تحضير عوازل كهربائية باستخدام مواد سيراميكية مختلفة بطريقة الصب الانزلاقي

ايناس محي هادي

هدى جبار عبد الحسين

اريج رياض سعيد

الجامعة التكنولوجية/ قسم العلوم التطبيقية – فرع المواد

الخلاصة:

هدف البحث هو تحضير مواد عازلة كهربائيا ذات اشكال غير منتظمة بطريقة الصب الانزلاقي ودراسة الخواص الكهربائية والفيزياوية تم استخدام الكاؤلين كمادة اساس مضافا لها زجاج الصودا كمادة مضافة ،اذ ان الزجاج قد وفر طور زجاجي اثناء التلبيد مما قلل من المسامات وتأثير الاكاسيد وبالتالي ادى الى زيادة في متانة العزل الكهربائي ،تم تحضير خلطات البحث (كاؤلين – زجاج) بنسب وزنية مختلفة وهي %(٢٠،٤٠،٦٠،٨٠) وكانت افضل نسبة هي% (٦٠)زجاج.

المقدمة:

تتميز المواد السيراميكية بأنها مواد عازلة وتم استخدام الكاؤلين كأحد نماذج المواد السيراميكية واسباب استخدامه هو لانه مادة سيراميكية عازلة ومتوفر في الطبيعة على شكل احجار وغير مكلف الثمن وله تطبيقات واسعه منها استخدامه في صناعة المواد المنزلية وفي صناعة الكاشي وغيرها من التطبيقات والطريقة المستخدمة لتحضيره هي طريقة الصب الانزلاقي وهي احدى طرق تشكيل المواد السيراميكية الرطبة ذات اشكال معقدة اما الخاصية المدروسه للمادة السيراميكية هي خاصية الانهيار العزلي(١).

حيث استخدم الكاؤلين والزجاج كمادة متراكبة سيراميكية وبنسب وزنية مختلفة في صناعة عوازل كهربائية سيراميكية و تعرف المادة المتراكبة هي المواد التي تصنع او تتراكب من خلط مواد مختلفة لتحسين خواصها المختلفة.

فقد تم اختيار موضوع البحث ليكون جهداً عملياً مضافاً ليعزز امكانية استخدام خليط من مادة الزجاج والكاؤلين في صناعة العوازل ودراسة بعض الخواص منهامتانة العزل وفولتية الانهياروبالظروف الفيزياوية المعرضة لها.

❖ **الجزء النظري:**

- **الصب الانزلاقي:**

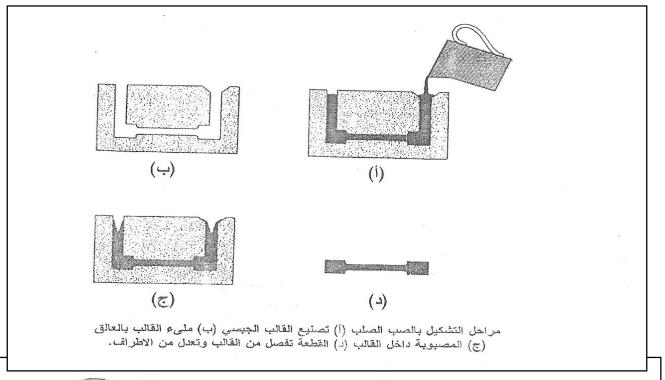
وتعد طريقة الصب الانزلاقي هي واحدة من اهم الطرق لتشكيل المواد السيراميكية الرطبة وتنقسم عملية الصب الانزلاقي الى قسمين:

١- **الصب بالترشيح(drain casting)**: تشمل عملية وضع العالق في القالب ويترك لوقت قصير لتتم عملية الترشيح حتى نحصل على سمك مناسب على جوانب القالب وكما هو موضح في الشكل(١)[٢].

٢-**الصب الصلب(solid casting)**: وتتضمن ملئ القالب بالعالق ويترك حتى تتحول المصبوبة الى الحالة الصلبةوكما موضح في الشكل(٢)[٢].

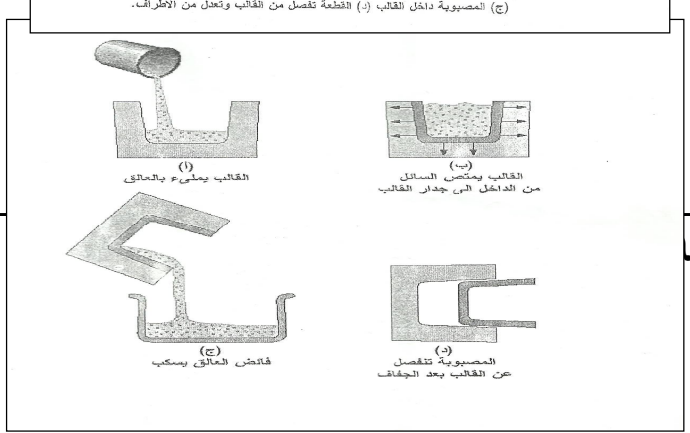
وتعد هذه الطريقة الاهم والانجح للحصول على منتجات سيراميكية غير منتظمة ومعقدة وتستخدم فيها قوالب جبسية تعمل على امتصاص الماء من العالق ومن ثم تتجمع الدقائق السيراميكية بشكل طبقات على الجوانب الداخلية للقالب[٢]

يستخدم لعملية الصب الأنزلاقي قالب جبسي حيث يقوم بأمتصاص الماء من العالق وتجمع طبقات المادة السيراميكية على جوانب القالب اما العالق فيجب ان تكون لهُ خواص أنتشار وتشتت الحبيبات السيراميكية داخل العالق السيراميكي وعدم ترسب الحبيبات السيراميكية،ويجب ان تكون للعالق خواص اللزوجة قليلة والجريانية والهلامية وذلك لكي يتم ضخه في انابيب ليتم صبه في القوالب الجبسية ويتوزع بشكل متجانس داخل القالب ولكي تتم عملية ازالة الفائض بكل سهولة ونظافة ويجب ان تكون المادة ذات تركيز عالي لكي لاتكون كمية الماء الممتصة عالية فيتشبع القالب قبل اكتمال عملية الترشيح وتتم عملية التشكيل بصب العالق في قالب جبسي يحوي تجويف يمثل الشكل المطلوب حيث يقوم بأمتزاز الماء من العالق ولحين وصول مادة المصبوبة الى السمك المطلوب ثم يزال باقي العالق ويزال اي عالق من وجه القالب. ثم تترك المصبوبة لتجف جزئياً"داخل القالب فتنفصل عن القالب.[٣]



مراحل التشكيل بالصب الصلب (أ) تصنيع القالب الجبسي (ب) ملىء القالب بالعالق
(ج) المصبوبة داخل القالب (د) القطعة تفصل من القالب وتعدل من الاطراف.

الشكل(١) يبين طريقة الصب الانزلاقي بالترشيح[٢].



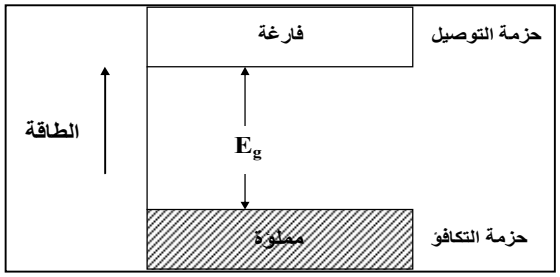
الشكل(٢) يبين طريقة الصب الصلب[٣].

- **العالق السيراميكي:**

يتكون العالق السيراميكي من الماء والمادة السيراميكية تعمل على تشتيت الحبيبات السيراميكية في الماء لفترة طويلة دون حصول ترسب للحبيبات

- **العوازل:**

توجد في الماده العازله حزمتا طاقة، تكون الحزمة السفلى مملوءة بالالكترونات وتدعى حزمة التكافؤ (Valence band) والحزمة العليا فارغة في درجة حرارة الصفر المطلق وتدعى حزمة التوصيل (Conduction band). ويشار إلى المنطقة التي تفصل بين حزمتي التكافؤ والتوصيل بفجوة الطاقة للمادة (Energy Gap) كما موضح في الشكل(٣) [3].



شكل (٣) حزم الطاقة لمادة عازلة في درجة حرارة الصفر المطلق[٤].

- **الانهيار في العوازل الكهربائية الصلبة Breakdown in Solids Dielectrics:**

يعرف انهيار العازل بانه فقدان العازل لخاصية العزل الكهربائي وتحوله الى موصل، ويسمى اقصى مجال كهربائي مسلط على العازل والذي عنده يحصل الانهيار بمتانة العازل (Strength Dielectric)[٥].

تعرف متانة العزل بأنها (قابلية العازل على إسناد أو مقاومة فولتية عظمى مسلطه علية لمدة طويلة بدون فشل أو انهيار). تقاس متانة العازل بدلالة المجال الكهربائي (Ebr) وهو يمثل المجال الذي ينهار أو يفشل عنده العازل[,3].

لذلك يطلق على الفولتية التي تحدث عندها الانهيار بفولتية الانهيار (Breakdown Voltage) وعندما تقسم على سمك النموذج تدعى بمتانة العزل (Strength Dielectric) لذا فأن[6,5]:

$$E_{br} = \frac{U_{br}}{h} \qquad (١)$$

لذلك

$$U_{br} = E_{br} \cdot h$$

اذ أن :

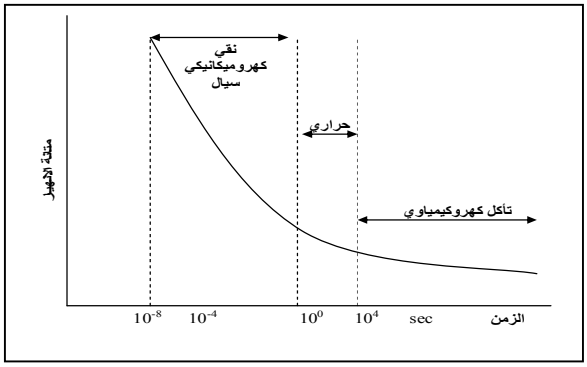
E_{br} : متانة العزل الكهربائي.

U_{br} : فولتية الانهيار الكهربائي.

h : سمك النموذج.

تقاس متانة العازل أو الانهيار الكهربائي بوحدات (KV /cm)، (KV /mm)[٦,3].

أن نقطة الانهيار في العازل تولد شرارة كهربائية يمكن أن يحرق، أو يصهر أو يكسر العينة والأقطاب. حيث أن ميكانيكية فشل العازل الصلب تتغير بزيادة زمن الفولتية المؤثرة، ويمكن تقسيم المقياس الزمني للفولتية المؤثرة على مناطق تعمل عندها ميكانيكيات مختلفة كما في الشكل (٤).



الشكل(٤) ميكانيكيات انهيار العازل الصلب بالاعتماد على زمن تسليط الفولتية [٨،٥]

أن سمك فجوه الطاقة قد تكون (10 eV) فأكثر بحيث انه حتى لو سلط مجال كهربائي فان الالكترونات لا تتحرك بعدد كبير باتجاه واحد، فكل إلكترون يتحرك باتجاه معين يقابله إلكترون أخر يتحرك بعكس اتجاه حركته لان ألحزمه مملوءة تماماً، مثل هذه المواد تسمى العوازل (Dielectric) أن فجوات الطاقة للعوازل تختلف من مادة إلى أخرى، وبصورة عامه فإن أي مادة فيها منطقة ممنوعة (فجوة طاقة) تساوي أو أكثر من (6 eV) تكون عازلة [1,3].

١ – الانهيار النقي (Intrinsic Breakdown)

أن هذا النوع من الانهيار له علاقة بوجود الكترونات حرة وهو ظاهرة ملحوظة في الزجاجيات، وهو يحدث تحت درجة حرارة الغرفة [1].

أن الشدة الكهربائية للمادة الصلبة تزداد بسرعة تحت تأثير فولتيات مسلطة لفترة قصيرة جداً إلى الحد الأعلى التي تسمى بشدة المجال الذاتي (Strength Electric Intrinsic) وتحصل هذه القيمة عملياً تحت أحسن الظروف العملية عندما تزال كافة المؤثرات الخارجية بحيث أن القيمة تعتمد على المادة ودرجة الحرارة فقط. وتبلغ الشدة الذاتية عندما تكتسب الالكترونات في العازل طاقة كافية من المجال المسلط للتغلب على فجوة الطاقة (Eg) والانتقال من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل. ويحدث الانهيار النقي خلال أزمان بحدود (10^{-8}) ثانية [7,1].

٢ – الانهيارحراري (Thermal Breakdown)

عند تسليط مجال على العازل في درجة حرارة الغرفة فأن التيار التوصيلي (Conduction Current) يكون بصورة عامة قليل جداً . ولكن قيمته تزداد بسرعة مع درجة حرارة البلورة (Lattice). إن الحرارة المتولدة من قبل التيار سوف توصل جزئياً إلى المحيط وتمتص جزئياً لرفع درجة حرارة البلورة التي بدورها ستزيد من المعدل الذي عنده تتولد الحرارة، أذا كان معدل توليد الحرارة في أية نقطة في العازل تفوق تلك التي فيها تصرف الحرارة خارجاً تنتج حالة عدم الاستقرارية ويمكن خضوع ألعينه للانهيار الحراري [7].

٣ – الانهيار الكهروميكانيكي (Electromechanical Breakdown)

أثناء اختيار انهيار العوازل فأن الأقطاب المتصلة بسطح النموذج سوف تسلط قوه ضاغطة على النموذج بواسطة جاذبية كولوم المتبادلة للأقطاب (attraction of The electrod Coulombic) حيث ان الفولتية هي (V).

وإذا كان هذا كافي لإحداث تشوهات في المجالات تحت قيمة الانهيار النقية فان متانة العازل سوف تقل وبالتالي تخضع العينة للانهيار الكهروميكانيكي [1].

٤ – انهيار التآكل (Erosion Breakdown)

تحتوي منظومات العزل بصورة ثابتة على بعض الفجوات (Cavities) أو الفراغات (Voids) خلال المادة العازلة أو على الحدود بين الصلب والأقطاب. وتملأ هذه الفجوات عادة بوسط يكون أما غازياً أو سائلاً ذا شدة انهيار اقل من العازل إضافة إلى ذلك فأن ثابت عزل الوسط الذي يملأ الفجوات غالباً ما يكون اقل من ثابت العزل للعازل ، الذي يتسبب في جعل شدة المجال للفجوة أعلى منها في

العازل ووفقاً لذلك، تحت أجهاد (جهد) مؤثر للعازل فأن الفولتيه عبر الفجوة يمكن أن تتجاوز قيمة الانهيار فينهار العازل [7,1].

٥ – الانهيار السيال (Streamer Breakdown)

تحت ظروف محددة ومسيطر عليها بصوره كاملة في مجالات منتظمة ولأقطاب مغمورة كلياً في العينة يمكن أن يكتمل الانهيار بعد مرور تيار أحادي صغير (Single ava–lanche). أن الإلكترون الداخل إلى حزمة التوصيل للعازل عند القطب السالب سوف ينحرف نحو القطب الموجب تحت تأثير طاقة كسب المجال بين الاصطدامات وفقدانها عند حدوث الاصطدام. في بعض الأحيان يمكن ان يكون المسار الحر كافي لاكتساب الطاقة متجاوزاً طاقة تأين الشبكية وتنتج إلكترون أضافي بالاصطدام، تكرر العملية وممكن أن تقود إلى تكوين انهيار الكتروني مشابه إلى الغازات [3].

- **المسامية الظاهرية (apparent porosity)**

تعرف المسامية بأنها طور موجود في معظم المواد السيراميكية المحضرة من اندماج المساحيق والمعاملة حرارياً ويوجد نوعين من المسامات وهي المسامات المفتوحة(open pores)والمسامات المغلقة(sealed pores)حيث ان المسامات المفتوحة والتي تتصل مع بعضها ويمكن رؤيتها على السطح بواسطة المجهر الالكتروني والمسامات المغلقة والتي تكون معزولة عن بعضها البعض والنوعان يعرفان بالمسامية الكليةاما المسامية الظاهرية فتقاس خاصية المسامية بالمقارنة بين حجم المسامات الموجودة مع حجم او وزن النموذج السيراميكيةوتحسب المسامية الظاهرية للعينات السيراميكية المحروقة وحسبالمواصفات الأمريكية (٧٢ – ٣٧٣ ASTM) وفق العلاقة التالية [٣,,٩]:

$$p\% = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} * 100$$

حيث :

P: المسامية.

W_s : وزن النموذج وهو رطب.

W_d : وزن النموذج وهو جاف.

W_i : وزن النموذج وهو مغمور في الماء.

اما نسبة الامتصاص فتحسب وفق العلاقة التالية [6]:

$$W.A\% = \frac{W_s - W_d}{W_d} 100 \qquad (٢)$$

حيث :

W.A : نسبة امتصاص الماء.

W_s : وزن النموذج وهو رطب.

W_d : وزن النموذج وهو جاف

- **الكثافة الظاهرية (the density)**

تعد الكثافة الحجمية من اهم خواص المواد السيراميكية فهي تدخل في تحديد خواص العزل الكهربائي والخواص الميكانيكية والكيميائية في المواد ومن الممكن حساب الكثافة بالطرق التقليدية حيث تقاس أبعاد النموذج وكتلته باستخدام العلاقة:

$$\text{الكثافة } (gm/cm^3) = \frac{\text{كتلة النموذج بعد الحرق}}{\text{حجم النموذج بعد الحرق}}$$

هنالك العديد من الدراسات التي تناولت العوالق السيراميكية ومن جوانب مختلفة فقد تعامل (١) مع الموضوع نظرياً حيث درس ضغط الامتصاص الشعري للقالب ومعدل نضوح الماء مرور الماء عبر القالب ووضع العلاقات النظرية التي تربط بين الضغط الشعري للقالب وبين معدل ترسيب طبقة السيراميكية على الجدران الداخلية له [١٠].

اما(٢) فقد درس امكانية انتاج اجسام سيراميكية بالصب الانزلاقي متكونة من عدة طبقات من مواد سيراميكية غير طينية بشكل عام مثلا (اوكسيد الالمنيوم وفلوريد الكالسيوم) وتم وضع ميكانيكيات عامة تحكم ترشيح المواد السيراميكية غير الطينية بشكل عام مثلاً الكاربيدات والفلوريدات والنتريدات[11].

وفي(٣) تم دراسة متغيرات الصب الانزلاقي من حيث حجم الدقائق السيراميكية ومساحتها السطحية وكثافة العالق ونوع الدقائق المستخدمة حيث استخدم الكلوريدات والنتريدات ومن ثم دراسة تأثير كل من هذه المتغيرات في عملية التلبيد والخواص النهائية للمنتجات السيراميكية[١٢].

اما (٤) فقد درس امكانية انتاج عوازل سيراميكية بطريقة الصب الانزلاقي مكون من الكاؤلين العراقي المضاف اليه الكاؤلين المحروق ودراسة فولتية الانهيار لها وقد توصلت الى ان النماذج ذات فولتية انهيار جيدة وتزداد مع زيادة نسبة الكاؤلين المحروق المضافة[١٣].

❖ الجزء العملي:

أ/تهيئة المادة الاساس:

تم تهيئة المادة الساس وهي الكاؤلين المجهز من شركة (fluka) السويسرية وبنقاوة (99.9) وبحجم حبيبي اقل من (106 Mm)

ب/ تهيئة المادة المدعمة:

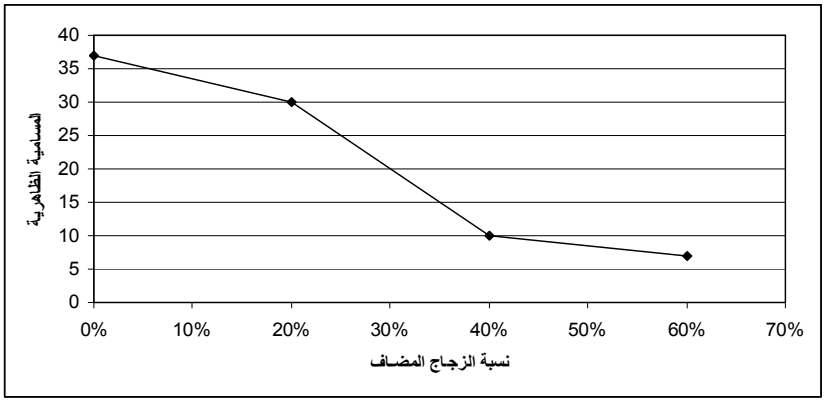
استخدم زجاج جير الصودا (زجاج الشبابيك) اذ تم غسله وتنظيفه بالماء ثم بالكحول للتخلص من الاوساخ والشوائب ثم قمنا بعد ذلك بتجفيفه ثم قمنا بتكسيره وطحنه طحن يدوي بواسطة مورتر ثم تم نخل الزجاج المطحون باستخدام جهاز النخل (الغربلة) الكهربائي من نوع (Retsch)) و ذو حجم حبيبي اصغر اويساوي (106Mm) .

اذ استخدمت المادة الاساس وهي الكاؤلين وتم اضافة الزجاج لها كمادة مدعمة حيث تم تهيئة خمس خلطات ووزنها بواسطة ميزان كهربائي حساس من نوع(Sartorius) الماني المنشأ ذو حساسية (d=0.01gm) وكان وزن كل خلطة (25gm) وقمنا بخلط كل خلطة على حدة باستعمال الهاون اليدوي (mortar) لمدة (15) دقيقة لضمان الحصول على تجانس المادة المدعمة مع جسيمات المادة الاساس والحصول على افضل تجانس ممكن ، والجدول ادناه يوضح اوزان الخلطات ونسبتها المؤية:

	وزن الكاؤلين	وزن الزجاج	النسبة المؤية للكاؤلين	النسبة الؤية للزجاج
1	25	0	100%	0%
2	20	5	80%	20%
3	15	10	60%	40%
4	10	15	40%	60%
٥	5	20	20%	80%

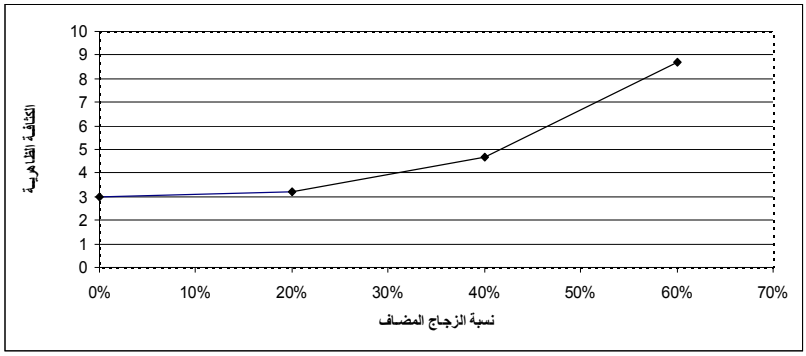
النتائج:

١. مسامية ظاهرية: ان النتائج التي تم التوصل لها في حساب المسامية الظاهرية موضحة بالشكل التالي:



شكل(5) يوضح تغير المسامية الظاهرية مع نسبة الزجاج المضاف للكاؤلين

٢. كثافة ظاهرية: ان النتائج التي تم التوصل لها في حساب الكثافة الظاهرية موضحة بالشكل التالي :



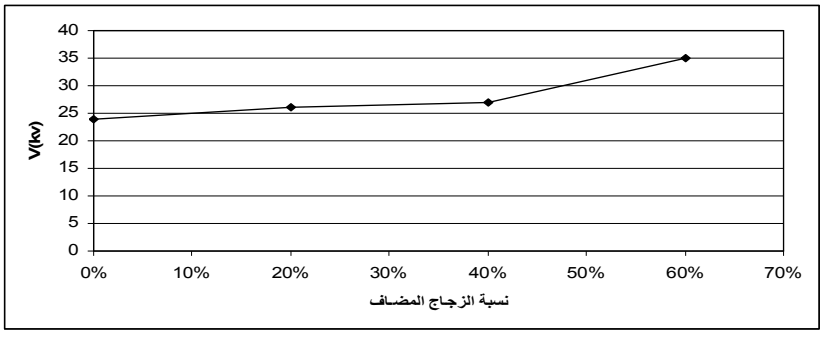
شكل(6) يوضح تغير الكثافة الظاهرية مع نسبة الزجاج المضاف للكاؤلين

من الاشكال السابقة نلاحظ حصول نقصان في المسامية وزيادة في الكثافة الظاهرية مع زيادة نسبة الزجاج المضاف وذلك لوجود مسامات عند تشكيل النموذج بالصب الانزلاقي وتزداد نسبته بعد عملية التجفيف(١٠٠C) اذ يفقد النموذج ماء التشكيل بعد ذلك تستمر خطوات عملية التلبيد اذ يفقد الكاؤلين ماء التبلور وثم تحدث تغيرات فيزياوية وكيمياوية حيث يتحول الكاؤلينايت الى الميناكاؤلين عند درجة حرارة (٤٥٠^{o}C) وكما تحترق الشوائب العضوية وتتبخر.

كل المراحل السابقة تولد مسامات ضمن النموذج وعند زيادة درجة الحرارة الى(750 ^{o}C) يبدأ الزجاج المضاف بالانصهار وتكوين سائل ذي لزوجة عالية بين الدقائق السيراميكية، وتبدأ مرحلة تكوين العنق عند (850 ^{o}C) بين دقائق الكاؤلين.

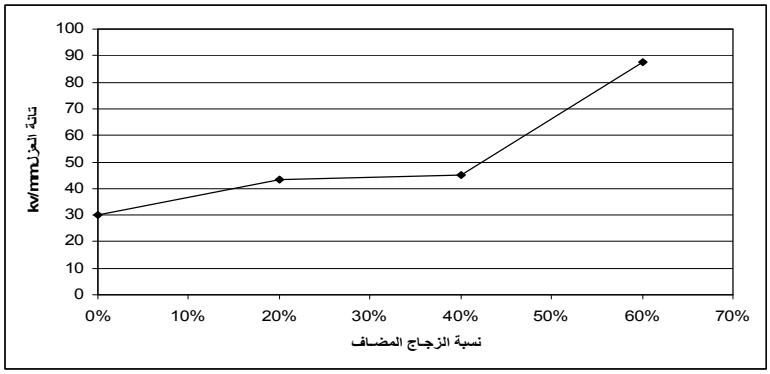
ان وجود الطور السائل وتكون العنق يولد تقارب بين الدقائق السيراميكية(الكاؤلين) مما يؤدي الى زيادة الكثافة وتقليل المسامات في النموذج النهائي وقد لوحظ ان العينة التي تحتوي على اقل مسامية واعلى نسبة كثافة هي التي تكون فيها نسبة الزجاج (٦٠%).

٣. فولتية الانهيار: ان النتائج التي تم التوصل لها في حساب فولتية الانهيار موضحة بالشكل التالي:



شكل(٧) يوضح تغير فولتية الانهيار مع نسبة الزجاج المضاف للكاؤلين

٤. متانة العزل: ان النتائج التي تم التوصل لها في حساب متانة العزل الكهربائي موضحة بالشكل التالي:



شكل(8) يوضح تغير متانة العزل الكهربائي مع نسبة الزجاج المضاف للكاؤلين

ان الاشكال السابقة توضح تأثر الخواص الكهربائية بنسبة الزجاج المضاف الى الكاؤلين حيث نلاحظ زيادة متانة العزل الكهربائي وفولتية الانهيار وتعزى هذه الزيادة الى زيادة الكثافة وتناقص المسامية .

وكما تتأثر الخواص الكهربائية العزلية بشكل وانتظام النموذج ، ومن النتائج التي تظهر حصول زيادة في متانة العزل مع اضافة الزجاج يبدأ واضحا تأثير اضافة الزجاج دون وجود مشاكل في شكل النموذج تعيق حصول هذا التحسن في الخواص العزلية اي عدم فشل دور الزجاج في تحسين العزل الكهربائي بسبب عوامل التشكيل بالصب الانزلاقي ولوحظ ان العينة التي تحتوي على اعلى متانة عزل واعلى فولتية انهيار هي التي تكون فيها نسبة الزجاج (٦٠%).

الاستنتاجات:

١- ان افضل نسبة للخلط (الكاؤلين–الزجاج) هي (٦٠%)للزجاج واعلى منها يبداء الزجاج بالترسب.
٢- يحصل نقصان في المسامية وزيادة في الكثافة الظاهرية مع زيادة نسبة الزجاج المضاف.
٣- تزداد متانة العزل الكهربائي وفولتية الانهيار مع ارتفاع نسبة الزجاج المضاف.
٤- ان اعلى متانة عزل واعلى فولتية انهيار هي التي تكون فيها نسبة الزجاج (٦٠%).

المصادر

١)ترجمة أ.د. قحطان خلف الخزرجي، د. عباس خماس الساعدي، د. صباح خماس الساعدي. "علم المواد الهندسية"، دار دجلة/ جمهورية العراق/ بغداد، (٢٠١٠)

2) C.barry.carter, En m.grant Norton" Ceramic materials science and gineering " ,spring,2007.

3) Kang li,"ceramic membranes for separation and reaction",john wiley and sons,(2007) .

٤)حيدر صاحي حسين العمار،"دراسة بعض العوامل المؤثرة على متانة العزل الكهربائي لمتراكبات (سيراميك–زجاج) "، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، (٢٠٠٨).

5) C.Olagnon,D.Megarry and E.Nagy"The Effect of slip casting Parameters on the sintering and final properties of Si_3N_4",Ceram,No.88,(1989).

٦) فرح جميل إبراهيم الزبيدي، "تأثير بعض العوامل في متانة العزل الكهربائي لمتراكبات سيراميك)"، (٢٠٠٩). PVC

٧)سامر صبيح عبد الكاظم صبيح علي، "دراسة التأثيرات الكهروميكانيكية لأنواع مختلفة من الزجاج"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد (٢٠١٠).

٨)أي – كفل، أم – عبد الله، ترجمة/ السيد اودا ابلحد قس يونان، السيد فاروق خليل عموري، الدكتور مأمون فاضل الكبابجي، "هندسة الضغط العالي"، دار الكتب للطباعة والنشر/ جامعة الموصل، (١٩٨٢).

9) http://ieeexplore.ieee.org.tiger.sempertool.dk/stampPDF/getPDF.jsp?tp=&arnumber=04674561&isnumber=4674544&tag=1

10) j. AM.ceram. soc.v Frank m.tiller and chun-dar asti" slip casting theory of filtration ceramic". 69.N.12. 1986.

11) "slip casting of non – clay ceramic" p.rado,great Britain inter ceram. No.4,1987.

12) slip cast aptite ceramics" E GON.G. NORD STROM and KAJH KAISSON Ceramic bulle tin. Vol.69,no.5,19%

١٣) ايناس محي هادي،"دراسة بعض خصائص العوالق السيراميكية المستخدمة في تحضير العوازل بطريقة الصب الانزلاقي"،مجلة التربية المستنصرية،(٢٠١٢)،العدد(١).

[4]إيناس محي هادي، "دراسة الخواص الميكانيكية والحرارية للبولي استر غير المشبع والمدعم بدقائق سيراميكية"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، (١٩٩٩).

[6] رغد حسين محمد، "دراسة تأثير ظروف التجوية (الإشعاع والمحاليل الكيميائية) على بعض خصائص متراكبات الايبوكسي"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، (٢٠٠٤).

[8] شوكت إسماعيل جبير الداهري، "دراسة التوصيلية الحرارية لمكبوسات (البورسيلينايت–كاؤولين)"، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية (٢٠٠١).

[9] ترجمة أ.د. قحطان خلف الخزرجي، د. عباس خماس الساعدي، د. صباح خماس الساعدي. "علم المواد الهندسية"، دار دجلة/ جمهورية العراق/ بغداد، (٢٠١٠).

[10] [11] تأليف أ.د. قحطان خلف الخزرجي، "مباديء هندسة المواد الامعدنية"، دار دجلة/ المملكة الأردنية الهاشمية/عمان، (٢٠٠٩).

[12] W. D. Kingery, H. K. Bowen, D. R. Uhlmann, "Introduction to Ceramics", John Wiley & Sons, Inc. (1976).

[13] شهاب احمد زيدان، "تحضير العوازل الكهربائية من الكاؤلين العراقي"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، (١٩٩٥).

[14] أزهر عبد الوهاب حبيب ، "تحضير ودراسة الخواص التركيبية والعزلية للمركب السيراميكي $(Sr_{1-}$ (M = Nh, Ph) $_xM_xTio_3)$"، اطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، (٢٠٠٧).

G.Y.onoda,L.L. Hench,"ceramic processing before firing",john wiley and Sons,u.s.a,(1978).

Abstract:

The aim of the study is prepare die electric materials which have irregular shape by slip casting and study its electrical and physical properties.

We use kaolin as matrix and soda glass as adding material, the adding of glass produce glass phase in the sintering which are decrees the porosity and the effect of the oxides.

So produce increase the die electrical strength.

The composite material (kaolin-glass) prepare with different weight fraction until (60%) glass .