Effect of Sawdust and Zirconia Addition on the Dielectric Strength of Iraqi Kaolin Composite.

Najah Kadum Alian

Technical Institute of Karbala, Al-Furat Al-Awsat Technical University, 56001, Karbala, Iraq

E-mail: inkr.njh@atu.edu.iq

Submission date:- 31/7/2019	Acceptance date:- 27/8/2019	Publication date:-4/9/2019

Abstract:

Iraqi kaolin is used as a principle part of the study after additives Sawdust in weight ratio (10%) and (2%) Poly Vinyl Alcohol (PVA) as a binding material. (Micro or Nano) Zirconia has been added to the composite in different weight ratio (0%, 5%, 10%, 15%، 20%) for the purpose of improving dielectric strength .Samples are formed in a semi-dry pressing with pressure of about (20 Mpa).

The formulation is achieved by using a template of (12 mm) diameter and a time of about (2 min). Then, the prepared samples have been sintered.

Firing process was carried out by three temperature degrees (800, 900, 1000) ºC for mean heating about 5 ˚C/min and remained at every temperature degree for one hour.

The results showed that the increase in the proportion of (Micro or Nano) Zirconia results in increasing the value of dielectric strength and the best results where achieved by adding Nano Zirconia. The increasing of the Firing temperature also leads to increase the value of the dielectric strength.

Keywords: Kaolin, Composite, Sawdust, Micro Zirconia, Nano Zirconia, Poly Vinyl Alcohol, Sintering, Dielectric Strength.

Journal of University of Babylon for Engineering Sciences by *University of Babylon* is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

تأثير إضافة نشارة الخشب والزركونيا على متانة العزل الكهربائي لمتراكب الكاؤلين العراقي

نجاح كاظم عليان

المعهد التقني، كربلاء، جامعة الفرات الاوسط التقنية، ٥٦٠٠١، كربلاء، العراق

E-mail: inkr.njh@atu.edu.iq

الخلاصة :

تكمن أهمية هذا البحث في استخدام مادة الكاؤلين العراقي كجزء أساس في هذه الدراسة بعد اضافة نشارة الخشب بنسبة وزنية مقدارها (10%) و (2%) من بولي فاينيل الكحول (PVA) كمادة رابطة للخليط.

اضيفت نسب وزنية مختلفة من الزركونيا (المايكروية او النانوية) الى المتراكب مقدارها (0%، 5%، 10%، 15%، 20%) لغرض تحسين متانة العزل.

تم تشكيل العينات بطريقة الكبس شبه الجاف بقوة كبس مقدارها (20 Mpa) وتم استخدام قالب قطره (12 mm) وبمدة زمنية مقدارهـــا (2 min) ثم تمت عملية التلبيد للمكبوسات، وبعدها اجريت عملية الحرق بثلاث درجات حرارة C^o (800، 900، 1000) لمعدل تسخين مقداره (5 ºC/min) وبقيت عند كل درجة حرارة لمدة ساعة واحدة.

لقد تبين من النتائج ان زيادة نسبة الزركونيا المضافة سواء اكانت مايكروية ام نانوية ادت الى زيادة قيم متانة العزل الكهربائي وتم الحصول على أفضل النتائج بإضافة الزركونيا النانوية، وكذلك ادت زيادة درجة حرارة الحرق الى زيادة قيم متانة العزل الكهربائي.

الكلمات الدالة: الكاؤلين، المتراكب، نشارة الخشب، زركونيا مايكروية، زركونيا نانوية، بولي فاينيل الكحول، التلبيد، متانة العازل الكهربائي.

1. المقدمة : Introduction

تكمن أهمية الصناعات السيراميكية في الاستخدام الكبير لها في حقول الصناعات المختلفة، لامتلاكها مواصفات متميزة في التطبيق الصناعي من جهة وتوافر اغلب موادها الأولية في الطبيعة وإمكانية تحضيرها صناعيا بكلف اقل من جهة أخرى وقد اخذت صناعة العوازل السيراميكية الكهربائية والحرارية الجهد الأكبر والأكثر حيوية [1].

تعد معظم المواد السيراميكية بانها مواد عازلة لما تتميز بها من مقاومة نوعية كهربائية عالية وذلك بسبب الترابط القوي بين الذرات التي تكون تلك المواد، حيث انها لا تملك شحنات طليقة وتكون مقاومتها عالية جدا لمرور التيار الكهربائي وتكون مدارات ذراتها الخارجية مملوءة تماماً ولهذا فأنها لا تبدي ميلا لاكتساب او فقدان الالكترونات حيث انها مستقرة كيميائيا لذا فأنها غير قادرة على التوصيل الكهربائي ولهذا تدعى بالعوازل[2][3]. ان علم السيراميك يتخصص بمجال اختيار المواد السيراميكية الاولية من اكاسيد وغير اكاسيد ومواد طينية اولية ونسبها الوزنية وخصائصها الفيزيائية والكيميائية وكذلك طرائق تحضير مساحيقها من عمليات طحن ومزج واساليب معاملتها الحرارية لأغراض دراسة تأثير العوامل العديدة عليها من تفاعلات و تغيرات فيزيائية عند درجات الحرارة العالية وعمليات التلبيد والتزجيج واعادة تبلور ونمو حبيبي وما قد يصاب هذه العمليات من تشوهات ومشاكل قد تؤدي الى تغير صفات هذه المواد ومن ثم دراسة الخصائص الفيزيائية للمنتجات النهائية[4].

في عام (١٩٨٧) درس [5] خواص العزل الكهربائي للكاؤلين العراقي المضاف اليه نسب مختلفة من الفلدسبار وفي مدى معين من الترددات الواطئة، حيث تمت الدراسة بإضافة كمية من فلدسبار البوتاسيوم وفلدسبار الصوديوم وفلدسبار الكالسيوم وقد وجدوا ان تأثير العوامل (الضغط، الكبس، درجة الحرارة الحرق ودرجة حرارة القياس) يكون تأثيرها قليلا على ثابت العزل ضمن الترددات (300 Hz <f<100KHz)، ولكنه يزداد بزيادة درجة حرارة الحرق ودرجة حرارة الوسط عند القياس. اما الفقدان العزلي فانه يزداد بزيادة التردد

ضمن المدى اعلاه، لكن يزداد بارتفاع درجة حرارة القياس. ووجدوا ان ثابت العزل والفقدان العزلي يزدادان بزيادة ضغط الكبس عند التشغيل، وان زيادة نسبة الفلدسبار (بوتاسيوم او صوديوم) تزيد من ثابت العزل وبالوقت نفسه تزيد من الفقدان العزلي.

في عام (٢٠٠٢) درست [6] الخواص الفيزيائية للعازل الكهربائي السيراميكي ذي الجهد العالي المشكل من (كاؤلين دويخله، رمل زجاج ارضمه وفلدسبار البوتاسيوم) وتوصلت الى ان الكثافة الحقيقية، الكثافة الحجمية، المسامية الظاهرية، امتصاصية الماء، مقاومة الانضغاط ومقاومة الانهيار الكهربائي تصل الى افضل ما يمكن عند الحرق بدرجة حرارة 1300 ºC وضغط كبس مقداره 75 Mpa ولخلطة تحتوي على 55% كاؤلين دويخله، 20% رمل زجاج ارضمه و 25% فلدسبار بوتاسيوم .

في عام ٢٠٠٢ درس [7] التغير في ثابت العازل لبعض أنواع الخشب المحلي حيث وجد ان ثابت العازل يتناسب طرديا مع سمك الخشب للأنواع (الصفصاف، الاثل، النبق واليوكالبتوس) بينما يتناسب عكسيا مع سمك خشب كرب النخيل ووجد اكبر قيمت ثابت عزل كانت لخشب اليوكالبتوز واقل قيمة لخشب كرب النخيل ومن خلال دراسته وجد ان قيم ثابت العزل في الاتجاه العمودي (المستعرض) كانت اكبر مما هو علية في الاتجاه الموازي (الطولي) بنصف مرة تقريبا ووجد ان اقل قيمة ظهرت لثابت العزل في جميع أنواع الاخشاب اعلاها كانت عند التردد 5KHz ثم وجد ان قيم التوصيلية الكهربائية تكون متساوية لجميع أنواع الاخشاب .

في عام (٢٠١٠) درس [8] الخواص الكهربائية للبورسلين المشكل من كاؤلين دونجلة ، رمل زجاج ارضمه وفلدسبار البوتاسيوم وبنسب وزنية مختلفة وكان التشكيل بطريقة الكبس شبه الجاف وبزمن كبس (1 min) وملبدة بدرجات حرارة تلبيد (1350,1300,1250) ºC وبزمن انضاج 2hr ، فوجد ان ثابت العزل الكهربائي يتناقص بازدياد تردد القياس وانخفاضه كلما صغر الحجم الدقائقي لمادة فلدسبار البوتاسيوم ، ووجد ان عامل الفقد للجسم البورسليني يزداد بزيادة مسامية الجسم البورسليني وان متانة العازل البورسيلني تقل بزيادة درجة الحرارة وتزداد بزيادة سمك العازل .

في عام (٢٠١٣) درست [9] امكانية تصنيع عوازل كهربائية من الكاؤلين كمادة اساسية وزجاج جير الصودا كمادة مدعمة ومعرفة تأثير اضافات مختلفة من الزجاج الى الكاؤلين على بعض خواص المتراكب الناتج، تم تشكيل العينات بطريقة الكبس شبه الجاف بقوة كبس (5) طن وبمدة زمنية مقدارها (1 min) وتم حرقها بدرجتي حرارة 750 ºC و 850 ºC ومن ثم تم دراسة الخواص الفيزيائية كالمسامية الظاهرية، الكثافة ونسبة امتصاص الماء والكهربائية كمتانة العزل الكهربائي ، لقد بينت نتائج الدراسة ان زيادة نسبة الزجاج تؤدي الى تقليل كل من المسامية ونسبة امتصاص الماء بينما تؤدي الى زيادة قيمة كل من الكثافة وفولتية الانهيار.

2-الجانب النظري : Theoretical Part

1-2 الكاؤلين : Kaolin

يعد الكاؤلين أحد اهم الخامات الطينية وان معدنه الطيني هو الكاؤلينايت ($Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$)، ان المعدن الطيني يمثل الصورة النقية للكاؤلين ، اذ يتكون خام الكاؤلين من الكاؤلينايت والاكاسيد التي تساعد على الصهر والتي تخفض من درجة حرارة التلبيد وهي (K_2O , Fe_2O_3 , MgO , CaO , N_2O , TiO_2)[10].

اسم الكاؤلين مشتق من اللغة الصينية (Kao-ling) ويعني المرتفع العالي وهو اسم تل يقع شمال الصين

تنتج الاطيان بصورة عامة من تحلل الصخور البركانية النارية كصخور الكرانيت والتي تتكون من مجموعة خامات معدنية ويعد الفلدسبار أضعف هذه الخامات عند تعرضه لعوامل التجوية ويتعرض الفلدسبار البوتاسيومي ($K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$) الى الماء يذوب (K_2O) وجزء من السليكا بمرور الزمن، ومع وجود تصريف جيد للماء يحصل تركيز للأكاسيد غير المذابة والتي سوف تتحد مع الماء لتكوين الكاؤلينايت، كما توضح ذلك المعادلة التالية [11]:

$$\underset{\text{Feldspar}}{K_2O.Al_2O_3.6SiO_2} \xrightarrow{2H_2O} \underset{\text{Kaolinite}}{Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O} + K_2O + 4SiO_2 \qquad \ldots. (1)$$

ان المكونات الاساسية للكاؤلين هي[10] :

1. 14% ماء تبلور.
2. 39.5 % اوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) الومينا.
3. 46.5 % اوكسيد السليكون (SiO_2) سليكا

يفقـــــد الكاؤلين الماء الشبكي (Lattice Water) عند حـــــرقه بدرجات حرارة اعـــلى مـــن ºC (150) وتحصل عدة تغييرات كيميائية وفيزيائية هي:

1. يتحول الكاؤلين الى الميتاكاؤلين عند الحرق بدرجة حرارة ºC (450)، محدثاً تهدم في الشبكة البلورية كما توضح المعادلة الآتية[11]:

$$\underset{\text{Kaolinite}}{2\,(Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O)} \xrightarrow{450\ ^oC} \underset{\text{Meta}}{2(Al_2O_3.2SiO_2)} + 4H_2O \qquad \ldots. (2)$$

وبعد درجة الحرارية ºC (500) يحدث تقلص كبير في الكاؤلين بسبب تقارب التركيب البلوري نتيجة خروج ماء التبلور.

2. يتحول الميتاكاؤلين الى طور المولايت عند الحرق بدرجة حرارة ºC (925-1400)، يصاحب التحول تكون الكرستوبلايت (طور من اطوار السليكا)، كما توضح المعادلة الآتية [12]:

$$\underset{\text{Meta kaolinite}}{3\,(Al_2O_3.2SiO_2)} \xrightarrow{(925\text{-}1400)\ ^oC} \underset{\text{Mulite}}{3Al_2O_3.2SiO_2} + \underset{\text{Cristobalite}}{Sio_2} \qquad \ldots. (3)$$

2-2 الخشب : Wood

هو احد أصناف المواد الموجودة في الطبيعة وبصورة كبيرة جدا وضمن صنف المواد الصلبة وتعد غابات الأشجار المنتشرة في جميع انحاء العالم المصدر الرئيس للخشب بسبب انتشارها في مختلف مناطق العالم وتعد الاخشاب من اكثر المواد الخام أهمية وبذلك يعد علم الاخشاب من الحقول التي جرى تطويرها بشكل سريع من خلال البحوث التي تجريها الجامعات والمؤسسات العلمية في مختلف انحاء العالم، اذ ان أهمية الخشب بوصفه مادة خام ناتجه عن طبيعة تكوينه وصفاته وتركيبه الكيميائي ويمتلك قوة عالية مقارنة بوزنه ويعد سهلا للعمل وعازلا للحرارة والكهرباء والصوت وذا مقاومة ملحوظة للكيميائيات وفضلا من ذلك فهو يحوي السيليلوز المادة الأساسية في الكثير من الصناعات الكيميائية [13].

لقد تم استخدام الخشب في تصنيع أنواع كثيرة من المنتجات الورقية مثل ورق الكتابة والطباعة والورق الصحي وكذلك استخدم في صناعة المقدمة المخروطية الواقية والتي تشكل الجزء الامامي من صواريخ الاستقطاب حيث صنعت مادته التركيبية من الخشب والبلاستك باستخدام الضغط ثم تصلب بواسطة الاشعة الذرية [14].

لغرض قياس الخواص الميكانيكية للخشب يتم قياس متانة الخشب او قوة تحمل الخشب وذلك بقياس درجة تحمل الخشب للقوى الاتية [15]:

أ- قوى الانضغاط
ب-قوى الشد
ت-قوى الانحناء
ث-قوى القص

وتختلف درجة قوة تحمل الخشب من نوع لأخر فهناك الخشب المرن والصلب والضعيف الهش والكثيف المتين.

يعد الخشب من المواد العازلة الجيدة وهذا يرجع الى قيمة المقاومة العالية له وتوجد عدت عوامل تؤثر على المقاومة النوعية له منها الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة حيث عندما تقل الرطوبة النسبية فان التوصيلية الكهربائية ستقل وكذلك تقل المقاومة النوعية للتيار المستمر في الخشب كلما ازدادت درجة الحرارة، تعتمد قوة الخشب بوصفه مادة عازلة للتيار الكهربائي على ثابت العازل للخشب وهذا الثابت يتناسب مباشرة مع المحتوى الرطوبي للأخشاب والتوصيلية الكهربائية لها [16].

2-3 الزركونيا: Zirconia

أوكسيد الزركونيوم يعرف باسم زركونيا ويمكن وصف الزركونيا بانها مادة بلورية أحادية التركيب في درجة حرارة الغرفه وتتحول الى مادة بلورية رباعية التركيب بزيادة درجة الحرارة، وان صفات هذه المادة تعتمد بصورة رئيسة على درجة استقرارها، كمية الاستقرار، نوعية الاستقرار ونوعية المواد الخام الداخلة في تركيبها [17].

اذ توجد في الطبيعة مترابطه مع (الصوديوم، الكالسيوم، الحديد، السيليكون، التيتانيوم، الثوريوم، الاوكسجين) ويمكن الحصول على الزركونيا من سيليكات الزركونيوم ورمزه الكيميائي ($ZrSiO_4$) اذ ان التركيب الكيميائي للزركون هو (67.2%) زركونيا و(32.8%) سيليكا.

يتواجد الزركون بصورة واسعة فضلا عن المعادن الأخرى في الصخور البركانية والصخور المتحولة ويوجد الى جانب السيليكا أي ينتشر في الصخور التي تحتوي على سيليكا بنسبة عالية [18].

تدخل الزركونيا في تصنيع الحراريات مما يجعل الأخيرة تتصف بالمتانة العالية في درجة حرارة الغرفة وتحافظ على هذه الصفة في درجات الحرارة العالية الأعلى من (1500 ºC) وهذه الخاصية مفيدة ومهمه اذ يمكن استعمال هذا النوع من الحراريات كبطانة للأفران كذلك تتصف بانها مقاومة للتفاعل مع منصهرات المعادن وقليلة الفشل بسبب تمددها الحراري الواطئ، كثافة حجمية عالية، موصلية حرارية منخفضة ومن الجدير بالذكر ان الزركونيا لا تتفاعل بسرعه مع المعادن ولهذه الخاصية أهمية اذ تكون مفيدة في صناعة البوادق[19].

ان اغلب المواد التي تدخل في الصناعات السيراميكية هي مادة الالومينا بسبب امتلاكها خصائص ميكانيكية متميزة مثل الصلادة العالية والمتانة العالية وكذلك تمتلك استقرارية كيميائية جيدة لكنها ضعيفة نوعا ما في متانة الكسر[17].

وقد اجريت عدة محاولات لتحسين متانة الكسر لسيراميكيات الالومينا باستعمال مختلف الإضافات ومن هذه الإضافات هي إضافة مادة الزركونيا الى نظام الالومينا فوجد ان هناك تحسينا في متانة الكسر ومقاومة الانحناء لكون المسامية تقل وتصبح جسيمات العينات مكتضة ومتانة الثني للالومينا تزداد مع إضافة الزركونيا تحت ظروف التلبيد نفسها[20].

2-4 متانة العازل : Dielectric Strength (Breakdown)

من اهم الصفات التي يجب ان تؤخذ بالحسبان عند اختيار عازل كهربائي سيراميكي هي تحمله للاجهاد الكهربائي من دون ان ينهار، اذ ان العوازل كلها عندما توضع في مجال كهربائي ستفقد خواصها العزلية إذا تجاوز هذا المجال قيمته الحرجه، ان هذه الظاهرة تدعى بانهيار العازل ويسمى اقصى مجال كهربائي مسلط على العازل دون حصول الانهيار بمتانة العازل Dielectric Strength [21].

تقاس متانة العازل بدلالة المجال الكهربائي وهو يمثل المجال الذي ينهار عنده العازل أي ان [22]:

$$E_{br} = \frac{V_{br}}{X} \quad \ldots. (4)$$

حيث ان :

E_{br} المجال الكهربائي المسلط

V_{br} الجهد الذي عنده انهيار العازل

X سمك العازل

ان حدوث الانهيار الكهربائي يعني ظهور شحنات متحركة داخل المادة باستطاعتها الانتقال من خلال طرف الى اخر ويكون مصدر هذه الشحنات اما من داخل المادة وذلك نتيجة تحررها من مستقراتها بفعل الطاقة المكتسبة نتيجة المجال الكهربائي المسلط او قد تكون ناتجة عن انتقال الشحنات من القطب المعدني الى داخل العازل وتمكنها من اجتيازه [21].

في بداية تسليط الجهد العالي يكون عدد الشحنات قليلا والذي يتضاعف نتيجة انتقال الطاقة الى شحنات أخرى بفعل التصادم الحاصل بينهما، ومن العوامل التي قد تساعد على انهيار العازل هو ارتفاع درجة حرارة العازل بفعل مرور التيار الكهربائي الناتج عن حركة هذه الشحنات[23].

توصف اليات الانهيار الرئيسه بالنسبة للاجسام الصلبة بالانهيارات الداخلية، الانهيارات الحرارية، الانهيارات الايونية والانهيار الرابع المحتمل هو الانهيار الكهروكيميائي[21].

3. الجانب العملي : Experimental Part

1.3 المواد المستخدمة : Materials

أ. خام الكاؤلين : Kaolin Raw

تم تهيئة المادة الأساس وهي الكاؤلين المجهز من قبل الهيئة العامة للمسح الجيلوجي العراقية وبنقاوة (99.9) وبحجم حبيبي اقل من (106 µm) اما التحليل الكيميائي للكاؤلين فقد تم في مختبرات الهيئة من اجل معرفة نسب المكونات الرئيسة له والجدول (1) يوضح ذلك.

الجدول (1) نتائج التحليل الكيميائي للكاؤلين العراقي

الاكاسيد	SiO_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	L.O.I
النسبة %	52.24	32.19	1.13	1.43	0.37	0.07	0.31	0.41	0.02	11.84

ب – نشارة الخشب : Sawdust

استخدمت نشارة الخشب كمادة مضافة محلية الى الكاؤلين وتم الحصول عليها من معامل النجارة في محافظة كربلاء الواقعة وسط العراق.

جـــ – الزركونيا : Zirconia

تم استخدام الزركونيا المايكرويه او النانويه كمادة مضافة لتحسين الخصائص الكهربائية لمتراكب الكاؤلين وهي :

1. الزركونيا المايكروية : Micro Zirconia

استخدمت الزركونيا المايكروية المصنعة من قبل شركة (Fixanal) الالمانية بحجم دقائقي (50 µm) وبنقاوة (99.9 %) لون المسحوق ابيض ناصع.

2. الزركونيا النانوية : Nano Zirconia

استخدمت الزركونيا النانوية المصنعة من قبل شركة (SIGMA) الصينية بحجم دقائقي بين nm(40-50) وبنقـــــــــاوة (99.9%) لون المسحوق ابيض ناصع.

د – المادة الرابطة : البولي فاينيل الكحول PVA

تم استخدام البولي فاينيل الكحول المصنع من قبل شركة (DIDACTIC) الاسبانية ذات شكل حبيبي وتم إذابة حبيبات (PVA) بالماء المقطر بواسطة جهاز الخلط المغناطيسي (Magnetic Stirrer) وبدرجة حرارة بين ºC(85-95) اذ تعمل الكبسولات المغناطيسية على تحريك المحلول بشكل مستمر لإذابة (PVA) للحصول على محلول متجانس كثافته (1.20 g/cm3).

هـــ – المادة المزيتة : Fubricant

استخدم زيت البرافين المختبري لتزييت القوالب الفولاذية وذلك لتسهيل خروج العينات من القالب.

2-3 : الاجهزة المستخدمة : Devices Used

أ. جهاز الضغط : استخدم مكبس هيدروليكي نوع Rinling انكليزي المنشأ و استخدم ضغط كبس مقداره (25) Mpa و لمدة مقدارها (2 min) .

ب . قالب فولاذي : استخدم قالب فولاذي قطره (12 mm) و لمدة مقدارها (2 min) معامل حرارياً لكي يتحمل الاحمال العالية التي تسلط لأغراض الكبس .

جـــ . فرن الحرق : استخدم فرن كهربائي نوع (Carbolite) بريطاني المنشأ مبرمج تصل درجة الحرارة فيه الى ºC (1700) .

د . ميزان حساس : استخدم ميزان حساس نوع (Sartorius) الماني المنشأ و دقته (0.001) غم في عملية التوزين .

هـــ . فرن التجفيف : استخدم فرن التجفيف الكهربائي نوع (Taisite) بريطاني المنشأ تصل درجة الحرارة فيه الى ºC (250).

و . الخلاط الكهربائي : استخدم خلاط كهربائي الماني الصنع لغرض تجانس المواد و مزجها .

ز. المناخل : استخدم نوعين من المناخل الاول بحجم (200 mesh) لتنتج حبيبات بحجـــــــــــــــم (75 µm) والثاني بحجم (300 mesh) لتنتج حبيبات بحجم (53 µm) .

ي . جهاز قياس متانة العازل : استخدم جهاز (BAUR-PGO-S-3) الماني الصنع بمدى فولتية يصل الى (40 KV) لقياس متانة العزل الكهربائي .

3-3 تحضير العينات : Samples Preparation

وقد تمت هذه المرحلة بثلاث خطوات هي:

أ. تهيئة الخامات : Raw materials Preparation

استخدم الكائولين كمادة اساس وتم اضافة نشارة الخشب كمادة مدعمة والزركونيا المايكروية او النانوية كمادة مضافة لتحسين الخصائص الكهربائية للمتراكب وPVA كمادة رابطة وكما موضح في الجدول (2).

الجدول (2) رموز الخلطات المستخدمة في العمل

مكونات الخلطة الرئيسة	النسبة المئوية للخلطة الرئيسة %	رمز الخلطة	المادة المضافة	النسبة الوزنية للمادة المضافة %	نوع الدقائق	نوع المادة الرابطة
كاؤلين 90 % نشارة الخشب 10 %	%١٠٠	A	ـــــــ	ـــــــ	ـــــــ	بولي فاينيل الكحول
كاؤلين 90 % نشارة الخشب 10 %	% ٩٥	Z1	زركونيا	% ٥	مايكروية	=
	% ٩٠	Z2	=	% ١٠	=	=
	% ٨٥	Z3	=	% ١٥	=	=
	% ٨٠	Z4	=	% ٢٠	=	=
كاؤلين 90 % نشارة الخشب 10 %	% ٩٥	N1	=	% ٥	نانوية	=
	% ٩٠	N2	=	% ١٠	=	=
	% ٨٥	N3	=	% ١٥	=	=
	% ٨٠	N4	=	% ٢٠	=	=

ملاحظة : (ـــــ) يعني عدم اضافة مادة للخلطة الرئيسة ، (=) يعني المادة نفسها التي قبلها .

بعد ذلك تمت تهيئة الخلطات ووزنها بواسطة ميزان كهربائي حساس نوع (Sartorius) الماني المنشأ ذي حساسية مقدارها (0.001)غم حيث كان وزن كل خلطة (١٠)غم، تم خلط كل خلطة على حده وباستعمال الخلاط الكهربائي ولمدة ثلاث ساعات وذلك لضمان تغلغل المادة المدعمة والمضافة مع حبيبات المادة الاساس (الكاؤلين) للحصول على مادة متجانسه، ومن ثم تضاف المادة الرابطة وهي بولي فاينيل الكحول (PVA) وبنسبة ٢% لكل خلطة ويتم الخلط يدوياً بالمورتر ولمدة ساعة واحدة بعد عمل ثلاثة نماذج لكل خلطة لغرض الحصول على ادق النتائج .

ب . تشكيل العينات : Sample Forming

شكلت العينات بطريقة الكبس شبه الجاف (Semi – dry Pressing) واستخدم المكبس الهيدروليكي نوع Rinling انكليزي المنشأ وقالب بقطر mm (١٢) تحت ضغط كبس (20)Mpa ولمدة كبس مقدارها (2min).

جـ . عملية التلبيد : Sintering Process

تمت عملية التلبيد باستخدام فرن كهربائي نوع (Carbolite) بريطاني المنشأ ولمعدل تسخين مقـــــــــــــــــــداره (5 ºC/1min) وقد تمت عملية الحرق بثلاث درجات حرارة هي ºC (800 , 900 , 1000) و بزمن انضاج 1hr

وتم الاعتماد على هذه الطريقة من اجل ضمان التخلص من المواد العضوية والمادة الرابطة والسماح للأبخرة والغازات المتحررة من جراء عملية الحرق بالخروج بصورة بطيئة مما ساعد على تقليل التشوهات التي قد تحصل للعينات خلال عملية الحرق وبعد الانتهاء من عملية الحرق تم اطفاء الفرن وتركه الى اليوم التالي للوصول الى درجة حرارة الغرفة، ثم تخرج العينات من الفرن لأجل اجراء الفحوصات عليها.

4. اختبار متانة العازل : Dielectric Strength Test

لغرض قياس جهد الانهيار للنماذج تم استخدام جهاز (BAUR-PGO-S-3) الماني الصنع بمدى فولتيه يصل الى (40 KV) والمبين بالشكل (١) ويحتوي الجهاز على اقطاب نحاسية كروية قطرها (2mm) ويوضع النموذج بين قطبين (احدهما يتصل بالأرض والأخر يتصل بالفولتية المسلطة (H.V) ويوضعان داخل حوض يملأ بزيت ذي جهد انهيار عالٍ (زيت المحـــولات النقي) الذي يتميز بارتفاع درجة حرارة استعماله (توهجه) والذي يجعله بمثابة الوسط الخامد للحرق الذي قد يحصل من جراء الشرار المتولد ، ويتم تسليط فولتيه متزايدة عبر نموذج الاختبار وبمعدل زيادة (1 KV/sec) حتى حصول الثقب (الذي يمثل اعلى قيمه من الفولتية لحصول الانهيار الكهربائي). ويفضل قياس جهد الانهيار لمناطق عدة من النموذج الواحد واخذ معدل القياسات بسبب اختلاف تجانس النموذج السيراميكي والذي قد يحدث اثناء الحرق والناشئ من الاطوار المتعددة ومن معرفة سمك النموذج يتم حساب متانة العازل بتطبيق المعادلة (٤).

الشكل (١) جهاز قياس متانة العازل.

والجداول ادناه تبين نتائج هذا الاختبار للعينات المضاف اليها الزركونيا المايكروية مرة والعينات المضاف اليها الزركونيا النانوية مرة اخرى.

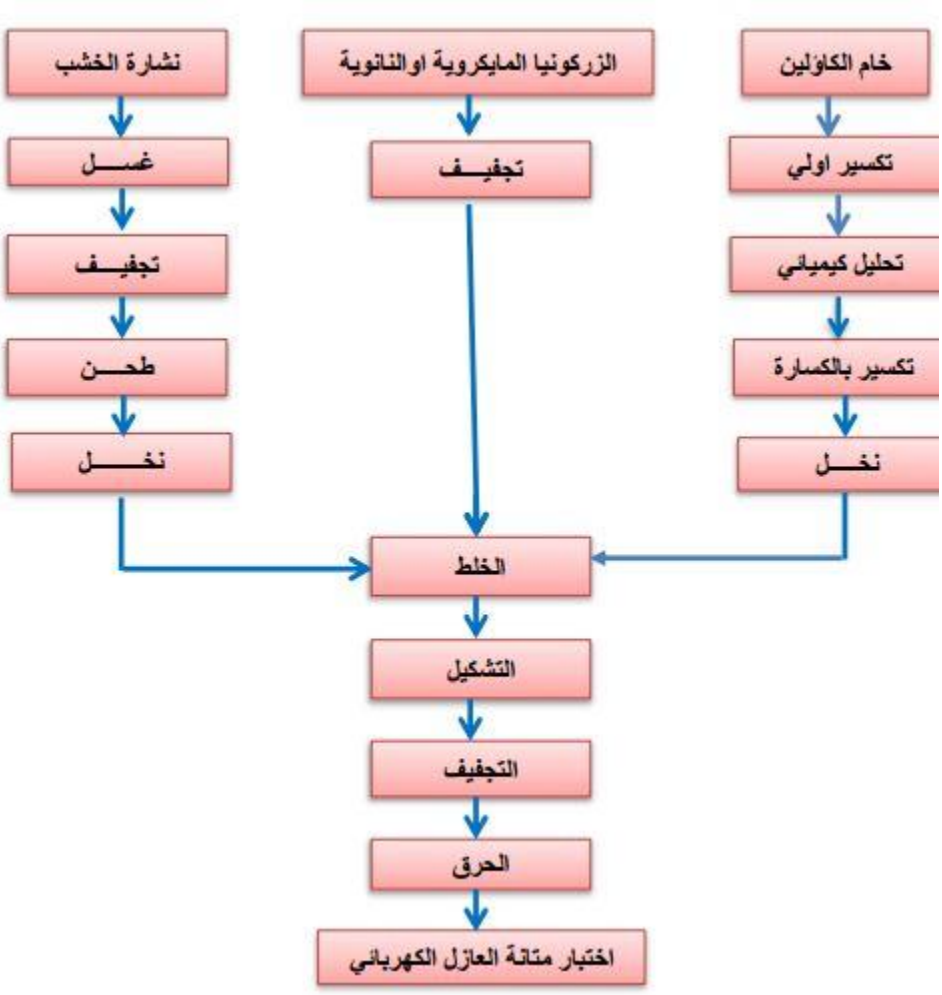
الجدول (٣) نتائج اختبار متانة العازل قبل وبعد اضافة الزركونيا المايكروية.

رمز الخلطة	درجة حرارة الحرق 800ºC	درجة حرارة الحرق 900 ºC	درجة حرارة الحرق 1000 ºC
A	3.345	5.632	8.131
Z1	3.562	5.961	8.562
Z2	3.926	6.332	8.832
Z3	4.334	6.667	9.351
Z4	4.824	6.987	9.623

الجدول (٤) نتائج اختبار متانة العازل قبل وبعد اضافة الزركونيا النانوية.

رمز الخلطة	درجة حرارة الحرق 800 ºC	درجة حرارة الحرق 900 ºC	درجة حرارة الحرق 1000 ºC
A	3.345	5.632	8.131
N1	3.712	6.178	8.555
N2	4.171	6.634	8.976
N3	4.582	7.101	9.521
N4	4.931	7.772	9.978

والشكل (2) يوضح مخطط الخطوات العملية الخاصة بالبحث :-



الشكل (٢) مخطط الخطوات العملية

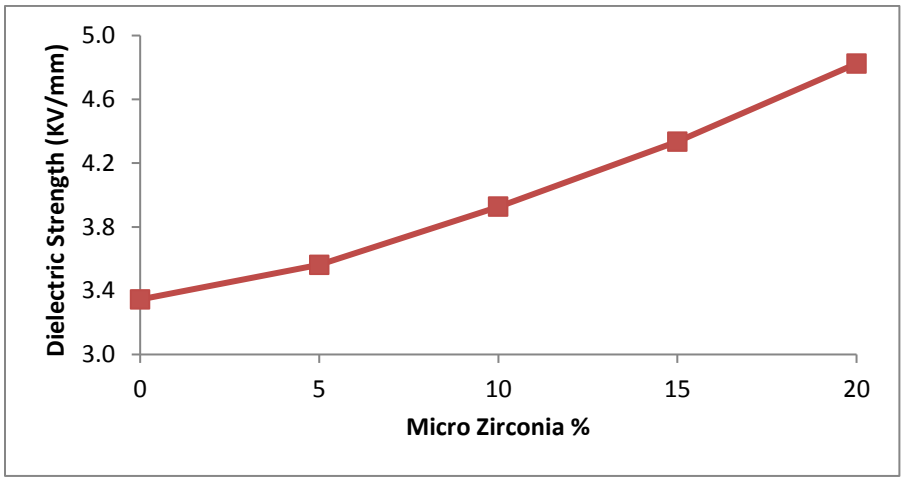
٥. مناقشة النتائج : Discussion of Results

تم قياس متانة العازل للنماذج المحضرة من الخلطة (A) بإضافة الزركونيا المايكروية والنانوية اليها باعتماد العلاقة (٤) وكما موضح في الاشكال (٣ ، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨) التي توضح تأثير نسبة الزركونيا المايكروية او النانوية المضافة في متانة العازل الكهربائي للنماذج السيراميكية.

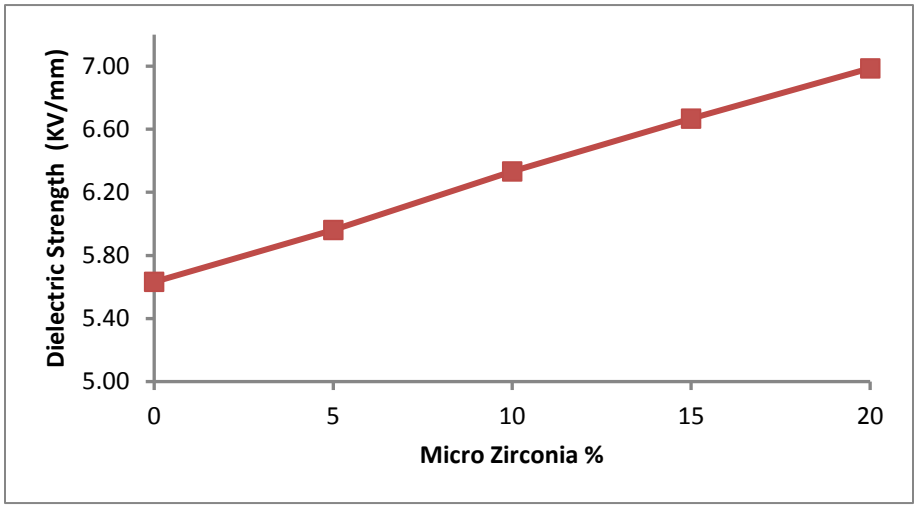
ان اضافة الزركونيا سواء اكانت مايكروية ام نانوية تؤدي الى زيادة متانة العزل الكهربائي وتعزى هذه الزيادة الى ان المسامية الظاهرية ونسبة امتصاص الماء تتناقص بشكل كبير بينما نلاحظ زيادة الكثافة لذا نحصل على عزل كهربائي جيد [24].

امتلكت النماذج المحضرة من الخلطة (N) قيم متانة عزل كهربائي عالية مقارنة بالنماذج المحضرة من الخلطة (Z) وذلك لصغر حجم الدقائق النانوية والتي جعلها تملأ الفراغات المايكروية بين دقائق المواد الخام وكذلك يسهّل انسياب وحركة الطور السائل لملء المسالك الهوائية والفجوات مما يجعل النماذج المحضرة من الخلطة (N) ذات مسامية واطئة وكثافة عالية وهذا يؤدي الى زيادة متانة العزل الكهربائي لها لان متانة العزل الكهربائي تتناسب عكسياً مع نسبة المسامية الظاهرية للمادة [25].

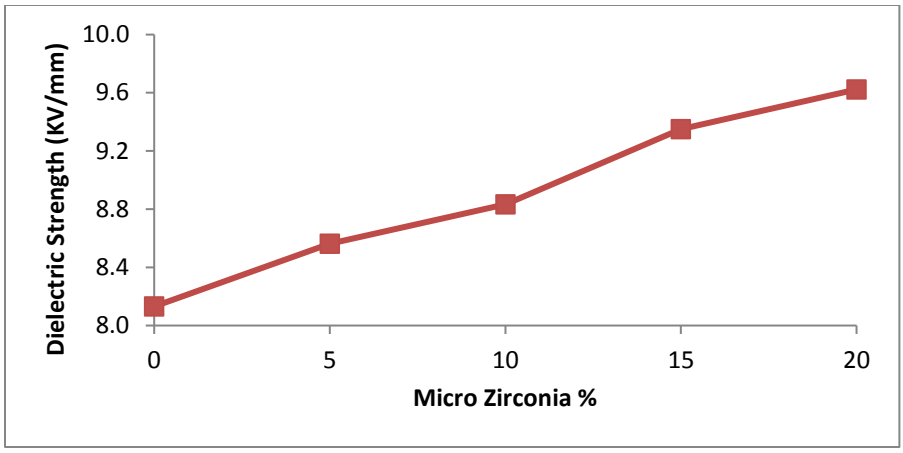
يتضح من الشكلين (٩ ،١٠) ان متانة العازل الكهربائي تزداد بازدياد درجات حرارة الحرق لان المسامية سوف تنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة مما يزيد من متانة العازل، حيث ان الاجسام السيراميكية ذات المسامية الواطئة جداً تحقق متانة عزل عالية بسبب عدم تكون مجالات كهربائية داخلها وكذلك زيادة تآصر حبيبات النموذج وتكوّن اطوار ذات خصائص عزليه جيدة [24].



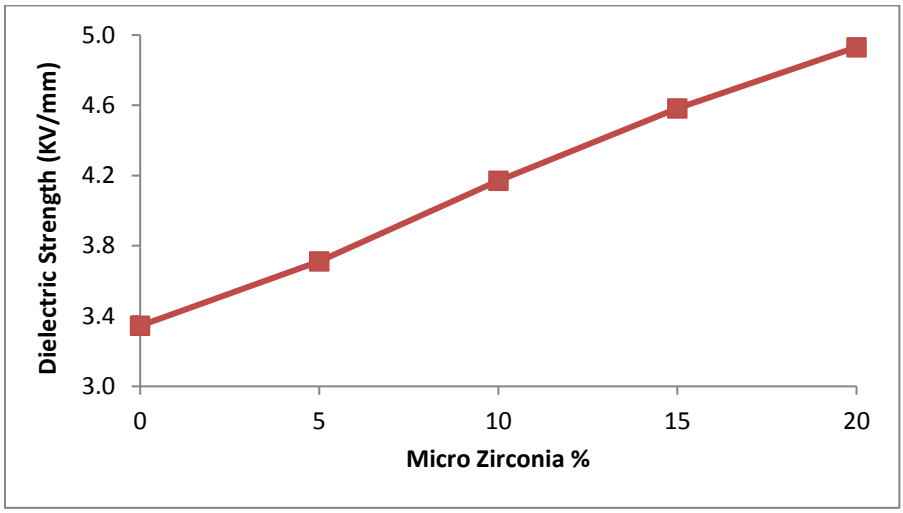
الشكل (٣) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا المايكروية المضافة للخلطة (A) عند درجة حرارة 800 ºC



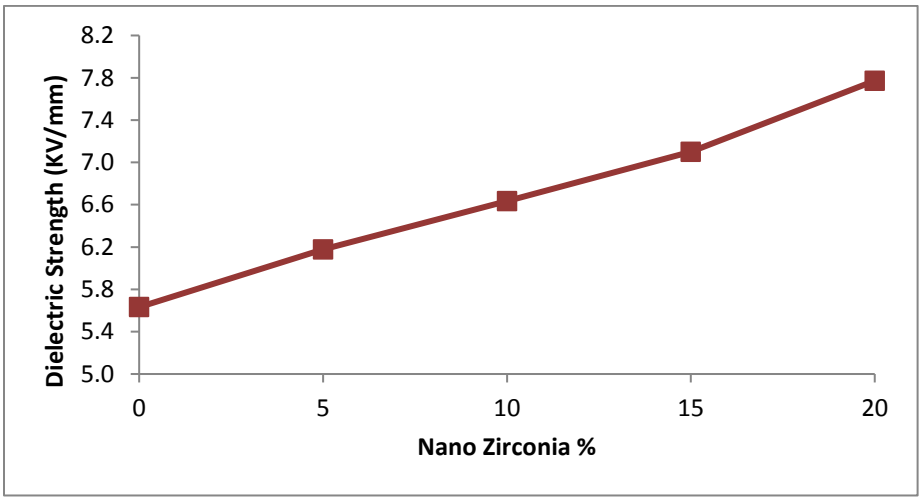
الشكل (4) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا المايكروية المضافة للخلطة (A) عند درجة حرارة 900 ºC



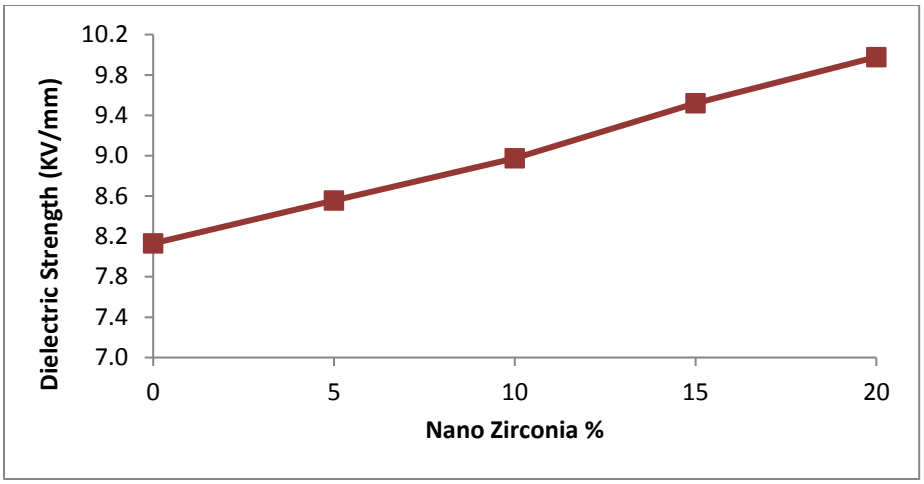
الشكل (5) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا المايكروية المضافة للخلطة (A) عند درجة حرارة 1000 ºC



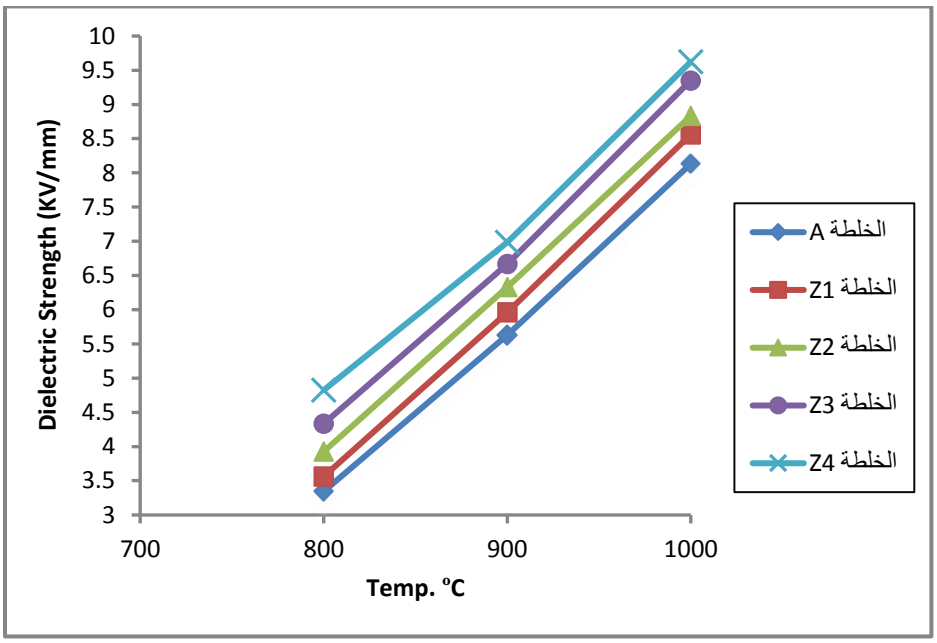
الشكل (6) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا النانوية المضافة للخلطة (A) عند درجة حرارة 800 ºC



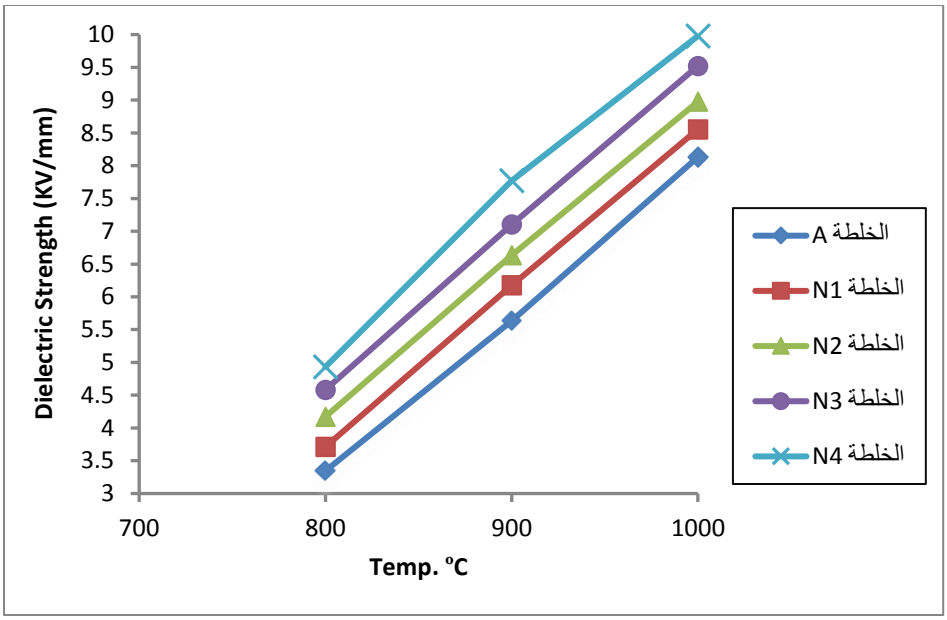
الشكل (7) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا النانوية المضافة للخلطة (A) عند درجة حرارة 900 ºC



الشكل (8) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا النانوية المضافة للخلطة (A) عند درجة حرارة 1000 ºC



الشكل (9) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا المايكروية المضافة للخلطة (A) وزيادة درجات الحرارة.



الشكل (10) تغير متانة العازل الكهربائي مع نسبة الزركونيا النانوية المضافة للخلطة (A) وزيادة درجات الحرارة .

5- الاستنتاجات: Conclusions

من نتائج اجراء هذا البحث، تم التوصل الى الاستنتاجات الاتية:

أ. زيادة قيم متانة العازل الكهربائي للنماذج السيراميكية عند اضافة الزركونيا المايكروية بسبب المسامية الواطئة جدا التي تحقق متانة عزل كهربائي عالٍ وذلك بسبب عدم تكون مجالات كهربائية داخلها.

ب. تزداد قيم متانة العازل الكهربائي للنماذج السيراميكية مع زيادة النسبة الوزنية للزركونيا المايكروية.

جـ . زيادة قيم متانة العازل الكهربائي للنماذج السيراميكية بشكل كبير عند اضافة الزركونيا النانوية وذلك لصغر حجـــــــــــم الدقائق النانوية والتي تجعلها تملأ الفراغات المايكروية بين دقائق المواد الخام مسببة مسامية واطئة جدا وكثافة عالية مما ادت الى زيادة متانة العزل الكهربائي للنماذج السيراميكية.

د. تزداد قيم متانة العازل للنماذج السيراميكية بشكل أكبر مع زيادة النسبة الوزنية للزركونيا النانوية.

هـ . زيادة درجة حرارة الحرق ادت الى زيادة قيم متانة العازل الكهربائي لجميع النماذج السيراميكية لأنه بزيادة درجة الحرارة اصبحت النماذج ذات مسامية واطئة وكثافة عالية مما يؤدي الى زيادة تآصـــــر حبيبـــــــــــــات النموذج وتكون اطواراً ذات خصائص عزلية عالية.

Conflicts of Interest

The author declares that they have no conflicts of interest.

6- المصادر : References

[1] Solymar L., "Electrical Properties of materials", Published in the United State of Oxford University Press, Inc., New York, 1998.

[2] Suchest, "Electrical Conduction in Solid Materials", Pergamen Press, Oxford, Vol. 109, No.3, 1979.

[3] عبدالحميد يحيى، "الكهربائية والمغناطيسية"، جامعة الموصل، ص (187-196)، 1977.

[4] Michel & Barsoum W., "Fundamentals of Ceramic ", Mc Grow- Hill Corp, 1997.

[5] Abd-El-Nour K. N., "Dielectric Properties of Some Feldspar Ceramic Bodies at the Low Frequency ", Central Glass and Ceramic Research Institute Bulletin, Vol.34, No.3, 1987.

[6] شروق صباح عبد العباس ، "دراسة الخواص الفيزيائية للعازل السيراميكي ذي الجهد العالي"، ماجستير، جامعة بابل،٢٠٠٢.

[7] برهان رشيد نوري الشافعي، "دراسة التغير في ثابت العزل والتوصيلية الكهربائية لبعض أنواع الخشب المحلي، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، ٢٠٠٢.

[8] محمد قاسم سلمان،" دراسة الخواص الكهربائية للبورسلين عالي الصهر المحضر من الخامات العراقية "، مجلة جامعة ديالى، العلوم الهندسية، المجلد (١)، العدد(١)، ص (٧٨-٦٦)، ٢٠١٠.

[9] ايناس محيي هادي، " تصنيع عوازل كهربائية من متراكب الكاؤلين العراقي" مجلة جامعة بابل، العلوم الهندسية، المجلد(٢١)، العدد(٢)، ص (٧١٥-٧٠٧)، ٢٠١٣.

[10] Laming J., "The Refractories Journal ", Vol. 1, p.(6) , 1971.

[11] Bergaya F., "Hand Book of Clay Science ", Vol. 1, P.(6-20) , 2006.

[12] Shackelford J. F., "Ceramic and Glass Materials ", Springer New York, p. (27, 33, 111, 114), 2008.

[13] جورج تسوس، "الخشب كمادة أولية" ، ترجمة وليد عبودي قصير، باسم عباس شهباز وباسم عباس عبد علي، جامعة الموصل، ١٩٩٤.

[14] مسعود مصطفى الكناني ، "صناعة الغابات"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي،١٩٨٢.

[15] لطفي حاجي حسن النجار، "تكنولوجيا الخشب"، جامعة الموصل، ١٩٨١.

[16] عثمان عدلي بدران، "اساسيات علوم وتكنولوجيا الأشجار"، جامعة الإسكندرية، ١٩٨١.

[17] Alkhashab S. M.," Preparation of (Zirconia-Spinel) (ZrO2-MgAl2O4) System and Study its Physical and Biological Properties ", PhD, Baghdad University, 2014.

[18] Walker H., "Hand Book of Refractories Practice", Harbison-Walker

Refractories Co., New York, P. (14) , 2006.

[19] Cater C. B., "Ceramic Materials Science and Engineering ", Springer, New York, p. (176, 333) ,2007.

[20] Bone J, "Zirconum dioxide", Class and Ceramic Vol. 38, No.2, P. (60-63), 1991.

[21] فدوى حمادي عباس، "دراسة تأثير الدالة الحامضية وظروف التشكيل في بعض الخواص الكهربائية للجسم البورسليني المشكل من مواد محلية عراقية"، رسالة ماجستير، جامعة بابل، ٢٠٠٥.

[22] فائز جواد كاظم، "دراسة تصنيع عوازل سيراميكية لاستخدامها في خطوط نقل الطاقة الكهربائية "، رسالة ماجستير، جامعة بابل، ٢٠٠٦.

[23] Tarry B., "Physics of Dielectric Materials", Mir Publishes Moscow, Translated from the Russian, 1979.

[24] Hill G. H. & Morse C. T., "The Effect of Porosity on Electric Strength of Alumina", Dielectric Mat, Measure and App. IEE., No. 67, 1970.

[25] Nicholas M. G., " Joining of Ceramics " , 1st Ed. , Hong Kong, 1990.