تأثير الإضافات (الرابطة – الملدنة – المزيته) على الخصائص الفيزياوية للكاؤولين

*فاضل عبد رسن عمارة**

تاريخ قبول النشر 2007/5/8

الخلاصة:

حضرت ثلاث خلطات من المواد المشكلة للهرم الثلاثي للتركيب اللدائني، إذ حضرت من (70، 75، 80)% بولي فاينيل بيوتيرال Polyveniyl Butyral و (20،15، 10)% فيثالك اسد Di- n-butyl phathalate و 10% من شمع البرافين Paraffin wax Pastillated على التوالي وتمت إذابة المكون ومزجه باستعمال مذيب xylolzul analyse وبدرجة حرارة مزج 90°C.

غسل الكاؤولين للتخلص من الأملاح الذائبة والشوائب العضوية العالقة، بعد ذلك تمت عملية التجفيف والطحن والنخل لتحديد الحجم الحبيبي المستعمل.

أضيف نسب 5% و 10% من كل من الخلطات المحضرة من الهرم الثلاثي للتركيب اللدائني إلى مسحوق للكاوؤلين بحجم حبيبي (D<100 µm و D<50µm) لتحضر ست خلطات متراكب سيراميك بوليمر من كل مدى من الحجم الحبيبي. شكلت النماذج بطريقة الكبس الحار، ثم اجريت المعاملة الحرارية للنماذج المشكلة لدرجات حرارية °C(1250 و1300 و1350) وبزمن إنضاج 2hr وسرعة ارتفاع من درجة حرارة الفرن 2°C/min. تم قياس الخواص العزلية الكهربائية (ثابت العزل ومعامل الفقدان العزلي وظل زاوية الفقد) والخواص الفيزياوية (التقلص الحبيبي) لهذه النماذج المحضرة.

لقد أعطت النتائج أن الجسم السيراميكي المتشكل من 95% كاؤولين دويخلة العراقي ولحجم حبيبي D<50µm والمضاف إليه5% من خلطات المواد الملدنة (10% Lubricant + 15% Plasticizer + 75% Binder) قد أعطت أفضل نتائج عند درجة حرارة حرق 1300°C وكلما زادت نسب الإضافة [لحدود 10%] قد ادت إلى تحسين الخواص العزلية الكهربائية وضمن حدود قيم التقلص الحجمي.

المقدمة:

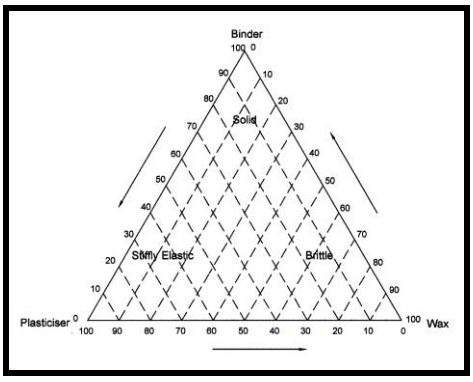
في الثلاثينات من القرن العشرين امتدت عملية القولبة بالحقن لتشمل نطاقاً أوسع في عمليات تشكيل المساحيق بطريقة القولبة بالحقن (PIM) powder Injection molding. إذ استعملت لتصنيع الأغلفة السيراميكية بطريقة الحقن لإنتاج عوازل شمعات القدح، وتوسعت لتشمل التطور الحاصل في المواد للمنتجات الأكثر تعقيداً مثل مقومات الأسنان وانتهاء بالتغليف الإليكتروني [1].

القولبة بالحقن هي طريقة إنتاج عالية الإنتاجية واطئة الكلفة، لتشكيل أجزاء ذات تكرارية عالية لمواصفة المنتج، وقد اثبتت فائدتها في تصنيع المكونات المعدنية والسيراميكية [2-4].

انجزت دراسات عديدة على تأثير المواد الرابطة والمزينة والملدنة على التشكيل بالحقن [5-8] كما اهتمت الدراسات حول تصنيع اجسام سيراميكية ذات سمك يصل لحدود (3µm) باستعمال مساحيق سيراميكية فائقة النعومة والتشكيل بطريقة القولبة بالحقن [9]. تم في هذا البحث تحديد نسب مكونات الهرم الثلاثي للمواد (الرابطة، الملدنة، المزينة) الداخلة في عملية التشكيل بتقنية القولبة بالحقن لتحديد مدى تأثيرها على الخواص العزلية الكهربائية والفيزياوية على الأجسام السيراميكية والمشكلة من أطيان محلية.

الأساس النظري:

يمثل الشكل (1) علاقة مكونات المادة الرابطة والمزينة والملدنة على خواص الجسم المشكل إذ يوضح الجدول (1) خصائص كل من هذه المكونات:



شكل (1) يوضح الهرم الثلاثي للمكونات (الملدنة، الرابطة، المزيتة) [5]

الجدول (1) يوضح خصائص المكونات الملدنة [5]

	نوع المادة	المركب	الخاصية	تأثيرها (عملها)
1	المادة الرابطة	بولي فينيل	قوة ميكانيكية	ليونة شكل جيدة وذات تأثرية واطئة

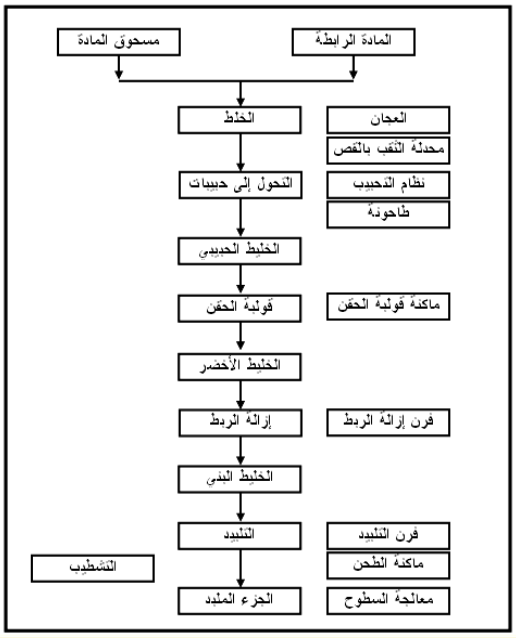
*جامعة بابل / كلية العلوم

	(Binder)	بيوتيرال (Polyvinyl butyral)	عالية (High mechanical strength)	للتشققات (Good retention of shape, low susceptibility to cracking)
2	المادة الملدنة (Plasticiser)	حامض فثالك أستر (Phathalic acid ester)	مطاط صلب (Stiffly elastic)	سهولة تشذيب وتشطيب (Easy for trimming and finishing)
3	المادة المزيتة (Lubricant)	شمع طبيعي وصناعي (Natural and Synthetic wax)	هش (Brittle)	اقتصادي في الحقن (Economic to injection)

يمكن استعمال معظم المواد القابلة للتلبيد المتوفرة على هيئة مسحوق في القولبة بالحقن بما في ذلك البورسلين الصلب والطيني [10]. أن اختيار المادة الرابطة تحكمه طبيعة سلوك المادة المشكلة؛ لأنظمة اللدائن الحرارية، أنظمة اللدائن المتينة، الأنظمة المائية ذات المحتوى العضوي الواطئ. أن الأنظمة اللدائنية الحرارية هي التي يغلب استعمالها في عملية قولبة حقن السيراميك، فقد اعتبرت افضل نوع مناسب، كما أن المواد اللدائنية المتينة تظهر تصلباً لا يمكن عكسه عند التسخين لذلك فهي اقل ملائمة أما الأنظمة المائية فيتطلب ازالة الماء بصورة جزئية اثناء الحقن بواسطة جدار قالب مسامي [5].

ان خواص المنتجات السيراميكية تعتمد على خواص الشوائب الموجودة فيها، وعلى نسبة تفاعلها وتجانسها مع المادة الأساسية. لذلك فقد اعتبر أن النتائج المتحققة مرتبطة بمواصفات المواد الأولية المستعملة، وكذلك لمراحل التصنيع ايضا وتأثير ذلك على الخواص الميكانيكية والفيزياوية والكيميائية للمنتج السيراميكي [12,11]. يوضح الشكل (2) مراحل تحضير الجسم السيراميكي بالقولبة بالحقن.

لابد من تحميص المادة المراد استعمالها في قولبة حقن المساحيق مع مادتها الرابطة المتوفرة [13]. اما بالنسبة للخصائص المفضلة أثناء التحميص والتلبيد هو الوصول إلى خليط ذي انتفاخ حبيبي وعلى درجة عالية من الملء البيني (Interstitial Filling) لتقليل الإنكماش ومقاومة التصدع أثناء التلبيد [5].



شكل (2): يوضح مراحل تحضير الجسم السيراميكي بواسطة عملية القولبة بالحقن [5]

ان الظاهرة الناتجة من الحرق تسمى بالتلبيد [14] إذ تعرف عملية التلبيد على انها عملية التحام الحبيبات المتصلة فيما بينها وتكاثفها لتكون جسماً صلباً متماسكاً، وتتم العملية عند تعريض الجسم السيراميكي الهش إلى حرارة مناسبة لتحدث تغيرات في شكل المسام وحجمها، والتغيرات في شكل الحبيبات والنمو الحبيبي للحبيبات المتراصة، الذي يقود إلى الانكماش الحجمي في الجسم السيراميكي الناتج والى تغيرات تركيبية متعددة تعتمد على نوع المادة الداخلة في تشكيل الجسم السيراميكي وظروف المعاملة الحرارية، متحولاً بذلك من جسم مسامي إلى جسم قوي وكثيف وذلك لغرض تحسين الخواص الميكانيكية والكهربائية والحرارية للجسم المشكل [15-19].

ان مفهوم الخواص الفيزيائية تعني التقلص لأهمية ذلك على تكنولوجيا القولبة بالحقن، أن التقلص يعني التناقص الحاصل في أبعاد النموذج السيراميكي بعد عملية الحرق، ويعبر عن قيمة التقلص بالنسبة المئوية، إذ يتغير كل من حجم وشكل الحبيبات المكونة للمنتج السيراميكي. أن التقلص نوعان: التقلص الخطي (linear Shrinkage) وهو مقدار التقلص الحاصل في الطول الأصلي للعينة السيراميكية نتيجة عملية الحرق. اما النوع الثاني فهو التقلص الحجمي (Volume Shrinkage) وهو مقدار التقلص الحاصل في حجم العينة (الطول والسمك) نتيجة عملية الحرق [20].

هنالك عدة عوامل عدة تؤثر في مقدار التقلص منها [21, 22]: نوع المادة الأولية، محتوى الرطوبة، طريقة تشكيل الجسم السيراميكي، الحجم الحبيبي

لمكونات المساحيق التي تشّكل منها الجسم السيراميكي، مدى فعالية تحرير غازات اثناء المعاملة الحرارية، ضغط التشكل، درجة حرارة التلبد، وزمن الحرق ومعدل ارتفاع درجة حرارة الفرن.
لحساب التقلص تقاس ابعاد النموذج قبل وبعد الحرق وتطبيق العلاقات التالية، لحساب مقدار التقلص بنوعيه [24, 23, 20].

$$\text{linear shrinkage (L.Sh.)} = \frac{L_0 - L}{L_0} \times 100\% \quad \ldots(1)$$

إذ أن .L.sh: التقلص الخطي (%)، L_0: طول النموذج قبل الحرق(mm)، L: طول النموذج بعد الحرق (mm).

$$\text{Volume Shrinkage (V.Sh.)} = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% \quad \ldots(2)$$

$$\text{V. sh .} = \left(1 - \frac{D^2 \ell}{D_0^2 \ell}\right) \times 100\%$$

إذ أن: .V.Sh: التقلص الحجمي (%)، V : حجم النموذج قبل الحرق (mm^3)، V: حجم النموذج بعد الحرق (mm^3)، D_0: قطر النموذج قبل الحرق (mm)، D: قطر النموذج قبل الحرق (mm).

تتميز معظم المواد السيراميكية بالمقاومة الكهربائية النوعية العالية وذلك بسبب الترابط بين ذرات المواد التي تكون تلك الأجسام. أن الخواص العزلية الكهربائية تحدد من خلال قياسات ثابت العزل والذي يعرّف بأنه النسبة بين سماحية المادة إلى سماحية الفراغ ويحسب من العلاقة [26, 25]:

$$\epsilon' = \left(\frac{1}{\epsilon_0}\right)\left(\frac{d}{A}C\right) \quad \ldots (3)$$

إذ أن d: سمك النموذج (mm)، A: المساحة الفعالة للنموذج (mm)، C: قيمة السعة المقاسة (pF).

وقياسات معامل الفقدان العزلي إذ يمثل مقدار الجزء الخيالي للسماحية النسبية المعقدة ويحسب من العلاقة التالية [30, 28]:

$$k'' = \left(\frac{1}{R_p w \epsilon_0} \frac{d}{A}\right) \quad \ldots (4)$$

إذ ان: R_p هي القيمة المقاسة لمقاومة المادة ، "CR-meter" المربوطة على التوازي في دائرة (Hz): تردد f: $(2\pi f)$، w.

تتأثر قيمة ثابت العزل وقيم معامل الفقدان العزلي بالتغيرات التركيبية، وطريقة التصنيع، الكثافة المسامية، تردد الفولتية المسلط [27-29].

كما أن فقدان الطاقة في الأجسام السيراميكية ينتج من خلال ثلاث عمليات هي خسارة انتقال الأيونات (خسارة التوصيل المستمر، قفز الأيونات، الاهتزاز الأيوني وخسارة تغيير المواقع، إعادة ترتيب ثنائيات القطب، خسارة الاستقطاب الإليكتروني). إذ تعرف العمليتان الأولى والثانية على أنها التسرب الحاصل في التيار.

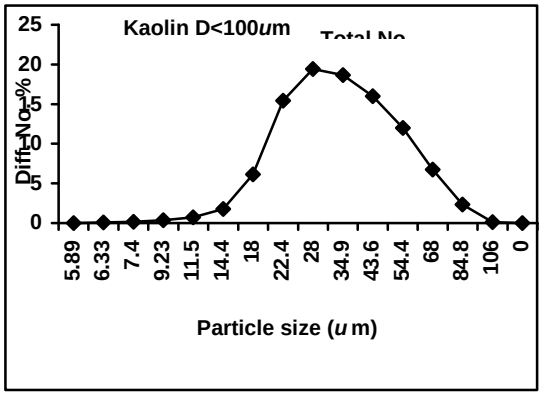
الجزء العملي :

تم اختيار مواد محلية عراقية (كاؤولين دويخلة) لتشكيل جسم سيراميكي، يوضح الجدول (2) التحليل الكيمياوي لهذه المادة،

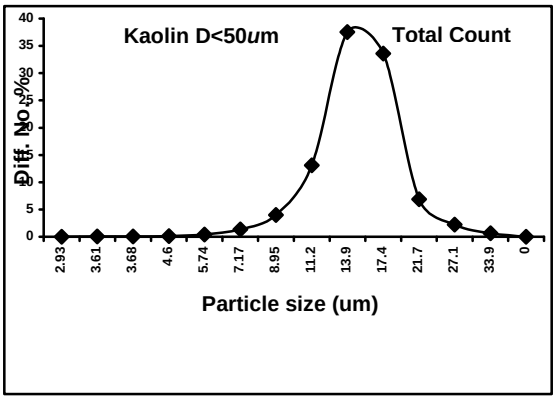
جدول (2) يوضح التحليل الكيميائي كاؤولين دويخلة

نوع الأوكسيد	النسبة المئوية (%)	نوع الأوكسيد	النسبة المئوية (%)
SiO_2	52.35	MgO	1.11
Fe_2O_3	1.31	SO_3	0.45
Al_2O_3	34.02	Na_2O	--
TiO_2	0.12	K_2O	--
CaO	1.2	L.O.I	12.54

بعد غسل الكاؤولين بالماء المقطر والترشيح اجريت عملية التجفيف والطحن والنخل. تم أخذ مديين من الحجم الحبيبي للكاؤولين دويخلة هما ($D < 50\mu m$) و ($D < 100\mu m$) الذي يوضح الشكل (3) والشكل (4) التوزيع الإحصائي لعدد الحبيبات المماثلة لحجم الحبيبة. حضرت ثلاث خلطات من المواد (الملدنة، الرابطة، المزينة) إذ تم استعمال مادة رابطة بولي فاينيل بيوتيرال Polyveniyl Butyral ومادة ملدنة حامض فيثالك ايستر Di- n-butyl phathalate ومادة مزيتة شمع البرافين Paraffin wax Pastillated. ثم اذابة هذه المواد باستعمال مذيب (xylolzul analyse). إذ يوضح الجدول (3) النسب الوزنية المستعملة لتحضير المجاميع الثلاثة:



شكل (4) التوزيع الحبيبي لحبيبات الكاؤولين
$(D < 50\mu m)$



شكل (3) التوزيع الحبيبي لحبيبات الكاؤولين
$(D < 100\mu m)$

جدول (3) يوضح نسب مكونات الخلطات (الملدنة، الرابطة، المزيتة)

رمز المجموعة	المادة الرابطة (B) (Binder)	المادة الملدنة (P) (Pasticizer)	المادة المزيتة (L) (Lubricant)	المادة المزيتة (Solvent)
	Polyviny *2 butyral	Phathalic *2 acid ester	Paraffin *1 Wax Pastillated	Xylolzul *3 Analyse
النسبة الوزنية (%)	النسبة الوزنية (%)	النسبة الوزنية (%)	النسبة الوزنية (%)	(ml)
R_1	70	20	10	100
R_2	75	15	10	100
R_3	80	10	10	100

*1: Parnffin wax pastilled BDH Laboratory supplies.
*2: Industrical product.
*3: XylolZur analyse (isomeren gemisch C_8H_{10}).

ان عملية الخلط تمت بدرجة حرارة 90^oC حيث وضع المكونات في بيكر، ويوضع البيكر في حمام مائي مسيطر عليه حرارياً للسيطرة على درجة حرارة المزيج واستعمال خلاط ميكانيكي للمزج بريشة زجاجية.

اخذت نسبة 5% و10% من مجاميع المواد الملدنة (R_3,R_2,R_1) وأضيف إلى كاؤولين دويخلة العراقي لحجم حبيبي اقل من 50µm وبنسب 90% و95% من حجم المكون المخلوط، وكما يوضحها الجدول (4). كذلك أخذت نسبة 5% و 10% من مجاميع المواد الملدنة (R_3, R_2, R_1) وأضيفت إلى كاؤولين دويخلة لحجم حبيبي أقل من 100µm وبنسب 90% و 95%، كما يوضحها الجدول (5).

جدول (4) يوضح النسب والمكونات الداخلة في تكوين المخلطات من كاؤولين دويخلة $D < 50\mu m$

رمز الخلطة	المواد الملدنة		كاؤولين دويخلة
	اسم المجموعة جدول (5)	النسب الوزنية المستعملة (%)	النسب الوزنية(%)
C_1	R_1	10	90
C_2	R_2	10	90
C_3	R_3	10	90
C_4	R_1	5	95
C_5	R_2	5	95
C_6	R_3	5	95

جدول (5) يوضح النسب والمكونات الداخلة في تكوين المخلطات من كاؤولين دويخلة $D < 100\mu m$

رمز الخلطة	المواد الملدنة		كاؤولين دويخلة
	اسم المجموعة جدول (5)	النسب الوزنية المستعملة (%)	النسب الوزنية (%)
D_1	R_1	10	90
D_2	R_2	10	90
D_3	R_3	10	90
D_4	R_1	5	95
D_5	R_2	5	95
D_6	R_3	5	95

بعدها أجريت عملية التشكيل، بطريقة استعمل فيها قالب ملفوف حوله مسخن حراري مسيطر عليه من خلال منظومة سيطرة على درجة حرارة تصل إلى 330^oC. ثم يسلط الضغط باستعمال مكبس كهربائي مبرمج نوع (Carver) بمقدار Ton 5، وتستمر درجة الحرارة عند 150^oC ولمدة عشرة دقائق. ترك القالب وبداخله النموذج ليبرد لدرجة حرارة $(50\text{-}70)^oC$ ولفترة زمنية تتراوح بين (30 – 20) دقيقة بعد ذلك تخرج العينة وتوضع في حاوية تجفيف (Vacuum Desiccator) ثم تجفف لدرجة حرارة 100^oC لمدة 2 ساعة باستعمال مجفف مربوط بمضخة رحوية (10^{-2} mbar) وتجرى بعدها عمليات الحرق عند درجات حرارية $(1250,1300,1350)^oC$ وزمن انضاج 2hr ومعدل ارتفاع في درجة الحرارة $2^oC/min$.

النتائج والمناقشة:

تم قياس التقلص الحجمي وذلك بقياس ابعاد النماذج قبل الحرق وبعد الحرق بواسطة قدمة (vernier caliper) وبعد ذلك تم حساب التقلص الحجمي حسب العلاقة (2) تبين الأشكال (5-6) مقدار التقلص الحجمي الحاصل لمكبوسات الجسم السيراميكي المشكل من كاؤولين دويخلة العراقي. إن أعلى قيمة للتقلص الحجمي وللمدى الحراري $(1250\text{-}1300)^oC$ تعود للمكون 90% كاؤولين دويخلة مضاف اليه 10% من خليط المكونات الملدنة. بصورة عامة أن لكل مجموعة مع المكون نجد أن تزداد كلما زادت نسبة المادة الرابطة زاد مقدار التقلص الحجمي. أن زيادة نسبة الكاؤولين من 90% إلى 95% ولنفس المدى الحبيبي قد ادى إلى نقصان مقدار التقلص الحجمي إذ كانت أعلى قيمة تعود للمكون 90% والمضاف إليه 80%B+10%P+10%L ضمن المدى الحراري $(1250\text{-}1350)^oC$.

كما أن مقدار التقلص الحجمي يتغير تبعاً لتغير درجة حرارة الحرق إذ يزداد مقدار التقلص الحجمي بزيادة درجة حرارة التلبيد، وهذا يتطابق مع الاستنتاج المتحقق من دراسة Suchller [31]. لقد تم اعتماد دورة حرق $2^oC/min$ وبزمن انضاج 2hr ، حيث أن تبلور الميولايت الإبري من الأنصهار والإنحلال يعتمد على ارتفاع وانخفاض معدلات الحرق. وكلما زادت درجة حرارة الحرق كلما اقترب التأثير من مركز التكتلات مما يؤدي إلى تحول المولايت الإبتدائي إلى ابر المولايت الثانوية متألفة من زجاج وابر المولايت والذي يتحكم بفاعلية التقلص الحجمي. من الأشكال البيانية نجد أن استعمال مسحوق كاؤولين لحجم حبيبي معرف بالشكل (4) ولمدى حجم حبيبي $(D<50\mu m)$ قد أعطى قيم للتقلص أقل من استعمال مسحوق كاؤولين معرف بالشكل (3) ولمدى حجم حبيبي $(D<100\mu m)$ رغم توافق سلوكه مع زيادة المادة الرابطة.

يوضح الشكل (8,7) سلوك خاصيتي ثابت العزل وعامل الفقدان العزلي عند 1MHz وعند درجة حرارة الغرفة للمكون كاؤولين 90% و95%حجم حبيبي ($D<50\mu m$ و $D<100\mu m$) مضاف إليه المكونات البوليمرية (70%B+20%P+10%L) و(75%B+15%P+10%L) و(80%B+10%P+10%L) لكل مكون على التوالي.

إذا أخذنا حجم الحبيبات متساوٍ فأن المساحة السطحية للحبيبات الكبيرة تكون قليلة ولكن المسافات البينية أو الحجم البيني بين الحبيبات كبير وبالتالي لا يوجد تأثير على عملية التقلص ضمن حدود الحجم الفراغي بين الحبيبات وإنما يتحكم بالتقلص هو فاعلية درجة التلبيد. في حين للحبيبات الأصغر وتحت افتراض تساوي الحجم فأن المساحة السطحية تكون أكبر بكثير ولكن الحجم الفراغي يكون أقل، لذلك تأثير كمية المادة الرابطة تكون ضمن حدود الحجم الفراغي بين الحبيبات ولكن لمدى أقل من الأكبر، فإذا زادت الكمية المستعملة من المادة الملدنة على الحجم الفراغي، ولم يحصل تعويض تحت تأثير المساحة السطحية للحبيبات فالكمية الزائدة تكون قد شغلت مكان أدى إلى زيادة السمك للنموذج على افتراض أن القطر ثابت وبالتالي عند المعاملة الحرارية يحصل تقلص نتيجة عاملين الحرارة (التلبيد) وخروج المادة الملدنة.

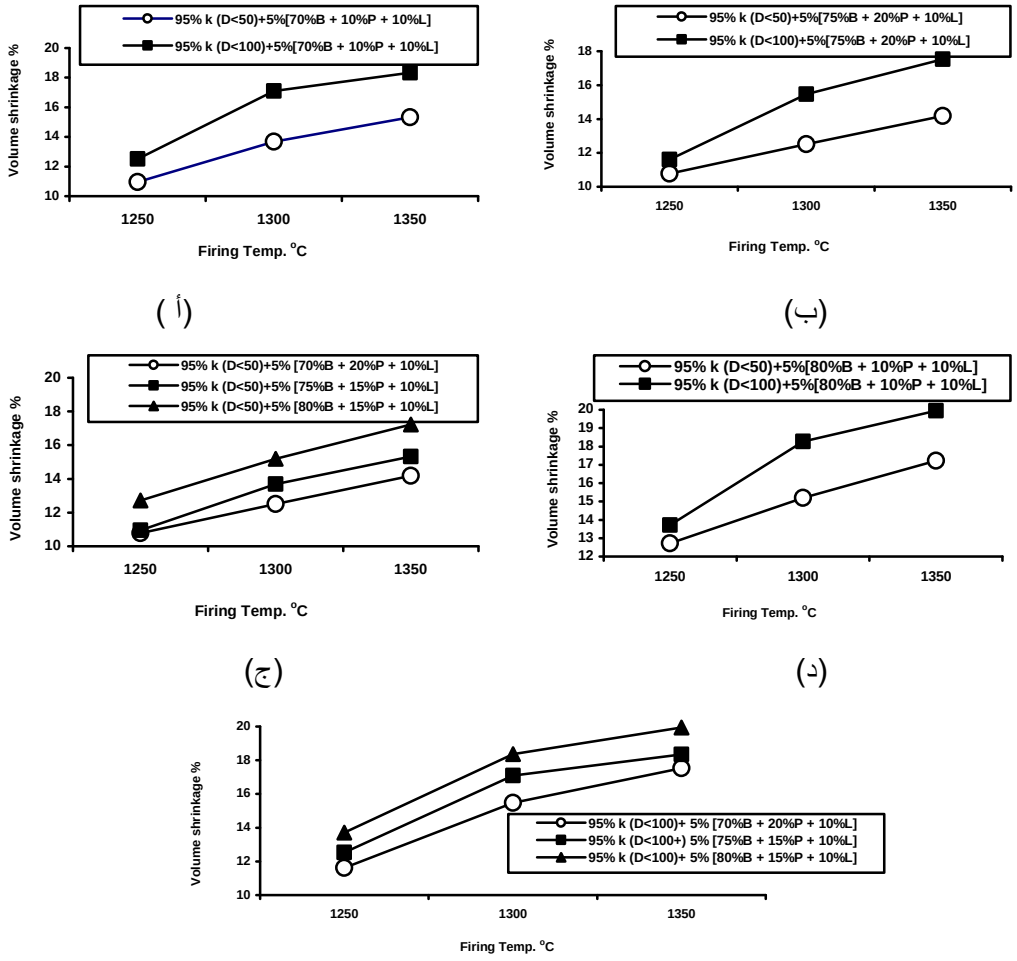
ولكن عند استعمال مسحوق ذو حبيبي واطئ جداً فأنه يؤدي إلى مساحة سطحية كبيرة يتطلب استعمال مدى للمادة الملدنة أكبر ليحصل تقلص مؤثر. أن هذا التصور بدى متبانياً في النتائج نتيجة استعمال كمية تقع عند استعمالها ضمن مواصفة الجسم السيراميكي الصلد (5% و 10%) وبالتالي كان تأثيرها عن التقلص غير فعال ولكن قد يؤثر على الخواص الميكانيكية. أما عند قياسات العزلية الكهربائية فقد تفسر النتائج إلى أن استعمال 5% و 10% من المواد الملدنة ساعد على انزلاق الحبيبات فيما بينها وحقق تشكيل قوى أدى إلى عمليات تلبيد قد قللت قيم المسامية كلما كان الحجم الحبيبي صغيراً وبالتالي فقد أبدت النتائج للخليط 5% من المواد الملدنة ولحجم حبيبي $D<50\mu m$ أفضل خواص عزلية.

إن زيادة درجة حرارة التلبيد أدت إلى ارتفاع قيمة ثابت العزل وهذا يعزى إلى أن عملية التلبيد تؤدي إلى تقليل المسامية، كما أن قيمة ثابت العزل تزداد بزيادة نسبة المادة الرابطة. أن سبب

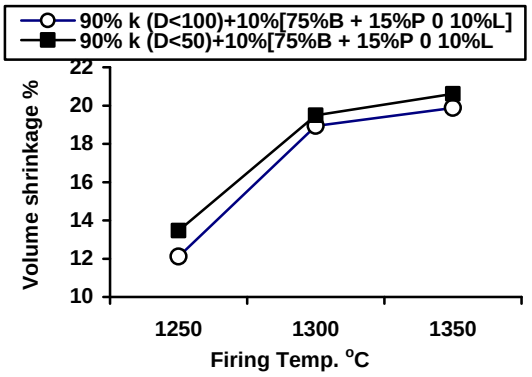
تغير ثابت العزل مع درجة الحرارة يسبب تحفز الدايبولات للدوران والانتظام مع المجال الخارجي، وكذلك إلى تزايد الإستقطابية البينية الناشئة بين الأطوار والمسامات داخل الجسم السيراميكي [32]. أما عامل الفقدان العزلي فقد أظهر سلوكاً متبايناً نوعاً ما ولكن أعطى قيم ضمن المواصفة القياسية للبورسلين مع ارتفاع درجة حرارة التلبيد للكاؤولين حجم حبيبي (D<50) ونسبة إضافة 5% ولقيم 75% من المادة الرابطة.

الاستنتاج:

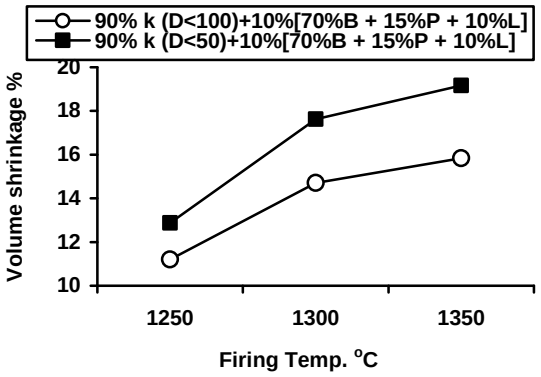
ان الكاؤولين العراقي لحجم حبيبي D<50µm والمشكل بطريقة تماسك القولبة بالحقن من حيث التشكيل ومضافات الهرم الثلاثي للمكونات (مادة رابطة، مادة ملدنة، مادة مزيتة) وبالنسب المحددة 95%,90% من مكون الكاؤولين ممزوج مع 5% و10% من مكون الهرم الثلاثي على التوالي، قد أعطت نموذجاً أملس السطح منتظم ذو خواص كهربائية بحدود 5.4 – 5.8 لقيمة ثابت العزل و (0.04 - 0.05) لعامل الفقدان للنموذجين بنسبهما 95%, 90% المضاف اليه 5% و 10% من هرم اللدائن المحضر من [10%L+15%P+75%B] والمعامل لدرجة حرارة 1300°C. وان قيمة التقلص الحجمي المقاس عند هذه الظروف كانت لحدود (12-15)%.



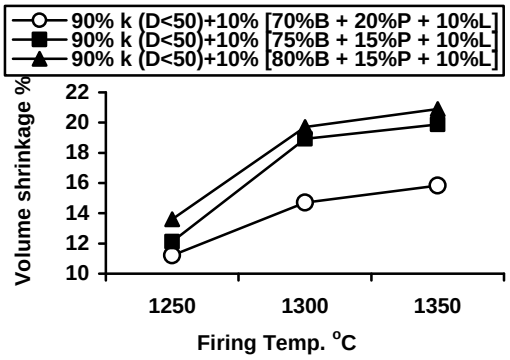
شكل (5) تغير التقلص الحجمي مع درجة حرارة الحرق لمدى كاؤولين $(D<100\mu m)$ و $(D<50\mu m)$ لنسبة إضافة كاؤولين 5% لنسبة مادة رابطة : أ- 70% ، ب- 75% ، ج- 80%، د- لمدى حجم D<50 µm ولنسب 70% 75% 80% من المادة الرابطة، هـ لمدى حجم D<100 µm ولنسب 70% 75% 80% من المادة الرابطة



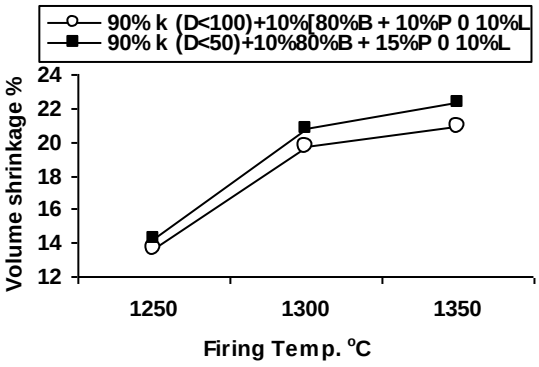
(أ)



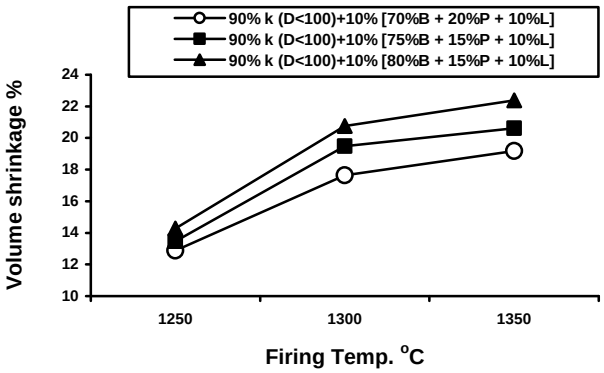
(ب)



(ج)



(د)



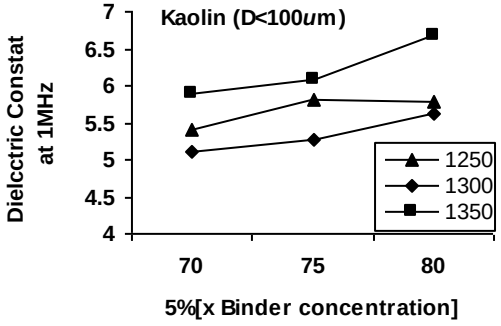
(هـ)

شكل (6) تغير التقلص الحجمي مع درجة حرارة الحرق لمدى كاؤولين $(D<100\mu m)$ **و** $(D<50\mu m)$ **لنسبة إضافة كاؤولين 10% لنسبة مادة رابطة**

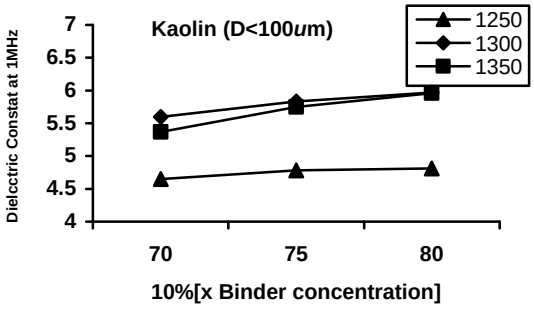
أ- 70% ، ب- 75% ، ج- 80%،

د- لمدى حجم D<50 ولنسب 70% 75% 80% من المادة الرابطة،

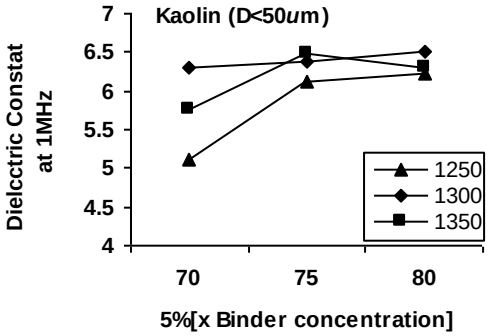
هـ- لمدى حجم D<100 ولنسب 70% 75% 80% من المادة الرابطة



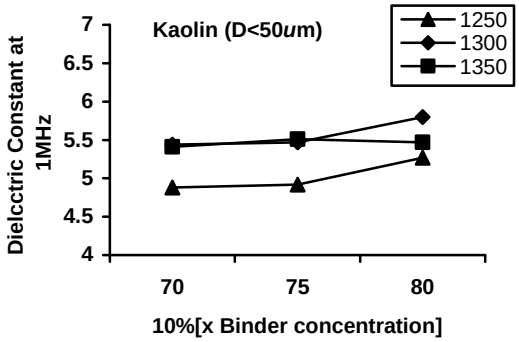
(أ)



(ب)

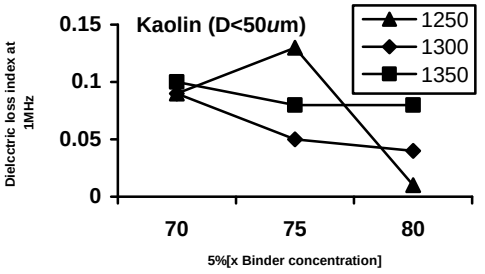


(ج)

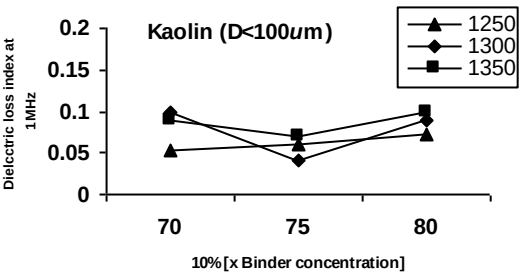


(د)

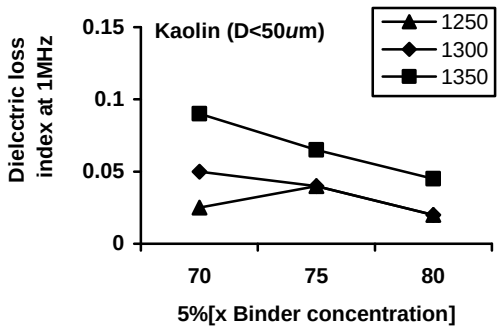
شكل (7) تغير قيم ثابت العزل عند 1MHz لدرجات حرارية مختلفة مع تركيز المادة الرابطة لنسبة إضافة 5% و 10%



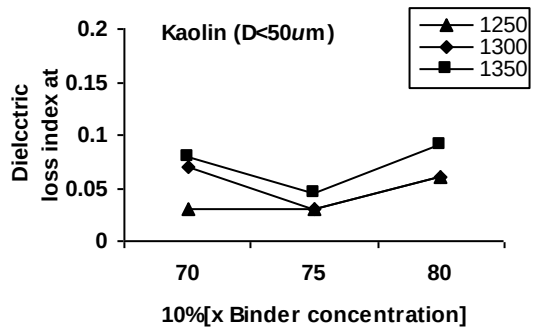
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل (8) تغير قيم ثابت العزل عند 1MHz لدرجات حرارية مختلفة مع تركيز المادة الرابطة لنسبة إضافة 5% و 10%

المصادر:

1. Germany, R. M, (1989) " Arationalization of the powder injection moulding pricess for stainless steels based on component features", proc Int, Conf, on powder Metallurgy & particulate Material, Las Vegas, Nv.

2. Tegman,R. (1985) "Hot isostice pressing of silicon Nitride", Inter ceramic,1:23-27.

3. Alcock , J. and Stephenson,D. (2003) "The powder Injection moulding process", Materials world:629-630.

4. Rado, P. (1964) " An Introduction to the technology of pottery", 2nd Edition by pergamon press.

5. Saure ,F. (1984)" Injection moulding" Inter ceramic, 33:1-2.

6. Faneeli, A.J., Silvers, R.D, et. al, (1984) " Powder injection moulding of ceramics parts" J. of Arner. Ceram. Soci, 72(10)87-92.

7. Peter R. (1995)." An approach to cost Efficient preparation of ceramic injection – moulding compounds", Inter ceramic, 44(4):248-250.

8. Clifford P. (2001). "Powder injection moulding", ceramic Technology for Broad Based manufacturing NIST, ATP, (93):106-113.

9. Volker P,and Gietzet,T(2003) "Micropowder- injection moulding of etals and ceramic", Sadhand, 28 (1&2):299-306.

10. Practice & Management (1995) " Injection moulding of porcelain", Inter cerac, 44(2):86-87.

11. Hech L.I. & Could R.W., (1971)"Characterization of ceramic", Marcel Dekker Inc, New York,

12. ريـان، و. (1986) " خـواص المـواد الخـام السيراميكية" ترجمة فاضل بندر عيسى، ماجد محمد عكاشة، فوزي عبد الهادي السيد، مؤسسة المعاهد الفنية دار التقني للطباعة والنشر.

13. Gerguis A. and Husein,A. (1983)" Chemistry and technology of polymers"462-466.

14. Fukuura I.(2001) " Production process for ceramic', Advanced technical ceramic", (Sh. Somiya. ed). Academic press, Inc, San Diego California:75-81.

15. Coble, R. L. (1961) "Sintering Crystalline solids", Inter- mediate and final State diffusion models in powder compacts" J. of Applied. Phys., 32(5):787-792.

16. Coble, R. L. (1961) "Sintering Crystal line solids", experimental test of diffusion models in powder compacts", J. of Applied physics, 32(5):793-799.

17. Lang, F.F and Kellet, B. (1985) "Influence of particle arragesment on sintering", Science of ceramic. (L.L Hench and D.R. Ulriched). Awiley-inters science publication, john Wiley & sons, New York,.

18. Cohen M. & Norton F.H (1964)" [physical ceramic for engineering, by Addison- wesely publishing company, 99-101.

19. Kingery, W.d., and Morris, B.(1955)"The study of sintering isolids by viscous flow, evaporation- conden sati and self, diffusion", J of –Applied phsics, 26:1250-1212.

20. Andrews, Al. (1957) "Ceramic Test and cakulations" 9th, edition, by john Wiley & Sons, inc.:17-30.

21. Huggins, J. (1996) " Minaly Amied At the porcelain Industry". Inter ceramic, 45:115-117.

22. K.ngery ,W.D. (1967) "Introduction to ceramic", co. D Bowen, H.K. and D.R, 2nd edition, john wiley, and Sons, New York,:1032.

23. ASTM, (1988):326-82.

24. Griffilths, R. & Raeford, C. (1965)" Calculation in ceramic", Meclaren & Sons, LTD.

25. Zbigniew, D. jastrzebski, (1986)"The nature and Properties of Engineering Materials", Vol. 2, 2nd edition, John Wiley and Sons Ltd., Malta,

26. Tareev, B., (1979) "Physics of Dielectric materials", Mir Publishers, Moscow, pp. 13 – 16, 44 – 48.

27. ASTM Designation D150-68: Standard method of Test for A.C. Loss Characteristics and Dielectric Constant

30. ASTM Designation D1711-70: standard Definitions of Terms Relating to Electrical Insulation,:728.
31. Schuller, K. H. (1964) Trans Brit. Cerman. Soc., Vol. 63:
32. Kinser, D. L., (1971) "Electrical Conduction in Glass and Glass Ceramics. Physics of Electronic Ceramics, Part A, (L. L. hench and D. B. Dove ed.), Marcel Dekker, Inc., New York.
(Permittivity of Solids Electrical Insulating materials.
28. Harrop, P. J., (1972) "Dielectrics Butter Worth and Co., Publishers, Ltd. London, Butter Worths.
29. Clarck F.M, (1962)" Insulating material for Design and Engineering practices". By john wiley & Sons, Inc, pp [34, 36, 39].

Effect of Adding (Binder-Plastisizer-Lubricat) on the Physical Properties of Kaolin

Fadial A. Rasin*

*College of Science \ Babylon University

Abstract:

The study concern with the preparation of three type of mixtures; which are prepared from different percentage of polyvenil Butyral, Di-n-butyl phathalate and paraffin wax pastillated. The solvent used is Xylolzul analyses.

After washing, Drying and milling the kaolin Dukhla, as a matrix in this study, and by using sieving Tech. The range of particle size used is less than 100μm and less than 50μm as a mesh batch. The added percentage from prepared mixture were 5% and 10% to 95% and 90% of the matrix respectively. Then disk samples were prepared by using a compaction pressure with heating. After cooling and drying the samples were undergo heat treatment in the range of (1250 – 1350) ^{o}C.

The measurement of shrinkage and Dielectric properties shows that the satisfied data to be compatible with the industrial properties were for 5% (75%B + 15%P + 10%L) added to 5% to 95% of Kaolin (Particle size less than 50μm); which was fired at 1300^{o}C.