تأثير طرق التبريد على خواص التحمل والامتصاص للثرمستون المعرض لحالة حريق [+]

INFLUENCE OF COOLING METHODS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND ABSORPTION FOR THERMOSTONE EXPOSED TO FIRE

قيس جواد فريح [*] فيصل كاظم عبد الحسين [**] أسيل شعبان منسي [***]

المستخلص:

تضمن البحث فحصين هما فحص مقاومة الانضغاط وفحص الامتصاص على نوعين من نماذج الثرمستون الأول يكون بدون انهاءات والثاني مع الإنهاء بمادة الجص والبورك , حيث تم إجراء الفحوصات على هذه النماذج في درجة الحرارة الاعتيادية وفي درجات حرارة عالية (٣٠٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠) م° حيث تفحص النماذج وهي ساخنة وعندما تكون بدرجة حرارة الغرفة بعد تركها لتبرد بالهواء و بعد تبريدها بالماء كمحاكاة لحالة الحريق.

اظهرت النتائج ان مقاومة الانضغاط للثرمستون تنخفض بنسب تتغير بارتفاع درجة حرارة التسخين وبتغير حالات الانهاء وبتغير حالة التبريد حيث زادت نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط بارتفاع درجة الحرارة للنماذج بدون انهاء حيث كانت اعلى نسبة هي ٢٩% عند درجة حرارة ٥٠٠ م° كما ان وجود الانهاء في البناء يقلل كثيرا من تاثير الحرارة على مقاومة الانضغاط حيث كانت نسبة النقصان (٥١،٨ و ١٥ و ١٩،٨)% لدرجات الحرارة (٣٠٠،٤٠٠،٥٠٠) على التوالي اما بالنسبة لحالة التبريد فان تبريد نماذج الثرمستون المعرضة للحرارة العالية بالماء يؤدي إلى انخفاض في مقاومة الانضغاط بنسب اكبر مقارنة مع النماذج الساخنة و المبردة في الهواء. بينت النتائج ايضا ان نسبة الامتصاص للنماذج بدون انهاء اكبر مما في حالة النمادج التي قيست بعد ازالة الانهاء بدرجات حرارة ٤٠٠ و٥٠٠ م° حيث كانت (٧،٩٥ و ٦،٤٣)% على التوالي، اذ قيست نسبة الامتصاص للثرمستون فقط ولم يكن ذلك ممكنا بدرجة حرارة ٣٠٠ م° مما يعني ان وجود الانهاءات يقلل من نسبة امتصاص الثرمستون للماء.

الكلمات المرشدة: الثرمستون، تاثير درجة الحرارة على الثرمستون، الحريق

Abstract:

The research included two tests, compressive strength and absorption on two different types of thermostone ,first type without finishing , second with juss and gypsum finishing, tests were done on these samples under regular and high degree of temperature (300,400,500)C° as heated samples were tested and left to cool in air and then in water to simulate the fire condition.

Results showed, compressive strength of thermostone reduce with the percentage of changes in temperature and the finishing layers depending on the changes of cooling

---

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠١١/١/٢٤، تاريخ قبول النشر ٢٠١١/١٠/٣١ .

[*] استاذ مساعد /الجامعة التكنولوجية .

[**] استاذ مساعد /معهد التكنولوجيا/ بغداد

[***] مدرس مساعد /الجامعة التكنولوجية

condition as percentage of reducing in compressive strength increased with the increasement of temperature for the samples without finishing , the higher percentage was 29% at temperature 500 C° and the existence of finishing layers reduces the effect of heat on compressive strength the percentage reduction was (51.8,15,19.8)% for temperature (300,400,500) C° respectively ,for cooling condition , the thermostone samples exposed to high heat after cooling in water showed a specific reduce in compressive strength in high percent comparing with heated samples which cooled with air . the results also showed the absorption percent for samples without finishes is higher than those samples after removing finishing with temperature (,400,500)C° was (7.95,6.43)% respectively, the absorption percent of thermostone was only measured, so there was no possibility to measure it at (300)C° that means the presence of finishing reduces water absorption of thermostone .

Key word: - Thermostone, The effect of temperature on Thermostone, Fire

المقدمة:

إن تطور المواد الإنشائية المستخدمة في البناء والتعمير تخضع باستمرار للإمكانيات المحلية والزمنية والى مدى ما أصاب الفكر الإنساني من تقدم في الحقل العلمي والصناعي والذي يستند بالضرورة إلى تنوع حاجيات الإنسان ورغباته.ومن تلك المتطلبات والحاجات ما يتعلق بمدى تأثر راحة الإنسان بالنسبة للاختلاف في درجات الحرارة في مكان سكنه أو مكان عمله أو أي مكان يتعلق بقطاع الإنشاءات وتبرز هذه المشكلة بشكل واضح في البلدان ذات المناخ الحار كالعراق مثلا وهذا يستدعي استخدام الوسائل الميكانيكية لغرض تبريد المباني في تلك البلدان والذي يؤدي بدوره إلى خسارة في الطاقة اللازمة للحصول على فضاءات ذات مناخ كفوء ومريحة للمستخدمين فمنذ إن خلق الإنسان على سطح الأرض وتعرض إلى أنواع من الظروف والطقوس المناخية جعلته يحاول دوما إلى تحسين وتطوير البناء ليتلائم مع متطلبات عيشه وفي هذا المجال الذي يتعلق بالراحة الحرارية، ظهرت عدة محاولات لإنتاج مادة بناء عازلة للحرارة تتوفر فيها مميزات خاصة كمقاومة الحريق وقوة التحمل وعدم تأثرها بالعوامل الطبيعية المختلفة واعتدال الكلفة ولكن هذه المحاولات لم تكلل بالنجاح إلى إن تمكن العالم الألماني ميشيل من إنتاج كتل الخرسانة الخفيفة وذلك باستخدام مسحوق الألمنيوم والسمنت والنورة.

لإيجاد مقاومة مواد البناء للنار يتم إجراء اختبار الشعلة لكل بلد حسب أنظمة مكافحة الحرائق المعمول بها هناك،وقد وجد من خلال التجارب إن للقواطع المشيدة بالثرمستون خواص ممتازة في مقاومة النار حتى إلى الحد المطلوب للهياكل المتحملة وللثرمستون القابلية على تحمل درجات الحرارة العالية وبذلك يكون أمينا ضد الحرائق حيث أن الانخفاض في مقاومة الانضغاط بدرجات حرارة تصل إلى (٦٠٠ مْ) لا تزيد عن (٤٠%) وبذلك تعتبر جيدة مقارنة بالعديد من مواد البناء فلو أخذنا مثلا جدار حامل للأثقال بسمك (١٤٢ ملم) فانه يقاوم الشعلة الحرارية المسلطة مباشرة على الجدار لمدة أربع ساعات،ولو أخذنا جدار حامل للأثقال بسمك (١٠٢ ملم) فانه يقاوم الشعلة الحرارية المسلطة مباشرة على الجدار لمدة ساعتين [2,1].

يعتبر الثرمستون من المواد غير القابلة للاحتراق والمقاومة للحريق ودرجات الحرارة العالية وذو عزل حراري جيد ومعظم هذه الخواص ناتجة عن تركيب الثرمستون حيث انه يحتوي على فجوات هوائية مغلقة في داخل تركيبه ولكن هذا لا يعني إن التغير في درجات الحرارة لا يؤثر على خواص الثرمستون بل إن تأثيره يكون ملموس في درجات الحرارة العالية وهذا ما نجده عند تسخين نماذج من الثرمستون أو عند حدوث حالة حريق لأي بناية يدخل الثرمستون في بنائها حيث إن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى نقصان الكثافة الرطبة للثرمستون نتيجة لتبخر الماء

الوجود داخل كتلة الثرمستون فيفقد الثرمستون وزنا بقدر الماء المتبخر نتيجة الحرارة بالإضافة إلى نقصان مقاومة الانضغاط يزداد بازدياد درجات الحرارة وهذا النقصان يأتي نتيجة التشققات والتصدعات التي تحدث في تركيب الثرمستون نتيجة الاجهادات الحرارية الناتجة من ارتفاع الحرارة مما يسبب تمزق في العجينة المكونة للثرمستون وتتكون هذه الشقوق التي يزداد عمقها بازدياد درجات الحرارة مسببه ضعف ونقصان في المقاومة الكلية للثرمستون كما إن اختلاف مقدار تمدد كتلة الثرمستون بين السطح المعرض للحرارة وداخل الثرمستون يكون سبب من أسباب تولد الاجهادات وظهور التشققات والتصدعات وبالتالي ضعف مقاومة الانضغاط بصورة عامة [٣] . ولكن هذا النقصان إذا تم حسابه كنسبة من مقاومة الانضغاط للثرمستون في درجات الحرارة الاعتيادية يكون اقل مقارنة بما تفقده الخرسانة من مقاومة الانضغاط في نفس درجات الحرارة إذا حسبت كنسبة من المقاومة في درجات الحرارة الاعتيادية بالإضافة إلى ذلك فان معدل الفقدان في مقاومة الانضغاط يتغير بتغير درجات الحرارة حيث يزداد معدل الفقدان بازدياد درجات الحرارة فالخرسانة مثلا تبدأ بفقدان جزء ملموس من مقاومتها عندما تصل درجة الحرارة إلى (٣٠٠) درجة مئوية فأكثر وعند ارتفاع درجة الحرارة إلى أكثر من (٥٠٠) درجة مئوية تبدأ الخرسانة بالتفتت وفقدان نسبة كبيرة من المقاومة وعند بلوغ (٨٠٠) درجة مئوية تبدأ الخرسانة بالتحلل والرجوع إلى مكوناتها الأساسية (dehydration) أي إن نواتج الاماهه تتحلل وترجع إلى السمنت والركام وهذا خطر جدا كون الخرسانة فقدت معظم مقاومتها وهذه الصفة إذا ما قورنت بالثرمستون وتصرفه في حال ارتفاع درجات الحرارة تكون سلبية بالنسبة للخرسانة لان الثرمستون يمكن أن يتحمل حرارة تصل إلى (١٠٠٠) درجة مئوية حيث إن درجة انصهاره تتراوح بين (١٠٠٠-١٢٠٠) درجة مئوية اعتمادا على نسب المواد الأولية المستخدمة (raw materials) إن هذه الخاصية الجيدة للثرمستون (مقاومة الحريق) هي بسبب موصليته الحرارية الواطئة وبالتالي يكون انتقال الحرارة بمعدل بطئ خلال الثرمستون ويكون اقل من الخرسانة الاعتيادية [٤،٥].

الغرض من البحث:

إن الغرض من هذه الدراسة هو معرفة مدى تاثير طرق التبريد على خواص التحمل والامتصاص للثرمستون المعرض لدرجات حرارة تتراوح بين (٣٠٠ - ٥٠٠) درجة مئوية كمحاكاة لحالة الحريق.

الفحوصات المختبرية :

يتكون البرنامج العملي لهذا البحث من فحصين هما فحص مقاومة الانضغاط وفحص الامتصاص حيث تم إجراء هذه الفحوصات على نوعين من نماذج الثرمستون النوع الأول يكون لنماذج الثرمستون بدون أي انهاءات والنوع الثاني يكون لنماذج الثرمستون مع الإنهاء بمادة الجص والبورك حيث تم إجراء الفحوصات على هذه النماذج في درجات الحرارة الاعتيادية وفي درجات حرارة عالية (٣٠٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠) درجة مئوية حيث تفحص النماذج وهي ساخنة وكذلك تفحص بعد تبريدها بالماء كمحاكاة لحالة الحريق وتفحص أيضا بعد تركها لتبرد بالهواء.

تم اخذ مجموعة من كتل الثرمستون بكثافة (٥٥١-٦٥٠) كغم/م^3 وتقطيعها مختبريا بمنشار خاص وذلك بترك مسافة (٣ سم) من كل حافة من حافات كتلة الثرمستون ويتم تقطيع النماذج بأبعاد (١٠×١٠×١٠) سم ثم يتم تنعيم سطوح النماذج المراد فحصها بدون إنهاء وتترك النماذج التي تفحص مع الإنهاء بدون تنعيم لتامين تماسك جيد مع الإنهاء أما بالنسبة للنماذج التي يراد فحصها مع الإنهاء فيتم إنهاؤها بطبقة من الجص المطابق للمواصفات العراقية رقم ٢٧ و ٢٨

لسنة ١٩٨٨ [٤] وكما موضح في الجدول رقم (١) و(٢) وبسمك (١,٥) سم وتترك لتتصلب لمدة أسبوع ثم يتم إنهاؤها بطبقة من البورك المطابق للمواصفة العراقية رقم ٢٧ و٢٨ لسنة ١٩٨٨ [٤] وكما موضح في الجدول رقم (٣) و (٤) بسمك (٠,٥) سم وتترك لتتصلب ثم بعدها تصبح جاهزة للفحص حيث يتم تسخين النماذج باستخدام فرن تصل حرارته القصوى إلى (١٢٠٠ م°) ولفترة ثلاث ساعات كمحاكاة لحالة حريق .

جدول (١) نتائج التحليل الكيميائي للبورك ومقارنتها بمتطلبات المواصفة العراقية

المكونات	النتائج%	حدود م.ق. رقم ٢٨ لسنة ١٩٨٨%
SO_3	٥١،٤٠	لا يقل عن ٤٥
CaO	٣٦،٥٠	لا يقل عن ٣٠
MgO	٠،٠٨	لا يزيد عن ٠،٢٥
H_2O	٦،٠٨	٤-٩
R_2O_3	٠،٤١	-
الشوائب	٣،٦٠	لا تزيد عن ٥
الفقدان بالحرق عند درجة ٢٣٠م	٦،٩٠	-

جدول (٢) الفحوص الفيزيائية للبورك ومقارنتها بمتطلبات المواصفة العراقية

نوع الفحص	النتائج	حدود م.ق. رقم ٢٧ لسنة ١٩٨٨
درجة النعومة %	١٠٠	١٠٠% المار من منخل رقم (١٦)
القوام القياسي%	٦٨	-
زمن التماسك دقيقة	٨	٨-٢٥
مقاومة الانضغاط كغم/سم^2	١٤٠	لا تقل عن ٥٠
معايير الكسر كغم/سم^2	٥٣،٣	لا يقل عن ١٥
الصلادة (صدمة الكرة الساقطة) ملم	٢	لا يزيد قطر الاثر ٥ ملم

جدول (3) نتائج التحليل الكيميائي للجص الفني ومقارنتها بمتطلبات المواصفة العراقية

المكونات	النتائج%	حدود م.ق. رقم ٢٨ لسنة ١٩٨٨ %
SO_3	٥١،٤٠	لا يقل عن ٤٠
CaO	٣٩،٥٨	لا يقل عن ٢٦،٧
MgO	٠،٠٨	لا يزيد عن ٠،٢٥
H_2O	٣،٨٢	لا يزيد على ٩
R_2O_3	١،٠٤	-
الشوائب	١،٧٢	-
الفقدان بالحرق عند درجة ٢٣٠م	٤،٣٢	لا يزيد على ٩

جدول (4) الفحوص الفيزيائية للجص الفني ومقارنتها بمتطلبات المواصفة العراقية

نوع الفحص	النتائج	حدود م.ق. رقم ٢٧ لسنة ١٩٨٨
درجة النعومة %	٢	١٠٠% المار من منخل رقم (١٦)
القوام القياسي%	٥٥	-
زمن التماسك دقيقة	٥	20-12
مقاومة الانضغاط كغم/سم^{٢}	١١٩	لا تقل عن 60
معايير الكسر كغم/سم^{٢}	٤٠،٣	لا يقل عن 20
الصلادة (صدمة الكرة الساقطة) ملم	٣	لا يزيد قطر الاثر ٥ ملم

١-فحص مقاومة الانضغاط

تم إجراء هذا الفحص على نوعين من النماذج النوع الأول كان بدون انهاءات والنوع الثاني مع الانهاءات واجري الفحص لكلا النوعين من النماذج تحت درجات حرارة (٣٠٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠) درجة مئوية بثلاث حالات لكل درجة حرارية من الدرجات المذكورة آنفا وهذه الحالات هي:-

١- فحص النماذج وهي ساخنة بعد إخراجها من الفرن مباشرة.

٢- فحص النماذج بعد تركها بالهواء لمدة ساعتين بدرجة حرارة الغرفة لتبرد.

٣- فحص النماذج بعد رشها بالماء باستخدام خراطيم المياه لتبرد (محاكاة لحالة إطفاء الحريق).

حيث يتم فحص ثلاث نماذج لكل حالة من الحالات ويؤخذ المعدل الحسابي لها حيث تكون السطوح المعرضة للضغط ناعمة ومتوازية عن طريق تنعيمها قبل إجراء الفحص كذلك يجب أن يكون اتجاه تسليط الضغط عمودي على اتجاه نمو الخلطة، وتحسب مقاومة الانضغاط كالآتي:-

$$مق = \frac{ق}{مس} \quad \text{.....} \quad (١)$$

حيث أن :-

مق: مقاومة الانضغاط بوحدات (نيوتن\ملم^{٢})

ق: القوة المسلطة بوحدات (نيوتن)

مس: المساحة التي يسلط عليها الحمل بوحدة (ملم^{٢})

وقد تم إجراء هذا الفحص وفقا للمواصفة العراقية رقم (١٤٤١) لسنة ١٩٨٩ [٨].

عندما تم إجراء الفحص للنماذج التي لا تحتوي على إنهاء كانت المساحة المعرضة للضغط تساوي (١٠٠٠٠) ملم^{٢} ولكن عندما اجري الفحص للنماذج الحاوية على الإنهاء كان لدينا حالتين الحالة الأولى تم فيها فحص النماذج مع وجود طبقة الإنهاء لعدم إمكانية لذلك حيث كانت المساحة المعرضة للضغط تساوي (١٩٦٠٠) ملم^{٢} وهذه الحالة كانت عند درجة حرارة (٣٠٠) درجة مئوية أما بالنسبة للحالة الثانية التي فقدت الانهاء عند درجة حرارة (٤٠٠ ، ٥٠٠) درجة مئوية حيث كانت المساحة المعرضة للضغط عند الفحص تساوي (١٠٠٠٠) ملم^{٢}.

٢- فحص الامتصاص للثرمستون

تم إجراء هذا الفحص للنماذج التي تم التي تم تسخينها بدرجات حرارة (٣٠٠ ، ٤٠٠ ، ٥٠٠) درجة مئوية والتي تم تبريدها بالماء ولكلا النوعين من النماذج حيث كانت النماذج التي لا تحتوي على إنهاء بأبعاد (١٠×١٠×١٠) سم أما النماذج التي تحتوي على إنهاء فكانت بأبعاد (١٤×١٤×١٤) سم وهذا الفحص لا يتطابق مع شروط المواصفة العراقية رقم(١٤٤١) لسنة ١٩٨٩[٥]،لان من شروط فحص الامتصاص في المواصفة هو أن يتم تسخين النماذج إلى درجة (١٠٥) درجة مئوية ولحين ثبوت الكتلة على أن يتم مسح سطوحها بقطعة قماش بعد غمرها بالماء لتصبح مشبعة وجافة السطح أما بالنسبة للفحص الذي اجري على النماذج فكان محاكاة لحالة إطفاء الحريق وقياس نسبة الامتصاص للنماذج التي تم تسخينها بعد رشها بالماء للتبريد وعندما تم قياس نسبة الامتصاص للنماذج التي تحتوي على إنهاء كانت لدينا حالتين أيضا الحالة الأولى تم فيها قياس نسبة الامتصاص للنموذج مع الإنهاء أي إن نسبة الامتصاص مشتركة بين الثرمستون والإنهاء وقد تم قياس هذه النسبة لكل النماذج الحاوية على الإنهاء أما النماذج التي فقدت الإنهاء بسبب التسخين فقد تم قياس نسبة الامتصاص لها مرتين مرة مع الإنهاء ومرة بعد إزالة الإنهاء أي للثرمستون فقط.

يحسب الامتصاص كالأتي:-

النسبة المئوية للامتصاص = ل- ك \ ك *١٠٠ ..... (٢)

حيث أن :-

ك: كتلة الوحدة الجافة (غم)

ل: كتلة الوحدة بعد رشها بالماء لمدة (١٠) دقائق للتبريد (غم).

إن النتائج المدونة للفحصين هي معدل حسابي لثلاث نماذج لكل نتيجة.

<u>النتائج والمناقشة :</u>

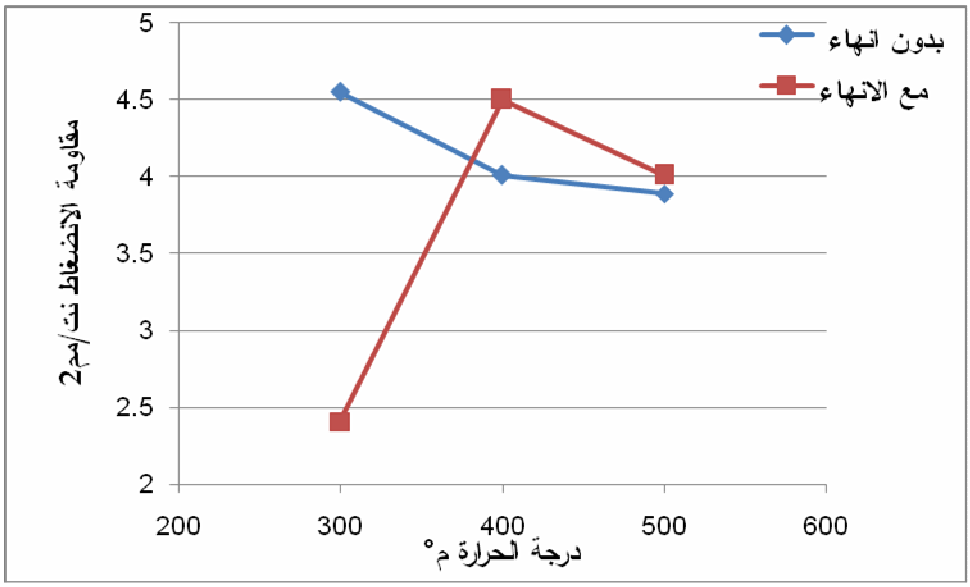
١- فحص مقاومة الانضغاط

من خلال النتائج المبينة في الجدول رقم (٥) واضحا إن مقاومة الانضغاط للثرمستون تقل بارتفاع درجة الحرارة و بنسب تتغير بارتفاع درجة حرارة التسخين حيث نلاحظ من خلال الشكل رقم(١) أن مقاومة الانضغاط لنماذج الثرمستون بدون إنهاء و التي تم فحصها مباشرة بعد التسخين تقل بارتفاع درجة حرارة التسخين حيث كانت نسبة النقصان في المقاومة للنماذج المسخنة لمدة ثلاث ساعات بدرجة حرارة (٣٠٠ و٤٠٠ و ٥٠٠) م° هي (١٧ و ٢٧ و ٢٩) % على التوالي نسبة إلى مقاومة الانضغاط قبل تسخين النماذج (أي في درجة حرارة الغرفة). وقد يرجع سبب هذا النقصان في مقاومة الانضغاط بسبب الاجهادات الحرارية المتولدة داخل الثرمستون نتيجة ارتفاع الحرارة حيث تسبب هذه الاجهادات شقوق شعرية في النماذج يزداد عمقها بزيادة درجة الحرارة و عند الفحص تكون هذه الشقوق أسهل مسار للاجهادات مسببة ضعف في مقاومة الثرمستون كذلك فان اختلاف مقدار التمدد بين سطح الثرمستون المعرض للحرارة و داخل الثرمستون يكون سبب من أسباب التشققات الشعرية و ضعف المقاومة حيث إن سطح الثرمستون المعرض للحرارة يكون بدرجة حرارة اكبر من داخل الثرمستون و هذا سببه الفجوات الهوائية المغلقة في الثرمستون و التي تكون مسؤولة عن العزل الحراري و الصوتي و بالتالي يكون معدل انتقال الحرارة داخل الثرمستون بطيء جدا و هذا هو سبب الفرق الكبير بدرجة الحرارة الحاصل بين السطح و داخل الثرمستون [٦،٢]. وعند ملاحظة الشكل رقم(١) نلاحظ إن النماذج المفحوصة و هي ساخنة و التي تكون محاطة بإنهاء بسمك (٢ سم) تكون نسبة ما

تفقده من مقاومة الانضغاط اقل من النماذج التي تكون بدون إنهاء و تحت نفس ظروف الفحص حيث كانت نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط للنماذج التي تحتوي على إنهاء عند درجة حرارة (٤٠٠) م° هي (١٠) % أي حوالي ثلث ما فقدته النماذج التي لا تحتوي على إنهاء نفس درجة الحرارة أما عند درجة حرارة (٥٠٠) م° فأن نسبة النقصان كانت (١٩,٨) % ولكن لو لاحظنا نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط للنماذج التي تحتوي على إنهاء في درجة حرارة (٣٠٠) م° نجد إن نسبة النقصان هي (٥١,٨) % وهذا النقصان الكبير في مقاومة الانضغاط ليس سببه ضعف في مقاومة الثرمستون وإنما عندما تم فحص نماذج الثرمستون الحاوية على إنهاء في هذه الدرجة كان التأثير الأكبر للحرارة على الإنهاء مما أدى إلى تشقق الإنهاء وإضعاف مقاومته ولكن لم تكن هناك إمكانية لإزالة الإنهاء فكانت مقاومة النماذج حاصل قسمة معدل قوة التحمل للنماذج (٤٧,٣ كيلو نيوتن) مقسوماً على المساحة الكلية المعرضة للضغط (مساحة الثرمستون + مساحة الإنهاء) (١٩٦٠٠) ملم^{٢} بينما عندما تم فحص النماذج الحاوية على الإنهاء في درجة حرارة (٥٠٠،٤٠٠) م° كان هناك إمكانية لإزالة الإنهاءات أي إن مقاومة الانضغاط كانت حاصل قسمة معدل قوة تحمل النماذج مقسومة على المساحة المعرضة للضغط (مساحة الثرمستون فقط) (١٠٠٠٠) ملم^{٢} و هذا هو السبب في النقصان الكبير الحاصل عند فحص النماذج في (٣٠٠) م° مع الإنهاء. إن الإنهاء يتحمل الجزء الأكبر من درجة الحرارة المسلطة على النموذج و كذلك يقلل من كمية الحرارة المنتقلة إلى الثرمستون و بالتالي تقل الاجهادات الحرارية المتولدة داخل الثرمستون و تقل نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط لكن هذه الحماية لا تدوم عند ارتفاع درجات الحرارة أكثر من (٣٠٠) م° فتحصل عملية التقاطع للمنحنيات مع الانهاء و بدونه في الشكل رقم ١ عند أقل من (٤٠٠) م° و هذا ما نلاحظه من النتائج حيث إن معدل الانخفاض في مقاومة الانضغاط من (١٠) % إلى (١٩،٨) % لدرجات الحرارة (٤٠٠ و٥٠٠) م° على التوالي و سبب هذا هو زيادة عمق و أبعاد الشقوق المتكونة في الانهاءات عند ارتفاع درجة الحرارة و بالتالي زيادة كمية الحرارة المنتقلة إلى الثرمستون بمعدل اكبر.

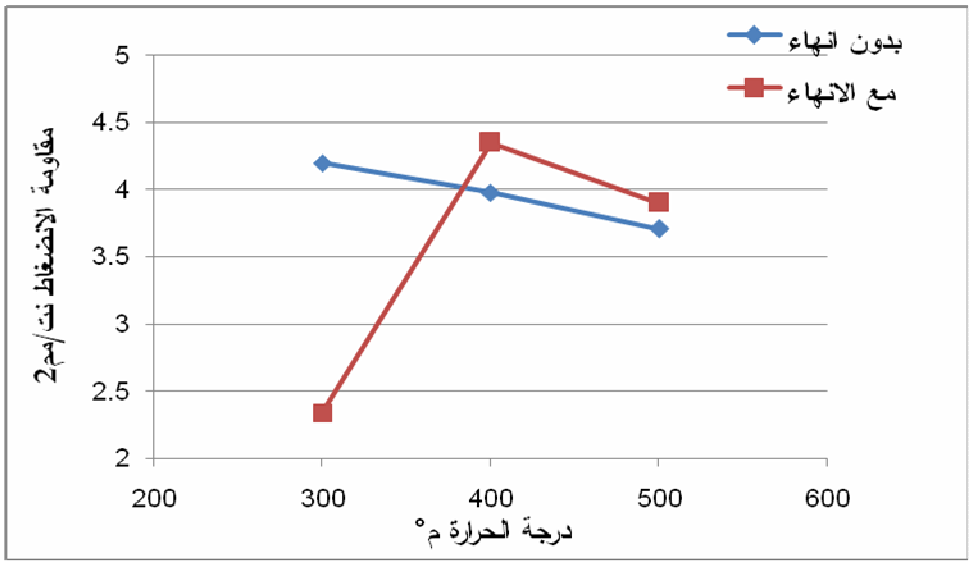
الجدول رقم(٥) يبين نتائج فحص مقاومة الانضغاط للثرمستون بأختلاف (درجات الحرارة وحالات الانهاء وطرق التبريد)

درجة الحرارة	حالة الانهاء	المساحة المعرضة للانضغاط ملم^{٢}	مقاومة الانضغاط بعد التسخين مباشرة نيوتن\ملم٢	مقاومة الانضغاط بعد التبريد بالهواء نيوتن\ملم٢	مقاومة الانضغاط بعد التبريد بالماء نيوتن\ملم٢
درجة حرارة الغرفة	بدون إنهاء	١٠٠٠٠	٥،٥		
	مع إنهاء	١٩٦٠٠	٥		
٣٠٠	بدون إنهاء	١٠٠٠٠	٤،٥٥	٤،٢	٣،٦
	مع الإنهاء	١٩٦٠٠	٢،٤١	٢،٣٤	٢،٢٧
٤٠٠	بدون إنهاء	١٠٠٠٠	٤،٠١	٣،٩٨	٣
	مع الإنهاء	١٠٠٠٠	٤،٥	٤،٣٥	٤،٠١
٥٠٠	بدون إنهاء	١٠٠٠٠	٣،٨٩	٣،٧١	٢،٨
	مع الإنهاء	١٠٠٠٠	٤،٠١	٣،٩	٣،٥١



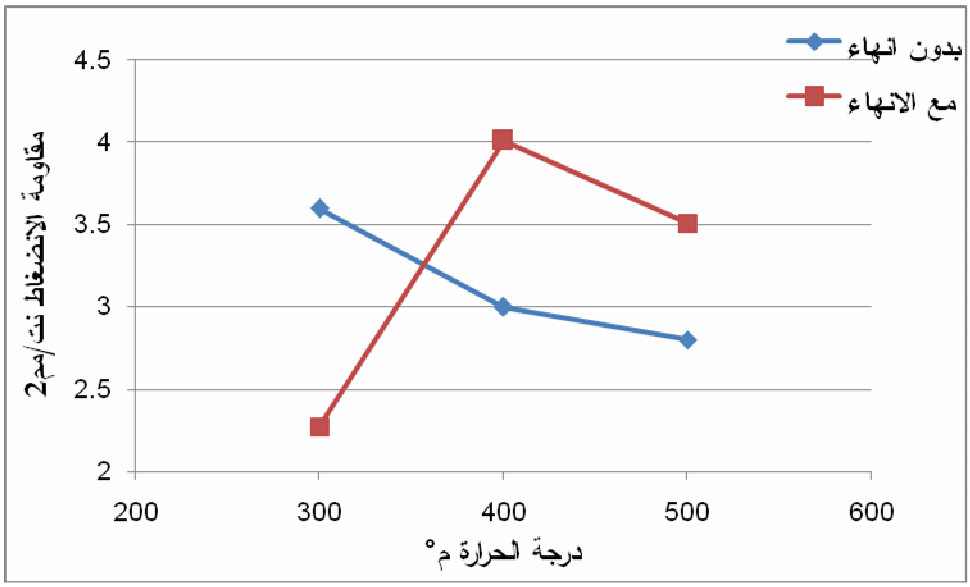
شكل رقم(١) يبين علاقة مقاومة الانضغاط للثرمستون مع درجة حرارة الفرن لنماذج تم فحصها مباشرة بعد التسخين لمدة ثلاث ساعات

كذلك فان طريقة التبريد تؤثر على معدل و سرعة النقصان في مقاومة الانضغاط فإذا لاحظنا النتائج في الجدول رقم(١) فان النماذج المفحوصة بعد تركها بالهواء لتبرد فقدت نسبة اكبر من مقاومة الانضغاط مقارنة مع النماذج المفحوصة في درجة حرارة الغرفة وهذا واضح عند ملاحظة الشكل رقم(٢) ، وقد يرجع السبب في هذا النقصان الى تولد اجهادات شد إثناء التبريد كذلك اختلاف مقدار التقلص بين سطح الثرمستون الذي يبرد بمعدل اكبر من معدل تبريد داخل الثرمستون، كل هذه الأسباب تؤدي إلى زيادة عمق التشققات الشعرية و المتكونة نتيجة التسخين و كذلك قد تسبب ظهور تشققات جديدة تؤدي إلى انخفاض مقاومة الانضغاط للثرمستون [٣،٢]. و هذا ما نلاحظه من نتائج الفحص حيث كانت نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط عند (٣٠٠) م° للنماذج المفحوصة بعد تبريدها بالهواء و التي لا تحتوي على انهاءات (٢٣،٦) % أما النماذج التي تحتوي على انهاءات فكانت نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط لها (٥٣،٢) % و عند (٤٠٠) م° كانت نسب النقصان في مقاومة الانضغاط للنماذج التي لا تحتوي على انهاءات والتي تحتوي على انهاءات (٢٧،٦ و ١٣)% على التوالي فيحصل التقاطع للمنحنيات (شكل رقم ٢) مع الانهاء و بدونه عند أقل من (٤٠٠) م° و عند درجة حرارة (٥٠٠) م° كانت نسبة النقصان في المقاومة للنماذج التي لا تحتوي على انهاءات والتي تحتوي على انهاءات (٣٢،٥ و ٣) % على التوالي.



شكل رقم(٢) يبين علاقة مقاومة الانضغاط للثرمستون مع درجة حرارة الفرن لنماذج تم فحصها بعد تركها بالهواء لتبرد بعد التسخين لمدة ثلاث ساعات

أما بالنسبة للنماذج التي تم تبريدها بالماء فقد كانت نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط لها عالية مقارنة مع النماذج المفحوصة في درجة حرارة الغرفة وهذا واضح عند ملاحظة الشكل رقم(٣) وهو للنماذج التي لا تحتوي على انهاءات والتي تحتوي على انهاءات (٣٤،٥ و ٥٤،٦)% على التوالي عند درجة حرارة (٣٠٠ و ٤٠٠) م° كانت نسب النقصان في مقاومة الانضغاط للنماذج التي لا تحتوي على انهاءات والتي تحتوي على انهاءات (٤٥ و ١٩،٨) % على التوالي فيحصل التقاطع بالمنحنيات مع الانهاء و بدونه في الشكل رقم ٣ عند أقل من (٤٠٠) م° و عند درجة حرارة (٥٠٠) م° كانت نسبة النقصان في المقاومة للنماذج التي لا تحتوي على انهاءات والتي تحتوي على انهاءات (٤٩ و ٢٩،٨) % على التوالي، سبب ذلك هو إن التبريد بالماء يكون بمعدل سريع اكبر من التبريد بالهواء و نتيجة لذلك تتولد اجهادات شد عالية داخل الثرمستون مسببة تكون تشققات إضافية أو زيادة أعماق التشققات الناتجة من التسخين و كذلك فان اختلاف مقدار التقلص بين سطح الثرمستون و داخل الثرمستون يكون أيضا سبب من أسباب تولد الشقوق و كذلك فان دخول الماء إلى مسامات الثرمستون و الشقوق المتكونة فيه يؤدي إلى أضعاف قوى الربط الفيزيائية في تركيب الثرمستون [٧،٣،١]، كل هذه الأسباب تؤدي إلى هبوط مقاومة الانضغاط للثرمستون عند تبريد النماذج بالماء بعد التسخين و إذا ما تم مقارنة هذه النتائج مع مقدار ما تفقده الخرسانة من مقاومة عند التسخين نجد إن الخرسانة تفقد نسبة من مقاومة الانضغاط تتراوح ما بين (١٦ إلى ١٨) % للنماذج المفحوصة و هي ساخنة في درجة حرارة أعلى من (٢٠٠) م° و كذلك فان طريقة التبريد للخرسانة المعرضة لدرجة حرارة أعلى من (٢٠٠) م° تؤثر على نسبة النقصان في مقاومة الانضغاط حيث إن النماذج التي تترك لتبرد في الهواء لمدة ساعتين تقل مقاومة انضغاطها بنسبة تتراوح بين (٢ إلى ١٣)% مقارنة مع النماذج الحارة كذلك بالنسبة للنماذج المبردة لمدة ساعتين يؤدي إلى خفض مقاومة الانضغاط للنماذج المسخنة لمدة (٩٠ دقيقة) بنسبة كبيرة تتراوح بين (٨٨ إلى ٩١) % و هي نسبة كبيرة بالنسبة للهبوط في مقاومة الانضغاط عند مقارنتها بما يفقده الثرمستون تحت ظروف قريبة أو قد تكون مشابهه [٦،٢].



شكل رقم(٣) يبين علاقة مقاومة الانضغاط للترمستون مع درجة حرارة الفرن للنماذج تم فحصها بعد تبريدها بالماء بعد التسخين لمدة ثلاث ساعات

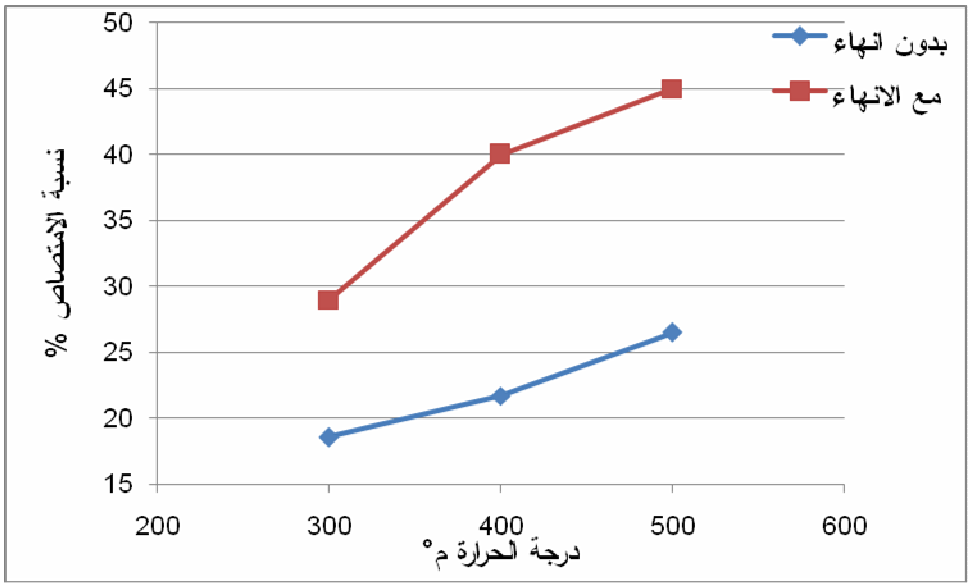
٢- فحص نسبة الامتصاص:-

إن فحص الامتصاص الذي اجري في هذه الدراسة تم إجرائه للنماذج التي تم تبريدها بواسطة الرش بالماء باعتبار هذه الحالة هي محاكاة لحالة إطفاء الحريق ومن خلال ملاحظة النتائج في الجدول رقم(٦) والشكل رقم(٤) نرى إن نسبة الامتصاص للنماذج التي لا تحتوي على إنهاء تزداد بازدياد درجات الحرارة حيث كانت نسبة الامتصاص عند درجة حرارة (٣٠٠ و ٤٠٠ و ٥٠٠) م° هي (١٨،٥٨ و ٢١،٧ و ٢٦،٥) % على التوالي وقد يرجع سبب هذه الزيادة الى الشقوق التي تنشا في درجات الحرارة العالية والتي تزداد أعماقها بزيادة درجات الحرارة مما يؤدي إلى نفاذ الماء إلى داخل كتلة الترمستون عن طريق هذه الشقوق بالإضافة إلى كمية الماء التي يمتصها الترمستون عن طريق مساماته أما عند ملاحظة النتائج في الجدول رقم(٢) والشكل رقم(٤) للنماذج التي تحتوي على إنهاء فقد تم قياس نسبة الامتصاص لها بوجود الإنهاء مرة أي إن نسبة الامتصاص مشتركة بين الإنهاء والترمستون ومرة أخرى بدون إنهاء أي نسبة امتصاص الترمستون فقط حيث كانت نسبة الامتصاص للنماذج مع الإنهاء عند درجة حرارة (٣٠٠ و ٤٠٠ و ٥٠٠) م° هي (٢٩ و ٤٠ و ٤٥) % على التوالي وهذه النسب تعتبر أعلى من النسب التي تم قياسها للنماذج التي لا تحتوي على إنهاء والسبب في ذلك هو وجود الإنهاء حيث إن معظم نسبة الامتصاص خاصة بالإنهاء وليس بالترمستون وكذلك الشقوق المتكونة في الإنهاء نتيجة ارتفاع درجات الحرارة والتي تعتبر المنفذ السهل للماء للدخول إلى الترمستون وما يثبت صحة ذلك هو نتائج الفحص حيث انه بعد إزالة الإنهاء للنماذج التي تم فحصها عند (٤٠٠ و٥٠٠) م° وقياس نسبة الامتصاص للترمستون فقط فقد كانت النسب (٦،٤٣ و ٧،٩٥) % على التوالي ومن تلك النتائج نلاحظ الفرق الكبير في نسبة الامتصاص بين ما امتصه الترمستون وما امتصه الإنهاء أما عند (٣٠٠) م° فلم تكن هناك إمكانية لإزالة الإنهاء وتم قياس نسبة الامتصاص للترمستون مع الإنهاء.

الجدول رقم(٦) يبين نتائج فحص نسبة الامتصاص للترمستون

درجة الحرارة	حالة الانهاء	نسبة الامتصاص %	نسبة الامتصاص المشتركة %	نسبة امتصاص الترمستون %

٣٠٠	بدون انهاء	١٨،٥٨	-	-
	مع الانهاء		٢٩	-
٤٠٠	بدون انهاء	٢١،٧	-	-
	مع الانهاء		٤٠	٦،٣٤
٥٠٠	بدون انهاء	٢٦،٥	-	-
	مع الانهاء		٤٥	٧،٩٥



شكل رقم(٤) يبين علاقة نسبة الامتصاص للثرمستون مع درجة الحرارة للنماذج المفحوصة

الاستنتاجات:

من خلال نتائج العمل المختبري لهذا البحث يمكن استنتاج ما يلي:

١- مقاومة الانضغاط للثرمستون تقل بنسب تتغير بارتفاع درجة حرارة التسخين وبتغير حالات الانهاء وبتغير حالة التبريد حيث بلغت نسبة النقصان لمقاومة الانضغاط لدرجات الحرارة (٣٠٠،٤٠٠،٥٠٠) م° وبعد التسخين مباشرة للنماذج الغير الحاوية على انهاء (١٧،٢ و ٢٧ و ٢٩)% على التوالي وللنماذج الحاوية على انهاء (٥١،٨ و ١٥ و ١٩،٨)% على التوالي وفي حالة التبريد بالهواء وللنماذج بدون انهاء (٢٣،٦ و ٢٧،٦ و ٣٢،٥)% وللنماذج مع الانهاء (٥٣،٢ و ١٣ و ٢٢)% على التوالي وفي حالة التبريد بالماء للنماذج التي لا تحتوي على انهاء (٣٤،٥ و ٤٥،٤ و ٤٩) % على التوالي وللنماذج الحاوية على انهاء (٥٤،٦ و ١٩،٨ و ٢٩،٨) % على التوالي.

٢- وجود الانهاءات عند استخدام الثرمستون في البناء يقلل كثيرا من تأثير الحرارة على خواص الثرمستون وخاصة مقاومة الانضغاط و الامتصاص.

٣- كانت نسبة الامتصاص للنماذج مع الإنهاء عند درجة حرارة (٣٠٠ و ٤٠٠ و ٥٠٠) م° هي (٢٩ و ٤٠ و ٤٥) % على التوالي والتي تعتبر نسبة امتصاص مشتركة ما بين الثرمستون ومادة الانهاء وهذه النسب تعتبر أعلى من

النسب التي تم قياسها للنماذج التي لا تحتوي على إنهاء وهي (١٨،٥ و٢١،٧ و ٢٦،٥) % على التوالي، بعد إزالة الإنهاء للنماذج التي تم فحصها عند (٤٠٠ و٥٠٠) م° وقياس نسبة الامتصاص للثرمستون فقط فقد كانت النسب (٦،٤٣ و ٧،٩٥) % على التوالي ومن تلك النتائج نلاحظ الفرق الكبير في نسبة الامتصاص بين ما امتصه الثرمستون وما امتصه الإنهاء أما عند ٣٠٠ م° فلم تكن هناك إمكانية لإزالة الإنهاء وتم قياس نسبة الامتصاص للثرمستون مع الإنهاء ومما ورد اعلاه يتضح ان وجود الانهاءات على الثرمستون يقلل من نسبة امتصاصه للماء.

٤- خطورة تأثير الحرائق على الابنية التي تحتوي على الثرمستون تزداد عندما يستعمل الماء لغرض اطفاء هذه الحرائق.

٥- وجود الإنهاء يقلل من كمية الحرارة المنتقلة إلى الثرمستون و بالتالي يعطي الثرمستون فترة أطول لمقاومة الحريق.

التوصيات:

من خلال نتائج البحث و الاطلاع على الدراسات و البحوث القليله للثرمستون و تأثير درجات الحراره العاليه على الوحدات البنائيه الأخرى، نوصي بدراسة ما يلي:

١- عمل بحوث و دراسات حول إمكانية استخدام مضافات في تركيب الثرمستون تعطيه مقاومة أكثر للحرارة و تقلل من تأثير الحرارة عليه.

٢- دراسات و بحوث حول اسلوب اطفاء الحرائق التي تحدث في البنايات الحاوية على الثرمستون باستخدام وسيلة للإطفاء غير الماء.

٣- دراسة حول نوعية الإنهاء الذي يستخدم مع الثرمستون بحيث يقاوم درجات الحرارة العالية و لأطول فترة ممكنة.

٤- عمل بحوث و دراسات حول تأثير طرق التبريد على خواص الثرمستون المغطى بمونة السمنت – الرمل و المعرض لحالة حريق

المصادر:

١- Committee euro international du bettor (CEB) " Autoclaved aerated concrete ",1978

٢- أنيس جواد سلمان ، " الخرسانه الخفيفه " ، كتاب تركيب المباني ، الطبعه الثانيه ، ١٩٨٨

٣- Unkoon, Y., sittpunt,. C., namprakai, p., jetipattaranat, W., kim,k.and charinpanitkul, T.,"*analysis of microstructure and properties of autoclaved aerated concrete wall construction materials*", journal of industrial and engineering chemistry, Vol.13, No.7, 2007,pp 1103-1108.

٤- ألآوسي، محمد علي وفياض، فارس إسماعيل، "*تأثير طريقة التبريد على مقاومة انضغاط الخرسانة المعرضة إلى درجات حرارة عالية*"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد الثالث، العدد الأول ، ١٩٨٥.

٥- Mohamed Bahia , G.T.G., "*effect of exposure time and rates of heating and cooling on residual strength of heat concrete*", magazine of concrete research, Vol.38,No.136, sep.,1986, pp 151-158.

٦- المواصفة القياسية العراقية رقم ٢٨ "*الجص المستخدم في البناء*" سنة ١٩٨٨.

٧- المواصفة القياسية العراقية رقم ٢٧ الخواص الفيزيائيه للجص لأغراض البناء" سنة ١٩٨٨

٨- المواصفة القياسية العراقية رقم ١٤٤١ *"البلوك الكونكريتي الخلوي"* سنة ١٩٨٩.

9- Kodur, VK..R. ,Sultan, M.A.," *Effect of temperature on thermal properties of high strength concrete*", journal of materials in civil engineering, ASCE, Vol. 15, No.2,April,2002 ,pp 101-106.

10- Schneider, U. , "*concrete at high temperature*", fire safety journal, Vol.13, 1988 , pp 55-65.