تأثير إضافة الزركونيا (ZrO_2) في بعض خصائص حراريات البوكسايت العراقي

د. شهاب أحمد زيدان الجبوري* و انتصار محمد خضير البدراني*

تاريخ التقديم: 2008/6/15
تاريخ القبول: 2009/6/4

الخلاصة

استعمل البوكسايت العراقي (64.2 % الومينا) المحروق بدرجة حـــرارة (1400 ^{o}C) وبتـــدرج حبيبي محدد بعد إضافة الكاؤولين وسليكات الصوديوم لزيادة ترابط حبيبات البوكسايت. أضيفت نسب مختلفة من الزركونيا إلى الخليط (0, 5, 10, 15, 20 wt%) وشكلت العينات بإتباع طريقـــة الكـــبس المحوري ثم حرقت العينات بدرجتين حراريتين مختلفتـــين (1200 ^{o}C , 1400 ^{o}C) . درســـت أهـــم الخصائص الفيزياوية (الكثافة ، المسامية) ومتانة الكسر المحوري والصدمة الحرارية.

لوحظ من خلال القياسات أن المسامية الظاهرية تناقصت بشكل بسيط مع زيادة نـــسبة الزركونيـــا عند حرق النماذج بدرجة حرارة (1200 ^{o}C) أما عند حرق النماذج بدرجة حـــرارة (1400 ^{o}C) فقـــد ظهر التناقص بشكل واضح . أما الكثافة ومتانة الكسر المحوري فقد ازدادتا مع زيادة نسبة الزركونيـــا المضافة .كذلك درس تأثير الصدمة الحرارية على متانة الكسر المحوري حيث لـــوحظ تنـــاقص فـــي متانة الكسر المحوري مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية.

إن إضافة الزركونيا أثرت في صفات البوكسايت من ناحيتين الأولى من ناحية خصائصها العامـــة والأخرى من ناحية تكوين طور سليكات الزركونيوم نتيجة اتحادها مع الكرستوبلايت (الناشـــئ مـــن حرق الكاؤولين) ومن سليكات الصوديوم المضافة.

الكلمات المرشدة: حراريات, بوكسايت, زركونيا, الصدمة الحرارية, متانة الكسر المحوري

Effect of Zirconia (ZrO_2) Addition on Some Characteristics of Iraqi Bauxite Refractories

Abstract

Use Iraqi Bauxite (64.2%) Alumina was calculated at (1400 ^{o}C) and Grain gradient limited after add kaolin and Sodium Silicate to increase compaction bauxite grain and then addition different weight percentage from zirconia to mixture (0, 5, 10, 15, 20 %wt). The specimens were formed by using bi- axial pressing. These specimens were fired in two temperatures (1200 ^{o}C , 1400 ^{o}C) .

Studies the physical properties (density and porosity), mechanical properties (Diametrical strength) and thermal shock,. Increasing of zirconia percentage leads to decreasing of porosity, and increasing of (density and Diametrical strength). also, thermal shock effective passively on diametrical strength, where diametrical strength

* قسم العلوم التطبيقية , الجامعة التكنولوجية / بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.27.14.17
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

decreasing with increasing shock temperature. Add zirconia effected on properties from two sides; first from side general characteristics and another from side made zirconium silicate phase.

المقدمة

الحراريات

هي مواد لها قابلية العزل الحراري لدرجات حرارة مرتفعة. 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 (Softening Point) تصل إلى أكثر من (1540 ^oC). [1]

تمتاز الحراريات السيراميكية بمواصفات خاصة مثل مقاومة انصهار عالية ، مقاومة عالية للصدمة الحرارية، ذات موصلية حرارية واطئة و تمدد حراري واطئ. إن من أهم استعمالات الحراريات هي بناء وتبطين الأفران التي تعمل بدرجات حرارة لا تقل عن (1000 ^oC) والمستعملة في صناعة المواد السيراميكية وفي صناعة الحديد الصلب والإسمنت والزجاج كما تستعمل في تبطين المراجل البخارية وأبراج التصفية المستعملة في الصناعات النفطية والبتروكيمياوية.

البوكسايت

يمكن تعريف البوكسايت بأنه خليط من مواد خام معدنية يتكون من أوكسيد الألمنيوم المرتبط بجزيئة أو أكثر من الماء مع كمية من الشوائب مثل [Na_2O, MgO, CaO, TiO_2, Fe_2O_3, K_2O, SiO_2] وإن أوكسيد الألمنيوم المائي عبارة عن الجبسايت ($Al_2O_3.3H_2O$) والبوهمايت ($Al_2O_3.H_2O$) و الديسبور ($Al_2O_3.H_2O$.) والمبينة مكوناته في الجدول(1)[2].

في العراق اكتشفت صخور البوكسايت أثناء الأعمال الاستطلاعية التي قام بها (احد الباحثين) ضمن مشاريع الشركة العامة للمسح الجيولوجي و التعدين . ويقع منجم البوكسايت

في العراق في شمال وادي الحسينيات في الصحراء الغربية على بعد (240 كم) غرب مدينة الرمادي [3], و على وفق ما أشارت إليه نتائج التحليل الكيميائي تبين أن البوكسايت العراقي يحتوي على (63.02%) من أوكسيد الالمنيوم مقارنة بالأمريكي الذي يحتوي على (60.6%) والصيني الحاوي على (63.50%) من أوكسيد الألمنيوم [1] وهذا يعني ممكن تصنيف البوكسايت العراقي من النوع الذي يحتوي (60-65 %) من Al_2O_3.

يظهر البوكسايت بألوان متعددة اعتماداً على نسبة الألومينا والسليكا التي يحتويها فقد يظهر باللون البني ، البني المائل للأحمر ، الأبيض المائل للأصفر ، الأصفر. إن حوالي (85%) من البوكسايت المستخرج في العالم يستعمل لإنتاج الألومينا بطريقة باير Bayer Process والألومينا المستخرجة تستعمل لإنتاج الألمنيوم Aluminum . وإن حوالي (15%) من البوكسايت المستخرج يستعمل لأغراض أخرى . [5,4].

يعد البوكسايت من الخامات السيراميكية المهمة والتي يتم بها الحصول على حراريات عالية الألومينا. وبسبب الفقدان العالي في الكتلة والأبعاد نتيجة الحرق فإن البوكسايت يحرق مسبقاً (Calcinate) قبل الاستعمال متحولاً إلى الكورندم (Al_2O_3.) والمولايت [$3Al_2O_3$. $2SiO_2$] هناك عدة عوامل تؤثر في الخصائص العامة لحراريات البوكسايت منها؛ التركيب

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الكيمياوي (نسبة الألومينا ، سليكا) ، نسبة الأكاسيد القاعدية (Na_2O, K_2O, CaO, MgO,.....) ، التدرج الحبيبي (نسبة الخشن والمتوسط والناعم)، نسبة المواد الأخرى المضافة ، ظروف التشكيل و درجة حرارة الحرق.

يعد ارتفاع نسبة الألومينا ، في البوكسايت المعيار لجودة البوكسايت مع انخفاض بعض الأكاسيد غير المفيدة في صناعة الحراريات ويمكن وصف مدى وجود جميع مكونات البوكسايت كما في الجدول(2) [6].

أما التحولات الطورية الحاصلة للبوكسايت عند الحرق يمكن وصفها بالجدول (3) [7].

النسب المئوية لمكونات البوكسايت المستخدم موضحة في الجدول (4) [6].

الزركونيا Zirconia

اوكسيد الزركونيوم يعرف باسم زركونيا Zirconia ويمكن وصف الزركونيا بأنها مادة بلورية أحادية التركيب في درجة حرارة الغرفة يرمز لها بالرمز($m - ZrO_2$) تتحول إلى مادة بلورية رباعية التركيب بزيادة درجة الحرارة يرمز لها بالرمز ($t-ZrO_2$) [8]. إن صفات هذه المادة تعتمد بصورة رئيسة على درجة استقرارها (Degree of Stabilizer) ، كمية الاستقرار (Quantity of Stabilizer) ونوعية المواد الخام الداخلة في تركيبها (Quality of the Raw material) [9].

إذ توجد في الطبيعة مترابطة مع [الصوديوم ، الكاليسيوم ، الحديد ، السيليكون ، التيتانيوم، الثوريوم، الأوكسجين] ويمكن الحصول على الزركونيا (ZrO_2) من سيليكات الزركونيوم [زركون Zircon] ورمزه الكيميائي $ZrSiO_4$ إذ أن التركيب الكيميائي لـ(Zircon) هو (67.2%) زركونيا (32.8%) سليكا [10].

يتواجد الزركون (Zircon) بصورة واسعة فضلاً عن المعادن الأخرى في الصخور البركانية والصخور المتحولة ويوجد إلى جانب السليكا أي ينتشر في الصخور التي تحتوي على سليكا بنسبة عالية مثل (granite, granodiorite , syenite. monzonite) [10]. تدخل الزركونيا في تصنيع الحراريات مما يجعل الأخيرة تتصف بالمتانة العالية High Strength في درجة حرارة الغرفة وتحافظ على هذه الصفة في درجات الحرارة العالية الأعلى من ($1500\ ^oC$) وهذه الخاصية مفيدة ومهمة إذ يمكن استعمال هذا النوع من الحراريات كبطانة للأفران [11] . كذلك تتصف بأنها مقاومة للتفاعل مع منصهرات المعادن وقليلة الفشل بسبب تمددها الحراري الواطئ ، كثافة حجمية عالية ، موصلية حرارية منخفضة ومن الجدير بالذكر أن الزركونيا لا تتفاعل بسرعة مع المعادن ولهذه الخاصية أهمية إذ تكون مفيدة في صناعة البوادق (Crucible).

إن أغلب المواد التي تدخل في الصناعات السيراميكية هي مادة الألومينا بسبب امتلاكها خصائص ميكانيكية متميزة مثل "الصلادة العالية والمتانة العالية" وكذلك تمتلك استقرارية كيميائية جيدة. لكنها ضعيفة نوعاً ما في متانة الكسر Fracture Toughness [11].

وقد أجريت عدة محاولات لتحسين متانة الكسر لسيراميكيات الألومينا باستعمال مختلف الإضافات ومن هذه الإضافات ما قام به العالمان (Claussen , John) إذ قاما بإضافة مادة الزركونيا (ZrO_2) إلى نظام الألومينا (Al_2O_3 System) فوجدا أن هناك تحسيناً في

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

متانة الكسر " Fracture Toughness" ومقاومة الانحناء عن طريق تكوين (Mullite – Al_2O_3 ZrO_2) [AMZ] [12] إذ لوحظ عند إضافة (ZrO_2) إلى الألومينا (Al_2O_3) فإن المسامية تقل وتصبح جسيمات العينات مكتضة. ومتانة الثني للألومينا تزداد مع إضافة الـ(ZrO_2) تحت نفس ظروف التلبيد (Sintering). [13]

اما (Mazen AL – Amaireh) فقد درس تأثير اضافة الكاؤولينات واضافة الألومينا على حراريات البوكسايت فوجد تحسناً في الخصائص الميكانيكية إذ أشارت النتائج إلى أن هذا النوع يمتاز بمتانة عالية ، و صلادة عالية ويمكن استعمال المنتج كبطانة للأفران التي تستعمل في صناعة السمنت. [14]

كذلك درس (M.FZawrah) تأثير إضافة الزركون (zircon) في السيراميكيات الحاوية على البوكسايت و سمنت الالومينا بنسبة قليلة . قليلة جداً إذ قسم خلطة المادة الاساس الى مجموعتين الاولى تحتوي على (90%) الومينا والثانية تحتوي على (10%) الومينا وما تبقى بوكسايت أي بمقدار (10%) للخلطة الاولى و (90%) للخلطة الثانية . ثم اضيفت مادة الزركون بنسبة [(8%,6%,4%,2%wt)] الى الخلطة فلوحظ تكون (مولايت – زركونيا) في الخليط إذ تم الحصول على النتائج الآتية : ان الخلطة التي تحتوي على نسبة عالية من البوكسايت تظهر[كثافة حجمية عالية ومسامية عالية] بسبب احتواء البوكسايت على شوائب تساعد على تلبيد الطور السائل . والخلطة الحاوية على نسبة عالية من الالومينا تظهر خصائص حرارية عالية بسبب اختفاء الطور السائل وتكون طور جديد هو [الومينا – مولايت – زركونيا] إذ لوحظ أن هذا الطور يحسن من الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والخصائص الحرارية للنماذج الحاوية عليه اذ يعمل هذا الطور على الغاء جميع الاطوار الاخرى وسد المسامات الموجودة في المادة. [15]

إن متانة الكسر Fracture toughness تزداد عند إضافة الزركونيا إذ أن هذه النتيجة يمكن توضيحها تحت مصطلح [تطابق الانكماش الحراري بين الأطوار] (Thermal comraction mismatch between the phases) [11]

الزركونيا التي استعملت في هذا البحث محضرة من قبل [Fluka Chemie AG. CH. 9770 Buchs] وبنقاوة 99.9%.

تحضير النماذج

تم تحضير النماذج من صخور البوكسايت العراقي المكسرة باستعمال الكسارة الفكية و المحروق بدرجة حرارة ^{o}C 1400كمادة أساس بتدرج حبيبي موضح في الجدول (5) والتوزيع الحبيبي موضح في الشكل (1) ثم أضيفت اليه نسبة من الكاؤولين العراقي بمقدار (10%) لغرض اكتساب الخلطة اللدونة المطلوبة لتماسك المكبوسة.

بعدها أضيفت نسب مختلفة من الزركونيا إلى الخلطة الأساس المكونة من (البوكسايت + الكاؤولين) وبنسب وزنية (15% , 20% المادة الرابطة التي تم استعمالها لتشكيل العينات هي سيليكات الصوديوم بكثافة 1.25 (gm/cm^3) بمقدار (5 ml) لكل (100 gm) من خلطة المواد الأساس.

شكلت العينات باستعمال المكبس الهيدروليكي وكذلك تم استعمال قالب اسطواني الشكل قطره (2.5 cm) وبقوة كبس قدرها

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(10 ton) ثم تركت العينات فترة من الزمن مدة 24 ساعة وبعد ذلك تم حرقها.

حرقت النماذج بدرجتين حراريتين مختلفتين هما (1200 ^oC) ولمدة ساعتين و (1400 ^oC) ولمدة ساعتين ايضاً . أي تم تقسيم النماذج على مجموعتين تبعا لدرجة حرارة الحرق .

القياسات

الكثافة والمسامية

تم تحديد الكثافة الحجمية (Bulk Density) . والمسامية الظاهرية (Apparent Porosity) بإتباع طريقة التغطيس في الماء [16] وباستخدام العلاقات التالية:

الكثافة الحجمية:

$$r_b = \frac{D}{S-I} \qquad .....(1)$$

المسامية الظاهرية:

$$A.P\% = \frac{S-D}{S-I} \times 100 \qquad .....(2)$$

حيث:

D: وزن العينة وهي جافة (gm), S: وزن العينة وهي رطبة (gm), I: وزن العينة وهي مغمورة (gm). [17]

متانة الكسر المحوري

تعد متانة الكسر المحوري احد الطرائق التي يتبعها المهندسون لدراسة اختبارات مقاومة الشد غير المباشرة فقد اتبعت هذه الطريقة في المسائل التي تتطلب تحديد دقة ميكانيكية للمواد التي من الصعوبة تحديد خواصها الميكانيكية .ان شكل الحمّل المعتمد يكون عاملاً مهماً جدا في قرص الضغط المحوري كما في الشكل(2) إذ ان توزيع الضغط يجب أن يكون غير معتمد على الطول . كذلك الاجهادات الغير منتظمة وقوى الاحتكاك تظهر بصورة اعتيادية في نقاط التماس .

النظرية البسيطة لتي تصف توزيع الإجهاد تحت الحمل المحوري المنتظم على القطعة القرصية الشكل تستند إلى نشوء إجهاد شد أو توتر منتظم في مركز القرص .

تحسب متانة الكسر المحوري من العلاقة التالية [16]:-

$$s_D = \frac{2F}{p\,Dt} \qquad .....(3)$$

إذ أن :

F = هو الحمل المسلط (N)
D = قطر القرص (mm)
t = سمك القرص (mm)

إن مجال الإجهاد في الاتجاه المستعرض يعتمد بصورة كبيرة على عرض الحمل المعتمد ويصبح مضغوطاً بصورة كبيرة إن اختبار القرص يستخدم كذلك في محاولة لدراسة سبب الفشل في الضغط الثنائي المحور. [18]

عملياً وجد ان مقاومة الكسر تزداد مع تناقص المسامية بشكل شبه لوغارتمي كذلك تزداد الخصائص الميكانيكية ومنها الصلادة مع زيادة درجة حرارة التلبيد للانظمة المؤلفة من الومينا - زركونيا.[19]

الصدمة الحرارية

مجموعة من العينات (أربعة نماذج لكل خلطة) تم تسخينها بمعدل صعود (4 $^oC/min$)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ولدرجات حرارة مختلفة إذ تم استعمال أربع درجات حرارة هي (800,600,400,200)درجة مئوية .

ثم أخمدت هذه العينات بماء بارد كانت درجة حرارته (0^oC) وهناك عدة عوامل تؤثر في اختبار الصدمة الحرارية منها: -

1- الإخماد السريع للنماذج في السائل البارد
2- نوع السائل المستعمل للإخماد
3- حرارة سائل الإخماد إذ أن السائل المستعمل للإخماد يستبدل بعد كل دورة إخماد
4- اتجاه وضع العينة في وسط الإخماد
5- حرارة الملقط عندما يتلامس مع الأنموذج
6- حرارة المحيط

أما مقياس تحمل الصدمة الحرارية فقد قيس من تغير متانة الكسر بالطريقة المحورية.

النتائج والمناقشة

الكثافة

الشكل رقم (3) يوضح تغير الكثافة مع زيادة نسبة الزركونيا لمدى مختلف من درجات الحرق.

عموما فقد ازدادت الكثافة مع زيادة نسبة الزركونيا والسبب في ذلك هو امتلاك الزركونيا كثافة اعلى من كثافة المواد الأساس (البوكسايت والكاؤولين) وأيضا نلاحظ زيادة الكثافة عند رفع درجة حرارة الحرق لغاية ($1400\ ^oC$) بسبب زيادة تراص الحبيبات مع بعضها وبالتالي زيادة الكثافة الظاهرية.

المسامية الظاهرية

نلاحظ من الشكل رقم (4) إن المسامية تناقصت بشكل بسيط مع زيادة نسبة الزركونيا عند حرق النماذج برجة حرارة (1200 ^oC) ويعزى سبب التناقص إلى إمكانية النسب العالية من الزركونيا في تكوين طور سليكات الزركونيوم.كما في الشكل (13) الذي يعد طورا لزجا ينشأ من اتحاد الزركونيا وطور الكرستوبلايت الناشيء من إضافة الكاؤولين والعامل الاخر الذي يساعد على ظهور هذا الطور هو اضافة سليكات الصوديوم.

أما عند حرق النماذج بدرجة حرارة 1400) (^oC) فقد ظهر التناقص في المسامية بشكل واضح للنسب الواطئة و ثباته تقريبا للنسب العالية (اكبر من 10%) زركونيا مضافة وهذا يعني ان درجة الحرارة العالية زادت من ظهور طور سليكات الزركونيوم مما يؤدي الى زيادة في تقارب الحبيبات والعمل على سد المسامات والفراغات بينها وبالتالي تناقص المسامية الظاهرية.

متانة الكسر المحوري

الشكل رقم (5) يوضح تغير متانة الكسر المحوري مع زيادة نسبة الزركونيا فعند حرق العينات بدرجة (1200^oC) تغيرت متانة الكسر المحوري بشكل بسيط وبما إن متانة الكسر المحوري تتضمن نوعين من الاجهاد المسلط (انضغاط وشد) لذلك نستنتج ان اجهاد الشد للعينات المحروقة بدرجة حرارة (1200^oC) ضعيفة جداً من خلال عدم تغير سلوك متانة الكسر المحوري مع نسبة الزركونيا المضافة ولكن عند حرق العينات بدرجة (1400^oC) لاحظنا زيادة مستمرة في متانة الكسر المحوري وهذا يعني ان تحسنا قد حصل في اجهاد الشد وبالتالي ظهرت الزيادة المستمرة في متانة الكسر المحوري .

الشكل رقم (6) تبين شكل العينات

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المكسورة بالإجهاد المحوري إذ نلاحظ أن الكسر في العينات كان نصفين تقريبا في حالة المتانة الضعيفة (A) العينات المحروقة بدرجة حرارة 1200 ^oC أما في حالة المتانة العالية فنلاحظ أن الشكل أصبح أكثر تهشما (B) للعينات المحروقة بدرجة حرارة 1400 ^oC بسبب الأطوار الزجاجية الحاصلة داخل العينات وزيادة الأطوار البينية وبالتالي عدم تركيز الإجهاد في منطقة المنتصف وانتشاره إلى النقاط الأبعد عن المحور باتجاه المناطق الضعيفة وحصول حالة الكسر.

الصدمة الحرارية

لدراسة تأثير الصدمة الحرارية في الخصائص التركيبية للعينات اتبع اختبار الكسر المحوري كدليل لذلك التاثير فنلاحظ من الشكل (7) تناقص متانة الكسر مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية إذ لوحظ ان العينات غير المضاف اليها زركونيا المحروقة بـ (1200^oC) استمر فيها التناقص في متانة الكسر مع زيادة درجة حرارة الصدمة الحرارية . ولكن عند اضافة الزركونيا ظهر تناقص حاد في متانة الكسر في المدى (600^oC- 400^oC) وتمثل هذه المنطقة توسع الشق (Crack Propagation) إذ يعزى سبب ظهور هذه المنطقة عند اضافة الزركونيا الى تولد اطوار زجاجية مثل سليكات الزركونيوم لهذه العينات مما يجعل الشقوق تنمو بهذا الشكل الحاد ويحدث الكسر السريع ، أما الشكل (8) فيبين تناقصا كبيرا في متانة الكسر حدثت لجميع العينات المحروقة بدرجة حرارة (1400^oC) بالمقارنة مع العينات المحروقة بـ (1200^oC) ويعزى سبب ذلك الى زيادة الاطوار الزجاجية الناشئة بهذه الدرجة الحرارية العالية والتي لعبت دورا اكبر من تأثير تناقص المسامية عند رفع درجة حرارة الحرق التي تؤثر في التوصيلية الحرارية التي يكون لها دور واضح في حالة الصدمة الحرارية السريعة.

فحوصات الأشعة السينية

نلاحظ من الشكل (9) أن مكونات الكاؤولين غير المحروق هي المعدن الاساسي الكاؤولينايت والكوارتز وقد تحول هذان المعدنين الطينيين الى الكرستوبلايت والمولايت عند حرق الكاؤولين بدرجة حرارة 1200^oC وتبقى هذه الأطوار ثابتة عند الحرق بدرجة حرارة أعلى كما في الشكل (10).

الشكل (11) يوضح مكونات البوكسايت بعد حرقه بدرجة حرارة 1400^oC حيث يتحول إلى أطوار مختلفة من مركب Al_2O_3 وهي (α ، θ ، σ) (الكورندم) بالإضافة إلى المولايت.

الشكل (12) يوضح تحليل الأشعة السينية لنموذج ZrO_2 حيث نلاحظ ظهور تغير في الأبعاد النسبية البلورية للزركونيا (البدلايت) مع الشكل (13) الذي يوضح نموذج بوكسايت مضاف إليه 20% (ZrO_2) مع الكاؤولين وسليكات الصوديوم عند حرق النموذج بدرجة 1400^oC بالإضافة إلى ظهور طور سليكات الزركونيوم .

ملاحظة: الأبعاد البلورية للزركونيا (البدلايت) قبل الحرق: a=5.21,b=5.26,c=5.37 و الابعاد البلورية للزركونيا (البدلايت) بعد الحرق:
a=5.147,b=5.203,c=5.315

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الاستنتاجات

- عدم حصول تغيرات كبيرة في المسامية وزيادة الكثافة نتيجة إضافة الزركونيا يعني محافظة المادة الحرارية على خصائصها على وفق المواصفات المحددة في التطبيقات الحرارية .
- زيادة الخصائص الميكانيكية مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة يعني الحصول على حراريات ذات أساس بوكسايتي ذات جودة عالية .
- لعبت الزركونيا دورين مختلفين في تأثيرها في الخصائص العامة عند إضافتها إلى البوكسايت مع الكاؤولين الأول من ناحية تأثير خواصها العامة في خصائص الحراريات و الثاني من ناحية نشوء طور سليكات الزركونيوم نتيجة اتحاد الزركونيا مع فائض السليكا (الكرستوبلايت) الناشئ عن حرق الكاؤولين وهذا يعني أن الزركونيا قللت من تأثير هذا الطور المنفصل والذي يؤدي إلى خفض الخصائص الميكانيكية للحراريات.

المصادر:

[1] W. Ryan, C. Fric, "Properties of ceramic Raw materials" John Wiley and Sons, Inc, New York , (1967).

[2] W. B. Hill, Sheffield U.K. " Refactory grad calcined Bauxite from china" , interceram, p (314 – 315) , (1979).

[3] محمد مجيد حميد الكحلي ، " تحسين مقاومة الصدم للخرسانة المسلحة بأليافالقنب واضافة البوكسايت" ، رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجية (2003)

[4] ستار خضير عزيز ، " التقويم الجيوتكتيكي لصخور بوكسايت الخسفات شمال الحسينيات في الصحراء الغربية في العراق " ، أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد ، (1999)

[5] William M. C. " Bauxite A refractory" , F. & S international, (1999).

[6] شهاب الجبوري ، " تأثير الشكل الحبيبي على بعض خصائص حراريات البوكسايت" مجلة علوم المستنصرية ، المجلد 18 ، العدد 3 ، 2007.

[7] Khalid. H. H. " Clay based refractory raw material from western desert of Iraq" , Syposium on refractories, state company of geologic survey.

[8] J. Bone. Joint. " Zirconuim dioxide" Class and ceramics, Vol.38 , No.2, p (60-63), (1991).

[9] john Buckley , "Furnace and refractories" , Refractories and industrial ceramic, Vol. 27 No.1, p(13) , 2006.

[10] F. I. Pirkle, " Zircon origin and uses" J. of American ceramic society, Vol.292, p(951 – 952), 1993.

[11] Cemial Aksel, "Ceramic International , No.29, p (331 – 316) , (2002).

[12] D. Casellas, M. M. nagl, "Fracture toughness of alumina and ZTA

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ceramics pergamon press oxford, New York , p (45), (1986).

[17] W. Bolton , " engineering materials technology" 3rd ed. Oxford, " white wares production testing and quality control, " pergaman press, p (1-5) (1987).

[18] B. Alexander, " handbook of mechanics, materials and structures" , john Wiley and Sons, U.S.A. (1985).

[19] R. P. Ranaa , S. K. Pratihar, and S. Bhattacharyyaa, " Powder processing and densification behaviour of alumina–high zirconia nanocomposites using chloride precursors", J. of Materials Processing Technology, Vol. 190, 23, Issues 1-3, p 350-357, July 2007.

ceramics: microstructural coarsening effects", J. of materials processing technology, vol.143-144, 20,p (148 - 152), (2003).

[13] H. Sehnieder, K. okada and J. A. pask, "mullite and Mullite ceramics", J. of the European ceramic society, No.23, p(469 – 479), (1994).

[14] Mazen AL – Amaireh " improving the physical and thermal properties of the fire clay refractory" , J. of Applied sciences Vol. 12, p (2605 – 2610), (2006).

[15] m. F. Zawrah " Effect of Zircon additions on low and ultra – low cement alumina and bauxite castables ceramic international, vol33. P (751 – 759) (2007).

[16] Ford. R.W. " Ceramic Drying" , Published on be half of the institute of

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (1): يوضح المركبات الرئيسية للبوكسايت[2]

Properties	Gibbsite	Boehmite	Diaspore
chemical formula	$Al_2O_3.3H_2O$	$Al_2O_3.H_2O$	$Al_2O_3.H_2O$
Alumina content%	65.4	85	85
Combined water content%	34.6	15	15
Crystal System	mono clinic	orthorhombic	orthorhombic
Hardness (Moh's Scale)	2.3 – 3.5	3.5 – 5	6.5 – 7
Density	2.3 – 2.4	3.01 – 3.06	3.3 – 3.5

جدول (2): يصف مكونات البوكسايت[6]

Element	Quantity	Mineralogical Composition
(Al_2O_3) Aluminium	35 to 65%	Gibbsite [$Al(OH)_3$] Boehmite [AlOOH] Diaspore [AlOOH] Substituted Goethite
(SiO_2) Silicon	0.5 to 10%	Quartz, Kaolinite, Opel, ……..
(Fe_2O_3) Iron	2 to 30%	Goethite, Hematite, Siderite
(TiO_2) Titanium	0.5 to 8%	Anastasite , Rutile
(CaO) Calcium	0 to 55%	calcite , Dolomite, Magnesite.

جدول (3): يصف التحولات الطورية الحاصلة للبوكسايت عند الحرق. [7]

درجة حرارة الحرق (^oC)	حالة الطور المعدني
500	طور بلوري منخفض
1000	عشوائية التركيب
1100	طور بلوري منخفض للمولايت $(Al_2O_3.SiO_2)_2$
1400	طور بلوري جيد للمولايت وتكون (SiO_2) (Al_2O_3)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (4): يوضح النسب المئوية لمكونات البوكسايت العراقي. المستعمل في البحث

L.O.I%	SO_3%	MgO%	CaO%	TiO_2%	Fe_2O_3%	Al_2O_3%	SiO_2%
16	0.3	0.1	1.5	1.3	0.9	64.2	15.7

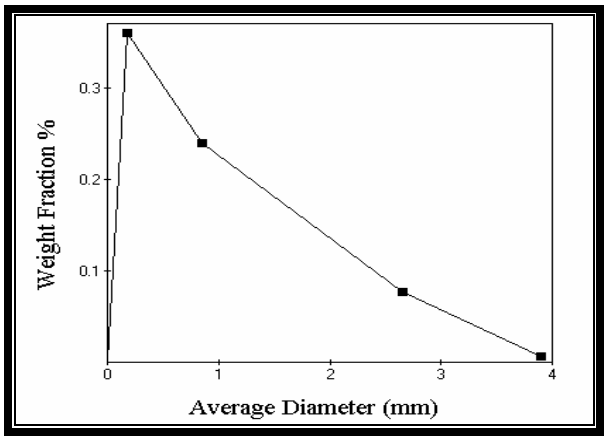
جدول (5) يوضح التدرج الحبيبي للبوكسايت المستعمل

قطر المادة المتجمعة	النسبة الوزنية للمادة المتجمعة
القطر اكبر من 5mm	0.698 %
5mm > القطر > 2.8mm	7.778 %
2.8mm > القطر > 2.5mm	2.091 %
2.5mm > القطر > 1.4mm	24.382 %
1.4mm > القطر > 0.3mm	36.072 %
0.3mm > القطر > 0.05mm	27.782 %
القطر اصغر من 0.05 mm	1.097 %

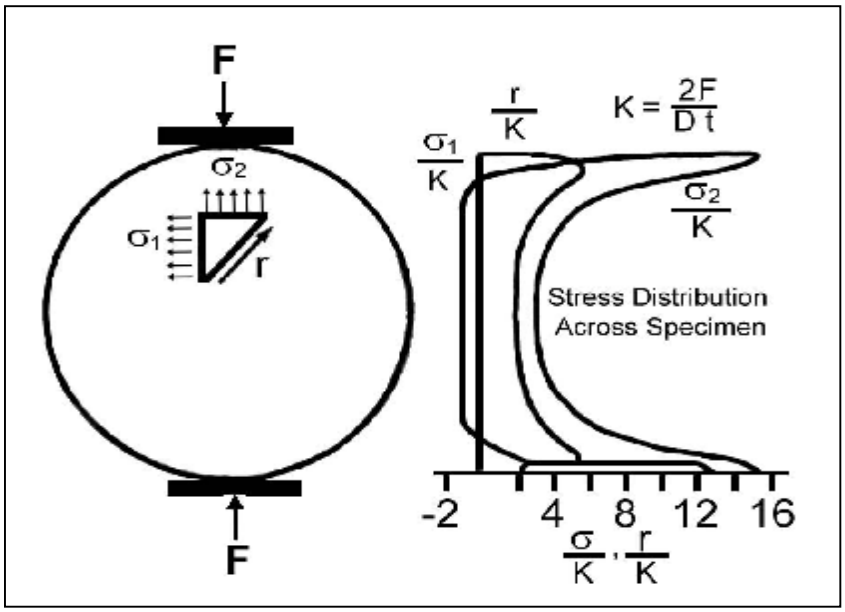
الجدول (6): يوضح الخلطات التي تم تحضيرها في هذا البحث.

رقم الخلطة	Bauxite + Kaolin wt%	ZrO_2 wt%
1	100%	0%
2	95%	5%
3	90%	10%
4	85%	15%
5	80%	20%

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

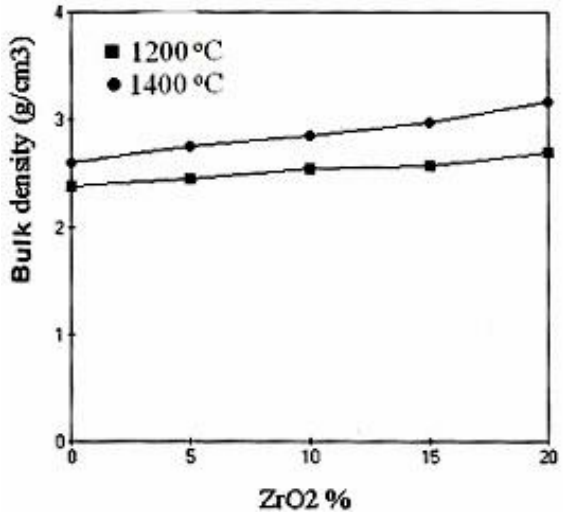


شكل (1): التوزيع الحبيبي للبوكسايت المستعمل.

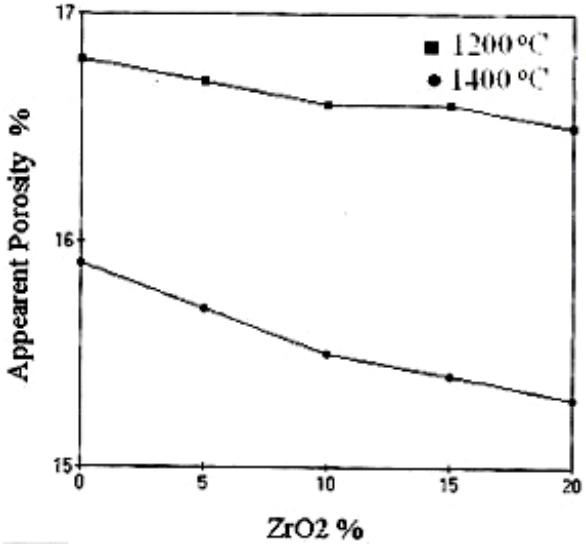


الشكل (2) : تحليل الاجهادات في اختبار متانة الكسر المحوري للنموذج [47]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

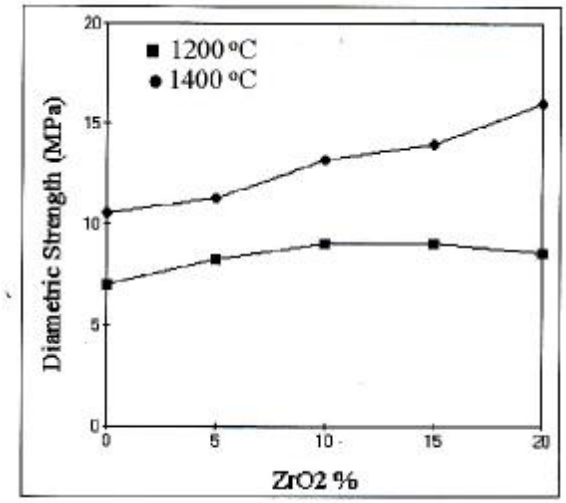


شكل رقم (3) يوضح تغير الكثافة مع اضافة الزركونيا



شكل (4) يوضح التغير في المسامية مع إضافة الزركونيا

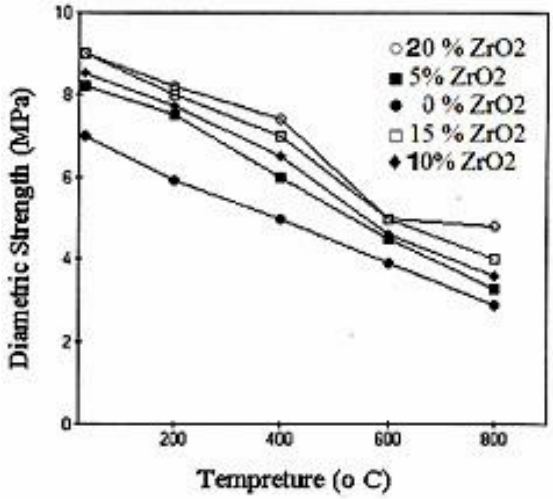
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



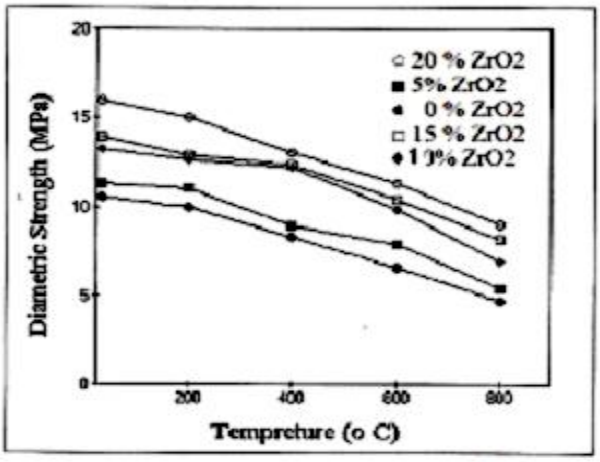
شكل (5): يوضح تغير متانة الكسر المحوري مع إضافة الزركونيا

شكل(6) : صورة توضح العينات المكسورة بالاجهاد المحوري
(A) المتانة الضعيفة(B) المتانة العالية

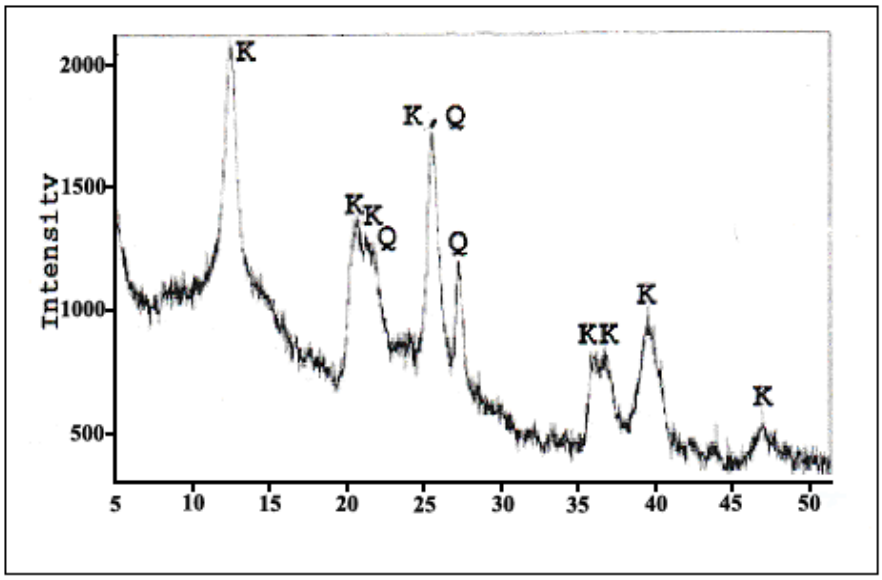
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل رقم (7) :يوضح تغير متانة الكسر المحوري لعينات محروقة بدرجة حرارة 1200°C مع درجة حرارة الصدمة الحرارية .

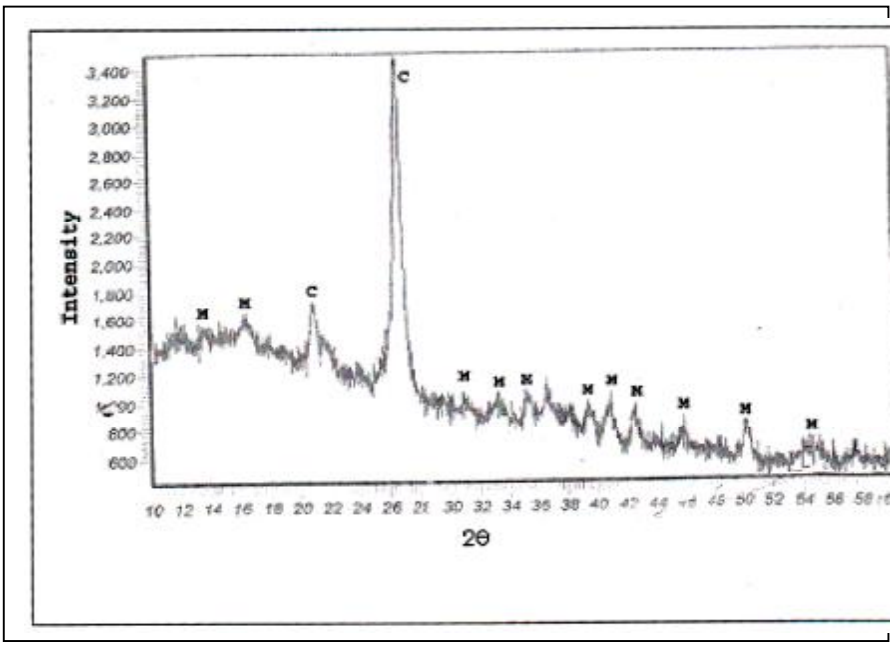


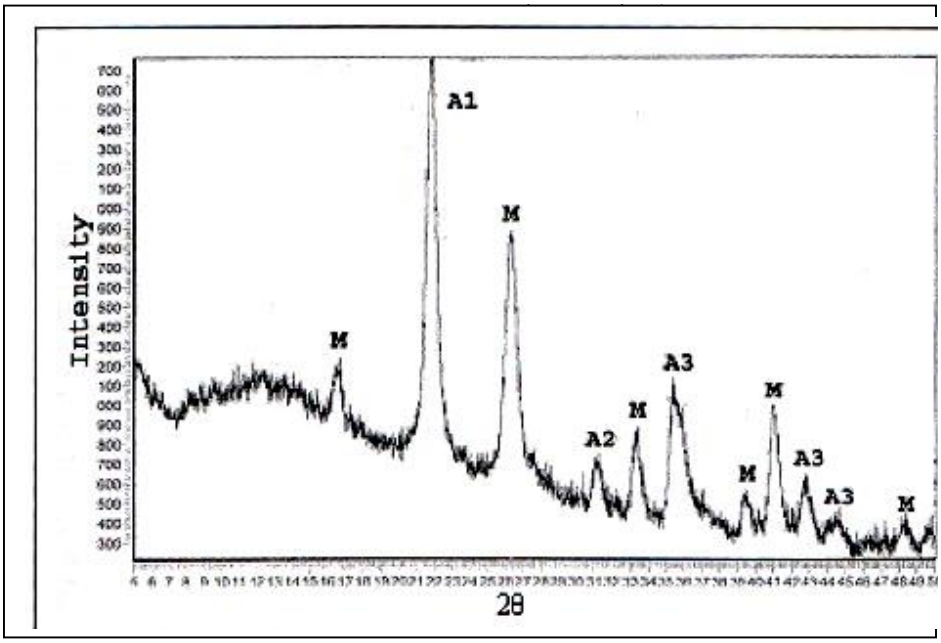
شكل رقم (8) :يوضح تغير متانة الكسر المحوري لعينات محروقة بدرجة حرارة 1400°C مع درجة حرارة الصدمة الحرارية .



شكل (9) : تحليل الأشعة السينية للكاؤولين غير المحروق K:Kaolinite, Q:Quartz

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

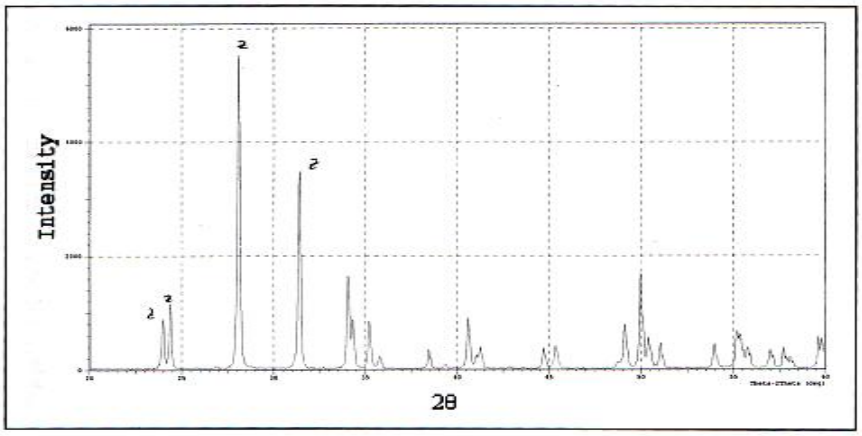




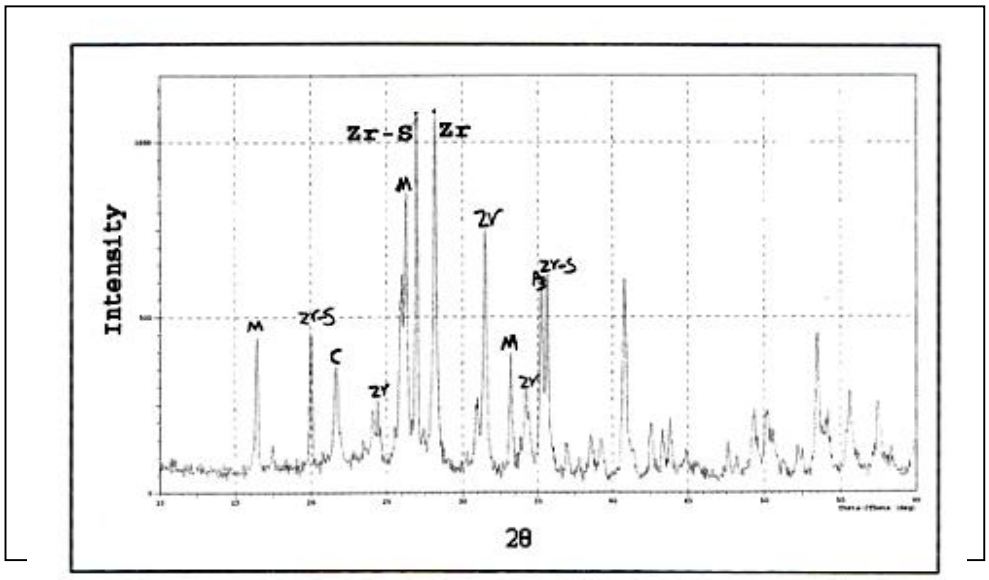
شكل (11): تحليل الأشعة السينية للبوكسايت المحروق

M-Mullite , Al-σ-Al_2O_3, A2-θ- Al_2O_3, A3-α- Al_2O_3

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (12) : تحليل الأشعة السينية للزركونيا Z – Zirconia



شكل (13): تحليل الأشعة السينية للبوكسايت مضاف إليه (ZrO_2 20%) بدرجة حرارة حرق 1400°C)، Zr-S:$ZrSiO_4$(Zirconium Silicate)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com