جامعـة العلوم والتكنولوجيا
عمادة الدراسات العليا والبحث العلمي
برنامج الهندسة المعمارية

الثورة الصناعية وتأثيرها
على العمارة من جانب مواد البناء

بحث ضمن متطلبات مادة العمارة والتكنولوجيا المعاصرة

ماجستير – تمهيدي

بحث مقدم من

المهندس/ **مرسال امين عبدة الصهباني**

تحت اشراف :

الدكتور/ **عبدالرحمن حسين الديلمي** .

٢٠١٤

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

(قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا ۖ
إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ)

سورة البقرة ٣٢

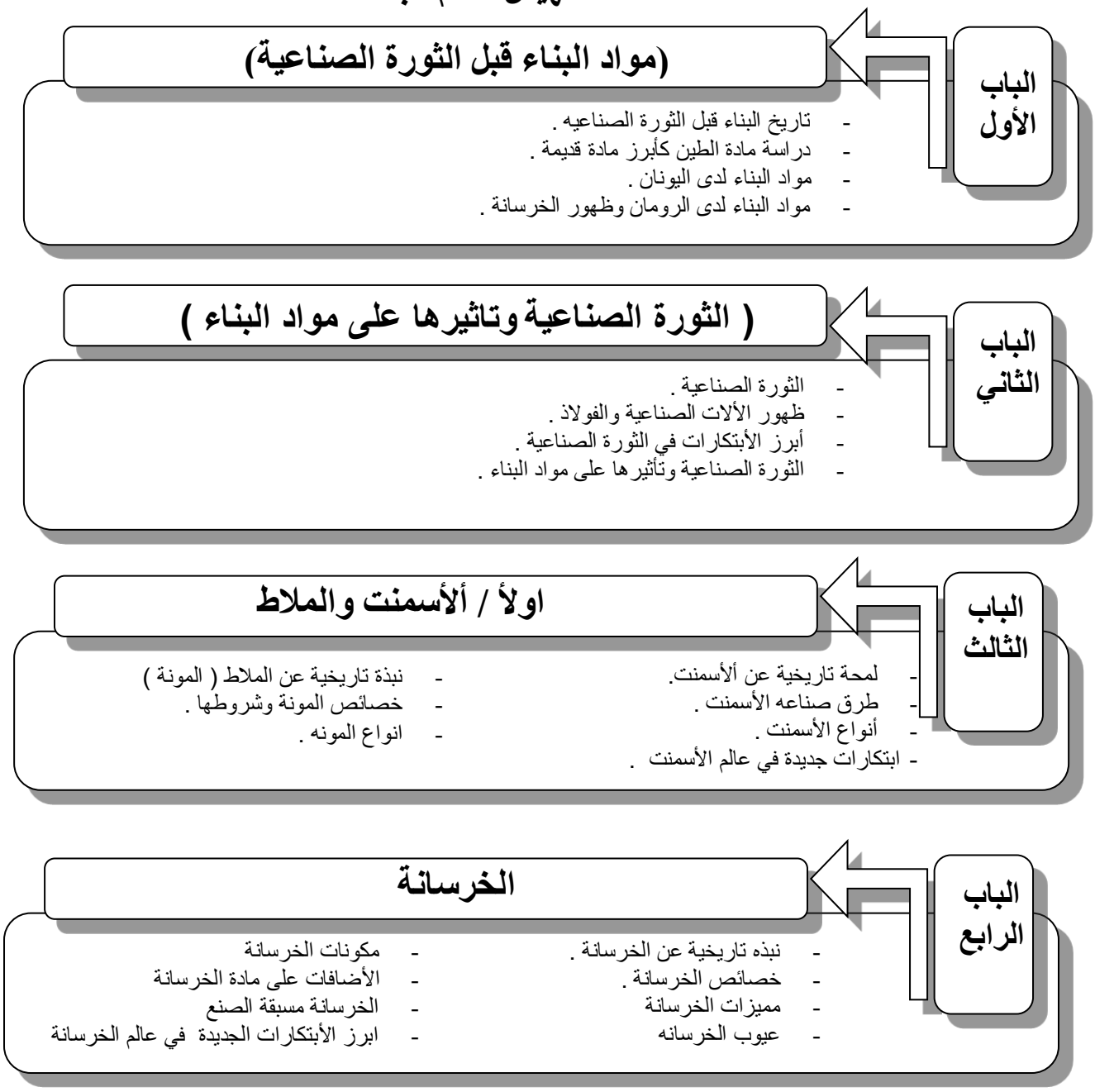
المقدمــة

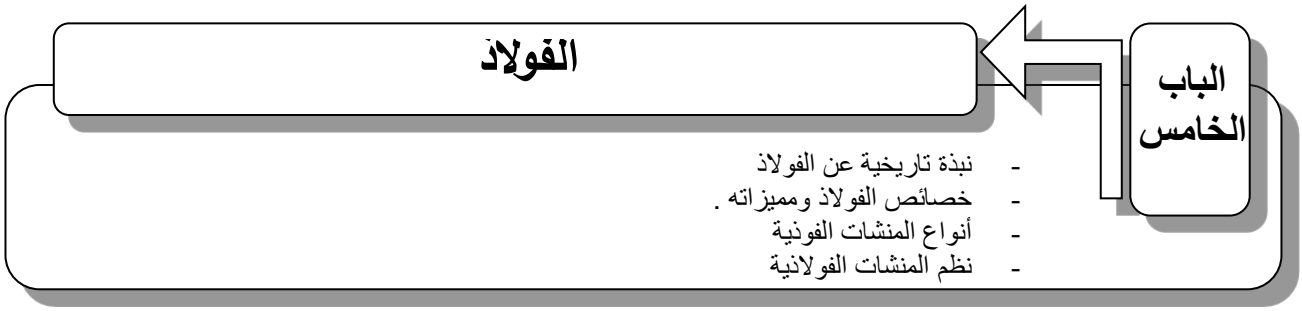
تقديم:

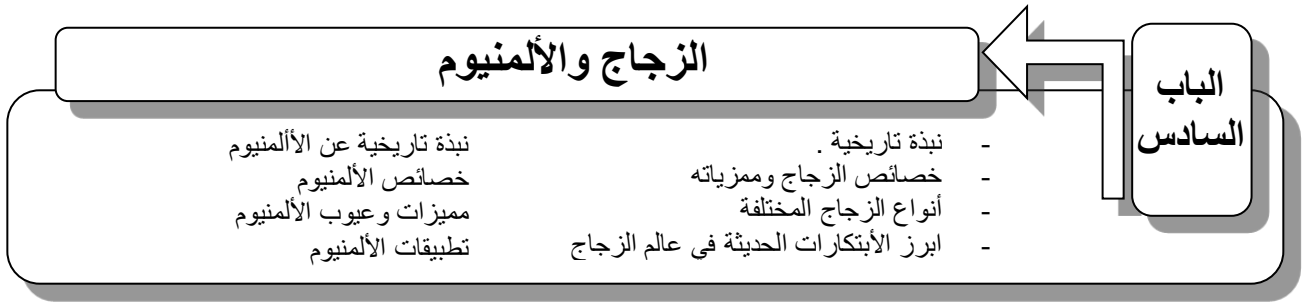
أحدثت الثورة الصناعية تغيرات عظيمة في طريقة حياة الناس، حيث تعتبر الثورة الصناعية هي أم الصناعات والتحولات التاريخية والفكرية في كل المجالات ، وكان لها الأثر البالغ في شتى المجالات المختلفة (زراعيه ، صناعيه ، طبيه ، هندسية ، علمية ، ثقافية ، فنية ، معمارية) وكان للثورة الصناعية الأثر البالغ على فن العمارة والبناء وذلك من خلال التحولات الأبرز في الصناعات والنظم البنائية بشكل عام ومواد البناء وتقنياتها بشكل خاص ، حيث بقيت العلاقة بين مواد البناء و العمارة علاقة سليمة و بسيطة حتى الثورة الصناعية. حيث كان قبل الثورة الصناعية يتم اختيار المواد إما بسبب توفرها أو بسبب شكلها الخارجي. و كانت الأحجار المتوافرة محليا الممارسة، مادة البناء الأساسية للجدران و الأساسات (و ذلك بسبب توفرها و متانتها) في حين كانت أحجار الرخام عالية الجودة تستخدم كغطاء أو كمادة إكساء خارجية لتغطية الجدران الحجرية العارية. و لذلك يمكننا القول أن اختيار المعماريين لمواد البناء قبل القرن التاسع عشر كان يعتمد على الشكل و الوظيفة معا (و هذا شيء منطقي)، و فوق هذا لم يكن قد تم تصنيف مواد البناء وقتها و تحديد قياسات عالمية لها، لذلك كان على كل من المعماري و البنّاء الاعتماد على خبرتهم الخاصة في عملية التصميم و التشييد. لذلك كان معلمو حرفة البناء وقتها قد كسبو مكانتهم و خبرتهم من خلال الممارسة و الملاحظة و أيضا من خلال ارتكاب الأخطاء التي ربما كانت كارثية في بعض الأحيان. تغير دور مادة البناء بشكل دراماتيكي مع تقدم الثورة الصناعية. فبدلا من الاعتماد على الخبرة و الممارسة ، قام المعماريون بالبدء باستخدام المواد المدروسة هندسيا و المنظمة. و نستطيع القول بأن تاريخ العمارة المعاصرة يمكن أن يتم تصنيفه بحسب مواد البناء التي كانت مستخدمة.

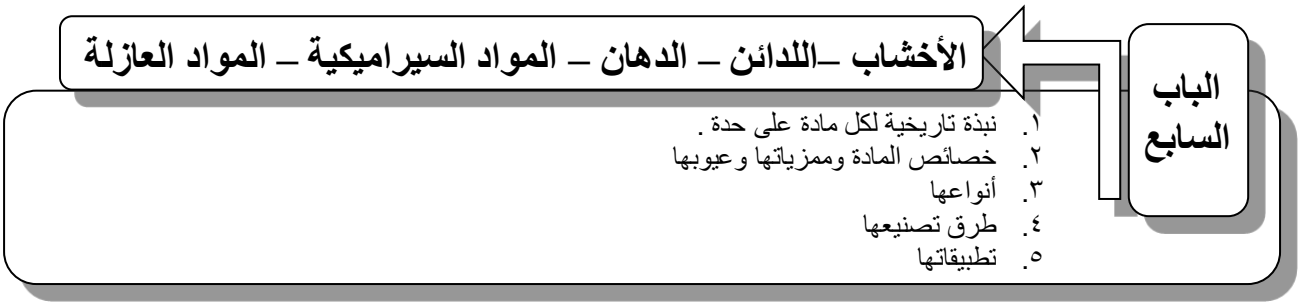
فمن بداية القرن التاسع عشر حيث كان الانتشار الواسع للمنشآت الفولاذية و التي أدت إلى إنشاء الأبنية الطويلة العمر و المرتفعة ومن هذه البداية تحولت المواد من كونها وسيلة للبناء فقط إلى طريقة عمل و تفكير تتيح للمعماري قدرات أوسع و إمكانات إنشائية أكبر. أتاح مزج صناعة الزجاج مع التطور في الأنظمة البيئية، أتاح ما يسمى بـ "الطراز العالمي" أو العمارة الشفافة التي من الممكن بناؤها في أي مكان و تحت أي مناخ. و كذلك فإن إنشاء الجدران الستائرية العازلة و الخفيفة الوزن أتاح بشكل كبير فصل تصميم المبنى الداخلي و توزيع الغرف و الفراغات ضمنه عن إنشائية المبنى و طريقة تحميل الأثقال فيه.

الهيكل العام للبحث




الباب الخامس
الفولاذ
- نبذة تاريخية عن الفولاذ
- خصائص الفولاذ ومميزاته .
- أنواع المنشات الفوذية
- نظم المنشات الفولاذية


الباب السادس
الزجاج والألمنيوم
- نبذة تاريخية .
- خصائص الزجاج وممزياته
- أنواع الزجاج المختلفة
- ابرز الأبتكارات الحديثة فى عالم الزجاج
نبذة تاريخية عن الأألمنيوم
خصائص الألمنيوم
مميزات وعيوب الألمنيوم
تطبيقات الألمنيوم


الباب السابع
الأخشاب –اللدائن – الدهان – المواد السيراميكية – المواد العازلة
١. نبذة تاريخية لكل مادة على حدة .
٢. خصائص المادة وممزياتها وعيوبها
٣. أنواعها
٤. طرق تصنيعها
٥. تطبيقاتها

محتويات البحث

الغلاف ١

المقدمـة ***٣***

الهيكل العام للبحث **٥**

محتويات البحث **٧**

١- الباب الأول (مواد البناء قبل الثورة الصناعية) ***١٣***

١-١- تاريخ البناء قبل الثورة الصناعية ***١٤***

١-٢- دراسة لَبِنُ البناء(الطين) ***١٦***

١-٣- مواد البناء لدى اليونان ***٢٠***

١-٤- مواد البناء لدى الرومان والبيزنطينيين ***٢٠***

٢- الباب الثاني (مقدمة نظرية عن الثورة الصناعية وتاثيرها على مواد البناء) ***٢٢***

٢-١- الثورة الصناعية ***٢٣***

٢-٢- ابرز الأبتكارات اثناء الثورة الصناعية ***٢٦***

٢-٣- العلاقة بين العمارة ومواد البناء والثورة الصناعيه : ***٢٧***

٣- الباب الثالث (تأثير الثورة الصناعية على مواد البناء) **٢٩**

٣-١- الإسمنت ***٣٠***

٣-١-١-*لمحة تاريخية* ٣٠

٣-١-٢- صناعه الأسمنت ٣٣

-3-1-3*انواع الأسمنت* ٤٠

٣-١-٤-*ابتكارات جديدة في عالم الأسمنت* ٤٠

٣-١-٤-١ *اسمنت يمتص الملوثات الهوائيه من الهواء* ٤٠

٣--١-٤-٢ *اسمنت اقوى من الحديد (UHPC)* ٤١

٣---١-٤-٣ ابتكارات شركة لافارج (الأسمنت الأبيض واسمنت فوندو واسمنت سوبر بلانك ٤٣

٣-٢- الملاط ***٤٤***

٣-٢-١-١- لمحة تاريخية ٤٤

٣-٢-١-٢-*خصائص المونة وشروطها* ٤٥

٣-٢-١-٣-*أنواع الملاط* ٤٥

٤- الباب الرابع (الخرسانة) ٤٧

٤-١- الخرسانة ٤٨

٤-١-١- *خصائص الخرسانة* ٤٨

٤-١-٢- *مميزات الخرسانة* ٤٩

٤-١-٣- *عيوب الخرسانة* ٥٠

٤-١-٤- مكونات الخرسانة ٥٠

٤-١-٥- *الخرسانة مسبقة الصنع* ٥٢

٤-١-٦-١- الأضافات الكيماوية للخرسانة والمونة _: - ٥٧

٤-١-٦-٢- *االمركبات الكيماويه لعلاج الخرسانه بعد صبها :* ٥٧

٤-١-٤-٣- *المركبات الابيوكسيه لمختلف الاغراض_:* ٥٨

٤-١-٤-٦- *المواد العازله للرطوبه و المياه* ٥٨

٤-١-٧- *ابتكارات جديدة فى الخرسانة* ٥٩

٤-١-٧-١- *الخرسانة الرغوية بالجبس* ٦٠

٤-١-٧-٢- *الخرسانة المطاطية.* ٦٢

٤-١-٧-٣- *الخرسانة بالبطاطس للمحاولة من التقليل للكلفة الزائدة لمادة الإسمنت* ٦٣

٤-١-٧-٤- *الخرسانة المطورة بالبوليمر* ٦٣

٤-١-٧-٥- الخرسانه الشفافة :..... ٦٩

٥- الباب الخامس(الفولاذ) ٧١

٥-١- الفولاذ ٧٢

٥-١-١- *مقدمة* ٧٢

٥-١-٢- لمحة تاريخيه ٧٢

٥-١-٣- *خصائص الفولاذ* ٧٤

٥-١-٤- انواع المنشآت الفولاذية واستخداماتها ٧٥

٥-١-٤-١- منشآت متعددة الطوابق multistory ٧٥

٥-١-٤-٢- *المنشآت الفولاذية ذات المجازات الطويلة* ٧٧

٥-١-٤-٣- منشآت فراغية space structures : ٧٧

٥-١-٤-٤- منشآت وحيدة الطابق: ٧٨

٦- الباب السادس (الزجاج- الألمنيوم) ٨٤

٦-١- الزجاج ٨٥

٦-١-١- مقدمة ٨٥

٦-١-٢- لمحة تاريخية ٨٥

٦-١-٣- خصائص الزجاج ٨٧

٦-١-٤- العوامل المؤثرة في اختيار أنواع الزجاج: ٨٩

٦-١-٥- انواع الزجاج وتركيبه الكيميائي ٩١

٦-١-٦- انواع الزجاج في الواجهات الزجاجية ٩١

٦-١-٦-١- الزجاج المقوَّى حرارياً ٩٣

٦-١-٦-٢- الزجاج المقسّى (الزجاج المسقي بالكامل) ٩٣

٦-١-٦-٣- الزجاج المجلتن ٩٥

٦-١-٦-٤- الأثاث الزجاجي والديكورات : ٩٦

٦-١-٦-٥- الزجاج المقاوم للرصاص ٩٧

٦-١-٦-٦- الزجاج المنحني ٩٧

٦-١-٦-٧- الزجاج المقاوم للحريق : ٩٨

٦-١-٦-٨- الزجاج العازل (المزدوج) ٩٨

٦-١-٦-٩- الطوب الزجاجي و قواطع الحوائط الزجاجية ١٠٠

٦-١-٧- أنظمة تركيب الزجاج : ١٠٢

٦-١-٧-١- النظام العنكبوتي : ١٠٢

٦-١-٧-٢- الواجهات الزجاجية المستمرة ١٠٣

٦-١-٧-٣- نظام الجدران الزجاجية المنزلقة : ١٠٣

٦-١-٧-٤- نظام الجيدا ١٠٤

٦-١-٧-٥- نظام "أوليفر" التثبيت النقطي ١٠٤

٦-١-٨- *ابتكارات جديدة في عالم الزجاج:*..... ١٠٤

٦-٢-١- (الألمنيوم) : ١٠٧

٦-٢-٢- *خصائص الألمنيوم* ١٠٨

٦-٢-٣- تطبيقات الألمنيوم في البناء ١٠٩

٧- الباب السابع (الأخشاب – اللدائن – الدهان - المواد السيراميكية - المواد العازلة) ...١١٣

***٧-١ - مادة الأخشاب*..... ١١٤**

٧-١-١- خصائص (مميزات الخشب):- ١١٤

٧-١-٢- *عيوب الأخشاب:-* ١١٥

٧-١-٣- *أنواع الأخشاب:-* ١١٦

٧-١-٤- *الأخشاب المتداولة في أعمال البناء :* ١١٧

٧-١-٤-١- الزان ١١٧

٧-١-٤-٢- *خشب الماهوكني* ١١٧

٧-١-٤-٣- *خشب الصنوبر* ١١٧

٧-١-٤-٤- *خشب الواوا*..... ١١٨

٧-١-٤-٥- *الmdf*..... ١١٨

٧-١-٤-٦- *خشب السويدي* ١١٨

٧-١-٤-٧- *الأخشاب الصناعية* ١١٩

٧-٢-١- اللدائن وتصنيفها ١٢٤

٧-٢-٢- *الخواص الفيزيائية والميكانيكية للدائن* ١٢٦

٧-٢-٣- *مميزات اللدائن* ١٢٧

٧-٢-٤- *تركيب البلاستيك (اللدائن)* ١٢٨

٧-٢-٥- *تصنيع اللدائن:* ١٢٩

٧-٣-١- *الدهانات وانواعها* ١٣٠

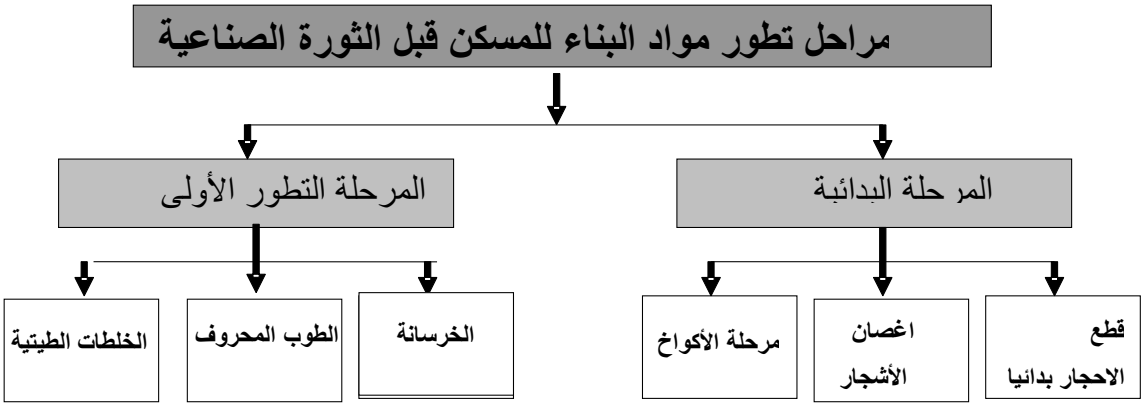
٧-٣-٢- *٤- ورق الحائط* ١٣١

٧-٤-٢- البلاط وأنواعه (اولا - البلاط الإسمنتي) ١٣٣
٧-٤-٣- السيراميك ١٣٤
٧-٤-٤- البورسيلان ١٣٥
٧-٤-٥- *الرخام* ١٣٦
٧-٤-٦- الجرانيت ١٣٧
٧-٥- المواد العازلة **١٦٧**
٧-٥-١- مواد العزل الحراري ١٦٧
٧-٥-٢- *مواد العزل المائي* ١٧٤
٧-٥-٣- *مواد العزل الصوتي* ١٧٩
٨- المراجـــع **١٧٦**

١ـ الباب الأول (مواد البناء قبل الثورة الصناعية)

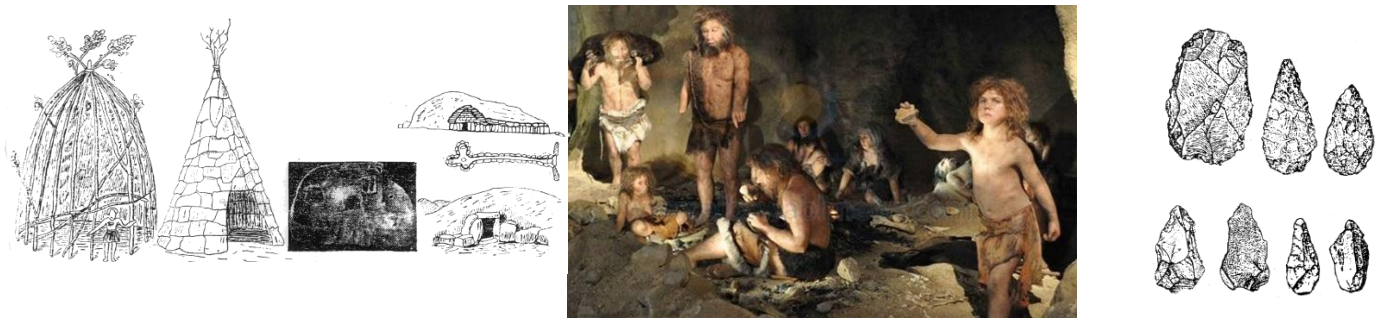
تاريخ البناء قبل الثورة الصناعية

منذ العصور السحيقة، انحصرت احتياجات الإنسان الرئيسية، في طعام يأكله، ويسد به رمقه، وكساوتداولها،مسكن يأوي إليه، بعد جهده وتعبه، سعيا وراء رزقه، ولذلك سكن الأنسان الكهوف قديما وكانت اول وسيله اتصال بواسطة إشارات الكلمة، الذي ظهر أول أمره في بلاد ما بين النهرين، ومع زيادة عدد البشر، اضطر الإنسان إلى هجرة الكهوف التي كان يحتمي بها، والبحث عن بديل مناسب، يقيه حر الشمس، وقر الشتاء، وهطول أمطار، فاستعان بالأكواخ التي بناها من أغصان الأشجار والغصينات الرفيعة، والجدران التي أنشأها من التربة العشبية، والبلاطات الحجرية . وكان جل تفكيره في عمله هذا، رهنا بما جادت به الطبيعة، وما أفاء عليه الله من خير كثير، ومرت السنون طويلة متعاقبة، والإنسان يقدح زناد فكرة، لتطوير أساليب معيشته، ويترك بصماته واضحة على تاريخ ما استحدثه في فن البناء وتعتمد الأساليب التكنيكية الحديثة، على تنمية قدرات البشر العقلية، لعزل المشاكل التكنيكية، ثم استظهار المهارات والخبرات المكتسبة لحل هذه المشاكل. ولا يقل أهمية عن هذا، الاعتناء بتنمية واستحداث المواد المناسبة، للحصول على مواد البناء، وتداولها ، كما يوضح شكل (١-١).



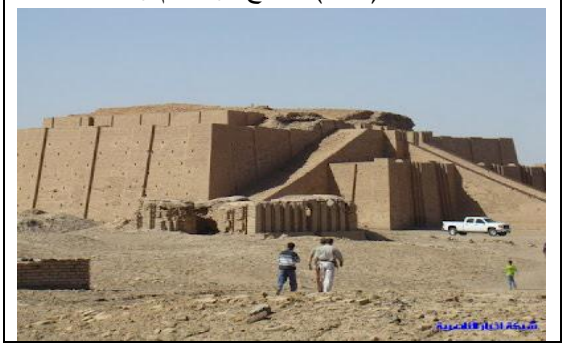
شكل (١-١): يوضح مراحل تطور المسكن قبل الثورة الصناعية

وقد حدث أول تقدم ملموس في تكنولوجيا البناء حوالي عام ٣٠٠٠ قبل الميلاد، عندما استطاع الأنسان تصنيع الخلطات اليدوية و وقبل ذلك التاريخ كانت القدرات التكنيكية للإنسان محدودة. ويرجع ذلك إلى بساطة الأدوات اللازمة لإتمام عمليات البناء، وعدم كفايتها لأداء هذه المهمة ، كما يوضح شكل (١-٢) الادوات البدائية لقطع الأحجار(الفؤوس الحجرية) والحياة البدائية للإنسان.



شكل (١-٢) الادوات البدائية لقطع الأحجار(الفؤوس الحجرية) والحياة البدائية للإنسان.

شكل (١-٣) يوضح الزقالمقام،رمية الشكل

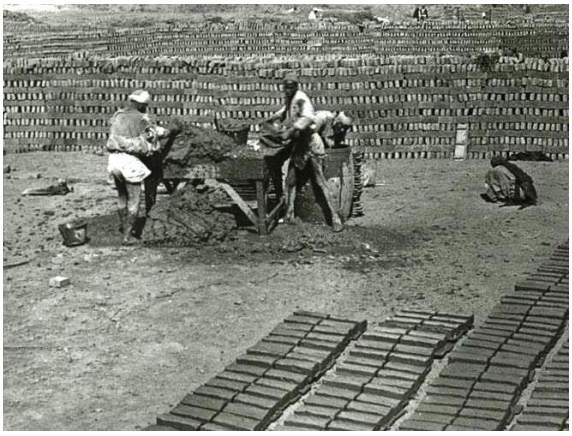


ومن المناسب في هذا المقام ،التنويه بأن مواد البناء – مثل الخلطات الطينية التي كانت تشكل باليد وتجفف في الشمس لم تكن بحاجة إلى استخدام الأدوات.

ثم اكتشف الإنسان معدن البرونز عام ٣٠٠٠ قبل الميلاد تقريبا. واصبحت هذه السبيكة المعدنية – بما لها من قدرة على التشكيل بأشكال محددة ذات حواف حادة دائمة – مادة مثالية لإنتاج المناشير، والفؤوس، والأزاميل. وأمكن باستخدام هذه الأدوات، قطع الأشجار، وتهذيب سيقانها وفروعها، كي تتخذ أشكالا مناسبة للاستخدام الإنشائية. كما أمكن، بالاستعانة بهذه الأدوات، قطع الأحجار من طبقاتها الرسوبية الطبيعية، والحصول على كتل مربعة منها، وصقل أسطحها، بدلا من استخدام الأحجار بهيئتها الفطرية التي توجد عليها في الطبيعة. وأدى هذا الاكتشاف الميثولوجي (المعدني) الهام، إلى بناء الكثير من المنازل الخشبية في شمال أوروبا، والهياكل الحجرية الهائلة، التي انتشرت بناؤها في وادي النيل، ثم حدث اكتشافان آخران بين عام ٣٥٠٠ قبل الميلاد، وعام ٣٠٠٠ قبل الميلاد، التوصل إلى العجلة، وإنتاج الخزفيات واتسع مجالها، حتى شملت صناعة الطوب الخزفي والطفال الذي يتم تشكيله على هيئة طوب كذلك، فغدا الحصول على الطوب أمرا ميسورا في البلاد ما بين النهرين، حوالي عام ٢٥٠٠ قبل الميلاد. وكالزقورات (هياكل هرمية الشكل)التي شيدت حوالي عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد، من الطوب الذي يتم تصليده في البيتومين (القار) ويوضح شكل (١-٣) الزقورات الهرمية الشكل .

١-١- دراسة لَبِنُ البناء(الطين) ـكأبرز مادة بناء قديمة

يعدّ لبن البناء sun- dried crude bricks المصنوع من الطين المادة الأساسية في تشييد الأبنية في المناطق الخالية من موادّ أخرى كالحجر والخشب أو غيرها، وقد تطور أسلوب البناء بهذه المادة على أيدي سكّان بلاد الرافدين، ويلاحظ ذلك في أبنيتهم التي استخدم فيها على نطاق واسع، فتنوعت قياسات وحدات البناء (اللبنات)، وصارت مكعبات من قياس ٣٨×٣٨سم وسماكة ١٠-١٨سم (الشكل ١-٤) كما استخدمت وحدات خاصة لتشييد العقود والقبوات؛ وذلك بجعل سماكة وحدة البناء من إحدى الجوانب ٨ سم والجانب الآخر ١٠سم.



الشكل (١-٤)يوضح مكعبات اللبن في مرحلة التحضير النهائي

خواص مادة الطين

هي مادة طبيعية تتألف من مزيج التربة والماء. والتربة بدورها غضار وجزيئات ترابية أكبر نسبياً من الرمل والحصى. ويعد التركيب الحبيبي لكمية الجزيئات الصلبة المختلفة الأبعاد في التربة (مقدّراً نسبة مئوية) من أهم العوامل المحددة لخواص التربة.

الشكل (١-٥) مكتشفات أثرية من لبن البناء (تل سكا - شرقي دمشق)

يسمى الطين لازباً (دسماً) إذا احتوى نسبة كبيرة من الغضار، ويسمى طيناً خفيفاً إذا كانت نسبة الغضار قليلة فيه. يؤثر الغضار في الطين مادة لاصقة للجزيئات الأخرى الرملية والترابية، ويلاحظ أن الطين الذي يحوي نسبة كبيرة من الغضار له قوة لصق كبيرة تمكنه من أن يمتص الماء بنسبة أكبر من الطين الخفيف، ومن ثم فإن له تمدداً وتقلّصاً أكبر.

تاريخ استعمال مادة الطين في البناء وتأثيرها البيئي

حتى بداية القرن العشرين كان الطين أكثر المواد شيوعاً في تقنيات البناء، ويسكن ما يزيد على ٢ مليار من البشر أبنية استخدم الطين في بنائها.

ومنذ أن نشأت الحضارات الإنسانية الأولى كانت المواد المستخدمة في البناء هي المواد المتوافرة في منطقة البناء، وكانت من الطين والخشب والحجر على الأغلب. ولم يكن هذا الأسلوب المتوارث في البناء من سمات العمارة في المناطق الحارة والجافة فقط؛ وإنما تعداه ليشمل عمارة المناطق الرطبة والباردة بما فيها شمالي أوربا أيضاً.

شكل (١-٦) نماذج بناء باللبن والطين

وقد تطورت الطرائق التقليدية للبناء بالطين مع الاستفادة من العلوم التقنية والكفاءات المهنية الخاصة في تصنيع هذه المادة الطينية وتشكيلها منذ قرون، وبلغت أوجها في القرن العشرين. كذلك أثبتت التنقيبات الأثرية وجود حياة ثابتة ومتحضرة في أغلب المناطق العربية منذ أكثر من ٨٠٠٠ عام قبل الميلاد، حيث توافرت الشروط لنشوء مجتمعات سكنية: ريفية ومدنيّة اكتسبت عادات مميزة في البناء.

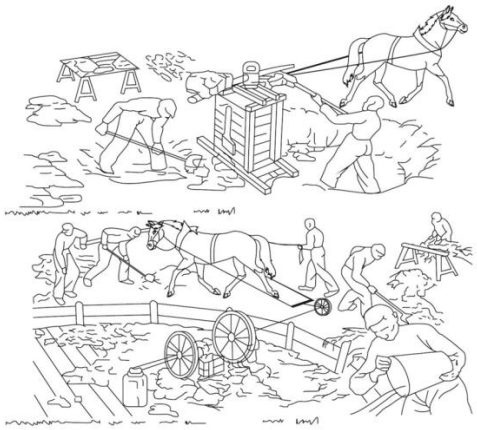
وهذا ما يلمس في إقليم دمشق حيث توافرت شروط مناسبة للاستقرار منذ قديم الزمان (الشكل ١-٥). وقد عثر في كثير من المواقع التاريخية المجاورة، مثل تلّ الرماد على نماذج سكنية من الطين تعود إلى ٦٠٠٠-٥٨٠٠ ق.م، استخدم الطين فيها على شكل وحدات مصبوبة في قوالب خشبية ومجففة بأشعة الشمس، مع طبقات إكساء ذات أساس كلسي. استمر البناء بمادة الطين أساساً لما لها من خصائص مناخية وبيئية جيدة في جميع أرجاء بلاد الشام حتى نهاية العهد العثماني. واستمر ذلك في بعض الأرياف ومحيط المدن حتى نهاية الستينيات من القرن العشرين حين غزت مادة الإسمنت أغلبية المناطق، وحلّت مكان الطين (الشكل ١-٦).

تقنيات تحضير الأبنية الطينية وطرائقها وتنفيذها

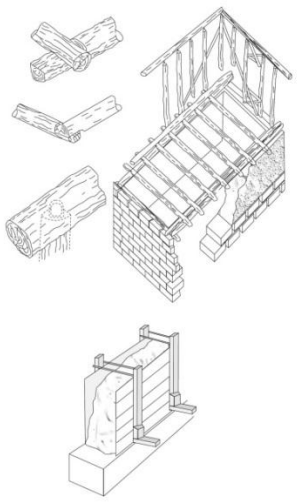
تميز البناء الطيني بتفاصيل إنشائية ومعمارية خاصة نتيجة لتراكم الخبرة عبر آلاف السنين. (الشكل١-٧) ويمكن عموماً تمييز ثلاثة أنواع من الإنشاء:

١- ***جدران من وحدات اللبن:*** يتم تحضير اللبن بخلط التربة والتبن بعد تخميره مدة كافية، ثم يجبل المزيج، ويُضرب (يُصب) في قوالب خشبية لصنع قطع تتباين أبعادها بحسب حجم القالب، ثم يسوى سطح القالب، ويزال الطين الزائد بقطعة خشبية. يرفع القالب وتترك القطع؛ لتجف في مكانها نحو أسبوع أو أكثر، ثم تقلب على حافتها لتجف جفافاً تاماً. وكان يقوم بهذه العملية حرفي يدعى «الطوّاب»، ولهم مصطلحات كثيرة تتصل بأدواتهم ومواد بنائهم. إن البناء بوحدات الطين

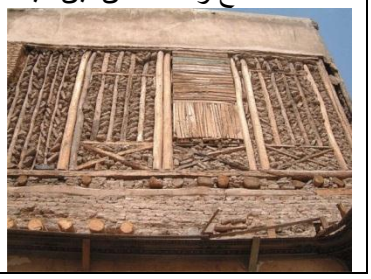
لا يتطلب يداً فنية كثيرة (عمالاً متدربين)؛ ولكنها تتميز بإمكانية تصنيع هذه الوحدات في معظم أيام السنة، وتركيب السقف مباشرة بعد الانتهاء من بناء الجدران، في حين لا يمكن إنشاء السقف عند بناء الجدران الطينية دكاً إلا بعد جفاف هذه الجدران. كما أن الوقت الضروري لبناء الوحدات الطينية أقل من الوقت الضروري لبناء الجدران الدك.



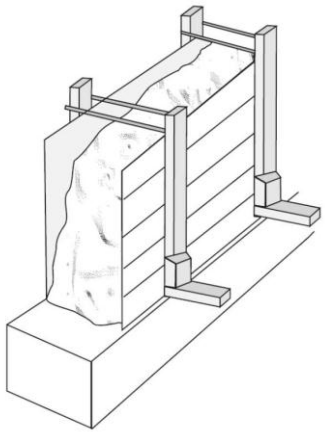
الشكل (١-٧)تقنيات تحضير وحدات البناء الطينية



الشكل (١-٨)إنشاء الهيكل الخشبي المكتف - مع وحدات من لبن البناء



٢- ***<u>جدران الهيكل المكتف الخشبي</u>***: يغلب استعمال هذه الطريقة في السكن ذي الطابقين حيث تستخدم في الطوابق العليا أخشاب المتوافرة (الشكل ١-٨). ويتم إنجاز الجدار على مرحلتين، تشمل الأولى إقامة هيكل من جذوع خشب الحور بعد قشرها ومعالجتها، والثانية ملء الفراغات بقطع اللبن الصغيرة، ثم تكسى الجدران بطبقة من الطين المجبول بالتبن، وتنهى بطبقة من الكلس. ويمكن مشاهدة أبنية من هذا الطراز في العديد من الحضارات، ويعود ذلك لسهولة تنفيذه وخفة وزنه.



الشكل (١-٩)
إعداد كتلة من جدار من الطين المدكوك

٣- ***جدران الطين المدكوك (الدكوك)***: وهي أقل أنواع البناء باللبن شيوعاً، وقد وجدت تصاوين للحقول أو الأبنية الريفية. تبنى هذه الجدران من التراب والحصى المجبول بالماء في فراغ بين لوحين من الخشب على شكل قالب بطول ١٥٠سم وارتفاع ٨٠-٩٠سم وسماكة ٤٠-٥٠سم، يثبت هذا القالب على أساس حجري مستمر، ويربط جانباً القالب بحبال لتثبيتهما. يوضع فيه التراب المجبول، ويدقّ بمدقّة خشبيّة لدكّه وزيادة تماسكه. وقد انتشر هذا الأسلوب من البناء الطيني في العديد من الحضارات خاصة المشرقية والأوربية وأمريكا اللاتينية. ويعد من أبسط طرائق الإنشاء خاصة أنه لا يحتاج إلى معدات وتجهيزات، وبعد أن يجفّ «الدك» ينزع القالب، ويتمّ تمشيط الطبقة الخارجية، وتخرّق بأوتاد خشبية قاسية؛ ليتكون جدار حامل للطينة الخارجية كما يوضح ذلك الشكل (الشكل ١-٩).

استخدامات الإنشاءات من لبن البناء

استخدم الإنشاء الطيني في نواح عديدة في الحضارات الإنسانية، واستطاع تلبية معظم احتياجات السكن والبناء، فشيدت منه القصور والقلاع ودور السكن والمساجد ودور العبادة:

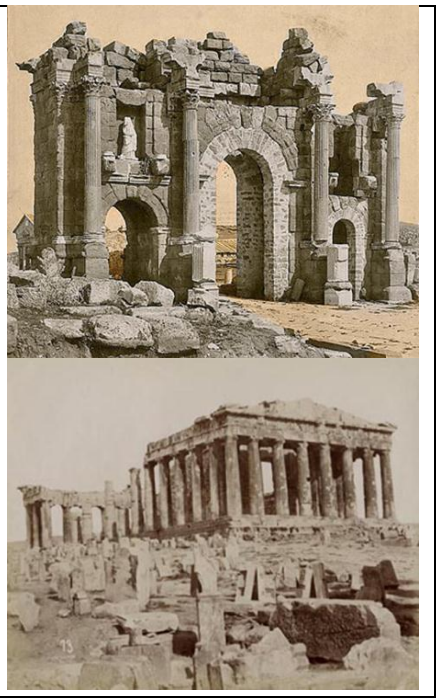
أ – المباني السكنية: خضع المسكن الطيني لجملة من المؤثرات الطبيعية والاجتماعية السائدة في البيئة العمرانية، وغالباً ما تتجمع الأبنية الطينية متراصة ومتجانسة، ولا يفصل بينها سوى جدران عازلة. وقد احتوت هذه المساكن على مجموعة من المنشآت الطينية الصغيرة، كصوامع الحبوب وزرائب الحيوانات وغيرها.

ب – المباني العامّة: وقد انتشرت في مراكز المدن التاريخية، وتشتمل على مبان عامة، كالمساجد والحمامات والخانات والإسطبلات وغيرها.

ت – الأبنية الزراعية: تميزت المناطق الريفية بوفرة المحاصيل الزراعية، وتطلّب حفظها وتصنيعها إنشاء أبنية خاصة، كمعاصر الزيتون والدبس ومستودعات الحبوب وغيرها. وبعد أن كانت مادة الطين من أهم المواد الطبيعية التي أسهمت عبر العصور في العمارة فقد توقّف استخدامها في العصر الحاضر بسبب ظهور مواد البناء الحديثة المتطورة والسهلة الاستعمال.

١-٢- مواد البناء لدى اليونان

أسهم اليونانيون حوالي عام ٣٢٠ قبل الميلاد، إسهاما فعالا في تكنولوجيا البناء ومواده ،وقد توافر لليونانيين – ابتداء من عام ٣٠٠ قبل الميلاد – من الأساليب التكنيكية للبناء، ما مكن الصناع المهرة، من قطع الرخام ونقله وحفره وصقله، كما كانت أسقف تلك الأبنية منخفضة تكسوها بلاطات من الطين المحمص، أو من الرخام، يحملها هيكل من الخشب وشاع في العهد اليوناني بشكل كبير استخدام الكتل الحجرية والرخام كما ذلك يوضح (شكل رقم ١-١٠) .



١-٣- مواد البناء لدى الرومان والبيزنطيين

بينما شاع استخدام الأحجار والرخام في الأبنية اليونانية، اقتصر استخدام الرومان هذ المواد على الواجهات، أو التغطيات الدائمة لمبانيهم، مع تشكيل قلب المبنى، من حائط إنشائية، أو قبة من الخرسانة. وقد توافرت الخرسانة لدى الرومان، من الإسمنت الهيدروليكي القوي الذي عرفوه باسم البوتسولانا (وهي مادة صخرية بركانية). ونظرا لضخامة مباني الرومان، واتساع عرض الفتحات والقباب، أصبح من المتعذر الاستمرار في استخدام العتبات الحجرية، لتلقي الأحمال الواقعة عليها كما استخدم الرومان، على نطاق واسع، الطوب الذي يتم حرقه في قمائن شبيهة بالقمائن المستخدمة في القرن التاسع عشر، واستخدم الطوب كمادة تغطية للخرسانة التي ينشأ منها الهيكل المركزي للمبنى، وكطبقة أولية (بطانية) للتشطيبات النهائية الزخرفية، التي كانت تصنع من الموزايكو أو الجبس المرسوم بألوان واستخدم بلاط الموزايكو المتعدد الألوان، الصغيرة الحجم، على نطاق واسع خلال القرنين الخامس والسادس الميلادين، لزخرفة الأسطح الداخلية للكنائس البيزنطية المسيحية. واستخدام في بناء هذه المباني – التي شيدت أساسا من الطوب مع الاستعانة أحيانا بالأعمدة الحجرية – الأسلوب الحديث للبناء، الذي يعتمد على القباب، وكانت من السمات المميزة للحيز الداخلي هذه المباني، وذلك عن طريقة التدريج في البناء صفوف الطوب، حتى تتخذ القبة شكلها النهائي المعروف.

شكل رقم (١-١٠) يوضح استخدام اليونان للكتل الحجرية.

١-٤- الخرسانة لدى الرومان

استخدام الخرسانة أدى إلى تطور هائل في العمارة فقد ابتكر فيتر وفيس الإسمنت عن طريق خلط ملاط الحجر الجيري الذي يعتبر العنصر الابتدائي للخرسانة بمادة السليكا البركانية والتي كانت تؤخذ من مخلفات البراكين وكونوا بذلك مادة الإسمنت وتم استخدامه في اعمال البناء والأقواس والقباب والأسقف وايضا استخدموه كأساس تحت الماء في الموانئ الصناعية لقدرته الفائقة على مقاومة الماء ،واستخدم في المسارح العامة (كولوزيوم) واستخدم في اغلب المنشآت الأثرية شكل رقم (١-١١) وتمكنوا من انشاء مباني ضخمة لم تكن ممكنة من قبل وبأعداد كبيرة من المعابد والمباني العامة وابتكار أساليب جديدة في البناء بالحوائط بالصب علي كسوة من الطوب.

شكل رقم (١-١١)يوضح انتشار المباني الضخمة في المباني الرومانية

ولذلك كانت عمارتهم تمتاز بالقوة و الصلابة و الضخامة و العظمة و تعكس ما كانت عليه الإمبراطورية في معبدها و استخدام الأعمدة و التفاصيل الكلاسيكية للكسوة و الشكل دون الحاجة إليها في الإنشاء.

٢- الباب الثاني (مقدمة نظرية عن الثورة الصناعية وتأثيرها على مواد البناء)

الثورة الصناعية

كلمة الثورة تعني الحدث الذي يحصل فجأة، وفي العرف السياسي غالبا ترتبط بالعنف كما حدث في أمريكا وفرنسا، لكن قد تكون هناك ثورة غير مرتبطة بالعنف أيضا، وهذا هو شأن الثورة الصناعية التي أحدثت انقلابا ليس له نظير وذلك فيما يخص الآلات المستعملة التي كانت في غالبها يدوية، مما أثر إيجابيا على الحياة الساكنة في نوفمبر من العام ١٧٧٤ كتب أحد المخترعين الشباب إلى والده:» العمل الذي أنا بصدد القيام به هنا ناجح، الآلة التي اخترعتها تعمل بشكل لم يسبق له مثيل...» وقد كتب جيمس واط –أحد المخترعين الاسكتلنديين– هذه الرسالة متحدثا عن آلته البخارية التي اخترعها والتي سهلت تنقل الاشخاص والبضائع.

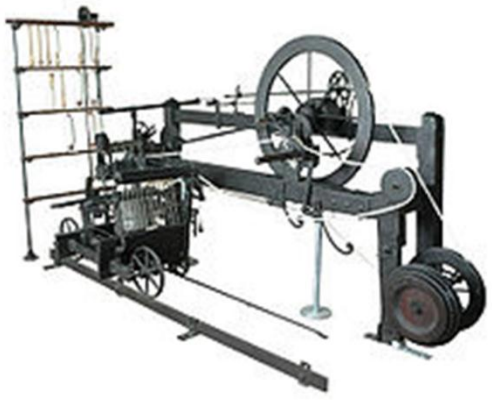
شكل رقم ٢-١ يوضح محرك البخار A Watt steam engine, وات تغذيه المحرك البخاري في المقام الأول عن طريق الفحم الذي يدفع الثورة الصناعية في بريطانيا والعالم.

لم يكن جيمس واط يدري أنه باختراعه (شكل رقم ٢-١ هذا سيغير مجرى التاريخ واضعا الأساس لثورة صناعية عظمى ففي العام ١٧٦٣ طلب أحد أساتذة جامعة غلاسكو من جيمس واط إصلاح إحدى الآلات الميكانيكية البدائية المعطلة وقد لاحظ جيمس واط أن الآلة تستهلك الكثير من الوقت والوقود مما حذا به إلى مناقشة الأمر مع أساتذته في الجامعة، لكن لا أحد منهم قدم له حلا ناجعا. وقد اجتهد جيمس واط فأدخل تحسينات على تلك الآلة، إذ جعلها تشتغل بالبخار، فكان من حسناتها الاقتصاد في الوقود والوقت والتكلفة، وفي العام ١٨١٩، أي بعد وفاة جيمس واط حلت آلته البخارية محل الآلات التقليدية، وتم اعتمادها من طرف المصانع البريطانية وكذلك في معظم أوروبا وأمريكا واليابان. وكانت الثورة الصناعية هي الشرارة التي تسببت في تقدم وتطور الحقول الأخرى كالطب مثلا، كما تطورت ميادين أخرى كالأدب والموسيقى والهندسة وغيرها لظروف العامة في بريطانيا تساعد على التصنيع بدأت الثورة الصناعية أول ما بدأت في بريطانيا. وكانت الظروف العامة هناك مثالية ومساعدة على التصنيع نظرا لعدة عوامل أولا: لأن في بريطانيا تتوافر موارد طبيعية هائلة مثل الفحم الحجري والحديد، كما تمتلك بريطانيا طاقة مائية هائلة نظرا لوفرة الأنهار بها. واستفادت بريطانيا أيضا من ثروات مستعمراتها

الطبيعية خاصة القطن والصوف اللذان كانا تحتاجهما صناعة النسيج البريطانية. ثانيا: وربما هذا هو الأهم. كانت بريطانيا تمتلك يدا عاملة هائلة ساهمت في توفير حاجيات البلاد من الغذاء من خلال عملها في الحقول والضيعات الفلاحية وذلك ابتداء من العام ١٧٠٠، إذ توسع الميدان الفلاحي كثيرا خاصة بظهور زراعات جديدة كزراعة البطاطس مثلا.

آلات صناعة النسيج تساعد في بناء النظام المعملي

قبيل العام ١٧٠٠، كانت كل البضائع والمنتوجات تصنع بطريقة يدوية في الدكاكين والمزارع أو بيوت ريفية صغيرة، إذ كان التجار يحملون إلى السكان الذين كانوا يغزلون الملابس في بيوتهم كل ما يلزمهم من أدوات وصوف وقطن، وقد كان هذا النظام غير فعال البتة.. وبعد العام ١٧٠٠، كانت الأسواق الداخلية والخارجية تتوسع بشكل ملحوظ، وكانت هذه الأسواق في حاجة إلى ملابس صوفية وقطنية جاهزة، الأمر الذي عجزت عن تلبيته المصانع البدائية التقليدية، فكانت الحاجة ماسة إلى تطوير وسائل تصنيع النسيج، مما حذا بالبريطاني جون كاي إلى تطوير آلات حياكة سريعة وعصرية (شكل ٢-٢) ،وكان ذلك في العام ١٧٣٣ ، وفي العام ١٧٦٩ ظهر اختراعان جديدان فيما يخص آلات النسيج، هذان الاختراعان اللذان تمكنا من تسريع العمل في مصانع النسيج وعشر سنوات بعد ذلك،أي في العام ١٧٧٩ تمكن المخترع البريطاني صامويل كرومبتون (شكل ٢-٣) من تصنيع وغزل خيوط رفيعة بكثرة وفي الوقت ذاته، وفي البدايات الأولى للقرن ١٩، وبالضبط في العام ١٨٠٠ قدم أدموند كارترايت اختراعا آخر مذهلا وهو: نول ضخم وسريع للغزل وكان القطن هو المادة الرئيسة التي كانت تستعمل في نسج الملابس، ولكن الجلد دخل هو الآخر فنافس القطن بشدة في هذه الصناعة المزدهرة. وفي إنجلترا الجديدة، تمكن المخترع إلي ويتني من اختراع آلة ضخمة لتنظيف



شكل (٢-٣) يوضح الة صنع النسيج لصمويل كرومبتون ١٧٧٩ م

شكل (٢-٢) يوضح اول نموذج لآلة صنع النسيج

القطن، تستطيع القيام بذلك أسرع من خمسين عاملا مجتمعين وبتسارع هذه الاختراعات تخلص أرباب العمل من ضرورة التواجد قرب الأنهار التي كانوا يستعملون طاقتها المائية لتشغيل آلاتهم، واتجهوا إلى إنشاء مصانع جديدة وحديثة ابتداء من مطلع القرن ١٩، مما أدى إلى وفرة الإنتاج وجودته، وهذا ما اصطلح عليه بالإنتاج الوفير والثقيل وكان أهم ماميز النظام المعملي هو قيام كل آلة على حدة بعملها المنوط بها، ثم انتقال المنتوج في سلسلة مترابطة نحو آلة أخرى لإتمام العمل والتصنيع.

بدء استعمال الفولاذ والفحم الحجري

العديد من الآلات صنعت من الفولاذ، لذلك ارتفع الطلب على هذه المادة الحيوية بكثرة وكان الفولاذ يصنع في البداية من فحم الحطب بطريقة بدائية لكنها رخيصة، علاوة على ذلك عاشت بريطانيا أزمة كبيرة في أواخر القرن ١٧ وبدايات القرن ١٨ فقد تم استغلال جل الغابات وقطعت أشجارها من أجل استعمالها في بناء السفن وبعض الآلات الأخرى. وقد تم حل مشكلة الطاقة في بريطانيا بوساطة الاستعمال الواسع للفحم الحجري وفي العام ١٣٧٥ بدأ إبراهام ديربي صناعة الفولاذ بوساطة تصفية الفحم، وكنتيجة لهذا انتقلت الصناعة من الغابات إلى المناطق الغنية بالفحم ،أما في العام ١٧٨٠ فقد قام المقاول هنري كورت باختراعين تمكن بوساطتهما من صهر الحديد في فرن كبير وعصره، فصنع منه ألواح حديد وفي العام ١٨٤٤ تمكنت بريطانيا من إنتاج حوالي ٣ ملايين طن من الفولاذ، وبذلك دخل الفولاذ في صناعة العديد من المنتجات المعدة سواء للاستهلاك الداخلي أو للتصدير نحو الأسواق الخارجية وسائل التنقل تصبح أكثر سرعة وأقل تكلفة وكانت وسائل التنقل المعتادة في العصور الوسطى هي الأحصنة. وكانت الطرق والمسالك صعبة للغاية .

(شكل رقم ٢-٤ يوضح السكك الحديدية عام ١٨٥٠ م)

وفي منتصف القرن١٨، وبالضبط في العام٧٧٠ تمكن مهندسان اسكتلنديان هما طوماس تلفورد وجون ماك آدم من تحسين بناء الطرق والقنوات٠

وفي العام ١٧٦١ تم بناء إحدى أولى القنوات العصرية، بلغ طولها سبعة أميال، وتم إنشاؤها من طرف دوق بريدجووتر ليصل بين مناجم الفحم التي يمتلكها بمدينة مانشستر، ويبلغ ميلها ثمانون درجة ، وفي العام ١٨٣٠ كانت بريطانيا تمتلك إحدى أفضل شبكات النقل المائي في العالم. وكان أهم اختراع في القرن ١٨ هو اختراع القاطرة البخارية من طرف جيمس واط في العام ١٧٦٩، إذ حلت محل الآلات القديمة والبطيئة، واثنتا عشرة سنة بعد ذلك

اكتشف نفس المخترع طريقة تسمح للآلة بالتحرك بشكل دوراني وانطلاقا من العام ١٧٨٠ بدأ فريق من المهندسين في دراسة مدى إمكانية استعمال البخار كوسيلة لتشغيل المحركات والآلات، وعندما تم ربط مدينة ليفربول بمدينة مانشستر بوساطة السكة الحديدية، أعلن عن جائزة لأحسن عربة، وفاز بها المهندس جورج ستفنسون، وذلك في العام ١٨٢٩، وكان معدل سرعة عربة ستفنسون حوالي ١٤ ميلا في الساعة، كما بدأ نفس المهندس بناء سكة حديدية أنهاها في العام ١٨٤٠. ومع انصرام العام ١٨٥٠، تم انجاز معظم الطرق والقنوات والسكك الحديدية (شكل رقم ١-٤) وبذلك ساهمت هذه الاختراعات في التقدم الصناعي الذي عرفته أوروبا وأمريكا في تلك الحقبة.

وحتى العام ١٨٣٨، كانت معظم السفن تستعمل الأشرعة وتعتمد على الرياح، لكن ابتداء من ١٨٨٠ أنجزت أولى السفن التي اعتمدت على الطاقة البخارية وتسمى Sirius :سيريوس والتي أقلعت من ميناء ليفربول في اتجاه مدينة نيويورك. وقد قطعت المسافة الفاصلة بين المدينتين في ثمانية عشر يوما وهكذا تم شحن البضائع وحمل المسافرين بسرعة أكبر وبتكلفة أقل.

اهتمت الثورة الصناعية الأولى فقط بميادين :صناعة الفولاذ، النسيج والطاقة البخارية وكان العديد من البريطانيين آنذاك فلاحين قرويين، لكن حياتهم تغيرت كليا بعد الثورة الصناعية الثانية التي بدأت منتصف القرن ١٩، وهذه المرة تميزت بمنافسة قوية من طرف أمريكا ودول أوروبية أخرى قامت بالعديد من الاختراعات العلمية التي غيرت مجرى البشرية.

ابرز الابتكارات اثناء الثورة الصناعية

وترتبط بداية الثورة الصناعية عن كثب بالعديد من الابتكارات التي وردت في النصف الثاني من القرن ١٨ وكانت هذه الابتكارات في ثلاثة ' قطاعات رائدة ".

١- **المنسوجات –** غزل القطن وتم ابتكار العديد من الآلات في هذا المجال مكنهم فيما بعد من اقامة العديد من مصانع القطن.

٢- **الطاقة البخارية –** و تحسين المحرك البخاري اخترعها جيمس وات وبراءة اختراع في عام ١٧٧٥ وكان لها الأثر الكبير في مجال الطاقة والنقل .

٣- **صنع الحديد –** سجلت براءة اختراع صناعه الحديد من قبل هنري كورت عام ١٧٨٤) والذي كان له الأثر الكبير على مجال البناء والعديد من المجالات الصناعية الأخرى .

٢ ـ ١ ـ العلاقة بين العمارة ومواد البناء والثورة الصناعية :

بقيت العلاقة بين مواد البناء و العمارة علاقة سليمة و بسيطة حتى الثورة الصناعية. حيث كان يتم اختيار المواد إما بسبب توفرها أو بسبب شكلها الخارجي. و كانت الأحجار المتوافرة محليا تشكل غالبا مادة البناء الأساسية للجدران و الأساسات (و ذلك بسبب توفرها و متانتها) في حين كانت أحجار الرخام عالية الجودة تستخدم كغطاء أو كمادة إكساء خارجية لتغطية الجدران الحجرية العارية. و لذلك يمكننا القول أن اختيار المعماريين لمواد البناء قبل القرن التاسع عشر كان يعتمد على الشكل و الوظيفة معا (و هذا شيء منطقي)، و فوق هذا لم يكن قد تم تصنيف مواد البناء وقتها و تحديد قياسات عالمية لها، لذلك كان على كل من المعماري و البنّاء الاعتماد على خبرتهم الخاصة في عملية التصميم و التشييد. لذلك كان معلمو حرفة البناء وقتها قد كسبو مكانتهم و خبرتهم من خلال الممارسة و الملاحظة و أيضا من خلال ارتكاب الأخطاء التي ربما كانت كارثية في بعض الأحيان. تغير دور مادة البناء بشكل دراماتيكي مع تقدم الثورة الصناعية. فبدلا من الاعتماد على الخبرة و الممارسة (و التي كانت لها أخطاء فادحة كما ذكرنا) قام المعماريون بالبدء باستخدام المواد المدروسة هندسيا و المنظمة. و نستطيع القول بأن تاريخ العمارة المعاصرة يمكن أن يتم تصنيفه بحسب مواد البناء التي كانت مستخدمة.

فمن بداية القرن التاسع عشر حيث كان الانتشار الواسع للمنشآت الفولاذية و التي أدت إلى إنشاء الأبنية الطويلة العمر و المرتفعة كما يوضح شكل رقم (٢-٥) .

Rise of Metal-frame Architecture		
الفترة ما بعد الحداثة الثورة الصناعية الثالثة من بداية عام ١٩٢٠-١٩٦٠ م (امتزاج الفولاذ بالتشكيلات الخرسانية المعالجة بمواد مضافة)	الفترة من ١٨٨٠م الثانية م الثورة الصناعية الثانية تطور التشكيلات الفولاذية الحديثة (برج ايفل)	الفترة الألى من ١٨٥٠م -١٨٨٠ م (ظهور الفولاذ ادى الى تتويج الهندسة المعمارية بعمارة الإطارات الحديدية (نموذج كريستال بالاس)

شكل رقم (٢-٥) يوضح تأثير ظهور الفولاذ والخرسانة والزجاج على المباني في فترات الثورة الصناعية المختلفة

من هذه البداية تحولت المواد من كونها وسيلة للبناء فقط إلى طريقة عمل و تفكير تتيح للمعماري قدرات أوسع و إمكانات إنشائية أكبر. أتاح مزج صناعة الزجاج مع التطور في الأنظمة البيئية، أتاح ما يسمى بـ "الطراز العالمي" أو العمارة الشفافة التي من الممكن بناؤها في أي مكان و تحت أي مناخ. و كذلك فإن إنشاء الجدران الستائرية العازلة و الخفيفة الوزن أتاح بشكل كبير فصل تصميم المبنى الداخلي و توزيع الغرف و الفراغات ضمنه عن إنشائية المبنى و طريقة تحميل الأثقال فيه.

و في هذا السياق تم التوصل إلى ما يسمى بالمواد الذكية، و بدأت هذه المواد ترتبط بالعمارة بشكل وثيق حتى أن البعض قد اعتبرها تطورا طبيعيا للمواد عبر العصور من القرن التاسع عشر حتى الآن. حيث كان على المعماري فيما سبق أن يستخدم مواد البناء التقليدية كالحجر و الخشب بمحاسنها و مساوئها معا ثم تطور علم مواد البناء و أصبحت هذه المواد قابلة للتعديل في خصائصها حتى تناسب التصميم الذي يقترحه المعماري، ثم جاءت في النهاية المواد الذكية لتقدم حلولا لتعديل هذه المواد بصورة أكبر و أكثر فعالية. فلنأخذ على سبيل المثال المواد الفوتوكرومية ((Photochromic) التي يتغير لونها بحسب تعرضها للإضاءة، فكلما كان الجو مضيئا أكثر أصبحت ألوانها أكثر إعتاما و العكس بالعكس، مما يخلق لدينا توازنا لونيا مريحا للعين البشرية. و هذا طبعا على سبيل المثال لا الحصر. لذلك نجد أن المواد الذكية عليها فعلا أن ترتبط بالعمارة ارتباطا وثيقا نظرا للطبيعة المتغيرة باستمرار للمنشآت المعمارية. تبقى المواد الذكية حاليا محدودة الانتشار، و يعود ذلك إلى قلة إنتاجها من جهة؛ و إلى غلاء ثمنها من جهة أخرى. لكن تبقى مسؤوليتنا كمعماريين أن نبحث دائماً عن الأفضل للزبون، و أن نتحول بفهمنا عن المواد من البحث عن الأجمل إلى البحث عن الأفضل.

٣- الباب الثالث (تأثير الثورة الصناعية على مواد البناء)

أولاً (الإسمنت – الملاط)

الإسمنت

تقديم

أدت التطويرات التكنولوجية بعد الثورة الصناعية ، إلى استحداث مجموعة جديدة من المواد، مثل اللدائن (البلاستيك)، ولكن ربما كان الأهم من ذلك، هو التوسع في الإمكانات الإنشائية لمواد البناء التقليدية، مثل الأخشاب، ومباني الطوب، كما أدت إلى تطوير تقنية استخدام الفولاذ والباطون، وقد أرسيت قواعدها كعمليات تقنية عصرية في أواخر القرن التاسع عشر.

٣-١- تعريف الإسمنت

الإسمنت cement رابط مائي ذروري مصنّع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط mortar والخرسانة baton المقاومان لتأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيراً مديداً. يعد الإسمنت من أهم مواد البناء، ويرجع تصلبه إلى التفاعلات الكيمياوية القائمة على تميّه hydration سيليكات الكلسيوم وألومينات وكبريتاته التي يتركب منها. وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشاراً «الإسمنت البرتلندي» الذي يعرف في بعض البلاد العربية باسم «الإسمنت الأسود» أو «التربة السوداء».

٣-١-١-لمحة تاريخية

الإسمنت في الأصل كلمة معربة عن اللاتينية caementum، ويقصد منها مسحوق الحجارة والرخام الذي كان يستخدم رابطاً لأحجار البناء زمن الرومان. ويطلق اسم الإسمنت في اللغات الأوربية على كل رابط عضوي أو غير عضوي كالصمغ والهلام واللدائن والمعجونات وسبائك اللحام والإسفلت والإسمنت المائي، إلا أن استعمال أنواع الإسمنت المائي في البناء والطرق غدا الأكثر أهمية، وأصبح مصطلح الإسمنت . إذا لم يحدد . يدل على الإسمنت العادي (البرتلندي) خاصة. أما أول مادة رابطة مصنعة عرفها الإنسان منذ القدم فهي الجص (كبريتات الكلسيوم المميّه) plaster والكلس الحيّ (أكسيد الكلسيوم CaO). وكانوا يحصلون على هاتين المادتين من شيّ الجص غير النقي والحجر الكلسي (فحمات الكلسيوم)، وقد استعملهما المصريون القدماء في إقامة منشآتهم الحجرية الضخمة ولاسيما الأهرامات، كما استعملهما الإغريق. وكانت أحجار الأبنية قبل ذلك ترضم من غير رابط، أو يربط بعضها ببعض بالغضار أو الحُمر bitume كما في بابل وأغاريت واليونان. واستعمل الرومان الكلس بكثرة في أبنيتهم، وأضافوا إليها خلطات من البزُولان الطبيعي pouzzolane (وهو رماد بركاني نشط أساسه السليس والألومين وأكسيد الحديد) وأضاف غيرهم مسحوق الآجر ورماد الحطب لإكساب تلك المعجونات قدرة التصلب بالتميُّه والتماسك مع الحجارة المحاطة بها، وحصلوا بهذه الطريقة على رابط مائي اصطلح على

تسميته «الإسمنت الروماني» وسماه العرب الملاط الذي هو بالفعل وسط بين الكلس الحي والإسمنت المعروف اليوم. وقد مكن ذلك الرابط البنائين من إقامة منشآت ضخمة مقاومة لتأثير الماء كالجسور والمرافئ. وظل يستعمل، إلى جانب المواد الرابطة الأخرى، في جميع بلدان العالم القديم إلى أواخر العصور الوسطى. وفي مطلع القرن الثامن عشر أدخلت تحسينات كبيرة على طرائق الشيّ مكنت من إنتاج أنواع محسنة من الكلس المائي. ففي عام ١٧٥٦ توصل الإنكليزي سميتون Smeaton إلى إنتاج ملاط يشبه الإسمنت الأسود المعروف شبهاً كبيراً. وفي سنة ١٧٩٦ حصل جون باركر الإنكليزي على ترخيص لصنع مادة رابطة عن طريق شيّ المَرْل الطبيعي (وهو خليط من الغضار والكلس) ثم طحنه، وقد جاءت هذه المادة مماثلة للإسمنت الروماني في مواصفاتها. وفي عام ١٨١٢ باشر الفرنسي لويس فيكا Louis Vicat بحوثاً منظمة في بعض الطبقات الغضارية الكلسية، ونشر في عام ١٨١٨ بحثه الأول الذي برهن فيه عملياً على أن الصفات المائية للمواد الكلسية «الهزيلة» maigres تنجم عن احتوائها نسبة من الغضار، وأوصى بأن يشوى خليط من الكلس والغضار بنسب ملائمة للحصول على أفضل مواصفات لهذا الرابط. وبذلك عُدّ فيكا مخترع «الأكلاس» المائية الطبيعية والإسمنت الأسود الصنعي في آن واحد. إلا أن الإنكليزي جوزيف أسبدين Joseph Aspdin، وهو بنّاء آجر من ليدز، هو الذي أطلق اسم «الإسمنت البرتلندي» على ذلك الرابط المائي الذي توصل إليه بتجارب مشابهة، ونال في عام ١٨٢٤ براءة اختراعه، وسبب هذه التسمية الشبه الكبير في المظهر، الذي يبديه هذا الرابط عند تصلبه، مع الحجر الرمادي المنتشر في شبه جزيرة «بُرتْلند» الإنكليزية على بحر المانش، وقد شيد أسبدين أول مصنع لإنتاج هذا الإسمنت بطريقته المبتكرة التي عرفت فيما بعد باسم «الطريقة الرطبة». وتستخدم فيها الأفران البرجية، التي طرأت عليها فيما بعد تحسينات كثيرة (الشكل ٣-١)

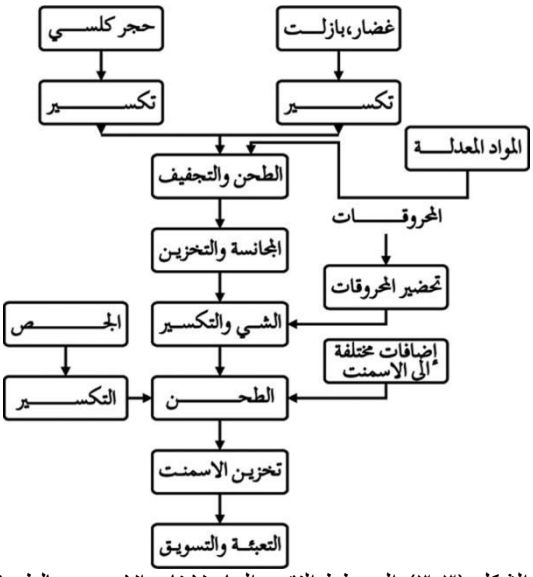
الشكل (٣-١) أفران أسبدين البرجية
اول افران لصناعه الإسمنت

وفي عام ١٨٢٥ توصل العالم الروسي يبغ. تْشِيلييف E.Geliev، وحده، إلى اختراع نوع من الإسمنت البرُتلندي بشيّ مزيج صنعي من الحجر الكلسي والغضار. وقام هذا العالم بتأليف أول كتاب في صناعة الإسمنت تناول فيه تقنية هذه الصناعة والخواص الفيزيائية والكيمياوية للإسمنت المنتج. وظل الأمر كذلك إلى أن بين الإنكليزي جونسون Jonson في عام ١٨٤٥ قواعد صنع الإسمنت البرتلندي بدقة، ولاسيما اقتراح أسلوب طحن العجيرات nodules

المتلبدة عند شيّ الخليط، والتي كانت تؤلف كتلاً صلبة صغيرة لا ينفذ منها الماء ولا تذوب فيه. وأصبح اسم الإسمنت البرتلندي مقتصراً منذئذ على الإسمنت المنتج من طحن المواد بعد تلبدها. وقد شهدت هذه الحقبة بداية الصناعة الحقيقية للإسمنت، إذ شيد جونسون المذكور في عام ١٨٥١ مصنع يوداليت Yeudalit لإنتاج الإسمنت البرتلندي (الأسود)، وتوصل إلى رفع درجة الحرارة في أفرانه إلى ١٤٥٠ درجة مئوية. وأقيم أولْ مصنع للإسمنت البرتلندي في الولايات المتحدة في عام ١٨٧٦ على يد ديفيد سايلور. وكان الخليط يشوى في أتونات برجية مشابهة لتلك التي يشوى فيها الكلس. وفي عام ١٨٨٥ أقام فريدريك رانسوم Frederick Ransome أول فرن دوار يعمل بالطريقة الرطبة. ويعد هذا التاريخ خطوة مهمة في تطور صناعة الإسمنت وانتشارها في العالم، وقد أدخل هذا الاختراع إلى الولايات المتحدة الأمريكية أول مرة عام ١٨٩٩. وفي أواخر القرن التاسع عشر كذلك درس الفرنسي لوشاتولييه Le Chatelier التركيب الكيمياوي لمختلف مركبات الإسمنت. وتابع الأمريكي بوغ Bogue استكمال هذه البحوث وإنجازها، كما توصل الفرنسي بييه Bied سنة ١٩٠٨ إلى صنع الإسمنت الألوميني. ومع تزايد الحاجة إلى الإسمنت طورت صناعته، وبذلت كل الإمكانات لتحسين نوعيته، وتحسين طرائق إنتاجه والوسائل التقنية المستخدمة لزيادة كمية الإنتاج وتقليل الكلفة. وغدت صناعة الإسمنت مؤشراً مهماً لنمو الفاعليات الإنشائية، كما أصبحت مادة الإسمنت (شكل ٣-٢) أحد العناصر المهمة في بناء الحضارات الحديثة، وأحد المعايير الأساسية للتطور الاقتصادي.

مادة الإسمنت (شكل ٣-٢)

٣-١-٢- صناعه الإسمنت

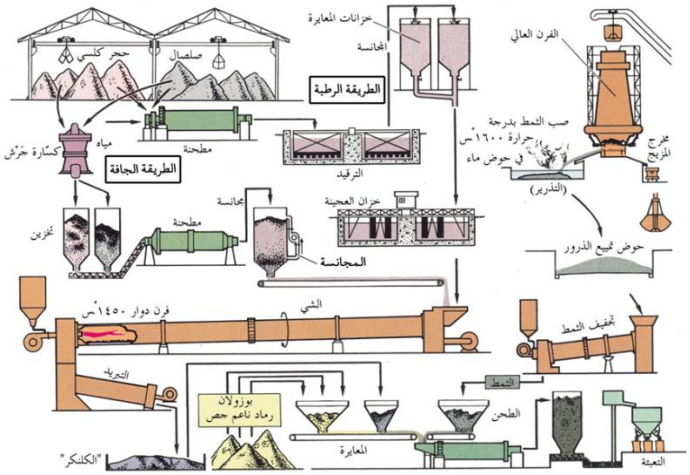


الشكل (٣-٣) المخطط التقني العام لإنتاج الإسمنت بالطريقة الجافة

تشتمل عملية إنتاج الإسمنت اليوم على استخراج الخامات الطبيعية التي يتألف منها وخلطها ببعض المواد ونفايات الصناعة كالرماد وخبث المعادن والصخور والرمل وغيرها، ثم تكسيرها وطحنها لتصبح خلطة متجانسة بالقوام المطلوب، ثم شي الخلطة في درجات حرارة تراوح بين ١٤٥٠-١٥٥٠°، ثم طحن الناتج - ويسمى الكلينكر - ليصبح ذروراً دقيقاً، مع إضافة قدر ضئيل نسبياً من مواد منشطة أو فعالة كالجص، حتى يأخذ الإسمنت صفاته المرغوب فيها. أما الطرائق المتبعة في صناعة الإسمنت فهي: الطريقة الجافة والطريقة الرطبة (شكل ٣-٤) والطريقة نصف الجافة والطريقة نصف الرطبة. ويتوقف اختيار الطريقة أساساً على عدد من العوامل التقنية والاقتصادية كدرجة تركيز الإنتاج واستهلاك الوقود والطاقة والقوى العاملة. ويبين الشكل (٣-٣) المراحل التقنية الأساسية لإنتاج الإسمنت بالطريقة الجافة، وهي المتبعة في أغلب المعامل الحديثة التي تتبنى هذه الطريقة.

<u>المواد الأولية واستخراجها</u>: تتألف المواد الأولية التي يصنع منها الإسمنت البرتلندي من خامات تحوي مادة الكلس أساساً كالحجر الكلسي والمَرْل والحُوَّار والصَدف ورماد الحطب والخبث، وكلها غنية بأكسيد الكلسيوم مع أكاسيد أخرى ضرورية كأكاسيد السليسيوم والألمنيوم والحديد وغيرها. ويجب أن تكون الخلطة الأولية قبل عملية الشي مشتملة على ٩٠-٩٥% من الأكاسيد الأساسية التالية بنسب محددة فيما بينها: أكسيد الكلسيوم أو الكلس الحي وثاني أكسيد السليسيوم أو السيليس SiO_2 وأكسيد الألمنيوم أو الألمين Al_2O_3 وأكسيد الحديد Fe_2O_3، ويضاف إليها نسبة ضئيلة من أكاسيد ثانوية مثل أكسيد المغنيزيوم MgO وأكسيد الصوديوم Na_2O وأكسيد البوتاسيوم K_2O وأكسيد التيتانيوم TiO_2 وأكسيد الفسفور P_2O_5.

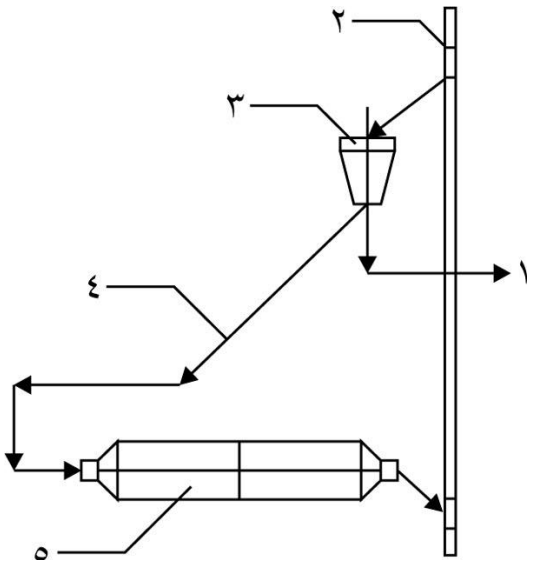
ويتم الحصول على هذه الخلطة من مقالع خاصة غنية بالمركبات الأساسية وفي مقدمتها الحجر الكلسي والغضار. ويتألف الحجر الكلسي أساساً من كربونات الكلسيوم CaCO3، ويجب أن تكون نسبتها فيه بين ٧٥ و١٠٠% وذلك بحسب نوعية الحجر الكلسي، وأما الغضار فيحوي السيليس والألومين وأكسيد الحديد بنسب متفاوتة بحسب الغضار المتوافر، ويمكن استخدام البازلت، وهو صخرٌ بركاني، عوضاً عن الغضار لاحتوائه على المركبات المطلوبة. وإن تركيز هذه المركبات في الخلطة بنسب محددة تماماً شرط أساسي للحصول على الإسمنت المرغوب فيه. وهنا يأتي دور المركبات الثانوية، فهي إما أن تكون مواد مصححة أو مضافة. والمواد المصححة ضرورية لتعديل نسب المركبات الرئيسة وتصحيحها في حال وجود نقص أو لإعطاء الإسمنت صفة معينة، فيضاف الرمل لتعديل نقص السيليس، ويضاف الحديد أو خبث الحديد لتعديل نقص أكسيد الحديد، ويضاف البوكسيت bauxite لتعديل نقص الألومين وغير ذلك. أما المواد المضافة فتتألف من مواد عضوية أو غير عضوية تضاف إلى الخلطة لتحسين ظروف شيها وتخفيف نسب المواد الفائضة فيها وتقليل استهلاك الطاقة، ويأتي في مقدمة هذه المواد الكلوريدات والفلوريدات والفسفات والكبريتات وغيرها.



شكل (٣-٤) مخطط صنع الإسمنت بالطريقة الجافة والطريقة الرطبة

التكسير والطحن والمجانسة: يشترط قبل شيّ الخلطة في الأفران أن تكون جيدة الخلط وعلى هيئة ذرور ناعم، ويتم الخلط في الطريق بين المقالع التي تأتي منها المواد الأولية وأفران الحرق. إذ يتم استخراج الخامات بالتفجير والحفر بوساطة الحفارات والجرافات، ثم تنقل على سيور ناقلة أو في عربات كهربائية أو قطارات خاصة إلى أماكن التكسير والطحن، فتلتقمها كسارات ضخمة تصمم وفقاً للخواص الفيزيائية والميكانيكية لتلك المواد، وهي إما أن تكون ذات مطارق أو ذات فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك، أو أسطوانية أو مخروطية فيها كرات وكتل حديدية تسحق ما بداخلها (الشكل٣-٥).

ففي الطريقة الجافة تطحن المواد الهشة من دون تكسير أو تهشيم أولي، وقد يتطلب بعض المواد القاسية كالبازلت والمرمر وبعض أنواع الصخور الكلسية تهشيماً مبدئياً قبل إدخالها المطحنة. ويتم في أثناء الطحن خلط الخامات خلطاً جيداً ونهائياً. وقد يبدأ الخلط من المقلع ويستمر مع مرور المواد الخام في الكسارات فالمطاحن.



الشكل (٣-٦) نظام طحن المواد الأولية في صناعة الإسمنت

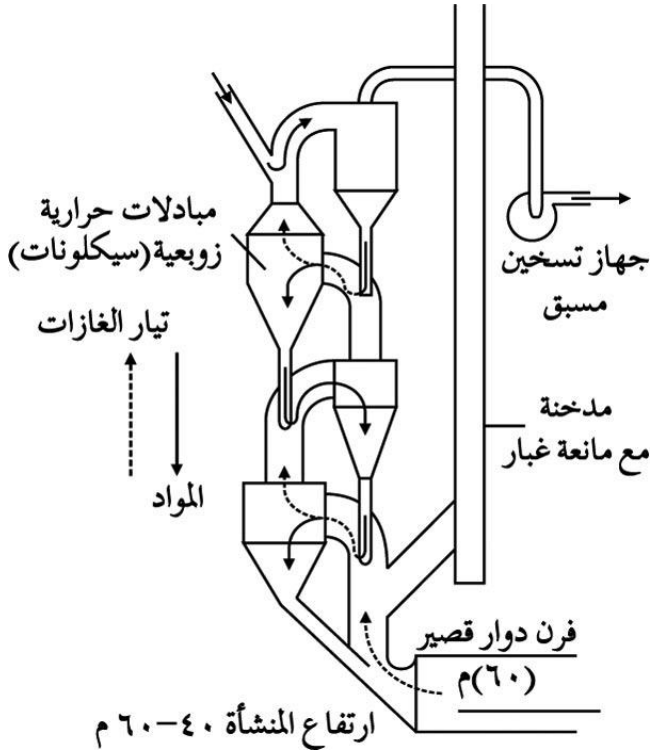
١- المواد الجاهزة، ٢- الناقل الدلوي، ٣- الفارزة، ٤- المواد الراجعة، ٥- المطحنة.

وفي الطريقة الرطبة وما يماثلها تجرش المواد الخام بوجود الماء الذي يخفف من قساوتها ويقلل من الاستهلاك النوعي لطاقة الطحن، وتستمر إضافة الماء حتى تصبح الخلطة ثِمْطاً (طيناً رقيقاً) شبيهاً باللبن الرائب. ويتم الطحن في مطاحن أسطوانية ذات كرات فولاذية شديدة الصلابة مختلفة الأقطار، أو في مطاحن رحوية. وقد غدت المطاحن الرحوية هي المفضلة في صناعة الإسمنت الحديثة لأنها توفر الحصول على خلائط شديدة النعومة عالية التجانس ولاسيما عند اتباع الطريقة الجافة. ويتزامن الطحن مع التجفيف في الطرائق الرطبة ومثيلاتها، ويكون ذلك بترقيد الخلطة المائعة في رواقيد ضخام، أو بتمريرها في مرشحات على شكل «طنابير» drums دوارة مغطاة بالخيش، أو بتبخير الماء في مبادلات حرارية بتمرير تيار من الهواء الساخن، حتى يتم الحصول في خاتمة المطاف على خلطة أولية متجانسة ذات حجم حبيبي يتطابق والمواصفات المطلوبة، ولا تزيد نسبة الرطوبة فيها عند المخرج على ١%، ثم تمرر الخلطة بعدها على منخل دقيق الثقوب (٤٩٠٠ ثقب/ سم٢) وفارزة تفرز الذرور الجاهز إلى

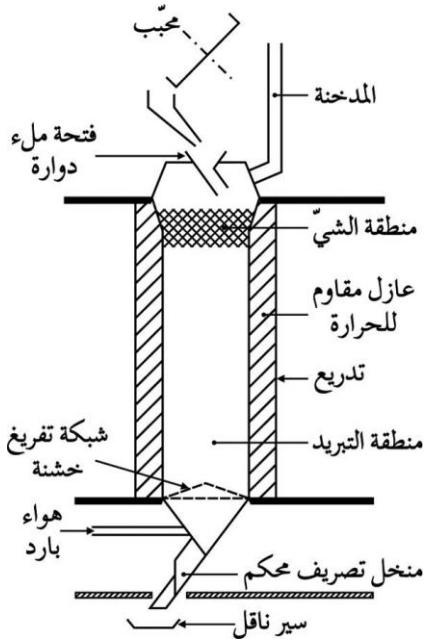
صوامع المجانسة والتخزين، وتعيد المواد الخشنة إلى المطحنة (لا تزيد نسبة هذه المواد على ١٠-١٨% من الخلطة) (الشكل ٣-٦).

وتؤخذ من الذرور الجاهز عينات ساعية لمراقبة جودته وتعديل مواصفاته بإضافات جديدة في صوامع المزج والمجانسة من أجل الحصول على الخلطة المناسبة لعملية الشي. وعندما تصبح الخلطة جاهزة تفرغ في صوامع تخزين تغذي الأفران الدوارة بالذرور الخام. وقد يلجأ بعض مصانع الإسمنت إلى تجفيف الخلطة وشيها في الفرن في آن واحد اقتصاداً في الوقت والنفقة .

الشيّ: إن تحويل المواد الأولية الخام إلى «كلِنْكَر» clinker. وهي المرحلة الأساسية في صناعة الإسمنت، يتم في فرن دوار أو فرن شاقولي مهما كانت الطريقة المتبعة (جافة أو رطبة)، وفي درجات حرارة تراوح بين ١٠٠٠ و١٤٥٠ درجة مئوية. وتعتمد هذه العملية على عوامل مختلفة أهمها التركيب الكيمياوي للمواد الأولية وخواصها الفيزيائية والميكانيكية وحرارة الأفران عند الشي ونوعية الوقود المستعمل وطريقة التبريد والطحن النهائي.

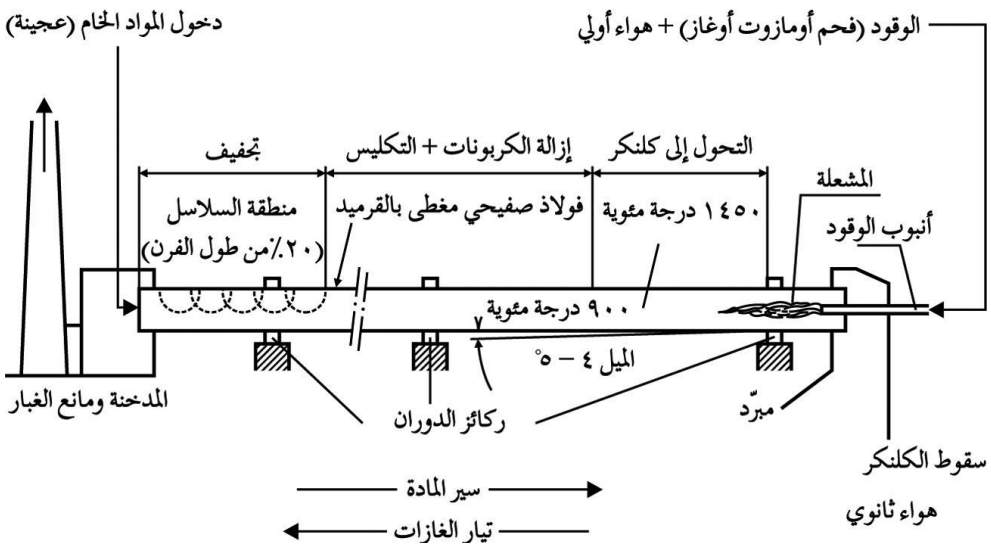


الشكل (٣-٧ أ) فرن شاقولي يعمل بالطريقة الجافة في أربعة طوابق (مبادلات حرارية وزبعية) مع التسخين المسبق، نموذج همبولدت: الارتفاع الكلي ٦٠م، طول الفرن ٦٠م، الإنتاج اليومي ١٥٠٠طن.



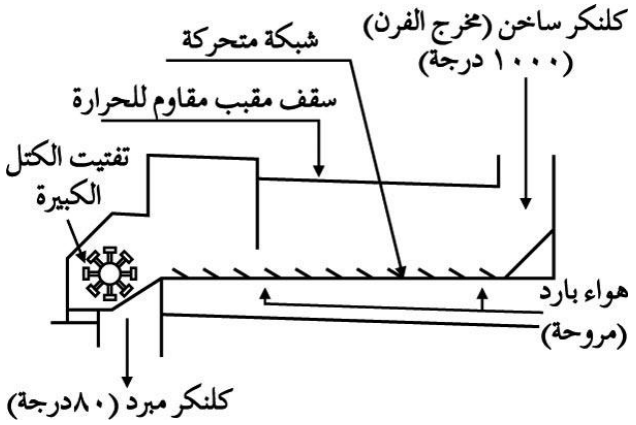
الشكل (٣-٧ ب) فرن شاقولي يعمل بالطريقة نصف الجافة، نموذج فرن مستقيم: قطره ٢.٥م، ارتفاعه ١٠م، إنتاجه اليومي ٢٠٠طن

تحتل أفران الشي المكانة الرئيسة في مصانع الإسمنت وكانت في بدايات هذه الصناعة أفراناً شاقوليه مطورة عن أتونات حرق الكلس القديمة، ومازالت أنواع من الأفران الشاقولية شائعة الاستعمال في أوربة لمردودها الاقتصادي، وقد أدخلت عليها تحسينات كثيرة ساعدت على بقائها لتزاحم الفرن الدوار إلى اليوم، إلا أن معظم المصانع الحديثة تستعمل الأفران الدوارة في خطوط إنتاجها لقدرتها على زيادة طاقة الإنتاج وتحسين نوعيته. والفرن الدوار هو أسطوانة من الصفيح السميك مكسوة من الداخل بكساء مقاوم للحرارة، وتكون مائلة ميلاً خفيفاً على الأفق (٤.٣ سم لكل متر واحد) ضماناً لتقدم الكلنكر في داخلها نحو نهاية التفريغ، وتدور الأسطوانة حول محورها الطولي دورة كاملة في كل دقيقة أو دقيقة ونصف. ويراوح طول الفرن الدوار بين ٩٠ و ١٥٠م، وقد يصل طول بعض الأفران إلى ١٨٥م، أما القطر فيراوح بين ٣.٥ و٥م، ويكتسب الفرن حرارته في العادة من نفث لهب ذرور الفحم المشتعل في الهواء، أو من نفث المازوت أو الغاز المشتعل، ويخضع الخليط في نزوله على طول الفرن إلى تفاعلات عدة وبمستويات حرارة مختلفة (الشكل٣-٧أ، ب، ج).

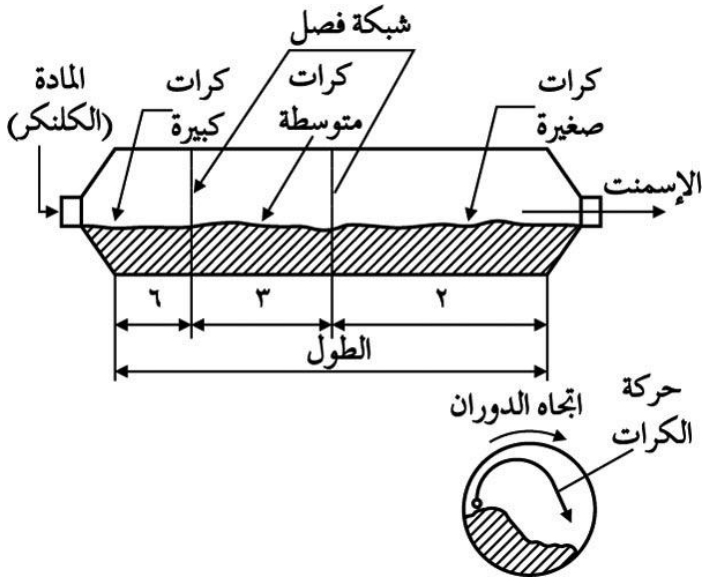


الشكل (٣–٧. ج) فرن دوار أفقي يعمل بالطريقة الرطبة، قطر هـ ٤م، طوله ١٥٠م، إنتاجه اليومي ١٠٠٠طن

وتتم في مرحلة الشي عمليات إرجاع كيمياوية ومبادلات حرارية يخضع فيها الكلنكر لتبدلات عدة قبل أن يبلغ صيغته النهائية. وأهم هذه التبدلات تبخر الماء الحر في الدرجة ١٠٠–٢٠٠°، ونزع ماء التبلور من مركبات الغضار والبازلت تماماً عند الدرجة ٥٠٠°، وتفكك الكربونات في المجال الحراري ٦٠٠ و ٩٠٠° للحصول على الكلس الحي وثاني أكسيد الكربون، وتحول المركبات الغضارية والسيليس إلى بلورات في المجال الحراري ٨٠٠ –١١٠٠°، ثم حدوث تفاعلات اندماجية بين المركبات في مراحل ثلاث ابتداء من تكون البِليت belite ويعرف بالرمز «C2S» ثم تكون الطور السائل من ألومينات ثلاثي الكلسيوم، ورمزه «C3A» وألومينات حديدات رباعي الكلسيوم «C4AF» في المجال الحراري ١٢٥٠–١٣٥٠°، وأخيراً تكوّن الأَليت alite الذي يعرف بالرمز «C3S» في المجال الحراري ١٣٥٠–١٤٥٠°، وهو أهم مركبات الإسمنت وبه تتحدد خواصه الرابطة. فإذا لم تصل حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبة، فقد يتحول البليت إلى صيغة غير فاعلة عند التبرد، وتتسبب في تفتت الإسمنت مع فقد قدرته على التميه. وفي درجة الحرارة القصوى المذكورة يتحول نحو ثلث الكلنكر إلى الحالة المائعة. وتراعى كذلك عند تبريد الكلنكر قواعد محددة، لأن لمعدل التبريد وسرعته وتدرجه أهمية كبيرة في تحديد نسب التبلور وأطوار التحول، ولكل طور منها أثره الخاص في مواصفات الإسمنت النهائية واستعمالاته.



الشكل (٣–٨) مبرّد ذو شبكة (يستعمل في كل الأفران)



الشكل (٣–٩) مطحنة ذات ثلاث حجرات (دارة مفتوحة)

طحن الكلنكر: يؤدي تميع مركبات الكلنكر في أثناء الشي إلى تكور الناتج في شكل كريات لماعة سوداء اللون مختلفة الحجم تخرج من الفرن إلى أجهزة التبريد (الشكل ٣–٨). ويتم طحنها في مطاحن خاصة على هيئة أسطوانة دوارة يراوح طولها بين ٨ و ٢٠م وقطرها بين ٢ و ٤م، ومقسمة إلى حجيرات فيها كرات فولاذ (الشكل٣–٩) تهشم الكلنكر وتطحنه ليصبح ذروراً ناعماً. وإن لدقة حبيبات ذرور الإسمنت قيمة كبيرة في تحديد مواصفاته. إذ يجب ألا تقل المساحة السطحية للحبيبات التي يضمها غرام واحد من الإسمنت عن ١٦٠٠–١٨٠٠ سم٢. وفي مرحلة الطحن هذه تضاف إلى الكلنكر كمية محددة من الجص لا تزيد على ٤–٥% من حجمه الكلي لتحسين مواصفاته.

٣-١-٣- ***انواع الإسمنت***

تنقسم حسب خواصها الى عده انواع كما يلي :

- ***اسمنت بورتلاندي عادي*** ، ضعيف المقاومه الكيميائيه ومتوسط المقاومه للشروخ ومتوسط في معدل ازدياد وتطور القوه
- ***اسمنت بورتلندي سريع التصلد*** ، ضعيف المقاومه الكيميائيه وضعيف المقاومه للشروخ وعالي في معدل ازدياد وتطور القوه
- ***اسمنت بورتلندي منخفض الحرارة*** ، متوسط المقاومه الكيميائيه وعالي المقاومه للشروخ وضعيف في معدل ازدياد وتطور القوه
- ***اسمنت بورتلندي مقاوم لمياه البحر*** ، عالي جدا في المقاومه الكيميائيه ومتوسط المقاومه للشروخ وضعيف الى متوسط في معدل ازدياد وتطور القوه
- ***اسمنت بورتلندي حديدي*** ، متوسط في المقاومه الكيميائيه ومتوسط المقاومه للشروخ ومتوسط في معدل ازدياد وتطور القوه
- ***اسمنت بورتلندي*** مقاوم للأملاح والكبريتات ،عالي جدا في المقاومه الكيميائيه ومتوسط المقاومه للشروخ ومتوسط في معدل ازدياد وتطور القوه

٣-١-٤- ***ابتكارات جديدة في عالم الإسمنت***

١- اسمنت يمتص الملوثات الهوائية من الهواء

- شرعت احدى شركات صناعة الاسمنت ومواد البناء الايطالية في تسويق نوع جديد من الاسمنت قادر على امتصاص الملوثات التي تنفثها السيارات في الهواء، وقال مسؤولون في شركة ايتال سيمنت التي طورت الاسمنت الجديد على مدى عشر سنوات واطلقت عليه اسم تي إكس اكتيف TX Active إن مواد البناء قادرة على تقليص نسب التلوث في المدن بنسبة تزيد على ٤٠%، وقد اظهرت تجارب اجريت على الاسمنت الجديد في شارع بالقرب من مدينة ميلانو أنّ تي إكس اكتيف يخفض نسبة اوكسيد النتروجين وأول أوكسيد الكربون في الهواء بنسبة تصل الى ٦٥%.
- ويؤدي الاسمنت الجديد وظائفه بفضل عملية كيميائية تعرف باسم نوتوكاتالست، حيث تتسبب الشمس في اطلاق تفاعلات كيميائية عندما يلامس ثاني اوكسيد التيتانيوم على سطح الاسمنت المواد التي تلوث الهواء. ويعطي الاسمنت الجديد أعلى معدلات الأداء تحت اشعة الشمس الساطعة.

- قالت ايتال سيمنت ان التجارب تكررت على يد جهات مختلفة من بينها مجلس الابحاث الوطني الايطالي. وقد استخدم الاسمنت الجديد في عدد من المباني منها مقر شركة الطيران الفرنسية "ايروفرانس" في مطار شارل ديجول في باريس وكنيسة دايفز في روما وفندق بوردو دي بوليس.

٢- ***اسمنت اقوى من الحديد (UHPC)***

علماء ألمان يتحدثون عن إسمنت أقوى من الحديد يتميز بأنه أخف وزنا من الإسمنت التقليدي وأكثر متانة بعدة مرات وأقل ضررا على البيئة

شكل رقم ٣-١٠ يوضح جسر حديقة الكاسل الذي بني بالإسمنت الفائق الكفاءة (UHPC)

تستخدم البشرية الإسمنت التقليدي منذ نحو ٢٥٠ سنة، ومنذ ذلك الحين تستخدمه بمليارات الأطنان سنويا في أعمال البناء. ومنذ عدة سنوات يتحدث مهندسو البناء عن إسمنت جديد اسمه «الإسمنت الفائق القدرة»، ويعتبر من الابتكارات التي ما زالت في طور التجارب، إلا أن علماء ألمان وأميركان قالوا مؤخرا إن الإسمنت تم إنتاجه واستعماله فعلا في البناء في بعض المشاريع التجريبية.
ويتميز النوع الجديد من الإسمنت العالي الفعالية (Ultra High Performance ConcreteUHPC) بأنه أخف وزنا من الإسمنت التقليدي، وأكثر منه متانة بعدة مرات ثم أنه أقل ضررا على البيئة. فضلا

عن ذلك فإن استخدام الإسمنت «الطويل العمر» سيضاعف عمر الأبنية والجسور، ويقلل الحاجة لترميمها ويقلل بالتالي، عند استخدامه في بناء الطرق، ظاهرة الزحام وتوقف حركة السيارات على الطرقات السريعة. و«UHPC» يتطلب عمليات إنتاج بسيطة لا تطلق الكثير من غاز ثاني أكسيد الكربون، وتقترب قوته من قوة الفولاذ. البروفسور ميشائيل شميدت من جامعة كاسل، التي تحدثت كثيرا عن تجاربها لإنتاج الإسمنت العالي الكفاءة UHPC، قال إن الإسمنت ما عاد مشروعا أو حلما، وإنما تم استخدامه فعلا في كاسل لبناء جسر تجريبي في حديقة (شكل ٣-١٠) . واحتاج المهندسون في بنائه إلى نصف الكمية من الإسمنت التقليدي اللازمة لبناء أي هدف مماثل، ولكن بمتانة وعمر مضاعفين. وتم في مختبرات جامعة كاسل إنتاج مسطرة من إسمنت سمكها ١٥ سم فقط، مخصصة لبناء الطرقات السريعة، لكنها تتحمل ثقل شاحنة من حمولة ٤٠ طنا دون أن تتكسر. ومعروف أن بناء الطبقة السفلى من الشوارع السريعة يتم باستخدام ألواح من الإسمنت التقليدي سمكها ٣٠ سم. وذكر شميدت أن قوة أي إسمنت تقررها شكل كريستالات الإسمنت النانوية التي تشكل مع محيطها الفراغي بنية مادة البناء. الإسمنت التقليدي مؤلف أساسا من هيدرات الكالسيوم والسيلكون، ويبدو تحت المجهر بشكل كريستالات ذات زوايا. وتشكل الكريستالات ومحيطها من الرمال والحصى بنية هذا الإسمنت، وهنا تمكن مشاهدة وجود فراغات تتشكل مع بعضها وتؤلف شبكة أقنية يتسلل منها الماء والغاز الضار ليشكل شروخا في بنية الإسمنت. في حالة UHPC تم تغيير شكل الكريستالات لتصبح مثل اكزالات الكالسيوم في حصى الكلية كي تتصل مع بعضها وتؤلف نسيجا واحدا قويا، ثم إنه تم ملء الفراغات بالبوليمرات التي تحول الإسمنت، بعد أن يتصلب، إلى بنية شبيهة بغلاف الأصداف البحرية (من مركبات الأملاح المحتوية على الاراغونيت).

وطبيعي فقد جرى هنا تقليد الطبيعة (الأصداف) لإنتاج هذا النوع المتين من الإسمنت. وهذه البنية لا تسمح للماء والغازات والأملاح بالتسلل إلى داخل الإسمنت وتخريبه. ولذلك فالإسمنت الجديد يحتوي من الإسمنت (الكريستالات) ثلاثة أضعاف ما يحتويه أفضل إسمنت تم اختراعه حتى الآن. وبالتالي فإن UHPC أمتن ٧ – ١٠ مرات من سابقيه، وأقل وزنا بنسبة ٥٠ في المائة حسب تقدير الباحث.

تقول وزارة النقل الألمانية إن ١٤ في المائة من الجسور المنصوبة على شبكة الطرقات السريعة، بحاجة إلى ترميم. ولو عرفنا أن هناك ١٢٠ ألفا من هذه الجسور في ألمانيا لعرفنا المبالغ التي يتكبدها الترميم كل سنة. هذا فضلا عما يتسبب به ذلك من احتباسات وزحام على الطرقات، بجانب كل الغازات المنطلقة عن السيارات التي تقف في الزحام. وتقدر الوزارة عمر الجسر الحديث بين ٨٠ – ١٠٠ سنة لكن شميدت يرى ذلك «تفاؤلا» من قبل المختصين، ويدعو المسؤولين الألمان لاعتماد الإسمنت العالي

الكفاءة في حل كل هذه المشكلة بتكلفة أقل ودفعة واحدة. قد يصبح سعر طن الإسمنت الفعال UHPC في بداية انتشاره أكثر من سعر الإسمنت التقليدي، لكن استخدامه على مر الزمن سيوفر فرقا ماليا أكبر لصالح الوزارة. فهو أقل وزنا، وأكثر قوة ثم إنه سيرفع عمر الجسر إلى ١٥٠ – ٢٠٠ سنة (٢٥٠ سنة في حالة الأبنية). ولا ننسى الطاقة هنا، لأن إنتاج الإسمنت التقليدي بشكل مسحوق ناعم يتطلب استخدام طاقة حرارية ترتفع إلى ١٤٠٠ مئوية في حين أن إنتاج UHPC يتطلب طاقة تبلغ نصف هذا الرقم.

من ناحيته، أكد البروفسور فرانز يوزيف أولم، الألماني العامل في مختبرات معهد ماساتشوستس التقني في الولايات المتحدة MIT، أن الإسمنت الفعال تم استخدامه في بناء جسور وأبنية في كنتاكي وفرجينيا وأيوا. والإسمنت الذي استخدم في بناء جسر كنتاكي يبلغ سمكه ٧.٥ سم بدلا من المعتاد (٢١ سم). وهناك مشاريع لبناء أبنية في كيبيك الفرنسية وفي إسبانيا. وقوة الإسمنت الجديد تقارع الحديد، لأنها ٧ مرات أقوى من أي إسمنت آخر سائد في السوق، ويمكن له أن يضاعف عمر الجسور والأبنية.

٣- ابتكارات شركة لافارج (الإسمنت الأبيض واسمنت فوندو واسمنت سوبر بلانك

طرح الإسمنت الأبيض، وهو نوع من الإسمنت يتم إنتاجه باستخدام الكاولين بدلاً من الطين. الإسمنت الأبيض يتمتع بنفس خاصية المقاومة الموجودة في الإسمنت الرمادي ولكنه يوفر مزايا جمالية افضل.

– في عام ١٩٠٨: قدم المعمل المركزي للمجموعة براءة اختراع للإسمنت المعروف باسم "فوندو" ويتم الحصول على هذا المنتج عن طريق جمع الصخور الرسوبية الغازية، الحجر الجيري مع البوكسايت. يتصلب أسمنت "فوندو" بسرعة ويقاوم كلاً من درجات الحرارة العالية والتآكل.

– في عام ١٩٣٢ طورت لافارج نوع جديد من الإسمنت يسمى "سوبر بلانك" .في عام ٢٠٠٠ خرسانة "الداكتال": الخرسانة فائقة الأداء و المعززة بالألياف والتي تجمع ما بين المتانة والمقاومة العالية للعوامل الخارجية والتي تنتج هياكل اخف وزناً والتي تكون مثالية لأساليب بنائية أقل تعقيداً.

الملاط ، الروابط (المونة)

الملاط أو (المونة) الرابطة والملاط binder، هي مزيج من تربة ورمل ومواد رابطة (إسمنت، جير، مخلفات زراعية) يضاف إليه ماء بكميات محددة، وعندما يستعمل الملاط بحالة لدنة فهي تضمن تماسكاً ميكانيكياً جيداً بين عناصر البناء. ويستفاد منها في ربط وحدات قطع البناء بعضها ببعض في جميع الاتجاهات (الوصلات الأفقية والشاقوليه). كما تسمح بنقل القوى بين العناصر المشكلة للبناء وخاصة القوى الشاقولية (الأوزان الميتة والحية)، وتمكّن من توزيع تلك القوى توزيعاً متجانساً على كامل مساحة الجدار، إضافة إلى أنها تمكن من تسوية سطوح الجدران وإعطائها الأفقية الصحيحة في أثناء التنفيذ .

لمحة تاريخية

سكن الإنسان في العصر الحجري المغاور، وفي العصر الحجري الوسيط بدأ الإنسان بناء بيته ومنشآته من المواد المتوافرة له وانتقل بعد ذلك إلى إقامة الجدران من الطين المدكوك أو الطين المخلوط بالحصى أو من الحجر، واكتشف الملاط الكلسي ليستخدمه ملاطاً أو مادة رابطة وطبقة للأكساء.

استعمِل الملاط الكلسي على نحو متزايد في الترميم والصيانة منذ فترات تاريخية بعيدة، ومن خلال التنقيبات التي تمت في التلال الأثرية بمحيط مدينة دمشق (تل الرماد، تل غريقة، وتل أسود) تبين أن الإنسان الذي استوطن هذه المناطق منذ الألف السابع قبل الميلاد، عرف الكلس واستخدمه ملاطاً ومادة للأكساء. ويلاحظ توزع أفران حرق الجير في محيط الدور السكنية.

تكوّن الملاط تاريخياًدمشق علة متنوعة من المواد التي توفرها الطبيعة المحيطة وأهمها الكلس. وفي تل سكا جنوب شرقي دمشق على بعد ٢٥كم أربع سويات تعود الأولى إلى الفترة الإسلامية والثانية إلى الفترة الكلاسيكية والثالثة إلى عصر البرونز الحديث (١٦٠٠-١٣٠٠ ق. م)، حيث يلاحظ وبوضوح استخدام الملاط الكلسي والمونة من الكلس في أعمال بناء في البيوت. أما السوية الرابعة التي تعود إلى عصر البرونز الوسيط الثاني (١٨٠٠-١٦٠٠ ق. م) فيلاحظ فيها القصر الذي استخدمت فيه المونة الكلسية والملاط وطبقات الجص ذات الأساس الكلسي إضافة إلى الرسوم الجدارية.

وقد تطورت هذه المواد عبر الزمن، حتى تمَّ التوصل إلى المونة الرابطة الإسمنتية. فقد استشعر الحرفيون والبناؤون المزايا الطبيعية لهذا النوع من الملاط وخاصة من الناحية البيئية، لأنه يعطي كفاءة أكبر على المدى الطويل، ويمكن فيما يأتي تبيّن ميزات العمل بالكلس الهدروليكي الطبيعي تقليدياً.

خصائص المونة وشروطها

عند مزج المونة يجب أن يكون الخليط متماسكاً جيداً، وقادراً على الاحتفاظ بالماء حيال امتصاص عناصر البناء، إضافة إلى ضرورة أن تحقق المونة المستخدمة في ربط وحدات البناء القدرة على تغير التشكيل بسهولة. وأن تسمح بنفاذ الرطوبة جيداً. أن تكون متوافقة بالتركيب والأداء الميكانيكي مع تركيب وأداء الوحدات والقطع المستخدمة في البناء ويمكن تلخيص شروط استخدام المونة بما يلي :

يجب أن يكون الماء المستعمل لخلط المونة نظيفاً وغير حمضياً، كما يجب أن يكون السطح المعد للإضافة نظيفاً.

عند وضع المونة يجب أن تملأ الوصلات بالاتجاهين الأفقي والشاقولي على نحو متجانس.

. يجب رش الماء على وحدات البناء وترطيبها باستمرار لضمان عدم جفاف المونة بسرعة.

. يجب أن تكون الوصلات الأفقية والشاقولية متساوية وتراوح بين ١.٥ و ١سم.

يجب إضافة المونة الرابطة ومعالجة الوصلات بين المداميك بالاتجاهين الأفقي والشاقولي، وذلك باستخدام أداة خشبية أو معدنية.

أنواع الملاط

١ ـ المونة الرابطة الطينية: تتألف المونة الرابطة الطينية أساساً من:

ـ تربة معالجة مخلصة من كل الشوائب التي يزيد قطرها على ٢مم، وتعدّ التربة الحمراء المسامية من أجود أنواع الترب المستخدمة في المونة الرابطة.

ـ ماء: إن إضافة الماء بكميات مناسبة من أهم العناصر الحيوية للوصول إلى مونة رابطة تتوافر فيها شروط التماسك والتجانس.

. ألياف: تعد الألياف تسليحاً للمونة، ويمكن أن تكون من مصادر مختلفة (تبن القمح – أو الشعير – أو الرز) أو مصدر حيواني (شعر الماعز أو وبر الجمال).

٢ ـ المونة الرابطة الكلسية:

يستخدم الحجر الكلسي (الجير) [ر: الكلس] المستخرج من مقالعه. ويعبر عنه كيمياوياً بكربونات الكلسيوم. وكان السكان يستخرجونه من الأرض على شكل قطع مستطيلة بطول ٤٠–٥٠ سم وعرض ٤– ٥ سم وبسماكة ٣– ٤ سم. يستخرج العامل في اليوم الواحد نحو ٣٠٠ كغ، ويجمعه في مكان واحد على شكل قبة مجوفة ذات مدخنة أو في فرن (تنور) لحرقه. ويستعمل نبات البلان، وهو نبات بري شوكي، وقوداً لشي أحجار الكلس فتتحول إلى كلس حي هو أكسيد الكلسيوم، وينطلق غاز الكربون. بذلك

يستعيد الكلس فعاليته ونشاطه فيصير قابلاً للانحلال بالماء والتفاعل معه، وتتشكل منهما عجينة مرنة سرعان ما تتصلب وتلتصق بشدة بالأجسام التي تجاورها.

٣ـ المونة الرابطة الإسمنتية:

تتألف المونة الرابطة الإسمنتية من رمل وإسمنت بورتلندي (الأسود) وماء. يخلط الإسمنت البورتلندي مع الرمل بنسبة ١ إسمنت إلى ٤ رمل وزناً، أي ٤٠٠كغ إسمنت للمتر المكعب من الرمل، وذلك وفقاً للغاية من الخلطة، ويجب ألا تقل المقاومة الميكانيكية المميزة للمونة عن (٥٠) كغ/سم٢ بعد ٢٨ يوم لعينات مكعبة طول ضلعها ٧ سم، وتعتمد المقاومة المميزة للمونة وفقاً لتعريف المقاومة المميزة للبلوك.

لا يسمح بالجَبْل اليدوي إلا على سطوح نظيفة ومستوية، ويجري الخلط بكميات صغيرة تكفي للاستعمال في غضون ٤٠ دقيقة فقط، وتستبعد الخلطات التي تبدأ بالتصلب، كما ويمنع إضافة الماء إلى الخلطة المتصلبة أو الإسمنت أو إعادة استعمالها.

٤- الباب الرابع (الخرسانة)

الخرسانة

شكل (٤- ١) يوضح استخدام البوتسلانا كرابط بنائي في الأحجار لدى الرومان

يعود استخدام الخرسانة الى العهد الروماني حيث . وقد توافالطبيعية:ة لدى الرومان، من الإسمنت الهيدروليكي القوي الذي عرفوه باسم البوتسولانا شكل (٤-١) (وهي مادة صخرية بركانية) كانت تأخذ من مخلفات البراكين ، وكان للثورة الصناعية اثر كبير على تطور مادة الخرسانة حيث تطورت بشكل بارز بعد ظهور الفولاذ واستخدامه في الأبنية ودمجة مع الخرسانة لمقاومة قوى الشد التي لا تستطيع الخرسانة بذاتها مقاومتها ، وتتكون الخرسانة بصفة عامه من الرمل والزلط والإسمنت والمياه والعديد من الإضافات التي تساعد على تحسين خواصها وتعد الخرسانة المسلحة واحدة من اكثر مواد البناء شيوعا في الاستخدام ولها العديد من التطبيقات والتقنيات التي تزداد يوما بعد يوم في انشاء المباني واضيفت العديد من المواد والإضافات لتقوية الخرسانة وحتى ظهرت ما يسمى بالخرسانة الجاهزة والتي كان لها اثر بالغ في التقليل من الفترة الزمنية لأنشاء المباني وتوسع المدن ووصولا الى تقنيات تطويرية للخرسانة .

٤-١-١- خصائص الخرسانة

الخصائص الطبيعية :

١) تتراوح كالميكانيكية: بين ١٢٠٠-٢٤٠٠ كجم / م٣

٢) يختلف وزن الخرسانة بحسب نوعيتها (مسلحة – خفيفة)

الخصائص الميكانيكية :

١) تتميز بتحملها العالي لقوى الضغط بالمقارنة مع مواد البناء الشائعة.

٢) تتميز بمالحرارية: عالي ويعتمد بدرجة اساسية على الخلطة الخرسانية وجودة مهارة الصناعة .

الخصائص الحرارية :

١) تتميز بضعف معاملالصمود. الحراري لها .

٢) تتميز بمقاومة عالية للحرائق

٣) تجعها قادرة على الصمود .

خصائص قوة التحمل :

١) تتحمل العوامل الجوية ولا تتطلب صيانه تذكر خلال فترة الاستخدام .

٢) تتصف بثبات ابعادها بفعل التغير الحراري .

٤-١-٢- ***مميزات الخرسانة***

يمكن حصر هذه الميزات فيما يأتي:

١- **مرونة الاستخدام:** تُصب الخرسانة الطرية في قوالب للحصول على أشكال مختلفة للخرسانة تبعاً لشكل القالب المستخدم.

٢- **اقتصادية أعمال الصيانة:** تحتاج المنشآت المعدنية إلى أعمال الطلاء الدوري، وتتأثر وصلات المنشآت الحجرية بالصقيع عادة، في حين لا تحتاج منشآت الخرسانة المسلحة الأساسية إلى أعمال الصيانة.

٣. مقاومة الحريق: الخرسانة مادة ضعيفة الناقلية الحرارية، إضافة إلى أنها ذات تمدد حراري أقل من مواد البناء الأخرى كالغضار وحجر البناء. إن انخفاض عامل التمدد الحراري يقلل من ظهور التشققات عند ارتفاع درجة حرارة الخرسانة، كما إن ضعف الناقلية الحرارية يحول دون وصول حرارة الحريق إلى باطن كتلة الخرسانة ليبلغ حديد التسليح.

وقد بينت التجارب أن تعرض السطح الخارجي في كتلة من الخرسانة لدرجة حرارة مرتفعة في مدة ساعة واحدة، لا يؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة الطبقة السطحية على عمق نحو ٢.٥سم في السطح المذكور، في حين يكاد يكون ارتفاع الحرارة مهملاً في الطبقات على عمق ٧.٥سم.

وأخيراً، فإن تقارب عاملي التمدد الحراري للخرسانة ولحديد التسليح يسمح بإعادة استثمار المنشأة من الخرسانة المسلحة بعد إصلاحات سطحية في حالات الحريق الخفيف أو غير الطويل الأمد في حين أن المنشأة المعدنية مثلاً وفي الشروط نفسها يمكن أن تصبح غير قابلة للاستثمار.

٤. مقاومة الحمولات الطارئة: الخرسانة المسلحة أقل تأثراً بتغير تطبيق الحمولات الحية عليها من بقية مواد الإنشاء، وذلك بسبب وزنها الذاتي المرتفع. بمعنى أن الأجزاء الأقل مقاومة تخضع لتشوهات كافية لنقل القوى إلى الأجزاء الأكثر مقاومة.

٥. إمكانية الحصول على قطع مسبقة الصنع: يمكن تنفيذ القطع الخرسانية مسبقة الصنع في المعمل، ثم يجري تجميعها في موقع العمل

٤-١-٣- ***عيوب الخرسانة***

كما هو الحال في جميع مواد البناء، فإن الخرسانة تبدي عدداً من العيوب أهمها:

ـ الوزن الذاتي المرتفع: يتغير وزن الخرسانة بشكل أو بآخر تبعاً لنسب الخلطة وقوام الركام consistency ونوعيته، وبصورة عامة فإن المتر المكعب من الخرسانة ذات الركام العادي من الحصى والرمل يزن عادة بين ٢٢٤٠-٢٤٠٠ كيلو غرام، ويؤدي إضافة حديد التسليح إلى زيادة الوزن تبعاً لنسب الحديد المستخدم، ويتجاوز الوزن حدود ٢٤٠٠ كيلو غرام للمتر المكعب.

ومن ثم فإن للخرسانة وزناً ذاتياً أكبر من بديله المنفذ كمنشأة معدنية، مما يتطلب أساسات ذات حجم أكبر ويؤدي إلى ارتفاع الكلفة.

. الحاجة إلى الدقة في كمية حديد التسليح وطريقة ربطه.

. غالباً ما يتطلب تصنيع القالب اللازم للصب وقتاً طويلاً إضافة إلى أعمال التدعيم والتربيط، وضرورة بقاء القالب حتى تحصل الخرسانة على المقاومة الكافية.

. ضرورة أخذ الاحتياطات الكافية في أثناء صب الخرسانة وحمايتها بعد ذلك من الصقيع أو من الجفاف

٤-١-٤- ***مكونات الخرسانة***

مكونات الخرسانة الأساسية هي الركام والماء والإسمنت:

١- ***الركام:*** ويشتمل على الركام الناعم والركام الخشن.

أما الركام الناعم fine aggregate فيحتوي على الرمل وكسر الحجارة أو الحصى أو أي مواد أخرى ذات خواص مماثلة، ويجب أن يكون الركام نظيفاً وقاسياً ولا يحتوي على عوالق من مواد عضوية أو أية شوائب أخرى ويجب أن تمر مكونات الركام الناعم جميعها من غربال فتحاته ٦.٣٥ملم (الغربال رقم ٤)، ويمكن التغاضي أحياناً بحيث لا يقل ما يمر من الغربال عن ٨٥% من الركام، وينبغي أن تكون مكونات هذا الركام متدرجة الأبعاد إلى حد مقبول، ولا توجد فيه مواد شديدة النعومة بكميات زائدة مما يؤدي إلى زيادة السطح النوعي للركام ومن ثم الحاجة إلى كمية كبيرة من الإسمنت لتغليفها، وعموماً فإن نسبة المواد ذات النعومة الزائدة (المارة على الغربال ١٠٠) يجب ألا تتجاوز ٦%.

وأما الركام الخشن coarse aggregate فيحتوي على كسر الحجر والحصى أو أي مواد أخرى ذات خواص مماثلة ويجب أن يكون نظيفاً وقاسياً إضافة إلى كونه خالياً من الشوائب كما هي الحال في الركام الناعم، وشكل حبيباته أقرب ما يكون إلى المنتظم، أو الدائري من دون زوايا حادة أو سطوح مستوية.

تعد الصخور الغرانيتية أو البازلتية من أهم مصادر الركام وكذلك الحجر الكلسي، أما البعد الأعظمي لحبيبات الركام الخشن، فيتوقف على نوع الخرسانة المطلوبة، وكلما زاد حجم الشدف (القطع) انخفض

السطح النوعي للركام ومن ثم تقل كمية الإسمنت اللازمة لصنع خرسانة ذات مقاومة محدودة. وبصورة عامة فإن القطر الأكبر لشدف الركام هو ٢٠ملم لأعمال العناصر الصغيرة من الخرسانة المسلحة، ونادراً ما يستخدم في أعمال الخرسانة المسلحة الركام ذو الشدف بقطر ٤٠ملم.

كذلك يمكن استخدام الخبث slag الناتج عن الأفران العالية لأنه يتمتع بمقاومة مرتفعة تحت الضغط ويوفر سطحه الخشن التماسك الجيد مع الإسمنت، وينصح باستعمال هذا الركام في الكتل الخرسانية الكبيرة في حين يتم تجنبه في العناصر الخرسانية المسلحة ذات السماكة القليلة والمعرّضة لتأثير المياه بسبب تكوينه المسامي.

٢- ***ماء الخلطة***: يستخدم في تحضير الخرسانة الماء النظيف الخالي من الزيوت أو الحموض أو القلويات أو المواد العضوية وغيرها من الشوائب الضارة. ويجب تجنب مياه البحر في تحضير الخلطة الخرسانية، كما يجب، الابتعاد عن استخدام المياه النقية ذات المصدر المجاور للصخور الغرانيتية والتي تسبب انحلال الأملاح الموجودة في الخرسانة.

٣- ***الإسمنت: هو المادة الرابطة الأساسية***

إن الخواص الأساسية للخرسانة المتصلبة هي المقاومة تحت الضغط، والتي يجري قياسها مخبرياً باستخدام عينات نظامية تخضع لحمولة محورية ضاغطة، والمقاومة تحت الشد التي يجري قياسها إما بتطبيق حمولة محورية شاده أو باستخدام تجربة الفتل الدائري. وإن المقاومة تحت الشد هي خاصية هامة، ذلك أنها تعبر عن نوعية الخرسانة بطريقة أفضل مما تعبر عنه المقاومة تحت الضغط إذ إن الخرسانة التي تبدي مقاومة جيدة تحت الشد تتصف دائماً بمقاومة مرتفعة تحت الضغط إلا أن العكس غير صحيح دائماً وخصوصاً في حالة الركام غير النظيف. وأخيراً الهشاشة fragility وهي النسبة بين المقاومة تحت الضغط إلى المقاومة تحت الشد وتبدي الخرسانة ذات عامل الهشاشة المرتفع تشققات في عمر مبكر.

يمكن تعديل وتحسين خواص الخرسانة الطرية في طور تصنيعها أو المتصلبة عن طريق المُضافات additives التي تخلط بنسب محددة مع الماء اللازم لتكوين الخلطة – وقد درج في العقدين الأخيرين من القرن العشرين استخدام المُضافات الصناعية ذات الأساس التوتنجي resine التي يمكن أن ترفع المقاومة تحت الضغط أو الشد أو الاهتراء أو غيرها.

تبدي الخرسانة من حيث المبدأ مقاومة تحت الضغط تزيد بمرات عدة على مقاومتها تحت الشد، وقد أدى استخدام القضبان الفولاذية في الخرسانة إلى امتصاص قوى الشد فصارت تعرف باسم الخرسانة المسلحة،

ومع أن فكرة الخرسانة المسلحة قديمة إلا أنها لم تستخدم على نطلق واسع قبل النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وبدءاً من عام ١٨٩٤ جرى في فرنسا مثلاً استخدام الحسابات النظرية في الخرسانة المسلحة بدلاً من التقديرات التجريبية empirique المستخدمة سابقاً.

٤-١-٥- ***الخرسانة مسبقة الصنع***

يقال عن مُنشأ ما مسبق الصنع، عندما تتم صناعة عناصره المكوِّنة لأعمال هيكله أو إكمالاته في معامل خاصة بها، ثم تنقل إلى موقع المنشأ فُتجمَّع وتُثبَّت حسب التصميم الهندسي المعدّ له. فمسبق الصنع هو إحدى الوسائل الأساسية التي تدخل في صناعة البناء وتسهم في تقدمها، وهو تطبيق حسي ومباشر لإحدى الوسائل العملية في سياق تصنيع البناء.

ومن الناحية الاقتصادية، قبيل الاتجاه نحو مسبق الصنع في لوازم البناء، كانت طرق الإنشاء تتعرض لأزمة ارتفاع في التكاليف وبطء في الإنجاز، الأمر الذي لم يعد مقبولاً بعد الحرب العالمية الثانية، إضافة إلى أن نقص اليد العاملة الخبيرة زاد من حدة هذه الأزمة، كما أن العمال أصبحوا يفضلون العمل في أماكن ثابتة، كالمصانع، بعيداً عن التنقلات وعن التعرض للعوامل الجوية المختلفة.

لمحة تاريخية

قام المهندس شارل هنري بينار (Charles Henri Besnard 1881-1946) بصب قطع مسبقة الصنع لمظلات عامة في الشوارع، ثم صممَّ كنيسة سان كريستوف دو جافل St Christophe de Javel في باريس التي بنيت خلال الأعوام ١٩٢٧/١٩٢٩. وقد جرى صب هذه الأجزاء من أعمدة وجوائز (جسور/كمرات) وكلوسترا (قطع تزيينية شاقوليه) باستعمال بيتون (خرسانة) كثيف في ورشة البناء نفسها ضمن قوالب من الخشب أو الجص، مع وضع قضبان التسليح الملائمة للمقاومة والتثبيت، وقد قام هذا المهندس بوضع كتيب خاص احتوى على ميزات هذه الطريقة.

تطورت صناعة العناصر المسبقة الصنع بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية في البلاد الصناعية بصورة خاصة، ولكن تقدمها لم يكن مستمراً بانتظام، ومن أهم ما حدث في هذا المجال في القرن العشرين ما يأتي:

- قبل الحرب العالمية الثانية: إنتاج عناصر مسبقة الصنع مختلفة ومستقلة، كأعمدة الكهرباء وقساطل المياه وبعض الألواح والبلاطات المحدودة (أغطية حفر التفتيش).
- بعد الحرب العالمية الثانية: بدأ إنتاج قطع مسبقة الصنع حاملة ثقيلة الوزن، وجدران واجهات بارتفاع طابق من البناء، وقطع داخلية مختلفة، وبلاطات قد تكون تتمة لبلاطات مجاورة مصبوبة محلياً، وأيضاً بعض الأدراج الداخلية أو الخارجية.

– في منتصف الخمسينات، بدأ استعمال جدران خارجية مسبقة الصنع غير حاملة (متوسطة الوزن).
– عُدّ عام ١٩٦٥ بداية إنتاج الخلايا الثلاثية الأبعاد الذي سُمي: «الإنتاج الحجمي»، (على الرغم من أن التجربة الأولى كانت في كييف نحو عام ١٩٥٠)، وخلاله بدأ انتشار إنتاج القطع المسبقة الصنع الحاملة إنشائياً (أعمدة وجوائز وبلاطات جسرية).
– في السبعينات بدأ انتشار استعمال القطع الكبيرة المسبقة الصنع والمسبقة الإجهاد.
– في أواخر القرن العشرين، بدأت التطبيقات العملية للبيتون ذي المقاومات العالية جداً مما كان له التأثير الكبير في تقدم صناعة البيتون ذي الأداء العالي مسبق الصنع، وقد أدى استعمال الجائز السويدي Swedish beam في أوائل القرن الحالي إلى أنه أصبح بالإمكان الحصول على بلاطات متكررة في الأبنية الصناعية والتجارية تصل أبعادها إلى ٣٠×٣٠ متراً وأكثر من دون أعمدة داخلها، وعلى بلاطات علوية للسطوح ذات أبعاد تصل إلى ٥٠×٥٠ متراً، وبتخفيض أوزانها إلى أقل من النصف.

مميزات الخرسانة المسبقة الصنع

– بدء إنجاز القطع في المعمل من دون انتظار دورها في الورشة.
– التأكد من إحكام مراقبتها في أثناء الصنع.
– ضمان تسليمها في موقع العمل بصورة دقيقة.
– تسهيل تنفيذ أعمال التعهدات.
– اختصار الوقت والتكلفة والهدر في المواد.

على الرغم من الاحتياطات المتبعة في تصميم الأبنية المسبقة الصنع لكي تقاوم الهزات الأرضية، فقد ظلت الشكوك تساور المهتمين بهذا الموضوع حتى صدر التقرير الخاص بزلزال كوبي Kobe اليابانية الذي حدث في ١٩٩٥/١/١٧، وكانت شدته أكبر من الشدة التي حددتها الأنظمة المحلية اليابانية لحساب الأبنية على مقاومة الزلازل في منطقته آنذاك. جاء في التقرير «كان أداء الأبنية المسبقة الصنع المسبقة الإجهاد مُرضياً في أثناء الزلزال، وذلك بسبب بنائها بشكل نظامي وبتنفيذها من بيتون مقاومته أعلى من مقاومات البيتون التقليدية. وجرى عدّ طريقة البناء المسبق الصنع كأفضل طريقة للبناء من بين الطرق المعروفة من ناحية مقاومة الزلازل».

انواع الخرسانة المسبقة الصنع

١- ***القطع المسبقة الصنع الثقيلة:*** هي عموماً القطع الخاصة بالأبنية السكنية، وخاصة تلك التي يجب صنعها في المصانع الخاصة بها، (هناك قطع مسبقة الصنع تُحضَّر في الورشات ومواقع العمل)، كقطع الهيكل والواجهات والقطع التي تحتوي على التمديدات الداخلية. وهي تمثل القسم الذي يجب أن تهتم به الصناعة المتقدمة في هذا المجال، التي تتطلب سلاسل إنتاج كبيرة لكي تكون مجدية مادياً، وبالتالي تستخدم موادَّ تقليدية يتطلب وضعها في الاستعمال آليات وأدوات اختصاصية سواء للتسريع أو التركيب أم لحسن المراقبة في أثناء مراحل التصنيع، كما تتطلب مساحات واسعة للصنع والتخزين. وهي في جميع الأحوال ذات فوائد لا ريب فيها على الرغم من منافسة الوسائل الحديثة في إنشاء الأبنية من خلاطات بيتون على شاحنات كبيرة توصل المجبول إلى المكان المحدد في موقع العمل. لأن تصنيع البناء (إضافة إلى فوائده المادية) يخفف من تنقلات اليد العاملة، إذ يُشَغَّل المزيد منها بعد تدريب بسيط وسريع لإعدادها للعمل في هذا المجال. من بين الأمثلة على القطع المسبقة الصنع الثقيلة: الأعمدة والبلاطات والمظلات العامة والجوائز من البيتون المسلح العادي أو مسبق الإجهاد.

إن استعمال البيتون المسلح المسبق الإجهاد، الذي يعتمد على التحام قضبان الفولاذ (المشدودة سابقاً) بالبيتون، يسمح بالحصول على مجموعات متنوعة من أعمدة الخطوط الكهربائية والجوائز بطريقة آلية تامة أو باستخدام يد عاملة قليلة جداً. كما أن استخدام أنواع البيتون العالي المقاومة جداً أدى إلى تخفيف أوزان قطع المسبق الصنع، وإلى وفر كبير في تكلفة النقل وفي استطاعة الروافع المستخدمة في التركيب، وبالتالي في أجورها. هذا ويجري أحياناً إنتاج القطع البيتونية المسبقة الصنع ضمن أفران أو أوعية خاصة يجري التسخين فيها بوساطة بخار الماء إلى ١٧٠ درجة مئوية مما يحقق وفراً في الوقت اللازم لتصلب البيتون. وقد أمكن رفع جوائز إلى مكانها بعد ثلاثة أيام من صبها ومعالجتها بهذه الطريقة بدلاً من الانتظار ٢٨ يوماً كما هي الحال من دون تسخين.

٢- ***القطع المسبقة الصنع الخفيفة***: من ضمن القطع الخفيفة المتعددة هناك نوعان من الجدران: الجدران الفاصلة وألواح الواجهات، وقد صار استعمالها ضرورياً في الأبنية العالية المتعددة الطوابق سواء كان هيكلها من البيتون أم من الفولاذ، وذلك لتخفيف الحمولات. إضافة إلى أن استعمالها في مختلف الأبنية يسهل إعطاءها الطراز المعماري المطلوب من أبسط الأشكال إلى أعقدها، بما في ذلك إعطاء الجدران الخارجية مظهر الجدران الحجرية القديمة.

- الجدار الفاصل: هو قطعة جدار مسبقة الصنع تتألف من صفيحتين بينهما مادة مالئة وعازلة للحرارة، تثبت إلى الهيكل حسب تصميمها، وهي جاهزة للاستعمال ولا تلزمها أي إكمالات من الوجهين، وهي مصممة لتقاوم الرياح ولتحمل وزنها الذاتي فقط، وليست لها علاقة بتوزع الإجهادات المطبقة على هيكل البناء. وهي بسبب سماكتها الضئيلة تسمح باستخدام أفضل للمساحات الداخلية. ومن خصائصها الأخرى عزلها العالي للحرارة والأصوات وسرعة تركيبها وعدم حاجتها إلى السقائل. أخيراً، المواد المستعملة في صناعة هاتين الصفيحتين هي خلائط المعادن المقاومة للصدأ أو المعادن المطلية والزجاج أو الألمنيوم أو بعض أنواع البلاستيك المعالج (الميلامين) أو ألواح الجص وغيرها من المواد غير القابلة للاحتراق، أما المواد المالئة فهي إسفنجية القوام وعلى الأغلب مادة البولي أوريتان polyuréthanne أو ما شابه من المواد العازلة.

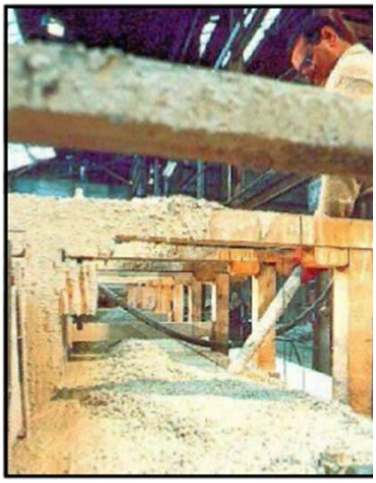
- ألواح الواجهات: هي جدران خارجية مسبقة الصنع ليست لها علاقة بغير واجهات البناء فتترك هيكله ظاهراً من الداخل، ويقتصر دورها على فصل البناء عن العوامل الخارجية وأحياناً على فصل داخل البلاطات إلى عدة أقسام (شقق) كبديل للجدار الحالي المستخدم للفصل كما في واجهات الأبنية، ويمكن عدّها حالة خاصة من جدران الفصل ولكنها أكثر ملاءمة للواجهات، حيث يمكن إعطاؤها أشكالاً ومناظر متعددة لتساعد على إعطاء البناء التأثير المرغوب من قبل المعماري المصمم .

مراحل تصنيع الخرسانة سابقة الصب :.

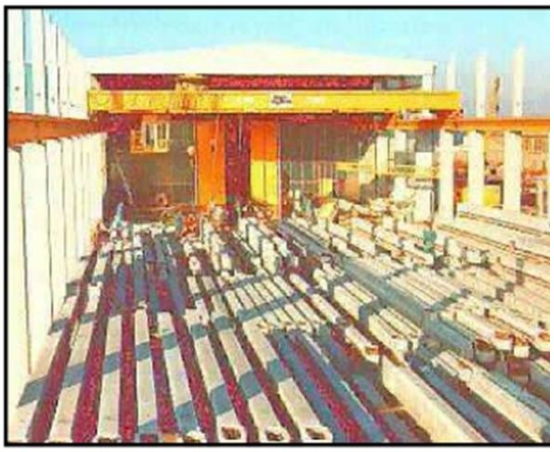
- عمل التقفيصة الحديدية والوصلات ... يوجد في كل مصنع فنيين متخصصين في عمال القفص الحديدي والوصلات اخذين في الاعتبار طريقة تقليل القوالب وعلاقة ذلك بحديد التسليح (شكل رقم٤-٢).

شكل رقم٤-٢ يوضح المرحلة الاولى لتصنيع الخرسانة مسبقة الصنع

- تجهيز القوالب وتجميعها وذلك بعد استكمال اعمال الحديد يتم تجميعها في القوالب وتقفيلها بإحكام شكل رقم (٤-٣) .
- صب الخرسانة ودمكها .. حيث ان معظم المصانع فيها خلاطات للصب تضبط نسب الضبط عن طريق الكمبيوتر شكل رقم (٤-٤)
- نقل الوحدات الخرسانية المصبوبة وتخزينها الى مخازن خاصة وترفع عن الأرضية بعوارض خشبية شكل رقم (٤-٥)



شكل رقم ٤-٤ يوضح صب الخرسانة ودمكها



شكل رقم ٤-٥ يوضح تخزين الخرسانة في المخزن ورفها على الأخشاب

شكل رقم ٤-٣ يوضح تجهيز القوالب وتقفيلها

- نقل الوحدات الخرسانية الى موقع التنفيذ نقلا منظما ومرقما يضمن تنفيذ التركيب فور وصول القطع دون الحاجة الى انتظار القطع الأخرى شكل رقم (٤-٦)
- تركيب الوحدات مباشرة في المبنى بعد رفعها بالونشات الخاصة دون الحاجة الى التخزين في المواقع (شكل رقم ٤-٧)

شكل رقم ٤-٥ يوضح نقل الخرسانة الى الموقع للتركيب

شكل رقم ٤-٦ يوضح تركيب القطع الجاهزة

٤-١-٥-١- الاضافات الكيماوية للخرسانة والمونة _: -

المميزات: الاضافات الكيماوية بصفه عامه لتحسين الخواص الطبيعية للخرسانة و المونة أثناء عمليه التشغيل او بعدها و أيضا لتقليل نفاذية الخرسانة وانفصال حبيباتها.

المميزات-_: تسهيل ضخ الخرسانة العادية و الخفيفة و تقليل ظاهره طفح الخرسانة وهذا يناسب محطات خلط الخرسانة .

- تحسين قابليه التشغيل ، والتوفير في استهلاك الاسمنت وتحسين خواص و شكل الخرسانة.

- زياده قوة التماسك مع حديد التسليح مع التقليل مساحيه الخرسانة ونفاذية الخرسانة مما تتناسب مع المنشآت المائية و حمامات السباحة و الخزانات وللأساسات أيضا.

- زياده مقاومه الخرسانة للكبريتات و القلويات و ماء البحر مما يناسب المباني القريبة من مياه البحر و المنشآت المعرضة للكيماويات و أيضا للأساسات اذا كانت التربة بها مشاكل.

- زياده مقاومه الانضغاط المبكرة و النهائية مما يناسب لأعمال الكباري و المنشآت ذات الاحمال العالية

– زياده سرعه زمن الشك و سرعه الوصول الى المقاومة المبكرة و النهائية في المناطق الباردة في حاله الضرورة لسرعه فك الشدات .

-تأخير سرعه زمن الشك في المناطق الحارة و عندما تكون محطات الخلط بعيده عن الموقع حتى تكون صالحه للصب.

- زياده كميه الهواء المحبوس للخرسانة الخفيفة مما يناسب لأعمال رصف الطرق ورصف الكباري وممرات الطائرات أو لأعمال الخرسانة قليله الاسمنت.

- وهذه الاضافات يمكن الاستفادة منها اقتصاديا حيث تساعد على الوصول الى الخواص المطلوبة من زياده في مقاومه الانضغاط و قابليه للتشغيل و توفير الاسمنت و تقليل ماء الخلط مع مراعاه استخدامها بالكمية المناسبة حسب الحاجه لكل عمل مع دراسة جدوى له.

٤-١-٥-٢- ***المركبات الكيماوية لعلاج الخرسانة بعد صبها:***

تستخدم المركبات الكيماوية في علاج و تحسين خواص الخرسانة بعد صبها ورفع كفاءتها مع توفير العمالة.

الخصائص والمميزات :

-حمايه سطح الخرسانة بتكوين غشاء شمعي.

-تمنع الجفاف السريع للخرسانة وبالتالي تكسبها صفه التماسك حتى لا يحدث شروخ انكماش.

- تقويه سطح الخرسانة ضد الاحتكاكات.
- الاستغناء عن المعالجة التقليدية لهل وهى رشها بالماء.

٤-١-٥-٣- ***المركبات البروكسي لمختلف الاغراض :***

تستخدم المركبات البروكسي في مجالات متعددة و منها ما نستورده فتستخدم في تقويه الاسطح الخرسانية و معالجه مساميتها وتستخدم أيضا لحقن و ترميم الشروخ بالإسمنت.

الخصائص والمميزات

-حقن الشروخ الدقيقة و العميقة و لحام الخرسانة.
-لحام الخرسانة القديمة بالجديدة كفواصل للصب.
-تعطى صلابه عالية و مقاومه للاحتكاك و التآكل بما يناسب استخدامها في منشآت الطرق و الكباري و أرضيات المصانع و أسفل قواعد الماكينات.
-لها قوه التصاق عالية على الاسطح الخرسانية.
-تتميز بمقاومه عالية للإجهادات الميكانيكية.
-تتميز أيضا بمقاومه فائقة للكيماويات لذلك تناسب منشآت الصرف الصحي و المواسير أسفل سطح الارض و الخزانات أيضا و يصلح لحشو فواصل الطوب المقاوم للأحماض.
-له مقاومه للشحنات الكهربائية الاستراتيجية و منع تولد الشرر لذلك تناسب المعامل الإلكترونية و غرف العمليات و الأجهزة المتطورة لعمل الارضيات الموصلة و المانعة للكهرباء.
-له مقاومه عالية للصدمات.
-حمايه حديد التسليح داخل الخرسانة من الصدأ و التآكل و زياده قوه التماسك مع الخرسانة.
-تعتبر دهان عازل و مرن لحقن الشروخ الإنشائية و شروخ الحرارة.

٤-١-٥-٤- ***المواد العازلة للرطوبة و المياه:***

تستخدم المواد العازلة للرطوبة والمياه في_:

-عزل الأسطح النهائية و تقليل الامتصاص الحرارى لها.
-عزل الاساسات و البدرومات.
-عزل دورات المياه و خزانات المياه وحمامات السباحة و محطات مياه الشرب.
-عزل المنشآت المائية كالسدود.
-عزل مواسير المياه و الصرف الصحي.

-عزل الخامات المختلفة كالطوب و الخشب.

-مقاومه صدأ الحديد في المنشآت المعدنية.

الخصائص والمميزات:

-سهوله و سرعه التشغيل على الاسطح الخرسانية المستوية و غير المستوية .

-مقاومه عالية للأحماض و الكيماويات.

-ثبات الكفاءة في درجات الحرارة المختلفة.

-عدم القابلية للاشتعال.

-تماسك قوى على الاسطح الجافه و الرطبة.

-تماسك قوى على الخامات المختلفة كالأسطح الخرسانية و الطوب و الخشب و المعادن.

-تكوين طبقه عاكسه لأشعة الشمس.

٤-١-٦- ***ابتكارات جديالشفافة رسانة***

١- الخرسانة الرغوية بالجبس

٢- الخرسانة المطاطية بإضافة مفروم اطارات السيارات للخرسانة

٣- الخرسانة بالبطاطس للمحاولة من التقليل للكلفة الزائدة لمادة الإسمنت .

٤- الخرسانة بالبوليمير التي يتم فيها تقوية مكونات الخرسانة بإضافة جزيئات البوليمير الى الخرسانة للحصول على خرسانة فائقة القوة

٥- الخرسانة بتقنية النانو .

٦- الخرسانة الشفافة

٤-١-٦-١- الخرسانة الرغوية بالجبس

ان المادة المعدلة التي تضاف الى الجبس تجعل منه مادة قوية مثل الاسمنت ولا يتأثر بالرطوبة ولا يتأثر بالمياه ولا يتشربها، مقاومة كبيرة للخدش، ويمكن ان نصنع منه كتلا ملساء وبمختلف الالوان يصعب تمييزها عن الرخام الطبيعي، او تصنيع اي نوع من الحجارة الطبيعية، تشكيل وعمل ارضيات في البيوت ذاتية المستوى وبمظهر الرخام او السيراميكا، تكنولوجيات البناء بالخرسانات الرغوية ليست بالجديد، ولكن خرسانة الجبس الرغوية تكنولوجيا جديدة وفريدة من نوعها وذات مستقبل زاهر حيث ان اسعار الجبس ارخص بكثير من اسعار الاسمنت وهي ارخص بكثير من كل التقنيات المتوفرة لإقامة المباني الى هذا اليوم لتشييد المساكن المتجانسة

الخصائص والمميزات :

- مختلفة الكثافات والعزل الحراري الجيد، حيث ان البناء بهذه الخرسانة لا تحتاج الى عوازل على الاطلاق حيث تجمع الميزتين ميزة كمادة للبناء وميزة اخرى انها تعتبر عازلا حراريا، وبإمكاننا ان نستغني عن حديد البناء. وبناء جدران حاملة في البيوت التي لا تتعدى الطابقين .
- هذه التكنولوجيا تسمح لبناء منازل في فترة زمنية قصيرة نسبيا.
- السرعة في عملية الاعتماد على القوالب لبناء الجدران والارضيات والاسقف بصب الخرسانة بالخرطوم في القوالب حيث ان خرسانة الجبس الرغوية تجف وتتصلب بعد اربع ساعات على الاكثر، هذا يعني ان القوالب تتحرر بعد اربع ساعات.
- انخفاض كبير في سمك الجدران والسقوف. من خلال تسهيل الوزن البناء وخفض استهلاك مواد الأسس ، على التالي ستنخفض تكاالجبس.سس(شكل رقم ٤-٧)

المكونـــات اللازمـة، لخرســـانة الجبـــس الرغويـــة

الكثافات لخرسانة الجبس الرغوية كلج / م^3	المكونات اللازمة، كلج			
	الجبس	المعدلات	الماء	عامل الرغوة
250	180	36	151	0,5
300	214	44	166	0,48
400	285	58	213	0,47
500	356	73	258	0,45
600	428	88	302	0,4
700	500	102	331	0,38
800	571	116	378	0,38
900	642	131	387	0,35

شكل رقم٤-٧ يوضح المكونات للخرسانة الرغوية بمختلف الكثافات المطلوبة

– امكانية نقل خط الإنتاج إلى موقع البناء والعمل به إذا كان للبناء المتجانس ، ويتم تشييد المباني في وقت أقصر. وبالإضافة إلى ذلك، نوعية العمل التي تقلل بشكل ملحوظ من تكاليف مواد التشطيب والتعديل وترميم بالمقارنة مع الخرسانة الرغوية بالإسمنت (شكل رقم ٤–٨)

المعطيات	الخرسانة الرغوية من الاسمنت	الخرسانة الرغوية من الجبس
السعة الداخلية للخلاطة, م^3	0,5	0,5
كميةالاستيعاب للخلطة الجافة للخلاطة, كلج	250	250
مدة الخلط		
اقل مدة	7	6
اكثر مدة	10	10
اقل كثافة ممكنة للخلطة الجاهزة, كلج /م^3	400	300
اكبر كمية انتاج , م^3/للساعة	6	5
طول مسافه الضخ , م		
_ افقيا	50	40
عموديا	30	15

شكل رقم ٤–٨ يوضح مقارنة بسيطة بين المعطيات للخرسانة الرغوية من الأسمنت ومن الجبس .

– عملية الصب في البناء المتجانس مستندة إلى تكنولوجيا التجهيزات والقوالب وتطبيقها التصميم المقاوم للزلازل يُحمّل بشدة على شكل المنزل ، ويتم الحصول على الجدران الأكثر سلاسة ، لسقف والأرضية يجب ان تكون مستوية، وتملؤ بالخرسانة كل الشقوق والفراغات و تكون خالية من الشوائب. في معظم الحالات ، يتم بناء منازل متراصة على مبدأ : الهياكل الحاملة –– الأعمدة والجدران ، – ان عملية الصندقة تلعب دورا هاما جدا في أداء البناء المتجانس وهو العامل الذي يحدد نوعية وجودة العمل وسرعة الأداء، ان تطبيق النظم الحديثة للصندقة ممكن أن تزيد بدرجة كبيرة في تقنية البناء المتجانس، وجعله تنافسيا. ويفضل استخدام البناء المتجانس لأسباب كثيرة.

يتم تقليل القاعدة الصناعية في هذه الحالة إلى الحد الأدنى : وتصنيع الخرسانة في موقع البناء لسهولة تنقل الخط وأدى الظهور في سوق البناء المواد المضافة المعدلة للخلطات .

وظهور مواد جديدة للحصول على خرسانة الجبس الرغوية بكثافة من٣٠٠ تصل الى ١٢٠٠ كجم / متر مكعب. ان تقنية خرسانة الجبس الرغوية لبناء الهياكل تمكننا من إزالة القوالب او الصندقة خلال مدة زمنية قياسية اذا ما قارنناها باي طريقة اخرى في العالم الا وهي من ٢ الى ٣ ساعات على الاكثر وبالإضافة إلى ذلك ، فإن تكنولوجيا خرسانة الجبس الرغوية بإمكاننا استعمالها مباشرة في موقع البناء ، وإمكانية الصب بخرطوم لمسافة ٤٠ مترا أفقيا وارتفاع ١٥ م ، والتي يمكن الحد بشكل كبير من تكاليف

خدمات النقل واستئجار معدات الرفع ، كل هذه العوامل كانت بمثابة محفز لتطوير تكنولوجيا تطبيق خرسانة الجبس الرغوية في البناء المتجانس.

الخرسانة المطاطية بإضافة اطارات السيارات للخرسانة

ان للتطور الكبير في النقل والزيادة الهائلة في اعداد السيارات بشكل كبير ولد مشاكل مختلفة اهمها التلوث البيئي وخلف احتراق ملايين الاطنان من نفايات الاطارات مشاكل خطيرة جدًا .على سبيل المثال في سنة ١٩٩٠ اكثر من ٢٤٠ مليون اطار مستهلك تم رميها في الولايات المتحدة ، وفي العراق خمن مليونا اطار يرمى الى البيئة في السنة،ان بلدان مثل الولايات المتحدة وبريطانيا تبنيا طريقة دفن الاطارات المستهلكة تحت الارض وللتخلص منها لتفادي التلوث الاخر الذي قد ينتج من احتراق هذه المواد ولتفادي التأثير الخطر لذلك من الغازات الكيميائية الذي ينتج من عملية الاحتراق مثل ثاني اوكسيد الكبريت وتوزيع جزئيات الكاربون في الهواء . سعت العديد من البحوث لاستعمال الكميات الهائلة من نفايات مطاط الاطارات ولتقليل التلوث البيئي بمزجها مع الاسفلت لإنتاج خلطات تستعمل في تبليط الطرق لما لها من مرونة عالية لامتصاص الصدمات ، من الناحية الاخرى تستعمل بعض البلدان هذه الاطارات المستهلكة لصناعة طبقات حماية الصدمة للأرصفة.

الخصائص والمميزات:

ان فكرة استعمال مادة الاطارات المستهلكة المقطعة في صناعة مواد ا لبناء لما تتمتع به من خصائص مناسبة مثل المقاومة العالية للأحوال الجوية من درجة حرارة ورطوبة ووزن خفيف مقارنة بالمواد الاخرى ، وقدرتها العالية للعزل و ان استعمال الاطارات المستهلكة المقطعة في اعمال الخرسانة والبناء له عدة منافع اقتصادية.

١- تقليل التلوث البيئي ومنع تراكم الاطارات المستهلكة دون الحاجة الى حرقها .

٢- تصنيع خرسانة عازلة ذات وزن خفيف .

٣- ان تصنيع طابوق من الخرسانة الخفيفة له تأثير اقتصادي على الكلفة الكلية للبناء ، اذ يقلل من وزن الاحمال الميتة على الاسس وزمن الانجاز وتوفير في كلف النقل والبناء

٤- توفير عزل حراري عالي دون الحاجة الى استخدام اجهزة تبريد وتدفئة.

٤-١-٦-٢- الخرسانة بالبطاطس للمحاولة من التقليل للكلفة الزائدة لمادة الإسمنت

فقد تمكنت شركة (نوبيرت كونكريت) بمدية سومار في إقليم فريزلاند شمال هولندا من إضافة مسحوق البطاطس إلى خلطة الخرسانة المستخدمة في البناء لا نه يؤدي ليس فقط إلى تقليل كميات الاسمنت المستخدم ولكن أيضا إلى زيادة صلابة وتحمل الخرسانة. وقد بدأت الشركة بالفعل استخدام الخلطة الجديدة في منتجات تمهيد الطرق. وقال رينتي نوبيرت مدير الشركة لصحيفة (تليجراف) الهولندية إن أهم خاصية في هذا النوع من الاسمنت أنه أصبح أكثر قوة وتماسكا بإضافة مسحوق البطاطس. وأضاف أنه يقلل تكلفة الخرسانة حيث إن الاسمنت هو أغلى مكونات الخرسانة المسلحة حاليا.

٤-١-٦-٣- الخرسانة المطورة بالبوليمر

البوليمر (polymer)كلمه لاتينية مكونه من مقطعين (poly) وتعني متعدد و (mer)وتعني الجزء أي انه تعني متعدد الأجزاء. ان حزينة البوليمر جزيئه تتكون من جزيئات كيميائية صغيره مرتبطة مع بعضها بأواصر كيميائية .ان مفهوم (تطوير) البوليمر للخرسانة والملاط الإسمنتي ليس حديثا ، ففي عام ١٩٢٣ ظهر هذا المفهوم لأول مره بواسطة (Crosson) حيث تم استخدام مواد اكساء طرق تتكون من مستحلبات المطاط الطبيعي (natural rubber latexes وتم استخدام السمنت مادة مالئه .(filler) حيث لا تضاف البوليمرات الى الخرسانة بكميات كبيرة وتعتبر نسبة ٥% من وزن السمنت هي النسبة المئوية المناسبة لإضافة البوليمر الى الخرسانة وتجدر الإشارة إلى ان اغلب البوليمرات لا تمتلك أي شحنات كهربائية. ان الاكتشاف الاول الذي يتضمن مفهوم تحوير (تطوير) الخرسانة والملاط بالبوليمر تم في سنة ١٩٢٤ .ومن ذلك الحين بدأت الأبحاث الجدية والتطويرات في مجال الخرسانة المطورة بالبوليمر والملاط المحور بالبوليمر تدخل حيز التنفيذ في عدة دول منذ السبعين سنه او يزيد، ونتيجة لذلك تم تطوير العديد من الأنظمة الفعالة للخرسانة المحورة (المطورة) بالبوليمر واستخدمت بصورة مستمرة في تطبيقات الصناعة الإنشائية.

منذ أربعين عاما او يزيد بدأ تطوير الملاط الإسمنتي والخرسانة بواسطة البوليمر في أقطار مختلفة ونتيجة لذلك اصبح في عام ١٩٧٠ م كل من الملاط المطور بالبوليمر والخرسانة المطورة بالبوليمر من مواد الصناعة الإنشائية وسائدي الاستعمال في اليابان و أوربا

وكذلك الحال في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٨٠ م ،اما اليوم فالملاط الإسمنتي المطور بالبوليمر والخرسانة المطورة بالبوليمر تعتبر من المواد شائعة الاستعمال في مجال البناء والإنشاءات. تم استخدام كل من الخرسانة البوليميرية (PC) وخرسانة السمنت البورتلاندي البوليميرية) (PPCC) او ما يسمى بالخرسانة المطورة بالشبكيات البوليميرية (LMC بصورة تجارية منذ عام ١٩٥٠ م ، اما فيما يخص الخرسانة المنقعة بالبوليمر (PIC) فقد تم تطويرها لاحقا مي عام ١٩٧٠م . اعتمادا على المواد المستخدمة يمكن للخرسانة البوليميرية (PC)ان تطور مقاومة الانضغاط الى ما يقارب ١٣٨ ميكاباسكال خلال ساعات او حتى دقائق، وهي بذلك مفيدة للأعمال الطارئة مثل الانفاق والطرق السريعة والمطارات . وخرسانة السمنت البورتلاندي البوليميرية (PPCC) أو (LMC) تحقق قابلية ربط ممتازة مع الخرسانة القديمة ومتانة عالية ضد المحاليل الكيميائية التي تهاجم الخرسانة ولذلك تستخدم بصورة رئيسية في أرضيات المصانع وإصلاح أرصفة الجسور التالفة وارضياتها اما بخصوص الخرسانة المنقعة بالبوليمر (PIC)فعن طريق سد الشقوق والمسامات الشعرية وإملائها بصورة فعاله فانه من الممكن إنتاج بصورة افتراضية خرسانة غير نفاذة تعطي أقصى مقاومة وهي نشابه بذلك للخرسانة البوليميرية. (PC) ان الخرسانة المنقعة بالبوليمر (PIC) تستخدم لإنتاج خرسانة مسبقة الصب عالية المقاومة ولتحسين ديمومة سطوح أرضيات الجسور. إن أفضل اسلوب لمعالجة الخرسانة المطورة بالبوليمر هو: يومين من المعالجة الرطبة تعقبها خمسة ايام معالجة بالضباب تعقبها أحدى وعشرون يوما معالجة جافة وان امتصاص هذه الخرسانة للماء يكون قليل جدا نظرا لمليء المسامات وسدها لغشاء البوليمر مما يؤدي الى انخفاض نفاذية هذا النوع من الخرسانة.

تصنيف البوليمرات :. تصنف البوليمرات اعتمادا على خواصها التقنية واستخداماتها العلمية الى الأصناف التالية

١- ***<u>البلاستيكيات المطاوعة للحرارة</u>***

يتضمن هذا الصنف البوليمرات التي تتغير صفاتها بتأثير الحرارة، حيث تتحول الى منصهرات.

٢- ***<u>البوليمرات المتصلبة حراريا غير المطاوعة للحرارة</u>***

تعاني هذه البوليمرات تغيرات كيميائية عند تسخينها فتتشابك (cross-linked) فيها السلاسل البوليميرية وتصبح بعد معاملتها حراريا غير ذائبه وغير قابله للانصهار ورديئة التوصيل للحرارة والكهربائية.

٣- البوليمرات المرنة مطاطيا

هذا النوع من البوليمرات يتميز بصفاته المرنة كالاستطالة وقابليته على التمدد والتقلص.

٤- الألياف

يتميز هذا الصنف من البوليمرات بمواصفات خاصه كالقوة والمتانة وقابليتها على التبلور ويجب ان تكون السلاسل البوليميرية قادرة على الترتيب باتجاه محور الليف لكي تكسبه القوة والمتانة.

٥- اللواصق والمواد الطلائية

تستخدم نسبه كبيره من هذه البوليمرات موادا لاصقه طلائية

فوائدبالخرسانة.ليمر الى الخرسانة:

استنادا الى ما جاء في تقرير معهد الخرسانة الامريكي والذي لخص فوائد اضافة البوليمر الى الخرسانة الى ما يلي :

- ان إضافة البوليمر الى الخرسانة يؤدي الى زيادة قوة الربط بين عناصر الخرسانة .

- ان إضافة البوليمر يؤدي الى زيادة مقاومة الانجماد والذوبان وذلك عن طريق ملئ الفجوات وتقليل حجم السوائل في داخل هذه الفجوات عن طريق ملئها بالبوليمر.

- زيادة مقاومة الاحتكاك وبالتالي استخدام امثل للطرق المنفذة بالخرسانة .

-زيادة مقاومة الانحناء والشد للخرسانة .

٠- بعض أنواع البوليمرات عند إضافتها الى الخرسانة تؤدي الى امتصاصية عالية للصوت وتقليل عالي للضوضاء كما في استخدام البوليمر .(Styrene-acrylics)

أنواع الخرسانة المطورة بالبوليمر :.

١ – *الخرسانة المنقعة بالبوليمر*

واحد من أوسع مركبات الخرسانة المطورة بالبوليمر استخداما . وهو عبارة عن خرسانة اعتيادية مسبقة الصب يتم معالجتها وتجفيفها داخل فرن او بواسطة تسخين العازل حيث يتم طرد الهواء الموجود داخل فجوات الخرسانة بواسطة البخار ، ومن ثم يتم انتشار البوليمر الواطئ اللزوجة خلال الفجوات المفتوحة وبعد ذلك يتم تسليط إشعاع حراري ، او بإضافة عامل كيميائي يقوم بمساعدة البوليمر في الوصول وملئ جميع الفراغات الموجودة في الكتلة .ومن خلال البحوث السابقة فقد تم الحصول على نتائج نموذجية للعتبات الخرسانية البوليميرية المسلحة المنقعة بالبوليمر بعد تحميل الحمل الأقصى وبعد دراسة سلوك الانثناء حيث ان المتغير المعتمد في هذه الدراسة هو تسليح الانثناء حيث طورت العتبات الخرسانية المنقعة بالبوليمر والمسلحة بنسبة ٥% و٧% العزم الأقصى بمقدار ٣٧ % و٩٢% على التوالي أعلى من العتبات الخرسانية الاعتيادية . لقد كان مقدار العزم الذي تتحمله الخرسانة المنقعة بالبوليمر أعلى بمقدار ٥٠% من العتبات الخرسانية الاعتيادية . ان العتبات الخرسانية المنقعة بالبوليمر كانت قادرة على الاستفادة من نسب التسليح بصورة أكثر فعالية . ومن ناحية أخرى تم إنتاج خرسانة منقعة بالبوليمر ذات مقاومة انضغاط تتراوح بين (٢٢٤ و٢٤٩)ميكا باسكال للخرسانة المنقعة بالبوليمر البوليستاريرين باستخدام التسخين الحراري المغلق وبنسب خلط مختلفة وباستخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي .

٢ – *الخرسانة البوليميرية*

هي خرسانة خاصة يمكن الحصول عليها بمعاملة الخرسانة العادية بمواد البوليمر التي تعمل كمادة لاحمة او مالئة للفراغات بين حبيبات الركام والتي تمثل (٦–٨)% من وزن الخرسانة. ومن عيوبها ارتفاع التكلفة حيث انها تمثل (٢–٣) أمثال الخرسانة التقليدية ومن مميزاتها مقاومة ضغط عالية ١٠٠٠ كجم/سم٢ – مقاومة شد ١٠٠كجم/سم٢ مقاومة عالية للانكماش والعوامل الخارجية وقد تراوحت قيم الكثافة بين ١٩٧٠و ٢٣٥٠ كغم\م٣ ومن خلال البحوث تم الحصول على بعض النتائج التي يكمن تلخيصها كالاتي

– عند مقارنة الخرسانة الجيدة التدرج مع الخرسانة ذات الركام المنقطع التدرج فان الأخيرة تعطي مواصفات ميكانيكية أعلى من الأولى.

– هناك علاقات خطية واسية تربط بين معامل الانضغاط ومقاومة الشد بالانشطار مع مقاومة الانضغاط للخرسانة البوليميرية.

– ان سلوك الخرسانة المطورة بأنظمة الايبوكسي والبولستر تأثر كثيرا بطرق المعالجة الحرارية ومعدل التغير في الانفعال وتغير درجة الحرارة أثناء الفحص، لا توجد علاقة مباشرة تربط توزيع الركام وحجمه مع مقاومة الانضغاط.

تجدر الإشارة بان التقنية او الأسلوب الرئيس في انتاج هذا النوع من الخرسانة هو تقليل حجم الفجوات في كتلة الركام حتى يتم تقليل كمية البوليمر اللازمة لعملية الرمل ويتم هذا بواسطة الحصول على التدرج والخلط المناسبين للركام . ومن عيوب هذا النوع هي تأثرها بالمحاليل ومن ضمنها الماء ويتمثل هذا التأثير في تقليل مقاومة الانضغاط اعتمادا على نوع الأس الهيدروجيني وتركيز المحلول المهاجم. حيث بينت الدراسات ان مقاومة الانضغاط للأسطوانات المعرضة للهواء قلت من ٦٦ ميكا باسكال الى ٤٥ ميكا باسكال خلال مدة زمنية مقدارها من ١–٣ سنة .

٣– *خرسانة السمنت البورتلاندي البوليميرية*

خلطات خرسانة السمنت البورتلاندي البوليميرية (PPCC)عبارة عن خلطات خرسانية حاوية على سمنت بورتلاندي مضافة إليها بوليمرات مستحلبة قابلة للذوبان في الماء إثناء عملية الخلط او بوليمرات انتشارية (emulsified)تضاف في اثناء عملية الخلط ، يكون للبوليمر تأثير اضافة الى تأثير عملية اماهة السمنت البورتلاندي عن طريق تكوين شبكة بوليميرية مستمرة خلال هيكل الخرسانة . تم التحري عن مدى واسع من البوليمرات لاستخدامها في خرسانة السمنت البورتلاندي البوليميرية من خلال العديد من الدراسات والأبحاث التي أجريت على هذا النوع من الخرسانة ، في كل حالات خلط ومناولة خرسانة السمنت البورتلاندي البوليميرية تكون مشابهة لخرسانة السمنت البورتلاندي الاعتيادية ومواد الملاط .

ومن اجل رفع مقاومة الشد للملاط الاسمنتي والخرسانة في كثير من البحوث تعول على اضافة راتنج الايبوكسي الى الملاط الاسمنتي والخلطات الخرسانية حيث بينت فحوصات مقاومة الانضغاط والشد في وقتها زيادة واضحة في كليهما عند إضافة ١٥% من وزن الملاط للخرسانة مع انخفاض محتوى ماء الخلط مع الإبقاء على قيمه مناسبة لقوام الخرسانة (مستحصل عن طريق فحص الهطول)، ان انخفاض ماء الخلط عموما في الخلطة الخرسانية هو احد أسباب زيادة مقاومة الخرسانة . كذلك بينت التجارب ان اضافة البوليمرات الشبكية التي هي على شكل مساحيق يؤدي على الأعم زيادة

قوة الربط بين مكونات الخرسانة وتقليل النفاذية وزيادة مقاومة الكسر وديمومة اكثر وبالخصوص الخرسانة التي تتعرض الى موجات الانجماد والذوبان ، ان الصفات التي تم تطويرها للخرسانة والملاط الإسمنتي تختلف اعتمادا على نوع الشبكيات البوليميرية . التوزيع النسبي للعناصر وخطوات الخلط لهذا النوع من الخرسانة تكون مشابهة للخرسانة الاعتيادية ، ولكن اسلوب معالجة هذا النوع من الخرسانة مختلف عن الخرسانة الاعتيادية حيث يكون بالشكل الاتي من يوم الى يومين معالجة رطبة يتبعها معالجة بالهواء الجاف . تطبيقات هذا النوع من المواد يشمل لصق البلاط وتسوية السطوح واكساء ارضيات الجسور.

٤- *الخرسانة المطورة ببوليمر مطاط الستايرين بيوتادين*

عند استخدام مطاط الستايرين بيوتادين كمادة مطورة للخرسانة يرافقه زيادة في محتوى الهواء تتناسب مع نسبة (بوليمر :سمنت) ،حيث ان هذه الزيادة تنتج من تأثير نشاط المواد الداخلة في شبكيات البوليمر بصيغة مستخدم على الرغم من ان الخرسانة المطورة صنعت بدون مركبات هواء مدخل عن قصد . بالمقارنة مع الخرسانة الاعتيادية فان اضافة هذا النوع من البوليمرات يسبب تقليلا في نسبة (الماء: السمنت) ولحد ٣٠% وزيادة في قابلية التشغيل الذي هو ناتج من ظاهرة تسمى محمل الكريات (ball-bearing)وهي ناتجة عن حبيبات البوليمر وتأثير التشتت للسطوح المادية الفعالة في الشبكات البوليميرية

وجد ان مقاومة الانضغاط تزداد بصورة متدرجة مع الزيادة في كمية البوليمر حين ان نسبة (بوليمر: سمنت) تساوي ٧.٥ % زادة قيمة معاير الكسر بنسبة ٤٠% بالمقارنة مع الخرسانة الاعتيادية وبالنسبة لمقاومة الشد ومقاومة الانضغاط تزداد بزيادة كمية البوليمر المضافة ،ففي نسبتي (بوليمر :سمنت) مساوية الى ٥% و٧.٥% كان مقدار الزيادة ٢٤% و٢٩% على التوالي بالمقارنة مع الخلطات المرجعية وأكدت البحوث بمضمار استخدام هذا النوع من البوليمر ان هذا النوع من البوليمرات له وظيفة مزدوجة وتتلخص فيما يلي :

- زيادة التلاصق بين حبيبات الركام والإسمنت .
- منع التطور التدريجي للشقوق الشعرية نتيجة للمرونة العالية لهذا الغشاء البوليمري .

تستخدم البوليمرات العضوية والإسمنت في علاج التشققات . وأكثر البوليمرات العضوية استخدما في الترميمات الإنشائية هي الروابط الإيبوكسية . وهي عبارة عن مركب أساسي راتنجي epoxy binders

أو مصلد أو معجل للتصلب ، حيث يجب خلطها بالنسب المحددة . وللروابط الإيبوكسية خاصية الالتصاق بالخامات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش ، كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين . ويعيب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة . والروابط الإيبوكسية تنتمي إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد وهي تشمل ضمن تركيبها البولي رثان مجهزاً على هيئة مركبين خلطهما عند الاستخدام ويعد البوليستر من نفس الفصيلة . وهو يتكون عادة من ثلاث مركبات (أساس راتنجي ، وسيط مساعد ، ومعجل تصلب) وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية وهي سريعة التصلب ولا تلتصق بالخرسانة ، وهي ذات انكماش عال في الظروف الجافة ولذا فإن استخدامها الرئيسي يكون في سد الشروخ في حالات الرطوبة والتشبع لمقاومة تسرب الماء والإسمنت المستخدم هنا هو الإسمنت البورتلاندي العادي ، كما أن الإسمنت قليل الانكماش والإسمنت سريع التصلب يمكن خلطهما بالبوليمرات العضوية.

٤-١-٦-٤- الخرسانة الشفافة.

المعرض العالمي بشنجها، الصين، الجناح الايطالي (شكل رقم ٤-٩) هو المبنى الوحيد حتى الان المبنى بالإسمنت الشفاف .ارتفاع الجناح الايطالي ١٨ متر و ٤٠% من حوائطه مبنية من مادة أي لايت والتي ابتكرتها شركة انتيلسمنت جروب .

شكل رقم ٤-٩يوضح الجناح الإيطالي في المعرض العالمي بشنجهاي، الصين، المبني من الخرسانة الشفافة

المعماريون بالشركة قاموا بصنع خلطة خرسانية جديدة استطاعوا من خلالها انتاج خرسانة يعبر منها الضوء ليصبح المبنى اشبه بنافذة كبيرة فيستخدم اضاءة داخلية اقل و يتم التوفير بالطاقة تستخدم تقنية اخرى في الخرسانة وهي بصنع ثقوب صغيرة (شكل رقم ٤-١٠) في الخرسانة لا تؤثر على فعاليتها تزيد من الشفافية لتصبح شفافية الخرسانة ٢٠%.

شكل رقم ٤-١٠ يوضح الخرسانة الشفافة

قبل هذه التقنية كانت هناك محاولات كثيرة لزيادة شفافية الخرسانة عن طريق اضافة الفبر للخلطة الخرسانية لكن هذه المحاولات لم تنجح كتلك المحاولة الاخيرة.

٥- الباب الخامس(الفولاذ)

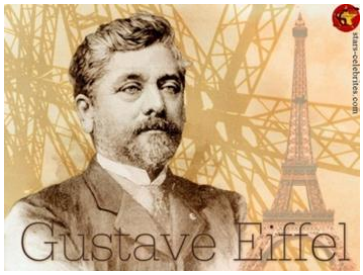
الفولاذ

٥-١-١- مقدمة

تعدّ المنشآت أحد الاحتياجات البشرية الأساسية ورمز حضارة الشعوب، ويمكن تصنيف المنشآت تبعاً لوظيفتها إلى سكنية وتجارية ومؤسساتية وصناعية وصالات عرض ومنشآت خاصة كالجسور وأبراج نقل الطاقة والمنشآت البحرية وغيرها. ويمكن بناء كل منها بأنواع مختلفة من المواد كالبيتون والفولاذ و الفولاذ الإنشائي المدرفل المصنَّع على شكل مقاطع، ولكل من هذه المواد ميزاتها وتفوقها في أنواع معينة من المنشآت. ويتكون الفولاذ الإنشائي من خلائط الحديد مع نسب محددة من الكربون ومعادن أخرى كالمنغنيز والكروم والنحاس وغيرها، ويكون المحتوى الكربوني أقل من ٠.٢٥% والمنغنيز أقل من ١.٥%، أما بقية العناصر فتكون نسبها أقل من ذلك بكثير، وتحدد كمية العناصر في الخليطة خواص الفولاذ كمقاومته strength ومطاوعته ductility وقساوته toughness. وتُعزى مقاومة الفولاذ للصدأ إلى احتواء خليطته على النحاس، كما أن للعمليات الإنتاجية . كمعدل التبريد والإسقاء والسحب والتشكيل . آثاراً مهمة في البنية الميكروية للفولاذ حيث تؤدي إلى حجم أصغر للحبيبات مما يحسن خصائصه.

٥-١-٢- لمحة تاريخيه

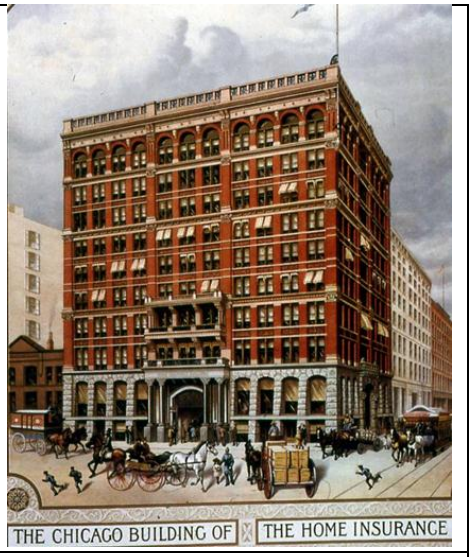
صنع الفولاذ أولاً بكميات كبيرة للسكك الحديدية، ثم بدأ سحب المقاطع الفولاذية المختلفة كالزوايا والمقاطع على شكل مجارٍ في عام ١٨٧٠ فأصبح الفولاذ أكثر صلابة وأقل هشاشة. وتم اختيار الفولاذ في عام ١٨٨٩ مادة بناء أساسية لإشادة برج إيفل (شكل رقم٥-١) في باريس بارتفاع ٣٠٠م، وتطورت في الوقت ذاته تقريباً تكنولوجيا الأبنية العالية ذات الإطارات الفولاذية في مدينة شيكاغو في أمريكا بسبب غلاء الأرض والنمو المتسارع للأعمال فيها. فقام المهندس المعماري ويليم جيني William Le Baron Jenney بتصميم مبنى شركة التأمين (شكل رقم ٥-٢) على المساكن Home Building Insurance Company الذي يتألف من عشرة طوابق والذي كان عادة ما يعتبره المعماريون اول ناطحة سحاب في العالم .



شكل رقم (٥-١) يوضح برج إيفل، الذي صممه غوستاف إيفل والذي كان يعتبر الانطلاقة الكبرى

في عام ١٨٨٥ حيث نُفذ تقريباً بكامله من المعدن، فكانت الأعمدة من الحديد الصب cast-iron والجوائز من الحديد المطاوع wrought-iron وتم تغليف الإطارات بالآجر أو البلاط الفخاري لضمان الحماية من الحريق لأن الحديد يبدأ بفقدان مقاومته إذا تعرض لحرارة تزيد على ٤٠٠ ْم.

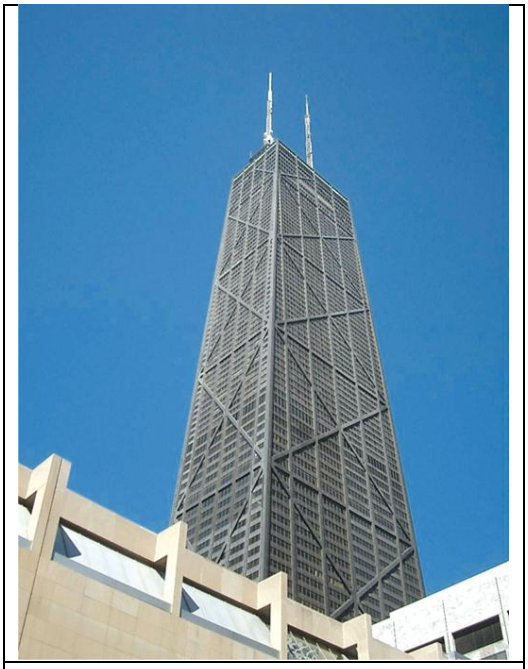
كانت الخطوة التالية في تطور العمارة الحديثة في التحول من الحديد الإطار إلى البناء الصلب الإطار، ظهرت عمارة الاطار الصلب في شيكاغو ضمن دائرة من المهندسين المعماريين
والمعروفة باسم مدرسة شيكاغو، التي ازدهرت كاليفورنيا. ١٨٨٠–١٩٠٠. في هذه المرحلة من التاريخ، واجهت المهندسين المعماريين ضغوط متزايدة لتوسيع المباني التصاعدي، كما نمت المدن وارتفعت قيمة العقارات. ردا على ذلك، بنى مدرسة شيكاغو أول ناطحة سحاب في العالم مبنى التأمين الرئيسية (١٨٨٤)، من قبل ويليام لو بارون (Jenney
واستطاعت مادة الفولاذ تشكيل ناطحات سحاب عملاقة بتشكيلات معمارية حديثة كما يظهر ذلك جليا في مبنى الأمم المتحدة ومبنى جون هانكوك في شيكاغوا و بعد ذلك تم بناء الأبنية العالية الفولاذية ولكن باستعمال جوائز شبكية شاقوليه كجمل تربيط vertical truss bracing system لمقاومة قوى الرياح. ولعظم الأحمال الشاقولية المنقولة إلى أساسات هذا النوع من المباني، ولضعف تربة التأسيس الغضارية في مركز شيكاغو أُستخدمت أوتاد خشبية دقت في التربة إلى أن وصلت إلى الطبقات الصخرية الصلبة bedrock ثم طُورت هذه الطريقة في التأسيس فحفرت آبار شاقوليه يدوياً وصولاً إلى طبقات الصخر الصلبة ومُلئت هذه الآبار بالخرسانة لتستند عليها الأعمدة الفولاذية.



شكل رقم (٥–٢) مبنى التأمين المبني من الهيكل الفولاذي والذي اعتبر البداية الأولى لناطحات السحاب

وفي عام ١٨٩٥ أُستكمل تكنولوجياً إنشاء الأبنية العالية باستخدام مقاطع فولاذية مسحوبة على الحامي على شكل I كعناصر للإطارات، مع وصلات براغي وتباشيم بين هذه العناصر كما استخدمت جمل تربيط قطرية لمقاومة الرياح diagonal wind bracing مع تباليط فخارية لمقاومة الحرارة وآبار اسكندرانية خرسانية caisson foundation لسند الأحمال الشاقولية.

بعد الحرب العالمية الثانية بدأت الفترة الذهبية الثانية للأبنية العالية الفولاذية إذ بدأ عدد سكان العالم بالتزايد وكذلك اقتصاده بالاتساع والازدهار، وأحب عندها مهندسو العمارة فكرة المبنى العالي الذي يبدو موشوراً زجاجياً نتيجة تنفيذ الجدران الخارجية على شكل ستارة زجاجية glass curtain wall.



شكل (٥-٣) مبنى الأمانة العامة للأمم المتحدة

طورت بعد ذلك ونفذت بشكلها الصحيح بعد الحرب العالمية الثانية، حيث ثُبت الزجاج على إطارات من الألمنيوم واستخدم المطاط لإحكام الكتامة بين الوصلات ضد العوامل الجوية فنفذ مبنى الأمانة العامة للأمم المتحدة الشكل (٥-٣) في عام ١٩٤٩ في نيويورك مثالاً نموذجياً على هذا النوع من المنشآت.

وفي مطلع السبعينيات صار الاقتصاد في تصميم الأبنية العالية وتنفيذها مطلباً رئيسياً، فابتكر المهندس فزلور خان Fazlur Khan جملة تربيط قطرية خارجية في مبنى جون هانكوك John Hancock في شيكاغو (الشكل ٥-٤) ذي المئة طابق فشكلت أنبوباً صلباً بارتفاع ٣٤٣م؛ مما خفض استهلاك الفولاذ إلى ١٤٥كغ/م٢ في حين بلغ استهلاك الفولاذ ٢٧٥كغ/م٢ في مبنى إمباير ستيت Empire State Building في نيويورك والتي استكمل بناؤها في مطلع الثلاثينيات من القرن العشرين.

الشكل (٥-٤) مبنى جون هانكوك في شيكاغو

وبعد فترة قليلة في عام ١٩٧٣ استخدم المهندس خان الفكرة نفسها في تصميم برج سيرز Sears Tower ذي ١١٠ طوابق بارتفاع ٤٤٣م في شيكاغو، وكان إلى سنوات قليلة يُعد أعلى مبنى في العالم.

٥-١-٣- ***خصائص الفولاذ***

١- الخصائص الطبيعية :.

-تتراوح كثافة مادة الفولاذ ٨٠٠٠ كجم / م٣ وهي اعلى المواد البنائية كثافه .

-يتميز الحديد الصلب بأعلى معدلات صلابة بين مواد البناء

٢- الخصائص الميكانيكية :.

- تتنوع مقاومة الشد لسبائك الحديد المختلفة بين ٤١٠-٥٦٠ نيوتن /مم٢
- حديد الصلب اكثر المواد قوة وصلابة ومقاومة لقوى الشد والضغط .

٣- الخصائص الحرارية :.

- الحديد الصلب مثل باقي المعادن جيد التوصيل للحرارة وتتحمل الحرارة العالية .
-تحتاج العناصر الإنشائية من الفولاذ الى حمايتها من الحرائق بالطرق الهندسية .

٤- خصائص قوة التحمل :.

- معامل التمدد للحراري للحديد قليل نسبيا مقارنة بالألمنيوم على سبيل المثال .
-تتحمل قطاعات الحديد الصلب العوامل الجوية ويمكن معالجة سطحه ضد الصدأ .

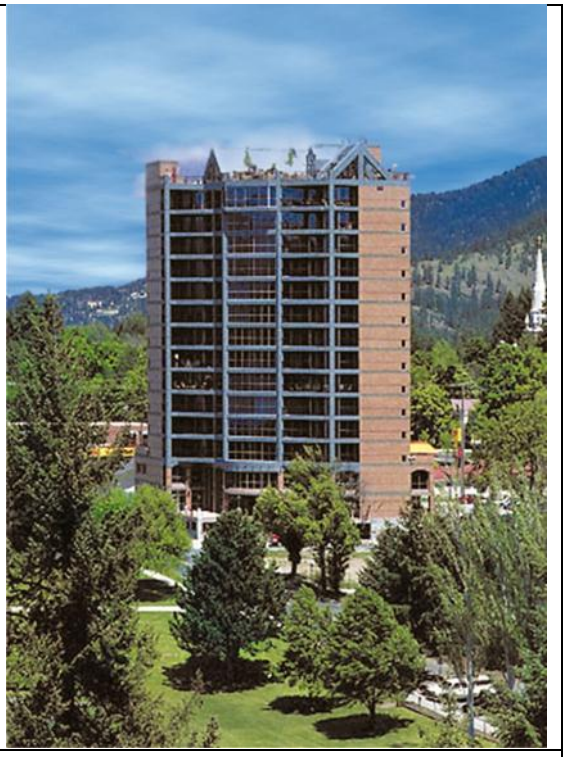
٥-١-٤- <u>انواع المنشآت الفولاذية واستخداماتها</u>

يمكن تصنيف المنشآت الفولاذية إلى الأنواع الآتية:

٥-١-٤-١- منشآت متعددة الطوابق multistory تتألف أساساً من إطارات صلبة أو إطارات مربطة braced frames

يجب أن تقاوم الجمل الإنشائية structural systems المستخدمة في الأبنية العالية الأحمال الجانبية كما يجب أن توفر حلاً اقتصادياً بحيث تُستخدم المواد استخداماً فعالاً. فأكثر الجمل الإنشائية فعالية تلك التي تقاوم القوى الجانبية من دون زيادة تذكر في استهلاك المواد عن تلك اللازمة لمقاومة الأوزان الشاقولية(الشكل ٥-٥)، أي لا تنتج كلفة إضافية عن الزيادة في ارتفاع البناء. وبناء على هذا تصنف الجمل الإنشائية في الأبنية العالية كما يأتي:

- ***<u>الإطارات الصلبة rigid frames</u>*** : حيث تنفذ الوصلات بين الجوائز والأعمدة على نحو صلب

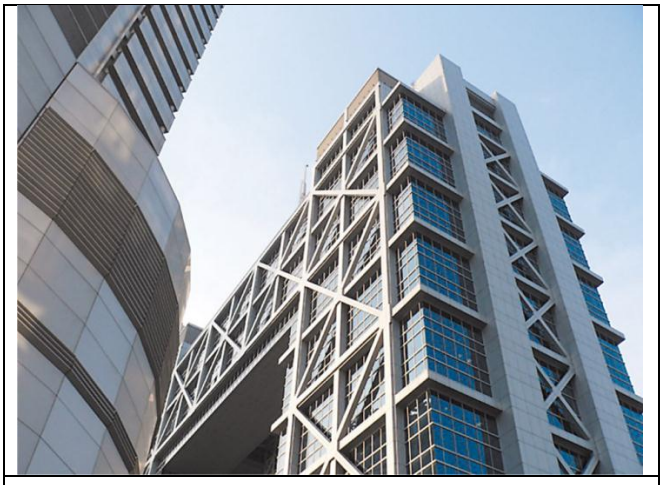


الشكل (٥-٥) مبنى متعدد الطوابق بإطارات صلبة

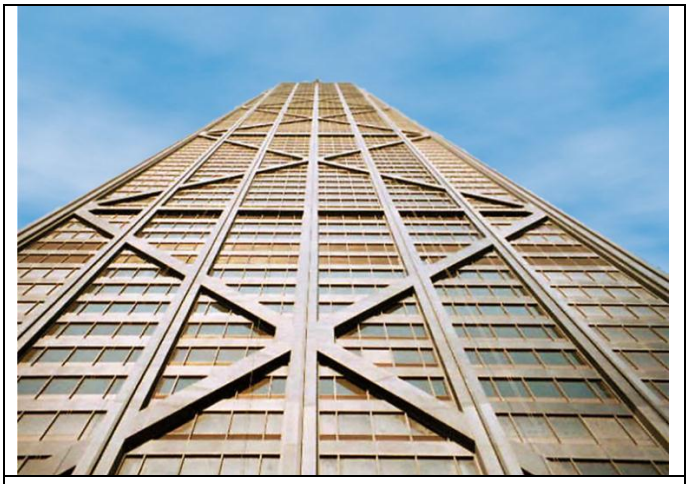
بوساطة اللحام. ويتم تأمين المقاومة الجانبية بالوصلات الصلبة. يمكن استخدام هذه الجملة حتى ارتفاع ٩٠ متراً من دون زيادة في الكلفة نتيجة الارتفاع.

- ***الإطارات الصلبة مع جوائز قص شبكية شاقوليه أو جدران قص*** : بيتونية concrete shear walls وذلك من أجل صلابة جانبية أكبر للبناء lateral rigidity. تستخدم هذه الجملة حتى ارتفاع ١٥٠ متراً. الشكل (٥-٦).

- ***الإطارات الأنبوبية***: حيث تتألف من أعمدة متقاربة على محيط البناء فتزداد الصلابة الجانبية مما يسمح باستخدام هذه الجملة حتى ارتفاع ٣٠٠ متر. (الشكل ٥-٧).



الشكل (٥-٦) جملة إطارات صلبة مع جوائز شبكية شاقوليه



الشكل (٥-٧) جملة إطارية أنبوبية

- ***الإطارات الشبكية الأنبوبية***: مع أعمدة داخلية حيث يستخدم تربيط قطري diagonal bracing على محيط البناء من كل الجهات. يرفع هذا التربيط مقاومة البناء الجانبية كثيراً مما يسمح باستخدام هذه الجملة حتى ارتفاع ٣٦٠ متراً من دون زيادة تذكر على تكلفة البناء نتيجة الأحمال الشاقولية. (الشكل ٥-٨).

الشكل (٥-٨) الجملة الشبكية الأنبوبية

- رزمة الأنابيب : تتألف من مجموعة من الإطارات الأنبوبية جُمّع بعضها مع بعض لتعطي مقاومة جانبية أكبر وتصبح هذه الجملة عملية بدءاً من ارتفاع ٧٥ متراً. استخدمت هذه الجملة في بناء برج سيرز Sears Tower في شيكاغو. (الشكل ٣).

الشكل (٥-٩) مبنى ذو جوائز صفائحية

٥-١-٤-٢-*المنشآت الفولاذية ذات المجازات الطويلة*

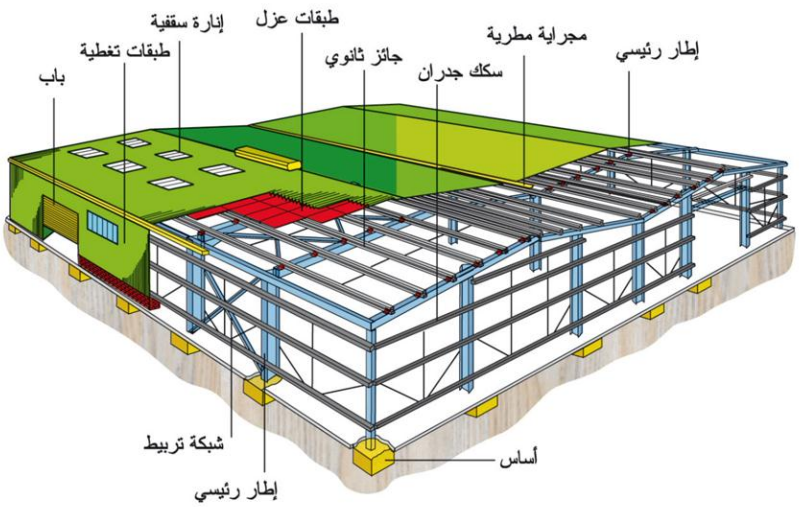
يعد الفولاذ المادة الأساسية في المنشآت ذات المجازات الكبيرة حيث استخدمت الهياكل الإنشائية المنعطفة . التي كانت تستخدم سابقاً في بناء الجسور ـ في إشادة الأبنية ذات المجازات الكبيرة كالجوائز الصفائحية plate girders والجوائز الشبكية trusses. تُصنع الجوائز الصفائحية من صفائح فولاذية لتشكل مقاطع على شكل حرف I أكبر من مثيلاتها القياسية المصنعة بالسحب على الحامي وتستخدم الجوائز الصفائحية لتغطي مجازات حتى ٦٠ متراً (الشكل ٥-٩). في حين تتشكل الجوائز الشبكية من عناصر خطية قياسية مسحوبة على الحامي. تُجمع هذه العناصر باللحام أو البراغي على أشكال مثلثية متوازنة. وتخضع العناصر الخطية للضغط أو الشد. ويمكن أن يبلغ المجاز span الذي تغطيه الجوائز الشبكية ١٨٠ متراً.

٥-١-٤-٣- ***منشآت فراغية*** حيث تتكون من جوائز شبكية فراغية د ـ المنشآت المعلقة ذات الأسقف المعلقة cable-supported roof structures تشكل المنشآت المعلقة جملة إنشائية مشتقة عن منشآت الجسور المعلقة حيث تتكون من أسقف مستوية معلقة إلى الأعلى بكبول فولاذية تشع إلى الأسفل من رؤوس صوارٍ masts أعلى من مستوى السقف (الشكل ٥-١٠). وقد نفذت بهذه الجمل الإنشائية منشآت حتى ٧٢ متراً.

الشكل (٥-١٠) منشأ فراغي ذو سقف معلق بمجازات

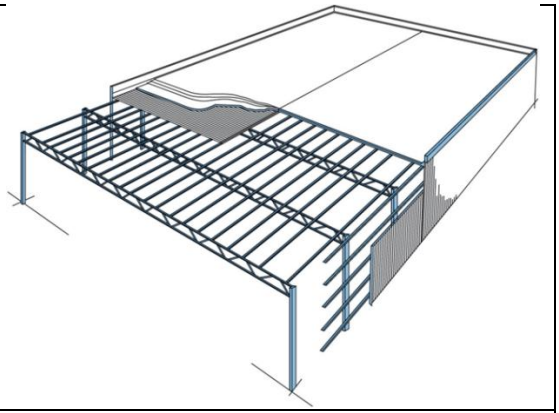
٥-١-٤-٤- . منشآت وحيدة الطابق:

وتتألف أساساً من إطارات صلبة rigid frames (الشكل ٥-١١) أو من جوائز شبكية وأعمدة stanchion (الشكل ٥-١٢).



الشكل (٥-١١) منشأ ذو إطارات صلبة

يبين هذان الشكلان مبنيين نموذجيين يتألف كل منهما من طابق واحد مشاد من صفائح تغطية وعناصر فولاذية ثانوية (سكك الجدران وجوائز السقف الثانوية) ومن إطارات رئيسية.



الشكل (٥-١٢) الهيكل الإنشائي لمبنى ذي جوائز شبكية وأعمدة

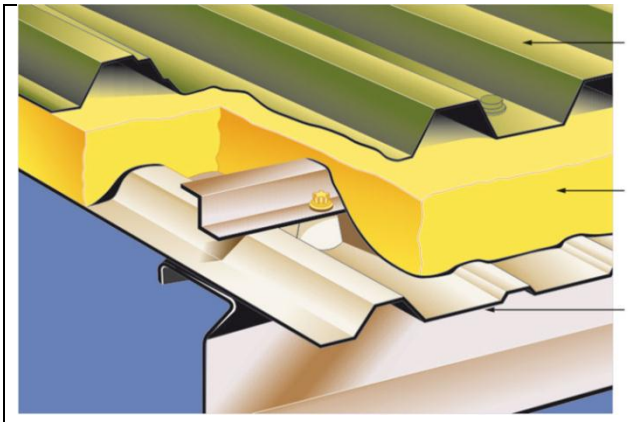
. طبقات التغطية

تتألف طبقة التغطية cladding الرئيسية غالباً من صفائح فولاذية مطلية بطبقات مقاومة للصدأ حيث تُغطى الصفائح الفولاذية بطبقة من التوتياء (غلفنة) تليها طبقة دهان أساس (برايمر primer) ومن ثم طبقة دهان للوجه الخارجي لتعطي اللون المناسب أو طبقة بوليستر للوجه الداخلي. تتألف طبقة الغلفنة من طبقة منتظمة من التوتياء بنسبة ٩٨.٥% ويتم تنفيذها بعملية تغطيس مستمر للصفائح في محاليل التوتياء الساخنة. ويجب ألاّ يقل وزن طبقتي الغلفنة على وجهي الصفيحة عما هو مبين في الجدول الآتي حسب المواصفات البريطانية:

نوع الصفائح	وزن التوتياء على الوجهين	
	الحد الأعلى (غ/م^2)	الحد الأدنى (غ/م^2)
125	381	455
150	458	548
180	550	608
200	610	762

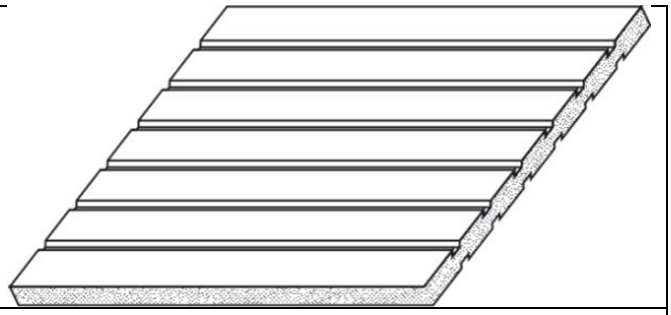
شكل رقم ٥-١٣ يوضح وزن طبقة التغطية

عندما تتعرض طبقة التوتياء للعوامل الجوية تتآكل ببطء حتى تُستَهلَك في النهاية. وتعتمد سرعة التآكل على الظروف المحيطية فتكون سريعة في البيئة الصناعية الملوثة وفي البيئة البحرية، وتكون ديمومة الغلفنة كبيرة جداً عندما تكون الشروط المحيطية غير عدوانية وعلى كل الأحوال كلما كانت طبقة الغلفنة أسمك كانت مدة بقائها أطول.



الشكل (٥-١٣) أشكال مختلفة من صفائح التغطية

يتم إعطاء صفائح التغطية صلابة كافية وذلك بتمويجها أو بتضليعها على البارد بأشكال مختلفة كما في (الشكل ٥-١٣) وذلك كي تكون قادرة على تحمل الأحمال الحية التي يمكن أن تُطبَّق عليها خلال عمليات التركيب والصيانة والاستثمار، ويُحدد تحمل صفائح التغطية حسب أشكالها من نشرات المواصفات التي تصدرها الشركات المصنِّعة. ويجب أن تكون طبقات التغطية كتيمة ضد العوامل الجوية، وأن توفر عازليه حرارية مناسبة، وأن يكون منظرها جميلاً، وأن تدوم فترة طويلة مع الحد الأدنى من الصيانة. تختلف مواصفات طبقات تغطية الأسقف عن مواصفات طبقات تغطية الجدران إلى حد ما، حيث تزداد متطلبات الكتامة في الأسقف في ضوء الطلب المتزايد على تخفيض زاوية ميل الأسقف.



الشكل (٥-١٤) طبقة تغطية ثنائية القشرة

يمكن أن يتم إنشاء طبقات التغطية على أشكال مختلفة من أهمها:

طبقة تغطية ثنائية القشرة double shell cladding

تتألف طبقة التغطية (الشكل ٥-١٤) من طبقة صاج خارجية مموجة أو مضلعة بسماكة لا تقل عن ٠.٧مم وطبقة صاج داخلية سماكتها لا تقل عن ٠.٤مم مع بعض التضليع. توضع بين طبقتي الصاج

طبقة من الصوف الزجاجي لتضمن عازليه حرارية لا تقل عن c0.44W/m2 Cْ وتكون سماكة طبقة العزل عادة نحو ٨٠مم.

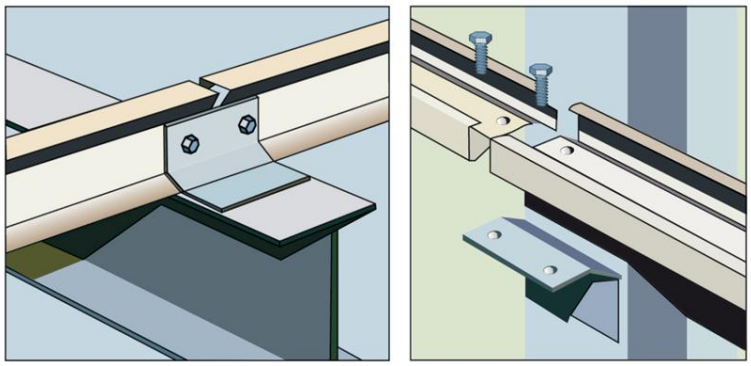
تركب طبقة الصاج الداخلية وتثبت أولاً على الجوائز الثانوية أو سكك الجدران، ثم يتم تركيب عناصر على شكل Z لتحديد المسافة بين طبقتي الصاج وجمعهما معاً ثم تفرد طبقات العزل ويركب بعدها طبقة الصاج الخارجية بوساطة براغي كما في (الشكل ١٣)، وتتطلب شروط العزل المائي ألا تقل زاوية ميل التغطية عن ٤ درجة .

طبقات تغطية من ألواح مركّبة composite panels

تُعدّ من أهم نظم التغطية المتطورة التي تضمن حلاً لأغلب مشكلات التغطية المعدنية، حيث تحقن المادة الرغوية العازلة foam بين طبقتي الصاج في المعمل تحت ضغط محدد لتملأ كامل الفراغ بين طبقتي الصاج فتعمل المادة العازلة بعد تصلبها على نحو مشترك مع صفيحتي الصاج، فينتج ألواحاً صلبة قادرة على تحمل الأحمال الخارجية. وعليه تحدد مقاومة الألواح بالعمل المشترك لطبقتي الصاج والمادة العازلة المحقونة بينهما وتحدد الشركات المصنعة مثل هذه الألواح الأحمال الحية التي يمكن تحملها، ويبين الشكل (١٢قو) نموذجاً من هذه الألواح.

العناصر الثانوية secondary elements

العناصر الثانوية هي العناصر التي تسند طبقات التغطية سواء في الأسقف أم الجدران وتنقل حمولاتها إلى العناصر الإنشائية الرئيسية. ويبين الشكل (٥-١٥) هذين النوعين من العناصر الثانوية، ويقتضي حسن أداء طبقات التغطية وشروط التقييد الجانبي للعناصر الإنشائية الرئيسية أن يكون التباعد بين العناصر الثانوية بين ٢-١٢م.

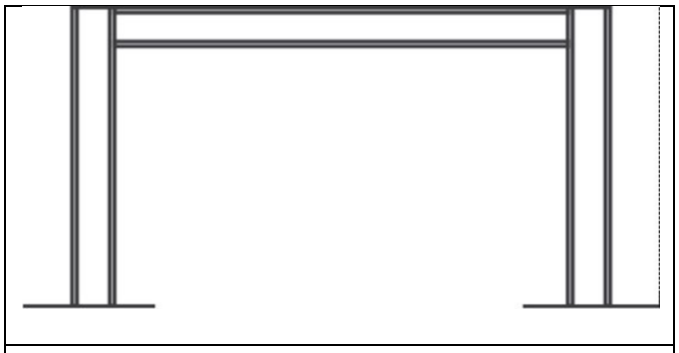


الشكل (٥-١٥) عناصر ثانوية مشكلة على البارد

تُصنع مقاطع العناصر الثانوية بأشكال مختلفة من الفولاذ المدرفل على الحامي أو من الصاج المشكل على البارد. وبينت الدراسات والتطبيقات العملية أن المقاطع المشكّلة على البارد هي الأكثر اقتصادية. وكان أول هذه المقاطع إنتاجاً المقطع على شكل Z حيث استخدمت المادة استخداماً فعّالاً ولكن محاورها الرئيسية تميل على مستوي الجسم. ولهذا طورت مقاطع على شكل ∑ حيث يمر مستوي الأحمال المطبقة

من مركز صلابة المقطع (الشكل ٥-١٦). وفي كل الأحوال يقدم مصنعو هذه المقاطع جميع المعلومات الضرورية عن هذه المقاطع التي تمكِّن المصممين من اختيار المناسب منها.

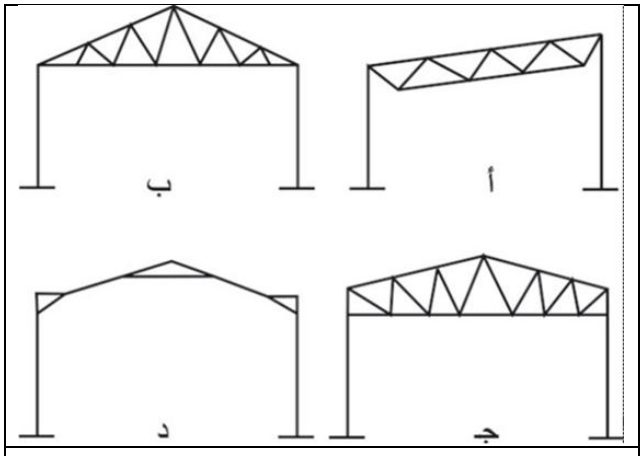
. الإطارات الرئيسية primary frames



الشكل (٥-١٦) إطار رئيسي بسيط

تسند الإطارات الرئيسية العناصر الثانوية التي تحمل صفائح التغطية حيث تنتقل الأحمال المطبقة على صفائح التغطية إلى العناصر الثانوية، ومنها إلى الإطارات الرئيسية التي تنقلها بدورها إلى الأساسات. ويبين (الشكل ١٦) أبسط أنواع الإطارات حيث يتألف من جائز أفقي وعمودين.

ولكن ضرورات تصريف مياه الأمطار تقتضي أن يكون للسطح ميل محدد يتم الحصول عليه إذا كان المجاز صغيراً (أقل من ١٠م) عن طريق إنهاءات السطح، أما إذا كان المجاز كبيراً فعن طريق إمالة الجائز عن الأفق، لكن المتطلبات المعمارية تقتضي أن يكون هذا الميل بحده الأدنى وزاوية الميل الأكثر شيوعاً هي نحو ٦ ْ. ويبين (الشكل ٥-١٧) أكثر أنواع الإطارات شيوعاً.



شكل ٥-١٧ يوضح اكثر الإطارات شيوعا

تكون جملة الجائز الشبكي والعمودين المبينة في (الشكل٥- ١٧- أ، ب، ج) مفيدةً واقتصاديةً عندما يكون المجاز كبيراً، حيث تتألف عناصر جسم الجائز الشبكي من زوايا مدرفلة على الحامي، أما الوتران العلوي والسفلي فيتألفان من زوايا أيضاً أو مقاطع T لأن وصل مقاطع T أسهل حيث لا يحتاج إلى صفائح وصل. أما إذا كانت الأحمال المطبّقة على الجائز الشبكي كبيرة فيمكن أن تكون عناصر الجائز الشبكي مقاطع مجراية أو I مدرفلة على الحامي حسب الحاجة.

تعدّ جملة إطار الباب portal frame المبينة في (الشكل ١٧ د) من أكثر الجمل شيوعاً في الأبنية وحيدة الطابق حيث يمكن أن يبلغ مجازه ٦٠م، ويتكوّن الإطار تقليدياً من مقاطع I قياسية مدرفلة على الحامي إلا أن الفهم المتزايد لتصرف العناصر النحيفة أدى إلى الانتشار الواسع لاستخدام العناصر الصفائحية متغيرة العطالة في أعمدة الجملة وجوائزها وذلك بغية الوصول إلى حلول اقتصادية. تراوح المسافة بين الإطارات من ٦–٨م ويراوح ارتفاع الإطار إلى نقطة اتصال الجائز بالعمود (الركبة eaves) من ٦–١٥م.

٢. ***الحماية من الحريق fire protection***

تتعرض المنشآت الفولاذية لإجهادات كبيرة في أثناء الحريق حيث تصل درجة الحرارة إلى نحو ١٢٠٠°م في حين أن درجة الحرارة الحرجة للفولاذ هي نحو ٥٥٠مْ، عندها ينخفض إجهاد سيلان الفولاذ yield stress إلى ٧٠% من قيمته عند درجة حرارة ٢٠مْ، وتعرف إمكانية تحمل العناصر الفولاذية للأحمال المطبقة عليها لدى تعرضها للحريق بمقاومة الحريق، ويعبر عن ذلك بدلالة الفترة الزمنية التي تستطيع الصمود طوالها (١/٢ ، ١ ، ٢، ٤ ساعة) ويبين (الشكل ١٨) أمثلة على طرق الحماية المتبعة للأعمدة والجوائز في الإطارات الفولاذية:

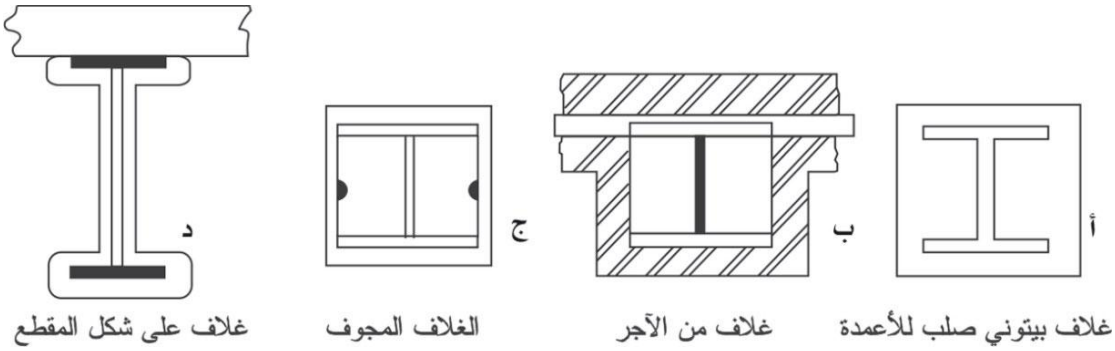
– ***غلاف بيتوني صلب للأعمدة solid concrete protection*** – يساعد أيضاً على تحمل أحمال العمود، ويمكن استعمال الطريقة نفسها لتغليف الجوائز. وأثبتت التجارب أن سماكة ٥٠مم من الخرسانة توفر حماية ضد الحريق مدة ساعتين إلا أن هذه الطريقة مكلفة وتحتاج إلى صب الخرسانة في قالب حول العنصر الفولاذي كما في الشكل (٥–١٨– أ) .

– ***غلاف من الآجر brickwork encasement***

حول أعمدة البناء كما في الشكل (٥–١٨– ب) حيث يستعمل الآجر في بناء الجدران، وحماية الأعمدة من الحريق ويعدّ هذا النظام من أكثر الأنظمة شيوعاً.

الغلاف المجوف hollow casing: ينفذ على شكل وحدات من ألواح الجبصين مسبق الصنع تركب على شبك معدني، فتشكل صندوقاً حول المقطع الفولاذي كما في الشكل (٥–١٨– ج). غلاف على شكل المقطع profile casing: حيث يتم بخ المونة الإسمنتية على سطوح العنصر الفولاذي كما في الشكل (٥–١٨– د) فتضمن طبقة من المونة الإسمنتية سماكتها ٣٨مم حماية مدة ساعتين. ويعدّ هذا النوع من الحماية من أرخص أنواع الحماية وأكثرها فعالية فيغلف أكثر الأشكال تعقيداً إضافة إلى الوصلات، إلا أنه غير جميل المنظر، وبالتالي يستخدم للعناصر المخفية خاصة فوق الأسقف المستعارة.

- طلاء انتفاخي مقاوم للحريق intumescent coating: تنفذ طبقة الطلاء بسماكة ١مم تقريباً تحتوي مركباً يطلق غازات عند تعرضه للحرارة فينتفخ الطلاء متحولاً إلى رغوة كربونية سميكة عازلة للحرارة.



الشكل (٥-١٨) طرائق الحماية من الحريق

الحماية من الصدأ corrosion protection

يتعرض الفولاذ للصدأ على نحو خاص، فيتأكسد الحديد بوجود الهواء والماء والملوثات الأخرى ولهذا من الضروري تنفيذ طبقة حماية للمنشآت الفولاذية ضد الصدأ. واختيار نظام الحماية يعتمد على نوع التلوث ودرجته والعمر المطلوب للمنشأ الفولاذي. فاختيار نظام الحماية وتنفيذه تنفيذاً صحيحاً يمنح المنشأ عمراً أطول من دون صيانة.

ومن أهم العوامل التي تؤدي إلى نجاح نظام الحماية هو تحضير سطح الفولاذ جيداً؛ لأن كل المنتجات الفولاذية المسحوبة على الحامي تكون مكسوة بطبقة رقيقة من أكسيد الحديد، فإذا لم تزال هذه الطبقة فإنها تتقشر نتيجة تعرض العناصر الفولاذية للتشوهات تحت تأثير الأحمال فيصبح الفولاذ عرضة للصدأ. ولهذا تجب إزالة هذه الطبقة قبل دهان العناصر الفولاذية. وتحضر السطوح الفولاذية بإحدى الطرق الآتية:

. التنظيف اليدوي باستخدام الفراشي الفولاذية.

. التنظيف باللهب لإزالة الطبقة المتأكسدة السطحية.

. التغطيس بحوض من الأسيد فتنحل الأكاسيد والصدأ من دون مهاجمة الفولاذ.

. التنظيف بصفع سطوح الفولاذ بالرمل.

بعد تحضير السطوح تطلى بإحدى طبقتي الحماية الآتيين:

ـ طلاء معدني metallic من التوتياء أو الألمنيوم يبخ مصهوراً على سطوح الأجزاء الفولاذية أو ينفذ بتغطيس العناصر الفولاذية بحمام ساخن من التوتياء المصهورة. تسمى هذه الطريقة بالغلفنة galvanization وتعتمد سماكة طبقة الغلفنة على مدة التغطيس وعلى سرعة سحب القطع الفولاذية من التوتياء المصهورة.

٦- الباب السادس (الزجاج- الألمنيوم)

الزجاج

٦-١-١- مقدمة

تغيّر معنى الزجاج glass بمرور الزمان من الدلالة على إناء أو حلية إلى مادة وظيفية تدل على حالة من حالات المادة. واكتنف تعريف الزجاج بعض العثرات مما جعل البعض يعتقد أن الزجاج تعبير غاية في الجمال ينبغي ألا يخص بتعريف قد يفسد هالة مدلولاته يشير الزجاج إلى كل ما هو شفاف، قاس، قصِف أو سريع العطب fragile، عاكس وأحياناً بارد وجامد مبهم ومتنوع مهما كانت طبيعته الكيمياوية أو درجة الكمال والسحر المرافق لامتثاله لكل مفاتن الضوء.

بناءً على ذلك، يكون التعريف العمومي للزجاج على النحو الآتي: «الزجاج هو جسم صلب لا بلوري يتمتع بظاهرة الانتقال إلى الحالة الزجاجية».

الزجاج بأنواعه المختلفة خرج من محدودية دوره كمادة للزخرفة و الديكور فقط ليصبح بعد مشوار طويل من التطوير مادة بناء متكاملة بكل ما يحمله الوصف من معنى، ففي الفترة الأخيرة أصبح حجم استخدام الزجاج كبيرا في مجالات متعددة، ولأغراض مختلفة، و يرجع التنوع الكبير في استخدامات الزجاج إلى اكتسابه الصلابة في المقام الأول مما جعله يتبوأ مكانة جديدة لم تكن مألوفة عنه من قبل، فأصبحنا نرى الزجاج في كل مكان بل أننا نرى الآن مباني تكاد تكون زجاجية بالكامل إذا استثنينا الهياكل الخرسانية فاللافت للنظر أن غالبية واجهات المجمعات الحديثة والمراكز التجارية وكذلك عدد من المنازل أصبح الزجاج من المواد الأساسية في الواجهات باختلاف أنواعه وبات التوجه الجديد نحو الأشكال الهندسية والمساحات والألوان، بعضه شفاف أو عاكس أو ملون.

٦-١-٢- لمحة تاريخية

واكب الزجاج تطور الإنسانية منذ العصر الحجري حيث استخدم حجر السبج obsidian الطبيعي الزجاجي البنية لتشكيل أدوات القطع والسهام والمرايا. ولايزال يخيم بعض الظلال على اكتشاف الزجاج، ولكن تتفق الآراء على أن بلاد الشام لا ينافسها أي مكان في مضمار مساهمتها الأصيلة في اكتشاف تقانات الزجاج وتطويرها. وينسب المؤرخ بليني الكبير Pliny اكتشاف الزجاج إلى المصادفة حين استخدم تجار فينيقيون حجارة النطرون مسانداً لقدرٍ لطهي طعامهم على شاطئ عكا الغني بالرمال. و بفعل نار الموقد تفاعلت حجارة النطرون مع الرمال السيليسية وتكونت مادة زجاجية شافه.

وقد عثر عالم الآثار الفرنسي كلود شيفر في رأس شمرا (أوغاريت) في سورية على خرزات وأسطوانات زجاجية وخاتم من زجاج أزرق ترجع إلى الألف الثاني ق.م. ويؤكد بعض المؤرخين أن صناعة الزجاج بدأت في بلاد الشام وانتقلت إلى مصر على يد بعض الصناع الذين اصطحبهم تحوتمس الثالث بعد غزو سورية. وقد نقل التجار الفينيقيون زجاج صيدا وصور إلى أنحاء مختلفة من العالم القديم، واستمرت هذه التجارة رائجة حتى العهد الروماني. واشتهرت الاسكندرية في القرن الأول الميلادي بصناعة الزجاج الشفاف، ويقال إن معظم غنيمة روما بعد انتصارها على كليوباترا عام٣١م كان من الزجاج. وكان لصناعة الزجاج مكانة خاصة في العالم الإسلامي وخاصة في بلاد الشام ومصر وآسيا الوسطى والمغرب العربي. واشتهرت دمشق بصناعة الأواني والمشاكي والسُرُج الزجاجية والمذهبة والمنقوشة بكتابات وآيات قرآنية ما تزال متاحف العالم تحتفظ بكثير منها.

انتقل فن صناعة الزجاج إلى أوربا مع الحروب الصليبية بين القرنين ١١و١٣م، واشتهرت في إيطاليا بين بيزا وجنوة والبندقية وفلورنسا. ولايزال الزجاج المنتج من جزيرة مورانو (البندقية) يحتل مكانة رائدة في العالم. ويعد الكتاب الذي ألفه عالم فلورنسا أنتونيو نيري A.Neri سنة١٦١٢م أول كتاب علمي يبحث في فن صناعة الزجاج واستخدام أكاسيد الرصاص في صناعته. وقد طوّر الإنكليزي رافنسكروفت Ravenscroft فن صناعة الزجاج البلوري (الكريستال)، وعمل الفرنسيون على تطوير تقنيات صب الزجاج ودرفلته لإنتاج زجاج المرايا التي زيّن بها قصر فرساي Versailles. ومع تطوير أفران صهر الزجاج من قبل الأخوة سيمنس Siemens، وطريقة سولفي Solvay لتصنيع الصودا، وظهور آلات تشكيل الزجاج وصبه ونفخه في القرن التاسع عشر تبدلت حال الزجاج من حرفة إلى صناعة. وكان لتطور العلوم والبصريات والتضافر بين الزجاج وزيادة الطلب عليه وتحسين مواصفاته الدور البارز في تحويل الزجاج من حرفة إلى علم. تجدر الإشارة إلى أعمال غينان وفرونهوفر Guinand و J.Fraunhofer في مجال تحسين تجانس الزجاج، وأعمال شوت Schott وأب Abbe وزايس C.Zeiss في مجال تنويع الزجاج البصري وربط خواصه بالتركيب الكيمياوي. ويعدّ تأسيس قسم تكنولوجيا الزجاج في جامعة شيفيلد Sheffield - بريطانيا عام١٩١٦ تكريساً لعلم وتقانة الزجاج عالمياً وللتعاون المبكر بين الجامعات والصناعة للاستفادة من نتائج البحوث في صناعة الزجاج وتطبيقاته.

٦-١-٣- ***خصائص الزجاج***

الخصائص الفيزيائية

يختص الزجاج بعدد من السِّمات المميزة التي تأتي من خصوصية بنيته ويندر أن تجتمع في غيره من المواد منها:

. البنية عديمة النظام التي تمنح الزجاج التجانس وخاصية تماثل المناحي والكثافة المعتدلة.

. التغيير المتدرِّج اللامحدود للتركيب الكيميائي وتحضير مئات أنواع الزجاج والتغيير المستمر لخواصها،

ـ التميُّع التدريجي وتغيُّر اللزوجة مع الحرارة من حالة الجسم الصلب المثالي إلى حالة السائل وغياب درجة حرارة الانصهار المحددة،

. التغير المستمر للخواص الفيزيائية مع الحرارة،

. استقلالية الخواص الميكانيكية عن التركيب الكيمياوي وارتباطها بالبنية وحالة السطح ومقاومة التآكل.

بناءً على هذه السِّمات، يوفر الزجاج طيف المتناقضات في الخواص، فهو شفاف وعاتم، متين وقَصِف، قاس وقابل للصقل، عازل وناقل، خامل وفعَّال، مستقر وعديم الاستقرار، مطواع وعَصيّ.

١. السلوك الترموديناميكي للزجاج: لدى كل دورة تسخين، يعبر الزجاج درجة حرارة الانتقال إلى الحالة الزجاجية Tg التي تميز انتقال الزجاج من السلوك الصلب القَصِف إلى السلوك السائل المرن اللزج (الشكل .٢)، ويترافق عبور هذه الدرجة مع تغير في الخواص مثل السعة الحرارية أو عامل التمدد الطولي التي تتمتع بقيم أعلى قليلاً من مثيلاتها في المواد البلورية المماثلة كيمياوياً للزجاج. وعند دراسة منحني تغير السعة الحرارية Cp للزجاج بدلالة درجة الحرارة حتى الصفر المطلق، يستنتج أن حالة القصور أو الأنتروبية entropy في الزجاج ليست معدومة، كما في البلورات، عند الصفر المطلق، وهذا مايميز الزجاج، الذي يشذ عن القانون الثالث في الترموديناميك، من البلورات، ويضفي عليه سمة عدم الاستقرار الترموديناميكي. وعندما يسعى الزجاج نحو الاستقرار، فإنه يتبلور إما خارج حدود السيطرة مولِّداً عيوباً غير مرغوبة في المنتجات الزجاجية، أو تحت السيطرة والتحكم كما في تقانة الخزف الزجاجي glass.

٢ـ لزوجة الزجاج: تعد اللزوجة من أهم الخواص التي تتحكم بسلوك الزجاج إبان مراحل الانصهار والتشكيل والمعالجة الحرارية والاستخدام (الشكل .٣). وتتعلق لزوجة الزجاج خصوصاً بالتركيب الكيمياوي ودرجة الحرارة المرافقة لمعظم تقانات الزجاج والتي تغير سلوك الزجاج من جسم صلب تفوق لزوجته ـ المقدرة بالبواز poise . ١٠١٩ إلى سائل قابل للتشكيل. من هنا، تم الاصطلاح على اختيار عدة درجات حرارة توافق قيماً محددة للزوجة الزجاج مما يسمح بتوصيف لزوجته ومقارنة أنواع الزجاج المختلفة. فدرجة حرارة العمل working point توافق لزوجة قدرها ١٠٤ بواز، ودرجة حرارة التميع softening point

توافق لزوجة قدرها ١٠٧.٦ بواز. أما درجة حرارة المعالجة الحرارية annealing point، فهي تقابل لزوجة قدرها ١٠١٣ بواز. أخيراً، تمثل درجة حرارة التشوه strain point النهاية الصغرى لمجال المعالجة الحرارية وتوافق لزوجة قدرها ١٠١٤.٥ بواز.

٣ . الخواص البصرية: ليس هناك من خواص الزجاج ما يجمع بين العلم والتقانة والجمال مثل الخواص البصرية. وخير دليل على ذلك استكشاف المكوِّنات الصغرى والعوالم الكبرى في الطبيعة وتسخير الشفافية من نوافذ ضوء النهار حتى الألياف البصرية لمسافات طويلة وسحر الصفاء واللون والأشكال في أواني الزينة.

يتحكم تفاعل الضوء مع الزجاج في معظم خواصه البصرية، فقرينة الانكسار n تعبر عن سرعة انتشار الضوء في الزجاج $n = c/v$ (حيث c سرعة انتشار الضوء في الخلاء و v سرعة انتشاره في الزجاج). وتعبِّر الشفافية أو النفوذية transmission، عن امتصاص الضوء في الزجاج وانعكاس بعضه على سطحه. فمن أجل صفيحة زجاجية سماكتها x، وعامل امتصاصها $a\alpha$، تكون شدة حزمة الضوء الصادرة عنها $I = I0(1-R)\ exp\ (-a\alpha x)$ حيث I0 شدة الضوء الوارد، I شدة الضوء الصادر، R عامل الانعكاس على سطح الزجاج.

تعد البصريات بامتياز خير برهان على تنوع الزجاج واتساع مجال تغيُّر خواصه الفيزيائية. ففي طيف الضوء الواسع، ينفرد كل مجال طيفي بعدد من أنواع الزجاج التي تلبي خواصها البصرية متطلبات النفوذية في ذلك المجال. فزجاج السيليس يتلاءم مع مجال الأمواج فوق البنفسجية، وزجاج الفلوريدات والكالكوجينات يستجيب لمجال الأمواج تحت الحمراء، والزجاج الغني بالرصاص بالسماكة المناسبة يقي من الإشعاعات مثل أشعة X والإشعاعات النووية. وفي مجال الطيف المرئي، يسمح زجاج النوافذ باختراق نور النهار، وتعرض الشركات المختصة عشرات أنواع الزجاج التي تتمتع بقرينة انكسار، n، بين ١.٣و٢.١ وتبدد الضوء، ν، بين ١٥و٩٥ ما يلبي معظم متطلبات حسابات النُّظم البصرية (يشير ν إلى تبدد الضوء أي تغير n ضمن المجال المرئي بدلالة طول الموجة).

أما فيما يتعلق بالزجاج الملوَّن فإن إضافة كميات قليلة من المعادن الانتقالية أو الأتربة النادرة يمكن من الحصول على طيف واسع من الألوان لأغراض الزينة والعمارة وزجاج الليزر المشوب بالنيوديم لتطبيقات الاندماج النووي والتضخيم.

٤ . الخواص الميكانيكية: يسلك الزجاج في درجة الحرارة العادية وبعيداً عن درجة حرارة الانتقال إلى الحالة الزجاجية، سلوك جسم صلب مرن مثالي تقريباً. وتحت تأثير إجهاد متزايد، يتناسب تشوه الزجاج خطياً مع الإجهاد حتى الانهيار الذي يحصل من دون إنذار. لهذا، يوصف الزجاج بقصافته وانعدام اللدونة الظاهرية ($\sigma = E\,\varepsilon$ حيث σ تمثل الإجهاد، E عامل المرونة، ε التشوه النسبي).

أما عند درجات حرارة قريبة من درجة حرارة الانتقال إلى الحالة الزجاجية، فإن الزجاج يظهر خاصية المرونة اللزجة viscoelasticity حيث يرتبط التشوه والإجهاد بالزمن.
لدى قياس الإجهاد الأعظمي لانهيار الزجاج، يلاحظ أن تبعثر النتائج كبير، وأن قيم مقاومة الانهيار المقيسة منخفضة موازنة مع المقاومة النظرية للزجاج. يعود التبعثر إلى الطبيعة الإحصائية لانكسار الزجاج، ويعزى انخفاض المقاومة إلى الشقوق الصِّغرية microcracks السطحية التي تشكل أعماقها الصغيرة الأبعاد مناطق يتركز عندها الإجهاد.

٦-١-٤- *العوامل المؤثرة في اختيار أنواع الزجاج:*

لاشك أن هناك عوامل تؤثر في اختيار الزجاج سوآ كانت في التحكم في الجودة والسعر، ومطابقتها للمواصفات وسرعة التنفيذ ودقته وسهولة التجميع والتركيب في الموقع بالإضافة الى تقليل نسبة الهدر في استخدام المواد وسهولة الصيانة وتبديل التالف وتوافر قطع الغيار.

لكن لاتزال هناك متطلبات تدخل تحت العوامل من أهمها:

١- المتطلبات القياسية:

وتشمل كل الابعاد القياسية الضرورية لا نتاج العنصر وعلاقة ذلك بالأبعاد القياسية للحيز المتاح في المبنى للعنصر (ويلزم ذلك تحديد الخلوص ونظام الفواصل وطرق التثبيت).

٢- المتطلبات الوظيفية:

تعتمد المتطلبات الوظيفية على أداء العناصر او المكونات المرتبطة بمتطلبات الاداء لموافقة احتياجات المستخدمين.

٣- متطلبات الجودة:

يصعب تعريف الجودة بطرق كمية وذلك لا نها تعتمد على عدد من الخواص والمعايير المختلفة كالقوة، مقاومة الحريق، الخواص الحرارية والصوتية، ولذلك يجب تعريف مستوى الجودة لكل من الخواص المختلفة.

٤- **متطلبات التبديل:** يستلزم هذا المتطلب توافر المتطلبات الثلاثة الاخرى، وهو الذي يحدد قدرة المصنع على انتاج مجموعة كبيرة من العناصر والمركبات المتماثلة في الحجم والشكل الاداء الى الحد الذي يضمن استبدالها كلياً او جزئياً ويتحقق هذا المتطلب عندما تكون جميع خصائص المنتج قد اخضعت للتقييس الى الدرجة المطلوبة من الدقة.

٥- **متطلبات المناخ** :ولهذا تؤثر عوامل البيئة الخارجية بشكل مباشر على الاختيار هذا بالإضافة الى سلوكيات المستخدمين.

وبالتالي تحتاج النوافذ الى معالجات تصميمية خاصة تساعدها على اداء وظائفها بكفاءة عالية خاصة في البيئات ذات المناخ القاسي مثل المناخ الحار الجاف.

٦-١-٥- ***انواع الزجاج وتركيبه الكيميائى***

تتألف معظم أنواع الزجاج الصناعي من أكاسيد لا عضوية تصنف ضمن ثلاث فئات:

– الأكاسيد المشكِّلة للشبكة في بنية الزجاج مثل: SiO_2، B_2O_3، GeO_2، P_2O_5، V_2O_5.

– الأكاسيد المغيِّرة لبنية الزجاج (الصاهرة تقانياً) مثل أكاسيد العناصر القلوية والقلوية الترابية،

– الأكاسيد الوسطية التي تنتمي، وفق التركيب الكيمياوي للزجاج، إلى إحدى الفئتين السابقتين مثل: Al_2O_3، Fe_2O_3، TiO_2، PbO، ZnO.

اقتصر الزجاج القديم على سيليكات الصوديوم والكالسيوم التي ماتزال تدخل في تركيب معظم أنواع الزجاج المسطح والمجوف، لكن الإنتاج العالمي للزجاج يشتمل اليوم على مئات التراكيب الكيمياوية المختلفة التي لا يتضمن بعضها أي نسبة من أكسيد السيليسيوم.

شكل رقم ٦-١ يوضح الزجاج المظلل

٦-١-٦- ***انواع الزجاج فى الواجهات الزجاجية***

تعددت تصاميم الواجهات الخارجية في السنوات الأخيرة وأصبحت متنوعة يمكن إضافة المزيد من الأفكار لها، خاصة وأن التصاميم الخارجية أخذت أفكار جديدة ومتنوعة من مودرن إلى كلاسيك إلى شرقي وأوروبي وهناك أنواع من الواجهات الزجاجية من بينها:

١- **الزجاج المظلل:** عباره عن زجاج مسطح شفاف يدخل في مكوناته أصباغ من اجل إكسابه خواص التظليل وامتصاص أشعه الشمس ، وهذا النوع من الزجاج يقلل من معدل اختراق أشعه الشمس للزجاج(شكل رقم ٦-١).

٢- **الزجاج** العاكسهو زجاج مسطح مغطى بطبقه رقيقه من المعادن لتقليل أثر الشمس،(شكل رقم ٦-٢) واستخدام طبقة المعدن يعطي الزجاج خاصيه عدم الشفافين من جهة الطبقة حيث لا

شكل رقم ٦-٢ يوضح الزجاج العاكس

يمكن الرؤية من خلال الزجاج خلال النهار بسبب عكس الزجاج للأشعة.

٣- **الزجاج الخشن:** زجاج عادي تم تخشين احد سطوحه أو كلاهما للتغلب على خاصية الشفافية للزجاج ويتم ذلك بطريقتين أما أن تكون أسطح الزجاج خشنة أو يتم تخشين سطح الزجاج.

٤- **الحوائط الزجاجية:** هي نظام جدران خارجية زجاجية تغطي واجهات المباني، ترتبط بالمباني شكل رقم٦-٣

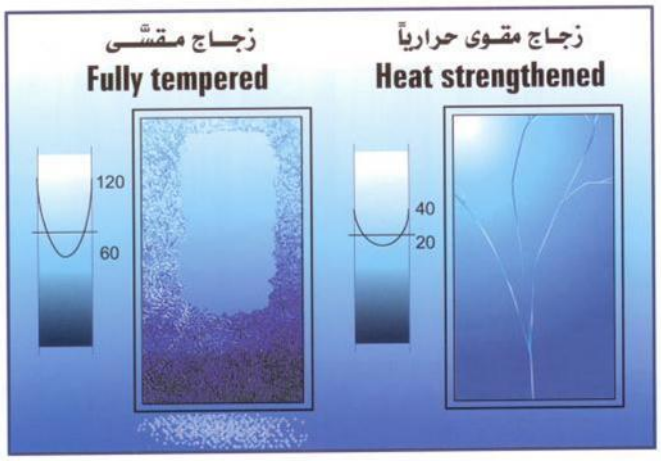
شكل رقم ٦-٣ يوضح الحوائط الزجاجية

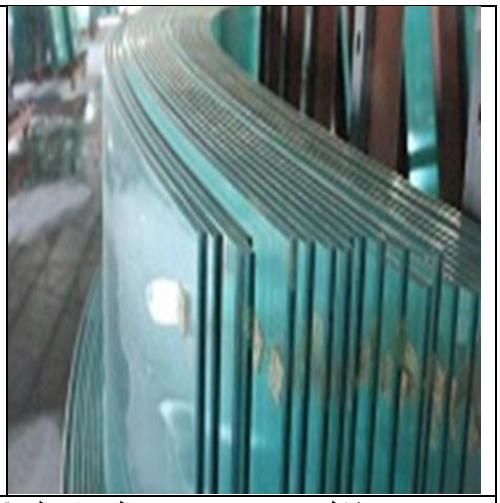
ومن بين أكثر الأنواع استعمالاً للزجاج هو **<u>الزجاج المسقي</u>** – Tempered Glass .

هناك نوعان مختلفان من الزجاج المسقي وهما :

١- الزجاج المقوَّى حرارياً – Heat Strengthened Glass

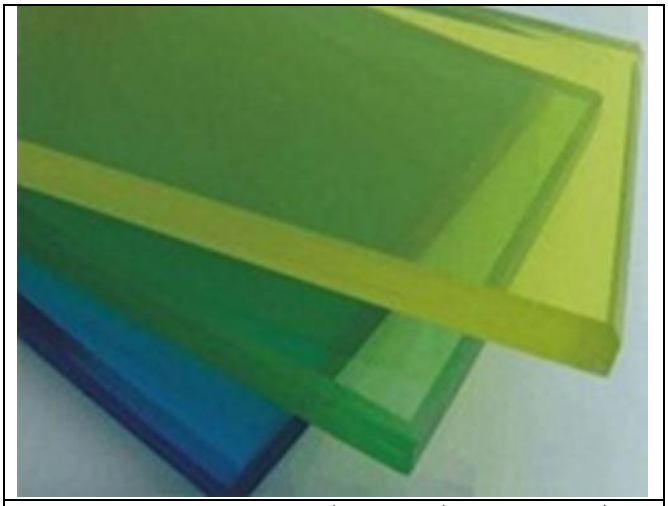
2- الزجاج المقسّى (الزجاج المسقي بالكامل شكل ٦-٤) – Fully Tempered Glass





شكل رقم ٦-٤ يوضح الزجاج المقسّى (الزجاج المسقي بالكامل) - Fully Tempered Glass

٦-١-٦-١- **الزجاج المقوَّى حرارياً -** الزجاج المالج حرارياً، ينتج بتسخين الزجاج العادي (الملدَّن) إلى درجة قريبة من درجة إنصهاره، ثم يبرد بطريقة خاصة شكل (٦-٥)



شكل (٦-٥): الزجاج المقوى حراريا

مميزات الزجاج المقوى حراريا

– لهذا الزجاج قدرة على مقاومة الكسر بدرجة تعادل ضعف مقاومة الزجاج العادي، كما أن ميله للتحطم أقل بكثير في حال تلقى الزجاج المقوَّى حرارياً صدمة ما أدَّت إلى انكساره، فإنه يتحوَّل إلى عدد قليل من القطع الكبيرة، و ذلك بسبب الإجهادات المنخفضة المطبقة عليه.

– الميزة الأهم للزجاج المقوَّى حرارياً هو أنه يبقى عالقاً في الإطار المحيط به دون أن يسقط (إذا كان قد رُكِّبَ بالطريقة الصحيحة)

استعمالات الزجاج المقوَّى حرارياً: –

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

٦-١-٦-٢- الزجاج المقسّى (الزجاج المسقى بالكامل) - Fully Tempered Glass

من خلال الدراسات والأبحاث المتخصصة في تطوير صناعة الزجاج في عدد من الدول المتقدمة توصلوا إلى إنتاج نمط من الزجاج أكثر أماناً يسمى زجاج الأمان المقسَّى. تُجرى عملية تقسية الزجاج بتسخين الزجاج العادي إلى درجات حرارة عالية قريبة من درجة انصهاره (٦٦٠ مئوية)ثم يتم تبريد الزجاج بسرعة عالية نسبياً وينجم عن هذه العملية تغيير الترتيب الذرّيّ لجزيئاته مما يجعلها مترابطة بعضها ببعض. زجاج الأمان المقسَّى يتيح داخل البنايات التمتع بضوء

النهار، الأمر الذي يلقى اهتمام كبير من المهندسين المعماريين في بناء المجمعات التجارية المولات الحديثة الطراز، كما يستخدم الزجاج المقسَّى في الطوابق الثلاث الأولى من المبنى.

وأهم ميزات هذا الزجاج هي :

١- يمكن للزجاج المقسَّى تحمل صدمات أشدّ ممّا يتحمله الزجاج العادي بـ ٥ - ٧ مرات.

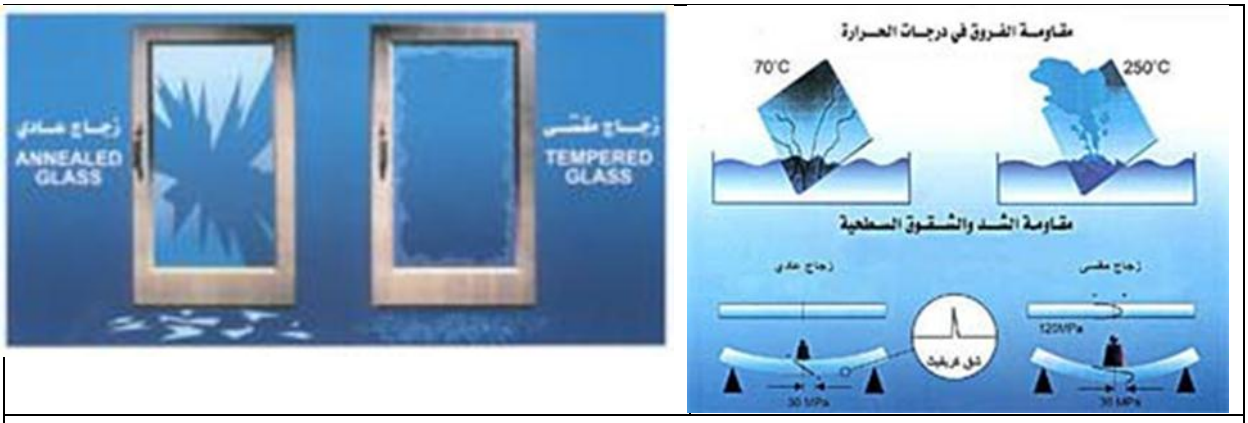
٢- عندما يتكسر الزجاج نتيجة صدمة شديدة، يتحول الى عدد كبير من الشظايا صغيرة التي لا تجرح ولا تؤذي أحداً(لهذا السبب يسمى هذا الزجاج زجاج أمان مقسَّى) وخلافاً للزجاج المقسَّى، فإن الزجاج العادي يتناثر عند تكسره إلى شظايا حادة جارحة بالغة الضرر.

٣- يمكن للزجاج المقسَّى تحمل فروق في درجات الحرارة الداخلية والخارجية، تصل إلى ٣٠٠° مئوية، (شكل رقم ٦-٦) في حين لا تتجاوز الفروق في الزجاج قبل تكسره مباشرةً ٧٠° مئوية.

٤- يمكن تقسية أنواع مختلفة من الزجاج : الشفاف، والملوّن، والعاكس، والمعالج كيمائياً، والمطبوع، وغيرها.

٥- يمكن أن يكون سمك الزجاج الذي سيُقسَّى بين ٤ ملم و ١٩ ملم.

٦- مساحة ألواح الزجاج التي يمكن تقسيمها تصل إلى ٢٤٤٠ ملم X 4100 ملم.



شكل رقم ٦-٦ يوضح بعض خصائص الزجاج المقسى بالكامل

أهم استعمالات زجاج الأمان المقسَّى:

١. ***في مجال البناء الواجهات الكبيرة*** ، واجهات العرض، الأبواب الداخلية والخارجية في المراكز التجارية. غرف الدوش وأبواب البانيوهات.التقسيمات الداخلية للمكاتب والوحدات السكنية. الشرفات وسياج الحدائق. الأبواب والنوافذ الداخلية والخارجية في الأبنية الضخمة العالية.
(فنادق، مشافي، سفارات، مطارات، الخ...) (شكل رقم ٦-٧) .

٢- ***في مجال الصناعة أبواب أفران الغاز*** ، رفوف وأبواب البرادات والمجمّدات ، أفران الميكروويف، المدافئ الكهربائية الباصات، والمكر وباصات، والقطارات، وبعض وسائل النقل .

٣- ***في مجال الديكور***

الأثاث طاولات، مكاتب، خزائن التزيينان الداخلية للمكاتب والوحدات السكنية الديكورات والتزيينات المختلفة .

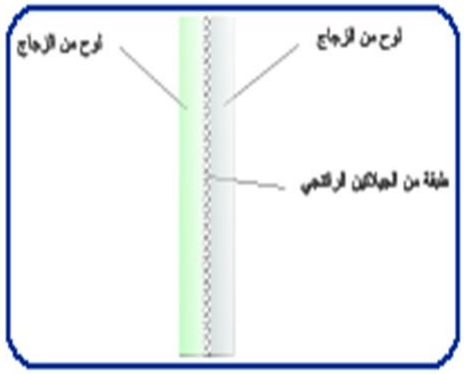
٤- ***تطبيقات أخرى***

الوقاية من الحريق التحكم في مستويات الحرارة والضجيج مقاومة الرصاص(بعد اتخاذ إجراءات إضافية) .

أهم استعمالات زجاج الأمان المقسَّى (شكل رقم ٦-٧)

٦-١-٦-٣- ***<u>الزجاج المجلتن :.</u>***

يتألف الزجاج المجلتن من طبقتين أو أكثر من الزجاج تفصل بين كل منها طبقة من الراتنجيات (مواد عضوية)، و ذلك لضمان درجة أعلى من الأمان شكل رقم (٦-٨).



شكل رقم (٦-٨) يوضح الزجاج المجلتن

ميزات الزجاج المجلتن بطريقة الراتنجيات :

١- إذا تلقى الزجاج المجلتن صدمة عنيفة أدت إلى كسر إحدى الطبقات الزجاجية، فإنه يبقى ثابتاً في مكانه و لا يتناثر بفضل التصاقه بطبقة (أو بطبقات) أخرى، و من هنا أطلقت عليه صفة الزجاج الآمن.

٢- القدرة الكبيرة على تخفيض مقادير الأشعة فوق البنفسجية التي تمر عبر وحدة الزجاج المجلتن.

٣- القدرة الملحوظة على تخفيض ضجيج الصوت.

٤- إمكان تلوين الوحدة الزجاجية بألوان تلائم الديكورات الداخلية

<u>يستعمل الزجاج المجلتن، في المقام الأول، في المجالات التالية:</u>

١- الفتحات السماوية و المظلات الزجاجية.

٢- الأسقف و الشرفات و الدرابزينات و الأدراج الزجاجية.

٣- المدارس، و كافة الأماكن التي يخشى فيها من تدافع التجمعات البشرية.

٤- التقسيمات الداخلية (الشركات و المكاتب التجارية ...).

٥- واجهات الأبنية السكنية و الأبنية الضخمة (المجمعات التجارية، المطارات، الفنادق، المشافي).

٦- المباني الأمنية (وزارات، سفارات...)، و الأماكن التي تحتاج إلى حماية من السرقة، من مصارف، و متاحف، و محال التحف و المجوهرات ...

٦-١-٦-٤- <u>الأثاث الزجاجي والديكورات :</u>

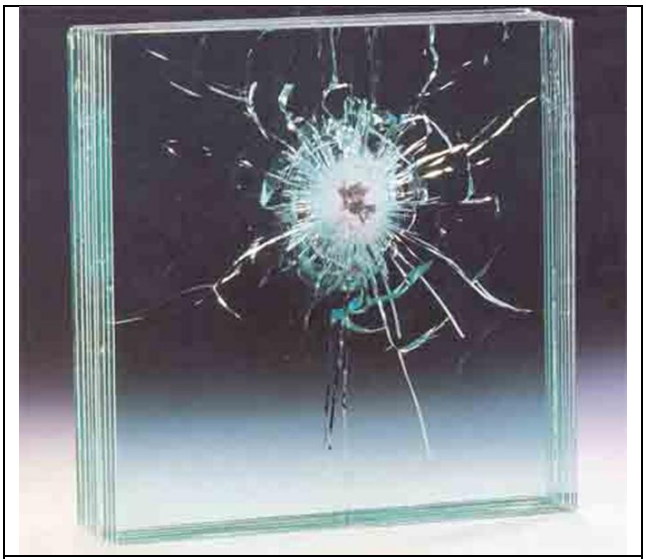
يوضح الزجاج الرقائقي للأثاث الزجاجي (شكل رقم ٦-٩)

من بين جميع مواد التزيين، لا شك في أن أهمها الزجاج وسواءً أكان شفافاً، أم نصف شفاف، أو عاتماً، فإن الزجاج يظل مادة مزيدة للديكورات وبمساعدة التكنولوجيا الحديثة، يمكن جعل الزجاج رقائقياً، أو مقسَّى، كما يمكن إعطاؤه أشكالاً مختلفة، وحنية، ونقش طباعة عليه، هناك الكثير من الطرق المختلفة لتطوير إمكاناته التزيينية والوقائية (شكل رقم ٦-٩) .

إن المناضد، والتقسيمات، والأبواب الزجاجية، والخزائن، والأدراج، وخزانات العرض في المتاجر، ليست سوى أمثلة قليلة على تطبيقات الزجاج في مجالا الديكور.

٦-١-٦-٥- الزجاج المقاوم للرصاص

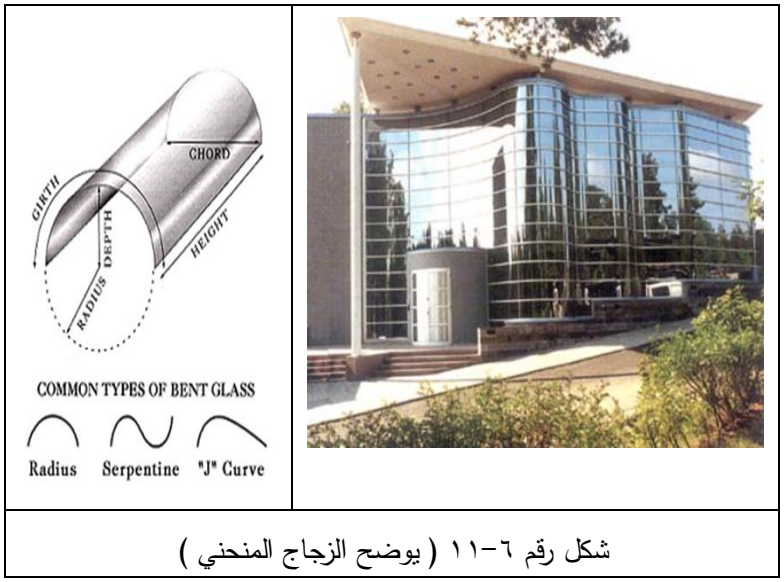
عدة طبقات من الزجاج المجلتن الذي يمكن أن يحوي طبقة من مادة البولي كاربونيت بحيث يمنع الرصاص أو قطع الزجاج المتكسر، نتيجة لإطلاق الرصاص نحو الأشخاص و الممتلكات. ينصح باستعمال هذا النوع من الزجاج في نوافذ المصارف و الحواجز التي تفصل زبائن المصارف عن موظفيها، المباني المالية، مكاتب البريد، مراكز صرافة العملات، و في السيارات المصفحة(شكل رقم ٦-١٠).



الزجاج المقاوم للرصاص شكل رقم٦-١٠

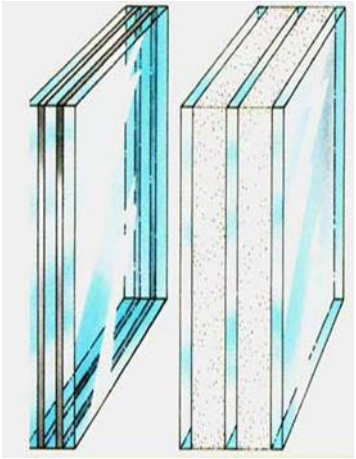
٦-١-٦-٦- *الزجاج المنحني*

يصنع الزجاج المنحني بتسخين الزجاج المستوي تدريجياً ليبلغ درجة حرارة أعلى قليلاً من نقطة الانصهار، ثم يعطى شكلاً مقعراً أو محدباً في فرن خاص، وحالما يأخذ الزجاج الشكل المطلوب. يُبَّرد بطريقة يمكن التحكّم فيها للتوثق من أن المنتَج النهائيّ خالٍ من أي إجهادات داخلية. هذا حين يُستعمل هذا الزجاج استعمالاً خارجياً، فإنه يُضفي على الواجهات جمالاً لافتاً للنظر. وفي الجدران الرأسية، والأسقف الزجاجية، يضفي هذا الزجاج عليها منظراً أصيلاً جميلاً (زوايا المباني، واجهات العرض، زجاج الأمان المزدوج) وفي الاستعمالات الداخلية، يمكن الاستفادة الزجاج المنحني (شكل رقم٦-١١) من الزجاج في الدرابزين، وجدران المصاعد، وطاولات العرض، وتقسيمات المكاتب، وغيرها.



شكل رقم ٦-١١ (يوضح الزجاج المنحني)

٦-١-٦-٧- الزجاج المقاوم للحريق



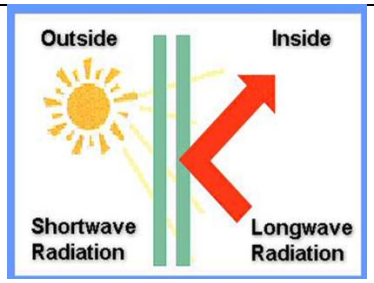
الزجاج المقاوم للحريق شكل رقم (٦-١٢)

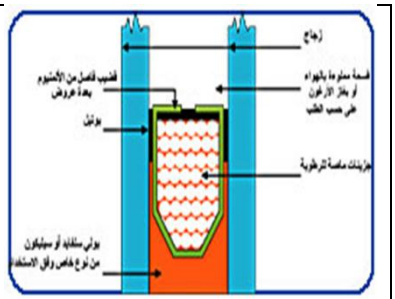
هذا زجاج مؤلف من عدة رقائق شكل رقم (٦-١٢)توحّد بينها طبقات بينية شفافة من مواد معينة حين يُعرّض هذا الزجاج للنار (بدرجة حرارة ١٢٠ مئوية تقريباً)، فإن اللوح الذي يواجه اللهب يتصدع، لكنه يبقى في مكانه، وتتحول الطبقات البينية، : إلى رغوة سميكة، عاتمة، مرنة، تكوّن درعاً عازلاً يمنع حرارة الوهج. تتلخص فوائد هذا الدرع العاتم بما يلي :

- إن الزجاج يبقى في موقعه ولا ينهار، لذا لن يتمكن الدخان، أو الغازات الحارة، من تجاوزه.
- لا يمكن انتقال الحرارة إلى الجانب الآخر من الحريق. ويستمر هذا من ٤٥إلى ١٢٠ دقيقة تكون الحماية خلالها كاملة.
- لا ينتقل هذا الحريق خلال هذه المدة إلى الغرف، والسلالم، وطوابق البناء الأخرى.

يمكن استعمال الزجاج المقاوم للحريق في جميع التطبيقات حيث تشترط تعليمات البناء توفر مستوى معين من مقاومة الحريق (المستشفيات –المتاجر ومراكز التسوق–المطارات. – المدارس– الفنادق .

٦-١-٦-٨- الزجاج العازل (المزدوج)





شكل رقم ٦-١٣ يوضح مكونات الزجاج العازل

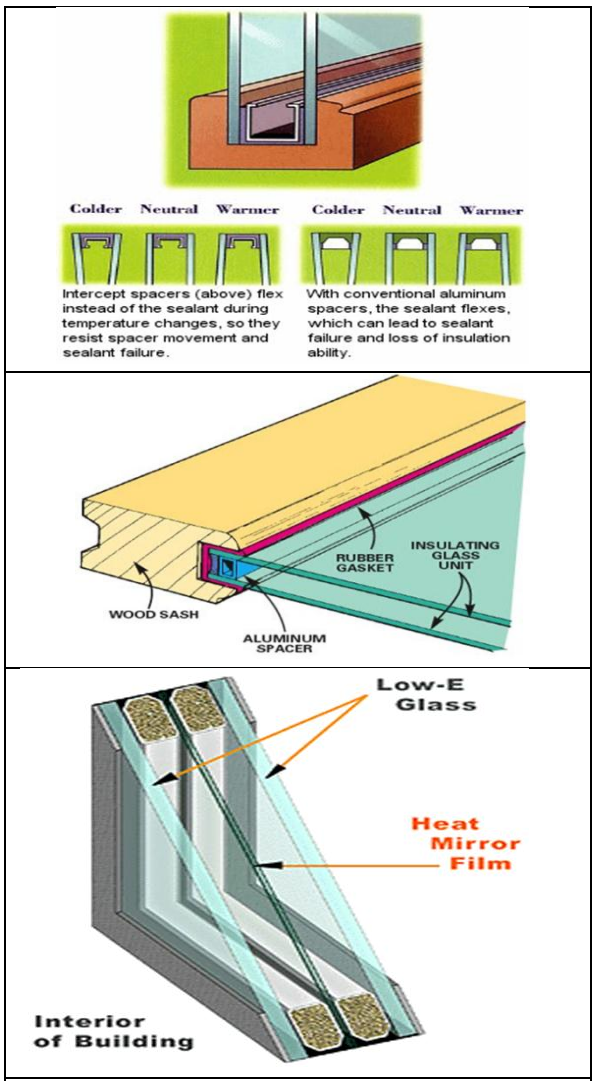
ينفد من الواح الزجاج المصقول الغير منفذ لأشعة الشمس تحت الحمراء ولذا يسمى بالزجاج الحيوي او قد يسمى بالزجاج العاكس حيث يوجد بعض من هذا النوع من الزجاج بالوان خاصة لكسر حدة بريق الشمس ووهجها (شكل رقم ٦-١٣)

يتكون الزجاج العازل من لوحين زجاجيين على الأقل، متوازيين و مثبتين معاً لتكوين وحدة مختومة بإحكام. والمبدأ الذي تقوم عليه هو إحداث تجويف بين لوحين زجاجيين أو أكثر، مملوء

بالهواء الجاف أو بغاز آخر كالأرغون. Argon، أو الزينون Xenon أو الكربتون Krypton كما و يملأ قضيب الألمنيوم الفاصل بين اللوحين بحبيبات ماصة للرطوبة. تكوين وحدة الزجاج المزدوج العازل .

لقد أجمع مصممو المباني الحديثة على أن النوافذ هي أضعف أقسام المبنى عند الحديث عن تسرب الطاقة، و تصبح هذه المشكلة أشد إلحاحاً في المباني الحديثة الكبيرة التي تزداد فيها مساحة النوافذ زيادة شديدة. و للتخلص من عيب العزل الحراري في حالة النوافذ.

إضافة إلى خواص العزل الحراري، فإن وحدات الزجاج المزدوج العازل توفر فائدة أخرى، و هي العزل الصوتي و يتعزز العزل الصوتي تعزيزاً كبيراً بأنشاء وحدات زجاج ثخانتها غير متناظرة أو باستعمال غاز خاص في الفسحة بين لوحي الزجاج، ومن مساوئ ها النوع من الزجاج انه يسمح بنفاذ قليل من الاشعة البنفسجية التي تغير من الوان قماش الستائر والاثاث الداخلي للمبنى



شكل رقم(٦-١٤) يوضح تركيب الزجاج العازل وتركيبة

<u>تركيب الزجاج العازل:</u>

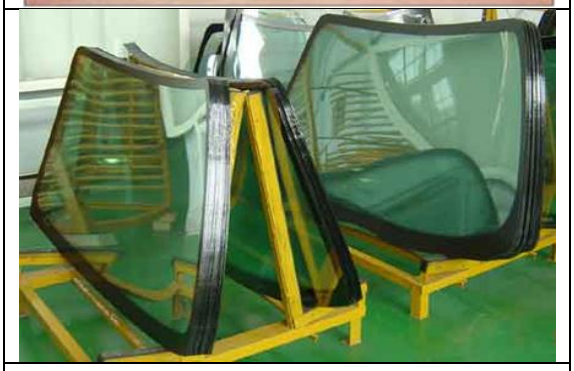
يركب هذا النوع من الزجاج في الشبابيك والابواب ومن زجاج مزدوج عازل للحرارة ويكون من لوحين بينهما هواء حيث ان اللوح الداخلي من الزجاج العادي او البلوري واما اللوح الاخر فيكون من الزجاج البلوري وذلك لكسر وعزل اشعة الشمس في حدود ٨٦% شكل ٦-١٤)

استخدامات الزجاج العازل:

١- في مجال البناء :

يعتبر الزجاج العازل المزدوج هو الخيار الأمثل في الأبنية السكنية و التجارية ، المشافي ، المدارس ، الفنادق ، المطاعم ، المطارات .

- الواجهات الكبيرة للأبنية
- واجهات العرض للمحال و المخازن التجارية
- التقطيعات الداخلية للمكاتب و الوحدات السكنية للفصل بين الأماكن و الأشخاص
- النوافذ و الأبواب الداخلية و الخارجية للأبنية و المحال و المخازن التجارية
- نوافذ و أبواب البيوت و بخاصة أبواب الفيرندات



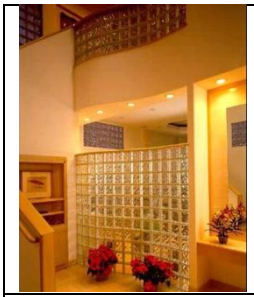
شكل رقم (٦-١٥) يوضح الأستعمالا المختلفة للزجاج العازل

٢- في المجال الصناعي :

- زجاج الباصات و الميكرو باصات و القطارات و بعض السيارات- أبواب البرادات و المجمدات و أفران المايكرو ويف

٦-١-٦-٩- ***الطوب الزجاجي و قواطع الحوائط الزجاجية***

أنها عبارة عن وحدات جدارية تتكون من وحدات صغيره من الزجاج متراصة بجوار البعض كما ترص قوالب الطوب لبناء جدار و هي محاطة بإطار من المعدن تسهل به عملية رصها و تثبيتها شكل رقم (٦-١٦)



شكل رقم (٦-١٦) يوضح الطوب الزجاجي

طريقة البناء :

و كما نفعل عند بناء جدار اسمنت نجهز العواميد حتى نبني عليه الجدران ...هنا أيضا تجهز شبكة بالشكل المستقيم أو الدائري أو الحلزوني المراد تنسيق البلوكات الزجاجية الصغيرة علية ليظهر لنا في النهاية هذا الجدار الزجاجي الغير عاكس لشيء سوى الضوء.

مميزات الطوب الزجاجي:

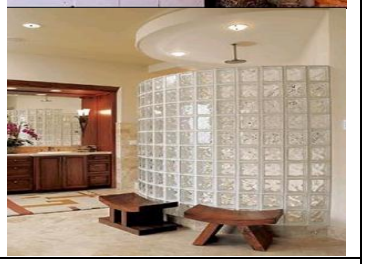
١- هذا النوع من البلوكات ذات درجة عالية من الصلابة و القوة و ليس من السهل كسرها حيث انه يعتبر زجاج سكوريت.

٢- وهذا النوع يسخن لأعلى درجات الحرارة و فجأة يتعرض لأعلى درجات البرودة و بذلك يكتسب القدرة العالية على المقاومة.

٣- تتعدد أشكال الزجاج المستخدم في هذه البلوكات الصغيرة فنجد الشكل المتعرج .. و الطولي ..و الشجري (شكل رقم ٦-١٧)

٤- وجود هذه التموجات و الشطوفات في الزجاج هامه لحجب الرؤية لما خلف هذه الوحدات الجدارية و لعكس الضوء بشكل جمالي

٥- كما تتعدد ألوان الزجاج وان كان اغلبها الأبيض إلا أن هذا لا يمنع وجود ألوان أخرى مثل الأزرق و الأصفر و الأحمر.



شكل رقم ٦-١٧ استخدام الطوب الزجاجي في أماكن مختلفة واشكال مختلفة من المنزل .

٦-١-٧- ***أنظمة تركيب الزجاج :***

تعني الطرق المختلفة التي يتم بها تثبيت الزجاج سوآ كان في واجهات المباني أو في مكان اخر في المبنى وهي لا تخلو من هذه الطرق :

١- النظام العنكبوتي

٢- الواجهات الزجاجية المستمرة (ضمن مقاطع معدنية)

٣- نظام الجدران الزجاجية المنزلقة

٤- نظام أوليفر ٥- نظام JIDA

شكل رقم ٦-١٨يوضح النظام العنكبوتي

٦-١-٧-١- النظام العنكبوتي :

يتألف هذا النظام من عدد من الإكسسوارات ذوات أذرع معدنية تحمل كل منها لوح من الألواح الزجاجية مثبت بواسطة برغي ذو مفصل كروي، و يُملأ الفراغ بين هذه الألواح بمواد عازلة، مقاومة للضغط الميكانيكي و للعوامل الجوية.

<u>ميزات النظام العنكبوتي :</u>

- صمِّم هذا النظام بهدف أساسي و هو الحصول على أكبر قدر من الشفافية و بالتالي أكبر قدر من الرؤية، حيث أن الاهتمام الأكبر لدى المهندسين و المعماريين هو تخفيض معوقات الرؤية، الناجمة عن العناصر اللازمة لقيام البناء، لأكبر قدر ممكن - يقدم هذا النظام حلول عملية لتركيب الزجاج.

- لتثبيت الزجاج عند حواف الواجهة، يمكن أن تكون الإكسسوارات أحادية أو ثنائية الأذرع، و في التطبيقات الخاصة يمكن أن يصل عدد الأذرع إلى أكثر من ذلك، بحيث يثبت اللوح الزجاجي عند كل زاوية من زواياه بأحد هذه الأذرع (شكل رقم ٦-١٨)

- يمكن لهذه الإكسسوارات أن تستند إلى هيكل (جائز) معدني أو إلى سيف زجاجي، كما يمكن أن تُشد هذه الاكسسوارات فيما بينها بكابلات معدنية.

- يقدم هذا النظام حلول عملية لتركيب الزجاج، لا يمكن أن يوفرها أي نظام آخر.

- لتثبيت الزجاج عند حواف الواجهة، يمكن أن تكون الإكسسوارات أحادية أو ثنائية الأذرع، و في التطبيقات الخاصة يمكن أن يصل عدد الأذرع إلى أكثر من ذلك، بحيث يثبت اللوح الزجاجي عند

كل زاوية من زواياه بأحد هذه الأذرع.

مجالات الاستخدام :

- واجهات الأبنية و المحال التجارية.
- الردهات و الممرات و البيوت الزجاجية.
- الفتحات السماوية و المظلات الزجاجية.
- الجدران و التقطيعات الداخلية و الأدراج الزجاجية.
- الاستبانات و المفروشات الزجاجية.

٦-١-٧-٢- الواجهات الزجاجية المستمرة

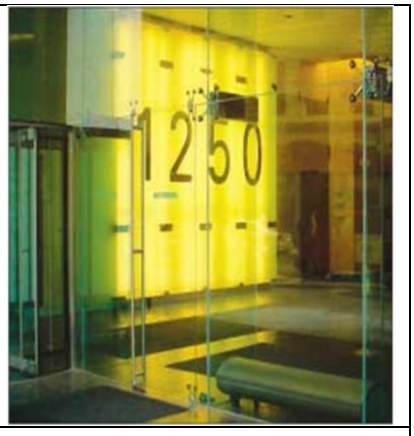
أنظمة من المقاطع الخاصة المصنَّعة من الألمنيوم بحيث يتم تركيب الزجاج المقسَّى المزدوج ضمن هذه المقاطع، و يتم تطبيق هذه الأنظمة في الواجهات الخارجية للأبنية بدون وجود فواصل اسمنتية ظاهرة من خارج المبنى و تختلف هذه الأنظمة فيما بينها باختلاف ما يظهر من مقاطع الألمنيوم من الجهة الخارجية للمبنى، و من ثَمَّ تختلف أشكال المقاطع المؤلفة لهذه الأنظمة . شكل رقم ٦-١٩.

شكل رقم ٦-١٩يوضح الزجاجات المستمرة

٦-١-٧-٣- نظام الجدران الزجاجية المنزلقة :

أنظمة حديثة من الإكسسوارات تستخدم في الواجهات الخارجية و في القواطع الداخلية بهدف أساسي هو توفير أكبر قدر من الضوء الوارد عبر فتحة الدخول (فتحة الضوء).

بواسطة هذه الإكسسوارات، تنزلق القطع الزجاجية لتتجمع بجانب بعضها البعض ملاصقةً للجدران الجانبية للفتحة يستخدم هذا النظام بشكل رئيسي في واجهات المحال التجارية و المطاعم، و كذلك في الشرفات المنزلية (شكل رقم ٦-٢٠



شكل رقم٦-٢٠ الزجاجات المنزلقة

٦-١-٧-٤- ***نظام الجيدا .***

الستائر الزجاجية المصنوعة من الزجاج المقسى و الألمنيوم دون أية عوائق أو عواميد ثابتة، و هي تتمتع بميزات عديدة منها:

١- إمكانية فتح الشرفة بكاملها.

٢- عدم تشويه المنظر العام، بل إضفاء مظهراً تجميلياً وإن الستائر الزجاجية مصممة لكافة أشكال الشرفات:

- المستديرة

- المتعددة الزوايا و المستقيمة أو مهما كان شكل الشرفة فهي تتخطى الزوايا بسهولة. إذا كنت تملك شرفة واسعة منظراً خلاباً و تريد التمتع به و حمايته من الماء و الغبار والضجة.

٦-١-٧-٥- ***نظام "أوليفر" التثبيت النقطي :***

هو نظام من الإكسسوارات المستخدم في الواجهات و القواطع الداخلية، و يعتمد مبدأ التثبيت النقطي (شكل رقم٦-٢١) مما يجعله متناغماً مع الواجهات المصممة بحسب النظام العنكبوتي

بعض المواصفات الفنية:

١- الأبعاد العظمى لصفائح الزجاج ٣٩٠ * ٢٤٤ سم٢

٢- سماكة الزجاج المستخدم ١٠ مم

٣- الأبعاد العظمى للأبواب ١١٠ * ٢٥٠ سم٢

شكل رقم٦-٢١ يوضح نظام اوليفرا التقطي

٦-١-٨- ***ابتكارات جديدة في عالم الزجاج:.***

- زجاج بتقنية النانو :

تمكن باحثون من تصنيع زجاج "ذكي" يمكنه أن يمنع حرارة الشمس من اختراقه سامحاً لأشعتها فقط بالدخول بشكل تام أو جزئي، بحسب الرغبة. وتم التوصل إلى هذه النتيجة باستخدام جزئيات نانو ومزجها بالزجاج (شكل رقم ٦-٢٢) .وسبق أن صممت أنواع من الزجاج تمتزج فيه التقنيات الكيماوية بالكهربائية، لكن هذا الزجاج الجديد الذي عرضت مزاياه في مجلة نيتشر البريطانية، "هو الأول الذي يتمكن من تصفية الحرارة والأشعة كل على حدة"، بحسب ما يؤكد المصممون. واستخدم الباحثون نوعا خاصا من الزجاج يحتوي على أكسيد النيوبيوم، وبلورات من أكسيد

الأنديوم– القصدير، الذي يبقى شفافا إذا كدست طبقات رقيقة منه فوق بعضها، وهو يستخدم في صناعة شاشات التلفزيون المسطحة أو التي تعمل باللمس.

ووضعت هذه الزجاجات إلى جانب طبقة من الزجاج الذي يحتوي على النيوبيوم، وبينهما إلكتروليت ومادة موصلة للتيار الكهربائي.

وعندما لا يمر التيار الكهربائي، تكون القطعة أشبه بأي قطعة عادية من الزجاج، التي تدع الضوء يخترقها أشعة وحرارة. لكن ما إن يعمل التيار الكهربائي حتى تتوقف الحرارة عن اختراق الزجاج وتمر الأشعة فقط.. وبحسب الباحثين، فإن النتائج التي تم التوصل إليها لم تكن متوقعة.

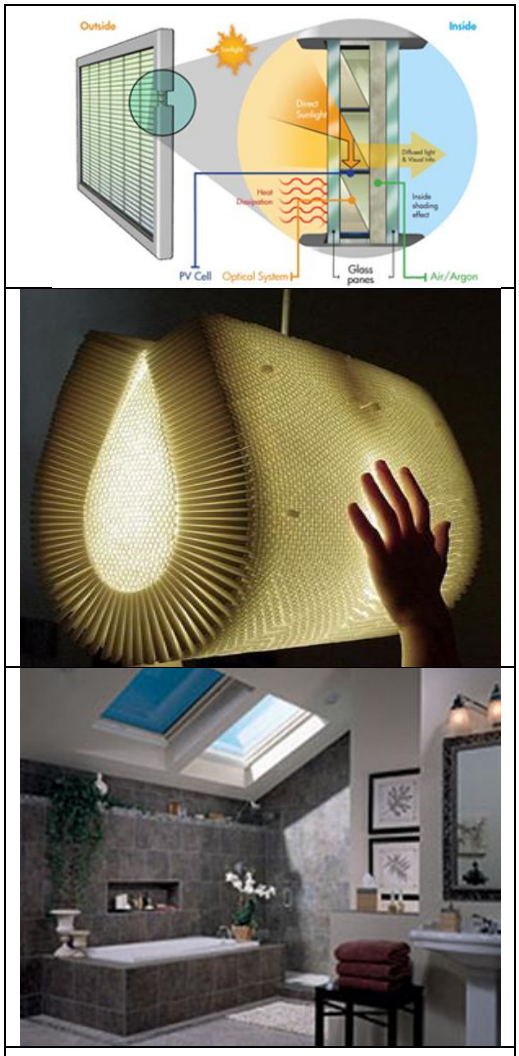
من جهتها، قالت ديليا ميليرون، الباحثة في مختبرات لورانس باركلي الأميركية والمشاركة في الدراسة "إن التحكم بالأشعة وبالحرارة في المباني يتطلب كميات كبيرة من الطاقة، ويمكن أن يوفر جزءا كبيرا من هذه الطاقة بواسطة الزجاج الذكي". وأضافت "لقد صممنا الزجاج ليستخدم في المباني، ولكن يمكن أيضا أن يستخدم في السيارات والطائرات". وتقر الباحثة أنه ما زال أمامهم الكثير من العمل قبل أن تصبح هذه التقنية صالحة للاستخدام في المجال الصناعي.

شكل رقم (٦–٢٢) يوضح رجاج مصنع بتقنية النانوا

- النوافذ الفوتو كرومية

التي يتغير لونها بحسب تعرضها للإضاءة، فكلما كان الجو مضيئا أكثر أصبحت ألوانها أكثر إعتاما و العكس بالعكس، مما يخلق لدينا توازنا لونيا مريحا للعين البشرية (شكل رقم ٦-٢٣) ، و هذا طبعا على سبيل المثال لا الحصر.

لذلك نجد أن المواد الذكية عليها فعلا أن ترتبط بالعمارة ارتباطا وثيقا نظرا للطبيعة المتغيرة باستمرار للمنشآت المعمارية. تبقى المواد الذكية حاليا محدودة الانتشار، و يعود ذلك إلى قلة إنتاجها من جهة؛ و إلى غلاء ثمنها من جهة أخرى. لكن تبقى مسؤوليتنا كمعماريين أن نبحث دائماً عن الأفضل للزبون، و أن نتحول بفهمنا عن المواد من البحث عن الأجمل إلى البحث عن الأفضل.



شكل رقم ٦-٢٣يوضح النوافذ الفوتوكرمية

الألمنيوم

٦-٢- مقدمة

شكل (٦-٢٤) الألمنيوم والزجاج

شكل (٦-٢٥) برج زجاجي مع الألمنيوم

إن العمارة تعني بشكل أساسي المواد التي تتشكل منها في ما نشاهده في نهاية الأمر وهذا ما يجعلنا نؤكد على أهمية الاعتناء بما نراه لأنه هو الذي يشكل انطباعنا عن أي مبنى ، فمواد البناء تصنع البيئة من حولنا ، وتحدد لنا ، بشكل كبي ما هو جميل وما هو قبيح (شكل ٦-٢٤).

على إن هناك مواد وتقنيات ساهمت في بناء الصورة المعاصرة للعمارة أكثر من غيرها . والألمنيوم كمادة تدخل في تركيبة الشكل الخارجي للعمارة (شكل ٦-٢٥) فتحت أفاقا كبيرة في تقديم العمارة الفائقة التقنية و كما أنها ساهمت في أحداث ما يمكن أن نسميه " سيولة الشكل المعماري " ، فالألمنيوم رغم صلابته إلا انه سهل التشكيل . لقد كان لهذه السيولة البصرية تأثيرا حادا في نقل العمارة من عصر متباين مع العصور السابقة . عصرا أشبه ما يكون بعالم الفضاء ومراكبه الهلامية المثيرة بصريا .. ربما تكون الأسئلة التي يجب علينا أن نفكر فيها ، ونحن نتحدث عن مادة الألمنيوم ، ماهي الخطوة أو الخطوات القادمة التي سوف يتيحها لنا استخدام هذه المادة.

محدودا، باستثناء الحالات التي تكون فيها الاستفادة، من الوزن الخفيف نسبيا له، أمرا حيويا. وتتوافر القطاعات الإنشائية للألومنيوم، على هيئة مشابهة لقطاعات الفولاذ. استعمال الخزانات المائية في البدروم والمكون من ١٠٠ متر٣ من الماء في ٤ خزانات ضخمة معزولة تعمل كخزانات حرارية لبث الدفء في تدفئة الفراغات ويتم تسخين هذه الخزانات بشكل جزئي من الحرارة المفقودة من مولدات الكهرباء الخاصة بالمبنى ومن المصاعد ومعدات الكمبيوتر.

٦-٢-١- الألمنيوم كمادة بناء (نبذة تاريخية) :

يرجع استخدام الألمنيوم في البناء الى وسط القرن التاسع عشر عندما أمكن إنتاجه تجاريا ، ومنذ ذلك الحين نما إنتاج الألمنيوم عالميا – ٢٢ مليون طن سنويا في ١٩٧٧ – متقدما على النحاس والزهر . يستخدم الألمنيوم في الكثير من المنتجات الصناعية وفي البناء بشكل خاص على هيئة أعمدة وكمرات

وإطارات شبابيك وقواطع وتغطيه خارجية في الأسقف والجدران وتغليف الهياكل الإنشائية وعلى هيئه أوراق من الألمنيوم للحماية من تسرب المياه فهو عزل تام للمياه " . ويأتي استعماله في أول قائمة الاستعمالات لأنه خفيف الوزن ، عازل للماء ، ولكونه مادة تغطيه فان ذوبان ألتغطيه بفعل الحريق يؤدي الى التخلص السريع من الغازات والأبخرة الى خارج المبنى ،كما إن خفة وزنه أعطته سهوله في حمله تفوق مواد البناء الأخرى مثل الحديد والخاصين ، وبالتالي سهولة البناء به . هذا وتعدد وسائل ترتيب الألمنيوم وربطه ، فيمكن تعشيق مكوناته " كوادر وكمرات وأعمدة " كما يمكن تثبيته أو لصقه أو لحامه " . إن خواصه المتعددة قد مكنت المصممين من استخدامه بسهوله . والواضح هنا إن استخدامات الألمنيوم واسعة تبدأ من التفاصيل البسيطة التي اعتدنا عليها كالطائرات النوافذ الى إتاحة مساحات كبيره للمعماريين كي يبحروا في عالم الشكل الذي يوفره الألمنيوم .

مميزات الألمنيوم

- القوة والمتانة .
- الخفة في الوزن مقارنة ببقية المعادن .
- مقاومة الاحتكاك .
- معامل انعكاس عالي .
- سهل التشكيل والثني .

شكل (٤-٢٧ستخدام بانوهات من الألمنيوم في كسوة الأغلفة الخارجية بأحد مباني مكاتب – بولندا

٦-٢-٢- ***خصائص الألمنيوم***

- ***الخصائص الطبيعية :.***

١- يعد الألمنيوم من أكثر المعادن خفة في الوزن وتصل كثافته الى ٢٧٠٠ كجم / م ٢.

٢- يتميز الألمنيوم بمعامل متانة عالي جدا وبخفة وزن كبيرة

-الخصائص الميكانيكية :.

١- يتراوح مقاومة الألمنيوم لقوى الشد بين ٧٠-٢٤٠ نيوتن / مم٢ وتصل مقاومته في بعض السماكات الى ٣٤٥ تيوتن / مم٢ وهي مقاومة عليه مقارنة بوزنة .

٢- معامل المرونة للألمنيوم ٣/٩ معامل الحديد الصلب .

شكل (٤-٢٦): تغطية السقف بالقبة الجوديسية من الألمنيوم في تكساس الأمريكية

- **الخصائص الحرارية :.**

١- معامل التوصيل الحراري للألمنيوم عالي مقارنة بالحديد الصلب .
٢- لا يحترق ويزداد مقاومة الألمنيوم للحرائق من ٢٠٠-٣٠٠ درجة بفضل السبائك .

- **خصائص قوة التحمل :.**

١- يتميز بمقاومة عالية للصدأ والتأكل ويتطلب معالجة سطحي بالطلاء والأكسدة معامل التمدد الحراري للألمنيوم عالي مقارنة بالحديد الصلب .

٦-٢-٣- ***تطبيقات الألمنيوم في البناء***

يتنوع استخدام الألمنيوم في المباني كعنصر انشائي في تكوين بعض انظمة الإطارات الفراغية وفي تشكيل بعض الأسقف المستوية والقباب (شكل رقم (٦-٢٦) والقبوات ويستخدم كعنصر غير انشائي في تكوين الحوائط الستائرية شكل رقم ٦-٢٧ والأسقف المعلقة والإكساءات الخارجية للجدران والكاسرات الشمسية وغيرها.

خواص الألمنيوم واستعمالاته في البناء :

خواص الألمنيوم كعنصر بنائي :

يعتبر الألمنيوم من اخف مواد البناء وزنا مقارنة بالحجم ، فكثافته التي تبلغ ٢,٧٠ تعادل ثلث كثافة الحديد والنحاس . وللألمنيوم خواص أخرى هامه منها : مقاومته العالية للصدأ ، مقاومته الجيدة للحريق بفعل عدم اشتعاله فالألمنيوم يذوب ولا يذوب عند درجه ٦٦٠ ، وهي درجه متأخرة يصل إليها الحريق حيث يمكن أن يكون الحريق قد تم السيطرة عليه قبلها ، كما أن مقاومة فائقة للتآكل ولذلك فهو يعتبر من المواد ألمعمرة . ومن الملاحظ أن خصائص الألمنيوم كمادة بناء غير معروفه لدى كثير من المصممين والمهندسين في منطقتنا مما يحد من استخدامه إلا في إطارات النوافذ وربما قليل من ألتغطيه لعناصر الإنشاء " الأعمدة والكمرات " ، وقد ويرجع ذلك الى إننا نفتقر الى معلومات عن أنواع الألمنيوم المختلفة وتصنيفها . هذه المواصفات أو الخصائص مهمة لأنها تحدد الأنواع المختلفة التي تصنع منها المادة والمجالات التي يمكن استخدامها .

مسكن من الألمنيوم :

احد الأمثلة الجيدة على استخدامات الألمنيوم المتعددة ، المسكن الذي صممه المعماري الياباني " تويو ايتو " لأسرة يابانيه ويتكون من دورين (٦-٢٨)، والجدير بالذكر منا إن اليابان من الدول التي اهتمت بتطوير استخدام الألمنيوم في البناء بالاعتماد على خواص الألمنيوم الإنشائية ، وقد هدف المعماري " ايتو " الى توحيد المادة في العناصر الإنشائية وعناصر التشطيب اوالنهو ، فوزن المكن لا يتعدى ٥٥كج\م٢ بالمقارنة ١٠٥٠كج \ م٢ للخرسانة المسلحة

متحف البنية التحتية لمدينة طوكيو :

في اليابان استخدم المعماري " واتنابي " ألواح الألمنيوم باستعمالاته المختلفة في تغطية مشروع متحف يعرض إعمال البنية التحتية لمديته طوكيو خاصة وانه شيد فوق نفق كبير يمر تحت المدينة ، استخدم المعماري الألمنيوم المصنع من ألواح على شكل بيت النحل مغطاة بألواح بلاستيكية شفافة توزع الإضاءة الصناعية وتظهر وجهة نظر المعماري في إظهار ما هو خفي ليعبر عن الفكرة التي تمثلها البنية التحتية الخدمية للمدينة . للألمنيوم مظهر جذاب يوحي الخفة كما يوحي بالنعومة والانسيابية ويمن رؤية ذلك في المسكن الذي صممه المعماري " كيرن" في النمسا حيث تبدو تغطية الألمنيوم العازلة للماء في كل من السطح والحمام، والتي عملت من ألواح نصف لامعة وكأنها توزع الضوء الساقط عليها بانسيابية حساسة.

الألمنيوم وعمارة التقنية العالية :

شكل رقم ٦-٢٨ مبنى من الألمنيوم للمعماري تويو ايتو

من المعماريين المعروفين في العالم الغربي اللذين استخدموا مادة الألمنيوم ببراعة كل من رينزو بيانو الايطالي ونورمان فوستر الانجليزي وهما معماريين رائدين في التوجه التقني العالي وقد استخدما الألمنيوم في تغطية الأسقف في أكثر من مشروع .

فاستخدم رينزو بيانو في تغطية مشروع مركز التصميم التابع لشركة مرسيدس – بنز في شتو تجارت في ألمانيا على هيئة شرائح محدبه لتغطيه سقف كل قسم من المركز، وبحيث تميل هذه الشرائح لتوفير إضاءة طبيعية علوية من جهة الشمال الشرقي والغربي للمبنى.

يتسم نظام ألتغطيه بالخفة، حيث استخدمت وصلات حديديه رفيعة وكابلات لتقوية وتغطيه الألمنيوم ، بينما رفعت ألتغطيه على كمرات حديديه مكونه وصلات حديديه رفيعة حملت على جدران خرسانية في تكوين إشعاعي يتبع تقسيم المسقط وغطيت الجدران بألواح من الألمنيوم. أما نورمان فوستر فقد استخدم الألمنيوم في كثير من إعماله لتغطية الهياكل الحديدية الخرسانية "برج الفيصلية في مدينة الرياض على سبيل المثال شكل رقم (٦-٢٩)

شكل رقم ٦-٢٩يوضح برج الفيصلية واستخدام الألمنيوم لتغطية الخرسانة

على أن هناك مشروعان تم استخدام الألمنيوم فيهما لتغطية الأسقف في المملكة المتحدة، الأول يقع في جلاسكو ويمثل مركز للمؤتمرات والمعارض، وهو تكوين عمراني يذكرنا بالتشكيل البصري الخلاق للمعماري اتزون في أوبرا سيدني، إلا أن المعماري هنا استخدم الألمنيوم في التغطية التي تبدو أجزائه على هيئة قفص صدري يرتفع ٤٠ م ويحوي وظائف المشروع المختلفة. الجدير بالذكر هنا أن المعماري استخدم نظام اقتصادي من الألمنيوم يستخدم في الأعمال الإنشائية الصناعية"kal-zip" يتكون من ألواح مموجة من الألمنيوم بمساحة ١٠٦٠٠م٢ لا تظهر الفواصل فيما بينها مما يعطي الإحساس بان المشروع أو الجزء المغطى منه بالألمنيوم وكأنه قطعة واحدة. المشروع الآخر هو محطة مواصلات تسمح للراغبين بترك سياراتهم الخاصة خارج المدينة أو القادمين بالحافلات الخاصة واستخدام وسائل المواصلات العامة، مما يساعد على تخفيف الضغط على حدة المرور داخل المدينة.

انشأ الغطاء من ألواح من الألمنيوم المموج المعاكس بسماكة ٩ ملم وبأطوال تبلغ ٦٠ م على شكل جناح طائر، ويميل هذا الغطاء ليشكل ارتفاع خلفي يبلغ ٥م وارتفاع أمامي يبلغ ١٢ م، بينما يشكل المسقط نصف دائرة مفتوحة من جهة الارتفاع الأمامي.

<u>الألمنيوم وإعادة استخدامه :</u>

ربما لم نتطرق لحد الآن لأحد أهم الخصائص الحديثة للألمنيوم، وهي إمكانية إعادة استخدامه " recycling" كافة منتجات البناء من مادة البناء الألمنيوم الى مالا نهاية بدون أن تفقد خصائص المادة نفسها. وتعتبر عمليات إعادة استخدام الألمنيوم ناجحة جدا اقتصاديا حيث توفر من الطاقة اللازمة

لتصنيع الألمنيوم من جديد بالإضافة الى ذلك فان خفة وزن الألمنيوم تسمح إعادة استخدام الهياكل الإنشائية حيث يسهل فك ونقل هذه الهياكل من وقعها وإعادة تركيبها في مواقع أخرى.

ولعلنا هنا يجب أن نذكر مثالا رائعا للإنشائي – جان بوفية– رائد عمارة التقنية العالية والذي صمم جناحا في المعرض السنوي الذي أقيم في مدينه ليل في فرنسا عام ١٩٥٤م من هيكل من الألمنيوم، وحديثا تم إعادة فكه و استخدامه كجناح للألمنيوم في شمال العاصمة باريس، وهذا المثال يؤكد على قوة تحمل الألمنيوم ويظهر بوضوح فكرة أن الألمنيوم مادة معمرة.

٧- الباب السابع (الأخشاب – اللدائن – الدهان - المواد السيراميكية - المواد العازلة)

الاخشاب

٧-١- مقدمة

يستخدم الخشب(شكل رقم ١-٧) (إذا توفر) لسهولة تشغيله وحسن مظهره عند التشطيب ويعتبر من المصادر الطبيعية للأراضي ذات الحدية الاقتصادية. وتستخدم جذوع الأشجار الصغيرة في المنشئات الخفيفة بينما تستخدم جذوع الأشجار الكبيرة في عمل الألواح والعوارض الخشبية اللازمة للمنشئات الكبيرة

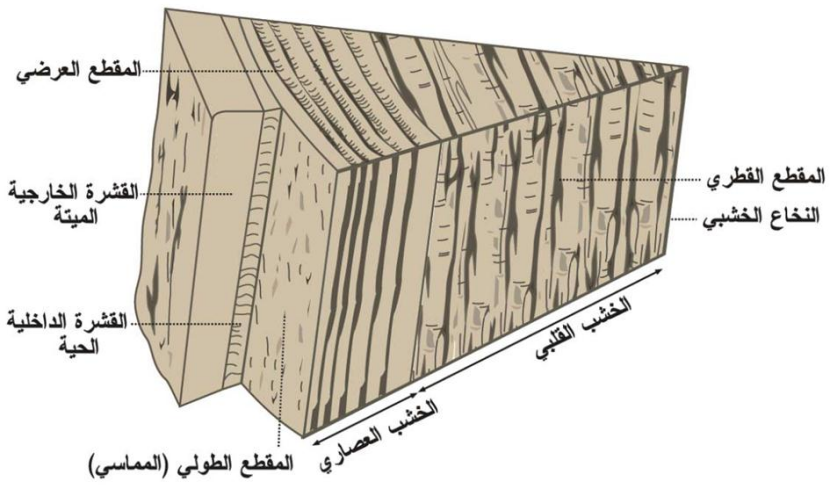
٧-١-١- خصائص (مميزات الخشب):-

يمكن تصنيف الخشب حسب خصائصه العديدة إلى خشب صلب (خشب الأشجار المتساقطة الأوراق) وخشب طرى (خشب الأشجار الصنوبرية) ومن أهم خصائص الأخشاب ما يلى :

القوة : وهى المقدرة على مقاومة الكسر حال استخدام الخشب كعمود أو كمرة وهى دالة في المحتوى الرطوبى وكثافة الخشب.

الصلابة : وهى المقاومة للتآكل أو الاحتكاك. حيث تستخدم الأخشاب الصلبة للأسطح المعرضة للاحتكاك مثل الأرضيات.

مقاومة الانحناء أو الكسر: لا يستخدم الخشب الصلب عند الأحمال المتولد عنها عزوم انحناء وذلك



العنصر	% من الوزن الجاف
الكربون	49
الهدروجين	6
الأكسجين	44
النتروجين	طفيف
الرماد	0.1
التركيب الكيماوي للخشب	

شكل رقم ١-٧ يوضح مادة الخشب وتكويناتها والتركيب الكيماوي لمادة الخشب

حتى لا ينكسر فجاءة ولكن تستخدم أخشاب أخرى ذات ألياف طويلة لا تسمح بانفصال الألياف عن بعضها ولكن يحدث لها انبعاج قبل الكسر وتستخدم هذه الأخشاب عند المواقع المتوقع كسرها فجاءة.

المقاومة للاختراق (دق المسامير) : الخشب الصلب ذو مقاومة أقل من الخشب الطري عند دق المسامير حيث أن الخشب الصلب ينفلق ولذلك لابد من استخدام الشنيور عند دق المسامير

سهولة التشغيل : مثل النشر والتشكيل. والخشب الطري أسهل في التشكيل من الخشب الصلب ولكنه لا يعطى سطح مناسب للدهان.

مقاومة التحلل والرطوبة : فالأخشاب المتحصل عليها من مركز جذوع الأشجار الصلبة أكثر مقاومة للتحلل والرطوبة من الأخشاب المتحصل عليها من المناطق المحيطة للجذع.

القابلية للدهان : حيث تختلف الأخشاب صلبة كانت أو طرية في قابليتها للدهان شكل رقم (٢-٧) .

التشكيل الزخرفي المختلف :. حيث يمكن تشكيل اشكال زخرفية كثيرة باستخدام الخشب وانواعه المختلفة شكل رقم (٣-٧)

شكل رقم (٢-٧) يوضح استخدامات الخشب المختلفة والدهانات المخلفة في الخشب

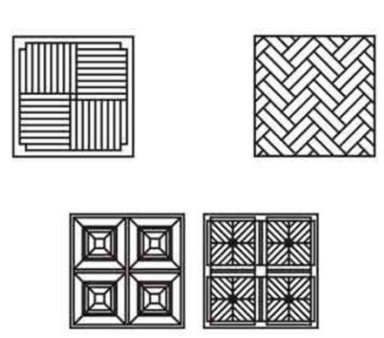
٧-١-٢- عيوب الأخشاب:-

التقصف: ظهور نموات سريعة ومحيطة: مما يعطى جدران رفيعة ذات ألياف ويقلل من كثافة وقوة تحمل الأخشاب.

الشقوق والشروخ: وتحدث عند انفصال الألياف بعضها.

العقد: وهى نقاط التقاء الفروع بالساق وهى تقلل من مقدرة الخشب على تحمل الشد.

التحلل : ويحدث عند حفظ الخشب عند رطوبة أزيد من ٢٠%



شكل رقم (٣-٧) يوضح التكيلات المختلفة باستخدام الخشب

٧-١-٣- ***أنواع الأخشاب:-***

١ - الأخشاب اللينة (الطرية): يتعدد انواعها بحسب تعدد الوانها ومنها :

- **الألواح البيضاء** :(رخيصة وسهلة التشكيل) وتستعمل في أعمال النجارة ويوجد منها تخانات سمك (٢/١، ٤/٣ ، ١ ، ٢ بوصة). كذلك يوجد منها عروق دائرية بقطر ٢ ،٤،٣ بوصة ومربعة X2٢ أو X3٣ أو X4٤ بوصة.

- **الألواح الصفراء:** (مثل خشب الموسكى – السويدى) والذى يستخدم في عمل الأبواب والشبابيك بسمك من ١ – ٤ بوصة.

- **الألواح الحمراء** :(مثل الخشب العزيزى – الشربين – السيروس).

٢. ***الأخشاب الصلبة:***

ذات الكثافة العالية والمقاومة الكبيرة للاحتكاك والرطوبة وتستعمل في أعمال النجارة الدقيقة مثل الشبابيك والأرضيات والسلالم ويكثر استعمالها في الأثاث مثل أخشاب القرو- الماهوجنى – الزان – الورد- الجوز.

٣. ***الأخشاب المصنعة:***

وتستعمل لأعمال التشييد والبناء نظرا لخصائصها العالية من حيث التشكل والمتانة ومن أشهرها:

- ***الخشب الأبلاكاش***: سمك ٤.٣ – ١٢ مم وهو يتكون من عدة رقائق من أخشاب الجوز أو الزان _- ***الخشب البانوه (الكونتر بلاكيه)***

الحبيبي : وهو ألواح مضغوطة من نشارة الخشب أو قشر سيقان الكتان أو قصب السكر وتخلط بالغراء ثم تكبس مع بعضها على الساخن لتعطى خشب حبيبي سمك من (٨ – ٣٢ مم) وقد تكون غير ممسوحة السطح (غشيمة) أو قد تكسى بألواح من الابلاكاش أو الفورمايكا لإعطائها الصلابة وجمال المظهر.

خشب السيلوتكس : عبارة عن طبقات من عجينة النشارة والورق وتكبس بالحرارة بسمك ٣ – ٦مم.

خشب الرقائق المجمعة : وهو مكون من عدة طبقات ملصوقة بالغراء تحت ضغط عالي ويستخدم لتصنيع الكمرات الطويلة.

- **خشب البامبو** : البامبو من الحشائش المعمرة المنتشرة بالمناطق الاستوائية وشبه الاستوائية والمناطق الحارة ويحتوى على نسبة عالية من الألياف ويتميز بمقدرته على تحمل الشد والضغط ويستخدم في بعض الإنشاءات الخفيفة كالأسقف والحوائط الخفيفة.

٧-١-٤- ***الأخشاب المتداولة في أعمال البناء :***

٧-١-٤-١- الزان

كثيرا ما نسمع كلمة خشب زان حين نرتاد محلات التأثيث ونسأل عن نوع الخشب المستخدم فيكون الجواب هذا خشب زان وبالواقع ان كل الاثاث المستورد لا يكون بالعادة خشب زان وانما خشب الزان يكون استخدامه في تصنيع الاثاث المحلي وخشب الزان انواع منها الزان التركي والزان الامريكي والزان الروسي والزان الروماني الذي يعد افضل انواع الزان خصوصا لو كان مجففا ويكون غالي السعر اما الزان التركي فنوعيته تكون سيئة ورخيص السعر ويستخدم خشب الزان في الاثاث المحفور محليا اي الكلاسيك وفي صناعة الابواب والمكاتب .

٧-١-٤-٢- خشب الماهوكني

هذا الخشب الذي يشبه الى حد كبير خشب الزان الا انه يختلف عنه من حيث اللون والصلابة والمقاومة ولهذا الخشب لون مائل الى الاحمر حيث يستخدم في صناعة الاثاث المحفور وفي صناعة الابواب والنوافذ الخشبية وفي كرانيش الابواب ايضا ويكون مصدره امريكي وافريقي والماهوكني الافريقي يكون افضل بالعادة خصوصا بالنسبة لدول الخليج العربي نظرا لمقاومته درجات الحرارة العالية السنديان والمرنتي ومصدرهما امريكي وافريقي ويكون لهما نفس الاستخدامات السابقة وهما اخشاب من النوعية الجيدة ايضا.

٧-١-٤-٣- خشب الصنوبر

ومصدره امريكي لا يصنع بدول الخليج وانما يأتي مصنعا ومصدره امريكي من غابات كارولينا الشمالية ويكون تصنيع الكنب الامريكي الامريكي الاصلي وليس الغير امريكي كالصيني او الماليزي وجودة هذا الخشب عالية جدا

٧-١-٤-٤- خشب الواوا

يكون مصدر هذا الخشب بالعادة الصين واندونيسيا وهو من الاخشاب الطبيعية السيئة نظرا لعدم مقاومته وتعرضه للتعفن بشكل سريع ولكن يمكن ان يعالج عند استخدامه بالدهان والمواد الكيماوية ويستخدم هذا الخشب بشكل كبير في دول الخليج نظرا لرخص سعره وتوفره بشكل كبير ويكون استخدامه بصناعة الاثاث والابواب واغلب الاثاث الصيني المستورد اغلبه وليس كله يكون من خشب اللواوا ولكن يتم تشطيبه بشكل دقيق على قطع الاثاث حتي يعطينا ذاك المنظر المميز

٧-١-٤-٥- الmdf

كثيرا ما نتردد ونرتاب حين نسمع كلمة هذا الخشب في احد محلات بيع الاثاث نظرا لا نه خشب غير طبيعي وهو عبارة عن نشارة خشب طبيعي ومواد كيماوية كبست بمكابس حرارية لتعطينا شكل اللوح الا ان الفكرة المأخوذة عن هذا الخشب الصناعي ربما تكون خاطئة نوعا ما فهذا الخشب مهم جدا ولا يمكن الاستغناء عنه ابدا وهناك انواع منه تكون معالجة بطريقة صحيحة ضد الرطوبة والحرارة لدرجة ان سعره قد يفوق احيانا سعر الخشب الطبيعي ولكن هناك ايضا انواع تكون تجارية وذات نوعيه سيئة ولكن يجب ان نحكم على هذا الخشب مباشرة حيث انه يمكن استخدامه في كل انواع التأثيث ونذكر منها الاثاث الدواليب غرف النوم والمطابخ والابواب وكل شيء له علاقة بصناعة الاثاث يمكن ان يدخل فيها هذا الخشب وذلك لسهولة قصه ولتوفره بأي حجم وسماكة مطلوبة من قبل الفنيين ويباع بالعادة على شكل الواح عريضة ٢٤٠×١٨٠ سم ويتوفر بأي سماكة مطلوبة وما نراه نحن على بعض قطع الاثاث صوصا لو كان حجمها عريضا من عروق للخشب ظنا منا بأنه خشب طبيعي فيمكن الا يكون كذلك فهو يكون خشب mdf ملبس قشرة خشب طبيعي ولقشرة الخشب اشكال متعددة وتشكيلات رائعة ، وهناك خشب اللتيه ويكون نفس خشب ال mdfمن حيث الاستخدام الا انه ليس صناعيا مئة بالمئة فهو عبارة عن شرائح خشب طبيعي تم تغليفها بقشرة وكبسها بمكابس حرارية وافضل انواع الاخشاب السابقة يكون الماليزي والاندونيسي ولا ينصح بالأنواع الاخرى.

٧-١-٤-٦- خشب السويدي

وهو من الاخشاب الطبيعية الرخيصة الا انه يتم استخدامه بشكل كبير في البناء الداخلي لديكورات الخشب والخارجي ايضا وذلك لجمالية هذا الخشب من حيث تشكيلات عروقه فهو يعطي التشكيل الطبيعي للخشب ويستخدم ايضا في صناعة الاثاث والابواب وليس اي اثاث يصنع من هذا الخشب الكنب الامريكي فقط يصنع من هذا الخشب وليس الكلاسيك لصعوبة الحفر عليه نظرا لهشاشته

٧-١-٤-٧- ***الأخشاب الصناعية***

بدا السوق يعمر بمواد صناعية بهيئة ألواح من ألياف شرائح خشبية مضغوطة في مكابس البخارية مثل السلوتكس ، والنوردكس والانسلوود ، وتجهز بأطوال وعروض وسموك مختلفة لاستعمالها في تلاويح الحوائط الرأسية من الداخل أو في الوجهات من الخارج وكذلك في التساقيف من الداخل أيضا ، وتستعمل أحيانا في أشخال التكسيات والتجليد فالواح النوردكس تصنع بطول وعرض ٣.٦٦ × ١.٢٢ متر أو ١.٨٣ × ١.٢٢ متر وبسمك ½ ٣ أو ½ ٥ مم (٨/١" أو ١٦/٣") وطريقة صناعة الواح النوردكس هى أنه قطع جذوع الأشجار إلى شرائح ، وتوضع في خزانات محكمة تسمى مدافع يطلق عليها البخار بطريقى خاصة لبعض ثوانى ، ثم تفجر الشرائح بعد إخراجها من هذه الخزانات لتصير أكداسا من الألياف الخشبية الخالصة الرقيقة ، وتشابه القطن المندوف اللؤج وتأخذ هذه الألياف للتو فتوضع ألواحا ثم توضع في ضواغط عضيمة ذات قوة ضغط هائلة فتسحقها وتحللها إلى ألواح صماء ناعمة الملمس مصقولة من أحد وجهيها لونها بنى ذهبى فاتح والوجه الثانى محبب غير مصقول لا تتأثر هده الألواح بالرطوبة او بالبلل ، فلا يحدث فيها تمدد أو انكماش ولا تضخم ولا تقلص ٠ وهذه الألواح خفيفة الوزن سهلة اتناول بالأدى ويمكن للنجار أستعمال جميع الأدوات العادية فيها كاستعمال في الخشب ، وهى كذلك على عضيمة من المرونة فيمكن ثن اللوح وتقويسه وهو جاف (على الناشف) في حالة الاستدارة المعقولة ، أما في حالة الاستدارة الصغيرة فيمكن تنديته بالماء البارد أو تطريته بالبخار وليس لهذا النوع من الخشب الصناعى رائحة كما أنه لا يمتص الروائح مهما كانت قوية نفاذة ويمكن ‘ستخدامه في كافة أنواع البنايات بشكل تلويح للتغطية بتسميرها على سدابات أو مراين خشبية سواء في الحالات الأفقية أو الراسية أو بتسمريها على الهيكل الخشبى للمنشأة (التقفيصة) ، ويمكن تسمريها على الحوائط المبنية بالطوب او على البياض ، وفى إنشاء البنايات الخفيفة مثل المساكن الخلوية (الفيلات ، الشاليهات) وفى بناء أكشاك الاستحمام بالشواطىء ، واكشاك الحدائق وحضائر السيارات والدواجن والماشية ، وفى بناء المخازن وصوامع الغلال وفى سقوف المصانع والمخازن والأسواق العامة ودور الملاهى والملاعب وفى صناعة الأبواب بتجايدها من الوجهين ٠ ويمكن أيضا استعمال هذه الألواح في صناعة مخادع الخرسانة المسلحة في الشداد بدلا من استعمال عدة ألواح ضيقة العرض وبذا نحصل على خرسانة ذات سطوح مصقولة خالية من التشويهات ، وهذه ميزة لاستعمال هذه الألواح في صب الحجوم والمسطحات الكبيرة فينبغى عن صقل وتهذيب سطح الخرسانة بعد فك الشدادات ويمكن الاستغناء عن الطلاء بالمونة لأن السطح الخرسانى يكون أملسا ناعما ، فتطلى بالفرشة سواء كان بالجير أو بالغراء ، ونظرا لأن سطح اللوح ناعم فأنه ينفضل عن الخرسانة بسهولة ويسر ، وبما أن اللوح مرن فيستعمل في شدات العمد والقبوات وفى سقوف الأنفاق والكبارى والقناطر وغيرها .

الإنسلوود والسيلوتكس

تستعمل هذه الألواح في تجليد حوائط وسقوف صالات المحاضرات والمدرجات وصالات عرض الصور المتحركة ودور الملاهى ، وفى المحلات التجارية والمبانى السكنية ، وهى ألواح عازلة لنفاذ الصوت وواقية ضد الحريق ، تجهز بالمصنع على أربع (٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ أقدام)وبأطوال مختلفة أقصرها ٤ أقدام وأطزلها ١٢ قدما وبسمك نصف بوصة٠

هاردبورد

نوع مماثل للسيلوتكس مانع للصوت ونفاذ الحرارة وتحضر ألواحه بسمك ١٢ مم ومن مقاس ٣.٥٥ × ١.٥٥ مترا لتغطى مسطحا قدره ٥.٢٥ مترا مربعا ويستعمل كاستعمال السابق٠

إيزورن

نوع مماثل للنوردكس أصلا وصناعة واستعمالا ويجد على سمكين ٤ ، ٥ مم ومقاس اللوح ٢.٧٥ × ١.٢٥ مترا ليغطى مسطحا قدره ٣.٤٣ مترا مربعا .

البوبوليت

البوبوليت مادة خفيفة تستعمل في جميع أغراض البناء وهى عبارة عن ألواح صلبة كبيرة المقاومة عازلة للحرارة والصوت ولا تتأثر بالمؤثرات الجوية علاوة على أنها غير قابلة للاشتعال وتوجد مادة مشابهة لها في تركيب تسمى لينوما وهذه المادة مخلوط من ألياف الخشب والمونة السمنية معالجان بطريقة كيميائية خاصة تجعل ألواح هذه المادة غير قابلة للاشتعال أو الفساد ، فلا يصل إليها أذى الحيوانات أو الحشرات القارضة ٠ وتستعمل منها سقوف رقيقة أيضا٠وهذه الألواح مصنوعة بطول مترين وعرض نصف متر وبسمك متنوع يصلح لاستعمالات شتى فيكون للبوبوليت ١ ، ½ ١ ، ٢، ٣، ٥، ٨ ، ١٠ ، ١٢ ، ١٥ سم ، ويزن المتر المسطح منه بالكيلوجرام لسموك اللينوما هي ½ ١ ، ½ ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٧ سم وهذه الألواح سهلة الاستعمال ، موفرة للزمن المستهلك والجهد والنفقات من حيث التركيب ، كما يمكن نقل كمية كبيرة منها تغطى مسطحا عظيما نظير نقل كمية بسيطة من مادة بنائية أخرى ثقيلة الوزن٠ويمكن استعمال الألواح إما في التغطيات بتسمريها على سدايب خشبية أو تسميرها على التقافيص الخشبية – الهيكل الخشبي – مع إمكان استعمال أدوات لنجارة العادية من منشار وغيره ، كما تستعمل في لصقها على اوجه البناء باستعمال المونة السمنية المعتادة ، كما أنه يمكن البناء باستعمال الألواح ذات السموك الكبيرة حسب الحالات٠

الأبلكاش :

-عبارة عن ألواح من الخشب المصنع من عدة رقائق من الخشب الرفيع القشرة ملتصقة ببعضها تحت ضغط عالي و الغرض من صناعة تلك الألواح هو الحصول علي نوع من الخشب ذو مسطح كبير بشطرط ان تتوافر فيه صفة الثبات و عدم الانحراف و الالتواء أو التشقق.

- ترص طبقات القشرة بحيث تكون كل طبقة أليافها عمودية علي الطبقة التي تليها و تلك الطريقة تجعل قوة كل طبقة تتضافر مع الأخري، و لرخص ثمن الأبلكاج فإنه يستعمل في صناعة الموبيليا و في الحوائط الفاصلة و الأبواب و التجليد و الأعمال الزخرفية.

<u>أنواعه :</u>

١ – أبلكاش الحور :

-انتشرت صناعته من الخشب الحور و ذلك لخواصه العديدة و أهمها سرعة نمو تلك الشجرة و إمكانية زراعتها في أماكن كثيرة. و أيضا سهولة تقطيعه علي هيئة شرائح طويلة و عريضة.

-هي أنسي لصناعة الأبلكاش و الكونتر.

-خشب الحور خشب أبيض اللون و خفيف و طري فلا يتفلق أو يتشقق إلا بصعوبة.

-عيبه الوحيد أنه لا يتحمل عوامل الجو المختلفة فلا ينصح باستعماله في الأماكن الخارجية.

٢ – أبلكاش الموجانو :

- بالرغم من ندرته فالسائد هو استعمال الموجانو الأفريقي و مواصفاته تشبه كثيرا الموجانو الأصلي إلا أنه يتسم برخص ثمنه و ذلك لوفرته.

- من الأخشاب التي تقوم العوامل الجوية و خاصة الرطوبة لذلك تصنع منه الأخشاب التي تستعمل في الأماكن الخارجية ويمكن أن يترك في الماء دون أن يتشقق أو تنفصل طبقاته.

٣ – الأبلكاش متعدد الطبقات :

-و هو يختلف عن الأبلكاش العادي بتعدد طبقاته و هي عادة أكثر من ٥ طبقات إلي أن تصل إلي ١٥ طبقة، و تتميز هذه الألواح بصلابتها و عدم مرونتها علي عكس الأبلكاش العادي.

الكونتر بلاكيه (الأخشاب المسدبة

-تختلف عن الأبلكاش لوجود سدائب من الخشب السميك نسبيا في وسط اللوح بين الطبقتين أو أربعة طبقات من القشرة.و تكون السدايب من خشب حور أو الموسكي و ترص بطريقة متعاكسة مع اتجاه الألياف والغرض من ذلك جعل اللوح أكثر ثباتا و صلابة.و لصلابة و مقومة الانحناء التي تتميز بها أخشاب الكونتر فإنها تستعمل في صناعة الموبيليا و التجليد و الأرفف.

الخشب الحبيبي:

-عبارة عن حبيبات من الخشب المفروم متماسكة مع بعضها عن طريق مادة لاصقة مخلقة تجف بالحرارة مثل اليوريافورمالدهيد أو الفينولفورمالدهايد.و يرجع التفكير في هذا النوع إلي الكميات الهائلة المفقودة من الأخشاب المتبقية من أعمال تقطيع الأخشاب و مخلفاته،و يتم تقسيمها إلي نوعين:

١- **ذو طبقات:** تكون حبيبات الخشب المفروم المكون للسطح الخارجي للألواح أصغر و أدق من حبيبات الخشب المفروم للطبقة الداخلية.

٢- **متدرج الحبيبات:** تتدرج حبيبات الخشب المفروم من الخارج إلي الداخل لتكون أصغر الحبيبات علي السطح الخارجي و ينقسم وزن تلك الأخشاب إلي الخفيف- المتوسط- الثقيل.

-*مميزاته*:

رخص الثمن.، الثبات فهو لا يتأثر بدرجات الحرارة، اتساع مقاساته،

-عيوبه:

١- ثقل وزنه فهو يصل إلي ضعف وزن الأبلكاش.

٢- يستهلك بسرعة الأدوات.

٣- عملية اللحامات تتطلب أساليب خاصة.

٤- يصعب استعمال المسامير.

٥- صعوبة الدهان نسبيا.

اللدائن

٧-٢- مقدمة

اللدائن (البلاستيك) plastique مركبات ذات جزيئات كبيرة macromoléculaires تنتج من الراتنجات résines المحضّرة كيمياوياً وعلى مستوى صناعي، يضاف إليها غالباً بعض المواد المساعدة adjuvants كالملوّنات، والملدنات، والمثبتات، ومواد التسليح والتقوية وغيرها، وذلك لتعديل بعض خواصها كالمقاومة الميكانيكية، واللدونة، ومقاومة الأكسدة، وثبات الأبعاد، والتلوين، وغيرها، وكذلك لتسهيل عملية التصنيع إن معظم الراتنجيات عادة مختلفة كيمياوياً، لكنها تجمع فيما بينها نقطة مشتركة، وهي أنها مزيج صلب أو سائل من جزيئات ضخمة ذات كتل كبيرة أو متوسطة، أي بوليميرات polymères، تشكل طبقة من طبيعة عضوية أو نصف عضوية؛ وتنتج من تفاعل طبيعي أو اصطناعي، مثل تفاعل البلمرة polymérisation.

و«البوليمير» هو جزيء كبير أو طويل السلسلة يتكون من ترابط عدد كبير من المقاطع الأحادية motifs، أو الجزيئات الكبيرة monomères، يرتبط بعضها مع بعض بوساطة روابط تكافؤية liaisons covalentes؛ لتشكل طبقة واضحة مميزة قد تكون مضغوطة أحياناً، وقد يكون لها تشعبات أحياناً أخرى. فإذا كانت الوحدات المكونة متماثلة فالناتج «بوليمير»، أما إذا كانت مختلفة فالناتج يكون «بوليمير» مشتركاً copolymèrs.

شكل رقم ٤-٧ طائرة هيكلها من اللدائن

ولابدّ من الإشارة إلى أن مشتقات «البوليمير» تتضمن أساساً المواد البلاستيكية والمواد المطاطية (المطاط caoutchoucs)، وهذان الفرعان مختلفان من حيث الصفات الفيزيائية والكيمياوية والميكانيكية وهناك العديد من الصناعات والتطبيقات للدائن موضحة في الأشكال من (٤-٧) الى الشكل (١١-٧)

٧-٢-١- تصنيف اللدائن

شكل رقم ٥-٧ حوض سباحة من اللدائن

هناك العديد من تصنيفات هذه المركبات أهمها:

١. التركيب الكيمياوي للمقاطع.

٢. نموذج عملية البلمرة.

٣. بحسب المنشأ.

فالتركيب الكيمياوي للمقاطع motif monomère يسمح بتصنيف «البوليمير» إلى «بوليمير» خطي polymère linéaire (البلاستيك الحراري thermoplastique).

٢. «بوليمير» ثلاثي الأبعاد tridimensionnelles (البلاستيك المتصلّب حرارياً).

وهناك تركيبان وسطيان بين اثنين، هما: «البوليمير» المتشعب polymère ramifiée و«البوليمير الصفائحي» polymère lamellaire، ولا يمكن إلا بصعوبة تصنيفها لأحد النوعين السابقين. وإن أياً من هذه التصنيفات له حدود ضيقة، ويتخذ أساساً تابعاً للتطبيقات المستعمل من أجلها.

ولما كانت الحرارة والضغط من المؤثرات الأساسية على سلوك المواد البلاستيكية عامة، وفي أثناء عمليات التصنيع المرغوبة بالدرجة الأولى، فإنه يمكن تقسيم المواد البلاستيكية إلى قسمين كبيرين يمكن فهمهما من خلال النموذجين الآتيين:

شكل رقم ٧-٧ سياج وكراسي من اللدائن المقواة

شكل ٦-٧ أجزاء مكنات صناعية من اللدائن

شكل رقم ٨-٧ أردية ملونة من اللدائن لراكبي الدراجات

١ــ لــدائن تــدعى بلاســتيكاً حراريــاً thermoplastique، تصنع بتبريد المادة قبل إزالة الضغط عنها من أجل المحافظة على الشكل الجديد المكتسب.

يمكن مقارنة هذه المواد بشمع العسل cire، حيث إن هذا الشمع صلب بدرجة الحرارة العادية، لكنه يلين بتأثير درجة حرارة أعلى ويمكن من ثم قولبته. ويتصلب مجدداً بعد التبريــد، ويحــافظ علــى الشــكل الجديــد المعطى لـه، ويمكن تكرار هذه العملية مرات غير محدودة. ويمكن لمواد البلاستيك الحراري أن تسلك السلوك نفسه، أي إن دورة التحويل بالضغط والحرارة قابلة للانعكاس.

٢. مواد البلاستيك المتصلب حرارياً thermodurcissable أو thermorigide ويمكن تمثيل هذه المواد بالخرسانة (مزيج الإسمنت والرمل)، وهي تتصلب نتيجة تفاعل كيمياوي مع الماء، فالإسمنت هنا رابطة بين حبيبات الرمل. والرمل هنا يمثل الحمل charge أو الحشوة لتخفيض الكلفة وتحسين الخواص الميكانيكية للمجموعة. أما التعديل الذي طرأ في لحظة التفاعل الكيمياوي مع الماء فنهائي، ينتج منه جسم صلب يحافظ على الشكل الجديد المصبوب. ودورة التحويل بالضغط والحرارة غير قابلة للانعكاس.

شكل رقم ٩-٧ أزرار من اللدائن

٧-٢-٢- ***الخواص الفيزيائية والميكانيكية للدائن***

إن نظرية المرونة élasticité التي طرحها هوك Hook ونظرية اللدونة plasticité التي قال بها كولومب Coulomb غير ملائمتين تماماً لدراسة السلوك الميكانيكي «للبوليمير» من الوجوه كلها، وهناك العديد من التوضيحات والأمثلة التي تعبر عن ذلك منها:

إن بعض المفاهيم التي يمكن أن توصف بها المواد التقليدية كالمعادن، مثل المطاوعة ductilité والهشاشة fragilité، ليس لها أي مدلول في المواد البلاستيكية الحرارية، إذ يمكن تكييف بعض أنواع السيليكون silicones كما يكيف العجين، ولا مرونة فيه تماماً عندما يشد شداً بطيئاً، لكنه ينقطع عند شده بسرعة. وإن لوحاً من كلوريد البوليفينيل (polyvinyl chloride) PVC يمكن فتله حول نفسه من دون أن ينهار، لكنه ينكسر بالصدم. وإذا عُرِّضت مادة بلاستيكية لقوة ثابتة فإن تشوهها (انفعالها) يزداد مع الزمن، ولا يخضع للحمل فقط بل للزمن كذلك.

لقد اهتمت الريولوجيا(علم الدفق) rhéologie التي تأسست عام ١٩٢٩ باللزوجة المرنة viscoélastique واللزوجة اللدنة viscoplasticité، وجرت دراسات مكروريولوجية microrhéologie عديدة لربط الظواهر الميكانيكية الملاحظة عملياً بالتركيب الجزيئي للمادة (كيمياوياً).

ففي المجال الخطي تكون حالة المادة محددة بمعادلة تفاضلية؛ وسلوك المادة، يمكن التعبير عنها بالنماذج «الريولوجية» العادية التي يمكن أن تكون عناصر كهربائية (مقاومات، مولدات، ساحة مغنطيسية وغيرها) وهي الأكثر شيوعاً واستعمالاً، حيث تربط على التسلسل أو التفرع أو الاثنين معاً حسب سلوك المادة.

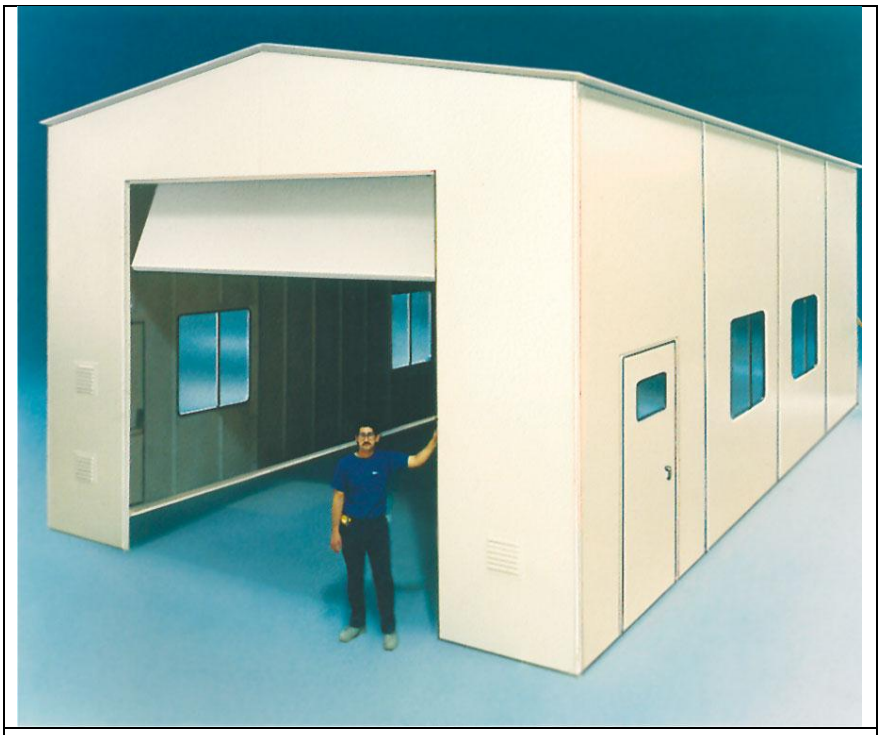
شكل رقم ١٠-٧ دعائم من اللدائن للواجهات الزجاجية

٧-٢-٣- طرائق تصنيع اللدائن

هناك العديد من الطرائق المستخدمة لتمييع المواد البلاستيكية وتحويلها من نصف منتج demi-produit (ذرور ـ حبيبات) إلى منتج نهائي جاهز للاستعمال والاستهلاك. أما التقنيات المستخدمة في التصنيع فتختلف اختلافاً بيناً بحسب نوع المادة اللدنة، وهنا يمكن تمييز حالتين:

١. تصنيع المواد البلاستيكية الحرارية.

٢. تصنيع المواد البلاستيكية المتصلبة بالحرارة.



شكل رقم ١١-٧ مرآب أو ورشة من اللدائن المقواة

٧-٢-٤- *مميزات اللدائن :*

١. انخفاض كلفة إنتاجها وبالتالي يرخص ثمنها .

٢. خفة وزنها ومقاومتها للتآكل والصدأ .

٣. سهولة تشكيلها وعزلها للحرارة والكهرباء .

٤. شفافية بعض أنواعها للضوء فيمكن رؤية محتويات العبوات المصنوعة منها.

٥. مقاومة بعضها لتأثيرالكيماويات وشدة مقاومتها للكسر ومتانتها مما يسهل استخدامها .

٦. قدرتها على عزل الرطوبة فتتفوقعلى العبوات المصنوعة من الورق والقماش .

إمكانية صناعة العديد من أنواعالبلاستيك باختلاف ما يدخل في صناعته من مواد مضافة كما له خصائص أخرى من حيث الأصناف ومنها :

١. يضم أصنافاً مرنة وأخرى صلبة .
٢. لينة وأخرى قاسية .
٣. شفافة وأخرى غير شفافة .
٤. أصناف تصمد أمام الحرارة وأخرى لا تصمد أمام الحرارة .
٥. أصناف تصمد أمام الضوء وأخرى لا تصمد أمام الضوء .
٦. أصناف تصمد أمام النار وأخرى لا تصمد أمام النار .

عائلات اللدائن :

١. بولثلين قليل الكثافة .
٢. بولثلين عالي الكثافة .
٣. البوليفينيل كلوريد .
٤. البوليسترين .
٥. البولي بروبلين .

وعلى الرغم من أن أمكانية إعادة تصنيع بعض اللدائن ولا سيما الحرارية منها إلا أنها تشكل أحياناً أخري ملوثات للطبيعة وذلك لصعوبة تحليلها .

٧-٢-٥- ***تركيب البلاستيك (اللدائن) :***

يتركب البلاستيك من الأيثين أحد مشتقات النفط الذي يستخدم في صناعة البوليثين حيث يعد البوليثين من أشهر أنواع البلاستيك .

الإيثين غاز عضوي الذي يكون سلسلة طويلة تسمي بالبوليثين ويكون الإرتباط بين الجزيئات بمواد كيميائية تعرف بالعوامل الحفازة . وهو نوعان :

١. ذو الكثافة المنخفضة .
٢. ذو الكفائة العالية .
٣. الاكريلك .
٤. النايلون .

٧-٢-٦- ***تصنيع اللدائن :***

تتوافر المواد الخام للدائن باشكال مختلفة منها ما هو على شكل مسحوق أو حبيبات مختلفة الأحجام أو على شكل سائل لزج وتمر عملية تصنيع اللدائن بعدة مراحل هي :

١ . تشكيل اللدائن :

طريقة التشكيل في القالب :

أ/ السحب

ب/ السحب والنفخ .

ج/ الحقن .

د/ الكبس .

هـ/ التفريغ .

٢ . عمليات اللصق والتثبيت في اللدائن :

يتم إختيار عملية التثبيت حسب المواد التي يراد تثبيتها ومقدار الحمل المعدة له :

الطرق المتبعة في عملية التثبيت :

أ/ التثبيت بالتبريد والضغط .

ب/ التثبيت بالتسخين .

ج/ التثبيت الحراري .

د/ التثبيت بالأمواج فوق السمعية .

المواد المستخدمة في لصق اللدائن :

أ/ التنسول .

ب/ الابوكسي .

ج/ اللواصق السريعة . .... وغيرها .

الدهانات

٧-٣- مقدمة

تعتبر الدهانات مرحلة من مراحل التشطيب المهمة في أي عملية بناء أو تشييد وتختلف أنواع الدهانات واستخداماتها وطرق تركيبها وذلك حسب نوع السطح المركب عليه الدهان أو الطلاء هذا بالإضافة إلى الجانب الجمالي الذي يضفيه الدهان على جدران البناء سواء كان منزلاً أو منشاة أخرى وبالطبع تزداد الأهمية في المنازل والمكاتب حيث تتفاوت الأذواق بين الأفراد وتأتي الدهانات لتلبي هذه الأذواق على الرغم من اختلافها و يعرف الطلاء (الدهان) بأنه مادة كيميائية يمكن فرشها على سطح صلب (حديد ، خشب ، خرسانة ، طابوق) تجف لتعطي سماكة رقيقة ذات لون معين جيدة الالتصاق تغطي السطح المدهون تماما وتتقسم أعمال الدهانات إلى عدة أقسام منها الدهانات المشتقة من الماء مثل دهان المستحلب المائي (الأملش) ودهان الجير ومنها الدهانات المشتقة من الزيوت أو دهان (الورنيش) الفينيل ، تستعمل الدهانات لحماية الأسطح من المؤثرات الطبيعية بها والتحكم في اللون والشكل حسب الأذواق، قبل استعمال الدهان على الأسطح يجب عمل صنفرة للسطح ثم نقوم بمعجنة ثم نقوم بعمل صنفرة مرة أخرى لتنعيم السطح وتنظيفه بحيث نقوم بنفس الوقت بسداد المسامات وتنظيفه ثم نتركه إلى أن يجف ثم نقوم بتركيب الدهان ابتداء من طبقة الوجه التحضيري ثم طبقة أخرى وهي وجه البطانة ثم نعمل طبقة أخيرة وهو الوجه النهائي وعلى أن يكون تركيب طبقة تلي الأخرى بعد جفاف كل وجه وتمام تصلبه وصنفرته وتنظيفه ومعجنته وتركه يجف ثم نقوم بعملية الصنفرة مرة ثانية وينظف ثم نقوم بتركيب الطبقة التي تليها وهكذا . ولا ننسى بأن تكون طبقة الدهان الأولى على السطح مناسبة وسهلة الالتصاق حتى تساعد على تركيب طبقة أخرى عليها.

وعندما يكون استعمال الدهانات الخلوطة يدوياً يجب بأن نعمل الوجه الأول التحضيري من طبقتين لعدم تغطيتها الأسطح جيداً والألوان في الوجه النهائي ويختار على حسب الذوق مثل لون مطفئ أو لميع أي أن اللميع يعيش مدة أطول في الأسطح الخارجية للمباني عن اللون المطفئ.

تقسم أنواع الدهانات إلى دهانات خارجية وداخلية .

٧-٣-١- أنواع الدهانات

١ – الزيتي

ويتكون من اختلاط الزيت مع مواد ملونه زيتيه و مثبتات لون

من مميزات هذا الدهان انه من السهل غسله و تنظيفه بليفة صغيره غير ملونه و قليل من ماده منظفه وماء إلا أن من عيوب هذا الدهان انه يغير لونه بسهوله بعدم تعرضه للهواء حيث يتفاعل مع الضوء ونلاحظ ذلك في الأماكن تحت الصور وخلف الدولايب.

٢ – البلاستيك

من مميزات البلاستيك لونه المطفئ ألوانه الهادئة وأيضاً سعره الغير مكلف إلا انه من عيوبه عدم سهولة تنظيفه فهو يتأثر بغسله مرارا عكس الدهان الزيتي .

٣–الجيري

وهذا من أسوأ أنواع الدهانات وكثيرا ما يصعب التعامل معه و يسهل تشققه وسقوطه ويستخدم اغلب الوقت في المخازن .

٧–٣–٢– ***٤– ورق الحائط***

وهو عبارة عن ماده ورقيه لا تتأثر بالماء تلصق على الحوائط بالطول و تنوب عن الدهانات ومن مميزات ورق الحائط بأنه لا يظهر عيوب الحوائط لو كان بها ميلا أو انحرافا فهو يغطي كل هذا بالطبقة الورقية السميكة كما انه من السهل غسله وتنظيفه ولا يأخذ وقتا طويلا في تنفيذه ألا أن من عيوبه الأساسية هي سهولة خدشه بآلات حادة أو تقشيره إلا أن المحافظة عليه هامه للحفاظ على جماله كما أن السخونة عدو ورق الحائط.

الدهانات الخارجية :

تختلف الدهانات الداخلية عن الخارجية في الآتي:

تجهيز السطح حيث يفضل استخدام لسيلر بعد نظافة السطح بالكمبروسور أو البلاور مع مسحه بقطعة قماش ، ويراعى أن يكون سمك المعجون أقل ما يمكن (من ٠.٥ إلى ١ مم) ٠وتكون جميع الخامات مخصصة للاستخدام الخارجي بدءا من المعجون حتى التشطيب النهائي لتتحمل درجات الحرارة والظروف الجوية المختلفة ويراعى إن يكون سمك الدهان اقل ما يمكن خاصة في الكوارتز والجرافياتو منعا للتشقق يراعى أن تكون الألوان ثابتة وجيدة ومخلطة ميكانيكيا بالكومبيوتر لتكون الأكاسيد المستخدمة تتحمل درجات الحرارة والرطوبة والعوامل الجوية الأخرى .

تأثيرات الدهانات الخارجية

يفضل عمل التأثيرات في الواجهات باستخدام الرولات ذات النقشات المختلفة و الرولات الجلد أو الفرش المختلفة حيث يصعب عمل لتأثيرات بالإسفنج أو القماش أو أكياس البلاستيك لصعوبة ذلك في الواجهات و يفضل أن تكون تأثيرات الواجهات غير بارزة إلا في أضيق الحدود لسهولة تنفيذ الصيانة و يفضل دهان الواجهات بالبوليش الشفاف لسهولة التنظيف و للحفاظ على رونق الواجهات

أنواع عيوب الدهانات

-العيوب الناتجة من سوء التصنيع وعلاجها

-العيوب الناتجة من سوء المصنع وعلاجها

-العيوب الناتجة من سوء الاستعمال

-العيوب الناتجة من سوء الاستعمال وعلاجها

-العيوب الناتجة من عدم معالجة أسطح الدهان وعلاجها

-العيوب الناشئة من الاستخدام الخاطئ للمخففات وعلاجها

-العيوب الناشئة عن سوء التخزين والعبوات وعلاجها

-العيوب المتعلقة بالنظافة

-العيوب الناتجة عن عدم الدراية الخامات الحديثة

عيوب تنتج عن تقابل الأسطح المختلفة .

البلاط

٧-٤- أنواع البلاط

١) البلاط الطبيعي: سواء كان رخام أو جرانيت.
٢) البلاط الصناعي: يقسم إلى ثلاثة أنواع هي :-

٧-٤-١- أولاً :البلاط الإسمنتي :

ينقسم البلاط الإسمنتي بحسب نوع الحصمة المستخدمة في صناعته إلى قسمين:
- بلاط مزايكو: من عيوب الحصمة المستخدمة فيها أنها لينة نوعاً ما.
- بلاط كسر رخام: وهو الأكثر انتشاراً ويتواجد بعدة أبعاد (٢٠*٢٠*٢سم) ، (٣٠*٣٠*٣سم) ، (٢٥*٢٥*٢.٥) ، أما بالنسبة للاستخدام فإن الأخير هو الأكثر شيوعاً ، بينما لا يحبذ استخدام بلاط (٣٠*٣٠*٣سم) في الطوابق العلوية لثقل وزنه(شكل رقم ١٢-٧) .

شكل رقم(١٢-٧) يوضح انواع البلاط الأسمنتي (موزايكو + كسر رخام)

ويتكون هذا النوع من البلاط من طبقتين:
أ- **العلوية (طبقة الوجه)**: تتكون من كسر الحصمة والإسمنت الأبيض والكوارتز ، وتكون بسمك ٨مم تقريباُ والغرض منها إظهار البلاط بمظهر نهائي مقبول، ومقاومة عوامل البري والتآكل.
ب- **السفلية (طبقة البطن)**: تتكون من الإسمنت وكسر الحصمة الناعمة ، ووظيفتها الأساسية إعطاء البلاط قوته المطلوبة.

عملية التصنيع:

١- يتم تجهيز الخلطة المكونة للبلاط.

٢- تصب الخلطة في قوالب ، مع البدء بطبقة الوجه.

٣- تفرد الخلطة في قوالب.

٤- تصب طبقة البطن وتفرد.

٥- يتم ضغط المكونات المصبوبة بما يعادل ٢٥٠ بار تقريباً.

٦- ثم تخرج البلاطات من قوالب وتترك لتجف ، ويجب معالجتها ورشها بالمياه لمدة ٧٢ ساعة.

٧- تبدأ عملية تنعيم البلاطة ، وتتم بواسطة خمسة أنواع من أحجار البردخة ، يبدأ التنعيم بأخشنها ثم بالأنعم فالأنعم ، وتستمر البردخة حتى الوصول إلى الشكل الأكثر نعومة لسطح البلاطة.

٨- يتم حف جوانب البلاطة بزاوية ٤٥ درجة ، وبعمق ١مم وذلك للمساعدة على استقامة المسافات بين البلاطات.

٩- تترك البلاطة ٢١ يوم على الأقل قبل استخدامها ، وذلك حتى يصل البلاط إلى القوة المطلوبة .

مميزات البلاط الإسمنتي:-

- قوي ، ويعتبر أقوى من السيراميك.

- مقاوم للاحتكاك وعوامل البري ، خصوصاً إذا تم تصنيعه بطريقة سليمة،ويعتبر أفضل من السيراميك في هذه الخاصية أيضاً.

- يمكن أن يتم تركيبه بمناظر جمالية متعددة.

عيوب البلاط الإسمنتي:-

عدم مقاومته للأحماض والأملاح ،لذلك لا يصلح في بلاطات المطابخ،أو المختبرات العلمية.

٧-٤-٢- ثانياً:السيراميك:

هو عبارة عن بلاط مصنوع من الطين،عن طريق تعريضه للحرق تحت درجات حرارة عالية ، ثم دهن وجهه بطبقة قوية من الكوارتز أو البازلت ، ويكون سمك هذه الطبقة رقيقاً جداً في العادة ، بحيث يشكل قيمة مهملة نسبة إلى سمك البلاط ويتواجد السيراميك بعدة أبعاد أدناها (١٠*١٠) (شكل ١٣-٧).

مميزات السيراميك:-

- مقاومة الأحماض،والمواد الكيميائية.

- المظهر الجمالي الجيد.

عيوب السيراميك:-

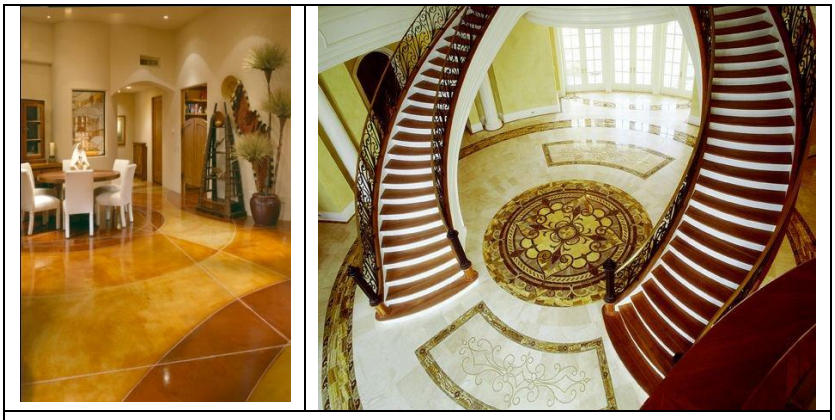
ضعيف وغير مقاوم للبري ، لذلك لا يحبذ استخدامه كبلاط أرضيات في المناطق التي تكثر فيها الحركة كالمحلات التجارية والمباني العامة.

٧-٤-٣- ثالثاً: البورسيلان

تتشابه طريقة تصنيعه مع طريقة تصنيع الكراميكا ، إلا أن مجمل المادة المصنوع منها واحدة(شكل رقم ٧-١٤)

مميزات البورسيلان:-

- قوي.
- مقاوم للأملاح والكيماويات.
- مقاوم بشكل كبير للتآكل.
- أفضل أنواع البلاط على الإطلاق للاستخدام في المباني العامة.



شكلف رقم ٧-١٣ يوضح البلاط سيراميك نخب اول

عيوب البورسيلان:-

مرتفع الثمن.

- **أنواع البورسيلان:-**

- خشن.
- ناعم.

شكل رقم ٧-١٤ يوضح البلاط البورسلان

• ***استخداماته:-***

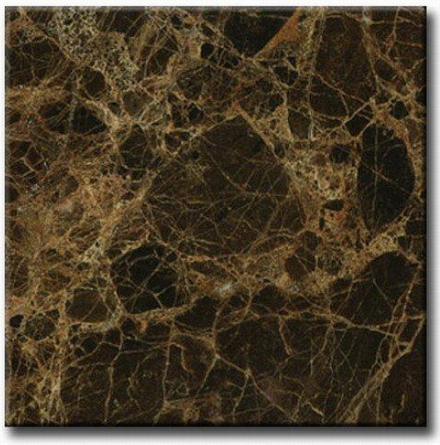
يستخدم للأرضيات ، أو للجدران الداخلية والخارجية.

• الفحوصات اللازمة للبلاط قبل استخدامه:-

- فحص الإهتراء.
- فحص الاستوائية وانتظام الأبعاد.
- فحص استقامة الحواف باستخدام الزاوية.
- فحص القوة،ويراعى عمل الفحص للوجهين في البلاط الإسمنتي.
- فحص امتصاص الماء.
- فحص مقاومة المواد الكيماوية والأحماض خصوصاُ في البورسيلان والكراميا.

٧-٤-٤- الرخام

هو ترسبات جيرية تنتج أصلاً عن الجبال ، وقد يكون الرخام محلي أو مستورد:(شكل رقم ١٥-٧) .



شكل رقم ١٥-٧ يوضح البلاط الرخام

أقسام الرخام:-

ينقسم الرخام إلى قسمين من حيث أعمال الرخام المطبقة في المنشآت:

(١)طبيعي: وهو قسمان ، أولهما ما كان أصله صخور رسوبية أو متحولة والثاني ما كان أصله صخور نارية .

(٢)صناعي: وهو ناتج عن تصنيع كيميائي يجري بناء على خطوات معينة للحصول في النهاية على مادة تصلح لأن تكون بديلاً عن الرخام الطبيعي في الأعمال الإنشائية.

٧-٤-٥- الجرانيت:-

ينقسم الجرانيت المستخدم في غزة إلى عدة أقسام يرجع الفرق فيما بينهما بشكل أساسي إلى اللون والمظهر الجمالي ، بالإضافة إلى عدة عوامل أخرى منها مدى مقاومة الجرانيت للبري والتآكل ، وصلابته ، وامتصاصه للماء(شكل رقم ١٦-٧).

شكل رقم (١٦-٧)يوضح بلاط الجرانيب وألوانة المختلفة

أنواع الجرانيت:-

١- روزابيتا: وهو من أرخص وأشهر أنواع الجرانيت المستخدمة في بلاد الشام ، ويمكن اعتباره أكثرها استخداماً. ولونه أسود منقش بالأبيض أو البني.

٢- أورز: لونه أسود ، ويستخدم في المطابخ،وفي الأسطح المعرضة للأملاح والأحماض،ويكون وجهاً نهائياً.

٣- تايجر: لونه كلون الأورز تماماً،ويكثر استخدامه في المطابخ أو مختبرات المدارس والجامعات ، حيث يتميز بمقاومته للأحماض والمواد الكيميائية بدرجة عالية.

٤- فورميكا: لونه بني ، ويمتاز بالناحية الجمالية ، وبالتالي يكثر استخدامه كبلاط أرضيات أو واجهات أو جدران ، كما يمكن استخدامه في المطابخ.

٥- المصدف: وهو الأعلى سعراً من بين الأنواع الموجودة في غزة و ويرجع السبب إلى ندرته وقوته وجماله.

المواد العازله

٧-٥- مقدمة

يعتبر المبني وحده متكاملة بجميع أجزائه وتقسيماته ومراحل إستخدامه ويتكون من عدة عناصر متناسقه مترابطه متداخلة الخصائص. كل هذه المكونات تجتمع لتشكل المبني ليفي الغرض الذي درس وصمم ونفذ من أجله . وكلما كانت العناصر المكونه للمبني درست وصممت وطبقت بتفاصيل أدق وأسلم كلما كان معدل الأداء التشغيلي أكبر وأجدي .

ومن الملاحظ أنه تراكمت خبره عبر السنوات في مجال تنفيذ المباني بالنسبه للدارسين و المصممين والمنفذين للمباني بمختلف أنواعها .

حيث حدث تطور كبير في عزل المبني بجميع أقسامه المختلفه و أصبح يشكل مجالا للتنافس والإبداع و أنشأت له أقسام خاصه في الشركات العالميه الكبري و أعطيت له ميزانيات ماليه ضخمه لتكون معينا يفي لتكلفة الأبحاث والمختبرات العلميه وإيجاد الكوادر المؤهله تأهيلا عاليا وعليه قامت شركات متخصصه لدراسة العزل المائي والحراري والصوتي لإيجاد المواد المتخصصه التي تفي بالغرض لحماية المباني من خطر تلك العوامل لتكون أكثر راحة و أقل تكلفة وأطول عمرا. وتبعا لذلك قامت مؤسسات صناعيه كبري في الدول المتقدمه تكنلوجيا معنيه بإنتاج المواد العازله المختلفه ، وأكثر من ذلك حيث برز الي حيز الوجود أنظمه متكامله للعزل مسجله بأسماء شركات تجاريه ذات علامات مسجله في منظمة الملكيه الفكريه والبوردات العالميه وهيئات الأبحاث العلميه ، متنافسه فيما بينها تنافسا علميا وتجاريا كبيرا، وتسعي لنيل الرضاء بدعمها لكليات الهندسه والمؤسسات الفنيه وتمد أواصر الصله مع الدول الناميه ذات الإقتصاد الواعد والتي بنيتها التحتيه تحتاج الي عمل أصبح العزل علما هندسيا أساسيا له حيز معتبر في حياة.

٧-٥-١- بداية العزل الحديث

وبعد اكتشاف البترول وخروج مشتقاته إستفاد العالم من مخلفات تجزئته وصناعته وذلك بدهن الأساسات والمباني علي الأسطح وأرضيات الحمامات والبدرومات وغرف التفتيش وأحواض التخمير وحول نوافير المياه ومواسير التوصيل سواء كانت المدفونة أو غير المدفونة المعرضه للعوامل الطبيعيه من حراره وبروده ورطوبه، حيث يتم العزل عن طريق دهن العضو المراد عزله بالمادة الزيتيه البترولیه والتي كانت في ذلك الوقت تعطي نتائج إيجابيه قل أن تعطيها ماده غيرها (Cold Bitumen)ولكن بعد مرور فتره من الوقت تلاحظ أن هذه الماده المدهونه .

تفقد خواصها نتيجة لسمكها الصغير ، فتمت معالجة هذه المشكله بتخفيض كمية الماء المزابه في البتيومين ليزداد سماكة لذلك بدل أن تكون جاهزه للطلاء بكونها سائله أصبحت تدهن قبل ان تفقد حرارتها فتتصلب Hot Bitumen)وفي بعض الأحيان (مايسمى ب (يذاب بإضافة ماده بترولية أخري مثل(الكيروسين) الخفيف أو الثقيل وهو مايسمي عندنا ب(الجازولين)) إتضح بعد فتره أن كل المعالجات التي تمت للبتيومين وقفت عاجزه أمام أمر هام وهو أن البتيومين لا يتحمل درجة حراره عاليه لأنه بعد طلائه عندما ترتفع درجة حرارة الجو و تبلغ (٣٥ درجة مئوية) وتكون أقل (درجة حرارة سطح ٤٢ درجه مئوية) وتعتمد علي نوع الماده المكونه للسطح ، فعندما تتجاوز درجة الحراره هذا المستوي يبدأ البتيومين بشقيه البارد والساخن بالذوبانفقامت الشركات المصنعه لهذه المواد بإدخال بعض التحسينات عليها ونتج ما نسميه (البتيومين المؤكسد) الذي يتحمل حتي(٥٥ درجة حرارة سطح) وبعض الشركات المصنعه أضافة إليه مواد أخري مثل(حبيبات الألياف الزجاجيه) مما يعطيه صلابة أكثر ومقاومه للحراره ولكن نتجت بعض أنواع البتيومين المحسنه وهو ما يسمي (بالمستحلبات الأسفلتيه) والتي قسمت بأرقام حسب صلابتها ودرجة تحملها للحراره ومقاومتها للإحتكاك ، وكان قديما يدهن البتيومين لوحده ومن ثم أصبح يدهن علي نوع من الخيش ويسمي (الخيش المقطرن)ولكن بعد ذلك حدث تطور هائل وأصبحت الصناعه تعتمد إضافة طبقات من أقمشة البولستر ذات المسامات الكبيره ويفرد عليها البتيومين ونتج ما نسميه اليوم لفائف البيومين أو ٠(الممبرين) ذات السماكات المختلفه آلت تتراوح بين ٢ ملم الي ٥ ملم . ولكن تبقي المشكله أنه لا تستخدم إلا عبر وسيط وهو البتيومين السائل والذي يدهن كطبقة أساس ويترك لمدة ٢٤ ساعه حتي يجف ثم عن طريق التسخين تفرد لفائف الممبرين البتيومينيه وتضغط لتلصق علي السطح المراد عزله، ويكون هناك ركوب بين اللفائف بحولي ١٠ سم وتسخن أماكن هذا التلاقي ،وتثبت الأطراف بشرائح من الألمنيوم ومسامير تثبيت مصنوعه لهذا الغرض. حيث بلغ العلم في هذا المجال تطورا كبيرا وأصبحت لفائف البتيومين يضاف الي أحد أوجهها حبيبات الجرانيت ذات المظهر الديكوري أو بغرض إستخدامها كوسيط لتركيب البلاط السيراميكي أو لتدهن بالدهانات الديكوريه المائيه أو الزيتيه، وفي بعض الأحيان تكون مهيئه لعمل اللياسه (البياض) أو لتقاوم الإنزلاق إذا إستخدمت كعازل للأرضيات ، ولكن برزت بعض المشاكل الفنيه التي تعيق إستخدام هذا العزل حيث أن جميع لفائف البتيومين تحتاج الي الوسيط الذي ذكرناه والذي هو عباره عن بتيومين بارد يتأثر بإرتفاع درجة الحراره مما يفصل بين اللفائف والسطح ، وأكثر من هذا نتيجة للتمدد والإنكماش وقد تنفصل من بعضها البعض مما يؤثر سلبا علي فعالية العزل(OVERLAP) .وقد تتأثر و يؤدي الي التسرب سواء كان العزل رأسيا أم أفقيا .

٧-٥-٢- أنواع العزل :

٧-٥-٢-١- عزل الرطوبة:

هو استخدام وتركيب حاجز أو غشاء خاص مصمم أساسا لمنع تسرب الماء أو الرطوبة من والى عناصر البناء المختلفة. وتضم العناصر التي يتم عادة عزلها في المباني مسطحات داخلية و مسطحات خارجية .

المسطحات الداخلية مثل: الحمامات ، المراحيض ، غرف الغسيل ، وحدات الدش ، وخزانات المياه .

المسطحات الخارجية مثل :الاسقف، الشرفات المكشوفة، الجدران الاستنادية، احواض الزراعة، وبرك السباحة ، ويتوقف استعمال الطبقات العازلة للرطوبة على العناصر الآتية:

١-الغرض من العزل في المنشآت

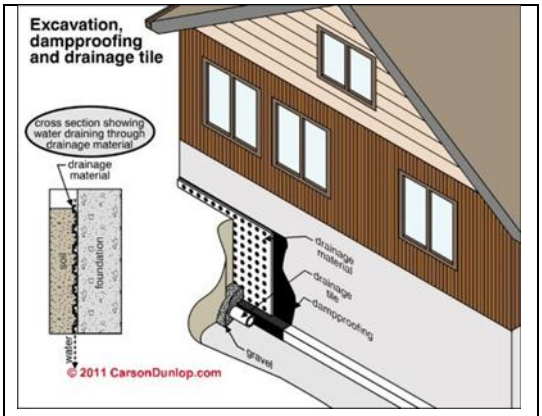
-عزل الرطوبة الأرضية.

-عزل الرطوبة لأعمال البدرومات التي تنشأ على أعماق كبيرة تحت الأرض(شكل ١٨-٧)

-عزل الرطوبة بالحمامات.

-عزل الرطوبة

عن الأسقف والأسطح العلوية.



شكل رقم ١٨-٧ يوضح المناطق التي تحتاج الى عزل تحت الأرض

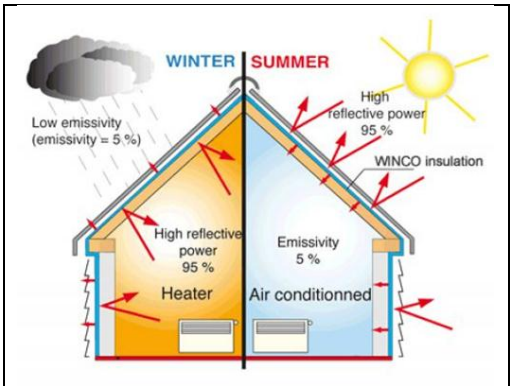
مصادر الرطوبة في المباني

١- ***مصادر خارجية:***

أ- الامطار : تنفذ مياه الامطار من خلال الاسقف و الجدران المنفذة للماء و من خلال اطارات الابواب و الشبابيك و فواصل التمدد غير محكمة الاغلاق.

ب-الرياح الرطبة : تنفذ الرطوبة بمساعدة الرياح الشديدة من خلال الجدران الخارجية و حلول البناء غير محكمة الاغلاق.

ج-المياه الجوفية : تنفذ المياه الجوفية الجارية او الراكدة او المتسربة حول المبنى من خلال الجدران و الارضيات .



شكل رقم ١٩-٧ يوضح مصادر الرطوبة الخارجية

٢ـ مصادر داخلية :

أ- امديدات المياه و الصرف الصحي .

ب- مياه الري لنباتات الزينة الداخلية.

ج- خزانات المياه و برك السباحة.

ويوضح الشكل رقم (٢٠-٧) طريقة العزل واختلافها باختلاف طبيعة الأرض او التربة التي تقام تقام عليها المنشآت.

خطوط الدفاع الاساسية للعزل المائى:

١ـ استخدام الاضافات الخاصة لتحسين خواص العزل المائي و منع نفاذية المياه مع الحرص على اختيار المواد الملائمة

٢ـ تنفيذ اعمال الصيانة الدورية و الاصلاحات اللازمة.

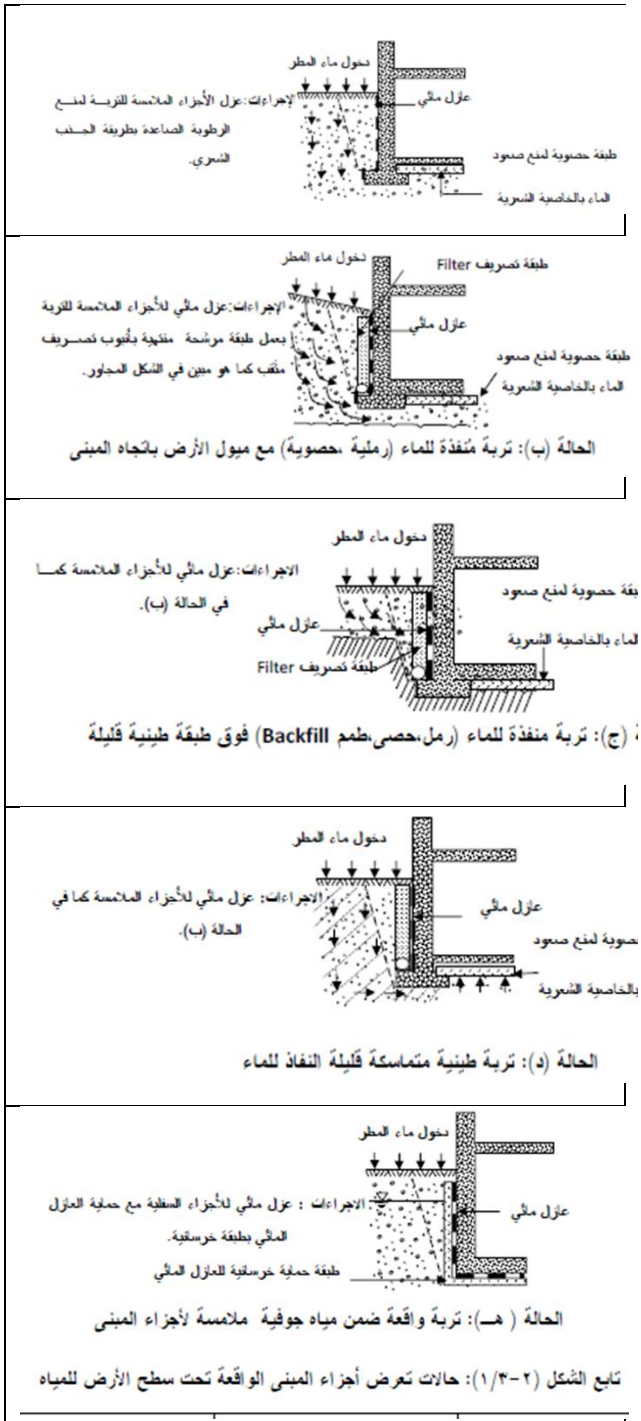
أقسام أنظمةالعزل من حيث المكان:

أـ العزل الإيجابي :

ويكون العزل من الجهه التي يتسرب منها الماء مباشرة كعزل البدرومات وأحواض التخمير وغرف التفتيش من الخارج وعزل الأسقف من أعلي السطح وأرضيات المصانع والمستشفيات وغرف العمليات.

ب – العزل السلبي :

ويكون العزل من الجانب الآخر من الجهه التي يتسرب منها الماء مباشرة كعزل أحواض وخزانات الماء وأحواض السباحة وأماكن تخزين المواد الغذائية والأسطح والجدران البحرية.

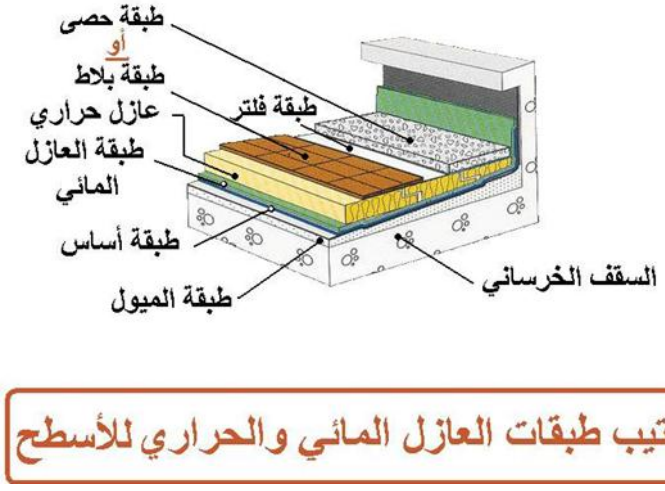


شكل رقم ٢٠-٧ يوضح طرق العزل مع اختلاف التربة

أنظمة العزل من حيث طريقة التنفيذ الي قسمين:

أ- العزل بالإضافه :

ويكـــون بإســـتخدام المـــواد العازلـــة كإضـــافات الـــي الخلطـــات الأســـمنتيه سـواء كانـت مونـة أو خرسـانة ليكـون الجـزء المـراد إنشـاؤه معـزول، كمثـال إضـافات عازلـه للخرسـانه عنـد سـاعة الصب أو قبل الجفاف الأولي .



شكل رقم ٢١-٧ يوضح العزل الأيجابي في الأسطح

ب- العزل المنفصل :

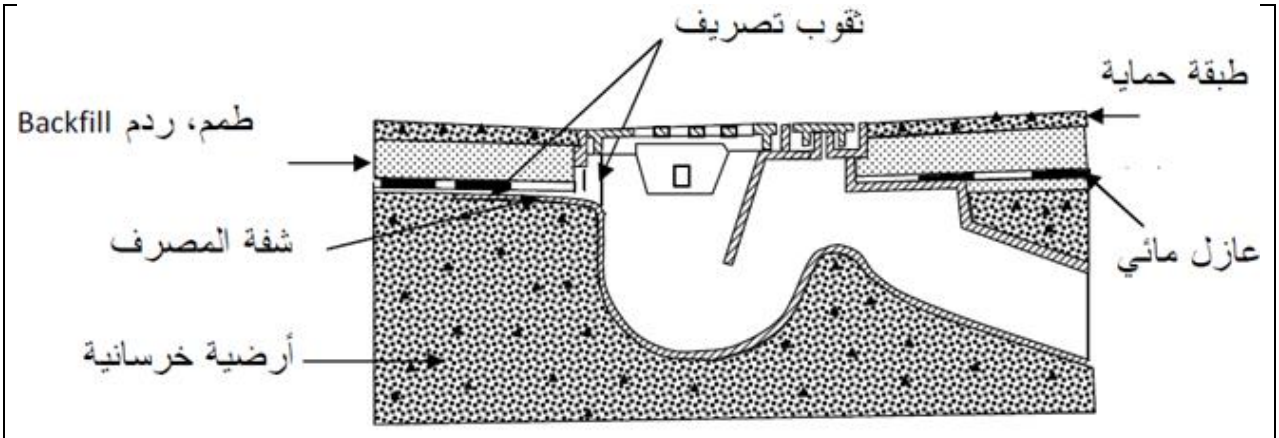
ويكـون بعمـل العـزل بعـد الإنتهـاء مـن إنشاء الجزء المراد عزله ، كمثال عزل الأسقف بعد الإنتهاء من عملية الصب وفترة السماح .

أشهر طرق التقسيم للعزل من حيث أنواع المواد :

١- العوازل البتيومينيه ٢- العوازل البلاستيكية ٣- العوازل الأسمنتية

٤- العوازل الأكريلكيه ٥ - العوازل الإيبوكسيه ٦- العوازل بالبولي ريثان

٧- العزل بالمواد الكيميائيه



شكل رقم ٢٢-٧ يوضح العزل السلبي لمصرف حمام

العوازل البتيومينيه

تنقسم العوازل البتيومينيه الي ثلاثه أنواع :

١- سائله ٢- لدنه ٣- لفائف مرنه

* العوازل البتيومينيه السائلة

هي المستحلبات الأسفلتيه المعروفه ، وتختلف بإختلاف نسبة ثقلها النوعي و الإضافات والمحسنات التي تحتويها. فمثلا كلما كان النوع منها أخف كلما كان إستخدامه في المناطق التي يراد عزلها لا يخشي من أثرها كثيرا (شكل رقم ٢٣-٧).

ومعظم التطور الذي حدث لهذا النوع من المواد العازله يهدف الي رفع المقاومه لها لتتحمل درجات حراره أعلي ولزيادة قابليتها للتمدد والإنكماش لأطول فتره ممكنه حتي تتجنب التشققات التي تحصل نتيجة لفقد هذه الخاصيه المهمه يجب ان تكون الأختيار والمفاضله تعتمد علي أدق الخصائص الفيزيائيه والكيميائيه المناسبه لطبيعة ومحل العزل المراد عمله كلما كانت النتيجه أفضل .

وأهم أنواعها طبقا لما صنفته مؤسسة(دادكو العالميه) أكبر منتج للمستحلبات الأسفلتيه في العالم والمعتمده من هيئة المواصفات الأمريكيه لأنظمة العزل البتيومينيه:

(شكل رقم ٢٣-٧) يوضح العوازل البيتومينية السائلة

١- **دادكو برايمر** : أخف أنواع البتيومين بدرجة قياس(٢٥) ويستخدم كعازل وسيط قبل تركيب اللفائف.

٢-**الفلنكوت :** من العوازل البتيومينيه الخفيفه ويستخدم كعازل وسيط مع اللفائف والبولسترين كتطور نوعي للخيش المقطرن.

٣- **المستحلبات الأسفلتيه متوسطة الثقل** : ويحتوي علي حبيبات الفايبر قلاس ويستخدم كطلاء عازل للأساسات والأسقف والحمامات.

٤- **المستحلبات الأسفلتيه الثقيله** : ويستخدم لصيانة الطرق ومدرجات الطائرات .

٥-وهناك أنواع كثيره من أنواع المستحلبات الأسفلتيه ، وبعض الأنواع يضاف لها إضافات لتؤدي أغراض محدده

طرق الاستخدام :

إستخدامها كطبقات في شكل دهانات وجه واحد أو أوجه متعدده حسب قياس الثقل النوعي للماده . ويكون الدهان بعد تحريك ورج الماده جيدا حتي يحصل تجانس بين المزيج ،ويكون الدهان بفرشاة أو رولات دهان خاصه لهذه الأنواع .

العوازل البتيومينيه اللدنه

هي نوع من العوازل البتيومينيه نسبة الماء و المواد المذيبة فيها قليله جدا .

وقد صممت من ناحية تركيبها بهذا الشكل لتكون في شكل عجينه لدنه يسهل تشكيلها وذلك لخصوصية إستخدامها

– يستخدم هذا النوع من المواد كحشوات عازله في فواصل التمدد والهبوط بالنسبه للمباني ، حيث تكون جاهزه للإستخدام في عبوات مختلفه بين ٥كجم – ٢٥ كجم – ٢٠٠كجم ويكون إستخدامها عن طرق المسطرين في سماكات بنصف مقاس الفتحه للفواصل .

– تستخدم لفواصل الصب للأرضيات زات المساحات الواسعه ، ولكن يجب التنبيه الي أن إستخدام هذه المواد البتيومينيه للفواصل يكون فعال في المناطق البارده نسبيا أو الإستخدام الداخلي غير المعرض لحرارة الشمس المباشره .

شكل رقم ٢٤–٧ يوضح اللفائف المرنه

طريقة الإستخدام :

كما ذكرنا سابقا تكون معبأة بأوزان مختلفه ويكون الإستخدام بعد نظافة الفاصل وضبط العمق مقارنة مع العرض وذلك بحشو الفاصل أولا بمادة(البولسترين) مع مراعاة السمك المناسب فمثلا إذا كان عرض الفاصل(٢سم) تكون شرائح البولسترين بسماكة(٢.٥سم) و إرتفاعها أقل من إرتفاع سمك الصب هـ الخرسانيه بمقدار نصف مقياس الفاصل ويكون عمق الماده البتيومينيه في الفاصل (٠.٥سم).ويكون التطبيق بإستخدام المسطرين الخاص والذي يطلق عليه(مسطرين كحله) ذو رأس مدبب .وتجدر الإشاره إلا أنه هناك نوع من البلسترين BACK RAW) (ذو شكل أسطواني وأقطار بمقاسات مختلفه

وبعد ملء الفاصل يتم إستخدام مسطرين خاص آخر للتسويه وضبط مستوي الماده مع مستوي السطح .والماده البتيومينيه أو أي ماده أخري تستخدم لحشو الفواصل تسمي (JOINT FILLER).

عوازل اللفائف البتيومينيه المرنه:(الممبرينMEMBRANE)

مكونات الماده :

هو عباره عن بتيومين مضغوط علي شبك من قماش البولستر مغطي من الجانبين أو جانب واحد بطبقه من مشمعات البولي إثلين (POLY ETHLENE) أو يترك بتيومين خالص من غير إضافه أو تضاف إليه حبيبات الجرانيت بمقاسات وأشكال وألوان مختلفه حسب الغرض من إستخدامه .

فهناك الممبرين المستخدم كعازل مائي للأسطح ويكون من غير إضافات إذا كان يستخدم تحت البلاط أو مغطي بأي طبقة أخري ، ويكون مغطي بطبقة(بلثين) فضيه إذا لم يكن مغطي ليساهم في العزل الحراري بعكسه لأشعة الشمس (شكل رقم ٢٤-٧).

وهناك الممبرين المستخدم بجانب أنه عازل مائي يكون له مظهر ديكوري جمالي ، فيكون محبحب من جانب بحبيبات الجرانيت الملونه وأحيانا أخري لكي يسمح بعمل البياض عليه . وعليه هناك أنواع كثيره من الممبرين ويستخدم معه بتيومين سائل من عيار(٣٥) يكون مصاحبا للفائف دائما .

المقاسات :

كما زكرنا يكون في شكل رولات أو لفائف بالسماكات التاليه :

٢ ملم ٣ ملم ٤ ملم ٥ ملم ٦ ملم

ويكون طول الروله (١٠ م) وعرضها (١م) أو رولات بسماكات وأطوال وأعراض مختلفه حسب الطلب ، ولكن النوع الشائع الإستخدام هو روله بعرض (١م) وطول (١٠ م) وسماكة (٤ملم) .

وكل نوع من السماكات له غرض حسب نوع وطبيعة الموقع المعزول.

طريقة الإستخدام :

أولا نظافة السطح المراد عزله ومن ثم يدهن بالسائل البتيومينى الخفيف المصاحب للممبرين ويسمي (البرايمر) ويترك السطح لمدة ٢٤ ساعه حتي يتغلغل السائل البتيومينى داخل مسامات السطح المراد عزله ويجف السطح الخارجي ،ثم وبعد ذلك وعن طريق التسخين يتم فرد الرولات الممبرينيه علي السطح المراد عزله وبواسطة الضغط عليها برولات حديديه (درداقه) تثبت علي السطح المعزول مع مراعاة الخطوات العشر الاتيه :

١- إذا كنت تعمل علي جدار تبدأ من أسفل لأعلي

٢- إذا كنت تعمل علي سطح مائل تبدأ من أسفل لأعلي حتي لا تنزلق الروله بعد الفرد

٣- في مناطق التلاقي بين مساحه رأسيه وأفقيه تبدأ من نقطة التلاقي ثم السطح الأفقي ومن ثم الرأسى مع عدم شد الممبرين بقوه (شكل رقم ٢٥-٧.

٤- تعريض اللهب المشتعل بزاويه ٤٥ درجه بين الروله والسطح لكي يتم التسخين في وقت واحد

٥- الوقت الكافي للتسخين هو بداية التسييل ولمعان الممبرين وليس السطح المراد عزله

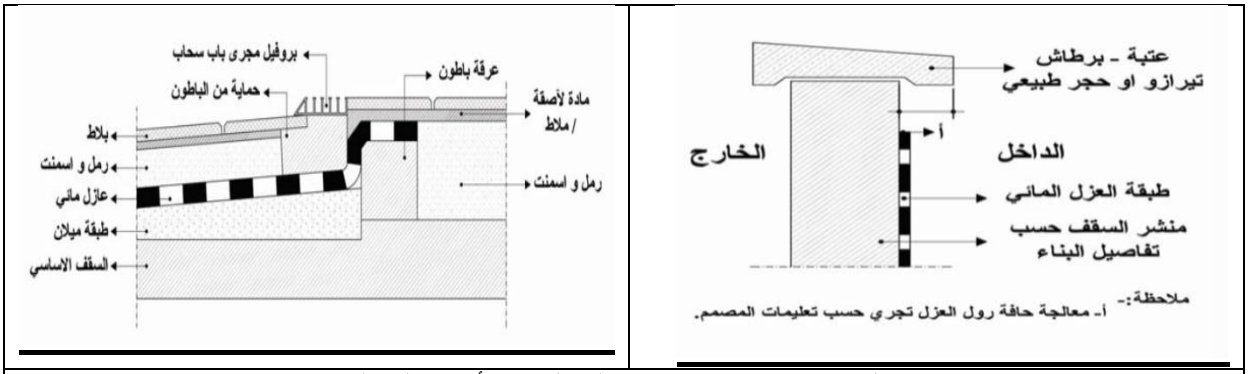
٦- يكون ركوب الروله العرضي بعد الفرد لا يقل عن ١٥ سم

٧- يكون ركوب الروله الطولي بعد الفرد لا يقل عن ١٠ سم

٨- بعد الإنتهاء من تثبيت جملة المساحة تقوم بكي جميع مناطق التلاقي بواسطة مسطرين خاص (بروه)

٩- مناطق الفواصل الإنشائية يعاد تثبيت طبقه أخري عليه في اتجاه مختلف

١٠- تثبت الأطراف الجانبيه لكل المساحه بواسطة شرائح ألمنيوم ومسامير خاصه



شكل رقم ٢٥-٧ يوضح موقع العازل في الأسطح المختلفة

العوازل البلاستيكية

تقسم العوازل البلاستيكية من حيث الشكل الفيزيائي الي ثلاثة أقسام ولكل قسم طبيعة ديناميكية مختلفه عن الاخر ، ولكن يربط بينها جميعا أنها ذات خاصيه تمدد وإنكماش عاليه وجميعها عازله ومقاومه لتسرب الماء والرطوبة ولا تتفاعل كيميائيا ، مما أهلها لتقوم بدور هام في مختلف أنواع العزل لا سيما العزل المائي(شكل رقم ٢٦-٧) .

أقسام العوازل البلاستيكيه :

١-مشمعات العزلPOLYETHLENESHEETS

٢-العوازل السلكونيه اللدنةSILICON SEALANT

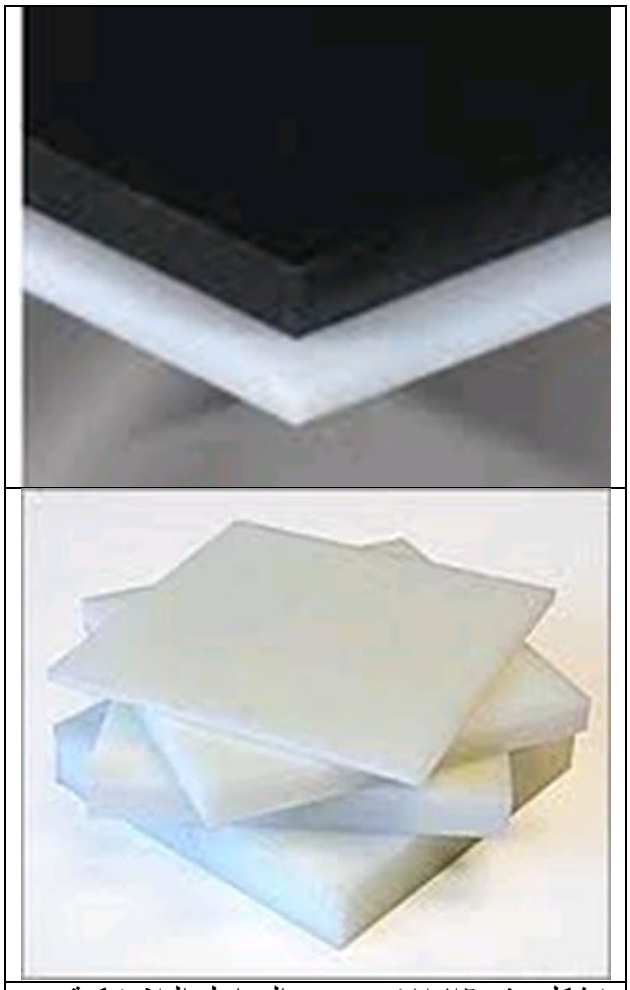
وعلي عكس العوازل البتيومينيه فإن العوازل البلاستيكيه لا تتأثر كثيرا بالعوامل الطبيعيه والبكتريا مما يعطيها عمرا أطول وكفاءة أكثر ، وسنتناول كل قسم منها من حيث الغرض والشكل وأفضلية الإستخدام .

مشمعات العزل

هي مشمعات بلاستيكية مرنه ذات أبعاد مختلفه وسماكات بقياسات معياريه متفاوته ومتعددة الألوان ، وقد تكون غير ملونه أي شفافه .

الإستخدامات الأساسيه :

طبقات عازله للأساسات الشريطيه للمباني الحامله و الأساسات المنفصله واللبشه و تحت الخرسانة البيضاء للأساسات والبدرومات و وغرف التفتيش وأحواض التخمير و علي الأسطح قبل البلاط أو (الخافجه) أو العوازل الحراريه وعلي أرضيا ت المطابخ والحمامات قبل توصيل أدوات الصرف الصحي ، ولها إستخدامات أخري خاصه كاستخدامها في حفائر الماء في الناطق الصحراويه حتي لا يفقد الماء بالتسرب في التربه الرمليه .



(شكل رقم ٢٦-٧) يوضح العوازل البلاستيكية

وتجدر الإشاره الي أنها الحل الأمثل لمشكلة الطرق المسفلته في المناطق التي تعاني من مشكلة قرب المياه السطحيه الي سطح الأرض وكمثال(الطريق المؤدي الي كبري شمبات عبر شارع الزعيم الأزهري في أمدرمان) .حيث تفرش كطبقات تحت تربة الردم الأساسيه للطرق مما يؤدي للفصل التام حتي لا تتسرب المياه أو الرطوبه(بالخاصيه الشعريه) المثبته علميا مما يؤثر علي الطبقه الأسفلتيه ويؤدي الي تفككها في وقت وجيز وتسبب هدرا للمال والوقت والجهد ومشاكل السير والخدمات .

طريقة الإستخدام :

سهلة التطبيق حيث أنها فقط تفرش ويراعي أن ركوبها في مناطق التلاقي يكون حسب أبعاد المساحه المراد عليها التطبيق ، فكلما كبرت المساحه كلما زاد عمق التداخل والركوب ، حيث يتفاوت ما بين ٥٠ سم الي ١ متر . وأحيانا تفرش طبقات عده متعامده حسب الغرض المطلوب تأديته ، وهي رخيصة الثمن مقارنة مع بقية العوازل البلاستيكيه الأخري . ولكن يجب مراعاة إستخدام السماكات والأبعاد المناسبه وكلما قلت السماكه كلما كان يفضل إستخدام وفرش طبقات أزيد

العوازل السلكونيه اللدنةSILICON SEALANT

تستخدم عند الفواصل الإنشائيه لمرونتها العاليه لأنها تتركب تتركب من مكونات (البوليورثين) المرنة بعد تصلبها وهي ذات مواصفات مختلفه باختلاف إستخدامها . وحديثا أصبحت تصنع من مركبات (البولي سلفيد) لتعطيها نسبة مرونه ومقاومه أكثر وتطورت أكثر وأصبحت تستخدم في فواصل التمدد والهبوط بدرجات متفاوته من درجة المباني الثابته الفواصل الإنشائيه للمنشئات ذات الحركه الكبيره مثل الطرق والكباري . والباني ذات الأجزاء الإنشائيه المسبقة الصب (pre-cast panels) وهي ذات ألوان مختلفه وقد تكون من غير لون .

طريقة الاستخدام :

كما ذكرنا سابقا تكون معبأة بأوزان مختلفه سواء كانت مصممه من ماده واحده أو مادتين ويكون الإستخدام بعد نظافة الفاصل وضبط العمق مقارنة مع العرض وذلك بحشو الفاصل أولا بمادة(البولسترين) مع مراعاة السمك المناسب فمثلا إذا كان عرض الفاصل(٢سم) تكون شرائح البولسترين بسماكة(٢.٥سم) و إرتفاعها أقل من إرتفاع سمك الصبه الخرسانيه بمقدار نصف مقياس الفاصل ويكون عمق الماده االسلكونيه في الفاصل (٠.٥سم).ويكون التطبيق بإستخدام المسطرين الخاص والذي يطلق عليه(مسطرين كحله) ذو رأس مدبب .وتجدر الإشاره إلا أنه هناك نوع من البلسترين BACK RAW) (ذو شكل أسطواني وأقطار بمقاسات مختلفه وبعد ملء الفاصل يتم إستخدام مسطرين خاص آخر للتسويه وضبط مستوي الماده مع مستوي السطح .والماده السلكونيه أو أي ماده أخري تستخدم لحشو الفواصل .

العوازل الأسمنتية

المكون الأساسي فيها هو الأسمنت حيث تختلف أنواعه فيها من أسمنت بورتلانديPortland Cement الي أسمنت هيدروليكي Hydrolic CEMENTالي أسمنت مقاوم للأملاح Antisalt Cement الي أسمنت مقاوم للرطوبه Water penetration Cement الي أسمنت سريع التصلب Quick set hydraulic Cementوأسمنت مقاوم للكبريتات Sulphate resistance Cement وأسمنت مقاوم للتجمد Anti freezer Cement .وأنواع أخري كثيرة وحديثا الخلطات الاسمنتيه المتجمده تحت الماء والاسمنتيات المقاومه للهزات الارضيه والزلازل .ويربط بين هذه الأنواع من المواد الاسمنيه أنها ذات مواصفات متقدمه جدا من حيث التركيب ونسب الخلط مع بقية العناصر المكونه للخرسانه أو المونه الاسمنتيه المستخدمه في شكل لياسه .

وهي تستعمل كنوع من العوازل المائيه لجميع أنواع وأماكن التسريب كالشقوق والفتحات ومعالجة المياه المتسربه من الخرسانه والمباني الحجريه ومن جدران الاساسات والبدرومات و الآبار والمناجم والمجاري وخزانات المياه و غرف التفتيش ومجاري الصرف الصحي من تشققات الفواصل بين الأرضيات والجدران

أنواع العوازل الأسمنتيه:

١- خلطات أسمنتيه جاهزه READY MIX
٢- إضافات أسمنتيه ADMIXTURE

الخلطات الأسمنتية الجاهز ه READY MIX

هي خلطات أسمنتيه جاهزه مكونه من أنواع محدده من الأسمنت وبعض الإضافات والمحسنات الأخري لتؤدي غرض محدد صممت من أجله . وقد قسمت الى:
١- خلطات أسمنتيه للمعالجات الخاصه لوقف التسربWater plug
٢- خلطات أسمنتيه كمونه خاصه عازلهRest Mortar
٣- خلطات أسمنيه كدهان عازل Seal Cement Coat
٤- خلطات اسمنتيه تلقائية الفرد والمعالجه والربط Grouting Materials

خلطات أسمنتية للمعالجات الخاصة لوقف التسربWater plug

هي عبارة عن خلطة متجانسة من عدة مواد ولكن الماده الرئيسية فيها هي مادة الأسمنت الهيدروليكيHydraulic Cement والذي أعطاها خاصية التصلب السريع مع بعض المميزات الأخري حيث أنها غير قابله للانكماش بعد تصلبها السريع والذي غالبا لا يتجاوز دقيقة واحده الي دقيقتين. من مميزاتها سهولة الإستعمال لأنها في شكل بدره أسمنتيه وتخلط بالماء فقط ، ولأنها تتجمد تحت الماء بشكل ممتاز ولا تتأكسد ولا تتقلص ولا تتمدد بعد تصلبهاNon- Shrinkable حيث قصر المسافه الزمنيه بين الشك الإبتدائي والنهائي والذي لا يتجاوز ٢٠ ثانيه الي ٦٠ ثانيه.
وقد أعطت هذه الميزه لهذه الماده خصائص كثيره مما جعلها مؤهله للقيام بمعالجات عديدة لحل كثير من المشاكل الإنشائيه التي توجد أثناء التنفيذ للمباني كالسوسه الخرسانية من عيوب التنفيذ Segregation وبعض المشاكل الأخري مثل :

١- قفل جميع أنواع التسريب ٢- معالجة التشققات
٣- معالجة فواصل الصب الإنشائيه ٤- معالجة تحورات الأرضيات

٥- ربط المباني الحجريه
٦- المعالجه تحت الماء
٧- معالجة مواسير الصرف الصحي
٨- معالجة أحواض الماء
٩- زرع حديد التسليح لإضافة جزء آخر
١٠- قفل تشققات الفواصل بين الأرضيات والجدران

طريقة الاستخدام :

١- أولا يجب تهيئة السطح بنظافته و ازالة الاجزاء غير الثابته
٢- بالنسبه للشقوق والفواصل تفتح فتحه بعرض٢ سم و تجنب الفتحات شكل٧
٣- تمزج الماده بالماء النظيف ويستخدم في وقت لا يتجاوز دقيقه من زمن الخلط
٤- توضع الكميه من الماده في وعاء من البلاستيك ثم يصب عليه الماء النظيف بالتدريج وتخلط الماده مع الماء حتي يتجانس المزيج وصبح بكثافة المونه العاديه
٥- كل ١ كجم من الماده يحتاج الي ٢٣٠ سم٣ من الماء ليكون حجمه ٦سم٣ ليملي شرخ مقاساته ٢.٥ * ٢.٥ * ٥٣ سم

خلطات أسمنتية كمونه خاصة عازله Rest Mortar

هي خلطه أسمنتيه جاهزه غير قابله للانكماش مصنوعه من انواع خاصه من الاسمنت الهيدروليكي مع مواد اخري مضافه وسرعان ما تصير جزء من السطح الذي وضعت فيه . وتتميز بانها قادره علي اعادة الأماكن المشوهه الي حالتها الطبيعيهو جودتها العاليه في مقاومة تسرب الماء والرطوبه . وهي ماده غير سامه وليس لها رائحه مما جعلها مؤهله للعمل في كل مناطق المياه الطبيعيه كأحواض الماء في محطات ضخ الماء الرئيسيه وأحواض وخزانات الماء داخل المباني. واكثر ما يميزها أنها تحفظ اصل المباني و تقاوم الامطار وتقلبات الطقس .

و أكثر ما تستخدم لحل المشاكل الاتيه :

١- ترميم وحشو الخرسانة المتشظيه و المتشققة
٢- ترميم تعشيش وسوسة الخرسانه
٣- تآكل العتبات وخزانات المياه
٤- بياض ولياسة مجاري الصرف الصحي لمقاومتها للتسرب والكيماويات
٥- الربط بين الفواصل في المباني
١- ينظف السطح المراد العمل عليه من الشوائب والزيوت والدهانات
٢- تمزج الماده بالماء النظيف بنسب معقولة لتعطي مونه اسمنتيه

٣- بواسطة المسطرين يكون العمل بفرد الماده في شكل طبقات لا تتجاوز سماكة الطبقه ٢ سم مع الانتظار لمدة ١٠ دقائق لفرد طبقه اخري

٤- ١ كجم من الماده يغطي مساحة ٢٠ سم ٢ سماكة ١ سم

٥- وقت انتظار المزيج ١٠ دقائق

٦- وقت الجفاف ١٥ – ٢٠ دقيقه

٧- كل ا كجم من الماده يحتاج ٣٥٠ سم٣ من الماء

خلطات أسمنيه كدهان عازلSeal Cement Coat

الخلطات الاسمنتيه التي تستخدم كدهان عازل تقوم فكرتها علي خليط من المواد الاسمنتيه العازله ذات الجزيئات المتناهيه في الصغر تقدر ب ٠.٠٠٥ ميكرون بحيث يكون حجمها اقل من سعة المسامات من مادة البولمر التي تتضخم عند تعرضها للمياه أو الرطوبه وترجع الي حجمها الطبيعي عند الجفاف ، ولتأكيد ثباتها تخلط مع الماء المضاف إليه الاكريل وهو ماده قابضه ولاصقه وعند خلطها مع الماء والبدره الاسمنتيه يتشكل مزيج عازل .

و أكثر ما تستخدم لحل المشاكل الاتيه :

١- ماده عازله للأسوار الخارجية

٢- ماده عازله للبدرومات المعرضه لضغط المياه

٣- لطلاء وعزل المباني الخرسانية والمباني الجاهزه

٤- لعزل قنوات الري

٥- لعزل حمامات السباحه

٦- عزل خزانات مياه الشرب

وبعض الاستخدامات الاخري

طريقة الاستخدام :

١- أولا تحضير السطح المراد العمل عليه بنظافته من الأوساخ والاتربه والزيوت

٢- ترميم الأجزاء غير الثابته بملء التشققات والفتحات بمواد ال Rest

٣- رش السطح بالماء قبل الاستخدام

٤- تحضير الماده كآلاتي :

أ / يضاف جزء واحد من الماده المثبته الي ثلاثه اجزاء متساويه من الماء النظيف

ب/ تضاف البدره الاسمنتيه الي المزيج السابق وتخلط بواسطة مكنة خلط بسرعه
محدده حتي يتجانس الخليط
٦- تدهن الماده علي السطح المراد عزله بواسطة فرشاة خاصه من النايلون في شكل وجهين متعامدين بينهما فترة جفاف بين الوجه والاخر ٢٤ ساعه
٧- يترك السطح المعزول لفترة معالجه (رش) لمدة سبعة أيام قبل الإستخدام

خلطات اسمنتيه تلقائية الفرد والمعالجة والربطGrouting Materials

هي خلطات جاهزه من الأسمنت الهيدروليكي (Hydraulic Cement) وبدرة الاكريلك (Acrylic Powder) ورمله متفاوتة حجم الحبيبات (Sand) وكسر حجر الجرانيت بمقياس متساوي (One Size Gravel) وبعض الاضافات الاخري كمحسنات (Admixture) لتعطيها الخواص المطلوبه جاهزه للاستخدام باضافة الماء فقط .
وهذا النوع من المونه الاسمنتيه هامه جدا في أعمال العزل خصوصا انهنا تستخدم في علاج بعض المشاكل مثل :
١- علاج التعشيش بالأسطح
٢- أعمال الترميم اللازمة قبل العزل
٣- عمل وزره عند التلاقي ما بين العضو الأسمنتي الراسي والأفقي سواء في الأسطح أو الحمامات أو أحواض السباحة أو خزانات المياه أو غرف التفتيش أو أحواض التخمير
ونسبه للتطور الكبير والسريع الذي شهده قطاع المباني وبعد التركيز علي المباني المسبقة الصنع التي تعتمد علي القطاعات والعناصر الحديديه والقطاعات مسبقة الصب (Pre- cast) ولتثبيت هذه القطاعات وربطها مع بعضها البعض وأحيانا ربط عنصرين من مادتين مختلفتين مع بعضهما البعض مثل أعمدة الهياكل الحديديه للجملونات مع الابيام أو الاساسات الاسمنتيه ومثل تثبيت الماكينات الضخمه علي أساسات أو أرضيات اسمنتيه كانت الحوجه الي تشكيل هذه الماده لتوائم هذه الأغراض ونسبة لذلك فقد قسمت لقسمين :

١- خلطات اسمنتيه معالجه Grouting Mortar
٢- خلطات اسمنتيه ذاتية الفرد Leveling CompoundSelf

الخلطات الاسمنتيه المعالجهGrouting Mortar :

هي خلطات أسمنتيه تتكون من الاسمنت والحصي والرمل وبعض الأضافات الاخري لتعطيها قوة في التماسك وزيادة في الربط ومقاومه عاليه للتمدد والانكماش وثبات للسطح الخارجي مما يجعلها مؤهله للقيام بالمعالجات التي تنتج عن مشاكل التشغيليه من تعشيش ومشاكل الرطوبه من تساقط اغطية الخرسانه لحديد التسليح والشقوق في الأرضيات والجدران التي تنتج نتيجة لتحولات المياه السطحيه ، ومشاكل التربه الاخري .

طريقة الاستخدام :

١- أولا تحضير السطح المراد العمل عليه بنظافته من الأوساخ والاتربه والزيوت

٢- ترميم الأجزاء غير الثابته بملء التشققات والفتحات بمواد ال Rest

٣ - رش السطح بالماء قبل الاستخدام

٤ - تحضير الماده كآلاتي :

أ / تضاف الماده الاتسمنتيه الي الماء النظيف حسب النسبه المنصوص عليها

ب/ يخلط المزيج بواسطة مكنة خلط بسرعه محدده حتي يتجانس الخليط

٥- توضع الماده علي السطح المراد العمل عليه

٦- يترك موضع العمل لمدة سبعة أيام قبل الإستخدام

العوازل الأكريليكيهAcrylic waterproofing

العوازل الاكريليكيه هي من أهم أنواع العوازل المائية المستخدمة حديثا ، وهي تعتبر من أجود المواد المستخدمة في العزل المائي من حيث الكفاءة في الاداء وسهولة التطبيق وعدم احتوائها علي فواصل لأنها تتواصل بتواصل دهنها من غير ان يكون هناك اثر فتحات أو مسامات يتسرب من عبرها الماء . ومن أهم ما يميزها ان سماكاتها غير كبيره حيث لا يتعدى سمك الماده بعد دهنها ثلاث طبقات (٣٥٠ الي٤٠٠ ميكرون) حيث كميه كبيره من الماده المدهونة تتغلغل داخل مسامات العضو المدهون وتقوم بقفله حتي لا يتسرب الماء من خلاله ، ومن ثم تتشكل طبقه بلاستيكية رقيقه علي السطح غير منفذه للمياه والرطوبه .

مكونات المواد الاكرلكيه :

تتركب الماده أساسا من الأساسات الاكريلكيه المبلمره وكربونات الكالسيوم كماده مالئه ومحاليل الصمغ العربي كمواد لاصقه ومثبته وأكاسيد الفلزات كمواد ديكوريه ملونه وبعض الاضافات الاخري كمحسنات ومواد حافظه من التعفن . ونلاحظ هنا أن غالبية المواد المكونه للاكريلكيات هي مواد كيميائيه غير أوليه مما تعد افصليه لها تعطيها عمر أطول من بقية المواد العازله الاخري .

طريقة الاستخدام :

١- ينظف السطح المراد عزله من الاتربه والشحوم والزيوت ومن ثم يتم ازالة اي أجزاء غير ثابته ، واذا كان العزل المراد علي اسطح غير أسمنتيه مثل الأسطح الخشبيه وأسطح الحديد والزنك أو اي اسطح من مواد ثابته غير زيتيه بحيث لاتمنع التصاق الماده والمواد الوسيطه ، يجب ان تثبت أجزاء هذه الأسطح جيدا لتقليل الحركه الذاتية بأكبر معامل ممكن بحيث لا تتجاوز نسبه المساحه المتحركه المعاملات المسموح بها تصميميا .

٢- تعمل المعالجات الاوليه للسطح المراد عزله بقفل الفتحات والتشققات وذلك بمواد المعالجه الاوليه كالمونه الاسمنتيه الخاصه العاديه أو الخلطات الاسمنتيه الجاهزه المعده لمثل هذا النوع من المعالجات للأسطح .

٣- تغطية فواصل التمدد والهبوط وفواصل الصب بالفيبر مش أو قماش الدمور ذو الفتحات الكبيره ومن ثم تدهن بالماده لتثبيتها وخلق سطح واحد متواصل من غير فواصل تحتوي علي فتحات يمكن ان يتسر منها الماء .

٤- دهان الطبقه الاولي من الماده مخففه بالماء بنسبة ٣٠% كوجه تحضيري اولي بكثلفه اقل حتي يتثني لجزيئات الماده من التغلغل داخل الفتحات والمسامات للعضو المراد عزله وقفلها لتمنع التسرب. وتترك لتجف وفترة الجفاف تتفاوت حسب درجة الحراره ونسبة الرطوبه النسبيه في الجو . فمثلا العمل في الفتره الصباحيه يحتاج لوقت أطول لجفاف الوجه المدهون من الماده علي عكس منتصف النهار حيث تكون درجة الحراره أعلي مما يؤدي الي الجفاف السريع لكبر كمية بخار الماء المتبخر من الماء الذي تحتويه الماده .

٥- دهان الطبقه الثانيه من الماده مخففه بالماء بنسبة ٢٠ % مع الأخذ بعين الاعتبار أن يكون الدهن في إتجاه واحد وتكون بداية الدهن من أعلي لأسفل أو من المكان المرتفع ومنه الي الارتفاع الأقل حتى يتمكن الفني الذي يقوم بعملية الدهن من تلافي الماده السائله ومراجعة دهنها ، وتترك لتجف .

٦- دهان الطبقه الثالثه والاخيره بالماده مخففه بالماء بنسبة ١٠% بالنسبه للأسطح ، في إتجاه معاكس لاتجاه دهن الطبقه الثانيه حتي يتثني مراجعة اي اجزاء غير مدهونه في الوجه الثاني . ويوصي بعدم تخفيف الوجه الثالث إذا كان السطح المراد عزله معرض لضغط مياه مباشر قوي خصوصا للبدرومات وأحواض السباحه وكل الناطق المعرضه لضغط المياه السطحيه .

٧- السطح العزول يترك لمدة ٤٨ ساعه قبل استخدامه بتركيب اي ماده اخري عليه أو إعادة ردم التربه عليه أو أجراء أي اختبار .

العوازل الإيبوكسيهEpoxy waterproofing

العوازل كالايبوكسي أو البوليريثان أو البولي استر هذه الأنواع من العوازل تسمي (المواد العازله الراتنجيه) . والتي غالبا ما تتكون من مركبين (رزين ومصلب) واسمها العلمي والتجاري الشائع (Resin & Hardener) . والتي تخلط ميكانيكيا بنسب معينه في وعاء بمواصفات خاصه سنأتي إليها في حينها . وكما توجد من مركبين كذلك توجد منها أنواع من مركب واحد ويكون ذلك تبعا لقوة تفاعلها عند تعرضها للأكسجين كعامل وسيط للتفاعل .

المواد الإيبوكسيه توجد بدرجات قوه ومقاومه مختلفه مصنفه علي حسب مقدرتها التصميميه و المواد المضافه إليها كمحسنات وسطيه لتعطيها الخواص الكثيره التي تمتاز بها من حيث درجة صلابتها ومقاومتها للمركبات والعناصر الكيميائيه من الأحماض والقلويات والأملاح والمياه بكل أنواعها من مياه سائله الي متصلبه الي رطوبه . وتمتاز العوازل الإيبوكسيه عن أنواع العوازل الأخري بأنها ذات مظهر جمالي أخاذ وذلك لقوة ثبات الألوان الناتجه عن أكاسيد الفلزات والتي تعطيها هذا المظهر ، وأحيانا كثيره تكون من غير لون أو ما يسمي (Colorless) وهذا النوع له أغراض كثيره عظيمه حيث يستخدم في حفظ الآثار و المباني التاريخيه كعازل من عوامل التعريه الطبيعيه

. وعموما الايبوكسيات دخلت منذ اكتشاف تركيبها في صناعة البلاط للارضيات والجدران والصناعات الإنشائية بشكل عام كدهانات ديكوريه مقاومه للكيماويات ولعدم احتوائها علي جيوب هوائيه أصبحت عنصر أساسي في إنشاءات المرافق الصحيه لا سيما الأرضيات وغرف العمليات وارضيات المصانع الغذائية و أحواض السباحه وخزانات مياه الشرب ومحطات تحلية المياه ذلك لمقاومتها لنمؤ الطحالب والبكتريا . ولقوة صلابتها ومقاومتها للاحتكاك والصدمات تستخدم كدهان للعربات وصالات الملاعب الرياضيه ، ولقوة القبض والربط مع بعضها البعض والأعضاء الاخري أصبحت تستخدم كعامل ربط لزرع حديد التسليح والعشائر ، ومنها تشكل مونه ايبوكسيه ذات استخدامات مختلفه لا سيما للارضيات والديكور .

أقسام المواد العازله الإيبوكسيه :

١- دهانات إيبوكسيهEpoxy Paint

٢- مونه إيبوكسيهEpoxy Mortar

٣- خلطات إيبوكسيهEpoxy Grout

دهانات إيبوكسيهEpoxy Paint

الدهانات الايبوكسيه لها عدة أنواع بمواصفات مختلفه من حيث الخواص الكيميائيه والسماكات و مقاومتها للرطوبه والعناصر والمركبات الكيميائيه . وعموما قسمت الي الاتي :

١- دهانات ايبوكسيه للأرضيات الديكوريه

٢- دهانات ايبوكسيه لخزانات المياه

٣- دهانات ايبوكسيه للأرضيات ذات الاستخدام الثقيل

وكل هذه الدهانات الايبوكسيه متشابهه في التركيب الكيميائي ولكن تختلف في القوام حيث إن جميعها يتكون من مركبين (رزين + هاردنر) ويتكون الرزين من خليط من الايبوكسي والبولي إميل ومواد أخري مالئه وأكسيد الفلز المراد لونه إذا كان الايبوكسي مصمم علي لون محدد وقد يخلو من هذه الماده إذا كان من غير لون .

أما الهاردنر أو المثبت فهو ماده ثقيلة القوام تتكون من ثاني أكسيد التيتانيوم ومواد أخري مالئه مختاره .

وكما ذكرنا تختلف الخصائص باختلاف السماكه فعلي المتوسط سماكة دهن وجه واحد من هذه الماده لا يتجاز (٣٠٠ ميكرون) .

لأن الماده المدهونه جزء كبير منها يتغلغل علي السطح عبر المسامات بعمق لا يقل عن سماكة الماده المدهونه للوجه الاول ، وهذا يعتمد علي نعومة الملمس الخارجي المدهونه عليه الماده فالنسبه بينهما طرديه فكلما ازدادت الخشونه كلما كان استهلاك اكبر والعكس صحيح. لذا ينصح دائما أن يكون الملمس بالنسبه للاسطح الاسمنتيه معقول وأقرب للنعومه حتي لا يتم إهدار كثير من المواد ، ويكون ذلك باستخدام الاضافات عند صب الخرسانه واستخدام المحسنات للحصول علي السطح الملائم للطلاء الايبوكسي .

الخلطات الإيبوكسيه Epoxy Grout

هي نوع خاص من المواد الإيبوكسيه القاسيه والقويه جدا في الربط وسريعة التصلب نسبيا وتستخدم في زرع العشائر وحديد التسليح لزيادة امتدادات الأعضاء الخرسانيه أوخلق أعضاء خرسانية جديدة مرتبطة مع الأجزاء القديمة .

وجود هذه الماده الهامه ساعد مساعده كبيره وثمينه في صيانة وإعادة تأهيل المباني القديمه والجديده ، كما أنها أدت الي يسر حل مشاكل التعديلات التصميميه التي تطرأ بعد تنفيذ الهياكل الخرسانيه للمباني. كما تستخدم هذه الماده في تثبيت مسامير الربط للماكينات والآليات ذات الأثر الإرتجاجي الكبير والتي كانت سابقا دوما تعاني من مشاكل تفكك وحل ربط قواعدها مع المناطق المثبته عليها .

توجد هذه الماده كأي ماده إيبوكسيه قوية الربط في شكل مركبين يخلطان مع بعضهما البعض (رزين + هاردنر) يكونا أحيانا في شكل سائل وأحيانا أخري يكون (الهاردنر) سائل و(الرزين) في شكل بدره وأحيانا يكونا الأثنين في شكل بدره. ولكن الشكل الشائع لوجودهما في شكل سائل في أنبوبتين لكي يسهل عملية الخلط الموضعي عند مكان وزمان الأستخدام .

طريقة الاستخدام :

كما ذكرنا إن الأستخدام الشائع والأكثر شهره لهذه المواد هو زرع العشائر لحديد التسليح لزيادة أو خلق أعضاء خرسانيه جديده ، ولذلك سنركز جل إهتمامنا في طريقة الأستخدام لهذا النوع من العمل :

١- أولا نختار المنطقه الصحيحه لزرع العشائر مع مراعاة الأسس الهندسيه المدنيه السليمه للتحميل والقص وكمية الحديد والعشائر التي يجب زرعها و المسافات بينها رأسيا وأفقيا ومقاسات السماكه وهذه مهمه جدا .

٢- في النقاط المحدده لزرع العشائر نقوم بعمل فتحات داخل العضو الخرساني المطلوب العمل عليه بواسطة (درل أو دربكين) خاص عليه رأس فولاذي ويكون قطر الفتحه تبعا لسماكة ومقاس قطر العشيره المراد زرعها ، حيث تكون الفتحه أكبر قليلا من قطر العشيره .

٣- ندخل العشيره داخل الفتحه ونراعي أن يكون ذلك وفق المقاسات المحدده حتي نتأكد من دخولها كلها

٤- بواسطة مسدس خاص مركب عليه صباعات الماده الايبوكسيه نقوم بضخ هذه المواد مع بعضهما البعض حيث داخل الفتحه يمتزجان ويقومان بملء كل الفراغ بين العشيره المزروعه والسطح الخرساني الداخلي . ويبظهر ذلك عندما تفيض الماده الإيبوكسيه وتخرج من الفتحه .

٥- تترك العشائر المزروعه لفترة التصلب الناتج عن التفاعل الكيميائي قبل مباشرة العمل عليها .

العوازل بالبولي ريثان Polyurethane

البولي ريثان يمتاز عن بقية العوازل الكيميائيه بتركيبته من حيث المواد المتصلبه التي تبلغ ١٠٠% Component Solvent Free (100%.) . ويمتاز هذا الدهان العازل بالاستطالة والمطاطية التي تصل الي ٥٠% مع مقاومته العاليه للشد حيث تبلغ (MPA18) حيث أعطته ميزه تفضيليه علي بقية أنواع العوازل الكيميائيه . واهم استخدام للبولي ريثان انه يعزل بكفاءته رؤوس الأساسات الخازوقيه حيث ثبت بالتجربه أنه الحل الوحيد لهذه الحالة ، لمرونته العاليه والمطاطيه الموجودة به تعالج مشاكل التمدد التي تحدث ما بين رؤوس الخوازيق والأساسات .

كما يستخدم لعزل المساحات الشاسعة للأسطح للبحيرات الصناعية ومواقف السيارات وأحواض السباحة والحدائق والبدرومات والأساسات بجميع أنواعها .

طريقة دهان البولي ريثان :

١- تجهيز السطح المراد عزله بنظافته من الزيوت والدهون

٢- معالجة التسوس والتعشيش بالمواد الاسمنتيه

٣- خلط الماده (الرزين + الهاردنر) بالنسب المحدده داخل وعاء مقفول به رأس دائري ذو فتحات .

٤- دهان الوجه التحضيري الأولي من الخليط بسماكه ١ ملم للقواعد المنفصله وسماكة ١.٥ ملم للاساسات اللبشه و يترك ليجف .

٥- يترك الوجه الأول لمدة ساعتين للجفاف ومن ثم دهان الوجه الثاني وقبل جفافه يرش عليه طبقه من الرمل الخشن ويترك ليجف .

٦- يتم الدهن بالفرشاة أو الرول أو باستخدام مسدس الرش اللاهوائي والذي يطلق عليه نظام Airless

٧- عند الاركان يتم وضع زوايا ٢٠ * ٢٠ سم من رولات البولي استر أو من نسيجه ثم دهان وجه آخر من الماده فوق هذه الزوايا .

مميزات العزل بالبولي ريثان :

١ - يمكن من تلافي التلف الناتج من حركة الأحمال الثقيله للردميات بعد الصب

٢ - يعزل ويقفل تماما نقطة التقا الخرسانه القديمه للاساسات الخازوقيه مع الخرسانه الجديده للاساسات

٣ - يعالج تماما نقطة إلتقاء حديد التسليح للخازوق مع خرسانة الخازوق .

٤ - يمتاز في حماية وعزل الزوايا والأركان

٥ - ممتاز جدا في مقاومة ضغط الماء العكسي .

عزل رؤوس الخوازيق بمادة البولي ريثان :

قبل ان نتحدث عن عزل رؤوس الخوازيق بمادة البولي ريثان لا بد من الحديث عن العوامل المؤثره التي تؤدي الي تسرب الماء والتأثير علي رؤوس الخوازيق والتي صنفت الي :

١- وجود المياه الجوفيه اعلي من مستوي التأسيس

٢- الكيماويات التي تحتويها المياه الجوفيه مثل ايونات الكلورايد واملاح الكبريتات والكيماويات الاخري مما يعمل علي تآكل الخرسانه وتقليل العمر الافتراضي للمبني .

٣- (المؤثرات الكونيه للمياه) الجوفيه حيث (ترتفع بالمد وتنخفض بالجزر) حيث تخلق ضغطا ايجابيا وسلبيا علي العازل المائي المستخدم في المواضع المختلفه من خلال وصلات العزل او بين العازل والخرسانه .

٤- الحركه الخفيفه للتشكل لخرسانة القواعد نتيجة للاحمال المؤثره سواء كانت الثابته او المتحركه.

٥- إختلاف معاملي التمدد والانكماش بين حديد التسليح والخرسانه التي تحتويه بالنسبه للخوازيق والقواعد مما يؤدي الي خلق فراغات حول حديد التسليح مما يؤدي الي تسرب المياه منها وتسمي خاصية (Up left). مما يولد نقاط ضعف عديده تكون سببا في تسرب المياه عبرها . ونتيجة لهذه الخاصيه تكون هناك أماكن معرضه لما يسمي ب (قوي الشد المحوري) مما يؤثر علي أنظمة العزل في مثل هذه الظروف والتي اهمها ما يلي :

*- الإنفصال الكلي أو الجزئي بين للخرسانه نتيجة للحركه البسيطه ، ولذا لا بد من التأكد من اللصق الكامل ما بين الماده العازله والخرسانه للقواعد.

*- إجهادات الشد المحوريه تؤدي الي تمزق الطبقه العازله اذا كانت مقاومتها
لاجهادات الشد اقل .

*- الانفصال بين العازل والخرسانه يكون من بين نقط الانفصال .

*- اختلاف المواد العازله عن المواد الخرسانيه المصبوب منها العضو

الخرساني من حيث الخصائص الفنيه يؤدي الي تكوين نقاط ضعف لذلك عند هذا النوع من العزل يجب مراعاة الاتي :

١- استخدام نظام عزل له من المواصفات ما يضمن التغلب علي مشاكل اجهادات الشد المحوريه

٢- ان يكون النظام المستخدم للعزل مقاوم للايونات والأملاح والكيماويات

٣- الحرص علي ان يكون نظام العزل المائي المستخدم في هذه المناطق والظروف التصميميه المشابهه يخلو من الوصلات التركيبيه .

٤- ان يسمح تركيب نظام العزل المائي المستخدم بتخطي الفواصل والشقوق التي تحدث في السطح أسفله .

٥- ان تكون الطبقه العازله الناتجة مقاومه لضغط المياه العكسي .

٦- ان تخلو الماده الاساسيه المستخدمه في نظام العزل المائي لمثل هذه الظروف من المذيبات التي تتطاير أثناء الدهن والتركيب أي ان تكون مواد صلبه ١٠٠%.

العزل بالمواد الكيميائيه الاضافيه(Additives)

الفكره الاساسيه للمواد العازله بكل أقسامها وتفاصيلها ومكوناتها الكيميائيه والعضويه وطرق تنفيذها وعمليات إختبارها ، كلها تتجه لخلق مصد ودرع عازل من الرطوبه وتسرب الماء وأهم من ذلك هو الحفاظ وحماية العضو الخرساني نفسه من حيث الخلطه التصميميه والتدرج الحبيبي وزمن الخلط والقوام والماء المضاف للخلط والمحسنات المضافه للخلطه الخرسانيه .

وعموما الفكره الاساسيه تقوم علي أن الاضافات تسد الفراغات الداخليه عن طريق تفاعلها مع الاسمنت المستخدم في الخلطه .

وقديما كانت تستخدم المواد الاوليه كأضافات محسنه للخرسانه مثل الجير والكاولين وبعض المواد الكيميائيه الاوليه مثل سليكات البوتاسيوم وسليكات الصوديوم أو ما يسمي ب (ماء الزجاج) و وسلفونات اللجنين .

أما حديثا فالمواد البولميريه تعتبر من أفضل المواد المستخدمه في تحسين خواص الخرسانه والمونه الاسمنتيه لا نها تكسبها خواص جديده تجعلها مقاومه لنفاذية الماء وتزيد من إجهاداتها مما يجعلها مقاومه للمواد الكيميائيه ويزيد قدرة تحملها للأحمال الميكانيكيه وتتحمل الصدمات التعريه .

وعموما المواد الكيميائيه البوليمريه المضافه كمحسنات للخرسانه والمونه الاسمنتيه قسمت الي نوعان :

١- بدره

٢- سائله

المواد المضافه في شكل بدره :

المواد المضافه في شكل بدره لتحسين خواص الخرصانه هي عباره مواد كيميائيه من ماده واحده أو عدة مواد مركبه بنسب محدده لتعطي خصائص إما أن تضيف مواصفه جديده للخرسانه والمونه الاسمنتيه أو أن ترفع نتائج الخصائص التي تقوم بها الخرسانه لتؤدي غرض محدد . وهي غالبا تضاف معتمدة علي كمية الأسمنت التي تحتويه الخلطه الأسمنتيه وتضاف بمقدار(لا يقل عن ١% ولا يزيد عن ٢%) من كمية الاسمنت لأن التفاعل الذي يتم داخل الخلطه الأسمنيه أو الحرسانيه ، يتم بين الماده الكيميائيه

المضافه والأسمنت . ومن ثم ناتج التفاعل حسب نوع وكمية الماده المضافه تتولد عنه نتائج تؤدي الي القيام بفعل الأثر المطلوب .

طريقة الإضافه :

أولا تقوم كما هو معروف لكل التقنيين بحساب كمية الأسمنت المفروض أن يحتويها الجزء المخلوط سواء كانت مونه أسمنتيه أو خرسانيه ، وتبعا لذلك نستطيع معرفة كمية الماده المضافه كمحسن للخلطه لا تقل عن ١% ولاتزيد عن ٢% وعليه تكون نسبه ثابته يجب التقيد بها حتي نهاية صب العضو الخرساني المراد صبه أو إكمال خلط المونه الأسمنتيه . لأن التقيد الدقيق يفيد بإيجاد ماده واحده ذات خصائص متشابهه لنتحاشي الأختلاف في النسب الذي ينتج عنه قوه في منطقه وضعف في الأخري .

المواد المضافه في شكل سائل :

المواد العازله في شكل سائل من حيث الأداء والوظيفه المطلوبه منها تأديتها لا تختلف من البدره المضافه ، وإنما الأختلاف يكون من حيث الكميه المضافه وكيفية الإضافه . وبما أنها سائله إذا معيارية القياس تكون علي الحجم علي عكس البدره التي تكون علي الوزن ، وبما أن الاسمنت الماده المعار عليها تقاس حسب وزنها فيكون معايرة الماده السائله المضافه علي حجم الماء الكافي لخلط المونه الاسمنتيه أو الخرسانيه ، وهنا تأتي أفضليه بحيث من المؤكد التعرف علي وصول السائل لكل مكونات الخلط علي عكس البدره .ويكون حجم الماده المضافه كسائل بنسبه(١٠% الي ٢٠ %) من حجم الماء الكافي للخلط .

طريقة الإضافه :

بعد خلط الماده الأسمنتيه سواء كانت مونه أو خرسانه ، وتقليبها تقليبا جيدا حتي يتم التوزيع المتجانس لكل مكونات الخليط من رمل وأسمنت وحصي حسب طريقة الخلط بالماكينه أو الخلط اليدوي العادي ، ومنفصلا عن الخليط في وعاء منفصل يتم حساب كمية الماء الكافي للخلط مع مراعاة درجة الحراره ومكان صب الخرصانه أو إستخدام البياض حيث يتوقف علي هذا المفاضله في كمية الماده المضافه غلي أن نتقيد الا تزيد أو تنقص داخل محتوي النسبه (١٠% الي ٢٠ %) . فمثلا في الاساسات نرفع النسبه وكذلك للاعمده والبدرومات لكنها لا تقل للبياض الداخلي للبدرومات وتزيد للمناهولات وأحواض السباحة وأحواض التخمير .

وإجمالا الكميه المضافه داخل النسبة المعياريه المسموح بها تعتمد علي طبيعة المنطقه المستخدمه فيها الخلطه الاسمنتيه ودرجة الحراره وكمية الماء المضاف للخلط ومدي الأثر المطلوب تأديته بواسطة الخليط و طريقة الخلط لتجنب فاقد الهدر من الماده والخليط .

العزل بمادة الصوديوم المعالج مائيا Sodium Pentunite

الصوديوم عالي الكثافة من المواد المستخدمه حديثا في مجال العزل لكنها أثبتت كفائه عالية.وذلك لأنها مكنتنا من معالجة الآثار السالبه الناتجه من تعرض المواد العازله المستخدمه تحت منسوب المياه الجوفيه للظروف الطبيعيه المختلفه.

وكما ذكرنا سابقا إن المواد التخليقيه (Synthetic Materials) مهما كان نوع أساسها فهي تتأثر مع الزمن بالتغيرات الطبيعيه الحادثة مثل دورات الجفاف أو الرطوبة أو الحرارة أو الأملاح والكيماويات .لذلك كان لا بد من إيجاد جيل جديد مقاوم لهذه التغيرات التي تطرأ مع الزمن ،ومادة الصوديوم عالي الكثافة أو ما يسمي (بنتونيت الصوديوم)(Sodium Pentonite)وهو ماده كيميائيه مسبقة المعالجه المائيه حيث انه ماده طينيه وبالتالي لا يحدث لخواصها أي انهيار وقد أثبتت فعالية عاليه عند اختبارها وتعريضها لدورات متكرره من الجفاف والرطوبه والحراره والتجمد وتركيز الاملاح في عدم أنفاذ المياه وصلت الي (١ 12-x10) م/ث عند تعرضها الي ضغط خارجي يعادل (١٠٢م/ بار) وكذلك قدرتها الفائقه علي الالتئام في حالة الثقوب نظرا لخواصها الإنتفاشيه العالية التي تمكنها من إغلاق جميع الثقوب والشروخ والفتحات عندما تمتص المياه لتتمدد لذلك فليس لهاعمر افتراضي محدود . لذلك تصنع منها موانع التسرب(Water Stops)

أشكال التصنيع :

تصنع في أشكال كثيرة مثل ألواح بمقاسات مختلفة ودهانات لدنه

مناطق استخدامها:

تستخدم في عزل أرضيات وحوائط البدرومات العميقة والجراجات والأنفاق والأسطح البحرية والأراضي الزراعية وتبطين الترع وقنوات الري ومقالب النفايات وطبقات فصل التربة وأعمال التبطين .

أهم مميزاتها :

أنها تتغلب علي الآثار السالبه الناتجه عن تعرض العزل العادي للمنشات تحت منسوب المياه الجوفيه للظروف الجوية المختلفه .

بعض النماذج للعزل المائي

يجب تنظيف الطح جيدا وإزالة الغبار والدهون المواد الزيتية ومن ثم معالجة الشقوق والفتحات والفواصل ومن بعد أيضا نظافه متواصلة أثناء التنفيذ .

عزل الأساسات :

يبدأ العزل السليم المنهجي للمبني من ما قبل الأساسات حيث أنه يحمي المبني من جميع ما يتعرض له من المياه الجوفيه ومياه الصرف الصحي والكيماويات الموجودة في التربه ومياه الأمطار . ويحمي الخرسانه وحديد التسليح من التاكل او مايسمي بسرطان الخرسانه .ويكون العزل كالاتي :

١- مشمع (البولي ثين) سواء كانت أساسات شريطيه أو منفصله

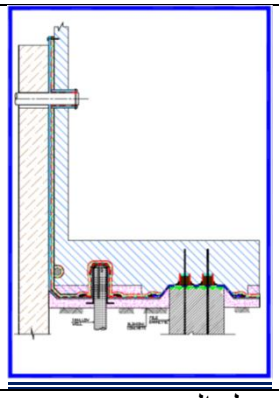
٢- إستخدام الإضافات لمنع نفاذية الماء والاضافات التشغيليه حسب الخلطه التصميميه

٣- في حالة تعرض الأساسات للمواد الكيميائيه وأساسات مصانع الكيماويات ومصانع المواد الغذائيه والادويه نستخدم الإضافات المقاومه للكبريتات و اسمنت مقاوم للكبريتات .

٢- عزل البدرومات وأحواض الماء :

البدرومات (Basement) وأحواض السباحة وغرف التفتيش من أكثر المناطق والأجزاء في المبني التي تواجه مشاكل تسرب المياه والرطوبه ، وعموما البدرومات هي المثل الذي يمكن أن يقاس عليه بقية الأجزاء في نظام وطريقة تنفيذ الغزل .

- قبل عزل البدروم يجب دراسة المياه الموجودة داخل البدروم و المحيطه به ومعرفة الأملاح والقلويات الموجودة بها وهو مايسمي الأس الأيدروجيني (P H) ومن ثم معرفة مصدر المياه بالبدروم هل هي مياه جوفيه أو من الخاصيه الشعريه أو من خطوط التغذيه للمياه الحلوه أو من شبكة الصرف الصحي الخاصه أو العامه . ومعرفة منسوب المياه بالبدروم هل هو ثابت أم متغير مقارنة بمنسوب غرف التفتيش و السبتك تانك .



شكل رقم (شكل رقم ٢٨-٧) يوضح طرق عزل البدروم

طريقة عزل البدروم :

١- بعد معرفة مصدر المياه نقوم بإيقافه بعلاج مصدر المشكله إذا لم تكن مياه جوفيه شكل رقم ٢٨-٧)

٢- بعد التأكد من كونها مياه جوفيه أو غير معروفة المصدر نقوم بعمل حفره لتجميع المياه داخل المنطقه المنخفضة في البدروم أو مايسمي (جمام) بعمق مناسب ونضع بها طلمبه غاطسه لسحب هذه المياه ، ويكون سحب المياه بكميات مدروسه .

٣- نقوم بكشف الحوائط وإزالة البياض المتشبع بالرطوبه

٤- نقوم بوقف التسرب من المناطق الواضحه بإستخدام الأسمنت سريع التصلب الغير منكمش (plug Water)علي أن يتم تغطية هذه الماده بمادة القراوت.

٥- نقوم بدهن الأرضيه والجدران بالمواد الاسمنتيه المخلوطه مع المواد الاكريلكيه لتقليل نفاذية المياه.

٦- نقوم بفرش مشمع البولي ثين بسماكة ٣٠٠ ميكرون طبقه أو طبقتين أو دهان الارضيه بماد أكريلكيه مقاومه للتسرب علي الأرضيه وإرتفاع لايقل عن أكبر مستوي وجدت به المياه .

٧- نقوم بصب الأرضيه بخرسانه مسلحه بسماكه لا تقل عن ١٠ سم وحديد تسليح خفيف ١٠ – ١٢ ملم / م في الإتجاهين ونضيف بعض الاضافات السائله أو البدره إعتمادا علي ما أسفر عنه تحليل الماء

٨- نقوم بعمل بياض جديد للجدران بنسبة١ :٤ اسمنت الي الرمل مع إضافة المواد المبلمره المالئه والمواد الاكليريكيه الغروية لزيادة لصق المونه وقفل المسامات .

٩- نقوم بعمل وزره عند تلاقي الأرضيه الأفقيه مع الجدران الرأسيه بمادة الاسمنت سريع التصلب بمقياس ٢ سم وزاويه ٤٥ درجه .

١٠- نقوم بدهن الأرضيه وإرتفاع مناسب من الجدران ثلاثه أوجه متعامده بمواد العزل الأكريلكيه وهكذا نكون قد قمنا بعزل البدروم عزلا تاما سليما نطمئن منه علي عدم تسرب المياه ومشاكل الرطوبه .

طريقة عزل الحمامات :

١- أولا نقوم نقوم بالنظافه الجيده للحمام ونعالج التشققات والشروخ بمونه أسمنتيه معالجه

٢- نقوم بعمل وزره مائله بزاويه ٤٥ درجه عند تلاقي الارضيه مع الجدران بإرتفاع لايقل عن ٣ سم .

٣- نقوم بتحكيم عمل المونه حول مواسير الصرف الصحي .

٤- نقوم بدهن الارضيه مع إرتفاع مناسب علي الجدران بثلاثه أوجه متعامده من المواد العازل الأكريلكيه مع التقيد بمواصفات الصنعه .

٥- نقوم برش طبقة رمل خفيفه علي العازل بعد الجفاف كحمايه قبل تركيب البلاط.

طبقات عازلة للرطوبة في الحوائط :

عمل طبقة من مخلوط الأسفلت والرمل بسمك ٢.٥:١.٥سم على منسوب +١٥سم فوق منسوب الصفر وطريقة عمل هذه الطبقة هي أن تقام المباني فوق الأساس الخرساني بارتفاع ١٥سم فوق الأرضية ثم يبيض سطح المباني الأفقي بمونة الأسمنت والرمل بنسبة ٣٠٠كجم/م٣ لتسوية السطح مع كسر السوك وملء الفراغات وتخليق الميول اللازمة ثم يفرش فوق طبقة البياض هذه طبقة من مخلوط الأسفلت والرمل وهي ساخنة بسمك يتراوح بين ٢.٥:١.٥سم يفرش فوقها طبقة من مونة الأسمنت والرمل بسمك ١سم تكمل فوقها مباني الحوائط.

طبقات عازلة لرطوبة الأرضيات

١-تردم الأرضية ردم جيد على طبقات سمك كل منها ٢٥سم مع الرش بالمياه والدك بالمندالة ثم يسوى السطح العلوي وتفرش فوقه طبقة من الأسمنت والرمل بسمك من٢:٣سم

٢-تدهن الأرضية بوجه تحضيري على البارد بمحلول البيتومين بمعدل ٤٠٠جم/م٢.

٣-يدهن وجه بيتومين مؤكسد على الساخن بمعدل ١.٥كجم/م٢

٤-تعمل طبقة من النسيج الزجاجي المكسي بالبيتومين المؤكسد وفي حالة عدم وجوده يستعمل الخيش المشبع المكسي بالبيتومين المؤكسد مثل الأنسوجوت .

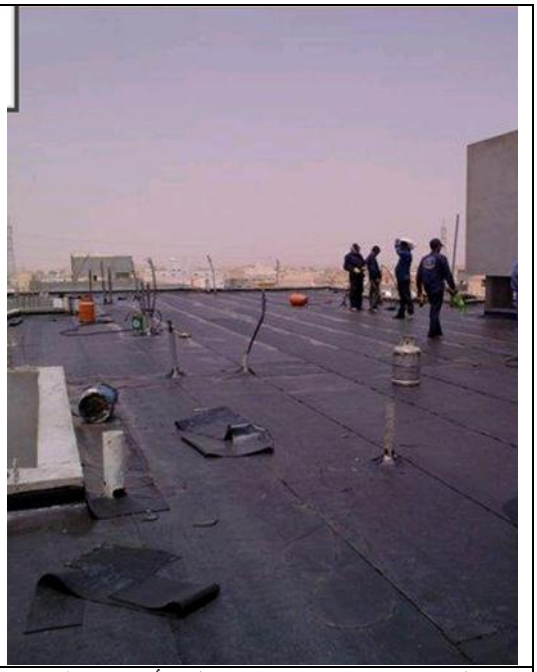
٥-دهان وجه ثاني من البيتومين الموكسد تعمل طبقة ثانية من النسيج الزجاجي المكسي بالبيتومين

٦-دهان وجه ثالث من البيتومين المؤكسد

عزل الأسطح :

طريقة عزل الأسقف الخرسانيه :

الطريقه المثلي لعزل الأسقف الخرسانيه تبدأ مع عملية صب الخرسانه وذلك باستخدام إضافات محسنات تشغيلية الخرسانه (Workability) وإضافات منع النفاذيه (Permability) مع الشك الجيد بالهزاز وقبل ذلك اختيار مواد جيده



(شكل رقم ٢٩-٧) يوضح عزل الأسطح بالبتومين والباد

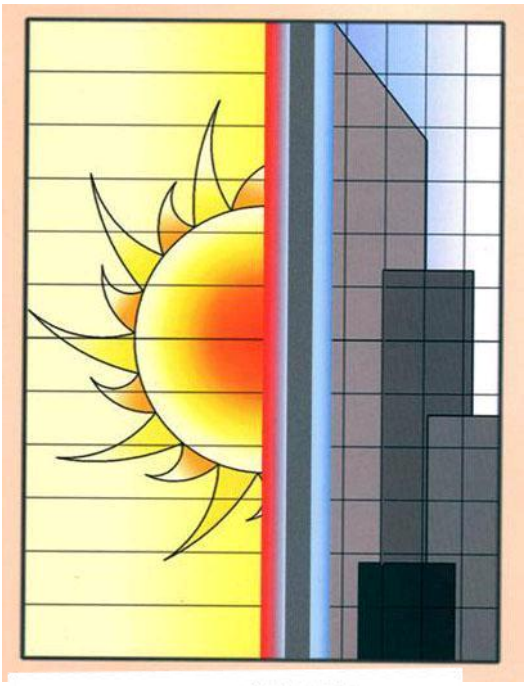
وخطوات نلخص عزل الأسطح الخرسانيه وفق الخطوات التاليه :

١- النظافه الجيده للسطح من المونه و والزيوت والشحوم والغباربمنفاخ الهواء

٢- علاج التشققات وفواصل التمدد والهبوط والصب بمواد العالجه المذكوره سابقا .

٣- عمل وزره أسمنتيه مائله بزاويه ٤٥ درجه وسماكة لا تقل عن ١٠ سم عند تلاقي السطح الافقي مع البربيت الرأسي .

٤- إذا كان السطح عليه حركه ولا نريد عمل تغطيه للعزل المائي يجب فرش طبقه مقويه للعزل من لفائف الفيبر مش او قماش الدموريه الولايه قبل مباشرة دهان العزل الاكريلكي (شكل رقم ٢٩-٧) .



العزل الحرارى Thermal insulation:

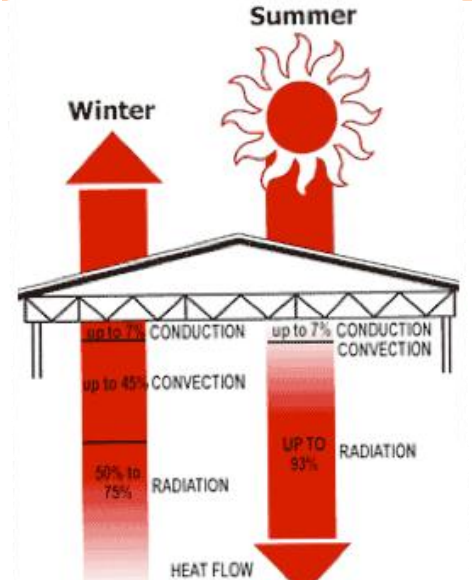
هو استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارةبحيث تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومنداخله إلى خارجه شتاءً .

أو هو المحافظة على حرارة الجسم من التأثيرات الخارجية، والعزل الحراري للأبنية هو منع انتقال الحرارة من الخارج إلى الداخل أوالعكس سواء كانت درجة الحرارة مرتفعة أو منخفضة.

أو هو استخدام مواد لها خواص تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً ، ومن داخله إلى خارجه شتاءً .ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى الى :

-الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف .

-الحرارة التي تخترق النوافذ شكل رقم ٣٠-٧) .



شكل رقم ٣٠-٧) يوضح اختراق الحرارة للمباني عبر الأسطح المختلفة

مواد العزل الحراري:ـ

وهي تلك المواد أو تشكيلة المواد التي إذا استخدمت بطريقة مناسبة يمكن أن تمنع أو تقلل انتقال الحرارة بوسائل الانتقال الحراري المختلفة (التوصيل – الحمل – الإشعاع)

التوصيل الحراري .Conduction

ويتم بانتقال الحرارة خلال المادة من الوجه البارد بمعدل ثابت ولايمكن أن ترتفع درجة الحرارة للوجه البارد أكثر من المصدر الأساسي له والقدرة على التوصيل ترجع سرعة انتقال الحرارة خلال المادة .

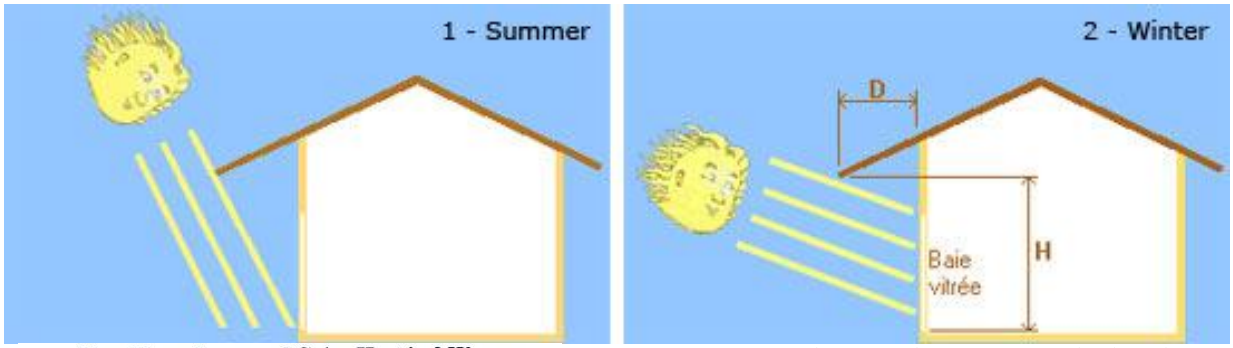
الحمل الحرارى Convection

انتقال الحرارة بواسطة الهواء المحيط بها حيث تنتقل جزيئات الغاز أو السائل من المناطق الساخنة إلى المناطق الباردة حاملة الطاقة الحرارية معها وبتصادم الجزيئات الباردة والساخنة تنتشر الحرارة خلال

المادة في الحمل الطبيعي فالجزيئات الساخنة تقل كثافتها تصعد إلى أعلى ويحل محلها الجزيئات الباردة التي كثافتها أكبر وبذلك تتكون تيارات الحمل المعروفة.

الاشعاع الحرارىRadiation .

ويتم بانتقال الحرارة بالاشعاع الذي لا يتطلب وسيط أو حركة هواء وهي الطريقة التي تنتقل بها حرارة الشمس إلى الأرض فنجد أن الحرارة تنتقل من المصدر الساخن إلى المكان الأقل برودة كما نلاحظ أن الأسطح العاكسة كمثل الرقائق المعدنية تعكس الاشعاعات الحرارية وتقلل من امتصاص الحرارة للأسطح المشيدة عليها(شكل ٣١- ٧)



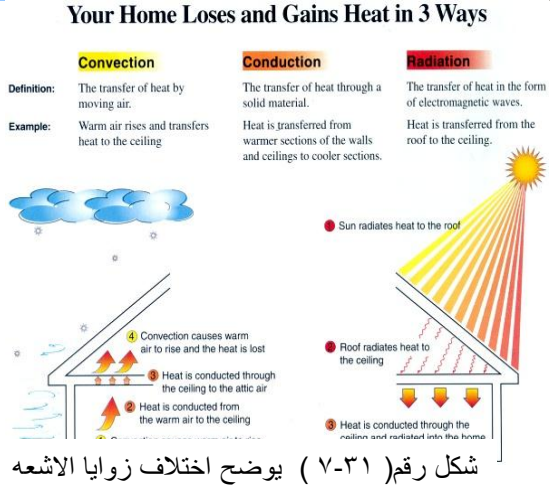
اقسام التبادل الحراري بين المبنى والخارج:

–الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف.

-الحرارة التي تخترق النوافذ.

–الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية.

وتقدر كمية الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة ٦٠ –٧٠%وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية. ويعمل تكييف هواء على خفض درجة حرارة البيت أو المبنى لكي يشعر القاطنون بالراحة والانسجام. وتقدر نسبة الطاقة الكهربائيةالمستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بنسبة حوالي ٦٦% من كامل الطاقة الكهربائية. ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف، وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف إلى الداخل وتحقيق المسكن الوظيفي الملائم وتقليل التكلفة



شكل رقم(٣١-٧) يوضح اختلاف زوايا الاشعه

مزايا استخدام العزل الحراري :

– الترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية ، حيث أثبتت التجارب أن استخدام العزل الحراري في المباني يقلل من الطاقة الكهربائية بمعدلات تصل إلى نسبة ٤٠% .

احتفاظ المبنى بدرجة الحرارة المناسبة لمدة طويلة دون الحاجة إلى تشغيل أجهزة التكييف.

– رفع مستوى الراحة لمستخدمي المبنى .

– يقلل من استخدام أجهزة التكييف .

– يعمل العزل الحراري على حماية وسلامة المبنى من تغيرات الطقس حيث إن فرق درجات الحرارة الناتجة عن ارتفاع الحرارة نهاراً ، وانخفاض الحرارة ليلاً ، وتكرار ذلك يؤدي إلى إحداث اجهادات حرارية تجعل طبقة السطح الخارجي لأجزاء المبنى تفقد خواصها الطبيعية والميكانيكية ، ويحدث تشققات بها ، وتسبب تصدعات وشروخ في هيكل المبنى .

– يؤدي إلى تقليل سماكات الحوائط والأسقف اللازمة لتخفيض انتقال الحرارة لداخل المبنى .

– توفير العبء على محطات انتاج الطاقة وشبكات التوزيع

خصائص مواد العزل الحراري :

إن اختيار مادة عازلة معنية يستلزم معرفة خصائصها الحرارية وخصائصها الأخرى كامتصاص الماء وقابليتها للاحتراق وصلابتها.

الخصائص الحرارية :

هي قدرة المادة على العزل الحراري ، ويتم قياس هذه القدرة عادة بمعامل التوصيل الحراري ، فكلما قل معامل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لنقل الحرارة والعكس صحيح ويلاحظ أن المواد العاكسة تعتبر مواداً فعالة في العزل الحراري بشرط أن تقابل فراغاً هوائياً . وتزداد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقلها ، وغالباً ما تكون المادة العازلة متكاملة مع الجدران والأسقف ، ولمعرفة المقاومة الكلية للانتقال الحراري لا بد من جمع المقاومات المختلفة لطبقات الحائط أو السقف بما فيها مقاومة الطبقة الهوائية الملاصقة للأسطح الداخلية أو الخارجية . وجمع هذه المقاومات يشبه تماماً جمع المقاومات الكهربائية ، فهي إما أن تكون على التوازي أو التوالي ، ويعتمد هذا على موضع المواد في الحائط أو السقف إن هناك خواص أخرى كالحرارة النوعية والسعة الحرارية ومعامل التمدد والانتشار والتي يلزم معرفتها لكل مادة عازلة .

الخصائص الميكانيكية .

بعض المواد العازلة تتميز بمتانة وقدرة عالية على التحمل ، ولهذا فيمكن أحياناً استخدامها للمساهمة في دعم وتحميل المبنى ، وذلك إضافة لهدفها الأساسي وهو العزل الحراري . لذا يؤخذ في الاعتبار قوة تحمل الضغط والشد والقص

خصائص الامتصاص :

إن وجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة في المادة العازلة يقلل من قيمة العزل الحراري للمادة ، أي يقلل المقاومة الحرارية كما أنه قد يساهم في إتلاف المادة بصورة سريعة . وتأثير الرطوبة على المادة

يعتمد على خواص تلك المادة من حيث قدرتها على الامتصاص والنفاذية ، كما يعتمد على الأجواء المناخية المحيطة بها كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة .

الخصائص الأمنية والصحية :

يكون لبعض المواد العازلة خواص معينة منها ما قد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين ، أو أثناء النقل أو التركيب ، أو خلال فترة الاستعمال ، فقد تتسبب في إحداث عاهات في جسم الإنسان دائمة أو مؤقتة كالجروح والبثور والتسمم والالتهابات الرئوية أو الحساسية في الجلد والعينين ، مما يستوجب أهمية معرفة التركيب الكيميائي للمادة العازلة ، كذلك صفاتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي وغيره

الخصائص الصوتيـة :

بعض المواد العازلة للحرارة قد تستخدم لتحقيق المتطلبات الصوتية مثل امتصاص الصوت أو تشتيته وامتصاص الاهتزازات . لذا فإن معرفة الخواص المرتبطة بهذا الجانب قد يحقق هدفين بوسيلة واحدة نتيجة لاستخدام تلك المواد ، وهما العزل الحراري والعزل الصوتي .

إضافة إلى ما سبق من خواص فإن هناك خواص أخرى قد تكون ضرورية عند اختيار المادة العازلة المناسبة كمعرفة الكثافة والقدرة على مقاومة الانكماش وإمكانية الاستعمال ، ومقاومة التفاعلات الكيميائية والمقاسات والسماكات المتوفرة ، بالإضافة للعامل الاقتصادي دوراً هاماً في استخدام أو عدم استخدام تلك المواد العازلة إذ إن سعر المادة العازلة كبير عند الاختيار

اختيار مواد العزل الحراري المناسبة :

- أن تكون المادة العازلة ذات مقاومة توصيل حراري منخفض .
- أن تكون على درجة عالية من مقاومتها لنفاذ الماء والإشعاع .
- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها لامتصاص بخار الماء .
- أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للاجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة
- أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة كارتفاع معامل المقاومة الانضغاطية ومعامل المقاومة للكسر .

أن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن والحريق خاصة في الأماكن المعرضة للحريق بسهولة .

- أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل قليلة القابلية للتمدد أو التقلص .
- أن تكون مقاومة للتفاعلات والتغيرات الكيمائية .
- ألا ينتج عنها أي أضرار صحية .
- أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية السعودية .
- سهولة التركيب

يمكن تقسيم مواد العزل الحراري حسب مصادرها إلى أربعة أقسام

المواد العازلة من أصل حيواني : مثل صوف وشعر الحيوانات ، ويعتبر استخدامها كمواد عازلة محدودا المواد العازلة من أصل جمادي : كالصوف الزجاجي ، وهو من أفضل مواد العزل الحراري المواد العازلة الصناعية : وتشتمل المطاط والبلاستيك الرغوي ، والأخير هو الأكثر شيوعاً ، وأكثر ما يستخدم هو نوع البولي سترين والبولي يورثين الرغوي.
المواد العازلة من أصل نباتي : وتشتمل الألياف أو المواد السيلولوزية مثل القصب والقطن وخلافه

أما الأشكال التي توجد عليها المواد العازلة فهي كما يلي

١) مواد عازلة سائبة : وتكون عادة في صورة حبيبات أو مسحوق تصب عادة بين الحوائط أو في أي فراغ مغلق كما يمكن أن تخلط مع بعض المواد الأخرى وهي تستخدم بصورة خاصة في ملء الفراغات غير المنتظمة.
٢) مواد عازلة مرنة الشكل: وهي تختلف في درجة مرونتها وقابليتها للثني أو الضغط وتوجد عادة على شكل قطع أو لفات وتثبت عادة بمسامير ونحوه كالصوف الزجاجي والصخري ورقائق الألمنيوم ونحوها.
مواد صلبة : وتوجد على شكل ألواح بأبعاد وسماكات محدودة بالبولي يورثين والبولي ستايرين٠
٣) مواد عازلة سائلة: تصب أو ترش في أو على المكان المطلوب لتكوين طبقة عازلة وهذه مثل البولي يورثين الرغوي.

أنواع المواد العازلة واستخداماتها :

يمكن أن توجد المواد العازلة على عدة صور وهي :
-اللباد .
- حبيبات الحشو الخفيف .
- سائل رغوي بخاخ .
- رغوي صلب (لوائح أو شرائح) .

اللبـــاد :

يوجد على شكل لفائف طويلة وسماكات مختلفة ، وأغلب اللباد مغلف بالورق أو برقائق معدنية مزودة بإطار من الجانبين لمسك الجوانب ، ويمكن أن تكون الرقيقة المعدنية على وجه واحد من تلك اللفائف ، كما يمكن أن يكون أحد الأوجه مغلفاً بالورق المغطى بالأسفلت أو البيتومين ليعمل كحاجز للبخار أو الرطوبة أو طبقة من الورق الرقيق المثقب على الوجه الآخر :(شكل رقم ٣١ –٧).

وغالباً ما يصنع اللباد من مواد عضوية تشتمل على ألياف زجاجية . وكذلك يمكن توفر الألياف السليولوزية على هيئة اللباد . ويوضع اللباد على الحائط الداخلي للبناء ، وغالباً ما يستخدم في عزل الأسقف والحوائط .

(شكل رقم ٣١ -٧) اللباد مع البيتومين

حبيبات الحشو الخفيف:

وتتكون هذه المادة العازلة من حبيبات صغيرة ، وعند استخدام عزل الحبيبات فإن معدات الشفط الموجودة في الناقلات الحاملة لهذه المادة العازلة تقوم بشفط الحبيبات وتوجيهها للمكان المطلوب عزله:(شكل رقم ٣٢–٧)

(شكل رقم ٣٢-٧)حبيبات الحشو الخفيف

- سائل رغوي بخاخ :

توجد هذه المادة على هيئة نوعين : إحداهما : ألياف غير عضوية من النوع اللاصق ، والثاني : يكون من الرشاش العضوي من ألياف الصوف المعدني . ويتم تركيبه بواسطة آلات خاصة مصممة لهذا الغرض ، أما النوع الثاني فيتكون من عبوتين مناسبتين لأغراض الرش .

الألواح الصلبة أو الشرائح :

وهي واسعة الانتشار ، وتستخدم في المباني لعزل الأسطح والخرسانات الرغوية.

طرق تصنيع المواد العازلة :

الألياف الزجاجية : يغطى بالأسقف أو الرقائق المعدنية الورقية ، وهي مادة قابلة للاشتعال ، لذلك يجب ألا تتعرض هذه الطبقة لدرجات حرارة تزيد عن ١٨٠ درجة فهرانهيت ، ومن مميزات الألياف الزجاجية العازلة أنها لا تنكمش بمرور الوقت كما أن مقاومتها للحريق لا تتأثر بعمرها أو الاختلاف العادي في درجات الحرارة .

الألياف الزجاجية العازلة: تصنع من ألياف زجاجية رقيقة ، ونظراً لأن أحد الألياف الزجاجية

وتصنع المواد العازلة كما يلي :

١- الألياف الزجاجية : Fiber Glass

تكون المواد الأولية لمادة الزجاج الليفي والذي يطلق عليه أيضاً اسم الصوف الزجاجي أو الزجاج الليفي من الرمل والصودا وبعض الإضافات الأخرى التي يتم مزجها ومن ثم صهرها في فرن عند درجة (١٤٠٠°) س حيث تنتقل بعدها إلى جهاز الغزل لتحويلها بطريقة الطرد المركزي إلى آلياف معدنية دقيقة . ثم يجري بعدهامعالجة الألياف بمادة رابطة راتنجية (Binder) ويتم إنتاج الزجاج الليفي بسماكات وكثافات وأشكال مختلفة تُشبه الصوف الصخري. (شكل رقم ٣٢-٧) ويتميز الزجاج الليفي بمقاومته الكبيرة للإحتراق وقدرته على عزل الصوت ويُنصح بإستخدامه في المباني الحديدية . وهي مادة مشابهة لمادة الصوف الصخري حيث أن لها معامل إمتصاص ماء ورطوبة عادلي وقوة تحملها للضغط منخفضة جداً .

(شكل رقم ٣٢-٧) يوضح الألياف الزجاجية

٢- الصوف الصخري : Rock wool

يتم صناعة الصوف الصخري من الصخور الطبيعية ، ويمكن صناعتة أيضاً من خبث الحديد أو النحاس أو الرصاص بدلاً من الصخور الطبيعية كمادة خام ويتم صهر الخبث باستخدام الفحم كوقود ، ويغزل الصوف الصخري في ألياف بصب المادة المنصهرة في وعاء دوار وتجفف الألياف بواسطة البخار وتبرد بسرعة لدرجة حرارة الغرفة . ويتم رش تلك الألياف مع مادة صمغية من الفينيل والتي تعمل كرابط (Binder)وتُضغط ، ثم يتم معالجتها بتمريرها في فرن ، ويتم تقطيع الشرائح الناتجة بالحجم المناسب ، ويمكن إضافة مادة أخرى هي الزيوت المعدنية لتقي السطح ضد الأتربة والمياه ، ولا تتأثر خواصها من حيث الثبات ومقاومة الحريق بمرور الوقت أو تغير درجات الحرارة وتتميز مادة الصوف الصخري بمقاومة عالية للحريق وقدرة عالية على عزل الصوت ويُعيبها قابليتها العالية لامتصاص الماء والرطوبة والمقاومة الضعيفة جداً للإنضغاط (شكل رقم٣٣-٧)

(شكل رقم٣٣-٧) يوضح الصوف الصخري

٣- البوليسترين المدد (البوليسترين المشكل بالقولبة

يُعتمد في إنتاج مادة البوليسترين على عملية البلمرة لمادة الـ" ستايرين" الخام وهي مركب كيميائي عضوي من مشتقات البترول . ولصناعة البوليسترين يتم معالجة هذه الحبيبات حرارياً وبوجود مادة محفزة . ثم يجري خلط المركب بالماء الساخن وكميات من غاز الميثان (المساعد للتمدد) وهو مايسمى بعملية البلمرة . ينتج عن عملية البلمرة هذه حبيبات صغيرة من البوليسترين تكون مشبعة بغاز الميثان . ويتم تصنيع مادة العزل الحراري من البوليسترين الحبيبي الممدد على ثلاثة مراحل وهي مرحلة التمدد الأولي للحبيبات ثم مرحلة إنضاج الحبيبات الممددة ثم أخيراً مرحلة القولبة والتي يجري فيها تعبئة قوالب الإنتاج النهائي بالحبيبات الممددة ثم يتم حقن الحبيبات الممددة في القوالب المغلقة ببخار الماء .

٤- البوليسترين المشكل بالبثق : Extruded Polystyrene

تعتمد صناعة هذا النوع من البوليسترين على المادة الناتجة عن عملية بلمرة الستايرين والمتمثلة في حبيبات البوليسترين وتتم عملية التصنيع بوضع المادة الخام أولاً وتمييعها بالحرارة في جهاز البثق ومن ثم خلطها بمادة رافعة (نافخة (HCFC) (غير ضارة بطبقة الأوزون ثم يجري بعدها الإستمرار في عملية بثق المادة المضغوطة من الجهاز إلى الجو الخارجي على شكل مادة لدنة ويمتاز البوليسترين المشكل بالبثق في تركيبه الخلوي بدرجة عالية من التجانس وبخلاياه المغلقة وبقدرة عالية في العزل حيث أن معامل التوصيل الحراري لهذه المواد يُعتبر منخفض جداً ويُنصح باستخدامها في المناطق المعرضة للماء أو الرطوبة دون الحاجة لاستخدام مواد أخرى لحمايتها من الماء أو الرطوبة وكما هو مستخدم في نظام السطح المقلوب الوارد ذكره لاحقاً وذلك لمقاومتها الكبيرة لإمتصاص الماء والرطوبة

٥- مادة البوليوريثين : Polyliurethene

هناك نوعان من مادة البوليريثين الرغوي يجري إنتاجهما لأغراض العزل الحراري والصوتي وهما البوليوريثين المرشوش وألواح البوليوريثين الصلبة (البوليوريثين المرن والبوليوريثين الجاسيء) ويتم إنتاج النوعين عن طريق تفاعل كيميائي بين كل من مادة الأيزوسيانيد مع مادة راتنيجية سائلة مثل الهيدروكسيل مع إضافة مواد محفزة وغازات نافخة مثل الفلوروكربون وتعتمد نوعية وجودة المادة المنتجة من البوليورثين على نوع المادة الراتنيجية المستعملة وكذلك المواد الأخرى الداخلة في عملية التصنيع مثل

شكل رقم ٣٤ -٧ يوضح مادة البوليوريثين السائل والبوليسترون

غازات النفخ ، المواد المحفزة والمواد المعيقة للإشتعال (شكل رقم ٣٤-٧)

ويوصى عند تركيب مادة البوليوريثين في الأسطح) الأسقف) أن يتم تركيبها باستخدام النظام التقليدي المذكور لاحقاً بحيث تكون الألواح العازلة للحرارة تحت طبقة العازل المائي وذلك لحمايتها من الماء والرطوبة . وعند رش البوليوريثين في الموقع فإنه يتطلب فريق من العمالة المتخصصة في عملية التنفيذ للحصول على طبقة متجانسة وبكثافة ثابتة ما للسماكة المطلوبة .

٨- المراجـــع

المراجع

اولاً : الكتب:

- عميري ، أبراهيم . مواد وتقنيات العمارة القديمة ،٢٠١٣ ، دار بيروت للنشر والتوزيع .
- صبحي ، أبراهيم ،الموسوعة المعمارية ،فن العمارة والبناء، دار الوفاء للطباعة والنشر والتوزيع، الإسكندرية، ٢٠٠٠م.

حازم إبراهيم، "التنمية العمرانية مجلة عالم البناء، مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، القاهرة، العدد ٨.

- حيدر ، فاروق عباس ، تشيد المباني . (٢٠٠٣)، بغداد للطباعه والنشر والتوزيع ، الطبعه الأولى
- البقري ، عبداللطيف ، الموسوعة الهندسية : التفاصيل المعمارية ، دمشق للنشر والتوزيع الطبعه الرابعه

ثانياً: مواقع الانترنت

- http://www.arab-ency.com/
- http://www.barikanet.com/
- http://www.eshamel.net/
- http://ar.wikipedia.org/
- http://www.startimes.com/
- http://ency.kacemb.com/
- http://www.arab-ency.com/.
- http://www.masha7ed.net/
- http://forum.kooora.com/

ثالثا: روابط بحثية

http://arch3dmax.blogspot.com/2011/10/blog-post_29.html

http://arch3dmax.blogspot.com/2011/11/blog-post.html

http://www.alrawnaq.net/vb/showthread.php?t=25760

http://www.4shared.com/document/yDBoaAxB/__online.html?locale=ar

http://habiby.montadalhilal.com/t2-topic

http://www.lafarge.com.eg/wps/portal/eg/ar/1_7_6_2-Key_innovations

http://ency.kacemb.com

http://buldings-world.blogspot.com/2010/11/blog-post.html

http://www.madinahnet.com/alkotob

http://www.alrawnaq.net/vb/showthread.php?t=25760

http://www.homekw.com/bet/showthread.php?4886-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B2%D9%84-%D9%88%D8%A7%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%B9%D9%87

http://arch3dmax.blogspot.com/2011/10/blog-post_29.html

http://arch3dmax.blogspot.com/2011/11/blog-post.html