

## الجودة في تصميم وإنتاج بلاطات البناء الزجاجية المفرغة Quality in designing & producing hollow glass blocks

د/ أمجد محمد حسنى عبد الحليم

أستاذ مساعد، قسم الزجاج، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان

### كلمات دالة Keywords :

**Hollow glass blocks**  
بلاطات بناء زجاجية مفرغة  
**Batch**  
مجموعة مواد خام مخلوطة  
لصناعة الزجاج  
**Compressive strength test**  
اختبار تحمل الضغط  
**Welding seam**  
خط لحام نصفى البلاطة

### ملخص البحث Abstract :

بلاطات البناء الزجاجية هي أحد المواد النمطية لبناء الحوائط الساترة وهي تتكون من نصفين تم تشكيلهم بالكبس في قطعة واحدة بصهر الحواف ثم جمعهم معا، وفي ظل الاحتياج المتزايد لاستخدامات الطاقة في العمارة فهي تبرز كأحد الحلول الهامة لتوفير الطاقة حيث تمكنا من استغلال الإضاءة الطبيعية خلال النهار، والبلاطات المفرغة تفيد أيضا بتوفير معدل عزل حراري جيد للمبنى، ولا يحتاج إنتاج هذه البلاطات لتكنولوجيا متقدمة لذا فمن السهل إنتاجها في مصر، غير أن النجاح في إنتاجها يتوقف على معرفة مقومات الجودة طبقا للمواصفات وكيفية تحقيقها وطرق الفحص، وقد يتناول البحث مقومات الجودة في التصميم مبينا أشكال البلاطات المقبولة طبقا للمواصفات، أقل سمك مقبول للزجاج، وطريقة لعمل التشكيلات البارزة على سطح الزجاج مع الحفاظ على السمك مع توضيح ما هو أفضل للبيئة المصرية، أيضا وضع شروط الجودة في التركيب الكيميائي للزجاج متناولا الأكاسيد الداخلة في عمل الخلطة الزجاجية وأثر كل منها على خواص الزجاج الناتج وبعض المواد الخام المستخدمة، كما أوضح العيوب الحادثة أثناء الصهر والتشكيل متناولا أسباب حدوث هذه العيوب وطرق الفحص وحدود القبول والرفض طبقا للمواصفات القياسية. أيضا أوضح البحث العيوب التي قد تحدث أثناء عمليات تجميع نصفى البلاطة (صهر الحواف - لحام النصفين معا) مبينا الأسباب الأكثر احتمالا لحدوث هذه العيوب أثناء العمليات، طرق وخطوات الفحص المختلفة لكل منها وحدود القبول والرفض. كما يتناول البحث طرق اختبار التحمل الميكانيكي والعزل الحراري للبلاطات، موضحا المواصفات القياسية الدولية المعتمدة لإجراء هذه الاختبارات، ومبينا حدود القبول والرفض للبلاطات في اختبار التحمل الميكانيكي مع ذكر طرق التجهيز ليكون الاختبار ممثلا لظروف الاستخدام. ومن خلال البحث تم التوصل لمعرفة حدود التركيب الكيميائي للزجاج المستخدم في إنتاج البلاطات وتحديد الكثير من أسباب حدوث العيوب في مراحل الصناعة المختلفة (الصهر- التشكيل - التجميع) حيث أن تلافيا يزيد الإنتاجية مع التوصية بالاهتمام بتعريف الممارين بهذا المنتج ودوره الوظيفي الهام في العمارة المعاصرة لما له من أثر مباشر في توفير الطاقة، مع الاهتمام بنشر ثقافة الجودة بين دارسى وصانعى الزجاج للإرتقاء بمستوى جودة الإنتاج وزيادة الإنتاجية.

Paper received 5<sup>th</sup> November 2019, Accepted 21<sup>th</sup> December 2019, Published 1<sup>st</sup> of January 2020

### الإطار النظري Theoretical Framework

#### الجودة في تصميم الخلطة :-

الزجاج مادة أشبه بالسبانك حيث يتكون من العديد من العناصر , ويكتسب خواصه تبعاً للعناصر المكونة له ونسبة كل منها. وللحصول على زجاج يصلح لصناعة البلاطات الزجاجية يجب مراعاة المكونات الداخلة فيه ونسبة كل منها كالتالى :

#### 1-1 أكسيد السليكون - السليكا SiO<sub>2</sub>

المادة الرئيسية فى تكوين الزجاج , ومصدره الرمال , ويجب أن تمر الرمال المستخدمة فى الزجاج بمعالجات ميكانيكية للتأكد من ملائمة حجم الحبيبات للصناعة , كما تمر باختبارات كيميائية للتأكد من نسب الشوائب وعدم تجاوزها للمسموح صناعياً.

ونظراً لإرتفاع درجة حرارة صهر السليكا فيجب ألا تزيد نسبة أكسيد السليكون فى الخلطة عن 75% , ونظراً لأن السليكا هى المادة المكونة الرئيسية فى الخلطة وتؤثر كثيراً فى خواص الزجاج الناتج فيجب ألا تقل النسبة عن 69%.

#### 1-2 أكسيد الصوديوم Na<sub>2</sub>O

يفيد أكسيد الصوديوم فى خفض درجة حرارة الصهر وعادة يستخدم "صودا آش" للحصول على أكسيد الصوديوم وهى مادة مصنعة وليست طبيعية , ونظراً لأن غياب أكسيد الصوديوم يزيد من تكاليف الصهر لإرتفاع درجة الحرارة فيجب إضافته بنسبة لا تقل عن 12% غير أنه يتسبب فى خفض الخواص الكيميائية والميكانيكية فيجب ألا تزيد عن 16%.

### مقدمة Introduction:

بلاطات البناء الزجاجية هي أحد خامات البناء ذات الإنتاج النمطي , وهناك ثلاثة أنواع منها غير أن البلاطات المفرغة هي أفضلها , فهي تسمح بالاستفادة من الإضاءة الطبيعية مثل الأخرى , لكنها توفر ميزات خاصة حيث لها معدل عزل حراري جيد فضلاً عن كونها عازلة جزئياً للصوت نظراً لأنها مفرغة جزئياً من الهواء . وتستخدم هذه البلاطات بدلا من الطوب فى بناء الحوائط الساترة كما أنه يمكن تركيب الأبواب والشبابيك دون أية مشاكل فى الحوائط المبنية بها.

### مشكلة البحث Statement of the problem:

يتجه العالم للبحث عن حلول توفر الطاقة فى ظل نضوب مصادر الطاقة الأحفورية وارتفاع تكاليف التحول لمصادر أخرى فى ظل الحاجة المتزايدة للطاقة بسبب ارتفاع أعداد السكان وارتفاع مستوى المعيشة .

وبلاطات البناء الزجاجية هي أحد الحلول المناسبة فى هذا المجال حيث يمكن إنتاجها فى مصر بسهولة نظراً لأنها لا تتطلب تكنولوجيا متقدمة عالية التكاليف .

### اهداف البحث Objectives:

الكشف عن مقومات تحقيق الجودة فى تصميم وإنتاج بلاطات البناء الزجاجية بما يتيح الدخول فى هذا المجال مع إمكانية غزو الأسواق العربية والأفريقية .

**2- الجودة في تصميم المنتج :-****1-2- شكل البلاطة :-**

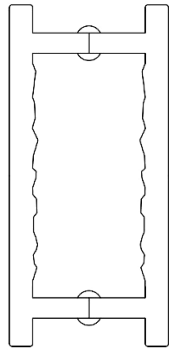
يمكن إنتاج البلاطات الزجاجية بأشكال متعددة , وقد أنتجت بلاطات مثلثة وأيضاً ذات شكل سداسي غير أن المواصفات القياسية لا تتضمن طرق لقياس أو اختبار هذه الأشكال , لذلك فإن استهداف إنتاج بلاطات يمكن اعتمادها طبقاً لمواصفات الجودة يلزمنا بتصميمها في اشكال مربعة أو مستطيلة وهى الأكثر انتشاراً حيث أنها أيضاً الأسهل فى عمليات البناء.

**2-2- سمك الزجاج :-**

يجب أن يراعى المصمم ألا يقل سمك الزجاج عن 3 ملم , غير أنه يمكن أن يزيد , وتنتج البلاطات المربعة والمستطيلة بقياسات متعددة ليتم الاختيار منها طبقاً لأغراض ومتطلبات الإستخدام , ويزيد سمك الزجاج طردياً مع قياس البلاطة لضمان قدرة التحمل الميكانيكى.

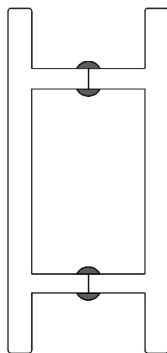
**3-2- الزخارف :-**

تحتوى أسطح البلاطات الزجاجية الظاهرة فى الإستخدام (شكل 1) على زخارف بأشكال مختلفة قد يكون الهدف منها إضفاء قيم جمالية أو لتشتيت الضوء لتحقيق استفادة أفضل من الإضاءة الطبيعية , وقد تكون الزخارف على السطح الداخلى أو الخارجى ولا يتعارض هذا مع مواصفات الجودة , غير أنه يفضل أن تكون فى السطح الداخلى لمنع تراكم الأتربة , ونظراً لأن المواصفات القياسية توجب ألا يقل السمك عن 3 ملم فيجب مراعاة ذلك أثناء تصميم وإعداد النماذج , والأفضل أن تتم عمليات الزخرفة بالإضافة وليس بالحذف ضمناً للحفاظ على السمك المطلوب (شكل 2).



شكل (1).

وتوجب المواصفات القياسية ألا يكون خط الإلتحام بارزاً أعلى حواف البلاطة ولذلك يفضل ألا يقوم التصميم على القطع الصندوقى الموضح بالشكل السابق ولكن يستخدم القطع ذى الحواف البارزة والذى يكفل عدم حدوث بروز اللحام خارج حواف البلاطة بأية حال (شكل 4).



شكل (4).

**3- عيوب الصناعة ومتطلبات الجودة :-**

هناك عدد من العيوب التى يحتمل حدوثها أثناء العمليات المختلفة لصناعة بلاطات البناء الزجاجية , ولضمان مطابقة المنتج وتحقيق

**3-1 أكسيد الكالسيوم CaO**

يفيد أكسيد الكالسيوم فى رفع المقاومة الكيميائية للزجاج فيجعله أكثر قدرة على مقاومة عوامل التعرية , وعادة يستخدم الحجر الجيرى كمصدر لأكسيد الكالسيوم كما يمكن الحصول عليه من اللوميت والذى يعرف كيميائياً بأنه مزدوج كربونات الكالسيوم والماغنسيوم , ويساعد أكسيد الكالسيوم على سرعة تجمد الزجاج أثناء التشكيل ولهذا يجب إضافته بنسبة لا تقل عن 5% غير أنه يزيد من لزوجة الزجاج فتصعب عمليات التشكيل ولذلك لا تزيد النسبة عن 12%.

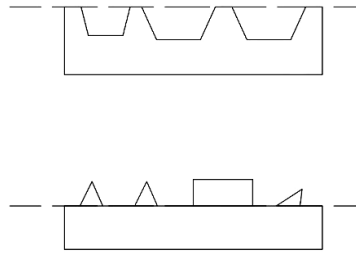
**4-1 أكسيد الماغنسيوم MgO**

يفيد أكسيد الماغنسيوم فى زيادة التحمل الميكانيكى والمقاومة الكيميائية للزجاج , غير أنه لا يعتبر مادة أساسية فى تكوين الزجاج لذلك يمكن الاستغناء عنه خاصة فى وجود نسب مرتفعة من أكسيد الكالسيوم والألومنيوم .

من ناحية أخرى فإنه يحسن مظهر الزجاج الناتج ويمنع الكثير من العيوب أثناء الصهر والتشكيل لذلك فمن المستحب إضافته بنسب قليلة لا تزيد عن 6% حيث أن النسب المرتفعة منه تتسبب فى رفع درجة حرارة الصهر وصعوبة التشكيل.

**5-1 أكسيد الألومنيوم Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

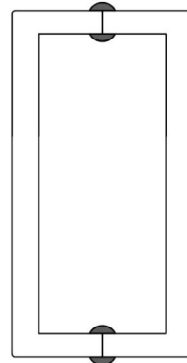
يفيد أكسيد الألومنيوم فى رفع المقاومة الكيميائية للزجاج غير أنه يتسبب فى رفع درجة حرارة الصهر إذا أضيف بنسب مرتفعة لذلك يمكن تكوين الخلطة دون استخدام الماغنسيوم , من ناحية أخرى فهو يقلل احتمالات تبلور الزجاج ويقلل تآكل حراريات أفران الصهر لذلك يمكن استخدام نسبة لا تزيد عن 3%.



شكل (2).

**4-2 تصميم القطع :-**

يتم تصنيع البلاطات الزجاجية المفرغة بالكبس وتنتج من جزئين منفصلين يتم جمعها معاً بتسخين الحواف حتى اللبونة وجمعها معاً , وعند جمع نصفى البلاطة وضغط الحواف اللينة يبرز الزجاج المصهور للخارج (شكل 3) , ويجب أن تكون أماكن التجميع ملتزمة بإحكام تام الأمر الذى يوجب التسخين الجيد وضغط النصفين بقوة لضمان عدم وجود أية فراغات أو فتحات .



شكل (3).

التشكيل للحد الكافى عند بدء الإنتاج أو بعد إجراء صيانة.

د- خطوط متموجة متتابعة ويحدث هذا نتيجة بدء تماسك سطح الزجاج قبل عملية التشكيل (نزول المكبس) ولتلافى حدوث هذا العيب يجب ضبط حرارة فرن الصهر (منطقة التشغيل) وايضا ضبط مسافة نزول الجمعة للقالب.

### 2-3- عيوب تحدث اثناء المناولة والتجميع:-

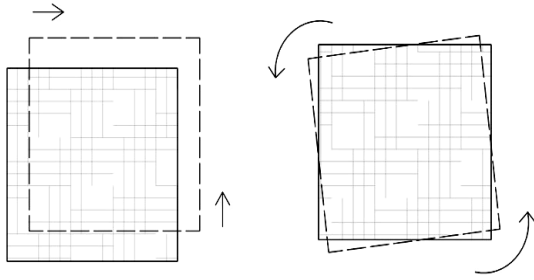
وهي عيوب تحدث للبلاتات بعد التشكيل وقبل دخول فرن التبريد .  
3-2-1- عيوب الإلتواء - عدم الإستقامة :-  
تظهر هذه العيوب على الحواف , وتعتبر فى الحدود المسموح إذا لم يزد الإلتواء أو الإنحناء عن 0.8 ملم فى كل 100 ملم من طول الحافة المقاسة.

وتحدث هذه العيوب عند إخراج الزجاج من قوالب التشكيل إذا كان الزجاج لم يتصلد بالقدر المطلوب , وقد تحدث أيضا نتيجة لزيادة ضغط الماسك على الزجاج , كما يمكن أن تحدث كنتيجة لعدم التحكم فى لمبات تسخين الحواف قبل لحام نصفى البلاطة .

ولتلافى حدوث هذه العيوب يجب الإهتمام بضبط هواء التبريد للزجاج بعد التشكيل , وضبط ضغط الماسكات التى ترفع الزجاج من القالب , ضبط لمبات تسخين الحواف بحيث يتم تسليط الضوء على مناطق اللحام فقط.

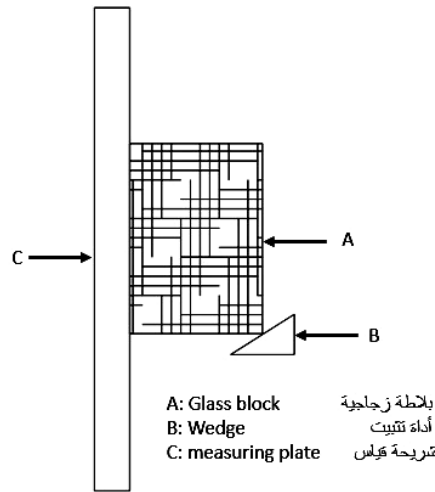
### 3-2-2- عيوب فى ضبط نصفى البلاطة :-

تحدث هذه العيوب عند لحام نصفى البلاطة معا وذلك بعدم تطابق النصفين تماما ولكن مع حدوث إزاحة , وقد تكون هذه الإزاحة زاوية أو باتجاه مستقيم (شكل 5).



شكل (5).

وتنشأ هذه العيوب كنتيجة للعمليات الصناعية , ونقاس باستخدام شريحة قياس مع تثبيت البلاطة (شكل 6) ويعتبر العيب مسموحا به ما لم يؤثر فى قدرة البلاطة على التحمل الميكانيكى.



A: Glass block بلاطة زجاجية  
B: Wedge أداة تثبيت  
C: measuring plate شريحة قياس

شكل (6).

قد يحدث إرتفاع فى أوجه البلاتات الزجاجية ناتج عن عدم تصلد

متطلبات الجودة يجب التعرف على هذه العيوب وحدود المسموح فيها .

### 3-1-1- العيوب من عمليات تجهيز الخلطة والصهر :-

#### 3-1-1- طريقة الفحص:-

يتم فحص البلاتات المختارة كعينات طبقا لمواصفات أخذ العينات والتى تحدد عدد العينات المطلوبة تبعا لكثافة الإنتاج أو لعدد الوحدات فى كل شحنة , ويتم الفحص بالنظر حيث يوضع مصدر ضوئى ( تتراوح شدته بين 430 – 540 ليومن / م<sup>2</sup>) خلف البلاطة بحيث يكون عاموديا على السطح المواجه له , ويتم الفحص بالنظر من بعد 1.5 م للسطح الأخر وتعتبر البلاطة مقبولة إذا لم يتم رؤية أية عيوب فى الظروف السابقة حتى وإن تم رؤيتها من مسافة أقرب أو باستخدام إضاءة مختلفة.

#### 3-1-2- الفقاعات الغازية :-

قد يحدث وجود فقاعات غازية صغيرة تنتج من عدم التخلص من كل الغازات أثناء انحلال المواد الخام الداخلة فى الخلطة .

#### 3-1-3- النقاط المعتمة :-

قد يحتوى الزجاج على أجسام صغيرة معتمة وهى تنقسم لنوعين :  
أ- نقاط تحتوى مسحوق من الخلطة الغير منصهرة وتمسة "حوصلة الملح"

ب- نقاط تحتوى حصوة أو حصوات وتسمى "الأحجار" وتنتج عن حدوث تآكل فى حراريات فرن الصهر .

#### 3-1-4- علامات على السطح :-

تحدث هذه العيوب أثناء عملية التشكيل "الكبس"  
أ- تظهر نقاط غائرة على السطح الخارجى وتسمى "بصمة القالب" وتظهر بشكل يودى للرفض عند حدوث تآكل فى جسم القالب " منطقة الحوض"

ب- ظهور نقاط بارزة أو عيوب فى الزخارف من الداخل ويحدث نتيجة لحدوث تآكل فى الجزء المخصص للكبس. ولمنع حدوث العيبين السابقين يجب الانتباه للعمر الافتراضى للقوالب وأيضا اتباع طرق التخزين السليمة حال عدم تشغيلها وفحصها عندما تعود للتشغيل .

#### ج- خطوط غائرة على السطح :

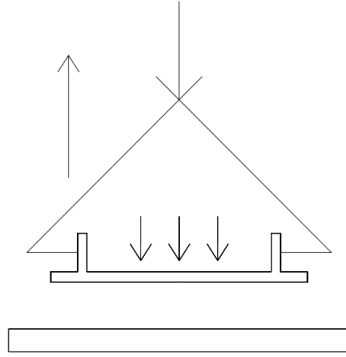
قد تظهر خطوط غائرة متفرقة على سطح الزجاج تشبه الشروخ ويحدث هذا لأكثر من سبب :-

- إنخفاض لزوجة الزجاج والذى يحدث نتيجة لانخفاض درجة الحرارة فى منطقة التشكيل , ولمنع حدوث هذا العيب يجب مراقبة درجات الحرارة فى فرن الصهر جيدا وضبط تبريد القالب بعد خروج المنتج .
- حدوث صدمة حرارية خفيفة نتيجة لعدم تسخين قوالب

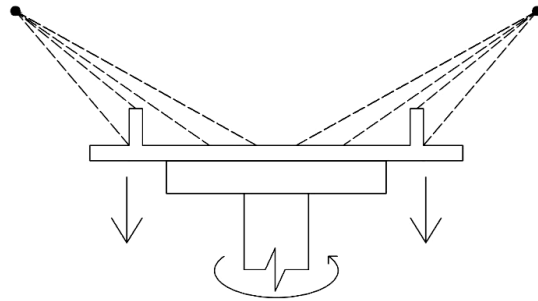
3-2-3- عيوب الوجه :-

داخل القالب خاصة وأن زيادة سمك الزجاج تتطلب زيادة هواء التبريد.

الزجاج عند إخرجه من القالب وبالتالي ينحني لأسفل بتأثير الجاذبية الأرضية (شكل 7) وينتج هذا عن عدم كفاية تبريد المنتج



شكل (7).



شكل (8)

- الزجاجية.
- تم تحديد مقومات التصميم لتحقيق الجودة في صناعة بلاطات البناء الزجاجية.
- تم التوصل لمعرفة العيوب الحادثة أثناء صناعة بلاطات البناء الزجاجية وأسبابها وطرق رصدها وقياسها وحدود القبول والرفض.
- التعرف على الاختبارات الخاصة بكفاءة الاستخدام وأهمية كل منها.

#### التوصيات Recommendations:

- العمل على نشر ثقافة الجودة في مجالات صناعة الزجاج.
- الاعتماد على المواصفات القياسية في تطوير المنتجات.
- بلاطات البناء الزجاجية هي منتج واعد يتيح الاستفادة من الإضاءة الطبيعية وتحقيق معدل عزل حراري جيد لذا يجب الاهتمام به صناعيا.

#### المراجع References :

1. ES 7808/2014: Glass in building – glass blocks – specification and test methods, Egyptian organization for standardization and quality EOS.
2. ET ISO 21690/2006: Glass in building – glass blocks - specification and test methods.
3. Fay V. Tooley (Dr)
4. The handbook of glass manufacture – volume 1 , Ashlee publishing co .1984.
5. Joseph S.Amstock The handbook of glass in construction, MC Graw- Hill -1997

#### Internet Web sites :-

6. [www.globalspec.com](http://www.globalspec.com)  
Accessed on 10 October 2018
7. [www.Qualityglassblocks.com](http://www.Qualityglassblocks.com)  
Accessed on 15 October 2018
8. [www.westernglass.com/glass-blocks](http://www.westernglass.com/glass-blocks).  
2 November 2018
9. YouTube: Glass Blocks, how its maid ,link :  
<https://www.youtube.com/watch?v=5rt-oXQWX2s>  
Accessed on 5 November 2018

- وقد يحدث أيضا انخفاض في الوجه ينتج عن عدم دقة توجيه اللهب المستخدم قبل عملية اللحام فيسخن الوجه وتتجه الحواف لأسفل بتأثير الجاذبية (شكل 8)
- ويتم رصد هذه العيوب باستخدام مسطرة من الصلب وتقاس باستخدام "مقياس العمق" وتعتبر البلاطات مقبولة إذا لم يزد الارتفاع عن 2 ملم , أما في حالة الانخفاض إلا يزيد عن 1 ملم لتكون البلاطات مقبولة.
- 3-2-4- الإبعاد والسمك الكلي للمنتج :-  
قد يحدث اختلاف في الأبعاد أو السمك الكلي (ارتفاع البلاطة) ويرجع هذا لأحد سببين :

- أ- عدم إنظام الضغط عند تجميع نصفى البلاطة.
- ب- عدم انتظام تسخين الحواف قبل عملية التجميع.
- ولرصد هذه العيوب تستخدم القدمة ذات الورنية حيث يتم قياس الأبعاد من نقطة الانقسام للجوانب المتقابلة, وتستخدم نفس الأداه لقياس السمك عند الزوايا الأربعة للمنتج.

#### 4- الاختبارات الميكانيكية والحرارية :

- 1-4- يتم اختبار المقاومة الميكانيكية لبلاطات البناء الزجاجية بطريقتين :-

#### 1-1-4- اختبار قوى الضغط للبلاطات

وهو اختبار هام نظرا لأنه يقيس قدرة البلاطة على التحمل في ظروف البناء بالمونة الأسمنتية ولإجراء يتم تغطية جانبيين متقابلين بمونة أسمنتية ذات مواصفة خاصة ثم يتم تخزين العينات في درجة حرارة (20±2) ورطوبة (60 إلى 70 %) لمدة 7 أيام ويتم اختبار العينات بتطبيق أحمال متزايدة بانتظام حتى تنكسر, ويجب ألا يقل تحمل البلاطات للضغط عن 6 نيوتن / ملم<sup>2</sup> , وهذا الاختبار لضمان قدرة البلاطات على تحمل الأثقل الواقع عليها عند بناء الحوائط حيث تحمل البلاطات أسفل الحائط وزن ما فوقها.

#### 1-2-4- اختبار الأحمال على الأسطح :-

يتم هذا الاختبار على الأسطح الظاهرة أثناء الاستخدام وهو هام فقط إذا كانت البلاطات تستخدم في الأسقف , حيث يمكن أن تتعرض هذه الأسطح لضغوط ميكانيكية , ولكي تكون البلاطات مقبولة يجب ألا يقل تحملها عن 15 نيوتن/ملم<sup>2</sup>

#### 2-4- العزل الحرارى :-

وهي خاصية هامة خاصة في ظل اتجاه العالم لتوفير الطاقة , فالعزل الحرارى الجيد يعنى استخدام طاقة أقل سواء للتبريد أو للتدفئة , ويتم تعيين النفاذية الحرارية للبلاطات طبقا للمواصفات

ISO 15099/2003, ISO 12567-1/2000

#### النتائج Results :

- تم تحديد متطلبات تصميم خطة صناعة بلاطات البناء