

## دراسة تأثير السليكا والالومينا على الخواص الكهربائية للكاولين المكلسن

\* هاني محمود حسين

العلوم العامة-فيزياء-التربية الأساسية , جامعة بابل, ص.ب: 4

\* E.mail :hanim752003@yahoo.com

الخلاصة

تكمن أهمية البحث في استخدام مادة الكاولين العراقي كجزء أساسي في هذه الدراسة والتي تتضمن دراسة الخواص الكهربائية والفيزيائية لنماذج بعضها محضر من الكاولين المكلسن عند  $1400^{\circ}\text{C}$  مضاف إليه نسب من الكوارتز المحلي (10%، 20%، 30% ) والأخرى من الكاولين مضاف إليه نسب من الالومينا (10%، 20%، 30% ) وكانت خواص المواد الأولية معرفة وهي توزيع الحجم الحبيبي والتحليل الكيميائي .حيث كبست النماذج بضغط  $50\text{ MPa}$  ولبدت بدرجة حرارة  $1400^{\circ}\text{C}$  بزمن إنضاج 2 hr.

تضمنت الخواص المدروسة في البحث الخواص الفيزيائية ( التقلص الخطي للحرق والكثافة الحجمية والمسامية المفتوحة وامتصاصية الماء ) والخواص الكهربائية لغاية تردد

1MHz (ثابت العزل الكهربائي وعامل القدرة والتوصيلية الكهربائية). إذ وجد إن زيادة نسب

الكوارتز أعطت نسب تقلص خطي اقل مما في زيادة نسب الالومينا عند النسب

10%، 20%، 30% وكانت قيم الكثافة الحجمية للنماذج المحتوية على الالومينا اكبر مما لتلك

المحتوية على الكوارتز للنسب 20% و30%، في حين كانت القيم متقاربة عند النسب

10% . أما قيم المسامية المفتوحة وامتصاصية الماء فوجد أنها في حالة النماذج المحتوية على

النسب 10% و20% تكون للالومينا اكبر من الكوارتز ويكون العكس عند النسب 30% . أما

في ما يتعلق بالخواص الكهربائية فقد وجد تأثير واضح للاستقطابية البينية إذ إن قيم ثابت

العزل الكهربائي للنماذج عند الترددات 1MHz و1KHz تقل بزيادة نسب الكوارتز، في حين

أنها تزداد بزيادة نسب الالومينا عند التردد 1 KHz وتتناقص عند التردد 1MHz دلالة على

زيادة الاستقطابية البينية بزيادة نسب الالومينا من 10% إلى 20% ،وبعبارة أخرى أن قيم ثابت

العزل عند 1KHz للنماذج المحتوية على ألومينا تكون اكبر من تلك المحتوية على الكوارتز

المحلي . أما عند 1 MHz بنسب 10% تكون قيم ثابت العزل للنماذج المحتوية على السليكا

اكبر من تلك المحتوية على ألومينا ويحدث العكس عند النسب 20% و30% .

## ***Study the effect of silica and alumina on the electrical properties of calcinated kaolin***

\*Hani mahmood hussien ,Dept.of general science-physics ,college of basic education,  
University of Babylon ,B.O :4,

\*E-mail : hanim752003@yahoo.com

### ***Abstract***

Iraqi kaolin is used as a principle part of the study that include studying electrical and physical properties of samples that some of them consist of calcinated kaolin with additives (10 % , 20 % , 30 % ) of Iraqi silica and others consists of kaolin with additives (10 % , 20 % , 30 % ) of Alumina .The raw materials was well known as particle size and chemical analysis .Samples ere pressed at the pressure of 50 MPa and sintered at the temperature 1400 °C with maturing time 2 hr.

This research deals with the physical properties (linear firing shrinkage , bulk density , apparent porosity and water absorption ) and electrical properties up to 1 MHz (dielectric constant ,power factor and electrical conductivity ) .It was found that increasing of Silica additives gave less values of linear firing shrinkage relative to the Alumina additives .The samples with Alumina additives have greater values of bulk density relative to the samples with Silica additives at the ratios 20 % and 30 % , while the influence was less much on the bulk density at percentage 10 % .Through studying apparent porosity and water absorption with percentage 10 % and 20 %,it was found that samples contain Alumina additives have greater values , while the opposite was found at percentage 30 % .

Through studying the electrical properties ,it was found that ,within the extent of frequency 1 KHz , the samples contain Alumina additives have greater values of dielectric constant compared to the samples contain Silica additives .The samples contain Alumina additives have greater values of power factor and electrical conductivity up to 1 MHz . Also it was found that, at the percentage 30 % ,Silica additives gave less values of dielectric constant and electrical conductivity ; while the influence was less much on the power factor compared to the properties of samples composed of calcinated kaolin.

## Introduction إدخال

تستخدم في العمليات الصناعية السيراميكية أنواع مختلفة من الأطنان و المعادن الطينية للحصول على الخواص الفيزيائية و الميكانيكية المرغوب فيها ، مثل الكثافة العالية و المتانة الجيدة و أحيانا المسامية العالية ،من خلال التحكم بترتيب الحبيبات في المنتج الطيني غير المحروق و التفاعلات التي تحدث بينها<sup>[1]</sup>. و قد أشارت بحوث عديدة إلى دور الكاؤولينايت كمادة أساسية في تطوير بدائل سيراميكية، كبديل عن الالومينا ، تستخدم كأرضية أساس في ألواح الدوائر المتكاملة ، كما في سيراميك الكورديرايت (Cordierite) الذي حضره Kobayashi و جماعته<sup>[2]</sup> ، من الكاؤولينايت و هيدروكسيد المغنيسيوم ، و سيراميك الانورثايت ( Anorthite ) الذي حضره كل من Kobayashi و Kato<sup>[3]</sup> من الكاؤولينايت و كربونات الكالسيوم ( Calcite ). كما وتدخل الأطنان و معادنها كإحدى المواد الرابطة البديلة المستخدمة في صناعة الاسمنت لتقليل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>)<sup>[4]</sup> .

يوجد طين الكاؤولينايت عالي التبلور ( high crystallinity ) بشكل حزم متراسة بعضها فوق بعض (تسمى أيضا حزم دودية الشكل ( vermicular stacks )) كما لوحظت في المجهر الإلكتروني الماسح ( SEM ) كما مبين في شكل ( 1A ) ، وتكون الحبيبات ذات شكل سداسي كاذب ( pseudo-hexagonal ) كما مبين في الشكل ( 1B )<sup>[5]</sup>. من الخواص المهمة للمعادن الطينية تلك الناتجة من تفاعلها مع الماء و التي تعتمد على طبيعة الماء ، طبيعة الأيونات الموجودة في الماء (حجمها ، تكافؤها ، السالبية الكهربائية و طاقة التميؤ ) ، و توزيع الشحنات على سطوح المعادن الطينية<sup>[6]</sup> . عند معالجة الكاؤولينايت بدرجات حرارية معينة (تسمى أيضا بعملية الكلسنة ) تحدث عدة تغيرات حيث عند درجة حرارة 100 °C يزال ماء الرطوبة، و في حالة وجود نسب قليلة من المواد العضوية فأنها تتأكسد في درجات الحرارة (200-300) °C و كذلك الحال للكبريتات إذا وجدت فأنها تتأكسد في درجات الحرارة (400-500) °C و عند درجات حرارة (500-900) °C تتحلل الكربونات ( CaCO<sub>3</sub> MgCO ) ، مع تحرر غاز O<sub>2</sub> و عند درجات حرارة (800-1200) °C يتحلل Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> إلى Fe<sub>3</sub> O<sub>4</sub> مع تحرر غاز O<sub>2</sub><sup>[7]</sup> . أما التغيرات في البنية البلورية للكاؤولينايت فعند درجة حرارة (500-600) °C تفقد جزيئات الماء من خلال فقدان جزيئات الهيدروكسيد OH (dehydration) فيتحول الكاؤولينايت إلى ميتا -كاؤولينايت و عند درجات حرارة أعلى يحدث الأتي<sup>[7]</sup>:



تم استخدام مواد أولية محلية (الكاولين المكلسن عند  $1400^{\circ}\text{C}$  و رمل زجاج ارضمة ) و مواد تجارية ( الالومينا  $\alpha\text{-AL}_2\text{O}_3$  ) نقاوتها % (98-99) .يبين الجدول (1) التحليل الكيميائي لطين الكاولين قبل عملية الكلسنة و يبين الجدول (2) التحليل الكيميائي للكوارتز. أجريت التحاليل الكيميائية للكاولين و رمل زجاج ارضمة باستخدام جهاز ( Atomic Absorption /Flame Emission Spectrophotometer ) نوع (Shimadzu AA-670) مع مراعاة عدم استخدام الجهاز أعلاه في تحديد نسبة الكوارتز في الكاولين تجنباً لتلف الأجزاء الزجاجية الداخلية للجهاز و لذلك استخدمت الطريقة الوزنية . كما استخدمت منظومة ( Coulter Counter Multisizer ) لقياس معدل القطر الحبيبي و توزيعه لمساحيق المواد الأولية و يبين الشكل (2) توزيع قطر الحبيبات لمسحوق السليكا والالومينا ، والشكل (3) توزيع قطر الحبيبات لمسحوق الكاولينايت المكلسن . و يبين الجدول (3) معدل القطر الحبيبي لمساحيق المواد الأولية المستخدمة. تم الحصول على مسحوق كاولين دويخلة ذي معدل قطر حبيبي  $5.4\ \mu\text{m}$  ، باستخدام عملية النخل بواسطة منخل ذي فتحات قطرها  $20\ \mu\text{m}$  ، واتبعت الطريقة ذاتها مع مسحوق رمل زجاج ارضمة باستخدام منخل  $50\ \mu\text{m}$  في حين تم قياس معدل القطر الحبيبي و توزيعه لمسحوق الالومينا بدون عملية نخل.

حضرت النماذج من خلال وزن النسب المطلوبة بميزان نوع ( Mettler A 50 ) ذي قدرة تحسس ومدى تحميل  $10^{-4}\ \text{gm}$  ،  $200\ \text{gm}$  على التوالي، وتوضع النسب الوزنية المحددة في دورق زجاجي مع ماء مقطر بحجم  $(300-200)\ \text{ml}$  ، وتخلط النسب مع الماء المقطر بواسطة خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) ودرجة حرارة  $(70-80)^{\circ}\text{C}$  و لمدة  $5\ \text{hr}$  ، لحين تكون عجينة والتي تم تقليل محتواها من الرطوبة إلى نسبة تتراوح (  $10-15\%$  ) بواسطة وضع العجينة في مجفف هوائي مع التحريك المستمر .

كبست مساحيق النماذج بضغط (  $50\ \text{MPa}$  ) بمكبس ( X-press Hydraulic ) بقالب صنع محليا قطره  $5\ \text{cm}$  و ارتفاعه  $10\ \text{cm}$  ، جففت النماذج في جو المختبر لمدة  $48\ \text{hr}$  ثم وضعت في مجفف كهربائي عند درجة حرارة  $50^{\circ}\text{C}$  ثم رفعت درجة الحرارة تدريجياً إلى  $100^{\circ}\text{C}$ . تم تلييد النماذج بفرن نوع ( Nabertherm ) بمعدل تلييد  $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$  من درجة حرارة الغرفة إلى  $400^{\circ}\text{C}$  ثم بمعدل  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  إلى درجة  $1400^{\circ}\text{C}/\text{min}$  وتستقر لمدة ساعتين عند هذه الدرجة ( زمن إنضاج ) . و يبين الجدول (4) النسب المئوية الوزنية لمكونات الخلطات الخاصة بالبحث .

الجدول (3): معدل القطر الحبيبي  
لمساحيق المواد الاولية

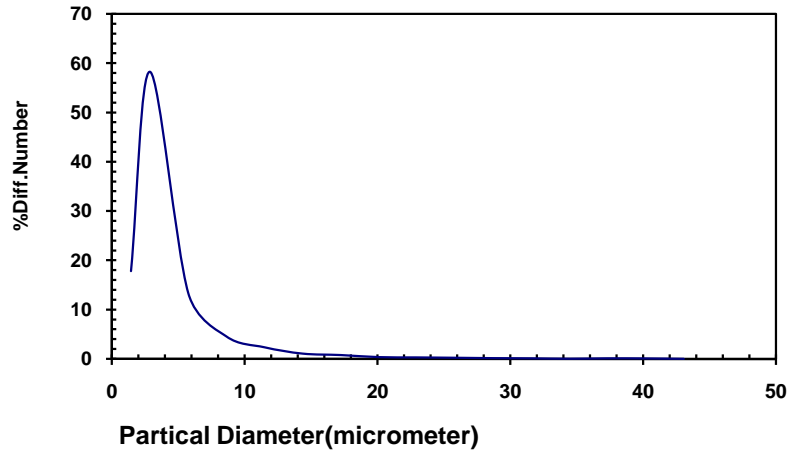
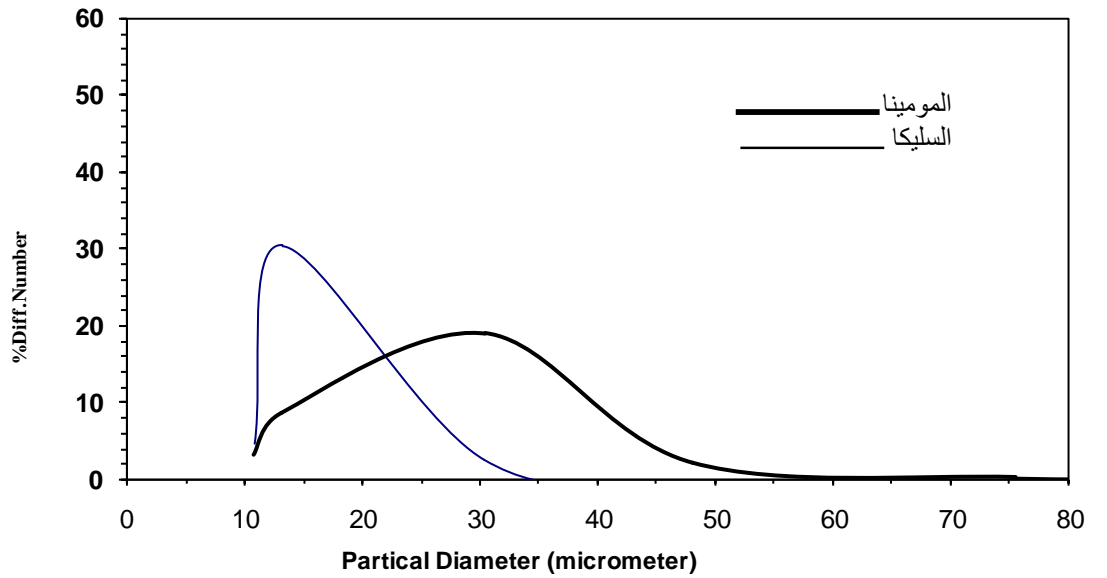
| معدل القطر الحبيبي<br>(مايكرون) | المسحوق                        |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 5.4                             | الكاولينايت<br>المكلسن         |
| 25                              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 15                              | السليكا                        |

الجدول (2) التحليل الكيميائي  
لمسحوق

| رمل زجاج<br>ارضمة<br>الوزنية<br>(% w) | نوع لاوكسيد                    |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1.97                                  | Fe <sub>2</sub> O              |
| 0.38                                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 0.246                                 | CaO                            |
| 0.015                                 | MgO                            |
| 0.03                                  | K <sub>2</sub> O               |
| 0.17                                  | Na <sub>2</sub> O              |
| 0.25                                  | L.O.I                          |

جدول (1) التركيب الكيميائي  
للكاولين

| النسبة المئوية<br>الوزنية (% W) | نوع الأوكسيد                   |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 49.6                            | Si <sub>2</sub> O              |
| 33.5                            | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 1.97                            | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 1.2                             | CaO                            |
| 0.031                           | MgO                            |
| 0.17                            | Na <sub>2</sub> O              |
| 0.03                            | K <sub>2</sub> O               |
| 0.12                            | TiO <sub>2</sub>               |
| 14.6                            | L.O.I                          |



الشكل (3) توزيع قطر الحبيبات لمسحوق الكاولينايت المكلسن

جدول (4):النسب المئوية الوزنية للخلطات

| الالومينا ( $Al_2O_3$ )<br>% | الكوارتز<br>% ( $SiO_2$ ) | كاولين مكلسن % |   |
|------------------------------|---------------------------|----------------|---|
|                              | 0                         | 100            | A |
|                              | 10                        | 90             | B |
|                              | 20                        | 80             | C |
|                              | 30                        | 70             | D |
| 10                           |                           | 90             | E |
| 20                           |                           | 80             | F |
| 30                           |                           | 70             | G |

حسبت النسب المئوية للتقلص الخطي ( **Linear Firing Shrinkage** ) للنماذج حسب المعادلة الآتية<sup>[17]</sup> :

$$\% \text{ Linear Firing Shrinkage} = \frac{R_0 - R}{R_0} \times 100$$

حيث إن  $R_0$  : قطر النموذج قبل الحرق (mm) ،  $R$  : قطر النموذج بعد الحرق (mm). وحسبت الكثافة الحجمية (Bulk Density) حسب العلاقة الآتية<sup>[17]</sup> :

$$\text{Bulk Density} = \frac{M}{V} \quad (\text{ gm/cm}^3)$$

حيث ان :  $M$  : كتلة النموذج (gm) و  $V$  : حجم النموذج ( $\text{cm}^3$ ) و احتسبت المسامية الظاهرية (Apparent Porosity) و امتصاصية الماء (Water Absorption) من المعادلات الآتية<sup>[17]</sup> :

$$\% \text{ Apparent porosity} = \frac{W_s - W_D}{W_s - W_I} \times 100$$

$$\% \text{ Water Absorption} = \frac{W_s - W_D}{W_D} \times 100$$

حيث ان  $W_D$  : كتلة النموذج الجاف (gm) ،  $W_s$  : كتلة النموذج المشبع بالماء (gm) ،  $W_I$  : كتلة النموذج المشبع بالماء وهو مغمور بالماء (gm).

تم قياس الخواص الكهربائية من خلال ترسيب أقطاب من معدن الألمنيوم على جهتي كل نموذج باستخدام منظومة التبخير الفراغية نوع ( Lybold Heraeus Coating ) حيث ان مساحة القطب تساوي ( $11.939 \text{ cm}^2$ ) و تم استعمال جهاز HP4284 A Precision LCR meter ، و الذي يعمل في مدى الترددات ( $10^6 - 20$ ) Hz لقياس قيم السعة و المقاومة لكل نموذج عند مدى الترددات المحدد و كانت دقة قياس السعة و المقاومة 0.05 % و بقدرة تحليل 0.0001 ، و أعلى قيمة للمقاومة يستطيع الجهاز قراءتها هي  $10^8 \text{ ohm}$ . أنجزت القياسات عند درجة حرارة الغرفة . القياسات التي أجريت اعتماد على قيم السعة ( $C_p$ ) و المقاومة ( $R_p$ ) عند كل تردد تتضمن ثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ ) ، عامل القدرة ( $\tan \delta$ ) ، المقاومة الكهربائية ( $\rho$ ) و التوصيلية الكهربائية ( $\sigma$ ) حسب المعادلات الآتية<sup>[18]</sup>،<sup>[19]</sup> :



$$\epsilon' = \frac{H_s C_p}{\epsilon_0 A}$$

$$\tan \delta = \frac{1}{R_p 2\pi f C_p}$$

$$\rho = R_p \frac{A}{H_s} \quad (\text{ohm.cm})$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\text{ohm.cm})^{-1}$$

حيث أن :

$H_s$  : سمك النموذج (المسافة بين قطبي العازل) (m)

$C_p$  : قيمة السعة (F)

$\epsilon_0$  : سماحية الفراغ (  $8,854 \times 10^{-12}$  F/m )،  $A$  : مساحة قطب العازل (  $\text{m}^2$  )،  $R_p$  : المقاومة الكهربائية التي يسجلها الجهاز (ohm)،  $f$  : تردد المجال الكهربائي المسلط على النموذج (Hz).

## Result and Discussion المناقشة والنتائج

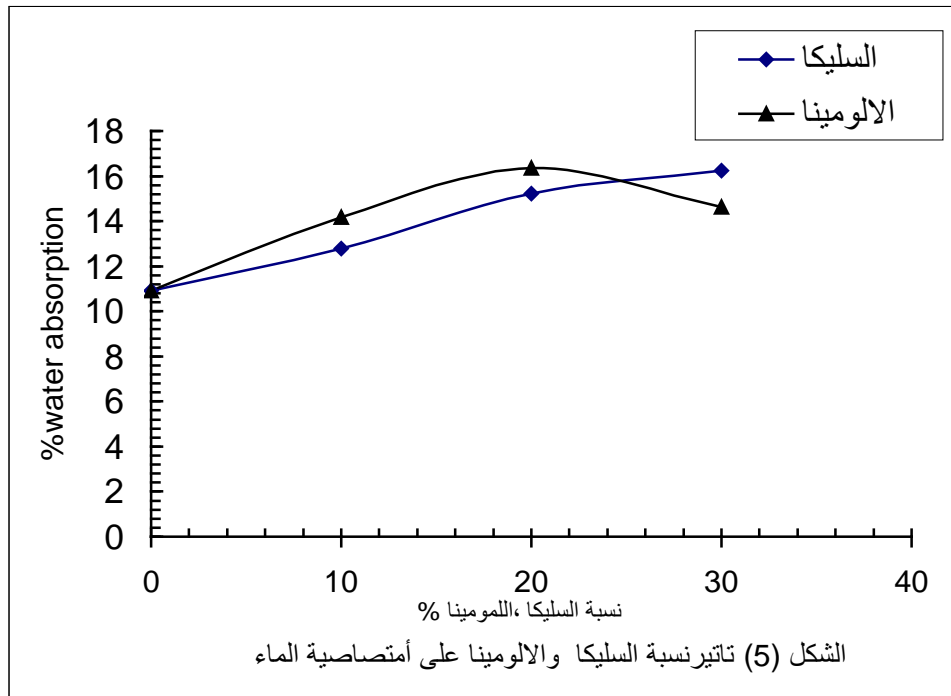
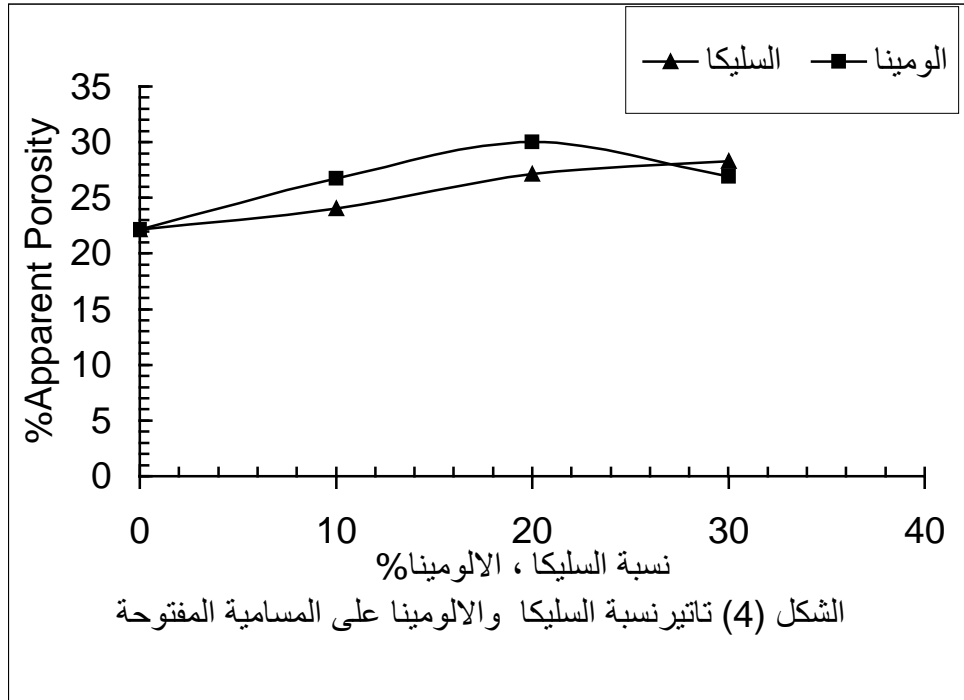
### الخواص الفيزيائية:

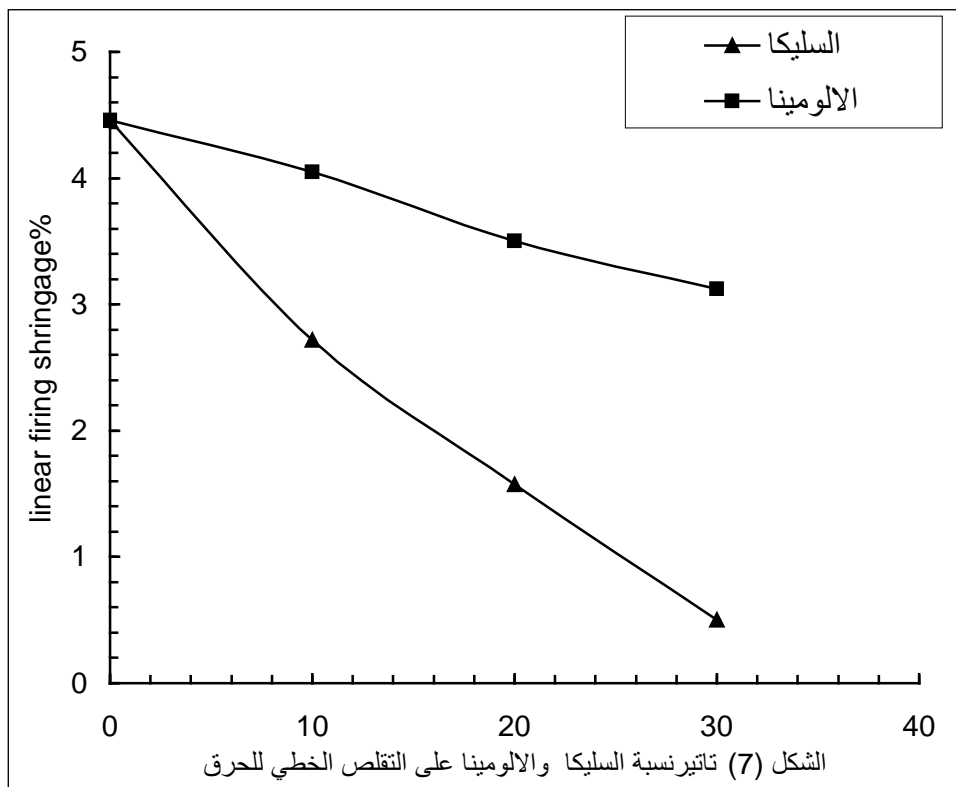
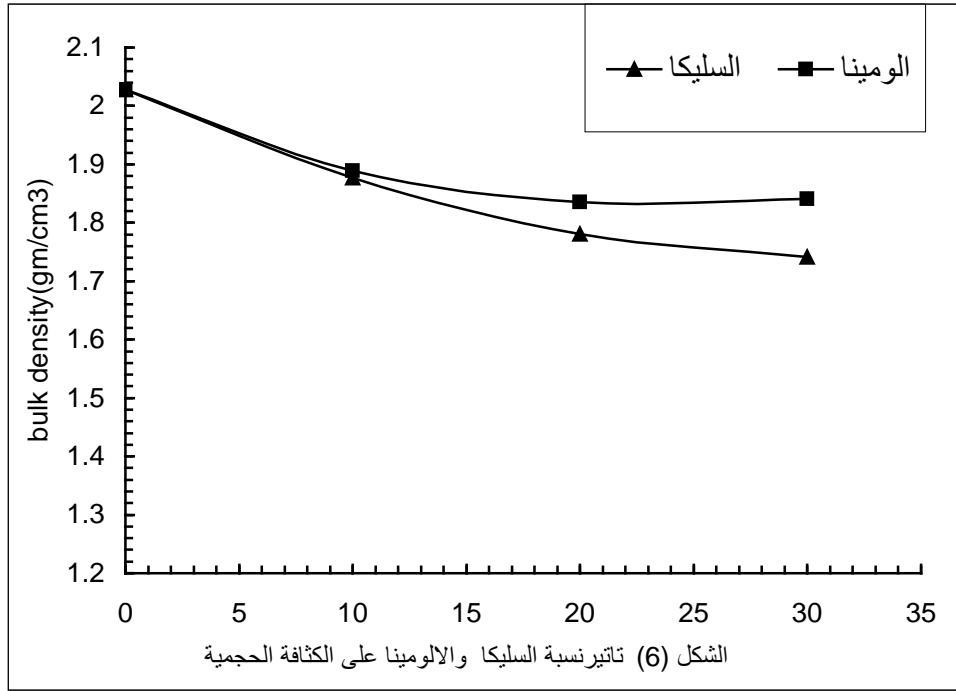
تبين الإشكال (4) و(5) و(6) و(7) النتائج المتحققة للخواص المدروسة لكل من المسامية المفتوحة وامتصاصية الماء والتقلص الخطي للحرق والكثافة الحجمية للنماذج الملبدة بدرجة حرارة  $1400^\circ\text{C}$  والتي بعضها متكونة من الكاولينايت العراقي المكلسن مع نسب من السليكا ( 10، 20، 30 ) % والبعض الآخر من الكاولينايت العراقي المكلسن مع نسب من الالومينا ( 10، 20، 30 ) % وذلك من اجل تحديد دقيق لتأثير هذه الإضافات على الخواص المدروسة. إذ يتضح من الشكل ( 4 ) ان نسبة المسامية المفتوحة تزداد ( 24، 27، 28 ) % مع زيادة نسبة السليكا ( 10، 20، 30 ) % على التوالي. يعزى سبب ذلك إلى ان زيادة نسبة السليكا يعني زيادة التغيرات الحجمية التي تحدث داخل النموذج أثناء عملية التليد مما يؤدي الى تكون تشققات مجهرية<sup>[20]</sup> فتؤدي أيضا إلى زيادة امتصاصية الماء. ويوجد سبب آخر ناتج عن وجود اوكسيد الحديد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  كشوائب في السليكا، لذا فان زيادة نسبة السليكا تعني زيادة نسبة  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  في تركيبة النموذج. حيث يتحلل  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  إلى  $\text{Fe}_3\text{O}$  مع تحرير غاز الأوكسجين<sup>[21]</sup>  $\text{O}_2$ . مما يؤدي إلى نفاذه من سطح النموذج مسببا زيادة امتصاصية الماء أيضا. السبب أعلاه يفسر أيضا إن النماذج المحتوية على 30 % سليكا تكون لها نسبة مسامية وامتصاصية ماء اكبر من النماذج المحتوية على 30 % الومينا .

يلاحظ من الشكلين (4) و(5) إن زيادة الالومينا مقارنة بالسليكا عند النسب 10 % و 20 % تعطي نسبة اكبر للمسامية المفتوحة وامتصاصية الماء. قد يعزى سبب ذلك إلى إن معدل التليد (معدل التكتيف densification) تكون اقل في النماذج المحتوية على الومينا . إذ تعرف

عملية التلييد بأنها العملية التي تزيد الترابط بين حبيبات المسحوق باستعمال درجة الحرارة وتعرف أيضا بأنها العملية التي تزيد متانة وكثافة مكبوسة مسحو ق من مادة معينة <sup>[22]</sup>. كذلك أشار (Cople) <sup>[23]</sup> إلى مصطلح التلييد بأنه التغيرات التي تحدث لحبيبات مسحوق متلامسة مع بعضها عند التسخين والتي تتضمن تغيرا في شكل المسامات ( pores ) ،تقلص المسامات ثم النمو الحبيبي.ومن ملاحظة الشكلين ( 2 ) و( 3 ) وجد إن عرض التوزيع الحبيبي لمسحوق الالومينا يكون اكبر مما في مسحوق السليكا . إذ وجد chapel وجماعته <sup>[24]</sup>تناقص معدل التكتيف عند زيادة عرض التوزيع الحبيبي .ويبين الشكل ( 6 ) ان الكثافة الحجمية للنماذج المحتوية على نسب الالومينا تكون اكبر من النماذج المحتوية على السليكا .حيث تمتاز الالومينا بكثافة عالية  $3.9\text{gm/cm}^3$  <sup>[8]</sup>في حين تكون كثافة السليكا مختلفة حسب الشكل البلوري :لكوارتز  $\text{gm/cm}^3$  ( 2.6-2.65 ) ،للتريديمايت ( 2.26-2.27 )  $\text{gm/cm}^3$  ،للكريستوبلايت ( 2.29-2.33 )  $\text{gm/cm}^3$  <sup>[25]</sup> .لذلك فأن النماذج المحتوية على السليكا (تريديمايت أو كريستوبلايت ) تكون ذات كثافة حجمية أقل .

ويبين الشكل (6) ان التقلص الخطي للحرق للنماذج التي تحتوي على السليكا يكون اقل بكثير من النماذج التي تحتوي على الالومينا .يعزى سبب ذلك الى عاملين ،الاول :زيادة حجم المسامات المغلقة بسبب تحرر غاز  $\text{O}_2$  من تحلل  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  إلى  $\text{Fe}_3\text{O}$  <sup>[21]</sup> والذي يؤدي أيضا إلى تمدد في أبعاد النموذج وبالتالي تناقص نسبة التقلص والكثافة الحجمية .الثاني :التمدد الحجمي الذي يصاحب تحول السليكا إلى الإشكال البلورية الأخرى (كوارتز←تريديمايت ← كريستوبلايت) <sup>[7]</sup> مما يقلل من التقلص الخطي للحرق .





### الخواص الكهربائية :

تبين الأشكال (8) و(9) و(10) النتائج المتحققة لتغير قيم ثابت العزل الكهربائي وعامل القدرة والتوصيلية الكهربائية مع تردد المجال الكهربائي لجميع نماذج البحث ، ويتضح من الأشكال أعلاه تناقص قيم ثابت العزل وعامل القدرة مع زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط وتتفق هذه النتيجة ونتائج عدد من الباحثين [13] ، [16] ، [26] ، [27] ، [28] يعزى ذلك إلى ان زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط تؤدي الى نقصان مساهمة الاستقطابية البينية (أو استقطاب الشحنة الفراغية space charge) الى الاستقطاب الكلي مما يؤدي الى نقصان قيم ثابت العزل للنماذج مع زيادة تردد المجال الكهربائي . كذلك ان زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط على النموذج يقلل من قابلية ثنائيات الأقطاب الكهربائية المحتثة على مواكبة تغير المجال الكهربائي مما يقلل من الطاقة التي تمتصها من المجال الكهربائي المسلط مما يؤدي إلى تناقص عامل القدرة مع زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط . ويبين الشكل ( 11 ) عدة ميكانيكيات للاستقطاب الكهربائي . فعند تسليط مجال كهربائي على طرفي متسعة تحتوي على عازل بين لوحها فسوف تحدث إزاحة موضعية لمراكز الشحنات الموجبة والسالبة فتولد عزوم محتثة ثنائية القطبية الكهربائية فتحدث بذلك عملية الاستقطاب الكهربائي والذي يرتبط مع ثابت العزل النسبي والمجال الكهربائي المسلط حسب المعادلة [29]:

$$P = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1)E$$

حيث ان :

$P$ : الاستقطاب،  $\epsilon_r$ : ثابت العزل النسبي الكهربائي ،  $E$ : شدة المجال الكهربائي المسلط ،  $\epsilon_0$ : السماحية الكهربائية للفراغ .

وتعطي معادلة ( Clausius Mossotti ) العلاقة بين ثابت العزل النسبي و القابلية الاستقطابية لوحدة الحجم ( $\alpha_0$ ) و تصح هذه المعادلة للعوازل الكهربائية غير القطبية و البلورات الأيونية [18] :-

$$\frac{N\alpha_0}{3\epsilon_0} = \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2}$$

و تمثل  $N$  عدد الجزيئات لوحدة الحجم .

كما يتضح من الأشكال ذاتها زيادة التوصيلية لجميع النماذج مع زيادة المجال الكهربائي المسلط. يعزى سبب ذلك إلى زيادة ميكانيكية نزوح الأيونات القاعدية الموجودة ضمن بنية الأطوار المكونة للنماذج السيراميكية مما يؤدي إلى زيادة التوصيلية الكهربائية. إذ تعتمد التوصيلية الكهربائية للمواد السيراميكية على طبيعة الأطوار ونسبها<sup>[30]</sup>. تبين الإشكال (8)، (9)، (10) الخواص العزلية للنماذج المتكونة من الكاولينايت العراقي المكلسن مع نسب إضافات من السليكا والالومينا ولمدى من الترددات لغاية  $10^6$  Hz، ودمجت منحنيات خواص ثابت العزل مع تردد المجال المسلط لجميع النماذج في الشكل (8) لتحديد تأثير نسب السليكا والالومينا على ثابت العزل الكهربائي. وأتبع الشيء ذاته لمنحنيات عامل القدرة والتوصيلية الكهربائية في الشكلين (9) و(10) على التوالي. إذ يلاحظ من الشكل (8)، عند الترددات أقل من  $1\text{KHZ}$  ( $\log f=4$ )، أن قيم ثابت العزل الكهربائي للنماذج التي تحتوي على ألومينا تكون أكبر من النماذج المحتوية على السليكا. يتضح أيضا من الشكلين (9) و(10) إن قيم عامل القدرة والتوصيلية الكهربائية تكون أكبر بشكل واضح للنماذج المحتوية على الالومينا لغاية تردد  $1\text{MHz}$ . يعزى ذلك إلى إن تأثير الاستقطابية البينية يكون كبيرا في النماذج المحتوية على الالومينا. حيث تحدث الاستقطابية البينية في المواد متعددة الأطوار (multiphase) أو غير متجانسة الخواص (heterogeneous) حيث أن وجود أطوار مختلفة التوصيلية الكهربائية في المادة الواقعة تحت تأثير مجال كهربائي يؤدي إلى نزوح الشحنات عبر الأطوار الأكتو توصيلية وتراكمها عند السطوح التي تفصلها عن الأطوار الأقل توصيلية مما يسبب زيادة ظاهرية في ثابت العزل الكهربائي ويمكن إن يحدث تراكم واقتناص الشحنات بسبب العيوب الشبكية أو المسامات أو الشوائب على سطح أقطاب العازل الكهربائي<sup>[18],[27],[30],[31]</sup> كما إن خواص سطح العازل تؤثر أيضا على الخواص الكهربائية إذ وجد إن المسامية العالية تسبب في زيادة ثابت العزل والفقدان العزلي ( $\tan\delta$ ) بسبب امتصاص الرطوبة من الجو والتي تتراكم السطح فتتدفق إلى داخل العازل وتتفاعل مع الأيونات القاعدية فتتحرر أيونات الهيدروكسي:

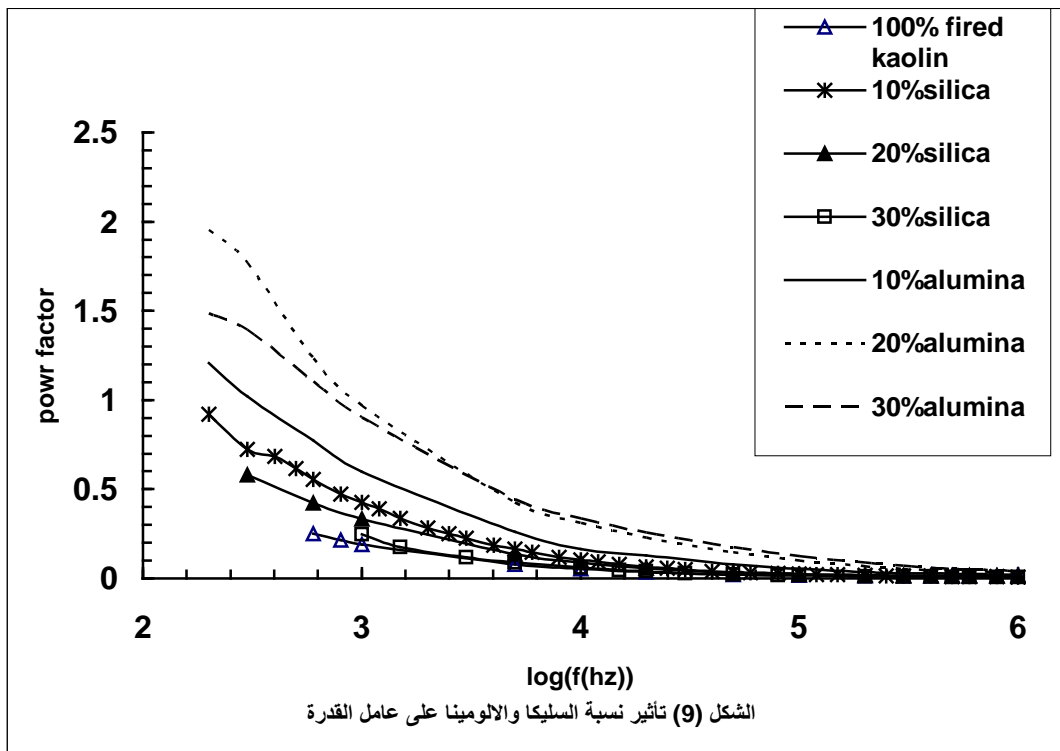
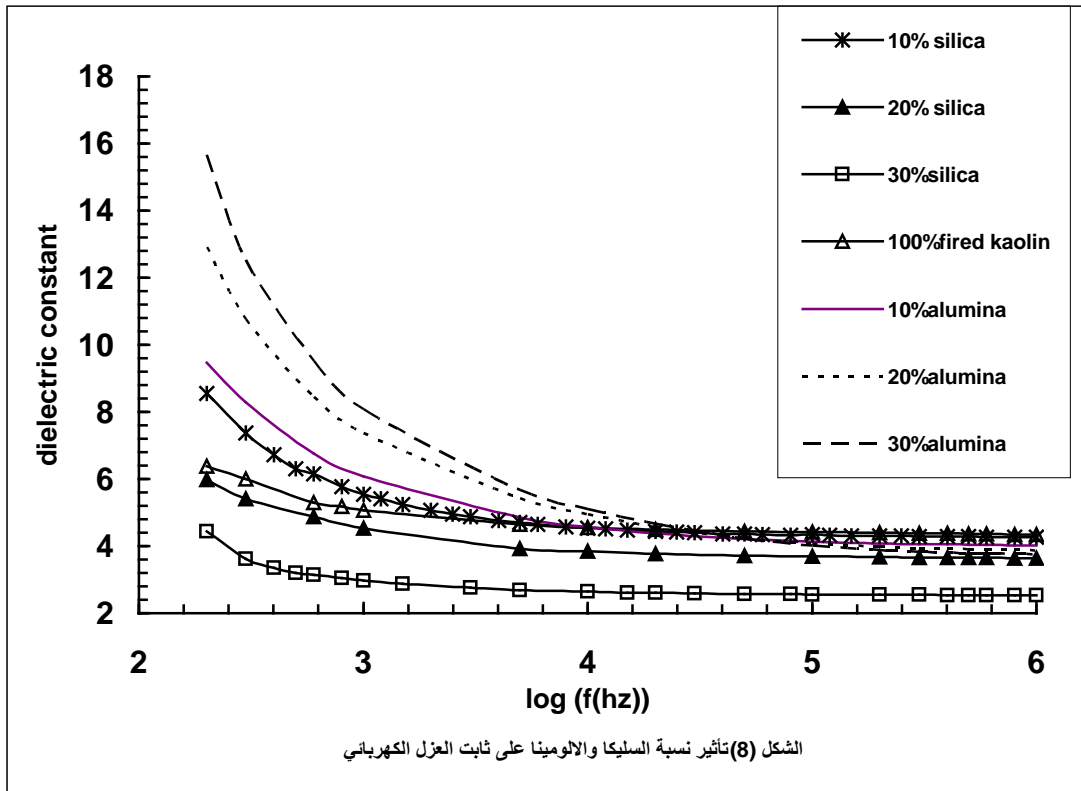


وتنتشر هذه الأيونات داخليا (interdiffuse) مع الأيونات القاعدية<sup>[26]</sup>. ويعتمد سلوك الخواص الكهربائية أيضا على التركيب المعدني (mineralogical) والبنية المجهرية للعازل السيراميكي، حيث وجد (Chaudhuri)<sup>[32]</sup>، في حالة العازل الكهربائي البورسليني، زيادة ثابت العزل والفقدان العزلي عند زيادة نسبة بلورات المولايت في حين تناقصت هذه الخواص مع زيادة طور الزجاجي. لذلك وفقا لما ذكر في أعلاه قد يكون سببا آخر للقيم العالية لثابت العزل وعامل القدرة والتوصيلية الكهربائية إضافة إلى تأثير نسبة المسامية المفتوحة، إذ يمكن أن يكون

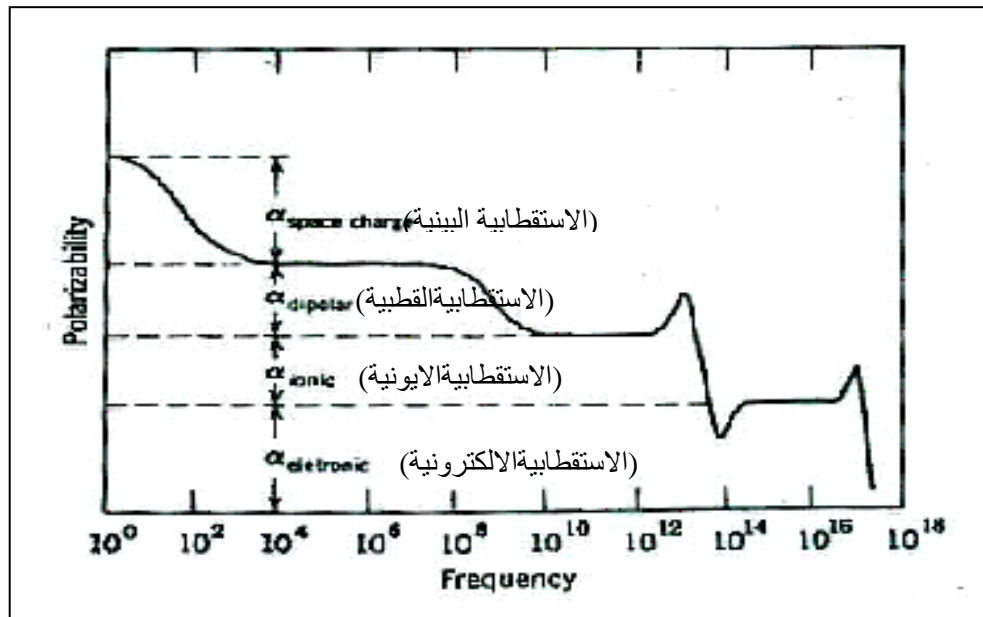
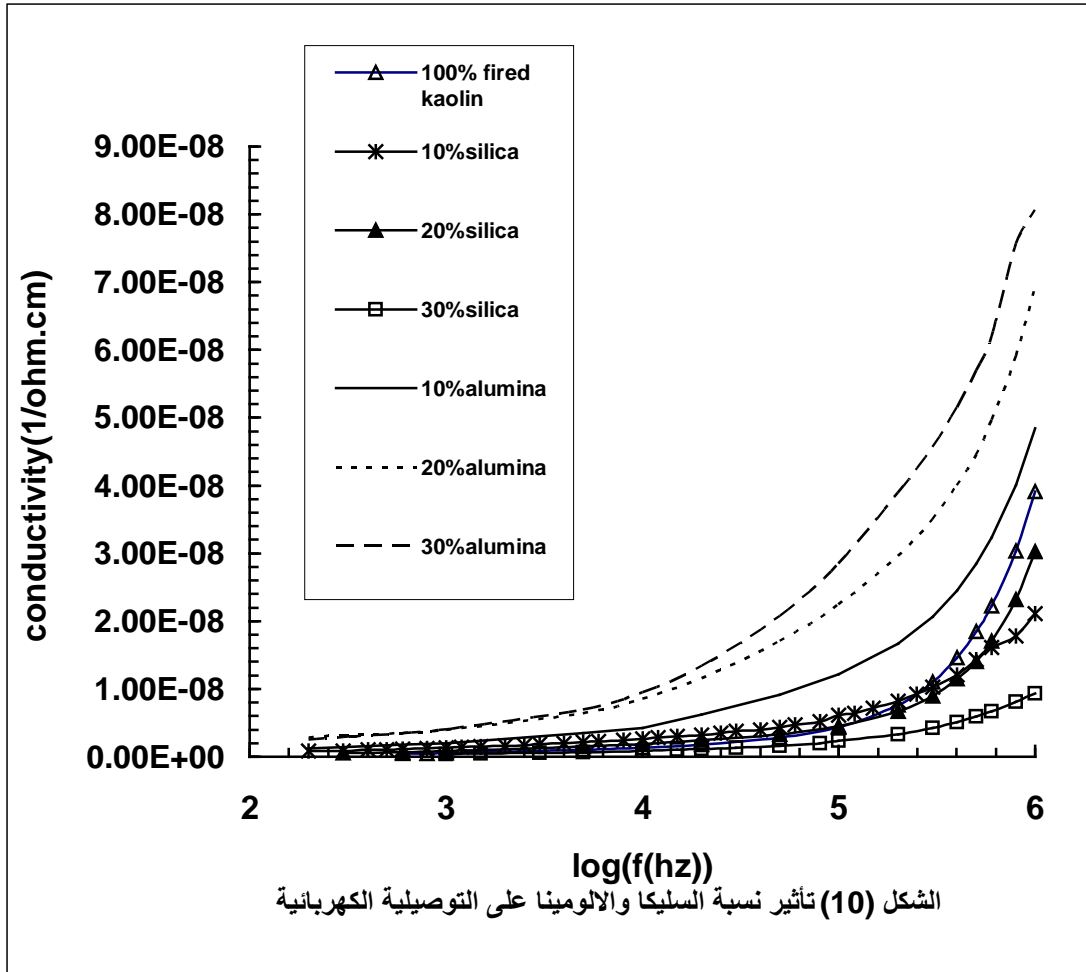
نسبة طور المولاييت اكبر وبالتالي يكون سببا آخر لسلوك هذه الخواص ضمن مدى الترددات المدروس .

ولدراسة تأثير زيادة نسبة السليكا على الخواص الكهربائية يلاحظ من الأشكال ذاتها ان عند نسبة سليكا 30 % تكون أقل قيم لثابت العزل والتوصيلية مع عدم تأثر قيم عامل القدرة مقارنة بخواص النموذج المحضر من الكاولينايت المكلسن فقط. دل ذلك بأن نسبة 30 % من السليكا تؤدي الى تجانسية أكثر في تكوين الأطوار المعدنية للنموذج مما يؤدي بدوره الى تقليل الاستقطابية البينية والتقليل من ميكانيكية نزوح الايونات مما يقلل بدوره التوصيلية الكهربائية. لذلك على الرغم من ان نسبة المسامية المفتوحة للنموذج المحتوي على 30 % سليكا تكون أكبر مما في حال الكاولينايت المكلسن فقط (الشكل 4)، إلا أن هذا التأثير يكون أقل من تأثير تجانسية الأطوار في النموذج المحتوي على 30 % سليكا.

ولملاحظة تأثير نسب الالومينا على الخواص الكهربائية يلاحظ من الأشكال ذاتها بان زيادة نسبة الالومينا تزيد من الاستقطابية البينية بشكل واضح، إذ من الشكل (8) نجد، عند الترددات الأقل من 1KHz ( $\log f=4$ ) تزداد قيم ثابت العزل مع زيادة نسبة الالومينا وتكون أكبر من قيم ثابت العزل للنموذج المتكون من الكاولينايت المكلسن فقط، وعند الترددات الأقل من 1KHz يحدث العكس، أي تقل قيم ثابت العزل مع زيادة نسبة الالومينا وتكون القيم أكبر مما في حالة النموذج المتكون من الكاولينايت المكلسن فقط. ويلاحظ من الشكلين (9) و(10) زيادة قيم عامل القدرة والتوصيلية مع زيادة نسبة الالومينا نتيجة لزيادة عدم تجانسية وتعدد الأطوار المتكونة مسببا في زيادة ميكانيكية نزوح الايونات .







الشكل (11) تغير الاستقطابية الكلية مع تردد المجال الكهربائي المسط [22]

## References

## المصادر

- 1- Pavlava. L and. Wilson, (1999) , *Clays and Clay Minerals*, **47**, 36.
- 2- Kobayashi. Y, Sumi. K and Kato. E, (2000) , *Ceramics International*, **26**, 739,.
- 3- Kobayashi. Y and Kato. E, (1994), *Am. Ceram. Soc.*, **77**, 833.
- 4- John.E, ,(1994),Department of Civil and Environmental Engineering ,University of California at Berkeley, April 22<sup>th</sup>, 2007.
- 5- Delgado .R, Delgado. G ,(1994), A.Ruiz, V.Gallardo and E.Gamiz, *Clay Minerals* ,**29**,758.
- 6- Moore .D, and Reynolds. R,( 1997),*X- Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*, second edition, Oxford University Press, Inc, Oxford New York.
- 7- Worrall .W, (1982),*Ceramic Raw Materials*, 2<sup>nd</sup> edition, Pergamon Press, Oxford, New York.
- 8- Huang. X, Hwang. J, and Mutsuddy. B , (1995),*Interceram*, **44**, 65.
- 9- Talor. D, (1983),*Brit. Ceram. Trans. J*,**83**,129.
- 10- Smrok. L, (1995),*Zeitschriftfur Kristallographie*, **210**, 177.
- 11- Claire .F, Sabine P, Alain D, and Daniele B,(2000),*Clays and Clay Minerals*,**48**,173.
- 12- Tomoyuki .I, Tomoyuki. M , and Changiun. W ,(2000), *Clays and Clay Minerals*,**48**,75.
- 13- Nour. K , Ani .A and Mahdi. F ,(1980),*Indian. J. Phys.*, **54A**, 444.
- 14- مجاهد محمد العبيدي ، ( 1997 ) ، دراسة تأثير الشوائب على الصفات العزلية والفيزيائية للكاولين، أطروحة ماجستير ، جامعة بغداد.
- 15- Nakahara . Z, Kondo .Y, Nakagawa. Z and Hamano. K, (1999), *J. Ceram. Soc. Japan*, **107**,1118 .
- 16- هاني محمود حسين،(2003) ،دراسة تأثير ظروف التشكيل في الخواص الفيزيائية للعازل الكهربائي السيراميكي، أطروحة ماجستير ،جامعة بابل.
- 17- A.S.T.M, Part 13 {D 116-69} ,( 1969),*Testing Vitriified Ceramic Materials for Electrical Applications*.
- 18- Kingery .W,( 1976),*Introduction to Ceramics*, John Wiley of Sons, Inc., New York.
- 19- Adams. A , (1967),*Ceram. Industry*, **88**, 70
- 20- Singer. F and Singer. S, 1963,*Industrial Ceramics*, Chapman and Hall Ltd, London.
- 21- Kobayashi. Y ,Ohira. O, Satoh. T, and Kato. E, (1992), *J. Am. Ceram. Soc.*, **75**,1801.
- 22- Budworth. D,( 1975),*Introduction to Ceramic Science*, 1<sup>st</sup> edition, Pergamon Press, Oxford, New York.
- 23- Coble. R, (1961),*J. Appl. Phys.*, **32**, 787.

- 24- Chappell .J, Ring .T and Birchall. J, , (1986),*J. Appl. Phys.*, **60**, 383.
- 25- Budnikov. P, (1967), *The Technology of Ceramic and Refractories*, M.I.T. Press, Cambridge.
- 26- Bishai A, Khayat. B and Awn.i F, (1985), *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **64**, 598.
- 27- Dayanad .C, Shekhar. M, Nagabhooshanam .M and Babu .V, (1980).*Indian.J.Phys.*, **54A**,118.
- 28- فؤاد عبد المهدي(1979) ، دراسة الخواص العزلية لبعض الأجسام السيراميكية عند الترددات الواطئة ، أطروحة ماجستير ، الجامعة المستنصرية.
- 29- Zaky .A and Hawley. R,( 1970),*Dielectric Solid*, Routlege and Kegan Paul Ltd .,London ,New York .
- 30- Eberle. H and .Kronert. W, (1973),*Tran.J.Ceram.Soc.* , **72**,6.
- 31- Tareev .B,( 1973),*Physics of Dielectric Materials*, Mir Publishers, Moscow.
- 32- Chaudhuri .S, (1974),*Trans. J. Br. Ceram . Soc.* , **73** , 37.

