

## تصنيع ودراسة الخواص الفيزيائية لمرشحات سيراميكية

وفاء عبد الخالق حسين، انتصار حسين علي، إيمان مطلب سليمان  
فرع العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، بغداد، العراق.

تاريخ الاستلام: 2017 / 6 / 5

تاريخ قبول النشر: 2017 / 7 / 20

### Abstract

In this work, ceramic filters has been manufactured from local raw materials and available, including kaolinite with two particle sizes fine and coarse (45 -63)  $\mu\text{m}$  for fine and (105-150)  $\mu\text{m}$  for coarse, in addition to wood charcoal with carrot fibers were used as the burnout material to create pores, Sodium silicate was added as a (defluoriddation agent) deflocculant material. These materials were formed by slip casting method, and then fired at (1100)  $^{\circ}\text{C}$ . X-ray diffraction, Physical tests such as (apparent porosity, water absorption, bulk density and linear shrinkage), and mechanical tests (compressive strength) were examined. The results indicate that apparent porosity, water absorption and linear shrinkage increased with increasing addition weight percent, while bulk density and compressive strength decreased with increasing the weight percent of organic materials addition.

### Keywords

Porous ceramic, Filtration, Kaolin, Charcoal, Slip casting.



### الخلاصة

في هذا العمل تم تصنيع مرشحات سيراميكية من مواد اولية محلية ومتوفرة، تشمل اطيان الكاؤولين بحجمين ناعم وخشن تتراوح بين (45-63) مايكرون للناعم و(105-150) مايكرون للخشن، بالاضافة إلى فحم الخشب مع الياف الجزر كمادة مكونة للمسامية مع استخدام سليكات الصوديوم كمادة مشتتة. شكلت هذه المواد بطريقة الصب الانزلاقي وتم حرقها بدرجة حرارة (1100) درجة مئوية. تم إجراء فحص حيود الاشعة السينية XRD، الفحوصات الفيزيائية مثل (فحص المسامية الظاهرية، امتصاصية الماء، فحص الكثافة الحجمية، والتقلص الطولي)، مع الفحوصات الميكانيكية (فحص الانضغاطية). وجد ان المسامية الظاهرية وامتصاصية الماء والتقلص الطولي زادت بزيادة نسب الاضافة، بينما قلت الكثافة الحجمية ومقاومة الانضغاط بزيادة نسبة المواد العضوية المضافة.

### الكلمات المفتاحية

سيراميك مسامي، مرشحات، الكاؤولين، الفحم، الصب الأنزلاقي.

## 1. المقدمة

تشابك بين الاكثريه منها [4].

الباحث Belibi P.B، وآخرون أعدوا غشاء سيراميكي مسامي من اطيان ذات تكلفة واطئة مع مواد مساعدة كنشارة الخشب وبدرجة حرارة (1100) °م. حيث اظهرت النتائج ان نسبة مسامية الغشاء المصنع تصل حوالي (42%) مع ازالة عكرة المياه بنسبة تصل [5] (97%) بينما قام باحثون آخرون بتطوير مرشح سيراميكي شمعي مصنوع من اطيان الكاؤولين مع نشارة الخشب بحجم حبيبي (210) مايكرون بطريقة الصب الانزلاقي وباستخدام درجه حرارة تصل الى (900) °م. وكانت النتائج التي توصلوا اليها تشير الى كفاءة الطين المستخدم في ازالة الجسيمات العالقة مع خصائص ميكانيكية ونفاذية قوية وبتكلفة قليلة [6]. كما تم انتاج اغشية ترشيح من الكاؤولين مع حجر الكلس من قبل مجموعة من الباحثين بطريقة الصب الانزلاقي، وتم تلييدها بدرجه حرارة تتراوح بين (800-1100) °م. حيث استنتجوا ان المسامية وتوزيع حجم المسام وقوة الدعم قد تحققت [7].

الهدف من هذه الدراسة هو صناعة مرشحات سيراميكية مسامية رخيصة الثمن وسهلة التصنيع من مواد متوفرة لترشيح المياه باستخدام الكاؤولين بحجم حبيبي (ناعم وخشن) بالاضافة الى الياف الجزر والفحم كمواد عضوية لخلق المسامية بنسب مختلفة ودراسة الخصائص الفيزيائية مثل (فحص المسامية الظاهرية، امتصاصية الماء، فحص الكثافة الظاهرية، والتقلص الطولي) مع فحص الانضغاطية، واجراء حيود الاشعة السينية XRD للمرشحات المصنعة.

## 2. المواد المستخدمة وطريقة التصنيع

## 1.2. تحضير المواد الخام

تم تهيئة المواد الأولية الداخلة في تركيب المرشح السيراميكي (الكاؤولين، الياف الجزر، الفحم والمواد المشتتة) وتتضمن عملية طحن الكاؤولين والفحم واليااف الجزر

تدخل المرشحات في مجالات الحياة المختلفة كمرشحات تنقية مياه الشرب أو المرشحات التي تمنع تلوث الماء أو الهواء أو تلك المستعملة لرفع كفاءة الآلات والمكائن الصناعية. لذا أخذت المرشحات أشكالاً مختلفة حيث يعتمد شكلها على نوع المائع المراد ترشيحه (غاز، سائل) أو حسب المادة التي تدخل في تصنيعها كالمرشحات النسيجية (ألياف القطن، ألياف النايلون، القماش،... الخ) و المرشحات الورقية، و المرشحات السيراميكية (مرشحات الكاؤولين، البورسلين، السيليكا، كاربيد السيليكون، و الكاربون،... الخ) وغيرها من المواد المختلفة [1].

يعتبر المرشح السيراميكي المسامي من اهم المرشحات المنزلية واكثرها شيوعا وانتشارا وذلك بسبب سهولة التصنيع، رخص الثمن او الكلفة وجودة خواصها، حيث يمكن التخلص من العوالق التي يصل حجمها الى اجزاء من المايكرون بواسطتها [2].

تعد اطيان الكاؤولين من المواد الاولية التي تستخدم في الصناعات السيراميكية وتضاف الى هذه الاطيان مواد اخرى تستخدم لخلق المسامات وذلك من خلال حرقها.

عملية التشكيل هي عملية تصنيع الجسم السيراميكي بشكل وأبعاد معينين، وطرق التشكيل تعتمد بصورة أساسية على شكل وحجم الجسم المراد تشكيله وكذلك على كلفة عملية التصنيع، وذلك بسبب ان الهدف من هذه العملية هو انتاج جسم ذي كثافة رص واطئة مع رص متجانس للحبيبات [3]. فقد تم استخدام طريقة الصب الانزلاقي في تشكيل المرشحات.

تعرف المسامية بانها طور موجود في معظم المواد السيراميكية المحضرة من اندماج المساحيق والمعاملة الحرارية، ويمكن وصفها بانها فراغات ولها مقاس وشكل وترتيب معين وغالبا ما يكون هناك اتصال او



الفحم واللياف الجزر بنسب متساوية الى الكاؤولين الناعم والخشن كما في الجدول.

تم خلط هذه النسب الوزنية المتكونة من الكاؤولين والفحم مع الالياف الجزر مع الماء المقطر بنسبة (140%) مع (6) قطرات من المواد المشتتة (سليكات الصوديوم) باستخدام خلاط كهربائي ومزجها جيدا للحصول على خليط متجانس يسمى الزلق ومن بعدها تم صب هذا الزلق في القالب المحضر من الجبس الباريسي على شكل قرص بقطر (3) سم وارتفاع (5) ملم.

الجدول (2): يمثل النسب المئوية الوزنية لمكونات الخلطات.

اللياف الجزر %	الفحم %	كاؤولين % (ناعم والخشن)
-	-	100
1	1	98
3	3	94
5	5	90
7	7	86
10	10	80
12	12	76

بعد ان شكلت النماذج تركت في الهواء لعدة أيام لتجف جفافاً اولياً طبيعياً ثم وضعت بعد ذلك في فرن تجفيف كهربائي بدرجة حرارة (100) °م.

اما الخطوة الأخيرة لإنتاج المرشح السيراميكي هي الحرق أو التليد حيث أجريت عملية التليد للنماذج باستخدام فرن من نوع (Noberthefrm) الماني الصنع وبدرجة حرارية (1100) °م، حسب البرنامج الواضح في الشكل (1). والشكل (2) يمثل شكل العينات قبل وبعد التليد.

باستخدام طاحونة الكرات (ball mill) و غربلة المساحيق او فصل الأحجام الحبيبية، حيث فصل الفحم باستخدام مناخل (Sieves) ذات حجم حبيبي (25) مايكرون واللياف الجزر بحجم حبيبي (45) مايكرون اما الكاؤولين فصل بحجم حبيبي يتراوح بين (45-63) مايكرون للناعم و(105-150) مايكرون للخشن.

وقد تم اجراء التحليل الكيميائي للكاؤولين كما مبين بالجدول (1) وذلك لمعرفة نسب مكونات الاساسية وكذلك نوعية ونسب الشوائب الموجودة فيه، والذي اجري بتقنية التحليل اللوني (Color Analysis) وهي طريقة لفصل وتنقية المواد الكيميائية المختلطة حيث تعتمد هذه الطريقة على توزيع مكونات الخليط بنسب مختلفة بين مكوني نظام ثنائي أحدهما متحرك والآخر ثابت، وتم باستعمال لوح من البلاستيك او المعدن او الزجاج ومغطاه بمادة ممتزة تساعد على الفصل. تتم عملية الفصل على طبقة رقيقة من مادة الوسط الثابت المفروشة على الواح في الغالب مصنوعة من الالمنيوم، وقد تم تحضير محلول الكاؤولين وصهره مع كاربونات الصوديوم ثم الاذابة بحامض الهيدروكلوريك المخفف ويتم قراءة العناصر الموجودة في هذا المحلول بواسطة جهاز التحليل اللوني.

جدول (1): نتائج التحليل الكيميائي للكاؤولين بتقنية التحليل اللوني.

TiO <sub>2</sub>	L.O.I	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	الاوكسيد
0.88	12.74	33.55	48.72	%

## 2.2. عملية تشكيل النماذج

الجدول (2) يبين نسب مكونات الخلطات السيراميكية لتحضير العينات (المرشحات)، حيث تم اضافة مسحوق



باستخدام جهاز الأشعة السينية نوع [XRD-6000] ياباني الصنع، بهدف من النحاس Cu وبفولتية مقدارها ((40 كيلو فولت، وتيار مقداره (30) ملي أمبير.

#### 4. الفحوصات الفيزيائية

##### 1.4 المسامية الظاهرية وامتصاصية الماء (Apparent

##### (porosity and water absorption

تعتمد المسامية الظاهرية A.P. على كمية الماء الممتص والذي يستطيع املاء المسامات المفتوحة حيث يتم حساب المسامية الظاهرية من العلاقة التالية [8].

$$\text{Apparent Porosity (\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} * 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

حيث:

$W_s$ : وزن النموذج وهو مشبع بالماء،  $W_d$ : وزن

النموذج وهو جاف،  $W_i$ : وزن النموذج وهو معلق بالماء.

اما بالنسبة الى امتصاصية الماء، فيعرف إمتصاص الماء بأنه قابلية الجسم على جذب الماء خلال مساماته ويعبر عنها بنسبة مئوية كما في العلاقة فحسبت من العلاقة التالية [8]:

$$\text{Water Absorption (\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

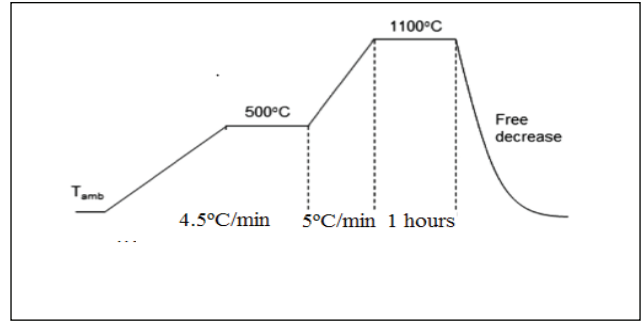
##### 2.4 الكثافة الحجمية (bulk density)

وهي النسبة بين الكتلة والحجم الكلي الذي يتضمن (حجم حبيبات المادة + حجم المسامات المغلقة والمفتوحة). تم قياس الكثافة الحجمية للنماذج الملبدة باستخدام طريقة ارخميدس حسب العلاقة التالية [9].

$$\text{Bulk Density} = \frac{W_d}{W_s - W_i} \quad \dots\dots\dots (3)$$

##### 3.4 التقلص الطولي (Linear Shrinkage)

تتغير أبعاد معظم المواد السيراميكية (إنكماش، تمدد) أثناء إرتفاع درجات حرارة الحرق، ويعتمد هذا التغير على المادة الأولية، الحجم والتدرج الحبيبي، درجة حرارة الحرق، زمن النضوج (فترة المكوث)، طريقة التشكيل، ومقدار الضغط المستخدم.



الشكل (1): يمثل مخطط برنامج الحرق.



A



B

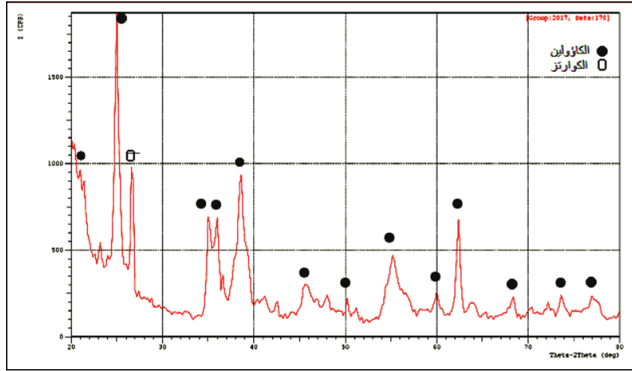
الشكل (2): يبين شكل المرشحات المصنوعة. A: قبل التليد، B: بعد التليد.

### 3. حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction)

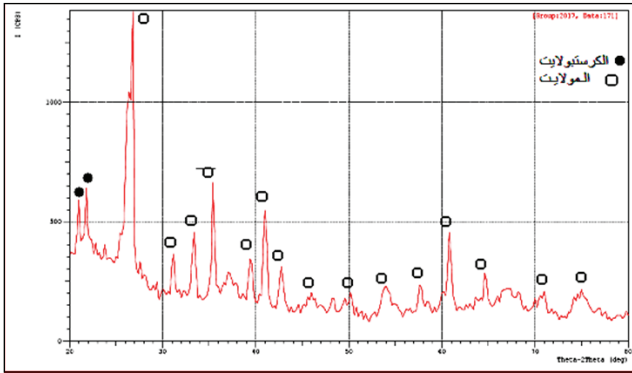
تم إجراء تحليل حيود الأشعة السينية للعينات السيراميكية المصنوعة قبل الحرق وبعد الحرق (التليد)



من الكرسطوبلايت كما واضح في الشكل (4).



الشكل (3): يمثل حيود الأشعة السينية للمرشحات المصنعة قبل التليد.



الشكل (4): يمثل حيود الأشعة السينية للمرشحات المصنعة بعد التليد.

## 2.6 المسامية الظاهرية وإمتصاصية الماء

### Apparent porosity and water absorption

تعتبر خاصيتا المسامية الظاهرية وإمتصاصية الماء خاصيتان مترافقتان وذلك لأن هاتين الخاصيتين تتأثران ارتفاعاً أو إنخفاضاً بنفس العوامل حيث تعتبر المسامية الظاهرية تقريباً مرتين اضعف قيمة نسبة إمتصاصية الماء. الشكلان (5) و(6) يوضحان المسامية الظاهرية ونسبة إمتصاصية الماء مع نسبة اضافة كل من (الياف الجزر والفحم) للكاؤولين الناعم والحشن، حيث نلاحظ ان زيادة نسبة الاضافة تؤدي الى زيادة كل من المسامية الظاهرية ونسبة إمتصاصية الماء، وذلك لان جسيمات المواد المضافة سوف تحترق خلال عملية تليد الجسم السيراميكي، فتعمل على خلق مسامات نتيجة خروج غازثنائي اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) والذي يزداد بزيادة

يتم حساب هذا التغير في الأبعاد و الذي يكون في هذه الحالة تقلصاً، بسبب تكون طور زجاجي يتغلغل داخل المسامات، و ذلك بقياس أبعاد النموذج قبل و بعد الحرق (القطر، الإرتفاع) بإستخدام قدمة قياس (Vernia) حيث إن كل نتيجة أو قيمة هي معدل لسبع نماذج، ثم يتم حساب التقلص من المعادلة التالية [8].

$$Shrinkage\% = \left| \left[ \frac{(D_d - D_f)}{D_d} \right] * 100 \right| \dots\dots\dots (4)$$

حيث ان:

D<sub>d</sub>: قطر الانموذج قبل التليد (mm)، D<sub>f</sub>: قطر الانموذج بعد التليد (mm).

## 5. الفحوصات الميكانيكية

### 1.5 مقاومة الإنضغاط (Compressive strength)

يجري هذا الاختبار على قرص له ابعاد 30 mm كقطر وسمك 5mm، باستخدام جهاز فحص الانضغاط ، وتوضع العينة بين لوحين سفلي وعلوي ثابتين للجهاز لبدا الانضغاط حتى يحصل الكسر حسب الشكل و يحسب من العلاقة التالية [10]:

$$\sigma_{BTS} = \frac{2F}{\pi Dt} \dots\dots\dots (5)$$

حيث:

σ : قوة الكسر القطري بواحدات باسكال (Pascal)،  
F: الحمل المسلط (Newton)، D: قطر العينة (m)، t: سمك العينة (m).

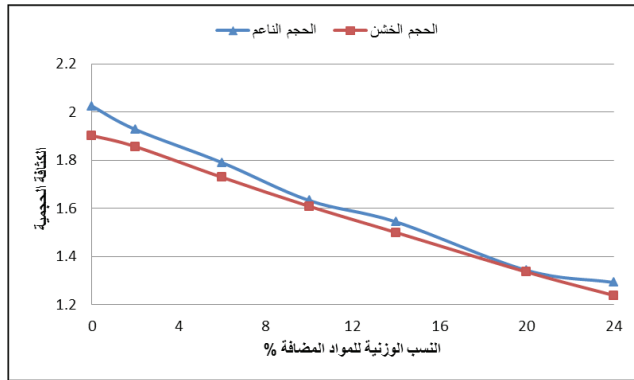
## 6. النتائج والمناقشة

### 1.6 حيود الأشعة السينية X-ray diffraction

الشكل (3) يمثل حيود الأشعة السينية قبل الحرق، حيث نلاحظ وجود طور الكاؤولين بنسبة عالية جدا مع وجود طور الكوارتز بنسبة قليلة جدا. بعد حرق النماذج بدرجة حرارة (1100 م°) يتحول طور الكاؤولين الى طور المولايت بصورة كاملة وهو الطور الغالب مع وجود نسبة قليلة جدا

المستخدمة في تصنيع النماذج على قيمة الكثافة الحجمية. نلاحظ من الشكل، ان زيادة نسبة الاضافة للمواد العضوية الى الكاؤولين تؤدي الى نقصان قيمة الكثافة الحجمية وهذا ماتم اثباته في الفقرة التي تخص المسامية الظاهرية. وهذا النقصان في قيمة الكثافة يكون نتيجة تطاير الغازات من هذه المواد العضوية عند احتراقها تاركا ورائها الفراغات او المسامات التي تعمل على التقليل من حجم المادة.

ومن الشكل ايضا يمكن مقارنة قيم الكثافة الحجمية للنماذج المحضرة بالكاؤولين الناعم مع النماذج المحضرة بالكاؤولين الخشن نجد ان بزيادة حجم الكاؤولين تقل الكثافة الحجمية وذلك بسبب زيادة نسبة المسامات المغلقة والمفتوحة وهذا ماتم اثباته في فحص المسامية الظاهرية، وهذا مطابق لدراسة سابقة حيث عزى سبب نقصان الكثافة الحجمية مع زيادة حجم الدقائق الى ان عدد الدقائق في وجدة الحجم سوف تكون اقل من عدد الدقائق في حالة الدقائق الناعمة وبالتالي سوف تترك او تكون مسامات كبيرة التي تؤثر بصورة مباشرة على الكثافة الحجمية [11].

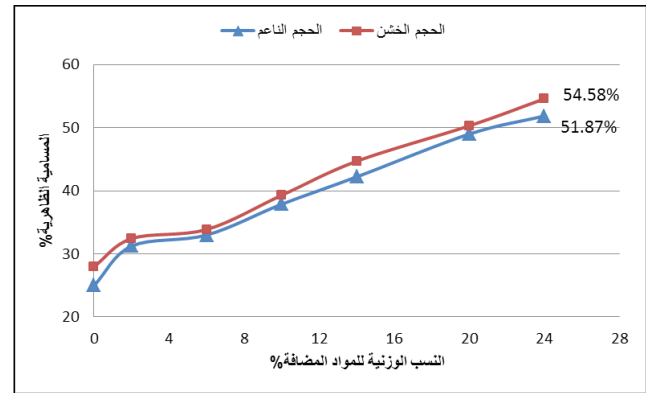


شكل (7): يبين علاقة بين الكثافة الحجمية والنسب الوزنية للمواد المضافة.

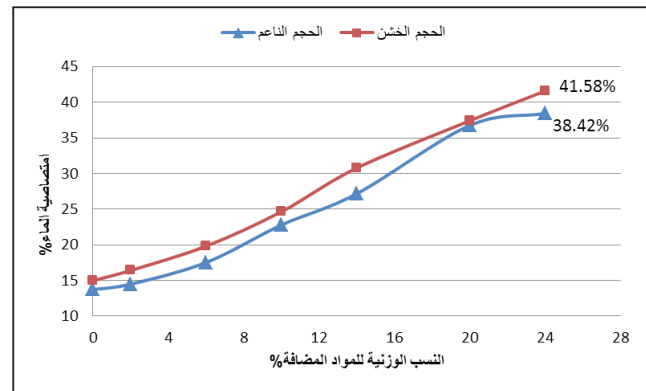
#### 4.6. التقلص الطولي (linear shrinking)

يبين الشكل (8) تأثير نسبة الحجم الحبيبي على مقدار التقلص في النماذج، حيث نلاحظ انخفاض نسبة التقلص الطولي للنماذج مع زيادة الحجم الحبيبي ويعود سبب ذلك

الإضافة، وهذه النتيجة مطابقة الى دراسات سابقة [11,12]. وكذلك يلاحظ من تتبع نفس الأشكال زيادة خاصيتي المسامية الظاهرية ونسبة إمتصاصية الماء مع زيادة الحجم الحبيبي للكاؤولين المستخدم. ان سبب هذه الزيادة يعود الى النقصان الحاصل في كمية الطور الزجاجي المتكون بسبب النقصان في المساحة السطحية وكذلك بسبب زيادة نسبة الفجوات والقنوات المتكونة بين الحبيبات حيث يكبر حجمها كلما كبر حجم الحبيبات، وبالتالي فإن الحجم الكلي للفجوات سوف يزداد مما يؤدي إلى إمتصاص كمية أكبر من الماء [13].



الشكل (5): يمثل علاقة المسامية الظاهرية مع النسب الوزنية للمواد المضافة.



الشكل (6): يمثل علاقة بين نسبة امتصاصية الماء مع النسب الوزنية للمواد المضافة.

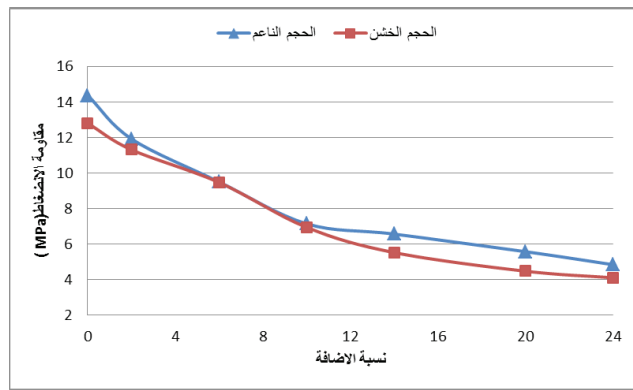
#### 3.6. الكثافة الحجمية (bulk density)

الشكل (7) يوضح تأثير نسبة المواد المضافة (الفحم والياق الجزر) وكذلك تأثير الحجم الحبيبي لمادة الكاؤولين



الى زيادة محتوى الدقائق الناعمة ونقصان محتوى الدقائق الخشنة، وبسبب امتلاك الدقائق الناعمة مساحة سطحية كبيرة فان ذلك سوف يسرع من عملية التليد وحصول ذوبان اكبر للدقائق الناعمة في الجزء السائل المتكون والذي يعمل على زيادة الشد السطحي الذي يؤدي الى زيادة التقلص للنماذج، وهذا ماتم تفسيره في دراسة سابقة [14] وهناك عامل مهم آخر يؤثر في التقلص وهو صعوبة خروج وتحرر غاز ثاني اوكسيد الكربون ( $CO_2$ ) الناتج من احتراق المواد العضوية وسليكات الصوديوم في النماذج المحضرة بالكاؤولين الناعم وبالتالي نشوء ضغط داخلي قد يؤدي إلى زيادة التقلص، وبزيادة كمية المادة العضوية المضافة تؤدي الى زيادة الضغط الداخلي وبالتالي تؤدي الى زيادة التقلص الطولي. بينما في النماذج المحضرة بالكاؤولين الخشن تسمح بخروج غاز ثاني اوكسيد الكربون لذلك قيمة التقلص تكون اقل [15].

الى زيادة محتوى الدقائق الناعمة ونقصان محتوى الدقائق الخشنة، وبسبب امتلاك الدقائق الناعمة مساحة سطحية كبيرة فان ذلك سوف يسرع من عملية التليد وحصول ذوبان اكبر للدقائق الناعمة في الجزء السائل المتكون والذي يعمل على زيادة الشد السطحي الذي يؤدي الى زيادة التقلص للنماذج، وهذا ماتم تفسيره في دراسة سابقة [14] وهناك عامل مهم آخر يؤثر في التقلص وهو صعوبة خروج وتحرر غاز ثاني اوكسيد الكربون ( $CO_2$ ) الناتج من احتراق المواد العضوية وسليكات الصوديوم في النماذج المحضرة بالكاؤولين الناعم وبالتالي نشوء ضغط داخلي قد يؤدي إلى زيادة التقلص، وبزيادة كمية المادة العضوية المضافة تؤدي الى زيادة الضغط الداخلي وبالتالي تؤدي الى زيادة التقلص الطولي. بينما في النماذج المحضرة بالكاؤولين الخشن تسمح بخروج غاز ثاني اوكسيد الكربون لذلك قيمة التقلص تكون اقل [15].



الشكل (9): يبين علاقة بين مقاومة الانضغاط والنسب الوزنية للمواد المضافة.

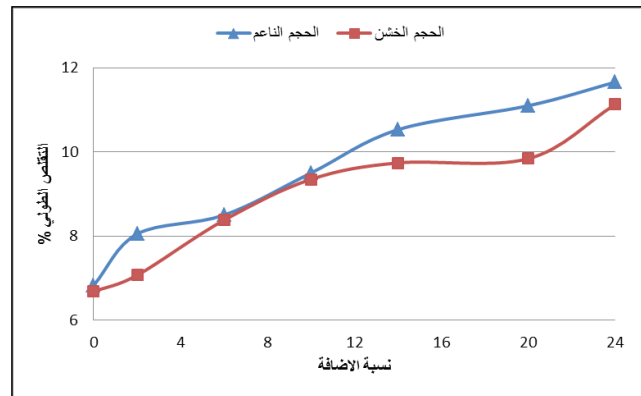
## 7. الاستنتاجات

- ان المواد العضوية (الفحم والياق الجزر) هي مواد جيدة عند احتراقها نحصل على مسامية جيدة تصل الى اكثر من (50%) في الجسم.
- ان الحجم الحبيبي للكاؤولين المستخدم ونسبة الفحم والياق الجزر تؤثر على الخواص الفيزيائية والميكانيكية.
- امكانية تصنع مرشحات سيراميكية بمسامية مناسبة وخواص ميكانيكية عالية.

## المصادر

- [1] انسام علي هاشم الحسنوي، (دراسة تأثير تغير نسبة رمل السليكا وحجمه الحبيبي على المسامية الظاهرية ومقاومة الانضغاط للمرشح السيراميكي)، مجلة القادسية للعلوم الهندسية، المجلد 7، العدد 3، (2014).

الى زيادة محتوى الدقائق الناعمة ونقصان محتوى الدقائق الخشنة، وبسبب امتلاك الدقائق الناعمة مساحة سطحية كبيرة فان ذلك سوف يسرع من عملية التليد وحصول ذوبان اكبر للدقائق الناعمة في الجزء السائل المتكون والذي يعمل على زيادة الشد السطحي الذي يؤدي الى زيادة التقلص للنماذج، وهذا ماتم تفسيره في دراسة سابقة [14] وهناك عامل مهم آخر يؤثر في التقلص وهو صعوبة خروج وتحرر غاز ثاني اوكسيد الكربون ( $CO_2$ ) الناتج من احتراق المواد العضوية وسليكات الصوديوم في النماذج المحضرة بالكاؤولين الناعم وبالتالي نشوء ضغط داخلي قد يؤدي إلى زيادة التقلص، وبزيادة كمية المادة العضوية المضافة تؤدي الى زيادة الضغط الداخلي وبالتالي تؤدي الى زيادة التقلص الطولي. بينما في النماذج المحضرة بالكاؤولين الخشن تسمح بخروج غاز ثاني اوكسيد الكربون لذلك قيمة التقلص تكون اقل [15].



الشكل (8): يبين علاقة بين التقلص الطولي والنسب الوزنية للمواد المضافة.

## 5.6. مقاومة الانضغاط القطرية (Compressive strength)

الشكل (9) يبين قيم مقاومة الانضغاط (MPa) للنماذج السيراميكية المصنعة باستخدام الكاؤولين الناعم والخشن مع زيادة الاضافة للمواد العضوية كالياق الجزر والفحم. من الشكل نلاحظ ان قيمة مقاومة الانضغاط تقل بزيادة نسبة المواد العضوية المضافة وذلك لزيادة المسامات المتكونه بين الجسم السيراميكي كما ذكر انفا والتي تؤدي الى نقصان



- [10] Searle, A.B., and R.W., Grim show, (The chemistry of the thesis of clay and other ceramic material), 3rd (ed.), international publishers, Inc., New York, p 307, (1960).
- [11] Shukur. M. M, Hasson. F. M, Salman. M. M, (Preparation of Porcelanite Ceramic Filter by Slip Casting Technique), Journal of Babylon University/ Engineering Sciences, No. 2, Vol. 22, (2014).
- [12] Erhuanga. E, Kashim. I. B, Akinbogun. T. L ,(Development of Ceramic Filters for Household Water Treatment in Nigeria), Art and Design Review, Vol.2, No.1, 6-10, (2014).
- [13] نوفل زهير وهيب، (تصنيع مرشحات سيراميكية من زجاج الصودا لايم مع الرمل المحلي)، رسالة ماجستير، جامعة بابل، (2008).
- [14] حسين علاء جابر، (تحضير ودراسة بعض العوامل على بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للسيراميك)، رسالة ماجستير، (2008).
- [15] شذى هاشم مهدي، (دراسة تأثير اضافة السليكا على الخصائص الفيزيائية لطين البنتونايت العراقي)، مجلة العلوم جامعة النهدين، المجلد 17 العدد(2)، ص-29-22، (2014).
- [16] Olubayode I.S. A, Awokola.O. S, Dare.E. O, Olateju.O. T, (Suitability of Selected Nigeria Clay Deposit for Production of Clay Based Ceramic Water Filters), American Chemical Science Journal, 12(3): 1-7, Article no.ACSJ.23175 ISSN: 2249-0205,(2016).
- [2] د. عدنان حسن عفج، مازن يوسف تمرغا، (تصنيع مرشحات الماء الخزفية من اطيان الكاوولين العراقية)، المجلة العراقية للعلوم، المجلد 41 ج، العدد (3)، (2000).
- [3] Rahaman, M.N., (Ceramic Processing), CRC Press by Taylor & Francis Group, New York, p 292, (2007).
- [4] Brownell, W.E, (Structural Clay Products), Springer verlag, New York, p 43, (1976).
- [5] Belibi.P. B, Nguemtchouin. M. M. G, Rivallin .M, NdiNsami .J, Sieliechi .J, Cerneaux. S, Ngassoum. M.B, Cretin. M, (Microfiltration ceramic membranes from local Cameroonian clay applicable to water treatment), Ceramics International 41, 2752–2759, (2015).
- [6] S. C. Agbo, E. U, Ekpunobi, C. C. Onu and K. G. Akpomie, (Development of Ceramic Filter Candle from NSU (Kaolinite Clay) for Household Water Treatment), International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering, VOL. 6, NO. 10, (2015).
- [7] Harabi.A, Guechi.A, Condom.S, (Production of Supports and Filtration Membranes from Algerian Kaolin and Limestone), Procedia Engineering 33, 220 – 224, (2012).
- [8] القيسي، فوزي عبد العزيز، (تقنيات الخزف والزجاج)، الطبعة الاولى، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، صفحة، 236، (2003).
- [9] Singer, F. & Singer, S., (Industrial-Ceramic), Chapman and Hall Ltd, Published,p.1455, (1979).