

دراسة عملية لقياس الخواص المختلفة لمادة كتل الخرسانة الخلوية بعد عملية الاكساء  
بالزجاج

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DIFFERENT  
PROPERTIES IN CELLULAR CONCRETE BLOCKS AFTER  
GLAZING**

د. الهام عبد المجيد إبراهيم (مدرس)  
قسم هندسة المواد / جامعة بابل

**الخلاصة**

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم سلوك الخواص المختلفة ( الحرارية و الميكانيكية والفيزيائية) لمادة سيراميكية تعرف بمادة كتل الخرسانة الخلوية ( Cellular Concrete Blocks ) وتسمى تجاريا بمادة الترمستون لمدى من درجات الحرارة العالية وإمكانية تحسين هذه الخواص وقياسها قبل وبعد عملية اكساء العينات بمادة الزجاج لعمل مقارنة لنفس الحجم من العينات.

تم قياس الخواص الفيزيائية كالمسامية والامتصاصية ، وكذلك قياس الخواص الميكانيكية مثل اختبار الصلادة واختبار الصدمة الميكانيكية وكذلك الخواص الحرارية كاختبار الصدمة الحرارية . تم ذلك بوضع عينات من مادة الترمستون بنوعين مكسية بمادة الزجاج وغير مكسية في فرن كهربائي و بدرجات حرارة مختلفة واخمادها بالماء البارد لمعرفة مدى تغير هذه الخواص المختلفة نتيجة هذه العملية. وقد اتضح إن العينات المكسية لها مقاومة عالية للصدمة الحرارية بسبب التلاصق الكبير لمادة الزجاج بسطح العينة مقارنة بالعينات الغير مكسية وهذا تم ملاحظته من خلال تقشر وتساقط الطبقة الخارجية للعينة الغير مكسية . وقد اتضح ايضا ان خاصيتي المسامية والامتصاصية قد انخفضت بشكل ملحوظ بالنسبة للعينات المكسية مقارنة بالعينات الغير مكسية . ان عملية التزجيج هذه تساعد على تحسين الخواص الحرارية و الميكانيكية والفيزيائية لمادة الترمستون.

**Abstract**

The object of this paper is to evaluate the different properties (thermal, mechanical, and physical) for cellular concrete blocks. These measurements were done for two types of specimens which have the same size. The first type was used without glazing, and the second type was glazed. Many properties were measured, such as thermal shock, mechanical impact, hardness, Porosity and absorption. It has been shown through these measurements that the properties of glazed specimens were compared with that the specimens without glazing. That is mean that the glazing process was improved these different properties of cellular concrete blocks.

## 1.Introduction

. المقدمة

بات معروفا ان استخدام المواد الهندسية بدرجات حرارية عالية يرافقه زيادة في حجم الضرر الذي تتعرض له هذه المواد ابتداء من تسارع في معدلات التفاعل مع مكونات الوسط سواء كانت أكسدة (Oxidation) أم تآكل حار (Hot Corrosion) إضافة إلى تدني في الخواص الميكانيكية للمادة (Mechanical Properties) [1] .

ان التطورات التكنولوجية والتي تضمنت اكتشاف أنواع جديدة من مركبات السيراميك وبمواصفات معينة وبطرق إنتاج أفضل إضافة إلى متطلبات الأنظمة ذات الاستخدام في درجات الحرارة العالية أدت جميعها بالنتيجة إلى إنتاج مواد سيراميكية حديثة وهذه المواد تسمى بالسيراميك الحديث ( New Ceramics ) وتتضمن سيراميك نقي او اكاسيد مخلوطة إضافة إلى مركبات الكاربيدات النتريدات والبوريدات والسليكات [2، 3] . وبالرغم من إنتاج هذا النوع من السيراميك ( الجيل الجديد ) هو ليس بمستوى وكمية النوع التقليدي ولكن أخذت تطبيقاته تأخذ حيزا واسعا وتطبيقات معينة.

استعمل طابوق الثرمستون في بناء جدران الإنشاءات والأبنية نظرا لخفة وزنه ومقاومته الجيدة للانضغاط . بالإضافة إلى خفة الوزن والمقاومة للانضغاط هنالك خواص حرارية مهمة للثرمستون منها تحمله لدرجات الحرارة العالية واستقراره الكيماوية وعزله الحراري لذلك يستخدم كمادة عازلة للحرارة في درجات الحرارة الاعتيادية واحتوائه على مسامات وهذه المسامات هي سبب العزل الحراري له، إضافة لذلك له القابلية على العزل الصوتي وإمكانية استخدامه في الموازين الحرارية [4] .

تعتبر الخواص الفيزيائية من الخواص المهمة جدا التي تحدد نوعية المواد الحرارية ومجالات استخدامها لتأثيرها الكبير على الخواص الأخرى مثل الخواص الحرارية والكيميائية والميكانيكية. وتتأثر تلك الخواص بعوامل وظروف صناعية مشتركة منها نوعية المادة الاولييه ، طريقة التشكيل والضغط المستعمل ، توزيع مقاس الحبيبات ، معدل التسخين ودرجة حرارة الحرق وزمن الإنضاج و كمية ونوعية المادة [5] .

الكثافة (Density) تعتبر من الخواص الفيزياويه ( physical properties ) المهمة لعلاقتها الكبيرة في تحديد خواص الحرارية المنتجة فزيادة الكثافة تؤدي إلى زيادة قابليه الخزن الحراري. وتتأثر النفاذية والامتصاصية بالكثافة فعند زيادة التقارب والتلاصق الشديد بين الحبيبات (نقصان المسامات والفجوات) تقل قابلية المادة على نفاذ السوائل وامتصاص الغازات ، وكذلك تتأثر الكثافة بالتركيب الكيماوي والمعدني للمادة الأولية . ان كثافة المادة تعتمد بشكل كبير على عدد وحجم المسامات الموجودة في المادة وهذا يشكل جانب كبير في آلية اختيار

المادة للمرشحات . المسامية (Porosity) لها تأثير كبير على الكثير من خواص المادة العازلة مثل مقاومة الانضغاط حيث تتأثر هذه الخاصية بشدة بنسبة وحجوم المسامات ، إذ أن ارتفاع المسامية وخاصة المسامات ذات الحجم الواسعة تؤدي إلى خفض مقاومة المادة وخفض مقاومتها ضد نفاذ الغازات . والمسامية لها تأثير كبير في زيادة قابلية العزل الحراري للمادة ، وتعرف المسامات بأنها فراغات في المواد العازلة لها مقياس وشكل وترتيب معين اعتمادا على الكثير من العوامل الصناعية. المسامية والامتصاصية خاصيتان متلازمتان حيث ان الامتصاصية تزداد بزيادة المسامية والعكس صحيح . وهناك تفاصيل عديدة متوفرة في المصادر [7,6] .

إن الهدف من استخدامه في هذا البحث هو جعله بديل للطابوق الحراري في بناء الجدران الثانوية للفرن وكان العمل يتضمن معرفة خواص الترمستون في درجات الحرارة المختلفة ومعرفة ما هي المتغيرات التي تحدث عليه وسلوكه في تلك الدرجات قبل وبعد الأكسدة بمادة الزجاج حيث وجد ان عملية التزجيج هذه تساعد على تحسين خواصه الحرارية والميكانيكية والفيزيائية .

## 2. المواد والأجهزة المستخدمة وتحضير العينات

### 2. Experimental Equipment and Samples Preparation

يتناول هذا الجزء التطرق الى المواد والاجهزة المستخدمة في هذا البحث اضافة إلى التكوين الكيماوي للنماذج المستخدمة وكيفية تهيئة النماذج المستخدمة للاختبارات التي أجريت في هذا البحث .

#### 2. 1 المواد المستخدمة

أ. مادة الترمستون : نماذج الترمستون تم أخذها من معمل الترمستون القائم في كربلاء وتم الحصول على التركيب الكيماوي لهذه المادة من المعمل والجدول (1) يوضح التركيب الكيماوي لمادة الترمستون .

جدول (1) التركيب الكيماوي لمادة الترمستون

المادة	الوزن (Kg)%
الرمل	32.5
الجير الحي	32.5
مادة الاسمنت	20
مواد كيماوية مع ماء	10
الألمنيوم	5

ب . مادة الزجاج : تم استخدام زجاج الصودا كلس وتم اجراء تحليل لهذه المادة في مختبرات الجامعة التكنولوجية ، والجدول رقم (2) يوضح التركيب الكيماوي لمادة الزجاج .

## جدول (2) التركيب الكيماوي لمادة الزجاج

material	Wt %
SiO <sub>2</sub>	68.2
Na <sub>2</sub> O	9.45
CaO	9.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.53
K <sub>2</sub> O	0.26
Rest	10.6

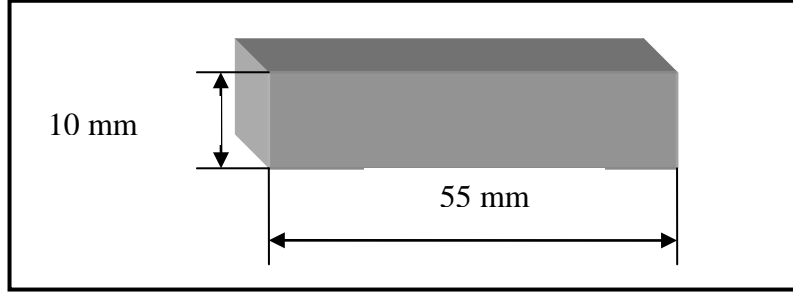
- ج. مادة رابطة : تم استخدام مادة رابطة نوع (Poly viall Alchloride) PVA  
 د. مادة مزيته : تم استخدام زيت الكازولين لتزيت القوالب الخشبية وتسهيل خروج المنتج من القالب .

## 2.2 الأجهزة المستخدمة

- أ. جهاز الضغط : تم استخدام جهاز ضغط يدوي ( manual press ) لتسليط قوة على العينه بوحدات (KN) ويتكون الجهاز من فكين احدهما ثابت والآخر متحرك نحو الاعلى لضغط العينه .  
 ب. قوالب خشبية : هذه القوالب تستخدم لوضع الترمستون فيها وكبس الزجاج على سطحه لغرض الحصول على سطح مستوي .  
 ج. جهاز اختبار الصلادة : تم استخدام جهاز (Shore –seclirosop) لقياس صلادة العينات قبل وبعد عملية الاكساء بالزجاج.  
 د. جهاز اختبار ال متانة : تم استخدام جهاز (charpy) لقياس متانة العينات قبل وبعد عملية الاكساء بالزجاج.  
 هـ. الفرن : تم استخدام فرن كهربائي ( Electrical Furnace ) وبدرجات حراره مختلفه لعينات غير مكسيه بالزجاج واخرى مكسيه بالزجاج لغرض اجراء المقارنه لهذه العينات ومدى قابليتها لمقاومة الصدمه الحراريه والاختبارات الفيزيائويه الأخرى .  
 ر. ميزان حساس : تم استخدام الميزان الحساس لغرض قياس اوزان العينات في اختبار المساميه والامتصاصيه .  
 ز. تم استخدام أدوات اخرى مثل الفرنيه لقياس أبعاد المكعبات والمنشار لغرض التقطيع .
- 2.3 تحضير العينات :

تم تقطيع طابوقه كبيره من الترمستون الى الاحجام المطلوبه في الاختبارات على شكل مكعبات طول ضلع كل مكعب (30 mm). وتم تحضير العينات ب تقطيع طابوقه الترمستون بعد تحديد

0.02 القياسات وكذلك تم تحضير قوالب خشبية بنفس ابعاد العينات مع وجود سماحات بحدود لغرض سهولة أخراج العينة من القالب بعد تزيته بمزيت خاص . كذلك تم تحضير عدد مماثل من العينات وتم أكسائها بمادة الزجاج لغرض إجراء المقارنة مع العينات الأخرى التي لم يتم تزجيجها . وكذلك تم تحضير عينات أخرى بأبعاد مختلفة وايضا بنوعين مزججة وغير مزججة لغرض إجراء اختبار الصدمة الميكانيكية وابعاد العينة موضحة بالشكل التالي . وتتم عملية التزجيج برش مسحوق الزجاج على سطح العينة ومن ثم كبس العينة مع المسحوق بواسطة مكبس يدوي.



### 1.3 3. Experimental Test

### 3. الاختبارات العملية

#### 3.1 Thermal Shock Test

#### اختبار الصدمة الحرارية

تم إجراء اختبار الصدمة الحرارية على عدة مراحل حيث تم في البداية إجراء هذا الاختبار لعينات الترمستون الغير المكسية بالزجاج بتسخين العينات المحضرة في فرن كهربائي وبدرجات حرارة مختلفة تتراوح بين  $^{\circ}\text{C}$  (200-400-500-600-700) ويكون زمن التسخين لكل مدى من درجات حرارة ساعة واحدة (يعني ان الزمن ثابت ونعمل على تغيير مديات درجات الحرارة) بعدها يتم اخماد هذه العينات بالماء البارد أي نعمل معاملة (Quenching) لغرض معرفة مقاومة هذه العينات للصدمة الحرارية . العينات الغير المكسية يتعرض سطحها الى اضرار نتيجة هذا الاختبار حيث نلاحظ تفتت دقائق المادة على السطح وكما موضح في الشكل ( 1 ) . ثم يعاد هذا الاختبار للعينات المكسية لكن التسخين يتم بمديات درجات حرارة مختلفة ونبدأ بالدرجة التي حصل عندها الفشل للعينات الغير المكسية ومدى هذه الدرجات يتراوح بين  $^{\circ}\text{C}$  (500-600-700-) 800-900-1000 وينفس الطريقة حيث يكون التسخين لمدة ساعة واحدة لكل مدى من هذه الدرجات (ايضا بثبوت الزمن) ثم الاخماد بالماء البارد و الشكل ( 1 ) يبين عينتان لمادة الترمستون معرضتان للصدمة الحرارية إحداها غير مكسية بالزجاج والاخرى مكسية، حيث لوحظ استقرارية سطح العينة المكسية بالزجاج وعدم تعرضها للتفتت والتكسر .

وهناك اختبار اخر للصدمة الحرارية للعينات الغير المكسية بالزجاج والعينات المكسية وذلك بتسخين هذه العينات بدرجة حرارة ثابتة (500 °c) ولفترات زمنية مختلفة ( 30, 60, 90, 120 min) لغرض عمل مقارنة لهذه العينات ومدى قابليتها لمقاومة الصدمة الحرارية.



الشكل (1) يمثل عينتان معرضتان للصدمة الحرارية بدرجة حرارة (500 °c) إحداهما مكسية بالزجاج والاخرى بدون زجاج

### 3.2 Mechanical Impact Test

### 3. اختبار الصدمة الميكانيكية

في هذا الأختبار تم استخدام جهاز (charpy) لقياس متانة العينات قبل وبعد عملية الأكساء بالزجاج ، حيث تم تثبيت العينات بين فكي الجهاز في وضع افقي مستعرض ، بحيث يتم كسر العينة بعد تسليط مطرقة من ارتفاع معين حسب عمل الجهاز. النتائج التي يمكن الحصول عليها تكون من خلال قيمة الشغل المبذول لكسر العينة وبعد تحديد مساحة مقطع العينة يتم الحصول على مقاومة المادة للصدمة الميكانيكية والتي تمثل متانة المادة. وتم إجراء هذا الاختبار لأكثر من عينة ثم اخذ المعدل للقراءات . مقاومة المادة للصدمة الميكانيكية يمكن الحصول عليها من خلال المعادلة التالية [8] :

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

حيث ان  $R$  : تمثل مقاومة المادة للصدمة الميكانيكية (  $J/mm^2$  ) ،  $E$  : تمثل الشغل المبذول في كسر العينة (J) ،  $A$  : تمثل مساحة مقطع العينة مكان الكسر (  $mm^2$  ). والجدول ادناه يبين نتائج هذا الاختبار للعينات الغير مكسية والعينات المكسية.

جدول (3) يبين نتائج اختبار الصدمة الميكانيكية قبل وبعد الأكساء بالزجاج

نوع العينة	مقاومة العينات للصدمة الميكانيكية (R (J/cm <sup>2</sup> )
العينات الغير المكسية بالزجاج	0.0025
العينات المكسية بالزجاج	0.0042

### 3.3 Hardness Test

### 3.3 اختبار الصلادة

في هذا الاختبار تم استخدام جهاز (Shore –seclirosop) لقياس صلادة العينات قبل وبعد عملية الأكسدة بالزجاج ، حيث يتم هذا الاختبار بإسقاط كتلة صغيرة من الماس يبلغ مقدارها (2.63 kg) على سطح العينة من ارتفاع ( 254 mm) بصورة حرة ، تقاس الصلادة في هذا الاختبار بمقدار الارتداد الذي يحصل نتيجة إسقاط هذه الكتلة ، حيث ان القراءات تؤخذ مباشرة من الجهاز. اخذت عدة قراءات واخذ المعدل لهذه القراءات لكل عينة من العينات للحصول على النتائج الصحيحة. الجدول (4) يبين قيم صلاده العينات قبل وبعد الأكسدة بالزجاج. جدول (4) يبين نتائج اختبار الصلادة للعينات بدرجات حرارة مختلفة وزمن ثابت

درجة الحرارة (Temperature)°c	الصلادة Sh A (Hardness) العينات الغير المكسية	الصلادة Sh A (Hardness) العينات المكسية
200	75.2	-
400	74.9	89.1
500	74.1	87.1
600	72.2	85
700	-	82.2
800	-	79.7
900	-	76.3
1000	-	76.1

وهناك اختبار اخر للصلادة للعينات الغير المكسية بالزجاج والعينات المكسية وذلك بتثبيت درجة الحرارة عند (500 °c) ولفترات زمنية مختلفة (30, 60 ,90, 120 min) الجدول ( 5) يمثل نتائج قياس الصلادة للعينات المكسية والغير مكسية بالزجاج عند ازمان مختلفه ودرجة حرارة ثابتة، حيث نجد ان الصلاده تقل مع زيادة زمن تعرض العينه الى درجة الحرارة حيث تم تثبيت درجة حرارة الفرن عند درجة حرارة (500 °c).

جدول (5) يبين نتائج اختبار الصلادة للعينات بازمان مختلفة و درجة حرارة ثابتة

(Time) min الزمن	(Hardness) Sh A الصلادة العينات الغير المكسية	(Hardness)Sh A الصلادة العينات المكسية
30	80.4	85
60	76.1	82
90	70	73.2
120	57.3	61.2

### 3.4 Porosity and Absorption Test 4.3 اختبار المسامية والامتصاصية

تم اجراء هذا الاختبار للعينات وذلك بتجفيف النماذج في فرن التجفيف عند درجة حراره (150 °c) ولمدة (24) ساعه ثم تترك لتبرد الى أن تصل لدرجة حرارة الغرفة ،ثم يثبت الوزن الجاف للنماذج . بعدها توضع النماذج في دورق زجاجي مقاوم وتغمر بالماء المقطر وتغلى لمدته (5) ساعه مع ضمان كونها دائما مغموره بالماء وتعويض الماء المتبخر ،بعدها تترك النماذج مغموره بالماء لمدة (24) . يثبت الوزن المعلق بالماء للنماذج باستخدام شبكه مرتبطه بالميزان . وبعد تثبيت الاوزان المعلقه تجفف سطوح النماذج من قطرات الماء العالقه بها بواسطة قطعة قماش من القطن ثم يحسب الوزن المشبع بالماء . بعد اجراء جميع الخطوات اعلاه حسب المساميه والامتصاصيه من المعادلات ادناه حيث تم حساب المساميه بالمعادلة المذكورة بالمصدر [9] :

$$(P\%) = ((M - D) / (M - S)) * 100$$

حيث ان (P%) : المساميه الظاهرية ، M : الوزن المشبع (gm) ، D : الوزن الجاف (gm) ، S : الوزن المعلق (gm).

اما الامتصاصيه تحسب كما يلي وكما موضحة في المصدر [10]

$$(A\%) = ((M - D) / D) * 100$$

حيث ان A% : الامتصاصيه والنتائج التي تم الحصول عليها مبينه في الجدول ( 6 )

.)

جدول ( 6 ) يبين نتائج اختبار المساميه والامتصاصيه للعينات



درجة الحرارة (T) °c	المسامية (p%) غير مكسية	الامتصاصية (A%) غير مكسية	المسامية (p%) مكسية	الامتصاصية (A%) مكسية
200	9	52.15	-	-
400	14	104.44	-	-
500	14.3	104.75	10	96.62
600	15	105.73	10	96.74
700	16	114.64	8	99.58
800	-	-	8	106.25
1000	-	-	7	115.58

#### 4. Results and Discussion

#### 4. النتائج والمناقشة

##### 4.1 Thermal Shock Test

##### 4.1.1 اختبار الصدمة الحرارية

من خلال إجراء الاختبار العملي للعينات الغير مكسية لغرض قياس الصدمة الحرارية وجد ان هذه العينات أبدت مقاومة للصدمة الحرارية لغاية ( 500 °c ) وحصول الفشل عند هذه الدرجة حيث لوحظ تفتت طبقة السطح الخارجي لهذه العينة وبذلك لا يمكن إجراء اختبار الصدمة الحرارية للعينات الغير مكسية بعد هذه الدرجة. اما العينات المكسية فتم اجراء الاختبار عليها في الدرجة التي حصل عندها الفشل للعينة الغير مكسية الى مديات درجات حرارة اعلى تصل الى (1000 °c) خلال الاختبار لوحظ ان هذه العينات ابدت مقاومة عالية للصدمة الحرارية في هذه المديات من درجات الحرارة وعدم حصول تفتت لطبقة السطح المكسية. إن هذه الاختبارات اجريت بدرجات حرارة مختلفة وبزمن تسخين ثابت (ساعة واحدة). نستنتج ان العينات المكسية افضل من العينات الغير مكسية لمقاومة الصدمة الحرارية اما الاختبار الأخر الذي اجري على عينات غير مكسية وعينات مكسية بتثبيت درجة الحرارة عند (500 °c) في ازمان مختلفة تتراوح بين ( 30, 60, 90, 120 min) نجد ان العينات المكسية تزداد مقاومتها للصدمة الحرارية اكثر من العينات الغير مكسية ولا تتعرض الى التفتت والتكسر.

اجريت الاختبارات بدرجات حرارة مختلفة وبازمان مختلفة حيث نستنتج ان العينات المكسية تتحمل لمدى عالي من درجات الحرارة اكثر من العينات الغير مكسية ونفس الشيء ينطبق بالنسبة الى الزمن حيث لاحظنا ان العينات المكسية تتحمل زمن تسخين اكثر من العينات الغير مكسية علما ان اعلى قيمة للصدمة الحرارية للعينات المكسية تكون عند درجة حرارة (500 °c) وزمن 30 (min) وتقل مقاومة الصدمة بازدياد درجة الحرارة والزمن.

## 4.2 Mechanical Impact Test

## 4.2 اختبار الصدمة الميكانيكية

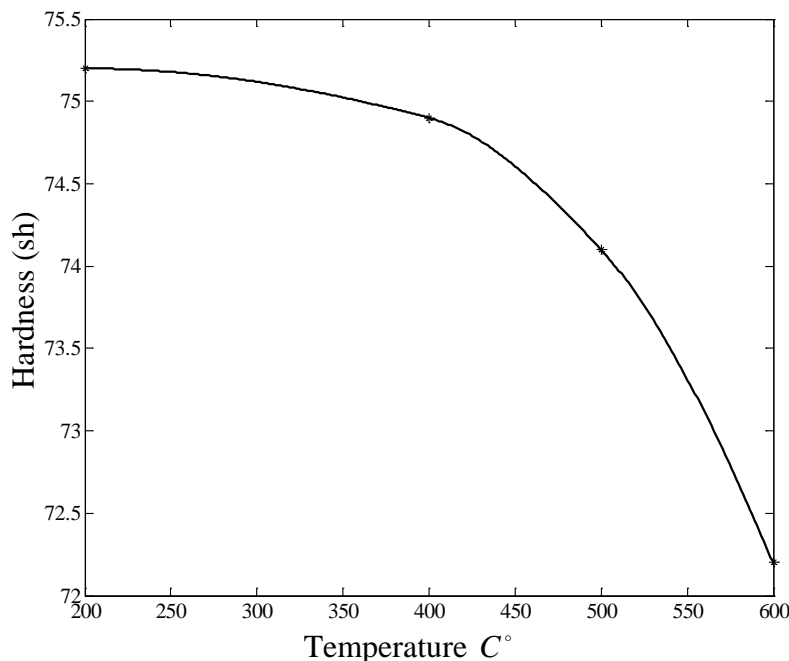
من خلال اختبار الصدمة الميكانيكية للعينات الغير مكسية بالزجاج والعينات المكسية وجد ان قيم مقاومة الصدمة الميكانيكية للعينات المكسية اعلى من قيمة المقاومة للعينات الغير مكسية وهذا يشير الى فائدة اكساء سطح العينة حيث وجد من خلال الاختبار ان العينات المكسية تبدي مقاومة اعلى للصدمة الميكانيكية وتحتمل مقدار من الشغل المبذول لوحدة المساحة اكثر من العينات المكسية. من هذا نستنتج فائدة عملية الاكساء في تحسين الخواص لمادة الثرمستون والتي يمكن بواسطتها استخدام هذه المادة بعد عملية الاكساء في مجالات صناعية متعددة.

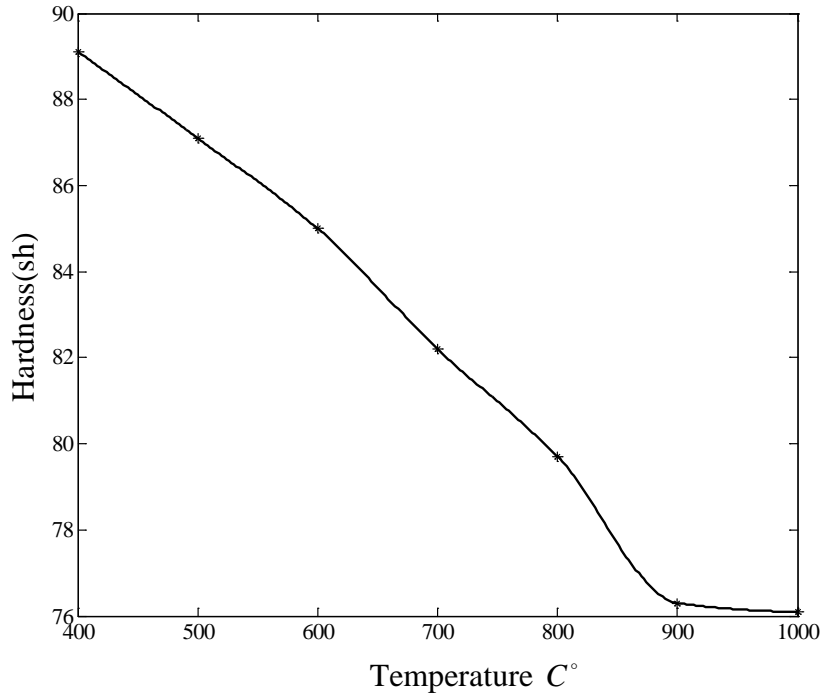
## 4.3 Hardness Test

## 4.3 اختبار الصلادة

ان الصلادة في درجة حرارة (200 °c) تبلغ (75.2 Sh - A) وفي درجة (°c) 500 تبلغ (74.1 Sh-A) من ذلك نستنتج أن قيم الصلادة تبدأ بالنقصان مع ارتفاع درجات الحرارة وكما هو موضح بالشكل (3) ويعود سبب ذلك الى (تلف) تفتت وتكسر الطبقة الخارجية المحيطة بسطح العينة بسبب الصدمة الحرارية وزيادة هذا التلف مع ارتفاع درجة الحرارة.

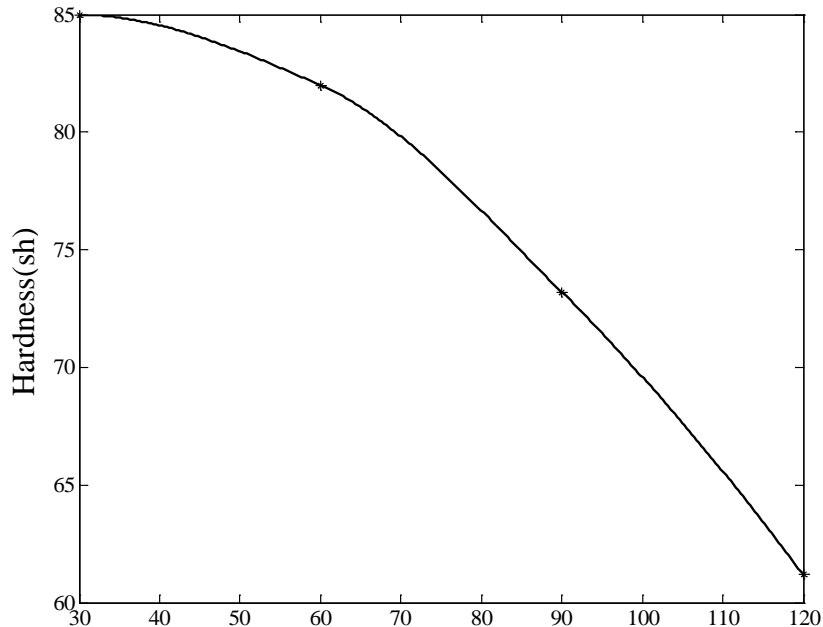
و نلاحظ عند قياس صلاده العينات المكسيه بالزجاج ان قيم الصلاده تكون اكثر مما هو عليه في العينات الغير مكسيه. ان قيم الصلاده تبدأ بالنقصان ايضا مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن بمعدل اقل مما هو عليه في العينات الغير مكسيه بالزجاج وهذا يعود الى تعرض العينات للصدمة الحراريه مع ارتفاع درجة الحرارة. ان النقصان القليل في قيم الصلادة للعينات المكسية يعود الى تلاصق طبقة الزجاج بسطح العينة وحمايتها لها والشكل (4) يوضح علاقه بين الصلاده ودرجه الحراره.

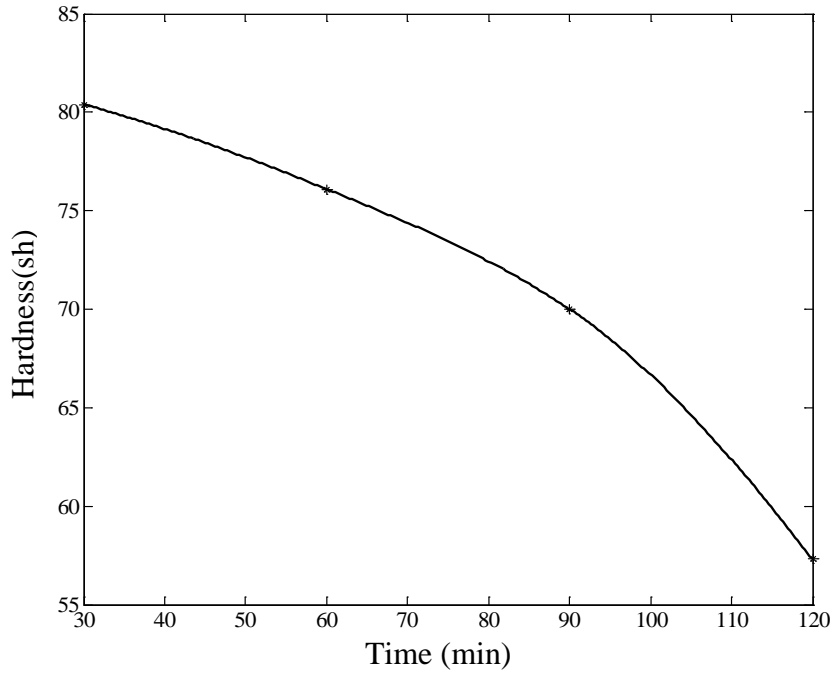




الشكل (4) يمثل التغير بالصلادة لعينات مكسية بالزجاج عند درجات حرارة مختلفة وزمن ثابت .

الأشكال (5,6) تمثل نتائج قياس الصلادة لعينات غير مكسية بالزجاج وأخرى مكسية عند ازمان مختلفه ودرجة حرارة ثابتة (500 °C)، حيث نجد ان الصلاده تقل مع زيادة زمن تعرض العينه الى درجة الحرارة حيث تم تثبيت درجة حرارة الفرن عند درجة حرارة (500 °C). ومقدار النقصان يكون اكبر بالنسبة للعينات الغير مكسية نتيجة لانخفاض قيمة الصدمة الحرارية للعينه بارتفاع درجة الحرارة.



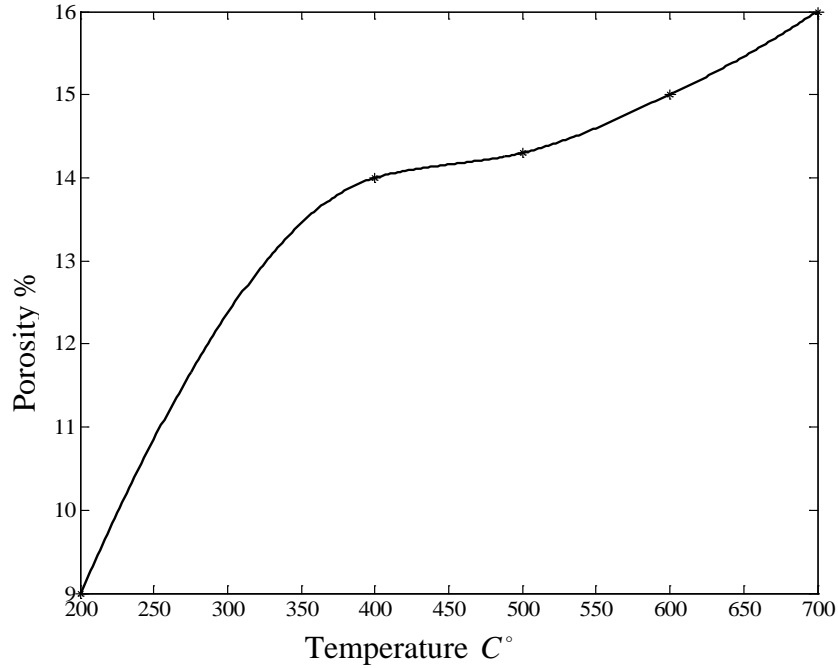


الشكل (6) يمثل التغير بالصلادة لعينات مكسية بالزجاج عند ازمان مختلفة ودرجة حرارة ثابتة

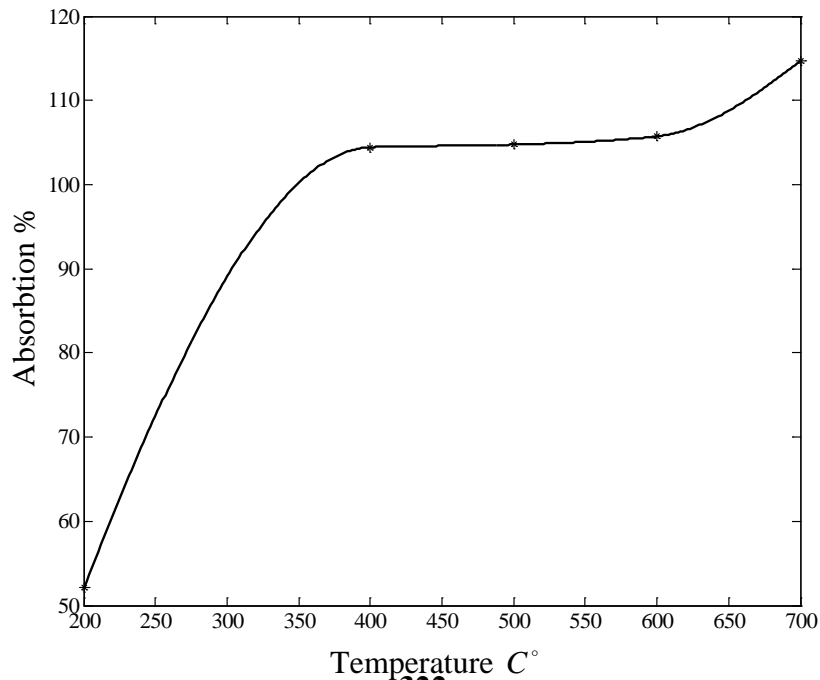
#### 4.4 اختبار المسامية والامتصاصية 4.4 Porosity and Absorption Test

تعد خاصيتا المسامية الظاهرية والامتصاصية الماء خاصيتان مترافقتان وتتأثران بعاملين مهمين هما عمليه التلييد والفجوات والقنوات المتكونة داخل الجسم السيراميكي وتبين المخططات العلاقة بين درجة الحرارة والمسامية والامتصاصية قبل وبعد الاكساء. الشكل (7) يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والمسامية للعينات الغير مكسية حيث نلاحظ من الشكل ازدياد المسامية بازياد درجات الحرارة وهذه الزيادة تكون طردية لغاية درجة (400 °c). حيث نلاحظ ان قيمة المسامية عند هذه الدرجة تبلغ (14%). بعد درجة (400 °c) نلاحظ ازدياد كبير في درجات الحرارة مع زيادة قليلة في المسامية وذلك بسبب زيادة حجم العينة وتقلص الفجوات الهوائية داخل الهيكل

البلوري لان خاصية المسامية هي عبارة عن الفراغات الهوائية الموجودة داخل البنية البلورية الطبيعية للمادة السيراميكية .



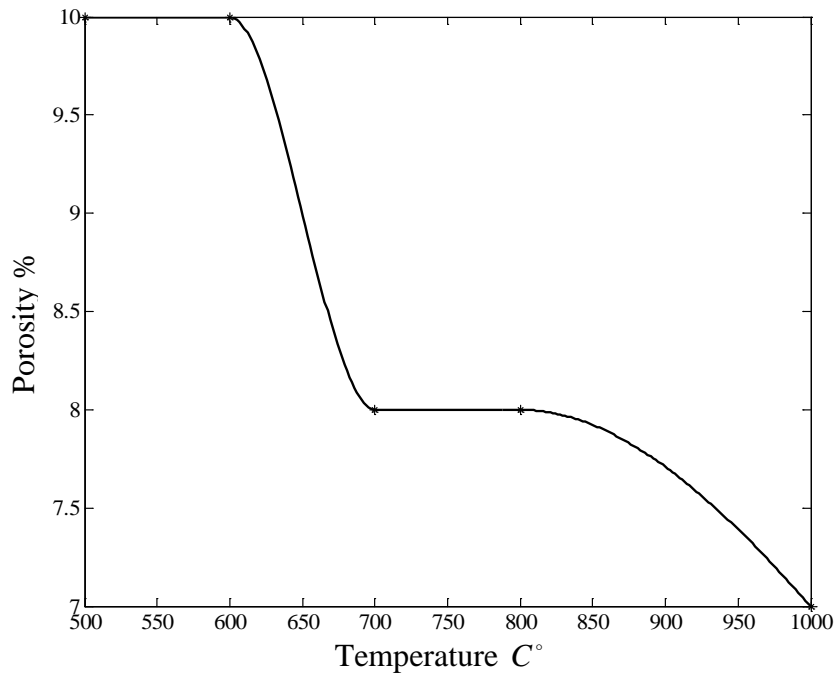
الشكل (7) يمثل التغير المسامية لعينات غير مكسبه بالزجاج عند درجات حراريه مختلفه



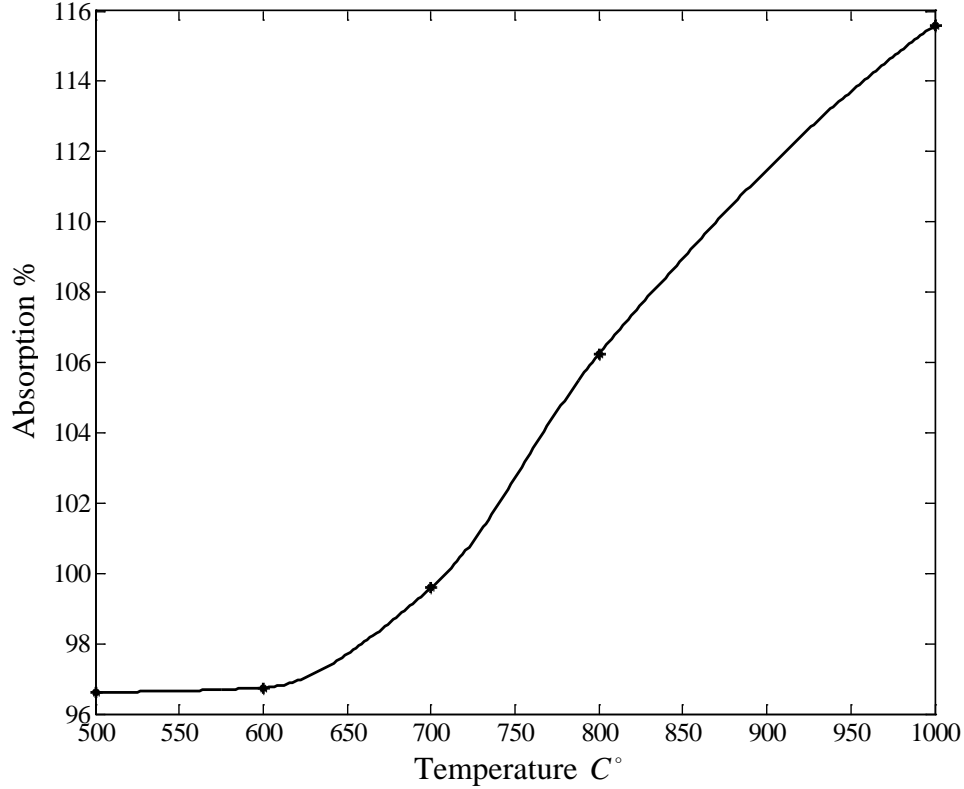
الشكل (8) يمثل التغير بالامتصاصية لعينات غير مكسبه بالزجاج عند درجات حرارة مختلفة

الشكل (8) يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والامتصاصية للعينات الغير مكسية. نلاحظ ان شكل العلاقة مشابه للعلاقة بين درجة الحرارة والمسامية حيث ان الامتصاصية تزداد ايضا بزيادة درجات الحرارة وايضا لغاية ( $400^{\circ}\text{C}$ ). ان قيمة الامتصاصية تبلغ ( $104.44\%$ ) بعد هذه النقطة نلاحظ ازدياد درجات الحرارة وتكون الزيادة في قيمة الامتصاصية قليلة لان الخاصيتين مترافقتين. الشكل (9) يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والمسامية للعينات المكسية بطبقة الزجاج. نلاحظ نفس السلوك ايضا تزداد المسامية بازدياد درجات الحرارة علما ان قيمة المسامية في نفس قيم درجات الحرارة تقل قيمتها عن العينات الغير مكسية كما مشار اليها في الجدول.

الشكل (10) يمثل العلاقة بين درجة الحرارة والامتصاصية لعينات الثرمستون المكسية بالزجاج، ونلاحظ نفس السلوك ايضا تزداد الامتصاصية بازدياد درجات الحرارة وتأخذ نفس سلوك العلاقة للعينات الغير مكسية لكن نلاحظ ان قيم الامتصاصية ايضا تقل عن قيم الامتصاصية للعينات الغير مكسية عند نفس المدى من درجات الحرارة وهذا يثبت ارتباط خاصيتي الامتصاصية مع المسامية.



الشكل (9) يمثل التغير بالمسامية لعينات مكسية بالزجاج عند درجات حرارة مختلفة



الشكل (10) يمثل التغير بالامتصاصية لعينات مكسيه بالزجاج  
عند درجات حراريه مختلفه

## 5 . Conclusion

## 5.5 . الاستنتاجات

- 1- للعينات المكسيه بالزجاج مقاومه عاليه للصدمة الحراريه في مديات درجات الحراره العاليه وهذا متطلب اساسي للاغراض الصناعيه .
- 2- ابدت العينات المكسيه بالزجاج تفوق كبير على العينات الغير مكسيه في اختبار المتانة حيث ان مقاومه الصدمة للعينات المكسيه تبلغ ضعف القيمة .
- 3- انخفضت نسبة الصلاده بالنسبه للعينات المكسيه بالزجاج والعينات الغير مكسيه وذلك لان القياس كان بعد تعرض العينه للصدمة الحراريه ، لكن النقصان في الصلاده للعينات الغير مكسيه بالزجاج كان اعلى من قيم الصلاده للعينات المكسيه بالزجاج .

4- نقصان نسبة المسامات في العينات المكسيه بالزجاج بحيث وصلت الى حدود (8%) في درجه حراره (500 °c) بينما بلغت قيمتها للعينات الغير مكسيه بالزجاج الى حدود (14.3%) في درجه حراره (500 °c).

5- اظهرت النتائج نقصان في الامتصاصيه بحدود (96.62%) للعينات المكسيه بالزجاج في حين ان نسبة الامتصاصيه للعينات الغير مكسيه بالزجاج بلغت بحدود (104.75%) في درجه حراره (500 °c).

## 6. References

## 6. المصادر

1. D. Askeland and P. Phule, "The Science and Engineering of Materials," 4<sup>th</sup> Edition, by Thomson Brooks / Cole, United Kingdom, 2003.
2. W. Kingery, H. Bowen, and D. Uhlmann "Introduction to Ceramics," 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1976.
3. A. Sinha, "Powder Metallurgy," 2<sup>nd</sup> Edition, Karan Printing Service, Shahdara, Delhi, 1987.
4. T. Tieg, F. Montgomery, and C. Blue, "High-Density Infrared Surface Treatments of Refractories", Oak Ridge National Laboratory, University of Missouri — Rolla, 2005.
5. G. Dowson, "Powder Metallurgy, the Process and its Products," Puplished Under the Adam-Hilger Imprint by IOP Publishing Ltd, Bristol BSI 6NX, England, 1990.
6. E. Klar, "Metals Handbook," Vol.7, 9<sup>th</sup> Edition, Powder Metallurgy Prepared Under the Direction of ASM Handbook Committee, 1986.
7. W. Miche, "Fundamentals of Ceramic, " McGraw-Hill Series in Material Science and Engineering, 1997.
8. W. Bolton, "Engineering Materials Technology," 3<sup>rd</sup> Edition, Linacre House, Jordon Hill, Oxford, 1998.
9. ASTM, "Annual Book of Standards," C773, 1988.
10. شيماء جابر كريم المعموري، "استخدام المواد الاولييه السيراميكيه لانتاج المرشحات"، جامعه بابل، كلية الهندسه، قسم المواد، 2006.



