي والمينرالي وفي صفاتها الفيزيائية والميكانيكية وتختلف بينيتها الحبيبية الدقيقة (حتى الزجاجية) .

١- اللبهاريت (البورفير الكوارتزي) :

يشبه الخرانيت وله بنية زجاجية تحتوى على حبيبات كبيرة من بلورات الكوارتز ، الوزن النوعي (٢٤-٢٦) غ/سم^٣ والوزن الحجمي قريب من الوزن النوعي .

حد المتانة على الضغط (١٣٠٠-١٨٠٠ كغ/سم^٢ ويستعمل بشكل بحص
أو أحجار للبناء •

(٢) التراكيت (البورفير عديم الكوارتز) :

وهو يشبه السيئيت وخواصه قريبة من خواص الليباريت •

(٣) البورفيريت والانديزيت :

ويشبهان الديوريت ، والبورفيريت أقدم من الانديزيت وهما بلون رصاصي
ماثل الى الاصفرار او الى الاخضر ويبلغ الوزن الحجمي (٢٢٠٠-٢٨٠٠) كغ/م^٣
وحد المتانة (٦٠٠-٢٤٠٠) كغ/سم^٢ يستعمل البورفيريت للتكسية والبحص
الناتج من تكسيه في الطرق • وأما الانديزيت فهو كمادة مقاومة للحموض فيستعمل
البحص الناتج من طحده كمواد حصوية للبيتون المقاوم للحموض كما يستعمل
للتكسية •

(٤) الدياباز :

ويشبه الغابرو ويتألف من البلاغيوكلاز واللاجيت وتوجد شوائب من الكوارتز
والهوربلند • وهو واسع الانتشار في سورية وفي المناطق البركانية كحوران وجبل
الدروز وحمص وعنتبة الغاب والتلال المحيطة بحوض دمشق من الجنوب • الوزن
الحجمي قريب من النوعي ويساوي (٢-٣) كغ/سم^٣ وحد المتانة الضغط
(٢٠٠٠-٣٠٠٠) كغ/سم^٢ واللون رصاصي غامق • يستعمل على شكل بحص
وأحجار للبناء وبلاطات للتكسية • ويمكن صب الدياباز المصهور بدرجة الحرارة
(١٢٠٠-١٣٥٠) في مختلف القوالب والدياباز المصهور يقاوم الحموض والأسس
وبتميز بصفات العزل الكهربائي وتبلغ متانته (٥٠٠٠) كغ/سم^٢ •
والبازلت يشبه الغابرو بالتركيب الكيميائي والمينرالي وهو قائم اللون وخفي
البلور مع بعض الزجاج البركاني •

يتألف البازلت من البلاغيوكلاز واللاجيت وزنه النوعي قريب من
وزنه الحجمي (٢٧-٣٣) غ/سم^٣. حد المتانة على الضغط (١٠٠٠-
٥٠٠٠) كغ/سم^٢ وتسمح القساوة السطحية (الملادة) والمتانة
العاليان باستعمال الصخر البازلتية كمواد للتغطية في الطرق كما
تستعمل في إنتاج الحجر المسهور .

٣- الصخر الحطامية (الصخر المتفتت) :

وتقسم الى سائبة الخفاف ، الرماد البركاني (ومتراصة) التوف
البركاني (.

(١) الخفاف :

نشأ بالتبريد السريع للمهل (الماغما) مع خروج الغازات بغزارة
مسببة تشكل المسامات . ويسبب التبريد السريع لقطع المهل المنفوخة
في تشكل الخفاف الزجاجي المسامي . والخفاف رماسي أو أسود أو أبيض
اللون .

ويتألف الخفاف من ثاني اوكسيد السيليسيوم SiO_2 (حتى
٧٠٪) واكسيد الالمنيوم Al_2O_3 (حتى ١٥٪) ويبلغ الوزن
الحجمي لقطعة الخفاف (٤٠٠-١٤٠٠) كغ/م^٣ والمسامية (٨٠٪) وحد
المتانة على الضغط (٤-٢٠) كغ/سم^٢ والقساوة السطحية (٦) . يستعمل
الخفاف كبعض للبيتون الخفيف وكعازلة للحرارة وكعازلة فعالة
تضاف الى الجبس والاسمنت .

(٢) الرماد البركاني :

عادة يكون بشكل مسحوق بلون رماسي أو أسود ويستعمل للحصول
على المونة الخفيفة والبيتون الخفيف وكعازلة فعالة تضاف الى المواد
الرابطة .

(٣) التوف البركاني :

ويتشكل نتيجة اختلاط الرماد والرمل مع اللابة (الماغنا) المصهورة والتوف بنية زجاجية نظراً لتبرده السريع . ويبلغ وزنه الحجمي للقطعة (١٢٥٠-١٣٥٠) كغ/م^٣ والمسامية (٤٠-٧٠٪) وحد المئنة على الضغط (٨٠-١٩٠) كغ/سم^٢ وأعلى وعامل ناقليته للحرارة (٠.٢-٠.٣) حره/م.سا درجة واللون وردي الى بنفسجي يستعمل الرمل والبحص الناتجين عن التوف للبيتون الخفيف والمونة الخفيفة وفي البلوكات البيتونية للجدران وكعادة فعالة تضاف الى الكلس والاسمنت كما يستعمل التوف للتكسية في واجهات الأبنية .

§ ٤- الصخور الرسوبية :

وتقسم الى صخور رسوبية كيميائية نتيجة تبخر مياه البحار والمحيطات والى صخور رسوبية عضوية نتيجة ترسب وتجمع بقايا النباتات والحيوانات ، والى صخور رسوبية ميكانيكية نتيجة تفتت الصخور الاندفاعية والرسوبية .

١- الصخور الرسوبية الكيميائية :

ومنهما الجبس والانهدريت والماغنيزيت والدولوميت والتوف الكلسي .

(١) الجبس :

يتكون من مينرال الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ فقط وهو يستعمل في انتاج الجبس البنائي والتكسية الداخلية على شكل رخام صناعي . حد المئنة (٣٠٠) كغ/سم^٢ اما الوزن الحجمي فيبلغ (٢٠٠٠-٢٣٠٠) كغ/سم^٣ والقساوة (٢) .

٢) الانهدريت :

يتكون من مينرال الانهدريت فقط $Ca SO_4$ ويستعمل للتكسية
وكمادة خام للحصول على الاسمنت الانهدريتي .

٣) الماغنيزيت :

ويتألف من مينرال الماغنيزيت فقط $Mg CO_3$. أحيانا يحتوى
على شوائب فحمات الكالسيوم وفحمات الحديد . وقساوته السطحية
(الصلادة) (٣٥-٤٠) ولونه أبيض أو أصفر أو بني ويستعمل كمواد خام
في انتاج الماغنيزيت الكاوي .

٤) الدولوميت :

يتكون بشكل رئيسي من مينرال الدولوميت $CO_3 \cdot Mg CO_3$
مع شوائب غضارية اوحديدية اوسيليكية . اللون رماسي أو أصفر
أو بني وله بنية حبيبية والخواص الميكانيكية للدولوميت تشبه الصخور
الكلسية المترامة وأحيانا احسن منها . ويستعمل الدولوميت فسي
تحضير البحص وبلاطات التكسية والمواد المقاومة للنار والمواد الرابطة
يبلغ حد المتانة (١٥٠٠-٢٠٠٠) كغ/ق/سم^٢ والوزن الحجمي
(٢٢٠٠-٢٨٠٠) كغ/م^٣ .

٥) التوف الكلسي :

يتشكل نتيجة ترسب $Ca CO_3$ من فحمات الكالسيوم الحامضية
المحلولة في الماء . والتوف الكلسي عالي المسامية يستعمل في الحصول
على الكلس وأما التوف الكلسي المترام ذى المسامات الدقيقة والموزعة
بانتظام فيستعمل كأحجار لبناء الجدران وكبحص للبيتون الخفيف .

٢-المخور الرسومية العضوية :

ومنها المخور الكلسية والكلسية القوقعية (الكلسية المحارية) ،
الحوار، الدايتوميت ، والتريل (الطرابلسية) .

(١) المخور الرسومية الكلسية :

وتتشكلت في قاع البحار والبحيرات من ترسب بقايا النباتات
والحيوانات (أو كنتاج للترسبات الكيميائية) وتتألف بشكل اساسي من مينرال
الكالسييت $CaCO_3$ والشوائب الغضارية والدولوميتية والرملية ويبلغ
الوزن الحجمي لها (١٧٠٠-٢٦٠٠) كغ/م^٣ والمتانة على الضغط (١٠٠-
١٠٠٠ كغ/ق/سم^٢ والملادة (٣) واللون أبيض أو أصفر أو رمادي أو أحمر
أو بني .

تسمى المخور الكلسية بالمخور الرملية عندما تتألف من مزيج
المخور الكلسية الحطامية الناعمة والغضار. تستعمل المخور الكلسية
المقراصة كطلاءات لتكسية الجدران والادراج واحجار للبناء وفي تحضير
البخمس وفي انتاج الكلس والاسمنت .

(٢) المخور الكلسية المسامية والكلسية المحارية :

ويمكن نشرها بسهولة للحصول على الاحجار لبناء الجدران ،
ويبلغ الوزن الحجمي للمخور الكلسية المحارية (٦٠٠-١٥٠٠) كغ/م^٣ وحد
المتانة على الضغط (٤-٥٠) كغ/ق/سم^٢ .

(٣) الحوار :

يتكون بشكل رئيسي من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وأحيانا
توجد شوائب غضارية أوحبات من الرمل، وللحوار امكانية كبيرة ففي
التفتت الى حبات ناعمة جدا . ولونه أبيض ويستعمل كمادة ملونة بيضاء
وفي انتاج المعاجين لتسوية سطوح الجدران وفي انتاج الكلس
والاسمنت .

٤) الدياتوميت :

جارية عن صخر قليل الترابط مسامي يتألف بشكل رئيسي من ثاني اكسيد السيليسيوم (٨٠-٩٥٪) ويمكن ان يكون بشكل طوي او مترابط قليلا وله مسامية كبيرة ويمكن بسهولة تفتيته باليد ، لونه أبيض أو أصفر ، أو مصاصي فاتح يتشكل في البحار والبحيرات ووزنه الحجمي (٤٠٠-١٠٠٠) كغ/م^٣ .

٥) التريپل (الطرابلسية) :

جارية عن صخر خفيف جداً يشبه الغضار ويحتوي على السيليكا SiO_2 غير المتبلورة على شكل كرات دقيقة ، يبلغ الوزن الحجمي (٥٠٠-١٢٠٠) كغ/م^٣ والمسامية (٦٠-٧٠٪) يستعمل الدياتوميت والتريپل في تحضير المواد العازلة والطوب الخفيف والمواد الرابطة المائية وكمواد معدنية فعالة تضاف الى الاسمنت .

٣- الصخور الرسوبية الميكانيكية (الحطامية) :

بنتيجة الحث الفيزيائي وتأثير الماء والحرارة فان الصخور الطبيعية تنفتت الى قطع وجزئيات صغيرة ينقلها الهواء أو الماء الى اماكن بعيدة حيث تترسب .
وبهذه الطريقة تشكل الغضار والرمل والزلط والبحص . يحدث الحث الكيميائي نتيجة تفاعل مركبات الصخور الطبيعية مع المواد المختلفة الموجودة في الجو . مثلاً فان السبات الحطلي (الابرثوكلاز) تحت تأثير الماء وثاني اكسيد الفحم (الموجودين في الهواء) يتحلل مشكلاً مينرال الكاوعولينيت .

ويتوافق مع الحث الكيميائي والحث الفيزيائي للصخور الطبيعية
الحت البيوكيميائي (العضوي الكيميائي) الناتج من تأثير حياة الأجسام
الحيوانية والنباتية ونتيجة حث الصخور الطبيعية تتشكل جزئيات ناعمة
(مسحوق) وحبات وقطع حطامية وبعضها تتجمع وتترابط بواسطة الغضار
او الكالسيت او السيلكا مشكلة الصخور الطبيعية المترابطة وبحسب كبر
الحبات والترابط تقسم الصخور الرسوبية الحطامية الى الانواع التالية :

(١) الرمل :

مزيج حبيبي مفكك لمختلف الصخور بأبعاد الحبات ٠.٥ - ٥ مم
وبحسب شروط تشكل الرمل فانه يمكن أن توجد رمال جبلية ، بحرية
كثيانية يستعمل الرمل في تحضير البيتون والطينة الاسمنتية .

(٢) الزلط :

حبات مدورة بأبعاد تتراوح بين (٥ - ٧٠ مم) يستعمل كمادة
حصوية للبيتون .

(٣) الحجر الرملّي :

صخر طبيعي يتألف من حبات الرمل المترابطة بالاسمنت
الغضاري والسيليكوني او الكلسي . وتتعلق متانة الحجر الرملّي بنسوع
الاسمنت وحجم وشكل الحبات المترابطة .
يمتاز الحجر الرملّي المترابط بواسطة الاسمنت السيليكوني بأعلى
متانة تصل حتى (٢٠٠٠) كغ/سم^٢ . ويستعمل الحجر الرملّي في تحضير
البحص للبيتون وتكسية اعمدة الجسور وجدران المباني وللتغطية في
الطرق حيث أنه يمتاز بمقاومة عالية ضد المقيح والتحات .

١٤ الكونفلوميرات :

صخر طبيعي يتألف من حبات البحص المترابطة أو من حبات الرلط المترابطة ويستعمل في تحضير البحص للبيتون وأحجار البناء وبلاطات للتكسية .

٥- الصخور الاستحالية المتحولة :

من الصخور المتحولة في البناء الصخور التالية - الغنايس ، الشيست
الرخام ، الكوارتزيت .

١- الغنايس :

وهو يشبه الغرانيت بحسب التركيب المينرالي الا انه يتصف بالتصفح وتبلغ ممانته حتى (٢٠٠٠) كغ/سم^٢ ويستعمل على شكل بلاطات للتكسية وأحجار الدبش في تنفيذ قواعد وجدران المباني الباردة .

٢- الشيست :

يتألف من الغضار الصفيحي المتراص ويكون اللون رماسي قاتم وأحياناً أسود وهو ينشر بسهولة للحصول على بلاطات رقيقة جداً ولها مقاومة جيدة ضد العوامل الجوية وديمومة عالية مما تسمح باستعماله في التغطية للسطوح . يبلغ حد المانة على الضغط (٦٠٠-٩٠٠) كغ/سم^٢.

٣-الرخام :

تشكل نتيجة لإعادة تبلور الصخر الكلسية والدولوميتية بدرجات حرارة وضغوط عالية ،بنيتة حبيبية بلورية بلوراتها ملتصقة بعضها مع بعض بدون وجود مادة رابطة ،وهذه البلورات متداخلة مما تكسب الرخام مئانة عالية تتراوح بين (١٠٠٠-٣٠٠٠) كغ/سم^٢ . يبلغ الوزن الحجمي للرخام (٢٧٠٠-٢٩٠٠) كغ/م^٣ والمصلادة (٣-٤) حسب جدول موزس .

تدخل بعض الشوائب على شكل أكاسيد معدنية في بنية الرخام اثناء تشكله مما تكسبه ألواناً مختلفة . أكاسيد الحديد تلون الرخام باللون الاحمر أوالبني أوالزهرى . والفحم يلونه باللون الرصاصي أوالأسودوالأخضر . يعتبر الرخام من افضل موادالتكسية بسبب صفاته الديكورية الجيدة الا أنه باستعماله للتكسية الخارجية يفقد لمعانه بسرعة ويميل لونه الى الأسود وذلك بسبب مقاومته الضعيفة لتأثير الغازات الكبريتية والرطوبة في الجو . ولهذا فان الرخام على الأغلب يستعمل للتكسية الداخلية . ويوجد من انواع الرخام نوع تنفذ فيه اشعة الضوء الى داخله والذي يستعمل في صنع التماثيل . وهذا الضوء الذي ينفذ الى مسافة في حدود (٤) سم وينعكس عن سطح الرخام يكسبه ألواناً متدرجة .

٤ - الكوارتزيت :

ينتج عن تحول الحجر الرملي باعادة التبلور لحبات الرمل وتلاصقها وهو يقاوم الحت وتصل متانته الى (٤٠٠٠) كغ/سم^٢ ولونه إما أحمر أو كرزى قائم أو أخضر ويستعمل لتكسية المباني وأعمدة الجسور وكعادة خام في صنع المنتجات المقاومة للحرارة .

٥ - المواد الحجرية من الصخور الطبيعية :

يحمل على الأحجار الطبيعية للبناء من المقالح بالطريقة المكشوفة عادة وتستعمل مختلف آلات في الحصول على الرمل والبص وتقسم الاحجار بحسب الوزن الحجمي الى :

- ١- الاحجار الطبيعية العادية (الثقيلة) بوزن حجمي ≤ 1800 كغ/م^٣
- ٢- الاحجار الطبيعية الخفيفة بوزن حجمي > 1800 كغ/م^٣ وبحسب المتانة على الضغط الى الاقسام التالية :

١- للأحجار الطبيعية العادية (الثقيلة) الى مراكات من (١٠٠) الى (١٠٠٠) كغ/سم^٢ .

- ٢- وللأحجار الخفيفة من (٤) الى (٢٠٠) كغ/سم^٢ وبحسب مقاومة الماء (عامل التطرية) من (أ) وحتى (١) .
- ويكون اختيار الصخور الطبيعية للحصول على مواد البناء بحسب نتائج اختبارات النماذج منها وبحسب التحليل الاقتصادي التقني وملائمة هذه المواد لشروط الاستثمار ومكان البناء .

٥ - حماية المواد الحجرية الطبيعية من التأكل (الحت) في المنشآت :

تشتمل المواد الحجرية المحضرة من الصخور الطبيعية إلى المواد ذات الديموم العالية ويستدل هذا من بقاء المباني والمنشآت الاثرية المنفذة في مصر القديمة واليونان وامبراطورية الرومان حتى وقتنا الحالي .

ان السبب الرئيسي في تآكل المواد في المنشآت هو التأثير
الكيميائي والفيزيائي للماء حيث أن العوامل الأخرى للانكسار
(الصقيع، المواد الكيميائية) تؤثر بشكل قوى فقط بوجود الماء ويمكن
اتخاذ بعض الاجراءات للحماية من تآكل مواد التأسيس الخارجية
وفي الاغلب يعتمد الى حماية العناصر التي تؤثر عليها أكثر من
غيرها العوامل الجوية *

وذلك بتنفيذ هذه العناصر بحيث يسهل الماء وصقل سطحها
ومعاملتها بمركبات تمنع دخول الماء الى المسامات مثل محلول ملح
فلور الماغنيزيوم السيليسي للأحجار الكلسية حيث تنتج مواد لا تنحل
عملياً في الماء وتتوضع في المسامات مغلقة اياها امام الماء *
وتعامل المواد الحجرية الطبيعية الاخرى (غير الكربوناتية) بمحلول
ملح الكالسيوم (مثلاً كلور الكالسيوم) ثم بمحلول ملح فلور الماغنيزيوم
السيليسي *

الفصل الثالث

المواد السيراميكية =====

يحصل على المواد السيراميكية بشوى العجينة الغضارية ولقد استعملت المواد السيراميكية منذ /٥٠٠٠/ سنة وسبب انتشارها الواسع في البناء يعود الى متانتها العالية وتحملها مع الزمن وامكانية الحصول على انواع كثيرة وذات صفات متعددة وانتشار المواد الغضارية في الطبيعة * فهي تستعمل للجدران وغرف الآلات وكمواد تزيينية للأرضيات والجدران وكقساطل لشبكات المجارى وفي تكسية الاجهزة في الصناعة الكيميائية وكمواد حصوية خفيفة للبيتون *

§ ١- المواد الخام - الغضار وانواعه :

تستعمل في صناعة المواد السيراميكية كمواد خام مختلف المصخور الغضارية الطبيعية * وتضاف الى الغضار بعض المواد مثل الرمل الكوارتزى والشاموت (الغضار المشوى المطحون) والخبث والشارة الخشبية والفحم المطحون بغية تحسين الصفات التكنولوجية للغضار واكساب المنتجات الغضارية بعض الصفات الفيزيائية والميكانيكية العالية *

تسمى الصخور الغضارية الطبيعية بالخامات اللدنة اوالمواد الغضارية (الكاؤولين والغضار) بينما تسمى المواد المضافة الى الغضار بالخامات الضامرة *

١- المواد الغضارية :

أ- الكاومولين :

يتألف من الكاوميليت بشكل رئيسي وهو يتشكل بالتحليل الكيميائي للمواد المولفة من الفلدسبات وبعض المواد الأخرى التي لا تحوى على الأكاسيد الحديدية وذلك تحت تأثير الرطوبة وثاني أكسيد الفحم .

$$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 = K_2CO_3 + 4SiO_2 + Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$$

ويحتفظ الكاومولين بلونه الأبيض بعد شويه وهو يستعمل في صناعة المواد الآجرية الرقيقة والمواد المقاومة للحرارة .

ب- الغضار :

يتشكل الغضار نتيجة تفكك الصخور الطبيعية الحاوية على مينوال الفلدسبات وغيره من المينوالات بتأثير العوامل الجوية أى الحرارة والرطوبة . ويتألف من مزيج من مختلف المينوالات وأهمها الكاوميليت والموستوريلونيت $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ والفالوازيت $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ والمونستوريلونيت $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ وبعض المواد الأخرى مثل الكوارتز والميكا والفلدسبات وكثيرا ما يحوى الغضار على شوائب عضوية تقسم المواد الغضارية بالنسبة إلى تأثير الحرارة العالية إلى ٣ / أقسام :

(١) المواد الغضارية المقاومة للحرارة :

وهي تتحمل حرارة ١٥٨٠° من هذه المواد الغضارية الكاومولين الذى يحتوى على شوائب ميكانيكية قليلة . ويستعمل مثل هذا الغضار في صنع البورسلين والتجهيزات الصحية والمنتجات المقاومة للحرارة .

٢) المواد الغضارية المنصهرة بصعوبة :

وهي تتحمل الحرارة ١٢٥٠-١٥٨٠° وتحتوى على اكاسيد الحديد والرمل الكوارتزى وغيرها من الشوائب بنسبة اكبر مما يحتويه الغضار الكاومولينى . تستعمل في صنع الطوب المتحمل للحرارة بين ٢٥٠° و ١٥٨٠° وطوب الواجهات والبلاطات لأجل الارضيات وانابيب المجارى .

٣) المواد الغضارية المنصهرة بسهولة :

ولها مقاومة لدرجة الحرارة اقل من ١٢٥٠° وهي تحتوى على شوائب بكميات كبيرة ،الرمل الكوارتزى واكاسيد الحديد والاحجار الكلسية والمواد العضوية وتستعمل في صنع الطوب والقرميد والزلط الخفيف (الكيرامزيت) .

٢- الخامات الضامرة :

تضاف هذه المواد لتقليل الانكماش عند التجفيف والشوى ، وكذلك من اجل منع التشوهات والتشققات في الغضار الدسم واللدن، والخامات الضامرة على نوعين :

أ- الخامات الضامرة الاصطناعية :

كالغضار المنزوع منه الماء (الشاموت) ونفايات الانتاج كالخبث .

ب- الخامات الضامرة الطبيعية :

وهي المواد التي لا تستطيع تشكيل عجينة لدنة باضافة الماء اليها مثل الرمل الكوارتزى ومحقوق الرمل .

وتؤثر الشوائب تأثيراً بالغاً على صفات الغضار فان السيليسيوم (SiO_2) الحر غير المرتبط مع اكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) ينقص قدره الغضار على الربط ويزيد مسامية المنتجات المشوية وينقص متانتها ومركبات الحديد تنقص مقاومة الغضار للحرارة وتضاف الى الغضار مواد مشكلة للمسامات وهذه المسامات تخفض من ناقلية المنتجات الغضارية للحرارة ومن المواد المشكلة للمسامات بشارة الخشب والفحم وهي تحترق عند شوى المنتجات مشكلة المسامات .

٢- الخواص السيراميكية للغضار :

١- اللدانة :

وهي صفة تكنولوجية مهمة كثيراً وهي عبارة عن امكانية العجينة الغضارية من التشوه تحت تأثير القوى الميكانيكية الخارجية بدون انقطاع أو تشقق والاحتفاظ بالشكل الحاصل بعد ابعاد هذه القوى . وتتعلق درجة اللدونة بالتركيب المينرالي والحيي للغضار وبشكل الحبيبات وخواص سطوحها وبوجود الاملاح والشوائب العضوية ونسبة الماء المأخوذة لتحضير العجينة الغضارية .

توجد طرق كثيرة لتعيين اللدونة ، الا ان اكثر الطرق انتشارا هي طريقة تعيين اللدونة بحسب الانكماش عند تجفيف المنتجات الغضارية ونسبة الماء الضرورية في تحضير العجينة الغضارية . اى حساب النسبة اللازمة من الماء للحصول على عجينة سهلة الشغل . وكلما كان الغضار اكثر لدونة كلما كانت النسبة اللازمة من الماء اكبر وكلما كان التقصص على الهواء اكثر . وبحسب اللدونة يقسم الغضار الى عالي اللدونة ونسبة الماء اللازم له اعلى من (٢٨%) والتقصص على الهواء في حدود (١٠-١٥%) .

وغضار متوسط اللدونة نسبة الماء اللازم (٢٠-٢٨%) والتقلص
على الهواء (٧-١٠%) وغضار قليل اللدونة نسبة الماء اللازم اقل
من (٢٠%) والتقلص على الهواء (٥-٧%) .

٢- التركيب الحبيبي :

تدخل في تركيب الغضار حبيبات مختلفة المقاييس (١٤-٥٠م)
مم حبيبات رملية (١٤-٠.٠٥م) مم حبيبات غبارية واقل من (٠.٠٥م)
حبيبات غضارية . والغضار المقاوم للحرارة يتكون بشكل رئيسي من
المادة الغضارية الناعمة جدا ، فنسبة الحبيبات بقطر اقل من
(٠.٠١م) تساوي (٦٠-٨٠%)

وان نسبة هذه الحبات (بقطر اقل من ٠.٠١م) من الغضار
المنصهر بسهولة لا تتعدى (٥٠%) واحيانا تتراوح بين (٦-١٠%)
ان الحبيبات بقطر اقل من (٠.٠١م) تم توثر تأثيرا بالغا على
امكانية الغضار على الربط وعلى التقلص . ويمكن زيادة اللدونة
باضافة الغضار عالي اللدونة ، كما يمكن تخفيض اللدونة باضافة
المواد غير اللدنة كالرمل الكوارتزي والشاموت والخبث والشارة
الخشبية ومسحوق الفحم .

كما تستعمل طرق جديدة لزيادة لدونة الغضار (استعمال
الافران ، والتفريغ من الهواء ، واطافة المواد العضوية ذات السطوح
النشطة) . ويشكل الرمل الهيكل الصلب للعجينة الغضارية فيمنع
الاتكماش بنسبة ماعد التجفيف والشوى .

٣- قوة الترابط وامكانية الربط :

عدد تجفيف العجينة الغضارية تحتفظ بشكلها بسبب ترابط
جزيئات العجينة الغضارية بعضها مع بعض بدرجة ما وتسمى القوة
اللازمة لفصل جزيئات الغضار بقوة الترابط .
يتصف الغضار الحاوي على كمية كبيرة من الجزيئات الغضارية
بقوة ترابط كبيرة .

ان امكانية الربط عبارة عن امكانية ربط جزيئات المواد غير اللدنة
(الرمل والشاموت) وتشكيل منتجات متماسكة عند التجفيف .

٤- انكماش الغضار على الهواء :

تحتوي العجينة الغضارية على كمية كبيرة من الماء فالعجينة
الغضارية اللدنة التي يعمل منها الطوب تحتوي عادة على (١٨-٢٥ %
ماء ، ويتبخر الماء بعملية التجفيف فينقص حجم المنتج ويسمى بالانكماش
على الهواء . ويفسر هذا بأن سماكة القشور المائية حول الجزيئات
الغضارية تقل بتبخر الماء وتفترب الجزيئات الغضارية من بعضها
البعض فتتص ، ويبلغ انكماش الغضار الكثير اللدونة على الهواء
(١٠-١٥ %) بينما يتراوح انكماش الغضار ذي اللدونة المتوسطة
(٧-١٠ %) والغضار ذي اللدونة الصغيرة (٥-٧ %) .

يحين الانكماش بالنسبة المئوية من البعد الاولي للمنتج قبل
تجفيفه .

٥- انكماش الغضار من الشوى :

وهو عبارة عن نقصان ابعاد المنتجات في عطية الشوى حيث
تتحول اسرع جزيئات الغضار انصهارا الى الحالة السائلة فتعلا ما بين
الجزيئات القاسية ويساوى هذا الانكماش (٦-٢ %) .

والانكماش الكامل للغضار هو المجموع الجبري للانكماش على الهواء ومن الشوى ويساوى عادة (٥-١٨ %) .

٣- تكنولوجيا صناعة المنتجات السيراميكية :

بغض النظر عن التنوع الكبير للمنتجات السيراميكية واختلاف اشكالها وصفاتها الفيزيائية والميكانيكية وتعدد انواع المواد الخام، فان المراحل الرئيسية في صناعة المنتجات السيراميكية واحدة. وتتألف هذه المراحل من العمليات التالية :

استخراج مواد الخام، تحضير العجينة الغضارية، تحضير المنتجات الخامات، تجفيفها، شويها، معاملة المنتجات (القطع، الطلاء بالمينا) والفرز والحفظ .

١- استخراج الغضار :

تقام المصانع السيراميكية بالقرب من مقالع الغضار واستخراج المواد الخام يكون بالطريقة المكشوفة بواسطة الجرافات . ثم تنقل الى المصنع بالقلابات او القطار المعلق او الشريط المتحرك .

٢- تحضير العجينة الغضارية :

ان تحضير المواد الخام يكون في تفتيت القطع الغضارية الكبيرة وابعاد الشوائب ومزج الغضار مع الاضافات وترطيبها حتى الحصول على عجينة غضارية سهلة الشغل .

٣- تحضير المنتجات الخامات :

توجد اربعة طرق لتحضير المنتجات وهي :

٢- الطريقة اللدنة ، ب- الطريقة نصف الجافة ، ج- الطريقة الجافة
د - طريقة الصب في القوالب .

٢- الطريقة اللدنة :

وهي الأكثر شيوعاً وتستعمل خاصة لصنع المواد واسعة الاستعمال
(الطوب بمختلف أنواعه ، القرميد ، بلاطات الواجهاة . . .) وتتلخص
هذه الطريقة بسوق عجينة الفخار ذات الرطوبة (١٨-٢٥ ٪) الى شريط
مكبس وتجهز المكابس الحديثة بغرف التفريغ من الهواء . ويساعد التفريغ
على سحب الهواء من الفخار كما يساعد على تحسين تجانس العجينة
وتشغيلها . ثم يقطع القضيب الفخاري (ذي المقطع المطلوب) الخارج
من المكبس بجهاز قاطع . وتجمع المنتجات الخامات التي يجب تجفيفها
قبل الشوى .

ب ، ج - الطريقة نصف الجافة والجافة :

يصب مسحوق الفخار ذو الرطوبة القليلة (٨ - ١٢ ٪) بالطريقة نصف
الجافة و (٢ - ٨ ٪) بالطريقة الجافة في قوالب خاصة ويضغط بمكبس آلية
عالية الانتاج . يمكن شوى المنتجات -الخامات دون تعريضها للتجفيف
ما ينقص مصروف القدرة الحرارية . ويمكن استعمال الفخار ذي اللدونة
القليلة بعكس الطريقة اللدنة ما يوسع قاعدة الانتاج .

يحضر بالطريقة نصف الجافة الطوب بأنواعه وبلاطات الواجهاة وبطريقة
الجافة المنتجات الأجرية الكثيفة (بلاطات الارضيات ، الطوب للطمسرق
والمواد الخزفية والبورسلين) .

د - طريقة الصب في قوالب :

تصب العجينة الغضارية في قوالب من الجبس على الاغلب حيث يتمسك الجبس الماء الزائد . ثم تساق المنتجات الخامات الى غرف التجفيف وبعد تجفيفها تطلّى بالمينا وتشوى .

٤ - تجفيف المنتجات الخامات :

لمنع تشقق المنتجات المحضرة بالطريقة اللدنة يجب تجفيف المنتجات الخامات حتى تبقى فيها رطوبة في حدود (٨ - ١٠ ٪) . وتعتبر مرحلة التجفيف من أهم المراحل حيث تنشأ الشقوق في هذه المرحلة وتظهر في مرحلة الشوى .

يمكن تجفيف المنتجات الخامات في الهواء بالشروط الطبيعية، ومع أن هذه الطريقة لا تتطلب صرف قدرة حرارية إلا أنها تستلزم وقتاً طويلاً (١٠ - ٢٠ يوماً) وتتعلق بالطقس . تجفف المنتجات الخامات عادة بالطريقة الاصطناعية في غرف خاصة للتجفيف تعمل بشكل دوري أو في أنفاق تعمل باستمرار . يستعمل للتجفيف الدخان الناتج من أفران الشوى أو الهواء المسخن وهذه الطريقة تتطلب (٢ - ٣ أيام) وأحياناً (١٠ - ٤٠) ساعة .

٥ - شوى المنتجات الخامات :

وهي المرحلة الأخيرة في إنتاج المواد الآجرية . عند الشوى تحدث تحولات فيزيائية وكيميائية تقود الى تشكل مادة الحجر الاصطناعي من الغضار فعند رفع درجة الحرارة حتى (١٠٠ م) يتبخر الماء الحر وتصبح العجينة الغضارية غير لدنة، ولكن عند اضافة الماء فان العجينة تسترجع خواص اللدنة

وفي درجة الحرارة (٥٥٠ - ٧٥٠) ينقص الماء المرتبط كيميائيا بشكل كثيف وتفقد الكتلة الفضارية خواص اللدونة بشكل كامل (باضافة الماء لا تسترجع خواص اللدونة) وفي درجة الحرارة (٩٠٠ - ١٠٠٠) تنصهر المواد سهلة الانصهار وهذه المواد المنصهرة تربط جزئيات الفضار المشوى مما يجعل المنتجات ذات متانة ومقاومة ضد الماء . لاجل منتجات السيراميك الدقيق (مواد التجهيزات الصحية والبورسلين) تشوى المنتجات الخامات حتى درجة الحرارة (١١٥٠ - ١٤٠٠) درجة مئوية حيث تنصهر جزئيات المعجينة الفضارية وتتحول الى كتلة زجاجية غير متبلورة مع ظهور جزئي لمينرالات بللورية . وهكذا فان منتجات السيراميك الدقيق تتألف من الكتلة المتجمدة غير البللورية التي تربط الجزئيات القاسية والمينرالات التي تظهر نتيجة الشوى . ويجب ان يتم تبريد المنتجات بعد الشوى تدريجيا لئلا تتشقق .

٦-٢- فرز المنتجات وحفظها :

يمكن ان تختلف المنتجات بعد الشوى بحسب درجة شويها ووجود تشققات وتشوهات . ولهذا تفرز المنتجات بعد خروجها من الفرن بحسب المواصفات المعمول بها . تحفظ المنتجات السيراميكية المصنوعة بأعداد كبيرة (الطوب ، الانابيب . . .) في أماكن مكشوفة على طبقات بعضها فوق بعض . وتحفظ المنتجات الدقيقة في أماكن مغلقة بهدف عدم تعريضها الى الانكسار والرطوبة .

٤ - أنواع المواد السيراميكية المستخدمة في البناء :

تقسم المواد السيراميكية المستخدمة في البناء بحسب مجال استعمالها
الى :

١ - مواد للجدران :

تتطلب من المواد المستعملة للجدران مواصفات معينة بالنسبة للمتانة
والوزن الحجمي والناقلية للحرارة وامتصاص الماء والمقاومة ضد الصقيع .
بحسب المتانة تقسم هذه المواد الى ستة أنواع (ماركات) : (١٠٠ - ١٢٥ - ١٥٠ - ٢٠٠) . وبحسب الوزن الحجمي الى اربعة
اصناف (٧٠٠ - ١٠٠٠ - ١٠٠٠ - ١٣٠٠ - ١٤٥٠) ثم
اكبر من ١٤٥٠) كغ / م^٣ .

١) الطابوق الغضاري العادي :

عبارة عن حجر اصطناعي بشكل متوازي مستطيلات بمقاييس مختلفة
(٢٥٠ × ١٢٠ × ٦٥) مم و (٢٥٠ × ١٢٠ × ٨٨) مم وأبعاد الطابوق
المنتج في سوريا (٢٢٠ × ١١٠ × ٥٥) مم . ينتج الطابوق بسماكة (٨٨) مم
بجيوب هوائية دائرية أو متطاولة . يجب ان يشوى الطوب بالدرجة
المطلوبة . وان نقص الشوى فمتانة الطوب الناتج قليلة وكذلك مقاومته
ضد الصقيع . وان زاد الشوى فان المتانة تزداد وكذلك ناقلية الحرارة
الا ان شكل الطوب لا يكون صحيحا . ان درجة امتصاص الطوب المشوى
بالدرجة المطلوبة للماء يجب ان تقل عن ٨ ٪ وزنا . يستعمل الطوب الغضاري
العادي ماركة (٧٥ ، ١٠٠ ، ١٢٥ ، ١٥٠ ، ٢٠٠) ، الوزن الحجمي

(١٦٠٠-١٨٠٠) كغ/م^٣ في تحضير الجدران الجاهزة والبلوكات وفي
بناء الجدران الخارجية والداخلية والاعمدة وغيرها من المنشآت
الحاملة .

(٢) الطابوق الغضاري المفرغ :

ينتج من الغضار المنصهر بسهولة مع اضافات اوبدونها بالطريقة
اللدنة اوتنصف الجافة ، ابعادها مثل ابعاد الطوب العادي والماركات
(٧٥، ١٠٠، ١٢٥، ١٥٠) والوزن الحجمي (١٠٠٠-١٤٥٠) كغ/م^٣ واتصاف
الماء لا يقل عن (٦٪) وزنا وتستعمل للجدران الحاملة .

(٣) الطابوق الخفيف :

وهو عبارة عن حجر مصنع يحضر من الدياتوميست والترييل مع الغضار
ويمكن اضافة المواد المحترقة . ولهذا الطوب متانة وناقلية للحرارة اقل
من الطوب العادي وابعاده (٨٨×١٢٠×٢٥٠) مم . وزنه الحجمي
(٧٠٠-١٠٠٠) كغ/م^٣ ومتانته (٣٥-٥٠-٧٥) كغ/سم^٢ . ويستعمل هذا
الطابوق لجدران المباني ذات الرطوبة العادية .

٢- طابوق واحجار غضارية للاستعمالات الخاصة :

ومنها الطوب الغضاري المقوس واحجار للمجارى ، وطوب لغطاء الطرق .
يتطلب منها متانة ومقاومة للاهتراء والصدم عالية .

(١) الطوب الغضاري المقوس :

يستعمل في بناء مداخن المصانع وتغليف المداخن في حالة ارتفاع
درجة حرارة الطوب حتى (٧٠٠) م^٩ .

• وانتاج هذا النوع يشبه انتاج الطوب العادى بالطريقة اللدنة
• وابعاده (٢٢٥-٨٠) مم بنصف قطر التقوس (٨٥٠-١٥٠٠) مم • وحسب
المتانة يقسم الى ثلاثة ماركات (١٥٠، ١٢٥، ١٠٠) • وامتصاص الماء لا يقل
عن (٨ %) •

٢) طوب لغطاء الطرق :

ينتج من الغضار بالشوى حتى الا نضهار الكامل ولكن بدون ان تتحول
العجينة الغضارية الى البنية الزجاجية • وتستعمل كمواد خام المسواد
الغضارية المنصهرة بصعوبة ، وابعاده (٢٢٠×١١٠×٦٥) مم • وتوجد
ثلاث ماركات (٤٠٠، ٦٠٠، ١٠٠٠) وتبلغ درجة امتصاص الماء لهذه الماركات
على الترتيب (٢، ٤، ٦) % وزنا • يستعمل طوب الطرق في رصف الطرق والشوارع
وارضيات المباني الصناعية •

٣) احجار سيراميكية لمعدات المجارى :

يجب ان تتمتع بدرجة تراص عالية وتحضر بشكل موشور له نتوء في جهة
وحفرة في الجهة اخرى للمقابلة لتشكيل حلقة في بناء مصارف المجارى •
ويجب الا تقلص متانة هذه الاحجار عن (٦٠٠) كغ/سم^٢ •

٣- منتجات سيراميكية مفرغة للسطوح :

منها احجار للسطوح ذات الجوائز الفرعية المتقاربة (للسطوح مسبقة
الصنع والمصبوبة في المكان) احجار للجوائز السيراميكية المسلحة • لا احجار
السطوح ماركات من (٥٠) وحتى (٢٠٠) ووزن حتمي حتى (١٠٠٠) كغ/م^٣ •
ولا احجار الجوائز ماركات من (٧٥) الى (٢٠٠) ووزن حتمي حتى (١٢٠٠) كغ/م^٣ •

٤- منتجات سيراميكية لتكسية واجهات المباني :

(١) طوب واحجار للواجهات :

ليس فقط منتجات للدكور بل انها عناصر حاملة في الجدران ° واللون احمر غامق الى احمر فاتح ° ويمكن ان يكون الطوب مليئا اومفرغا وسطحه مستويا اوموجا اوعلية اشكال بارزة تعمل حين يكون الطوب رطبا قبل التجفيف والشوى ° وابعاد الطوب (٢٥٠×١٢٠×٦٥) مم والحجم (٢٥٠×١٢٠×١٤٠) مم ° يجب ان لا يقل امتصاص الماء عن (٦%) ولا يزيد عن (١٢-١٤) % ° يستعمل الطوب والحجر للواجهات والجدران الداخلية وللجدران الداخلية للمستودعات وورش المصانع والمساح ° من أجل المساح يجب ان يكون الطوب مطليا بالمينا ° ولا يزيد امتصاصه للماء عن (٥) % °

(٢) كما توجد بلاطات سيراميكية للواجهات بمقاييس واشكال مختلفة °

٥- منتجات سيراميكة للتكسية الداخلية :

وتستعمل للتكسية الداخلية للحمامات وغرف الغسيل والمستشفيات ويوجد نوعان منها للجدران والارضيات °

(١) بلاطات لتكسية الجدران :

وتنتج باستعمال الغضار المنصهر بسهولة مع اضافة فحمت الكالسيوم (الحوار) بنسبة (٢٠%) وتطلى البلاطات بالمينا الشفاف او الملون والمقاييس مختلفة ° الطول (١٥٠) مم ، العرض (٢٥، ٥٠، ٧٥، ١٥٠) مم والسماكة (٦) مم °

٢) بلاطات سيراميكة للارضيات :

انتشرت في المباني السكنية والمدنية الصناعية • وهي غير نفوذة للماء وتقاوم الاهتراء ويمكن غسلها بسهولة ولها ديمومة كبيرة الا ان ناقليتها للحرارة كبيرة ومقاومتها للصدم صغيرة • وتصنع من المواد الخزارية الكاولينية مع اضافة مواد غير لدنة وعدد اللزوم اضافة المواد الملونة وذلك بالطريقة اللدنة او نصف الجافة وتشوى حتى الانصهار • واشكال هذه البلاطات مختلفة : مربع، مستطيل، مثلث، خماسي، سداسي، ثماني، ومقايمتها تتراوح من (٥٠) وحتى (١٥٠) ملم وسماكة (١٠-١٣) ملم ويجب الاتريد درجة امتصاص الماء عن (٤%) وان تقاوم الاهتراء بشكل جيد (يجب الا يزيد فقدان الوزن بالاختبار على الاهتراء عن ٠.٢ غ / سم^٢ للارضيات المعرضة للاهتراء بشكل كبير و ٠.٢٥ غ / سم^٢ لارضيات الغرف الاخرى) • تستعمل في ارضية الغرف والحمامات والمطابخ والصالات وارضية المصانع •

٦- القرميد :

ويعتبر القرميد قليل التكاليف ويعطي المباني جمالا الا ان الصفة السلبية هي وزنه الكبير حيث يبلغ (٦٥) كغ/م^٢ • ويحضر القرميد من الغضار مع اضافات او بدونها بنفس طريقة تحضير الطوب العادي الا انه بسبب رقة سماكته تعامل العجينة الخزارية باعتناء كبير حتى الحصول على عجينة متجانسة. يجب ان يكون القرميد مشويا بدرجة جيدة وملونا بشكل متساو وسطوحه مستوية (بدون تشقق) ومتينا (الحولة الكاسرة لا تقل عن ٧٠ كغ وغير نفوذ للماء •

٧- القساطل السيراميكية للمجاري:

تحضر القساطل السيراميكية للمجاري من الغضار المنصهر بصعوبة او الغضار المقاوم للحرارة مع اضافة المواد الضامرة (مسحوق الشاموت أو الرمل الكوارتزي) او بدونها بالطريقة اللدنة . وتكون القساطل اسطوانية الشكل مع طرف واحد متسع . بعد تجفيف المنتجات الخامات تطلسى سطحها بطبقة من العيناء ثم تشوى بدرجة حرارة (١٢٥٠-١٣٠٠) ° ، يجب ان لا يزيد امتصاص مادة القساطل (بدون العيناء) للماء عن (٩-١١) % . ويجب ان تتحمل القساطل ضغطا هيدروليكيلا يقل عن (٢) هغط جوى . تنتج القساطل بأقطار تتراوح بين (١٥٠-٥٠٠) وطول (٨٠٠-١٢٠٠) مم وتستخدم هذه القساطل في مجارى المباني ومصارف المياه الفعالة .

٨- المنتجات السيراميكية المقاومة للحوض:

يستعمل الطوب المقاوم للحوض في اساسات الاجهزة الكيمائية ولتلييسها ولتخطيط الارضيات وميازيب (مزايب) المياه الخارجة من المعامل الكيمائية . مقاييس الطوب (٢٣٠×١١٣×٦٥) مم بحسب الصفات الفيزيائية والميكانيكية وبحسب المظهر الخارجى يقسم الطوب الى ثلاثة اصناف (جدول رقم ٣-١) .

جدول رقم (٣ - ١)

صفات الطوب المقاوم للحوض

الصفات	الاصناف		
	١	٢	٣
مقاوم الحوض بـ %	٩٦	٩٤	٩٢
امتصاص الماء لا يزيد عن بـ %	٨	١٠	١٢
حد المتانة على الضغط لا يقل عن بـ ٢ سم/كغ .	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠

٩- منتجات السيراميك للتجهيزات الصحية :

- تصنع منتجات التجهيزات الصحية من الخزف ونصف البورسلين ومواد الخام الرئيسية هي الرمل والكاومولين والفلدسبات مأخوذة بنسب مختلفة من أجل كل نوع من هذه المنتجات جدول رقم (٢-٣)
- تصنع منتجات التجهيزات الصحية بطريقة الصب في قوالب جبسية
- تحضر من الخزف : المفاسل ، البانوهات ، الجرون ، دورات المياه
- تطلّى سطوح المنتجات الخزفية بالمينا (طليّة زجاجية) مما يعطي مقاومة تامة ضد نفوذ الماء • ان مادة البورسلين (بدون المينا) غير نفوذة للماء والخازات وتتصف بمقاومة عالية ومقاومة للحرارة وكيميائية عالية • يستعمل البورسلين في انتاج العوازل والاواني للمخابر
- الكيميائية • ونصف البورسلين يتميز بمواصفات صحية وميكانيكية جيدة
- تحتل صفات البورسلين وضعية متوسطة بين صفات الخزف والبورسلين

جدول رقم (٣ - ٢)

نسب المواد الخام لمنتجات التجهيزات الصحية

النسب بالـ % في		
البورسلين	نصف البورسلين	الخزف
٥٠-٤٥	٥٠-٤٨	٥٥-٥٠
٣٥-٣٠	٤٥-٤٠	٥٠-٤٠
٢٢-١٨	١٢-٧	١٠-٥
المراد الخام		
المراد الخزفية (الخضار المقاوم للحرارة والكاومولين)		
الرمل		
الفلدسبات		

ان الصفات الفيزيائية والميكانيكية لهذه المنتجات مبيّنة في

الجدول رقم (٣-٣)

جدول رقم (٣ - ٣)

الصفات الفيزيائية والميكانيكية لمنتجات التجهيزات
الصحية

الصفات	المنتجات الخزفية	المنتجات شبه البورسلينية	المنتجات البورسلينية
امتصاص الماء %	١٠ - ١٢	٣ - ٥	٠,٢ - ٠,٣
الوزن الحجمي / سم ^٣	١,٩٦ - ١,٩٢	٢,٢ - ٢,٢٥	٢,٢٥ - ٢,٣
حد المتانة على الضغط كغ / سم ^٢	١٠٠٠	١٥٠٠ - ٢٠٠٠	٥٠٠٠
حد المتانة على الانحناء كغ / سم ^٢	١٥٠ - ٣٠٠	٣٨٠ - ٤٣٠	٧٠٠ - ٨٠٠

ان لون هذه المنتجات عادة ابيض واحيانا يعميل الى الاصفر الفاتح
ويجب ان تكون ذات اشكال صحيحة وسطوحها ملساء ونظيفة وبدون
انحناءات مطلية بالمينا بشكل متساو وان تكون مشوية جيدا .

١٠ - المنتجات السيراميكية العازلة للحرارة :

يتراوح الوزن الحجمي لهذه المنتجات بين (٥٠٠) و (٧٠٠) كغ / سم^٣
والمتانة صغيرة وتساوي (٦ - ١٠) كغ / سم^٢ وعامل الناقلية الحرارية بدرجة
الحرارة ٢٥٠^٥ يساوي (١,٦ - ٣,٠) حره / م^٢ سا^٥ درجة . يمكن
استعمال هذه المنتجات للعزل الحراري حتى درجة الحرارة ٩٠٠^٥ .

١١ - الكيرامزيت :

عبارة عن مادة مسامية خفيفة مساماتها مخلقة ويستعمل بشكل
رئيسي كمادة حشو للبنتون الخفيف .

ويستعمل في تحضيره الغضار المنصهر بسهولة والحاوي على الاكاسيد الحديدية بنسبة (٦-١٢)٪ والاكاسيد القلوية (٢-٣)٪ والشوائب الغضوية حتى (٣)٪ ويمكن ان يضاف مسحوق الفحم والتورف * عند شوى الغضار يصبح طريا وتخرج الغازات وبخار الماء التي تنفخ المادة المنصهرة جزئيا مشكلة المسامات * ويوقف الشوى اثناء الخروج الكثيف للغازات وبخار الماء للحصول على مسامات مغلقة *

توجد (٣) طرق للحصول على الكيرامزيت * فاذا كان الغضار على شكل قطع متراصة ومتماسكة بقوة ويمكنها من الانتفاخ بشكل جيد فانه يعمد الى الشوى بالطريقة الجافة بعد طحن الغضار مباشرة * وتستعمل الطريقة نصف الجافة اذا كان الغضار ينتفخ قليلا بالشوى * وتستعمل الطريقة اللدنة فيما اذا كان الغضار طريا ورطبا *

يشوى الغضار في الافران الاسطوانية الدوارة بطول (٢٠-٥٠) م وقطر (٥٠-١٢٥) م وبدرجة حرارة (٣٠٠-٩٠٠) لمدة (٣٠-٦٠) دقيقة * ويبود الكيرامزيت بعد الشوى تدريجيا حتى درجة الحرارة (٦٠-٩٠) ثم يفوز حسب اقطار الحبات الى (٥-٤) مم وحبات اصغر من (٥) مم المسمى بالرمل الكيرامزيتي. ويقسم الكيرامزيت بحسب الوزن الحجمي الى ماركات (٢٥٠-٦٠٠) ويجب ان يكون حد المتانة بحسب الماركة مساويا للقيم التالية :

المتانة كغ / سم ^٢	الماركة كغ / م ^٣
٦	٢٥٠
٨	٣٠٠
١٠	٣٥٠
١٤	٤٠٠
٢٠	٥٠٠
٣٠	٦٠٠

ويستعمل للبيتون الخفيف عـالي المتانة الكيرامزيت بماركة (٨٠٠ و ١٠٠٠) وحد المتانة على الضغط (٤٠) كغ / سم^٢ .

١٢- المواد المنصهرة بصعوبة :

وتحضر باستعمال الغضار المنصهر بصعوبة وتنتج مثل الطابوق العادي للبناء . وتستعمل لأكساء جدران المداخل بدرجة حرارة حتى (١٠٠٠-١١٠٠) تبلغ مقاومتها (٨٠-١٠٠) كغ / سم^٢ وامتصاص الماء (١٦-١٨ %) .

١٣- المواد المقاومة للحرارة :

وهي المواد التي تتحمل درجات حرارة اعلى من (٨٥٨٠) دون ان تنصهر او تتشوه . يتطلب من هذه المواد متانة عالية ومقاومة للتغير المفاجئ للحرارة وانكماش صغير عند تغير الحرارة وعدم نفوذية للغازات . وتقسم بحسب تركيبها الى قسمين :

أ- مواد كوارتزية مقاومة للحرارة :

يدخل في تركيبها الكوارتز SiO_2 بنسبة لا تقل عن (٩٣%) وتبلغ مقاومتها للحرارة (١٦٩٠-١٧١٠) وتستعمل لتغليف جدران واسقف افران مارتين والزجاج . تتصف بعدم مقاومة التغير المفاجئ للحرارة .

ب- مواد الومينية مقاومة للحرارة :

يدخل في تركيبها اكسيد الالمنيوم Al_2O_3 بنسبة (٣٠-٤٥%) والكوارتز SiO_2 بنسبة (٥٠-٦٥%) وتبلغ مقاومتها للحرارة (١٦١٠-٢٠٠٠) وتستعمل لتغليف افران فحم الكوك ومارتين والزجاج .

الفصل الرابع

المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية)

=====

المواد الرابطة غير العضوية هي المواد (على شكل مسحوق ناعم) التي تشكل عجينة لدنة بخلطها مع الماء * وهذه العجينة اللدنة تتحول الى مادة حجرية تحت تأثير العمليات الفيزيائية والكيميائية * وتستعمل هذه الخاصة للمواد الرابطة للحصول على المونة والبيتون (عبارة عن خليطة من المادة الرابطة والماء والحصويات والرمل والبص) *

١ - تقسيم المواد الرابطة

=====

تقسم المواد الرابطة المعدنية الى مجموعتين هوائية ومائية * والمواد الرابطة الهوائية هي تلك المواد التي لها امكانية التحول الى مادة حجرية والمحافظة لمدة طويلة على متانتها وكذلك زيادة هذه المتانة فقط في الهواء * ومن هذه المجموعة المواد الرابطة الجبسية والكلس الهوائي *

واما المواد الرابطة المائية فلها امكانية التصلب ليس فقط في الهواء بل وفي الماء ايضا * وتدخل الى هذه المجموعة الاسمنت وانواعه والمواد الرابطة البوزولانية والخبثية واسمنت الالومينا والاسمنت القابل للانفخ والكلس المائي والرومان اسمنت وهي تستعمل في المنشآت فوق الارض وتحتها وداخل الماء *

والى جانب ذلك توجد المواد الرابطة المتصلبة في الاوتوكلاف تحت ضغط (٨-١٢) ضغط جوى وحرارة (١٧٩-٢٠٠) درجة مئوية ومنها :

المواد الرابطة الكلسية السيليكوبية والاسمنت الرملي • وان الاسمنت الرملي يستطيع التصلب في الشروط العادية الا انه في الاوتوكلاف يتصلب بسرعة اكبر ويعطي متانة اعلى •

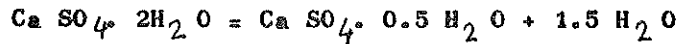
٢- المواد الرابطة الهوائية :

١) المواد الرابطة الجبسية :

تقسم هذه المواد الى نوعين : الجبس المشوى بدرجة حرارة منخفضة والجبس المشوى بدرجة حرارة عالية • يحصل على النوع الاول بتسخين الجبس ثنائي الماء ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) الى درجة الحرارة (١٥٩-١٦٠) حيث يفقد قسما من الماء الى جبس بنصف جزيئية من الماء ($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$) ومن هذا النوع الجبس البنائي والجبس عالي المتانة • وللحصول على النوع الثاني يحرق بدرجة الحرارة (٧٠٠-٩٠٠) حيث يفقد الجبس الماء بشكل كامل وتتشكل كبريتات الكالسيوم (بدون ماء) أى الانهدريت ($CaSO_4$) • ومن هذا النوع الاسمنت الانهدريتي • تستعمل كمواد خام في انتاج المواد الرابطة الاحجار الجبسية الطبيعية والانهدريت الطبيعي ($CaSO_4$) وفضلات الصناعة الكيميائية الحاوية على كبريتات الكالسيوم المائية •

١- الجبس البنائى :

وهو مادة رابطة هوائية يتألف من الجبس نصف المائي ويحصل عليه بالمعاملة الحرارية للاحجار الجبسية بدرجة الحرارة (١٥٩-١٦٠) حيث يفقد الجبس ثنائي الماء قسما من الماء •

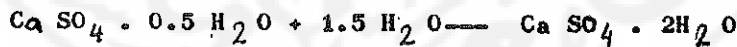


ويتضمن انتاج الجبس النهائي المراحل التالية :

- التفتيت، الطحن ، المعاملة الحرارية للحجر الجبصي (حيث يفقد الماء)
- وتوجد عدة طرق في تكنولوجيا انتاج الجبس • فبحسب احدى الطرق فان الطحن يسبق الشوى وحسب طريقة ثانية يكون الطحن بعد الشوى وحسب
- الثالثة ينفذ الطحن والشوى في جهاز واحد وهذه الطريقة الاخيرة تسمى " طريقة شوى الجبس في الحالة المعلقة " •
- تنفذ المعاملة الحرارية للجبس في المراحل اوالا نفاق • تستعمل
- المراحل بحجم ١٢-١٥ م أكثر من غيرها •
- تفتت الاحجار الجبسية المساقة الى المعمل ثم تطحن في المطحنة
- وتجفف في نفس الوقت • ويساق مسحوق الجبس الى المرحل • وتوجد
- مراحل تعمل باستمرار بدون توقف واخرى مع التوقف •
- ان مدة الشوى حوالي ٩٠ - ١٢٠ دقيقة •

تصلب الجبس :

- بإضافة الماء الى الجبس فان كبريتات الكالسيوم نصف المائية تتحد
- في الانحلال في الماء حتى يتشكل محلول مشبع مع التمييه في نفس الوقت
- بأخذ جزيئة ونصف من الماء حسب التفاعل :



- ومشكلا كبريتات الكالسيوم المائية المضاعفة •
- ان انحلال كبريتات الكالسيوم المائية المضاعفة في الماء اقل من
- انحلال كبريتات الكالسيوم نصف المائية •

ويصبح محلول كبريتات الكالسيوم مضاعفة الماء مشبعاً بالنسبة إلى محلول كبريتات الكالسيوم نصف المائبة ولا يستطيع المحلول المشبع أن يدوم في الشروط الطبيعية ولهذا تتسبب كبريتات الكالسيوم مضاعفة الماء بشكل جزئيات ناعمة قاسية • بتجمع هذه الجزئيات الناعمة تتلاصق مع بعضها البعض مسببة تكثف المحلول (أخذ الجبس) • ثم تبدأ هذه الجزئيات الناعمة بالتطور مشكلة الحجر الجيري المتين وزيادة المتانة تحدث نتيجة جفاف الكتلة المتصلبة والتطور الكامل • ويمكن التسريع في تصلب الجبس بالتجفيف بالحرارة ولكن ليس أعلى من ٦٥° ولا فيحدث تفاعل عكسي وفقدان الماء •

إن الجبس البنائي عبارة عن مادة رابطة سريعة الاخت وسريعة التصلب وبداية أخذ الجبس البنائي حسب المواصفات لا تقل عن ٤ دقائق والنهاية لا تزيد عن ٣٠ دقيقة ولا تقل عن ٦ دقائق ابتداءً من خلط الجبس مع الماء

تتميز بعموم الجبس البنائي بالمحجوز على المهزة آر • مم الذي يجب ألا يزيد عن (١٥%) للمصنف الأول و(٣٠%) للمصنف الثاني • بزيادة وعموم الجبس بترداد متانته •

يجب ألا تنقص متانة الجبس على الضغط بعد (١) ساعة من خلطه بالماء عن (٤٥) و(٣٥) كغ/سم^٢ للمصنف الأول والثاني على الترتيب • إن الجبس سريع الاخت ولذا فمن الصعب استعماله ، ولتأخير الاخت تستعمل مواد مثل المواد ذات السطوح الفعالة (فضلات صناعة الورق) بنسبة (١-٣) % من وزن الجبس • ويمكن استعمال مواد مسرعة للاخت مثل الجبس مضاعف الماء وملح الطعام وحمض الكبريت •

ان المواد المومخرة للأخذ تخفض من سرعة انحلال الجبس
نصف المائي . بينما المواد المسرعة للأخذ توثر بطريقة اخرى .
فبحسبها تزيد من انحلال الجبس نصف المائي بينما البعض الآخر
(كالجبس المضاف الماء) تشكل مراكز للتبلور حيث تتبلور حولها
الكتلة كلها .

يستعمل الجبس المائي في انتاج المنتجات الجبسية والمنتجات
الجبسية البيتونية للاجزاء الداخلية للمباني (الجدران الفاسلة ،
الطبييس على النافذ ، تحضير المونة الجبسية والمونة المختلطة وتحضير
المواد الديكورية مثل الرخام الصناعي) .

٢- الجبس عالي المتانة :

ويحمل عليه بتسخين الجبس الطبيعي ببخار الماء تحت ضغط
٢-٣ ضغط جوى ثم التجفيف بدرجة حرارة ١٦-١٨٠ و ينتج الجبس
العالي المتانة الذى يتطلب نسبة من الماء ٤٠-٦٠٪ وهي اقل
من نسبة الماء اللازمة للجبس العادى (٦٠-٦٥٪) ولهذا يسمح
بالحصول على مائة عالية تبلغ ١٥٠-٤٠٠ كغ/سم^٢ بحمر ٧ ايام
يستعمل الجبس عالي المتانة في الصناعة التعدينية لتحضير القوالب .

٢) المواد الرابطة الانهدريتيّة :

الاسمنت الهندريتي :

يحمل عليه بشوى الجبس الطبيعي مضاعف الماء بدرجة حرارة
(٧٠٠-١٠٠٠) ثم يطحنه مع اضافة مواد وسيطة للتصلب (الكلس ،
الدولوميت المسوي ، خبث الافران القلوى) . ان الاسمنت
الانهدريتي بطيء الأخذ . بداية الأخذ لاتقل عن (٣٠) دقيقة
والنهاية لاتزيد عن (٢٤) ساعة والماركات (٥٠ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٠٠) .

يستخدم الاسمنت الانهدريتي في تحضير المونة للربط والتليس والبيتون والمواد العازلة للحرارة والرخام الصناعي وغيره من المنتجات الديكوربية .

٢- الكلس الهوائي :

تسمى بالكلس الهوائي المادة الناتجة بالشوى الخفيف (دون انصهار) للأحجار الكلسية الحاوية على كمية من الغضار لا تزيد عن (٠/١٠) حيث يحصل على الكلس غير المطفأ .

١- انواع الكلس الهوائي :

- الكلس غير المطفأ* المطحون ويتألف بشكل رئيسي من CaO
- الكلس المطفأ* بشكل مسحوق ويحصل عليه باطفاء الكلس بكمية معينة من الماء ويتألف بشكل رئيسي من $Ca(OH)_2$

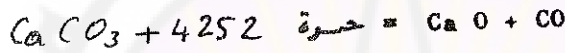
(١) الكلس غير المطفأ* المطحون :

تؤثر على صفات الكلس المواد الموجودة فيه بشكل شوائب من الغضار وفحات المغنيزيوم . ان الكلس الصافي ينطفئ بسرعة ناشرا كمية كبيرة من الحرارة ويعطي عجينة ذات لدونة عالية بعكس الكلس الحاوى على الشوائب بنسبة كبيرة .

ان الكلس سريع الاطفاء يتميز بسرعة اطفاء حتى (٢٠) دقيقة ويطيء الاطفاء بسرعة اعلى من (٣٠) دقيقة . يستعمل الكلس لوحده او باضافة مواد مثل الخبث المطحون والرماد البركاني والخفاف والتوف البركاني والرمال الكوارتزى والاحجار الكلسية .

في انتاج الكلس الهوائي تستعمل الاحجار الكلسية المقراصة حيث تعامل الاحجار الكلسية بعد استخراجها من المقالح (بالطحن والفيز) ثم تشوى . وبعد الشوى تلعن ويحصل على الكلس فيـ المطلقاً .

في عملية الشوى تتحول الاحجار الكلسية الى اكسيد الكالسيوم مع خروج ثاني اكسيد الفحم حسب التفاعل :



ان درجة حرارة الشوى تتراوح بين (١٠٠٠ - ١٢٠٠) درجة مئوية .

(٢) الكلس المطلق :

يتميز الكلس الهوائي عن غيره من المواد الرابطة بأنه يمكن تحويله الى مسحوق ليس فقط بالطحن ولكن ايضاً باطفائه - أى بتأثير الماء على قطع الكلس غير المطلق حسب التفاعل :



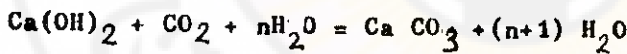
باطفاء الكلس تنتشر كمية من الحرارة (٢٧٧) حرة لكل (١ كغ من اكسيد الكالسيوم) الكلس .

ونظرياً تلزم لاطفاء الكلس نسبة من الماء تساوى (٠/٣٢) من وزن CaO وعملياً وبحسب تركيب الكلس ودرجة شويه وطريقة اطفائه تؤخذ نسبة اعلى ب (٢) واحياناً ب (٣) مرات اذ بالاطفاء وبانتشار الحرارة يتبخّر قسم من الماء . تؤثر على سرعة الاطفاء الحرارة وابعاد قطع الكلس غير المطلق . بارتفاع درجة الحرارة تزداد سرعة الاطفاء وتزداد سرعة الاطفاء كثيراً باستعمال البخار مع الضغط العالي في مراحل مغلقة .

يمكن استعمال الكلس غير المغطا المسحق دون اغطائه وله عدة صفات ايجابية : يضع من حدوث الفضلات من حبات الكلس غير المغطا ، تستعمل الحرارة الناتجة من تمية الكلس بتسريع عملية تصلب الكلس . وأن للمنتجات المعنوعة من هذا الكلس تراص اعلى ومثانة ومقاومة للماء . لتسريع عملية تصلب المونة والخلطات باستعمال الكلس غير المغطا المطحون يضاف كلور الكالسيوم ولأجل ابطاء التصلب في المرحلة الاولى يضاف الى الكلس الجبس وحمض الكبريت والمواد ذات السطوح الفعالة . وهذا عن تسريع عملية التصلب فان كلور الكالسيوم يرفع من مثانة الببتون وازافة مبطلات التصلب تمنع من تشكل التشققات .

٢- تصلب الكلس الهوائي :

يتصلب الكلس الهوائي في شروط الجفاف الهوائي . ان تبخر الماء يسبب تلاصق الجزيئات الصغيرة لماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ وتشكيل جزيئات اكبر وتبلورها . وتترابط ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ مشكلة هيكلًا يحيط بحبات الرمل وفي نفس الوقت يحدث تفاعل الكرىنة بين ماءات الكالسيوم وغاز الفحم من (الهواء) والماء :



وهكذا فان تصلب المحاليل الكلسية عبارة عن نتيجة تجفيف وتشكل بلورات ماءات الكالسيوم وكذلك نتيجة عملية تشكل فحمت الكالسيوم على سطوح المنتجات .

يتصلب الكلس المغطا ببطء والملاية تكون صغيرة . وذلك لأن تبلور ماءات الكالسيوم يحدث ببطء والبلورات ضعيفة الترابط بين بعضها البعض وهذا عن ذلك فان قشرة فحمت الكالسيوم ^{المشكلة} على سطح المنتجات تمنع من وصول الهواء الى داخل المحلول الكلسي وبالتالي حدوث تفاعل الكرىنة .

تتطور مادت الكالسيوم بسرعة اكبر كلما ازدادت سرعة التبخر ولهذا
فلتصلب الكلس يجب ان تكون الحرارة موجبة وان تكون رطوبة الوسط المحيط
منخفضة .

يستعمل الكلس الهوائي في تحضير المونة لربط الاحجار والتليس وفي
انتاج المواد الرابطة الكلسية (البوزولانية) وفي تحضير المواد الحجرية
الصنعية - الطوب السليكاتي والمنتجات السيليكاية والمنتجات السيليكاية
الرغوية والبلوكات البيتوبية الخبثية . ينقل الكلس في سيارات الشحن
والقطارات مع حمايته من الرطوبة والمواد الغريبة . وينقل الكلس المطحون
في اكياس ورقية خاصة اوفي علب معدنية خاصة . يجب حفظ الكلس غير المطفأ
في مستودعات مغلقة لاتصل اليها الرطوبة . ويمكن حفظ الكلس غير المطفأ
المطحون حتى (٣٠) يوما فقط حيث بعده يطفأ الكلس بالرطوبة الموجودة في
الهواء ويفقد فعاليته .

ب- المواد الرابطة المائية :

١- الكلس المائي :

وهو عبارة عن المادة الناتجة من شوى المواد الكلسية العرلية الحاوية
على الشوائب الغضارية في حدود (٦-٢٠%) بدرجة الحرارة (٩٠٠-١١٠٠)°C
ان قسما من اكسيد الكالسيوم الناتج من الشوى يتحد في الحالة الصلبة
مع الاكاسيد SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 . السيليسية والالومينية
والحديدية الموجودة في الغضار مشكلا (سيليكات $n CaO \cdot SiO_2$
والومينات $n CaO \cdot Al_2O_3$) وفيريت الكالسيوم $(n CaO \cdot Fe_2O_3)$
التي يمكنها من التصلب ليس فقط في الهواء بل وفي الماء ايضا .

يجب ألا يقل بداية الأخذ عن (١٥) دقيقة ونهاية الأخذ لا تزيد عن (٢٤) ساعة ابتداءً من الخلط بالماء • بحسب حد المتانة توجد (٣) ماركات (٢٥، ٥٠، ١٠٠) • نعومة الرومان تتميز بالمحجوز على المهزة (٠٢) مم بحيث لا يزيد عن (٥٠٪) وعلى المهزة (٠٨ ر • مم) لا يزيد عن (٢٥٪) • يستعمل الرومان اسمنت في تلييس الجدران وربط الأحجار وكبيتون منخفض الماركة •

٢- الاسمنت البورتلاندى :

يعتبر الاسمنت اهم مادة رابطة مائية ، يستعمل بشكل واسع في تحضير البيتون والبيتون المسلح (في الورشات ، وفي مسبق الصنع) في البناء السكني والصناعي والانشآت المائية والطرق •

١- تركيب الاسمنت البورتلاندى :

عبارة عن مادة رابطة مائية تستطيع التصلب في الماء والهواء • يحصل عليه بطحن المادة الناتجة من شوى المزيج من الاحجار الكلسية والغضار • يجب ان يكون المزيج بحيث يؤمن تشكل سيليكات الكالسيوم في المادة المشوية تسمى المادة المشوية والتي على شكل حبات بقطر ٤٠ مم بالكلينكر • لأجل تنظيم بداية ونهاية اخذ الاسمنت يضاف الى الكلينكر الجبس بنسبة لا تقل عن (١٥) ولا تزيد عن (٣٥٪) من وزن الاسمنت يمكن صنع الاسمنت بدون اضافات او باضافة مواد معدنية فعالة بنسبة حتى (١٥٪) من وزن الاسمنت •

٢- تقييم جودة الكلينكر :

تتعلق جودة الكلينكر بتركيبه الكيميائي والميئالي • تستعمل في صناعة الاسمنت الاحجار الكلسية والغضار •

والاحجار الكلسية تتألف بشكل رئيسي من فحما الكالسيوم والغضار
يتألف من عدة ميلوالاات تحتوى بشكل رئيسي على ثلاثة اكاسيد - اكسيد
السيليسيوم (SiO_2) • واكسيد الالمنيوم (Al_2O_3)
واكسيد الحديد (Fe_2O_3) ويعمل على
النشوى فان اكسيد الفحم يتطاير وتبقى الاكاسيد الاربعة التي تشكل مواد
الكليكر بالنسب التالية تقريبا •

اكسيد الكالسيوم	Ca O	٦٤-٦٧ %
الكسيد السيليسيوم	Si O ₂	١٩-٢٤ %
اكسيد الالمنيوم	Al ₂ O ₃	٤-٧ %
اكسيد الحديد	Fe ₂ O ₃	٢-٦ %

وعدا عن هذه العيولالات الرئيسية يمكن ان توجد في الكليكر اكاسيد
اخرى مثل اكسيد المغنيزيوم (MgO) واكاسيد قلوية مثل اكسيد البوتاسيوم
(K_2O) واكسيد الصوديوم (Na_2O) وهذه الاكاسيد تخفض من جودة
الاسمنت فاكسيد المغنيزيوم المشوى بدرجة حرارة ١٥٠٠° ينطفيء في
الماء ببطء مما يسبب في ظهور التشققات في الببتون المتصلب •
ولهذا يجب الاتريد نسبته عن ٥% في الاسمنت • ويسبب وجود
الاكاسيد القلوية بنسبة تزيد عن ١% تخراب الببتون المتصلب •
ان الاكاسيد المبيدة اعلاه لا توجد في الكليكر بشكل حو بل تشكل
بالشوى اربعة ميلوالاات رئيسية :

سيليكات الكالسيوم الثلاثية (آليت) $3CaO \cdot SiO_2$
 سيليكات الكالسيوم الثنائية (بيليت) $2CaO \cdot SiO_2$
 الومينات الكالسيوم الثلاثية $3CaO \cdot Al_2O_3$
 الومينات وحديدات الكالسيوم الرباعية (سيليت) $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$
 ويرمز لها باختصار C_3S و C_2S و C_3A و C_4AF ونسب هذه الميولات
 في الكلينكر تكون في الحدود التالية :

$3CaO \cdot SiO_2$	٤٢ — ٦٥ %
$2CaO \cdot SiO_2$	١٥ — ٥٠ %
$3CaO \cdot Al_2O_3$	٢ — ١٥ %
$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	١٠ — ٢٥ %

ويجب الا يحتوي الكلينكر على اكسيد الكالسيوم الحر حيث انه مثل اكسيد
 المغنيزيوم المشوى بدرجة الحرارة (١٥٠٠) ينطفئ ببطء شديد مع ازدياد
 في حجمه مما يسبب في تشقق الببتون المتصلب .
 تختلف صفات الاسمنت وتركيبه الكيميائي والميولي بحسب اختلاف
 المواد الخام واختلاف التكنولوجيا . وان معرفة التركيب الميولي يساعد
 في معرفة الصفات الفيزيائية والميكانيكية الرئيسية للاسمنت وفي تصميم
 الاسمنت للببتون بحسب الظروف الاستثمارية له .

ويقسم الاسمنت بحسب تركيبه الميولي الى عدة اصناف :

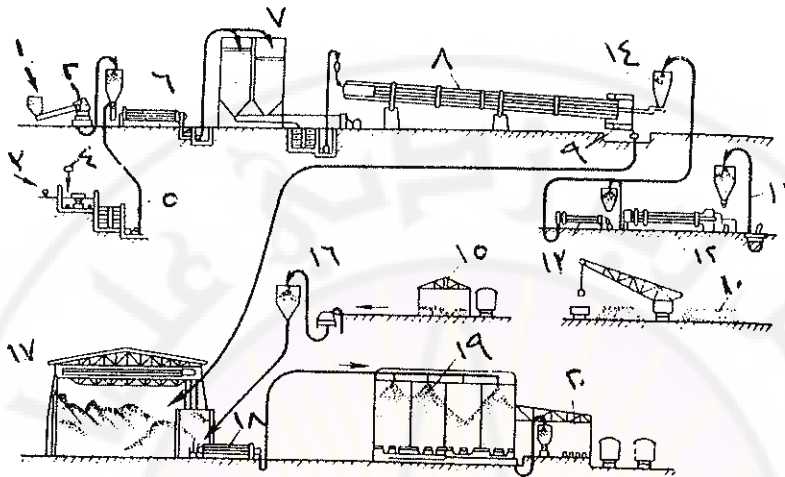
الاسمنت عالي الأليت	يحتوى على C_3S أكثر من ٦٠ %
الاسمنت الآيتي	" " C_3S بين ٥٠ — ٦٠ %
الاسمنت البيليتي	" " C_2S أكثر من ٣٥ %
الاسمنت الالوميناتى	" " C_3A أكثر من ١٢ %
الاسمنت السيليتي	" " C_3A أقل من ٢ %

وعلى C_4AF أكثر من ١٨ %

٣- انتاج الاسمنت :

يجب ان تتألف مواد الخام بنسبة (٧٥-٧٨٪) من فحمت الكالسيوم و(٢٢-٢٥٪) من المادة الغضارية . ولا توجد في الطبيعة صخور طبيعية تحقق هذه النسبة الا نادرا ولهذا يعتمد الى خلط المواد الخام الحاوية على مختلف الاكاسيد اضافة بعض المواد الخام الحاوية على اكاسيد معينة بنسبة عالية . و لرفع أكسيد السيليسيوم حتى النسبة الضرورية يعتمد الى اضافة بعض المواد الحاوية على اكسيد السيليسيوم بنسبة عالية مثل الدياتوميت والتريبل . و لرفع نسبة اكسيد الحديد يمكن اضافة الفلزات الحديدية و لرفع نسبة اكسيد الالمنيوم تضاف المواد الغضارية الغنية باكسيد الالمنيوم . وتتألف العمليات التكنولوجية في انتاج الاسمنت من المراحل الرئيسية التالية :

تحضير المواد الخام وتحضير المزيج ، شوى المزيج ، طحن الكلينكر مع المواد المضافة حتى الحصول على مسحوق ناعم .
وبحسب طريقة تحضير المزيج توجد طريقتان لانتاج الاسمنت الطريقة الرطبة والطريقة الجافة . وبحسب الطريقة الرطبة تفتت وتمزج المواد الخام مع وجود الماء ، وبحسب الطريقة الجافة تفتت وتمزج مواد الخام الجافة ويشوى المزيج . تستعمل في الوقت الحاضر بشكل اوسع الطريقة الرطبة الشكل (٤-١) .



الشكل رقم (١-٤)

مخطط تكنولوجيا انتاج الاسمنت بالطريقة الرطبة

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| ١- تحضير الاحجار الكلسية من المقالع | ٢- تفتت الاحجار الكلسية |
| ٣- تحضير الغبار من المقالع | ٤- الماء |
| ٥- حوض لخلط الغبار | ٦- طاحونة اسطوانية |
| ٧- احواض العجينة | ٨- الفرن الدوار |
| ٩- غرفة تبريد | ١٠- فحم |
| ١١- نقل الفحم المفتت | ١٢- اسطوانة لتجفيف الفحم |
| ١٣- مطحنة للفحم | ١٤- مضخة لضخ مسحوق الفحم |
| ١٥- مستودع الجبس | ١٦- نقل الجبس المفتت |
| ١٧- مستودع الكلينكر | ١٨- مطحنة ذات كرات |
| ١٩- سيلومات الاسمنت | ٢٠- ملء الاسمنت في الاكياس |

(١) تحضير المواد الخام :

تفتت المواد الخام المنقولة الى المعمل حتى الحصول على قطع

• بأبعاد لا تزيد عن (٥) مم .

(٢) تحضير المزيج :

تطحن المواد الصلبة واما المواد الطرية (الخضار والحوار) فيضاف اليها الماء وتطحن في خفاقة المواد الغضارية • والخفاقة عبارة عن حوض من البيتون المسلح بقطر (٥-١٠) م وارتفاع (٢٥-٣٥) م ملبس من الداخل ببلاطات من حديد الصلب • وتساق العجينة الطائفة الناتجة (برطوبة ٥٠٪) من الخفاقة الى الطاحونة الاسطوانية حيث تصب فيها بشكل مستمر الاحجار الكلسية المطحونة • والطاحونة الاسطوانية عبارة عن اسطوانة من الفولاذ بطول حتى (١٥) م وقطر حتى (٣٢) م تدور حول محورها الافقي وتدخل المواد اليها من طرف وتخرج من الطرف الثاني • توجد داخل هذه المطحنة كرات فولاذية اوحديدية • مع دوران المطحنة فان هذه الكرات تحت تأثير القوة النابذة والاحتكاك تشد الى جدار المطحنة وترتفع الى ارتفاع معين وتهبط فتسحق حبات المواد • والمطحنة الاسطوانية تعمل باستمرار بدون توقف • وتساق المادة المطحونة بشكل عجينة مائعة بواسطة مضخة الى خزانات من الفولاذ • وفي هذه الخزانات يتحقق من نسب المواد الداخلة فيها كما ان هذه الخزانات تخدم كاحتياطي لعمل الفرن الدوار بشكل مستمر • ومن الخزانات تساق العجينة الطائفة الى الصهاريج ومنها تساق الى الفرن الدوار بشكل منتظم •

٣ شوى المزيج :

ويشوى المزيج في الفرن الدوار وهو عبارة عن اسطوانة طويلة من الفولاذ المسطح الملبس بمادة مقاومة للنار . طول الفرن (١٢٥-١٨٥) م والقطر (٥-٣) م ويميل الفرن على الافقى بزاوية (٣-٤)° ويدور محوره بسرعة (٥-١) دورة في الدقيقة . يدخل المزيج من الجهة العلوية ويتحرك الى الجهة السفلية . والشوى يكون بالغاز او مسحوق الفحم المحمول بالهواء الذى ينفخ الى داخل الفرن من الجهة السفلية . ويحرق الغاز أو مسحوق الفحم ويحصل على حرارة حوالي (٩٥٠٠) ويخرج الدخان من الجهة العلوية من الفرن .

ان المزيج المتحرك داخل الفرن يلامس الغازات الحارة الآتية من الجهة السفلية من الفرن فيسخن تدريجيا . في البداية يتبخر الماء المرتبط ميكانيكيا وتجف الكتلة وتشكل قطع . ثم تحترق المواد العضوية ويبدأ الماء المرتبط بالانفصال . وفي درجة الحرارة (٩٠٠-٩٠٠) تبدأ فحمت الكالسيوم بالانحلال

ينطلق غاز الفحم مع نواتج الحرق اما اكسيد الكالسيوم ففى درجة الحرارة (١٠٠٠) يدخل في تفاعل كيميائي مع اكسيد الغضار مشكلا سيليكات الكالسيوم الثنائية والومينات الكالسيوم الثلاثية والومينات وحديدات الكالسيوم الرباعية . ودرجة الحرارة (١٣٠٠) تصهر الومينات الكالسيوم الثلاثية والومينات وحديدات الكالسيوم الرباعية وتشكل سائلا حيث ينحل فيها اكسيد الكالسيوم وسيليكات الكالسيوم الثنائية حتى درجة الاشباع . وتتفاعل مع بعضها البعض وهي محلولة في هذا السائل مشكلة سيليكات الكالسيوم الثلاثية التي هي اهم منوال للاسمنت .

يساق الكلينكر المتشكل بدرجة الحرارة هذه الى غرفة التبريد
ومنها يخرج بدرجة حرارة (١٠٠)° الى المستودعات ليبرد حتى درجة
الحرارة الطبيعية ويحفظ مدة (١٥-٢٠) يوما لينطفئ الكلس الحر الباقي
في الكلينكر برطوبة الهواء .

٤) طحن الكلينكر :

يطحن الكلينكر مع الاضافات في مطاحن اسطوانية . ويساق
الاسمنت الجاهز (بحرارة حوالي ١٠٠)° بمضخة الى السيولات للتبريد
ثم تملأ الاكياس بالاسمنت بوزن (٥٠) كغ .
تستعمل الطريقة الجافة في انتاج الاسمنت عندما تكون المواد
الخام من (الرمل) او مزيج الاحجار الكلسية الصلبة والغضار قليل
الرطوبة .

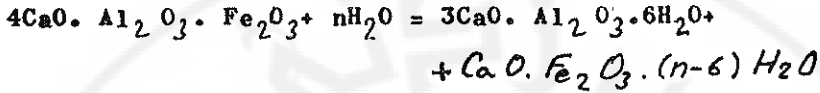
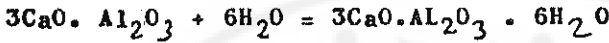
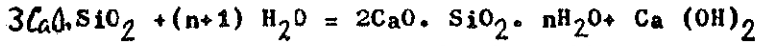
٤- تصلب الاسمنت البورتلاندي وتشكل بنيته :

يمزج الاسمنت مع الماء تتشكل عجينة اسمنتية لدنة صمغية
تتكشف تدريجيا وتتحول الى الحالة الصلبة . وتوجد نظريات عديدة
تشرح نظرية التصلب ومنها نظرية بايكوف وبحسبها يقسم تصلب الاسمنت
الى ثلاثة مراحل (١) الانحلال (٢) التمي والتحول الى البنية الغروية
(٣) التبلور .

عند خلط الاسمنت مع الماء يحدث تأثير معقد فيزيائي كيميائي
متبادل ففهي البداية تتحل ميهنرات الكلينكر من سطح حبات الاسمنت
حتى يتشكل محلول مشبع . ثم باتحاد الماء مع الميهنرات تتشكل
اتحادات مائية عالية التبعر الغروي وفي نفس الوقت يحدث اخذ
الاسمنت . وفي المرحلة الاخيرة تحدث عمليات اعادة تبلور جزيئات المواد
المتشكلة ذات الابعاد الغروية الى جزيئات اكبر يصاحبه تصلب العجينة

• الاسمنتية ونمو منانتها •

ان تفاعل ميوالات الكلينكر مع الماء يكون بالشكل التالي :



تختلف سرعة تفاعل الميوالات مع الماء • اسرعها هو تفاعل الومينات

الكالسيوم الثلاثية (C_3A) مع الماء ثم الومينات وحديدات الكالسيوم

الرباعية (C_4AF) ثم سيليكات الكالسيوم الثلاثية (C_3S)

وابطأها هو تفاعل سيليكات الكالسيوم الثنائية (C_2S) مع الماء •

تؤثر سرعة تعيه ميوالات الكلينكر على سرعة تصلبها • تخفض العجينة

الاسمنتية من الاحتكاك بين حبات المادة الحصى وتكسب الخليطة

البيوتونية الطراوة كما وانها تمنعها من الانفصال الى طبقات بسبب امكانية

اللمصق التي تتمتع بها • الا ان الخليطة البيوتونية تبقى في هذه الحالة

من اللدونة وامكانية اللصق مدة غير طويلة نسبيا فتجمع نواتج التعيه

يسبب الارتصاص (التخر) • وتبدأ العجينة الاسمنتية في هذه اللحظة

تفقد اللدونة وامكانية اللصق ، ومتانة الاسمنت في هذه المرحلة عبارة عن

متانة الأخذ وبحسبها تميز بين بداية الأخذ ونهاية الأخذ • ومواصلة

عملية ارتصاص العجينة الاسمنتية تتشكل الشبكة الكريستالية التي توص الحجر

الاسمطي المتصلب • ان وجود الجبس والمواد الفعالة المائية مع الكلينكر يغير

بشكل محسوس سير تصلب العجينة الاسمنتية وتركيب المادة الناتجة

الحجر الاسمطي •

يتميز الكليinker المطحون الصافي بداية سريعة للأخذ حوالسي (٣-٥) دقائق ولذا عمليا لا يمكن استعمال الكليinker المطحون الصافي. تعود سرعة الاخذ الى الومينات الكالسيوم الثلاثية التي تتميز بسرعة والماءات الناتجة ترتص وتتبلور بسرعة . ولهذا لأجل تخفيض اخذ الاسمنت يعتمد الى الحصول على مركبات اخرى بالتأثير على الومينات الكالسيوم المائية بواسطة مادة مثل الجبس . يتفاعل الجبس مع الومينات الكالسيوم المائية ويتشكل ملح لا يذبل بالماء - الومينات الكالسيوم الكبريتية المائية * $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$. يجب ان تكون كمية الجبس متناسبة مع كمية (C_3A) الموجودة في الكليinker لا تقل عن (١٥) ولا تزيد عن (٣٥%) باعتبار (SO_3) هذه النسبة تسمح بتطبيء اخذ الاسمنت ولا تسبب في تآكل الحجر الاسمتي . ان الاسمنت الحاوي على النسبة المذكورة توافق المواصفات : بداية الاخذ لا تقل عن (٤٥) دقيقة والنهاية لا تزيد عن (١٢) ساعة ابتداء من خلط الاسمنت مع الماء .

واما دور المواد الفعالة المائية فهو منع تأثير الماء على الحجو الاسمتي . تحتوي المواد الفعالة المائية على اكسيد السيليسيوم فسي الحالة غير المتبلورة . ولذا فان اكسيد السيليسيوم في هذه الحالة يتفاعل مع ماءات الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) التي تتشكل من تميئه سيليكات الكالسيوم الثلاثية) وتتشكل سيليكات الكالسيوم المائية التي لا تذبل عمليا في الماء : $CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ وترتفع مقاومة الاسمنت ضد الماء .

٥- بنية الحجر الاسمنتي :

ان الحجر الاسمنتي المتصلب عبارة عن بنية غير متجانسة تتألف من شبكة بلورية ومواد هلامية بابعاد غراوتية وحببات من الاسمنت لـم تتفاعل بعد مع الماء .

ويؤثر التركيب المينرالي على بعض الخواص البنائية الرئيسية للاسمنت التشوه ، المقاومة ضد الصقيع ، المقاومة بتناوب الرطوبة والجفاف . ويمكن بالا تقاء الأمثل للتركيب المينرالي للكلينكر التحكم بصفات الاسمنت والحصول على الاسمنت الذي يتفق والشروط الاستثمارية المحددة .

وتؤثر على بنية الببتون مسامية الحجر الاسمنتي المتعلقة بكمية الماء المضافة عند جيل الببتون . تضاف كمية من الماء الى الخليطة الببتونية أكبر بـ (٢-٣) مرات من الكمية اللازمة لاجراء التفاعل مع الاسمنت . وفي الشروط الملائمة فنسبة الماء الداخل في التفاعل مع الاسمنت تتراوح بين (١٥-٢٠ %) من وزن الاسمنت بينما للحصول على خليطة ذات طراوة تسمح بمعاملة الخليطة الببتونية تلزم نسبة من الماء تتراوح بين (٤٠-٦٠ %) من وزن الاسمنت . والماء الذي لا يدخل في التفاعل يتبخّر . ويصنع في الحجر الاسمنتي المتصلب مسامات صغيرة عديدة . ولذلك للحصول على حجر اسمنتي ذي بنية متراصة يجب استعمال خلاط ببتونية بكمية دنيا من الماء وحينئذ يمكن الحصول على ببتون متين ومتراص . وبسبب وجود المسامات والمواد الهلامية الى تشوه الاسمنت بتأثير الرطوبة فيفتفخ بتعريضه الى الرطوبة وبتقلص بتعريضه الى التجفيف والاجهادات المتغيرة بالاشارة - المتولدة عن تناوب الرطوبة والجفاف تخفض من تماسك بنية الحجر الاسمنتي ومن متانة الببتون .

تتعلق درجة التشوهات من الرطوبة بنسبة المواد الهلامية والبلورية في الحجر الاسمتي . ويزيادة المادة البلورية تزداد مقاومة الاسمت لتأثير الرطوبة والجفاف وتسمى بمقاومة الهواء . ويتمتع الاسمت بمقاومة عالية للهواء . بسبب وجود اكسيد الكالسيوم الحر وكذلك اكسيد المغنيزيوم الحر في الاسمت تشقق الحجر الاسمتي المتصلب وبالتالي تخفيض متانة البيتون . وذلك لانهما يزدادان في الحجم كثيرا عند اطفائهما بالماء ويشققان الحجر الاسمتي . مثل هذا الاسمت لا يوافق متطلبات المتاندارد بالنسبة الى التغير المتجانس لحجمه اثناء التصلب .

٦- متانة الاسمت البورتلاندى :

تميز متانة الاسمت البورتلاندى بحد المتانة على الانعطاف . لعينات موشورية $16 \times 4 \times 4$ سم وعلى ضغط انصاف العينات الموشورية (بعد اختبارها على الانعطاف) . تحضر العينات من المونة الاسمتية اللدنة بنسبة (٢:١) وزنا وتختبر بعد (٢٨) يوما . تحفظ خلالها العينات في الشروط الطبيعية من الحرارة والرطوبة (الحرارة $20 \pm 3^\circ$) . ان حد المتانة على الضغط لعمر (٢٨) يوم يسمى فعالية الاسمت .

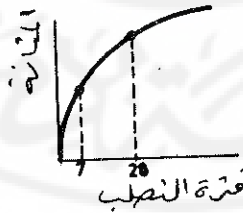
يستعمل في تحضير العينات الرمل الكوارتزى النظيف ذو التركيب الكيميائي والحبيبي الثابت وهذا ما يمنع من تأثير جودة الرمل على متانة الاسمت في سبيل الحصول على نتائج ممكنة المقارنة . وتحدد ماركة الاسمت بحسب الجدول رقم (٤-١) .

جدول رقم (٤ - ١)
ماركات الاسمنت

ماركة الاسمنت	حد المتانة على الضغط كغ/سم ^٢	حد المتانة على الانحناء كغ / سم ^٢
٣٠٠	٣٠٠	٤٥
٤٠٠	٤٠٠	٥٥
٥٠٠	٥٠٠	٦٠
٦٠٠	٦٠٠	٦٥

لا تتزايد متانة الاسمنت بشكل خطي . ففي اليوم الثالث
تصلوى تقريبا (٤٠-٥٠٪) من ماركة الاسمنت وفي اليوم السابع
(٦٠-٧٠٪) ثم تتباطيء سرعة زيادة المتانة حيث تعتبر المتانة
في اليوم الثامن والعشرين هي ماركة الاسمنت .

وفي الشروط الثلاثة تتزايد المتانة خلال شهور واعوام فتزيد
ب(٢-٣) مرات عن الماركة ويمكن اعتبار تزايد متانة الاسمنت بشكل
لوفاريتمى شكل (٤-٢) .

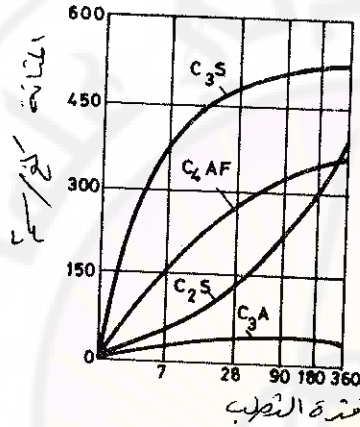


شكل (٤-٢) منحنى تزايد متانة الاسمنت

تتعلق مائة الاسمنت وسرعة تصلبه بالتركيب المينرالي للكلينكر
ونعومة الاسمنت ونسبة الماء ورطوبة الجو وحرارته و مدة التسلب .

(١) تأثير التركيب المينرالي على مائة الاسمنت :

تختلف المينرالات الموطفة للكلينكر بسرعة تصلبها شكل (٤-٣)



شكل (٤-٣) تزايد مائة مينرالات الكلينكر

واسمها تصلبها هو مينرال سيليكات الكالسيوم الثلاثية ففي اليوم السابع
تبلغ مئنته (٧٠٪) من المائة بحمر (٢٨) يوم ومن ثم تقل السرعة
كثيرا . بينما سيليكات الكالسيوم الثنائية تتصلب بسرعة بطيئة . ففي
البداية حتى (٢٨) يوما تبلغ مئنته فقط (١٥٪) من مائة (C₃S)
ومن ثم تتصلب بسرعة كبيرة حيث تزيد مئنتها على مائة (C₃S)
والسبب في هذا ان سيليكات الكالسيوم الثلاثية تتميه بسرعة اكبر من
سيليكات الكالسيوم الثنائية . وبحمر (٢٨) يوما فان (C₃S) تتميه
بشكل كامل تقريبا بينما (C₂S) تبدأ بالتتميه بشدة .

ولذا للحصول على بيتون ذى متانه عالية بحمر قليل يستعمل اسمنت يحوى على نسبة عالية من سيليكات الكالسيوم الثلاثية وهو المسمى بالاسمنت الآلتي . وبالعكس اذا اردنا الحصول على المتانة العالية بوقت متأخر (مثلا في المنشآت المائية) وجب استعمال الاسمنت البيلتي .

ان متانة الومينات الكالسيوم الثلاثية صغيرة . الا ان (C_3A) تزيد من تصلب الاسمنت في المرحلة الاولى . وتستعمل هذه الصفة لـ (C_3A) للحصول على اسمنت سريع التصلب . وبحسب التركيب المينرالي يحوى الاسمنت سريع التصلب على نسبة عالية من (C_3A) و (C_3S) (حوالي ٦٠-٧٠٪ منها C_3A) .

(٢) نعومة الاسمنت :

تردد متانة الاسمنت بزيادة نعومته . يساوى القطر الوسطي لحبيبات الاسمنت (٤٠) ميكرون تقريبا ويتميه من سطح الاسمنت (١٠-١٥) ميكرون خلال (٦-١٢) شهرا أى أن (٣٠-٤٠٪) من الكلينكر لا يشارك في عملية التصلب وتشكيل البنية الحجرية . ويزيادة نعومة الاسمنت تردد درجة تيمه الاسمنت وتردد كمية المواد اللاصقة أى طاقات المينرالات كما تردد متانة الحجر الاسمتي .

يجب ان تكون نعومة الاسمنت بحيث لا يزيد المحجوز على المهزة رقم (٠.٨) مم عن (٠.١٥) ويساوى عادة (٠.١٢-٨) .

وكذلك تميز نعومة الاسمنت بالسطح النوعي اى مساحة سطح حبيبات (١) غ من الاسمنت . ويساوى السطح النوعي للاسمنت (٢٥٠٠-٣٠٠٠) سم^٢/غ

وتزداد نعومة الاسمنت في بعض الحالات لرفع متانته وللحصول على اسمنت سريع التصلب . وتزداد متانة الاسمنت بنسبة (٢٠-٢٥٪) تقريبا لكل زيادة تساوى (١٠٠٠) سم/غ لنعومته .

٣) تأثير رطوبة وحرارة الوسط :

لا يمكن مواصلة تصلب الاسمنت وزيادة متانته دون وجود الماء وذلك ان التصلب عبارة عن تميح الاسمنت . ولجعل الوسط رطبا يلجأ الى عدة طرق :

يرش الببتون بالماء او تغلى العناصر الببتونية بالنشارة المبلولة او بالرمال او بالحماير وتوش بالماء بشكل دورى كما يمكن تغليتها بالمستحلبات الببتومينية او غيرها من المواد التي تشكل غشاء لا يسمح بتسرب البخار فيحافظ على الماء الموجود في الببتون . وتؤثر الحرارة تأثيرا كبيرا على متانة الحجر الاسمتي اذ تزداد سرعة التفاعلات الكيميائية الجارية بين الماء ومينرالات الكلينكر كما تزداد سرعة ارتصاص المواد الناتجة من تميح الاسمنت .

ويمكن ان يتصلب الاسمنت في مجال واسع من الحرارة التصلب الطبيعي بدرجة حرارة (١٥-٢٠) مئوية والتصلب في بخار الماء بدرجة الحرارة (٨٠-٩٠) والمعاملة في الاوتوكلاف حتى (١٧٠-٢٠٠) بضغط البخار حتى (٨-١٢) ضغطا جويا وتصلب الاسمنت بدرجة الحرارة السالبة .

ويحدث اسرع نمو لتصلب الحجر الاسمتي باستعمال بخار الماء تحت الضغط في الاوتوكلاف حيث يحمل الببتون على الماركة المتانة بحمر ٢٨ يوما من الحفظ بالشروط الطبيعية من الحرارة والرطوبة خلال (٤-٦) ساعات .

ان سرعة نمو تصلب البيتون باستعمال بخار الماء بدون ضغط تساوى نصف سرعة نمو تصلب البيتون في الاوتوكلاف . ويحصل البيتون في هذه الحالة الحرارة دون ١٠٠[°] مئوية على (٠/٧٠) من الماركة ونادرا ما تصل المتانة الى الماركة ولا يحدث نمو المتانة بعد ذلك .

لا يحدث تصلب الاسمنت البورتلاندى بدرجة الحرارة السالبة اذ يتجمد الماء الا انه يمكن حدوث تصلب باضافة الالكتروليتات (المواد المنحلة بالكهرباء) مثل كلور الكالسيوم ($CaCl_2$) وكلور الصوديوم ($NaCl$) او مزيج منهما . هذه المواد المضافة الى الاسمنت بنسبة (٠/٥) او اكثر تزيد من تركيز المواد المنحلة في الماء وتخفض درجة التجمد للماء . وعدا عن ذلك فان املاح الكلور تسرع من تصلب الاسمنت الا انه لا يستحسن استعمال هذه المواد بنسبة تزيد عن (٠/٢) في العناصر البيتونية المسلحة بسبب امكانية تاكل حديد التسليح .

٤) مدة الحفظ (قبل الاستعمال) :

يفقد الاسمنت جزءا من متانته بحفظه لمدة طويلة ولو بالشروط الملائمة . فبعد حفظه لمدة (٢) اشهر يمكن ان يفقد (٠/٢٠) من متانته وبعد سنة (٠/٤٠) وان الاسمنت ^{الانعم} يفقد نسبة من متانته اطفى من الاسمنت ذى النعومة الاقل وذلك بسبب تأثير رطوبة الجو .

ويمكن ان يسترجع الاسمنت متانته فيما اذا طحن مرة اخرى والطريقة الفعالة اكثر من غيرها هي طحن الاسمنت بواسطة المطاحن الهزازة (الرجاجة) حيث تزداد نعومة الاسمنت وتنتزع من سطوح حبات الاسمنت القشور من ماعات المهنرالات - نواتج تفاعل الاسمنت مع رطوبة الجو .

٧- مقاومة الحجر الاسمنتي للوسط الخارجي :

يمكن ان يتعرض البيتون في المنشآت الهندسية الى التأثير التخريري للوسط الخارجي المياه العذبة والمعدنية . التأثير المشترك للماء والصقيح ، تناوب الرطوبة والجفاف .

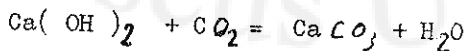
ويتعرض الحجر الاسمنتي اكثر من بقية المواد المولفة للبيتون الى عملية التآكل . ولجعل البيتون ذا مقاومة عالية للوسط الخارجي وجب ان يكون الحجر الاسمنتي مقاوما للماء والصقيح والجو .

(أ) مقاومة الحجر الاسمنتي للماء :

يمكن تصنيف تآكل الحجر الاسمنتي في الوسط المائي الى ثلاثة انواع :

١- النوع الاول للتآكل :

تخرب الحجر الاسمنتي نتيجة انحلال وانجراف بعض المواد المولفة للحجر الاسمنتي واكثر المواد انحلالا في الماء هي مائات الكالسيوم $(Ca(OH)_2)$ الناتجة من تميح سيليكات الكالسيوم الثلاثية ومع أن انحلال مائات الكالسيوم (١٣) غ CaO في (١) ليتر من الماء بدرجة حرارة +٩٥) الا ان الماء العذب يحلله ويجرفه معه بشكل مستمر مما يجعل البيتون مساميا فيفقد متانته ويجب التنويه الى ان الماء الحاوي على قليل من كربونات الكالسيوم والماغنيزيوم يحل بشكل جيد مائات الكالسيوم . وتحافظ على البيتون من تأثير هذا النوع من التآكل القشرة التي تتشكل على سطح البيتون بتأثير ثاني اكسيد الفحم الموجود في الجو :



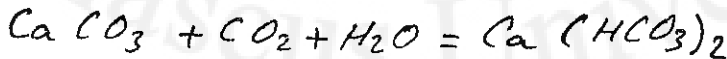
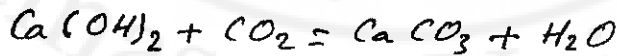
اذ ان انحلال فحمت الكالسيوم اقل بمائة مرة تقريبا من انحلال ماءات الكالسيوم . وللحصول على مقاومة عالية للحجر الاسمتي ضد هذا النوع من التآكل في الوسط المائي العذب تضاف الى الاسمت اضافات مائية تتحد مع ماءات الكالسيوم فتشكل مواد قليلة الانحلال في الماء هي سيليكات الكالسيوم المائية .



وكاجراء ثان للمحافظة من تأثير النوع الاول من التآكل هو استعمال الاسمت الذى يعطي بالتية اقل كمية ممكنة من ماءات الكالسيوم بشكل حر وهو ما يسمى بالاسمت البيليتي الحاوى على كمية قليلة من سيليكات الكالسيوم الثلاثية .

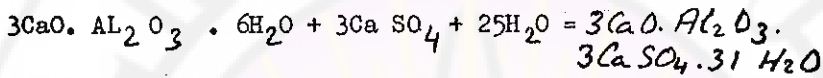
١٤- النوع الثانى :

وذلك عندما يحدث تخرب الحجر الاسمتي بالماء الحاوى على غازات او املاح بامكانها الدخول في تفاعلات كيميائية تبادلية مع المركبات الموعوفة للحجر الاسمتي . وتنتج مواد تتحلل وتجرف بالماء النافذ عبر البيتون او تتسرب بشكل كتل غير متبلورة لا تتمتع بامكانية لصق وبالنتيجة تزداد مسامية الحجر الاسمتي وتنقص متانته . فمثلا المياه الحاوية على غاز الفحم تؤثر على الحجر الاسمتي نتيجة تفاعل غاز الفحم مع ماءات الكالسيوم وتشكيل بيهكربونات الكالسيوم سرعنة الانحلال في الماء وذلك حسب التفاعلين التاليين :



III - النوع الثالث :

ويحدث هذا النوع من تآكل الحجر الاسمنتي من تأثير
السulfates . حيث تترسب في مسامات الحجر الاسمنتي المواد الموجودة
في الماء والغير قابلة للانحلال فيه اوهي عبارة عن تواتج لتفاعل هذه
المواد مع المركبات الموطفة للحجر الاسمنتي . ويسبب تجمع وتبلور
هذه المواد في المسامات ظهور اجهادات شد هائلة في جدران
المسامات ويقود الى تخریب الحجر الاسمنتي .



الوميئات الكالسيوم الكبريتية المائية (مع ازدياد في الحجم مرة ٢) .

٢) حماية الحجر الاسمنتي من التآكل في الوسط المائي :

يمكن منع أو تقليص عمليات التآكل الناتجة من تأثير الماء بالطرق
الفنية وتحسين تكنولوجيا تحضير البيتون واستعمال الاسمنت ذي التركيب
الميزالي المعين والنسبة الضرورية من الاضافات المعدنية الفعالة .

يمكن بالطرق الفنية منع تأثير الماء على العناصر البيتونية وذلك
باستعمال المواد العازلة للماء وتصريف المياه . ويمكن رفع مقاومة
البيتون للماء بالاساليب التكنولوجية بالرص العالي اثناء صب البيتون
وباستعمال الخلطات البيتونية ذات النسبة الدنيا بين الماء والاسمنت
والاختيار الدقيق للتركيب الحبيبي للمواد الحصوية . وكما ذكر سابقا
تضاف مواد معدنية فعالة تعمل^{على} منع حدوث التآكل او يستعمل اسمنت
يحتوى على نسبة عالية من (C_2S) وقليلة من (C_3S) وذلك
بالنسبة للتآكل من النوع الاول والثاني واما بالنسبة للتآكل من النوع
الثالث فيستعمل اسمنت يحتوى على نسبة من (C_3A) لاتزيد عن
٥ ٪ . ويسمى بالاسمنت المقاوم للكبريتات .

٣) مقاومة الحجر الاسمنتي للمصقيح :

ان التأثير المتأوب للماء والمصقيح يقود الى تخرب البيتون في المنشآت، بدرجة الحرارة السالبة يتحول الماء الموجود في مسامات البيتون الى جليد مع ازدياد في الحجم بنسبة ٩/٠، فيضغط الجليد على جدران المسامات ويخربها .

وتتعلق مقاومة الحجر الاسمنتي للمصقيح بالتركيب المينرالي للكلينكر ونعومة الاسمنت والنسبة الطائية الاسمنتية . تزداد مقاومة الحجر الاسمنتي للمصقيح بزيادة نعومة الاسمنت حتى قيمة معينة (٥٠٠٠-٦٠٠٠ سم^٢/غ) ثم تنقص مقاومة المصقيح بمتابعة زيادة نعومة الاسمنت بسبب مسامية بنمة المواد الناتجة من تميء الاسمنت طالي النعومة .

اذا كانت نسبة المواد المعدنية الفعالة المضافة الى الاسمنت عالية فانها تخفض مقاومة الحجر الاسمنتي للمصقيح بسبب المسامية العالية لها والمقاومة الضعيفة للمصقيح للمواد الناتجة من تفاعل هذه المواد مع مركبات الحجر الاسمنتي .

تنقص مقاومة الحجر الاسمنتي للمصقيح بزيادة نسبة الماء ويزيادة نسبة الويمينات الكالسيوم الثلاثية ($C_3 A$) .

يمكن رفع المقاومة ضد المصقيح باستعمال اسمنت يحتوى على نسبة منخفضة من ($C_3 A$) ونسبة دنيا من المواد المعدنية الفعالة المضافة ، واستعمال خلاط بنسبة صغيرة من الماء ورمها جيدا اثناء الصب .

كما يمكن رفع المقاومة ضد المصقيح باستعمال المواد ذات السطح النشطة (الحنالة الكحولية السولفيتية) .

ومن الخطورة تعريض الحجر الاسنتي للمصقح في المرحلة الاولى من المتصلب ، اذ ان الحجر الاسنتي غير المتصلب بعد ، لا يستطيع مقاومة ضغط الجليد .

٢- انواع الاسمنت البورتلاندى :

١- الاسمنت الملسن :

يمتاز عن النوع العادى باحتوائه على المادة ذات السطح الفعالة وهذه المادة ترفع طراوة وسهولة صب الخليطة البيتونية وتكسب البيتون المتصلب مقاومة عالية ضد المصقح ، وتستعمل لهذا الغرض الحثالة الكحولية - السولفونية (ح.ك.س) التي يمكن اضافتها اثناء طحن الاسمنت وفي الخليطة البيتونية اثناء تحضيرها .

تشكل جزيئات (ح.ك.س) حول حبيبات الاسمنت قشرة مائية تلعب دور زيوت التشحيم فتخفف من الاحتكاك بين الحبيبات فترتفع لدونة العجينة الاسمنتية . يمكن بهذه الطريقة تخفيض نسبة الماء الى الاسمنت في البيتون بمقدار (٥-١٠٪) .

٢- الاسمنت الكاره للماء :

يمتاز عن العادى باحتوائه على المادة ذات السطح الفعالة الكارهة للماء مثل الاسيدول ، وزيد النفط والبيترولاتوم الموكسد . تضاف هذه المواد بنسبة (٦-١٠٪) من وزن الاسمنت (مأخوذا حسب وزن المادة الجافة) .

تشكل هذه المواد حول حبيبات الاسمنت قشورا رقيقة عدة

جزيئات) تخفض قدرة الاسمنت على التبلل بالماء . ان مثل هذا الاسمنت بوجوده في مكان رطب يحافظ على فعاليته ولا يتأثر بالرطوبة. وفي عملية خلط مواد الخليطة البيتونية تنزع هذه القشور ولا تحول دون المتصلب الطبيعي للأسمنت .

المقمة السلبية لهذا الاسمنت هي بطله نمو متانة البيتون في المراحل الاولى من التصلب ، الا ان المتانة بعمر (٢٨) يوما تساوى متانة الاسمنت العادى بعمر (٢٨) يوما .

٣- الاسمنت سريع التصلب :

يمتاز هذا الاسمنت بسرعة اعلى في نمو المتانة في المراحل الاولى . ولهذه الغاية تزداد نعومة الاسمنت وتضاف المواد المعدنية الفعالة بنسبة حتى (١٠/٠) وخبث الافران العالية بنسبة لاتزيد عن (١٥/٠) وزنا .

ان متانة التماذج من المونة الاسمنتية اللدنة بعمر (٣) ايام من التصلب يجب الانتقال عن (٤٠) كغ/سم^٢ على الانعطاف و (٢٥٠) كغ/سم^٢ على الضغط . وعدا عن هذا فهو لا يختلف عن الاسمنت البورتلاندى العادى ومن انواع الاسمنت سريع التصلب يوجد الاسمنت سريع التصلب طالى المتانة وهو يمتاز ليس بسرعة التصلب فقط وانما بالمتانة العالية ايضا (٦٠٠ كغ/سم^٢) ومتانته بعمر يوم واحد لا تقل عن (٢٥٠) كغ/سم^٢ وبعمر (٣) ايام لا تقل عن (٣٥٠) كغ/سم^٢ .

٤- الاسمنت المقاوم للكبريتات :

ويستعمل للبيتون المستعمل في المياه المعدنية والحذبة . ويحضر من الكلينكر ذى التركيب المينرالى المعين . نسبة سيليكات الكالسيوم الثلاثية (C_3S) يجب الاتزيد عن (٥٠/٠) و (C_3A) لاتزيد عن (٥/٠) ومجموع ($C_3A + C_4AF$) لا يزيد عن (٢٢/٠) . ولايسمح باضافة المواد المعدنية الفعالة والمواد الخاملة . وهذا الاسمنت الذى هو عبارة عن اسمنت بهليتي يتصلب ببطء في المراحل الاولى وينشر حرارة قليلة .

وينتج هذا الاسمنت بماركات (٣٠٠-٤٠٠) . واما بقيسمة

المتطلبات فهي نفس متطلبات الاسمنت البورتلاندى العادى .

٥- الاسمنت البورتلاندى ذى الحرارة المنخفضة في التصلب :

ويمتاز عن العادى في انه يحضر من الكلينكر الحاوى على نسبة ضئيلة من سيليكات الكالسيوم الثلاثية (C_3S) والومينات الكالسيوم الثلاثية (C_3A) والتالى بنسبة عالية من سيليكات الكالسيوم الثنائية ان نسبة (C_3S) يجب الاتزيد عن (٥٠٪) و C_3A عن (٨٪) ولايسح باضافة مواد فعالة لهذا الاسمنت . وله ماركتان (٣٠٠ و ٤٠٠) وهو يشبه الاسمنت المقاوم للسulfates .

٦- الاسمنت الطرقي :

يستعمل لتغطية طرق السيارات ويجب ان يتميز بعدة صفات :
متانة عالية ، مقاومة للاهتراء ، مقاومة الصقيح ومقاومة تأثير مياه الامطار
ويوافق هذه المتطلبات الاسمنت البورتلاندى الحاوى على نسبة عالية من الآليت وحديدات والومينات الكالسيوم الرباعية ونسبة قليلة من الومينات الكالسيوم الثلاثية لاتتعدى (١٠٪) . ويسمح باضافة خبث الافران العالية بنسبة لاتزيد عن (١٥٪) كموا د مائية فعالة وماركة هذا الاسمنت يجب الاتقص عن (٤٠٠) باختبار المونة اللدنة .

٧- الاسمنت البورتلاندى الابيض :

ويحمل عليه من المواد الخام الحاوية على نسبة ضئيلة من الاكاسيد الملونة اكاسيد الحديد والمنغنير والكروم) . وتستعمل كموا د خام احجار كلسية صافيقو الرخام والغضار الكاوموليني الابيض وكوقود الغاز والمازوت اللذين لايلوثان الكلينكر بالهباب .

يطلحن الاسمنت بنعومة اكبر ويجب اليزيد الحجز على المهزة
رقم (٨٠٠) مم عن (١٠٠٪) ان المعطى الرئيسية للاسمنت الابيض
والتي تحدد جودته كمادة ديكورية هي درجة البياض وتوجد ثلاث
ماركات بحسب المئانه (٢٥٠، ٣٠٠، ٤٠٠) .
بداية الاخذ لاتقل عن (٣٠) دقيقة . ويكون نقل وحفظ الاسمنت
الابيض في اواني مغلقة .
وكنتيجة للمتطلبات الخاصة بالنسبة للمواد الخام والتكنولوجيا
فان سعر الاسمنت الابيض اعلى من سعر الاسمنت العادى .

٨- الاسمنت الملون :

ويحصل عليه بطحن الاسمنت الابيض مع ميناوات ملونة مقاومة
للضوء والقلويات مثل كرومات الباريوم (اصفر) واكسيد الحديد الاحمر
الطبيعي (احمر) واكسيد الحديد الاسمر (اسمر) واكسيد الكروم
واكسيد الحديد الاسود (اسود) .
يستعمل الاسمنت الابيض الملون في اعمال التليس وفي تحضير
بلاطات التكسية والدرجات والواح النوافذ والجزء الديكورى من الجدران
البيتونية المسبقة الصنع والرخام الصناعي .
واما بحسب المواصفات الاميركية (ASTM) فان الاسمنت
البورتلاندى يقسم الى مايلي :

اسمنت عادى نموذج / I / :

وهو اسمنت متعدد الاغراض وغالبا مايستعمل عندما لانكون بحاجة
الى الخصائص الخاصة لاجل انواع الاسمنت الاربعة الباقية .

الاسمنت المعدل نموذج / II :

وهو الاسمنت المتعدد الأغراض المعدل • يستخدم في حال توقع وجود كميات ضئيلة من السلفات في الوسط المحيط أو في حال الحاجة الى حرارة تمية أعلى •

وان هذا الاسمنت تزيد مقاومة قليلا عن الاسمنت العادي / I / ولكن في المرحلة الاخيرة من التصلب تصبح بنفس المقاومة •

اسمنت نموذج / III :

وهو الاسمنت السريع التصلب عالي المقاومة • يصمم هذا الاسمنت لأجل الحاجة لمقاومة مبكرة في الحالات الخاصة • وان مقاومة هذا الاسمنت بعموم (٣) ايام تعادل المقاومة التي يعطيها الاسمنت نموذج / I / والاسمنت نموذج / II / بعموم (٢٨) يوم • هذا النوع من الاسمنت يصنع بزيادة (٥٣ C₃S) و (٥٢ C₂S) الموجودين في الكلينكر أو بواسطة التنعيم بالطحن • لا يمكن استعمال هذا الاسمنت للكتل الكبيرة نظرا لحرارة التيمه العالية ، كما ان مقاومة للسلفات ضعيفه بسبب النسبة العاليه لـ (٥٣ C₃A) البالغة (١٥%) ويمكن تخفيض نسبة (٥٣ C₃A) الى (٨%) للحصول على اسمنت سريع التصلب عالي المقاومة المعدل أو بتخفيضها الى (٥%) للحصول على اسمنت سريع التصلب عالي المقاومة ومقاوم للسلفات •

اسمنت نموذج / IV :

اسمنت ذو الحرارة المنخفضة ، يستخدم لتنفيذ البيتون لكتل كبيرة • واذا استعمل الاسمنت نموذج / I / في الكتل الكبيرة فان حرارة التيمه تتجمع وتسبب تمدد البيتون وبما ان القشرة الخارجية تضيق معها الحرارة وتكون درجة حرارتها اقل من الداخل فتحدث تشققات للبيتون ويمكن التوصل الى تقليل كمية حرارة التيمه بالتحكم بالتركيب المينوالي للكلينكر وتقليل نسبة المينواليين

(C_3S) و (C_3A) اللذان يسببان في نشر كمية كبيرة من الحرارة أثناء التجهيد . الا ان هذا الاسمنت يتصلب ببطء . تساوى كمية الحرارة المنتشرة من الاسمنت نموذج / IV / (٨٠ %) من كمية الحرارة المنتشرة من الاسمنت نموذج / II / و (٦٥ %) من الاسمنت نموذج / I / و (٥٥ %) من الاسمنت نموذج / III / وذلك خلال الاسبوع الاول من التجهيد .
اسمنت نموذج / V / :

ويستعمل هذا النموذج من الاسمنت في الاوساط المعرضة للكبريتات ويمكن التوصل الى ذلك بتقليل نسبة ميلوال (C_3A) الى النسبة الدنيا .

وبين الجدول رقم (٤ - ٢) نسب الميولالات الداخلة في تركيب انواع الاسمنت البورتلاندى والصفات الفيزيائية لها .
 جدول رقم (٤ - ٢)

المتطلبات الكيميائية والفيزيائية للاسمنت البورتلاندى بانواع بحسب ASTM

اسمنت بورتلاندى نموذج	I	II	III	IV	V
الاسم	اسمنت عادى	اسمنت معدل	اسمنت سريع التصلب عالى المقاومة	اسمنت ذو حرارة منخفضة	اسمنت مقاوم للكبريتات
نسبة C_3S العظمى بال %	—	—	—	٣٥	—
نسبة C_2S الدنيا بال %	—	—	—	٤٥	—
نسبة C_3A العظمى بال %	—	٨	١٥	٧	٥
المقاومة	٨٤	٧٥	٢١٥	—	—
على	١٤٧	١٢٦	—	٥٦	١٥٥
الضغط	—	—	—	١٤٥	٢١٥
بعمق	—	—	—	—	—

§ ٤- اسمنت الالومينا :

وهو عبارة عن مادة رابطة سريعة التصلب يحصل عليها بطحن المادة الناتجة عن شوى مزيج المواد الخام حتى الانصهار . وكمواد خام تستعمل الاحجار الكلسية والبيوكسيت . ويضخ اسمنت الالومينا بدون اضافات او باضافة حتى (٠/٢) مواد مینرالية مختلفة تحسن بعض الصفات وتخفض من كلفة الاسمنت .

١- تصلب اسمنت الالومينا :

تدخل في كلينكر هذا الاسمنت الومينات الكالسيوم ضعيفة القوية والمادة الرئيسية هي الومينات الكالسيوم الاحادية ($CaO \cdot Al_2O_3$) . باضافة الماء الى هذا الاسمنت تتشكل عجينة لدنة ترتص وتتصلب بشكل مشابه للاسمنت العادى . تنميه الومينات الكالسيوم الاحادية بتقاطها مع الماء مشكلة الومينات الكالسيوم الثنائية وماءات الالمنيوم .

$$2(CaO \cdot Al_2O_3) + 11H_2O = 2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 8H_2O + 2Al(OH)_3$$

ثم ترتص المادة الخروية (الومينات الكالسيوم الثنائية) وتتبلور نواتج التمييه . ان ارتصاص وتبلور المادة الخروية في الاسمنت الالوميني يحدثان بغزارة شديدة بحيث يوصفان النمو السريع للمئاته . ان مائة اسمنت الالومينا بعد (٦-٥) ساعات تبلخ (٠/٣٠) من الماركة واكثر وخلال يوم واحد (٠/٩٠) وتبلغ الماركة خلال ثلاثة ايام .

ان اسمنت الالومينا عبارة عن اسمنت سريع التصلب ولكنه ليس سريع الاخذ فان بداية الاخذ لا تقل عن (٣٠) دقيقة والنهائية لا تزيد عن (١٢) ساعة .

٢- صفات اسمنت الالومينا :

بحسب حد المتانة على الضغط يقسم الاسمنت الى (٣) ماركات (٤٠٠، ٥٠٠، ٦٠٠) ماركة الاسمنت عبارة عن حد المتانة على الضغط لعينات بشكل مكعب ابعاده (٧٠×٧٠×٧٠ سم من العونة الاسمنتية بنسبة الاسمنت الى الرمل وزنا (١: ٣) مختبرة بعمر (٣) ايام تحفظ خلالها في الشروط الطبيعية .

الشروط الملائمة لتصلب اسمنت الالومينا هي الوسط الرطب والحرارة بحدود (٣٢٠°) مئوية . وينقص تزايد المتانة بدرجات الحرارة من (٢٥) درجة مئوية ، ويمكن حتى انخفاض المتانة وتخرّب البيتون نتيجة اعادة التبلور لومينات الكالسيوم الثنائية وتشكيل الومينات الكالسيوم الثلاثية .

ويعتبر هذا نقيضة اسمنت الالومينا ولهذا لا يسمح بمعاملة اسمنت الالومينا بالبخار الساخن . وبدرجات الحرارة الاقل من درجة الحرارة الطبيعية والقريبة من الصفر فان تصلب اسمنت الالومينا يجرى بشكل مقبول وذلك لانه ينشر حرارة عالية عند التصلب . خلال (١-٣) ايام فان اسمنت الالومينا ينشر حرارة اعلى بـ (١-٢) مرة مما ينشره الاسمنت العادي . يحدد انتشار الحرارة العالي اثناء تصلب هذا الاسمنت مجال —

استعماله اذ لا يمكن استعماله للمنشآت ذات الكتل الكبيرة . فان ارتفاع درجة حرارة المنشأة في الداخل وانخفاضها من الخارج يسببان في نشوء اجهادات في الطبقات الخارجية وظهور التشققات . يقاوم البيتون المنفذ من اسمنت الالومينا الماء والهواء والصقيع بشكل جيد كما يقاوم في ظروف المياه العذبة والمياه الكبريتية الا ان المياه القلوية تخرب هذا البيتون .

ويقل استعمال هذا الاسمنت سعره العالي فهو اقل من الاسمنت العادي بـ (٣-٤) مرات وان صفاته الفيزيائية والميكانيكية اقل من صفات كل المواد الرابطة الاخرى (سرعة التصلب ، المقاومة في مختلف الاوساط) • يستعمل هذا الاسمنت عندما يكون استعمال صفاته بشكل كامل ، مثلاً لاعمال الترميم السريع (تصلب السدود ، القساطل ، الطرق ، الجسور ، اقامة القواعد بسرعة) •

ولمقاومته الكيميائية يستعمل في رص الابار النفطية والغازية وفي مباني الصناعة الغذائية ومعامل الدماجات وتلبس آبار المناجم والنفاق • ويقاوم اسمنت الالومينا درجات الحرارة العالية في حدود (١٢٠٠ - ١٤٠٠)°C و اعلى مما يسمح باستعماله في تحضير البنتون المقاوم للحرارة المستعمل في تلبس الاجهزة الحرارية •

٥- الاسمنت القابل للانفخاض :

وينتسب الى هذا النوع الاسمنت الذي يزداد حجمه بالتصلب في ظروف الرطوبة او لا يتقلص بالتصلب في الهواء • ويوجد منه نوعان :

١- الاسمنت القابل للانفخاض غير النفوذ للماء :

وهو عبارة عن اسمنت سريع الاخذ وسريع التصلب يحصل عليه بطحن او مزج اسمنت الالومينا والجبس والومينات الكالسيوم عالية القوية • يحصل على الومينات الكالسيوم عالية القوية ($4CaO \cdot 8Al_2O_3 \cdot 12H_2O$) بالمعاملة الحرارية المائية لمدة (٥-٦) ساعات وبدرجة حرارة (١٢٠-١٥٠)°C المزيج من اسمنت الالومينا والكلس بنسبة (١ : ١) ونسبة (٣٠%) ماء •

وتجفف المادة الناتجة وتطحن * بداية الاخذ للاسمنت الناتج لا تقل عن (٤) دقائق والنهية لا تزيد عن (١٠) دقائق * يمكن ابطاء الاخذ باضافة المادة ذات السطوح الفعالة او حمض الخل لا يقل حد المتانة على الضغط لعينات من العجينة الاسمنتية بعد (٦) ساعات عن (٢٥) كغ/سم^٢ وبعد (٣) ايام (٣٠٠) كغ/سم^٢ و (٢٨) يوما (٥٠٠) كغ/سم^٢ ويجب ان تكون العينات غير نفوذة للماء بشكل كامل بعد يوم واحد وتحت ضغط (٦) ضغط جوى ويجب الا يقل التمدد الطولي بعد يوم واحد من التصلب عن (٠,٢٪) ولا يزيد عن (١٪) *

يستعمل هذا الاسمنت لتصليح المنشآت البيتوية والبيتوية المسلحة المتخربة وللحزل المائي للاتفاق واتفاق المناجم وفي المباني تحت الارض وداخل الماء وفي جعل الوصلات غير نفوذة للماء *

٢- الاسمنت الجبصي الالوميني القابل للانفخ :

وهو عبارة عن مادة رابطة سريعة التصلب يحصل عليها بالطحن المشترك او مزج الخبث الحاوى على نسبة عالية من الالومينا والجبس الطبيعي ثنائي الماء (٣٠٪) * ويوجد من هذا الاسمنت (٣) ماركات (٥٠٠، ٤٠٠، ٣٠٠) * وبداية الاخذ لا تقل عن (٢٠) دقيقة والنهية لا تزيد عن (٤) ساعات ابتداء من الخلط بالماء *

يجب ان تكون النماذج من هذا الاسمنت بعد يوم واحد من الصب غير نفوذة للماء تحت الضغط (١٠) ضغط جوى * والتمدد الطولي لها لا يقل عن (٠,٥٪) * بهر يوم واحد ولا يزيد عن (١٪) * ويستعمل هذا الاسمنت في نفس مجالات استعمال الاسمنت الاول *

الفصل الخامس

البيتون

١- معلومات عامة عن البيتون :

البيتون هو الحجر الصناعي الناتج من تصلب الخليطة المتقاة بنسب معينة من المادة الرابطة والماء والمواد الحصى (الرمال والبحص والزلط) ويسعى مزيج هذه المواد قبل التصلب بالخليطة البيتونية • وتشكل حبات الرمل والبحص هيكلًا حجريًا في البيتون • والعجينة الاسمنتية المشكلة بعد صب الماء في الخليطة البيتونية تغلف حبات الرمل والبحص وتملأ الفراغات بينها وتطعّب دور المادة المؤتة للحصويات فتعطي الخليطة البيتونية الطراوة • ويتصلب العجينة الاسمنتية تربط المادة الحصى مشكلة الحجر الصناعي - البيتون • ويمكن الحصول على خليطة بيتونية جيدة وبيتون جيد فقط بالمعرفة العميقة لتكنولوجيا تحضيرها والتمكن من اختيار المواد المؤتة ذات الجودة المناسبة ومن تعيين النسب المثلى بينها والبحث عن طرق تحضير الخليطة البيتونية وطرق صبها ورصها وشروط تصلبها بحيث تسمح بالحصول على منشآت بيتونية عالية المتانة والديمومة وقليلة التكاليف •

يعد البيتون من أهم مواد البناء في كل مجالات البناء في هذا

العصر وذلك بسبب :

- ١- تنوع خواص البيتون والتي يحصل عليها باستعمال المواد الرابطة والمواد الحصى ذات الجودة المناسبة واستعمال الطرق الخاصة في المعاملة الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية •

٢- سهولة المعاملة الميكانيكية للخليطة البيتونية المتحصنة بالدونة والتي

تسمح دون صرف جهد كبير بالحصول على منشآت بيتونية مختلفة

الاشكال والمقاييس ذات ديمومة عالية •

٣- امكانية المكننة الكاملة في الاعمال البيتونية •

٤- اقتصادية البيتون حيث ان (٨٠-٩٠ %) من حجمه عبارة عن مواد حصوية

من الاحجار المحلية •

٢- تصنيف البيتون :

يصنف البيتون بحسب المظاهر الرئيسية التالية :

الوزن الحجمي ونوع المادة الرابطة والمتانة ومقاومة الصقيع ومجال الاستعمال

والظاهرة الرئيسية في تصنيف البيتون هي الوزن الحجمي حيث يقسم

بالنسبة اليه الى :

(١) البيتون الثقيل جدا : وزنه الحجمي اكبر من (٢٥٠٠) كغ / م^٣ •

(٢) البيتون الثقيل : وزنه الحجمي بين (١٨٠٠-٢٥٠٠) كغ / م^٣ •

(٣) البيتون الخفيف : وزنه الحجمي بين (٥٠٠-١٨٠٠) كغ / م^٣ •

(٤) البيتون الخفيف جدا : وزنه الحجمي اقل من (٥٠٠) كغ / م^٣ •

وبحسب خشونة المادة الحصوية المستعملة يقسم البيتون الى :

(١) البيتون ذو الحبيبات الناعمة بمادة حصوية باقطار حتى (١٠) مم (بيتون

ناعم) •

(٢) البيتون ذو الحبيبات الخشنة بمادة حصوية باقطار تتراوح بين

(١٠-١٥٠) مم (بيتون خشن) • والقرائن المهمة المعبرة عن جودة

البيتون هي المتانة والديمومة •

بحسب حد المتانة على الضغط يقسم البيتون الى ماركات * وللبيتون الثقيل ماركات بين (١٠٠-٦٠٠) * وللبيتون الخفيف بين (٢٥-٣٠٠) * والبيتون الثقيل جدا (١٠٠-٢٠٠) *

وتتميز الديمومة بدرجة مقاومة الصقيع * ويقسم البيتون الثقيل بحسب مقاومته للصقيع الى الماركات (٥٠-٣٠٠) والبيتون الخفيف (١٠-٢٠٠) * وبحسب المادة الرابطة توجد الانواع التالية :

(١) البيتون الاسمنتي : المادة الرابطة الاسمنت وانواعه .

(٢) الاسمنت السيليكاتي : باستعمال المادة الرابطة الكلسية مع مواد سيليكاتية *

(٣) البيتون الجبسي : باستعمال المادة الرابطة الجبسية او الالهيدريتي

(٤) البيتون بالمواد العضوية الرابطة *

في هذا الفصل سلبحث في البيتون بالمواد الرابطة المعدنية *

يحضر البيتون الثقيل باستعمال الاسمنت والمواد الحصوية الكثيفة * واما الخفيف فباستعمال الاسمنت والمواد الحصوية المسامية الصناعية او الطبيعية *

ويحصل على البيتون السيليكاتي من مزيج الكلس والرمل الكوارتزي المتصلب في الاوتوكلاف تحت ضغط (٨-١٢) ضغط جوي وحرارة (١٧٠-٢٠٠) درجة مئوية *

وبحسب مجال استعمال البيتون يقسم الى :

(١) البيتون العادي : للعناصر البيتونية والبيتونية الحاملة والعملي

والمشآت (الاعمدة ، الجوائز ، البلاطات) *

٢- بيتون المنشآت المائية : للسدود وبوابات السدود وتطعيم القنوات *

٣- بيتون للأرضيات وتغطية الطرق *

٤- البيتون الخاص : المقاوم للحموض ، المقاوم للحرارة ، الثقيل جدا للحماية البيولوجية ويحضر البيتون الثقيل جدا باستعمال الاسمنت ومواد حصوية خاصة بوزن

حجمي كبير *

§ ٣- المواد الداخلة في تركيب البيتون الثقيل :

ان البيتون الثقيل المستعمل في تنفيذ القواعد والاعمدة والجوائز والجسور وغيرها من العناصر الحاملة للمباني الصناعية والسكنية والمنشآت الهندسية يجب ان يكتسب مائة معينة في الوقت المحدد من التصلب *

كما يجب ان تتصف الخليطة البيتونية بالطراوة في الصب والاقتصاد في الكلفة *

والبيتون المستعمل في الامكنة المكشوفة للوسط الخارجي يجب ان يتصف بدرجة تراص ومقاومة للصقيع وللتآكل عالية *

وبحسب مجال الاستعمال وشروط استثمار البيتون في المنشآت يتطلب مواصفات مناسبة للمواد الموصوفة للبيتون *

١- الاسمنت :

يستعمل في تحضير البيتون الثقيل الاسمنت البورتلاند والاسمنت الملمدن وبقيّة انواع الاسمنت * ومتطلبات الاسمنت مشروحة في الفصل الرابع *

٢- الماء :

يستعمل في تحضير الخليطة البيتونية وفي رش البيتون الماء الذي لا يحوى على الشوائب الضارة والتي تمنع من التصلب الطبيعي للبيتون *

ومن هذه الشوائب الضارة تعتبر الحموض والسulfates والدهون والزيوت النباتية والسكر وغيرها • لا يسمح باستعمال مياه المستنقعات والمجارى والمياه الطوثة بالشوائب الضارة والتي قربتها الهيدروجينية (PH) تقل عن (٤) والحاوية على الكميات بنسبة تزيد عن (٢٧ ٪) (بحساب SO_4) •

يمكن استعمال ماء البحر وغيره من المياه الحاوية على املاح معدنية فيما اذا كانت النسبة الكلية للاملاح فيه لا تزيد عن (٢ ٪) • وتحدد امكانية استعمال الماء للبيتون بالتحليل الكيميائي وباختبار عينات من البيتون محضرة بالماء المعني وبالماء النقي والمختبرة بعمر (٢٨) يوما تحفظ خلالها بالشروط الطبيعية • ويعتبر الماء المعني ممكن الاستعمال فيما اذا كانت متانة العينات المحضرة بهذا الماء لا تقل عن متانة العينات المحضرة بالماء النقي •

٣- الرمل :

ويتألف من حبات باقطار تتراوح بين (١٤-٥) مم • ولقد تشكل نتيجة تخرب الصخور الطبيعية (الرمل الطبيعي) كما تستعمل الرمال الاصطناعية الناتجة من طحن خبث الافران العالية أو المواد التي تحضر خصيصا كالكيرامزيت • ويستعمل الرمل الطبيعي للبيتون الثقيل ويقسم بحسب التركيب المينوالي الى الرمل الكوارتزى والسبات الحقلي والكلسي والدولوميتي و من هذه الرمال يستعمل اكثر من غيره الرمل الكوارتزى •

ويحمل على الرمل المكسر من المنخول الاندفاعية والاستحالية
الكاربوناتية المتراسة بحد المائة على الضغط لا يقل عن (٤٠٠) كغ/سم^٢.

يجب ان يكون شكل الرمل المطحون قريبا من المكعب .

يؤثر على جودة الرمل التركيب الحبيبي ونسبة الشوائب الموجودة فيه مثل
الشوائب الغبارية والخضارية والعضوية . ويجب الاتزهد نسبة هذه الشوائب
عن (٠/٢) للرمل الطبيعي و (٠/٥) للرمل المكسر . واكثر الشوائب
ضررا في الرمل هو الخضار الذي يخلف حبات الرمل ويمنع من التصاق
العجينة الاسمنتية على سطح الحيات .

والشوائب الخضارية والغبارية تزيد من نسبة الماء اللازمة للخلطة
البيتونية وتخفض متانة البيتون ويمكن غسل الرمل بالماء لتخليصه من
الشوائب الخضارية والغبارية .

يمكن ان توجد في الرمل الطبيعي الشوائب العضوية بنسبة كبيرة
وهي تتفاعل مع الاسمنت فتخفض من متانة البيتون .

التركيب الحبيبي للرمل :

يؤثر التركيب الحبيبي للرمل تأثيرا بالغا على متانة البيتون .
يجب ان يتألف الرمل من حبات مختلفة الاقطار (٠.١٤ - ٥) مم . بحيث
يكون حجم الفراغات بينها اقل ما يمكن . وكلما كان حجم الفراغات اقل
كلما كانت كمية الاسمنت اللازمة اقل للحصول على بيتون مقراص . ويحين
التركيب الحبيبي للرمل بخوبلة الرمل المجفف في مجموعة مہزات نظامية
بمقاييس فتحاتها من الاعلى وحتى الاسفل (١٠ - ٥ - ٢.٥ - ١.٢٥ -
٠.٦٣ - ٠.٣١٥ - ٠.١٥) مم . يمرر الرمل المجفف من المہزات
(١٠ و ٥) مم وتوزن المحاجيز على هاتين المہزتين وتحسب بدقة حتى
(٠.١) (٠.٠٤) ويوزن (١) كغ من الرمل المار من المہزة (٥) مم ويمرر
من مجموعة المہزات النظامية الباقية .

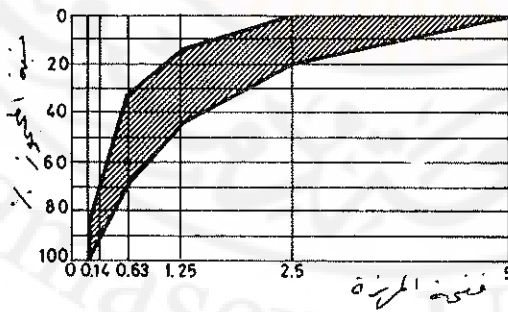
ويوزن المجوز على كل مهزة (g_i) ويحسب المجوز الجزئي بالـ ٠/١٠
 (a_i) على كل مهزة $a_i = \frac{g_i}{g} \times 100 \%$ والمجوز الكلي
 بالـ ٠/١٠ (A_i) على كل مهزة $A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$
 المجوز الكلي بالـ ٠/١٠ على مهزة ما = مجموع المحتاجين الجزئية بالـ ٠/١٠
 على المهزات العلوية والمهزة المعنية .

وعامل خشونة الرمل (N) بدون الرمل الخشن باقطار اكبر من
 ٥ مم عبارة عن مجموع المحتاجين الكلية للمهزات جميعها اعتبارا من
 ٢٥ مم وحتى ٠.٠٧٥ مم مقسوما على (١٠٠) . ويحسب بدقة (٠.١) حسب
 القانون :

$$N = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,65} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100}$$

حيث $A_{2,5}, A_{1,25}, \dots, A_{0,14}$ المحتاجين الكلية على
 المهزات بالـ ٠/١٠ ويقسم الرمل بحسب عامل الخشونة الى رمل خشن بعامل
 خشونة اكبر بـ ٢٥ ومتوسط الخشونة بعامل الخشونة بين (٢٥ و ٢)
 وناعم بعامل الخشونة اقل من (٢) .

ويجب ان يكون مخطط التركيب الحبيبي للرمل المستعمل في تصميم
 تركيب البيتون واقعا في مجال الرمل النظامي كما في الشكل (١-٥) .



ولا يسمح بوجود حبات من الرمل بقطر أكبر من (١٠) مم ويجب
الارتداد نسبة الحبات بقطر بين (٥-١٠ مم) عن (٥/١٠) وزناً .
يبلغ الوزن الحجمي الردي للرمال الجاف حوالي (١٥٠٠-١٦٠٠)
كغ/م^٣ .

٤- المواد الحصى الخشنة :

يستعمل للبيتون الزلط والبحص الناتج من الصخور الطبيعية
او من الخبث والطوب .

(١) الزلط :

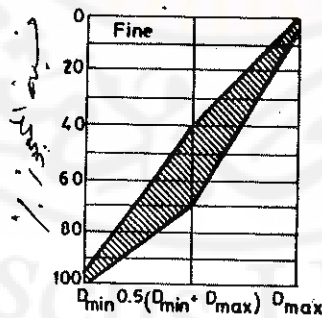
وهو عبارة عن حبات مدورة بقطر (٥-٧٠-١٥٠ مم) تشكلت نتيجة
الانكسار الطبيعي للصخور الطبيعية . وحبات الزلط مدورة وسطوحها
ملساء والبيتون يستحسن استعمال الزلط المدور قليلاً (كالبحص) واما
الزلط المدور كالبليز فهو ردي للبيتون واداً منه الزلط القرصي والابري
ويجب الارتداد نسبة الزلط القرصي والابري اكثر من (١٥/١٠) وزناً ،
ونسبة الحبات الهشة (المسامية) الارتداد من (١٠/١٠) وبحسب كبر
الحبات يقسم الزلط الى اصناف (٥-١٠) ، (١٠-٢٠) ، (٢٠-٤٠) ،
(٤٠-٧٠) مم . يجب الارتداد نسبة الشوائب الغضارية والغبارية
عن (١/١٠) وزناً .

تعيّن مثانة الزلط باختباره على امكانية التفتت في الاسطوانة
وذلك بضغط عينة من الزلط بحمولة ستاتيكية . ثم تمرر من المهززة
ذات الفتحة المساوية لاصغر الحبات في العينة قبل الاختبار وتعيّن
نسبة المفقود وزناً .

يصنف الزلطف بحسب الفقدان في الوزن الى فئتين ٨) فقدان الوزن (٠/٨) وفئتين ١٢) فقدان الوزن (٠/١٢-٩) وفئتين ١٦) فقدان الوزن (٠/١٦-١٣) للبيتون ذي الماركة (٣٠٠) وما فوق يجب استعمال الزلطف فئتين ٨) وللبيتون ذي الماركة (٢٠٠) الزلطف فئتين ١٢) واقل من (٢٠٠) فئتين ١٦) وتحدد امكانية استعمال الزلطف باختيار عينات من البيتون على الضغط .

التركيب الحبيبي :

يستعمل الزلطف ذو الحبات الكبيرة في تحضير البيتون وذلك لصغر سطحه النوعي مما يستدعي استعمال اسمنت اقل للحصول على بيتون متين . وتتعلق خشونة الزلطف بمقاومة المنشأة المنفذة فوجب الا يزيد قطر اكبر الحبات عن $\frac{1}{4}$ البعد الاصغرى لمقطع العنصر ومن اصغر مسافة بين قضبان حديد التسليح . واما للبلاطات ، حيث يصعب البيتون بسهولة اكبر فيمكن استعمال الزلطف بقطر اكبر الحبات لا يزيد عن $\frac{1}{4}$ سماكة البلاطة . ويستعمل الزلطف في المنشآت المائية كبيرة الحجم بقطر يزيد عن (٧٠) مم . ويجب ان يتألف الزلطف من حبات مختلفة الاقطار بحيث يوافق تركيبها الحبيبي مجال الزلطف النظامي (الشكل ٢-٥) .



مخطط الزلطف (البحر) العظامي

ويعين التركيب الحبي بغرلة عينة من الزلط المجفف بوزن (١٠) كغ
في مجموعة مهزات نظامية ذات الفتحات (٥-١٠-٢٠-٤٠-٧٠) مم
ويعتبر D_{max} فتحة المهزة التي يكون المحجوز الكلي عليها لا يزيد
عن (٥%) و D_{min} هو فتحة المهزة التي يكون المحجوز الكلي عليها لا يقل
عن (٩٥%) .

(٢) البحص :

ويحصل عليه بطحن الصخور الطبيعية او الزلط او خبث الافران العالية
والاحجار الاصطناعية الى قطع بأبعاد (٥-٧٠) مم . ويكون الطحن بواسطة
مطاحن الاحجار . وينتج البحص وحببات ناعمة (الرمل والغبار) وشكل البحص
الناتج ليس صحيحا ويفضل الشكل الاقرب الى المكعب او المثلث . وبسبب
خشونة سطوح حبات البحص فانها تلتصق مع الحجر الاسمتي في البيتون
بشكل افضل من سطوح حبات الزلط مالا ان الخليطة البيتونية باستعمال
البحص تكون اقل طراوة . تتميز ماركة البحص بحد المتانة على الضغط للصخر
الطبيعي في حالة الاشباع بالماء ويقسم البحص الى الماركات التالية :
(١٢٠٠-١٠٠٠-٨٠٠-٦٠٠-٤٠٠-٣٠٠-٢٠٠) يجب الانتقاص
ماركة البحص من الصخور الاندفاعية عن (٨٠٠) ومن الصخور الاستحالية
عن (٦٠٠) والصخور الرسوبية الكربوناطية عن (٣٠٠) ويجب ان تزيد ماركة
البحص عن ماركة البيتون بنسبة (١) للبيتون بماركة اقل من (٣٠٠) و(٢)
مرة للبيتون بماركة (٣٠٠) واعلى .

ويجب الاتزيد نسبة المواد الهشة عن (١٠%) وزنا ، كما يجب الاتزيد
نسبة الحبات الابرية والقرصية عن (١٥%) والاتزيد نسبة الجزيئات الخضارية
والغبارية عن (٢%) للبحص من الصخور الاندفاعية وعن (٣%) للبحص من الصخور
الكربوناطية .

٤- صفات الخليطة البيتوية والبيتون :

يجب ان تكون متانة البيتون بعمر معين مساوية للمتانة المطلوبة وان تكون خواصه الاخرى موافقة لمجال استعمال العنصر المحضر (كالمقاومة ضد الماء والصقيع، الكثافة ٠٠ الخ) وعدا عن ذلك تتطلب درجة معينة لطراوة الخليطة البيتوية الموافقة للطرق المستعملة في صبها .

١- متانة البيتون :

يتعرض البيتون في عناصر البناء والمنشآت لشروط في العمل مختلفة من الضغط والشد والانحطاف والقص ، ويعتبر ماركة البيتون حد المتانة على الضغط لمكعبات بضلع (٢٠) سم او اسطوانات بقطر (١٥) سم وارتفاع (٣٠) سم في شروط الحرارة والرطوبة النظمية .
لايسمح ان تكون ماركة البيتون اقل من الماركة المطلوبة بينما يسمح ان تكون اكبر ولكن ليس باكثر من (١٥ %) .

تتعلق متانة البيتون بفعالية الاسمنت والنسبة الاسمنتية المائية وجودة المادة الحصوية ودرجة رص الخليطة البيتوية وشروط تصلبها .
ومن هذه العوامل فان اكثرها تأثيرا هي فعالية الاسمنت والنسبة الاسمنتية المائية . ان الاسمنت الاعلى ماركة يعطي بيتونا بماركة اعلى ولكن من اسمنت ذى ماركة معينة يمكن الحصول على بيتون بمختلف الماركات وذلك بتغيير كمية الماء .

تستعمل نسبة الماء الى الاسمنت من (٦٠) وحتى (٧٠) وذلك للحصول على خليطة بيتوية سهلة الصب بينما تلزم نسبة من الماء لا تزيد عن (٢٠ %) من وزن الاسمنت لاجراء التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء .

ويتمخر القسم الزائد من الماء (الذي لا يدخل في التفاعل مع الاسمنت)
مشكلا في البيتون مسامات تخفض من كثافة البيتون وبالتالي من متانته .
وهذا يعني انه يمكن رفع ماركة البيتون بانقاص النسبة المئوية الاسمنتية
المستعمله في الخليطة البيتونيه .

يمكن تعيين ماركة البيتون حسب الدستور التالي :

$$R_b = AR_c \left(\frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

وذلك عند ما تكون نسبة الماء الى الاسمنت اكثر من ٠.٤٥ (اى $\frac{C}{W} \leq 2.5$)

وعند ما تكون نسبة الماء الى الاسمنت اقل من ٠.٤٥ (اى $\frac{C}{W} > 2.5$)

تعيين الماركة حسب الدستور : $R_b = A_1 R_c \left(\frac{C}{W} + 0.5 \right)$

حيث : R — حد متانة البيتون على الضغط بعمق (٢٨) يوما ، المتطلب

بالشروط النظامية كغ / سم ٢ .

R_c — فعالية الاسمنت اى حد المتانة على الضغط لمكعبات من

العونه الاسمنتية الموافقة للمواصفات ، كغ / سم ٢

$\frac{C}{W}$ — نسبة الاسمنت الى الماء .

A_1 ، A — معاملان بدون وحدة يتعلقان بجودة المادة الحصوية ويساويان

الى (٠.٦٥ و ٠.٣) للمادة الحصوية الجيدة (٠.٦٥ و ٠.٣) (٠.٣ و ٠.٦٥)

للعادية ، (٠.٥٥ و ٠.٣٧) للردئية .

وتؤثر على ماركات البيتون درجة ارتصاص الخليطة البيتونية وشروط

تصلب البيتون . اذا كانت متانة المادة الحصوية اعلى من متانة البيتون

فانها لا تؤثر على متانته ، بينما تؤثر اذا كانت متانتها اقل من متانة

البيتون .

كذلك تؤثر خشونة سطوح المادة الحصى على متانة البيتون • وبكس
الزلط فان للبحر سطحاً خشناً مما يساعد على الالتصاق الوثيق مع الحجر
الاسمتي • وللبيتون المحضر باستعمال البحر مع تساوى بقية الشروط متانة
اعلى مما للبيتون المحضر باستعمال الزلط •

يؤثر التركيب الميئالي للاسمنت وكذلك كمية الماء في الخليطة البيتونية
على سرعة تصلب البيتون • وان كمية الماء تحدد طراوة (اوقساوة) الخليطة
البيتونية • ان الخلاط البيتونية القاسية تؤمن تصلباً اسرع من الخلاط
الطرية •

وتزداد متانة البيتون الثقيل دون توقف وذلك في شروط الحرارة والرطوبة
الملائمة وفي (٧-١٤) الايام الاولى فان متانة البيتون تتزايد بسرعة ثم تتباطأ
في (٢٨) يوماً وتدرجياً يخمد التزايد • وفي شروط الوسط الرطب والدافئ
فان المتانة يمكن ان تزداد في غضون بضعة سنوات • في الشروط الطبيعية
فان متانة البيتون بعمر (٧) ايام تبلغ (٦٠-٧٠) من ثلثه بعمر (٢٨) يوماً
والمتانة بعمر (٣) اشهر اكبر بـ (٢٥ %) وبعمر (١٢) شهراً اكبر بـ (٧٥ %) من
المتانة بعمر (٢٨) يوماً •

والمتانة تتغير مع الزمن حسب علاقة لوغارتمية :

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28} \text{ KgF/cm}^2$$

حيث R_n — متانة البيتون بعمر n يوماً بالكغ / سم^٢

R_{28} — متانة البيتون بعمر (٢٨) يوماً بالكغ / سم^٢

n — عمر تصلب البيتون بالايام

تعتبر الشروط الطبيعية للحرارة والرطوبة في حالة كون الرطوبة (٩٠-١٠٠ %)
والحرارة (٢٠ + ٣) درجة مئوية •

تزداد سرعة تصلب البيتون برفع درجة الحرارة وتتنخفض بتخفيضها * وفي غضون (١٠-١٤) ساعة من التصلب في وسط مشبع بالبخار وبدرجة الحرارة (٨٠-٩٠)° فان متانة البيتون تبلغ (٦٠-٧٠%) من متانته بعمر (٢٨) يوما * وللتسريع في عملية تصلب البيتون يعتمد الى اضافة المواد المسرعة للتصلب مثل كلور الكالسيوم وكلور الصوديوم * ولهذه العملية اهمية خاصة في فصل الشتاء *

٢- صفات الخليطة البيتونية :

يمكن الحصول على بيتون ذي متانة عالية وديمومة كبيرة فقط بالرص الجيد للخليطة البيتونية عند صبها في القوالب مع استعمال المواد ذات الجودة العالية) وتتحدد امكانية رص الخليطة البيتونية بقرينتين اثنتين وهما :

واللدونة عبارة عن الترابط الداخلي للخليطة البيتونية وامكانيتها التشوه واخذ شكل القالب دون انقطاعات او انفصال الى طبقات وتقاس الطراوة بامكانية الخليطة البيتونية من التشوه تحت تأثير الوزن الذاتي او الهزاجة * ولتعيين الطراوة يستعمل مخروط خاص (شكل ٥-٣) حيث يقاس هبوط

المخروط بالسم * كما يمكن تعيين قساوة

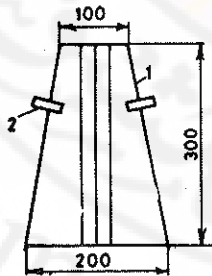
الخليطة البيتونية بالتوازي بواسطة

الفيسكوزيميترا الربي (شكل ٥-٤)

عبارة عن المدة بالتوازي اللازمة

لهذه الخليطة البيتونية حتى يصبح

سطحها مستويا *



مخروط تعيين طراوة الخليطة البيتونية

شكل ٥-٣

للخليطة المائعة قساوة تساوى صغر ثائية والخليطة المائعة

قليلا (١٥-٢٥) ثائية ، والقاسية (٣٠-٢٠٠) ثائية والقاسية جدا اكثر

من (٢٠٠) ثائية •

وتؤثر على طراوة البيتون عدة عوامل مثل نوع الاسمنت ومصروف الماء ومصروف العجينة الاسمنتية وكبر حبات المادة الحصوية وشكل هذه الحبات ومصروف الرمل •

بتغيير نوع الاسمنت مع الابقاء على بقية العوامل ثابتة تتغير طراوة الخليطة البيتونية وهذا يعود الى ان متطلب الاسمنت للماء يتعلق بنوع الاسمنت • فكلما كان متطلب الاسمنت للماء اعلى كلما كانت الطراوة اقل او القساوة اعلى •

و بزيادة الماء مع الاحتفاظ بمصروف ثابت من الاسمنت فان الطراوة تزداد ولكن المتانة تنخفض • وبزيادة كمية العجينة الاسمنتية فان الطراوة تزداد والمتانة تبقى على ما هي عليها •

باستعمال مادة حصوية ذات حبات اكبر فان السطح النوعي للمادة الحصوية ينقص وبالتالي فان القشرة من العجينة الاسمنتية تكون اسك ولذا ترتفع الطراوة • وان زيادة مصروف الرمل عن النسبة المثلى تزيد من السطح النوعي للمادة الحصوية وبالتالي تنخفض من طراوة الخليطة البيتونية •
عندما تكون حبات المادة الحصوية كروية الشكل وملساء فان السطح النوعي لها يكون اقل من تلك الحبات الخشنة السطوح والمسننة وكذلك فان الاحتكاك يكون اقل •

ولهذا فان المادة الحصوية المولفة من الزلط والرمل ذى الحبات
المكورة تجعل الخليطة البيتونية ذات طراوة اعلى من طراوة الخليطة المحضرة
بالمادة الحصوية المولفة من البحص والرمل ذى الحبات المسننة والسطح
الخشن .

تتميز الخليطة البيتونية القاسية بكونها اقتصادية اكثر من الخليطة
البيتونية المائعة وذلك لان الاولى تتطلب مصروفا اقل من الاسمنت . وعند
اختبار طراوة الخليطة البيتونية يجب مراعاة ابعاد وميزات المنشآت وكثافة
التسليح وطرق رص الخليطة البيتونية .

ويمكن اختيار طراوة الخليطة البيتونية لمختلف المنشآت بحسب معطيات
الجدول (١٥)

جدول رقم (٥ - ١)

الطراوة المقترحة للخليطة البيتونية لمختلف المنشآت

نوع المنشآت والمنتجات وطرق تحضيرها	هبوط المخروط بالسم	قريبة القساوة بالثواني
أ- المنشآت البيتونية المصبوبة :		
طبقة تحضيرية لقواعد واساسات الطرق	٠	٦٠-٥٠
الارضيات وتغطية الطرق والمطارات والكتل البيتونية غير المسلحة (جدران استنادية بملوكات ، قواعد)	٢ - ٠	٣٥-٢٥
منشآت مسلحة كتلية (أى بحجم كبير)	٤-٢	٢٥-١٥
منشآت الحماية من البيتون الثقيل جدا	٤-٢	٢٥-١٥
بلاطات وجوائز واعمد ذات المقاطع الكبيرة والمتوسطة المصبوبة في مكان البناء	٤-٢	٢٥-١٥
منشآت صغيرة السماكة ذات تسليح كثيف	٦-٤	١٥-١٠

تابع جدول (٥ - ١)

ب - منتجات بيتوتية وبيتوتية مسلحة :

١٠٠ - ٨٠	• منتجات مصبوبة مع فك القوالب بسرعة (جزئيا او بشكل كامل)
٨٠ - ٦٠	• جدران جاهزة تحضر بالوضع الافقية مع استعمال الهزازات - والضغط
٦٠ - ٥٠	• العناصر البيتوتية المسلحة المجهزة مع استعمال الهزازات والضغط الكبير

٥ § - تصميم الخليطة البيتوتية :

الهدف من تصميم الخليطة البيتوتية هو تحديد مصروف المواد ل (١ م)
من الخليطة البيتوتية بحيث يحصل على الطراوة والمتانة المطلوبتين بأقل
كلفة ممكنة • واحيانا بحيث يحصل على مقاومة معينة لنفاذ الماء او خواص
معينه اخرى

يعبر عن تركيب الخليطة البيتوتية بنسب وزنية (ونادرا بنسب حجمية
ودقتها اقل) بين كميات الاسمنت والرمل والبحص (او الزلط) مع ذكر النسبة
المائية الاسمنتية

ان كمية الاسمنت تعتبر مساوية الى الواحد الاسمنت : الرمل : البحص
= ١ : س : ع و $\frac{W}{C} =$ ص (مثلا ١ : ٢ : ٤ و $\frac{W}{C} = ٠.٤٥$)
وفي المعامل البيتوتية تؤخذ المواد بالاوزان ويعبر عن تركيب البيتوتون بمصروف
المواد وزنا ل ١ م ٣ من الخليطة البيتوتية المرصوفة ، مثلا الاسمنت (٢٦٠)
الرمل (٧٠٠) والبحص (١٢٦٠) كغ / م ٣ والماء (١٧٠) ل / م ٣

ويوجد تركيبان للبيتون ، الاول وهو التركيب المخبرى باعتبار المواد الداخلة في تركيب الخليطة البيتونية بشكل جاف • والتركيب الثاني التركيب الانتاجي (في الورشة) للعواد بحالتها الطبيعية اى بالرطوبة الطبيعية • وقبل البدء بتصميم الخليطة البيتونية يجب التحقق من جودة المواد الداخلة في تركيب الخليطة • الاسمنت والماء والرمل والبص (او الزلط) بحسب المواصفات المعمول بها •

في حساب تصميم الخليطة البيتونية تستعمل طريقة الحجم المطلقة التي اقترحها البروفيسور سكرامتايف التي تنص على ان البيتون الثقيل المصبوب والمرصوص (بعد تجهيز الخليطة البيتونية) يقترب الى الارتصاص المطلق اى ان مجموع الحجم المطلقة للعواد الداخلة في تركيب الخليطة ل ١ م ٢ يساوى الى حجم الخليطة البيتونية المرصومة •

المعطيات التي يجب ان تكون معروفة لتصميم الخليطة البيتونية هي : ماركة البيتون R_b وقيمة طراوة اوقساوة الخليطة البيتونية ، وقرائن العواد الداخلة ماركة الاسمنت R_c والوزن النوعي للاسمنت والوزن النوعي والحجمي للرمل والبص (او الزلط) ومسامية البص (او الزلط) •

يجرى حساب مصروف العواد الداخلة في تركيب الخليطة ثم يدقق مصروف هذه العواد بتحضير عينات من هذه الخليطة البيتونية •
١- تعيين النسبة الاسمنتية المائية من الدساتير التالية :

$$\frac{C}{W} \leq 2,5 \quad \text{أ - لبيتون بنسبة}$$

$$R_b = A R_c \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right)$$

$$\frac{C}{W} = \frac{R_b}{A R_c} + 0,5 \quad \text{ومنها :}$$

$$\frac{C}{W} > 2.5$$

ب - لبيتون بنسبة

$$R_b = A. R_c \left(\frac{C}{W} + 0.5 \right)$$

$$\frac{C}{W} = \frac{R_b}{A_1 R_c} - 0.5$$

ومنها :

٢- تعيين مصروف الماء :

ان كمية الماء المثلى يجب ان تؤمن الطراوة المطلوبة او القساوة المطلوبة (الخليطة البيتونية *) وحين بشكل تقريبي من معطيات الجدول (٢ - ٥)

٣- تعيين مصروف الاسمنت :

باستعمال النسبة الاسمنتية المائبة ومصروف الماء يمكن حساب

$$C = \frac{C}{W} \cdot W$$

مصروف الاسمنت :

ويجب الا يقلص مصروف الاسمنت عن القيمة الدنيا المسوح بها بحسب المواصفات (جدول ٥ - ٣)

اذا كان مصروف الاسمنت اقل من القيمة الدنيا فيجب استعمال القيمة الدنيا كمصروف للاسمنت واستعمال مادة مسحوق اضافية (جدول

٥ - ٣)

جدول رقم (٥-٢)

مصروف الماء في الخليطة البيتونية

مصروف الماء في الخليطة البيتونية باستعمال زلط ذي ابعاد اكبر الحبات بال مم .			قريبة الخليطة البيتونية	
٤٠	٢٠	١٠	الطراوة والقساوة بالثواني	هبوط المخروط بالسم
١٢٠	١٣٠	١٤٥	٢٠٠ - ١٥٠	.
١٢٥	١٣٥	١٥٠	١٢٠ - ٩٠	.
١٣٠	١٤٥	١٦٠	٨٠ - ٦٠	.

تابع الجدول رقم (٥ - ٢)

١٣٥	١٥٠	١٦٥	٥٠-٣٠	٠
١٤٥	١٦٠	١٧٥	٣٠-١٥	٠
١٥٥	١٧٠	١٨٥	٣٠-١٥	١
١٦٠	١٧٥	١٩٠	٣٠-١٥	٢
١٦٥	١٨٠	١٩٥	٣٠-١٥	٣
١٧٠	١٨٥	٢٠٠	٣٠-١٥	٥
١٧٥	١٩٠	٢٠٥	٣٠-١٥	٧
١٨٠	١٩٥	٢١٠	٣٠-١٥	٨
١٨٥	٢٠٠	٢١٥	٣٠-١٥	١٠

ملاحظة :
=====

- ان معطيات هذا الجدول صحيحة للبيتون المحضر باستعمال الاسمنت البورتلاندى والرمل المتوسط الخشونة وكما دة حصوية الزلط باستعمال غيرها من الشروط فان مصروف الماء يزداد .
- عند استعمال البحص عوضا عن الزلط بمقدار (١٠) ل / م٣
- وعند استعمال الرمل الناعم بمقدار (١٠) ل / م٣ .

جدول رقم (٥ - ٣)

القيم الدنيا المسموح بها لمصروف الاسمنت

شروط استثمار المنشآت	طريقة رص الخليطة البيتونية	القيمة الدنيا المسموح بها لمصروف الاسمنت بالكغ/م ^٣
بيتون المنشآت الموجودة بالتماس مع الماء والمعرضة للتجمد المتكرر .	باستعمال الهزازة	٢٤٠
	بدون استعمال الهزازة	٢٦٥
بيتون المنشآت العادية غير المحمية عن التأثيرات الجوية	باستعمال الهزازة	٢٢٠
	بدون استعمال الهزازة	٢٥٠
بيتون المنشآت البيتونية المحمية عن التأثيرات الجوية	باستعمال الهزازة	٢٠٠
	بدون استعمال الهزازة	٢٢٠

٤- تعيين مصروف المادة الحصوية (الرمل والبحص والزلط) لـ ٣م^٣ من البيتون :

لتعيين مصروف الرمل والبحص يفترض شرطان :

(١) ان مجموع الحجوم المطلقة للواد الداخلية في الخليطة بالليترات

يساوى ٣م^٣ (١٠٠٠ ليتر) من الخليطة البيتونية المروضة .

$$\frac{C}{\gamma_c} + \frac{W}{\gamma_w} + \frac{S}{\gamma_s} + \frac{G}{\gamma_g} = 1000 \text{ L}$$

حيث C , S , W , G مصروف الاسمنت والماء والرمل والبحص بالكغ/م^٣

γ_c , γ_s , γ_w , γ_g الوزن النوعي لهذه المواد بالكغ/دم^٣

(٢) ان العونة الاسمنتية الرملية تملأ الفراغات في المادة الحصوية الخشنة

مع توسيع للفراغات لتخليف حبات المادة الحصوية الخشنة بطريقة

من العونة (.

$$\frac{C}{\gamma_c} + \frac{W}{\gamma_w} + \frac{S}{\gamma_s} = P_o \cdot \frac{G}{\gamma_{og}} \cdot \alpha$$

— ١٤٠ —

ويحل هاتين المعادلتين نحصل على مصروف البحص :

$$G = \frac{1000}{\rho_o \gamma_{og} + \frac{1}{\gamma_g}}$$

حيث : P_o - نسبة الفراغات في البحص والزلط في الحالة الجافة .

γ_{og} - الوزن الحجمي الردي للبحص بالكغ / ل

γ_g - الوزن النوعي للبحص بالكغ / ل

α - عامل توسيع الفراغات (ازاحة حبات البحص عن بعضها البعض)

ويساوى للخليطة القاسية (٥٠ - ١٠٠) وللطرية (١٢ - ١٤)

واكثر .

وبعد الحصول على مصروف البحص يمكن حساب مصروف الرمل بحسب الدستور

$$S = \left[1000 - \left(\frac{C}{\gamma_c} + W + \frac{G}{\gamma_g} \right) \right] \cdot \gamma_s$$

٥ - التحقق من طراوة الخليطة البيتونية :

بعد تعيين مصروف المواد الداخلة في تركيب الخليطة يعمد السجى

تحضير الخليطة البيتونية التجريبية بحجم (. ليتر) (جدول رقم ٥ - ٤) ويعين

هبوط المخروط او القساوة . اذا كانت الطراوة اقل من المطلوبة تزداد كمية

الماء والاسمنت بنفس النسبة . واذا كانت الطراوة اكثر من المطلوبة

تزيد كمية الرمل والبحص بنفس النسبة .

جدول رقم (٥ - ٤)

مصروف المواد للخليطة البيتونية بحجم ١٠ لىتر

المواد	مصروف المواد بالكغ لخليطة بيتونية بحجم			الحجم المطلق لىتر	الحجم العادى لىتر
	الابتدائى	الاضافات	النهائى		
المجموع					

٦- التحقق من التركيب الحسابى للبيتون :

- ولذلك تجهز ثلاثة خلاط بيتونية بثلاثة نسب بين الماء والاسمنت احدى هذه النسب هي النسبة الناتجة من التركيب الحسابى للبيتون والاثنان الاخرتان بحيث تكون اقل واكثر ب ١٠-٢٠% ويعصب مصروف الاسمنت والماء والرمل والبحر لهمايتين الخليطتين بحسب الطريقة نفسها .
- تصب ثلاثة قوالب لكل خليطة بابعاد ٢٠×٢٠×٢٠ سم (اواسطوانات بقطر ١٦ وارتفاع ١٦ سم) وتحفظ هذه العينات في الشروط النظامية للحرارة والرطوبة لمدة (٢٨) يوما حيث تعين ماركة البيتون .
- وبحسب القيم الناتجة يرسم مخطط علاقة متانة البيتون بنسبة الماء الى الاسمنت وبمساعدة هذا المخطط تؤخذ نسبة الماء الى الاسمنت التي تؤمن المتانة المطلوبة .

تحتسب رطوبة المواد الحصى (الرمل والبحر) وتزداد كمية الرمل والبحر في الحالة الطبيعية بحيث يكون المصروف في الحالة الجافة مساويا للمصروف المحسوب بينما تنقص كمية الماء بمقدار رطوبة البحر والرمل *

$$S_w = S \left(1 + \frac{W_s}{100} \right)$$

$$G_w = G \left(1 + \frac{W_g}{100} \right)$$

$$W_l = W - \left[(S_w - S) + (G_w - G) \right]$$

٧- بعزج الخليطة البيتونية فانها تترس وذلك لأن حبات الرمل تتوضع في الفراغات بين حبات البحر والزلط والعجينة الاسمنتية تتوضع في الفراغات بين حبات الرمل وحبات البحر * ولهذا فان حجم الخليطة البيتونية الناتجة (V_b) يكون دائما اصغر من مجموع حجوم البحر والرمل والاسمنت في الحالة الطبيعية والنسبة بين هذين الحجمين تسمى بعامل خروج البيتون :

$$\beta = \frac{V_b}{V_c + V_s + V_g}$$

حيث: V_g , V_s , V_c - حجوم الاسمنت والرمل والبحر في الحالة

الطبيعية بالليتر في حالة البيتون ذي المواد الحصى الخشنة

$\beta = 0,67 - 0,70$ والبيتون ذي المواد الحصى الناعمة

$$\beta = 0,70 - 0,80$$

لـ وباستعمال β تحسب مصاريف المواد اللازمة لجباله بحجم V :

$$C_v = \frac{\beta \cdot V}{1000} \cdot C ;$$

$$W_v = \frac{\beta \cdot V}{1000} \cdot W ;$$

$$S_v = \frac{\beta \cdot V}{1000} \cdot S_w ;$$

$$G_v = \frac{\beta \cdot V}{1000} \cdot G_w ;$$

حيث: G_v, S_v, W_v, C_v — كمية الاسمنت والماء والرمل والبصم لخلطة

• واحدة في الجباله بالكغ

• β — عامل خروج البيتون

G_w, S_w, W_f, C — مصروف الاسمنت والماء والرمل والبصم للخليطة

• البيتونية بالكغ/م³ في شروط الورشة

٩ — تحسب مسامية البيتون الطازج حسب القانون التالي :

$$P_{o1} = \frac{\gamma_{ob}^t - \gamma_{ob}^f}{\gamma_{ob}^t}$$

حيث: γ_{ob}^t — الوزن الحجمي النظري للبيتون الطازج

• γ_{ob}^f — الوزن الحجمي الحقيقي للبيتون الطازج

$$\gamma_{ob}^t = \frac{C + W + S + G}{\frac{C}{\gamma_c} + \frac{W}{1} + \frac{S}{\gamma_s} + \frac{G}{\gamma_g}}$$

$$\gamma_{ob}^f = \frac{P_1 - P_2}{V}$$

حيث: P_1 — وزن القالب مع البيتون

• P_2 — وزن القالب وهو فارغ

• V — الحجم الداخلي للقالب

١٠ — تحسب مسامية البيتون بعد فترة من الزمن وذلك بفرض ان الماء قد

تفاعل مع الاسمنت بعد هذه الفترة من الزمن بنسبة ٢ بالمائة

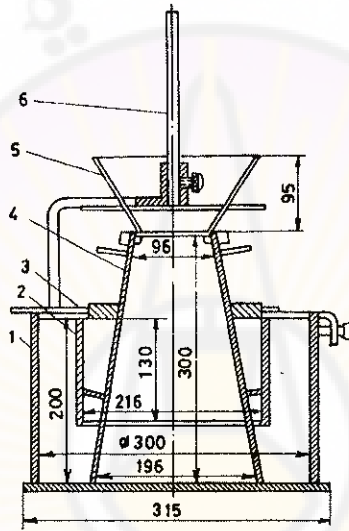
من وزن الاسمنت ، فتكون المسامية الناجمة عن تبخر الماء الذي

لم يدخل في تفاعل مع الاسمنت P_{o2} حسب القانون التالي :

$$P_{o2} = \frac{W - 2 \cdot C}{\frac{C}{\gamma_c} + \frac{W}{1} + \frac{S}{\gamma_s} + \frac{G}{\gamma_g}}$$

ومسامية البيتون الكاملة بعد فترة من الزمن عبارة عن مجموع مسامية
البيتون الطازج ومسامية البيتون الناجفة عن تبخر الماء الذي لم يدخل
في تفاعل مع الاسمنت :

$$P_{ob} = P_{o1} + P_{o2}$$



الشكل (٥-٤)
الفيلكوزيمتر الذي

الفصل السادس

البيتون الخفيف

=====

§ ١- تصنيف البيتون الخفيف :

ينتسب البيتون الذى وزنه الحجمي محصور بين (٥٠٠) و (١٨٠٠) كغ / م^٣ الى البيتون الخفيف الذى يتميز بمسامية عالية .
وبحسب طريقة تشكيل المسامات الاصطناعية يقسم البيتون الى الانواع التالية :

- (١) - البيتون الخفيف المحضر بالمواد الحصوية الخفيفة .
 - (٢) - البيتون ذو المسامات الكبيرة (بدون رمل) المحضر بالمواد الحصوية من مقاسات واحدة كثيفة او خفيفة ولكن بدون رمل .
 - (٣) - البيتون ذو المسامات الاصطناعية حيث تحل المسامات الاصطناعية محل المواد الحصوية .
- وبحسب مجال الاستعمال يقسم البيتون الخفيف الى :
- (١) - البيتون الخفيف العازل للحرارة والوظيفة الرئيسية له هو تأمين العزل الحرارى الضرورى للجدران . وزنه الحجمي أقل من ٥٠٠ كغ / م^٣ وعامل ناقليته للحرارة حتى (٠.٢٠) حره / م. سا . درجة .
 - (٢) - البيتون الخفيف الحامل ووظيفته تحمل قوى كبيرة في المباني وزنه الحجمي يتراوح بين (١٤٠٠ - ١٨٠٠) كغ / م^٣ وماركته لا تقل عن (٥٠) كغ / م^٣ .
 - (٣) - البيتون الخفيف الحامل والعازل للحرارة ووظيفته الجمع بين حمل الحمولات والعزل الحرارى . ومن خواصه الرئيسية

الوزن الحجمي (٥٠٠ - ١٤٠٠) كغ / م^٣ عامل ناقليته للحرارة لا يزيد عن - (٥٥ حرة / م. سا . درجة وماركنه لا تقل عن (٣٥ كغ / سم^٣) .

يختلف البيتون الخفيف المحضر بالمواد الحصوية الخفيفة عن البيتون العادي الثقيل بسبب المواد الحصوية الخفيفة . فالوزن الحجمي لهذه المواد الحصوية الخفيفة أقل من الوزن الحجمي للمواد الحصوية الكثيفة ومقاومتها أقل وسطوحها خشنة . والصفات هذه للمواد الحصوية الخفيفة تؤثر على صفات خلاط البيتون الخفيف وعلى صفات البيتون الخفيف .

وبحسب ما تكون المواد الحصوية كثيفة او مسامية (خفيفة) فان كمية الماء اللازمة للخليطة البيتونية تتغير كما تتغير الصفات الرئيسية للببتون الخفيف . تعتبر كمية الماء اللازمة للخليطة البيتونية من أحد العوامل الحاسمة التي تتعلق مقاومة الببتون الخفيف بها ، اذا زادت كمية الماء حتى الكمية المثلى فان المقاومة تزداد واذا زادت عن الكمية المثلى نقصت المتانة .

المصروف الا مثل للماء في الببتون الخفيف يوافق الكثافة العظمى للخليطة المصبوبة حسب الشروط المعطاة ولذا يحدد المصروف الا مثل للماء بحسب المتانة العظمى او الوزن الحجمي الاعظمى للخليطة المرصودة او باقل عامل خروج للببتون . ان الزيادة القليلة عن النسبة المثلى للماء في الببتون الخفيف هي أقل ضررا عن نقصانه . ويوافق المصروف الا مثل للماء القابلية العالية للشغل والتي تسمح بصب الببتون الخفيف باكثر درجة تراس .

ان السبب في محاولة الرص الجيد للمواد الحصوية يعود الى انه يمكن الحصول على أخف بيتون بالمتانة المطلوبة باستعمال اقل مصروف ممكن من المادة الرابطة واكثر ارتصا للمواد الحصوية المسامية اي أعلى درجة تراس للخليطة . يمكن الرص بشكل جيد بواسطة الهزازات (الرجايات) .

مع استعمال حمولة موزعة بانتظام على سطح الكتلة التسي
يسود رصها *

يتعلق المصروف الامثل للماء في تحضير البيتون الخفيف بالدرجة
الاولى بمتطلبات المواد الحصوية والمادة الرابطة للماء وشدة الرص كما
يتعلق متطلب المواد الحصوية للماء بالتركيب الحجمي لها وبمساميتها
وعادة يزداد السطح النوعي لها بازدياد المسامات المفتوحة فيها .
* ان المواد الحصوية المسامية تمتص الماء من العجينة الاسمنتية في فترة
تحضير الخليطة البيتونية وصبها مما يدعو الى التجمد السريع للخليطة
البيتونية وبالتالي تجعلها قاسية وصعبة الشغل . ان هذه الخاصية
تزداد بسبب المواد الحصوية الخفيفة . ولرفع طراوة الخليطة البيتونية
يتوجب زيادة مصروف الماء اكثر من البيتون العادي (الثقيل) .

يتعلق الوزن الحجمي والمتانة للبيتون الخفيف بشكل رئيسي بالوزن
الحجمي للمواد الحصوية وتركيبها الحجمي وبمصروف المادة الرابطة
والماء وكذلك يتعلق بطريقة رص الخليطة البيتونية . وبحسب جودة المواد
الحصوية يمكن الحكم على المتانة التي يمكن الحصول عليها للبيتون
الخفيف المحضر باستعمال هذه المواد الحصوية .

وتنفذ عمليا الجدران الحاملة وعناصر البناء الحاملة الاخرى من البيتون
الخفيف المرصوف بشكل جيد ذي المتانة العالية نسبيا (٥٠ - ٥٠ كغ/سم^٢)
ويتوصل الى تخفيض الوزن الحجمي للبيتون بالاختيار الدقيق للتركيب
الحجمي للمواد الحصوية المسامية وباستعمال اقل مصروف ممكن للمادة
الرابطة وذلك للحصول على المتانة المطلوبة اي بماء اكبر حيز من
البيتون بالمواد الحصوية المسامية ، وهذا يعود الى

كسبون المواد الحصوية المسامية أخف من الحجر الاسمنتي . ويتوصل الى هذا باستعمال نسبة مثلى بين المواد الحصوية الناعمة والخشنة ولكل مادة حصوية نسبتها المثلى . ان النسبة المثلى بين المادة الحصوية الخشنة توافق أقل وزن حجمي للبيتون وأقل مصروف للاسمنت . الا انه يجب الانتباه الى ان زيادة نسبة المادة الحصوية الناعمة عن النسبة المثلى تسبب ازدياد الوزن الحجمي للبيتون وتقليل طراوة الخليطة البيتونية . يختار التركيب الحجمي الامثل للمادة الحصوية بالتجريب .

ولا نقاص الوزن الحجمي للبيتون دون انقاص متانته يمكن استعمال مسواد رابطة ذات فعالية عالية (ماركة عالية) ويقترح استعمال الرابط بحيث تكون ماركة اعلى من ماركة البيتون الخفيف المصمم (٤ - ٦) مرات .

من ميزات البيتون الخفيف ان متانته لا تتعلق فقط بجودة الاسمنت بل وبمصروفه بزيادة مصروف الاسمنت تزداد متانة البيتون الخفيف كما يزداد وزنه الحجمي وذلك لانه بزيادة العجينة الاسمنتية فان الخليطة البيتونية تترص بشكل أكبر وتزداد نسبة المادة الاكثر متانة وكثافة في البيتون وهي الحجر الاسمنتي .

تتعلق خواص العزل للبيتون الخفيف بدرجة المسامية وشكل مساماته . تنتقل الحرارة في البيتون الخفيف بواسطة المادة الصلبة وخلال الهواء المحصور في الفراغات وكذلك بنتيجة حركة الهواء فيها . ولهذا السبب كلما صغرت ابعاد الفراغات كلما تحسنت خواص العزل للبيتون الخفيف . يستعمل البيتون الخفيف بسبب تنوع وتعدد خواصه في مجالات واسعة في البناء . ان تحضر جدران وسقوف جاهزة من البيتون المحضر على المادة الحصوية المسامية . كما يحضر من البيتون الخفيف مسبقا لاجهاد عناصر للجسور والجوائز والبلاطات للجسور . كما تبني عناصر لتنفو على المياه .

٢- المواد اللازمة في تحضير الببتون الخفيف:

١- المواد اللاصقة :

لتحضير الببتون الخفيف تستعمل كل انواع الاسمنت المعروفة . وان اختيار نوع الاسمنت يعود الى عدة اسباب : المقاومة المطلوبة للببتون ، المقاومة الضرورية ضد تأثير الوسط ، نظام تصلب الببتون وغيرها من العوامل ويقترح باستعمال ماركات الاسمنت بحسب المقاومة المطلوبة للببتون :

ماركة الببتون :	حتى ٣٥	٥٠ - ٧٥	١٠٠ - ١٥٠	٢٠٠ واكثر
ماركة الاسمنت :	٢٠٠ - ٣٠٠	٢٥٠ - ٣٠٠	٤٠٠ - ٥٠٠	٥٠٠ واكثر

لاجل الببتون الخفيف المتصلب بالشروط الطبيعية (بدون استعمال الاوتوكلاف) يستعمل الاسمنت وانواعه . وان المواد الرابطة المحلية (الكسرع الخبث) تستعمل في الاغلب لتحضير المنتجات المتصلبة باستعمال الاوتوكلاف ولذا فان اختيار نوع المادة الرابطة يكون مع الاخذ بعين الاعتبار لشروط تصلب المنتجات من الببتون الخفيف (تصلب طبيعي ، او مع استعمال البخار الساخن او استعمال الاوتوكلاف . . الخ) . ولكن في جميع الاحوال يجب استعمال المادة الرابطة ذات الفعالية العالية (الماركة العالية) وذلك لتخفيف الوزن الحجمي للببتون الخفيف .

٢- المواد الحصوية :

تستعمل كمواد حصوية للببتون الخفيف المواد الطبيعية والصناعية الحصوية بوزن حجمي (في حالة الارتصاص الطبيعي) لا يزيد عن

(٢٠٠) كغ/م^٣ وأبعاد الحبات حتى (٥) مم (للرمل) ووزن حجمي لا يزيد عن
 (١٠٠٠) كغ/م^٣ وأبعاد الحبات بين (٥ - ٤٠) مم (للبحص والزلط) .

تحصل على المواد الحصوية الطبيعية بطحن المواد الصخرية الخفيفة
 الخفاف والرماح البركاني - والمواد الكلسية المسامية وغيرها . . .

وتحصل على المواد الحصوية الاصطناعية من فضلات الصناعة أو بطريقة
 المعاملة الحرارية للمواد السيليكاتية بعد طحنها ونخلها . من فضلات
 الصناعة يحصل في الغالب على الرمل والبحص من خبث الافران العالية .

يتشكل الخبث الرمادي (تيرموزيت) باستعمال نظام خاص في تبريد
 الرماد المصهور الناتج من الافران العالية في صناعة الحديد كما يتشكل
 الرماد المصنف - وهو عبارة عن مادة ناعمة وسامية يحصل عليها بالتبريد
 السريع للرماد المنصهر الناتج من الافران العالية .

ومن المواد الحصوية المحضرة بشكل خاص الزلط الكيرامزيتي والرمل
 الكيرامزيتي . يحصل على الكيرامزيت بشوى الغضار الذى ينتفخ من خروج
 انفازات . ويحصل على الرمل الكيرامزيتي بطحن ونخل الزلط الكيرامزيتي
 وبحسب شكل سطوح المواد الحصوية المسامية فانها يمكن ان تكون
 مدورة ومسطاة او مستتة وخشنة . وبحسب حجم حباتها تنقسم الى الفئات التالية :

(رمل حتى ١٢ و ١٢ ر) - ٥ مم والزلط او البحص ٥ - ١٠ ، ١٠ - ٢٠ و ٢٠ - ٤٠ مم)
 وبحسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة (كغ/م^٣) تنقسم الى ماركات من
 (١٠٠) وحتى (١٠٠٠) للبحص والزلط وحتى (١٢٠٠) للرمل .

ان مقاومة المواد الحصوية المسامية تتراوح بين ٤ - ٢٠٠ كغ/سم^٢ .

٣- المواد المضافة :

تستعمل كمواد مضافة خبث الافران العالية المطحون والذياتوميت، والترهيبيل والتوفد . كما تضاف مواد مسرعة لتصلب البيتون في بعض الاحيان مثل كلور الكالسيوم بنسبة ١ - ٢ ٪ من وزن الاسمنت (وللبيتون المسلح حتى ١ ٪) .

وكمادة ناشرة للغازات من أجل تخفيف الوزن الحجمي للبيتون يضاف مسحوق الالومينيوم والبيرهيدرول وغيرها .

٤- الماء :

يستعمل الماء النظيف (ماء الشرب) ومتطلبات الماء للبيتون الخفيف هي نفسها للبيتون الثقيل (العادي) .

٥- حماية قضبان التسليح :

تسمح المسامية العالية للبيتون الخفيف من نشو* ونمو تآكل القضبان في البيتون المسلح . ولهذا السبب فان البيتون الخفيف المسلح يجب أن يكون كثيفا . وفي مثل هذا البيتون يجب الا يقل مصروف الاسمنت عن ٢٥٠ كغ / م^٣ . وأحيانا فان قضبان التسليح تغلف بمركبات مختلفة مثل المستحلب الاسمنتي الكازيني مع نيتريت الصوديوم ، والماسستيك البيتوميني مع الرمل المسحوق والرماد والمواد الحالة كالتوليويين ، والماسستيك البيتوميني الاسمنتي .

٦- تعيين تركيب البيتون الخفيف :

في تعيين تركيب البيتون الخفيف فانه يعتمد الى الحصول على بيتون اقتصادي بالمواد المعطاة والذي يوء من ليس فقط سهولة صب الخليطة

البيتونية ومثانة البيتون بل وأيضا الوزن الحجمي المطلوب باستعمال أقل مصروف ممكن للاسمنت .

وبالمقارنة مع تعيين تركيب البيتون الثقيل فان تعيين تركيب البيتون الخفيف أعقد حيث أنه من الصعب تعيين نسبة للماء الى الاسمنت . كما أن سهولة الصب تتغير بشكل حساس . وهذا يعود الى ان المواد الحصوية المسامية شربة الى الماء ولذا فهي تمتص بشدة الماء من المعجينة الاسمنتية وان خشونة سطوح المادة الحصوية تصعب الحصول على قرائن دقيقة لسهولة الصب . ولهذا السبب فان تركيب البيتون الخفيف يختار بالطريقة العملية بالتجريب بتعيين النسبة المثلى بين الاسمنت والماء لكل خليطة بيتونية على حده وتعيين علاقة مثانة البيتون بمصروف الاسمنت باستعمال المصروف الامثل من الماء .

ولا جل تأمين المصروف الادنى للاسمنت وللحصول على الوزن الحجمي المطلوب فمن الضروري اختيار التركيب الافضل للمواد الحصوية - النسبة المثلى والبحص . توجد عدة طرق في اختيار تركيب البيتون الخفيف الا انه تستعمل اكثر من غيرها طريقة اختيار تركيب البيتون الخفيف بحسب المصروف الامثل للماء . وفي هذا تستعمل طريقة الخلطات التجريبية الحاوية على العمليات التالية :

- ١ - اختيار القطر الاعظمي وتعيين مصروف البحص والرمل .
- ٢ - تدقيق مصروف الماء بحسب الطراوة او تعيين المصروف الامثل للماء بحسب الوزن الحجمي الاعظمي للخليطة البيتونية .

٣ - تعيين العلاقة بين مصروف المادة الرابطة. ومثانة الببتون المتصيف بالطراوة الضرورية للخليطة الببتونية .

٤ - كما تمين العلاقة بين مصروف الاسمنت والوزن الحجمي للببتون بالشروط المحسنة في رص الخليطة . عادة لتحضير الببتون الخفيف يستعمل زلط ذو حبات لا تزيد أبعادها عن ٤ مم ويحصل زخبات لا تزيد أبعادها عن ٢٠ مم . حيث في هذه الحالة يحصل على ببتون متجانس نسبيا *

يعين التركيب الحبي للمواد الحصوية بحسب المنحنيات النظامية (انظر الجدول ٦ - ١) .

الجدول (٦-١)

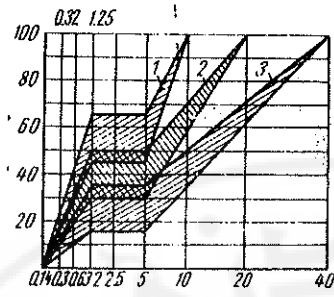
التركيب الحبي للمواد الحصوية المسامية للببتون الخفيف المصوب مع الرج

نوع المادة الحصوية المسامية	أبعاد أكبر الحبات بالمم	نسبة (بال٪ حجا) الاضاف حسب ابعاد الحبات		
		أقل من ١٢ مم	١٢ - ٢٥ مم	أكثر من ٥ مم
بحسب	١٠	٦٥ - ٤٥	٢٠ - ٠	٥٥ - ٣٥
	٢٠	٥٠ - ٣٠	٢٠ - ٠	٧٠ - ٥٠
	٤٠	٣٥ - ١٥	٢٠ - ٠	٨٥ - ٦٥
زلط	١٠	٦٠ - ٤٠	٢٠ - ٠	٦٠ - ٤٠
	٢٠	٤٥ - ٢٥	٢٠ - ٠	٧٥ - ٥٥
	٤٠	٣٠ - ١٠	٢٠ - ٠	٩٠ - ٧٠

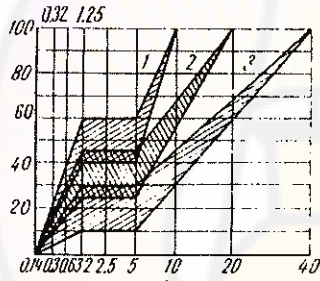
وسيكون مصروف الاسمنت الأدنى عندما يكون منحنى التركيب الحبي

للمادة الحصوية في حدود المساحات المخططة شكل (٦ - ١)

ثم يدق التركيب الحبي المجدد بالجدول (٦ - ١) او الشكل (٦- ١) بواسطة تحضير عدة خلطات بيتونية من مختلف التراكيب الحبية ومختلف المواد الحصوية . وتختلف المصاريف للاسمنت والماء (ليس أقل من ثلاثة بحسب مصروف الاسمنت) وفي هذا فانه يؤخذ مصروف الاسمنت الذي يؤمن المتانة .



(١-٦) (٩٠١)



(١-٦) (٧٤١)

- ٦- البحص والرمل المساميين . ب- الزلط والرمل المساميين .
- ١- قياس أكبر حبات المادة الحصوية. ١٠ مم .
- ٢- ايضاً ٢٠ مم . ٣- ايضاً ٤٠ مم .
- شكل (١-٦) منحنى التركيب الحبي للمواد الحصوية المسامية .

المطلوبة من الجدول (٢-٦) ومعروف ثان اكبر به ٣٥٪ ومصرف ثالث

اقل به ٢٥٪ من المصروف الاول .

ويعطى في الجدول (٣-٦) مصرف الاسمنت بالنسبة للمواد الحصوية

بوزن حجمي مساو الى ١٠٠٠ كغ/م^٣ وعند استعمال مواد حصوية اخف

من هذه فمن الضروري ضرب مصرف الاسمنت المأخوذ من هذا الجدول

بمعامل تصحيح من الجدول (٣-٦) .

جدول (٦ - ٢)

مصرف الاسمنت ماركة ٤٠م^٣ من البيتون المصنوع بالهزازة بالكغ

المادة الاحصوية المسامية	ابعاد اكبر الحبات بالم	ماركة البيتون					
		١٥٠	١٠٠	٧٥	٥٠	٣٥	٢٥
يحص	١٠	٢٥٠	١٩٠	١٧٠	١٥٠	١٣٠	١١٠
		٢٧٠	٢١٠	١٩٠	١٧٠	١٥٠	١٣٠
	٢٠	٢٩٠	٢٢٠	١٨٠	١٦٠	١٤٠	١٢٠
		٣٢٠	٢٤٠	٢٢٠	١٨٠	١٦٠	١٤٠
	٤٠	٣٤٠	٢٦٠	٢١٠	١٨٠	١٦٠	١٤٠
		٣٨٠	٢٨٠	٢٦٠	٢٠٠	١٨٠	١٦٠
الزلط	١٠	١٧٥	١٤٥	١٣٠	١١٥	١٠٠	٩٠
		٣٩٠	١٦٠	١٤٥	١٣٠	١١٥	١٠٠
	٢٠	٢٠٠	١٦٠	١٤٠	١٢٥	١١٠	٩٠
		٤٢٥	١٨٠	١٦٠	١٤٠	١٢٥	١١٠
	٤٠	٢٤٠	١٨٠	١٦٠	١٣٥	١٢٠	١١٠
		٣٧٠	٢٠٠	١٨٠	١٥٠	١٢٥	١٢٠

جدول (٦ - ٣)
قيم عامل التصحيح لمصروف الاسمنت

ماركة المادة الحموية بحسب الوزن الحجمي كغ/م ^٣	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٤٠٠	٥٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٠٠٠
معامل التصحيح	٢	١٫٩	١٫٨	١٫٧	١٫٦	١٫٥	١٫٤	١٫٣	١٫٢	١٫٠

من الضروري في اختبار تركيب البيتون الخفيف تعيين المصروف الأمثل للماء ولكل تركيب حبي ونوع المادة الحموية ومصروف الاسمنت والمادة المضافة وطريقة الرص مصروف أمثل للماء يكسب البيتون المئانة العظمى ويكون إيجاد هذه النسبة المثلى لمصروف الماء بحسب المئانة العظمى للبيتون أو باستعمال طريقة فهر مباشرة أى بحسب الوزن الحجمي الأكبر للخليطة البيتونية المرموسة . ولهذا تحضر عدة مجموعات (٣-٥) من عينات البيتون بنسب للماء مختلفة .

تحضر الخلطات البيتونية بالمواد الحموية الخفيفة بالطريقة التي تحضر بها الخلطات البيتونية العادية . إلا ان الخليطة البيتونية الخفيفة يجب مزجها بدقة أكبر . وأما رصها فينبغ طريقة الخليطة البيتونية العادية .

في تحضير المنتجات من البيتون الخفيف تستعمل نفس طرق تحضير المنتجات من البيتون العادي . وانه يمكن زيادة درجة ارتصاص البيتون الخفيف ليس فقط بالاختيار الانسب للتركيب الحبي للخليطة البيتونية ولمصروف الماء وباستعمال المواد الملدنة فقط بل أيضا بالرص القوي والمتواصل . ويختلف تأثير الهز على الخلائط البيتونية الخفيفة بعدة خصائص . فاختلاف الوزن الحجمي للمواد الحموية والعجينة الاسمنتية يقود الى الارتصاص الخفيف بالهز للقسم العلوي من المنتج .

لهذا يتطلب استعمال الضغط مع الهز بالنسبة للبيتون الخفيف . وكلما كان الوزن الحجمي للمادة الحصوية اقل كلما تطلب استعمال ضغط اكبر مع الهز .

والمخلطة البيتونية الخفيفة المرصودة بشكل جيد تماسك كبير فهي بنيتها يسمح بفك القوالب بسرعة .

٤ - البيتون الخفيف المسامي :

يقسم البيتون الخفيف المسامي بحسب طريقة انتاجه الى البيتون الرغوى والبيتون الفازى .

١- البيتون الرغوى :

ويحصل عليه بمزج العجينة الاسمنتية او المونة الاسمنتية مع الرغوة الناتجة من مزج الصابون والصمغ الحيواني . لهذه الرغوة بنية ثابتة لمدة طويلة وتمتزج مع العجينة الاسمنتية او المونة الاسمنتية بشكل جيد حيث تتوزع العجينة الاسمنتية الى قشور تحيط بالمسامات الهوائية ثم تتصلب في هذه الوضعية . تمزج العجينة الاسمنتية والرغوة في خلاطية لمدة ٢-٣ دقائق ثم تصب في القوالب .

يقسم البيتون الرغوى الى عازل ، عازل وحامل ، حامل . للنوع الاول متانة (٢٥) كغ/سم^٢ وعامل ناقلية للحرارة ٠.١ - ٠.٢ حر/م.سا . درجة ويستعمل في العزل الحرارى للسقوف من البيتون المسلح . والنوع الثانى متانة (٢٥ - ٢٥) كغ/سم^٢ وعامل ناقلية للحرارة (٠.٢ - ٠.٤) حر/م.سا . درجة ويستعمل في العزل الحرارى للجدران وللنوع الثالث متانة تبليغ حتى (١٥٠) كغ/سم^٢ وعامل ناقلية للحرارة ٠.٤ - ٠.٦ حر/م.سا . درجة ويستعمل للاسقف مسبقة الصنع .

٢ - البيتون الفازي

ويحصل عليه باستعمال مواد تنشر غازات تنفخ العجينة الاسمنتية ويمكن استعمال مواد حصوية . يجب أن يتوافق انتهاء عملية انتشار الغاز مع بداية أخذ الخليطة وتنظم بداية أخذ الاسمنت بواسطة سرعات الأخذ .

يجب ألا يحتوى الرمل على غضار أكثر من ١٥ ٪ وزنا حيث أن الغضار يخفض المتانة ويؤخر عملية انتشار الغاز والانتفاخ . يستعمل مسحوق الألومنيوم مع الكلس المطحون كمادة ناشرة للغاز . وأن عملية انتشار الغاز تحدث نتيجة تفاعل كيميائي بين ماءات الكالسيوم والألومنيوم :

$$2Al + 3 Ca (OH)_2 + 6H_2O = 3 CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O + 3 H_2$$

وأن غاز الهيدروجين الناتج هو الذي يسبب انتفاخ العجينة الاسمنتية التي بتصلبها تحافظ على البنية المسامية .

أن نسب المواد للحصول على البيتون الفازي تكون في الحدود التالية :
اسمنت بورتلاندي (٩٠ ٪) مسحوق الألومنيوم ٢٥ ٪ ، والكلس المطحون (٩٧٥ ٪)
نسبة الماء إلى الاسمنت (٥٥ ٪ - ٦٥ ٪) . يستعمل البيتون الفازي فسي نفس مجالا باستعمال البيتون الزبدى . إلا أنه يمتاز عنه بسهولة تحضيره كما يسمح بالحصول على منتجات ذات خواص أكثر ثباتا وخاصة بالنسبة للوزن الحجمي .

الفصل السابع المونة البنائية

=====

١- تصنيف المونة البنائية :

يدعى بالمونة البنائية المزيج المتصلب والعوف من المادة الرابطة والرمل والماء وحسب تركيبه فان المونة البنائية عبارة عن بيتون بعواد حموية ناعمة وتطبق عليها جميع قوانين البيتون .
وبغض النظر عن تنوع المونة الواسع فان لبعض انواعها صفات مشتركة كثيرة . ويمكن تصنيف المونة بحسب المميزات الرئيسية التالية :
الوزن الحجمي ، نوع المادة الرابطة ، مجال استعمال المونة ، الصفات الفيزيائية والميكانيكية للمونة .

١- تصنف المونة بحسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة الى :

- أ- مونة ثقيلة بوزن حجمي اكبر او يساوي الى (١٥٠٠) كغ / م^٣ وتستعمل لها الرمال الكوارتزية او الدولوميتية او الكلسية او غيرها من الرمال الثقيلة .
ب- مونة خفيفة بوزن حجمي اقل من (١٥٠٠) كغ / م^٣ وتستعمل لها الرمال الخفيفة من التوف او الرمال البركاني او الخبث او الكيرامزيت او غيرها من الرمال الخفيفة المسامية .

٢- تصنف المونة بحسب نوع المادة الرابطة الى :

- أ- مونة اسمنتية : باستعمال الاسمنت البورتلاندي أو أحد انواعه كمادة رابطة .

بـ مونة كلسية : باستعمال الكلس الهوائي او الكلس المائي كمادة رابطة

جـ مونة جصية : باستعمال الجص أو أحد انواعه كمادة رابطة (الجص

البناي ، الاسمنت الانهدريتي) •

دـ مونة مخططة: باستعمال الاسمنت والكلس او الاسمنت والخضار كمادة

رابطة •

ويكون اختيار نوع المادة الرابطة بحسب مجال استعمال العونة وبحسب

المتطلبات التي يجب ان تحققها العونة وبحسب شروط تصلب العونة من الحرارة

والرطوبة وكذلك بحسب شروط استثمار البناء او المنشأة •

٣ـ يمكن تصنيف العونة بحسب مجال الاستعمال الى :

أـ مونة لربط الاحجار والبلوكات الاسمنتية ولبناء الجدران باستعمال القطع

الكبيرة •

بـ مونة لتطيس الجدران وتنفيذ الطينة الديكورية على الجدران العتية

في المكان والجدران مسبقة الصنع •

جـ مونة خاصة وهي مونة ذات صفة خاصة (صوتية او امتصاص اشعة

رونتجن اولعل ، الوصلات) •

٤ـ كما يمكن تصنيف العونة بحسب الصفات الفيزيائية والميكانيكية واهمها

العتانة ومقاومة الصقيع التي تميز ديمومة العونة • وبحسب العتانة على

الضغط تقسم العونة الى (٩) ماركات بدءاً من (٤) كغ/ سم^٢ وحتى (٣٠٠)

كغ / سم^٢ •

يعبر عن تركيب المونة بالوزن او الحجم للمواد الداخلة في تركيبها للحصول على (١)م ٣ من المونة او بالنسب الوزنية او الحجمية لبعضها البعض في الحالة الجافة وبحيث يؤخذ مصروف المادة الرابطة مساوياً الى (١) للمونة البسيطة المولفة من المادة الرابطة دون اضافة مواد معدنية .

يعبر عن التركيب مثلاً (١:٦) أى وزن واحد أو حجم واحد من المادة الرابطة الى (٦) اوزان أو (٦) حجوم من الرمل . اما المونة المختلطة فيعبر عن تركيبها بثلاثة نسب مثلاً (١: ١: ٥) (اسمنت : كلس : أوغضار : رمل) للمونة الثقيلة تستعمل الرمال الطبيعية الكوارتزية والفيلدسباتية والرمل الناتجة عن تكسير الصخور الثقيلة وللمونة الخفيفة تستعمل الرمال المسامية الخفيفة من الخفاف والتوف والقوقعية والخبثية .
لربط الطابوق والاحجار ذات الاشكال الهندسية الصحيحة يستعمل الرمل بأبعاد الحبات لا تزيد عن (٢) مم .
ولربط الاحجار التي ليس لها اشكال هندسية صحيحة وكذلك لملء الوصلات للقطع البيتونية مسبقة الصنع وللبيتون الرملي فان ابعاد الحبات لا تزيد عن (٥) مم وللتطيس فان ابعاد حبات الرمل يجب الا تزيد عن (١٢) مم .
من اجل جعل المونة الاسمنتية سهلة التوضع تستعمل مواد معدنية وعضوية مضافة . وتعتبر من افضل المواد المعدنية المضافة الغضار والكلس على شكل عجينة وبحيث لا تزيد نسبة الاسمنت الى العجينة عن (١:١) ان اضافة الغضار والكلس تزيد من امكانية المونة بالاحتفاظ بالماء كما تحسن من سهولة التوضع وتوفر الاسمنت . كما يمكن اضافة مواد معدنية اخرى مثل الدياتوميد والترجيل ، الخبث المطحون وغيرها .

يمكن اضافة المواد ذات السطوح الفعالة لزيادة لدونة العونة وللاقتصاد في مصروف الاسمنت وذلك باضافة نسبة اجزاء مئوية أو عشرية من المائة من وزن المادة الرابطة • وكما دة ذات السطوح الفعالة يمكن استعمال الحثالة الكحولية السولفييتية (ح ك س) •

ان المتطلبات للمواد الداخلة في تركيب العونة البنائية من المادة الرابطة والرمل والماء هي نفسها المتطلبات للمواد الداخلة في تركيب البيتون •

٢- صفات العونة :

من اهم صفات العونة قبل التصلب الطراوة ، سهولة التوضع ، امكانية الاحتفاظ بالماء بعد التصلب المتانة والديمومة •

١- الطراوة :

يمكن ان تكون طراوة العونة من القاسية وحتى المائعة وذلك بحسب تركيب العونة • ويجب ان تكون طراوة العونة المستعملة في بناء الاحجار والتليس وغيرها من اعمال البناء على درجة كافية • وتعين درجة الطراوة بحقق الغراز مخروط معدني بوزن (٣٠٠) غ وزاوية في الرأس (٩٠) وأن طراوة العونة هي التي تعين سهولة التوضع التي هي عبارة عن امكانية وضع العونة بسهولة وبأقل قدرة على قاعدة بطبقة رقيقة ومتجانسة ومرتبطة بقوة مع سطح القاعدة •

عادة تكون العونة الاسمنتية قاسية بسبب قلة العجينة الاسمنتية فيها وبالتالي تكون صعبة التوضع • وفي هذه الحالة تستعمل مواد معدنية او عضوية مضافة والمذكورة اعلاه لزيادة الطراوة وسهولة التوضع •

٢- امكانية الاحتفاظ بالماء :

عبارة عن صفة العونة في عدم انفصالها الى طبقات اثناء نقلها واحتفاظها بالماء عند فرشها بطبقة رقيقة على قاعدة مسامية .
تكون العونة الاسمنتية عادة ذات امكانية منخفضة في الاحتفاظ بالماء وهي تنفصل الى طبقات اثناء نقلها وعند فرشها على قاعدة مسامية (طوب غضاري ، بيتون ، بلوك اسمنتي) تعطي الماء بسرعة اليها وبحيث لا يكفي الماء الباقي فيها لاجراء التفاعلات الكيميائية لتصلبها ووصولها الى المتانة المطلوبة . ويمكن زيادة امكانية الاحتفاظ بالماء باضافة المواد المعدنية والعنصرية الفعالة .

٣- المتانة :

وتتعلق متانة العونة المتصلبة بفعالية المادة الرابطة والنسبة الاسمنتية المائية . ويمكن تعيين متانة العونة الاسمنتية بقانون بويوف التالي :

$$R_m = 0.25 R_c \left(\frac{C}{W} - 0.4 \right) \text{ Kg / cm}^2$$

حيث : R_c — فعالية الاسمنت بالكغ / سم^٢ .
 $\frac{C}{W}$ — النسبة الاسمنتية المائية .
كما تتعلق متانة العونة بمصروف الاسمنت وجودة الرمل وذلك حسب القانون التالي :

$$R_m = K R_c (C - 0.05) + 4 \text{ Kg / cm}^2$$

حيث : K — عامل جودة الرمل يساوي الى (٠.٥ — ٠.٧) للرمل الناعم والى (٠.٨) للرمل متوسط النعومة و(١) للرمل الخشن .
 C — مصروف الاسمنت بالـ ط / م^٣ من الرمل .

وبالنسبة للمونة المختلطة فان مانتها تتعلق ايضا بالمواد الناعمة
المضافة . ولكل تركيب اسفنتي توجد نسبة مثلى بين الاسفت والمواد
المضافة والتي تعطي سهولة في التوضيح ومثانة اعلى .

تعين مثانة المونة الاسفنتية بتكسير مكعبات بأبعاد (٧٠٧ × ٧٠٧ × ٧٠٧)
(٧٠٧) مم محصورة من المونة الاسفنتية وتصب على قاعدة مسامية وتحفظ
بدرجة حرارة (١٥-٢٥) لمدة (٢٨) يوما . والمثانة النسبية الوسطية
للمونة الاسفنتية (وكذا المونة المختلطة) ضد حفظ العينات في الشروط
الطبيعية من الحرارة والرطوبة تساوى بعمر (٣) ايام الى (٢٥ ٪) من
الماركة (المئاة بعمر ٢٨ يوما) وبعمر (٧) ايام الى (٥٠ ٪) من
الماركة وبعمر (١٤) يوما الى (٧٥ ٪) من الماركة وبعمر (٦٠) يوما
الى (١٢٠ ٪) وبعمر (٩٠) يوما الى (١٣٠ ٪) .

ويجب الانتباه ضد استعمال المونة الاسفنت الخبثي والاسفنت
البوزولاني الى ان تزايد المثانة بدرجة حرارة اقل من (١٠) يكون بسيطاً .
لاجل الاقتصاد في الاسفت في حال استعمال اسفت بطاركة عالية
يجب اضافة مواد معدنية ناعمة .

٢- المونة لربط الاحجار :

يتعلق تركيب المونة لربط الاحجار ونوع المادة الرابطة بميزات
المنشآت وشروط استثمارها .

وتستعمل اربعة انواع من المونة لربط الاحجار وتحضير القطع
الكبيرة مسبقاً الصنع لتركيبها باستعمال المواد الرابطة التالية :

مونة اسفنتية :

بمادة رابطة الاسفت البورتلاندي والاسفت البورتلاندي الخبثي
وتستعمل هذه المونة لتركيب الجدران من البانيلات والبلوكات البيتونية
والبلوكات من الطوب

ومادة رابطة الاسمنت البورتلاندى الموزونى الاسمنت
البورتلاندى المقاوم للسلفات وتستعمل للمنشآت التي تعمل في شروط
تأثير المياه الفعالة ومياه البحار .

مونة اسمنتية - كلسية :

وهي عبارة عن المونة المؤلفة من الاسمنت والمجينة الكلسية والرمل
والماء . وتتصف هذه المونة بسهولة توضع جيدة ومثانة عالية ومقاومة
جيدة للمصقح . وتستعمل هذه المونة لبناء الجدران الواقعة تحت
منسوب الصفر وفوقه .

مونة اسمنتية - غضارية :

وهي عبارة عن المونة المؤلفة من الاسمنت والمجينة الغضارية
والرمل والماء . وتتصف بسهولة توضع جيدة ومثانة ومقاومة للمصقح كافية
وتستعمل لبناء الجدران الواقعة تحت منسوب الصفر وفوقه .
تستعمل طراوة المونة لبناء الجدران بحسب مجال استعمالها
وطرق البناء وذلك ضمن الحدود التالية :

- من اجل ملء اللصاقات الافقية والشاقولية ضد تركيب البانمـلات
البيتونية يجب ان تكون الطراوة في حدود (٥-٧) سم .
- من اجل تحضير البلوكات الكبيرة من الطوب واملء اللصاقات الافقية
ضد تركيب الجدران من البلوكات البيتونية الكبيرة والاحجار البيتونية
والاحجار من التبيتون الخفيف في حدود (٩-١٣ سم) .
- من اجل بناء باحجار الديشر (٤-٦) سم ولأجل ملء الفراغات
فيها (١٣-١٥) سم .

ويمكن اضافة مواد ملدنة عضوية او معدنية لزيادة الطراوة .
تساوى ابعاد حبات الرمل لمونة ربط الاحجار الى (٢٥) سم في حال
كون الاحجار ذات اشكال هندسية صحيحة (٥) سم في حال كون الاحجار
بدون شكل (احجار ديش) .

ويتعلق مصروف الاسمنت لكل (١) م^٣ من الرمل بحسب الديمومة
المطلوبة وبحسب الشروط المحيطة بالبناء اثناء الاستثمار ويتراوح بين
١٢٥ كغ/م^٣ رمل وحتى (٢٠٠) كغ/م^٣ رمل .
ويجب الا تقل مراكات المونة لربط الاحجار عما يلي :

- ١٠ كغ/ سم^٢ لبناء الجدران والاساسات .
- ٢٥ كغ/سم^٢ لبناء الاعددة .
- ٥٠ كغ / سم^٢ للعتبات .

٤ — المونة الخاصة :

تتسبب المونة الخاصة المونة المستعملة لملء الوصلات بين القطع
البيتونية المسلحة مسبقة الصنع ومونة الحقن ومونة الارضيات والمونة العازلة
ومونة لرس الابار ومونة صوتية ومونة عازلة لأشعة رونتجن .

آ — المونة لملء الوصلات بين القطع البيتونية المسلحة مسبقة الصنع :

وتحضر باستعمال الاسمنت والرمل الكوارتزي او الدولوميتي بطراوة
(٧-٨) سم .

ان المونة التي تتحمل الحمولات الحسابية يجب ان تكون مقاننتها
مساوية الى ماركة بيتون القطع مسبقة الصنع واما المونة التي لا تتحمل
الحمولات الحسابية فمقاننتها يجب الا تقل عن (١٠٠) . ويجب الاتعتوى
المونة على مواد مضافة توثر على الحديد في حال وجود حديد تسليح
فيها مثل كلور الكالسيوم .

ب- مونة الحقن :

عبارة عن مونة اسمنتية رملية او عينية اسمنتية تستعمل لملء قنوات العناصر البيتونية مسبقة الاجهاد وتتطلب من هذه المونة مئاة مالهنة (لا تقل الطاركة عن ٣٠٠) وامكانية الاحتفاظ بالماء ومقاومة الصقيع . ولتقليل لزوجة المونة يمكن اضافة مواد ملونه مثل الحثالة الكحولية السولفيكية (ح كس) بنسبة حتى (٠.٢) من وزن الاسمت . ويستعمل اسمت بماركة (٤٠٠) واعلى لمونة الحقن . ويساوى مصروف الاسمت لمونة الحقن (١٠٠٠-١٤٠٠) كغ/م^٣ ولعجينة الحقن (١٣٠٠-١٦٠٠) كغ/م^٣ .

ج- مونة الارضيات :

وتقسم الى مونة اسمنتية رملية والى مونة اسمنتية حديدية والى اسمنتية خشبية والى مونة اسمنتية بوليميرية . ويجب ان تتميز المونة الاسمنتية الرملية بالمئاة المطلوبة والطراوة الجيدة (١١-١٣) سم . وتستعمل للمونة الاسمنتية الحديدية برادة فولاذ بابعاد (١-٣) مم واسمت بماركة (٥٠٠) واعلى وماء ولا تزيد طراوتها عن (١) سم . تتألف المونة الاسمنتية الخشبية من الاسمت والرمل والشارة الخشبية وتستعمل لتجهيز القاعدة تحت الارضيات . ويدخل في تركيب المونة الاسمنتية البوليميرية مواد بوليميرية تكسب المونة الاسمنتية مئاة كافية ومقاومة عالية للاهتراء وسهولة في التنظيف .

د- المونة المعازلة للماء :

تحضر باستعمال الاسمت بماركة عالية (٤٠٠) واعلى ورمل كوارتزى والرمال الناتج عن تكسير الصخور الطبيعية المتراصة .

ولاجل المونة لتجهيز طبقة مانعة للماء والتي توثر عليها اثناء الاستثمار مياه فعالة تستعمل كمادة رابطة الاسمنت البورتلاندى المقام للسولفات والاسمنت البوزولاني المقام للسولفات .
وتركيب هذه المونة يكون في حدود (١:٢٥) أو (١:٣٥) (نسبة الاسمنت الى الرمل وزنا) . لاجل معالجة التشققات والحفر في البيتون وللورقة الاسمنتية للجدران البيتونية والحجرية تستعمل مونة اسمنتية مع اضافة الومينات الموديوم والبوليميرات والمستحلبات البيتومينية لأكساء وصلات عدم النفوذية للماء تستعمل مونة اسمنتية محضرة بالاسمنت القابل للانتفاخ .

هـ المونة الصوتية :

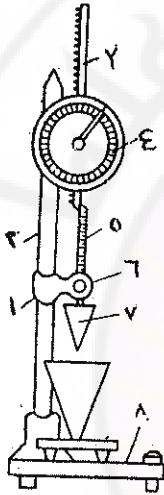
يبلغ وزنها الحجمي (٦٠٠-١٢٠٠) كغ/م^٣ وتستعمل كورقة اسمنتية ماصة للصوت بهدف تخفيض مستوى الضجة . كمادة رابطة يستعمل الاسمنت البورتلاندى والاسمنت البورتلاندى الخبثي والكلس والجبس . وكومل يستعمل رمل مسامي بابعاد (٣-٥) مم من حجر الخفاف والخبث أو الكيرامزيت أو غيرها . ويجب ان يكون مسروق الاسمنت والتركيب الحبيبي للملء بحيث يوصلان مسامية مفتوحة للمونة .

و- المونة العازلة لاشعة رونتجن :

وهي عبارة عن مونة ثقيلة بوزن حجمي يزيد عن (٢٢٠٠) كغ/م^٣ وتستعمل كورقة اسمنتية للجدران والاسقف في غرف التصوير باشعة رونتجن . كمادة رابطة يستعمل الاسمنت البورتلاندى وكومل يستعمل الباريت وغيره من الصخور الطبيعية الثقيلة بحيث ان تكون ابعاد حبات الرمل حتى (١٢٥) مم وحبات غبارية .

ولتحسين صفات عزل الاشعة تضاف بعض المواد الحاوية على عناصر خفيفة مثل الهيدروجين والليثيوم والكاديوم والمواد الحاوية على البور .

الشكل (٧ - ١)



مخروط تعيين طراوة المونة

١ - قبضة منزلقة ٢ - محور ثابت

٣ - عمود المؤشر ٤ - المؤشر

٥ - عمود المخروط المنزلق

٦ - زر تحرير المخروط

٧ - المخروط

٨ - قاعدة الجهاز

الفصل الثامن المنتجات البيتونية المسلحة

=====

١٩- مهم البيتون المسلح :

البيتون المسلح عبارة عن مادة بناء تجمع بين عمل البيتون والفولاذ ،
وان مبدأ الجمع بين مادتين تختلفان اختلافا كبيرا في صفاتها الميكانيكية
يرجع الى ان البيتون كمادة حجرية تقاوم بشكل جيد القوى الضاغطة
بينما لا تقاوم القوى الشادة الا قليلا ، اذ ان مقاومة الشد للبيتون اقل
تقريبا بـ (١٠-١٥) مرة من مقاومته للضغط .

ولهذا فانه ليس ممكنا استعمال البيتون في تحضير العناصر الحاملة
على الشد . والفولاذ الذي يقاوم بشكل جيد القوى الضاغطة والقوى
الشادة يستطيع ان يأخذ على نفسه القوى الشادة الناتجة في العناصر
البيتونية المسلحة .

وان امكانية عمل مادتين مختلفتين بصفاتها كمادة بناء واحدة

البيتون المسلح تتحدد بالعوامل التالية :

١- الالتصاق الجيد بين الفولاذ والبيتون وبفضل ذلك تعمل الطادتان
سوية عند نشوء الاجهادات في البيتون المسلح .

٢- ان معامل التمدد الحرارى للبيتون تقريبا يساوى معامل التمدد
الحرارى للفولاذ .

٣- ان البيتون يحافظ على الفولاذ من الصدأ .

وبحسب طريقة التسليح وحالة قضبان التسليح تقسم المنتجات البيتونية
المسلحة الى منتجات بيتونية مسلحة بتسليح عاوى ومنتجات بيتونية مسلحة
بقضبان تسليح مسبقة الاجهاد .

والبيتون المسلح هو الذى ترفع مقاومته بتسليحه بقضبان وشبكات فولاذية . الا ان هذه الطريقة في التسليح لاتعطي المنتجات العاملة على الانعطاف من التشققات التي تنشأ في منطقة الشد وذلك لأن تعدد البيتون صغير (١-٢ مم لكل ١ م) بينما تعدد الفولاذ اكبر ب (٥-٦) مرات . ويظهر ظهور التشققات بشكل سلبي على العناصر البيتونية المسلحة فيزداد سهم الانعطاف كما أن الرطوبة والغازات تصل الى قضبان التسليح عبر التشققات مما يسبب تآكل الفولاذ .

ويمكن الحيلولة دون ظهور التشققات في المنشآت البيتونية المسلحة بضغط البيتون مسبقا في المناطق المعرضة الى قوى الشد . ولا تظهر التشققات في هذه المناطق الا عندما تزيد قوى الشد عن قوى الضغط المسبق . ويمكن ضغط البيتون بالشد المسبق للفولاذ .

ويوجد نوعان من البيتون المسلح المسبق الاجهاد، في النوع الاول يشد الفولاذ قبل تصلب البيتون . ولهذا فان قضبان التسليح تشد وتوثق في هذه الحالة المشدودة مع القالب . بعد ملء القالب بالخليطة البيتونية وتصلب البيتون تحرر القضبان من الشد فتتقلص وتضغط على البيتون .

وفي النوع الثاني يشد الفولاذ بعد تصلب البيتون ويلوغمه مقاومة معينة .

ولهذا فانه يترك قناة خاصة في البيتون تعد فيها قضبان التسليح وبعد تصلب البيتون تشد القضبان وتثبت على اطراف العنصر بوسائل خاصة . ثم تملأ القناة بمونة اسمنتية ، وبعد تصلبها تلتصق مع الفولاذ والبيتون .

وأن استعمال الاجهاد المسبق يمنع ظهور التشققات ويسمح بتخفيض وزن المنشآت البيتونية المسلحة وزيادة صلابتها ودواميتها وتخفض مصروف الفولاذ .

٢- تصنيف المنتجات البيتونية المسلحة :

تصنف المنتجات البيتونية المسلحة بحسب القرائن الآتية :

(نوع التسليح ، الوزن الحجمي ونوع البيتون والبنية الداخلية ومجال الاستعمال)

بحسب نوع التسليح تقسم المنتجات البيتونية المسلحة الى بيتون مسلح

والى بيتون مسبق الاجهاد .

وبحسب الوزن الحجمي للبيتون المستعمل في المنتجات تقسم الى :

- منتجات من البيتون الثقيل جدا بوزن حجمي اكبر من (٢٥٠٠) كغ/م^٣
- من البيتون الثقيل بوزن حجمي بين (١٨٠٠ و ٢٥٠٠) كغ/م^٣
- من البيتون الخفيف بوزن حجمي بين (٥٠٠ - ١٨٠٠) كغ/م^٣
- من البيتون الخفيف جدا (العازل للحرارة) بوزن حجمي اقل من (٥٠٠) كغ/م^٣

وبحسب نوع البيتون تقسم الى منتجات من :

- البيتون الاسمنتي بانواعه : البيتون الاسمنتي الثقيل والثقيل جدا والخفيف .
- البيتون السيليكاتي الثقيل او الخفيف .
- البيتون المسامي من الاسمنت او الكلس او المادة الرابطة المخططة .
- البيتون الخاص مثل البيتون المقوم للحموض والحرارة والبيتون الترميمي .

وبحسب البنية الداخلة يمكن ان تكون المنتجات مستمرة بدون

انقطاعات او فراغات (ومنتجات مفرغة . او منتجات بطبقة واحدة) مجهزة

من نوع واحد من البيتون) او منتجات بطبقتين او ثلاثة (مجهزة من

انواع مختلفة من البيتون او باستعمال انواع مختلفة من المواد مشحلا

العازلة للحرارة) .

وبحسب مجال الاستعمال تقسم المنتجات البيتونية المسلحة الى اربعة

مجموعات رئيسية (للابنية السكنية ، للابنية العامة ، للابنية الصناعية ، وللبنشآت

العامة) .

يجب ان تطابق المنتجات البيتونية المسلحة المواصفات الحكومية
النافذة وان تطابق متطلبات المخططات التنفيذية والشروط التقنية .

٣- انواع المنتجات البيتونية المسلحة :

المنتجات البيتونية السكنية والمدنية :

١- القواعد والاجزاء تحت الارض من الابنية : شكل (٨ - ١)

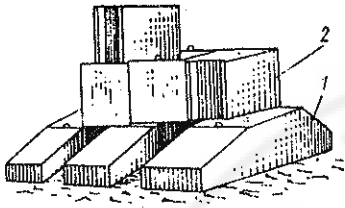
للقواعد تستعمل بلاطات وبلوكات، للجدران تحت الارض تستعمل
البلوكات كما تستعمل الاوتاد المغروزة داخل الارض . وتجهز من البيتون
الاسمنتي الثقيل بماركة لا تقل عن (١٥٠) .

٢- منتجات لعناصر المباني : شكل (٨ - ٢)

كالاعمدة للمباني من طابق واحد وللمباني من عدة طوابق . وجوائز
السقوف المجهزة من البيتون الثقيل بماركة لا تقل عن (٢٠٠) وجوائز
السقوف المجهزة من البيتون الثقيل بماركة لا تقل عن (٢٠٠) والجوائز
الشبكية واعادة ثنائية وجوائز تحت سكة الروافع من البيتون بماركة لا تقل
عن (٣٠٠) .

٣- الجدران والبلوكات الجاهزة : شكل (٨ - ٣)

والجدران اما ان تكون خارجية او داخلية وتنفذ من البيتون الثقيل
والخفيف للخارجية والبيتون الخفيف للداخلية . وماركة البيتون يجب الاتقل
عن (٢٠٠) للخارجية و(١٥٠) للداخلية . وان سماكة هذه الجدران
الجاهزة يمكن ان تتراوح بين (١٥-٤٠) سم بحسب نوع البيتون والشروط
المناخية ومساحة هذه الجدران الجاهزة تبلغ (١٢)م^٢ وعادة تكون بفتحات
للنوافذ او الابواب البلكون . ان وزن هذه الجدران يبلغ حتى (٥) طن .

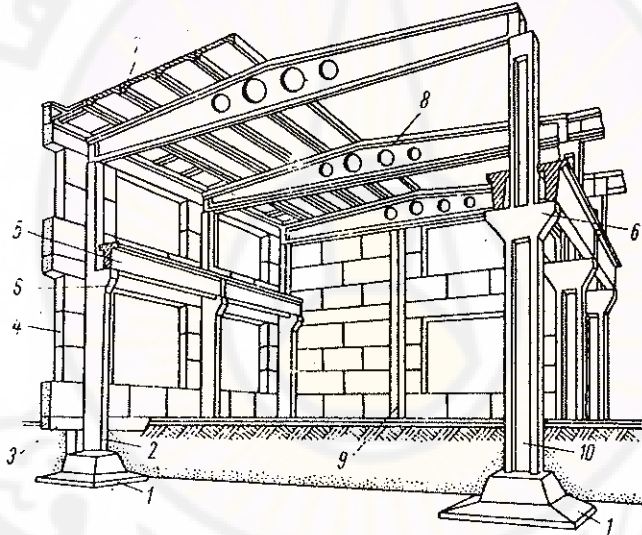


شكل (٨ - ١)

القواعد والاجزاء تحت الارض

١ - بلاطات

٢ - بلوكات



شكل (٨ - ٢) منتجات لعنصر المبانى

١ - اساس ٢ - عمود خارجى ٣ - شيناج اساس

٤ - عناصر جدران ٥ - جائز تحت سكة الرافعة

٦ - ظفر الاعمدة ٧ - بلاطات جائزية ٨ - جوائز السقف

٩ - عمود طرفى ١٠ - عمود وسطى

— ١٧٥ مكرر —

٤- عناصر السقوف والسطوح : شكل (٨ -)

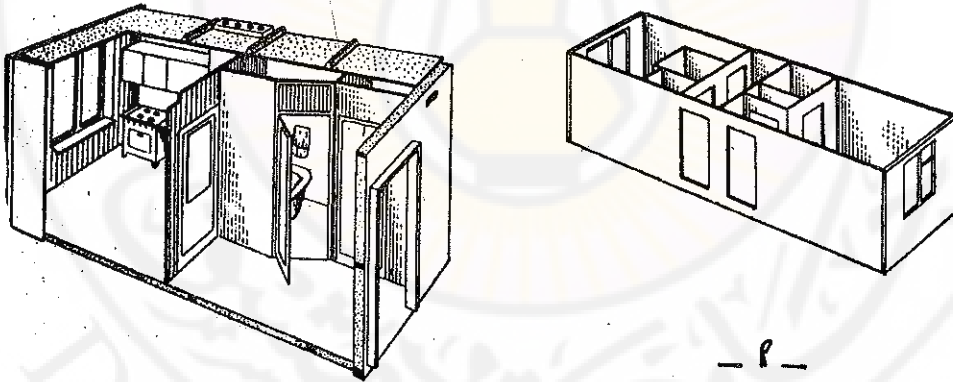
وأما ان تكون من قطع صغيرة تستند على جوائز أو أن تكون بشكل بلاطة تغطي غرفة كاملة اوجزا بين الجدران الحاملة . ومادة تكون
مفردة لانقاص وزنها ومصروف البيتون .

٥- عناصر الدرج : شكل (٨ - ٥)

وتتألف من ميدات ودرجات لنصف طابق او قطع موطقة من ميدات ودرجات لنصف طابق .

٦- عناصر حجيبة : شكل (٨ - ٦)

ومادة تتألف من غرفة واحدة او من غرفتين كما يمكن ان تتألف من التواليت والحمام والمطبخ .
كما توجد منتجات للبياني الصنعية والمطرق والانشاءات المائية .



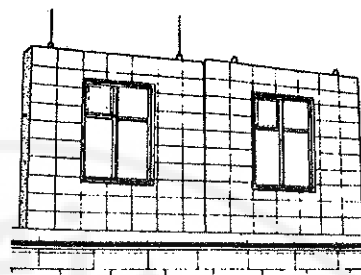
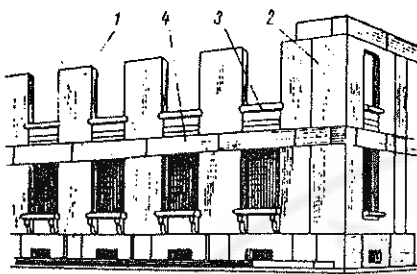
- ٢ -

- ب -

شكل (٨ - ٦) عناصر حجيبة

ب - حمام و تواليت و مطبخ

٢ - غرفة مع مطبخ



— ب —

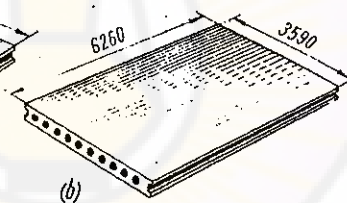
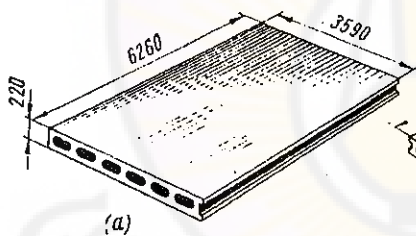
— ٢ —

شكل (٨ - ٣) - الجدران و البلوكات الجاهزة

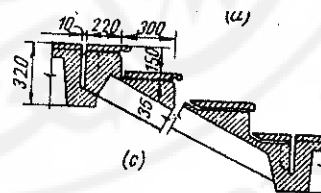
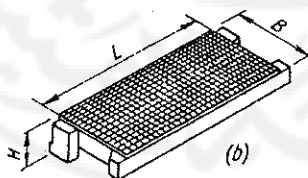
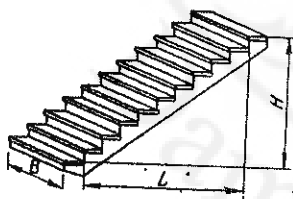
٢ - بلوك زاوية ٣ - بلوك قاعدة للنافذة

١ - بلوك بين ناغذتين

٤ - شفرة



شكل (٨ - ٤) - عناصر السقوف والاسطح



شكل (٨ - ٥) - عناصر الدرج

الفصل التاسع انتاج العناصر البيئية المسلحة

=====

١- تكنولوجيا انتاج العناصر البيئية المسلحة :

ان تكنولوجيا انتاج العناصر البيئية المسلحة عبارة عن العمليات التالية
المنفذة بالتتابع :

- ١- تحضير الخليطة البيئية •
- ٢- تسليح العناصر البيئية المسلحة •
- ٣- الصب •
- ٤- المعاملة الحرارية التي تؤمن الحصول على المادة الضرورية للبيتون
خلال المدة المطلوبة •
- ٥- المعاملة السطحية للمنتجات •

ان تنظيم تنفيذ هذه المجموعة من العمليات يكون باحدى طوق ثلاث :

- ١- تحضير المنتجات يكون في قوالب ثابتة • وفي هذه الحالة فان كل العمليات
التكنولوجية في تحضير القوالب وفكها والحصول على المنتجات الجاهزة
تنفذ في مكان واحد •

- ٢- تحضير المنتجات يكون في قوالب متحركة • وفي هذه الحالة فان تنفيذ
العمليات التكنولوجية يكون في امكنة خاصة بينما القالب وشم المنتج في
داخل القالب (يتحرك من مكان الى آخر بعد تنفيذ العمليات التكنولوجية
الموافقة •

وبحسب درجة تقسيم العمليات التكنولوجية في تجهيز المنتجات الى
امكنة مفصلة توجد طريقة خط التجميع (Conveyor) وهي المقسمة
اكثر من غيرها، والطريقة المركبة اي ان بعض العمليات تنفذ في مكان واحد
والعمليات الاخرى تنفذ بانتقال القالب مع المنتج من مكان الى آخر •

٣- الصب المستمر (بدون توقف) :

وهي عبارة عن طريقة حديثة اثبتت بانها طريقة فعالة تتميز بانتاجية
كبيرة واستعمال صغير للمعدن وبحجم كبير من المنتجات المقابلة لوحدة
السطح الانتاجي للمعمل •

٤- طرائق رص الخليطة البيتوية في تحضير المنتجات :

ان من اهم صفات الخليطة البيتوية هي امكانياتها من التعدد تحببت
تأثير وزنها الذاتي او القوى الخارجية المطبقة عليها • وهذه الصفة تحدد
سهولة تحضير المنتجات المتنوعة من الخليطة البيتوية وكذلك امكانية استعمال
طرق مختلفة في رصها • وتتعلق طريقة الصب بصفات الخليطة وخاصة الطراوة
فالخليطة البيتوية القاسية تتطلب رصا قويا •

ولذا يتطلب استعمال الاهتزاز العالي التردد او الاهتزاز مع الضغط •
كما يمكن رص الخليطة القاسية بطرق اخرى مثل الرص بالطرق • وتأثير
الاهتزاز عالي التواتر او القوى الضاربة المتكررة يتردد كثير فان الخليطة
تصبح طرية وتتمدد •

ترص الخليطة الطرية بسهولة وبفعالية بالا اهتزاز بدون استعمال قوى
ضاغطة حيث انها لا تعطي فعالية هنا •

وترتص الخليطة المائعة تحت تأثير وزنها الذاتي • وأحيانا تعرض الى الاهتزاز لمدة قصيرة وذلك لرفع فعالية الرص •

ان طريقة الرص بالاهتزاز هي الشائعة وذات الفعالية تكنولوجيا وهي اقتصادية اكثر من غيرها • وهي تستعمل بنجاح مع غيرها من طرق الرص مثل الرص بالطرق (الاهتزاز مع الطرق) الرص بالضغط (الاهتزاز مع الضغط) والتصفينح (الاهتزاز مع التصفينح) ، وكما تستعمل طريقة القوة النابذة المستعملة في تحضير المنتجات ذات المقطع الانبوبي • ويعطي التفريغ الهوائي للخليطة البيتونية في عملية الرص الميكانيكي لها (والاعلى الاهتزاز) نتائج جيدة في الحصول على بيتون ذي جودة عالية • الا ان المدة المستغرقة طويلة في هذه العملية مما تخفض من الفائدة الاقتصادية وبالتالي لا تعطي امكانية انتشار هذه الطريقة في تكنولوجيا البيتون المسلح المسبق الصنع •

١- الاهتزاز :

الاهتزاز
يحصل الارتصاص باستعمال /نتيجة اعطاء الخليطة البيتونية ذبذبات قسرية (مجبرة) وفي كل لحظة تحرك الجزيئة في الخليطة البيتونية فان الجزيئة تكون في حالة معلقة وتزول قوى الارتباط مع غيرها من الجزيئات • ومن التأثير التالي لقوة الذبذبة وتحت تأثير الوزن الذاتي فان الجزيئة تهبط وتشغل مكانا اكثر استقرارا حيث تؤثر قوى الاهتزاز بشكل اقل • وهذا ما يوافق شروط التوضع الاكثر ارتصاصا للخليطة البيتونية • والسبب الثاني في ارتصاص الخليطة البيتونية باستعمال الاهتزاز هو تحول الخليطة البيتونية الى الحالة السائلة بشكل مؤقت تحت تأثير القوى الخارجية المؤثرة عليها •

وبالتحول الوقت الى الحالة السائلة فان الخليطة البيتوية تبدأ بالتعدد واخذ شكل القالب وبتأثير الوزن الذاتي فانها توتص • وان هذه الصفة — امكانية التحول الوقت الى الحالة السائلة تتعلق بطراوة الخليطة البيتوية وسرعة انتقال الجزيئات بالنسبة لبعضها البعض • وان الخليطة البيتوية الطرية تتحول الى الحالة السائلة ولا تتطلب سرعة انتقال للجزيئات ، كبيرة • وزيادة قساوة الخليطة البيتوية فان الأخيرة تفقد هذه الصفة وتتطلب زيادة مناسبة في سرعة انتقال الجزيئات ، أى انها تتطلب قدرة اكبر •

ان سرعة الذبذبه V تعبر بجدا* السعة A بالتردد n :

$$V = A \cdot n \quad \text{cm/sec}$$

وفي حالة ثبات تردد (تذبذب) الجهاز وعادة يساوى ٣٠٠٠ ذبذبة في الدقيقة فيمكن زيادة سرعة الذبذبة بزيادة السعة • ولقد اظهرت الحياة العملية بان الخليطة الطرية يمكن ان توتص بشكل جيد باستعمال الذبذبة بسعة (٣٠ — ٣٥) مم وللخليطة القاسية (٥٠ — ٧٠) مم •

كما يؤثر على درجة التراص ، عدا عن سعة الذبذبة وتردد ها الزمن المستغرق في الرص •

ولكل خليطة بيتوية زما امثل للرص يتناسب مع قساوتها • وبزيادة الزمن المستغرق في الرص عن هذه القيمة المثلى فان القدرة المصروفة لا تتناسب مع ازدياد درجة الارتصاص ، كما انه اذا زيد زمن الرص كثيرا فانه يمكن ان تفصل الخليطة البيتوية الى طبقات •

٢- الضغط :

ويستعمل قليلا في رص الخليطة البيتونية في تكنولوجيا البيتون المسلح المسبق الصنع . مع انه يمكن الحصول على بيتون ذي درجة ارتصاص ومتانة عاليتين جدا باستعمال مصروف من الاسمنت قليل جدا (بحدود ١٠٠- ١٥٠ كغ/م^٣) الا ان قوة الضغط التي يجب استعمالها كبيرة مما تكلف كثيرا مثلا لكل (١) سم^٢ يجب استعمال ضغط بقوة (١٠٠-١٥٠) كغ . وفي مجال البناء يستعمل الضغط كعملية مساعدة في رص البيتون بواسطة الاهتزاز ، وفي هذه الحالة فان هذه الطريقة تتطلب ضغطا في حدود (٥٠-١٠٠) غ/سم^٢ .

٣- الرص باستعمال القوة النابذة :

ولهذا يستعمل قالب بمقطع ابويبي ويدار بسرعة (٦٠٠-١٠٠٠) دورة في الدقيقة . وتحت تأثير القوة النابذة فان الخليطة البيتونية (يجب ان تكون طرية) المصبوبة داخل القالب تنتقل الى اطراف الالبوب وترتص . وبسبب اختلاف كتل المادة الحصوية والماء في الخليطة البيتونية فان قسما من الماء بمقدار (٢٠-٣٠%) يطرد من الخليطة البيتونية مما يمكن من الحصول على بيتون ذي كثافة ومتانة (٤٠٠-٦٠٠ كغ/سم^٢) وديمومة عالية الا ان المصروف الكبير للاسمنت (٤٠٠-٤٥٠) كغ/م^٣ يعد من نواقص هذه الطريقة . وتستعمل هذه الطريقة في تحضير الانابيب واعادة خطوط بقل القدرة الكهربائية .

٤- الرمي باستعمال التفريغ الجوي :

يسحب بالتفريغ الجوي الهواء الداخل إلى الخليطة البيتونية أثناء التحضير والصب • ويعمل تفريغ جوي بمقدار (٧-١٠ س.م) ضغطا جويًا فيطرد الهواء وقسم صغير من الماء من الخليطة البيتونية تحت تأثير التفريغ الجوي وتحل محلها الأجزاء الصلبة والخليطة البيتونية مما يسبب في رمي الخليطة البيتونية • إلا أن طول الزمن اللازم يمنع من استعمال هذه الطريقة في تكنولوجيا البيتون المسلح المسبق الصنع •

الفصل العاشر

المواد المعدنية المستعملة في البناء =====

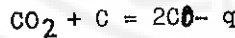
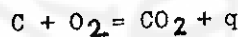
ان اكثر المواد المعدنية استعمالا في البناء هو الفولاذ وحديد الصب. يحضر من الصفائح الفولاذية هياكل المباني الصناعية والمدنية والجسور كما يحضر من الفولاذ حديد التسليح للبيتون المسلح و صفائح الفولاذ للسقوف والاثانييب ومنتجات معدنية مختلفة ومسامير التشييم والقلاووظ والمسامير .

تستعمل المواد المعدنية بكثرة في البناء بسبب الصفات الجيدة التي تتمتع بها مثل المتانة العالية واللدونة والناقلية العالية للحرارة والكهرباء وامكانية اللحام . الا انه توجد للمواد المعدنية صفات سلبية ايضا مثل التآكل تحت تأثير الغازات المختلفة والرطوبة والتشوه الكبير تحت تأثير درجات الحرارة العالية .

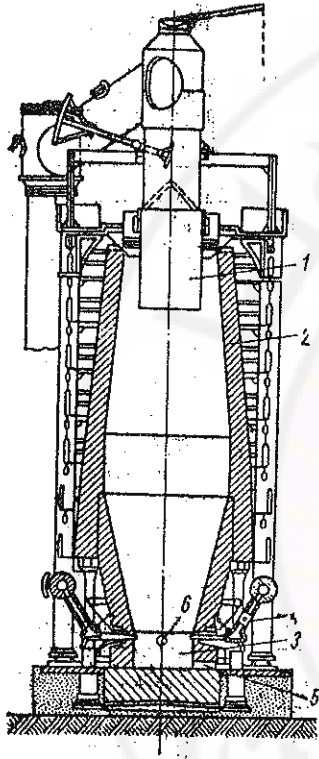
§ ١- حديد الصب :

يحتوى حديد الصب على نسبة من الفحم تزيد عن ٠,٢٪ وشوائب اخرى مثل السيليسيوم والمانغنيز والكبريت والفوسفور .

يحمل على حديد الصب بارجاع الفلزات الحديدية بواسطة فحم الكوك في الافران العالية/ وذلك حسب المعادلات التالية :



ويبدأ بارجاع الحديد في درجة الحرارة ٢٠٠-٤٠٠° مئوية وينتهي في درجة الحرارة ١٠٠٠-١١٠٠° مئوية :



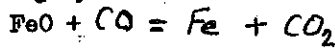
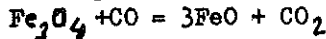
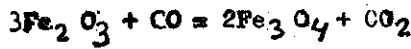
شكل (١٠ - ١) الفرن العالي

١ - قمة الفرن ٢ - وعاء الفرن

٣ - القلب ٤ - انابيب التغذية
بالماء

٥ - فتحة حديد الصب

٦ - الخبث



وبعد ارجاع الحديد يتفاعل جزء من الحديد مع اوكسيد الفحم



وفي درجة الحرارة (١١٣٠) مئوية يبدأ ظهور الحديد المشهور .

انواع حديد الصب :

(١) حديد الصب الابيض :

وهو خليطة الحديد والفحم ، ولكن الفحم كله مرتبط كيميائيا مع الحديد بشكل سيمانتيت Fe_3C . ولهذا فهو قاس جدا وسريع الانكسار مما يدعو الى استعماله قليلا في البناء وفي الصناعة . وزنه النوعي (٧٣-٧٧) غ/سم^٣ يتمتع في درجة حرارة (١٠٥٠-١١٠٠) درجة مئوية .

ويقسم الى ثلاثة اقسام بحسب نسبة الفحم فيه اقل من (٠.٤٣ ٪) ومساوي لـ (٠.٤٣ ٪) واكثر من (٠.٤٣ ٪) .

ويستعمل حديد الصب الابيض بشكل رئيسي للحصول على الحديد المطاوع (القابل للطرق) .

(٢) حديد الصب الرمادي :

اذا كان الفحم الموجود في حديد الصب في حالة الفحم الخرافيتي كليا او بشكل جزئي فان حديد الصب يسمى بحديد الصب الرمادي . وهو يستعمل بشكل واسع في صناعة مختلف اجزاء الآلات بطريقة الصب .

وهو بالنسبة للفلواز سريع الانكسار واقل متانة، اذ ان ذرات الفحم
الغرافيتي عبارة عن نقاط تكثف للاجهادات . وكلما ازدادت كمية الفحم
الغرافيتي كلما قلت مقاومة حديد الصب الرمادى . وتساوى نسبة الفحم
في هذا النوع من حديد الصب الى (٤٨-٤٠) % منها حتى (٣٢) %
بشكل غرافيت .

تؤثر الشوائب الاخرى بشكل كبير على الخواص الميكانيكية لحديد
الصب الرمادى ويعتبر السيليوم مادة ضرورية حيث تسبب في تشكّل
الغرافيت عندما تكون سرعة التبريد كبيرة . مثلاً في صب الاجزاء ذات
المقاطع الصغيرة . وتتراوح نسبة السيليوم من (٠.٥) وحتى (٠.٤٥) %
ويجب الاتيّد نسبة المانغنيز من (٠.٥-٠.٢٨) % والا فانه يجعل
الحديد سريع الانكسار، ويؤثر الكبريت على الخواص الميكانيكية بشكل
سلبي .

ولذا تحدد نسبته بـ (٠.٠٦) % ويحسن الفوسفور الصفات الصلبة
برفع نسبة الفوسفور تزداد رجاغة الحديد المنصهر ويقل الانكماش ،
ويسمح الفوسفور في حدود (٠.٠١) % وحتى (٠.٠١) % وتبلغ المقاومة
على الشد لهذا الحديد (١٢-١٤) كغ/ مم^٢ .

٣) حديد الصب الرمادى ذو المقاومة العالية (حديد الصب الرمادى المعدل):

ان هذا النوع من حديد الصب يتصف بتوزيع الغرافيت بانتظام
بشكل ذرات صغيرة. وفي المدة الاخيرة استحدثت طرق جديدة للحصول
على حديد الصب ذو المقاومة العالية مع ذرات كروية من الغرافيت ،
وذلك باضافة السيليوم والمغنيزيوم الى حديد الصب المنصهر .

ان مقاومة هذا النوع من حديد الصب الرمادى على الشد يساوى
(٤٥-٦٥) كغ/مم^٢ والتعدد النسبي (٦-٢٠٪) .

يستعمل حديد الصب الرمادى في صنع اجزاء الانشابات العاطلة
على الضغط مثل الاقواس والسطوح المقوسة ومخدات للأساسات والامدة
وقساطل المجارى .

٤) حديد الصب المطاوع (القابل للطرق) :

يحصل عليه بمعاملة حديد الصب الابيض الحاوى على نسبة قليلة
من السيليسيوم (٠.١-٠.١٦٪) بالحرارة (٧٦٠-٩٨٠) درجة مئوية لمدة
طويلة (في الرمل) . يوجد نوعان من هذا الحديد . للنوع الاول مقاومة
على الشد (٣٧-٣٠) كغ/مم^٢ وتعدد نسبي (١٠-١٨٪) للنوع الثاني
مقاومة على الشد تبلغ (٤٥-٦٣) كغ/مم^٢ وتعدد نسبي (٢-٦٪) . ويحتل
حديد الصب المطاوع (القابل للطرق) مرتبة وسطى بين حديد الصب
الرمادى والفولاذ وذلك بالنسبة للخواص الميكانيكية فهو يتمتع باللدونة
وينشغل بسهولة . يستعمل حديد الصب المطاوع (القابل للطرق) في صنع
بعض اجزاء المنشآت (توصيلة للقساطل) وبشكل واسع في صناعات الآلات .

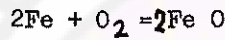
٥) ٢- الفولاذ :

هو خليطة الحديد مع الفحم الذى لا تتجاوز نسبته (٢٪) ينتج
الفولاذ على مرحلتين : في المرحلة الاولى يحصل على حديد الصب
من الفلزات الحديدية ثم يحصل على الفولاذ من حديد الصب . حيث
تحترق بعض الشوائب (مثل الفحم) او تتحول الى خبث (المانغنيز
والسيليسيوم والفسفور والكبريت) .

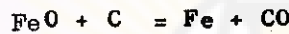
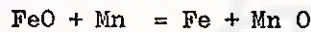
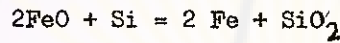
وطرق الحصول على الفولاذ هي : طريقة بسمروتوماس وطريقة مارتين
وطريقة الفرن الكهربائي .

١- طريقة بسمروتوماس :

يخرق الفحم الزائد حسب طريقة بسمر شكل رقم (١٠-٢) بواسطة
تيار هوائي اوتيار اوكسجيني يمر خلال حديد الصب المائع ، يوكسد
اوكسجين الهواء حديد الصب حسب المعادلة :



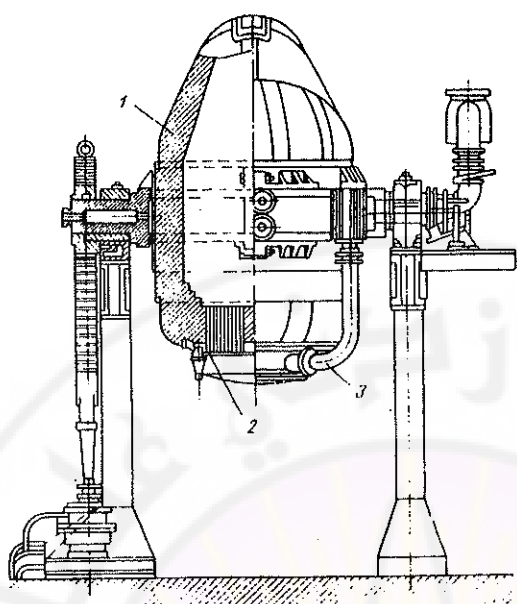
ثم يرجع اوكسيد الحديد بواسطة السيليسيوم والمنغنيز والفحم حسب
المعادلات التالية :



وبنتيجة هذه التفاعلات تنتشر كمية كبيرة من الحرارة فترتفع درجة
الحرارة في المحول الى (١٦٠٠-١٦٥٠) درجة مئوية ويحصل على الفولاذ
بالحالة المائعة .

وفي محول توماس يضاف الكلس للحصول على خبث ذي وسط قلوي
قوى يستطيع التفاعل مع الفوسفور .

يعامل في محول بسمر حديد الصب الذي يحتوى على مقدار قليل
من الكبريت والفوسفور (٠.٦-٠.٧%) ومقدار كبير من السيليسيوم (٩-٢٠%)
الذى يعطي حرارة كبيرة عند احتراقه . بينما يعامل في محول
توماس حديد الصب الذى يحوى نسبة كبيرة من الفوسفور (٢-١٦%)
ونسبة من السيليسيوم لاتزيد عن (٠.٥%) .

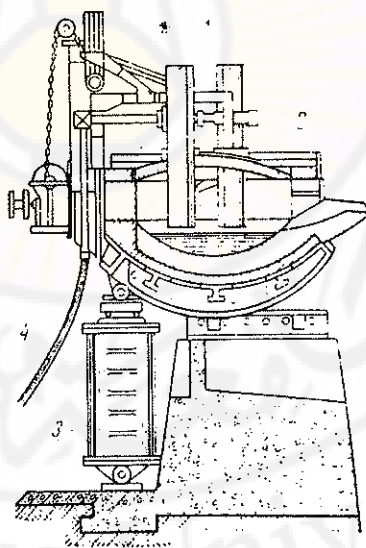


شكل (١٠ - ٢)

- ١ - وعاء فولاذي مكسي
٢ - فتحة لنفخ الهواء
٣ - انبوب لمداد الهواء

شكل (١٠ - ٤)

- ١ - الكترودات
٢ - حوض
٣ - جهاز لقلب الحوض
٤ - ناقل التيار الكهربائي



لا يمكن استعمال الفولاذ الذي يحمل عليه بطريقة محول بسممر
أوتوماس في المنشآت ذات الأهمية الخطيرة .

٢- طريقة مارتين :

يحمل على الفولاذ بصهر حديد الصب المائع مع بقايا الحديد
والفولاذ وحديد الصب في فرن ذى لهب شكل رقم (١٠-) . ان فرن
مارتين يمكن ان يعمل في وسط حامضي ووسط قلوى ، واحسن الانواع
ينتج في الوسط القلوى . ويتميز فولاذ مارتين عن فولاذ محول بسممر
أوتوماس بالجودة العالية وعن فولاذ الفرن الكهربائي بقلّة الكلفة .

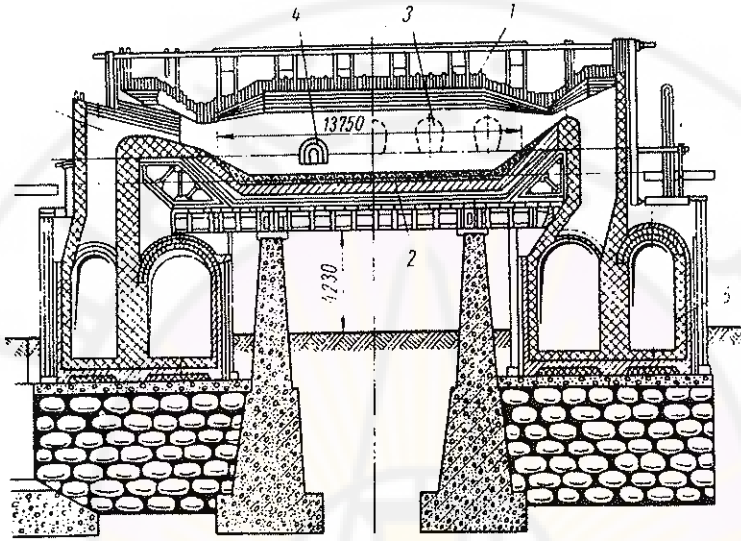
٣- طريقة الفرن الكهربائي :

أكثر الطرق استعمالاً هو طريقة التسخين المباشر بالقوس الكهربائي
الناتج بين الكروود من الفحم القائم بشكل شاقولي وبين المواد الحديدية
الداخله الى الفرن شكل رقم (١٠-) .

ويضاف الكلس مع المواد الحديدية ، ولذا فان الخبث القلوى يتفاعل
مع كل الفوسفور الموجود في حديد الصب . يحصل في الافران الكهربائيّة
على فولاذ ذى التركيب الكيميائي المطلوب مع شوائب قليلة جداً من
الكبريت والفوسفور والاكسجين . ان الفرن الكهربائي قلل الانتاج باهظ
التكاليف . وفي المدة الأخيرة فقد بدء باستعمال طريقة مركبة . يعامل
حديد الصب الى فولاذ في محول توماس (القلوى) ثم يعامل في
الفرن الكهربائي للحصول على التركيب الكيميائي المطلوب .

§ ٣- الخواص الميكانيكية للفولاذ :

تؤثر على الخواص الميكانيكية للفولاذ نسبة الفحم والشوائب الموجودة
في الفولاذ .



شكل (١٠ - ٣)

- ١ - السقف
٢ - القلب
٣ - فتحة التعبئة
٤ - فتحة خروج الفولاذ
٥ - اقنية صوائية
٦ - فتحة لاخراج النخيل

١- تأثير الفحم :

بمعرفة الخواص الميكانيكية للحديد والسيمانيت يمكن معرفة مدى

تغير الخواص الميكانيكية للفولاذ بازدياد نسبة الفحم .

الخواص الميكانيكية للحديد والسيمانيت معطاة في الجدول (١٠-١)

جدول (١٠ - ١)

الخواص الميكانيكية للحديد وكاربيد الحديد

=====

المواد	الملاية HB	مقاومة الشد كغ/مم ^٢	التمدد النسبي ٦ بال %	مقاومة الطرق كغ/مم ^٢
الحديد (الغريت)	٦٠	٢٥	٤٠	٣٠
كاربيد الحديد	٧٠٠-٨٠٠	—	—	—

يمكن ملاحظة تغير الخواص الميكانيكية للفولاذ بتغير نسبة الفحم

فيه من الجدول رقم (١٠-٢) .

جدول (١٠ - ٢)

تغير الخواص الميكانيكية للفولاذ بالنسبة لتغير نسبة

الفحم فيه

نسبة الفحم	الملاية	مقاومة الشد كغ/مم ^٢	التمدد النسبي ٦ بال %	مقاومة الطرق كغ/مم ^٢
٠	١١٠	٣٦	٣٤	١٤
٠.٢	١٤٠	٤٦	٢٨	١٠
٠.٤	١٨٠	٦٥	٢٠	٦
٠.٦	٢٢٠	٨٢	١٤	٣
٠.٨	٢٨٠	٩٦	٩	—
١	٣٣٠	٩٦	٦	—
١.٢	٣٥٠	٨٥	٣	—
١.٤	٤٠٠	٦٣	٢	—

كما هو مبين في الجدول رقم (١٠-٢) فانه برفع نسبة الفحم في الفولاذ تزداد نسبة السيمانيت السريح الانكسار، وبالتالي تزداد متانة وسرعة انكسار الفولاذ وتنقص لدونة الفولاذ ومقاومته للضرب .

ان متانة الفولاذ تزداد بازدياد نسبة الفحم، حتى تصل الى قيمة اعظمية عندما تكون نسبة الفحم تساوى (١) %، ثم تبدأ بالهبوط .

٢- تأثير الشوائب على الخواص الميكانيكية للفولاذ :

تدخل دائما في تركيب الفولاذ العادى، هذا عن الحديد والفحم شوائب بكميات قليلة . ويعود سبب وجود هذه الشوائب الى شروط انتاج الفولاذ . وهذه الشوائب تسمى بالشوائب الطبيعية، وهي السيليسيوم والمنغنيز والفسفور والكبريت والاكسجين .

(١) تأثير السيليسيوم والمنغنيز :

ان كمية السيليسيوم لا تتعدى (٠.٣٥) والمنغنيز (٠.٩) % في الفولاذ العادى . وبهذه النسب لا يؤثر السيليسيوم والمنغنيز على الخواص الميكانيكية للفولاذ بشكل كبير .

(٢) تأثير الفوسفور :

الفوسفور هو من الشوائب الضارة للفولاذ . يكون الفوسفور في الفولاذ في حالة محلول صلب في الحديد، ويشوه نظام تبلير الحديد، مما يؤثر على رفع المتانة والصلابة، وتخفيض اللدونة . وعندما تزداد نسبة الفوسفور عن (٠.٢) % فان مقاومة الفولاذ للصدمات تضعف بشكل خاص . والفوسفور يساعد على تشكل ذرات ضخمة، ولا يسمح ان تكون نسبة الفوسفور في الفولاذ بأكثر من (٠.٠٤) % .

(٣) تأثير الكبريت :

الكبريت هو ايضا من الشوائب الضارة للفولاذ . ويوجد في الفولاذ بشكل مركب كيميائي $Fe S$ يتوضع حول ذرات الحديد ، فشكل قشيرة سريعة الانكسار وغير مثينة مما يسبب تخفيض متانة الفولاذ ومقاومته للصدمات وعند تسخين الفولاذ حتى درجة الاحمرار ، فان هذه القشور تنصهر جزئيا ، وتقلل من الترابط المتين بين الذرات . ولهذا فان الفولاذ الحاوي على نسبة عالية من الكبريت يصبح قليل المقاومة ضد الصدمات وذلك في درجة الاحمرار ، وهو غير صالح للمعاملة الميكانيكية على الساخن . ويقلل الكبريت من مقاومة الفولاذ للتأكسد ومن امكانية لحام الفولاذ . ولا يجوز ان تزيد نسبة الكبريت عن (0.06%) للفولاذ بسمير و (0.05%) للفولاذ مارتنين .

(٤) تأثير الاوكسجين :

ان الاوكسجين مثله مثل الكبريت ، لا ينحل تقريبا في الحديد . ويوجد في الفولاذ في الغالب بشكل اوكسيد الحديد $Fe O$ يتصلب حول الذرات بشكل قشرة غير مقاومة للصدمات ، ويزيادة نسبة الاوكسجين فان الفولاذ يصبح سريع الانكسار على البارد وبدرجة الحرارة الحمراء وتضعف مقاومته للصدمات وامكانية اللحام .

٤ - تصنيف الفولاذ :

يقسم الفولاذ حسب التركيب الكيميائي الى صنفين :
آ - الفولاذ (الحاوي على الفحم) وهو يحتوى على الشوائب الطبيعية فقط .
ب - الفولاذ الخاص ، وتتدخل في تركيبه احدى اومضعة المواد الثلاثة :
النيكل ، الكروم ، الفاناديوم ، التانغستين .

آ- الفولاذ (الحاوي على الفحم) :

يقسم بحسب الاستعمال الى فولاذ للمنشآت حاو على الفحم بنسبة اقل من ٠.٠٦٥٪ يستعمل في تحضير مختلف منشآت الابنية وقطع الآلات ويقسم الى ماركات بحسب التركيب الكيميائي والخواص الميكانيكية . والى فولاذ للأجهزة حاو على الفحم بنسبة من ٠.٦٥ وحتى ٠.١٥٪ ويستعمل غالبا من اجل تحضير الادوات .

في الجدول (١٠-٣) محطة ماركات الفولاذ العادى، وهي مصنفة حسب المائة على الشد والتعدد النسبي .
وفي الجدول (١٠-٤) محطة نسب الفحم ، والشوائب الطبيعية .

جدول (١٠ - ٣)

الخواص الميكانيكية لمختلف ماركات الفولاذ

ماركة الفولاذ	حد السيلان بالكغ/مم ^٢ لاقل من	حد المائة على الشد بالكغ/مم ^٢ لاقل من	التعدد النسبي بالـ ٪ لاقل من
St - 0	—	٣٢	١٨
St - 1	—	٤٠-٣٠	٢٨
St - 2	١٩ - ٢٢	٤٢-٣٤	٢٦
St - 3	٢٢ - ٢٤	٤٧-٣٨	٢١ - ٢٣
St - 4	٢٤ - ٢٦	٤٥-٤٢	١٩ - ٢١
St - 5	٢٦ - ٢٨	٦٢-٥٠	١٥ - ١٧
St - 6	٣٠ - ٣١	٧٢-٦٠	١١ - ١٣
St - 7	—	٧٠ وأكثر	٨ - ٩

جدول (١٠ - ٤)

نسب الفحم والشوائب الطبيعية لمختلف ماركات الفولاذ

نسبة الشوائب بالـ %					ماركة الفولاذ مارتين
المنغنيز الفوسفور الكبريت لا تزيد عن			السليسيوم	الفحم	
٠.٦	٠.٧	—	—	لا تزيد عن ٢٥	St - 0
٠.٥٥	٠.٤٥	٠.٢٥ - ٠.٥	٠.٥ - ٠.٥	٠.٢ - ٠.٦	St - 1
=	٠.٤٥	٠.٢٥ - ٠.٥	= ٠.٧	٠.١٥ - ٠.٩	St - 2
=	٠.٤٥	٠.٢٥ - ٠.٤٠	٠.٢ - ٠.٣	٠.٢٢ - ٠.٤	St - 3
=	=	٠.٢ - ٠.٤	٠.٢ - ٠.٣	٠.٢٧ - ٠.١٨	St - 4
=	=	٠.٢ - ٠.٥	٠.٣٥ - ٠.١٥	٠.٣٧ - ٠.٢٨	St - 5
=	=	٠.٢ - ٠.٥	٠.٣٥ - ٠.١٥	٠.٤٩ - ٠.٣٨	St - 6
=	=	٠.٢ - ٠.٥	٠.٣٥ - ٠.١٥	٠.٦٢ - ٠.٥٠	St - 7

يمتاز فولاذ ماركة 1 - St و 2 - St بلدونة عالية، ويستعملان في تحضير البراشيم والخزانات، والقساطل. يعتبر الفولاذ الاساسي في المنشآت فولاذ ماركة 3 - St وفولاذ ماركة 5 - St ان تحضير منهما الاجزاء الحاملة المعدنية وحديد التسليح. يتصف فولاذ ماركة 3 - St باللدونة ويلحم بشكل جيد وهو مطاوع. تحضير من فولاذ ماركة 4 - St و 5 - St مسامير قلاووظ وبرافي ونوابض، ومن فولاذ ماركة 6 - St و 7 - St محاور واجزاء اخرى من قطع الماكينات.

بد الفولاذ الخاص :

يقسم الفولاذ الخاص حسب استعماله الى ثلاثة مجموعات: للانشاءات وللأجهزة، وفولاذ ذو خواص فيزيائية كيميائية خاصة، ويقسم الفولاذ الخاص حسب التركيب الكيميائي الى ماركات ، وذلك بحسب المادة المضافة .

وفي البناء يستعمل الفولاذ الخاص الحاوى على نسبة ضئيلة من المواد المضافة مجموع المواد المضافة لا يزيد عن ٠.٥٪ وبمقارنته مع الفولاذ St - 3 ، فإنه يمتاز بمقاومة اكبر، مع الاحتفاظ بلدونة عالية ، وإمكانية جيدة للحام ، ومقاومة عالية ضد التآكل بتأثير الجو .

ان نسبة المنغنيز يجب الاتزيد عن ٠.٢٪ ، حيث انه اذا زاد المنغنيز عن هذه النسبة ، يخفض من المقاومة ضد الطرق .

يستعمل من انواع الفولاذ الخاص الحاوى على نسبة كبيرة من المواد المضافة في المنشآت ، انواع الفولاذ المقاوم ضد التأكسد ، الذى يمتاز بمقاومة عالية ضد التأكسد بتأثير الجو ، والمواد الكيميائية .

و يدخل في تركيب مثل هذا الفولاذ : كروم (١٧-٢٠)٪ والنيكل (٨-١١)٪ والفحم (٠.٢-٠.٣)٪ .

٥٨- معاملة الفولاذ :

يعامل الفولاذ بهدف اكساب المنتجات الفولاذية صفات ميكانيكية معينة: متانة اعلى وذلك لرفع مقاومة التحات ، انقصاص اقل لتحسين المعالجة ولزيادة لزوجة الصدم والخ . ويتوصل الى هذا بتسخين الفولاذ ثم تبريده حسب نظام حرارى معين . وبالنتيجة تتغير بنية الفولاذ بالوجهة اللازمة والتي تعين الصفات الميكانيكية له . ويعامل الفولاذ بالسقاية والتطرية والتبريد البطيء والمعاملة الكيميائية الحرارية (المعاملة بالفحم وبالاوت) .

١- السقاية :

جارة من احياء الفولاذ حتى درجة معينة، ثم الاحتفاظ بهذه الحرارة مدة محددة ، ومن ثم التبريد السريع بسرعة تساوي السرعة الحدية للسقاية . وكلما كانت نسبة الفحم اقل كلما كانت هذه السرعة اكبر . والفولاذ الحاوي على نسبة من الفحم اقل من (٢.٠)٪ صلبا لا يكتسب السقاية .

تعرض للسقاية المنتجات الجاهزة ، بهدف زيادة الصلابة والمتانة . ولذا تحمي هذه المنتجات الى درجة الحرارة المناسبة ، ثم تبرد ضمن سائل (ماء بارد ، او ماء ساخن ، او زيت معدني) . واذا اردنا ان نكتسب المنتجات مقاومة عالية ضد التحات ولدونة كبيرة فاننا نعرض هذه المنتجات الى سقاية سطحية . يحمي المعدن بحرق الغاز اوتيار عالي التوتر وبهذا ترتفع الصلابة ومقاومة التحات فقط للطبقات السطحية واما الطبقات في الداخل فتبقى على ما هي .

٢- التطرية (التطبيع) :

ان الهدف من تطرية الفولاذ هو التخفيف من الاجهادات الداخلية الناتجة في الفولاذ عند سقايته والتقليل من سرعة الانكسار الفولاذ المسقي توقع درجة حرارة الفولاذ الى (٦٠٠) درجة مئوية وتحافظ على هذه الحرارة مدة من الزمن ومن ثم يبرد الفولاذ .

٣- التبريد البطيء :

يكتسب الفولاذ بالتبريد البطيء بنية متوازنة ، بخلاف السقاية والتطرية ويعرض الفولاذ للتبريد البطيء للحصول على فولاذ ذي صلابة دنيا ، ولتحسين امكانية شغل الفولاذ بالاجهزة القاطعة .

يحمى الفولاذ حتى درجة حرارة معينة، ويحافظ على هذه الدرجة لمدة محددة، ثم يبرد ببطء، وطادة سوية مع الفرن .

٤- المعاملة الكيميائية الحرارية للفولاذ :

وهي عملية تغيير التركيب الكيميائي والبنية والخواص للطبقات السطحية للفولاذ . وذلك باشباع سطح الفولاذ بالفحم والآزوت وغيرها من المواد، ويعرض الى هذه المعاملة الفولاذ المعرض للتحات ولقوى الضرب . لهذا يجب ان يتميز الفولاذ بصلابة في الطبقات السطحية ولدونة كافية للطبقات الداخلية للفولاذ .

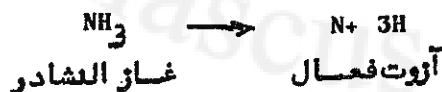
أ) المعاملة بالفحم :

وهي عملية اشباع الطبقة السطحية من الفولاذ (الحاوى على ا ر - ٠.٣ ٪ فحم) بالفحم في درجة الحرارة (٨٨٠ - ٩٥٠) درجة مئوية ثم سقاية الفولاذ وتنظيفه . ان الفحم وهو في حالة فعالة جدا يدخل الى هيكل الحديد مشكلا محلولاً صلباً . والقساوة السطحية تساوى (٥٨٠ - ٦٥٠)



ب) المعاملة بالآزوت :

وهي عملية اشباع الطبقة السطحية من الفولاذ بالآزوت ونتيجة لها تزداد صلابة الفولاذ وخاصة الخاص . ان درجة الحرارة الفرن الذى تجرى فيه المعاملة بالآزوت تتراوح بين (٥٠٠ - ٦٠٠) درجة مئوية . والقساوة السطحية تساوى (١٢٠٠) حسب برينيل :

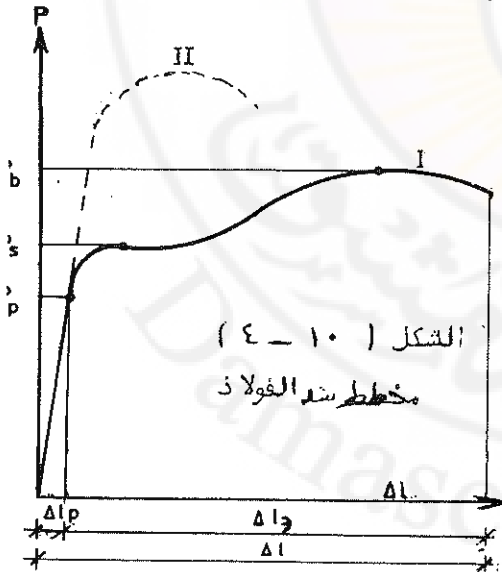


٦- التجارب المخبرية للفولاذ :

يتعرض الفولاذ في اجزاء المنشآت الى التأثيرات الميكانيكية المختلفة كالشد والطرق والضغط . ولهذا يتطلب من الفولاذ مواصفات مناسبة للمقاومة على الشد والطرق والضغط ، وان المقاومة على الضغط تتعلق بنسبة كبيرة بصلابة الفولاذ . تحين متانة الفولاذ على الشد وامكانية التشوه المرن اللدن باختبار النماذج الفولاذية على الشد في الآلات الشادة حتى الانقطاع . ويحين حد التناسب وحد السيلان وحد المتانة والتعدد النسبي ولذا ندرس مخطط شد النموذج الفولاذي الذي نحصل عليه باختبار الفولاذ على الشد .

١- اختبار الفولاذ على الشد :

يوضع النموذج في مساكات آلة الشد ، وتطبق عليه حمولة شد حتى الانقطاع الكامل . يبدأ النموذج بالتشوه (التمدد) من تأثير الحمولة ، ويكون في بادئ الامر متناسبا مع مقدار الحمولة . يعبر عن علاقة تغير طول النموذج بالحمولة بالمخطط المبين على الشكل (١٠ - ٤) .



نضع على المحور الشاقولي الحمولة P وعلى المحور الافقي تمدد النموذج Δl حتى الانقطاع ان المنحني I هو مخطط انقطاع النموذج من الفولاذ الحاوي على نسبة صغيرة من الفولاذ $(C \geq 0.25 \%)$ في البداية وحتى النقطة (١) فان تمدد النموذج يزداد بالتناسب مع الحمولة (المنطقة

١-٠)

إذا طبقت على النموذج حمولة شد اقل من P_p ثم ابتعدت الحمولة عن النموذج فان النموذج يرجع الى طوله الاولي اى عليا لن تبقى تعددات باقية .

ان النقطة (١) تقابل حد التناسب اى تقابل الاجهاد الاعظمي الذى يكون فيه تعدد الفولاذ متناسبا طردا مع الحمولة وبحسب هذا الاجهاد حسب الدستور التالي :

$$\sigma_p = P_p / A_o \quad (١)$$

حيث: σ_p — الاجهادات الموافقة لحد التناسب بالكغ/سم^٢

P_p — الحمولة الموافقة لحد التناسب بالكغ

A_o — السطح الاولي للمقطع العرضي للنموذج بالسم^٢

وهكذا فان الفولاذ حتى الحمولة P_p في مرحلة التشوهات المرنة . ولهذا فان الاجهادات الموافقة لحد التناسب تسمى بحد المرونة σ_p . ان هذين الدليلين مهمان جدا في المواد المعدنية . وتصمم كل المنشآت المعدنية واجزاء الآلات بحيث لا تزيد الاجهادات فيها عن حد التناسب اوجد المرونة . وحتى حد التناسب تكون العلاقة بين الاجهاد σ في النموذج وتعدد النسبي ϵ حسب القانون التالي :

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad (٢)$$

يسمى عامل التناسب E بعامل المرونة (عامل يونغ) الذى يساوى

الى (٢٠٠ ٠٠٠) كغ/سم^٢ للفولاذ والى (٧٢٠ ٠٠٠) كغ/سم^٢ للألومنيوم .

وبحسب التعدد النسبي للمعدن بالنسبة المئوية حسب القانون :

$$\epsilon = \frac{(L_1 - L_o) \cdot 100}{L_o} \quad (٣)$$

حيث: L_0 - الطول الاولي للنموذج (قبل الشد) باسم

L_1 - طول النموذج بعد الانقطاع بال سم

تميز قيمة التمدد النسبي لدونة المعدن ، فكلما ازدادت قيمة التمدد النسبي كلما كان المعدن لدنا اكثر . ان التمدد النسبي للفولاذ المستعمل في البناء St- 3 يساوى (٢١-٢٣ ٪) بينما يساوى التمدد النسبي لفولاذ St - 7 الحاوى على نسبة كبيرة من الفحم (٥٠-٦٥ ٪) فقط (٨-٩ ٪) .

وزيادة الحمولة (اكثر من P_p) يبدأ طول النموذج بالتددد بسرعة اكبر من سرعة زيادة الحمولة . وهذا الشكل يبطل التناسب بينهما ويتحول الخط المستقيم الى خط منحنى (١-٢) ثم الى خط افقى (٢-٣) ان ظهور الخط الافقى يبين حدوث التمدد بدون زيادة في الحمولة (اى ان الفولاذ يسيل) . ويسمى الاجهاد عندما يبدأ المعدن بالسيلان بحد السيلان . ويميز بين حد السيلان الفيزيائي σ_s وحد السيلان الاصطلاحي $\sigma_{0.2}$.

حد السيلان الفيزيائي :

هو عبارة عن الاجهاد الادنى عندما يبدأ النموذج بالتشوه بدون زيادة ملحوظة في الحمولة . اما حد السيلان الاصطلاحي فهو عبارة عن الاجهاد عندما يحصل النموذج على تمدد باق قيمته (٢٠ ٪) (بالنسبة للطول الاولي) . والفولاذ الحاوى على نسبة صغيرة من الفحم يعطى ساحة سيلان ظاهرة بشكل واضح (المنحنى I الشكل ١٠-٤) . ولذا يميز بحد السيلان الفيزيائي . والفولاذ الحاوى على نسبة متوسطة او عالية من الفحم لا يملك خطا للسيلان ، ويتميز بحد السيلان الاصطلاحي (المنحنى II من الشكل ١٠-٤) .

عند حساب المنشآت المعدنية والبيتونية المسلحة ، فان حد السيلا ن يستخدم كخاصة رئيسية للمعدن . ويحسب حد السيلا ن بالدستور التالي :

$$\bar{\sigma}_S = P_S / A_o \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (4)$$

حيث: P_S — الحمولة الموافقة لحد السيلا ن بالكغ
ويعد التمدد التلقائي بتأثير الحمولة في حد السيلا ن فان المعدن يسترجع امكانية مقاومة ازدياد الحمولة حتى الحمولة P_b (النقطة ٤ على الشكل ١٠-٤) حيث يحصل انقصاص النموذج . ان الاجهاد المقابل للحمولة العظمى P_b الذي يسبق انقطاع النموذج يسمى بحد المئانة .

$$\bar{\sigma}_b = P_b / A_o \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (5)$$

ان المعادن القصيفة (سريعة الانكسار) تنكسر بسرعة وذلك عند وصول الحمولة الى القيمة P_b ، بينما المعادن اللدنة تتمدد كثيرا ثم يظهر على العينة تخرص (تضييق) غيف ، ومن ثم يحدث الانقطاع في هذا المكان . وتستخدم في تقييم لدونة المعدن قيمة التخرص (التضييق) اى نسبة تناقص مساحة المقطع العرضي للنموذج في لحظة الانقطاع الى المساحة الاولى بالنسبة المئوية . وكلما كان المعدن لدنا اكثر كلما كان التخرص (التضييق) اكبر .

ويحسب حد السيلا ن (الفيزيائي) حسب الدستور (٤) بدقة (٥٠) كغ/سم^٢ ويحين حد السيلا ن بالشد المستمر الناتج من الحمولة المتزايدة تدريجيا . ونعين لحظة تراجع الذراع (على الآلات ذات الازدراع) اوتوقف السهم المشير لقياس القوة للآلة . والقوة الموافقة لهذه اللحظة تعتبر الحمولة P_S الموافقة لحد السيلا ن الفيزيائي .
ويحسب حد المئانة حسب الدستور (٥) ، وتحسب اكبر حمولة تقرا في مقياس الجهاز كحمولة P_b موافقة لحد المئانة على الشد .

ويحسب التمدد النسبي بالقانون (٣) . ولقياس L_1 ، فإنه يرجع جزءا العينة الى وضعيتها قبل الانكسار ويضبط طيهما ثم يقاس الطول . ومن اجل حساب التمدد النسبي عادة تومر على العينة قبل الاختبار بعلامتين وتحدد المسافة بينهما قبل وبعد الاختبار (بالتوافق L_1 ، L_0) . تستعمل من اجل الاختبار عينة ذات مقطع دائري او مستطيل وتوجد عينات عادية وعينات ثنائية . ان مساحة المقطع العرضي في المنطقة العاملة (A_0) للعينات العادية يجب ان تساوي (٢١٤) مم^٢ . قطر العينات ذات المقطع الدائري (٢٠) مم والطول $L_0 = 200$ mm لاجل العينات الطويلة و $L_0 = 100$ mm لاجل العينات القصيرة .

اما مساحة وقياسات مقطع العينات التناسبية ، فيمكن ان تكون مختلفة ، ولكن طولها يجب ان يكون متناسبا مع مقطعها .
 طول العينة القصيرة يساوي : $\sqrt{A_0} \cdot 5,65$
 واما العينة الطويلة فيساوي طولها : $\sqrt{A_0} \cdot 11,3$
٢- تعيين قساوة الفولاذ :

تعيين قساوة الفولاذ بضغط كرة من الفولاذ القاسي (طريقة برينل) تحت حمولة معينة او مخروط الماسي (طريقة روكفيل) او هرم الماسي (طريقة فيكرس) .

توجد علاقة محددة بين قساوة المعدن وخواصه وبشكل خاص المتانة . ولهذا عندما تعيين قساوة المعدن يمكن بسرعة وبدون اكلاف للمعدن من مراقبة جودة المعدن .

يكون تحديد قساوة المعدن بطريقة برينيل بأن تضغط كرة من الفولاذ المسقى على سطح مستوى للعينة المعدنية بضغط ثابت ويبقى اثر (قطاع كروي) على سطح العينة بعد ابعاد الحمولة . كلما كان المعدن اطرى كلما كان القطاع الكروي اكبر . وهذا الشكل يمكن التعبير عن قساوة المعدن حسب برينيل H B بنسبة الحمولة P بالكغ الى مساحة

$$\text{الاثر بال مم}^2 \quad \bullet \quad H B = \frac{P}{F} \text{ Kg/mm}^2$$

وبحساب سطح القطاع الكروي بواسطة القطر D ، و قطر الاثر d وبعد الاختصارات فاننا نحصل على معادلة مقدار قساوة المعدن بطريقة

$$H B = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ Kg/mm}^2 \quad \bullet \quad \text{برينيل} \quad (1)$$

حيث: D — قطر الكرة بال mm و P — الحمولة Kg
d — قطر الاثر بال mm

ويختار قطر الكرة (بحسب قساوة المعدن) وسماكة العينة والحمولة المطبقة (٥ر ٢) او (٥) او (١٠) مم . وتعمل ثلاثة تجارب او اكثر للحصول على نتائج دقيقة .

ويجب ان يكون مركز الاثر على بعد عن حد العينة بمقدار لا يقل عن قطر الكرة ، وعن مركز الاثر المجاور بمسافة لا تقل عن قطري الكرة . ويقاس قطر كل اثر مرتين بواسطة الميكروسكوب . ثم يحسب الوسط الحسابي لقيمة d و ثم مقدار القساوة HB حسب المعادلة (٦) .
وبمعرفة مقدار القساوة HB يحسب حد متانته على الشد :

$$\sigma_b = K \cdot H B \quad \text{Kg/mm}^2$$

حيث: K — عامل يؤخذ من الجدول (١٠-٥)

جدول (١٠ - ٥)

قيم المعامل K

المادة	K
الفولاذ الحاوى على الفحم	٠.٣٦
الفولاذ الحاوى على الكروم والنيكل	٠.٣٤
حديد الصب	٠.١
البرونز والنحاس الأصفر	٠.٤
الالمنيوم	٠.٢٦

٣- تعيين مقاومة الفولاذ للصدم :

تعين مقاومة الفولاذ للصدم بكسر العينة بصدمها بثقل فولاذى يحمل كنواس شكل (١٠-٥) . وهذا الاختبار يسمح باظهار ضعف الفولاذ حين تحضيره ووجود الطبقات الداخلية الضعيفة التي تتشكل عند حدوث خطأ في تكنولوجيا تحضير الفولاذ . ولأجل اجراء اختبار مقاومة الفولاذ للصدم توضح عينة بشكل قضيب ذى مقطع مريح (عادة ١×١ سم) حيث احدث في منتصفها شق نظامي . ويوضح القضيب على ركائز النواس . يرفع النواس حتى ارتفاع h_1 ثم يفلت ليهوى فيكسر العينة ثم يرتفع الى ارتفاع اقل h_2 .

يحتبر كعامل مقاومة الفولاذ للصدم Q_K العمل A المبذول في كسر العينة والمنسوب الى وحدة مساحة مقطعها F في مكان الكسر :

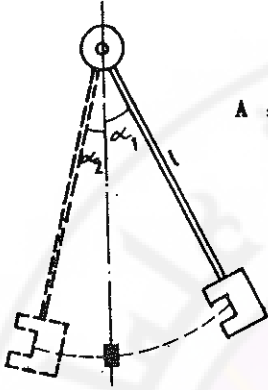
$$Q_K = \frac{A}{F} \quad \text{Kgm} / \text{cm}^2 \quad (٧)$$

يساوى العمل المبذول في كسر العينة الى جداء ثقل النواس
بـ حاصل طرح ارتفاعه الثاني h_2 من ارتفاعه الاول h_1 . واذا عبونا
من ارتفاعية بالزاويتين α_1 , α_2 , فان معادلة حساب العمل المبذول
في كسر العينة تصبح بالشكل التالي :

$$A = GL (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \quad (2)$$

حيث: L — طول النواس بالامتر

$$Q_K = 4-6 \text{ Kgm} / \text{cm}^2$$



٢§ — الخلائط الالومينية :

١ — الخلائط الالومينية المسبوكة :

شكل ١٠-٥ جهاز صدم الفولاذ

اوسعها انتشارا وهي خلائط الالومنيوم

مع السيليسيوم وتحتوى (٤٥—١٤ ٪) سيليسيوم وحتى (٦٠ ٪) مغنيزيوم
و(٥٠ ٪) منغنيز وحتى (١ ٪) حديد وفي حالات خاصة نحاس . وهي
تتصف بخواص جيدة للسبك وسيولة جيدة في حالة الانصهار وانكماش
قليل عند التصلب .

ان مقاومة هذه الخلائط تساوى $\sigma_b = 20 \text{ Kg/mm}^2$ وقساوتها $HB = 50-70$
ولدونة كافية (٩—١٠ ٪) . بزيادة نسبة السيليسيوم ترتفع متانة هذه
الخلائط الا ان اللدونة تنقص .

يمكن تحسين الخواص الميكانيكية لهذه الخلائط باضافة نسبة صغيرة
من المواد المحرزة على التبلور مثلا الموديوم بنسبة (٠٠٠ ٪) .
وهذه المواد تشكل مراكز تبلور للسيليسيوم وهذا مايدعو الى توزيع
البلورات الصغيرة بالتساوى .

وبإضافة مثل هذه المواد ترتفع المقاومة واللدونة لهذه الخلائط .
ان مقاومة هذه الخلائط تتراوح بين (١٨ - ٢٥) كغ/م^٢ وحد السيلا
(٨ - ٢٠) كغ/م^٢ والتمدد النسبي (٦ - ٢٥) % والقساوة حسب برينيل
(٥٥ - ٧٥) .

٢ - الخلائط الالومينية المعاملة بالضغط :

يدخل النحاس في تركيب الخلائط الالومينية المعاملة بالضغط . وكلما
كانت نسبة النحاس أكبر كلما كانت الخليطة أسرع في الانكسار وأعلى فسي
المتانة لذا فان نسبة النحاس تحدد ب (٤ - ٥٥) % .
لاجل تحسين الخواص الميكانيكية تعامل الخلائط الالومينية بالحرارة
(بالتسقية) وشم تترك بحرارة (٢٠٠ +) ° لمدة (٦ - ٧) أيام .

٣ - خلائط الدور المنيوم :

وهي أكثر الخلائط الالومينية المعاملة بالضغط انتشارا في التكنيك
يدخل في تركيبها عدا عن الالمنيوم النحاس (٣٥ - ٥٠ %) والمغنيزيوم
(٠.٤ - ٠.٨ %) والسيليسيوم (حتى ٠.٨ %) والمغنيز (٠.٤ - ٠.٨ %) .
ان هذه المواد تنحل في الالمنيوم مشكلة محلولاً صلباً وذلك في الحرارة
العالية . يعامل الدور المنيوم بالتسقية ثم يترك لمدة (٤ - ٥) أيام . ومقاومة
الدور المنيوم تساوى (٤٠ - ٤٨) كغ/م^٢ ويمكن ان ترتفع الى (٥٥ - ٦٠)
كغ/م^٢ نتيجة المعاملة بالضغط .
يعتبر الدور المنيوم مادة جيدة في صناعة الطائرات والالات النقل . وفي
السنوات الاخيرة أصبح يستعمل الدور المنيوم في مختلف مجالات البنساء
وخاصة في بناء الجسور .

٨ - - خلاط المغنيزيوم :-

يدخل الى جانب المغنيزيوم الالمديوم (حتى ١١ %) والتوتياء حتى (٤ %) والمغنيز (حتى ٢٥ %) وغيرها من العناصر .
يرفع الالمديوم والتوتياء من متانة خلاط المغنيزيوم بينما يحسن المنغنيز من امكانية اللحام ومن مقاومة التاكل .

٩ - - الخلاط التيتانية :-

ان التيتان عبارة عن معدن ذي وزن نوعي (٤٥ غ / سم^٣ وحرارة انصهار (١٦٧٢) . وهو ممتاز بمتانة عالية ومقاومة عالية ضد التاكل وذلك في مختلف الاوساط الفعالة كيميائيا .

ان حد المتانة للتيتان الصافي يساوي $\sigma_b = 30 \text{ Kg/mm}^2$ وحد السيالان يساوي $\sigma_s = 19 \text{ Kg/mm}^2$ والتمدد النسبي (٤٠) % .

ومن اهم المواد المضافة الى الخلاط التيتانية الالمديوم والكروم والفاناديوم والمولبيدين والمنغنيز . ولتحسين الخواص الميكانيكية لهذه الخلاط فانها تعامل بالتسقية ثم تترك بدرجة حرارة (٢٠٠ +)^٥ لمدة بضعة أيام ، ولرفع الصلابة يعامل سطح الخليطة بالفحم والازوت .
تسمح المتانة العالية والكثافة القليلة والمقاومة العالية ضد التاكل باستعمال الخلاط التيتانية في مجالات كثيرة في الصناعة .

الفصل الحادى عشر

المواد الخشبية المستعملة فى البناء

=====

١- معلومات عامة :

تستعمل الاخشاب منذ القدم كمادة مهمة للبناء . ويعود الاستخدام الواسع للاخشاب فى البناء الى متانتها العالية وقلة وزنها الحجمي وقلة ناقليتها للحرارة وسهولة شغلها بواسطة تركيب الاجزاء المختلفة بمساعدة المسامير والتعشيق والصمغ . وكذلك المقاومة العالية ضد الصقيع وضد تأثير مواد كيميائية كثيرة .

الى جانب هذه الصفات الايجابية للاخشاب توجد صفات سلبية وهي تخفض كثيرا من خواصها البنائية ومن أهمها : أنها تمتص رطوبة الهواء (هنا تنتفخ الاخشاب ، ثم عندما يصبح الوسط المحيط جافا تنكمش من جراء تبخر الرطوبة منها) وعدم تجانس المقاومة حسب الجهات (فان المتانة على الضغط بالاتجاه العمودى على الالياف أصغر من الاتجاه مع الالياف وكذلك الامر بالنسبة لناقلية الحرارة) . وكذلك وجود عيوب فيها كالتشققات والعقد والتواء الجذع . لذلك يجب مراعاة الصفات السلبية للاخشاب خاصة عند استلام ومعاملة وحفظ الاخشاب وكذلك عند تشييد المنشآت الخشبية واستثمارها . ان النجاحات المهمة فى حقل الكيمياء تسمح بنسبة ما بتخفيض النواقص المختلفة العائدة الى الاخشاب فمثلا لاجل رفع المقاومة ضد التعفن تستعمل المواد المضادة للتعفن وكذلك لرفع المقاومة ضد النار المسواد المضادة للنار . وبتحضير المصنوعات الخشبية بطريقة لصق العناصر الخشبية الرقيقة بالصمغ البوليميرى فانه ينقص الانكماش أو يلغيه تماما وتزداد المقاومة ضد التعفن وتنقص قليلا امكانية الاحتراق .

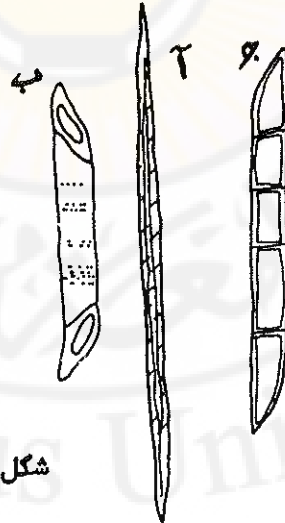
٢- - بنىة الخشب :

الشجرة مؤلفة من الجذر والجذع والاصان والاوراق . ويعتبر الجذع من أهم اجزاء الشجرة فمنه يحصل على ٦٠ - ٩٠ ٪ من الاخشاب

١- - البنية الدقيقة للخشب :

يتألف الخشب من خلايا حية وخلايا ميتة لها مختلف الاشكال والحجوم . ان خلايا الخشب ممطوطة بالاتجاه الشاقولي الا انه نرى بعض الخلايا الممطوطة بالاتجاه الافقي . ان المادة الرئيسية للخلية في الخشب هي السيليلوز $(C_6H_{10}O_5)_n$ وهيميليلوز (شبه السيليلوز) . اثناء نمو الخلية يحدث تغير في قشرتها - تتخشب القشرة بسبب ظهور مادة الليغنوم . وفي الخشب توجد مواد اخرى مثل المواد الدمغية والصمغ وغيرها . تسمى مجموعة الخلايا متشابهة الوظيفة بالنسيج . ويميز بين النسيج الناقل او الاقنية والنسيج الميكانيكي أو الاستنادى والنسيج الاحتياطي . يخدم النسيج الناقل (الاقنية) في نقل المواد الغذائية (النسخ) من الجذر الى الاغصان والاوراق . وهو يتألف من خلايا متطاوله رقيقة الجدران كبيرة التجاويف . والنسيج الناقل مسامي وهونسبيا مقاوم ضد التعفن (شكل

١١- ١) .



٦- النسيج الناقل

ب- النسيج الاستنادى

ج- النسيج الاحتياطي

شكل ١١- ١ انواع النسيج في الشجرة

يكسب النسيج الميكانيكي الخشب المتانة وهو يتألف من خلايا شاقولية ذات جدران سميكة وتجاويف صغيرة • وهذا النسيج الميكانيكي أو الاستنادي أكثر النسيج متانة ومقاومة للتعفن (شكل ١١-١ ب) •

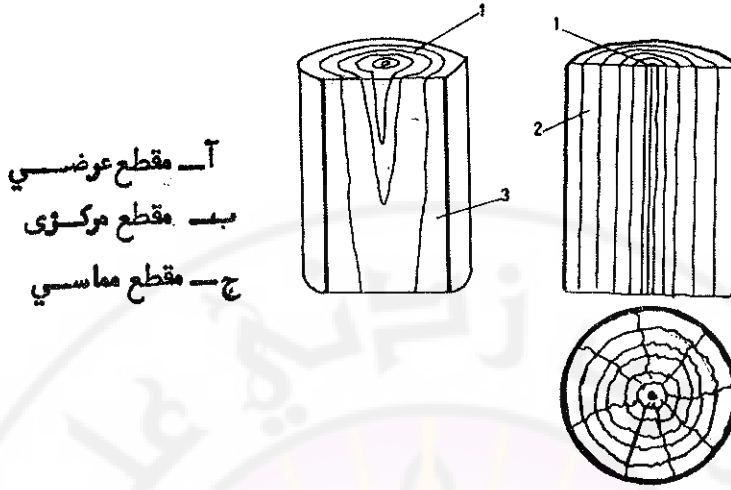
ان النسيج الاحتياطي يخدم لاجل تخزين وحفظ المواد الغذائية وهو يتألف من خلايا صغيرة (شكل ١١-١ ج) • وهذا النسيج سهل التعفن وضعيف التماسك مع الانسجة المجاورة • يتألف خشب الصلوبر والشوح فقط من خلايا خاصة، بدون اقنية واللياف خشبية •

توجد خلايا ذات جدران رقيقة (وهي حل محل الاقنية في اصناف الاشجار العورقة) وخلايا ذات جدران سميكة (وهي حل محل اليف النسيج الاستنادي) • توجد في اشجار كثيرة خاصة انواع الصنوبر مررات تعلى* بالمواد الصمغية وهي ترفع من مقاومة الخشب للتعفن وتحمله مع الزمن •

بنية الخشب :

وهي بنية الخشب الملاحظة بالعين المجردة ماوتكبير صغير، وهي تعطي امكانية تحديد العلامات الرئيسية للخشب بتمييز انواعه ، وكذلك فكرة اولية عن خواصه • ولجل تدقيق هذه العلاقات يجب دراسة ثلاثة مقاطع لجذع الشجرة •

آ- مقطع عرضي عمودي على محور الجذع ب- مقطع طولي مركزي ويعمل بالاتجاه الطولي للجذع مارا بمحوره ج- مقطع مماسي بطول الجذع قاطعا للمقطع العرضي على مسافة ما من المركز وهذه المقاطع مبينة على الشكل رقم (١١- ٢) •



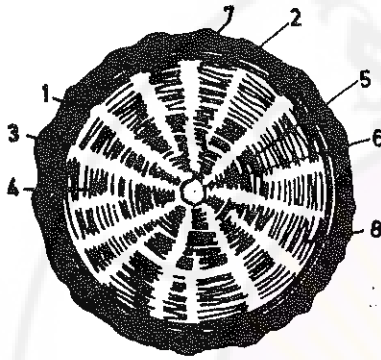
شكل (١١ - ٢)

مقاطع جذع الشجرة

وتلاحظ الأجزاء الرئيسية التالية في المقطع العرضي (الشكل ١١-٣)

- (١) القشرة الخارجية (فليدية) تحمي الشجرة من الحرارة ، والتأثيرات الضارة الأخرى ، والتأثيرات الميكانيكية .
- (٢) الطبقة الداخلية الحية للقشرة ، وهي تنقل المواد الغذائية في الشجرة الحية .
- (٣) الطبقة المولدة ، وهي تولد طبقات إلى جهة الطبقة الداخلية الحية للقشرة وطبقات إلى جهة اللحاء .
- (٤) اللحاء ، وهو الجزء الفاتح اللون في المقطع ، ويتألف من خلايا فتية تنقل في الشجرة الحية الماء مع المواد الغذائية المحلولة فيه . اللحاء في الشجرة المقطوعة حديثاً ، رطوبية عالية ، سهل التعفن ، وقليل المتانة وانكماشه كبير ، وينزع إلى التعفن (التعوج) .

٥) اللب : وهو الجزء الخامق اللون في المقطع يتألف من خلايا ميتة قشرية بمواد صمغية ومواد دمغية ولهذا الجزء رطوبة اقل ومقاومة اكبر للتعفن ومثانه وقساوة اكبر .



- ١- القشرة الخارجية
- ٢- الطبقة الداخلية للقشرة
- ٣- الطبقة العولدة
- ٤- اللحاء
- ٥- اللب
- ٦- المركز
- ٧- المجارى المركزية
- ٨- الطبقات السنوية

شكل (١١-٣) المقطع العرضي للشجرة

ويمكن تقسيم الاشجار الى ثلاثة انواع :

أ- اشجار لبية ولها لب ولحاء (السنديان ، الصوبر ، الشاريين ، الارز ، الدردار ، الدلب) .

ب- اشجار لحائية ، لا يوجد فيها لب ، وانما فقط لحاء (البتولا ، الحور الرومي ، اسفندان ، زيزفون) .

ج- اشجار ذات خشب قاسي ، يوجد فيها لحاء ، وقسم متخشب الشوح والتنوب والزان والحور) .

٦- المركز ويتشكل في السنة الاولى لنمو الشجرة وهو قليل المتانة وسريع التعفن ويلاحظ في الاشجار المعرقة ان المركز اكبر مما في الاشجار الصمغية .

٧) المجارى المركزية: توجد في جميع انواع الشجر وخاصة وبشكل واضح في اشجار البلوط والزان والاسفندان • وقسم من المجارى المركزية يبتدىء من المركز ويتجه الى القشرة والقسم الثاني يبتدىء على مسافة ما من المركز ويتجه ايضا نحو القشرة والمجارى كلها تصل حتى القشرة •

في الشجرة النامية نلاحظ ان المجارى المركزية تخدم لاجل نقل الرطوبة والمواد الغذائية ولحفظ الاحتياطي من المواد الغذائية في فصل الشتاء •

٨) الطبقات السنوية: وهي بشكل حلقات ذات مركز واحد في الاشجار الصمغية • تنمو الشجرة عادة في فصل الربيع والصيف والخريف • للطبقة النامية في وقت مبكر (اى في الربيع اوفي بداية الصيف) خلايا كبيرة وجدراؤها رقيقه ولونها فاتح • وللطبقة النامية في وقت متأخر (اى في الصيف والخريف) متانة وتراص اكبر ولونها غامق • ويمكن التمييز بين طبقات النمو المبكر والنمو المتأخر بحسب التراص واللون •
ان الطبقة السنوية تتألف من حلقة نمو مبكر وحلقة نمو متأخر • وكلما نمت حلقة النمو المتأخر أكثر كلما كانت المقاومة الميكانيكية اعلى •

٤ ٣- انواع الاخشاب المستعملة في البناء:

تقسم انواع الاخشاب الى اخشاب صمغية واخشاب وارقة (مورقنة) •
وتقسم الاخشاب الوارقة بحسب توزيع القنوات العاقلة في الطبقات السنوية وكبرها الى اخشاب ذات قنوات حلقيه واخشاب ذات قنوات مبعثرة •
ان انواع الاخشاب الوارقة ذات القنوات الحلقيه متقريبا ، هي اخشاب لينة ، ولها قنوات كبيرة متوضعة في صفوف حلقيه وذلك في طبقة النمو المبكر السنوية •

ولا أنواع الاخشاب الوارقة ذات القنوات المتباعدة قنوات صغيرة موزعة

بالتساوى على كل سماكة الطبقة السنوية *

١ - الاخشاب الصمغية :

ان الاشجار الصمغية منتشرة بشكل واسع ولصفتها قرائن عالية مما تسمح بانتشار استعمال هذه الادواع في البناء وفي صناعة الاخشاب والصناعة الكيميائية ايضا * ويتنسب الى هذه الادواع الصنوبر والشربين والشوح والتوب والارز *

١١ الصنوبر :

ان خشب الصنوبر خفيف ($\rho = 0.47 - 0.54 \text{ غ/سم}^3$) * وهو متين ويشغل بسهولة * ان الصنوبر النامي في التربة الرملية الجافة يعطي خشبا متراصا وصمغيا ذات طبقات رقيقة * بينما للصنوبر النامي في الاراضي المنخفضة والغضارية طبقات سمكية ولحاء نامي وغير متين *

ان توافق عدة صفات في خشب الصنوبر والانتشار الواسع له يجعلان الصنوبر يحتل المركز الاول بالنسبة لبقية انواع الاخشاب * والصنوبر يستعمل في البناء وصناعة السفن وفي الجسور ولتحضير مواد الدجارة وفي انتاج الخشب (البلاكيه) المعاكس *

٢ الشربين :

وهو اقل ($\rho = 0.63 - 0.79 \text{ غ/سم}^3$) واقلى وامتن من الصنوبر وهو يقاوم التحفن وينشق (ينفلق) بشكل جيد وبوجوده في الماء لمدة طويلة تزداد متانته * ولهذا فانه يستعمل في بناء الجسور والمنشآت المائية كما يستعمل الشربين في تحضير عوارض سكك الحديد والواتاد والجوائز وفي صناعة الاثاث والخشب المعاكس *

وعيب الشربين هو نزوعه الى التشقق •

(٣) الشوح :

خشب الشوح ابيض اللون وطرى وخفيف (٥٠ كغ = ٤٤ ر - ٥٠ ر / سم^٣)
وهو اقل صمغا من الصنوبر • ويستعمل بكثرة في البناء مثله مثل الصنوبر
ولو انه اقل جودة منه • ويفلق خشب الشوح بشكل جيد الا انه صعب
الشغل لوجود عدد كبير من العقد القاسية ولهذا فانه لا يحذف استعماله
في اعمال النجارة • وهو يستعمل بشكل واسع ليس فقط في البناء وانما في
صناعة الورق والحبر الصناعي •

(٤) التنوب :

خشبه خفيف (٥٠ كغ = ٣٥ ر - ٤٤ ر / سم^٣) قليل المتانة سهل التعفن
لذلك فان استعماله قليل في البناء ويستعمل في صناعة الورق والصناديق
والموبيليا •

(٥) الارز :

لشجرة الارز لب ولحاء عريض ولون خشبها اصفر مائل للبياض وهي تصل
الى ارتفاعات كبيرة (٣٠ م) • ان خشب الارز خفيف (٥٠ كغ = ٣٠ ر - ٤٦ ر / سم^٣)
وطرى وجميل التعريقة ومتين ويعالج بسهولة •
يستعمل خشب الارز في اعمال النجارة والبناء وتلبس الموبيليا وفي انتاج
الخشب المعاكس •
تستعمل في البناء والصناعة انواع اخرى من الاشجار الصمغية مثل
السدر الجبلي والعرعر •

٢- الأخشاب الوارقة :

تقسم الى اخشاب وارقة ذات اقية مركزية حلقيه : البلوط ، الدردار
واخشاب ذات اقية مبعثرة - البتولا ، الحور ، الزان ، محور رومي ، زيزفون
والاوكالبتوس .

(١) البلوط :

خشبه ثقيل ($٧٢ \text{ ر} = ٥٠ \text{ غ/سم}^٣$) وكثيف ومتين وقاسي . لونه
لحائه مائل الى الصفرة والقنوات المركزية نامية . عندما يجف البلوط يعطي
انكماشاً كبيراً ولذا فهو ينزع الى التشقق . ويمتاز بمرونته ولونه الجميل
وجمال تعريقته . وهو لا يتلف لمدة طويلة في الهواء وتحت الماء .
يستعمل خشب البلوط في المنشآت المهمة في الجسور والمنشآت المائية
وكذلك لصنع الباركيه واعمال الدجارة والاثاث والخشب المعاكس الترييني .

(٢) الدردار :

خشبه ثقيل ($٦٦ \text{ ر} = ٥٠ \text{ غ/سم}^٣$) من ولكنه اقل متانة
وقساوة من البلوط .
ويستعمل في مجالات استعمال البلوط ويعتبر الدردار خشباً ثميناً
في صناعة الاثاث والتبليسة لجماله الترييني .

(٣) البتولا :

خشب البتولا متين وثقيل ($٦٥ \text{ ر} = ٥٠ \text{ غ/سم}^٣$) ولونه ابيض مائل
الى الاصفر او الاحمرار .
يتعفن خشب البتولا بسرعة (في الامكنة الرطبة بدون تهوية) . وهو
يستعمل في تحضير الخشب المعاكس في اعمال الدجارة (لاجل الامكن
الجافة) والتبليسة .

(٤) الحور :

شجرة الحور لحائية وخشبها ذو لون ابيض مائل الى الاخضرار وطوى وخفيف ($\gamma = 0.2 - 0.5$ غ/سم^٣) وسهل الشق (الفلق) وينزع الى التعفن ويستعمل في نفس مجالات استعمال البتولا وفي صناعة اعواد الثقاب والورق .

(٥) الزان :

وخشبه متين وثقيل ($\gamma = 0.6 - 0.8$ غ/سم^٣) وقاسي ولكنه ميال الى التعفن وهو سهل الفلق ومتانته الميكانيكية عالية ويستعمل في صناعة الباركيه والخشب المعاكس والموبيليا .

(٦) الحور الرومى :

شجرة الحور الرومى لحائية خشبها طرى وخفيف ($\gamma = 0.2 - 0.5$ غ/سم^٣) وينزع الى التعفن ولون الشجرة المقطوعة حديثا ابيض وعلى الهواء يصبح اللون بنيا فاتحا. ويستعمل خشب الحور الرومى في مجالات استعمال البتولا الا انه لا يتلف تحت الماء ولذا يستعمل في المنشآت المقامة تحت الماء .

(٧) الزيزفون :

لونه ابيض مائل الى الزهري وخشبه طرى وخفيف ($\gamma = 0.2 - 0.5$ غ/سم^٣) ومتجانس في بنيته وبشغل بسهولة يستعمل في صناعة المنتجات المستعملة في المنازل وفي صناعة الموبيليا .

(٨) الاوكالبتوس :

شجرته لينة ولحاءه ابيض وله مائل الى الاسمرار وخشبه كثيف وثقيل ($\gamma = 0.7 - 0.9$ غ/سم^٣) ومتين وقاسي ومقاوم للتعفن . يستعمل في صنع الاعمدة وعوارض السكك الحديدية والمنشآت المشيدة تحت الماء .

٤- الخواص الفيزيائية : =====

١- اللون والتعريق :

يعتبر اللون والتعريق من العلامات المميزة لأنواع الخشب .
ولأنواع الأشجار ذات اللون والتعريق الجمولين قيمة كبيرة لاستعمالها
كمواد تزيينية .

ان لأنواع الشجر التي تثبت في المناطق الباردة لونا فاتحا
ولأنواع الشجر التي تثبت في المناطق الدافئة لونا زاهيا . ويزداد
وضوح اللون بازدياد عمر الشجرة .

يشهر ظهور اللون المائل الى الرمادي والأخضر والأزرق والاحمر
بشكل مقلّم ، ويشكل بقع في أنواع الأشجار التي تثبت في البلاد ذات
المناخ المعتدل الى الحالة المرضية للخشب والتي تسببها الفطور (التعفن) .

تتعلق تعريق (رسم) الخشب بترتيب اقسام الخشب الرئيسية
(الطبقات السنوية وخاصة الاقنية المركزية) ولون وتوزيع الالياف في
الخشب وبريق ونوع واتجاه المقطع . تميز بين أنواع الخشب بدون
تعريق وأنواع الخشب ذات التعريق - تعريق متساوية وتعريق مركزية .
ان تعريق البلوط والزان وبعض الأنواع الأخرى جميلة ولذا تعتبر خشابها
ثمينة في مجال التزيين . يتعلق بريق الخشب بتراس الالياف وتوزيعها
ويشكل خاص القنوات المركزية وبنحومة السطح المعامل . وكلما ازدادت
كثافة الخشب كلما ازداد البريق ويكسب الخشب بريقا اصطناعيا وذلك
بصقله ثم طلاؤه بالكأماليك . ومن الملاحظ ان المواد الصمغية والاثيرية
والدمغية تحدد رائحة الخشب .

٢- الرطوبة :

الرطوبة، هي عبارة عن درجة تشبع الخشب بالماء، والمعبر عنها بالنسبة المئوية بالنسبة الى وزن الخشب الجاف .

تميز في الخشب بين الرطوبة الممتصة والتي تتكثف في جدران (قشور) الخلايا وبين الرطوبة الشعرية او الرطوبة " الحرة " والتي تصلا تجاوب الخلايا والفراغات ما بين الخلايا .

تتغير صفات الخشب بتغير الرطوبة وخاصة المتانة والابعاد والحجم والوزن الحجمي . ان هذه التغيرات تحدث في مجال معين من الرطوبة ويحدد هذا المجال بقيمة الرطوبة الممتصة . وتساوى الرطوبة الممتصة الناتجة من التشبع الكامل لالياف الخلايا بالماء وسطيا (٣٠) % من وزن الخشب المجفف بشكل مطلق . وتسمى قيمة هذه الرطوبة بدرجة تشبع الالياف (د ت أ) .

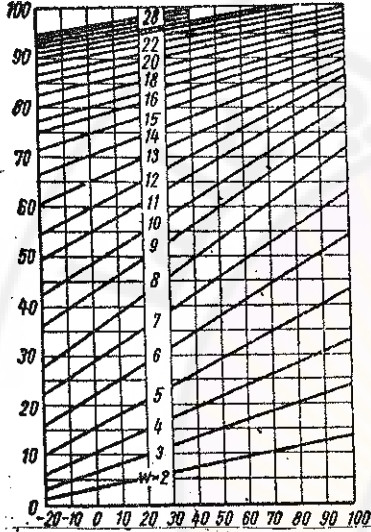
تتغير الرطوبة الممتصة من الخشب بسرعة اصغر من الرطوبة الشعرية ويجب مراعاة هذا عند التجفيف .

يمكن ان تكون الرطوبة الكاملة (اى الرطوبة الممتصة، والرطوبة الشعرية) اكثر من (٤٠ %) فعلا تتراوح الرطوبة الكاملة في الشجرة المقطوعة حديثا بين (٤٠ %) و (١٢٠ %) وفي حالة تغطيتها في الماء تزداد الرطوبة الكاملة حتى (٢٠٠ %) .

ان قيمة الرطوبة الممتصة في الخشب توافق دائما رطوبة الهواء المحيط وحرارته . تعتبر الاخشاب جافة على الهواء ، حين تكون رطوبتها بين (١٥) و (٢٠ %) . واذا كانت رطوبة الاخشاب اكثر من (٢٠ %) فيمنح استعمالها في المنشآت فوق الارض لئلا تتعرض الى التعفن . وتساوى رطوبة الاخشاب الجافة في الغرفة (٨ - ١٢) % .

يمكن الحصول على خشب جاف بشكل مطلق وذلك بتجفيفه حتى الوزن الثابت بدرجة حرارة (١٠٥) درجة مئوية . ولكنه تبقى كمية من الماء المتحد كيميائيا في الخشب ولا يمكن ازالته بدون تغريب بنية الخشب . تسمى بالرطوبة المتوازنة الرطوبة التي يكتسبها الخشب بوجوده لمدة طويلة في الهواء ذي الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة الثابتتين ولتعيين هذه الرطوبة نستعمل مخططات الرطوبة المتوازنة (شكل رقم

(١١ - ٤) .



شكل (١١ - ٤)
مخطط الرطوبة
المتوازنة للخشب

على محور العيّنات وضعت الرطوبة النسبية للهواء وعلى محور العيّنات درجات حرارة الهواء والخطوط المائلة توافق الرطوبة المتوازنة للخشب .
تعيين الحرارة والرطوبة بسرعة خروج الرطوبة الشعرية من الخشب ويتوقف خروج الرطوبة الشعرية عند توافق حرارة ورطوبة الهواء المحيط مع الرطوبة المتوازنة للخشب .

لا تتعلق الرطوبة المتوازنة بنوع الخشب ، وهي واحدة للحاء واللب .
ويمكن بواسطة مخطط الرطوبة تعيين الرطوبة المتوازنة بدقة (٠.٧٥) % .
لاجل الغرفة التي شئت فيها الحرارة والرطوبة .

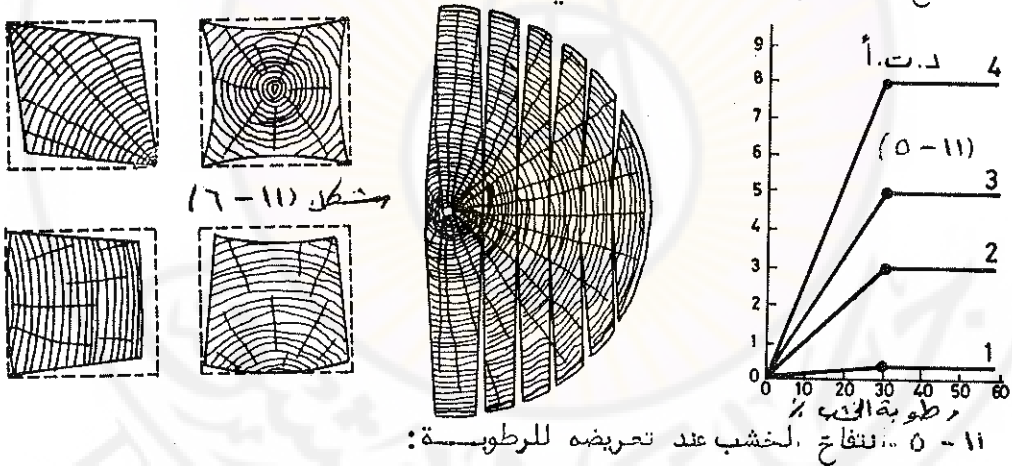
تعيين رطوبة الخشب بالطريقة الوزنية ، ولاجل تعيينها بسرعة ، يستعمل مقياس الرطوبة الكهربائي المبني على مبدأ تغير ناقلية الخشب للتيار الكهربائي بتغير الرطوبة ، وهو يقيس الرطوبة من (٧) وحتى (٣٠ %) بدقة تبلغ (١ %) .

٣- الانكماش والانفخاج والتسوج (التفضن) والتشقق :

يتعلق انكماش الخشب ، وتغير حجمه بالدرجة الاولى ، بتغيير رطوبة الالياف الخشبية • وعند زيادة رطوبة الخشب الجاف حتى ٣٠ % اى حتى درجة تشبع الالياف ، فان جدران الخلايا تنتفخ ، وتعرض ، مميد عو السى الزيادة في ابعاد الخشب • وعند تجفيف الخشب ، تحدث العملية العكسية - انكماش الخشب •

يتعلق تغير رطوبة الخشب فوق درجة تشبع الالياف بزيادة ونقصان كمية الرطوبة الشعرية الموجودة في تجاويف الخلايا • وهذا لا يؤثر الرطوبة الشعرية على تغير ابعاد الخشب •

وبسبب عدم التجانس ، وسبب مميزات بنية الخشب ، فان الخشب ينتفخ أو ينكمش بشكل غير متساوى في الاتجاهات المختلفة (شكل ١١-٥ و ١١-٦)



- ١- باتجاه الالياف • ٢- باتجاه عمودى على الالياف مركزى
- ٣- باتجاه عمودى على الالياف ميسسى • ٤- الانكماش الحجمى •
- وباتجاه الالياف فان الانكماش الطولى الكامل نسبيا صغير
- ويساوى ٠.١ % (١ مم لكل ١ م) • وبالاتجاه المركزى يساوى من ٣ وحتى

٦% • (٦-٣ سم لكل م) • وبالاتجاه المماسي من ٦-١٢% (٦-١٢ سم لكل م) • ويتجفيف الخشب ابتداءً من درجة تشبع الليف حتى الجفاف على الهواء • فان قيمة الانكماش تساوى نصف الانكماش الكامل تقريباً ، وحتى الجفاف في الخرفة تبلغ ثلاثة أرباع الانكماش الكامل • ان هذا القانون ينطبق أيضاً على انتفاخ الخشب ولكن في هذه الحالة فان العملية تجري بالاتجاه المعاكس •

٤- الوزن النوعي والحجمي

الوزن النوعي للخشب واحد تقريباً لكل أنواع الخشب ، اذ أن مادة السليلوز هي الداخلة في تركيب قشرة الخلايا لكل أنواع الخشب ، ويساوى الوزن النوعي للخشب وسطياً ١.٥٤ غ / سم^٣ •

الوزن الحجمي للخشب يعين بالربطوبة النظامية المساوية الى ١٥% ويتغير الوزن الحجمي لمختلف أنواع الخشب ، وحتى بالنسبة لنوع واحد من الخشب بحدود واسعة ، يمكن تفسير هذا بأن بنية الشجرة النامية تتعلق بالمناخ والترربة وغيرها من الشروط الطبيعية •

نقسم الاخشاب بحسب الوزن الحجمي الى المجموعات التالية:

خشب خفيف جداً ٥٠ = ٤٥ ر. غ / سم^٣ (الارز ، التوب) •

خشب خفيف ٥٠ = ٤٦ ر. - ٦٠ ر. غ / سم^٣ (الصنوبر

الشوح ، الحور)

خشب متوسط الوزن الحجمي $\gamma_o = 0.76 - 0.75 \text{ غ / سم}^3$
(الشربين ، البتولا ، الزان ، البامبو)

خشب ثقيل $\gamma_o = 0.76 - 0.9 \text{ غ / سم}^3$
(الشجرة الحديدية)

خشب ثقيل جدا $\gamma_o = 0.91 \text{ غ / سم}^3$ (الزهور)

الاشجار الصمغية والوارقة المستعملة في البناء ، تتميز بالصفات المبينة في الجدول (١١-١) .

يزداد الوزن الحجمي للخشب برفع رطوبته ، ولهذا فانه عند تعيين الوزن الحجمي للخشب يحول الى الرطوبة النظامية (١٥ %) حسب الدسـتور التالي :

$$\gamma_{15} = \gamma_w [1 + 0.01(1 - K_o)(15 - w)]$$

حيث :

- γ_{15} — الوزن الحجمي عندما تكون الرطوبة ١٥ %
- γ_w — الوزن الحجمي للخشب الرطب
- K_o — معامل الانكماش الحجمي (الجدول ١١-١)
- w — رطوبة الخشب في لحظة تعيين الوزن الحجمي

جدول (١١ - ١)

القيم الوسطية للوزن الحجمي وعامل الانكماش والمسامية لأنواع الخشب
المصفية والوارقة

المسامية بال %	عامل الانكماش			الوزن الحجمي كغ/م ^٣		عدد الطبقات السنية بالسنتيمتر الواحد	أنواع الخشب
	الحجمي	باتجاه المماسي	باتجاه المركزي	مقطع الشجرة	برطوبة ١٥ %		
٨٠-٥٣	٠.٥٣	٠.٣٣	٠.١٨	٨٦٠	٥٣٠	٦	المنوير
٧٣-٤٦	٠.٦١	٠.٣٧	٠.١٨	٨٤٠	٦٨٠	١٠	الشربين
٨٠-٦٢	٠.٤٤	٠.٢٤	٠.١٤	٧٩٠	٤٦٠	١٢	الشح
٨١-٥٥	٠.٤٦	٠.٢٥	٠.١٣	٨٠٠	٣٩٠	٨	التنوب
٨٠-٦٠	٠.٤٧	٠.٢٧	٠.١٢	٨٨٠	٤٤٠	٥	الارز
٦١-٣٢	٠.٥٥	٠.٢٨	٠.١٨	١٠٣٠	٧٢٠	٦	البلوط
٦١-٥٠	٠.٥١	٠.٣١	٠.٢٦	٨٨٠	٦٤٠	٥	البتولا
٨٠-٦٢	٠.٥	٠.٣٢	٠.٢	٧٦٠	٥٠٠	٥	الحور
٧٠-٤٠	٠.٥١	٠.٣٣	٠.١٥	٩٥٠	٦٥٠	٧	الزان

§ ٥ - المعطيات الخاصة :-

ان ناقلية الخشب الجاف للحرارة صغيرة ولهذا يستعمل الخشب
في العزل الحراري في البناء . وتتعلق ناقلية الخشب للحرارة بشكل رئيسي
بمسامية ودرجة الرطوبة وكذلك باتجاه تيار الحرارة وان عامل ناقلية الحرارة
باتجاه العمودى على الالياف اصغر من عامل ناقلية الحرارة باتجاه الالياف
ووسطيا يساويان (٠.١٥) و (٠.٢٨) حرة / م . سا . درجة .

ان ناقلية الخشب للصوت بالاتجاه العمودي على الالياف اكبر بأربع مرات ، وباتجاه الالياف اكبر بـ (١٠-١٦) مرة ناقلية الهواء للصوت .
وان الخشب الرطب ينقل الصوت بشكل اقل . تتميز ناقلية الخشب للصوت بسرعة انتشار الصوت الذي ينتشر بأكبر سرعة باتجاه الالياف وبسرعة صغيرة في الاتجاه المركزى وبسرعة اصغر في الاتجاه المسامى . تتميز مقاومة الخشب لنقل الصوت كمقاومة للهجرة من المواد بحاصل جداء سرعة الصوت بالوزن الحجمي للخشب . وفي الجدول (١١-٢) معطاة قيم ناقلية الصوت ومقاومة نقل الصوت لانواع الخشب .

جدول (١١ - ٢)

ناقلية ومقاومة الصوت لمختلف المواد

المادة	ناقلية الصوت م/ثا	مقاومة الصوت	الوزن الحجمي غم / سم ^٣
الهواء (للمقارنة)	٣٤٠	٠.٤٤٢	٠.٠١٣
الفلين	٥٠٠	١٠٠	٠.٢
البوط	٣٣٨٠	٢٣٦٦	٠.٧
الشوح	٥٢٥٠	٢٦٥٥	٠.٥
النحاس (للمقارنة)	٣٧٠٠	٣٢٩٣٠	٨.٩

تتعلق ناقلية الخشب للتيار الكهربائي بشكل رئيسي بمرطوبته ولهذا يجب ان يكون الخشب المستعمل في التديدات الكهربائية جافاً . وتساوى المقاومة النوعية للتيار الكهربائي وسطياً (١٠ x ٧٥)^٧ اوم. سم وللخشب الرطب اصغر بعشرات المرات .
ان مقاومة الخشب لتأثير الحموض والظويات والماء ليست واحدة بالنسبة للانواع المختلفة للخشب . ويظف الخشب تحت تأثير الحموض والظويات لمدة طويلة .

ان المحاليل القلوية الخفيفة لا تؤثر على الخشب وكذلك الحموض
الضعيفة تقريبا لا تؤثر على الخشب . يتلف الخشب في ماء البحر بسرعة
اكبر من ماء النهر . لايسمح باستعمال الخشب في المنشآت الصحية .
ان التحمل مع الزمن (الديمومة) للمنشآت الخشبية لمختلف الانواع
لشروط الاستمرار في الهواء والماء يتميز بمعطيات الجدول (١١-٣) .

جدول (١١ - ٣)

التحمل مع الزمن (الديمومة) للمنشآت الخشبية

الديمومة التقريبية بالمقارنة مع ديمومة خشب البلوط في الاستمرار		انواع الخشب
في الهواء	في الماء	
١	١	البلوط
٠١٥-٠٤٠	لايستعمل	البتولا
٠٠١-٠٦٠	٠٧-١	الزان
٠٠٢-٠٤٠	١	الحورالرومي
٠٠٣	لايستعمل	المصناف
٠٠٢-٠٤٠	لايستعمل	الحور
٠٠٤-٠٨٥	٠٨	المنوسر
٠٠٤-٠٨٥	٠٥	الشربين
٠٠٦٧-٠٤٠	٠٥	الشوح

١٨ - الصفات الميكانيكية للخشب :

١- مقاومة الضغط والشد والانحناء الستاتيكي والفلق :

مقاومة الخشب هي امكانية مقاومة التأثيرات الميكانيكية الخارجية .
وبسبب عدم تجانس بنية الخشب فان المقاومة ايضا غير متساوية في
الاتجاهات المختلفة .

وبعداً عن هذا فإن مقاومة الخشب تتعلق بالعيوب ودرجة الرطوبة ونسوع

الشجرة •

ولهذا تعين الصفات الميكانيكية لعينات سليمة (بدون عيوب) ذات

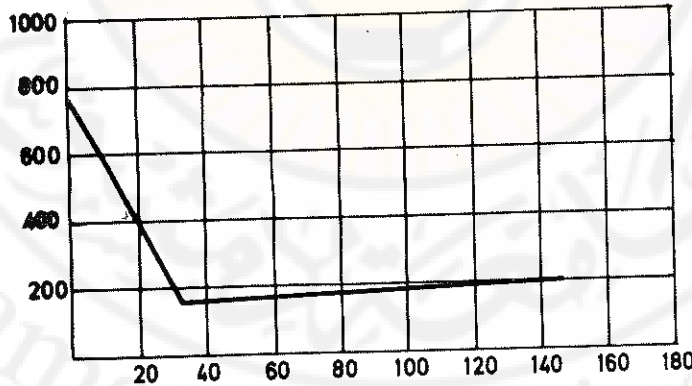
مقايمس نظامية وباعتبار الرطوبة •

مقاومة الضغط :

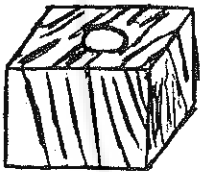
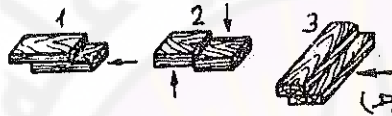
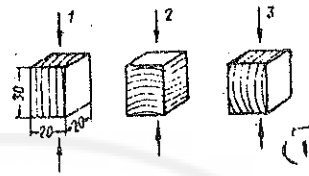
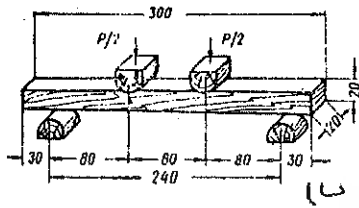
يمكن ان تكون المقاومة باتجاه الالياف أو باتجاه عمودي على الالياف •
وعند ضغط الخشب بالاتجاه العمودي على الالياف يلاحظ تشوه كبير للمعزج
بدون ظهور الانكسار ولهذا تعتبر الحمولة حمولة كاسرة عندما يصبح تفاضل
التشوه اسرع من تفاضل الاجهاد (حد التناسب) •

وان مقاومة الخشب باتجاه الالياف اكبر بـ (٥-١٠) مرات من المقاومة بالاتجاه

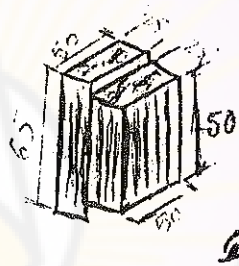
العمودي عليها • وبالتالي فإن مقاومة الخشب تتعلق بدرجة كبيرة بزاوية
تطبيق الحمولة بالنسبة لاتجاه الالياف • كما يؤثر على مقاومة الخشب للضغط
نوع الخشب وشروط انتاجه وعيوبه ورطوبته • وان تأثير الرطوبة على مقاومة
الخشب واضح من الشكل (١١-٧) ان المقاومة تنقص بشكل حاد حتى درجة



الشكل (١١-٧) تأثير الرطوبة على مقاومة الخشب للضغط



5



6

شكل (٨-١١) طرق اختبار الخشب

آ- على الضغط: ١- باتجاه الالياف • ٢- باتجاه عمودي على الالياف ومركزي

٣- باتجاه عمودي على الالياف ومماسي

ب- على الانحناء:

ج- على الفلق: ١- باتجاه الالياف • ٢- باتجاه عمودي على الالياف

د- على القساوة:

هـ- على الفلق وعلى متانة اللصق بالصمغ

تشبع الالياف (د.ت.آ) وبعد هذه الدرجة فان المقاومة تصبح ثابتة لا تتأثر
بالزيادة في الرطوبة . وهكذا فان تفاوت حد المتانة على الضغط (باتجاه
الالياف) يبلغ (٢٥٠-٦٠٠ كغ/سم^٢ لخشب الصنوبر و (٣٥٠-٣٠٠ كغ/سم^٢
لخشب الشوح و (٦٥٠-٤٠٠ كغ/سم^٢ لخشب البلوط .

وان طرق اخطار الخشب على المتانة والقساوة موضحة في الشكل (١١-٨)
تحضر النماذج من الخشب لتعيين حد المتانة على الضغط (باتجاه الالياف)
بشكل موشور قاعدته (٢٠ × ٢٠) سم وارتفاعه (٣٠) سم (شكل ١١-٨، أ) ويجب تحويل
حد المتانة R_{c15} الى حد المتانة برطوبة ١٥ % العظيمة حسب الدستور التالي :

$$R_{c15} = R_{cw} [1 + \alpha (W - 15)]$$

حيث : R_{c15} — حد المتانة على الضغط باتجاه الالياف برطوبة ١٥ %

α — عامل تصحيح الرطوبة لاجل الصنوبر والارز والشربين

$\alpha = 0.0$ ، ولا لجل البلوط وغيره من الاشجار المبرقة والشوح والتنوب

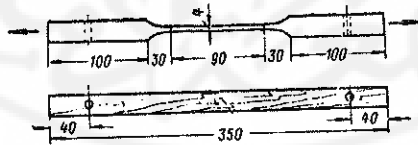
$$\alpha = 0.04$$

ويتعرض الخشب للحمولة لمدة طويلة فان مقاومته تنخفض ولا انتقال من
حد المتانة الى قيمة المقاومة لمدة طويلة يضرب حد المتانة بعامل تتراوح قيمته

$$R_d = (0.5 \rightarrow 0.6) R_{c15} \quad : \text{من } (0.5) \text{ وحتى } (0.6)$$

تعيين مقاومة الشد على نماذج خاصة (١١-٩) وتزيد مقاومة الشد باتجاه

الالياف بـ (٢٠-٣٠) مرة مقاومة الشد بالاتجاه العمودي على الالياف .



شكل (١١-٩) نموذج لاختبار الخشب على الشد

ولا تؤثر الرطوبة على مقاومة الشد لاجل خشب الاشجار الصمغية بينما يجب حساب مقاومة الشد مع اعتبار عامل تصحيح الرطوبة α لاجل الاشجار

$$R_{p15} = R_{pw} [1 + \alpha (w - 15)] \quad (10 \text{ درجة})$$

ان مقاومة الخشب للانحناء عالية جدا فهي اعلى من مقاومة الضغط ولكنها اصغر من مقاومة الشد ولهذا فانه تستعمل الاجزاء الخشبية العاملة على الانحناء مثل الجوائز والجسور والخ ...

تحضر النماذج للاختبار على الانحناء بشكل موشر ذى مقطع 20×20 مم وطول (200 مم) . ويعين حد المتانة على الانحناء حسب الديستور التالي :

$$R_{uw} = \frac{P_{max} \cdot L}{b \cdot h^2} \quad \text{كغ/سم}^2$$

حيث: P_{max} - الحمولة الكاسرة بالكغ/سم²
 L - المسافة بين المسندين بالسم .

ويجب تحويل حد المتانة على الانحناء الى رطوبة الخشب النظامية

$$R_{u15} = R_{uw} [1 + \alpha (w - 15)] \quad (10 \text{ درجة})$$

حيث: $\alpha = 0.4$. لجميع انواع الخشب .

ويختلف حد المتانة على الانحناء اختلافا كبيرا بين نوع وآخر ويتراوح بين (500) و (1000) كغ/سم² .

لمقاومة الخشب على الفلق اهسية كبرى في عمل التعشيقات في المنشآت الخشبية . ومن الصعب عمل التعشيقات اذا كانت مقاومة الخشب للفلق صغيرة وبحسب السطح الذى يحدث فيه الفلق يميز بين (الشكل ١١-٨ ج) :

- مقاومة الفلق باتجاه الالياف عندما تكون القوي الموضرة موازية للالياف وهي تحاول فلق جزء من النموذج بالنسبة للجزء الآخر .

— مقاومة الفلق بالاتجاه العمودي على الالياف عندما تكون القوى الخارجية موجهة بشكل عمودي على الالياف وتحاول قطعها بالاتجاه العمودي على الالياف .

— مقاومة الفلق بالاتجاه العمودي على الالياف عندما تكون القوى الخارجية موجهة بشكل عمودي على الالياف وتحاول دفع جزء واحد منها بالنسبة للجزء الآخر في مستو مواز للالياف .

ولاجل اختبار الخشب على الفلق تستعمل نماذج خاصة (الشكل ١١-٨٨) وتساوى مقاومة الخشب على الفلق للأنواع الرئيسية وسطها من (٦٠) وحتى (١٣٠) كغ/سم^٢ . وان مقاومة الخشب على الفلق بالاتجاه العمودي على الالياف اكبر ب (٤-٣) مرات من المقاومة على الفلق باتجاه الالياف ولكنه لا يحدث عمليا قص صافي اذ انه يحدث في الوقت نفسه ضغط الالياف وانحناءها .

ويجب تحويل مقاومة الفلق R_{ckW} الى الرطوبة ١٥٪ حسب

$$R_{ck15} = R_{ckw} [1 + \alpha (w - 15)]$$

حيث: R_{ck15} — حد المتانة على الفلق باتجاه الالياف برطوبة الخشب ١٥٪
 α — عامل تصحيح للرطوبة ويساوى ٠٫٣ . بغض النظر عن نوع الخشب وسمك الفلق (مركزي او ماسبي) .

وفي الجدول (١١-٤) تبين القيم الوسطية للمعلمات الميكانيكية للأشجار الصمغية والوارقية .

جدول (١١ - ٤)

القيم الوسطية للمصفات الميكانيكية بروطية ١٥ ٪ للأشجار
الصفمية والواقصة

نوع الشجرة	الوزن الحجمي كغ/م ^٣	حد المتانة بالكغ / سم ^٢			
		على الضغط		على الشد	
		باتجاه الالياف	باتجاه الستاتيكي	باتجاه الالياف	باتجاه المركزي
الصنوبر	٥٣٠	٤٤٠	٧٩٠	١١٥٠	٧٠
الشربين	٦٨٠	٥١٥	٩٧٠	١٢٩٠	١١٥
الشوح	٤٦٠	٤٢٠	٧٧٥	١٢٢٠	٥٠
التوب	٣٩٠	٣٣٠	٥٨٥	٨٤٠	٦٠
الأرز	٤٤٠	٣٥٠	١٤٥	٧٨٠	٥٥
البوط	٧٢٠	٥٢٠	٩٤٠	١٢٩٠	٨٥
البتولا	٦٤٠	٤٥٠	١٠٠٠	١٢٠٠	٨٥
الحور	٥٠٠	٣٧٥	٧٧٠	١٣١٠	٦٠
الزان	٦٥٠	٤٦٠	٩٤٠	١٢٩٠	١٠٠
الزيزفون	٥١٠	٣٩٠	٦٨٠	١١٦٠	٧٠

٢- قساوة الخشب :

تعين قساوة الخشب بواسطة الحمولة الضرورية لفرز كرة في سطح
الخشب بعمق (٥٦٤ مم) ، حيث في هذه الحالة سطح الأشجار يساوى
١ سم ٢ .

ان عامل القساوة عندئذ يساوي الحولة بالكخ • وقساوة الخشب في المقطع الكبير (١٥-٥٠%) من قساوته بالاتجاه المركزى والاتجاه المماسى • وارتفاع القساوة ، فان الوزن الحجمي يزداد ، وبالتالي تصعب معاملـة الخشب •

تقسم الاخشاب حسب عامل القساوة الى ثلاث مجموعات :

أ- طريقة بقساوة المقطع (٣٥٠-٥٠٠) كغ/سم^٢ (الصنوبر ،الشوح ،التوب ، الحور البرومي) •

ب- قاسية بمعامل القساوة في المقطع (٥٠١-١٠٠٠ كغ/سم^٢) البلوط ، الدردار ، الكستناء ، البتولا ، الشربين) •

ج- قاسية جدا بمعامل القساوة في المقطع اكثر من (١٠٠٠ كغ/سم^٢) (الزعزرة) •

تتخفف قساوة الخشب بتعريضه للرطوبة ، والانواع الثقيلة من الخشب تمتاز بمقاومة للتآكل كبيرة وكلما كان الخشب اقسى ، كلما كان مقاوما اكثر ، وكلما كان اكثر احتفاظا بالمسامير والبراغي •

٢- عيوب الخشب :

في عملية نمو الشجرة ، وفي اثناء حفظ المواد الخشبية ، وكذلك اثناء استثمار الاجزاء البنائية ، يمكن ان تحدث انحرافات في النمو الطبيعي للخشب وخلال وامراض الاصابة بالجراثيم والفطور ، وهذه الانحرافات والخلل تسمى بعيوب الخشب • وكقاعدة ، فان العيوب تنقص من الصفات الميكانيكية ، ومن جمال المواد الخشبية ولهذا ، فان صف الخشب يحدد بمراعاة العيوب الموجودة فيه • ونسبة تأثير العيوب على قبول الخشب للبناء ، تتعلق بنوع ومكان توضع العيب ، وابعاده ، ودرجته • وتختلف درجة العيوب للخشب ، فان بعض العيوب تنقص صف الخشب ببعضها الآخر تجعل الخشب غير مقبول في البناء •

١- العقد :

وهي ناتجة عن الخصون الحية، والميتة، وتوجد هذه الشواع من العقد :
آ- "العقدة القاسية النامية" تشكل الطبقات السنوية للعقدة مع الخشب

- المجاور وحدة واحدة لكل طول الشجرة ويعرضها
- يتصف خشب العقدة بالقساوة وببنية عادية

توجد ثلاثة انواع من هذه العقد :

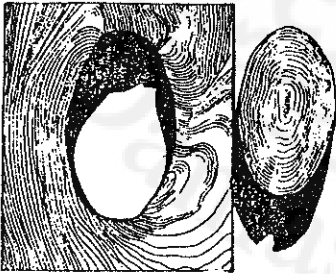
(١) العقدة الصحيحة، ولا يوجد فيها أى تعفن، ولونها بلون الخشب المحيط
او اغرق منه قليلا .

(٢) العقدة المتقرنة، وخشبها غير متعفن، الا انها مشبعة بالصمغ، وبمواد
دمغية، ولونها اغرق بكثير من لون الخشب المحيط .

(٣) العقدة الملونة: وهي محاطة بخشب صحيح غير متعفن، الا انها في
المرحلة الاولى من التعفن، ولونها يمكن ان يكون فاتحا، او قاتما ،
واحيانا تكون فيها بقع باللون زاهية .
بد العقدة غير النامية :

الى هذا الصنف تنسب العقد المشكلة في الخشب ثقوبا او امكنة
متعفنه . وهذه العقد تقسم الى عقد متساقطة (قاسية) وطرية، وتباكية .

(١) العقد المتساقطة (القاسية) : وهذه العقد تتواجد في الاخشاب المنشورة
شكل (١١-١٠) والخشب المعاكس. وخشب هذه العقد قاسي، ولا يتصل



شكل (١١-١٠)

العقدة المتساقطة في الخشب

(٢) العقد الطرية : وهي محاطة

بخشب غير متعفن، الا ان العقد

نفسها في حالة التعفن . وقد

تغيرت البنية الاولى لخشب هذه العقد

لذا فهو طرى جدا .

(٣) العقدة التباكية : وخشبها متعفن وقد تحول الى كتلة داكنة اللون ،

اوزاهية اللون ، يتصف انه سويح التفتت الى الياف او الى بودرة .

ان العقد ضارة اذ انها تفسد تجانس بنية الخشب ، تتحني الالياف المحيطة بالعقد مما تخفض من متانة الخشب (مثلا في الاجزاء العاملة طسى الانحناء) ، وتقص من مساحة المقطع العامل للاخشاب المنشورة ، وتصعب المعاملة السطحية للخشب .

٢- التشققات :

ان التشققات ضارة عن انقطاعات في بنية الخشب باتجاه الالياف

والتي تتشكل عند جفاف الشجرة ويتأثر العوامل الاخرى .

وبحسب ظهور وصفة الخلل في جذع الشجرة ، وفي القطع الخشبية

الكبيرة المنشورة تقسم التشققات الى الانواع التالية :

تشققات الترييح ، واللف ، والتجلد ، والتجفيف .

(١) تشققات الترييح :

وهي تشققات داخلية على طول الجذع مارة بمركزه ، ولكنها لاتصل

الى الطبقات الخارجية ، وتبدأ شقوق الترييح ابتداء من اسفل جذع الشجرة والى الاعلى .

يتألف الترييح البسيط من شق واحد ، او شقين على استقامة واحدة

من المركز (شكل ١١-١١ آ) ، والتشق المتما لب يتشكل من تشقين ،

واكثر في المقطع يحملان زاوية ما بينهما (شكل ١١-١١ ب) . ويكون

تشقق الترييح اما متوافقا او غير متوافق . وتشقق الترييح المتوافق هو الذى

يكون واقعا في مستور واحد على طول الجذع . اما غير المتوافق فهو

التشق الذى يكون اتجاه مستوى التشقق في اعلى جذع الشجرة مغايرا

لاتجاه مستوى التشقق في اسفل الجذع .

ان تشقق الترييح يخفض من صنف الخشب غير المنشور ، الا ان الترييح

البسيط لا يخفض من صنف الخشب المنشور .

(١) تشقق اللب :

وهو تشقق داخلي يسير باتجاه الطبقات السنوية، وينتشر على مسافة محدودة من طول الجذع (شكل ١١-١١ أ) وهو يخف من صنف الخشب .

(٢) تشقق التجلد :

وهو تشقق خارجي، وعلى طول الجذع، وهو عريض في الطبقات الخارجية من الجذع، ويصغر في الطبقات الداخلية باتجاه المركز، ويكون تشقق التجلد مفتوحاً (شكل ١١-١١ هـ) اذا كان التشقق مفتوحاً، او مغلقاً اذا نمت طبقة وغطت التشقق من الخارج (شكل ١١-١١ ز) . ويمكن ان ينتشر التجلد على مسافة كبيرة، و ذلك بطول الجذع وان يصل الى مركز الجذع ان تشقق التجلد يفسد منظر الجذع، و وحدته، ويساعد على ظهور العفن، وينقص من صنف الخشب .

(٤) تشققات التجفيف :

وهي تتشكل عند تجفيف الخشب، وتنتشر من السطح الخارجي للجذع باتجاه المركز (الشكل ١١-١١ و) ويمكن ان تصل هذه التشققات الى السطح الخارجي من جهة واحدة، او من جهتين .
ان تشققات التجفيف تفسد وحدة الخشب، وتخف من صنفه، وحتى تجعله صالحاً فقط كحطب للأفران .

٣- عيوب شكل الجذع :

وتنسب الى هذه المجموعة من العيوب: التواء الجذع، وانخفاضات طولية، وتضخم اسفل الجذع، والجذع المخروطي .

(١) التواء الجذع :

وهو انحناء بالجذع بالنسبة لطوله، ويمكن ان يكون الانحناء باتجاه واحد (شكل ١١-١٢ أ)، او بعدة اتجاهات شكل (١١-١٢ ب) .

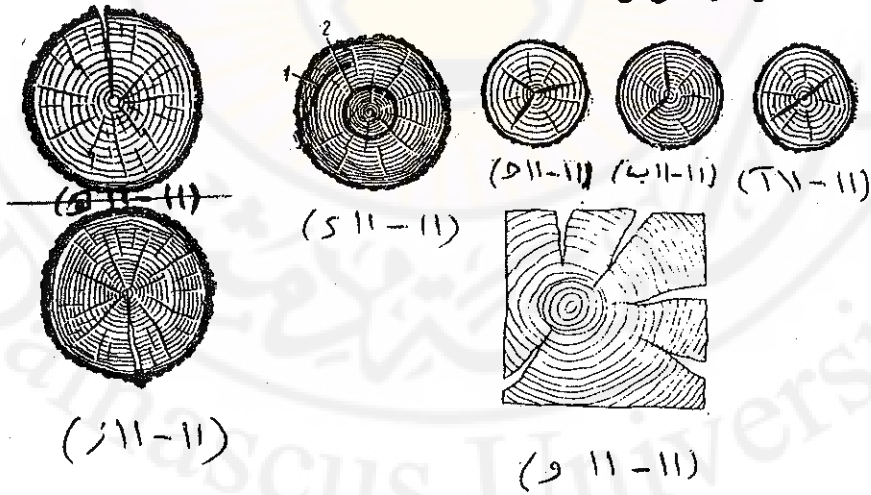
ان الانحناء يخفض من صنف الخشب غير المنشور، ويخفض كذلك
من منتج المواد المنشورة، وغالباً ما يجعل الخشب من صنف الحطب .
(٢) انخفاضات خارجية :

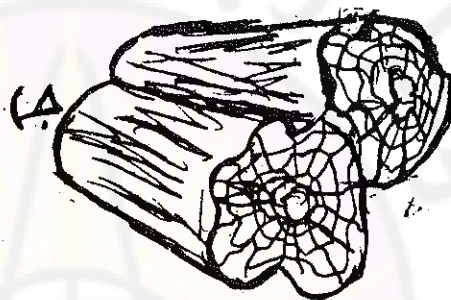
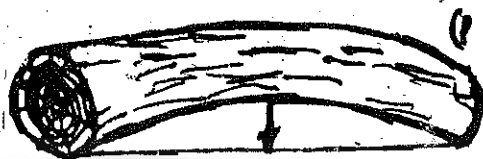
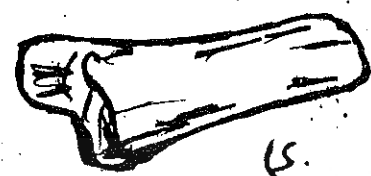
وتكون في اسفل الجذع باتجاه الاعلى، وتفتح الجذر (شكل ١١-١٢ج)
وهذه تخفض من صنف الاخشاب .
(٣) تضخم فجائي لاسفل الجذع :

(شكل ١١-١٢د) ، وهذا يخفض من صنف الاخشاب .

(٤) الجذع المخروطي :

وهو عباره عن انخفاض قطر الجذع، وذلك ابتداء من اسفله الى
الاعلى (شكل ١١-١٢هـ) . ان الجذع المخروطي يزيد من نفايات الخشب
عند نشره ويتلصق من صنفه .





- أ- اتجاه باتجاه واحد
- ب- اتجاهات متعددة
- ج- انحرافات خارجية
- د- تضخم الجذع
- هـ- الجذع المتورط

شكل (١١ - ١٢)

٤- العيوب في بنية الخشب :-

الى هذه المجموعة ، تنسب العيوب المتعلقة بالبنية غير الطبيعية لجذع الشجرة : انحراف الطبقات ، التموج ، الجعدة ، منحرف المركز بالمركز المضاعف .

١- انحراف الطبقات :-

وهو عيب في بنية الخشب ، عبارة عن اتجاه حلزوني للألياف . ويعبر عن انحراف الطبقات بحسب ميل الألياف عن الاتجاه المستقيم لمسافة متر واحد من طول الجذع (شكل ١١ - ١٣) . كما يمكن ان ينشأ انحراف الطبقات الصناعي وذلك اثناء نشر جذع الشجرة .

ان انحراف الطبقات يخفض من مقاومة الخشب ، وخاصة على الانحناء
الستاتيكي والشد الستاتيكي باتجاه الالياف . وللخشب منحرف الطبقات
انكماش وتجدد كبيرين باتجاه الالياف عند الجفيف .

(٢) التموج :

خطاً في بنية الخشب، يتميز بتوضع الالياف الخشبية على شكل موج ،
او بشكل غير منتظم (شكل ١١-١٣ ب) . ويلاحظ التموج في الجزء الأسفل
من جذع الشجرة ، كما انه يمكن ان ينتشر على طول الجذع كله . وعيب
التموج انه يخفض من مقاومة الخشب على الانحناء ، ويصعب معاملة الخشب .

(٣) الجعدة :

عبارة عن التواء الطبقات السنوية حول العقد او الشقوق (شكل ١١-١٣ ج)
وفي الاخشاب المنشورة يمكن ان تكون الجعدة في جهة واحدة او جهتين ،
وذلك حينما تلتوى الطبقات بكل السماكة . ان الجعدة تخفف من المقاومة
الميكانيكية للخشب .

شكل (١١-١٣)

العيوب في بنية الخشب
آ- انحراف الطبقات

ب- التموج

ج- الجعدة

د- جنوج المركز

هـ- المركز المضاعف



(أ)



(ب)



(ج)



(د)



(هـ)

٢٤) جنوح المركز :

التضخم غير الطبيعي للخشب النامي صيفا (الخشب المتأخر) شكل (١١-١٣) يتميز خشبه انه ثقيل ،ومناته اكبر وكذلك قساوته، وامتصاصه للمياه اقل، وكذلك الانكماش بالاتجاه العمود على الالياف ،الا ان الانكماش باتجاه الالياف كبير .

• ان جنوح المركز يخفض من صنف الخشب .

٥) المركز المضاعف :

ويكون للشجرة التي لها قمتان . ويكون في المسطح العرضي للجذع مركزان او ثلاثة مراكز (شكل ١١-١٣هـ) ان المركز المضاعف يخفض من صنف الخشب .

٦) الجروح :

تتعرض الاشجار احيانا الى الجروح المخطئة التي تكون سطحية، ولا تؤثر

• على صنف الخشب .

٦-١) الترسيبات غير الطبيعية داخل الخشب :

١) العرق الدهني :

وينتج من تسرب المواد الصمغية الى الطبقات الخشبية، ولا يخفض من جودة الخشب، الا انه يزيد من وزنه، ويصعب من معاملته .

٢) الجيوب الصمغية :

وتتشكل ضد ازدياد افراز المواد الصمغية في امكنة متفرقة من الجذع وهي تخفض من جودة وصنف الخشب .

٨- تلون الخشب بالالوان الغير طبيعية والتعفن :

١) الالوان الكيميائية : وهي تتول في الغالب بعد تجفيف الخشب، وتوجد الوان مخطئة من الاصفر والاسمر والسماوى والبرتقالي .

والألوان الكيميائية لا تؤثر على خواص الخشب .

تنمو الفطور في ظروف معينة في الخشب، وتغير من لونه الطبيعي وذلك في المرحلة البدائية للتعفن . وفي المرحلة الثانية ينهية الخشب ويهتلف الخشب تدريجيا .

(٢) الزرققة :

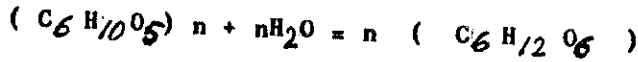
وتتواجد على كل انواع الخشب، وهي عبارة عن تلون اللحاء باللون الازرق الرصاصي وذلك من تأثير الفطور النامية في الخلايا الحية للخشب . ان الزرققة تخفض من مقاومة الخشب وخاصة التي الطارقة .

(٣) الاحمرار :

تلون الخشب اللحائي باللون الاصفر المائل الى الزهري واحيانا الى الاحمر بالنسبة لخشب البلوط يكون اللون بني او اسمر غامق ينتشر تلون خشب الشوح والتلوب حتى الطبقات الداخلية من الجذع .

(٤) التعفن الخارجي :

وينتج من نخر الجراثيم للشجرة المقطوعة والموجودة في الشروط غير الملائمة للحفظ والاستثمار . ويتميز الخشب المصاب باختلال في البنية ونقصان شديد لمئاته . وتكون الاصابة في الطبقات الخارجية وتنتشر الى الداخل . يتلون الخشب في البداية باللون الاسمر الفاتح مع انخفاض في مئنته ثم يتحول اللون الى بني غامق وتظهر تشققات طولية وعرضية ويتفتت الخشب الى مواهير ومكعبات صغيرة ثم الى ذرات تسحق بسهولة . ان التعفنت على الشجرة النامية تخفض من جودة الخشب بالتاسب مع درجة الانتشار ومرحلة النمو واحيانا تجعل الخشب غير صالح للاستعمال ان الفطور المخرية للخشب تسبب التعفن وهي خطرة جدا لاجزاء المنشآت الخشبية . يخدم السيليلوز كوسط مغذى للفطور . تفرز الفطور خميرة خاصة تحول السيليلوز الذي لا ينحل في الماء الى مادة الغلوكوز التي تحلل في الماء .

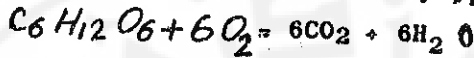


سيليلوز

غلوكوز

وفي اجسام الفطير فان سكرالعنب يتأكسد باوكسجين الهواء مشكلا

غاز الفحم والماء :



نلاحظ من هاتين المعادلتين، انه لاجل نمو هذه الفطير المخزنة للخشب يجب تواجد الظروف الملائمة : الرطوبة والاكسجين ، ونفهم من ذلك ان الخشب المعرض الى الرطوبة المتتوية يتعفن بشكل سريع والفطير لاتنمو في الخشب الجاف او الخشب المغمور في الماء بشكل دائم .
يتعفن الخشب وذلك عندما يصاب بالفطير ويمكن ان تنتقل الفطير بواسطة الرياح والحشرات الى مسافات كبيرة وتسبب الخشب السليم .

أ) الفطر البيتي :

ينمو في الخشب ذي الرطوبة (١٩-٢٢ ٪) وحرارة (١٨-٢٢) درجة مئوية ، وبرطوبة الهواء النسبية (٨٧-٩٥ ٪). لقتل هذه الفطير يكفي تعريضها الى حرارة (٣٨-٤٠) درجة مئوية لمدة ساعة واحدة .

ب) الفطر الابيض المنزلي :

ويظهر على الخشب بشكل قطن ابيض . وهذا الفطر ينمو عادة على الخشب برطوبة (٣٥ ٪) وحرارة (٢٧) درجة مئوية. ويموت بدرجة حرارة (٦٠) لمدة (٢٠) دقيقة .

ان اكثر الفطير تؤثر على الخشب بسرعة والخشب المصاب بالفطور يشكل قوى يجب حرقه مع اتخاذ الاحتياطات في حماية المنشآت الخشبية ويجب اتخاذ الاجراءات في حماية الاخشاب من الاصابة بالفطور .

٥) اصابة الخشب بالحشرات :

يمكن اصابة الخشب بالحشرات في الشجرة النامية، وفي الشجرة المقطوعة ايضا . وغالبا فان الحشرات تسكن الاشجار المقطوعة حديثا والاشجار اليابسة وتسبب حشرات آكلة القشور والدودة القاتبة الاسباب العامة .

أ) آكلة القشور :

وهي تسبب السطح الخارجية للاشجار على شكل جيوب ، ضد نشر الشجرة المصابة بهذه الحشرات، فان الاماكن المصابة تقطع، ولا تؤثر على الاخشاب المنشورة، بينما تؤثر على الاخشاب المستعملة بدون نشر، حيث ان هذه الحشرات تنقل الفطور المسببة لتعفن الاخشاب .

ب) الدودة القاتبة :

وهي تسبب الخشب وذلك في الطبقات الداخلية العميقة ، مما تخفض من الصفات الميكانيكية وصنف الاخشاب . حيث تحوله الى خشب للأفران . هذه الدودة يمكن ان توجد في جميع انواع الخشب .

ج) الدودة البحرية :

تهدم بشكل سريع خشب المنشآت البحرية (داخل الماء) .

٨- الاجراءات اللازمة لاطالة خدمة المنشآت الخشبية (الديومية) :

يمكن ان يتلف الخشب المستعمل في المنشآت، والخشب المحفوظ في المستودعات من جراء اصابته بالفطور . ان مختلف انواع الخشب تقاوم بشكل متباين تأثير الفطور . والخشب الكثيف الحاوي على نسبة كبيرة من طبقات النمو السيفي والمواد الدمضية ، يقاوم اكثر من غيره . ان الخشب الجاف بدون طبقتي القشرة ، لا يتلف لمدة طويلة، وذلك في شروط الجفاف . ان بعض انواع الخشب بوجودها في الماء ، ليس فقط لا تتلف، وانما تزيد من متانتها ، مثل البلوط .

ويمكن الوصول الى حفظ الخشب، واطالة مدة خدمته، في المنشآت ،
بتجفيف الخشب ، وحمايته من الرطوبة، بإجراءات فنية ، بالدهان ، والحقن
بالمواد المضادة للتعفن .

١- تجفيف الخشب :

من الضروري تجفيف الخشب، وذلك لزيادة جودة وديمومة الاجزاء ،
والمنشآت الخشبية، وتعود اكثر الخلال في المنشآت الخشبية الى استعمال
الخشب الرطب . توجد طريقتان للتجفيف : التجفيف الطبيعي والاصطناعي :
١) التجفيف الطبيعي :

توضع الاخشاب بمصفوف صحيحة، تنترك لمدة طويلة في الهواء حتى
الوصول الى الجفاف على الهواء (١٥-٢٠ ٪) . وتتراوح مدة التجفيف
بين عدة اسابيع او شهور .

٢) التجفيف الاصطناعي :

ويجرى في غرف التجفيف، بواسطة الهواء الساخن، والغاز، والبخار
او بواسطة التيار هالي التوتر . ويمتاز التجفيف الاصطناعي عن الطبيعي
بسرعة التجفيف (عدة ايام) . واماكنية اجراء التجفيف في أى وقت من
اوقات السنة . أن الطبقات الخارجية من الخشب تجف بسرعة اكبر مسمن
الطبقات الداخلية . لذا فمن الضروري المحافظة على رطوبة معينة في
الخرفة في بداية التجفيف للحوامل دون التجعد والتشقق . يجفف الخشب
بدرجة حرارة (٧٠-٨٠) درجة مئوية ثم بتهوية الهواء الجاف بدرجة حرارة
(٥٠-٦٠) يبدأ الخشب يجف بالتساوى . تقسم غرف التجفيف حسب العمل
الى غرف التجفيف العاهلة مع توقف، والى غرف التجفيف دائمة العمل .
وتستعمل الغرف الاولى لتجفيف الانواع القاسية المستعملة في انتاج
المويليا ، وعمال النجارة، بينما تستعمل الغرف الثانية لتجفيف الاخشاب
المستعملة في البناء .

٣) التجفيف بالتيار هالي التوتر :

يتم التجفيف بالتيار هالي التوتر بسرعة كبيرة جدا . يوضح الخشب بين شبكات الالكترونات المصنوعة من الشبه حيث ترتفع درجة حرارته بسرعة . وحيث ان درجة حرارة سطح الخشب اقل من درجة حرارة الطبقات الداخلية للخشب بسبب التبخر فان الماء يخرج من الطبقات الداخلية ويتبخر بسرعة كبيرة . كما توجد طرق تجفيف اصطناعية اخرى .

يجب حماية الخشب في المنشآت المستثمرة من الرطوبة . ولهذا تستعمل طرق قنبة منها : ابعاد المياه واستعمال المواد العازلة والحوامل دون تكثف الرطوبة واستعمال التهوية وتدفئة الارضية وغيرها .

٢- الحقن بالمواد المضادة للتلف :

المواد المضادة للتلف تميم الفطور المسببة للتلف . ويجب ان تكون هذه المواد ذات تأثير جيد على الفطور والامتصاص الرطوبة والانتزول بالماء كما يجب الاتكون ضارة بالنسبة للانسان والحيوان والخشب والمواد المعدنية ، كما يجب ان تنفذ جيدا الى داخل الخشب . ولا تكون روائحها غير مستحبة . تقسم المواد المضادة للتلف الى مواد محلولة في الماء ومواد محلولة في الزيت ومواد عجينية .

(١) المواد المحلولة في الماء :

تستعمل في معاملة الاخشاب التي لن تتعرض في ظروف الاستثمار للرطوبة ومن هذه المواد :

آفلور الصوديوم (Na F) :

مسحوق ابيض ينحل قليلا في الماء . وهو بدون رائحة ولا يتلف الخشب ولا الحديد ، ويستعمل بشكل محلول بنسبة (٣٪) ودرجة حرارة (٩٥) .

ب - دينيترو فينولات الصوديوم :

هذه المادة لا تتطاير ولا تمتص رطوبة الهواء ولا تتلف المعادن . ويمكن ان تلتفجر وهي في حالة مسحوق جاف . وتستعمل في المحاليل المائية بالمعاملة السطحية للمنتجات الخشبية التي يجب ان تكون بعيدة عن السطوح الساخنة .

(٢) المواد المحلولة في الزيت :

وتستعمل قليلا بسبب امكانية الاحتراق وبسبب الرائحة القوية . هذه المواد تستعمل للاخشاب الموجودة في الهواء او التربة او الماء منها :
(آ) زيت الكريوزوت (خلاصة القطران) :

سائل اسود من احسن المواد المضادة للتلفن لايزول بالماء ولا يمتص الرطوبة من الهواء ولا يتلف الخشب ولا المعادن قابل للاحتراق ينفذ قليلا في داخل الخشب (١-٢ مم) رائحته غير مستحبة يشكل على سطح الخشب طبقة كثيفة تمنع جفاف الخشب ويلون الخشب بلون قاتم لذا لا يمكن دهانه ولا يمكن استعماله في المباني السكنية ومستودعات الاغذية وفي المنشآت تحت الارض .

(ب) الزيت الانتراسيني (ينتج بمعاملة قطران الفحم الحجري) :

سائل بلون اصفر مائل الى الاخضر ذو فعالية جيدة ضد التلغفن ويتطاير ببطء لا يتلف الخشب ولا المعادن . ويتميز بصفات زيت الكريوزوت ويستعمل في مجالات استعماله .

(٣) المعاجين المضادة للتلفن :

بالنسبة الى المواد اللاصقة تقسم الى :

(آ) المعجون البيتوميني :

يتألف من (٢٠ - ٥٠ ٪) من فلور الصوديوم (٥ - ٧ ٪) مسحوق الخشب و (٣٠ ٪) من البيتومين وحتى (٣٠ ٪) من الزيت البترولوي الاخضر .

ويتصف هذا المعجون انه خطر اثناء تحضيره، هرائحته قوية، وهو مقاوم ضد الماء. يستعمل في معاملة الاجزاء الخشبية الموجودة في ظروف الرطوبة والاجزاء الملامسة للتربة، والاجزاء المكشوفة لتأثيرات الجو .

ب) المعاجين السيليكاتية المضادة للتعفن :

وهي تحوى ١٥-٢٠ ٪ فلور وسيليسيوم الكالسيوم، (٦٥-٨٠ ٪) الزجاج المحلول (١-٢ ٪) زيت الكريوزوت وحتى (٢٠ ٪) من الماء .
هذه المعاجين لاتقاوم الماء، ولا تحترق، وتستعمل في المباني المدنية والصناعية في الامثلة المحمية من الماء .

٣- طرق حقن الخشب بالمواد المضادة للتعفن :

توجد طرق مختلفة، منها الحقن السطحي للخشب والحقن في الاحواض الحارة والباردة وفي الاحواض الساخنة جدا والحقن تحت الضغط :

١) الحقن السطحي :

• عبارة عن طلاء اوبخ الخشب بالمواد المضادة للتعفن .

٢) الحقن في الحوض الحار- البارد :

توضح الاخشاب في حوض فيه المواد المضادة للتعفن (محلول في الماء اوفي الزيت) المسخن حتى (٩٨) درجة مئوية لمدة (٣-٥) ساعات ثم توضع الاخشاب في حوض فيه محلول المواد المضادة للتعفن في الماء بدرجة حرارة (١٥-٢٠) درجة مئوية لمدة (١-٣) ساعات، او محلول المسحود المضادة للتعفن في الزيت بدرجة حرارة (٤٠-٦٠) درجة مئوية . ان هذه الطريقة فعالة بالنسبة للاخشاب الجافة التي لاتزيد درجة رطوبتها عن (٣٠ ٪) .

(٣) الحقن في الحوض الساخن جدا :

تستعمل هذه الطريقة في حقن الاخشاب الرطبة . توضع الاخشاب في حوض فيه بيترولاً توم مسهور بدرجة حرارة (١٢٠-١٤٠) درجة مئوية لمدة محدودة (لرفع درجة حرارة الخشب وتجفيفه) ، ثم توضع الاخشاب في حوض بارد فيه محلول المواد المضادة للتعفن في الزيت ، بدرجة حرارة (٦٥-٧٥) درجة مئوية لمدة (٢٤-٤٨) ساعة ، حيث يتم الحقن .

ان هذه الطريقة عبارة عن تجفيف وحقن .

(٤) الحقن تحت الضغط :

ويتم في اسطوانات فولاذية خاصة تحت ضغط (٦-٨) ضغط جوى ، بمحلول مائي ، اوزيتي للمواد المضادة للتعفن . توضع الاخشاب في الاسطوانة وتغلق جيداً ، وتفرغ الاسطوانة من الهواء ، ثم تملأ بالمواد المضادة للتعفن ، ويرفع الضغط حتى (٦-٨) ضغط جوى ، ثم يخفض الضغط حتى الضغط الجوى العادى ، وتطرد المواد المضادة للتعفن الى الخارج وتومخض الاخشاب .

(٥) حفظ الاخشاب من الحريق :

تعتبر سهولة احتراق الخشب احدى الصفات السلبية الخطيرة . يمكن حفظ الخشب من الاحتراق بطلائه بالمونه الاسفنية ، او تغطيته بالواح جبسية ، او معاملة سطح الخشب بالدهان ، وبالمواد المضادة للاحتراق .

٤- معاملة سطح الخشب بالدهان :

توجد عدة انواع من الدهان :

(١) الدهان السيليكاتي : يحضر من الزجاج المحلول ، يتصف بإمكانية كبيرة

في حفظ الخشب من الاحتراق ، لانه يشكل طبقة لا تحترق ولا تنكسر لمدة طويلة بتأثير النار ، ولا تتقل الحرارة تقريباً .

٢) المواد المضادة للاحتراق : وتعامل بها الاخشاب الجافة، وهي مواد اكثر فعالية في حفظ الاخشاب من الاحتراق، منها فسفور الامونيوم الحامضي $(NH_4)_3 PO_4$ وكبريت الامونيوم الحامضي

$(NH_4)_2 SO_4$ وارتفاع درجة الحرارة ، فان هذه المواد اما ان تنصهر وتشكل طبقة تعزل الخشب عن الاوكسجين ، او تنشر غازا مانعا للاحتراق ، والخشب لا يلهب وانما يحترق جزئيا ويبطئ .

ان معالجة الاخشاب بالمواد المضادة للحريق ، تكون بنفس طريقة معالجة الاخشاب بالمواد المضادة للتعفن (المحلولة في الماء) .

§ ٩- المواد والمنتجات والمنشآت من الاخشاب :

١- المواد الخشبية غير المنشورة (العواميد) :

يجب الاتكون سماكة الخشب في المقطع العلوى اقل من (١٤) سم . والطول (٤-٦٥) م. في المنشآت المائية ، والجسور ، تستعمل اخشاب صمغية بسماكة (٢٢-٣٤) سم ، وطول (٦٥-٨٥) م ولاجل خطوط نقل الطاقة الكهربائية تستعمل اخشاب صمغية بسماكة (٢٠-٢٢) سم وطول (٦٥-١٨) م . ولاجل عوارض السكك الحديدية تستعمل اخشاب صمغية ووارقه بسماكة (٢٤) سم ، وطول (٢-٤) م .

لاجل الاجزاء الحاملة في المباني والجسور يجب الاتكون رطوبة الاخشاب غير المنشورة اكثر من (٢٥٪) وللاجزاء الموجودة في الماء بشكل دائم (الاساسات) يمكن ان تكون اية رطوبة .

٢- المواد المنشورة :

وتقسم الى :

آ- الواح بسماكة ١٠٠ مم او اقل وذلك عندما تكون نسبة العرض الى السطكة

اكثر من (٢) .

ب - دقوف بسماكة ١٠٠ مم او اقل وذلك عندما تكون نسبة العرض الى السطكة

(٢) او اقل .

ج- مربيئات بعرض وسطاكة اكبر من ١٠٠ مم .

يحضر المواد المنشورة من الاخشاب الصمغية بأشكال ثلاثة آ و ب و ج .

آ- بسطاكة (١٢-٤٠) مم وعرض (٨٠-٢٠٠) مم ،ج- بسطاكة (١٣٠-٢٥٠) مم

وعرض (١٣٠-٢٥٠) مم .

ان طول الاخشاب الصمغية يتدرج به ٢٥ ر٠م وحتى ١٥ ر٠م .

اما الاخشاب المنشورة الوارقه، فانها تحضر بطول (١-٦٥) م ، ويتدرج

٢٥ ر٠م وبسطاكة (١٢-٧٥) مم وعرض (٨٠-٢٠٠) مم .

يجب الاتريد رطوبة المواد المنشورة المحضرة باللمصق من ١٥ ٪ ومن

اجل الجسر والاجزاء الحاملة الاخرى عن ٢٥ ٪ .

٣- الخشب المعاكس :

يحضر بلمصق الطبقات الخشبية الرقيقة :

(١) الخشب المعاكس العادى :

آ- الخشب المعاكس ذو المقاومة الجيدة للماء، يحضر بلمصق الطبقات بواسطة

الصمغ المصنوع من الفينول فورمالدهيد .

ب- الخشب المعاكس ذو المقاومة المتوسطة للماء، ويحضر بلمصق الطبقات

بواسطة الصمغ الكارياميدى .

ج- الخشب المعاكس ذو المقاومة القليلة للماء، ويحضر بلمصق الطبقات بصمغ

زلالي. يحضر الخشب المعاكس العادى من خشب الجوز .

قياسات الخشب المعاكس العادى: الطول (٧٢٥-١٢٣٠) مم وسطاكة (١٥-١٢

١٢) مم .

يستعمل الخشب المعاكس ذو المقاومة الجيدة للماء في الاجزاء الحاملة

(جوائز، اقواس، اطارات) ويجب طلاءه بالدهان اللامكنة المكشوفة وبدون دهان

للمنشآت ذات رطوبة هواء حتى (٧٠ ٪)، ويستعمل الخشب المعاكس ذو

المقاومة المتوسطة للماء للجدران الداخلية الفاصلة والتبليس الداخلي للجاني .

٢) الخشب المعاكس التزييني :

ويحضر من خشب البتولا، الحور الرومي، والزيزفون، وله نوتان، النوع الاول سطحه معامل بطبقة دهان غير ملونة، والثاني سطحه معامل بطبقة دهان وهرق تزييني .

قياسات الخشب المعاكس التزييني : (الطول ١٢٢٠-١٨٢٠) مم العرض (٧٢٥-١٢٢٠) مم وسماكته (١٢-١٥) مم . ويجب الاتزيد رطوبة الخشب المعاكس عن (١٠ ٪) .

يستعمل الخشب المعاكس التزييني للتليس الداخلي للجدران والابواب والاثاث المصنوع داخل الجدران .

٤- الاجزاء الخشبية للمنشآت :

تحضر في المعامل الخاصة، وتقسم التجهيزات المسبقة الصنع للمنازل الى المجموعات التالية :

تجهيزات كاملة للبيتون بجدران خشبية ، تجهيزات كاملة للبيتون بهياكل خشبية، وجدران اما من الخشب، والبيتون المسلح .

ان هذه التجهيزات يجب ان تكون دقيقة لاستعمالها راسا في البناء والاجزاء التي ستلامس الارض يجب ان تكون محقونة بالمواد المضادة للتعفن . وتستعمل القطع المصبوقة في السطوح والسقوف والجسور كجوائز ذات مقطع مستطيل أو I أو شكل اقواس، واجزاء من جملون موطقة من الحديد والخشب، وشكل بلوكات مستقيمة او منحنية للاجزاء العلوية من الجملون، وتستعمل بشكل اطارات واعدة واماسات وجوائز في الجسور وشكل عوارض ولسكك الحديد وقوابل .

تحضر الاجزاء المصبوقة، وذلك بلمصق الواح (او المورينات) مع بعضها ، او اللواح والخشب المعاكس .

ان رطوبة الخشب المستعمل في تحضير القطع المملوكة يجب
الان تزيد عن ١٥ ٪ .

يجب ان يكون الصمغ المستعمل في لصق القطع المملوكة ، والمعرضة
الى الرطوبة ، مقاوما للماء مثل الفينول فورمالديهييد .



المواد العازلة للحرارة والمواد العازلة للصوت

=====

آ- المواد العازلة للحرارة :

وتتميز هذه المواد بناقليتها الرديئة للحرارة حيث لا يزيد عامل ناقليتها عن (٠.١٨) حرة/م^٢ سا^٢ درجة. كما تكون هذه المواد ذات مسامية كبيرة بحيث لا يزيد وزنها الحجمي عن (٧٠٠) كغ/م^٣ .
ويستعمل المواد العازلة في البناء لنقل من كمية الحرارة الضائعة عبر الجدران الى الوسط الخارجي، وبالتالي نقل من مصروف المحركات .

١٨- بنية المادة العازلة :

لا تتعلق امكانية المادة في العزل بالمسامية العامة فقط ،بل ويتوضح هذه المسامات وابعادها وبطبيعة هذه المسامات، ان كانت مفتوحة او مغلقة .

عند تساوى بقية العوامل نجد ان المواد ذات المسامات الصغيرة المغلقة والمليئة بالهواء تتصف بامكانية عزل اكبر من المواد التي لا تحتوى على مسامات . ويفسر ذلك بان عامل ناقلية الحرارة للهواء الساكن صغير ويساوى (٠.٢٢) حرة/م^٢ سا^٢ درجة في الدرجة (٢٠) وبالتالي فان مجموعة هذه المسامات الصغيرة التي تفصل بينها جدران رقيقة من المادة تحوق انتقال الحرارة والبرودة وتجعل المادة ذات ناقلية صغيرة للحرارة .

ان الهواء المتحرك ينقل الحرارة، ولهذا فان بنية المواد ذات المسامات الكبيرة والمسامات المتطاولة تومن الشروط لجريان التيارات الهوائية الناقلة، مما يزيد في نقل الحرارة عبر المادة . اذا يمكننا ان نستنتج : كلما كان حجم الهواء المحصور في المسامات اصغر اصبحت حركة الهواء بطيئة وازدادت صفاته العزلية .

ان صفات العزل تتعلق ايضا بنسبة حجم الهواء المحصور في المسامات الى حجم المادة الصلبة الداخلة في تركيب وحدة الحجم من المادة . كلما كانت سماكة المادة الصلبة المحيطة بالمسام اقل كلما كانت صفات العزل احسن وبالتالي أصبحت ناقلية المادة للحرارة اقل . اما في المواد ذات المسامية العالية جدا فيمكننا اهمال تأثير المادة الصلبة في نقل الحرارة ونقدر ناقلية المادة بناقلية الهواء .

الآن نأخذ بين مادتين لهما نفس التركيب الطارى الا ان مسامتهما مختلفتان ، نلاحظ ان ناقلية المادة للحرارة تتناسب طرديا مع الوزن الحجمي للمادة . يمكننا انشاء مسامات واقية في المادة باضافة بعض المواد المشككة للغازات الى الخليطة او لصق ذرات واجزاء المادة بحيث تبقى بينها فراغات نتحكم في مكانها وحجمها .

كما يجب علينا الان نرى ان لبنية المادة اثرها الكبير على صفات العزل الحرارى ويحتاج لنا ذلك اكثر في المواد ذات البنية اللبنيّة فمثلا ان ناقلية الخشب باتجاه الالياف اكبر بعمرتين من ناقليةته باتجاه عمودى على الالياف . اما بالنسبة للمواد العازلة المولفة من حبيبات صغيرة ، فان لكبر هذه الجزيئات اهمية كبيرة في خواص العزل الحرارى . فبتصغير حجم هذه الحبيبات تتحسن خواص العزل الحرارى حتى وفي الحالة التي يبقى فيها الوزن الحجمي ثابتا .

ان المسامات المليئة بالهواء تعكس المادة ناقلية صغيرة للحرارة وبالتالي تكون المادة جيدة العزل الحرارى . اما اذا كانت المسامات مليئة بالماء او كانت سطوحها مغطاة بالماء فان صفات العزل تنخفض بشكل كبير ، وذلك لان الماء ذو ناقلية للحرارة اكبر من ناقلية الهواء (٢٥) مرة تقريبا ولهذا السبب يجب حماية المواد العازلة من الرطوبة .

٢-٥-٢ تصنيف المواد العازلة :

تصنف المواد العازلة بحسب بنيتها ونوع مادتها الأساسية وبنيتها

وزنها الحجمي . وتقسّم المواد العازلة بحسب بنيتها إلى :

- قاسية : (بلاطات ، قرميد ، قشر ، ألواح) .
- مرنة : (بلاطات مرنة ، ألواح ، ألألف) .
- هشة : (مواد ذات بنية ليفية ، مواد مركبة من ذرات أو مواد ناعمة) .

وتقسّم حسب نوع مادتها الأساسية إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية .
وتقسّم بحسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة إلى (١٨) ماركها الك/م^٣ من (١٥) إلى (٧٠٠) .

ان المتطلبات العامة للمواد العازلة للحرارة هي :

- (١) الأيزود وزنها الحجمي بالحالة الجافة عن (٧٠٠) ك/م^٣ .
- (٢) الانطلاق مواد ضارة بالنسبة لأغذية أو نباتات موجودة بقربها ، ولا تؤثر على صحة الإنسان .
- (٣) ضد عزل السطوح الساخنة والتي تبلغ درجة حرارتها أكثر من (١٠٠) درجة مئوية تستعمل المواد العازلة غير العضوية فقط .
- (٤) ضد عزل سطوح الأجهزة أو القساطل في المصانع ينبغي طينها استعمال مواد عازلة لا يزيد وزنها الحجمي عن (٤٠٠) ك/م^٣ ولا فيتوجب تبرير ذلك اقتصادياً .
- (٥) وعند عزل الجدران الفاصلة يجب الأيزود الوزن الحجمي للمواد العازلة المستعملة من (٥٠٠) ك/م^٣ إلا أنه يسمح بتجاوز هذا الرقم إذا كانت هذه المواد العازلة حاملة لبعض أجزاء المنشآت كالسقوف والجدران الخ .
- (٦) يجب ان تكون المواد العازلة مقاومة للتأثير البيولوجي عند استعمالها في وسط رطب ، بالإضافة إلى حمايتها من الرطوبة بطبقة عازلة للماء .

٣٥- المواد العنصرية العازلة :

تقسم المواد العنصرية العازلة إلى :

قاسية : الألواح الخشبية اللينة، الألواح الخشبية الاسستية ، الألواح القطنية والبلاستيكية .

مرنة : اللباد البنائي ، الكرتون الموج ، الحشا والبلاستيكية المسامية .

١- المواد العنصرية العازلة القاسية :

(١) الألواح الخشبية اللينة :

يستعمل في تحضير هذه الألواح نشارة الخشب، والخشب الذي لا يمكن استعماله، وبقايا الخشب في المناطة ، وبقايا الكتان والقش والقصب ونبات القطن وأكثر هذه الألواح انتشارا هي الألواح الخشبية اللينة المصنوعة من بقايا الخشب وتلخص طريقة صنعها بالعمليات التالية :

طحن الخشب ، لصق المادة اللينة ، الضغط والمعاملة بالحرارة . للتكامل من إمكانية احتراق الألواح الخشبية تحقن ببعض المواد المضادة للاحتراق ولزيادة مقاومة هذه الألواح للماء تضاف إلى المادة اللينة المستعملات البارافينية والواتجية والزيتية وغيرها .

تبلغ سكة الألواح الخشبية اللينة (٨-٢٥) سم كما يتراوح طولها بين (١٢٠٠-٢٠٠٠) مم أما عرضها فإنه يبلغ (١٢٠٠-١٦٠٠) مم .

الوزن الحجمي (٢٥٠-٣٥٠) كغ/م^٣ ، حدد المطانة على الانعطاف (١٢-٢٠ كغ/سم^٢) وتعامل ناقية الحرارة لهذه الألواح لا يزيد عن (٠.٦-٠.٨) كيلو حريرة/م^٢ . درجة .

تستعمل هذه الألواح للمزل الحواري والصوتي في الجدران ، كما أن هذه الألواح تستعمل أحيانا لأغراض تزيينية بعد معاملتها بشكل خاص ، كتشعيم سطوحها وطلائها مثلا .

(٢) الالواح الخشبية الاسطوانية :

وهي عبارة عن مادة عازلة حاملة ينقص الوقت ، يحمل عليها مواد الخليطة المتصلة بالاسمنت والماء والصوف الخشبي ، حيث يلعب الصوف الخشبي دور الهيكل المسلح . والصوف الخشبي عبارة عن نشارات طويلة ورقية من الخشب الصنفي غير القابل للاستعمال ، يحمل عليها باستعمال اجهزة خاصة قشع نشارة الخشب بطول (٥٠٠) سم وعرض يتراوح من (٤) الى (٧) مم وسماكة من (٢٥) الى (٥) مم . ويعد تجفيف الصوف الخشبي يخلط بالاسمنت بالطريقة الرطبة او الجافة في جهالات مختلفة الانواع . ويجب ان تغطى العجينة الاسطوانية سطح النشارة الخشبية بطبقة رقيقة متجانسة . تضغط الخليطة الناتجة بقوة (١) كغ/سم^٢ . واذا كانت هذه الالواح عازلة وحاملة فان القوة الضاغطة تصل حتى (٤) كغ/سم^٢ ، ثم تعامل الالواح في حمام ساخن بدرجة حرارة (٣٠-٣٥) درجة مئوية لمدة اربع وعشرين ساعة .

وتكون هذه الالواح بطول (٢٠٠٠-٢٤٠٠) مم وعرض (٥٠٠-٥٥٠) مم وسماكة (٢٥-١٠٠) مم . وتقسّم هذه الالواح بحسب وزنها الى الماركات التالية :

(٣٠٠-٣٥٠-٤٠٠-٥٠٠) كغ/م^٢ بحيث لا يقل حد مقاومتها على الانعطاف عن (٤ ، ٥ ، ٧ ، ١٢) كغ / سم^٢ على الترتيب . اما عامل ناقلتها للحرارة فهو يتراوح بين (٠.٨٥-٠.١٣) حرّة/م^٢ سا . درجة ، ولا تزيد درجة امتصاصها للماء عن (٢٠/٠) .

تستعمل هذه الالواح للعزل في جدران المباني من الصنف الثاني والثالث .

(٣) المواد الفلينية العازلة :

وتحضر بضغط البقايا الفلينية الصغيرة الناتجة عن صنع السدادات الفلينية ويختبر الفلين من افضل المواد العازلة للحرارة وذلك لمساميته الكبيرة واحتوائه على مواد راتنجية .

وتحضر من الفلين المواد العازلة للحرارة بشكل الواح وقشور . ويمكن تحضير المواد العازلة للحرارة بإضافة مواد لاصقة عضوية (الصمغ العضوي، الجيلاتين والبيتومين والراتنج) أو بدون إضافة هذه المواد ، ففي الحالة الأولى تضغط القطع الفلينية الناعمة والمغطاة بطبقة رقيقة من المادة اللاصقة العضوية بشكل الواح بطول (٥٠٠-١٠٠٠) مم وعرض (٥٠٠) مم وسماكة (٢٠-٨٠) مم . وفي الحالة الثانية تحضر الألواح بنفس المقاييس ولكن بدون مادة لاصقة وذلك بتعريضها لضغط (٧) كغ/سم^٢ ومعالمتها بدرجة حرارة (٢٥٠-٣٠٠)° مما يؤدي إلى صهر المواد الراتنجية في الفلين التي تعمل كمادة رابطة لقطع الفلين الصغيرة .

وتقسم المواد الفلينية العازلة للحرارة بحسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة إلى ماركات (١٥٠ و ٣٠٠) كغ/م^٣، بحد المثانة على الانعطاف (١٥-٢٥) كغ/سم^٢ ويساوي عامل ناقليتها للحرارة بالدرجة (٢٥) (٠.٤٥-٠.٨) حر/م^٢ ساعة درجة برطوبة لا تزيد عن (١١-١٢) % .

تستعمل المواد الفلينية العازلة للحرارة لعزل جدران مباني البرادات وسطوح آلات التبريد . ولعزل هياكل البواخر ، كما تستعمل كوسادة مانعة للاهتزاز (النوسان) للماكينات الصغيرة ، ومن صفاتها الإيجابية عدم التهابها وعدم إمكانية إصابتها بالفطور الفزليّة .

(٤) المواد البلاستيكية العازلة :

وهي مواد بلاستيكية مسامية تحضر من منتجات القطن المعدني والقطن الزجاجي مع استعمال مادة بوليميرية رابطة . ويمكن تحضير المواد البلاستيكية المسامية كمواد عازلة وحاملة بنفس الوقت . وتقسم المواد البلاستيكية العازلة بحسب المواد البوليميرية المستعملة في تحضيرها إلى :

- بوليسترية تحضر من المستحلب البوليمستري .
- بولي فينيل كلوريدية .
- فينولية وهي تحضر من الفورمالديهيد (حمض النمل) .

ان تشكيل المسامات في المواد البوليمرية يكون باستعمال مواد خاصة

تتشر الغازات بكثافة، فتتفج المواد البوليمرية التي اصبحت طرية بعد تسخينها، كما يمكن ان تكون هذه المواد الناشرة للغازات صلبة او سائلة او غازية . وللمواد الصلبة قيمة عملية اعظم، منها كاربونات وبيكاربونات الصوديوم والامونيوم والتي تتشر عند تحليلها غازات مثل ثاني اوكسيد الفحم وفيسره، ومن المواد السائلة البنزول والكحول، ومن المواد الغازية الهواء والازوت وثاني اوكسيد الفحم وغاز النشادر . ولجعل المواد البلاستيكية المسامية مرنة تضاف اليها مواد ملدنة كالفسفات .

تحضر المواد البلاستيكية المسامية بطريقتين :

— طريقة الضغط :

تضغط المواد البوليمرية الناعمة مع المواد الناشرة للغازات والمواد المضافة الاخرى تحت ضغط جوى كبير ثم تنفخ العينة (عادة بين ٢-٢٥ ر٢ كخ) وتحصل على مادة ذات مسامات .

— الطريقة الثانية بدون ضغط :

تسخن المواد البوليمرية والمواد الناشرة للغازات والمواد المضافة حتى درجة حرارة كافية ، لصهر المادة البوليمرية وعندئذ تتحلل المواد الناعمة للغازات وتتفج الغازات المادة البوليمرية . ونحصل على مادة بلاستيكية ذات مسامات صغيرة موزعة بالتساوى .

تقسم اللواح البلاستيكية المحضرة من المحلول البوليمترى بحسب الوزن الحجمي الى ماركات (٢٥-٢٥) كخ/م^٢ ، حدالصانة على الانعطاف (١) و (٢) كخ/سم^٢ ، وعامل ناقلية الحرارة (٠.٣ ر٠) حره/م.سا. درجة برطوبه لا تزيد عن (٢٠/٠) ، اما المواد البلاستيكية المحضرة من المستحلب البوليمترى فتقسم بحسب وزنها الحجمي الى (٥٠-٢٠٠) كخ/م^٢ حيث لا يقل حد مقاومتها على الانعطاف عن (١٠-٧٥) كخ/سم^٢ ولا يزيد عامل ناقليتها للحرارة عن (٠.٣ ر٠.٤٥) حره/م.سا. درجة برطوبة لا تزيد عن (١٠/٠) وزنا .

تستعمل هذه المواد لأغراض العزل الحرارى في جدران الابنية
كما يمكن استعمالها في سطوح التجهيزات الصناعية والقساطل حتى درجة
٦٠ درجة مئوية .

٢- المواد العضوية المرنة :

(١) اللباد البنائى :

وهو عبارة عن صفائح «مضرة من نفايات صناعة الفراء والصوف وغيرها
من الالياف الصوفية لمختلف الحيوانات»، وينتج اللباد البنائى بشكل شريط
بطول (١٠٠٠-٢٠٠٠) مم وعرض (٥٠٠-٢٠٠٠) مم وسماكته (١٢) مم، يبلغ
الوزن الحجمي للباد الجاف (١٥٠) كغ/م^٣ وعامل ناقلية الحرارة (٠.٤٥ ر.م)
حرارة/م.سا. درجة ورطوبة اللباد الجاف لا تزيد عن (٢٠٪) وزنا .
لا يلهب اللباد ولكنه يحترق ويمتص الرطوبة . يستعمل اللباد
البنائى كوسادة وكعازلة للحرارة في اجزاء المنشآت (نهايات الجوائز ،
اطارات الابواب والنوافذ) كما يمكن استعمال اللباد في العزل الحرارى
لسطوح التجهيزات الصناعية والقساطل حتى درجة حرارة (١٠٠) م.

(٢) الحماير البلاستيكية المسامية من البولي اوريثان :

ويحصل عليها من البولي ميرات البولي ايترية مع اضافات المواد
المشكلة للمساطات وغيرها من المواد . تحضر اللواح بطول (٢٠٠٠) مم
وعرض (١٠٠٠) مم وسماكته (٢٠-٦٠) مم . وتقسم اللواح من البولي اوريثان
بحسب الوزن الحجمي الى (٢٥) و (٥٠) كغ/م^٣ يبلغ عامل ناقلية للحرارة
(٠.٢ ر.م) حرارة/م.سا. درجة ورطوبة لا تزيد عن (١٪) وزنا .
تستعمل هذه الحماير في العزل الحرارى لجدران المباني
وسطوح التجهيزات الصناعية والقساطل حتى درجة حرارة (٦٠) °.

١- المواد العازلة القاسية غير العضوية :

(١) منتجات القطن المعدني :

تحضر بشكل الواح وقشور وذلك من القطن المعدني مع مادة لاصقة عضوية بلاستيكية اوبيتومينية ومن المواد اللاصقة البلاستيكية يستعمل الفينول فورمالديهيد وكاراميد فورمالديهيد ومن المواد البيتومينية يستعمل البيتومين ذي الطاركة العالية بدرجة ليونة لا تقل عن (٤٥-٥٠) .

وتنتج المواد القطنية المعدنية القاسية بمزج الالياف مع المادة اللاصقة على شكل مستحلب او معجونة ثم تصب العجينة الناتجة في قوالب مع الرص والمعاملة الحرارية .

ان صب القوالب يتم تحت ضغط معين مع تخفيض الضغط الجوي وذلك لوجود الماء الزائد في العجينة وعدم امكانية ضغط هذه القوالب بقوة كبيرة اثناء الصب . ثم تجفف المنتجات بدرجة حرارة (١١٠-١٢٠) م ثم ترفع الحرارة بعد تبخر الماء حتى (١٣٠-١٤٠) م ، وان المواد المنتجة باستعمال البيتومين تتمتع بخواص فزيائية وميكانيكية أفضل ، وذلك بسبب تشكل طبقة رقيقة مصهورة من البيتومين تربط الالياف بشكل جيد .

وتنتج اللواح القطنية المعدنية بطول (١٥٠٠) مم وعرض (٥٠٠) مم وسماكة (٤٠-٦٠) مم وتقسم بحسب الوزن الحجمي الى ماركات (٢٠٠ ، ٤٠٠) كغ/م^٣ حيث لا ينقص حد متانتها على الانعطاف عن (١/٨) كغ/سم^٢ ، أما عامل ناقلتها للحرارة فانه يساوي (٠.٥-٠.٧) حوة/م^٢ . سا . درجة بحيث لا تزيد الرطوبة عن (١/١٠) .

وتستعمل هذه المنتجات للعزل الحراري في جدران الابنية ولسطوح التجهيزات الصناعية والقساطل حتى (٣٠٠) اذا كانت المادة اللاصقة بلاستيكية ، أما إذا كانت المادة اللاصقة بيتومينية فلا يجوز استعمالها بدرجة حرارة اكثر من (٧٠) م .

(٢) البيتون الخفيف :

ويستعمل للعزل الحرارى البيتون الخفيف الذى لا يزيد وزنه الحجمي عن (٥٠٠) كغ/م^٣ تحضر منتجات البيتون الخفيف العازل بشكل بلاطات بطول (١٠٠٠) مم وعرض (٥٠٠) مم وسماكة (٨٠-٢٠٠) مم ، وتنقسم من حيث الوزن الحجمي في الحالة الجافة الى ماركات (٣٠٠-٥٠٠) كغ/م^٣ بحد متانة على الانعطاف (٤-١٢) كغ/سم^٢ وعامل ناقلية الحرارة (٠.٨-١.١) حر/سم^٢ درجة حيث لا تزيد الرطوبة عن (١٥) % .

يستعمل البيتون الخفيف العازل في جدران المباني وسطح التجهيزات الصناعية والقساطل حتى درجة حرارة (٤٠٠) درجة مئوية ، اما اللوح المسامية الخفيفة المصنوعة من الجبس فانها تستعمل للعزل الحرارى في جدران المباني من الصنفين الثاني والثالث .

(٣) اللوح من الرجاج المسامي :

وتبلغ أبعاد مساماته (٢٥-٥٠) سم ، الخواص العازلة لهذه اللوح جيدة . وتحضر هذه اللوح بطول (٥٠٠) وعرض (٤٠٠) مم وسماكة (٧٠-١٠٠ او ٢٠ او ١٤٠) مم .

وتنقسم حسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة الى ماركات (٢٠٠-٣٠٠) ، بحد متانتها على الانعطاف (٥-١٠) كغ/سم^٢ أما عامل ناقليتها للحرارة فانه لا يزيد عن (٠.٨-٠.٩) حر/سم^٢ درجة . حيث لا تزيد الرطوبة عن (١/٠) وزناً .

وتستعمل هذه اللوح في العزل الحرارى للجدران .

(٤) المنتجات العازلة للحرارة من الاسمنت والاسبستوس :

ويحمل عليها بتعليب خليطة من الاسمنت لاتقل ماركته عن (٣٠٠) ومن الاسبستوس بنسبة (١:١) وزناً . وتتج بشكل اللوح وقشور ، وتكون اللوح عادة بطول (١٠٠٠) مم وعرض (٥٠٠) مم وسماكة (٣٠) مم ،

وتقسم المنتجات من الاسطت والاسيستوس حسب وزنها الحجمي في الحالة الجافة الى ماركات (٣٠٠ و ٥٠٠) كغ/ م^٢ حد ثانتها على الانعطاف (٢) و (٣) كغ/سم^٢ ، طامل الناظية للحرارة (٧٥-٩٠ ر. م) حره/م. سا. درجة ، أما الرطوبة فانها لا تزيد من (١٥) ٪ وزنا .

تستعمل هذه المنتجات في العزل الحراري لسطح التجهيزات الصناعية والقساطل بدرجة حرارة حتى (٤٥٠) درجة مئوية ، كما تستعمل في جدران المباني .

٢- المواد العازلة غير العضوية المرنة :

(١) منتجات القطن المعدني :

ويمكن ان تكون بشكل حصائر والواح وقشر ولباد مصنوعة بمادة رابطة بلاستيكية أو بيتومينية .

تتلخص طريقة انتاجها بصهر المواد الخام في فرن ثم نفخ هذا المصهور حيث يستعمل الدياباز والبازلت وخبث الافران وغيرها من المواد السيليكاكية كمخامات تدخل في الفرن مع فحم الكوكس ، وتخرج المادة المصهورة من فتحة خاصة بحرارة (١٢٠٠-١٤٠٠) م بشكل نافورة تعرض الى النفخ بالبخار تحت ضغط (٥-٨) ضغط جوي ، ثم ترسب بشكل خيوط رفيعة في غرفة الترسيب وتدخل المواد الرابطة البلاستيكية او البيتومينية بشكل مستحلب مائي الى غرفة الترسيب حيث تتشكل الياف معدنية مخطاة بطبقة رقيقة ، ويحصل على القطن المعدني بشكل شريط (بساكة معينة) مستمر ، ويدخل هذا الشريط في غرفة التجفيف بواسطة شريط نقل شبك حيث تحمل البلمرة بواسطة الهواء الساخن بدرجة حرارة (١٢٠-١٥٠) درجة مئوية . ثم يبرد الشريط ويقص بالابحاد والمقاييس المطلوبة .

تحضر الحمبر القطنية المعدنية المصنوعة بالمادة اللاصقة البلاستيكية بطول (١٠٠٠-١٥٠٠) مم وعرض (٣٥٠-١٠٠٠) مم ، وساكة (٣٠-٦٠) مم .

تقسم الحمبر بحسب وزنها الحجمي في الحالة الجافة الى ماركات (٢٥٠-٢٠٠) كغ/مم^٣، حد مناسبتها على الشد (٠.٥-٠.٦ ر.م) كغ/سم^٢ ولا يزيد عامل ناقلتها للحرارة في الحالة الجافة عن (٠.٤-٠.٥ ر.م) حرارة/م.سا. درجة برطوبة لا تزيد عن (١) ٪ وزناً .

تستعمل الحمبر القطنية المعدنية للعزل الحراري في جدران المباني وسطح التجهيزات الصناعية والقساطل .

٢) الكرتون الاسبتوسي :

مادة عازلة للحرارة ومقاومة للنار، يدخل في تركيبه الاسبتوس بنسبة (٦٥) ٪، كما يدخل الكاولين بنسبة (٣٠) ٪ والنشاء بنسبة (٥) ٪. ينفش الاسبتوس في ماكينة خاصة ثم يضاف اليه الكاولين والنشاء وتصب العجينة الناتجة في خلاطة ثم توجه إلى اسطوانة ذات شبك في آلة تلبس الكرتون وبعد تلبس الكرتون يضغط في مكبس حتى (٥٠) كغ/سم^٢ وبعدئذ تجفف الصفائح وتقص حسب المقاييس المطلوبة .

تبلغ ابعاد الصفائح (٩٠٠-١٠٠٠) مم وسماكتها (٢-١٠) مم، الوزن الحجمي (١٠٠٠-١٤٠٠) كغ/مم^٣، حد المتانة على الشد لا يقل عن (٦) كغ/سم^٢، عامل ناقلية الحرارة في الحالة الجافة لا يزيد عن (٠.٣٥ ر.م) حرارة/م.سا. درجة، ولا تزيد الرطوبة عن (٣) ٪ وزناً .

كما ينتج حبل اسبتوسي يستعمل في العزل الحراري لسطوح التجهيزات الصناعية والقساطل حتى (٢٠٠) درجة مئوية فقط عند احتوائه على الياف عضوية، الا انه عند عدم وجود هذه الالياف العضوية يمكننا استعمال الحبل الاسبتوسي حتى درجة (٥٠٠) م .

٣) الرقائق الالومينية :

بالرغم من أن عامل ناقلية الالنيوم للحرارة كبير ويساوي (١٧٦) حرارة/م.سا. درجة فانه يستعمل كمادة عازلة جيدة في العزل الحراري. إن عامل نفوذية الاشعة خلال الرقاقة الالومينية الفاصلة للطبقات الهوائية

صغيرة جدا .

حيث تستعمل في هذه الحالة خاصة ناقلية الهواء الساكن للحرارة الصغيرة : عامل ناقلية الهواء الساكن (٠.٢٢) حرّة/م.سا. درجة كما تستعمل خاصة القدرة العالية للرقاقة الألومينية في عكس الحرارة بنسبة (٩٥/٠)، وان سماكة طبقة الهواء (٨-١٠) مم تؤمن أحسن الصفات في العزل الحراري .

تتج الرقاقة الألومينية بشكل لفائف بحرض (٢٠٠-٤٤٠مم) وسماكة (٠.٠٥-٠.٠٧) مم وبحرض (٢٠٠-٤٦٠) مم وسماكة (٠.٠٩-٠.١٤) مم. تستعمل الرقاقة الألومينية كمادة عازلة عاكسة في الجدران ذات الطبقات في المباني، كما تستعمل للعزل الحراري لسطوح التجهيزات المناعية للقساطل بدرجة حرارة حتى (٣٠٠)م، وتتصف الرقاقة الألومينية بإمكانيتها الصغيرة لنفوذ الأشعة، كما تتميز بسعتها الحرارية الصغيرة وبقدرتها على المقاومة ضد التآكل وسهولة المنح .

والى جانب المواد العازلة غير العضوية القاسية والمرنة توجد موادناعمة

مولفة من ذرات مثل : التوف البركاني، والخفاف وغيرها .
ب- المواد العازلة للصوت :
§ ١- مفهوم الامواج الصوتية والضجة :

الصوت عبارة عن انتشار موجي للحركة النوسية لجزيئات الوسط المرن (الهواء الماء، المادة الصلبة)، ويجال الذبذبة المسموعة من قبل الانسان يتراوح بين (١٥-٢٠) هرتز وحتى (٢٠٠٠٠) هيرتز (هيرتز الواحد يساوي حرّة واحدة في الثانية) وان الامواج ذات الذبذبة الأعلى أو الأقل من هذا المجال لاتسمع من قبل الانسان .

ان قوة الصوت عبارة عن كمية القدرة المنقولة بالموجات الصوتية في ثانية واحدة عبر سطح (اسم ٢) عمودي على اتجاه انتشار الموجة، وتتاسبب قوة الصوت مع مربع سعة ذبذبة جزيئات الوسط ومع مربع سعة الضغط في الموجة الصوتية . وتقاس قوة الصوت بوحدة (الديسيبيل) ان سرعة

انتشار الصوت في الهواء بدرجة حرارة (١٥) درجة مئوية حوالي (٣٤٠) م/ثا. ان الضجة صارة من مجبوبة من الاصوات العديدة المتخيرة بذبذبتها وقوتها. وبصورة عامة فان كل الاصوات المزجة تدمى بالضجة. ويمكن ان تكون الضجة مسوعة وغير مسوعة. ويمكن ان تكون هوائية او طارقة. وان تأثير الضجة المسموعة لمدة طويلة مضر لاهضاء السمع وخاصة الضجة ذات الذبذبة العالية فهي تضر بصحة الانسان. كما ان التأثير لمدة طويلة للصوت فوق السمعى غير المسموع مضر ايضا (اى بذبذبة اكثر من (٢٠٠٠٠) هيرتز وتمدر الضجة العالية المسموعة وغير المسموعة من المحركات. والآلات. ويمكن تخفيض الضجة باستعمال الحلول الصحيحة) المعتمدة على الاسس المعمارية في العزل الصوتي (في تصميم المنشآت باكساء جدرانها بمواد عازلة للصوت.

ان علم الصوتيات المعماري الذي هو جزء من الفيزياء الهندسية ، يدرس الحوادث الصوتية في الخوف ومسائل العزل الصوتي للجدران من الضجتين الهوائية والطارقة وتحل بطرق مختلفة مسائل تخفيض مستوى هذه الضجبات .

ان القدرة الصوتية الواقعة على منشأ (أرضية، جدران ،سقف) ينعكس جزء منها من سطحه وجزء آخر تمتصه مادة المنشأ وجوء ثالث ينتقل عبر المنشأ الى الجهة الثانية منه . ان امكانية المادة لتعريف الصوت عبرها تدمى نفوذية المادة للصوت . وتقاس امكانية مادة الجدار لعزل الصوت في جهتي الجدار ويعبر عنها بـ (الديسيبل) . وتقسم المواد العازلة للصوت الى مواد تمتص الصوت ومواد عازلة له . وتقسم ايضا بحسب البنية ونوع المادة الاساسية وبحسب الوزن الحجمي كالمواد العازلة للحرارة . ويجب ان تؤمن نفس المتطلبات التي تطلب من المواد العازلة للحرارة . وبحسب مجال الاستعمال فان المواد العازلة للصوت تقسم الى :

— مواد عازلة للصوت — مواد ماصة للصوت

تستعمل المواد العازلة للصوت بشكل رئيسي بشكل حشوة (اى طبقة من الحشوة) في السقوف والجدران الداخلية والخارجية والاجزاء الاخرى للمباني بهدف انقاص الضججات الطارقة الطارة عبر السقوف (الضجى على الارضية) والذبذبة (عمل المحركات) .

يمكن ان تكون المواد العازلة للصوت في المنشآت البنائية بشكل حر (غير مضغوطة) اوفي حالة معلقة (مثل توشيق البلاطات الى السقف مع ابقاء طبقة هوائية) اوفي الحالة المضغوطة (مثلاً بين البلاطة الحاملة للسقف وبلاطة الارضية) .

وتستعمل المواد العازلة للصوت بشكل حر أو بشكل ذرات في العزل من الضجة الهوائية وفي الحالة المضغوطة تستعمل في العزل ضد الضجة الطارقة. ويجب ألا تزيد سماكة المواد العازلة المستعملة بشكل حر (في منشآت الجدران والسقوف) من (٥) سم . وللمواد المستعملة في الحالة المضغوطة من (١٥) سم ، والى المواد العازلة للصوت تنسب المواد المرنة :

- الواح من المطاط المسامي الوزن الحجمي (٥٠٠-٧٠٠) كغ / م^٣ وسك الالواح (٢٠) مم .
- الواح شبه قاسية من القطن الزجاجي أو من القطن المعدني بمادة لاصقة بلاستيكية ويبلغ الوزن الحجمي لهذه الالواح حوالي (٤٠-١٥٠ كغ / م^٣) الا أن سماكتها في الحالة المضغوطة يجب الا تقل عن (١٥) مم .
- للالواح ذات الالياف الخشبية والاسمنت الاسبيستوسي المستعملة في منشآت السقوف تحت الارضية لعزل الضجة الطارقة وسماكتها في الحالة المضغوطة يجب الا تقل عن (٢٠) مم .
- هذه المواد العازلة توصل العزل الصوتي للسوف البيتونية المسلحة (بين الطوابق) .

وتستعمل هذه المواد كحشوة بساطية تحت الأرضية (ألواح وحصائر
من القطن المعدني والزجاجي وألواح من الاليف الخشبية العازلة)
وكحشوة شريطية في منشآت السقوف (ألواح من الاليف الخشبية والاسمنت
الاسيستوسبي) .

§ ٣- المواد الخاصة للصوت :

تسمى بالمواد الخاصة للصوت المواد المستعملة في اكساء الجدران
الداخلية للغرف والقاعات بهدف تحسين صفات الغرف الصوتية ، وتتميز
صفة المادتي امتصاص القدرة الصوتية بحامل امتصاص الصوت (α)
المساوي الى نسبة القدرة الصوتية الممتصة بالسطح E_{abs} الى القدرة
الكلية E الآتية في وحدة الزمن .

$$\alpha = \frac{E - E_{ref}}{E} = \frac{E_{abs}}{E}$$

حيث: E_{ref} - القدرة المعكوسة بالسطح .

ان سماكة الالواح الخاصة للصوت والوزن الحجمي يجب ان يكونا
بالترتيب (١٢-٢٠) سم، (٣٠٠-٤٠٠) كغ/م^٣ للألواح القاسية . وحتى (٢٥ سم)،
(١٢٠-٢٠٠) كغ/م^٣ للنصف قاسية وحتى (٤٠ سم)، (٢٠-١٠٠) كغ/م^٣ للألواح
الطرية .

ويجب ان تكون مسامية المواد الخاصة للصوت لاتقل عن (٤٢٥) بحيث
تكون المسامات طويلة ومتصلة مع بعضها البعض ويجب ان تكون قياسات
اكثرية المسامات لاتقل عن (١٠٠) ميكرون . وحسب المادة الرئيسية في
المادة العازلة فان المواد الخاصة للصوت تقسم الى مواد مسامية بقاعدة
صلبة (مواد مسامية مرنة وغشائية وذات فراغات .

الى النوع الاول ينتسب الببتون الخفيف بمواد حصوية خفيفة والزجاج
المسامي والى المواد المسامية المرنة تنتسب الالواح من القطن المعدني
والزجاجي والمواد الاسيستوسبية بمواد رابطة اصطناعية والالواح العازلة من
الاليف الخشبية .

والى المواد الغشائية تتسبب البلاطات الرقيقة من الخشب المعاكس والألواح القاسية من الألياف الخشبية والكرتون السميك والأقمشة العازلة للصوت .

ومن المواد العازلة ذات الفراغات الألواح والبلاطات ذات الثقوب المتناظرة بقطر واحد ويشقوب ذات أقطار مختلفة ومتوضعة بدون ترتيب ومنها البلاطات ذات الفراغات من طبقتين من الألياف الخشبية وفي الطبقة السفلية توجد ألواح عازلة بسماكة (١٢-١٦) مم ، وفي الطبقة العلوية ألواح قاسية بسماكة (٢-٤) مم وأيضاً البلاطات من القطن المعدني والزجاجي ذات الفراغات .

تستعمل المواد الخاصة للصوت لتغطية جدران الغرف التي يلزم فيها تخفيض مستوى الضجة (الورشات الصناعية ، قاعات المحلات التجارية والمطاعم ٠٠٠٠ الخ) والتي يلزم توفير شروط صوتية جيدة (قاعات العرض ، والمحاضرات ٠٠٠٠ الخ) وتوفير شروط صوتية خاصة ستوديوهات الراديو والتلفزيون وقاعات التصوير السينمائي ٠٠٠ الخ) .

الفصل الثالث عشر

المواد البلاستيكية

=====

١ ٤ معلومات عامة :

=====

المواد البلاستيكية هي المواد التي تدخل في تركيبها مواد عضوية راتنجية بوزن كبير . إن لهذه المواد في طور معين إمكانية اخذ الشكل المطلوب والمحافظة عليه بعد إبعاد الضغط أي أن لها خواص اللدونة . وفي بعض الحالات فان المواد البلاستيكية تتألف فقط من المواد العضوية الراتنجية . وفي حالات أخرى فانها تحتوي على مواد ملدنة تحسن خواصها . كما يمكن أن تدخل هذا عن الطدنات مواد مختلفة تسمى بالمواد المالئة ، والتي تعطي خواص معينة (قساوة ، خفة في الوزن ، عامل ناقلية للحرارة صغير ، تحات قليل ٠٠٠ الخ) وتخفف من كلفة المواد البلاستيكية .

ولإعطاء المواد البلاستيكية اللون المطلوب تضاف مواد ملونة . وهكذا فان المواد البلاستيكية عبارة عن مزيج معقد لمواد مختلفة من أهمها المواد الراتنجية الصناعية ذات الجزئيات الضخمة والتي يحصل عليها بشكل رئيسي بطريقة البلمرة والتكثيف . لقد ظهرت المواد البلاستيكية منذ زمن غير بعيد الا أنها بسبب خواصها العديدة والجيدة حصلت على انتشار واسع في مختلف مجالات التكنيك (بناء الآلات ، الطيران ، صناعة الاقمشة ٠٠ الخ) . وفي مجال صناعة المواد البلاستيكية المستعملة في البناء فقد اخذت تنتسج في الآونة الاخيرة بشكل كبير .

تقسم المواد البلاستيكية بحسب الخواص الفيزيائية الميكانيكية بدرجة الحرارة الطبيعية + ٢٠° إلى المجموعات الآتية :

آ- المواد البلاستيكية القاسية :

وهي مواد قاسية مرنة ذات بنية غير متبلورة وعامل مرونة كبير (أعلى من ١٠ x ١٠^٤ كغ/سم^٢) ويتعدد صغير في الاقطاع على الشد .

وبتأثير الحمولات الخارجية فان هذه المواد تحافظ على شكلها بدرجة الحرارة العادية وحتى درجة حرارة عالية معينة لكل مادة . .

بـ المواد البلاستيكية نصف القاسية :

وهي مواد قاسية مرنة ذات بنية بلورية بحامل مرونة أعلى من (1.0×10^2) كغ/سم² وتتصف بتعدد نسبي وباق عاليين .

جـ المواد البلاستيكية الطرية :

لها عامل مرونة صغير (ولكن أعلى من 1.0×10^2 كغ/سم²) وتعدد نسبي كبير وتعدد باق صغير بحيث يزول التمدد المرن في درجة الحرارة العادية بسرعة متباطئة .

دـ المواد البلاستيكية المرنة :

مواد طرية ومرنة بحامل المرونة اقل من (1.0×10^2) كغ/سم² وهي تشوه كثيراً من تأثير الشد وتزول هذه التشوهات كلها أو قسم كبير منها بدرجة الحرارة العادية بسرعة كبيرة (عملياً بلحظة) .

ويحسب المواد الداخلة تقسم المواد البلاستيكية الى مواد بسيطة ومعقدة .

المواد البسيطة موعلة من مادة بوليميرية واحدة . فمثلاً يتألف الزجاج العضوي (بليكسيغلاس) من مادة راتنجية صناعية واحدة وهي بوليميتيل ميثاكريلات .

في مجال البناء تستعمل المواد البلاستيكية المعقدة أكثر من البسيطة وهي تتألف من البوليمير والمواد المألثة . وكمواد مألثة تستعمل المواد المسحوقة والليفية والصفائح . من المواد المسحوقة تستعمل ذات المنشأ المعدني مثل الميكا ومسحوق الكوارتز وكبريتات الباريوم وغيرها من المواد المطبوقة . تكسب هذه المواد المضافة بعض الصفات الخاصة للمواد البلاستيكية مثل المقاومة ضد الحرارة والمقاومة ضد الحموض وعدم نفاذية اشعة رونتجن .

وهذا من ذلك فان الصلابة ترتفع وتزداد الديمومة وينخفض سعرها
ما يسمح باستعمالها في مجال البناء . وتستعمل المواد المألثة اللهبية
بشكل واسع في انتاج البلاستيك حيث أنها تزيد المتانة وتخفف خاصة
الانقصاص (سرعة الانكسار بدون ظهور تشوهات) . ومن هذه المواد اللهبية
الياف الاسبيستوس ، والالياف الخشبية ونفايات القطن .

الياف الاسبيستوس تزيد من المقاومة ضد الحرارة والمتانة الستاتيكية
والمتانة الديناميكية للمواد البلاستيكية .

تستعمل بشكل واسع الالياف الزجاجية حيث تكسب البلاستيك خواص
ميكانيكية عالية وذلك عند استعمال البلاستيك في تنفيذ المنشآت البنائية
(مثلا الجدران مسبقة الصنع) .

ومن الصفائح المستعملة كموا د مألثة : الورق ، القماش القطني ، القماش
الزجاجي ، الكرتون من الاسبيستوس والرقاقة الخشبية .
باستعمال المادة الراتنجية من الفينول فورمالدهيد مع الورق يحصل
على مادة بلاستيكية ذات متانة عالية . وباستعمال القماش القطني يحصل
على البلاستيك المسمى بال : تيكستوليت .

وباستعمال الرقاقة الخشبية مع المواد الراتنجية يحصل على بلاستيك
مصنوع بمتانة عالية وديمومة كبيرة وشكل خارجي جميل . ويمكن استعمال
هذه الصفائح للمنشآت الحاملة كموا د تزيينية للجدران .

يكسب الكرتون الاسبيستوسي المواد البلاستيكية متانة عالية ومقاومة
كبيرة ضد الحرارة والحموض كما أن هذا الكرتون يخفف من اهترائها مما
يجعلها مادة جيدة في استعمالها لتغطية الارضيات . وان القماش الزجاجي
يرفع المتانة الميكانيكية والمقاومة ضد الحرارة والديمومة ويمكن استعمال هذه
المواد في صنع المنشآت البنائية التي يمكنها من تحمل حمولات كبيرة .

باستعمال المواد الناعمة (المساحيق) كطحن الخشب أو المسحوق المعدني يحصل على مواد بلاستيكية مضغوطة تستعمل في صنع عناصر تتج على الضغط مثل البلاطات للأرضيات. كما يمكن باستعمال المواد اللينة مثل الألياف من الأسبستوس صنع منتجات على الضغط في القوالب .

وبسبب تنوع المواد البلاستيكية التي منها تحضر منتجات البناء فإن طرق صنع هذه المنتجات متنوعة أيضا . ومن هذه الطرق: الضغط مع الحرارة، الصب مع الضغط، الصب بدون ضغط، الضغط المستمر، استعمال القوة النابذة .

في المواد البلاستيكية المعقدة إلى جانب المواد المألوفة تدخل مواد أخرى مثل المواد المدونة والصبغية والوسيطه وغيرها .

ولانتاج البلاستيك المسامي تستعمل مواد خاصة مشكلة للمسامات (ثاني كربونات الصوديوم وكربونات الامونيوم والخ) وتستعمل المدونات أو المواد الملونة لاعطاء البلاستيك لدونة اكبر . ويجب ان تكون خاملة كيميائيا وقليلا للتظاير . وتستعمل كماد مدونة: الكافور واستيريات الالومينيوم .

للمواد الملونة (الصبغية) يجب ان تكون ألواناً حية وصافية وألا يتغير لونها مع الزمن أو من تأثير أشعة الشمس أو النور الكهربائي وهذا ضروري للبلاستيك التزييني .

وتستعمل مواد عضوية ملونة مثل النيجروزين ومواد معدنية ملونة مثل أكسيد الحديد المائي الطبيعي (أصفر أو أحمر عادة)، وأكسيد الحديد الأحمر وأكسيد الرصاص الأحمر والأمبرا (صبيخ بني مصفر) واللازورد وأكسيد الكروم .

وكمواد زيتية لمنع التصاق البلاستيك مع سطوح القوالب يستعمل حمض الزيتيك والستيارين وغيرهما .

وتستعمل المواد الوسيطة أو المسرعة وذلك لتخفيض المدة اللازمة للتصلب مثل الكلس والاورتروبين المستعملة للمواد البلاستيكية المعنوعة على أساس الفينول فورمالديهييد .

البوليميرات عبارة عن مواد تتألف من جزيئات ضخمة كل واحدة منها عبارة عن سلسلة من عشرات أو مئات الآلاف من مجموعات الذرات بحيث تتكرر كل مجموعة حلقة ذرات عددا كبيرا . يمكن مقارنة بنية مثل هذا الجزئ الضخم مع سلسلة موطقة من آلاف من الحلقات . وكما نلاحظ بوضوح كيف ان جزيئات البوليميرات تشكلت بنتيجة تكاثر كيميائي لمجموعات متماثلة من الذرات يمكن ايراد البولي ايتلين . ان للوحدة المتكررة "الحلقة" للبولي ايتلين مثل هذه الصيغة $(- CH_2 - CH_2)_n$ حيث يمكن ان يساوي قيما حتى (٧٠ . ٠٠٠) وأكثر . والمادة المشكلة (المونومير) هي الايتيلين (غاز) بينما البولي ايتلين عبارة عن مادة صلبة .

وبحسب تأثير الحرارة تقسم إلى مواد لاصقة بوليميرية لدنة حراريا وإلى مواد متأثرة حراريا .

المواد البوليميرية اللدنة حراريا يمكن أن تلين عدة مرات عند رفع درجة حرارتها ثم أن تتصلب عند تبريدها . وتفقد امكانية اللينة عند التسخين فقط بالتأثير الحراري لمدة طويلة . ولها إمكانية الانتفاخ بسهولة نسبية وكذلك إمكانية انحلالها في المواد الحالة العضوية المختلفة . وبالنسبة لخاصة اللينة مع رفع درجة الحرارة ثم التصلب عند تبريدها فان هذه البوليميرات مثل المواد الببتومينية .

ومن هذه المواد نورد البولي ايتلين والبوليستروك والبوليفينيل كلوريد .

المواد البوليميرية المتأثرة حرارياً تختلف عن اللدنة بكونها لا تستطيع أن تنصهر وأن تتصلب مرة ثانية . وبالنسبة لتأثير الحرارة العالية فان هذه المواد تشبه الخشب الذي يتأثر بالحرارة العالية لايلين ولا ينصهر بل ينهدم ويحترق (عندما تكون كمية الاكسجين كافية) .

كما أن لهذه المواد متانة ومقاومة ضد الحرارة وصلابة سطحية أعلى من المواد البوليميرية اللدنة حرارياً . ومن هذه المواد : الفينول فورمالديهيد والكارياميد فورمالديهيد والايوكسيد وغيرها . كمادة لاصقة في تحضيم البلاستيك تستعمل بشكل واسع المواد اللاصقة الصناعية ، حيث أن المواد اللاصقة الطبيعية التي يمكن استعمالها في صناعة البلاستيك قليلة جداً .

- المواد التي تستعمل في إنتاج المواد اللاصقة الصناعية هي الغاز الطبيعي والغاز المترافق مع النفط والغازات الناتجة عن تقطير النفط مثل الايثيلين والبروبيلين كما يستعمل الآزوت والاكسجين من الهواء والكلس والماء .

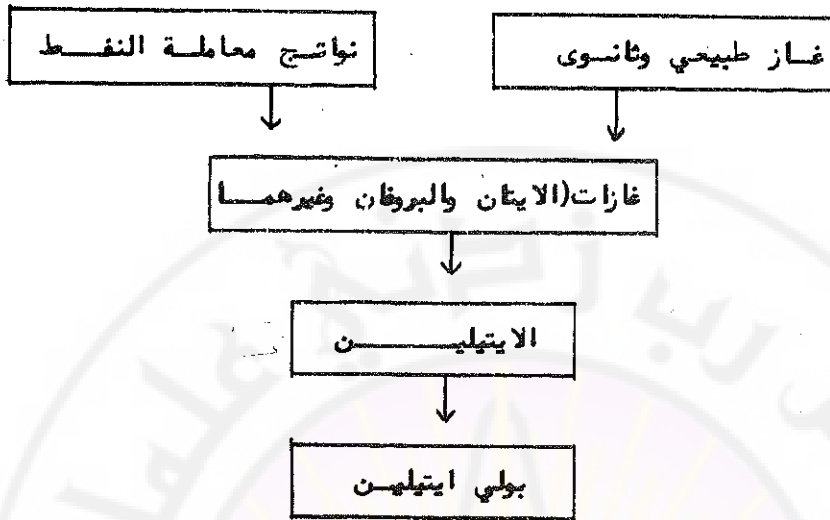
بحسب طريقة الحصول تقسم المواد اللاصقة الصناعية الى مواد ناتجة من التماسك ومواد ناتجة من التكثف . إن للبوليمير المتشكل نتيجة تفاعل التماسك وزناً ذرياً مساوياً إلى مجموع الاوزان الذرية للذرات المتفاعلة المونوميرية وفي هذه الحالة لا تتج مواد ثانوية . وتتشكل الجزيئات (الذرات) الضخمة في حالة التكثف نتيجة التفاعل بين مجموعات ذرات المواد الداخلة في التفاعل ، بحيث تتج مواد ثانوية مثل الماء وغاز النشادر .

وتنقسم الى المواد اللاصقة التماسكية البولي ايتيلين والبوليفينيل كلوريد والبولي ميتيل ميتاكريلات والى التكاثفية الفينول فورمالديهيد والكارياميد والبولي ايتير والايوكسيد .

(١) - المواد الراتنجية البولي ايتيلينية :

يحمل عليها من الايتيلين $CH_2 = CH_2$ أي أن غاز الايتيلين عبارة عن المونومير للبولي ايتلين (أي مادة مشككة) .

* مخطط الحصول على البولي إيثيلين *



وبحسب طريقة الحصول على البولي إيثيلين فإنه يمكن أن يكون ملبأً
أوطرياً أو مرنأً. وتتماز هذه المادة بمرونة عالية تحتفظ بها حتى درجة
الحرارة + ٦٠° وهي مقاومة للماء ومقاومة للأوساط الفعالة المختلفة ، ومقاومتها
تتعلق بدرجة الحرارة فتتقص بارتفاعها .

وتبلغ متانة البولي إيثيلين على الضغط (٤٠٠-٤٥٠) كغ/سم^٢. تستعمل
هذه المادة في إنتاج اللقافات العازلة للماء ولعزل القساطل المائية
وقساطل مختلف السوائل الفعالة . ولتحضير الغلاف الداخلي للأسلاك
التديدات الكهربائية داخل الجدران .

(٢) - المواد الناتجة البولي ستيرولية :

ويحصل عليها من الستيرول $\text{CH}_2 = \text{CHC}_6\text{H}_5$. في درجة
الحرارة العادية فإن هذه المادة شفافة وبدون لون ويحصل على الستيرول
من البنزول والايثيلين . وعلى البنزول من قطران الفحم الحجري أو من
مستجات النفط السائلة مثل الكيروسين وذلك نتيجة التفاعلات الكيميائية
بدرجة الحرارة العالية .

والمواد الراتنجية البولي ستيرولية بلا لون، يمكن تلوينها جهاً بمختلف الألوان وهي سهلة العيب . ولكن الميزة السلبية هي أنها قاسية (سريعة الانكسار) تبلغ المتانة على الانعطاف (٨٥٠) كغ/سم^٢، ويبلغ الوزن النوعي (١.٠٦) غ/سم^٣. تستعمل في إنتاج بلاطات التغطية وللحصول على المواد العازلة المسامية ودهان اللاتيكس وأغشية العزل المائي .

(٢) - المواد الراتنجية البولي فينيل كلوريدية :

وهي ناتجة من الفينيل كلوريد ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$) الذي هو عبارة عن غاز بلالون في درجة الحرارة العادية .
المواد البولي فينيل كلوريدية شظافة ولالون ، إذا كانت بسطكة صغيرة بينما بالمسكة الكبيرة يكون لونها مائلاً إلى الاصفر حتى البني . وإن هذه المادة الراتنجية تتميز بإمكانية التمدد في الحالة المسخنة مما تمكن من تحضير منتجات رقيقة السماكة ذي مقاومة للشد عالية وتعدد نسبي كبير ومقاومة ضد الحموض والأسس المصددة والكحول والبترين وزيت التشحيم . تبلغ المتانة على الضغط ٣٠٠-١٠٠٠ كغ/سم^٢ وأعلى الشد ٥٠ كغ/سم^٢ وتستعمل المادة الراتنجية للحصول على المواد المرنة العازلة للماء ومنها المواد رقيقة السطكة ومواد التغطية وأنابيب الماء والمواد العازلة المسامية وتغطية الأرضيات .

(٤) - المواد الراتنجية البولي فينيل اسيتاتية :

ويحصل عليها من الفينيل اسيتات ($\text{CH}_2 = \text{CHOCOCH}_3$)
وايثير حمض الخل والكحول وهي بلالون وتقاوم الضوء، مرنة ولصق بشكل جيد مع سطوح مختلف المواد ولا تقاوم الحموض والقلويات وبدرجة حرارة أعلى من ١٥٠ تتحلل . حد المتانة على الانعطاف ١٠ كغ/سم^٢. تستعمل في تحضير مستحلبات الدهان ومختلف الدهانات والماسك اللاصق . يمكن استعمال هذه المادة الراتنجية في المونة الاسفنتية وفي

الببتون الاسفنتي لرفع مقاومتها ضد نفوذ الماء وزيادة المقاومة الميكانيكية.

٥) - المواد الراتنجية البولي ميتيل ميثاكريلاتية :

وتسمى بالزجاج العفوي تحضر من الغاز الطبيعي والفحمات الهيدروجينية النفطية . تصنع هذه المادة على شكل سائل بلالون حيث تحصل على منتجات بشكل الزجاج كالألواح والأعدة والأنابيب أو كرات صغيرة تحول فيما بعد إلى منتجات . تتلون هذه المادة بسهولة وهي شفافة تمر أكثر من ٩٩٪ من ضوء الشمس وحوالي ٨٥٪ من الأشعة فوق البنفسجية وهي تقاوم تأثير الماء والحموض والأسس .

تستعمل المواد البولي ميتيل ميثاكريلاتية لبناء حواجز الدرج والبلكون والجدران الفاصلة (مثلاً في قاعات المعارض) وفي تحضير البلاستيك الزجاجي والأنابيب وبعض المنتجات البنائية التي تحل محل الزجاج في الواجهات كما تستعمل في تسقيف الدفيئة .

٦) - المواد الراتنجية الفينول فورمالديهيدية :

تحضر من الفينول والفورمالديهيد . مصدر الفينول هو قطران الفحم الحجري ويحصل على الفورمالديهيد بأكسدة الكحول الميثيلي المستخرج من الغاز الطبيعي . ولقد استعملت هذه المادة في الصناعة قبل غيرها من المواد الراتنجية وهي تمتاز بمقاومة عالية ومقاومة كبيرة ضد الحرارة وهي نسبياً زهيدة الثمن . تستعمل في تحضير الألواح العازلة من الصوف الخشبي أو النشارة الخشبية والأطر للنوافذ ومنتجات الهندسة المعمارية ومنتجات الاستعمالات الكهربائية والصوغ للخشب المعاكس المقوم للماء والمنشآت الخشبية .

٧) - المواد الراتنجية الكاراميدية (امينفورمالديهيدية) :

تحضر من الكاراميد $CO(NH_2)_3$ والفورمالديهيد . وهي بلا لون وزهيدة الثمن نسبياً . تستعمل في تحضير المواد العازلة للحرارة - المواد البلاستيكية الخفيفة والبلاستيكية ذات الطبقات واللمع .

(٨) - المواد الراتنجية الايبوكسيدية :

وتتميز بمقاومة عالية ضد الحرارة وإمكانية لصق كبيرة ويمنع منها
الصمغ للمنشآت الخشبية .

٣٥ - الصفات الرئيسية للمنتجات من البلاستيك :

الصفات الفيزيائية والميكانيكية :

(١) الوزن النوعي :

عادة يكون بين (١,٨) أي أنه أصغر من الوزن النوعي لغيره من
المواد البنائية (الوزن النوعي للحجر الكلسي يساوي ٢,٧ ومنتجات
السيراميك ٢,٥ والالومنيوم وخلائطه ٢,٧) .

(٢) مسامية البلاستيك :

صغيرة جداً ماعدا البلاستيك المحضر بشكل خاص للحزل الحراري .
ولهذا فان الوزن الحجمي والوزن النوعي للبلاستيك متقاربان ويساويان
(١-١,٨) كغ/ دم^٣ .

(٣) المتانة عالية :

فحد المتانة على الضغط للبلاستيك ذي المادة العالقة من المسحوق
يساوي (١٢٠٠-٢٠٠٠) كغ/سم^٢ وحد المتانة للبلاستيك الزجاجي
على الشد والضغط يصل أحياناً من (٣٥٠٠) كغ/سم^٢ وحتى
(٩٥٠٠) كغ/سم^٢ وهكذا فان المواد البلاستيكية تتميز بخفة
(بوزن حجمي صغير) مع متانة عالية .

(٤) معامل المتانة النوعية للبلاستيك :

عبارة عن نسبة حد المقاومة على الضغط بالكغ/سم^٢ الى قيمة الوزن
الحجمي بالكغ/م^٣ ويساوي للبلاستيك الكليلف من (١) وحتى (٢,٨) ،

أي أكبر بكثير من معامل المئانة النوعية لخشب الصنوبر (٠.٧) والبيتون الحادي (٠.٦) والطوب (٠.٣) والفولاذ St-3 (٠.٥) ويقترب من معامل المئانة النوعية للفولاذ عالي المئانة (١.٣) والذهب المينيم (١.٦) .

٥) درجة امتصاص الماء :

صغيرة جداً لأكثوية المواد البلاستيكية وتساوي (٠.٣-٠.٥) % .
(للبلاستيك الزجاجي) . فقط للبلاستيك الخشبي تبلغ درجة امتصاص الماء (٠.١٨-٠.٥) % .

٦) المقاومة ضد الماء :

أكثرية المواد البلاستيكية تتميز بمقاومة عالية ضد المحاليل المائية و الحموض والأسس والغازات الحامضية .

٧) عامل الناقلية للحرارة :

صغير ووسطيا يساوي الى (٠.٢-٠.٧) حرة/م.سا . درجة . والمواد البلاستيكية المسامية المحضرة بشكل خاص (البلاستيك الوفوي) تتميز بمعامل صغير يقترب الى عامل ناقلية الهواء للحرارة (٠.٢٦ حرة/م.سا . درجة) .

٨) عامل التدد الحراري :

ويساوي من (٠.٣-٠.٥) 10^{-10} وحتى (٠.٨-١.٠) 10^{-10} .

٩) لمونة بعض المواد البلاستيكية :

تبدأ عند تسخينها حتى درجة الحرارة (٦٠-٨٠) درجة مئوية (بولي ايتلين ، بولي ستيرول ، بولي فينيل كلوريد ، بولي ميثيل ميثاكريلات) والمواد البلاستيكية الاخرى مقاومة للحرارة وتحمل الحرارة حتى (٢٠٠-٥٠٠) درجة مئوية .

١٠) الناقلية للكهرباء : صغيرة لأكثرية المواد البلاستيكية .

إن المواد البلاستيكية للتكسية ومن بينها البلاستيك الزجاجي تتصف بكونها شفافة أو نصف شفافة • من الصفات السلبية للمواد البلاستيكية أن زيادة التشوه لقسم من المواد البلاستيكية عند ارتفاع الحرارة وكذلك زيادة السيولة تحدان من الحمولة الاستثنائية ضد استعمالها كمواد حاملة في المنشآت • والمواد البلاستيكية تفقد متانتها وصلابتها ولونها مع الزمن وذلك تحت تأثير الضوء والهواء والحرارة •

§ ٤- المواد والمنتجات من البلاستيك :

=====

١- البلاستيك الزجاجي :

يكون عادة على شكل ألواح يحصل عليها باشباع الألياف الزجاجية أو القماش الزجاجي بالمواد الراتنجية الصناعية حيث تلتصق بها التصاقاً وثيقاً آلاف الألياف الزجاجية في السم ٢ الواحد تتشابك وتلعب دور قضبان التسليح في البيتون فتحسن من الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمنتجات تحسناً كبيراً • ويمتاز البلاستيك الزجاجي بمتانة عالية مع وزن حجمي صغير وقيمة صغيرة لدرجة امتصاص المياه •

ومن البلاستيك الزجاجي تحضر ألواح موجهة نصف شفافة للسقوف وجدران الدرج والواح مسطحة مزينة للجدران القائمة كما تصنع أبواب وأطر للنوافذ وأبواب ومانيوهات ومخاسل كما يمكن استعماله في تحضير الجدران المسبقة المنح الموهلفة من ثلاثة طبقات والمخصصة للجدران الخارجية والجدران الداخلية والسقوف • حيث تكون الطبقة الأولى من طبقة رقيقة من البلاستيك الزجاجي والطبقة الثالثة (الداخلية) تستعمل مادة عازلة للحرارة •

٢- مواد للأرضيات :

آ- اللينوليوم : وهي عبارة عن لفافة مصنوعة من البلاستيك على قاعدة من القماش أو بدون هذه القاعدة

كما ينتج نوع من اللينوليوم موطف من طبقتين الأولى الوجه وهي من اللينوليوم الحادى والثانية - القاعدة - من بلاستيك مسامي يكسب اللقافة صلات جيدة في العزل الحرارى والصوتى .

يحضر اللينوليوم بسطح أملس أو سطح موج برسومات وألوان مختلفة عرض اللقافة (١٨-٢٠) م وسماكتها (٢-٤) مم وطولها (١٢) م .

تفرش اللقافة على ارضية مستوية ومتينة وتثبت بماستيك لاصق طسى الساخن أو على البارد . ان الارضيات من اللينوليوم مريحة فهي مرنة تخدم ضجيج الخطى وتقللها للحرارة صغيرة ومظهرها جميل وهي جيدة في الاستثمار وسهلة التنظيف ومقاومة للاهتراء وتخدم طويلا .

ب - لوحات من النشارة الخشبية :

ويحمل عليها بالضغط مع الحرارة للفرج الموطف من (٨٨-٩٢/٠) نشارة خشبية (١٢-٠/٠٨) المادة الراتنجية الصناعية مثل كاربوميد فورمالدهيد) تضاف إلى النشارة الخشبية مواد كارهة للماء مثل المستحلب البرافيسى لتخفض درجة امتصاص المياه وأحياناً تضاف مواد ترفع من مقاومة الاحتراق . مقاومة هذه اللوحات على الانعطاف تساوى (٥٠٠) كغ/سم^٢ وطولها (٤٠) م وعرضها (١٨) وسماكتها من (٣) وحتى (٤) مم .

ج - مركبات للأرضيات بدون وصلات :

يمكن تحضير ارضيات بدون وصلات وذلك باستعمال الماستيك البوليمري . ومن أنواع الماستيك البوليميري المستعمل بولي فينيل آسينات وبولي ايتير . يحضر الماستيك في مكان البناء نفسه . يمدد المستحلب البوليفينيل آسيناتى بالماء ويخلط فيه رمل طبيعى ناعم أو رمل مطحون ومواد ملونة ويدهن بالماستيك الحاصل القاعدة المجهزة . إن سماكة هذه الارضية تساوى (٢٥-٣) مم .

يمكن تجهيز الماستيك البوليميري الاسفتي . فيستعمل الاسفت
والمادة البوليميرية والمواد الملونة ويدهن بالماستيك الناتج القاعدة المحضرة
من البهتون فتتشكل بعد بضعة ساعات ارضية تقاوم الاهتراء والطرق بشكل
جيد .

د - بلاطات بلاستيكية :

تستعمل بلاطات ذات قياسات (٣٠٠ x ٣٠٠) سم وسماكة من (٢) الى
(٥) سم مصنوعة من المواد البوليميرية الصناعية . يمكن استعمال بلاطات
ذات رسومات وألوان مختلفة . تثبت البلاطات على قاعدة بيتونية باستعمال
ماستيك لاصق خاص .

٣ - المواد البلاستيكية العازلة :

(١) البلاستيك المسامي (المسامات على شكل الخلايا) :

عبارة عن مادة ذات مسامية كبيرة بمسامات موزعة باقتران . ووسطياً
وزنه أخف عدة مرات من الفلين الذي هو أخف مادة عازلة طبيعية . في
البلاستيك المسامي تشغل المسامات (٩٠-٩٨ ٪) ، والجدران (٢-١٠ ٪) .
من الحجم الكلي ولهذا فان عامل ناقليتها للحرارة قريب من عامل
ناقلية الهواء للحرارة . ومع المسامية العالية فان البلاستيك المسامي يمتاز
بمتانة مقبولة ومقاومة ضد الماء جيدة ولا يتعفن .

من أنواع البلاستيك المسامي : البوليستيرول الرغوي ، البولي فينيل كلوريد
الرغوي وستيريبور . ويبلغ الوزن الحجمي للبوليستيرول الرغوي والبولي
فينيل الرغوي في حدود (٤٥) وحتى (٢٢٠) كغ/م^٣ وحد المتانة على
الشد يتراوح بين (٣) الى (١٥) وعلى الضغط بين (٣٠-٥٠) كغ/سم^٢ ويحمل
على الستيريبور من الكربونيد فورمالديهيد وشكله الخارجي يشبه الزبد
المتجمد . لونه أبيض وزنه النوعي وسطياً يساوي (١٥) كغ/م^٣ وهو من
ولا يهتدم بضغطه حتى (٢٠ ٪) .

يمكن نشر البلاستيك المسامي وقطعه بالطرق العادية والمسلك
المسخن بواسطة التيار الكهربائي . إن البلاستيك المسامي يلتصق بشكل
جيد مع الخشب والحديد والزجاج والمواد الأخرى .

يستعمل البلاستيك المسامي لعزل جدران التبريد والجدران الحاملة
والجدران الفاصلة والسقوف والسطوح وفي الجدران المسبقة الصنع من
ثلاثة طبقات ، وفي المنشآت البنائية للعزل الصوتي . ويستعمل
الستيريوور للعزل الحراري للبرادات ولكن بما أن درجة امتصاصه للماء
كبيرة فإنه يلف بالاغشية البوليميرية .

البلاستيك المسامي المتلاصق :

ويحضر باشباع ولصق الأوراق الموجة أو القماش القطني المموج . كما
يمكن استعمال القماش الزجاجي المموج أو الرقاقة الألومينية الموجة أو الرقاقة
الغولاذية بسماكة ٢-٣ مم . تصنع البلوكات من البلاستيك المسامي
المتلاصق . إن مساماتها تشبه خلايا النحل ولكن بقياسات أكبر
(١٠-٣٠) مم .

يبلغ الوزن الحجمي لهذا البلاستيك (٣٠-١٢٠) كغ/م^٣ ومثاقفه
عالية مع صخر وزنه الحجمي . فإن حد المتانة على الضغط يساوي
(٢٠-٧٠ كغ/سم^٢) إذا حضر من الورق (كرافت) أو الورق الأمانتي
وشرب بالمادة الراتنجية فينول فورمالديهيد .
أما إذا حضر من الرقاقة الألومينية فإن المتانة تزداد أكثر .
يستعمل هذا البلاستيك كعازل حراري عالي القيمة للجدران المسبقة
الصنع والمعلوفة من ثلاثة طبقات . ويمكن رفع إمكانية العزل الحراري بملء
الخلايا بمادة مسامية مثل الستيريوور .

٤- مواد للسطح وللعزل العائلي :

تحضر من البلاستيك ألواح كبيرة لتغطية السطح وكذلك اللقافات والأغشية للسطح وللعزل العائلي ومضرباً :

آ- ألواح موجة ومسطحة للسطح :

تحضر عادة من البلاستيك الزجاجي باستعمال الراتنج البولي إيثيلين أو البولي ستيرولي أو فينول فورمالديهيد . يبلغ طولها (٢) م وأحياناً (١٠) م سماكتها (٨-١٥) مم ووزنها (١٧-٢٢) كغ/م^٢ وحد المتانة على الشد (٢٢٠٠-٢٧٠٠) وطى الانحناء (٣٥٠٠-٤٠٠٠) كغ/سم^٢ .

إن هذه الألواح جميلة وخفيفة ومتينة وشفافة تعبر جزءاً كبيراً من النور الطبيعي مع بحثته بانتظام . إلا أن تكلفتها أكبر من الألواح العادية ثم أنها تحترق بسهولة وتتغير لونها بتأثير الأشعة فوق البنفسجية .

ب - اللقافات من البلاستيك :

عادة تكون بمساحة (٢٥-٢٨) م . المادة الرئيسية جازة من ورق متين خاص (كرافت) أو ورق مقوى أو قماش قطني أو زجاجي أو ألياف الاميات .

ج- المواد الخشائية :

تحضر المواد الخشائية العازلة للماء من البولي إيثيلين أو البولي فينيل كلوريد أو الاستيتيل سيلولوز أو الكاوتشوك الصناعي وغيرها من المواد البوليميرية . إن سماكة المواد الخشائية تبلغ بضعة أضعاف المليمتر وأحياناً تحضر بمساحة (١) مم . كما يستعمل الخشاء البلاستيكي في المحافظة على البيتون المعبوق من التبخره (مثلاً عند صب الطرق البيتونية) ولحمايته من الأمطار الغزيرة . كما يمكن تنفيذ منشآت بنائية من الخشاء البلاستيكي (على الهواء المضغوط) .

٥- مواد للتزيين والديكور للجدران الداخلية :

باستعمال المواد البلاستيكية مثل البلاطات والألواح يمكن الإستغناء عن عمليات التبييض والدهان والإسراع بأعمال معاملة الجدران الداخلية وتخفيض الجهد والكلفة • وعدا عن ذلك فإن للمواد البلاستيكية ديمومة كبيرة وتنظف بسهولة ومن هذه المواد :

أ- بلاطات للتبييض : تحضر بشكل رئيسي من البولي ستيرول • يعطي تقبل البولي ستيرول لمختلف الألوان إمكانية إنتاج بلاطات بلون واحد (سادة) أو ملونة كالعمر •

وتتأثر هذه البلاطات بالخفة والمتانة • إن وزن المتر المربع من البلاطات السيراميكية يبلغ ٣٢ كغ بينما البلاطات البلاستيكية ٢ كغ أي أخف ب ١٦ مرة • حد المتانة على الإعتاف يساوي (٣٥٠-٦٠٠) كغ/سم^٢ والمقاومة النوعية على الطرق (٥-٦) كغ. سم/سم^٢ وأكثر •

من مساوي هذه البلاطات أنها غير مقاومة للحرارة فهي تتحمل الحرارة فقط حتى (٨٠) درجة مئوية وعدا عن ذلك فبإمكانها الاحتراق •

تنتج هذه البلاطات بالقياسات التالية (١٠×١٠) أو (١٥×١٥) سم وسماكة (١٥) مم • تستعمل في تبييض جدران التواليت والمباني التجارية •

ب- ألواح للتبييض ومنها :

(١) البلاستيك الورقي المطبق : ويحضر من عدة طبقات من الورق المشرب بالفينول فور مالد يهيئ على شكل الواح بطول (٣٠٠) سم وعرض (١٦٠) سم وسماكة (١-٣) مم • وأحد السطحين مدون بالراتنج •

(٢) البلاستيك الخشبي المطبق : وهو عبارة عن لوح مؤلف من عدة طبقات من الرقاقة الخشبية المشربة والمصوقة بالمواد الراتنجية • تستعمل ألواح التبييض في تبييض الجدران والابواب والسقوف

ج- لفافات للتطبيس : باستعمال البوليميرات يمكن إنتاج لفافات للتطبيس مقاومة للماء • ولهذا فان ورق التطبيس يد من بطيخة رقيقة من المواد الراتنجية وعند ها يمكن تنظيفه بقماشة بلولة بالماء بعكس ورق التطبيس العادي • كما يمكن إنتاج لفافات التطبيس على قاعدة من القماش حيث يشرب القماش بالراتنج البولي فينيل كلوريد ويعامل السطح الخارجي بالجلبي •

٦- أنابيب وتجهيزات صحية :

(١) الأنابيب : تمتاز الأنابيب من البلاستيك بالخفة والمتانة والمقاومة ضد التآكل • وان السطح الداخلي للأنابيب أملس جداً ولهذا فإن فقدان الضغط بمرور السوائل (مثلاً في الأنابيب البولي إيثيلينية) أقل بـ ١٠ % من الأنابيب الفولاذية الجديدة • وان الأنابيب البلاستيكية مقاومة لتأثير بعض الحوض والأسمن والعياء • ولا تتعرض للتآكل الكهربائي • ولهذا فان للأنابيب البلاستيكية أهمية عظمى وخاصة لبعض المعامل والمؤسسات التي بحكم العمليات الانتاجية تستلزم نقل السوائل عبر الأنابيب • عند مد أنابيب العياء والمجاري وكذلك للشبكة الداخلية لتمديدات الغاز تستعمل الأنابيب المحضرة من الراتنج البولي فينيل كلوريد • يمكن ثني هذه الأنابيب عند وضعها وذلك بتسخينها كما يمكن لحامها بتيار من الهواء المضغوط المسخن • كما تحضر أنابيب من البولي إيثيلين •

(٢) التجهيزات الصحية : تنتج من البلاستيك المغاسل ، بايوهات وتجهيزات المطابخ •

٧- البيتون والعونة من الاسمنت والبوليمير :

بإضافة نسبة ضئيلة من (٢-٥ ٪) وحتى (١٢-١٥ ٪) من المادة الراتنجية او الكاوتشوك الصناعي في العجينة الاسمنتية أو (الجبسية) وفي الخليطة البيتونية فإن خواص البيتون أو العونة بعد التصلب تتحسن ،

ولتوزيع الراتنج في الخليطة تستعمل مستحلبات الراتنج أو الكاوتشوك
وتستعمل أكثر من غيرها مستحلبات البولي فينيل أسيتات والبولي فينيل
كلوريد .

٨- الصمغ البلاستيكي :

تحضر من المواد الراتنجية والكاوتشوكية الصناعية وكذلك من مشتقات
السيلولوز مركبات للصق المواد من نوع واحد (إما بلاستيكية وإما خشبية
أوغيرهما) وكذلك للصق مواد مختلفة (بلاستيك مع الخشب أو الحديد مع الخشب
مع الحديد) .

إن الصمغ المستعمل في التجارة منذ القدم، يحضر من مادة خام طبيعية
وكل الصمغ الطبيعية تتميز بعدد المقاومة الكافية ضد الماء ولهذا فإن الرطوبة
تخفض من متانة الوصلات المصوقة وعدا عن هذا فإن الصمغ الطبيعي يمكن أن
يصيبه التعفن فيلهدم .

وان للصمغ المحضر من المواد البلاستيكية امكانية لصق كبيرة ومقاومة
عالية ضد الماء ولا يمكن أن يصيبها التعفن . كما أنه توجد مركبات لاصقة
تمتاز عن الصمغ الطبيعية بخاصة امكانية الالتصاق مع أنواع مختلفة من المواد
(مع الخشب والبلاستيك والمعادن والمواد السيراميكية والزجاج والحجر
الطبيعي) .

يستعمل الصمغ البلاستيكي في لصق العناصر الخشبية وخاصة المنتجات
المسبقة الصنع كالجوائز والجدران والأعمدة .
بدء باستعمال الصمغ البلاستيكي في الآونة الأخيرة في لصق القطع البيهئية
يمكن أن يكون الصمغ البلاستيكي بشكل سائل أو مسحوق أوغشاء .

الفصل الرابع عشر

المنتجات الاسمنتية الاسيستوسية

=====

١- معلومات عامة :

=====

المنتجات الاسمنتية الاسيستوسية : عبارة عن حجر اصطناعي يحصل عليه بتصلب الخليطة العوئفة من الاسمنت والماء والا سيستوس (الاميات)، ويلعب الاميات دور الهيكل الصلب في الحجر الاسمتي حيث يؤمن مقاومة عالية على الشد والانعطاف .

تمتاز المنتجات الاسمنتية الامياتية بمقاومة عالية على الانعطاف بوزن حجمي صغير وناقلية للحرارة صغيرة وبمقاومة عالية ضد المياه المعدية وفاذية صغيرة للماء ومقاومة عالية ضد الصقيع . وأما الصفات السلبية لهذه المنتجات فهي قلة المقاومة في حالة اشباعها بالماء والانقصاف والتعوج من تغير الرطوبة .

والعواد الخام هي الاسيستوس الكريزوتيلي والاسمنت . وبحسب نوع المنتج وجودة الاسيستوس فان نسبة الاسيستوس في المنتجات تكون في حدود (١٠-٢٠ %) والاسمنت (٨٠-٩٠ %) وتستعمل المواد الملونة وورنيش اللك واليما (طلية زجاجية) والعواد الراتنجية كما تظلى السطوح الداخلية للأنايب الامياتية (لنقل الغازات) ببعض العواد الراتنجية .

تقسم المنتجات الامياتية بحسب مجال الاستعمال إلى منتجات للسطوح وللجدران والأنايب والمدخن وألواح عازلة للكهرباء ومنتجات خاصة .

١- المنتجات للسطوح : وتستعمل لسطوح المباني الصناعية والمدنية والسطوح الباردة للورشات ذات الحرارة العالية ولسطوح مباني المستودعات بشكل ألواح موجية .

وللمسطوح المدفأة تستعمل ألواح مؤلفة من طبقتين مثبتتين بمسامير
تبشيم الوميئية وتوضع بينهما حشية من الصوف المعدني •

٢- المنتجات للجدران : وتستعمل للإكساء الخارجي والداخلي كما تحضر
جدران كاملة حاملة وفاصلة • وتستعمل للتكسية الخارجية بلاطات ملونة
وللداخلية ألواح مطلية بطلاية زجاجية ملونة أو ورنيش اللك المائعة لفـ
الماء •

٣- الانابيب : وتنتج انابيب تتحمل ضغط السوائل وأنابيب عادية
وأنابيب للتصهية • تستعمل الأنابيب المتحملة لضغط السوائل في شبكة مياه
الشرب وشبكة المياه الساخنة وأنابيب نقل النفط والغاز • وتستعمل الأنابيب
العادية في مد خطوط الهاتف والتلغراف ولصرف المياه وللمجاري والمداخن
وأنابيب القمامة وأنابيب التصهية •

٤- الواح عازلة للكهرباء : تستعمل كألواح توزيع للتعميدات الكهربائية •
وكمنتجات خاصة تحضر الواح كبيرة موجة للمسطوح •
٢- العواد المستعملة في صناعة المنتجات الاميائية :

١- الاسمنت البورتلاندي : يستعمل الاسمنت البورتلاندي كمادة رابطة ويتطلب
منه أن يتميز بالسرعة الكافية وأن يكون الأخذ بهبطاً وأن تتزايد المتانة بعد
تحضير المنتجات بالسرعة الكافية للحصول على المنتج الجاهز •
ويحدث أخذ الاسمنت وتصلبه في شروط خاصة يحدث التمييه في البداية
بوجود نسبة من الماء عالية فتترشح بعض العواد الناتجة من التمييه وبعض
ذرات الكلينكر مع الماء المترشح من الخليطة •

يمكن استعمال الرمل المطحون بنسبة (٤٧-٥٣) % (من وزن الاسمنت والرمل) وبعمومة تساوي عمومة الاسمنت ، وإذا تصلبت هذه المنتجات في الشروط الطبيعية أو الحمام المائي فإن المقاومة الميكانيكية لها تكون صغيرة وذلك لأن الرمل لا يدخل في التفاعل في هذه الشروط مع الاسمنت .
بينما إذا عولمت في الاوتوكلاف فان الرمل يدخل في تفاعل كيميائي مع ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ الناتجة من تيمه سيليكات الكالسيوم الثلاثية وتنتج سيليكات الكالسيوم المائية التي تريد من مادة المنتجات . يجب أن يحتوي الاسمنت على سيليكات الكالسيوم الثلاثية بنسبة تزيد عن (٥٠) % وأن يحتوى الرمل على ثاني أكسيد السيليسيوم بنسبة لا تقل عن (٨٥) % وألا تزيد نسبة الشوائب الضاربة عن (٦) % باستعمال الرمل المطحون تنقص كلفة المنتجات بسبب توفير الاسمنت .

٢- الاسبيستوس : ويوجد في الطبيعة مع غيره من الصخور الطبيعية وعادة بشكل هروق • وللميكرالات الاسبيستوسية بنية ليفية وهي تنفصل تحت تأثير القوى الميكانيكية إلى ألياف رفيعة • ويمكن تقسيم الميكرالات الاميانتية في الطبيعة إلى مجموعتين رئيسيتين الأولى مقاومة للحموض والثانية غير مقاومة للحموض • ويدخل في المجموعة الاولى الاميات الكروكيدوليتي والانتوفيليتي والاموزيتي والاكينوليتي والتريموليتي • ويدخل في المجموعة الثانية الاميات الكريزوتيلي فقط ، وله قيمة كبرى في الصناعة وتبلغ نسبته في الانتاج العالمي (٩٥) % من أنواع الاميات كلها بينما نسبة الأديواع الأخرى كلها (٥) % فقط • وصيغة الاميات الكريزوتيلي هي $(3 MgO \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O)$ أي سيليكات المغنيزيوم المائية •

إن جزيئات الاميات مترابطة بعضها مع بعض بقوة كبيرة باتجاه واحد ، بينما في الاتجاهات العرضية فإن الترابط ضعيف • ولهذا فإن الاميات يعمل جيداً على الشد باتجاه الألياف وينفصل إلى ألياف رفيعة بالاتجاه العمودي على الألياف • ويتراوح قطر الاميات الكريزوتيلي بين (٣٠٠٠٠٠٠) و (١٠٠٠٠٠٠) مم ووسطياً ينفصل الاميات إلى ألياف بقطر (٢٠٠) مم وهذه الألياف تحوي على عدد كبير من الألياف الأرفع • يبلغ حد المتانة على الشد لألياف الاميات وسطياً (٣٠٠٠٠) كغ/سم^٢ ، إلا أنه عند المعاملة الميكانيكية للاميات بهدف فصله إلى ألياف فإن الألياف تضعف تحت تأثير القوى الضاغطة وقوى الصدم فتصل مقاومتها إلى (٦٠٠٠-٨٠٠٠) كغ/سم^٢ أي تساوي مقاومة الأسلاك الفولاذية عالية المتانة •

وللاميات قدرة كبيرة على الامتزاج فيلتصق في الخليطة مع نواتج تيمه الاسمنت ، ولذا تلعب الألياف الاميانتية دور الهيكل في الحجر الاسمطي •

لا يحترق الاسبيستوس الكريزوتيلي إلا أنه يبدأ بفقدان الماء المترابط فيزيائيا في درجة الحرارة (١١٠) ° وتتنخفض المتانة على الشد بنسبة (١٠) % وفي درجة الحرارة (٣٦٨) يتبخر الماء المرتبط فيزيائيا كلياً وتنخفض المقاومة على الشد بنسبة (٢٥ - ٣٠) % ولكن بعد تبريده فإنه يسترجع الماء المفقود بامتصاص الرطوبة من الهواء كما يسترجع صفاته . ويرفع درجة الحرارة حتى (٥٥٠) درجة مئوية فإن الماء المرتبط كيميائياً يتبخر ويفقد الاميانت اللدونة والمتانة ويصبح قصيفاً ولا يسترجع الماء ولا الصفات بالتبريد . ودرجة الحرارة (٥٥٠) درجة مئوية ينصهر الاميانت الكريزوتيلي وللأميانت ناقلية صغيرة للحرارة والكهرباء ومقاومة عالية للقلويات وصغيرة للحموض .

تتعلق جودة المنتجات الاسمنتية الاميانتية بجودة الأميانت ونعومة الاسمنت وحسب المواصفات فإن الأميانت يجب أن يتميز بدرجة ندف معينة (انفصال الأميانت إلى الألياف دقيقة) وبطول وسطي للألياف معين وبلدونة ورطوبة ونسبة من الشوائب الغبارية معينة . ويؤثر على جودة المنتجات أكثر من غيره طول الألياف ولذا يقسم الأميانت بحسب طول أليافه إلى ثمانية أنواع . إن طول الألياف للنوعين الأول والثاني يزيد عن (١٨) سم بينما للنوع الثامن أقل من (١) مم . وتستعمل في صناعة المنتجات الاسمنتية الاميانتية الأنواع (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦) .

٣- الماء : يستعمل الماء بنسبة عالية في صناعة المنتجات الاسمنتية الاميانتية ويجب ألا يحتوي الماء على شوائب عضوية أو مواد عضوية أو أملاح معدنية . وحرارة الماء الملائمة هي (٢٠ - ٢٥) درجة مئوية . إن أن انخفاض درجة حرارة الماء عن (١٠) درجات مئوية يعود إلى انخفاض انتاجية الآلات وتخفيف سرعة تصلب المنتجات وأما الحرارة الأعلى من (٢٥) درجة مئوية فإنها تقود إلى تسريع أخذ الاسمنت والحصول على منتجات رديئة .

٤- المواد الملونة : لتلوين المنتجات الاسمنتية الأميانتية يستعمل

الاسمنت الملون أو تضاف مواد ملونة معدنية عالية المقاومة للقلويات وذات قدره كبيرة على التلوين • وتمتاز هذه المواد الملونة بمقاومة عالية للضوء والعوامل الجوية ولا تتفاعل مع نواتج تميته الاسمنت • ومن هذه المواد أكسيد الحديد الأصفر والأحمر والأسود وأكسيد الكروم •

وتطلى الألواح المنتجة لتلبس الجدران والحمامات ودورات المياه والمطابخ بطبقة زجاجية مانعة للماء أو بطلاءها بورنيش اللك أو يد هان بلاستيكي يحصل عليه من المواد الراتنجية (الخليفاتالية أو البيروكلور فينيلية أو النيترو سيلولوزية) •

٥ ٣ - صناعة المنتجات الاسمنتية السبستوسية الاسمنتية : =====

تتضمن تكنولوجيا صناعة المنتجات الاسمنتية الأميانتية تجزي الألياف الأميانتية ثم مزجها مع الماء والاسمنت وصب الخليطة في القوالب وفك المنتجات المصنوعة وتصلبها • كما يمكن أحياناً إضافة بعض العمليات كالضغط لتحسين صفات الألواح المستوية أو التعويج للحصول على ألواح موجة وصب العناصر الحجمية • وتستعمل الطريقة الرطبة ونصف الجافة والجافة إلا أن أكثر الطرق انتشاراً هي الطريقة الرطبة •

الطريقة الرطبة في صب المنتجات : تجزأ الألياف الأميانتية (ندف الألياف) بوجود الماء في جهاز يدور بسرعة كبيرة ثم تمزج بالاسمنت وبكمية كبيرة من الماء في جهاز خاص وتتشكل خليطة تحوى على الاسمنت والأميانت بنسبة لا تزيد عن (٥-٧ %) • وتصب الخليطة على اسطوانة حاوية على مصفاة فتتوضع عليها ويتشرب الماء خلال المصفاة فتتشكل طبقة أكثف تنقل إلى شريط يدور بشكل دائم ويمر على جهاز مفرغ للهواء فتتقص نسبة الماء •

ثم يعمر على سطح اسطوانة وتلتف عليها حتى تصبح السماكة بقدر القيمة المطلوبة حيث تقطع باتجاه الخط المرفق للأسطوانة وتنقل إلى شريط متحرك للمعاملة ، ثم تقطع بحسب المقاييس المطلوبة وتترك للتصلب في الشروط الطبيعية أوفي الحمام المائي أوفي الأوتوكلاف • تبلغ الحرارة في الحمام المائي (٥٠-٦٠)° بينما في الأوتوكلاف (١٧٤)° وبضغط (٨) ضغط جوى بنظام (١+٦+٢) ساعة •

٤ - الصفات الرئيسية للمنتجات الاسمنتية الاسيستية :

تعين صفات المنتجات الاسمنتية الاسيستية التالية :

ماركة الاسمنت وماركة الاسيست والنسبة بينهما في الخليطة وتكنولوجيا التحضير ودرجة امتصاص الخليطة وشروط ومدة التصلب ورطوبة المنتجات ، حيث تنخفض متانة المنتجات الاسمنتية الاسيستوسية بتعرضها للرطوبة وتزداد المتانة بالتجفيف •

تتميز المنتجات الاسيستوسية بمقاومة عالية للإنقطاع والإدحطاف والضغط يبلغ حد المتانة على الشد للمنتجات المحضرة دون تعريضها للضغط (١٠٠-١٧٠) وعلى الإدحطاف (١٦٠-٢٧٠) كغ/سم^٢ بينما للمنتجات المعرضة للضغط أثناء تحضيرها فيبلغ على الشد (٢٠٠-٢٥٠) والإدحطاف (٢٧٠-٤٢٠) والضغط (٤٥٠) كغ/سم^٢ • وتزداد المتانة الميكانيكية ودرجة الارتصاص مع الزمن • وتتميز المنتجات الاسيستوسية بمقاومة عالية ضد الصقيع وضد نفوذ الماء ولهذا يمكن استعمالها دون طلائها بالدهان • وهي تعاز بصفات العزل الكهربائي ويمكن نشرها وثقبها وصقلها بسهولة • ويمكن الحصول على أنابيب من الاسيستوس غير نافذة للغازات وخاصة في شروط التربة الرطبة ومن الصفات السلبية لها إمكانية التووج والمقاومة الصغيرة ضد قوى الصدم •

الفصل الخامس عشر المواد الرابطة العضوية

=====

١- مقدمة :

=====

نتيجة للتطور العلمي المتزايد ومع تقدم وتطور وسائل الانتاج ونتيجة لاستخدام الاجهزة التكنولوجية الجديدة في عمليات التصنيع والاستثمار تطورت اساليب الاستفادة من المواد الخام الطبيعية في مختلف مجالات الحياة. ومن هنا نتبين اهمية استعمال المواد الرابطة العضوية (روابط الفخوم الهيدروجينية) والتي انتشر استخدامها في كثير من انشاءات واشغال الهندسة المدنية كالطرق والمطارات وأقنية الشبكات باسطح واقية المباني وجدران الخزانات والمسابح .

لذلك لابد من دراسة خصائص هذه الروابط فيزيائيا وكيميائيا ومن وجهة نظر استعمالها وكذلك معرفة طرائق تجريبيها للاستفادة القصوى منها حيث ان هذه المواد تدخل في تركيب طبقات الرصف العلوية للطرق ومهابط الطائرات .

هذه المواد تتألف بشكل رئيسي من ضمري الفخم والهيدروجين ولذلك سميت بروابط الفخوم الهيدروجينية وتتراوح نسبة الفخم بين (٠/٧٥) و (٠/٩٥) ونسبة الهيدروجين بين (٠/٥) و (٠/٢٥) ويدخل في تركيب هذه المواد بالإضافة الى الفخم والهيدروجين مواد اخرى مثل الكبريت والاكسجين والازوت ولكن بنسب خفيفة جدا بالإضافة الى آثار خفيفة من بعض المعادن مثل الفاناديوم والنيكل والكوبالت والحديد واليورانيوم ومن اهم هذه المواد :

- البيتومين أو الأسفلت .
- القطران .

٢٩- البيتومين :

مادة عضوية لونها اسمر قائم يميل الى السواد وهي مادة صلبة لدنة تستخدم بشكل رئيسي في اعمال انشاء الطرق ومهابط الطائرات والساحات وشكل ثانوى في صناعة البطاريات والمواد العازلة وتكسية المواسير وغيرها .

ان التركيب البنئوى للبيتومين معقد وهو عبارة عن سلاسل من الفحوم الهيدروجينية ذات التراكيب المختلفة التي تتجمع ضمن مكونات رئيسية هي :

أ- الاسفلتين : عبارة عن جزيئات صلبة لامتبلورة وذلك في شروط الحرارة العادية ولونها اسمر أو أسود تتحل في روابط الفحوم الهيدروجينية المشبعة العطرة . ان الاسفلتين يزداد حجما دون ان يذوب عند تسخينه بالحرارة كما انه يتأثير الحرارة المستمرة يتحول الى كاريمن ويفقد خصائصه الاتحادية ولذلك كان البيتومين يدين بخصائصه الاتحادية والاتصاقية الى الاسفلتين . نسبة الاشباع الفحمي $(C:H) = 0.78$ - 0.94 كثافته تتراوح بين $1.01 - 1.24$ غ/سم³ .

ب- المالتين : عبارة عن خليط معقد من الفحوم الهيدروجينية كثافته تتراوح بين $0.9 - 0.96$ غ/سم³ نسبة الاشباع الفحمي $(C:H) = 0.63 - 0.72$ يمكن تقسيمه الى مجموعتين اساسيتين :

١- الراتجيات والمموغ وهي قريبة في تركيبها وبنيتها من الاسفلتين وزنها الذرى يتراوح بين $(100 و 1000)$ وتتركز ضمنها الكتلة الاساسية من الكبريت والاكسجين وفي حالات كثيرة مركبات الازوت ايضا . وهذا مايفسر قدرة الاستقطاب العالية لها وبالنظري اعطاء الراتجيات سطوح نشطة فعالة .

هذه المواد في شروط الحرارة العادية عبارة عن مواد صلبة لامتبلورة
أولدنة .

٢- الزيتون : وهي عبارة عن مركبات الفخوم الهيدروجينية تشبه زيوت
التشحيم الناتجة عن تقطير النفط وهي عبارة عن سائل عالي اللزوجة وهي
تحتوي المركبات التي يمكن ان تحل الاسفلتين مثل الكحول البنزولي وزنها
الذرى يتراوح بين (٤٠٠ و ٥٠٠) .

ج- الكارين والكاريويد : الكارين وهي المركبات الاكثر اشباها بالفحم وهي
الاجسام الصلبة الموجودة في البيتومين اما الكاريويد فهي المركبات التي
تحل في المواد الحالة الموجودة هذا البنزول ورباع كلوريد الفحم . ونتيجة
للتعرض الطويل للحرارة وللأكسدة تزداد كمية هذه المركبات في البيتومين .
يمكن تشبيه البيتومين بالمستحلب حيث الاسفلتين والكارين والكاريويد
تمثل الجزء المنتثر والمالتين يمثل الوسط .

ان ظاهرتي الامتصاص والتخثر تلعبان دورا هاما في سلوك المواد
البيتومينية فالامتصاص يظهر في محلول مابتخير تركيزه على سطح تماسه
مع مادة اخرى قد تكون جامدة او مائعة او غازية ومن جهة اخرى فان سرعة
اخذ البيتومين او جفافه هي عملية تجمد نظامية لان الكريات تتجمع في سلاسل
تؤلف بنية صلبة تزداد قوة مع الزمن .

ان البيتومين يمكن ان نحمل عليه اما من الطبيعة مثل بحيرات
البيتومين في ترينيداد وبرمودا او من الصخور المشبعة بالبيتومين كما هو في
منطقة جبل البشرى ومنطقة كفريا في سوريا او من الفيلزونية واما نحصل
عليها بشكلى اصطناعي عن طريق تكرير النفط .

٣- البيتومين الطبيعي :

يوجد البيتومين الطبيعي بأشكال متعددة ويمكن ان يكون بشكل لزج او بشكل قاسي ويمكن ان يكون على شكل ذرات ناعمة او على شكل صخور ومنه ما يوجد على سطح الارض بشكل بحيرات ومنه ما هو موجود في اعماق الارض يحتاج استخراجه الى اقامة مناجم .

هناك عدة نظريات حول تشكل البيتومين الطبيعي ولكن يمكن القول صغى النظر عن هذه النظريات بأن مختلف انواع البيتومين الطبيعي قد اشتقت من النفط بعمليات التحول والأكسدة والتبخر الكثيف ولاريب أن بعض هذه العمليات قد حدثت بظروف حرارية عالية وتحت ضغوط شديدة .

ان طبيعة النفط المتحول وطاىل الزمن وعمليات التحول التي تمت هي التي تقرر طبيعة البيتومين الطبيعي وخواصه الاساسية .
كما ذكرنا سابقا فان البيتومين الطبيعي موجود بعدة اشكال .

١- بحيرات البيتومين : هناك نوطان من البيتومين الطبيعي الذى يوجد

- على شكل بحيرات .
- آ - بيتومين جزيرة برمودا
- ب - بيتومين جزيرة توينداد

آ- بيتومين جزيرة برمودا :

تغطي بحيرة البيتومين في جزيرة برمودا مساحة تزيد عن (١١٠٠) فدان ويتراوح عمقها بين (٠.٦٠ - ٢.٥) م تحتوى على مايزيد من (٢) مليون طن من البيتومين .

ان البيتومين الموجود في قاع البحيرة يكون بشكل طرى لدن او نصف سائل اما البيتومين الموجود على السطح فهو قاسي وقصيف وذلك نتيجة لتبخر المكونات الطيارة بواسطة حرارة الشمس .

ان البيتومين المستخرج من برمودا يحتوى على (١٥/٠) مواد بيتومينية،
(٣٠/٠) ماء و (٥٠/٠) مواد معدنية .

ب - بيتومين بحيرة ترينداد :

تغطي بحيرة البيتومين في جزيرة ترينداد مساحة تقارب (١١٥) فدان وهي شبه دائرية عمقها في المركز بحدود (٤٥) م يقل كلما اقتربنا من الاطراف . تقدر كميات البيتومين الموجود فيها بين (١٥-١٠) مليون طن .

ان المواد الخام المولفة لهذا البيتومين عبارة عن مستحلب بيتوميني غاز ، ماء ، رمل ، طين (غبار وسيلت) ومكونات معدنية في معظمها سيليكاتية .

عند اختبار عينة من المواد من مركز البحيرة تبين انها تحتوى المواد التالية :

٠/٠٢٩	— ماء وغاز تتطاير بدرجة حرارة (١٠٠)°م
٠/٠٣٩	— بيتومين
٠/٠ ٠٣	— بيتومين مشرب بمادة معدنية
٠/٠٢٧٢	— مواد معدنية
٠/٠٤٣	— ماء ضمن المادة المعدنية
<u>٠/٠٩٩٨</u>	<u>المجموع</u>

٢- الصخور البيتومينية :

تظهر الصخور البيتومينية في الطبيعة بأشكال متعددة وهي اما عبارة عن صخور رملية مشبعة بالبيتومين وتكون عادة مثقبة، واما عبارة عن صخور كلسية كاربوناتية مشبعة بالبيتومين . يستخرج من الصخور بالتكسير والطحن والتسخين ويستعمل بهدف رصف الطرقات والممرات والارصفة وايضا يستعمل في اعمال الحزل بعد اجراء مجموعة من العمليات التكنولوجية .

لانتعير الصخور البيتومينية صالحة للاستثمار الا اذا زادت نسبة

البيتومين فيها عن (٠/٠٧) .

من بين هذه الصخور نميز في سوريا نوعين موجودين فسي :

آ - جبل بشرى .

- منطقة كفرنجا في جبال اللاذقية .

آ - بيتومين جبل بشرى الطبيعي :

ان بيتومين جبل البشرى الطبيعي والموجود في محافظتي الرقة ودير الزور هو صخر بيتوميني يتألف من خليطة من الرمال المنتظمة والمشرية بالبيتومين الطبيعي بنسبة تتراوح بين (٠/٢٠ و ٠/١٨) من وزن المواد الحصوية . يتميز بسيئتين :

اولا - ان مجرد كون ذرات الرمل من قياس واحد منتظمة يجعل من العسير تأمين التماسك والتداخل اللازم توفرهما في الخلطة الامر الذي نشأت عنه زيادة في نسبة البيتومين المفروض توفرها عادة في المخلوطات البيتومينية وذلك بسبب تسبة الفراغات الكبيرة التي اوجدتها انتظام حبات ذات الابعاد المتساوية تقريبا .

ثانيا - نظرا لصغر الحبيبات (٥ مم - ٢ مم) المولف فيها هذا البيتومين الطبيعي فان انعدام توفر حبيبات خشنة من قياسات مختلفة اكبر من (٣) مم وحتى (٢٥) مم جعل من هذه الصخور البيتومينية مادة تنقصها خصائص القوام الهيكلي المفروض توفره عادة في المخلوطات البيتومينية .

نتيجة لهذا يمكن القول ان امكانية الاستزادة المباشرة من هذا البيتومين الطبيعي امر غير ممكن بالاضافة الى ذلك فانه ربما ادت محاولة اصلاح تركيبها الحبي الى زيادة كلفتها بشكل غير معقول . ومع ذلك فان امكانية استخدام هذه الصخور موجودة وربما اذا درست بشكل جيد امكن الاستفادة منها في انشاء صبغات لاصق سطحية وطبقة الاساس .

ب - بيتومين كفريا الطبيعي :

ان بيتومين كفريا هو صخر بيتوميني طبيعي يستخرج من مقالع تقع بالقرب من اللاذقية وعلى بعد (٤٠) كم الى جنوبها الشرقي . ان هذا الصخر البيتوميني موطن من احجار كلسية مشربة بالبيتومين تتراوح بين (١٦٩ و٠٪) من وزنه وقد قامت الشركة السورية الصناعية للأسفلت والبترول في اللاذقية بدراسة هذه المادة دراسة مستفيضة جعلت من الممكن الاستفادة منه لاشغال رصف الطرق داخل وخارج المدن ورصف الارصفة في المدن ولتنفيذ طبقة عزل للأسطحة والمنازل لمنع ترشيح المياه وفقا لطريقة اسيل (Aspel) .

وهنا ايضا نشير الى ان استعمال هذا البيتومين الطبيعي بدون معالجة في اشغال طبقات الرصف السطحية يحرض هذه الطبقات الى ضعف في ثباتها نظرا لفقدان القوام الهيكلي وعدم توفر الحبيبات الخشنة فيها .

٤- البيتومين النفطي :

ان البيتومين النفطي نحمل عليه نتيجة لعمليات التقطير التي تجرى على النفط . وكما نعلم فان النفط يتألف من عدد كبير جدا من المركبات الفحمية الهيدروجينية مع قليل من الشوائب ويكون تركيبه الوسطي كما يلي :

٨٠ - ٠/٠٨٧	فحم
١٠ - ٠/٠١٤	هيدروجين
٠ - ٠/٠ ٥	كبريت
٠ - ٠/٠ ٢	آزوت
٠ - ٠/٠ ٤	او كسجين

بالاضافة الى آثار خفيفة لمواد معدنية ويتراوح الوزن النوعي بين (٠,٧٥) و (١,٠) غ/سم^٣ .

ينقسم النفط الطبيعي الى انواع الآتية :

١- اللفظ البارافيني : وهو يتألف بصورة رئيسية من فحوم هيدروجينية

من الزمرة البارافينية ($C_n H_{2n+2}$) ولا يحوي سوى نسبة ضئيلة من الزمرتين الاثيلينية والاسيتيلينية اللتين تدخلان قليلا في تركيب البيتومين ولذلك فان هذا النوع من النفط بالرغم من قيمته التجارية العالية ليست له من وجهة نظر المنتجات الاسفلتية الا قيمة ضئيلة .

٢- اللفظ البيهومياني : وهو يتألف بصورة رئيسية من فحوم هيدروجينية

من الزم (C_nH_{2n}، C_nH_{2n-2}) و (C_nH_{2n-4}) وبعض هذه المركبات تكون بشكل سائل وبعضها الآخر بشكل صلب ولها اوزان نوعية مرتفعة وبعد امرار هذا النوع من النفط في تقطير مجزء تتسرب مقادير كبيرة من الراسب صلب الصلبة والصلبة الشبيهة جدا بالمواد البيتومينية الطبيعية من حيث التركيب الكيمائي والصفات الفيزيائية وتسمى البيتومين النفطي وتمتلك هذه الرواسب قدرة كبيرة على تخليق المواد الحصوية بطبقات رقيقة *

٣- اللفظ الصف البيهومي : وهو ذو تركيب وسطى بين الصنفين السابقين

وتنتهي من عملية تقطيره رواسب بيثومينية تشبه الى حد ما رواسب النفط
البارافيني .

آ- المنتجات النفطية - البيتومين - الكات باك :

ان الهدف من عملية تقطير النفط هو فصل الفحوم الهيدروجينية النفطية

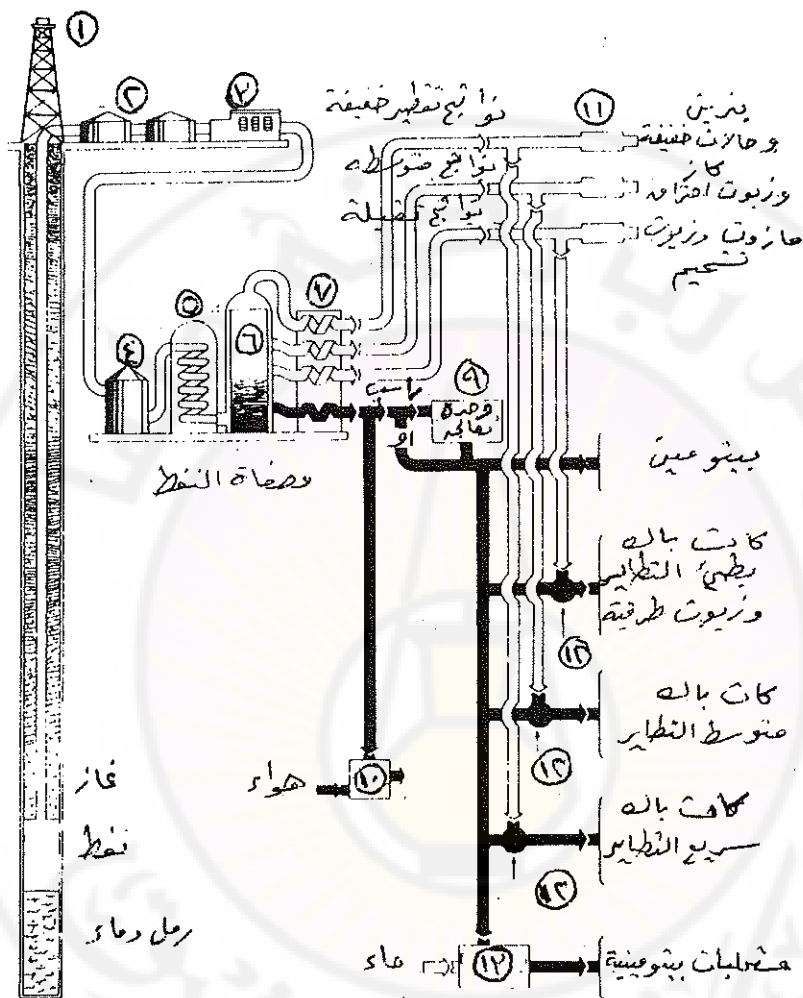
• على شكل مجموعات كل منها بحسب خواصها وطرائق استعمالها .

يبين الشكل رقم (١٥-١) مراحل تقطير وتصفية النفط واستحصال البتومين

• مشتقات هـ

فبعد ان تم فصل الشوائب من النفط الخام بعملية ترسيب وعملية ازالة الماء تبدأ عملية التقطير المجزأ¹، فعلى درجات حرارة مختلفة يتم استخلاص مواد عديدة على درجة كبيرة من القيمة التجارية ، وفي النهاية يتبقى راسب اسود هو ما يسمى بالبيتومين وتكون كمية البيتومين المستحصل متعلقة بنوع النفط الخام . فالنفط المكسيكي يعطي (٦٠-٧٠ %) من وزنه بيتومينا بينما الفنزويلي يعطي (٣٠-٦٠ %) والروسي من (٥-٢٠ %) بيتومينا . ومن الممكن الحصول على راسب بيتومينية على درجات متفاوتة جدا من الميوعة بحسب درجات حرارة التقطير المجزأ حتى انه من الممكن انتاج اصناف من البيتومين على درجات لزوجة مستمرة عاليا اى من البيتومين المائع جدا الى البيتومين الصلب ، اى ما يسمى بحالة النفط ولكن ذلك غير ممكن من وجهة نظر الانتاج الطام للمصفاة كما انه من المفيد اقتصاديا انتاج الانواع السائلة من الفحوم ، الهيدروجينية كالفيزين و المازوت و الكازو انتاج اقل ما يمكن من البيتومين و الزيوت الثقيلة لضعف قيمتها التجارية و تعتبر هذه المواد الاخيرة كانتاج ثانوى للمصفاة . ومن المفيد هنا ذكر ان نفط الدول الحربية وما يجاورها من اقل انواع النفط انتاجا للبيتومين بمعدل / ٦ % فقط .

ولكنه غنى بالبارافين الذى يمنع قليلا من حسن التصاق البيتومين بالمواد المصوية .



شكل رقم (١٥ - ١)

مخطط تكنولوجي يبين عملية تصنيع البيتومين
النفطي وبقية المشتقات النفطية

تتمة الشـكل (١٥-١)

- ١ - استخراج النفط
- ٢ - خزانات النفط في الحقل
- ٣ - محطة الضخ
- ٤ - خزانات في المصفاة
- ٥ - بهوب الترسيب
- ٦ - برج التقطير
- ٧ - مكثف و مبرد
- ٨ - مواد راسبة
- ٩ - وحدة معالجة
- ١٠ - مرسب
- ١١ - معالجة
- ١٢ - جهاز مزج
- ١٣ - معمل المستحلبات

صنفت المواد البيتومينية الى خمسة اصناف تجارية بحسب درجة

غرزها والتي تبين لزوجة - ميوعة البيتومين هذه الاصناف هي :

البيتومين الصلب	٥٠/٤٠
البيتومين نصف الصلب	١٢٠/٨٠
البيتومين نصف المائع	٢٠٠/١٨٠
البيتومين المائع	٣٠٠/٢٨٠
البيتومين المائع جدا	٣٥٠/٣٠٠

ان الاصناف الثلاثة الاولى هي الاكثر استعمالا في الانشاءات

الطريقة .

وقد ثبت مبدئيا ان البيتومينات الاكثر صلابة تستعمل في البلاد

الحارة ولكن يمكن استخدام البيتومينات نصف الصلبة او نصف المائعة لأن

عملية تعرق وتغير البيتومين خلال فصل الصيف لا يخشى منها نظرا لأن

الهواء الجاف يحمل معه غبارا فاعما يتداخل في ثنايا طبقة الرصف البيتومينية

مشكلا قشرة رقيقة لا تثبت أن تتصلب .

يمكن تعديل ميوعة البيتومين أى تغيير صفه بعزجه بمواد بتكرولية

اخرى سائلة وتتم هذه العملية باحدى طريقتين :

١- طريقة تميع البيتومين :

وفيها تضاف الى البيتومين مادة نפטية سريعة التبخر وتكون عادة حسب درجة الميوعة المطلوبة البنزين ، زيت الكاز او المازوت • ويكون البيتومين الناتج اكثر ميوعة من البيتومين الاصلى • مما يجعل شغله اكثر سهولة ، ودرجة يمكن معها تعبير المادة الممبعة بحيث يمكن شغل البيتومين على البارد ، لكن ذلك يؤدى الى زيادة كبيرة في النفقات نظرا لارتفاع سعر المادة الممبعة. طالما ان المادة الممبعة لم تتبخر بصورة كاملة فان البيتومين المشغول (الخلاط البيتومينية) يحافظ على درجة من اللبونة تقلل من متانته لذلك كان من المفيد ان يبدأ تطاير المادة الممبعة مباشرة بعد الانتهاء من عملية الخلط مع المواد الحصوية للاسراع في ارجاع البيتومين الى مكانته وقوة التصاقه الاصلية ويسمى بسرعة جفاف البيتومين المميع اوزمن الاخذ الوقت الذى يلغضي بين فرش البيتومين واللحظة التى يتم فيها التبخر الكامل للمادة الممبعة •

تسمى المواد البيتومينية الممبعة بالكات باك (Cut - backs) ولها

اصناف ثلاثة بحسب سرعة تبخرها •

— الصنف R . C (Rapid Curing) ذو الجفاف السريع وتكون المادة

الممبعه البنزين •

— الصنف M . C (Medium Curing) ذو الجفاف المتوسط وتكون المادة

الممبعة زيت الكاز •

— الصنف S . C (Slow Curing) ذو الجفاف البطي وتكون فيه

المادة الممبعة المازوت •

يوجد ضمن كل صنف عدد من التدرجات سنأتي على ذكرها فيما بعد •

٢- طريقة تعديد البيتومين :

وفيها تخرج عدة اصناف مختلفة من البيتومين بنسب معينة للحصول على درجة الميوعة المطلوبة . وهذا النوع من المزيج البيتوميني يحافظ على هذه الدرجة من الميوعة لانه لا يحوى مواد طيارة .

ب- تحطيم النفط واكسدته :

١ - عملية تحطيم النفط :

يقصد بهذه العملية تحويل الزيوت الثقيلة الى زيوت خفيفة ، ففي بعض الحالات عندما يراد الحصول على اكبر قدر ممكن من الفحوم الهيدروجينية الخفيفة كالبنزين فانه يطبق على النفط الخام وهو في درجة حرارة بين (٢٥٠م و ٢٧٥م) ضغط متناوب يتحول بين (٣-٧٥) ضغط جوى . ونتيجة لهذه العملية فاننا نحصل على سائل خفيف مؤلف فقط من مادة البنزين وعلى راسب يتألف من زيوت ثقيلة اوقار وفحم الكوك وعملية تقطير لهذه الزيوت الثقيلة نحصل على البيتومين النفطي .

٢- عملية اكسدة النفط :

وهي عملية اضافية تجرى على بعض انواع البيتومين وهي تنص على اكسدة البيتومين عند استحصاله اما بان تضاف اليه كمية من الكبريت ، او بان يرسل تيار هوائي خلال الراسب البيتوميني المتوضع في قعر جهاز التقطير وبذلك نحصل على نوع جديد من البيتومين الموهمسد .

يمتاز هذا النوع من البيتومين بالخواص التالية :

- زيادة في الوزن النوعي والصلابة .
- نقص في درجة لدائه وقدرته على الالتصاق .
- ضغط في الحساسية تجاه التغيرات في درجة الحرارة الخارجية وعوامل الطقس الموهمسدة وغيرها من العوامل الطبيعية .

يستخدم هذا البيتومين كمادة مانعة للرشح وهذه هي الوظيفة
الثانية للمواد البيتومينية مع العلم ان الوظيفة الاولى هي القدرة على
الالتصاق .

جـ - تصنيف البيتومين والبيتومين المائع والكات باك :

١- التصنيف الفرنسي :

من المستحسن معرفة التصنيف الفرنسي للبيتومينات والكاتباك من
باب اخذ العلم فقط فتصنيف البيتومينات يتم استنادا الى درجة غرزها النظامية
ويميز بين ٥ / اصناف وهي :

٥٠ / ٤٠	البيتومين الصلب درجة غرزه
١٢٠ / ٨٠	البيتومين نصف الصلب درجة غرزه
٢٠٠ / ١٨٠	البيتومين نصف اللين درجة غرزه
٢٥٠ / ٢٠٠	البيتومين اللين درجة غرزه
٣٥٠ / ٣٠٠	البيتومين اللين جدا درجة غرزه

وتصنف البيتومينات المائعة الى صنفين :

Road Oils	صنف الزيوت الطرقية
	صنف الكاتباك .

ويطلق اسم البيتومين المائع على البيتومين المميع باضافة عناصر خفيفة
طيارة من شأنها فقط تخفيض لزوجة هذا البيتومين مؤقتا تسهلا لشغله .
فالزيوت الطرقية هي البيتومينات التي ظلت ممزوجة بها الزيوت التي
تسبقها عادة عند تقطير النفط ، لذلك تجف هذه الزيوت الطرقية بصعوبة
بالنظر لاحتوائها على زيوت ثقيلة . وبالتالي تستعمل فقط في تثبيت التربة
في الطرق الصحراوية الرخيصة .

اما الكاتبات الفرنسية فهي خمس انواع وكلها ناتجة عن تجميع البيتومين من نوع ٨٠ / ١٢٠ بالكيلوسين ، وكلها تقع في حدود مواصفات الكات باك / Mc / الميركي من حيث سرعة التطاير .
والانواع الخمسة هي :

كات باك	١ / ٠.٤	مائع جدا
كات باك	١٥ / ١٠	مائع
كات باك	١٠٠ / ٥٠	نصف لزج
كات باك	٢٠٠ / ١٥٠	لزج
كات باك	٥٠٠ / ٤٠٠	لزج جدا

حيث تشير القرائن الى لزوجة الكات باك ، ونكفي بهذا القدر من التفصيلات لان التصنيف الميركي اكثر شيوعا وتطورا من الوجهتين الفنية والتكنولوجية .

٢- التصنيف الميركي :

يطلق الميركيون على البيتومين اسم الاسمنت الزفتي ورمزه AC (Asphalt Cement) ويصف الزفت AC حسب درجات غرزه التي
الاصناف الخمسة التالية :

- الزفت ٤٠-٥٠ يستعمل للصناعة وفي استعمالات خاصة
 - الزفت ٦٠-٧٠ يستعمل للرصيف الطرقي والمطارات
 - الزفت ٨٥-١٠٠ يستعمل للرصيف الطرقي والمطارات
 - الزفت ١٢٠-١٥٠ يستعمل للرصيف الطرقي والمطارات
 - الزفت ٢٠٠-٣٠٠ يستعمل للرصيف الطرقي والمطارات
- ويصف الزفت المائع الى ثلاثة اصناف :

- الزيوت الطرقية او الكات باك بطيئة التطاير SC المبيعة بالمازوت .

— الكات باك متوسط التطاير MC المميع بزيت الكاز .

— الكات باك سريع التطاير RC المميع بالبترين .

وتجدر الملاحظة الى ان كلا من اصناف الكات باك والزيوت الطرقية
مقسمة الى ستة انواع يرمز اليها بالقرائن (٠٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ و ٥)
وتتصف بالخواص التالية :

تزداد اللزوجة في صنف واحد من الكات باك مع القرائن أى ان لزوجة
(٣ - MC) اكبر من لزوجة (٢ - MC) وهكذا .

تزداد كمية الزيت حجما في صنف واحد من الكات باك مع القرائن أى ان
نسبة الزيت في (٣ - MC) اكبر منها في (٢ - MC) وهكذا .

٥- القطران (القار) :

ينتج القطران عن تقطير بعض المواد العضوية مثل الفحم الحجري و
الشيست ، الليثيت ، والتورب ، وهو سائل اسود لزج ذو تركيب معقد وتوجد
منه ثلاثة انواع اساسية :

أ- القطران ذو الحرارة العالية أو القطران النظامي ويحصل عليه كمنتج
ثانوي في صناعة غاز الاستصباح من تقطير أو تحليل الفحم الحجري في
درجة من الحرارة تتراوح بين ٩٠٠٠ م و ٩٣٠٠ م .

ب- القطران ذو الحرارة المتوسطة ويحصل عليه كمنتج ثانوي في صناعة
تحسين الفحم الردي بتقطير الفحم الحجري بدرجة حرارة لا تزيد عن
١٠٠٠ م .

ج- القطران ذو الحرارة المنخفضة ويحصل عليه كمنتج ثانوي لصناعة الغاز
المائي بتحليل الفحم الحجري بدرجة حرارة اقل من ٩٠٠ م .
هذا وانه عندما تجرى تجربة تقطير القطران في معوجة نظامية في المخابر
تستحصل على العناصر التالية :

- بدرجة حرارة 170° م نحصل على الزيوت الخفيفة والبنزين .
- من 170° م — 230° م نحصل على الزيوت المتوسطة التي تحتوي على
النفثين والفينول .
- من 230° م — 270° م نحصل على الزيوت الثقيلة والشحوم ويسمى ما تبقى
من التقطير حتى الـ 320° م بالراسب أو الحثالة .
- نتبين مما ذكر اعلاه ان القطران هو منتج ثانوي لصناعات كيميائية
متعددة و ضخمة لذا فمن غير المحقول تغيير طرائق عمل المعامل وشروط
الانتاج للحصول على انواع من القطران تتلاءم ومتطلبات الانشاءات الطرقية
والمطارات .
- لذلك فالقطران الناتج عن هذه الصناعات يحتوي على نسب مختلفة من
الشوائب ، الامر الذي يجعلنا نفكر في تحسين مواصفاته لا مكانية استعماله
وذلك عن طريق تصفيته بالعمليات التالية :
- الترسيب: حيث يوضع القطران في خزانات كبيرة حيث يتم فيها فصل القسم
الاكبر من الماء والشوائب العالقة .
- ازالة المياه: للتخلص كلياً من الماء يسخن القطران في مراحل بدرجة حرارة
بين 105° م — 110° م حيث تنفصل مع البخار المتصاعد بعض الزيوت
الخفيفة .
- التقطير المجزأ: ويتعرض فيها القطران الى ارتفاع بطيء في درجة الحرارة
من شأنه ان تنفصل بالتقطير المواد ذات اللزوجة المختلفة حيث نحصل
بالنتيجة على راسب القطران بشكل جسم صلب اسود .
- من الواضح انه للحصول على صف القطران المطلوب يعتمد الى مزج
الانواع الناتجة بنسب معينة .

وبهذه المناسبة فإنه من الممكن تهيئة مزيج متجانس من القطران والبيتومين بنسبة ٢٠% كحد أعلى من القطران حيث أن المواد الحصوية بتماسها مع هذا المزيج تتحلل تباعاً بطبقة من القطران ومن ثم بطبقة من البيتومين الأمر الذي يؤدي إلى إطالة عمر المزيج الرباط ويجعل تماسكه والتصاقه مع المواد الحصوية التصاقاً جيداً لأنه من المعروف أن تماسك القطران مع البحص والرمل والحجر أقوى من تماسكها مع البيتومين .

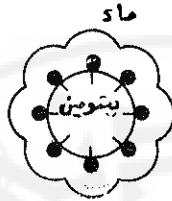
كما أن إضافة القطران إلى البيتومين يساعد على تميع البيتومين وعلى العكس يمكن زيادة لزوجة القطران أو مزيج من البيتومين والقطران بإضافة بيتومين إليه الأمر الذي يؤدي بالضرورة إلى تنقيص حساسية هذا المزيج لتغيرات الحرارة ويزيد من ديمومته .

٦ - المستحلبات والمعاجين :

رغبة في استعمال المنتجات البيتومينية على البارد تسهيلات لشروط العمل في الورشات يصار إلى صنع المستحلبات والمستحلبات عبارة عن مواد دقيقة مؤلفة من سائلين لا يخططان ، أحد هذين السائلين موجود في الثاني بشكل حبات ناعمة جداً . فالسائل الأول يسمى بالطور الناعم والسائل الثاني يسمى بالوسط .

أ - المستحلبات البيتومينية والقطراية :

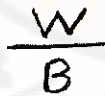
وهي مواد دقيقة يكون الماء فيها الوسط والطور هو البيتومين أو القطران المجزأ بشكل حبات ناعمة جداً وأحياناً نادرة يكون المستحلب معكوساً أي أن الماء يكون بشكل جزيئات دقيقة مشكلاً الطور والبيتومين والقطران يشكلاً الوسط (انظر الشكل ١٥ - ٢) .



مخطط يبين تركيب المستحلبات المباشرة



مخطط يبين تركيب المستحلبات المقلوبة



شكل رقم (١٥ - ٢)

مخطط توضيحي يبين كيفية تركيب المستحلبات

المباشرة والمقلوبة

للحصول على المستحلب يجب تجزئة البيتومين او القطران الى حبات ناعمة جدا وتوزيع هذه الحبات بشكل متجانس في وسط مائي ومنع اتحاد هذه الحبات مع بعضها البعض . وللمحافظة على توزيع الكريات في الماء تستعمل مواد مستحلبة خاصة وهي مواد ذات سطوح فعالة وتستخدم مواد ناعمة صلبة . ان المادة المستحلبة تخفض التوتر السطحي بين البيتومين والماء من جهة وتزود الكريات بشحنة مانعة لاندماج الكريات . ويستعمل كمادة مستحلبة الصابون ، الصمغ سيليكات الصودا ومشتقات الزيوت المعدنية .

يحصل على المستحلبات البيتومينية بالتجزئ الميكانيكي باستعمال آلات تدور بسرعة عالية ويوجه مزيج الماء والبيتومين المنصهر من خلال فتحة بين الاقراص الدائرة وغطائها ، وعدد دوران الاقراص بسوة (حتى ٣٠٠٠ دورة / دقيقة) فان البيتومين تحت تأثير القوة النابذة المركزية يتجزئ الى كريات صغيرة جدا في الوسط المائي ، والمادة المستحلبة الموجودة في الماء تغلف هذه الكريات وتعطيها نوعا من الاستقرار .

يمكن تحضير المستحلبات البيتومينية في خلاطات مع دوران ابطأ (١٢٠ دورة / دقيقة) الا انه في هذه الحالة يجب استعمال مواد مستحلبة اكثر فعالية وبيتومين ذي درجة تميع منخفضة .

ان نسبة البيتومين في المستحلب البيتوميني تكون حوالي (٥٠ %) والمادة المستحلبة (١٠ - ٥ %) .

تتعلق جودة المستحلب البيتوميني بسرعة الانفصال وبصفات المستحلب ودرجة نعومته وان المستحلبات المستعملة بمزجها مع المواد الحصوية الناعمة يجب الاتفضل حتى يتم الالتصاق العام بينها وبين المواد الحصوية وعند معاملة السطوح الرطبة يجب ان تكون مستقرة عند تعديدها بالماء وبعد رش المستحلبات البيتومينية على السطوح يجب ان يترسب البيتومين بشكل طبقة رقيقة بحيث لا تتحول من جديد الى مستحلب بتأثير الماء .

خلافًا للبيثومين والقطران اللذين يستعملان في الحالة الساخنة وفي جو جاف ومواد حصوية جافة فان المستحلبات البيثومية تستعمل في الحالة الباردة ولها قدرة التوضع على السطوح الرطبة والالتصاق بها .

تستعمل المستحلبات في انشاء السطوح العازلة للماء والبخار وفي عمل الطبقة التحضيرية للمواد العازلة للماء .
وفي لصق اللفافات العازلة وفي جعل سطوح المواد والمنتجات كارهة للماء .

يحفظ المستحلب في وعاء معدني مخلق بدرجة حرارة لا تقل عن الصفر ويجب ان يكون الوعاء نظيفاً اذ ان وجود الشوائب يمكن ان يعسب في الانفصال السريع للمستحلب . ينقل المستحلب ضمن براميل أو ستيرينات . باستعمال المواد المعدنية الناعمة كمادة مستحلبة يمكن الحصول على معجون بيتوميقي وكما مادة مستحلبة يستعمل الكلس والغضار والترييل المطحون . والمعاجين الأكثر ثباتاً هي التي تكون المادة المستحلبة فيها من المواد الكلسية .

تستعمل المعاجين في عمل السطوح العازلة للماء والبخار ولطلاء الطبقة التحضيرية للسطح العازل ورص الوصلات في السقوف .
لاعمال العزل المائي يقترح استعمال المعاجين بالتركييب المعطاة

بالجدول التالي :

المواد المولفة % وزناً			المواد المستحلبة
المادة المستحلبة	الماء	البيثومين	
١٢ - ٨	٢٨ - ٤٧	٥٠ - ٤٥	الكلس غير المطفأ
١٥ - ١٠	٤٠ - ٥٠	٤٥ - ٤٠	الكلس المطفأ
١٦ - ٨	٤٢ - ٣٥	٥٥ - ٥٠	الغضار اللدن جداً
١٢ - ١٠	٤٥ - ٣٨	٥٠ - ٤٥	الغضار اللدن
١٥ - ١٠	٤٠ - ٣٠	٥٥ - ٥٠	الترييل المطحون

٧- خواص البيتومين اوالمواد الرابطة العضوية :

عموميات :

ان البيتومين ، او على الاصح المواد الرابطة العضوية تمايز من وجهة نظر استعمالها ببعض الخواص الرئيسية والثانوية :

فهي سوائل لزجة اولا ، وثانيا ذات قدرة التصاقية على المواد الحصوية لا تقل عن قدرة هذه الاخيرة على امتصاص أو ادمصاص المياه . وهي ثالثا ذات قوام غروي يعود الى طبيعة تركيبها وبنيتها . ان هذه الخاصة الثالثة يمكن ان تزداد بشكل محسوس فيما اذا مزجنا هذه المواد الرابطة بجزئيات صلبة مثل البودرة الناعمة او بالكاوتشوك (المطاط) .

وفضلا عن ذلك فهذه الروابط اللدنة ذات التركيب الهيدروكربوني تتأثر لزوجتها تأثيرا كبيرا بدرجة الحرارة الامر الذي يدعونا لتعريف حساسيتها فنقول بان حساسية احدى الروابط الفحمية الهيدروجينية هي مشتق لزوجتها بالنسبة لدرجة الحرارة (انظر الشكل رقم ١٣ - ٣) .

ان هذه الحساسية ذات فوائد كبيرة منها تسهيل شغل البيتومين عند تسخينه وبالمقابل فهي ذات محذور كبير لانها السبب في رخاوة طبقة التغطية السطحية للطرق في الصيف وفي جعلها قابلة للانكسار في الشتاء .

ان هذه المقدمة كافية لالقاء الضوء على سلوك هذه الروابط اللدنة من حيث تحديد خصائصها وبيان العوامل التي تتعرض لها هذه الخصائص .

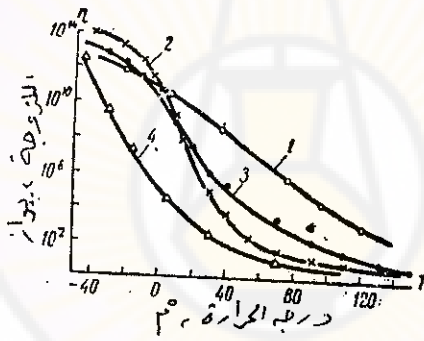
٨- الوزن النوعي للروابط البيتومينية :

لا تعتبر هذه الخاصة ذات اهمية من وجهة النظر الاستعمالية الا بمقدار ما تسمح بكشف نقاوة المادة البيتومينية وبيان المواد المعدنية الغريبة التي تشوبها فاختبار هذه الخاصة يجري للمقارنة والمراقبة وبالفعل اذا لوحظ ان الوزن النوعي للبيتومين يزيد كثيرا عن المعتاد فانه ينبغي التحقق فيما اذا كان قد حصل اى خلل في عملية تقطير البترول نحو ارتفاع مفاجىء في

• درجة الحرارة قد يودى الى زيادة في نسبة الفحم

ب- قوام الروابط البيتومينية :

لا فائدة من استعمال البيتومين كرابط للمواد الحصوية في اشغال الطرق والمطارات ان لم يتمكن من تحقيق الارتباط الوثيق لمختلف هذه المواد الحصوية بحيث لا تفترق او تنفصل عن بعضها البعض تحت تأثير المرور بدرجات الحرارة الاعتيادية .



شكل رقم (١٣ - ٣)

مخطط يبين ارتباط لزوجة البيتومين
بدرجة حرارته

وقد ثبت عمليا ان قدرة البيتومين الاتحادية تزداد كلما ازداد قوامه لأن هذا الازدياد انما يمثل تركيزا متزايدا للأسفلتين وتخفيضاً للمالتين * وهكذا فان قوام البيتومين يلعب دورا كبيرا في سلوك طبقات رصف التغطية البيتومينية للطرق من جهة ومن جهة أخرى فهو ذو أهمية بالنسبة لإنشاء هذه الطبقات نفسها لأن كل نوع من انواع الرصف يتطلب عملياً قواماً خاصاً للبيتومين الذي يستعمله وذلك توخياً للاستعمال الافضل في احسن الشروط *

ان قوام المواد البيتومينية يقاس عادة بمقياس اللزوجة للبيتومينات المائعة وبمقياس درجة الخرز بالنسبة للبيتومينات الصلبة ونصف الصلبة *

ج- اللزوجة النسبية للروابط البيتومينية :

على الرغم من ان اللزوجة الديناميكية هي التي تدخل نظرياً في دراسة الروابط والتي تقاس بالپواز في المجموعة السخئية ، فانه عملياً يفضل تعيين اللزوجة النسبية وهي بالتعريف النسبة بين الوقت اللازم لحجم معين من الرابط البيتوميني في درجة حرارة معينة للخروج من فوهة معينة الى الوقت اللازم لنفس الحجم من الماء المقطر بدرجة حرارة ٢٥° م للخروج من نفس الفوهة في نفس الشروط *

لذلك كانت اللزوجة النسبية مقياساً للمقارنة بين بيتومينات مختلفة اللزوجة على أساس سرعة جريانها من فوهة معينة وعليه توجد أجهزة كثيرة مختلفة ولكنها تنطلق من هذا المبدأ المعبر * فكثيراً ما تقاس لزوجة القطران والكات باك بواسطة مقياس اللزوجة المسمى (Viscosimeter BRTA)

ولكن الجهاز الأكثر استعمالاً هو جهاز سيبولت فورول (Saybolt Furol)

الأميريكي كما سنرى في قسم تجريب الروابط البيتومينية • حيث يعبر عن اللزوجة بالثواني فيقال مثلاً بان الكات باك لزوجته (١٠٠/٥٠) أى أن الزمن الذى أستغرقه خروج حجم معين من هذا الكات باك من فوهة محددة يتراوح بين (١٠٠/٥٠) ثانية •

د- الغرز وقساوة الروابط البيتومينية :

لما كانت اللزوجة في البيتومينات مظهراً من مظاهر قوامها لا بد من الإشارة الى ان قياس اللزوجة بالنسبة للبيتومينات عالية اللزوجة بالطريقة الموصوفة اعلاه غير ممكن التحقيق عملياً ، وعليه تقاس قساوة البيتومين او الروابط البيتومينية بمقاومته لخرز نظامي وذلك باستعمال جهاز لقياس الغرز Penetrometer • وهو يتألف من ابرة محملة بثقل قدره (١٠٠) غرام يجرى غرزها بحرية في داخل الرابط البيتوميني ، وهو بدرجة حرارة (٢٥) مئوية لمدة (٥) ثوان • وتقاس درجة الغرز بأعشار المليمترات ، فيقال مثلاً ان البيتومين نصف الصلب درجة غرزه (١٠٠/٨٠) إشارة الى ان الابرّة العظامية قد غرزت فيه لعمق يتراوح بين ٨ و ١٠ مم •

وبهذه المناسبة تجدر الملاحظة الى ان درجة غرز ولزوجة المواد البيتومينية يعبر عنها بأرقام مماثلة (بيتومين درجة غرزه ١٠٠/٨٠ وكات باك ١٠٠/٥٠ لزوجته النسبية) في حين ان كلا من هذين التعبيرين المتماثلين يختلف تمام الاختلاف عن الآخر فلامجال اذن لوقوع الالتباس •

هـ- ليونة (تميم) الروابط البيتومينية :

لقد ثبت عملياً ان حساسية احد الروابط البيتومينية لا يمكن معرفتها الا اذا عينت كل من درجتي الغرز والليونة العائدتين لهذا الرابط •

فقد يكون من الأسهل التعبير عن قسوة أحد الروابط باختصار
ليونته بأسلوب معين وذلك بالنظر الى أن غرز الرابط الصلب معدوم
مثل حثالة القطرن وبالمقابل فإن تجربة الغرز المجرة على أحد الروابط
الحساسة تعطي نتائج شديدة التأثير أى بعيدة عن بعضها البعض
لذلك روى تحديد ليونة البيتومينات بواسطة فحوص تجريبية تقيس
درجة حرارة ليونتها في شروط معينة وأكثر هذه التجارب شهرة هي
تجربة الليونة باستخدام الكرة والحلقة كما سنرى فيما بعد •

و - التصاق الروابط البيتومينية :

ان التصاق أحد الروابط البيتومينية بالنسبة لحبة من الحصى هو
مقاومة هاتين المادتين على الانفصال حينما تكونان في وسط مائي •
ومن هذا التعريف يتبين ان الالتصاق يتبع بالنسبة لروابط معينة ، الى
نوع الحصى المعتمـر •
فمن المعروف ان الماء شره جدا بالنسبة للحصويات لاسيما ان كانت
هذه الأخيرة من النوع الحمضي كالسيليس فالـماء يحاول بفعل توتره
الشعري ان ينفذ الى داخل شقوق طبقة التغطية الطرية كي يصل الى
الحبات الحصوية وعندما ينفذ اليها يحاول ان يأخذ مكان الرابط
البيتوميني المحيط بالحبة الحصوية فيما اذا كانت شراة الماء لهذه
الحبات الحصوية اكبر من شراة الرابط لها •
لهذا السبب وبالنظر الى ان طبقات الرصف البيتومينية لا يمكن أن
تعيش بمعزل عن المياه ، فان حادثة الالتصاق نسبية وبالاحرى تفاضلية
وبمعنى ذلك ان الالتصاق الصحيح اصبح هو الفرق بين شراة كل من الماء
والرابط لهذا الحصى

٨ - تجريب البيتومين او الروابط البيتومينية :

يتضح من التصنيف الاميركي الوارد ذكره اعلاه بان كلا من اصناف وانواع البيتومين (الاسفلت) والكات باك تمتاز بخواص فيزيائية تتعلق بقوامها (درجة الغرز ، اللزوجة ، المطاوعة) وبحساسيتها لتغيرات الحرارة (درجة الالتهاب ، التميع) كما تمتاز بخواص كيميائية (الانحلال في رابع كلوريد الفحم) واخيرا وبالنسبة للكات باك يجب معرفة تركيبه باجراء تجربة التحليل بواسطة التقطير .

ويديهي ان اختبار قوام البيتومين المائع او الكات باك لا يمكن ان يتم بواسطة تجربة الغرز في حين ان قوام البيتومين الصلب او نصف الصلب لا يتم الا بواسطة تجربة الغرز .

لذلك يجب اختبار كل صنف اوكل نوع من انواع البيتومين او الكات باك اختبارا يتناسب مع خواصه الفيزيائية من جهة ومن جهة اخرى مع الغاية من استعماله .

وسندرس فيما بعد تجريب المواد الرابطة وطرائقها المختلفة لافتيين النظر الى ان هذه التجارب تستهدف الغايات المبينة حذاء كل منها :

الغاية منها	اسم التجربة
الكشف عن ماهية ،التجانس	١- الوزن النوعي
انتقاء البيتومين المناسب للرصف والا قليم	٢- اللزوجة (للموائع)
والمرور .	
" " " " " " " " " "	٣- الغرز (الصلب ونصف الصلب)
" " " " " " " " " "	٤- المطاوعة (الصلب ونصف الصلب)

اسم التجربة	الغاية منها
٥- الاحلال	تعيين الزيت الصافي
٦- الالتصاق	قدرة الزيت الاتحادية
٧- التقادم	مقاومة الزيت لفعل الزمن
٨- الليونة (التميع)	تعيين درجة حرارة الانتقال من الحالة الصلبة الى المائعة •
٩- الالتهاب	تعيين درجة الحرارة الخطرة عند الاستعمال
١٠- كمية الماء	نقاوة المادة وتشكل الزيت حين التسخين
١١- التقطير المجزأ	كشف صف البيتومين المميع •
ملاحظة =====	
انظر الجزء الثاني من هذا الكتاب والذي يبين فيه عدد من هذه التجارب	

الفصل السادس عشر

الخلاط البيتوميني

المونة والبيتون البيتوميني - الماستيك البيتوميني

١ - مقدمة :

أن أكثر من ٩٠٪ من طبقات التغطية للطرق في العالم قد صنعت باستخدام الخلاط البيتوميني المستخدم فيها البيتومين، القطران المستحلبات والكات باك وغيرها .

كما تستخدم هذه الخلاط في مهابط الطائرات وفي صنع طبقات الاساس للطرق والمطارات وفي اكساء اسطحة المنازل وجدران الخزانات لمنع رشح المياه وكذلك في أعمال الساحات وأقنية الري وغيرها .

ان الخلاط البيتوميني تعريفاً هي كافة التركيبات المولفة من مواد حصوية ومادة رابطة بيتومينية وهذه الخلاط هي :

- المونة البيتومينية وهي خليطة البيتومين مع البودرة والرمل .
- البيتون البيتوميني : وهو خليطة البيتومين مع البودرة والرمل والبص والحجر .
- الماستيك البيتوميني : وهو خليطة البيتومين مع البودرة .

٢ - المواصفات العامة للخلاط البيتومينية :

لا شك بأن المواصفات العامة للخلاط البيتومينية تتعلق أولاً وأخيراً بالوظائف الاستعمالية لهذه الخلاط وبالشروط الفنية التي يجب أن تتوفر فيها .

ومع ذلك فهناك مواصفات عامة ينبغي أن تخضع لها هذه الخلائط البيتومينية نذكر منها مايلي :

٢- التفليف الكامل للمواد الحصوية بالبيتومين :

ينبغي أن تغلف المادة الرابطة المواد الحصوية تغليفا كاملا لان أى انقطاع في القشرة المغلفة يضعف من قوة تماسك الخليطة ويجعلها قابلة لتسرب المياه أى أن طبقة التفطية الطرقية مثلا تصبح أضعف مقاومة تجاه الاجهادات الميكانيكية وأكثر تعرضا لفعل المياه السطحية . ولتحقيق هذا الشرط ينبغي أن لا تقل كمية المادة الرابطة عن حد أدنى معين يتعلق بالعوامل التالية :

١- السطح النوعي للمواد الحصوية :

ان مساحة سطح العناصر الحصوية الكائنة في وحدة الوزن وهو يقدر عادة بالمتر المربع في الكيلوغرام أو السنتيمتر المربع في الغرام . فمن البديهي ان تزداد نسبة المادة الرابطة تبعا لزيادة السطح النوعي للمواد الحصوية أو تبعا لنعومة هذه المواد الا أن هذه الزيادة ليست بصورة تناسبية بل أن نسبة الزيادة تقل كلما تناهت الذرات في النعومة

٢- القطر الوسطي للمواد الحصوية :

لقد دلت التجربة على أن سماكة القشرة البيتومينية الممكن تحقيقها عمليا ، ومن أجل نفس قدرة الخلاطات تتعلق بالقطر الوسطي للمسواك الحصوية . فكلما كان هذا القطر صغيرا كلما كانت السماكة الناتجة صغيرة . لذلك فان كمية المادة الرابطة اللازمة لتغليف وحدة السطح تقل كلما كانت المواد الحصوية أكثر نعومة .

٣- استطاعة الخلطات :

كلما ارتفعت قدرة آلات الخلط كلما أمكن تخفيض كمية المادة الرابطة اللازمة لتغليف المواد الحصوية . الا انه يوجد حد أدنى معين لانتمكّن بعده من تغليف المواد الحصوية بصورة كاملة مهما بلغت استطاعة آلات الخلط

ب- سمك قشرة تغليف المواد الحصوية بالبيتومين :

ينبغي أن تكون القشرة البيتومينة المغلفة للعناصر الحبيبة رقيقة جدا وان لا تتجاوز سماكتها حداً أعلى معيناً . لان كل زيادة عن هذه السماكة الحدية تؤدي الى ضعف في خواص البيتون الميكانيكية وخاصة في متانتها ومقاومته لتغير شكله تحت تأثير الاجهادات الخارجية لانه يصبح قابلاً للتشوه الامر الذي يؤدي الى تموج سطح الطرقات وعدم انتظام سويتها .

يتضح مما سبق انه ينبغي تعيير المادة الرابطة بدقة كبيرة ليس فقط في حدودها الدنيا ولكن كذلك في حدودها العليا . ومع ذلك فينبغي أن لا تفرط في التقليل من المادة البيتومينة لجعل القشرة الرابطة أقل سماكة مما يجب للسببين التاليين :

- ١- ان شيخوخة المادة الرابطة أي ضياع خواصها بفعل تأكسدها مع الهواء الخارجي تتناسب شدتها عكسا مع سماكة الطبقة اللاصقة لذلك فكلما كانت سماكة القشرة قليلة كلما كانت اكثر تعرضا للشيخوخة .
- ٢- ان القدرة الميكانيكية اللازمة لتغليف المواد الحبيبة بالمادة الرابطة ترتفع كثيرا كلما نقصت كمية المادة الرابطة لذلك فانه لا يمكن انقاص كمية المادة الرابطة عن حد أدنى لا تتمكن بعده الآلات العاملة في الورشة من القيام بعملية مزج ورس البيتون بصورة مجدية .

وعندما تكون قدرة آلات الخلط غير كافية لمزج الكمية الملائمة من المادة الرابطة من أجل الحصول على قشرات رقيقة بسماكة مناسبة فإنه يمكن استعمال مادة رابطة أخرى ^{أكثر} لزوجة ، لأنه اثبتت التجربة أن الحد الأعلى المسموح به لسماكة القشرة المغلفة يتناسب عكسا مع ميوعة المادة الرابطة . أى أنه كلما كانت المادة الرابطة أقل ميوعة كلما كان الحد الأعلى لكمية المادة الرابطة المناسبة أكبر ، وبالتالي فإن قدرة آلات الخلط اللازمة تصبح أقل . فمثلا من أجل زفت نوع ٤٠ / ٥٠ يسمح بسماكة ^{المغلفة} للقشرة المغلفة تساوى ضعف سماكة القشرة من أجل زفت ٨٠ / ١٠٠ المستعمل عادة في بلادنا ، أى أن الحد الأعلى لكمية الزفت المسموح به من النوع الأول يفوق ما يسمح به من النوع الثاني بدون أن يحصل فسخي البيتون أى ضعف فى خواصه الميكانيكية ، إلا أن هذا التدبير غير محدود النتائج لأن البيتون يصبح سريع العطب خلال فصل الشتاء ويتشقق بسهولة .

جـ - - - ضرورة توفير نسبة فراغات معينة في الخلائط البيتومينية : - - -

ينبغي أن تترك المسواد الحصوية الناشفة (المواد الحبية بدون المادة الرابطة) فيما بينها نسبة ملائمة من الفراغات تتعلق بدرجة نعومة ذرات المواد الحصوية . أى ينبغي أن تكون النسبة بين فراغات المسواد الحصوية الناشفة وسطحها النوعي محصورة بين حدين أعلى وأدنى فعندما تتجاوز نسبة الفراغات الحد الأعلى فإننا نحصل على بيتون اسفنجي كثير الفراغات لأن كمية المادة الرابطة المعيرة بدقة بالاستناد إلى الشرطين السابقين لا تتمكن من املاء جميع الفراغات بصورة كاملة .

وفي الحالة المعاكسة أى عندما تقل نسبة الفراغات عن الحد الأدنى فإنه لا يتبقى بين المواد الحصوية مقدار كاف من الفراغات لقبول الكمية الملائمة من المادة اللاصقة مما يجعل المواد الحصوية تباعد بعضها البعض عن وضعها الأصلي لتفسح مجالا للمادة الرابطة أى أن المادة

الحصوية تأخذ حجما من الحجم الاساسي للمادة الرابطة . ان هذا الامر
يؤدى في المستقبل الى حادثة مزعجة وهي تصاعد المادة الرابطة
وتوضعها على سطح طبقة التغطية الطرقية تحت تأثير ضغط المرور .
وذلك لان الاسفلت والمواد الرابطة بصورة عامة ليست اجساما صلبة
بل مواد سائلة على درجة كبيرة من اللزوجة فتحت ضغط الاثقال المتحركة
على سطح الطريق وخاصة الاجهادات المبهتزة فان العناصر الحصوية تتجه
الى اخذ اضغر حجم ظاهرى ممكن طاردة الكمية الزائدة من المادة الزابطة
التي تصعد الى سطح الطريق .

ان هذه الحركة بطيئة جدا ولكنها مستمرة وتنشط كثيرا في فصل - ل
الصيف حيث يصبح سطح الطريق لزجا يتحدد تحت عجلات السيارات
ويتخرب بسرعة .

ان التقليل من كمية المادة الرابطة لا يحل المشكلة في هذه الحالة
لان ذلك يؤدى الى زيادة كبيرة في استطاعة آلات الخلط والى نقص
في تغليف المواد الحصوية فلقد اثبتت التجربة انه من اجل الحصول على
بيتوميني ملء^٤ اى مايسى بالبيتون المفلق وهو البيتون ذو المواصفات
الميكانيكية المثالية ، وذو المواد الحصوية المولفة من ذرات لا تتجاوز
ابعادها العظمى (٢٠) سم فانه ينبغي ان تتراوح نسبة الفراغات في المواد
الحصوية الناشفة بين (١٧ - ١٨ %) حجما على ان لا تقل بحال من الاحوال
عن ١٦ % وان لا تزيد عن (٢٠ %) .

فمثلا من اجل صنع بيتون اسفلتي مفلق مؤلف من مادة حصوية تحوى
في الحالة الناشفة نسبة (١٩ %) من الفراغات حجما . ومن مادة رابطة
اسفلتية بنسبة (٦ %) من وزن المواد الحصوية . فان الفراغات المتبقية
بعد مزج المواد الحصوية بالمادة الرابطة تحسب على الشكل التالي :

من أجل وحدة الحجم في البيتون الاسفلتي يكون :

$$\frac{\text{حجم الاسفلت}}{\text{حجم المواد الحصوية}} = \frac{\text{الوزن النوعي للمواد الحصوية}}{\text{الوزن النوعي للاسفلت}} \times \frac{6}{100}$$

$$\frac{6}{100} \times 276 = 16.56 \%$$

$$\text{الفراغات المتبقية} = 19 - 16.56 = 2.44 \%$$

ان هذه الفراغات المتبقية سوف تغلق بالتدريج ، خلال مسدة طويلة تحت ضغط المرور بمعدل (١٪) سنويا . ومع ذلك فيبقى منها جزء يدعى فراغات دائمة ولا تسد اطلاقا .

د - ضرورة توفير نسبة معينة من البودرة في الخلاط البيتومينية :

ينبغي ان تحوى المواد الحصوية نسبة ملائمة من المواد الناعمة وخاصة مادة البودرة ويشترط ان يكون التركيب الحبي للمواد الحصوية مائلا نحو النعومة ويفسر ذلك بان المواد الناعمة ترفع من مقدار السطح النوعي للمواد الحصوية . اى انها تؤدي الى زيادة الكمية المسموح بها من المادة الرابطة بدون ان ينتج عن ذلك اية زيادة ضارة في سماكة القشرات اللاصقة المغلفة للذرات . كما ويبرهن على ان سهولة تغليف المواد الحصوية بالمادة الرابطة يتعلق الى حد كبير بالقطر الوسطي للمواد الحصوية فكلما كانت الذرات ناعمة كلما كانت قابلية تغليفها بالمادة الرابطة كبيرة وسماكة القشرات المغلفة صغيرة . اى ان عملية المزج تصبح اكثر سهولة والبيتون الناتج يكون امتن واكثر مقاومة لتغيير الشكل او التشوه

على ان هذه النموة في حبات المواد الحصوية يجب ان تقصف
عند حد معين وهي ان الخليطة البيتومينية يزداد قوامها الهيكلي
كلما كانت حباتها خشنة . ولذلك يجب السعي لاجاد حل وسط يكفل
توفير القوام الهيكلي في الخليطة الى جانب سهولة عملية خلطها ومزجها
هـ- ضرورة انتقاء صنف ونوع البيومين حسب استعمال المخلوط البيتوميني :-

ان انتقاء صنف ونوع المادة الرابطة وفقا لاستعمال المخلوط البيتوميني
ضروري من حيث درجة قوام المادة الرابطة حيث ينبغي ان تكون ملائمة
للاقليم العام للمنطقة التي يستعمل فيها هذا المخلوط وفي الاحوال العامة
فان انواع الاسفلت توزع على الشكل التالي :-

نوع ٤٠ - ٥٠ في اقاليم البحر الابيض المتوسط ذات الصيف الحار والشتاء
المعتدل .

نوع ٨٠ / ١٠٠ في اقاليم البحر الابيض المتوسط ذات الصيف الحار
والشتاء البارد .

نوع ١٨٠ / ٣٠٠ في الاقاليم الشمالية الباردة .

وقد أثبتت التجارب ان النوع ٨٠ / ١٠٠ هو اكثر الانواع ملائمة للاراضي
السورية بصورة عامة .

ومن اجل سهولة شغل البيتون وخاصة في فصل الشتاء فانه يمكن
الاستعاضة عن الاسفلت العادي بالاسفلت المميع او الكات باك لان هذا
النوع الاخير يتطلب لتمييعه حرارة اخفض مما يتطلبه النوع الاول فيمكن ان
نقله الى مسافات كبيرة مع محافظته على لزوجة ملائمة للعمل مدة كبيرة .
ولكن البيتون الناتج يكون ذا جودة اقل ، لانه بعد فرشهِ ورصفهِ
ينبغي ان يترك لفترة من الوقت كي تتطاير الزيوت الحالة منه .

ويجب ان يحدد الوقت الذي يتطاير فيه القسم الاكبر من الزيوت
بكل دقة لانه اذا جرى دحي البيتون قبل ذلك فان الزيوت المتبقية
تصبح سجيئة وبالتالي تبقى كتلة البيتون رخوة مدة طويلة بالنظر لانسداد
الفراغات السطحية مما يجعل البيتون يبقى فترة طويلة قليل المتانة
ويتخذ بسهولة تحت ضغط المرور .

٣ - مركبات البيتون البيتوميني ومواصفاتها :

٢ - المواد الحصوية - مواصفاتها الفنية :

ينبغي ان تكون المواد الحصوية ناتجة عن تكسير صخور صلبة
غير قابلة للتفتت ولا تحوى اى عروق ترابية او مواد جصية ويمكن استعمال
العناصر الطبيعية المتوضعة في مجارى السيول والانهار وشواطئ البحار
او في المستودعات الطبيعية كمقالع الرمل والبحس الطبيعيين ، ولكن
تفضل عليها العناصر المكسوة لانها تكون اكثر نظافة واحداث مكسرا لذلك
فهي توفر افضل الشروط لاعطاء التصاق وثيق مع المادة الرابطة على انه
في حال عدم وجود مقالع صخرية فانه يسمح باستعمال المواد الحصوية
الطبيعية بعد تكسيرها .

وكما تفضل الاحجار ذات الطبيعة القلوية كالصخور الكلسية وذلك
لانها اقل شراهية للماء من الصخور السيليسية ذات الطبيعة الحامضية
على انه يمكن استعمال الاخيرة بشرط تحميمها جيدا قبل الاستعمال
لازالة اى اثر للرطوبة يمكن ان تعميق من التصاق المواد الحبية بالمادة
الرابطة الفحمية الهيدروجينية ، وفي كل الاحوال تبقى المواد الكلسية
اكثر ملائمة لصنع البيتون والخلائط البيتومينية حيث ، بعد مزجها بالمادة
الرابطة لا تقوى مياه الامطار والمياه السطحية على ازلتها لان شراحتها
للمادة الرابطة اكبر من شراحتها للماء .

ان هذا الشرط الاخير ينبغي ملاحظته جيداً وخاصة في الاجزاء
من التغطية الطرقية التي تكون عرضة لمرور الماء كما في الممرات السطحية
للسيول على الطرقات وفي طرق الاقاليم ذات الامطار الغزيرة .
ونستعرض فيما يلي مواصفات المواد الحصوية (الحجر والبص
والرمل والبودرة) والبيتومين .

١- الاحجار والبص :

ينبغي ان يكون البعد الاعظمي للحبات الحصوية محصورا بين (٤٥ -
٦٠) % من سماكة طبقة التغطية الطرقية التي تدخل في تركيبها .
فاذا كانت سماكة طبقة البيتون البيتوميني هي h بعد الدحي فان
القطر الاعظمي ϕ لحبات البص او الحجر ينبغي ان يحقق المتراجحة :

$$\frac{4}{9}h < \phi < \frac{6}{9}h$$

ينبغي ان تكون الحبات الحصوية مكعبة الشكل ويشترط ان يحوى
البص او الحجر نسبة لا تقل عن ٨٠ % من الحبات التي تحقق المتراجحة :

$$a + b < 4c$$

حيث a, b, c هي على التوالي طول وعرض وسماكة الحبة الحصوية .
ينبغي ان تكون وجوه تكسير البص او الحجر نظيفة وحديثة وخشنة .
لا يسمح باستعمال العناصر المدورة الملساء الا بعد اعادة تكسيروها .

ان على صلابة ومتانة البص او الحجر تتوقف مقاومة وديمومة البيتون
البيتوميني وبما ان هذه الصفة افرادية اي ان اى عنصر ضعيف يمكن ان يؤد
بذاته الى خراب طبقة التغطية الطرقية مهما كانت صلابة العناصر المجاورة
له لذلك فانه من الضروري مراقبة احضارات البص والحجر بكل دقة ولا تقبل
اية نسبة من العناصر الطرية مهما كانت طفيفة .

٢- الرَّمَل :

ينبغي ان يكون الرمل صلبا ونصيفا وغير قابل للتفتت ولا يحوى اية جزيئات حصى او شيسنية او غضارية وان لا يكون ملوثا باية مواد عضوية

٣- البودرة :

ينبغي ان تكون من النعومة بحيث يمر ما لا يقل عن ٩٠ ٪ منها من الغربان بفتحة (٧٤) ميكرون وينبغي ان لا يقل سطحها النوعي عن ٢٣٩٠ لكل كيلو غرام واحد . ويمكن ان يستعمل الاسمنت البورتلاندى كبودرة في البيتون البيتوميني عندما لا تكون البودرة الكلسية متوفرة .

٤- اعتبارات فنية عن قساوة المواد الحصوية داخل المخلوط البيتوميني :

ينبغي ان تكون المواد الحصوية ذات صلابة متجانسة اى ناتجة كلها عن تكسير صخور من نفس النوع او ان تكون ذات صلابة متدنية مع نعومة الذرات اى انه لا يمكن اطلاقا استعمال رمل قاس مع بحص متوسط الصلابة او استعمال بودرة ذات ذرات قاسية مع رمل وبحص طريين ، بينما العكس مقبول أي يمكن استعمال بحص قاس مع رمل متوسط الصلابة وبودرة طرية . وعلى كل حال فان قلة القساوة والتفاوت التدريجي فيها يمكن ان تكون مقبولة من اجل العناصر الناعمة التي تمر من الغربال ٢٥٠ ميكرون بينما يشترط عادة في العناصر الخشنة التي يحجزها هذا الغربال ان تكون قاسية وان تكون هذه القساوة متساوية من اجل جميع مراتب الذرات بالنظر الى ان العناصر الخشنة في المواد الحصوية هي العناصر الحاملة التي تدخل في مقاومة البيتون البيتوميني بينما العناصر الناعمة هي عناصر املاء لا تتحمل اي اجهاد .

واذا ما فتحت هذه الأخيرة بفعل ضغط المرور لا ينتج عن ذلك
اية محاذير أو ضعف في مقاومة البيتون الميكانيكية، بل يمكن ان تكون
النتيجة تحسن ملموس في مواصفات البيتون وخاصة في ثباته ومقاومته
لان البودرة الحاصلة تجزى المادة الرابطة المغلفة للحبات الخشنة
وتقلل من سماكة القشرة اللاصقة اى ان حدوثها يزيد في متانة البيتون
ومقاومته لتغير شكله بينما يؤدى اى كسر للحبات الخشنة العاملة الى
تخريب طبقة التغطية الطرقية في ذلك الوضع •

ب - التركيب الحبي للمواد الحصوية :

يستعمل في المخلوطات البيتونية كما في البيتون الاسمتي ، نوعان
من التركيب الحبي :

— التركيب الحبي المستمر

— التركيب الحبي المتقطع

يلزم الاول على ان يكون تركيب الحبات مستمرا من أصغر حبة الى
أكبر حبة بدون اى اقطاع اى ان يكون التركيب في هذه الحالة حاويا
لجميع ذراته الوسطية بين اصغر حد واكبر حد فلا توجد مناطق فاصلة
بين الحجر والبص والرمل والبودرة فينتهي كل منهما في النقطة التي
يبتدى فيها الآخر كما لا توجد في المحلي الحبي مناطق فارغة •

أما التركيب الحبي المتقطع فهو يلزم على ان تتألف الحبات من بعض
المقاسات المتفاوتة كثيرا بدون اية حبات من ابعاد وسطية فلا يوجد في
هذه الحالة نقاط مشتركة بين الحجر والبص والرمل والبودرة بل ان اصغر
حبة من احداها تكبر كثيرا على أكبر حبة من غيرها كما وقد يوجد في كل
صف مناطق فارغة •

ان الاشكال ذوات الارقام (١٦ - ١٦ و ١ - ٢) تظهر بمسـ
هذه التراكيب الحبية .

ان لكل من هذين النوعين مميزات ومساويء كما سنرى فيما يليسي
وهما يعطيان نتائج متساوية في الجودة فيما اذا احسنا التطبيق ، الا أن لكل
منهما على وجه العموم مجالات تطبيق خاصة تتلائم مع نوع المواد الحبية
والانواع المتوفرة منها وآلات الخلط والرصف المتوفرة في الورشة وطرائق
استعمال البيتون البيتوميني

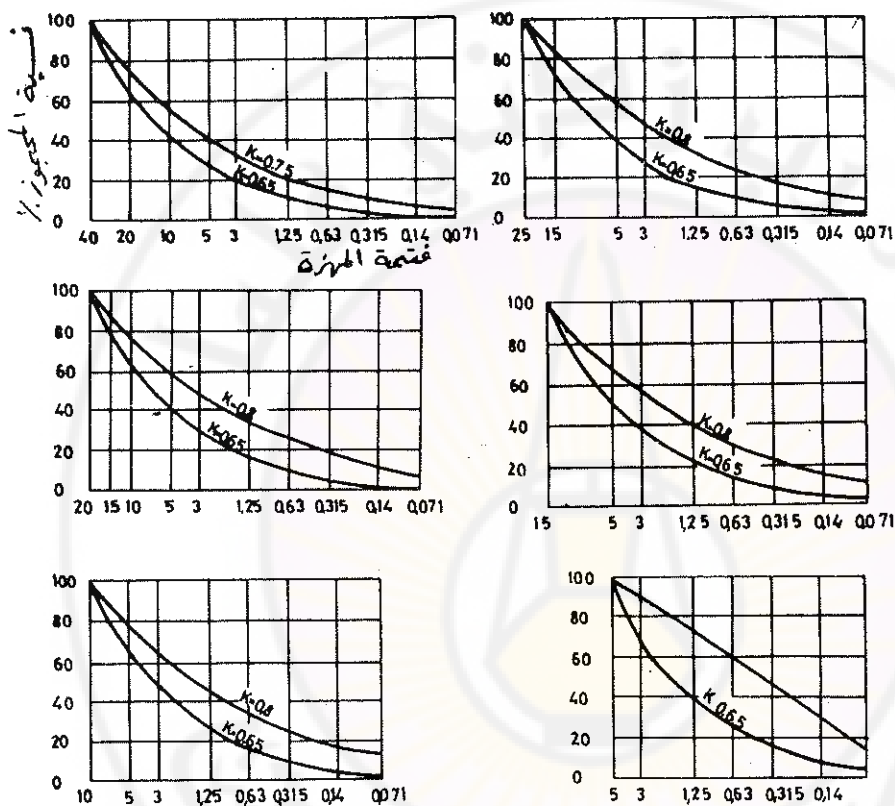
١- مميزات التراكيب الحبية ومساوئها :

ان التركيب الحبي المستر هو التركيب الاكثر استعمالا من اجل صنع
الخلاطات وخاصة في الانشاءات الطرقية .

وهو يتميز بانه يستهلك جميع انتاج مكاسر الحجر بدون ابقاء ايسـ
حبات فائضة من الابعاد غير المرغوبة كما يحصل في التركيب الحبي المتقطع
وذلك لان المكاسر الحجرية لا تعطى سوى تراكيب حبية مستمرة .

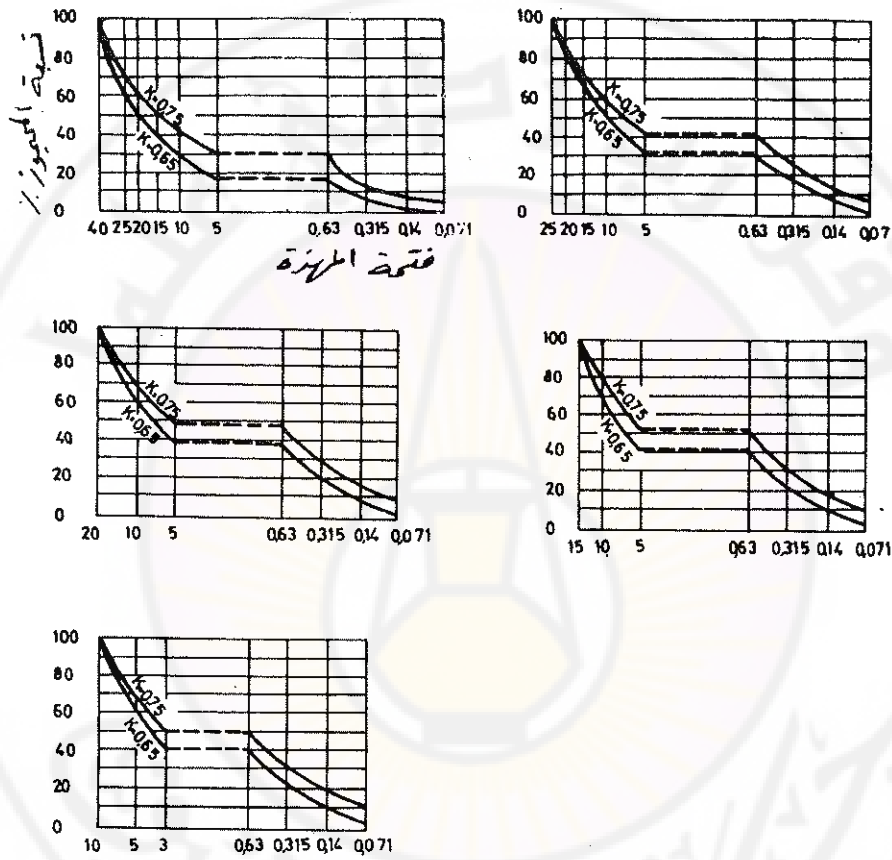
ويتصف هذا التركيب بانه يقلل من ظهور حادثة التفريق أي عزل
الحبات الكبيرة عن الحبات الصغيرة خلال عمليات نقل البيتون البيتوميني
أو صبه من الخلاطات من ارتفاعات كبيرة إلا أن هذه الحادثة ذات

الاهمية الكبرى في البيتون الاسمنتي هي اقل خطرا
منه في البيتون البيتوميني لأن لزوجة المادة الرابطة
تعمل الى الحد كبير في منع حدوث التفريق .



شكل رقم (١٦ - ١)

بعض منحنيات التدرج الحي المستمر



شكل رقم (١٦ - ٢)
بعض منحنيات التدرج الحبي المقطع

ولكن التركيب المستمر لا يسمح بان تحدد بدقة نسبة الفراغات الكائنة ضمن المواد الحبيبة الناشئة الامر الذي ينتج عنه سوء في تقدير كمية المادة الرابطة اللازمة • فاذا علمنا ان اية زيادة او نقص في كمية المادة الرابطة يمكن ان يؤدي الى عدم نجاح البيتون البيتوميني في اداء وظيفته ادركنا خطورة هذه القضية • لذلك فان الحد الاعظمي للخطا في كمية المادة الرابطة المستعملة ينبغي ان لا يتجاوز (١٠٪) او (١٥٪) من الكمية الاصلية على ابعد تقدير •

ان التركيب المستعمل الاكثر استعمالا هو الذي يحقق المنحنى التالي :

$$y = 100 \sqrt[3]{\frac{d}{p}}$$

حيث : y — هي نسبة المواد الحصوية التي تمر من المهزة التي فتحتها d

D — هي القطر الاعظمي لأكبر حبة من المواد الحبيبة المستعملة

ان هذا المنحنى يشبه منحنى بولومي Bolomey المستعمل في البيتون الاسمطي الا انه من الدرجة الثالثة في حين ان منحنى بولومي هو من الدرجة الثانية ، لذلك فهو يسمح بنسبة من العناصر الناعمة اكبر مما يسمح بها منحنى بولومي •

وبذلك يكون هذا التركيب اكثر ملاءمة لتحسين مواصفات البيتون

البيتوميني •

٢- شروط التركيب الحبيبي :

وعلى كل ومهما كان نوع التركيب الحبيبي المعتمد فانه ينبغي ان يحقق الشروط التالية :

١- ان نسبة العناصر الحصوية التي تقل عن (٢٥) يكون ينبغي ان صنف

أكثر من (٢٢%) من الوزن الاجمالي للمواد الحبيبة الحصوية •

٢- يجب ان تكون نسبة البودرة محصورة بين (٥-٨ %)

٣- يجب ان تكون نسبة العناصر الحصوية الخشنة التي هي اكبر من (٨مم

محصورة بين (٣٢-٣٧ %) •

ان الشروط السابقة يمكن توفيرها اذا ما التزمنا بتدرجات حبيبة معينة تختلف باختلاف الوظيفة التي سيؤديها المخلوط البتوميني وعلى سبيل المثال فاننا نثبت فيما يلي جدولا بالتدرجات الحبيبة مصلفة حسب خشونة المواد الحصوية اى حسب سماكة ووضع طبقة التغطية البتومينية وذلك استنادا الى المواصفات الرسمية لمعهد الاسفلت الاميركي •

التدرجات الحبيبة للمواد الحصوية						
المر من الموزة	المحجوز على المهزة	% وزن	% وزن	% وزن	% وزن	% وزن
٢	١	٤٥-١٥	—	—	—	—
١	٤/٣	—	٤٨-١٤	—	—	—
١	%	٤٥-٣	—	٥٢-١٧	—	—
٤/٣	٨/٣	—	٤٥-٣	—	٥٠-١٨	—
٨/٣	٨/٣	—	—	—	—	٣٩-٨
٨/٣	رقم ٤	—	—	٤٢-٦	—	—
٨/٣	رقم ٤	—	—	—	٣٦-٣	٤٥-٨
رقم ٤	رقم ١٠	١٥-٥	١٥-٥	١٥-٥	٢٢-٩	٢٧-٩
مجموع الخشن	رقم ١٠	٨٠-٦٠	٧٥-٥٥	٧٠-٥٥	٦٥-٥٠	٦٥-٥٠

رقم ١٠	رقم ٤	١٩-٣	٢١-٣	٢٠-٤	٢٢-٥	٢٢-٥
رقم ٤٠	رقم ٦٠	٢٢-٥	٢٥-٦	٢٥-٨	٢٧-٩	٢٧-٩
رقم ٨٠	رقم ٢٠٠	١٥-٣	١٦-٣	١٦-٤	١٨-٥	١٨-٥
رقم ٢٠٠	—	٥-٣	٦-٤	٧-٤	٨-٥	٨-٥
مجموع رقم ١٠	—	٤٠-٢٠	٤٥-٢٥	٤٥-٣٠	٥٠-٣٥	٥٠-٣٥
مجموع التام والبودرة						

الغرض الكلي

مجموع الحصيات ٩٣٥ - ٩٥٥ ٩٥-٩٣ ٩٥-٩٣ ٩٥-٩٣ ٩٤-٩٢ ٩٤-٩٢

اليومين ٥٤-٦ ٥٤-٦ ٥٤-٦ ٥٤-٦ ٥٤-٦ ٥٤-٦ ٥٤-٦

جـ- المادة الرابطة البيتومينية :

ان تحديد كمية المادة الرابطة اللازمة للمخلوط البيتوميني هسي عملية هامة جدا وينبغي ان تنفذ بدون زيادة ولا نقصان لان على حسن تقدير هذه الكمية يتوقف الى حد كبير نجاح صنع المخلوط البيتوميني وتحدد نسبة المادة الرابطة حسب طريقة استعمال هذا المخلوط وتدرجه الحبي - والوظيفة التي سوف يؤديها :

١- المخلوطات البيتومينية للطرق :

تحدد كمية المادة الرابطة بالاستناد الى القاعدتين التاليتين :

٢- ينبغي أن تبقى بعد دحي المخلوط نسبة من الفراغات الدائمة تتراوح بين (٤ - ٥ ٪) كضمانة للمستقبل لان انضغاط الطريق بفعل حركة السير سيؤدي الى اغلاق هذه الفراغات بمعدل (١ - ١٥ ٪) سنويا ولكن بعد سنتين او ثلاثة تتوقف هذه العملية وتبقى نسبة من الفراغات بحدود (١ - ٢ ٪) لا تغلق إطلاقا . فاذا رمزنا ب V_0 الى نسبة الفراغات الدائمة الاجمالية في المخلوط الوفي بمعد الدحي .

V_0 الى نسبة الفراغات الاجمالية في المادة الحصوية الناشفة .

D الى نسبة كثافة المواد الحصوية الى كثافة المادة الرابطة .

فيكون عيار المخلوط اي كمية المادة الرابطة اللازمة لكل كيلوغرام واحد

من المواد الحصوية :

$$y = \frac{V - V_0}{D} \quad (1)$$

ومن أجل : $V_0 = 4\%$, $D = 2.5$

$$y = \frac{V - 4}{2.5}$$

فمثلا اذا كان المخلوط الحصوي ذا فراغات اجمالية قدرها (٢٠ ٪) يكون

عيار الرابطة ٦٤ ٪ اي ٦٤ كغم من التفت لكل / ١٠٠ / كغم من المواد الحصوية

ب- ينبغي ان لا تزيد سماكة القشرة البيتومينية المغلفة للمواد الحصوية عن حد معين لذلك فاذا كان (S) هو السطح النوعي للمواد الحصوية مقاسة بالمترا المربع للكيلو غرام ، فان هذا الشرط يقضي بأن يكون غيار المخلوط محققا العلاقة التجريبية .

$$y = \alpha \cdot \sqrt[5]{s}$$

حيث α هو عدد ثابت يساوى (٤) في حالة استعمال البيتومين كمادة رابطة ويساوى (٥) في حالة استعمال القطران كمادة رابطة ومن مساواة العلاقتين (١) و (٢) فاننا نحصل في حالة البيتومين

$$\frac{v - v_0}{2,5} = \alpha \cdot \sqrt[5]{s}$$

وباعتماد النتائج السابقة :

$$\frac{v - 4}{2,5} = 4 \sqrt[5]{s}$$

$$v = 4 + 10 \sqrt[5]{s}$$

وبما أن شرائط التركيب الحبي تقضي أن تحتوى المواد الحصوية على نسبة كبيرة من المواد الناعمة وبما أن السطح النوعي الذى يكون محصورا عادة بين (٨ - ٢) كم/كغ يساوى (١٠) كم/كغ بصورة وسطية لذلك فان نسبة الفراغات الملائمة تساوى :

$$v = 4 + 10 \sqrt[5]{10} \approx 20 \%$$

وعيار المخلوط الملائم لصنع التغطية الطرفية هو :

$$y = 4 \cdot \sqrt[5]{s} = 4 \cdot \sqrt[5]{10} = 6,34 \%$$

أي نسبة الاسفلت ينبغي ان تكون محصورة بين (٦) و (٦,٥) من وزن المادة الحصوية .

٢ - المخلوطات البيتومينية لمهابط الطائرات :

ان كثافة السير في مهابط الطائرات اقل منها في الطرقات ، لذلك فان المخلوطات البيتومينية لمهابط الطائرات تكون اقل عرضة للانضغاط منها في الطرقات ، مما يسمح بان تكون الفراغات الدائمة فيها بعد الدهي اقل .

وتحدد عادة بنسبة ٢٪ (٢ % = γ_0) كما ويسمح بنسبة اكبر من

الاسفلت لاشغال الفراغات الفائضة لذلك تصبح العلاقة (٢) :

$$y = 4,5 \cdot \sqrt[5]{K} = 4,5 \cdot \sqrt[5]{10} = 7,12 \%$$

اي ان نسبة البيتومين اللازمة في هذه الحالة تكون محصورة بين

(٧ - ٢٥)٪ من وزن المادة الحصوية الداخلة في المخلوط البيتوميني .

٣ - المخلوطات البيتومينية المانعة للرشح :

ان هذا النوع من المخلوطات البيتومينية لا يطلب منه تحمل اية اجهادات

بل يكون مستمرا وكتيما لا يحتوى اية فراغات لذلك فان كمية الاسفلت فيه ينبغي

ان تكون كافية لملء جميع الفراغات الموجودة ضمن المادة الحصوية الناشفة

وتزداد هذه النسبة عادة بمعدل (٢٠٪) لضمان عدم بقاء اية فراغات ولذلك

يكون عيار هذه المخلوطات البيتومينية في هذه الحالة محصورا بين (١٣ - ١٤)٪

من وزن المادة الحصوية .

٤ - انواع المخلوطات البيتومينية :

٦ - البيتون البيتوميني المغلق :

وهو البيتون المثالي ذو التركيب الحبي المدروس بعناية فائقة بحيث

لا يترك اية فراغات فائضة عن نسبة الفراغات الدائمة المسوح بها عادة (٤٪) في

الطرق و ٢٪ في سباط الضائرات) وهو يتصف بأنه يأخذ شكله النهائي

بعد دحيه مباشرة ، او انه لا يحدث فيه اى تشوهات ذات قيمة بعد الانتهاء

من فرشه ودحيه باعتباره بيتونا كثيفا لا يقبل اى تغيير في الشكل .

ويصنع عادة لتلبية مشاريع الطرق السريعة او الاوتوستراد وصناعتهم

تعتمد على دراسات مخبرية حديثة وتكون فيها العناصر الحصوية ذات

تركيبات منتظمة وشاب و ذات حبات مكمية الشكل .

ولصنع هذا النوع من البيتون يستخدم الاسفلت الاسنتي (Ac)

بدرجة حرارة لا تقل عن (٩٥.٠) مئوية ثم يعزج مع المواد الحصوية بعد
تحميصها بشكل لا تقل درجة حرارة البيتون عند فرشها عن (١٠٠) مئوية ثم
يدحى في درجة حرارة محصورة بين (٥٠ - ٨٠) مئوية وذلك لان درجة
حرارة اخفض من (٥٠) تجعل ميوعة الاسفلت غير كافية لتفليط المواد الحبية
ولان درجة حرارة اعلى من (٨٠) درجة تجعل من اجهزة الدحى والرج تترك
اثارها على طبقة البيتون والخالصة فان هذا النوع من البيتون هو النوع
المثالي الا ان تجهيزه صعب ودقيق جدا والنجاح فيه غير مضمون النتائج
لان اى تغيير ولو طفيف في تركيبه الحبي وفي نوع المواد الحصوية
وفي عيار الاسفلت قد يؤدى الى هبوط كبير في مواصفاته الاستعملية.

ب - البيتون البيتوميني المفتوح :

وهو بيتون بسيط وسهل التركيب يختلف اختلافا بينا عن البيتون
المغلق وهو يسمى عادة الماكادام البيتوميني او الماكادام القطراني حسبما
تكون المادة الرابطة، فيه البيتومين او القار .
يستعمل في صنع البيتومين المميع او الكات باك او المستحلبات ويجهز
على البارد بدون اى موقد حرارى لتسخين البيتومين او لتحميص المواد
الحبية الحصوية كما ويدحى على البارد لان ميوعة البيتومين كافية في
الحرارة العادية لتأمين ضغطه .
ويتألف تركيبه الحبي عن عنصر وحيد هو عنصر البحص المتدرج المستمر
بين (٥ / ٢٠) مم وهو المسمى (راسه بعبه) لذلك فان البيتون الحاصل يكون
حاويا على نسبة عالية من الفراغات ثم انه تحت تاثير حركة السير يتكسر
البحص ويتفتت فينتج عنه الرمل والبودرة التي تملأ الفراغات .
ان هذا النوع من البيتون يتطور تحت تاثير ضغط المرور ليشكل عمليا
بيتوناشبيها بالبيتون المغلق من حيث التركيب الحبي والكثافة لذلك ينبغي
ان تحافظ المادة الرابطة فيه على درجة من الميوعة تتمكن معها من اعادة

تغليف العناصر المتفتتة على البارد . لذلك يشترط أن تكون مادته الرابطة إما من نوع الكات باك أو من نوع المستحلبات ، لكن هذا النوع من البيتون أقل مقاومة من البيتون المغلق وهو قابل لنفوذ الماء والهواء فيؤدي الأول إلى تهلل طبقات رصف الطريق وانخفاضها ويؤدي الثاني إلى الإسراع في شيخوخة المادة الرابطة وتفتتها لذلك ينبغي إغلاق سطحه العلوي بطبقة دهان تسمى (Sealing Coat) مؤلفة من مونة ومجهزة على الساخن غنية بالبيتومين وتركيبها الحبي من (٠ / ٣) ملم .

جـ - البيتون البيتوميني نصف المغلق :

وهو وسط بين النوعين السابقين فهو يشبه البيتون المغلق من حيث نوع المادة الرابطة واستعمالها على الساخن ويشبه البيتون المفتوح من حيث أن تركيبه الحبي لا يحوى سوى عنصرين حبيين حصويين هما البحص (٢٠ / ٥) ملم والرمل (٢ / ٢٥) ملم ويحوى نسبة من الفراغات على الناشف بين (٩ - ١٢) % من حجم المواد الحصوية الناشفة وإما العناصر الناعمة (أى البودرة) والعناصر المتوسطة بين البحص والرمل فهي تنشأ وتتكون خلال الاستعمال تحت تأثير حركة المرور .

والخلاصة فإن هذا النوع من البيتون هو نوع متطور يغير من تركيبه الحبي تحت تأثير المرور وهو لا يتطلب في صنعه اندقة الكبيرة التي تتطلبها البيتون المغلق لذلك فهو أقل عرضة لسوء التنفيذ

د - تصميم الخلط البيتومينية وتجريبها :

٢ - مقدمة :

أشرنا في هذا الفصل إلى أهمية اختبار كل من المواد الحصوية والبيتومينية بمفردها ولكن الأهم هو اختبار الخلط المكونة من هذه المواد من أجل :

١ - تعيين النسب المختلفة التي تدخل في تركيبها .

٢ - تحديد خصائصها الاستعمالية .

وذلك تلبية للهدف من تصميم الخلائط البيتومينية الا وهو

تعيين خلائط اقتصادية وتدرجات حبية مناسبة من هذه

المواد الحصوية تقس ضمن حدود مواصفات المشروع المطلوب تنفيذه

٣ - وكذلك تعيين العيار البيتوميني المناسب لهذه الخلائط

التي تتوفر فيها الشروط التالية :

٢ - البيتومين الكافي من اجل الحصول على طبقة رصف

مستدime وذلك بتغليف الزيت للحبات الحصوية تغليفا

كاملا يكفل جعل هذه الطبقة من الرصف كثيفة ومربطة .

حباتها بعضها ببعض بواسطة رص اصولي .

ب - الثبات الكافي من اجل تأمين القيام بالخدمة المطلوبـة

وتحمل حركة المرور بدون تشوه او تغير في الشكل .

ج - نسبة الفراغات الكافية في كتلة الخليطة المرصوفة كخزان

من الفراغ يمكن ان يستعمل بنتيجة حدوث رص مفرط تحت

تأثير حمولات المرور وذلك من اجل تجنب التعرق **Flushing**

وفقدان شيء من الثبات .

د - قابلية كافية للشغل كي تصبح عمليات استخدام هذه

المخلوطات مجددة في اماكن رصفها .

يوجد عدة طرق لتصميم واختبار المخلوطات البيتومينية المستعملة في إنشاء طبقات رصف التغطية واكثر الطرق اعتمادا :

- تجربة مارشال

- تجربة هيرد - فيلد

- تجربة هفيم

- تجربة سميث

وهذه الطرق تعطي نتائج مضمونة ولذلك يعود التفضيل بينها لرغبات المهندسين . كذلك توجد تجارب اخرى على الخلائط البيتومينية ومنها قياس مقاومة البيتون البيتوميني على الضغط أو الشد حيث تجري التجربة على عينات اسطوانية من البيتون البيتوميني بعد (٤١) ساعة من فك القوالب ويجب أن تكون سرعة تطبيق الحمولة (١,٥٦) مم / ثا من أجل العينة الاسطوانية بقطر ٨ سم ارتفاع ٩ سم ووزن كيلوغرام واحد تقريبا .

من الجارب الاخرى تجربة انتفاخ البيتون نتيجة تشربه للماء وتتم التجربة بأن توضع عدة عينات من البيتون البيتوميني في الماء بدرجة حرارة الجو المحيط ويحدد الانتفاخ الحجمي الحاصل الذي يجب أن لا يتجاوز (٢٪) بعد يومين و (٢٥٪) بعد سبعة أيام كما يجب ان لا تهبط مقاومة العينة عن (٦٠٪) نتيجة تشربها بالمياه عند غمرها لمدة سبعة أيام كما يجب ان لا تقل مقاومة العينة عن (٥٠) كغ / سم^٢ قبل التشرب وعن (٢٠) كغ / سم^٢ بعد التشرب لمدة سبعة أيام .

ب - طريقة مارشال في تصميم الخلطات :

١ - مقدمة :

تعطى هذه التجربة مميزات المونة البيتومينية والبيتون البيتوميني تبعاً لتغير نسبة الرابط وهي تستخدم من أجل تصميم خلاطات الرصف البيتومينية مخبرياً وتستعمل في الورشة من أجل التحقق من مواصفات الخلطات البيتومينية الحاوية على الاسفلت والمواد الحصوية التي لا تزيد أبعادها عن ٢٥ مم .

نستطيع القول ان تجربة مارشال تفيد في تعيين المعيار الاصولي من الرابط البيتوميني في الخليطة كما انها تفيد في تعيين بعض المميزات الفيزيائية لهذه الخليطة نتيجة القياسات المجراة في التجربة " سوف نشئ هذه القياسات بالتفصيل "

هذه التجربة تسمح لنا برسم المنحنيات التالية :

(١) منحني يربط تغير كثافة المخلوط البيتوميني بدلالة عيار الرابط

(البيتومين)

(٢) منحني يربط تغير الشد بدلالة عيار الرابط (البيتومين)

(٣) منحني يربط تغير الانسياب بدلالة عيار الرابط .

(٤) منحني يربط تغير النسبة المئوية للفراغات في المواد الحصوية

المسامية بدلالة عيار الرابط .

(٥) منحني يربط تغير النسبة المئوية لفراغات الهواء في المخلوط

البيتوميني " عامل الامتلاء " بدلالة عيار الرابط .

وفيما يلي استعراض مفصل لهذه الطريقة

٢- الاجهزة والادوات والمواد اللازمة :

- (١) مكبس بقوة ٥ طن مع مقياس يبين سرعة انكسار العينة .
 - (٢) قالب مارشال للرض ذو القطر ١٠ سم والارتفاع ٦ سم .
 - (٣) مطرقة الرض وزنها ٥٤ كغ وطول شوطها ٤٥ سم .
 - (٤) مكبس لاختد العينات .
 - (٥) كرونوميتر .
 - (٦) حمام مائي حرارى بدرجة حرارة $60 \pm 1^\circ$ م
 - (٧) فرن بدرجة حرارة 140° م
 - (٨) مقياس حرارة مدرج حتى ٢٠٠ م بحساسية ٥ م
- انظر الشكل رقم (١٦-٣)

٣- صنع العينات :

نصنع عينات مخبرية اسطوانية الشكل قطرها ١٠ سم وارتفاعها ٦٥ سم تقريبا وبالضبع نأخذ ابعاد الاصولي للبيتومين الذى وجدناه معطس بالديستور .

$$y = x \cdot \sqrt[5]{5}$$

y : البعد الاصولي للبيتومين .

x : ثابت يتعلق بالمادة الرابطة .

$x=4$ عند استعمال البيتومين كمادة رابطة .

$x=5$ عند استعمال القطران كمادة رابطة .

وتتألف كل عينة من ١١٠٠ غرام من خليطة البيتون البيتوميني وتصر العينات بطرقها بمطرقة وزنها ٥٤ كغ وطول شوطها ٤٥ سم وعدد الطرقات يتعلق بحالة المرور المعتبرة :

- ففي مجال الطرق ترص بعدد من الطرقات ٥٠ طريقة

- وفي مجال المطارات ترص بعدد من الطرقات ٧٥ طريقة .

ثم تخرج العينة لتبرد في جو المخبر وتتهيأ للفحص على مكبس مارشال بشرط أن لا يؤدي خروج العينة من قالبها الى اي قسوه .

٤ - التحضيرات قبل اجراء التجربة :

قبل ان تجري كسر العينات بمكبس مارشال يجب ان نعين كثافتها " الوزن الحجمي " ونسبة فراغات العينات المرصوة .

٦ - لتحمين كثافة العينة " الوزن الحجمي "

نصادف حالتين :

(١) حالة عينة من البيتون المغلق

(٢) حالة عينة من البيتون المفتوح .

(١) - حالة عينة من البيتون المغلق :

- تزن العينة في الهواء وليكن الوزن P_1

- نعلق العينة بسلك من الشبه وزنه P_g

- فربط العينة والسلك تحت ميزان هيدروستاتيكي وتغمر العينة

داخل اناء حاو على ماء .

- نزن العينة المغمورة بالماء وليكن وزنها P_2

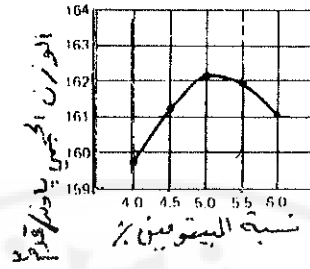
- نحسب كثافة العينة (الوزن الحجمي) γ_o من العلاقة .

$$\gamma_o = \frac{P_1}{[P_1 - (P_2 + P_g)] \cdot \gamma}$$

حيث γ : الوزن النوعي للماء

- نحصل على منحنى علاقة الوزن الحجمي بالنسبة المئوية للبيتومين كما

في الشكل رقم (١٦ - ٣ - ١)



شكل رقم (١٦ - ٣ - ١)

(٢) حالة عينة من البيتون المفتوح :

- وزن العينة في الهواء P_1
- تدهن العينة بالبرافين بالهواء وليكن وزنها P_1'
- توزن العينة الدهونة بالرافين في الماء وليكن وزنها P_2
- بالطبع لوزن العينة العبرقة وهي مغمورة بالماء تعلق بسلك
- من الشبه وزنه P_g

- يحسب الوزن الحجمي بالدستور التالي :

$$\gamma_o = \frac{P_1}{P_1' - (P_2 + P_g) - \frac{P_1' - P_1}{0.85}}$$

حيث الوزن النوعي للبرافين يساوي ٠.٨٥

بذلك نحصل في هذه الحالة على منحنى طاقة الوزن الحجمي
• بالنسبة المثوبة للبيتومين

٥ - كسر العينات بجهاز مارشال :

- آ - تغمر العينة في حمام مائي حراري درجة حرارته (٩٠°) لمدة (٣٠ - ٤٠) دقيقة و نغير جهاز قياس سرعة الانكسار بحيث يت
- تزداد السرعة بمقدار (٨٤٦ ر. م) / ثانية

— نضع العينة بين فكي المكبس ونضغط عليها فتتشوه العينة "تصاب وتقلطح" .

— بالتحريف نقول عن الحمولة القصوى المطبقة على العينة والمسجلة بالتجربة بالثبات الاجمالي للعينة الذي يضرهم بعامل تصحيح يتعلق بحجم العينة وعامل التصحيح معطى بالجدول التالى :

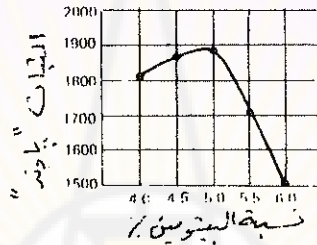
ارتفاع العينة سم	حجم العينة سم	عامل التصحيح
٥ ر ٨	٤٠٦ — ٤٢٠	١ ر ٤٧
٥ ر ٢٤	٤٢١ — ٤٣١	١ ر ٣٩
٥ ر ٤	٤٣٢ — ٤٤٣	١ ر ٣٢
٥ ر ٥٦	٤٤٤ — ٤٥٦	١ ر ٢٥
٥ ر ٧	٤٥٧ — ٤٧٠	١ ر ١٩
٥ ر ٩٨	٤٧١ — ٤٨٢	١ ر ١٤
٦ ر ٤	٤٨٣ — ٤٩٥	١ ر ٩
٦ ر ٢	٤٩٦ — ٥٠٨	١ ر ٤
٦ ر ٣٥	٥٠٩ — ٥٢٢	١ ر
٦ ر ٥١	٥٢٣ — ٥٣٥	٠ ر ٩٦
٦ ر ١٧	٥٣٦ — ٥٤٦	٠ ر ٩٣
٦ ر ٨٣	٥٤٧ — ٥٥٩	٠ ر ٨٩
٦ ر ٩٩	٥٦٠ — ٥٧٣	٠ ر ٨٦

وحجم العينة يعطى بالعلاقة التالية :

$$\text{الحجم} = \frac{\text{وزن العينة}}{\text{الوزن الحجمي للبيتون}}$$

عند جداء الثبات الاجمالي بهامل التصحيح نحصل على
الثبات المصحح " شبات مارشال "

ب - نرسم منحنى يربط ثبات مارشال مع النسبة المئوية للبيتون
فنحصل على الشكل التالي رقم (١٦ - ٣ - ٢)



شكل رقم (١٦ - ٣ - ٢)

ج - قياس السيلا - الانسياب :

السيلا هو التشوه الاعظمي الذي يطرأ على العينة قبل
أن تنكسر ويقدر هذا التشوه بـ ١٠.٨٤٦
ولحساب السيلا نشغل الكرونوميتر ضد بدء تطبيق الحمولة
ثم نوقفه عند الوصول الى الحمولة العظمى وبالتالي نقدر الزمن الذي
انقضى، ونحسب السيلا للعينة من الدستور التالي :

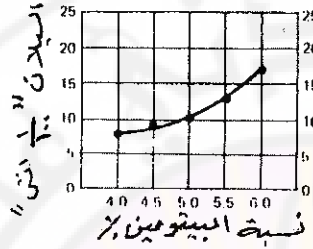
$$F\ell = V.T$$

حيث $F\ell$ = السيلا

V = سرعة اقتراب فكي المكبس وتساوى ٠,٨٤٦ مم/ثا

٣ - الزمن بالقواني بين ابتداء تطبيق الحمولة لحظة الوصول للحمولة الاعظمية .

نرسم المنحني الذي يربط السيلان مع النسبة الطولية للبيتومين فنحصل على الشكل التالي رقم (١٦ - ٣ - ٣)



شكل رقم (١٦ - ٣ - ٣)

د - حساب المسامية :

الفرغات في المواد الحصوية :

تحتسب مسامية خليطة البيتون البيتوميني بالحلقة التالية :

$$\frac{100+P}{\gamma} = \frac{100}{\gamma_{ag}} + \frac{P}{1,03}$$

الوزن النوعي للبيتون γ

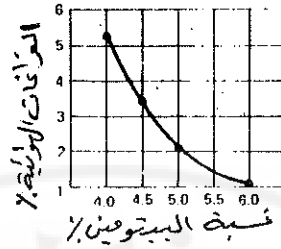
P : النسبة المئوية للبيتون

γ_{ag} : الوزن النوعي لمزيج الحجارة

1,03 : الوزن النوعي للبيتومين مقدراب غرام / سم ٣ بدرجة

٩٥ م وكذلك نرسم المنحني الذي يربط المسامية

مع النسبة المئوية للبيتومين ، انظر الشكل رقم (١٦ - ٣ - ٤)



شكل رقم (٤ - ٣ - ١٦)

هـ - حساب عامل الامتلاء :

الفراغات في المخلوط البيتوميني :

عامل الامتلاء يساوي النسبة بين حجم الفراغات الممتلئة بالبيتومين وحجم فراغات المادة الحصىية وهو يعطى بالعلاقة التالية :

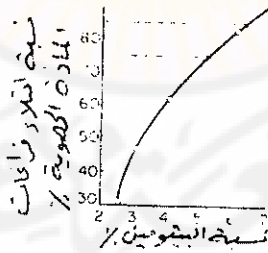
$$= \frac{u}{u+n} \cdot 100 \%$$

u : حجم الفراغات الممتلئة بالبيتومين

n : حجم الفراغات المتبقية "مسامية خليطة البيتون البيتوميني"

- نرسم منحنى يربط بين عامل الامتلاء والنسبة المئوية للبيتومين

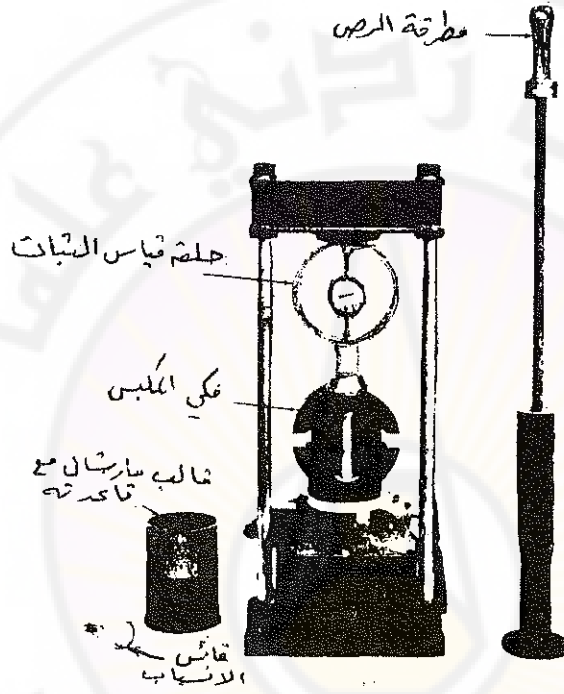
الشكل رقم (٥ - ٣ - ١٦)



الشكل رقم (٥ - ٣ - ١٦)

وفيما يلي جدول يوضح القيم النموذجية التي نحصل عليها من خلال
تجربة مارشال والتي ترتبط ارتباطا مباشرا بالنسبة المئوية للرباط البيتوميني .

نسبة امتلاء فراغات المادة الحصوية . / .	النسبة المئوية لفراغات الخلطة البيتومينية . / .	الانسياب (السيلان) (م.ر. انش)	الغبار (باوند)	الكثافة (الوزن الحجمي) باوند / قدم ³	نسبة البيتومين الى المادة الحصوية . / .
٢٨٧	١٣.١	٦.٥	٩٧٥	١٣٨.٤	٢.٥
٤٠٣	٩.٩	٧.٥	٢٣٤٦	١٤٢.٨	٣
٥١٢	٧.٦	٨.٠	٢٦٥١	١٤٥.٤	٣.٥
٦١٣	٥.٧	١١.٧	٢٦٥٨	١٤٧.٤	٤
٧٤٥	٣.٩	١٧.٥	٢٠٥٠	١٤٨.٠	٥
٨٢٢	٢.٩	٣١.٥	١٢٥٠	١٤٧.٤	٦
٥٨٦.٥	٢.٤	٤٣.٨	٤٣٤	١٤٦.١	٧



شكل رقم (٣-١٦)
مكبس مارشال مع بعض
تجهيزات التجربة
٣٥٢

ج - تجربة هبرد - فيلد لتصميم الخلطات:

١- مقدمة :

تستخدم هذه الطريقة من أجل :

آ - تصميم مونة اسفلتية مؤلفة من مزيج من الرمل والبودرة والبيتومين

ب - تصميم مخلوطات خشنة مثل البيتون الاسفلتي .

المظهران الرئيسيان لهذه التجربة هما :

(١) علاقة الكثافة بنسبة الفراغات وتحليلها .

(٢) اختبار درجة الثبات .

٢- تحضير المخبرات (العينات) :

تحضر المخبرات بمقاسين مختلفين :

١- المقاس الاول : اسطوانة قطرها ٢" وارتفاعها ١" لدراسة العونة

الاسفلتية .

٢- المقاس الثاني : اسطوانة قطرها ٦" وارتفاعها $(\frac{3}{4}-2-3)$ لدراسة

البيتون البيتوميني .

وتحضر هذه المخبرات بنفس الطريقة التي تم تحضير مخبرات

مارشال بها من حيث عيار البيتومين وعدد المخبرات ذات العيار

الواحد وتجدر الاشارة الى ان كل نوع من نوعي المخبرات يجرى رسمه

بطريقة اصولية وباستعمال مطرقة معينة وتنبأ المخبرات للتجربة

التالية .

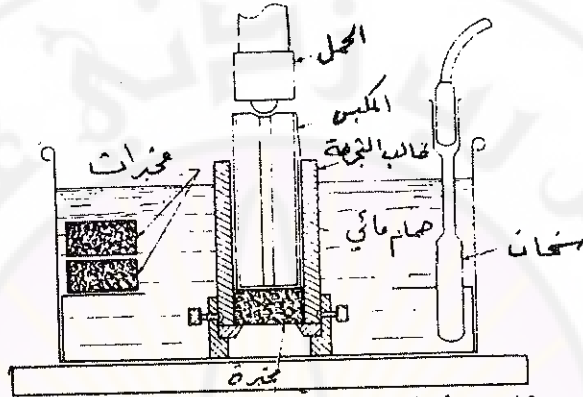
٣- التجربة :

قبل اجراء التجربة نعين كثافة و نسبة فراغات المخبرات

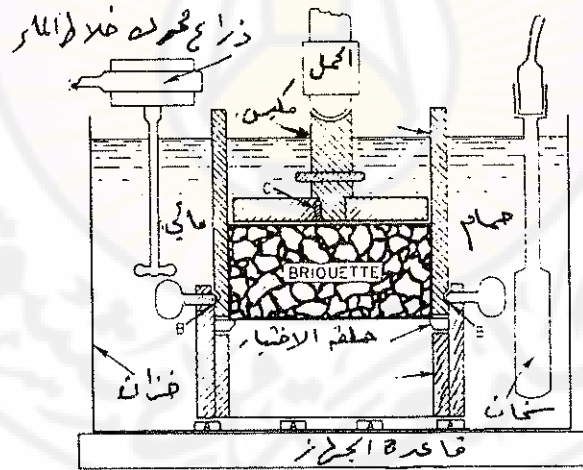
المرصوفة ثم نسخنها لدرجة الحرارة ١٠٠م قبل ادخالها

الى قالب الاختبار حيث يوجد نومان من قوالب للاختبار حسب
مقاسات المختبرات .

ان الشكلين رقم (١٦-٤-١) و (١٦-٤-٢) يبينان جهاز
هيرد- فيلد لفحص نموي المختبرات .



شكل رقم (١٦-٤-١) جهاز هيرد- فيلد لاجراء الفحوصات على عينات
المونة البيتومينية .



شكل رقم (١٦-٤-٢) جهاز هيرد - فيلد لاجراء الفحوصات على عينات
من البيتون البيتوميني .

توضع المخبرة في القلب المعد لهذه الغاية بحيث تكون
مركزة على حلقة الفحص التي يبلغ قطرها ١٧٥ سم^٢ للمخبرات الكبيرة
و ١٧٥ سم^٢ للمخبرات الصغيرة.

نعمل على ضغط المخبرة محوريا وذلك من طريق تطبيق حمولة
في منتصف المخبرة وبحيث تجبر المخبرة على الانسياب من خلال حلقة
الفحص وذلك بمعدل سرعة قدرها (٢) أنش/دقيقة وبالتعريف يدعى
ثبات هيرد-فيلد الحمولة القصوى المطبقة على المخبرة والمسجلة
خلال التجربة.

٤- الحسابات والنتائج :

لقد اثبتت التجربة ان توضع الحمومات الخشنة داخل المخلوط
البيتوميني وتوجهها ضد فوهة الحلقة غالبا ما يكون سببا في تشوه
القيم الحقيقية لدرجة الثبات.

لذلك وانطلاقا من هذه الملاحظة يفضل استخدام طريقة
هيرد-فيلد من اجل تصميم المونة البيتومينية حيث تستخدم القوالب
الصغيرة كذلك الامر وكما في تجربة مارشال فان تجربة هيرد-فيلد تفيد
في تعيين المعيار الاسولى من الرابط البيتوميني في الخليطة كما
تفيد في تعيين بعض المميزات الفيزيائية للخليطة.

تتم مراحل التجربة باجراء الحسابات واستخلاص النتائج ورسم
المنحنيات البيانية الممثلة للميزات الفيزيائية التالية :

- ١- تغير الثبات بدلالة عيار الرابط البيتوميني^٥ نتائج الجهاز والمخبرات
- ٢- تغير كثافة المخلوط البيتوميني بدلالة عيار الرابط البيتوميني.

٣- تغيير النسبة المئوية لفراغات الهواء في الخليط بدلالة عيار الرابطة البيتوميني .

٤- تغيير النسبة المئوية للفراغات في المواد الحصوية بدلالة عيار الرابطة البيتوميني .

وبالاستناد الى المنحنيات السابقة يمكن تعيين الحيار الاصولي للرابطة البيتوميني من خلال التماس انسيب القيم العائدة لهذه المميزات الفيزيائية حيث نأخذ بحين الاعتبار المواصفات المعتمدة .
د - تجربة هفيم في تصميم الخلطات البيتومينية :

- طريقة هفيم تستعمل بشكل رقمي من أجل التدرج الكثيف لخلطات الرصف البيتومينية .

- طريقة هفيم تعتمد على استقامة سطح الحصويات للتماسك مع المواد البيتومينية واستقامة سطح الحصويات تعتمد على مايلي :

١- تدرج الحصويات .

٢- شكل ومواصفات الحصويات .

٣- الاختلاف في قدرة الامتصاص للجزئيات الحصوية .

والخطوة الاولى في العمل تعتمد على تحديد السطح النوعي للحصويات الذي يعين اعتمادا على التحليل الحبي حيث نأخذ بالاعتبار مواصفات سطح الحصويات .

فقد وضع هفيم ما يسمى بثابت السطح النوعي

الذي يرتبط بأبعاد المنخل حسب الجدول التالي :

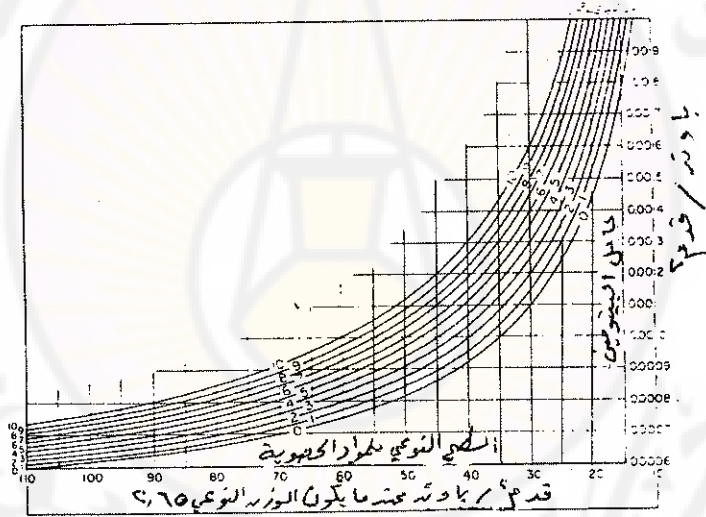
رقم ٢	رقم ١	رقم ٣	رقم ٤	رقم ٥	رقم ٦	رقم ٧	رقم ٨	رقم ٩	فتحة المنخل
١٦٠	٦٠	٣٠	١٤	٨	٤	٢	—	—	عامل السطح النوعي

ان ثابت السطح النوعي اذا ضرب بالنسبة المئوية للحصول على المارة
من كل منخل فاننا نحصل على مساحة السطح النوعي المكافئة لكل فتحة
مقدرة ب قدم ٢/باوند ونعطي فيما يلي مثالا على حساب السطح النوعي :

السطح النوعي	عامل السطح النوعي	النسبة المئوية الماصة من المنخل	فتحة المنخل
—	—	١٠٠	رقم ١
٢٠	—	٩١	رقم ٢
١٢	٢	٦٢	رقم ٤
١٧	٤	٤٢	رقم ٨
٢٤	٨	٣٠	رقم ١٦
٢٩	١٤	٢١	رقم ٣٠
٣٩	٣٠	١٣	رقم ٥٠
٤٢	٦٠	٧	رقم ١٠٠
٦٠	١٦٠	٤	رقم ٢٠٠

السطح النوعي = ٢٤٧ قدم ٢ / باوند

بعد ذلك نقوم بتعيين كمية البيتومين الواجب اضافتها استنادا الى المخطط المبين في الشكل رقم (٥-١٦) والذي وضع من قبل سائون وهفيم .



الشكل رقم (٥-١٦) مخطط يبين العلاقة بين السطح اللوي للمواد الحصى وكمية البيتومين الواجب اضافتها

طريقة الاستخدام :

(١) نعين السطح النوعي للمواد الحصوية المستخدمة ونحدده على محور السينات .

(٢) نرفع شاقول من نقطة السطح النوعي حتى الالتقاء مع احد المنحنيات المرسومة (ملاحظة : ان الارقام من ١٠ - على المنحنيات تمثل عوامل السطح للمواد الحصوية فالارقام الاقل تدل على الحصويات المنبسطة القاسية ويزداد الرقم مع ازدياد خشونة) .

(٣) ثم بعد ذلك بخط افقي نحو محور العينات حيث نحصل على عامل البيتومين .

(٤) نضرب العامل بقيمة السطح النوعي فنحصل على كمية البيتومين لباوند واحد .

ان القيم التي نحصل عليها من هذا المخطط تكون صحيحة في حال استخدام مواد حصوية ذات وزن نوعي مقداره (٢٦٥)

أما في حال كون الوزن النوعي غير ذلك فان قيمة البيتومين المضافة لباوند واحد = $\frac{265}{\text{الوزن النوعي للمادة الحصوية}} \times \text{السطح النوعي} \times \text{عامل البيتومين}$.
ان البيتومين الذي يستخدم بهذه التعريفه هو من الانواع SC بطيئة التطاير و MC المتوسطة التطاير .

ان المخطط السابق في طريقة هفيم لا يأخذ بعين الاعتبار كمية البيتومين الممتصة من قبل الحصويات . كما انه غير قابل للتطبيق لكل درجات المواد البيتومينية .

لذلك كانت الخطوة التالية في تطوير طريقة كاليفورنيا " او هفيم " هي باجراء تجربة تسمى مكافئ الكيوسين بالطرد المركزي التي يرمز لها CKE والتي بواسطتها يمكن قياس المسطح النوعي بشكل جيد مع الاخذ بعين الاعتبار

قدرة امتصاص سطح الحصويات وتستحصل على النتائج السابقة من تقدير كمية الكيوسين المحتجزة في الحصويات .

وقد وجد بأن الطرد المركزي ضروري حيث أن السائل سيشكل طبقة تغطي سطح الحصويات بدون أى فائض محجوز في فراغات الكتلة الحصوية وقد اختيرت مادة الكيوسين كسائل بسبب انخفاض لزوجتها ونسبة تهجرها وفيما يلي استعراض لهذه التجربة " تجربة مكافئ الكيوسين بالطرد المركزي CKE " تتضمن إجراءات الـ CKE غمس النموذج الحصوي الناعم بالكيوسين ثم نعرضه للطرد المركزي بقوة ذات تسارع يعادل (٢٠٠) مرة من تسارع الثقالة ، من قياس كمية الكيوسين المحتجزة في العينة نحصل على مكافئ الكيوسين بالطرد المركزي CKE

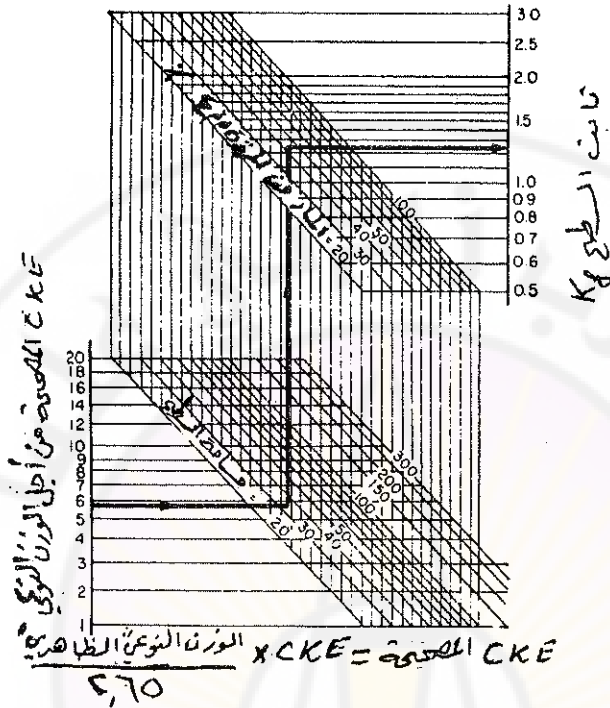
ملاحظة هامة :

لتقدير قدرة " استطاعة " وامتصاص السطح النوعي للحصويات الخشنة نغمس النموذج في ($SAE No 10$) زيت التشحيم . حيث يزال الزيت الزائد بالسماح للعينة بالجفاف ولكن نحافظ على درجة الحرارة $60^{\circ}C$.

كذلك الامر فان وزن الزيت المحتجز هو قياس للسطح وقدرة امتصاص الحصويات الخشنة .

طورت طريقة كاليفورنيا " هفيم " بوضع مجموعة من المخططات لتلائم تصميم الخلطات لعدد كبير من الحالات .

حيث ان هذه المخططات وضعت من اجل مواد حصوية ذات اوزان نوعية مختلفة اولتدوجات مختلفة وليلى واشكال سطح متعددة وبحسب نوع المادة الرابطة البيتومينية فمثلا الشكل رقم (٦ - ٦) التالي:

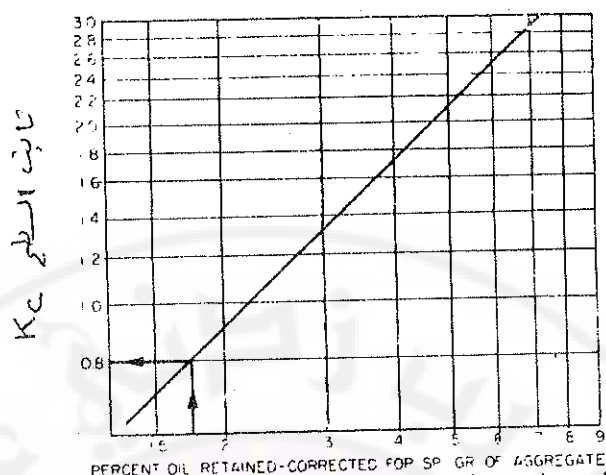


شكل رقم (١٦ - ٦)

وضع ليعطي ثابت السطح للحصويات الناعمة K_f من كمية الحصويات المارة من المنخل رقم ٤ كما انه يعطي السطح النوعي لهذه الحصويات •
" يجب ان لا ننسى اننا نستعمل الكيوسين للحصويات الناعمة "

بينما المخطط رقم (١٦-٧) العرفق بالصفحة التالية يستعمل للحصول على ثابت السطح K_c للاجزاء الحصوية الخشنة وذلك عن طريق معرفة النسبة المئوية لـ " SAE No ١٥ " زيت التشحيم المتبقي في الحصويات الخشنة •

شكل رقم (٧-١٦)



نسبة الزيت المحتصة والمصححة عن أثقل الوزن النوعي للمهويات

نسبة الزيت المحتصة والمصححة =
 الوزن النوعي الظاهري للمواد المصهية
 نسبة الزيت المحتصة $\times$

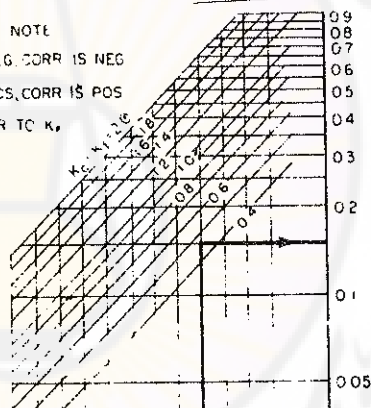
٢,٦٥

NOTE

IF $K_c - K_{c0}$ IS NEG. CORR. IS NEG.

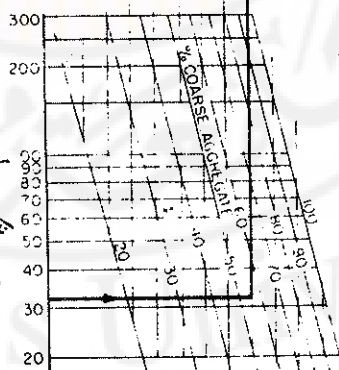
IF $K_c - K_{c0}$ IS POS. CORR. IS POS.

$K_{c0} = K_c + \text{CORR. TO } K_c$



شكل رقم (٨-١٦)

السطح النوعي للمهويات
 قديم / يادنه

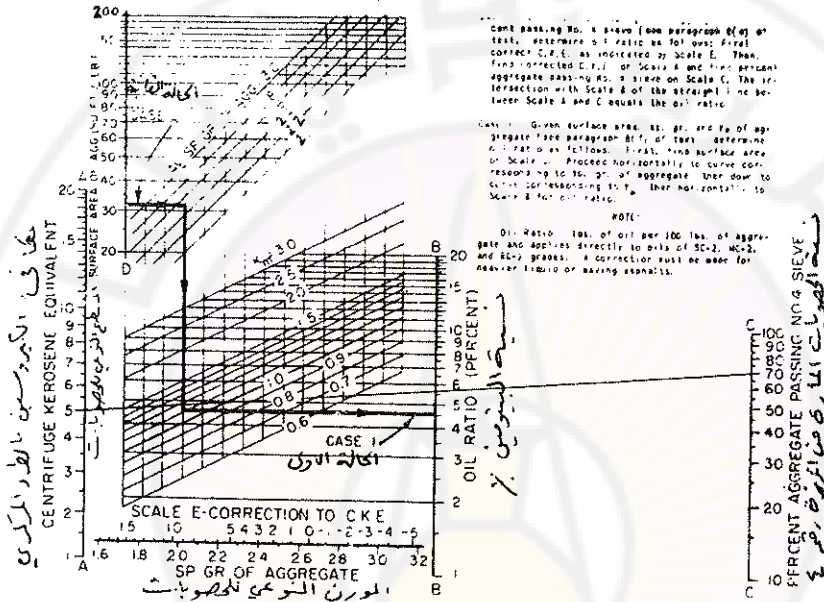


بينما الشكل رقم (١٦-٨) التالي فانه يستعمل من اجل دمج ثوابت السطح
للحصى الناعمة K_f وللحصى الخشنة K_c $K_m = "K_f + K_c"$

ان K_m هو ثابت السطح للتركيب الحصوي (الناعمة + الخشنة) ان

الشكل رقم (١٦-٩) يستعمل لتعيين الكمية الفعلية للمواد البيتومينية

لدرجات الكات باك • MC-2 , RC-2 , SC-2



شكل رقم (١٦-٩)

ومن المخطط رقم (١٦-٩) يلاحظ وجود حالتين :

١- الحالة الاولى : حاله : $K_c = K_f$

تستعمل للخلطات حيث الحصويات الخشنة والحصويات الناعمة التي يبنى

سطح متشابهة ومواصفات امتصاص متشابهة اي " $K_c = K_f$ "

والنودج يجب ان يحوى (٨٥%) او اكثر من المواد المارة من المنخل رقم (٤)

— ان كمية البيتومين اللازمة تعتمد على K_{KE} مصححة من اجل الوزن

الظاهرى للحصويات " وعلى النسبة المثوية للمواد الحصوية البناء المارة من

المهزه رقم (٤) •

الحالة الثانية : " $K_c \neq K_f$ "

تستعمل للخلطات حيث الحصويات الخشنة والناعمة لها سطح مختلف

بمواصفات امتصاص مختلفة " $K_c \neq K_f$ "

وكمية البيتومين في هذه الحالة تعتمد على السطح النوعي للحصويات

ومعدل الوزن النوعي الظاهري للحصويات وثابت السطح للحصويات المركبة K_m .

اما الشكل رقم (١٦-١٠) التالي :



شكل رقم (١٦-١٠)

فهو يستعمل لتحديد البيتومين المطلوب عندما تكون للمواد المستعملة

قيم لزوجة واختراق مختلفة عن درجات الكاتباتك

SC-2

MC-2

RC-2

لاستعمال المخطط رقم (١٦-١٠) فاننا نعين محتوى البيتومين من المخطط

قم (١٦-٩)

" بالطبع نحتاج لتحديد درجة الكاتباك او درجة غرز الرابط البيتوميني والسطح النوعي للحصويات "

وشجدر الاشارة الى ان محتوى البيتومين المصحح من اجل اللزوجة لا يمكن استعمله بثقة اذا كانت الحصويات ذات قدرة امتصاص عالية او اذا كانت نسبة مواد الغبار الناعمة عالية • او اذا كان الخليط كثيفا •

ملاحظة ٢

ان كمية البيتومين التي تتأثر باللزوجة يمكن ان تصحح بثقة اذا كان ثابت السطح للمواد الحصوية المركبة K_m يساوى الواحد تقريبا •

$$K_m \approx 1,0$$

الحصويات التي لها قيمة K_m اكثر من الواحد تعتبر مواد ممتصة

مواد ذات قدره على الامتصاص $K_m > 1$

٢- تحضير عينة الاختبار :

— يجب تعرض الخلطة البيتومينية الحصوية لتجربة الثبات كما يجب تعيين درجة التزييت (التشحيم) الناتجة عن المواد البيتومينية وكذلك التأكد من كمية البيتومين المقررة من تجربة مكافئ الكيروسين بالطرد المركزى CKE

— تصنع مجموعة نماذج من العينات تحتوي على كمية بيتومين محددة بتجربة CKE •

وهذه النماذج تكون متناوبة في محتواها البيتوميني " اعلى واخفض بمقدار (٠.٥%) عما تعطيه تجربة CKE •

— هذه العينات تصنع لاختبار الثبات واختبار الانضغاط •

— ويتم تشكيل العينات بتمخين كميات من الحصويات والاسفلت وخلطها بشكل كامل في وعاء التسخين •

— يتم ضغط العينات وتشكيلها بواسطة ضاغط ميكانيكي يعطي درجة الضغط المطلوبة .

٣- اجراءات التجربة :

ان جهاز هفيم لقياس الثبات قد صمم لقياس ثبات خلائط الرصف وهذا الجهاز عبارة عن نموذج خاص لخلية ثلاثية المحاور مغلقة . في حالة هذا الجهاز تستخدم عينات اسطوانية قطرها (٤) انش وارتفاعها (٢٥) انش . يتشكل الضغط الجانبي عن طريق انتقال الحمولات الشاقولية (حيث ان الضغط محصور) . درجة حرارة التجربة (٦٠ °م سرعة التحميل (٥ ر . ٥) انش / دقيقة ان التجربة لا تستمر حتى انهيار العينة . تسجل خلال التجربة قيم الضغط الجانبي وقيم الحمولات الشاقولية المقابلة .

بعد انتهاء التجربة يتم حساب قيمة الثبات من العلاقة :

$$S_s = \frac{22,2}{\frac{P_h \cdot D_2}{P_v - P_h} + 0,222}$$

حيث :

S_s : الثبات النسبي

D_2 : الانزياح الحاصل في العينة

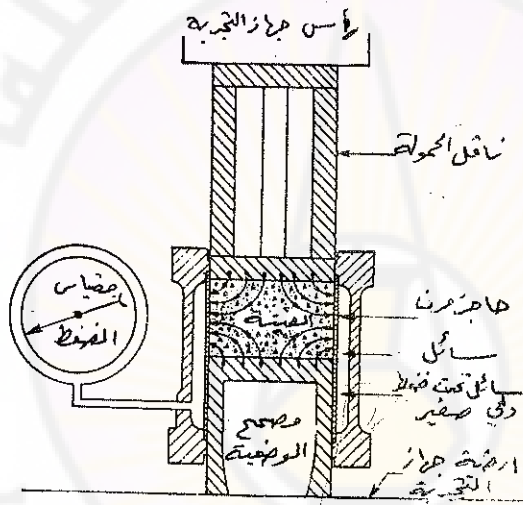
P_v : الضغط الشاقولي الناتج عن حمولة كلية قدرها / ٥٠٠٠ / باوند

P_h : الضغط الجانبي المقابل للحمل شاقولي

هناك حالتان حد يمتثلان يمكن ان تؤخذ بالنسبة لهذا الجهاز الحالة الاولى اذا كان هناك سائل موضوع ضمن الجهاز فان P_v تساوى P_h والثبات النسبي يكون مساويا للصفر .

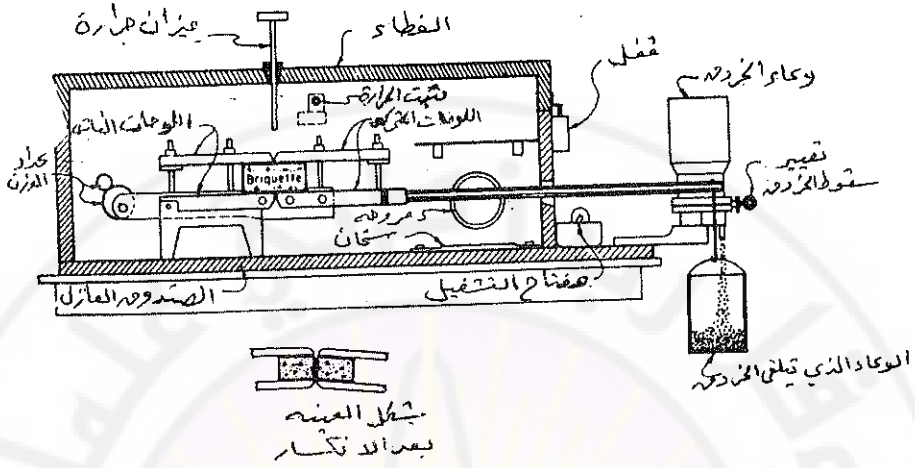
والحالة الثابتة تكون عند وضع عينة معدنية ضمن الجهاز عندها $P_h = 0$
 عند $P_v = 400 \text{ psi}$ وفي هذه الحالة تكون قيمة الثبات النسبي مساوية
 لـ (١٠٠) .

ان قيم الثبات النسبي لخلائط الرصف البيتومينية محصورة بين
 القيمتين السابقتين (١٠٠ - ٠)
 ان الشكل رقم (١٦-١١) يبين جهاز قياس الثبات .



شكل رقم (١٦-١١) جهاز هفيم
 لقياس الثبات

بعد ان نقوم بتحديد قيم الثبات للعينات في الجهاز السابق نعين وزنها
 وكثافتها ونستخدمها لاجراء تجربة التماسك عليها وذلك بواسطة جهاز هفيم
 للتماسك انظر الشكل رقم (١٦-١٢) تستمر التجربة حتى الانهيار التام للعينة
 هذه التجربة تعطينا حد المتانة على الشد او تماسك الخلطة
 البيتومينية .



شكل رقم (١٦-١٢) - جهاز هفيم لقياس التماسك

ان التماسك ينتج بشكل اساسي عن التصاق طبقة البيتومين الرقيقة بسطوح المواد الحصوية وعن قوة ربط وتماسك هذه الطبقة البيتومينية الرقيقة. يتم اجراء تجربة التماسك بدرجة حرارة (٦٠°م) يطبق الحمل في نهاية ذراع رافعة طولها (٣٠) انش مع زيادة الحمولة بمقدار (١٨٠٠) غرام / دقيقة • يسجل الوزن المسبب لانتهيار العينة ويستخدم في حساب قيمة التماسك كما يلي :

$$C = \frac{L}{0.8H + 0.178H^2}$$

حيث :

C = قيمة التماسك غرام / انش باعتبار تصحيح لعرض العينة

ل ٧٦٢ سم أو ٣ انش •

— ٣٦٨ مكر —

$L =$ الوزن بالغرام المسبب لانهيار العينة

$H =$ ارتفاع العينة (المخبرة) بالأش

يمكن استعمال علاقات أخرى آخذين بعين الاعتبار قطر العينة

أو ارتفاعها • فمثلا حسب النظام المتري •

$$C = \frac{L}{W (0,020H + 0,0044H^2)}$$

حيث $W =$ قطر أو عرض العينة بالسم

$H =$ ارتفاع العينة بالسم

حسب النظام المعتمد في اميركا نجد :

$$C = \frac{L}{W (0,20H + 0,044 H^2)}$$

حيث $W =$ يعطى بالأش

$H =$ يعطى بالأش

ان تجربتي هفيم لقياس الثبات والتعاسك موصوفتان في التجربة النظامية

ASTM " D1560 "

بعد اجراء التجريبتين السابقتين يقتضي الامر اجراء تجربة الانتفاخ بتأثير الماء

على عينة كاملة وذلك لمعرفة مقاومة خلطات الرصف للماء •

فاذا كانت الحصويات من النوع العاص للماء حصلنا على نتيجة انتفاخ غير

أدوية • تجرى هذه التجربة بواسطة جهاز قياس كما هو موضح في الشكل

١٦-١٣ •

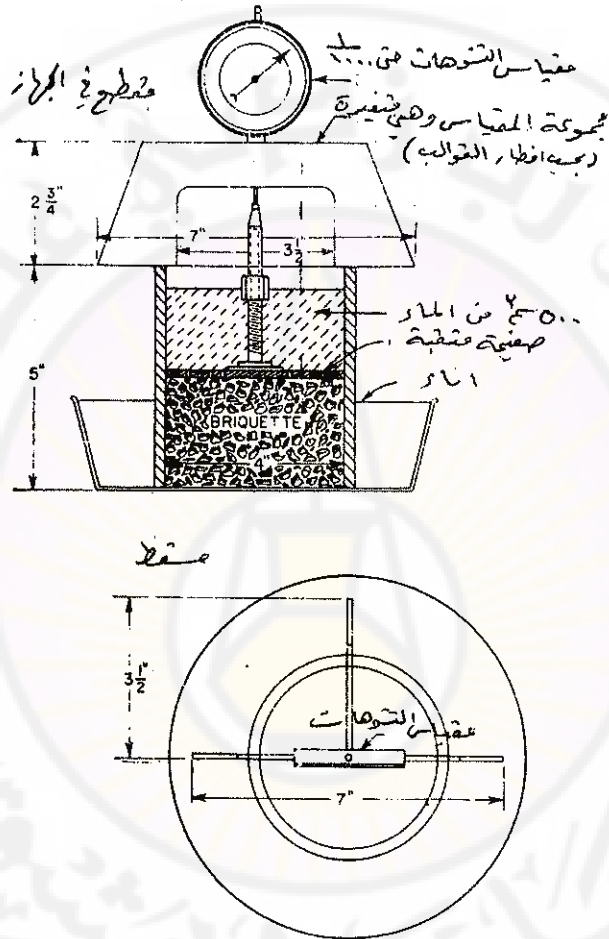
يتم اجراء التجربة على النحو التالي :

نضع العينة في وعاء الاختبار ونسجل قراءة المؤشر التي تدل على ارتفاع

العينة الاولى •

نضيف اليها الماء من الاعلى ونبتظر مدة (٢٤) ساعة ثم نسجل قراءة المؤشر

الجديدة التي تنتج عن تغير ارتفاع العينة وبالتالي انتفاخها •



الشكل (١٦-١٣) جهاز قياس الارتفاع

٤- مواصفات التصميم الموضوعة في كاليفورنيا :

جميع حركات السير الأخرى حركة السير الخفيفة

قيمة الثبات بجهاز هفيم	٣٠ +	٣٥ +
قيمة التماسك بجهاز هفيم	٥٠ +	٥٠ +
قيمة الانزلاق	اقل من ٣ ر. ٠ انش	اقل من ٣ ر. ٠ انش

— يوصى بان تكون النسبة المثوية الدنيا للفراغات في الخليط الكلي تقريبا ٤ % .

— يمكن زيادة قيمة التماسك والثبات عند تغيير تدرج الحصويات .

هـ — تجربة سميث او معهد الاسفلت في تصميم الخلطات (تجربة الضغط ثلاثي

المحاور):

ان الطرق التجريبية العددية المستخدمة في تصميم الخلطات البيتومينية تحتوي على نقطة ضعف اساسية هي انها محدودة الاستخدام ضمن الشروط الأولية ، حيث ان النتائج التي نحصل عليها بالمخبر لا تتوافق مع الاستنتاجات الحقلية في مكان رصف الخلائط . وعلى الرغم من ذلك فان آلاف الكيلومترات قد رصفت بالخلائط البيتومينية المصممة بهذه الطرق التجريبية العددية وقد خدمت ولا تزال حركة السير بصورة جيدة .

هناك دائما حاجة ملحة لتقريب اكثر عقلانية لحل مشكلة تصميم الخلطات

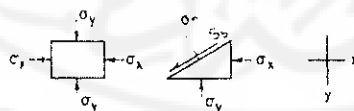
البيتومينية وقد كانت الطريقة المطورة من قبل العالم سميث V.R . Smith

باستخدام الضغط ثلاثي المحاور خطوة في هذا الاتجاه .

ان مساحة الرصف المرن تحسب حمل دولاب تقريبا محصورة بتأثير
 الحمولات وقوى الاحتكاك ومن ضغط المواد المجاورة والمحيطة بها • وهكذا
 فان قدرة التحمل تكون اعلى مما لو كان السطح غير محصور • ان الضغط
 الجانبي الذي نحصل عليه في الحقل يمثل تماما قسبي تجربة الضغط ثلاثي
 المحاور • ان هذا النوع من التجارب يطبق عموما على المواد اللدنة في
 طبيعتها مثل التربة والخلاط البيتومينية ، حيث ان هذه المواد لا يحصل
 فيها انهيار مفاجئ تحت التحميل ولكنها غالبا ماتستمر في السيلان اذا
 تعرضت للتحميل لفترة طويلة •
 ان الخليط المرصوف يبدى مقاومة ضد ازاحته نتيجة التحميل تحت
 تأثير عاملين •

- (١) الاول ناتج عن احتكاك وتشابك الحصىات في المزيج
 - (٢) الثاني ناتج عن مقاومة القص ل مواد البيتومين •
- العامل الاول ينتج عن الاحتكاك الداخلي والثاني يشير عادة الى التماسك •
 — ان الاحتكاك الداخلي يتزايد داخل المزيج ليتناسب مباشرة مع الحمل
 المطبق والتماسك يزداد مع نسبة تزايد القص •
 — وقد عبر العالم اوتومر **Otto Mohr** بعلاقات رياضية عن التماسك
 والاحتكاك الداخلي وعودة قصيرة الى صيغ مور تساعدنا على فهم الافكار
 الحالية •

والشكل رقم (١٦-١٤) يحبر عن جزء من التوازن في الاجهادات :



شكل رقم (١٦-١٤) مخطط توازن الاجهادات

ومن الشكل نستنتج الصيغتين التاليتين :

$$\sigma_n = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha$$

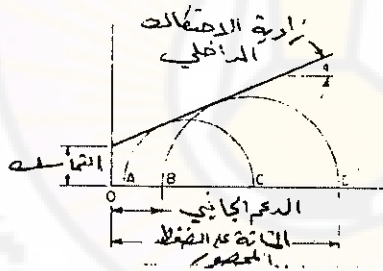
التعبيران السابقان هما المعادلات القطبية لدائرة ، هذه الدائرة الخاصة التي تسمى بدائرة مور وهي تعبر عن وضع الاجهادات في أى موضع من الجسم .

في تجربة المحاور الثلاثة فان :

σ_x = تعبر عن الضغط المحورى المطبق

σ_y = تعبر عن الدعم الجانبي " الحالة المحصورة "

الشكل التالي رقم (١٦-١٥) يوضح مخطط مور .



شكل رقم (١٦-١٥) مخطط دوائر مور

- ان كل من مقدار الضغط ، والضغط المحصور مأخوذ على المحور الافقي .
- دائرة مور تمثل الحالة الاجهادية المحيطة حيث
- الدائرة هو الفرق بين قوة الضغط والدعم الجانبي .
- تجربة الضغط غير المحصور حالة خاصة من تجربة الضغط الثلاثي المحاور حيث يكون الدعم الجانبي معدوماً .

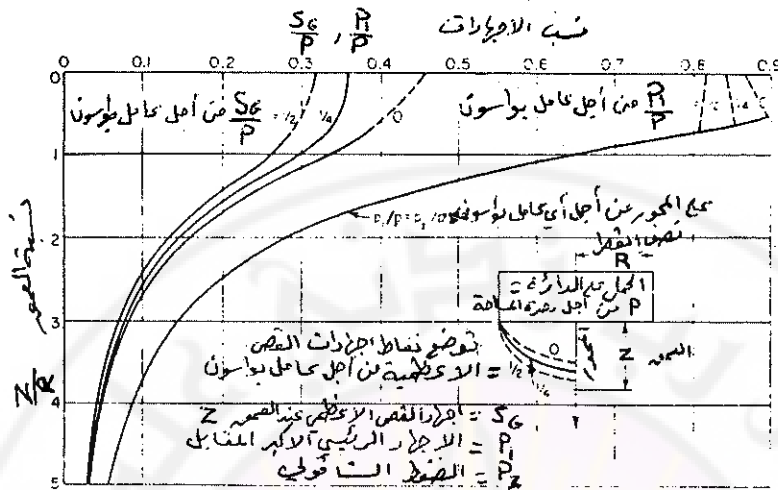
— دائرة مور تحوى القطر (B D) بالشكل توضح الحالة حيث الدعم الجانبي (O B) مطبق • وقوة الضغط الناتج لها القيمة (O D) والخط المعروف بمغلف مور يمكن ان يرسم معاس للدائرتين وقاطع للمحور الشاقولي حيث ان القيمة عند التقاطع مع المحور الشاقولي تسمى بالتماسك " Cohesion " • واحيانا يشير الى المقاومة الالوية (البدائية) عند عدم وجود تحميل • وان ميل خط مغلف مور يشير الى زاوية الاحتكاك الداخلي •

— اى دائرة تمس مغلف مور توضح حالة الانهيار المتوقعة ويجب ان نلاحظ بأن مغلف مور هو مواصفة للمواد من أجل اى درجة حرارة أو معدل تحميل • كما ان خواص التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي هامة في التصميم المناسب لخلطات الرصف البيتومينية حيث ان تجربة الضغط الثلاثي المحاور تقيم هاتين الخاصتين •

ان مساهمة سميث Smith الاساسية في تصميم الخلطات البيتومينية اتت من استنباطه المخططات القيمة المتعلقة بقيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي لخلطات الرصف البيتومينية التي برهنت على ثباتها عند رصفها في موقع العمل •

— استفاد سميث Smith من دراسة العالمين باربر وميرشون كنقطة البدء لاشتقاق مخططة التصميمي •

ان دراسة باربر وميرشون تحوى جزءا اساسي يتعلق بتحليل الاجهادات تحت منطقة دائرية محملة بانتظام ، وبلا استفادة من نظرية العروة الموضوعية من قبل لوف Love ثم وضع المخطط شكل رقم (١٦-١٦) الذى يوضح العلاقة بين نسبة العمق $\frac{Z}{R}$ ونسبة الاجهادات $\frac{S_{max}}{P_i}$ و $\frac{P_i}{P}$ من اجل عامل بواسون يساوى (٠.٥) ان المواد التي لها عامل بواسون يساوى (٠.٥) تعتبر لدنة في طبيعتها ولا يتغير حجمها بتأثير التحولات •



شكل رقم (١٦-١٦) الاجهادات العظمى الناتجة

عن حمل دائري منتظم على جسم نصف صلب

لا متناهي

لتحديد التماسك اللازم لتلافي الاجهادات العالية في أى نقطة عند أى مستوى معطى تحت منطقة التحميل الدائري المنتظم يمكن استعمال مخطط مسور الموضح بالشكل رقم (١٦-١٧) الذي يأخذ بعين الاعتبار زاوية الاحتكاك الداخلي، الوزن الحجمي للمواد والاجهادات الناعمية الناتجة عن الحمولة، وذلك لايجاد تعبير يربط بين التماسك والعوامل التي سبق ذكرها * ومنه العلاقة التي تربط التماسك مع العوامل الاخرى :

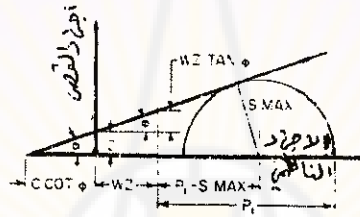
$$C = P.F - \mu Z \cdot \tan \phi$$

$$F = \frac{S_{max}}{P \cdot \cos \phi} - \frac{(P_1 - S_{max})}{P} \cdot \tan \phi$$

حيث

حيث

- C : التماسك
 p : وحدة الضغط الشاقولي على المنطقة الدائرية
 W : وحدة وزن المواد
 z : العمق تحت السطح
 S_{max} : اجهادات القص العظمى بالنقطة المطلوبة
 φ : زاوية الاحتكاك الداخلي
 P₁ : الاجهادات الرئيسية بالنقطة المطلوبة •



شكل رقم (١٦-١٧) تحليل بواسطة مخطط مور

يبين العلاقة بين القوى والاجهادات في

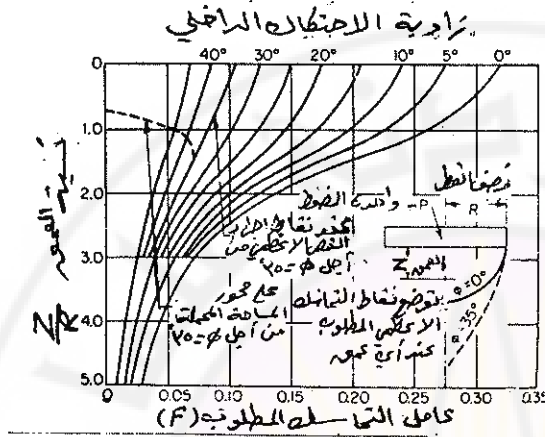
نقطة معطاة

فاذا اخذنا القيم من الشكل (١٦-١٧) من اجل $\frac{P_1}{P}$ و $\frac{S_{max}}{P}$ من

اجل نسبة العمق $\frac{z}{R}$ المعطاة وباستخدام العلاقة •

$$F = \frac{S_{max}}{P \cdot \cos \phi} - \frac{(P_1 - S_{max})}{P} \tan \phi$$

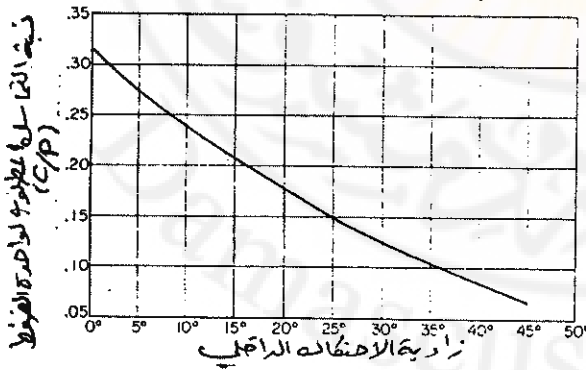
فانه من الممكن وضع ورسم المخطط الموضح بالشكل رقم (١٦-١٨) الذي يربط بين العمق $\frac{Z}{R}$ وعامل التماسك المطلوب F الضروري للمواد لتحمل الحمل الدائري المنتظم من اجل قيم مختلفة لزوايا الاحتكاك الداخلي •



شكل رقم (١٦-١٨)
مخطط تعيين عامل التماسك المطلوب في المواد المحملة بحمل دائري منتظم

• عامل التماسك المطلوب

— عند تصميم خلطات الرصف وعند ما $\frac{Z}{R} = 0$ سوف يكون عامل التماسك $F = \frac{C}{P}$ وذلك من اجل زوايا الاحتكاك الداخلي المختلفة •
— يمكن رسم المخطط الموضح بالشكل (١٤-١٨) الذي يربط زاوية الاحتكاك الداخلي ونسبة التماسك المطلوب لوحدة الضغط $\frac{C}{P}$ المطلوبة لمنع ظهور الاجهادات العالية على السطح •



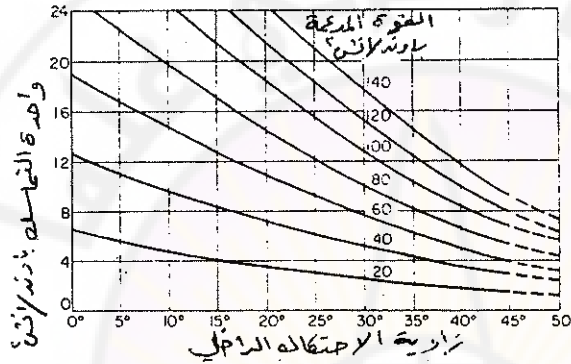
مخطط التماسك المطلوب لمنع الاجهادات العالية على السطح لزوايا الاحتكاك المختلفة •

شكل رقم (١٤-١٨)

زاوية الاحتكاك الداخلي

— المواد التي لها زاوية احتكاك داخلي $\phi = 25^\circ$ يجب أن تأخذ قيم صغرى للتماسك تساوى (٥ ار) من قيمة الضغط المطبق لكي تمنع انهيار القص .

— لوضع العلاقة الموضحة بالمخطط (١٦-١٩) بصيغة أكثر استخداما تم وضع الشكل رقم (١٦-٢٠) الذي يوضح العلاقة بين التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي من أجل اجهادات مطبقة مختلفة .



مخطط يوضح القوة المدعمة للخلائط البيتومينية السطحية
شكل (١٦-٢٠)

— المرحلة الثانية في تطوير اجراءات التصميم للخلاطات البيتومينية الرصفية والتي تم تحديد تصرفها تحت تأثير حركة المرور كان باختبارها بالنظام المخلق في خلية الضغط ثلاثي المحاور .

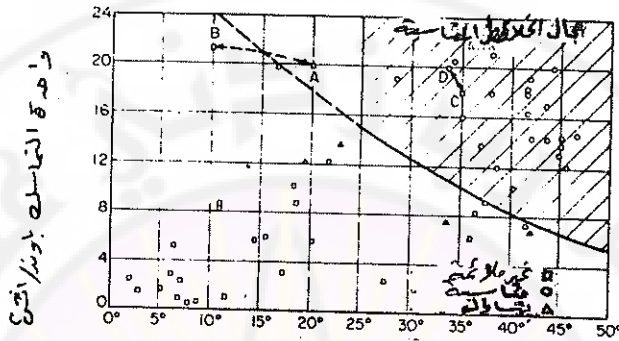
— من هذه التجارب لوحظ بأن خلاطات الرصف البيتومينية التي تعطى نتائج جيدة تحت تأثير حركة المرور العالية لها قيم تقع فوق أو بجانب المنحنى "١٠٠ باوند / انش" الموضح بالشكل رقم (١٤-٢١) حيث أن القيمة "١٠٠ باوند / انش" ظهرت معقولة من ناحية الضغط المطبق على السطح المرصوف .

— لقد اختير منحنى "١٠٠ باوند / انش" لخط فاصل بين المناسب وغير المناسب لخلطات البيتون البيتوميني .

— لقد لوحظ تناقص قيم زاوية الاحتكاك الداخلي لطبقة الرصف عند انضغاط

الخلطات نتيجة حركة المرور في ساعة الذروة •

— الشكل رقم (٢١-١٦) يوضح مثالا على هذه الحالة :



شكل (٢١-١٦)

خطوط لتقييم خلطة
البيتون البيتوميني

زاوية الاحتكاك الداخلي

حيث خواص الخليط الموضحة بالنقطة A يمكن ان تزاح الى النقطة B بتأثير

حركة المرور • وهذا المقدار من النقصان لوحظ بشكل رئيسي في الخلطات

التي لها قيم اولية لزاوية الاحتكاك الداخلي مساوية أو أقل من ٢٠° لذلك

فالحده الأدنى لزاوية الاحتكاك الداخلي يساوي (٢٥) ومجال الخلطة المقبولة

محدد تماما بمنحني قوة التحمل ١٠٠ باوند / إنش^٢ ، ففي هذا

المجال تملك خواص النقطة C التي يمكن ان تنحرف فقط الى النقطة D

تحت تأثير حركة المرور • وبالطبع تبقى ضمن الحدود المقبولة •

— من وجهة نظر الفراغات الهوائية بالخلطة الكلية لوحظ بأن للخلطات المعطاة

بالنقطة B نسبة فراغات (٤%) أو أقل • أما الخلطات المعطاة بالنقطة C

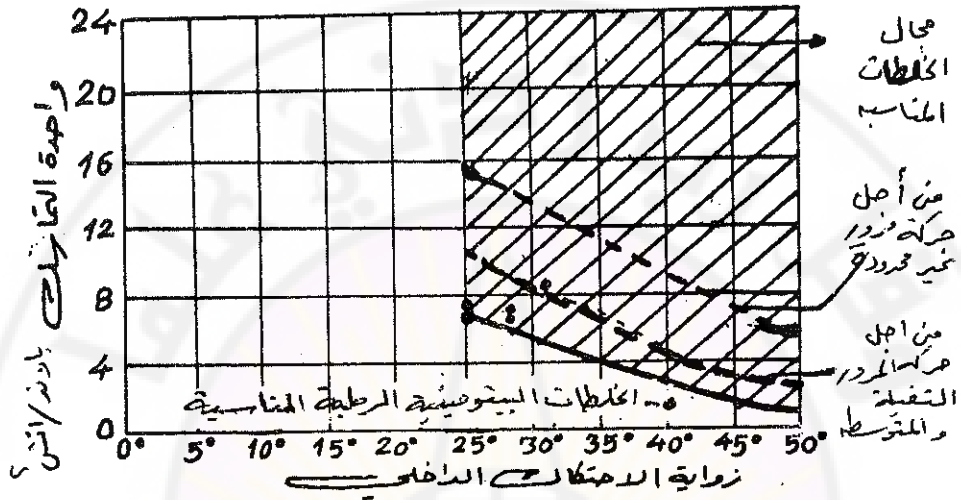
فلها نسبة مئوية من الفراغات أكبر من (٤%) •

— باعتبار ان حركة المرور تختلف من طريق الى آخر • أي ان سطوح الرصف

ليست كلها معرضة لنفس غزارة المرور وخاصة العربات الثقيلة التي تمر بشكل مستمر

لذلك لابد من وضع مخططات تناسب حركة المرور على الطرق، الشكل رقم (١٦-٢٢) يوضح هذه المخططات حيث نجد بالمخطط الخطوط التالية :

١- الخط العلوي " قوة التحمل ١٠٠ باوند / انش^٢ يوضح الحد الأدنى لأجل البيتون البيتوميني لحركة المرور الغير محدودة .



شكل رقم (١٦-٢٢) مخطط تقييم التغير الواسع في حالات حركة المرور

٢- الخط الاوسط " قوة التحمل ٦٠ باوند / انش^٢ يوضح الحد الأدنى للطرق او المشاة الثابتة المعرضة لحركة مرور ثقيلة او متوسطة .

٣- الخط السفلي " قوة التحمل ٤٠ باوند / انش^٢ يوضح الحد الأدنى للبيتون البيتوميني من اجل الطرق الثانوية .

— ان اجراءات التصميم بثلاثي المحاور تتضمن فراغات بين (٥% - ١٠%) من الفراغات الهوائية في كامل الخلطة معتمدة على الوزن الحجمي للحصويات

— يفضل استخدام هذه الطريقة في تصميم الخلطات الكثيفة والمستخدم فيها مواد حصوية لا يزيد قطر اكبرها عن واحد انش .

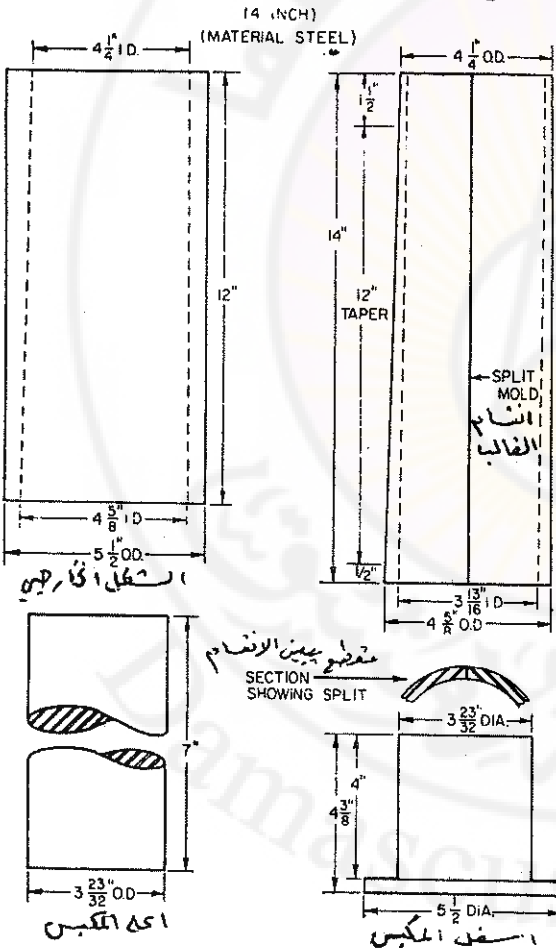
١- تحضير عينة التجربة :

— من الضروري تحضير مجموعة من عينات الاختبار لنسب مختلفة من البيتومين والقيمة المثلى توضع على أساس ان نسبة اوعيار البيتومين توافق معايير التصميم الأفضل .

— تسخن الكمية المناسبة من الحصى والبيتومين بشكل مفصل حتى مستوى درجة الحرارة المحددة ، ثم تمزج معا بشكل تام في وعاء ساخن ثم يضع الخلطة في القالب الساخن حيث تشكل عينة بقطر (٤) انش تقريبا وارتفاع (٨) انش بواسطة مطرقة رص خاصة الشكل رقم (١٦-٢٣) وقد طورت طريقة تحضير العينة باستخدام اجهزة رص خاصة

تجعل الحصىات ضمن الخليطة تتوجه كما لو كانت توضع في الحقل بعد تحضير العينة تخرج من القالب وتبرد .

شكل رقم (١٦-٢٣)
القالب والمكبس من اجل تشكيل عينات سميت لتجربة الضغط ثلاثي المحاور



١- ملاحظة :

اشار سميث SMITH الى ان نتائج مشابهة لحصل عليها من عينات موصوفة بطرق اخرى اذا كانت نسبة الفراغات (٥%) أو أكثر .

٢- اجراءات التجربة :

هناك طريقتان لاجراء تجربة الضغط ثلاثي المحاور

أ- الطريقة الاولى معروفة باسم النظام المفتوح :

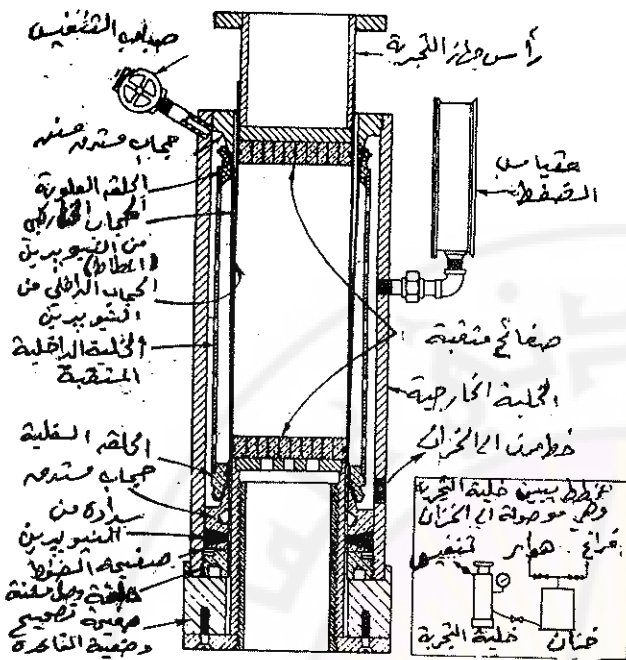
يطبق ضغط ثابت محدد محصور على العينة في خلية ثلاثي المحاور وتحدد قوة الضغط في هذه الحالة .
وللحصول على المعلومات الضرورية لتحديد مغلف الانهيار " مغلف مور " يجب اختبار عينتين أو أكثر حتى الانهيار عند ضغوط محددة ومحصورة مختلفة .

ملاحظة :

بسبب وجود اختلاف في نسبة التحميل بين نظامي التجربة .
" النظام المفتوح والنظام المغلق " يجب ان تتخذ العناية الكافية عند استعمال نتائج تجربة الضغط ثلاثي المحاور المفتوح على المخطط التقديرى الذى وضع على اساس النظام المغلق .

ب- الطريقة الثانية معروفة باسم النظام المغلق :

هذه الطريقة استخدمت من قبل سميث في تطوير مخطط التقييم وتكون العينة محصورة بواسطة سائل موجود داخل الخلية الصلبة شكل (١٦-٢٤) .
ويطبق الحمل الشاقولي على العينة وهذا بدوره يولد جهد جانبي يسبب ضغطاً يظهر في السائل المحصور .



شكل رقم (١٦-٢٤)

مخطط توضيحي يبين
العباءة الرئيسية في
اجراء تجربة الضغط
ثلاثي المحاور بواسطة
العظام المخلقة *

ومن اجل الزيادة الثابتة في الحمل الشاقولي يمكن تحديد الضغط الجانبي

الناتج، وهذه القيم وضعت في مخطط شبيه بالشكل (١٦-٢٥) *

في الخطوات الاولى من التجربة تكون العلاقة بين الضغط الجانبي الناتج

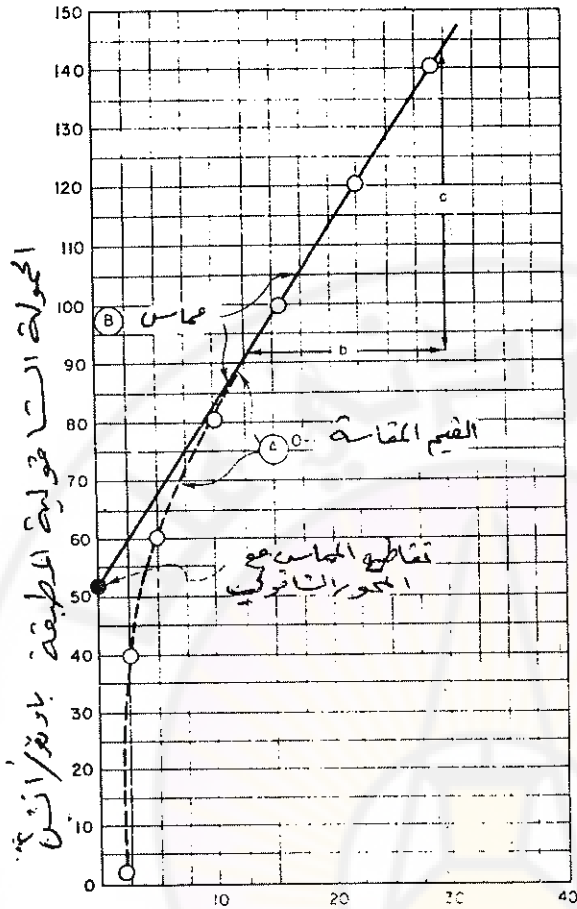
وبين الاجهاد الشاقولي المطبق بشكل منحني ثم بعد فترة تحصل على خط

مستقيم *

ان ميل هذا الخط المستقيم يعود الى زاوية الاحتكاك الداخلي ϕ ويعطى

بالعلاقة :

$$\text{Slope} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \text{ "الميل"}$$



شكل رقم (١٦-٢٥)
نموذج منحنى تجربة
الضغط ثلاثي المحاور
من اجل البيتون
البيتوميني •

الضغط الجانبي المولد باوند / انش^٢

— التماسك c يربط بتقاطع محور الاجهادات الشاقولية المطبقة
مع زاوية الاحتكاك الداخلي وفق ميل — ي :

$$= 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = \text{التقاطع مع المحور الشاقولي}$$

— عند اجراء التجربة بالنظام المغلق يطبق الحمل الشاقولي ويسمح
بالتشوه حتى معدل تشوه اقل من (٠.٠١ مر. انش / دقيقة) ويكون عدد ها قد
تم تسجيل الحمل الشاقولي والضغط الجانبي ونستمر بذلك حتى الحصول
على عدد كافي من النقاط وبذلك يمكن رسم مخطط معادل للمخطط الموضح
بالشكل رقم (١٦-٢٥) •

ملاحظات:

١- قبل اجراء تجربة الضغط ثلاثي المحاور يجب تعيين الوزن الحجمي

بعملية الوزن في الماء وفي الهواء •

٢- تعيين النسبة المثوبة للفراغات في العينة ويستخدم الوزن الحجمي

للحصولات في هذا الاجراء •

٣- مناقشة معلومات التجربة :

بعد الحصول على المعلومات من التجربة ووضعها في مخطط مثل المخطط

(١٦-٢٥) تحسب قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي وتوسم في المخطط

التقديري رقم (١٦-٢١) فاذا وقعت النقطة التي توضح قيم التماسك وزاوية

الاحتكاك الداخلي في المنطقة الملائمة وكانت نسبة الفراغات في الخلطة

الكلية ضمن المجال (٥٪-١٠٪) فان الخلطة تكون مناسبة •

اما اذا وقعت النقطة خارج المجال الدائم فمن الضروري تعديل محتويات

الاسفلت او تدرج الحصولات او كلاهما معا •

ملاحظة:

كثير من المؤسسات الطرقية تستعمل الضغط ثلاثي المحاور في تصميم

الخلطات • كما ان تجربة الضغط ثلاثي المحاور تستعمل

بشكل رئيسي في الابحاث المخبرية فني الوقت

الحاضر •

الفصل السابع عشر الاجطية البيتوية البيتومينية

=====

مقدمة :

=====

- تعد الاجطية البيتوية البيتومينية من الاجطية الجيدة • تستخدم هذه الاجطية بكثرة في جميع البلدان في العالم نظرا لمعانيتها ولخدمتها الطويلة ولصفات الاستثمارية الجيدة (الاستواء وعدم الغبار وعدم أحداث الضجج) — لا تزيد سماكة الاقتران في مثل هذه الاجطية عن (١-١.٥) سم حتى عندما تكون الحركة ثقيلة وكبيرة •
- لقد اظهرت تجارب استخدام الانواع المختلفة للاجطية بأن الاجطية البيتوية البيتومينية تعد من احسن انواعها وخاصة عندما تكون الحركة ثقيلة وكثيفة •
- تقاوم الاجطية البيتوية البيتومينية بشكل جيد التأثيرات الديناميكية الناتجة عن السيارات المتحركة كما ولها خواص مرنة بحيث يمكنها ان تتشوه بشكل افضل من الاجطية البيتوية •
- لا تهترئ اطارات السيارات عند حركتها على الاجطية البيتوية البيتومينية الا قليلا •
- عند بناء هذه الاجطية يجب تجهيز الخلطة المختارة اصوليا من البحص والرمل والبودرة والبيتومين •
- بعد وضع هذه الخلطة على الطريق ودحيها يمكن تسميتها بالبيتون البيتوميني •

٣- أنواع الخلطات البيتومية البيتومينية :

— يمكن تقسيم الخلطات البيتومية البيتومينية تبعاً لطاوة أو لزوجة البيتومين إلى ثلاث أنواع •

١- الخلطات الساخنة :

تجهز من البيتومين اللزج وتفرش وتدحى على الطريق بحيث تكون درجة حرارتها (٧٥)°م أو أكثر عند انتهاء العمل •

٢- الخلطات الدافئة :

تجهز من البيتومين نصف اللزج وتفرش وتدحى بحيث لا تقل فيها درجة حرارتها عن (٣٥)°م عند انتهاء العمل •

٣- الخلطات الباردة :

تجهز من البيتومين المائع ، حيث تفرش وتدحى في الوقت الذي تكون فيها درجة حرارتها معادلة لدرجة حرارة الهواء أثناء تنفيذ الأعمال •

— تتميز هذه الخلطات بأنواعها الثلاث ببعض الخواص الجسنة والسيئة حيث يمكن اختيارها تبعاً لذلك أثناء تنفيذ بناء الطرق •

— يمكن أن تتكيف الاغطية المجهزة من الخلطات الساخنة بسرعة مع الشكل المناسب كما ويمكن استخدامها مباشرة بعد دحيتها ، نظراً لمقاومتها العالية إلا أنه يجب توزيعها مباشرة على الطريق بعد تحضيرها وذلك حتى لا يبرد البيتومين الساخن الموجود فيها ولكي لا تعرقل عملية الفرش والدحى •

— يمكن تحضير الخلطات البيتومية البيتومينية الباردة مسبقاً ونقلها عند الضرورة إلى أماكن بعيدة ، إلا أنها لا تترتب بشكل جيد أثناء تنفيذ بناء الطريق ، لذا فإن دحى هذه الاغطية يتم خلال وقت طويل تحت تأثير حركة السيارات في الاوقات الدافئة • وهكذا فإن

متابعة هذه الاغطية المعدنية حديثا تكون في البداية قليلة ثم

تزداد بالتدرج مع الزمن .

تقوى الاغطية البيتونية البيتومينية الباردة على الاخص عند استخدام المواد

الحصية الكلسية بالتقوية السطحية وذلك لتأمين خشونة الضرورية .

— يتميز البتون البيتوميني الدافئ بخواص منائية وتكنولوجية وسطية بين

البتون البيتوميني البارد والساخن .

— ترص خلطة البتون البيتوميني ^{الدافئ} بصورة اسرع من الخلطة الباردة ، لذا فان

منايتها بعد الدحي تكون اكثر بكثير مما هو في الخلطة الباردة .

— توزع الخلطة الدافئة كما هو الحال بالنسبة للخلطة الساخنة بعد تجهيزها

مباشرة نظرا لان البيتومين المستخدم يكون قابلا للتصلب اسرع من بيتومين

الخلطات الباردة .

٣ — تصنيف الخلطات البيتونية البيتومينية :

حسب ابعاد الحصيات :

تقسم الخلطات البيتونية البيتومينية الى خلطات بحصية واخرى رملية

وهكذا تجزأ الخلطات البيتونية البيتومينية تبعاً لابعاد الحبات الكبيرة

الداخلية في تركيبها الى :

(١) : الخلطات الخشنة :

يصل البعد الاعظمي للحبات الى حدود ٤٠ مم

(٢) : الخلطات الوسطية :

البعد الاعظمي للحبات حتى ٢٥ مم

(٣) : الخلطات الناعمة : البعد الاعظمي للحبات حتى ١٥ مم

(٤) : الخلطات الرملية : البعد الاعظمي للحبات حتى ٥ مم

- تستخدم هذه الانواع الاربعة لتغطية طرق السيارات والمطارات وشوارع المدينة وتستخدم الخلطة البيتومينية - البيتومينية الرملية الناعمة لتغطية الارصفة وارصفة المصانع والمستودعات كما وتستخدم لتأمين العزل • تؤخذ كمية البيتومين في الحالة الاخيرة كبيرة وذلك لتأمين سهولة الفرش والدحي •
- تدحى الخلطات الناعمة باليد او بواسطة مدحلة يدوية خفيفة •
 - تجهز الخلطات الباردة من الحبات الناعمة فقط •
 - ان البيتون البيتوميني عبارة عن كتلة متينة متراصة ، حيث يتم اختيار التركيب الحبي للحبات الكبيرة (البحص والرمل) بصورة ان تتأمن درجة الرص الاعظمي ، حيث تملأ الفراغات الباقية فيما بينها بالمادة الرابطة الناتجة عن خلط البيتومين مع البودرة •

٤٦ — اختيار نوع الخلطة :

يتعلق اختيار نوع الخلطة البيتومينية البيتومينية :

- ١— بنوع الاساسات التي تستند عليها الطبقة البيتومينية البيتومينية •
 - ٢— بصفات وكثافة الخرصة •
 - ٣— بالشروط المناخية لمنطقة البناء •
- كما ذكرنا هناك عدة تصنيفات للخلطات تتعلق بدرجة حرارتها عند صنعها وفرشها ودحيها وكذلك بنوع الحصويات المستخدمة ، ويمكن اعتماد التصنيف التالي :

أ— الخليطة الساخنة :

- (١) الخليطة الساخنة الخشنة
- (٢) الخليطة الساخنة متوسطة الخشونة
- (٣) الخليطة الساخنة الناعمة

ب- الخليطة الدافئة :

- (١) الخليطة الدافئة الخشنة
- (٢) الخليطة الدافئة متوسطة الخشونة
- (٣) الخليطة الدافئة الناعمة

ج- الخليطة الباردة :

- (١) الخليطة الباردة الخشنة
- (٢) الخليطة الباردة متوسطة الخشونة
- (٣) الخليطة الباردة الناعمة •

وفيما يلي شرح مبسط لتصنيفات الخليطة الساخنة :

أ- الخليطة الساخنة :

(١) الخليطة الساخنة الخشنة : تستخدم الخلطات الساخنة الخشنة

لبناء الاغطية البيتونية البيتومينية المولفة من طبقة واحدة اولبناء الطبقة السفلية للغطاء المولف من طبقتين ويمكن لهذه الاغطية ان تبني على طبقات اساس من البيتون او الحمى (بحص ، بحر وزلط) وكذلك على الحجارة المبلطة وعلى طبقات الاساس البحصية والزلطية المعقوة بالبيتومين أو الاسمنت •

ان مثل هذه الخلطات تقاوم التأثيرات الميكانيكية والحرارية بشكل جيد لذا فهي تستخدم في المناطق الحارة وعندما تكون الحركة ثقيلة وكثيفة ويكون

تركيب مثل هذا البيتون وبشكل تقريبي على النحو التالي :

— بحص ٥ — ٤٠ مم	% ٥٥
— رمل	% ٢٨
— بودرة	% ١٢
— بيتومين	% ٥

تؤخذ سماكة الغطاء البيتوي البيتوميني الخشن المولف من طبقة واحدة بمقدار يزيد عن ٥ سم وسماكة الطبقة السفلية لغطاء مولف من طبقتين بمقدار ٤ سم - ٥ سم وتقوم بمعالجة سطح الاغطية البيتومينية البيتومينية خشنه وذلك لتخفيف خشونه (الحرسفة) الزائدة .

٢- الخليطة الساخنة متوسطة الخشونة : تستخدم الخلطات الساخنة متوسطة الخشونة لبناء الطبقة العلوية في الاغطية المولفة من طبقتين حيث تؤخذ سماكتها بحدود (٣.٥ - ٤) سم . يمكن بناء الاغطية البيتومينية البيتومينية متوسطة الخشونة من طبقة واحدة فقط على اساس من البحر المقوى بالبيتومين وتؤخذ سماكة هذه الطبقة بحدود (٥) سم ويكون تركيب مثل هذا البيتون وبشكل تقريبي على النحو التالي :

بحص ٥ - ٢٥ مم	% ٥٠
رمل	% ٣٠
بودرة	% ١٤
بيتومين	% ٦

٣- الخليطة الساخنة الناعمة : يمكن استخدام الاغطية البيتومينية البيتومينية الناعمة حتى عند ما تكون الحركة كثيفة وثقيلة وفي المناطق الحارة وتستخدم عادة في الاغطية البيتومينية ذات الطبقتين وتؤخذ سماكتها بحدود (٣.٥ - ٣) سم . ومن الممكن عدم اجراء معالجة سطحه للاغطية المنفذة من البيتون البيتوميني الناعم . يفضل استخدام مثل هذه الاغطية في المناطق الغير حارة نظرا لكوبها لا تقاوم اجهادات الزحف الميكانيكي بصورة جيدة كما هو الحال في الاغطية البيتومينية البيتومينية الخشنة ومتوسطة الخشونة وعلى الاخص عند ما تكون درجة حرارة الهواء مرتفعة . ويكون تركيب مثل هذا البيتون وبشكل تقريبي على النحو التالي :

—	بحص ٥ — ١٥ سم	% ٥٢
—	رميل	% ٢٢
—	بودره	% ١٨
—	بيتومين	% ٥

٥ — المتطلبات من الاغطية البيتومية البيتومية :

للتأمين متطلبات حركة السيارات الحديثة يجب ان تتميز الاغطية البيتومية البيتومية بالخواص التالية :

١ — المقاومة الجيدة للقوى الشاقولية وللقوى الزاحفة الافقية بصورة خاصة

٢ — مقاومة الاهتراء

٣ — مقاومة نفوذ المياه

٤ — الخشونة الكافية (الحشوة)

— كما ويجب ان تتصف هذه الاغطية بالدونة الكافية التي تسمح لها بالتشوه بدون تشقق وذلك عند وجود الاجهادات الداخلية الناتجة عن التغيرات الكبيرة لدرجات الحرارة وعن تشوه الاساسات المعرضة للضغط.

— يجب ان لا تزيد الدونة الضرورية للبيتون البيتوميني عن قيم محددة وذلك حتى لا تظهر على الاغطية عند ازدياد درجات الحرارة تشوهات الزحف التوجيهية.

— تتعلق متانة البيتون البيتوميني بمقاومته للقوى الواحفة الناتجة عن تأثير

السيارات المتحركة وبمقدار الاحتكاك الداخلي وبالتماسك .

— ان مقدار الاحتكاك الداخلي في البيتون البيتوميني تتعلق بشكل اساسي

بأبعاد واشكال وجودة سطح المواد الحصى (بحص رمل بودرة) وكذلك

بمقدار البيتومين المصروف على الخليطة .

— يمكن زيادة مقدار الاحتكاك الداخلي باستخدام الحبات الحجرية الكبيرة والحادة والمتينة ذات السطوح الخشنة مع تقليل كمية البيتومين الى الحد الضروري فقط .

— كما ويمكن زيادة التماسك في البيتون البيتوميني بزيادة السطح العام للحبات وتلقيص سماكة قشرة البيتومين .

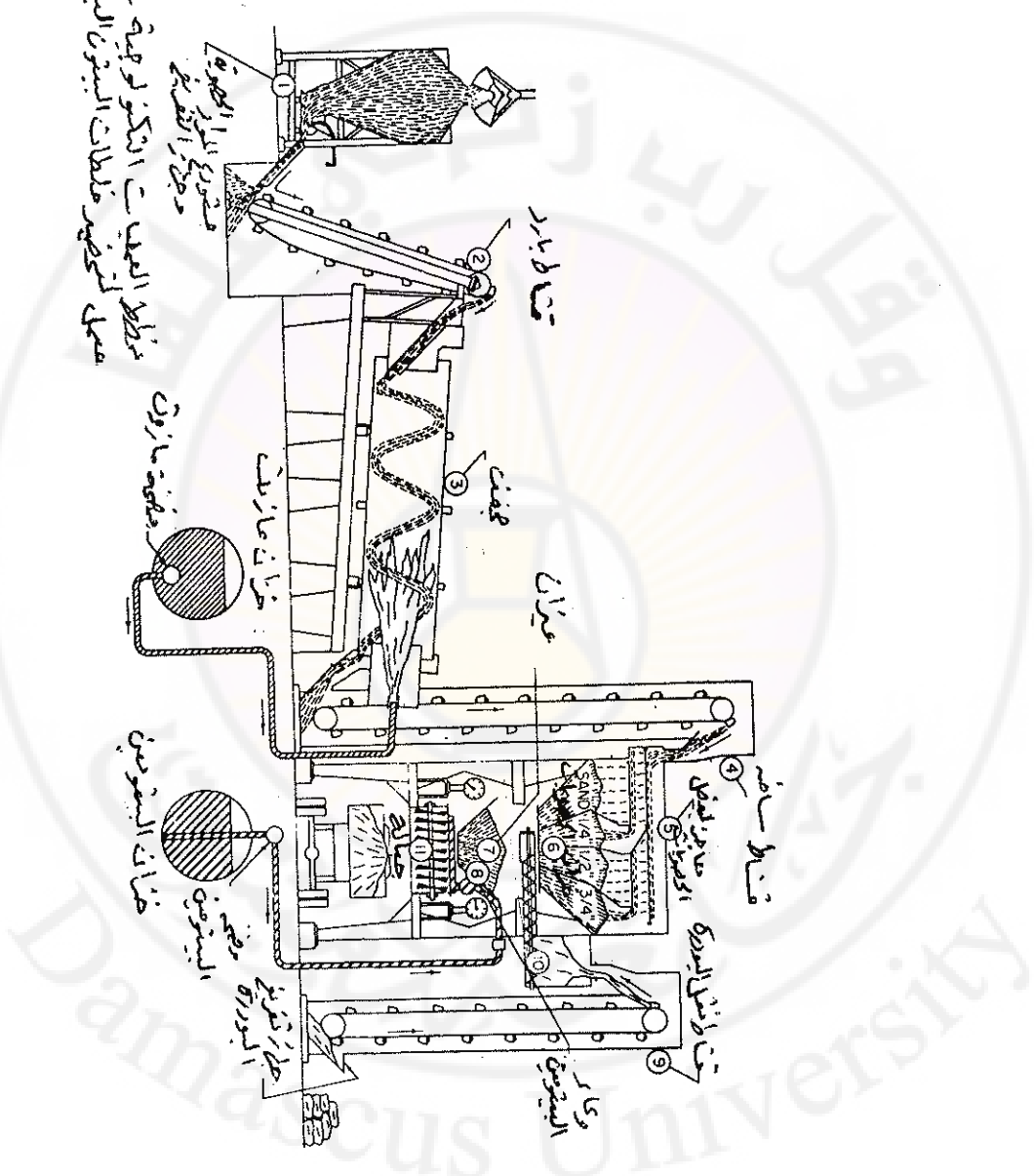
— تتعلق متانة ومدة خدمة الاغطية البيتونية البيتومينية بصورة ملموسة بمتانة الاساسات التي تبنى عليها هذه الاغطية .

٢١ — تجهيز الخلطات البيتونية البيتومينية :

تجهز الخلطة البيتونية البيتومينية في مصانع البيتون البيتوميني ، حيث تنقل من هناك في الحالة الساخنة او الدافئة او الباردة الى مكان العمل ، على الشكل (رقم ١٧-١) مبين المخطط التكنولوجي لتتابع عمليات تحضير الخلطة البيتونية البيتومينية .

— تدخل كمية البحص والرمل المقاسة تقريبا حسب الحجم الى اسطوانة التجفيف بواسطة القشاط البارد .

— تمر المواد البحصية والرملية المسخنة حتى (٢٠٠ - ٢٢٠ °م) عموما للقشاط الساخن الى منطقة التوزيع حيث تصنف حسب الحجم الى الاصناف (٢ ، ١٥ ، ٢٥ ، ٣٥) سم يتجمع كل صنف من هذه الاصناف في جزء من المخروط كما وتفرغ البودرة الباردة في جزء خاص من المخروط وذلك بواسطة قشاط متحرك .



— تنتقل المواد الحجرية والبودرة من المخروط الى الميزان حيث ترتبط بعد وزنها الى الجباله التي تعمل على خلط هذه المواد مع بعضها البعض بشكل مبدئي لمدة (٣٠-٢٠) ثانية ، وذلك لتجفيف وتسخين البودرة الباردة بعض الشيء .

— ينسكب في الجباله ايضا بواسطه البوب وعبر الميزان البيتوميني الساخن البيتومين المسخن حتى (١٦٠ - ١٧٠)[°]C . تخلط بعد ها المواد الحجرية والبودرة مع البيتومين لمدة (٤٥ - ٦٠) ثانية ثم تصب في مخروط مدققي^{*} بشكل خفيف حيث يمكن فيما بعد نقل الخلطة الجاهزة بواسطه السيارات القلابه الى اماكن التفريغ .

— تنتج مثل هذه الالات في الوردية الواحدة ما يعادل (٥٠ - ٢٠٠) طن من خلطة البيتون البيتوميني .

— ان المتانة وثبات الربط بين البيتومين والمواد الحجرية اهمية كبيرى وذلك للحصول على طبقة متماسكة ومتراصه .

— تتعلق قوة هذا التماسك بخواص البيتومين وبوجود مواد ذات سطوح فعالة في تركيبه ، وكذلك بخواص المواد الحجرية سواء من ناحية نوعها او شكل سطحها .

— لا يلتصق البيتومين بصورة جيدة على سطح المواد الحجرية الرطبة والمواد الحجرية المامضة مثل الخرايبس والكوارتز مما يخفف من متانة وثبات الخليطة البيتونية ضد نفوذ المياه .

لذا فمن أجل تأمين التصاق البيتومين مع سطح المواد
الحجرية الرطبة والناشفة الحامضية يعتمد الى استخدام
الاضافات ذات السطوح الفعالة .

٧- اساسات الاغشية البيتونية البيتومينية :

١- تجويز الاساسات :

ان الاساسات التي يمكن استخدامها تحت الاغشية البيتونية
البيتومينية عبارة عن الطبقات البيتونية الاسمنتية والبصية المقوية
بالبيتومين والبصية غير المقوية بالبيتومين والاسطح المبلطة
بالحجارة وغيره .

— يجب تجفيف وتنظيف سطح الاساسات جيدا من الاوساخ والغبار
وذلك قبل فرش الخلطة البيتونية البيتومينية .

— يمكن تنظيف سطح الاساسات بواسطة الفراشي الميكانيكية .

٢- الاساسات :

لثأمين اتحاد الغطاء البيتوني البيتوميني مع سطح الاساسات
بشكل جيد يعتمد الى معالجة السطح بالبيتومين
المائع بمقدار (٠.٥ — ٠.٧٥) كغ / م^٢

- يفضل معالجة سطح الاساسات بالبيتومين قبل عدة ساعات من توزيع خلطة البيتون البيتوميني وذلك ليتمكن البيتومين المائع من تغطية الاجزاء المغبرة بشكل منتظم ويجعلها غير قابلة للتفاعل مع الماء •
- تبنى سطوح الاساسات مائلة بالاتجاه الجانبي بمقدار (٢٪) اى بميل يعادل للميل الجانبي للغطاء وذلك لتحقيق التوفير في كمية البيتون البيتوميني المستخدم •
- تقوى اطراف الاغطية البيتونية البيتومينية عند الجوانب بعرض لا يقل عن ٥٠ سم بقصد زيادة مقاومتها •
- تبنى التقوية الجانبية على مستوى الغطاء التي يمكن استخدامها كدعامة متينة اثناء رحي الخلطة البيتونية البيتومينية •
- تبنى الشريحة المقواة على الجوانب من المواد البحصية والزلطية المقواة اوغير المقواة بالبيتومين ومن التربة والمواد الحجرية المدرجة بصورة جيدة •
- تبنى عدد اطراف المدن الكبيرة اطراف مرتفعة من المواد البيتومينية والحجرية •
- ٨ — بناء الاغطية البيتونية البيتومينية :
- توزع الخلطة البيتومينية تبعا لنوعها ولتنوع اساسات الاغطية على طبقة واحدة او طبقتين •
- يجب ان لا تزيد السماكة العظمى للطبقة مع اعتبار امكانية رصها بشكل جيد عن (٥ - ٦) سم •

— تؤخذ الطبقتان بمقدار ٨ سم (الطبقة السفلية ٤ سم ، والعلوية ٣ سم) وذو ثلاث طبقات بمقدار ١٣ سم (السفلية ٥ سم ثم ٤ سم ٦ والعلوية ٣ سم)

— تنى الطبقات السفلية عادة من الخلطة البيتومينية البيتومينية الخشنة • تستخدم هذه الطبقات لزيادة ثبات الاغطية البيتومينية البيتومينية ضد القوى الزاحفة الناتجة عن حركة السيارات ولتسوية سطح الاساسات التي توضع عليها الاغطية البيتومينية البيتومينية لزيادة ثبات الطبقة السفلية وتحسين تماسكها مع الطبقة العلوية يعمد الى زيادة كمية البحص في تركيب خلطة الطبقة السفلية بصورة ان تصل حتى (٦٥-٧٠ %) من وزن الخلطة •

— تشكل هذه الخلطة بعد دحيها سطح خشن قادر على الارتباط مع الطبقة العلوية للغطاء البيتومي البيتومي •

— تجهز الطبقة العلوية من الخلطة البيتومينية البيتومينية الناعمة (٥-١٥) مم او متوسطة الخشونة (٥-٢٥) مم كما ويعمد الى اضافة المواد البحصية المكعبة ذات الزوايا الحادة الناتجة عن تكسير الحجارة القاسية بمقدار (٤٥-٥٠ %) من وزن البحص وذلك للحصول على غطاء متين قادر على حفظ سطحه الخشن لمدة طويلة وصالح للاستثمار لسنين عديدة

— يجب ان يكون البيتون البيتومي للطبقة العلوية متراصا بشكل جيد وذلك لكي تكون الطبقة العلوية غير نفوذة للمياه والرطوبة وتستطيع ان تقاوم التأثيرات الديناميكية والستاتيكية لدواليب السيارات •

— بعد التأكد في المصنع من جودة ودرجة حرارة الخلطة البيتومينية البيتومينية يعمد الى نقلها الى مكان الحمل بواسطة سيارات قلابة •

— يد من السطح الداخلي لصدوق السيارة الحديدى بخلطة الماء مع الكيروسين او المازوت وذلك لابعاد التصاقه مع خلطة البيتون البيتومي كما

- وتغطي الخلطة المنقولة لكي لا تبرد
- تفحص الخلطة البيتونية البيتومينية قبل تفريغها من السيارة للتأكد من تجانس تركيبها ومن درجة حرارتها •
- يجب ان تكون درجة حرارة الخلطة الساخنة في صندوق السيارة بمعدل (١٣٥-١٦٥) م والدافعة بمعدل (٧٥-١٢٠) م •
- تبنى الاغطية البيتونية البيتومينية عند ما يكون الطقس دافئاً ، أى عند ما تكون درجة حرارة الهواء اكثر من (١٠) م •
- لا يسمح باستخدام الخلطات البيتونية البيتومينية لتغطية الطرق اذا كانت غير متجانسة بتركيبها أوغير مخلوطة جيداً او اذا كانت كمية البيتومين المحتواة كبيرة اوقليلة وأخيراً اذا كانت درجة حرارتها غير متفقة مع المتطلبات المفروضة •
- تتكون العمليات التكنولوجية لفرش الخلطة البيتونية البيتومينية من المراحل التالية : تعطي الخلطة البيتونية البيتومينية المنقولة بالسيارات القلابة الى مخروط الموزع الآلي الذي يوزعها على عرض الشريحة (٣-٣٥) م ترص الخلطة الموزعة مبدئياً بجائز هزاز ، كما تقوم بلاطة التسوية بتسوية الطبقة المرصوفة بعض الشيء وتعطيها المقطع الضروري ، تصل النتاجية هذا الموزع الى حدود تجهيز حوالي (١٥٠٠) م^٢ من الخطأ بسماكة (٣) سم خلال ساعة واحدة •
- يجب الانتهاء اثناء توزيع الخلطة البيتونية الى الفواصل الطولية والعرضية للشرائح المسكوبة، يفضل في هذه الحالة قطع الغطاء بشكل عمودي ثم تسكب عليه الخلطة الساخنة وبعد التسخين تسوى الطبقة عند الفواصل وتدحى وبهذا يمكن الحصول على وصلة غير مميزة •

— يمكن عند بناء الاغطية البيتومينية استخدام موزعين آليين في حال وجود المصانع البيتومينية ذات الانتاجية العالية ، يمكن لهذين الموزعين ان يعملوا مع بعضهما البعض حسب مخطط منظم ، اذ يمكن لاحدهما ان يسكب الخلطة بعيدا عن الآخر بمقدار (٣٠-٥٠) م • تستطيع الخلطة الموزعة بالموزع الاول ان تحافظ خلال هذه المدة على الحرارة الضرورية لتأمين الوصل مع الطبقة التي سيسكبها الموزع الثاني •

— توزع الخلطة باليد في حال انعدام وجود الموزعات الآلية •
— لا يسمح بحركة السيارات ماعدا السيارات المخصصة لنقل الخليطة على الطبقة السفلية للغطاء البيتومي البيتوميني حرصا على نظافتها •
— يجب ان يعطى اهتمام كبير لدحي الطبقة البيتومية البيتومينية •
— يستخدم لدحي هذه الطبقة عادة ثلاث مداحل : واحدة خفيفة واثنان ثقيلتان •

— تدح الخلطة في البداية بالمداحل الخفيفة من الطرف حتى الوسط مع التغطية بمقدار (٢٠-٢٥) سم •
— تؤخذ اوزان المداحل بحدود (٦) طن للخفيفة و (١٥) طن للثقيلة •
— بعد دحي الطبقة بالمداحل الخفيفة عدة مرات يعود الى التحقق من سطح الغطاء في الاتجاه العرضي وفي الاتجاه الطولي •
— ان وجود ما يعرقل استواء الغطاء يتخلص منه بنش هذه المنطقة واقطاعها ثم سكب خليطة جديدة فيها •
— يؤخذ الميل العرضي للغطاء البيتومي البيتوميني بحدود (١٥) % — ٢ % •

- يحدد استواء الاغطية بقية خشبية بطول ثلاث امتار ، اذ توضع اثنا القياس في ثلاث اماكن في الاتجاه الطولي عند المحور وعلى مسافة متر واحد من الطرف اليسارى واليميني للغطاء .
- يجب ان لا تزيد الفراغات تحت هذه المسطرة عن (٥) مم .
- بعد دحي الطبقة بالمدحلة الخفيفة بمقدار خمسة الى ستة مرات في المكان الواحد يعمد الى دحيها بالمداخل الثقيلة التي تعمل حسب نفس الاسلوب وهذا يعني انها تدحى من الطرف الى الوسط .
- لدحي الطبقة بشكل كامل يلزم مرور المدحلة الثقيلة في المكان الواحد من (٢٠ - ٢٥) مرة .
- ان دلائل انتهاء الدحي هو اتمام الآثار بعد مرور المدحلة الثقيلة على سطح الغطاء .
- يعمد بشكل دائم اثناء عملية بناء الاغطية من التحقق من درجة حرارة الخلطة المروضة ومن سماكة الطبقة الموزعة ومن تجانس سطح الاغطية البيتونية البيتومينية .
- تحدد درجة حرارة الخلطة بميزان الحرارة .
- يجب ان تكون درجة حرارة الخلطة الساخنة عند دحيها بحدود (٩٠ - ١٢٠) م والدافئة بحدود (٣٥ - ٥٠) م
- ان اسطح الاغطية المبنية من الخلطات التي قد بردت تكون غير متجانسة وغير متراصة لذا فهي تتشبع بالرطوبة بسرعة ثم تتكسر .
- تقاس سماكة الطبقة بمسطرة معدنية عادية .
- للتحقق من جودة البيتون البيتوميني المدحى والمبرد حتى درجة حرارة الهواء المحيط يعمد الى اخذ العينات من الغطاء بمقياس (٢٠ × ٢٠) سم

حيث يؤخذ بمعدل نموذج واحد لكل (5-7) آلاف متر مربع • يمكن اخذ عينات اسطوانية بواسطة جهاز خاص •

- تصلح اماكن اخذ النماذج مباشرة •
- يمكن بواسطة هذه النماذج التأكد من سماكة الطبقة ومن متانة تماسكها وتحديد في المخبر بمساعدة هذه النماذج الوزن الحجمي والتشبع بالربط • ماذ يمكن بالاعتماد على هذه التجارب تحديد نسبة الفراغات في الببتون الببتوميني • ان هذا يعطي فكرة واضحة عن مقدار درجة رص الغطاء •

- بالإضافة الى ذلك فانه بتسخين هذه النماذج وتجهيز النماذج الببتونية الببتومينية المخبرية يمكن تحديد الخواص الفيزيائية — الميكانيكية للنماذج المصممة — يمكن بعد القيام بهذه التجارب اعطاء التعليمات الخاصة بالدحي أو تخيير بعض الشروط في العمليات التكنولوجية لتجهيز الخلطة في المصنع •
- يجب ان تقدم نتائج اختبار النماذج المأخوذة من الاغطية وكذلك الدفاتر التي تكتب فيها مراقبة تحضير وتوزيع الخلطة الببتونية الببتومينية عند انتهاء الاعمال وفتح الطريق للحركة •

ما ذكرناه يتعلق بالخلطات الساخنة والدافئة اما فيما يتعلق ببناى الاغطية من الخلطات الببتونية الببتومينية المفروشة في الحالة الباردة فهناك بعض الاختلافات •

- ان تكنولوجيا تحضير وتوزيع الخلطات الببتونية الببتومينية الباردة تختلف بعض الشيء عن تكنولوجيا بناء الاغطية من الخلطات الساخنة والدافئة •
- تجهز عادة الخلطات الببتونية الببتومينية الباردة من الحبات الناعمة

- التي تخلط مع البيتومين المائع عندما تكون درجة الحرارة بحدود (٧٠-١٠٠) حيث تسخن المواد الحجرية والبودرة حتى درجة الحرارة (١٠٠-٩١٠) م
- تحفظ الخلطة الجاهزة بشكل مجموعات لا يزيد ارتفاعها عن (١,٥) م وذلك بعد تبريدها حتى درجة الحرارة (٣٠-٣٥) م
- تسكب الخلطات الباردة بطبقة واحدة بسماكة (٢-٣) سم
- يجب ان تكون اساسات الاغطية البيتوتية البيتومينية الباردة كما في حال الخلطة البيتوتية البيتومينية الساخنة متبنة وناشفة ومستوية
- كذلك فان الطبقة العلوية من الاساسات يجب ان تكون مبنية من المواد الحجرية المقواة بالبيتومين
- تفرش الخلطة البيتوتية البيتومينية الباردة على الاساسات المجهزة اما باليد او بواسطة موزع آلي
- تدحى الخلطة بعد توزيعها بالمداخل الخفيفة التي تمر (٣-٥) مرات في المكان الواحد
- تتم عملية الدحى للغطاء بشكل نهائي تحت تأثير حركة السيارات في الاوقات الدافئة ، لذا يعتمد في هذه الحالة الى تنظيم حركة سير السيارات وتوزيعها بشكل منظم على عرض غطاء الطريق
- يتكامل رص الغطاء المبنى من الخلطة البيتوتية البيتومينية بشكل كامل خلال (١٠-١٥) يوما ، فيما اذا كانت كثافة الحركة كبيرة (١٠٠٠) سيارة في اليوم الواحد أو أكثر

٥ - استخدام الاضافات والمطاط :

١- استعمال الاضافات :

تستعمل الاضافات في المواد البيتومينية لتساعد في تغطية وتخليف المواد الحصوية وخاصة الرطبة والحامضية منها كما تستعمل الاضافات لزيادة مقاومة طبقة البيتومين المحيطة بالحصويات من التقشر بتأثير فعل المياه المخرب .

ان مواصفات الالتصاق للمواد البيتومينية تعتمد على بنيتها وتركيبها الكيميائي وخصوصا على وجود ما يسمى (جزئ مضاعف) . ان مثل هذه المواد تعطيك اقطاب موجبة وسالبة لذلك فهي قادرة على التلاحم بقوة مع سطوح المواد الحصوية . يمكن تحسين هذا التلاحم باضافة هذا النوع من الجزيئات ضمن النظام او بتغيير الخواص الكيميائية لسطوح المواد الحصوية ويعالج البيتومين بالاضافات حتى تصبح الحصويات مغطاة بغلاف مقاوم لتأثير الرطوبة مقاوم للتقشير بتأثير فعل المياه من بين هذه المواد العضاة يمكن ذكر الحوض الذهبية ، الامينات الذهبية ، الهيدروكلوريدات ومواد تصبن مختلفة . وبالنسبة للاضافات التي تستخدم في البيتون البيتوميني على الساخن يجب ان تكون ثابتة كيميائيا تحت تأثير الحرارة وبحيث تعطى الشوارد المطلوبة .

٢- استعمال المطاط :

يستخدم المطاط كمادة مضافة للمواد البيتومينية لتحسين خواصها كمواد رابطة للحصويات . اظهرت الدراسات بان مثل هذه المواد يجب ان لا تضاف بكمية كبيرة كي لا تؤثر على خواص البيتومين بصورة سلبية .

ان الدراسات المخبرية تحدد النسبة المضافة بحدود (٠.٥-٠.٧ %) وزنا من البيتومين ٠ اما في الحياة العملية فهذه الاضافة تصل الى نسبة (١-٥ %) وبشكل عام فان المطاط وامثاله من المواد ذات التركيب البوليميري المعقد باضافتها الى البيتومين تخير من خواصه فهي :

- تزيد من لزجته
- تزيد من درجة الليوونة
- تخفض مقدار درجة الغرز
- تخفض من حساسيته لتأثير الحرارة
- تزيد من مقاومة الطفو
- تزيد من قدرة وقابلية التمدد

في البداية استخدم فتات ومسحوق المطاط الطبيعي والصناعي ومواد مستخرجة من المطاط ٠ وقد وجد بأن اضافة المستحلب المطاطي المستخرج من لب الشجرة تعطي طريقة فعالة جدا لمعالجة البيتومين بالاضافة الى ذلك تستخدم بعض المواد البوليميرية المطاطية مثل البيوتادين والبيوتيل واليوبيرين وغيرهما ٠

الصفحة	الموضوع
١	مقدمة
٤	١ - الفصل الأول : الصفات الأساسية لمواد البناء
٥	١ - الصفات الفيزيائية
٢٤	٢ - الصفات الكيميائية
٢٧	٣ - الصفات الميكانيكية
٣٤	٤ - الصفات التكنولوجية
٣٦	٢ - الفصل الثاني : الصخور الطبيعية والمواد الحجرية منها
٣٦	١ - تقسيم الصخور الطبيعية
٤١	٢ - المبررات الداخلية في تركيب الصخور الطبيعية
٤٥	٣ - الصخور الاندفاعية
٥٠	٤ - الصخور الرسوبية
٥٥	٥ - الصخور الاستحالية (المتحولة)
٥٧	٦ - المواد الحجرية من الصخور الطبيعية
٥٧	٧ - حماية المواد الحجرية من التآكل (الحت) في المنشآت
٥٩	٣ - الفصل الثالث : المواد السيراميكية
٥٩	١ - المواد الخام - الخضار وأنواعه
٦٢	٢ - الخواص السيراميكية للخضار
٦٥	٣ - تكنولوجيا صناعة المنتجات السيراميكية
٦٩	٤ - أنواع المواد السيراميكية المستخدمة في البناء

٧٩	٤ - الفصل الرابع: المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية)
٧٩	١ - تقسيم المواد الرابطة
٨٩	٢ - الاسمنت البورتلاندى
١١٠	٣ - انواع الاسمنت البورتلاندى
١١٦	٤ - اسمنت الالومينا
١١٨	٥ - الاسمنت القابل للانتفاخ
١٢٠	٥ - الفصل الخامس: البيتون
١٢٠	١ - معلومات عامة عن البيتون
١٢١	٢ - تصنيف البيتون
١٢٣	٣ - المواد الداخلة فى تركيب البيتون الثقيل
١٣٠	٤ - صفات الخليطة البيتونية و البيتون
١٣٦	٥ - تصميم الخليطة البيتونية
١٤٦	٦ - الفصل السادس: البيتون الخفيف
١٤٦	١ - تصنيف البيتون الخفيف
١٥٠	٢ - المواد اللازمة فى تحضير البيتون الخفيف
١٥٢	٣ - تعيين تركيب البيتون الخفيف
١٥٩	٤ - البيتون الخفيف المسامى
١٦١	٧ - الفصل السابع: المونة البنائية
١٦١	١ - تصنيف المونة البنائية
١٦٤	٢ - صفات المونة
١٦٦	٣ - المونة لربط الاحجار
١٦٨	٤ - المونة الخاصة

٨ - الفصل الثامن : التنتحات البيتونية المسلحة

- ١٧٢ ١ - مفهوم البيتون المسلح
١٧٢ ٢ - تصنيف المنتجات البيتونية المسلحة
١٧٤ ٣ - انواع المنتجات البيتونية المسلحة
١٧٥ ٩ - الفصل التاسع: انتاج العناصر البيتونية المسلحة
١٧٧ ١ - تكنولوجيا انتاج العناصر البيتونية المسلحة
١٧٧ ٢ - طرائق رص الخليطة البيتونية في تحضير المنتجات
١٧٨ ١٠ - الفصل العاشر: المواد الممددة المستعملة في البناء
١٨٣

١ - حدد الصب

١٨٣ ٢ - الفولاذ

١٨٨ ٣ - الخواص الميكانيكية للفولاذ

١٩١ ٤ - تصنيف الفولاذ

١٩٣ ٥ - معالجة الفولاذ

١٩٦ ٦ - التجارب المخبرية للفولاذ

٢٠٣ ٧ - الخلائط الالومينية

٢٠٥ ٨ - خلائط المشغوب

٢٠٥ ٩ - الخلائط التيتانية

١١ - الفصل الحادي عشر : المواد الخشبية المستعملة في البناء

٢٠٦ ١ - معلومات عامة

٢٠٧ ٢ - بنية الخشب

٢١١ ٣ - انواع الاخشاب المستعملة في البناء

٢١٦ ٤ - الخواص الفيزيائية

٢٢٠ ٥ - الصفات الخاصة

- ٢٢٢ ٦ - الصفات الميكانيكية للخشب
- ٢٢٩ ٧ - عيوب الخشب
- ٢٣٩ ٨ - الاجراءات اللازمة لاطالة خدمة المنشآت الخشبية (الديمومة)
- ٢٤٥ ٩ - المواد و المنتجات و المنشآت من
- ٢٤٩ ١٢ - الفصل الثاني عشر: المواد العازلة للحرارة و المواد العازلة للصوت
- ٢٤٩ ١ - المواد العازلة للحرارة
- ٢٤٩ ١ - بنية المادة العازلة
- ٢٥١ ٢ - تصنيف المواد العازلة
- ٢٥٢ ٣ - المواد العازلة العازلة
- ٢٥٧ ٤ - المواد العازلة غير العضوية
- ٢٦١ ب - المواد العازلة للصوت
- ٢٦١ ١ - مخروم الامواج الصوتية والضجة
- ٢٦٣ ٢ - المواد العازلة للصوت
- ٢٦٤ ٣ - المواد الماصة للصوت
- ٢٦٦ ١٣ - الفصل الثالث عشر : المواد البلاستيكية
- ٢٦٦ ١ - معلومات عامة
- ٢٧٠ ٢ - المواد اللاصقة
- ٢٧٥ ٣ - الصفات الرئيسية للمنتجات من البلاستيك
- ٢٧٧ ٤ - المواد و المنتجات من البلاستيك

١٤ - الفصل الرابع عشر: المنتجات الاسمنتية لاسيستوسية ٢٨٥

١ - معلومات عامة ٢٨٥

٢ - المواد المستعملة في صناعة المنتجات ٢٨٦

الاميانيتية

٣ - صناعة المنتجات الاسيستوسية ٢٩٠

٤ - الصفات الرئيسية للمنتجات الاسمنتية ٢٩١

الاسيستية

١٥ - الفصل الخامس عشر: المواد الرابطة المضوية ٢٩٢

١ - مقدمة ٢٩٢

٢ - البيتومين ٢٩٣

٣ - البيتومين الطبيعي ٢٩٥

٤ - البيتومين النفطي ٢٩٨

٥ - القطران (القار) ٣٠٢

٦ - المستحلبات والمعالجين ٣٠٩

٧ - خواص البيتومين والمواد الرابطة ٣١٣

المضوية

٨ - تجريب البيتومين او الروابط البيتومينية ٣١٨

١٦ - الفصل السادس عشر: الخلائط البيتومينية ٣٢٠

المونة والبيتون البيتوميني - الماستيك البيتوميني

١ - مقدمة ٣٢٠

٢ - المواصفات العامة للخلائط البيتومينية ٣٢٠

٣ - مركبات البيتون البيتوميني ومواصفاتها ٣٢٧

٤ - انواع المخلوطات البيتومينية ٣٣٩

٣٤١	٥ - تصميم الخلطات البيتومينية و تجربتها
٣٨٦	١٧ - الفصل السابع عشر: الاغشية البيتونية البيتومينية
٣٨٦	١ - مقدمة
٣٨٧	٢ - انواع الخلطات البيتونية البيتومينية
٣٨٨	٣ - تصنيف الخلطات البيتونية البيتومينية
٣٨٩	٤ - اختيار نوع الخلطة
٣٩٢	٥ - المتطلبات من الاغشية البيتونية البيتومينية
٣٩٣	٦ - تجهيز الخلطات البيتونية البيتومينية
٣٩٥	٧ - اساسات الاغشية البيتونية البيتومينية
٣٩٦	٨ - بناء الاغشية البيتونية البيتومينية
٤٠٣	٩ - استخدام الاضافات والمطاط



