

أنموذج تأثير الحجم الحبيبي والتطعيم بأوكسيد اللانثانيوم في تلييد ألفا- كرسنوبلايت

علية عبد المحسن شهاب

قسم علوم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة (أبن الهيثم) / جامعة بغداد

سعد بدري حسون فريد

قسم هندسة المواد / الجامعة التكنولوجية

حنان كاظم حسون

قسم علوم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة (أبن الهيثم) / جامعة بغداد

استلم البحث في: 1 نيسان 2012 ، قبل البحث في: 15 تشرين الاول 2012

الخلاصة

درس تأثير الحجم الحبيبي وتأثير التطعيم بأوكسيد اللانثانيوم La_2O_3 في معدلات التكتف في المرحلة الابتدائية والوسطية من عملية التلييد، إذ نمذجت النتائج التجريبية لمسحوق ألفا- كرسنوبلايت بأستعمال تقنية (L^2 -Regression) في دراسة تأثير الحجم الحبيبي وتأثير التطعيم بأستعمال ثلاثة أحجام حبيبية $(6.12, 8.92, 13.6) \mu m$ ، ولحالتين (عدم التطعيم والتطعيم بمادة La_2O_3)، وقد بينت نتائج المحاكاة الحسابية لتغير الحجم الحبيبي في المرحلة الابتدائية من التلييد، تزايد سرعة التكتف عند نقصان الحجم الحبيبي والعكس بالعكس، وهذا يبين الأعتقاد المباشر لمعدل التكتف على الكثافة الابتدائية للمسحوق المتراس التي تعكس مساحة التلامس بين الدقائق. أما معدلات التكتف في المرحلة الوسطية فكانت متسارعة جداً مقارنة بالمرحلة الابتدائية وذلك بسبب التكتل الحاصل نتيجة لعملية النمو الحبيبي واكتمال نمو الإعناق الذي يسهل عملية انتقال المادة بين الحبيبات. وقد بينت الدراسة أن التطعيم يرفع معدلات التكتف في المرحلة الوسطية، إذ إن حبيبات التطعيم تعرقل حركة الحدود الحبيبية مسببة تأخير عملية غلق المسامات موفرة بذلك فرصة أفضل لهروب الفجوات وحصول التكتف.

الكلمات المفتاحية:- الحجم الحبيبي ، التلييد ، معدل التكتف ، التمثيل الحسابي

المقدمة

عملية التلييد خطوة مهمة في صناعة الاجسام السيراميكية ويظهر ذلك في تأثيرها الملحوظ في التركيب الدقيق لهذه الاجسام [1]، إذ يحدث تغير في الخواص الكيميائية والميكانيكية للجسم السيراميكي في أثناء عملية التلييد بسبب تحرك دقائق المسحوق الى اماكن التلامس وملء المسامات الموجودة بين دقائق المسحوق ويؤدي هذا التغير في مسامية الجسم السيراميكي الى تحوله الى جسم قوي كثيف، إذ يتكون الجسم السيراميكي قبل الحرق من حبيبات مفردة تفصلها مسامات بحدود 25-60% حجماً، اعتماداً على المادة المستعملة وطريقة التشكيل المتبعة. ولزيادة بعض الخواص مثل المقاومة الميكانيكية والشفافية والتوصيلة الحرارية فإنه يفضل اختزال مسامية الجسم [2].

مادة ألفا- كرسنوبلايت هي طور من مادة السليكا SiO_2 ، وفي هذه الدراسة تكون ذا شكل رباعي (tetragonal form) ، إذ يسمح بحدوث عملية التلييد وكثافة عالية لأن التممد الحجمي الحاصل بسبب ($\alpha - \beta$ transformation) وأطى [3]. استعمل موديل رياضي (L^2 -Regression) لدراسة تأثير الحجم الحبيبي وتأثير التطعيم بأوكسيد الانثانيوم La_2O_3 في معدلات التكتف.

الجزء النظري

تحدث تغيرات خلال عملية التلييد في شكل المسامات وحجمها، وشكل الحبيبات وحجمها وتقلص في شكل المسحوق المترص [4]. إذ يتلبد المسحوق ذو الدقائق النقية المرصوفة ذي المكون الواحد بالحرارة وتنتقل المادة من المساحات ذي الانحناء القليل الى المساحات ذي الانحناء الاعلى مسببة ما يدعى بالعنق (الرقبة) بين الدقائق [5]، مسببة نقصاً في الطاقة السطحية والذي يمكن تحديده بحدوث احد هذه العمليات او جميعها مشتركة [6]

الأولى:- استبدال الوجه الداخلي غاز- صلب بأوجه داخلية ذي طاقة واطئة صلب-صلب (التكتف)

الثانية:- تحول عدد من الجسيمات الصغيرة الى جسيمة واحدة كبيرة (النمو الحبيبي)

الثالثة:- نقصان في مساحة الحدود الحبيبية بواسطة النمو الحبيبي

في المرحلة الابتدائية من عملية التلييد تزداد عملية ترابط مساحات الجسيمات الداخلية للمسحوق المترص (نمو الاعناق) وتتشكل الحدود الحبيبية (الوجه الداخلي الفاصل ما بين صلب وصلب) على حساب المساحة السطحية لذلك فإن المساحة السطحية تتناقص ومن ثم تتناقص طاقة السطوح الحرة وكذلك يحدث تغير في شكل المسام فتصبح على شكل قنوات او كرات معزولة وهذا بسبب تكون الاعناق عند نقاط التماس [7]. اما في المرحلة الوسطية فتزداد الكثافة بمعدل كبير وذلك بتقليص حجم الفراغات والفجوات عن طريق انتشار دقائق المادة باتجاه الفراغات وبذلك تصل الى 60-65% من القيمة النظرية [8]. وهذه الفجوات تنكمش عندما تكون مجاورة للحدود الحبيبية او واقعة عليها وتؤدي الحدود الحبيبية دوراً مهماً في هذه المرحلة لانها تعد الاحواض التي تستقر فيها الفجوات المنتشرة من المسامات التي تحتويها وان المادة تنتقل من الحدود الحبيبية الى المسامات بواسطة الية الانتشار الحجمي [9,10].

خطوات انتقال الكتلة في المرحلة الابتدائية والوسطية تتم بخطوتين [11]

الخطوة الاولى :- تتمثل بحركة المادة على طول ترابط الجزيئة بالجزيئة (الحدود الحبيبية) الى منطقة العنق.

الخطوة الثانية :- الحركة من العنق الى منطقة السطح.

وفي هذه الدراسة استعملت القيم التجريبية للحركات المسيطرة في الخطوة الاولى لأنها الحركات السائدة للحبيبات في كلتا المرحلتين الابتدائية والوسطية [3]

يمكن ان يعبر عن معادلة التكتف بدلالة النسبة المئوية للمسامية P (Fraction Porosity)

$$P = 1 - \rho \dots\dots\dots(1)$$

إذ يمكن أن نعرف ρ على إنها النسبة ما بين كثافة المترص الملبد إلى الكثافة النظرية للمواد .
و يمثل التكتف في هذه الخطوة بالمعدل الزمني لتغير المسامية ، إذ ان [11]

$$\left[\frac{1}{p^{1/2} \left(0.60 + 0.17p^{1/2} - 0.12P \right)} \right] \frac{dp}{dt} = -C_1 N^4 \dots\dots\dots(2)$$

إذ C_1 ثابت بثبوت درجة الحرارة، N عدد الفجوات المرتبطة داخلياً لكل وحدة حجم التي تتناسب عكسياً مع الحجم الحبيبي t ، زمن التلييد

وباستعمال صيغة التكامل الآتية :

$$\int \frac{dx}{a^2 - x^2} = \frac{1}{a} \tanh^{-1} \frac{x}{a} + constant \dots \dots \dots (3)$$

إذ ان $a > x$ اعتماداً على سببين رئيسيين الأول يتمثل بكون المسامية اقل من الواحد لذلك تكون قيمة x اقل من a والآخر هو اعتماد المصدر [11] على صيغة التكامل اعلاه .
و باستعمال صيغة التكامل اعلاه على معادلة (2) وتبسيطها مع الأخذ بنظر الاعتبار أن N تبقى ثابتة في المرحلة الابتدائية من التلييد . نحصل على

$$\left[\tanh^{-1} \left(-0.43 p^{1/2} + 0.3 \right) - \tanh^{-1} \left(-0.43 p_0^{1/2} + 0.3 \right) \right] = K_1 (t - t_0) \dots (4)$$

إذ K_1 ثابت يتضمن N^4 ، ويمثل معامل معادلة التكتف الخاصة بالمرحلة الابتدائية
 P_0 ، t_0 المسامية والزمن عندما يصل المتراس الى درجة حرارة الاختبار .

$$N^3 = \frac{1}{m_0 t} \dots \dots \dots (5)$$

في المرحلة الوسطية يرافق النمو الحبيبي انخفاض في عدد الفجوات لكل وحدة حجم (N) [11] و هذا الانخفاض في عدد الفجوات تبعاً لقانون المكعب للزمن المعتمد .
إذ m_0 معامل الزمن المستقل، وباستبدال t بدل N في معادلة (2) واجراء التكامل نحصل على :

$$\left[\tanh^{-1} \left(-0.43 p^{1/2} + 0.3 \right) - \tanh^{-1} \left(0.43 p_0^{1/2} + 0.3 \right) \right] = K_2 \left[\frac{1}{t^{1/3}} - \frac{1}{t_0^{1/3}} \right] \dots \dots \dots (6)$$

إذ ان K_2 ثابت . ويمثل معامل معادلة التكتف الخاصة بالمرحلة الوسطية
ان القيم العددية $(-0.43, 0.3)$ في معادلة (4) و (6) هي اساس للزاوية 140° وللمسامية الكسرية قبل الحرق 0.54 (الكثافة الخضراء النسبية 0.46) ، القيم الأخر لهذه الثوابت لاتغير شكل الدالة ولكن تحدث تغييراً في القيم العددية في المعادلتين مع التغير في واقع الدالة ولذلك فمن الملائم وللغراض الحسابية ان نعيد صياغة معادلة (4) و (6) وكما يأتي :

$$\left[\tanh^{-1} (a + b p^{1/2}) - \tanh^{-1} (a + b p_0^{1/2}) \right] = K_1 (t - t_0) \dots \dots \dots (7)$$

معادلة (7) خاصة للمرحلة الابتدائية من التلييد .

$$\left[\tanh^{-1} \left(a + b P^{1/2} \right) - \tanh^{-1} \left(a + b p_0^{1/2} \right) \right] = K_2 \left[\frac{1}{t^{1/3}} - \frac{1}{t_0^{1/3}} \right] \dots \dots \dots (8)$$

معادلة (8) خاصة للمرحلة الوسطية من التلييد ، ان كلاً من a و b ثوابت تعتمد على الزاوية والكثافة الخضراء .

موديل (L^2 - Regression)

يمكن ان نعبر عن معادلة L^2 -Regression في هذه البحث بالمعادلة الآتية :

$$X = (A^T A)^{-1} A^T b \dots \dots \dots (9)$$

إذ A مصفوفة ، A^T هي المصفوفة A مع استبدال الصفوف اعمدة واستبدال الاعمدة صفوفاً ، b متغير عشوائي و X يمثل الجزء الثابت من المعادلة وغير المعرف [12] .

يمكن ان نعيد صياغة المعادلة (7) بالشكل الآتي :

$$X_1 = K_1 t + h_1 \dots \dots \dots (10)$$

$$h_1 = \tanh^{-1} \left(a + b p_0^{1/2} \right) - K_1 t_0 \quad \text{إذ أن } h_1 \text{ ثابت يمثل معادلة الكثافة الخاصة بالمرحلة الابتدائية}$$

معادلة (10) يمكن ان تستعمل في نموذج معادلة L^2 -Regression واعتبار كل من K_1 ، h_1 معاملات وثوابت في نموذج المعادلة ، ان قيمة كل من a و b التي تساوي (0.3) و (-0.43) على التوالي تستعمل لإيجاد قيم θ وبذلك نستطيع إيجاد قيم X_1 واعتماداً على النتائج التجريبية المأخوذة لقيم الكثافة والزمن [3] ، نستطيع ان نحدد القيم الحسابية للكثافة (Calc.) وقيم معاملات وثوابت معادلة التكثف h_1, K_1 على التوالي .

اما بالنسبة الى المرحلة الوسطية فيمكن إعادة كتابة معادلة (8) بالشكل الآتي:

$$X_2 = K_2 T + h_2 \dots \dots \dots (12)$$

على فرض ان

$$T = t^{-1/3} \dots \dots \dots (13)$$

وان h_2 ثابت يمثل معادلة التكثف الخاصة بالمرحلة الوسطية

$$h_2 = \tanh^{-1} \left(a + b p_0^{1/2} \right) - K_2 t_0^{-1/3}$$

من معادلة (12) نستطيع إيجاد قيم كل من K_2 ، h_2 بوصفهما معاملات وثوابت خاصة بمعادلة التكثف للمرحلة الوسطية . على اعتبار ان المعادلة تتلاءم مع نموذج معادلة L^2 -Regression . وباستعمال قيم كل من a, b المعرفة سابقاً لإيجاد قيم X_2 واعتماداً على النتائج التجريبية المأخوذة لقيم الكثافة والزمن [3] يمكن إيجاد القيم الحسابية للكثافة Calc. لمعدلات الحجوم الحبيبية الثلاثة المحضرة من مسحوق ألفا- كرسوبلايت، وقد استعمل أوكسيد الانثانيوم (Lanthanum Oxide) (La_2O_3) مادة تطعيم بنسبة تطعيم هي 0.25% إذ يضاف (0.0125 g) من مادة التطعيم لكل (5 g) من المسحوق ، ان نماذج المسحوق تمتلك كثافة خضراء بمقدار (29.2%) من الكثافة النظرية (±0.3%) ، اما بالنسبة الى درجة حرارة التلييد فأن عملية التلييد قد أنجزت بمعدل حراري $10 \text{ C}^0/\text{min}$ وبمعدل تبريد $15 \text{ C}^0/\text{min}$ ولقد لبد المسحوق المتراص بدرجة حرارة 1500 C^0 وبمدد زمنية مختلفة [3].

النتائج والمناقشة

1. تأثير تغير الحجم الحبيبي في الكثافة في المرحلة الابتدائية والوسطية :

يؤدي الحجم الحبيبي دوراً مهماً في تحديد معدلات الكثافة للمادة السيراميكية ، إذ ان لحجم حبيبات المسحوق المستعمل تأثيراً واضحاً على عملية التكثف في المرحلة الابتدائية والوسطية من عملية التلييد وهذا ما يظهر بالشكل (1) الذي يبين تغير قيم الكثافة مع الزمن للأحجام الحبيبية $(6.12, 8.92, 13.6 \mu\text{m})$ ، فعند المرحلة الابتدائية من عملية التلييد تظهر زيادة بسيطة في قيم الكثافة مع زيادة الحجم الحبيبي فتصل الى $61.7\% \text{ gm.cm}^{-3}$ و $62.2\% \text{ gm.cm}^{-3}$ ، $63.9\% \text{ gm.cm}^{-3}$ عند الاحجام الحبيبية $(6.12, 8.92, 13.6 \mu\text{m})$ على التوالي عند زمن تلييد (10min) ويعزى ذلك الى أن الكثافة في المرحلة الابتدائية تعتمد على الكثافة قبل التلييد ونلاحظ ان سرعة التكثف تزداد مع نقصان الحجم الحبيبي ، إذ نجد ان الحجم الحبيبي $(6.12 \mu\text{m})$ يمتلك سرعة تكثف أعلى من سرعة التكثف للأحجام المبينة أعلاه ، كما ان سرعة التكثف تكون متقاربة لكل من الحجم الحبيبي $(8.92, 13.6 \mu\text{m})$ ، ويبين الجدول (1) قيم المعامل K_1 الذي يمثل دالة المسامية للمرحلة الابتدائية فعند نقصان دالة المسامية تحدث زيادة في معدل التكثف وهذا ما يلاحظ عند الحجم الحبيبي $6.12 \mu\text{m}$ ، إذ تصل قيمة K_1 الى (0.027) اما عند الحجم الحبيبي $8.92 \mu\text{m}$ ، $13.6 \mu\text{m}$ فتصل الى (0.0311 ، 0.037) على التوالي ، ويمكن تفسير سرعة التكثف الى ان الحجم الحبيبي الكبير لا يوفر فرص تلامس بين الحبيبات بشكل كبير مما يقلل من فرص انتقال المادة ويؤدي الى تباطؤ عملية التكثف . عند المرحلة الوسطية من عملية التلييد يبين لنا الشكل (1) تزايد متسارعاً في قيم الكثافة مع زيادة الحجم الحبيبي ، إذ ان معدلات الكثافة في هذه المرحلة تكون اعلى من نظيراتها في المرحلة الابتدائية فتصل قيمة الكثافة الى $74.7\% \text{ gm.cm}^{-3}$ ، 76.2% ، 77.4% عند زمن تلييد (30 min) عند الاحجام الحبيبية $(6.12, 8.92, 13.6 \mu\text{m})$ على التوالي وهذا

التزايد في قيم الكثافة يعزى الى اكتمال تكون الاعناق وزيادة انتقال المادة وكذلك يعود الى مرافقة عملية النمو الحبيبي grain growth للمرحلة الوسطية التي يحدث خلالها زيادة في معدل حجم الحبيبات الذي يؤدي الى تركيب دقيق اكثر تراص مقارنة بالمرحلة الابتدائية ، ونجد ان سرعة التكتف عند الحجم الحبيبي ($6.12 \mu\text{m}$) اكبر من سرعة التكتف للأحجام الأخرى، أي ان معدل التكتف أعلى عند الحجم الحبيبي المذكور بسبب التراص الكبير الحاصل في التركيب الدقيق . ويبين الجدول (1) قيم المعامل K_2 الذي يمثل دالة للمسامية للمرحلة الوسطية والذي نجده يتناقص مع الحجم الحبيبي فعند الحجم الحبيبي ($6.12 \mu\text{m}$) يصل الى (0.2401) اما عند الأحجام الحبيبية ($8.9, 13.6 \mu\text{m}$) فتصل قيمته الى (0.481، 0.516) على التوالي ، كما يظهر لنا ان الفرق في قيم الكثافة وسرعة التكتف يقل للأحجام الحبيبية ($8.92, 13.6 \mu\text{m}$) مقارنة بقيم الكثافة وسرعة التكتف عند الحجم الحبيبي ($6.12 \mu\text{m}$) وبعبارة أخرى يكون الفرق اقل وضوحاً عند مقارنة قيم الكثافة وسرعة التكتف للأحجام الحبيبية ($8.92, 13.6 \mu\text{m}$) عند المرحلة الوسطية من عملية التليد .

2. تأثير التطعيم في الكثافة في المرحلة الابتدائية والوسطية :

يبين الشكل (2)، (3) و(4) تغير قيم الكثافة مع الزمن للأحجام الحبيبية ($6.12, 8.92, 13.6 \mu\text{m}$) على التوالي في حالة عدم التطعيم و التطعيم بمادة أوكسيد الانثانيوم (La_2O_3) ، فنلاحظ عدم حدوث تغير ملموس في معدلات الكثافة عن معدلات الكثافة في حالة عدم التطعيم (undoped) وللمرحلة الابتدائية ، إذ تصل قيمة الكثافة إلى (gm.cm^{-3}) 61.5% عند الحجم الحبيبي ($6.12 \mu\text{m}$) في حالة التطعيم بمادة (La_2O_3) عند زمن تليد (10 min) وهي قيمة مقاربة جداً لقيمة الكثافة في حالة عدم التطعيم وتصل إلى ($61.7\% \text{ gm.cm}^{-3}$) وهذا يلاحظ لبقية الأحجام الحبيبية في الشكلين 3 و4 ايضا". أي ان إضافة تلك المواد لا يظهر أي تأثير ملموس في معدلات الكثافة في المرحلة الابتدائية من عملية التليد ويرجع سبب ذلك الى دقائق المادة المضافة التي تؤثر في حركة الحدود الحبيبية (grain boundaries) عند حدوث النمو الحبيبي فتحد من سرعة النمو الحبيبي المرافق للمرحلة الوسطية من عملية التليد ، وبالنظر الى الجدول (1) نجد قيم المعامل K_1 وهو دالة للتناقص الحاصل في المسامية مع تناقص الحجم الحبيبي وللحالات (عدم التطعيم والتطعيم بأوكسيد الانثانيوم) إذ لم تتأثر قيم K_1 في حالة التطعيم عند المرحلة الابتدائية من عملية التليد ويعزى ذلك لسبب المذكور نفسه، إذ ان مادة التطعيم تؤثر في حركة الحدود الحبيبية عند حدوث النمو الحبيبي فتحد من سرعة النمو الحبيبي المرافق للمرحلة الوسطية وهذا ما يلاحظ عند المرحلة الوسطية من عملية التليد نجد زيادة واضحة في قيم الكثافة مع زيادة الحجم الحبيبي . ففي حالة التطعيم الشكل (2) تصل قيمة الكثافة إلى ($76\% \text{ gm.cm}^{-3}$) عند الحجم الحبيبي ($6.12 \mu\text{m}$) وتصل إلى ($77.4\%, 79.9\%$) عند الأحجام الحبيبية ($8.92, 13.6 \mu\text{m}$) على التوالي وزمن تليد (30min) ، وهي قيم اعلى من قيم الكثافة في حالة عدم التطعيم . ويعود السبب في ذلك الى عملية النمو الحبيبي المرافقة للمرحلة الوسطية من عملية التليد ، إذ تتأثر عملية النمو الحبيبي بحبيبات التطعيم التي تعمل على احداث إعاقة في حركة الحدود الحبيبية على طول عملية الانتشار وهذا يؤثر في سرعة النمو الحبيبي الذي يؤدي الى حصول فرصة انتقال اكبر للمادة وهروب المسامات وبذلك تزداد معدلات التكتف . ويبين الجدول (1) قيم المعامل K_2 الذي يشير الى حصول تناقص في قيم المسامية مع نقصان الحجم الحبيبي ، أي عند اصغر حجم حبيبي نحصل على اقل مسامية و اكبر سرعة تكاثف . فتصل قيمة K_2 الى (0.274) عند الحجم الحبيبي ($6.12 \mu\text{m}$) اما عند الحجم الحبيبي ($8.92, 13.6 \mu\text{m}$) فتصل الى (0.543، 0.592) وهذه القيم هي دالة للمسامية التي تتناقص كلما كان الحجم الحبيبي اصغر، يمكن ان نوضح قيم الثوابت المرافقة لمعادلة التكتف لكل من المرحلة الابتدائية والوسطية في حالة عدم التطعيم والتطعيم بأوكسيد الانثانيوم في الجدول (2) .

الاستنتاجات

تمت برهنة مكانية التمثيل الحسابي في المرحلة الابتدائية والوسطية من عملية التليد ، إذ أظهرت النتائج الحسابية calc بأستعمال موديل L^2 -Regression توافقها مع النتائج التجريبية ، والتأثير الكبير للحجم الحبيبي في سرعة عملية التكتف و ابرزت اهمية فهم الزيادة او النقصان في مساحة التلامس بين الحبيبات في سرعة التليد وكانت المعاملات المحسوبة خلال هذه الطريقة تعبر ببساطة ووضوح عن سرعة التكتف ، إذ يمكن للباحث او المهندس المصمم تكوين تصور لتصرفات المادة خلال قراءة قيم المعاملات ومتابعة عملية التكتف حسابياً . كما ظهر تأثير التطعيم في منع النمو الحبيبي الذي يؤدي الى حصول فرصة انتقال اكبر للمادة وهروب المسامات وبذلك تزداد معدلات التكتف .

المصادر

1. Wang1,Q.B.;Wang2,Q.G. and Wan2*,C.X.(2010) ,Effect of Sintering Time on the Microstructure and Propertiesof Inorganic Polyphosphate Bioceramics . Science of Sintering, 42 ,337-343
- 2 . السعدي ، ضحى عبد الامير . (1992) ((دراسة العوامل المؤثرة على عملية التليد لمواد سيراميكية منتجة من مواد اولية محلية)) ، الجامعة التكنولوجية ، قسم الهندسة ، اطروحة ماجستير .
- 3 . Faridy ,S. B. H , A .(1999), Sintering and microstructure development of α -cristobalite,D.Sc,physics .University of Baghdad .

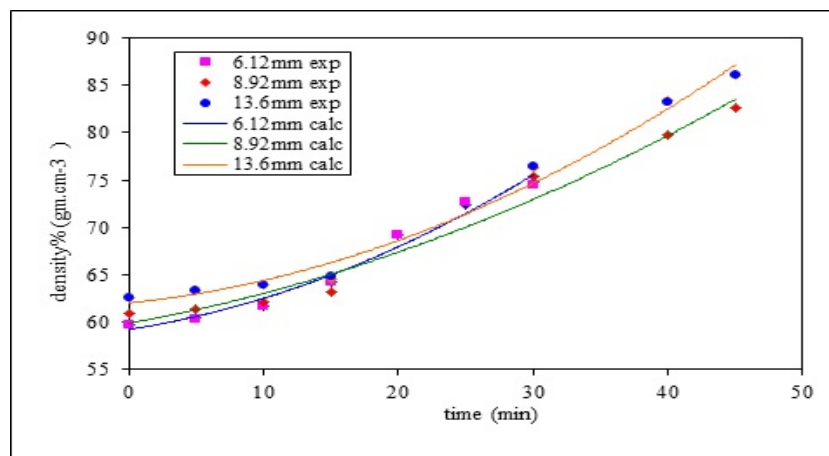
4. Choudhury, S.K. H. (1985), Materials Science and processes, In si unit , Indian Book Distributing Co . .New York . SRM University –India No1.
5. Rado, P. F.I . (1988) , An Introduction to technology of pottery, Oxford, 2nd edition, pergamon pres
6. Shaw, N.J. (1989) . Powder metallurgy international. Vanicheva, 21, 5, 31.
7. Malyaly, H.K. (2005), Analysis the three stage of sintering using linear programming. M.Sc, physics . University of Baghdad .
8. Hannay, N.B. (1976), Treatise on solid state chemistry, Plenum Press. University of Michigan. New York. 1, 621.
9. White, J. (1985) . sintering – an Assessment , In proceeding of the British ceramic society , no .3
10. Budworth, D.W. (1970) , An Introduction to ceramic science, pergamon press New York.
11. Wong, B . and Pask, (1979). J.A. J .A mer . Ceram. Soc, 62, 138.
12. Robert. J.V.b, (2001), Linear programming. Foundations and extensions, second edition , Copy right C. Princeton University , Princeton, NJ08544 , U.S.A

جدول (1): تأثير الحجم الحبيبي والتطعيم في معاملات معادلة التكتف في المرحلة الابتدائية والوسطية

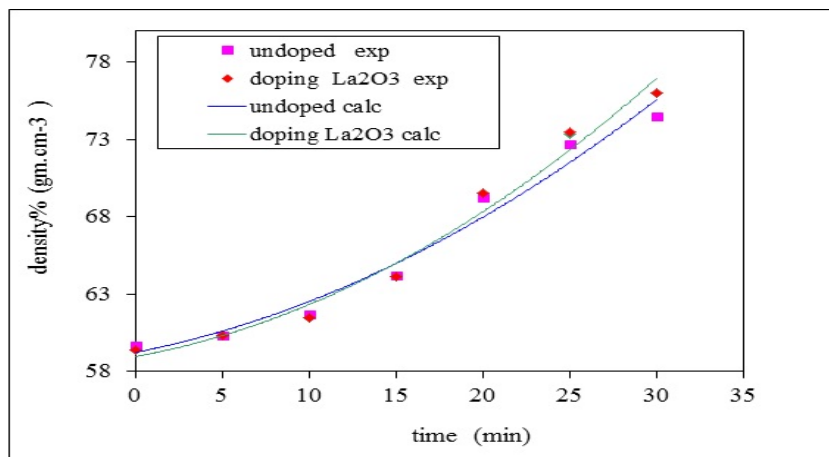
الحجم الحبيبي			
13.6 μm	8.92 μm	6.12 μm	
0.037	0.0311	0.027	المرحلة الابتدائية K_1 (عدم التطعيم)
0.516	0.481	0.2401	المرحلة الوسطية K_2 (عدم التطعيم)
0.037	0.0311	0.027	المرحلة الابتدائية K_1 (التطعيم بـ La_2O_3)
0.592	0.543	0.274	المرحلة الوسطية K_2 (التطعيم بـ La_2O_3)

جدول (2): ثوابت معادلة التكتف في المرحلة الابتدائية والوسطية في حالة عدم التطعيم والتطعيم بـ La_2O_3

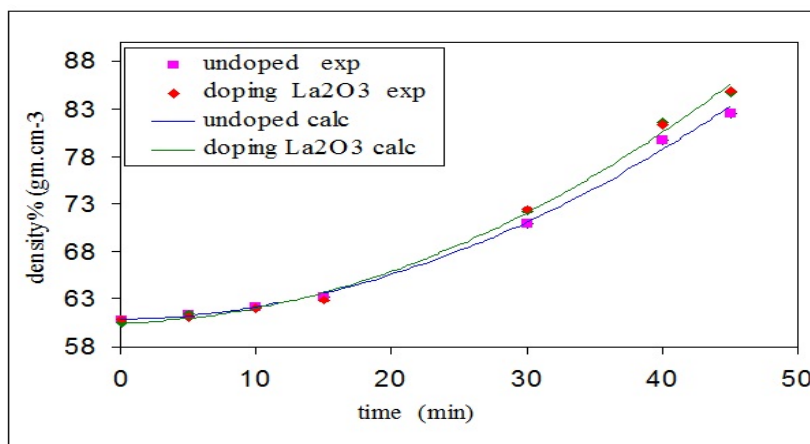
الحجم الحبيبي			
13.6 μm	8.92 μm	6.12 μm	
0.0004	0.0010	0.0011	المرحلة الابتدائية h_1 (عدم التطعيم)
1.336	1.281	0.485	المرحلة الوسطية h_2 (عدم التطعيم)
0.0004	0.0010	0.0011	المرحلة الابتدائية h_1 (التطعيم بـ La_2O_3)



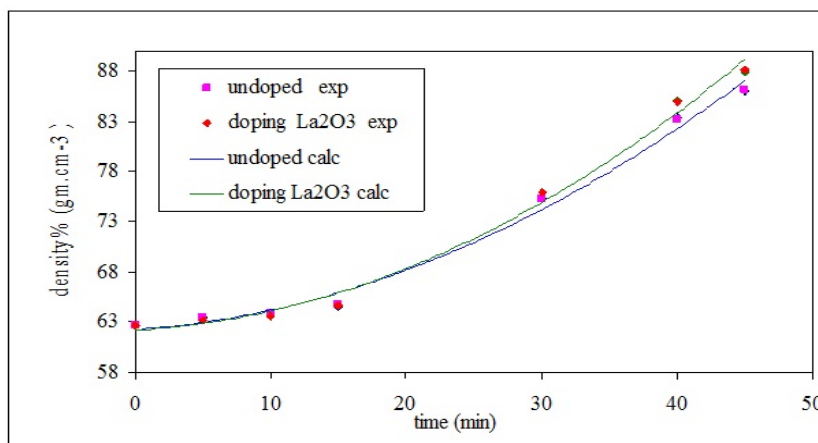
شكل (1): تغير الكثافة مع الزمن للمراحل الابتدائية والوسطية كدالة لتغير الحجم الحبيبي في حالة عدم التطعيم عند الحجم الحبيبي (13.6 ، 8.92 ، 6.12) μm



شكل (2): تغير الكثافة مع الزمن للمرحلة الابتدائية والوسطية عند الحجم الحبيبي $6.12 \mu m$ في حالة عدم التطعيم والتطعيم بأوكسيد اللانثونوم



شكل (3): تغير الكثافة مع الزمن للمرحلة الابتدائية والوسطية عند الحجم الحبيبي $8.92 \mu m$ في حالة عدم التطعيم والتطعيم بأوكسيد اللانثونوم



شكل (4): تغير الكثافة مع الزمن للمرحلة الابتدائية والوسطية عند الحجم الحبيبي $13.6 \mu m$ في حالة عدم التطعيم والتطعيم بأوكسيد اللانثونوم



Modeling of The Effect of Grain Size and La_2O_3 Doping on Sintering α – Cristobilite

Alia A. Shehab

Dept. of physics/ College of Education for pure Science (IbnAl-Haitham)/
University of Baghdad

Saad B. Farid

Dept. of Materials engenering / University of Technology

Hanan K. Hassun

Dept. of physics/ College of Education for pure Science (IbnAl-Haitham)/
University of Baghdad

Received in : 1 April 2012 , Accepted in :15 October 2012

Abstract

In this research the effect of grain size and effect of La_2O_3 doping on densification rate for the initial and intermediate stages of sintering were studied .The experimental results for α – cristobilite powder are modeled using (L^2 -Regression) technique in studying the effect of grain size and La_2O_3 doping using three particles size (6.12, 8.92, 13.6) μm , with undoped initial powder and with La_2O_3 doping . The mathematical simulation shows that the densification rates increase as the initial particles sizes decrease and vice versa. This shows that the densification depends directly on the initial compact density which reflects the contacts area between the particles . However the densification rates in the intermediate stages were enhanced compared with that of the initial stage .This is due to completion of neck growth that facilitates the mass transport between the grains ,and also, the presence of the massive grains due to the grain growth .

Al so it is show that the doping enhances the densification rates in the intermediate stage due to that , the dopants act against the grain boundaries movement causing discourage closing of porosity and encourage escaping of voids enhances the densification rates .

Key Words :grain size, sintering, densification rate, mathematical simulatio