

دراسة تأثير السليكا على الخواص الفيزيائية والكهربائية للالومينا (Al_2O_3)

هاني محمود حسين ميثم حسين رشيد

العلوم العامة-فيزياء/ كلية التربية الأساسية/جامعة بابل

الخلاصة

درس في هذا البحث الخواص الفيزيائية (التقلص الخطي للحرق، الكثافة الحجمية، المسامية المفتوحة وامتصاصية الماء) والخواص الكهربائية لغاية تردد 1 MHz (ثابت العزل الكهربائي، التوصيلية وعامل القدرة) لنماذج سيراميكية محضرة من مسحوق الالومينا مضافا إليها نسب من الكوارتز. إذ كبست النماذج بضغط 50 MPa بقالب قطره 5 cm ولبدت بدرجة حرارة $1500\text{ }^\circ\text{C}$ بزمن إنضاج 2.5 hr. يهدف البحث خلال دراسة الخواص المذكورة أعلاه إلى تشخيص دقيق لتأثير زيادة نسبة الكوارتز والتي كانت 5%، 10%، 20%، 30% في خواص الالومينا الفيزيائية والكهربائية. إذ وجد إن امتصاصية الماء والمسامية المفتوحة تقل بشكل عام بزيادة نسبة الكوارتز. كما وإن التقلص الخطي للحرق يقل بشكل ملحوظ (من 5% إلى 4.2%) عند النسب 5% و10% فيما يكون التغير طفيف جدا عند النسب 20% و30% إذ يكون التقلص الخطي (4.5 و4.6%) على التوالي. ووجد أيضا إن قيم الكثافة الحجمية للنماذج تقل مع زيادة نسبة الكوارتز لغاية 5% من 1.518 gm/cm^3 إلى 1.434 gm/cm^3 ثم تزداد بزيادة نسبة الكوارتز لغاية 30% من 1.541 gm/cm^3 إلى 1.586 gm/cm^3 . أما الخواص الكهربائية فقد وجد إن عند التردد 1 KHz وعند النسبة 5% من السليكا تكون أعظم قيمة لثابت العزل وعامل القدرة والتوصيلية الكهربائية. ووجد السلوك ذاته عند التردد 1 MHz باستثناء ثابت العزل. في حين عندما تكون نسبة السليكا 30% وعند التردد 1 MHz نحصل على أعلى قيمة لثابت العزل (3.15) يقابلها أقل قيمة للتوصيلية الكهربائية وعامل القدرة (0.0255 ، $4.47 \times 10^{-8}\text{ Ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$) على التوالي. وبشكل عام وجد من خلال دراسة منحنيات الخواص الكهربائية أنه مع زيادة نسبة السليكا بان قيم التوصيلية تزداد بشكل كبير عند النسبة 5% في مدى الترددات من 200Hz إلى 1MHz مقارنة مع الالومينا، ثم تبدأ تناقص عند النسب 10% و20%، وعند النسبة 30% نحصل على أقل قيمة للتوصيلية الكهربائية مقارنة بالالومينا. ووجد السلوك ذاته في منحنيات عامل القدرة.

مقدمة

توجد ألامينا النقية بشكلين أساسيين ألفا-الومينا ($\alpha-Al_2O_3$) وكاما-الومينا ($\gamma-Al_2O_3$) وتوجد أيضا على شكل بيتا-الومينا ($\beta-Al_2O_3$) وهي غير نقية وصيغتها الكيميائية $Na_2 \cdot 11Al_2O_3$. وتعد $\alpha-Al_2O_3$ ، وتسمى أيضا كورندوم، الشكل الأكثر استقرارا في خواصها الفيزيائية، تكون ألامينا غير لدنه وتتحول جميع أشكالها عند درجة حرارة $1000\text{ }^\circ\text{C}$ أو أعلى إلى $\alpha-Al_2O_3$ والتي تتصهر عند درجة حرارة $2050\text{ }^\circ\text{C}$ وتكون كثافتها 3.9 gm/cm^3 تقريبا، تلبد (sintering) الالومينا عند درجات حرارة عالية ($1700-1800\text{ }^\circ\text{C}$) وتستخدم كعوازل كهربائية جيدة وكمادة صامدة للحرارة (refractory) (1). وقام (2) باستخلاص الالومينا من الكاولين ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$)، كما تستخدم الالومينا في تحضير العوازل الكهربائية البورسلينية (porcelain dielectrics) إذ وجد إن إضافة $\alpha-Al_2O_3$ إلى الكاولين والفلسبار ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) (مادة صاهرة) لتحضير البورسلين الملبد عند $1350\text{ }^\circ\text{C}$ يزيد متانة الانثناء والكثافة الحجمية (3) كما وأن البورسلين المحضر من الكاولين والكوارتز والفلسبار يكون ذا متانة شد أقل من البورسلين المحضر من النسب الوزنية للكاولين والالومينا والفلسبار نفسها بسبب إن الالومينا لا تمتلك انقلابات بلورية في أثناء التلبد مما يقلل من تكون التشققات المجهرية (4). يمتلك أكسيد الألمنيوم النقي ($\alpha-Al_2O_3$) تركيبا بلوريا سداسي، حيث تترتب أيونات الأوكسجين السالبة حول الشكل السداسي، أما أيونات الألمنيوم الموجبة فتترتب على الجوانب المثمنة لهذه المجموعة، ويوضح الشكل (A) ترتيب ذرات الأوكسجين حول ذرات الألمنيوم، وينتج عن تركيب Al_2O_3 أعداد تناسق 6 و4 لكل من الأيون الموجب Al^{+3} والأيون السالب O^{-2} على التوالي، وإن نصف قطر الأيون Al^{+3} يساوي 0.053 nm ونصف قطر الأيون السالب O^{-2} يساوي 0.138 nm (5).

أنتج سيراميك الالومينا عام 1907 بعدها تطور الإنتاج بصورة كبيرة عن طريق تنوع الأساليب التقنية في صناعة المواد السيراميكية حيث كان أولا استعمال للالومينا كعوازل شمعات القذح (sparg-pluge) والتجهيزات المختبرية، تبعها توسع في الاستخدامات حتى شمل الصناعات الإلكترونية (6). وليس للالومينا أهمية صناعية فحسب بل حتى المخلفات الناتجة من استخلاصها حيث استخدم (7) مخلفات الطين الأحمر (red mud)، والناتجة من استخلاص الالومينا من خام البوكسيت (هيدروكسيد الألمنيوم)، في تحسين خواص البلاط السيراميك (ceramic tile) المحضر من الأيطان المصرية الفلسبار والسليكا. وتستخدم الالومينا أيضا في تحسين خواص الزجاج المتراكب (composite glass) ضمن نظام $MgO-B_2O_3$ باستخدام مسحوق الالومينا (معدل قطر حبيبي 1.1micron) كمادة حشوية (filler) (8) وقد جريت دراسات

عديدة على الخواص العامة للالومينا، إذ درس (9) البنية المجهرية للالومينا الملبدة بدرجة حرارة 1524°C وتأثرها بإضافات من اوكسيد المغنيسيوم (MgO) وتوزيع الح جم الحبيبي (particle size distribution) ونسبة الشوائب (Na_2O) المصاحبة للالومينا. كذلك درس (10) سلوك التليد، لنماذج محضرة من بيتا-ألومينا ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$) والملبدة عند درجات حرارة $1700\text{-}1400^{\circ}\text{C}$ مختلفة، من خلال دراسة البنية المجهرية والخواص الميكانيكية. كما درس (11) تأثير توزيع الحجم الحبيبي على سلوك التليد (التكثيف) والبنية المجهرية للالومينا المحضرة عند درجات حرارة تليد مختلفة $1340\text{-}1180^{\circ}\text{C}$. ودرس (12) تأثير إضافات من محلول صلب من MgO على سلوك تليد الالومينا النقية ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) الملبدة بدرجة حرارة 1600°C ، من خلال دراسة البنية المجهرية، إذ إن إضافة MgO تزيد من النمو الحبيبي ومعدل التليد (densification rate). ولكون الالومينا تستخدم في بعض التطبيقات عند درجات حرارة عالية فقد درس (13) البنية البلورية (وحدة الخلية ومعاملاتها)، عند درجات حرارة لغاية 2000°C ، بواسطة حيود النيوترونات، لنماذج من الفا-ألومينا ملبدة عند درجة حرارة 1550°C ووجد إن تحركية (mobility) ايونات الألمنيوم اكبر من الأوكسجين. كما أجريت من قبل (14) دراسة تأثير الشوائب (نسب 1% من الأكاسيد CaO ، SiO_2 ، Fe_2O_3 ، MgO ، Na_2O)، لمدى من الترددات لغاية 9400 MHz وعند درجات حرارة قياس $400\text{-}25^{\circ}\text{C}$. كما درس (15) البنية المجهرية لنماذج، تتكون من مسحوق محضر بطريقة (sol-gel) يتكون من نسب وزنية $72\% \text{Al}_2\text{O}_3$ و $28\% \text{SiO}_2$ ، ملبدة بدرجة حرارة 1700°C . ودرست (16) الخواص الفيزيائية والكهربائية لترددات $10^6\text{-}10^3\text{ Hz}$ لنماذج من الالومينا ملبدة بدرجة حرارة 1500°C ، مضاف إليها نسب من أوكسيد المغنيسيوم (MgO) (0.1%، 0.3%، 0.5%) وأوكسيد السليكون (SiO_2) (2%، 6%، 10%). واستخدم (17) طريقة الصب (slip casting) لتحضير نماذج سيراميكية شفافة من الالومينا (Translucent Alumina) من مسحوق الالومينا الناعم (Nano powder) ذات معدل قطر حبيبي 0.17 micron إذ أجريت عملية التليد بدرجات حرارة $1250\text{-}1450^{\circ}\text{C}$ ودرسوا عدة خواص منها البنية المجهرية والكثافة النسبية والنقل الخطي للحرق. . يهدف البحث خلال دراسة الخواص المذكورة أعلاه إلى تشخيص دقيق لتأثير زيادة نسبة الكوارتز والتي كانت 5%، 10%، 20%، 30% في خواص الالومينا الفيزيائية والكهربائية.

المواد وطريقة العمل

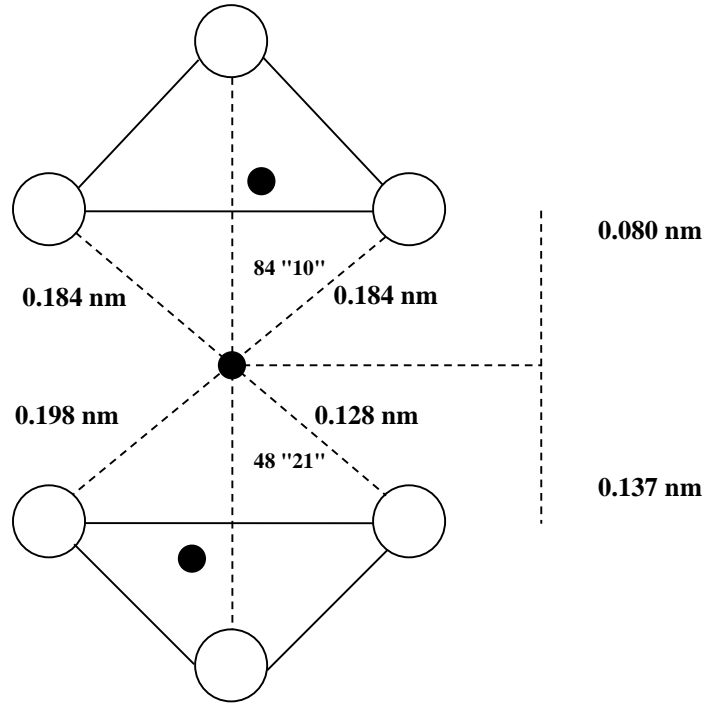
1- المواد الأولية المستخدمة

تم استخدام مواد تجارية: السليكا (الفا-كوارتز $\alpha\text{-SiO}_2$)، وبين الجدول (1) التحليل الكيميائي للسليكا. والالومينا (الفا-الومينا $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) بنقاوة (99-98)%. حيث أجريت التحاليل الكيميائية جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption /Flame Emission Spectrophotometer) نوع (Shimadzu AA-670). كما استخدمت منظومة (Coulter Counter Multisizer) لقياس معدل القطر الحبيبي وتوزيعه لمساحيق المواد الأولية وتم إجراء الفحوصات بأخذ مقدار يتراوح $2\text{-}0.5\text{ gm}$ من المسحوق المراد قياس معدل وتوزيع قطر حبيباته ثم يوضع في محلول موصل لزوج نوع ($\text{trisodium orthophosphate Na}_3\text{PO}_4$) وهو المحلول المناسب للتعامل مع هذه المواد، وعندما يتدفق هذا محلول عبر فتحة الأنبوبة الخاصة بالمنظومة فإن تدفق حبيبات المسحوق سيسجل بشكل إشارات كهربائية تتناسب مع أقطار الحبيبات حيث يقوم النظام الحاسوبي IBM، المربوط مع المنظومة، بالعمليات الإحصائية وتظهر الحصيلة النهائية لهذه العمليات على شاشة الحاسوب، يتم بذلك تسجيل معدل القطر الحبيبي وتوزيعه. وتبين الأشكال (B) و (C) توزيع قطر حبيبات المواد الأولية وبين الجداول (2) معدل القطر الحبيبي لمساحيق المواد الأولية المستخدمة.

2- تحضير النماذج

حضرت النماذج من خلال وزن النسب المطلوبة بميزان نوع (Mettler A 50) ذي قدرة تحسس ومدى تحميل 200 gm ، على التوالي، وتوضع النسب الوزنية المحددة في ورق زجاجي مع ماء مقطر بحجم $300\text{-}200\text{ ml}$ ، مع نسبة 0.5 gm من المادة الرابطة (P.V.A) وكانت درجة حامضية المحلول (PH=3)، وتخلط النسب مع الماء المقطر بواسطة خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) وبدرجة حرارة $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ ولمدة 5 hr ، لحين تكون عجينة والتي تم تقليل محتواها من الرطوبة إلى نسبة تتراوح (10-15)% بواسطة وضع العجينة في مجفف هوائي مع التحريك المستمر. كيست مساحيق النماذج بضغط (50 MPa) بمكبس (X-press Hydraulic) بقالب صنع محليا قطره 5 cm وارتفاعه 10 cm . جففت النماذج في جو المختبر لمدة 48 ساعة ثم وضعت في مجفف كهربائي عند درجة حرارة 50°C ثم رفعت درجة الحرارة تدريجيا إلى 100°C . وكانت مدة التجفيف 14 day . تم إجراء عملية التليد للنماذج بفرن نوع (Nabertherm) بمعدل تليد 2°C/min من درجة حرارة الغرفة إلى 600°C وتستقر

لمدة 10 min ثم بمعدل $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ إلى درجة 1500°C وتستقر لمدة 2.5 hr عند هذه الدرجة (زمن إنضاج). وكان سمك النماذج يتراوح من 0.3 إلى 0.32 cm. ويبين الجدول (3) النسب المئوية الوزنية لمكونات الخلطات الخاصة بالبحث .



الشكل (A) البنية البلورية لبلورة الالومينا وتمثل O ذرة

الأوكسجين ، ● ذرة الالمنيوم (5)

الجدول (1) التحليل الكيميائي للسليكا

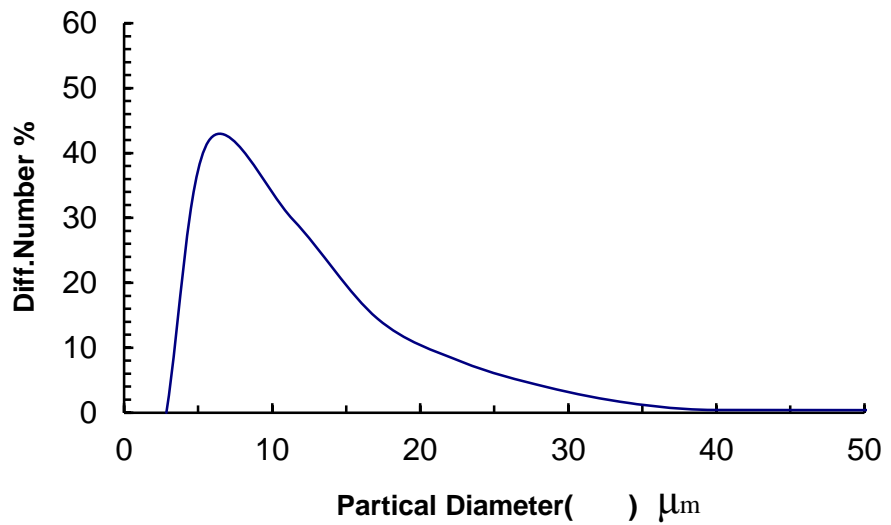
السليكا	نسبة المنوية الوزنية
Fe ₂	<
Al ₂	<
C	<
Mg	<0.0
K ₂	<0.0
Na	<
L.O	<

الجدول (2) : معدل القطر الحبيبي
لمساحيق المواد الأولية

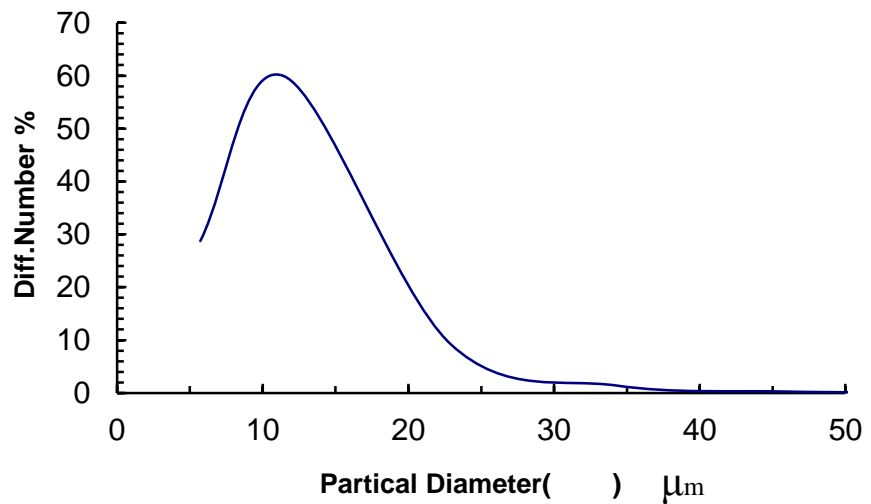
المسحوق	معدل القطر الحبيبي (μm)
الوميينا (Al ₂ O ₃)	16.63
السليكا (SiO ₂)	26.89

جدول (3): النسب المنوية الوزنية للنماذج

وزن	ارتز (SiO ₂) %	ميينا (Al ₂ O ₃)
		1



الشكل (B) توزيع أقطار الحبيبات لمسحوق السليكا



الشكل (C) توزيع أقطار الحبيبات لمسحوق الالومينا

3- قياس خواص النماذج*:

1- التقلص الخطي للحرق Linear Firing Shrinkage حسبت النسب المئوية للتقلص الخطي للنماذج حسب المعادلة الآتية (18):

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

حيث إن :

R_0 : قطر النموذج قبل الحرق (mm)

R : قطر النموذج بعد الحرق (mm)

2- الكثافة الحجمية Bulk Density

تعرف الكثافة الحجمية بأنها نسبة كتلة المادة إلى حجمها الكلي وتم قياسها من خلال قياس أبعاد النموذج بواسطة المايكروميتر و تعين وزنه بميزان نوع (Mettler A50) ذي قدرة تحسس 10^{-4} gm . و استخدمت العلاقة الآتية (18):

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

حيث إن :

M : كتلة النموذج (gm)

V : حجم النموذج (cm^3)

3- المسامية الظاهرية و امتصاصية الماء Apparent Porosity and Water Absorption

تعرف المسامية الظاهرية بأنها نسبة حجم المسامات المفتوحة (open pores) إلى الحجم الكلي للنموذج أما امتصاصية الماء فهي نسب حجم المسامات المفتوحة إلى كتلة النموذج . وحسب قاعدة ارخميدس تم حساب المسامية الظاهرية إذ غمرت النماذج في وعاء يحتوي ماء مقطر و سخن إلى درجة الغليان لمدة ساعتين وتترك لمدة 12 ساعة لتبرد . وقيست كتلة النموذج و هو مغمور بالماء بواسطة وضعه في سلة مغمورة بالماء و مرتبطة بميزان . و احتسبت المسامية الظاهرية و امتصاصية الماء من المعادلات الآتية (18):

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

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

حيث إن :

W_D : كتلة النموذج الجاف (dry) (gm)

W_s : كتلة النموذج المشبع بالماء (Soaked) (gm)

W_I : كتلة النموذج المشبع بالماء وهو مغمور بالماء (gm).

*

تم أخذ معدل القياسات لثلاث نماذج

4- قياس الخواص الكهربائية

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 cm^2) و تم استعمال جهاز HP 4284 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 $\pm 0.05\%$ و بقدرة تحليل 0.0001 ، و أعلى قيمة للمقاومة يستطيع الجهاز قراءتها هي 10^8 ohm . تم ربط قطبي النموذج مع قطبي جهاز () LCR meter باستخدام عجينة الفضة (silver paste) ثم يوضع النموذج في المجفف عند درجة حرارة 100°C لمدة 15min حيث تم إجراء عمليات المعايرة بالاعتماد على البرنامج الحاسوبي في الجهاز قبل بدأ القياس . أنتجت 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 (ϵ')، عامل القدرة (power factor ($\tan\delta$)) ويمثل مقدار الطاقة الممتصة من قبل العازل والتي تتحول إلى حرارة، المقاومة الكهربائية (ρ) و التوصيلية الكهربائية (σ) (حسب المعادلات الآتية (19، 20):

$$\epsilon' = \frac{H_S C_P}{\epsilon_0 A}$$

$$\tan \delta = \frac{1}{2\pi R_P f C_P}$$

$$\rho = R_P \frac{A}{H_S} \quad (\text{ohm.cm})$$

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

حيث أن: H_S : سمك النموذج (المسافة بين قطبي العازل) (cm)

C_P : قيمة السعة (F)

ϵ_0 : سماحية الفراغ ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)

A : مساحة قطب العازل (m^2)

R_P : المقاومة الكهربائية التي يسجلها الجهاز (ohm)

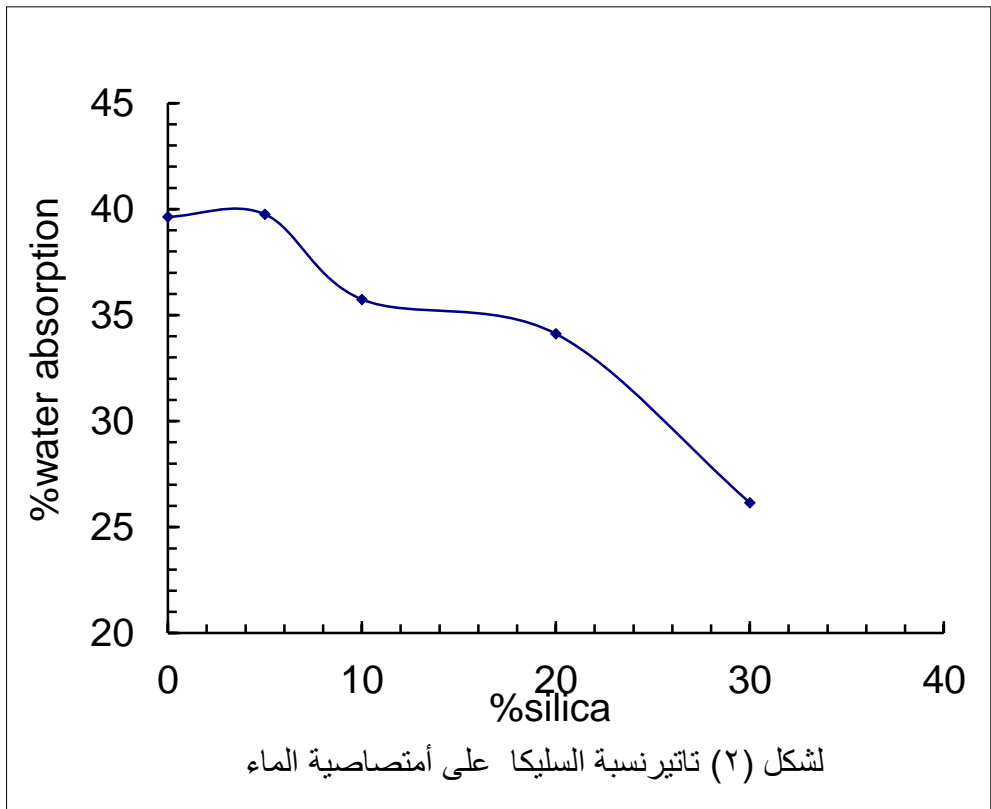
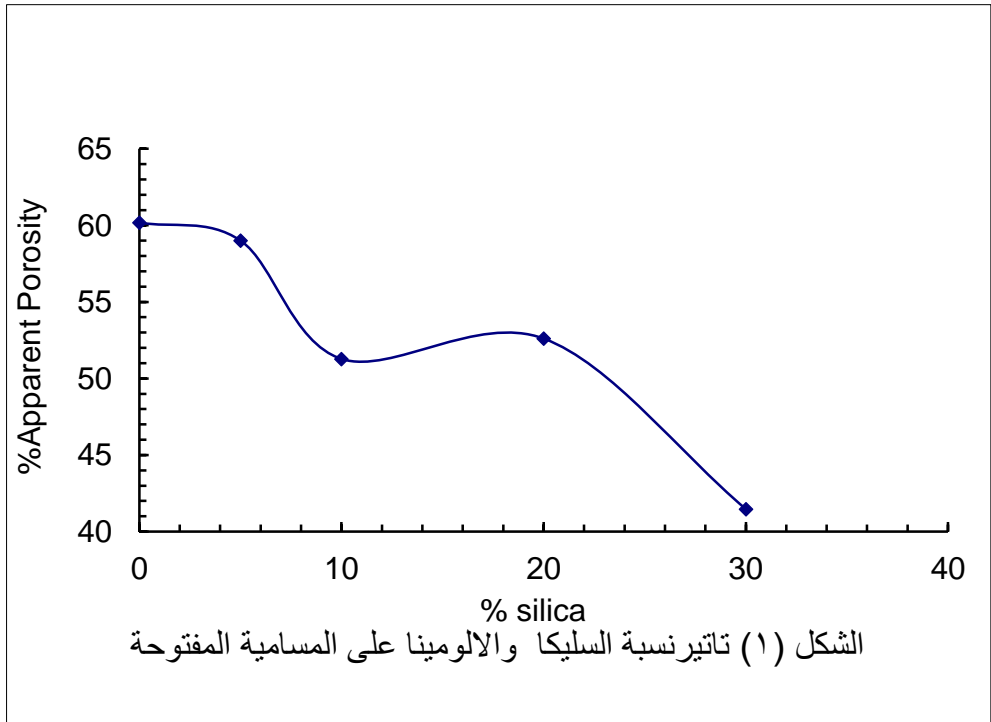
f : تردد المجال الكهربائي المسلط على النموذج (Hz)

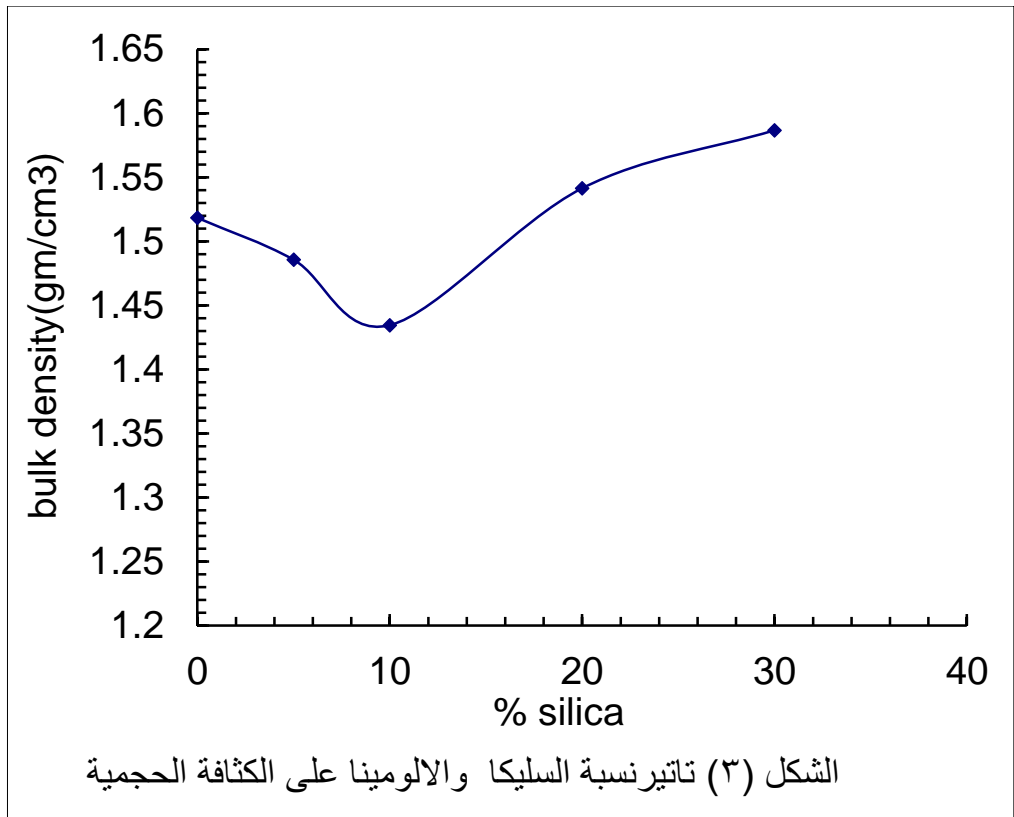
النتائج والمناقشة Result and Discussion

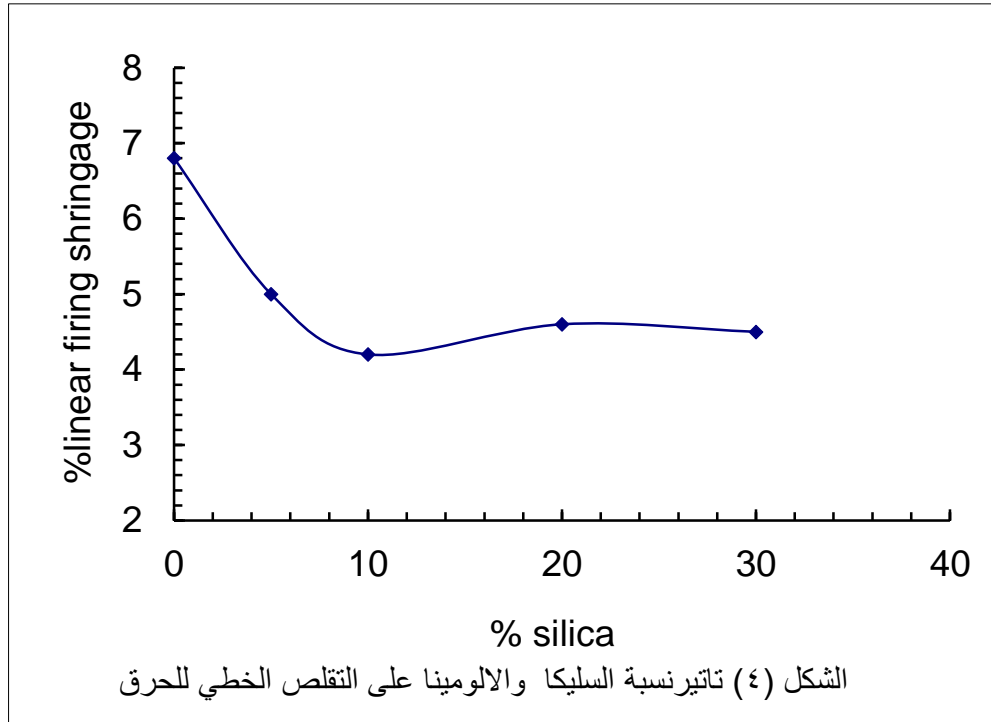
الخواص الفيزيائية

تبين الأشكال (1) و (2) و (3) و (4) النتائج المتحققة للخواص المدروسة لكل من المسامية المفتوحة وامتصاصية الماء والتقلص الخطي للحرق والكثافة الحجمية للنماذج الملبدة بدرجة حرارة 1500°C والمتكونة من الالومينا مع نسب من السليكا (5، 10، 20، 30). إذ يتضح من الشكل (1) تناقص نسبة المسامية المفتوحة مع زيادة نسبة السليكا، ويكون هذا التناقص متفاوتا حيث عند النسبة 5% يكون تناقص قليلا مقارنة بالنموذج المتكون من الالومينا فقط، وعند النسبة 10% يكون التناقص واضحا، أما عند النسبة 30% تكون أقل قيمة للمسامية المفتوحة. يمكن الاستنتاج بأن معدل التليد (معدل التكتيف densification rate) يزداد مع زيادة نسبة السليكا بشكل عام. إذ تعرف عملية التليد بأنها العملية التي تزيد الترابط بين حبيبات المسحوق باستعمال درجة الحرارة وتعرف أيضا بأنها العملية التي تزيد متانة وكثافة مكبوسة مسحوق من مادة معينة⁽²¹⁾. كذلك أشار (Coble)⁽²²⁾ إلى مصطلح التليد بأنه التغيرات التي تحدث لحبيبات مسحوق متلامسة مع بعضها عند التسخين والتي تتضمن تغيرا في شكل المسامات (pores)، تقلص المسامات ثم النمو الحبيبي. إذ وجد في حالة مكبوسات، متكونة من الالومينا والسليكا، ملبدة عند درجة حرارة 1700°C إن معدل التليد (التكتيف) يزداد مع تناقص نسبة الالومينا⁽²³⁾، لذلك تتناقص المسامية المفتوحة مع زيادة نسب السليكا والذي يؤدي أيضا إلى تناقص امتصاصية الماء كما في الشكل (2).

يبين الشكل (3) إن قيم الكثافة الحجمية تقل مع زيادة نسبة السليكا من 5% إلى 10% حيث تكون أقل من قيمة الكثافة الحجمية للنموذج المتكون من الالومينا فقط، حيث تكون عند نسبة 10% (1.434 gm/cm^3) وعند حالة الالومينا (1.52 gm/cm^3)، ثم تزداد عند النسب 20% و 30% (1.54 gm/cm^3 و 1.59 gm/cm^3) على التوالي، وتكون أكبر من قيمة الكثافة الحجمية للنموذج المتكون من الالومينا فقط. يعزى هذا السلوك إلى إن كثافة السليكا تكون أقل من كثافة الالومينا والتي تختلف حسب الشكل البلوري للسليكا: للكوارتز $2.6-2.65 \text{ gm/cm}^3$ ، للتريديمايت $2.26-2.27 \text{ gm/cm}^3$ ، للكريستوبلايت $2.29-2.33 \text{ gm/cm}^3$ ⁽²⁴⁾. لذلك فإن زيادة نسبة السليكا (تريديمايت أو كريستوبلايت) تقلل من كثافة النماذج. ولكن عند النسب 20% و 30% يظهر تأثير أكبر وهو تكون طور المولاييت، وهو مركب يتكون من السليكا والالومينا ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) ويمتاز باستقرارية حرارية وخواص ميكانيكية جيدة وتوصيلية حرارية واطنة ومعامل تمدد حراري قليل⁽²⁵⁾، كثافته $3.16-3.19 \text{ gm/cm}^3$ ⁽²⁶⁾. لذلك عند نسب السليكا 20% و 30% تكون نسبة المولاييت لها تأثير واضح في زيادة الكثافة الحجمية إذ يكون هذا التأثير أكبر من تأثير الكثافة الواطنة للسليكا. ويبين الشكل (4) سلوك التقلص الخطي للحرق مع زيادة نسبة السليكا، إذ يلاحظ إن التقلص يقل بشكل ملحوظ من 5% إلى 4.2% عند النسب 5% و 10% على التوالي، إذ تكون قيم التقلص أقل من النموذج المتكون من الالومينا فقط، حيث إن نسبة التقلص 4.2% عند نسبة 10% سليكا و 6.8% للنموذج المتكون من الالومينا فقط. ويكون التغير في التقلص طفيفا عند النسب 20% و 30%. يعزى ذلك إلى التمدد الحجمي الذي يصاحب تحول السليكا إلى الإشكال البلورية الأخرى (الأخرى (كوارتز تريديمايت كريستوبلايت)⁽²⁷⁾. مما يقلل من التقلص الخطي للحرق.







الخواص الكهربائية

تبيين الأشكال (5)، (6)، (7) 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 (28، 29، 30) يعزى ذلك إلى إن زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط تؤدي إلى نقصان مساهمة الاستقطابية البينية (أو استقطاب الشحنة الفراغية space charge) إلى الاستقطاب الكلي مما يؤدي إلى نقصان قيم ثابت العزل للنماذج مع زيادة تردد المجال الكهربائي . كذلك إن 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 (D) 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 (31):

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

حيث ان :

P: الاستقطاب

ϵ_r : ثابت العزل النسبي الكهربائي

E: شدة المجال الكهربائي المسلط

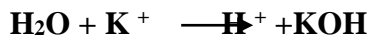
ϵ_0 : السماحية الكهربائية للفراغ

وتعطي معادلة (Clausius Mossotti) العلاقة بين ثابت العزل النسبي و القابلية الاستقطابية لوحدة الحجم (α_0) و تصح هذه المعادلة للعوازل الكهربائية غير القطبية و البلورات الأيونية (19) :-

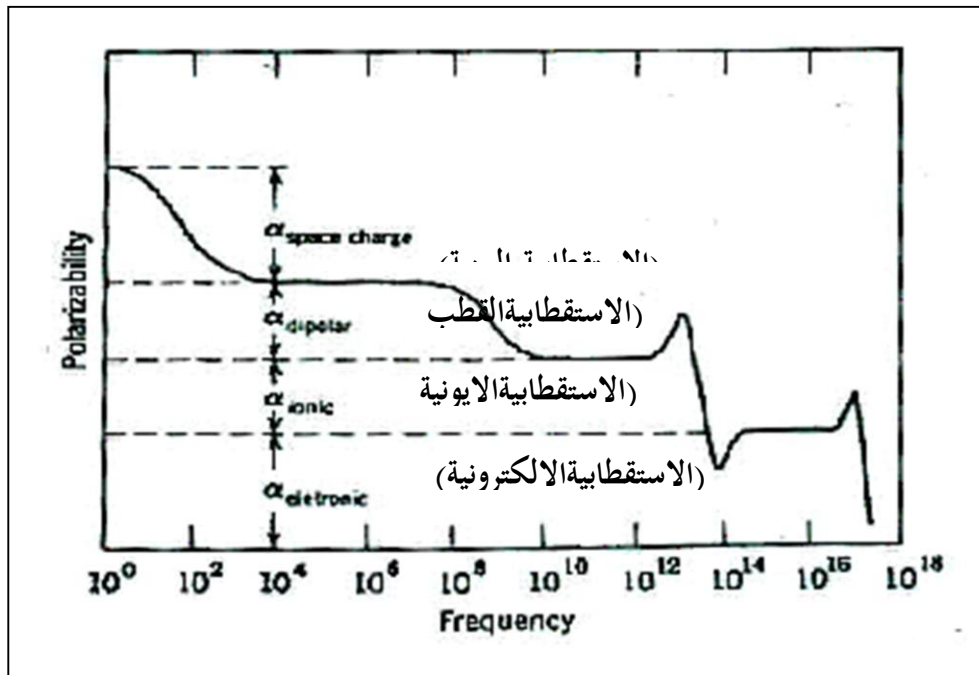
$$\frac{N\alpha_0}{3\epsilon_0} = \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2}$$

و تمثل N عدد الجزيئات لوحدة الحجم .

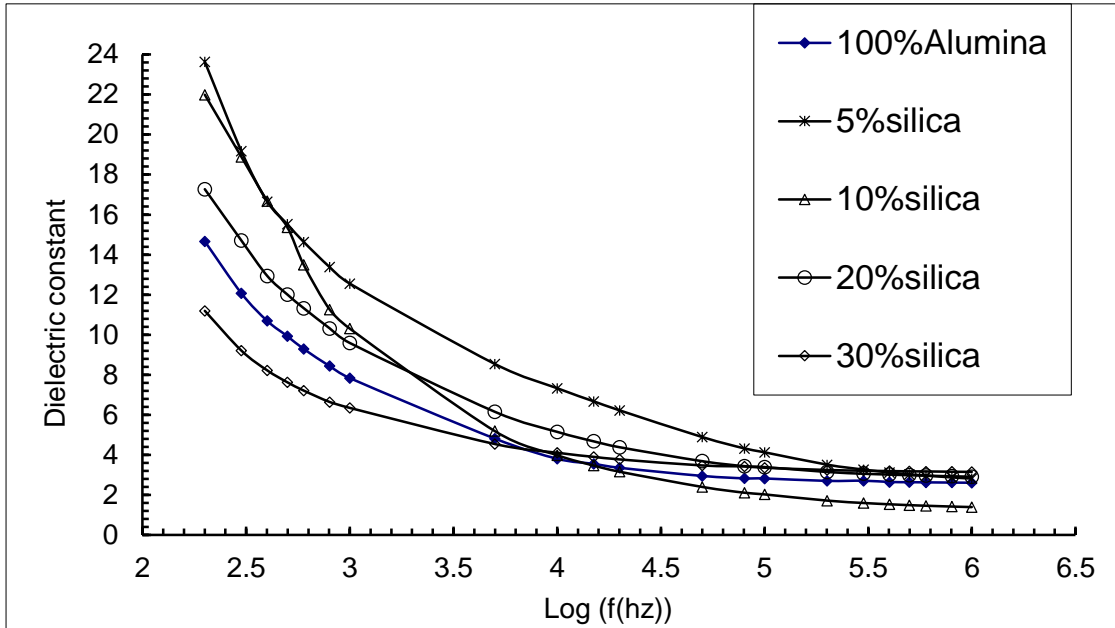
كما يتضح من الأشكال ذاتها زيادة التوصيلية لجميع النماذج مع زيادة المجال الكهربائي المسلط يعزى سبب ذلك إلى زيادة ميكانيكية نزوح الايونات القاعدية الموجودة ضمن نسبة الأطوار المكونة للنماذج السيراميكية مما يؤدي إلى زيادة التوصيلية الكهربائية. إذ تعتمد التوصيلية الكهربائية للمواد السيراميكية على طبيعة الأطوار ونسبها⁽³²⁾. إذ يلاحظ من الشكل (5) إن النموذج المحتوي على 5% سليكا تكون له قيم ثابت عزل عالية لمدى واسع من الترددات، في الوقت ذاته يتضح من الشكلين (6) و(7) إن قيم عامل القدرة والتوصيلية الكهربائية، للنموذج المحتوي على 5% سليكا، تكون أعلى مقارنة بالنماذج الأخرى. يعزى ذلك إلى زيادة الاستقطابية البينية. حيث تحدث الاستقطابية البينية في المواد متعددة الأطوار (multiphase) أو غير متجانسة الخواص (heterogeneous) حيث إن وجود أطوار مختلفة التوصيلية الكهربائية في المادة الواقعة تحت تأثير مجال كهربائي يؤدي إلى نزوح الشحنات عبر الأطوار الأكثر 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⁽¹⁹⁾ 29، 32، 33). كما إن خواص سطح العازل تؤثر أيضا على الخواص الكهربائية إذ وجد ان المسامية العالية تسبب في زيادة ثابت العزل والفقدان العزلي ($\tan\delta$) بسبب امتصاص الرطوبة من الجو والتي تتراكم السطح فتتفد إلى داخل العازل وتتفاعل مع الايونات القاعدية فتتحرر ايونات الهيدروجين:



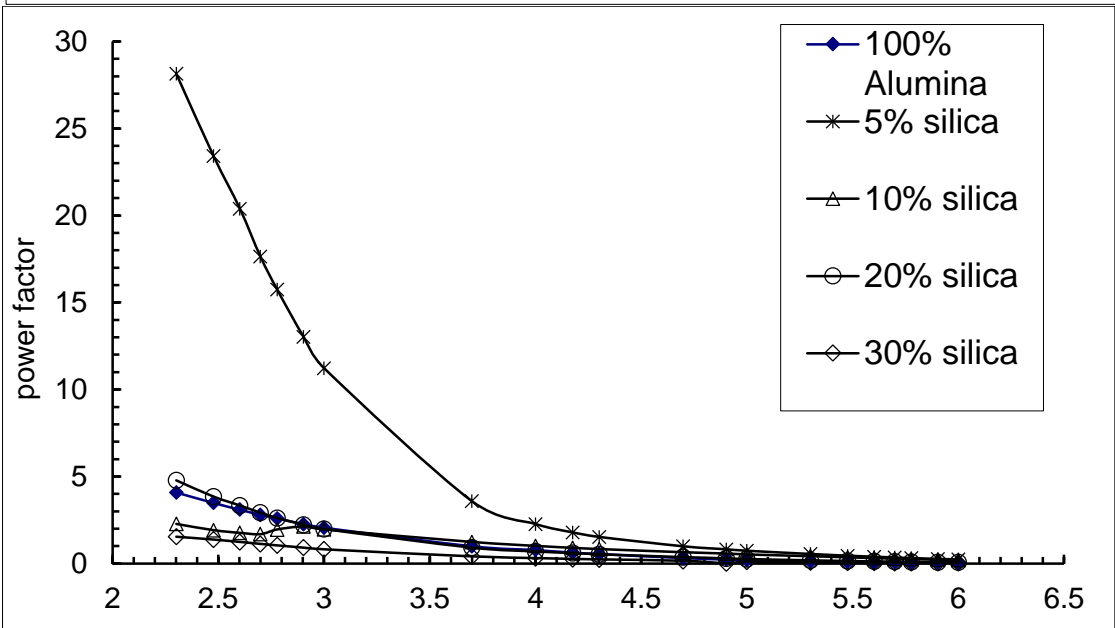
وتنتشر هذه الأيونات داخليا (interdiffuse) مع الأيونات القاعدية⁽²⁹⁾. إذ تكون نسبة امتصاصية الماء للنموذج المحتوي على 5% سليكا أعلى من باقي النماذج، كما مبين في الشكل (2)، مما يزيد من التأثير الذي أشير إليه في أعلاه. كما يلاحظ إن النموذج المحتوي على 30% سليكا له قيمة ثابت عزل عند تردد 1KHz أقل من النماذج الأخرى، وعند تردد 1 MHz أعلى من باقي النماذج، كذلك له قيم توصيلية وعامل قدرة أقل من باقي النماذج ضمن مدى الترددات المدروس. تؤكد هذه النتيجة إن تأثير الاستقطابية البينية قل بشكل كبير نتيجة لتناقص نسبة المسامية المفتوحة وامتصاصية الماء، كما مبين من الشكلين (1) و(2) مما يقلل من تأثير الرطوبة على سطح النموذج. ويعزى أيضا إلى تجانسية الأطوار وارتفاع معدل التكثيف والذي استدل عليه من القيم العالية للكثافة الحجمية مقارنة مع باقي النماذج كما مبين في الشكل (3). ويبين الجدول (4) قيم الخواص الكهربائية عند التردد 10^3 Hz و التردد 10^6 Hz.



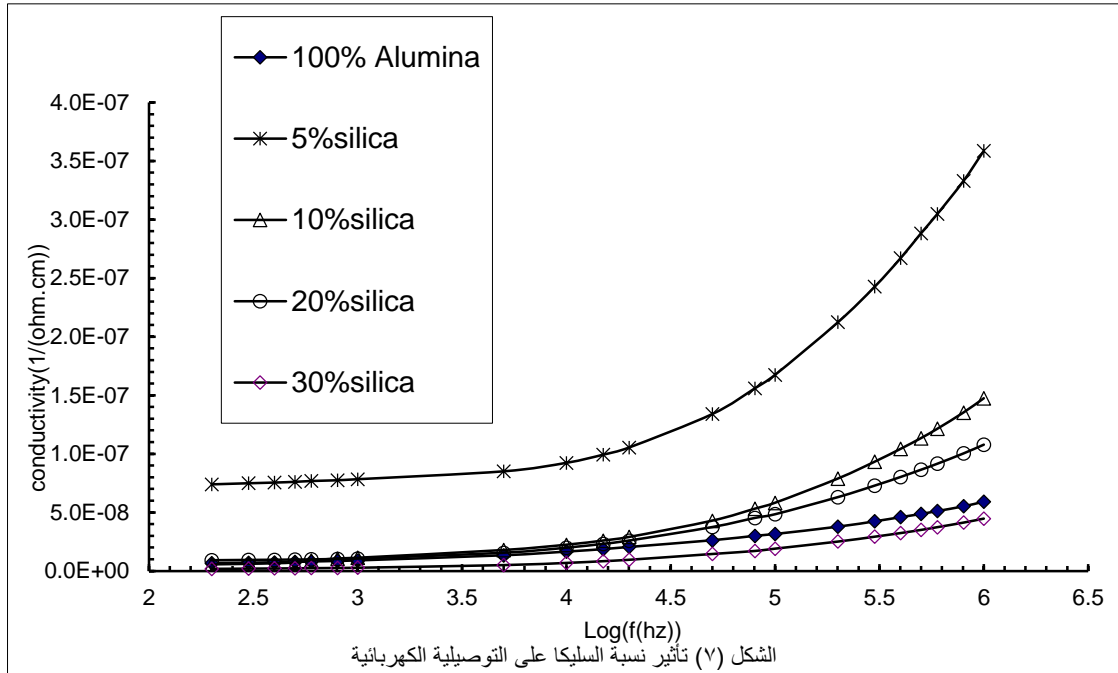
شكل (D) تغير الاستقطابية الكلية مع تردد المجال الكهربائي المسلط⁽¹⁹⁾



الشكل (٥) تأثير نسبة السليكا على ثابت العزل الكهربائي



الشكل (٦) تأثير نسبة السليكا على عامل القدرة



الجدول (4): قيم الخواص الكهربائية عند التردد 10^3 Hz والتردد 10^6 Hz.

وصليية الكهربائيه ⁻¹ (ohm.cm)		القدرة		العزل الكهربائي		وزج
10^6	10^3	10^6	10^3	10^6	10^3	
$5.3*1$	$8.89*1$	0.4		2	7.	
$3.578*1$	$7.837*1$	0.22	11.2	2.8	12.	
$1.47*1$	$1.22*1$	0.	1.9	1.	10	
$1.078*1$	$1.05*1$	0.06	1.	2.	9.	
$4.47*1$	$2.86*1$	0.02	0.	3.	6.3	

Reference:

المصادر

1. Worrall .W, (1982),*Ceramic Raw Materials*, 2nd edition, Pergamon Press, Oxford, New York,.
2. Kang. H, Park. S, Son. M, Lee. H, and Park. H,(2000),Preparation of Alumina from Kaolin,*Brit.Ceram.Trans.*,Vol.99,36.

3. Kobayashi. Y, Ohira. O, Satoh. T, and Kato. E, (1994) Effect of Alumina on the Sintering and bending strength of the porcelain bodies in Alumina –feldspar-kaolin system, *Brit .Ceram .Trans.* ,Vol. 93,p. 49-52.
4. Adams. A, (1967). proved: Reynolds ceramic grade aluminas substantially ,*Ceram. Industry* ,Vol. 88,p. 70-71.
5. Colm,I.T.Mc, 1985,*Ceramic Science for Materials Technologists* ,Leonard Hill.
6. Doore. E,(1984),"Alumina "USA .
7. Youssef .N.F, Shater. M.O, Abadir. M.F, and Ibrahim . O.A, (2002) Utilization of Red mud in the manufacture of ceramic tiles ,*Key Engineering Materials Vols.206-2130* ,p.1775-1778,*7th conference of the European Ceramic Society*
8. Okamoto. M, kodama. H ,and Shinozaki .K ,(2008), *Effect of crystallized phase on mechanical strength of hot –pressed composite of MgO-B₂O₃-Al₂O₃ type glass and Al₂O₃ filler* ,*J.Ceram.Soc.,Japan*,vol.116,no.3,p.475- .
9. Ting .J and. Lin. R , ,(1991),Effect of powder characteristics on microstructure and strength of sintered Alumina ,*Ceramic Bulletin* ,Vol.70,no.7,p.1167-1172.
10. J.R.G.Evans and R.Stevens,(1984),A study of the sintering of β -Alumina: microstructure and mechanical properties ,*Brit.Ceram.Trans.J.*,Vol.83,p.43-49.
11. Tsung Shou Yeh and Michael .Sacks ,(1988),Effect of particle size distribution on the sintering of Alumina,*J.Am.Ceram.Soc.Vol.*,71,no.12,p.484-487.
12. K.A.Berry and M.P.Harmer ,Effect of MgO solute on microstructure development in Al₂O₃ ,*J.Am.Ceram.Soc.*,Vol.69,no.2,p.143-149,(1986).
13. P.Aldebert and J.P.Traverse, Neutron diffraction study of structural characteristics and ionic mobility of α -Alumina at high temperatures ,*J.Am.Ceram.Soc.*,Vol.65,no.9,p.460-464,(1982).
14. J.S.Perry , Effect of impurities on the high temperature x-band dielectric properties of sintered Alumina , *Trans.Brit.Ceram.Soc.*,Vol.69,no.1,p.177-182,(1970).
15. J.A.Pask,Y.W.Zhang , A.P.Tomsia ,and .E.Yoldas, (1987),Effect of sol-gel mixing on mullite microstructure and phase equilibria in the α -Al₂O₃-SiO₂ system ,*J.Am.Ceram.Soc.*, Vol.70,no.10,p.704-707.
16. Shaime kassem abd al hussien ,(1999)prepare and study height voltage insulator from Doped Alumina,M.Sc thesis ,college of ibn al hathem .
17. C. Promdej, S.Areeraksakul, V.Pavarajarn,S.Wada, T.Wasanaplarnpong and T. Charinpanttkul ,(2008),Preparation of translucent alumina ceramic specimen using slip casting method Vol.116,no.3,p.409-413 ,*J.Ceram.Soc.,Japan*.
18. A.S.T.M, Part 13 {D 116-69}, (1969),*Testing Vitrified Ceramic Materials for Electrical Applications*.
19. W.Kingery, (1976),*Introduction to Ceramics*, John Wiley of Sons, Inc., New York.
20. F. Singer and S. Singer, (1963),*Industrial Ceramics*, Chapman and Hall Ltd, London.
21. D. Budworth,(1975),*Introduction to Ceramic Science*, 1st edition, Pergamon Press, Oxford, New York.
22. R. Coble, (1961), Sintering crystalline solids .I. Intermediate and final state diffusion models , *J. Appl. Phys.*,Vol. 32,No.5,P. 787-792.
23. Michael D.Sacks and Joseph A .Pask,Sintering of mullite containing materials : I, effect of composition , *Am.Ceram.Soc.*,Vol.65,no.2,p.65-70,(1982).
24. P. Budnikov, (1967),*The Technology of Ceramic and Refracteries*, M.I.T. Press, Cambridge.
25. X. Huang, J. Hwang and B. Mutsuddy, (1995), Properties of mullite synthesized from fly and Alumina mixture , *Interceram*,Vol. 44,no.2,p. 65-71.
26. B.Marple and D.Green,(1989), Mullite /Alumina particulate composites by infiltration processing ,*J.Am.Ceram.Soc.*,Vol.72,no.11,p.2043-2048.

27. D.Talor, ,(1983),Thermal expansion IV. Binary oxides with silica structur e ,*Brit.Ceram.Trans.J*,Vol.83,p.129-133.
28. K. Nour , A. Ani and F. Mahdi ,(1980) ,*Study the effect of firing temperature on the dielectric properties of kaolinite clay . Indian. J. Phys.*,, 54A,p.452- 444.
29. Bishai, B. Khayat and F. Awni, (1985),Dielectric and physicomechanical properties , *Am. Ceram. Soc. Bull.*,Vol. 64,no.4,p. 598-601.
30. Hani Mahmood Hussien ,(2003),/Study of effect of processing condations on the physical properties of ceramic electrical insulator ,M.Sc thesis ,university of Babylon .,
31. Zaky and R.Hawley,(1970), *Dielectric Solid*, Routlege and Kegan Paul Ltd .,London ,New York .
32. H.Eberle and W. Kronert , (1973), *Electrical conductance and electrical relaxation effects in industrial porcelain bodies , Tran.J.Ceram.Soc. ,vol. 72,no.7,p.323-329 .*
33. Tareev ,(1973),*Physics of Dielectric Materials*, Mir Publishers, Moscow.

Study the affect of Silica on the physical and electrical properties of Alumina (Al_2O_3)
 Hani mahmood hussien mathem hussien rasheed
 Department of general science ,college of basic education ,university of babylon

Abstract:

The research concerns with physical properties (linear firing shrinkage ,bulk density ,open porosity , and water absorption) and electrical properties up to 1 MHz (dielectric constant ,electrical conductivity and power factor) of samples prepared from Alumina powder with Quartz additives .Samples were pressed at pressure 50 MPa by using a mould has diameter 5 cm and fired at temperature 1500 °C with maturing time 2.5 hr . The research ,in the course of studying the above properties , aims to an accurate clarifying to the effect of Quartz additives percentage (5 % , 10 % , 20 % , and 30 %) on the physical and electrical properties Alumina.It was found that the water absorption and open porosity decreased with increasing of Quartz additives .Also ,it was found clearly decreasing in linear shrinkage (from 5 % to 4.2 %) at Quartz additives 5 % and 10 % ; while the variation was a trace at 20 % and 30 % (from 4.6 % to 4.5 %) respectively .Also , it was found decreasing of bulk density with increasing of Quartz additives up to 10 % from 1.518 gm/cm³ to 1.434 gm/cm³ then it increased with increasing of Quartz up to 30 % from 1.541 gm/cm³ to 1.586 gm/cm³ . In relation to electrical properties ,at the frequency 1 KHz , it was found that 5 % of Quartz additives result in maximum values of dielectric constant and power factor and electrical conductivity. The same behavior was found at 1 MHz except dielectric constant; while the 30 % of Quartz additives gave maximum dielectric constant(3.15) and minimum electrical conductivity and power factor ($4.47 \times 10^{-8} \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,0.0255) respectively .In general it was found ,through the curves of electrical properties with increasing of Quartz additives , that the ratio 5 % gave larger values of electrical conductivity within the extent of frequency from 200 Hz to 1 MHz ,then it decreased at the additives 10 % and 20 % .While at ratio 30 % gave minimum values of electrical conductivity compared to Alumina. The same behavior was found relative to power factor curves.