

# دراسة لتطوير الخصائص الميكانيكية والكيميائية للكتل البنائية (الثرمستون)

دايمن علك حسن<sup>٢</sup>

د. حليم كاظم حسين<sup>١</sup>

حميد عبد الرزاق حمادي<sup>١</sup>

تاريخ الاستلام : ٢٠١٦/١٢/١٩ ، قبول النشر ٢٠١٧/١/٢٢

## الخلاصة

يتضمن البحث إيجاد تقنية عراقية جديدة لتطوير خصائص مقاومة الانضغاط للكتل البنائية الحرارية (الثرمستون) لما له من دور كبير في مجال البناء وتمثلت هذه التقنية باستخدام مضافات محلية رخيصة جدا تمثلت بالقيير (tar) والذي يتوفر بشكل كبير في بلدنا العراق وخصوصا في محافظة كركوك ومن خلال تعريض ثلاثة أنواع من الكتل البنائية الحرارية (الثرمستون) الى بخار القير وبدرجة حرارة معينة وعلى ارتفاع محدد حيث استخدمت ثلاث أنواع من هذه الكتل البنائية المتمثلة بالطابوق الأبيض العراقي والكويتي والسعودي باعتبارها أكثر ثلاث أنواع مستخدمة في المنطقة الجنوبية من العراق وخصوصا محافظة البصرة وتمت عملية تطوير مقاومة الانضغاط بدلالة أربع متغيرات: اولا هو القير وثانيا نوع الكتل البنائية وثالثا وجه الكتلة البنائية المعرض للبخار حيث تضمنت الدراسة شمول وجه واحد ووجهين وستة أوجه لهذا البخار والمتغير الرابع هو العمر الزمني من خلال فحص هذه المقاومة بعد الانتهاء من زمن التعرض الى بخار القير. وبينت النتائج المستحصلة ان أعلى مقاومة انضغاط تم الحصول عليها هي ٤.٤ ميكا باسكال عند وجهين من جهات التبخير وبمعدل ساعتين مقسومتين ساعة لكل وجه وبمقدار تحسن وتطور ٦٢% عما هي عليه في الحالة النقية (الطابوق المرجعي) هذا فيما يخص الثرمستون السعودي، في حين كان التطور في كل من العراقي والكويتي بمقدار ٢٧% و ٤٥% وعلى التوالي ومن الجدير بالذكر ان مقدار هذا التحسن لنفس الظروف أعلاه ولكن زمن التعرض للبخار ساعة كاملة للوجهين وبمعدل نصف ساعة لكل وجه هي ٣٧.٥%، ولم نلاحظ هذا التحسن عند التعرض للبخار من الأوجه الستة للمودج الثرمستوني في حين كان أفضل زمن هو ثلاث ساعات عند تعرض وجه واحد للبخار، حيث كانت مقاومة الانضغاط عندها ٤.٤ ميكا باسكال، وشملت الدراسة التحليل الكيماوي للنماذج الحاصلة على أعلى قيم في مقاومة الانضغاط وبينت النتائج المستحصلة نجاح النماذج المشوبة ومطابقتها للمواصفة العراقية.

الكلمات الدالة: الثرمستون ، القير ، مقاومة الانضغاط ، الخصائص الكيميائية

## Study to modify the mechanical and chemical properties of building blocks (Thermostone)

Hamed A. Hamdi

Haleem k. Hussain

Ayman A. Hassan

### Abstract

This study concern with a new technology to modified the compressive strength of the thermo brick which have a main role in construction field. This research using a new local cheap additives called (tar) which is available in Iraq (Kirkuk area). The experimental program have include three type of thermo brick available in local market (Iraqi, KSA, and Kuwaiti) and these type are common used in south area of Iraq especially Basrah City. The sample has exposed to the steam of tar in different temperature. Four affecting factor are studied carefully on compressive strength of brick including, tar , brick manufacture type, number of exposing faces of brick, and the age of brick after finishing expose of brick to the tar steam. The result shows maximum compressive strength conducted are 4.4 MPa when two faces expose to tar and two hours' time of exposing ( one hour for each face) and the modified percentage was 62% compared with reference sample (KSA type). The improvement in compressive strength of Iraqi type and Kuwaiti were 27% and 45% respectively. Furthermore the improvement of compressive strength with same condition aforementioned but for one hour exposing time (half hour on each face) are 37.5%. The chemical properties also has conducted in this study.

Keywords: Thermo Brick, Tar, compressive strength, Chemical properties

<sup>١</sup> جامعة البصرة – مركز أبحاث البوليمر – قسم علوم المواد. [hamymham@yahoo.com](mailto:hamymham@yahoo.com)  
<sup>٢</sup> جامعة البصرة- كلية الهندسة- قسم الهندسة المدنية. [haleem.hussain@uobasrah.edu.iq](mailto:haleem.hussain@uobasrah.edu.iq)  
<sup>٣</sup> جامعة البصرة- كلية الهندسة- قسم الهندسة المدنية. [ayman.hassan@uobasrah.edu.iq](mailto:ayman.hassan@uobasrah.edu.iq)

## ١- المقدمة

الثرمستون هو خرسانة إنشائية مسبقة الصب و يقع ضمن تصنيف الكونكريت الخفيف (light weight concrete) والمواد الأولية الداخلة في تركيبه هي النورة الحية والاسمنت وطحين الألمنيوم Aluminum powder يستعمل أيضا احد العوامل المساعدة على الانتفاخ Foaming agent ، حيث تطحن المكونات بطاحونة ball mill والمعجون يصب في قوالب ويدخل الى high steam pressure autoclave ويدرجة حرارة ١٥٠ ° مئوية وبعدها يتم تقطيع الكتل حسب الطلب والقياسات المطلوبة ومن المعروف ان هذا النوع يكثر في الأسواق بأبعاد (٢٠ سم × ٢٠ سم × ٦٠ سم) وبذلك يعكس سرعة انجاز العمل باستخدام هكذا نوع من الكتل البنائية بالمقارنة مع الطابوق العادي، حيث يعادل حجم الكتلة البنائية الواحدة من الثرمستون حوالي (١٠-١١) من حجم الطابوق العادي، ناهيك عن خفة الوزن مما يعكس الجانب الايجابي من حيث سرعة العمل وقلة مونة البناء وسرعة رفع الكتل الثرمستونية، وكذلك فان معدل ارتفاع البناء أعلى مما هو عليه في الطابوق الطيني العادي بأنواعه الثلاث (a,b, and c). يمتاز الثرمستون بان له خاصية العزل الجيد كونها تحتوي على مسامات منتشرة كثيرة، ومن مميزاته الأخرى والتي جمعت بين متانة الخرسانة التقليدية ومميزات العزل الحراري والصوتي ومقاومة الحريق والزلازل وسرعة الإنشاء والعمر الافتراضي الطويل ويستخدم الثرمستون الحراري عادةً كمادة هيكلية لتحمل الأوزان في المباني المكونة من طابق أو طابقين أو ثلاثة طوابق ومما لاشك فيه أن الثرمستون الأبيض المصنوع من الخرسانة الرغوية الخفيفة (الاسفنجية) هو حل مناسب لبعض الحالات التي نحتاج فيها لجدران خفيفة الوزن بالمقارنة مع الطابوق العادي بأنواعه الثلاث إضافة الى مميزاته الايجابية الأخرى والتي تمثلت بالتالي [٦-١]:

١- العزل الحراري الممتاز .

٢- مقاومة الحريق .

٣- القوة الإنشائية .

٤- عزل الصوت .

٥- انخفاض التكلفة .

٦- سرعة الإنشاء .

٧- العمر الطويل والى جانب هذه المميزات فان هنالك عيوباً يجب الأخذ بها بعين الاعتبار وهي:-

١- هشاشته (نتيجة لوجود خلايا هوائية بداخله).

٢- قابلية امتصاص هذه الكتل لامتصاص الرطوبة والماء بسبب الفجوات الهوائية تكون عالية.

٣- الاحتياط الكامل لعزل الجدران الخارجيه بدهان عازل للماء. كذلك جدران الحمامات الداخلية.

٤- الانخفاض في مقاومة الانضغاط قياسا الى ما هي عليه في كل من الطابوق بأنواعه الثلاث (a,b and c).

في العراق تمت دراسة مواد البناء المستعملة في الابنية وكمية انتاجها وحجم النقص الحاصل فيها وتم التوصل الى أن مادة الطابوق هي المادة البنائية الرئيسة في العراق حيث ان % 70 من الابنية في القطر مشيدة من الطابوق ويزداد استعماله بشكل خاص في المنطقة الوسطى [٧-١٠] .

ان هذا النوع من الكتل البنائية فتح ابوابا اخرى تجاه تصنيع مواد بناء خرسانية خفيفة الوزن تمتاز بمواصفات افضل بكثير مما هو عليه الثرمستون الحراري الابيض [11-15] . ومن هنا ركز بحثنا تجاه تطوير كلا من الخصائص الميكانيكية والكيميائية لهذا المنتج من خلال استخدام مضاف القير الذي يمتاز بتوافره في العراق بشكل كبير .

## ٢- المكونات الأساسية المستخدمة في الإنتاج

٢-١ الكتل البنائية الحرارية (الثرمستون) : استخدمت ثلاث أنواع من هذه الكتل وهي العراقي (مصانع

كربلاء) بالأبعاد (طول ٦ سم والعرض ٢٠ سم والارتفاع ٢٥ سم) والكويتي (علامة الاتحاد) والسعودي (علامة الوطنية) حيث إن أبعاد الكتلة الواحدة لكل من النوعين الآخرين هي (الطول ٦٠ سم والارتفاع ٢٠ سم والعرض ٢٠ سم).

**٢-٢ المضافات :** القير العراقي: مادة بيتومينية بنية أو سوداء اللون ذات قوام سائل أو نصف صلب، والمادة الغالبة فيه هي البيتومين والقار له رائحة مميزة، وهو مادة صعبة الاستخدام في أعمال الرصف للأسباب التالية:

- ١- لها بعض الخصائص الفيزيائية الغير مرغوب فيها مثل حساسيتها العالية للحرارة.
- ٢- لها مخاطر سلبية على الصحة حيث أن أدخنة القار تؤثر على العين والجلد.

وتم استخدام القار الطبيعي في بحثنا هذا حيث تم شراء القار الطبيعي من الأسواق المحلية في محافظة البصرة بعد جلبه من محافظة الأنبار حيث تتواجد عيوب لهذا النوع من القار.

### ٣- تحضير العينات

تم تحضير العينات بإشكال مكعبة ذات طول ضلع عشرة سنتيمترات من خلال تقطيعاً بمنشار كهربائي (Circular saw) حيث قطعت من الكتلة الأصلية وتم إجراء عملية تعريضها للبخار وعند درجة حرارة ٢٤٠ درجة مئوية باستخدام وعاء تسخين (heating metal) ذات درجة حرارة قصوى ( $T_{max}=450\text{ C}^{\circ}$ ) وكما مبين في شكل رقم (١)، حيث استخدم وعاء زجاجي أو معدني حيث توضع كمية من القير في الوعاء الزجاجي ويوضع النموذج مباشرة على سطح الوعاء حفاظاً على بخار القير من التسرب ولجعل كمية البخار الواصلة الى العينة الترمستونية أعلى ما يمكن وتم إجراء عملية التبخير على ثلاث أنواع من الترمستون آف الذكر حيث تم تعريض النماذج لبخار القير بعده طرق حيث عرض وجه واحد من الأوجه الستة للعينة الى بخار القير ولفترات زمنية تراوحت بين الساعة الواحدة الى سبع ساعات في حين كانت طريقة التبخير الثانية باعتماد وجهين متقابلين والتبخير لفترات زمنية مختلفة وصلت في أقصاها الى ساعتين، وأما الطريقة الثالثة فكانت التبخير لستة أوجه للعينة الواحدة وامتازت هذه الطريقة بعدم كفاءتها قياساً الى نظيرتها السابقتين، وتم إجراء القياس وفقاً للمواصفة العراقية والخاصة بالكتل الخرسانية الخلوية- الترمستون (١٤٤١ لسنة ٢٠٠٠) (١٦) باستخدام الجهاز المبين في الشكل رقم (١) نوع HUMBOLDT أمريكي الصنع (ذو موديل CM-2500-DIR50)، حيث تمت عملية القياس على فترتين زمنيتين الأولى مباشرة بعد رفع العينة مباشرة من وعاء التبخير والثانية أخذت على فترات زمنية مختلفة لمعرفة التأثير العمري على مقاومة الانضغاط للترمستون ومن معرفة أفضل النتائج المستحصلة نتيجة لتبخير القير على عينات الترمستون، حيث تم اخذ هذه العينات والتي حققت أفضل النتائج الى التحليل الكيميائي لمعرفة فيما إذا كان هذا التحسن في الخواص الميكانيكية يكون مصحوباً بتحسن في خواصها الكيميائية من عدمه.



نظام التبخير

جهاز قياس مقاومة الانضغاط

شكل رقم (١) الاجهزة المستخدمة في الفحص

## ٤- النتائج والقياسات :

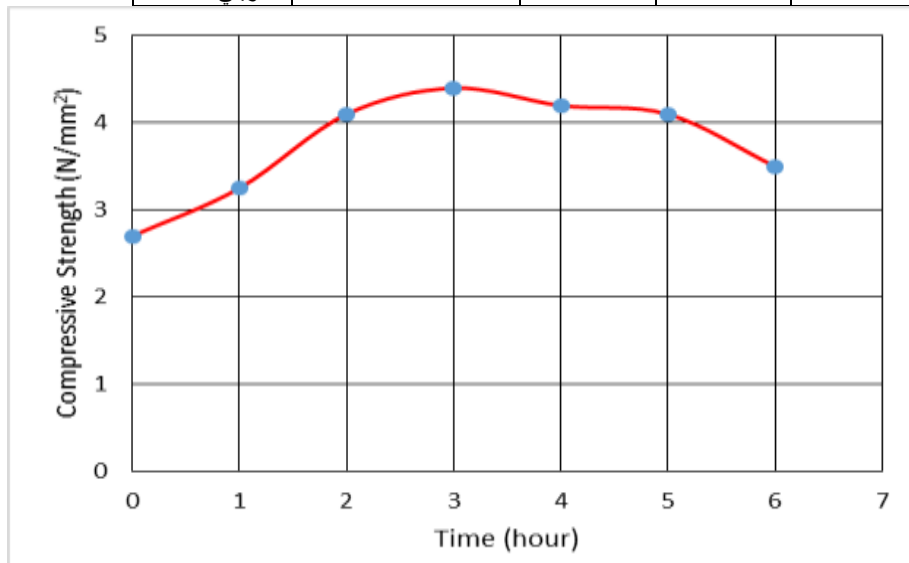
بينت النتائج المستحصلة بان العينات المشوية ببخار القير تمتاز بان لها نسبة إشباع محددة من بخار القير بالاعتماد على الواجهة المتعرضة للبخار سواء كان وجه واحد او وجهين او عدة وجوه وهذا يؤثر بدوره على زمن التبخير، إضافة إلى ما مر أعلاه فانه من المعروف ان لطريقة التصنيع ونوعية المضاف وظروف الإنتاج وكميات المضافات الداخلة في تصنيع الترمستون الأبيض الخفيف لها اثر كبير في خواص المنتج، ومن هنا نلاحظ الاختلاف في قيم مقاومة الانضغاط للحالة النقية من الترمستون السعودي والعراقي والكويتي، ومن هنا تم الحصول على ظروف مختلفة ونتائج مختلفة في تطوير خصائص الترمستون الميكانيكية والكيميائية أيضا باختلاف المنتج، حيث نلاحظ ومن الجدول (١) اختلاف قيمة مقاومة الانضغاط عن حالاتها النقية مع اختلاف زمن المعالجة ونوعها. يبين كذلك الشكل رقم (٢) علاقة زمن التشويب للنموذج مع مقاومة الانضغاط للنوع السعودي ومن الواضح ان زمن التشويب ثلاث ساعات هو افضل زمن لحصول اعلى مقاومة (٤.٤ MPa)

اما بالنسبة للنوع الكويتي فكان تأثير زمن التشويب كان قليل جدا بتحسين مقاومة الانضغاط.

يمكن الاستنتاج عند زيادة الفترة الزمنية للتشويب تزداد المقاومة الى حد معين بعده تكون اي زيادة في زمن التشويب يكون لها تأثير سلبي على المقاومة ومن المرجح ان يعود سبب ذلك الى كون مادة القير في البداية تعمل على ملئ الفجوات ويمكن ان تكون لها خواص تزيد من قوة التلاصق بين مكونات كتلة الترمستون ولكن عن الزيادة عن حد معين فانها قد تكون عامل يساعد على انزلاق وحركة جزيئات ومركبات الترمستون بسهولة عند التعرض لقوة الانضغاط العمودية . جدول رقم (٢) يبين نتائج مقاومة الانضغاط وتأثير التشويب لوجهين لكل نموذج مع وجود تأثير زمن المعالجة .

جدول (١) المواصفات الميكانيكية للكتل البنائية (الترمستون) المطور (التبخير من جهة واحدة).

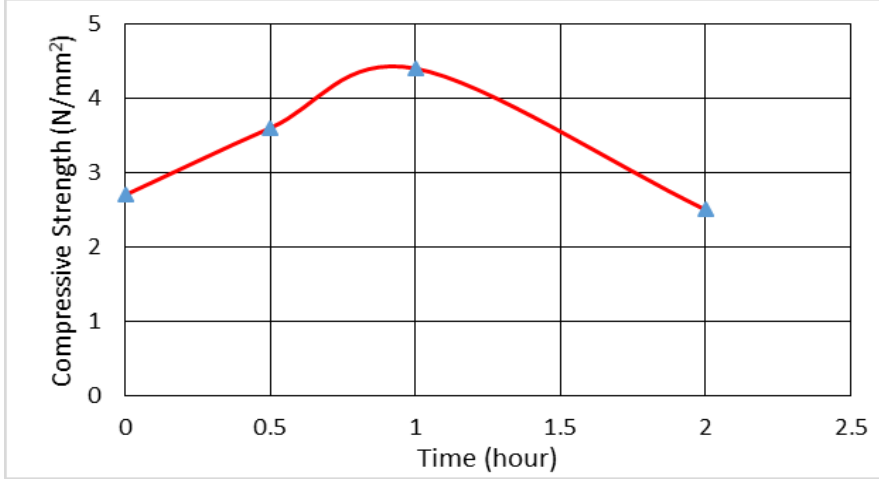
نوع النموذج (الترمستون)	النسبة المئوية للزيادة %	مقاومة الانضغاط (نت/ملم <sup>٢</sup> )		زمن المعالجة (ساعة)	الحالة
		قبل المعالجة	بعد المعالجة		
سعودي الوطنية	صفر	٢.٧	٢.٧	صفر	النقية (بدون تبخير)
سعودي الوطنية	٢٠	٢.٧	٣.٢٥	١.٠	المشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٥٢	٢.٧	٤.١	٢.٠	المشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٦٣	٢.٧	٤.٤	٣.٠	المشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٥٥	٢.٧	٤.٢	٤.٠	المشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٥٢	٢.٧	٤.١	٥.٠	المشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٣٠	٢.٧	٣.٥	٦.٠	المشوية ببخار القير
كويتي الاتحاد	٧	٢.٢	٢.٣٧	٠.٥	المشوية ببخار القير
كويتي الاتحاد	٤٥	٢.٢	٣.٢	١.٠	المشوية ببخار القير
كويتي الاتحاد	٣٠-	٢.٢	٣.٣	٢.٠	المشوية ببخار القير



شكل رقم (٢) العلاقة بين زمن التشويب ومقاومة الانضغاط (النموذج السعودي- التبخير من وجه واحد)

جدول (٢) المواصفات الميكانيكية للترمسون المطور (التبخير من جهتين متقابلتين).

نوع النموذج (الترمسون)	النسبة المئوية للزيادة %	مقاومة الانضغاط (نت/ملم <sup>٢</sup> )		زمن المعالجة لكل جهة/ (ساعة)	الحالة
		قبل المعالجة	بعد المعالجة		
سعودي الوطنية	صفر	٢.٧	٢.٧	صفر	النقية
العراقي كربلاء	٢٧	٣.٨٢	٣.٠	١.٠	مشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٣٣	٢.٧	٣.٦	٠.٥	مشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٦٦	٢.٧	٤.٤	١.٠	مشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	انخفاض	٢.٧	٢.٥	٢.٠	مشوية ببخار القير



شكل رقم (٣) العلاقة بين زمن التشويب ومقاومة الانضغاط (النموذج السعودي – التبخير من وجهين)

ومن الجدير بالذكر ان عملية التبخير للأوجه الستة للطابوقة المعرضة لبخار القير لم تكن الزيادة فيها بقدر ما هي عليه في الحالات السابقة من التعرض للبخار بوجه واحد او وجهين حيث تم الحصول على مقاومة انضغاط مقدارها ٣.٣ ميكاباسكال وزيادتها مقدارها (٢٢%). ولمزيد من النتائج تم قياس مقاومة الانضغاط لنماذج ترمستون معرضة إلى بخار القير بوجهين وبمعدل نصف ساعة (التبخير الكلي للعينة = ساعة كاملة) حيث كانت النتائج وكما هي مبينة في جدول رقم (٣)، حيث بينت النتائج ازدياد مقاومة الانضغاط بعد شهر كامل ويمكن القول ان زيادة عمر النموذج المعرض للبخار يعمل على زيادة مقاومة الانضغاط حيث كانت نسبة الزيادة المئوية عند (١٠ يوم) هي (٣٧%) لترتفع لتصل الى (٤٨%) بعد شهر من المعالجة.

يبين جدول رقم (٤) المتطلبات الكيميائية للترمسون المطور لنماذج مختلفة في زمن التبخير وذلك لتثبيت مواصفات ومكونات المثل البنائية عند اجراء اي فحص مستقبلي للمقارنة.

جدول (٣) المواصفات الميكانيكية للترمسون المطور (التبخير من جهتين متقابلتين).

نوع النموذج (الترمسون)	النسبة المئوية للزيادة %	مقاومة النضغاط (نت/ملم <sup>٢</sup> )		زمن المعالجة لكل جهة	زمن القياس بعد التشويب (يوم)	الحالة
		قبل المعالجة	بعد المعالجة			
سعودي الوطنية	صفر	٢.٧	٢.٧	صفر	--	النقية
سعودي الوطنية	٣٧	٢.٧	٣.٧٢	٠.٥	10	مشوية ببخار القير
سعودي الوطنية	٤٨	٢.٧	٤	٠.٥	30	مشوية ببخار القير

جدول (٤) المتطلبات الكيميائية للترمسون المطور لنماذج مختلفة في زمن التبخير

حدود المواصفة (%)	النموذج (تبخير نصف ساعة لوجهين)	النموذج (تبخير ٣ ساعة لوجه واحد)	النموذج (تبخير ساعة لوجهين)	الفحص (%)
لا تقل عن ٣٥	٣٦.٠	2.36	36	نسبة الكبريتات
لا تقل عن ٢٥	26.7	٢٧.٠	26.7	نسبة الكلس
لا تزيد على ٢٥	0.21	0.20	0.21	الأملاح الذاتية وأملاح المغنيسيوم
لا يزيد على ٩	٠.6.5	4.8	6.5	الماء المتحد
لا يزيد على ٩	٠.6.7	٥.٠	6.7	الفقدان بالحرق
لا يزيد على ٥	0.69	0.68	0.69	الشوائب
لا يزيد على ٤٥	32.3	28.5	32.3	امتصاص الماء

- يتميز الترمستون الأبيض المطور بطريقة إضافة بخار القير الى النموذج النقي:
- مادة بنائية خفيفة الوزن وعليه تكون ذات كلفة اقل في النقل والمناولة والتشكيل وسرعة في الانجاز واقل كلفة في إنشاء الأساسات مما يعني اختصار مدة التنفيذ والإشغال السريع للمنشأ.
- ١- وحدات بناء جاهزة الصنع ذات دقة متناهية في القياسات وسرعة في التركيب وتحتاج إلى أيدي عاملة اقل في التنفيذ وذات كلفة اقل في الإنشاء مع وفرة في الكلفة من خلال تقليل في عدد الأيدي العاملة ومتطلباتها .
- ٢- ذات عزل حراري ممتاز فتكون الأبنية اقل استهلاكاً للطاقة ولا تحتاج إلى العزل الحراري وتساعد في ترشيد الإنفاق لدى المستهلك وكفاءة جيدة في العزل الصوتي ومقاومة جيدة للنيرون.
- ٣- مادة بنائية صديقة للبيئة، وعليه تكون ذات عمر مديد، لا تتحلل ولا تتعفن، لا تحتوي على غازات سامة ولا تأوي الحشرات وكذلك ضائعات قليلة في المواد وذات مخلفات قليلة في موقع العمل مما يؤدي الى المحافظة على البيئة.
- ٤- سهولة إمرار التأسيسات المائية والكهربائية باستخدام آلات بسيطة .
- ٥- بالإمكان استخدام كافة أنواع الانتهاءات للجدران سواء كانت من الداخل ام من الخارج حيث ان الوجه الصقيل للجدران الداخلية يعطي نوعية عالية من الانتهاء.
- ٦- ذات مقاومة انضغاط أعلى مما هي عليه في الحالة النقية.

## ٥- الاستنتاج

أن العينات المطعمة ببخار القير أفضل من الكتل الأسمنتية ( البلوك ) في البناء اذ يكون وزن الكتلة البنائية من الترمستون اخف بكثير من وزن الطابوق الخرساني او الطيني. كما يمكن أن يدخل في الكثير من الأبنية وبكافة أنواعها مع إمكانية التقليل من الاحمال المسلطة على اسس الابنية نظرا لخفة الوزن. و يمكن اعتباره منافسا ناجحا لطابوق البناء العراقي صنف C (مقاومة الانضغاط للطابوق نوع C مساوية الى (٧ ميكاباسكال) قياسا لسرعة البناء ورخص الكلفة وغيرها من المواصلات مما يساهم في الاعتماد الأكثر على هذا النوع من الطابوق في البناء وتقليل الاستيراد وكما ان عملية التطعيم بالقير أدت الى تحسن الخصائص الكيميائية لهذا المنتج نتيجة لاغلاق المنافذ او المسامات التي تمنع دخول المواد المسببة للتآكل وتقليل عمر المنتج.

## المصادر

- (١). ساعور ، نائرة نجيب ، دراسة لكلف البدائل المستخدمة في تصميم وتنفيذ الدور السكنية ، ندوة البدائل الاقتصادية في تصميم وتنفيذ الدور السكنية ، وزارة الاسكان والتعمير ص (٦-٩) ١٩٩٣.
- [2]. Building Code Requirements For Structural Concrete and Commentary (ACI 318 R-08), American Concrete Institute (ACI). 2008.
- [3]. www. System Building Com, Associates of NEOPOR , Cellular lightweight concrete , Germany , SECTRA – France , p.5 , 2003.
- [4]. Internet Report, “Foam Concrete”, w. witechnologic. sk , 2003 .
- [5]. Building & Construction, Research center lightweight concrete Method, www.bcrc.pal.org, P 3, 2001.
- [6]. Relevance of fly ash based cellular lightweight concrete for Greener buildings & Environment , By G.B. Singh , System Building Technologists New Delhi (India) , p.1, 2003.
- [7]. Rapfenbauer , Ural , (Housing the impact of Economy and Technology) proceedings of the International Congress, 1981 , Vienna , Austria , pergamon press , New York , 1981 .
- [8]. Polservice (General Housing for Iraq) , Report one, p.181 , 1977.
- (٩). حسين عبد الكريم ، خواص الخرسانة الخلوية بالاشارة الى العزل الحراري والمعاقفة الصوتية ، رسالة ماجستير مقدمة الى الجامعة التكنولوجية قسم هندسة البناء والانشاء/ سنة 2000 .
- (١٠). ندى مهدي ، خواص الخرسانة خفيفة الوزن بالاشارة الى العزل الحراري والمعاقفة الصوتية ، رسالة ماجستير مقدمة الى جامعة بغداد/ قسم الهندسة المدنية / سنة . 1997
- [11]. Sancak, E. , Dursun Sari, Y. , Simsek, O. Journal: Cement and Concrete Composites ISSN: Year: 2008 Volume: 30 Issue: 8 Pages: 715-721.
- [12]. Chen, B. , Liu, J., Journal: Cement and Concrete Research Year: 2004 Volume: 34 Issue: 7 Pages: 1259-1263.
- [13]. Alireza M.G. Roshan , Mohammad B. Hosseiniyan , Hossein Khalilpasha , Reza Amirpour, Journal: American Journal of Engineering and Applied Sciences ISSN: 19417020 Year: 2010 Volume: 3 Issue: 2 Pages: 449-453.
- [14]. Hossam Hodhod, Mostafa A. M. Abdeen Journal: Engineering ISSN: 19473931 Year: 2010 Volume: 02 Issue: 06 Pages: 408-419.
- [15]. Chen Shun-wei --- Liang Dong --- Zhao Xin --- Kong Dan-dan Li Xia,Journal: 2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing Year: 2010 Volume: 1 Pages: 460-463.
- (١٦). المواصفة القياسية العراقية رقم ١٤٤١ لسنة ٢٠٠٠ ( الخاصة بـ(الكتل الخرسانية الخلوية – الترمستون) المحتوى ١- رقم التشريع ٨٥١