

## دراسة تحضير نماذج حراريات بوكسايت – زركونيا وتحسين خصائصها بإضافة اوكسيد النحاس $Cu_2O$

أ.د.عباس فاضل المعموري\* أ.م.د. غازي كمال سعيد\*\* افراح عباس عبدالكريم\*\*\*

\*جامعة واسط, كلية العلوم- قسم الفيزياء ، [essa-abb@yahoo.com](mailto:essa-abb@yahoo.com) ،

\*\*جامعة واسط ، كلية التربية الاساسية – قسم العلوم ، [phyghazi@gmail.com](mailto:phyghazi@gmail.com) ،

\*\*\*مديرية تربية واسط

### المستخلص

في هذه الدراسة، تم استخدام خام البوكسايت العراقي كمادة اساس في انتاج الحراريات واضيف اليها الكاؤولين الابيض كمادة رابطة بنسب مختلفة (0%,5%,10%,15%,20%) واضيف الى الخلطة الرئيسية للحراريات اوكسيد الزركونيوم بنسب (5%,10%,15%,20%) وكذلك اوكسيد النحاس بنسبة (0.2%-8%) لتحسين الخصائص العامة لحراريات البوكسايت العراقي. شكلت النماذج بطريقة الكبس شبه الجاف مع اضافة (PVA) كمادة رابطة. جففت النماذج باستخدام مجفف كهربائي عند درجة حرارة  $100^{\circ}C$  ولمدة 24 h ، ثم حرقت بدرجات حرارية ( $1300^{\circ}C,1350^{\circ}C,1400^{\circ}C$ ) لمدة ثلاث ساعات. اجريت فحوصات حيود الاشعة السينية XRD واختبارات فيزيائية وميكانيكية وحرارية لتقييم النماذج المحضرة.

الكلمات المفتاحية: الحراريات، الموليت، الزركونيا، مقاومة منصهر الزجاج.

## Study preparation models Refractories bauxite - zirconia and improve their properties by adding oxide copper $Cu_2O$

Abbas Fadhil Essa\* ,Ghazi Kamal Saeed\*\*, and Afrah Abbas Abdul-Karim\*\*\*

\*University of Waist, College Sciences – Department of physics, IRAQ.

\*\*University of Waist, College of Basic Education-Sciences Department, IRAQ.

\*\*\*Educational Directorate of Wait, IRAQ.

### Abstract

In this study, the use of the Iraqi bauxite as a basis in the production of Prepare models and kaolin White was added to a Binder in different proportions (0%, 5%, 10%, 15% and 20%), Zirconium Oxide was added in different proportions as refractories (5%, 10 %, 15 %, 20 %), as well as copper oxide by (0.2 % -8 %) to improve the general characteristics of the Refractories Iraqi bauxite. Formed models manner pressing semi- dry with the addition of (PVA) as a Binder. Dried forms by using the electric dryer at temperature  $100^{\circ}C$  for a period time 24h, and then burned to varying temperatures ( $1300^{\circ}C, 1350^{\circ}C, and 1400^{\circ}C$ ) for three hours. Test underwent XRD, and tests Physical, mechanical and thermal to assess the prepared models.

key words: Refractories, Mullite, Zirconia, Resistance to molten glass.

## 1. المقدمة

**الحراريات:** هي مواد غير معدنية، لها قابلية العزل لدرجات حرارة مرتفعة مع المحافظة على خواصها المختلفة، إذ لها القابلية على تحمل درجات الحرارة العالية بدون تكسر أو تشوه، كما أنها تحتفظ بخواصها المختلفة تحت الظروف التشغيلية المختلفة ولها درجة تلين عالية تصل إلى أكثر من 1450°C<sup>[1]</sup>.

**البوكسائيت:** تم اكتشاف رواسب البوكسائيت لأول مرة في العراق عام 1990 في منطقة الحسينيات تبعد حوالي 65 Km شمال شرق مدينة الرطبة في الصحراء الغربية العراقية، من قبل الجيولوجيين من هيئة المسح الجيولوجي العراقي. وفق ما اشارت اليه نتائج التحليل الكيميائي ووجد ان البوكسائيت العراقي يحتوي على  $Al_2O_3$  (36-66%) و  $SiO_2$  (14 - 44%) و  $Fe_2O_3$  (<2%). لون البوكسائيت هو الوردي لكن يظهر بألوان متعددة اعتمادا على نسبة الحديد اذا انخفضت نسبته فقد يظهر باللون الابيض ويميل الى اللون البني المحمر حسب نسبة الحديد فيه<sup>[2]</sup>. عند حرق البوكسائيت يتحول الجبسائيت بفقدانه ماء التبلور الى البوهيمائيت وبارتفاع درجة الحرارة يتحول البوهيمائيت الى الالومينا ومن ثم تتفاعل الالومينا الناتجة مع السليكا في البوكسائيت مكونة طور المولايت<sup>[3]</sup>. المولايت هو مركب من السليكا والالومينا ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) ويستخدم على نطاق واسع في صناعة الحراريات، ونادرا ما يتواجد في الطبيعة. حددت درجة انصهاره عند 1890°C ومن خواصه ذو درجة انصهار عالية، تمدد حراري منخفض ، مقاومة كيميائية عالية لمنصهر الزجاج وطبيعة كيميائية متعادلة<sup>[4]</sup>.

**الكأولين:** هو احد الاطيان المهمة في صناعة الحراريات، والاطيان عبارة عن خليط من المعادن وتشمل الكأولينات ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) والاكاسيد ومنها ( $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,...). تتواجد اطيان الكأولين في العراق في المنطقة الغربية في مناجم دويخله وبكثرة ضمن ترسبات قريبة على سطح الارض ويكون على نوعين الكأولين الابيض والاحمر ويعود لونه الاحمر الى ارتفاع نسبة اوكسيد الحديد فيه<sup>[5]</sup>. تمتاز اطيان الكأولين عن الاطيان الاخرى بخصائص فيزيائية و كيميائية فريدة ومنها قابليتها على امتصاص الماء ، لدونة عالية ، لزوجة قليلة ، خاملة وغير فعالة كيميائيا و درجة انصهاره بحدود 1780°C. تحصل تغيرات فيزيائية و كيميائية عند حرق الكأولين بدرجات حرارية عالية<sup>[6]</sup>.

**الزركونيا:** اكتشفت الزركونيا ( $ZrO_2$ ) من قبل العالم الكيميائي الالمانى (M.H.Klaproth) عام 1789، تمتاز الزركونيا بخصائص ميكانيكية جيدة كالماتانة العالية ، مقاومة كيميائية عالية ، خاملة كيميائيا ، الصلادة العالية و درجة انصهار عالية، لذا دخلت في الكثير من الصناعات

منها صناعة الاسنان و العظام كتطبيقات بيولوجية وفي صناعة الحرارية حيث تضاف لتحسين خصائصها. تكون الزركونيا متغيرة البنى البلورية بارتفاع درجة الحرارة وتعود بتحول عكسي عند خفض درجة الحرارة وتمتلك ثلاث انظمة بلورية وهي نظام احادي الميل (monoclinic) ونظام رباعي قائم (tetragonal) ونظام المكعب (cubic) [7].

وهذه التحولات تؤثر على الثبات الحراري للمنتج، للتخلص من هذه التحولات يتم بإضافة مثبتات للزركونيا وهي عبارة عن اكاسيد تعمل على ايقاف التحول عند خفض درجة الحرارة مثل (CaO , MgO , Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) وينتج عنها نوعيين من الزركونيا المثبتة وهما الزركونيا المثبتة جزئياً والزركونيا المثبتة كلياً [8].

**اوكسيد النحاس:** ويعتبر من اشباه الموصلات المهمة لأنه يمتلك خصائص فيزيائية جيدة ، يذوب اوكسيد النحاس في الحوامض لكن لا يذوب في القواعد او الماء ، كثافته 6.4 g/cm<sup>3</sup> و درجة انصهاره 1235°C ويمكن الحصول عليه من اكسدة النحاس ، متوفر بكثرة، غير سام وانخفاض تكلفة انتاجه [9].

وقد اجريت عدة دراسات لإنتاج حراريات من البوكسايت العراقي ومنها: درس الباحث مازن [10] عام 2006 امكانية تحسين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للطابوق الحراري المصنع من البوكسايت العراقي. اما الباحثان شهاب وانتصار [11] عام 2009 درسا تأثير اضافة الزركونيا في بعض خواص الحرارية المصنعة من البوكسايت العراقي. درست الباحثة الاء [12] عام 2011 تأثير اضافة اطيان كاؤولين دويخله والالومينا الى البوكسايت العراقي.

## 2. تحضير النماذج

تم تحضير النماذج باستخدام البوكسايت المحروق بدرجة 1350°C كمادة اساس واضيف اليها الكاؤولين العراقي بنسب مختلفة (5%,10%,15%,20%) كمادة رابطة للحراريات . اضيفت الزركونيا الى الخلطة الرئيسية (البوكسايت والكاؤولين) بنسب وزنية مختلفة (5%,10%,15%,20%) وبعدها تمت اضافة اوكسيد النحاس بنسب مختلفة (0.2% - 8%) للخلطة الرئيسية، المادة الرابطة التي تم استخدامها لتشكيل العينات هي PVA. تم تشكيل النماذج باستخدام مكبس يدوي وقالب معدني مصلد بقطر (25 mm) وبضغط كبس مقداره 140 bar, ثم جففت النماذج وبعدها حرقت بثلاثة درجات حرارية (1300°C,1350°C,1400°C).

## 3. القياسات

**أولا : قياس الكثافة الظاهرية والمسامية ونسبة امتصاص الماء:**

تم حساب الكثافة الظاهرية والمسامية ونسبة امتصاص الماء بطريقة ارخميدس، وباستخدام المعادلات التالية على الترتيب<sup>[13]</sup>:

$$\rho = \frac{W_d}{W_s - W_n} \dots \dots \dots (1)$$

$$A.P. (\%) = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_n} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

$$W.A. = \frac{W_d}{W_d - W_n} \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان  $\rho$ : الكثافة الظاهرية ( $g/cm^3$ ), A.P.: المسامية, W.A.: نسبة امتصاص الماء  
 $W_d$ : كتلة النموذج وهو جاف (g),  $W_n$ : كتلة النموذج وهو معلق بالماء (g),  $W_s$ : كتلة النموذج وهو مشبع بالماء (g).  
**ثانيا : متانة الكسر المحوري:**

تم استخدام الاختبار البرازيلي ( Brazilian Test ) لحساب متانة الكسر المحوري وباستخدام العلاقة الاتية تم حساب متانة الكسر المحوري<sup>[14]</sup>.

$$\sigma_D = \frac{2F}{\pi dD} \dots \dots \dots (4)$$

حيث ان : F القوة المسلطة (N), D: قطر النموذج (mm), d: سمك النموذج (mm),  $\sigma_D$  متانة الكسر المحوري ( $N/mm^2$ ).

### **ثالثا : الصلادة:**

تم قياس الصلادة باستخدام صلادة موس Moh's ، ويتم ذلك بخدش النماذج بأحجار سيراميكية يدويا وتسجل قيمة الصلادة عندما يؤثر الحجر على النموذج .

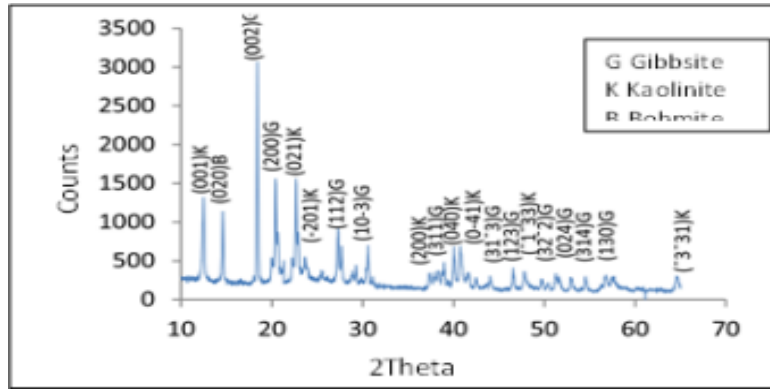
### **رابعا : رابعا : الصدمة الحرارية:**

تعرف الصدمة الحرارية على انها قابلية المادة السيراميكية على المحافظة على شكلها الاصلي عند تعرضها الى تغير حراري مفاجئ، وتعد من اهم الخواص الحرارية للحراريات<sup>[15]</sup>.

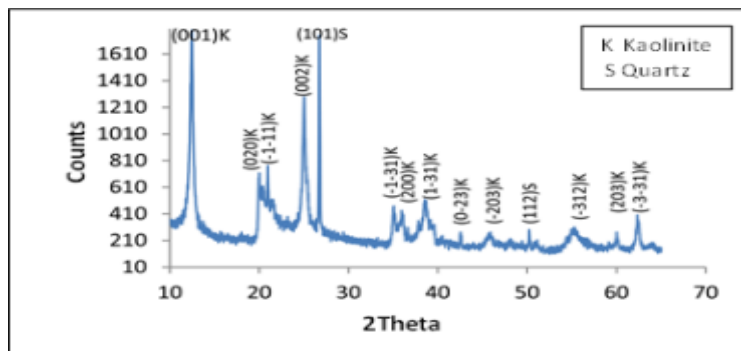
### **3. النتائج والمناقشة**

### **خامسا : نتائج فحص حيود الاشعة السينية (XRD):**

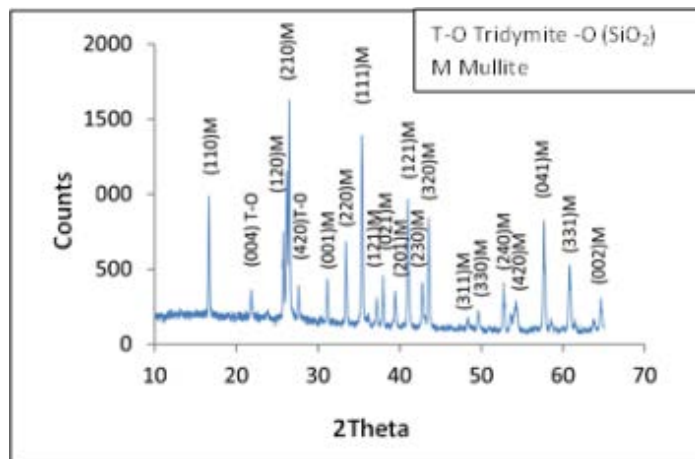
تم فحص حيود الاشعة السينية للبوكسايت قبل وبعد الحرق وللكاؤولين وللنماذج الحرارية كما موضح في الشكل ادناه :



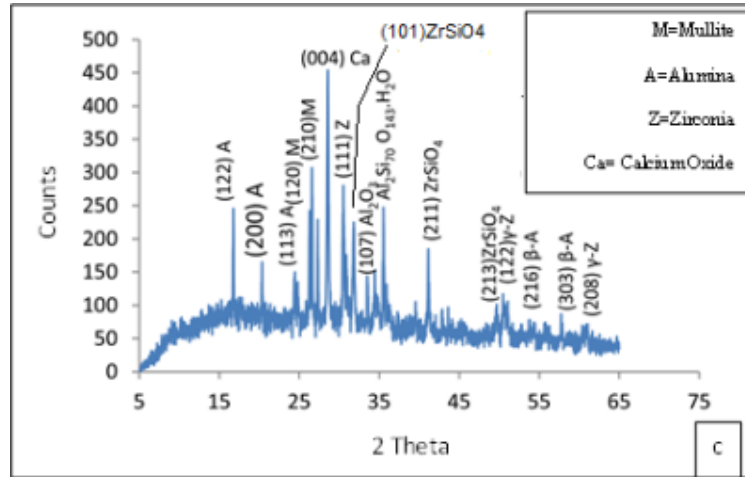
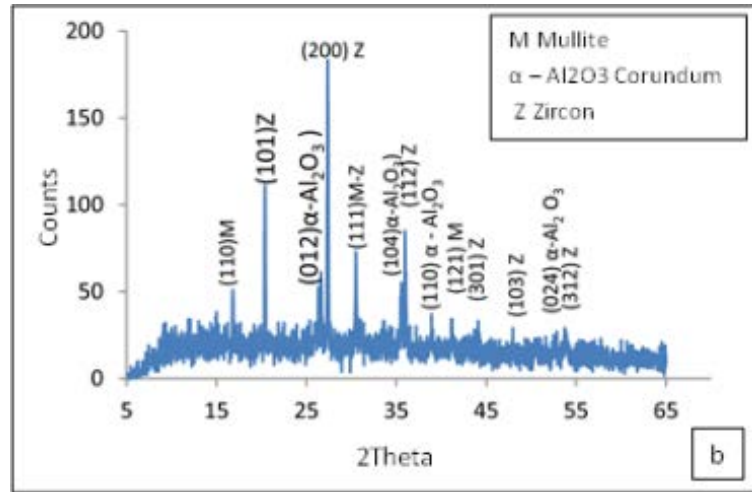
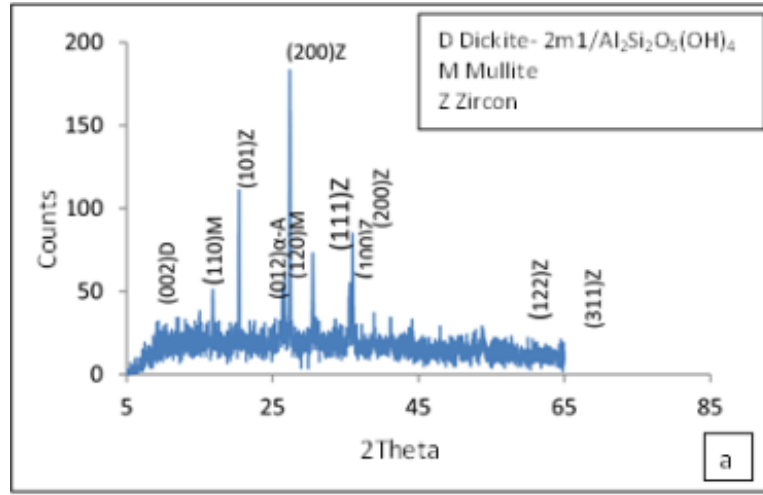
شكل (1) يوضح مخطط XRD لخام البوكسيت قبل الحرق



شكل (2) يوضح مخطط XRD لخام الكاؤولين



شكل (3) يوضح مخطط XRD للبوكسيت العراقي بعد الحرق

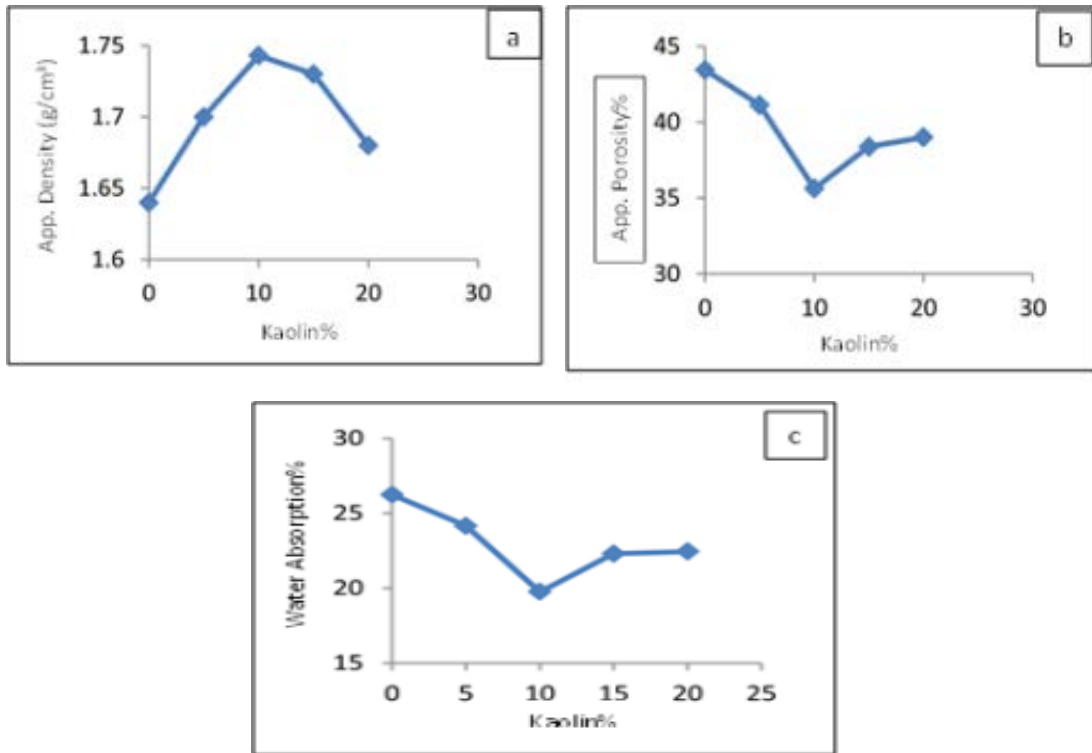


شكل (4) مخطط XRD لنماذج الحراريات عند درجات حرارية: a : 1300°C : b : 1350°C : c : 1400°C

سادسا : الكثافة الظاهرية والمسامية والامتصاصية:

يتضح من الشكل (5) تأثير اضافة خام الكاؤولين على كل من الكثافة الظاهرية والمسامية والامتصاصية للنماذج الحرارية المحضرة. يتضح من الشكل (5a) تأثير اضافة خام الكاؤولين

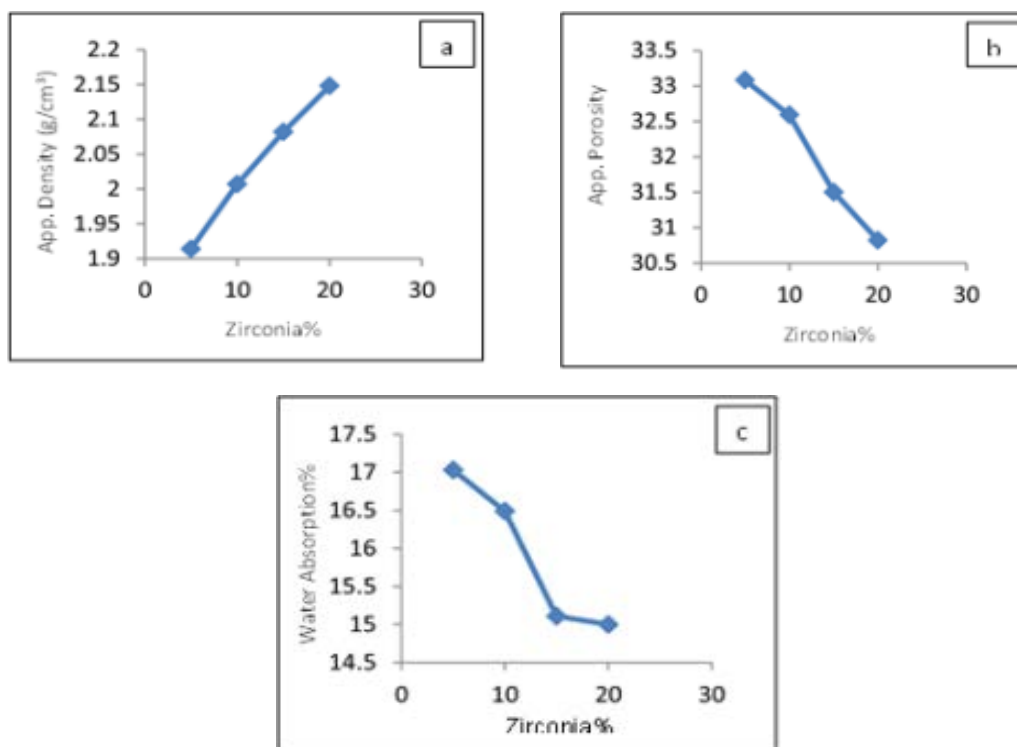
على الكثافة الظاهرية لنماذج الحراريات المحضرة امتلكت النماذج الذي تحتوي على نسبة كاؤولين 10% أعلى كثافة ظاهرية، إذ تعتمد الكثافة الظاهرية على نسبة المواد الخام المستخدمة كالبوكسايت المحروق و الكاؤولين والتلييد، حيث عند زيادة نسبة البوكسايت المحروق يؤدي إلى زيادة طور المولايت وهو الطور المهم في إنتاج الحراريات. ومن الشكل (5b,c) يتضح بان نسبة المسامية ونسبة امتصاص الماء تقل مع زيادة نسبة الكاؤولين أي نتيجة زيادة المواد الخام، حيث عند الدرجات العالية يملئ الطور الزجاجي المسامات لذا ينتج نماذج حرارية ذات مسامية ونسبة امتصاص منخفضة.



شكل (5) يوضح تأثير نسبة الكاؤولين على a: الكثافة الظاهرية b: المسامية c: الامتصاصية

اما الشكل (6a,b,c) يوضح تأثير اضافة نسب مختلفة من الزركونيا للخلطات الحرارية على كل من الكثافة الظاهرية والمسامية ونسبة امتصاص الماء. من الشكل (6a) يتضح زيادة الكثافة الظاهرية بزيادة نسب الزركونيا المضافة للخلطات الحرارية، وذلك بسبب كثافة الزركونيا العالية مقارنة مع البوكسايت والكاؤولين حيث ان الزركونيا لا تحدث مسامات خلال مراحل الحرق الاولية حيث يحصل تراص عال للنموذج الحراري وبذلك تزداد كثافة النماذج السيراميكية. ويتضح من الشكل (6b,c) تأثير اضافة الزركونيا على المسامية ونسبة امتصاص الماء والتي

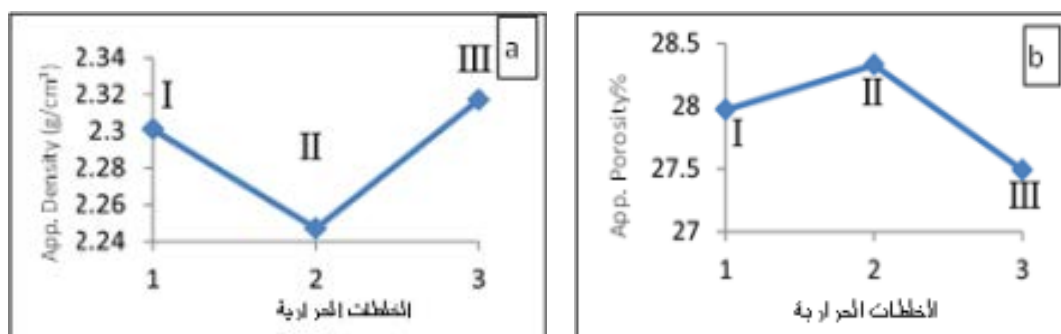
تظهر انخفاض نسبة المسامية بشكل قليل مع زيادة نسبة الزركونيا ولكن مقارنة مع الشكل (5b,c) حصل تحسن في انخفاض نسبة المسامية وكذلك نقصان مقدار نسبة امتصاص الماء.



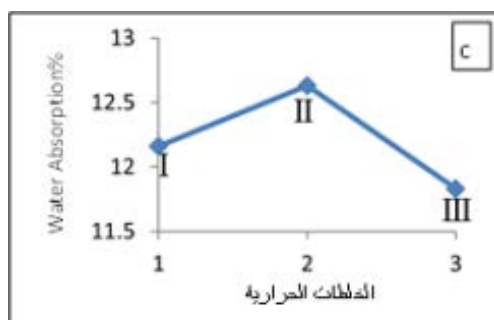
شكل (6) يوضح تأثير الزركونيا المضافة على a: الكثافة الظاهرية b: المسامية c: الامتصاصية

الشكل (7a,b,c) يبين تأثير التدرج الدقائق للمواد الخام المستخدمة في عمل الحراريات على الكثافة الظاهرية والمسامية ونسبة امتصاص الماء لاختيار افضل خطة لإنتاج النماذج الثقيلة، تم استخدام ثلاثة نسب وزنية للبوكسايت المحروق كما موضحة في الشكل.

من الشكل (7a) تم اعتماد الخطة (III) في إنتاج النماذج الثقيلة وذلك بسبب امتلاكها أعلى كثافة ظاهرية حيث الكثافة لها علاقة بالخواص الميكانيكية الأخرى، ومن الشكل (7b,c) تم اختيار الخطة الثالثة (III) لامتلاكها أقل نسبة مسامية و نسبة امتصاص الماء وتم اعتمادها في إنتاج النماذج الثقيلة.

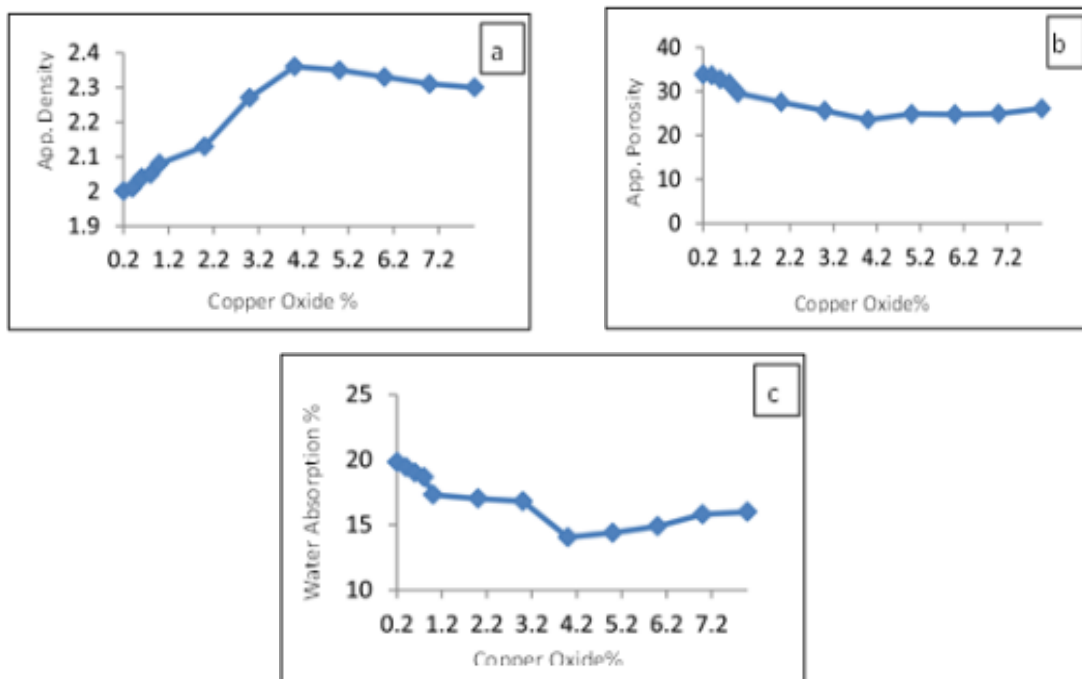






الشكل (7) يوضح تأثير الحجم الدائقي على a: الكثافة الظاهرية b: المسامية c: الامتصاصية

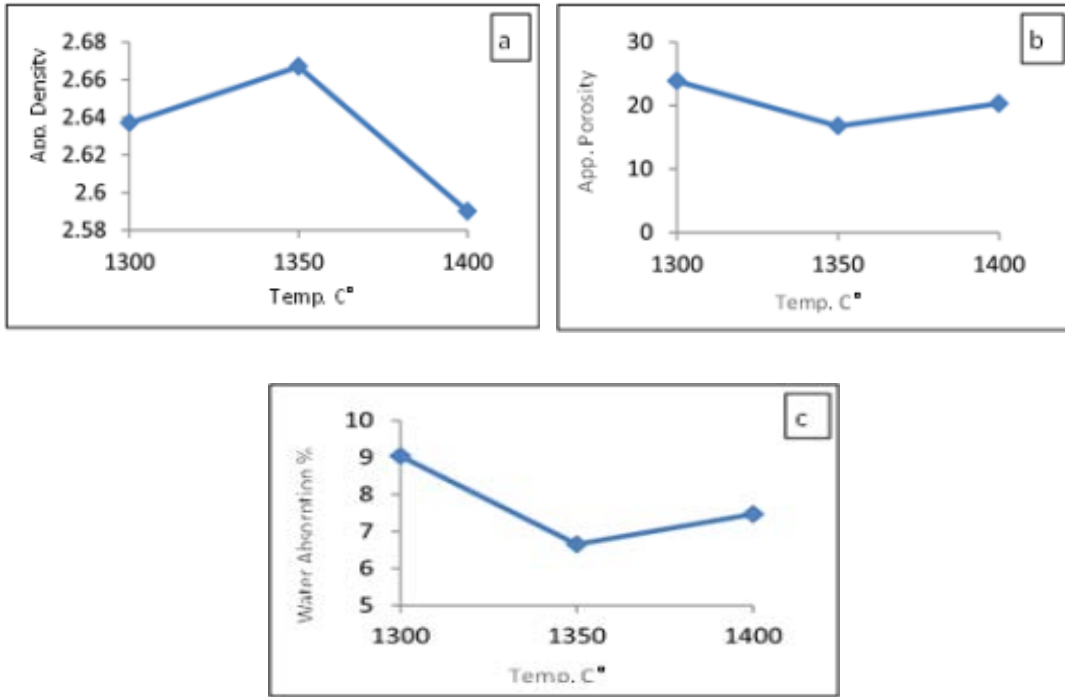
الشكل (8a,b,c) يوضح تأثير اضافة نسب مختلفة من اوكسيد النحاس على الخلطات الحرارية. اعتمادا على الكثافة الظاهرية و المسامية ونسبة امتصاص الماء اتضح من الشكل (8a,b,c) بان افضل نسبة مضافة للخلطات الحرارية من اوكسيد النحاس  $Cu_2O$  هي 4%.



الشكل (8a,b,c) يوضح تأثير اوكسيد النحاس على a: الكثافة الظاهرية b: المسامية c: الامتصاصية

وعند استخدام التدرج الدائقي للخلطة الثالثة (III) و اضافة كاؤولين بنسبة 10% واوكسيد الزركونيوم بنسبة 20% واوكسيد النحاس بنسبة 4% وبدرجات معاملة حرارية  $(1300^{\circ}C, 1350^{\circ}C, 1400^{\circ}C)$  لمدة ثلاث ساعات حصلنا على الشكل (9a,b,c) والذي يوضح تأثير درجة حرارة التلييد على كل من الكثافة الظاهرية والمسامية ونسبة امتصاص الماء لاختيار افضل درجة حرارة تلييد لإنتاج النماذج الثقيلة. من الشكل (9a) يتضح بان الكثافة الظاهرية تساوي  $2.67 \text{ g/cm}^3$  عند المعاملة الحرارية  $1350^{\circ}C$ , حيث ان العامل المهم لزيادة الكثافة هو اضافة اوكسيد النحاس والذي أدى الى حدوث طور سائل ادى الى اقتراب او اندماج حبيبات

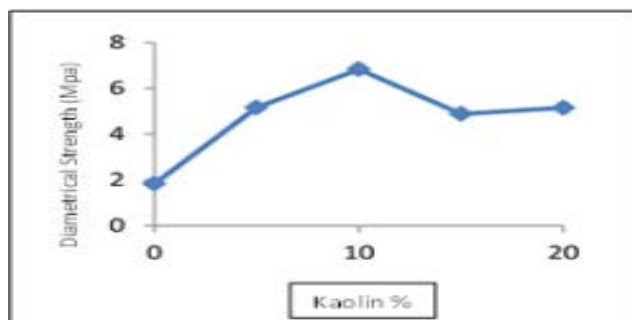
المكونات الى بعضها البعض, وهذه النتيجة مهمة في عملية تشكيل النماذج الثقيلة والتي يمكن من خلالها تشكل نماذج سيراميكية مختلفة مثل الطابوق الحراري والبواقد وغيرها. من الشكل (9b,c) لاحظنا انخفاض نسبة المسامية و نسبة امتصاص الماء مع اضافة اوكسيد النحاس حيث بلغت المسامية (8.78%) ونسبة امتصاص الماء بلغت (6.47%) لما يمتلكه اوكسيد النحاس من خصائص فيزيائية جيدة حيث يعمل على غلق المسامات خلال عملية التليد بالطور السائل وبالتالي يصبح الجسم السيراميكي اكثر تراص. افضل درجة حرارة لإنتاج النماذج الثقيلة هي 1350°C لامتلاكها اعلى كثافة ظاهرية للنماذج المحضرة وقل نسبة مسامية و نسبة امتصاص ماء وذلك بسبب اضافة اوكسيد النحاس الذي عمل على خفض درجة حرارة التليد.



الشكل (9) يوضح تأثير درجة الحرارة على a: الكثافة الظاهرية b: المسامية c: نسبة امتصاص الماء

#### سابعا : متانة الكسر المحوري:

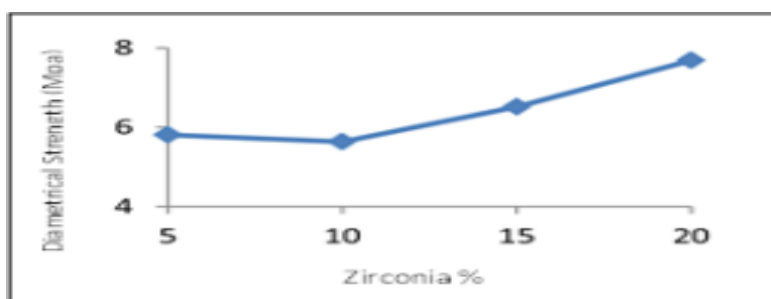
اجري فحص متانة الكسر المحوري (الاختبار البرازيلي) لنماذج الحراريات ولاحظنا النماذج ذات المتانة الضعيفة يكون الكسر في النماذج الى نصفين تقريبا اما النماذج ذات المتانة العالية وبسبب تكون الاطوار الزجاجية والاطوار الاخرى عند درجات الحرارة العالية يكون الكسر في النماذج الحرارية اكثر تهشما. فالشكل(10) يوضح تأثير خام الكاؤولين على متانة الكسر المحوري.



الشكل (10) يوضح تغير متانة الكسر المحوري مع نسبة الكاؤولين المضافة للخلطة الحرارية

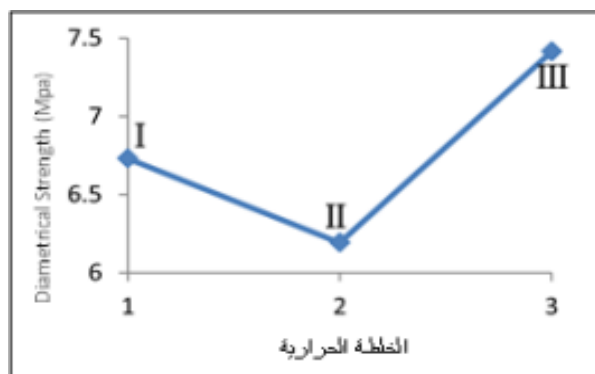
يتضح من الشكل ان نسبة خام الكاؤولين المضافة تؤثر على متانة الكسر المحوري ، ان اعلى نسبة متانة كسر محوري عند نسبة 10% للكاؤولين المضافة للخلطات الحرارية والذي ادى الى زيادة الترابط بين الحبيبات.

ويبين الشكل (11) تأثير نسبة الزركونيا المضافة على متانة الكسر المحوري للنماذج الثقيلة المحضرة. تزداد متانة الكسر المحوري بزيادة نسبة الزركونيا المضافة للنماذج الثقيلة المحضرة عند اضافة الزركونيا تؤدي الى زيادة كثافة النماذج الحرارية وبالتالي تزداد خصائصها الميكانيكية اذ تعمل دقائق الزركونيا على اعاقه حركة الشقوق داخل النماذج الحرارية المحضرة.



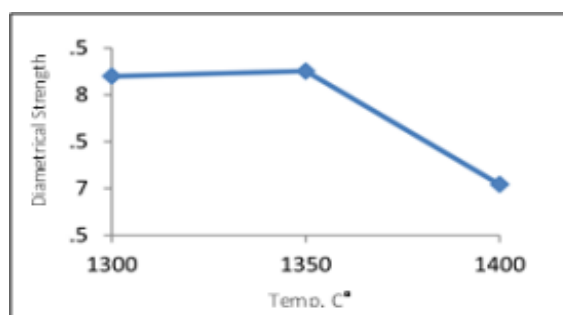
شكل (11) يوضح تغير متانة الكسر المحوري مع نسبة الزركونيا المضافة للخلطة

اما الشكل (12) يوضح تأثير الحجم الدائقي للخلطات الحرارية على متانة الكسر المحوري، تم تحضير ثلاثة خلطات حرارية (I , II , III) بنسب وزنية مختلفة من البوكسايت المحروق بدرجة  $1350^{\circ}\text{C}$ . من الشكل اتضح بان الخلطة الثالثة (III) تمتلك اعلى متانة كسر محوري وتليها الخلطة الاولى (I) واخيرا الخلطة الثانية (II). وكما موضح سابقا بان الخلطة الثالثة (III) تمتلك على كثافة ظاهرية و اقل نسبة مسامية و نسبة امتصاص الماء لذلك تزداد خواصها الميكانيكية. وبما ان النماذج الحرارية متراكبة أي تتكون من أطوار متعددة فأن اضافة الاكاسيد تعمل على زيادة متانة الكسر المحوري.



شكل (12) تأثير الحجم الدقائقي على متانة الكسر المحوري

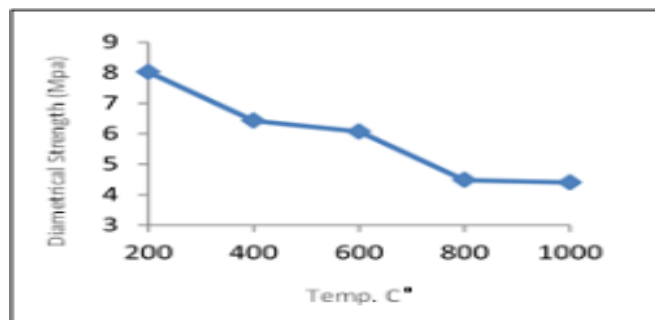
اما الشكل (13) يبين تأثير درجة الحرارة على متانة الكسر المحوري، تم اجراء معاملة حرارية للنماذج الثقيلة عند ( $1300^{\circ}\text{C}$ ,  $1350^{\circ}\text{C}$ ,  $1400^{\circ}\text{C}$ ) للخلطة الثالثة (III). يبين الشكل ان النماذج الحرارية المحضرة عند درجة حرارة  $1350^{\circ}\text{C}$  امتلكت اعلى متانة كسر محوري تليها النماذج المحضرة عند  $1300^{\circ}\text{C}$  واخيرا  $1400^{\circ}\text{C}$  ، والسبب يعود الى انه بزيادة درجة الحرارة تسبب في فقدان  $\text{Cu}_2\text{O}$  بين حبيبات الجسم السيراميكي.



شكل (13) يبين تأثير درجة الحرارة على متانة الكسر المحوري للخلطة الثالثة (III)

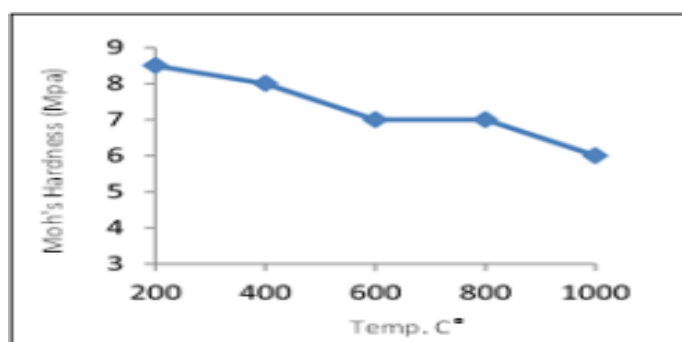
### نتائج الصدمة الحرارية:

تم دراسة تأثير الصدمة الحرارية على الخصائص الميكانيكية للنماذج الحرارية المحضرة، تم اجراء متانة الكسر المحوري و قياس صلادة موس لبيان تأثير الصدمة الحرارية على النماذج المحضرة. حيث يبين الشكل (14) تغير متانة الكسر المحوري مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية للنماذج. من الشكل نلاحظ تناقص متانة الكسر المحوري مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية للنماذج الثقيلة المحضرة وهذا متوقع لأنه عند التغير المفاجئ لدرجات الحرارة للنماذج تحدث تشققات مجهرية تؤدي الى نقصان المتانة.



شكل (14) يوضح تغير متانة الكسر المحوري مع درجة حرارة الصدمة الحرارية

الشكل (15) يوضح تغير صلادة موس مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية للنماذج الحرارية المحضرة.



شكل (15) يوضح تغير صلادة موس مع درجة حرارة الصدمة الحرارية

الشكل (15) يوضح انخفاض قيمة صلادة موس مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية ومعدل الانخفاض يكون قليل وذلك بسبب وجود طور المولاييت الذي يعمل على صلابة النماذج مما يزيد قوة ومتانة. والزركونيا المضافة واوكسيد النحاس يعملان على خفض المسامية وزيادة كثافة الجسم السيراميكي وبالتالي تزداد قيمة الصلادة.

#### الاستنتاجات:

- تحسين الخصائص الميكانيكية مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة.
- تحسين الخصائص الميكانيكية مع اضافة اوكسيد النحاس وبالتحديد عند النسبة 4%.
- أفضل درجة للمعاملة الحرارية كانت 1350°C لمدة ثلاثة ساعات.

المصادر:

- [1] A.Bhatia, "Overview of Refractory Materials", Continuing Education Provider, Inc., 2012, P. 3.
- [2] S.Ahmed AL-Jubory and E.Mohammed AL-Badrany, "Effect of Zirconia (ZrO<sub>2</sub>) Addition on Some Characteristics of Iraqi Bauxite Refractories", Journal of Engineering and Technology, Vol. 27, 2009, p. 468.
- [3] E.H.Al-Amer and M.F.Al-Kadhemy, "Improving the Physical Properties of Iraqi Bauxite Refractory Bricks", Journal of Al-Nahrain University, Vol.18, 2015,P.67.
- [4] J.Anggono, "Mullite Ceramics: Its Properties, Structure, and Synthesis", Journal Teknik Mesin, Vol. 7, 2005, P.1.
- [5] M.J.Mohammed, " Separation of Iron Oxide From Clays Kaoline Hydro Metallurgy Way " , *Anbar Journal for Engineering Science*,2011, p. 114.
- [6] S.Hammed AL-Hazaa, " The possibility to Prepare a Casserole for Floors and Walls of an Iraqi Local Raw Materials Tiles", Kirkuk University Magazine, folder 4, 2009, p. 21.
- [7] C.A.Volpato, L.G.Garbelotto, M.C.Fredel and F.Bondioli, " Application of Zirconia in Dentistry: Biological, Mechanical and Optical Considerations", Published in print edition September, 2011.
- [8] S. A. Ali, S. Karthigeyan, M.Deivanai and R. Mani, " Zirconia: Properties and Application - A Review", *Pakistan Oral & Dental Journal* Vol 34, No. 1 (March 2014), p. 178-183.
- [9] N.A.Husain, " Study the Properties of Optical Films of Copper Oxide Prepared in a Manner Chemical Spraying and Thermal Effect of Radiation on the Gama ", *Mustansiriya magazine Science*, Vol. 23, 2011.
- [10] M.AL-Amaireh "Improving the Physical and Thermal Properties of The Fire Clay Refractory Bricks Produced From Bauxite", *Journal of applied sciences* Vol. 6(12) , 2006, P. 2605.
- [11] د. شهاب احمد الجبوري و انتصار محمد البدراني، "تأثير اضافة الزركونيا (ZrO<sub>2</sub>) في بعض خصائص حراريات البوكسايت العراقي"، *مجلة الهندسة والتكنولوجيا*، مجلد (27)، ص 467، 2009.
- [12] الاء علاء الدين، "دراسة تأثير اضافة طين كاؤولين دويخلة والالومينا الى البوكسايت العراقي على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية"، *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, Vol. 7 , ص 95، 2011, 96.
- [13] M.B.Berger, " The Importance and Testing of Density , Porosity , Permeability , Pore Size For Refractories ", *The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Refractories Conference*, 2010.
- [14] A.T.Procopio, A.Zavaliangos and J.C.Cunningham, " Analysis of the Diametrical Compression Test and the Applicability to Plastically Deforming Materials ", *Journal of Materials Science* (2003) 3629 – 3639.
- [15] O.S.Samuel, B.O.Ramon and Y.O.Johnson, "Thermal Conductivity of Three Different Wood Products of Combretaceae Family; *Terminalia superb*, *Terminalia ivorensis* and *Quisqualis indica* ", *Journal of Natural Sciences Research*, Vol.2, No.9, 2012.