

إنموذج تأثير الحجم الحبيبي في المرحلة النهائية لتلييد Al_2O_3

عليه عبد المحسن شهاب

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

سعد بدري حسون فريد

قسم هندسة المواد / الجامعة التكنولوجية

حنان كاظم حسون

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

أستلم البحث في : 28 شباط 2012 ، قبل البحث في 17 حزيران 2012

الخلاصة

دُرس تأثير الحجم الحبيبي في تلييد Al_2O_3 للمرحلة النهائية من عملية التلييد ، إذ نمذجت النتائج التجريبية لمسحوق ألفا- ألومينا بأستعمال تقنية (L^2 -Regression) في دراسة تأثير التوزيع الحجمي للحبيبات في معدلات التكاثر بأستعمال أربعة أحجام حبيبية $(1.44, 2.54, 0.7-2.54, 1.15-3.53)$ μm ، وخلال مدى زمن تلييد $(0-241)$ min وقد بينت نتائج المحاكاة الحاسوبية لتغير الحجم الحبيبي زيادة معدلات التكاثر مع تناقص الحجم الحبيبي وذلك بسبب زيادة مساحة تلامس الحبيبات. وتم التعبير عن معدلات التكاثر بمعاملات نتيجة للتمثيل الحسابي وقد بينت هذه المعاملات علاقة الاحجام الحبيبية بمعدلات التكاثر .

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

المقدمة

يتميز سيراميك ألفا- أومينا (Al_2O_3) بأنه سيراميك مقاوم صلب يستعمل في التطبيقات التركيبية الأساسية التي تتميز بأرتفاع درجات الحرارة لما يختص به من خواص من حيث المتانة، ومعامل تمدد حراري واطى، وقابلية كسر منخفضة وقابلية طرق منخفضة [1] ، تعد عملية التليد خطوة مهمة في طريق صناعة الاجسام السيراميكية ويظهر ذلك في تأثيرها الملحوظ في التركيب الدقيق لهذه الاجسام [2] . ان الهدف الاساسي في تليد الالومينا هو الحصول على نمو حبيبي يعزى الى تأثير حجم الحبيبة مباشرة في الخواص الفيزيائية و الميكانيكية و العزل الكهربائي و عليه فان المادة التي دقائقها ناعمة تفوق في خواصها المادة ذي الدقائق الخشنة والسبب الاخر هو انه للوصول الى الكثافة النظرية علينا ان نبقي حجم الدقائق صغيراً لان عملية الحصول على الكثافة النظرية هو بحد ذاته هدف من اهداف عملية التليد في المواد السيراميكية [3] . في هذا البحث نستعمل موديل رياضي (L^2 -Regression) لدراسة تأثير معدلات التكاثر لمادة (Al_2O_3) بأستعمال أربع احجام حبيبية مختلفة .

الجزء النظري

التليد هو معاملة حرارية للمواد المعدنية و السيراميكية في درجة حرارة تتراوح بين (0.7 – 0.9) من درجة حرارة انصهارها (القياس المطلق) التي تنجز في افران مختلفة وتحت اجواء مسيطر عليها [4]. وخلال عملية التليد تحدث تغيرات في شكل وحجم المسامات، وشكل وحجم الحبيبات وتقلص في ابعاد المكبوسة [5]. في المرحلة النهائية من عملية التليد تزداد حركة الفراغات والحدود الحبيبية ويتم غلق معظم المسامات بشكل تدريجي وتبقى المسامات المغلقة وتصل الكثافة الى قيم قريبة من القيم النظرية [6]. ان المسامية تتناسب عكسياً مع زمن التليد عند المرحلة النهائية من عملية التليد [7]، ويعمل النمو الحبيبي على زيادة جريان الفجوات المغلقة لذلك فان النمو الحبيبي يحدث نقصاناً في معدل التليد [8] . الشكل العام لمعادلة معدل التكاثر يعطى بالصيغة الاتية: [8]

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{CN_g DY^o\Omega}{kTG^L} \dots\dots\dots(1)$$

إذ ان :-

$\frac{d\rho}{dt}$ المعدل الزمني للتكاثر .

D معامل الانتشار

T درجة الحرارة المطلقة

Y^o الطاقة السطحية ما بين الصلب – الغاز .

Ω حجم المادة المتحركة

N_g عدد الفجوات لكل حبيبة.

k ثابت بولتزمان

G الحجم الحبيبي.

C ثابت يتعلق بالآلية المسيطرة .

L يمثل أس الحجم الحبيبي الذي يساوي (3) اذا كانت الآلية المسيطرة للتكاثر هي الانتشار الشبكي Lattice - diffusion ويساوي

(4) اذا كانت الآلية المسيطرة للتكاثر هي الانتشار الحدودي Boundary –diffusion .

ان القيم التجريبية (النتائج العملية) المستعملة في هذه الدراسة هي لمسحوق α -alumina بدرجة نقاوة 99.995% ، إذ نستعمل

القيم التجريبية لاربعة فروع من هذه المادة وهي الفروع المكونة من 15 vol% من الحبيبات لاحظ الجدول (1) فرع A ذو حجم

حبيبي $1.44 \mu m$ ، وفرع B ذو حجم حبيبي $2.54 \mu m$ ، وفرع C ، وفرع D ذو حجم حبيبي نحصل عليه من التوزيع اللوغارتمي $0.12 =$

$\log \sigma_p$ ولمدى حجم حبيبي من $0.7 \mu m$ الى $2.45 \mu m$ هذا لفرع C ولفرع D $1.15 \mu m$ الى $3.53 \mu m$ ، إذ الكثافة العددية

للكريات في الفرع C و D يكافى الكثافة العددية للحبيبات في الفرع A و B على التوالي . تضاف لكل الفروع كمية صغيرة من

محلول نترات الألمنيوم وهذا يكافى (250 ppm) من الألمنيوم المطعمة [9] . وسوف يتم دراسة تأثير التوزيع الحجمي للحبيبات

في معدلات التكاثر ، بالاعتماد على معادلة التكاثر الخاصة بهذه المرحلة .

يمكن ان تصاغ معادلة معدل التكاثر في المرحلة النهائية بشكل مبسط وضعه Harmar و Zaho [8] .

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{C_3 D}{kTG^L} \dots\dots\dots(2)$$

إذ ان C_3 ثابت

ان المعادلة اعلاه يمكن أن تكتب بشكل آخر وكما يأتي :-

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{C_\rho}{TG^L} \dots \dots \dots (3)$$

إذ أن C_ρ هي معامل معدل التكاثر المعتمد على آلية التكاثر .

موديل (L^2 - Regression)

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

$$X=(A^T A)^{-1} A^T b \dots \dots \dots (4)$$

اذ A مصفوفة ، A^T هي المصفوفة A مع استبدال الصفوف اعمدة واستبدال الاعمدة صفوفاً ، و b متغير عشوائي ، و X يمثل الجزء الثابت من المعادلة وغير المعرف [10] .
تكامل معادلة (1) يعطى بالصيغة الآتية [9]

$$\rho - \rho_0 = \frac{C_\rho}{T(1-L)} G^{1-L} (t - t_0) \dots \dots \dots (5)$$

بعد تبسيط معادلة (5) يمكن الحصول على معادلة تتناسب مع شكل معادلة (4) معادلة L^2 -Regression .

$$\rho = K_1 G^{1-L} t + h_1 \dots \dots \dots (6)$$

$$h_1 = \rho_0 - K_1 G^{1-L} t_0 , \quad K_1 = \frac{C_\rho}{T(1-L)} \quad \text{إذ ان}$$

بأستعمال معادلة (6) وتحديد قيمة أس الحجم الحبيبي (L) اعتماداً على آلية التكاثر المسيطرة في المرحلة النهائية واستعمال القيم التجريبية لكل من الحجم الحبيبي والزمن والكثافة نستطيع ايجاد المعاملات والثوابت الخاصة بمعادلة التكاثر في المرحلة النهائية K_1 , h_1 على التوالي ، وتحديد القيم الحسابية للكثافة Calc. باعتبار ان معادلة (6) تتلاءم مع نموذج معادلة L^2 - Regression
ان اس الحجم الحبيبي المستعمل في المرحلة النهائية لهذا البحث $L=3$ اي ان الآلية المسيطرة على عملية التكاثر هي آلية الانتشار الشبكي . وبأستخدام الموديل الحسابي L^2 - Regression [11] وجدت القيم الحسابية للكثافة بأستعمال معادلة (6) .

النتائج والمناقشة

يؤدي الحجم الحبيبي دوراً مهماً في تحديد معدلات الكثافة للمادة السيراميكية ، اذ ان لحجم حبيبات المسحوق المستعمل تأثيراً واضحاً على عملية التكاثر وهذا ما يتبين من خلال الاشكال من (1) الى (4) إذ يحدث تغير في قيم الكثافة مع الزمن عند الاحجام الحبيبية μm (1.44 ، 2.54 ، 0.7-2.54 ، 1.15-3.53) على التوالي.
وخلال ملاحظة الشكلين (1) و(2) للأحجام الحبيبية μm (1.44 ، 2.54) التي تمتلك توزيعاً حجمياً ضيقاً للحبيبات ، نجد ان معدل التكاثر للحجم الحبيبي ($1.44 \mu m$) هو اعلى من معدل التكاثر للحجم الحبيبي ($2.54 \mu m$) ، إذ تصل قيمة الكثافة الى ($gm . cm^{-3}$) (97.418%) عند الحجم الحبيبي ($1.44 \mu m$) ، بينما تصل الى ($gm . cm^{-3}$) (94.712%) عند الحجم الحبيبي ($2.54 \mu m$) ويعزى ذلك الى التلامس المكثف للحبيبات في البنية الدقيقة نتيجة لصغر الحجم الحبيبي ، فكلما صغر الحجم الحبيبي ادى ذلك الى توزيع حجمي ضيق للحبيبات الذي يعمل على تشجيع النمو الحبيبي وزيادة معدل التكاثر [8] . و الحالة نفسها تتكرر في الشكلين (3) و (4) ذي التوزيع الحجمي العريض للحبيبات فعند مدى حجم حبيبي ($0.7 - 2.54 \mu m$) تصل قيمة الكثافة الى ($gm . cm^{-3}$) (97.056%) وهي قيمة اعلى من قيمة الكثافة التي تصل الى ($gm . cm^{-3}$) (94.319%) عند المدى الذي يتراوح μm (1.15 - 3.53) ويعود سبب ذلك الى ان الحبيبات الناعمة سوف تعمل على ملء الفراغات ما بين الحبيبات الكبيرة مما يؤدي الى تقليل من حجم الفراغات الموجودة في البنية الدقيقة ويساعد في عملية النمو الحبيبي ومن ثم يزداد معدل التكاثر [8] . وعند مقارنة الاشكال الاربعة (1) الى (4) نجد ان معدل التكاثر يزداد بمقدار 5.388% عند الحجم الحبيبي ($1.44 \mu m$) ويزداد بمقدار 4.744% عند مدى الحجم الحبيبي ($0.7-2.54 \mu m$) وهذه القيم متقاربة فيما بينها . اما عند الحجم الحبيبي ($2.54 \mu m$) ولمدى حجم حبيبي ($1.15-3.35 \mu m$) تزداد معدلات الكثافة بمقدار 4.387 % وبمقدار 3.851% وهي قيم متقاربة واقل من قيم معدلات التكاثر المذكورة أعلاه، ويعزى سبب ذلك الى امتلاك الأحجام الحبيبية μm (0.7-2.54 ، 1.44) الكثافة العددية نفسها للحبيبات التي تكون اعلى من الكثافة العددية للحبيبات عند الاحجام الحبيبية μm (1.15-3.35 ، 2.54) أي ان كثافة الرص الابتدائية لهما عالية [8] . ويبين الجدول (2) المعامل الخاص بمعادلة التكاثر للمرحلة النهائية من عملية التليد K_1 وهو دالة لمعدل التكاثر الذي نلاحظ اعلى قيمة له عند الحجم الحبيبي ($1.44 \mu m$)

ولمى حجم حبيبي $\mu(0.7-2.54)$. ويوضح الجدول (3) قيم الثوابت والمعاملات المرافقة لمعادلة التكايف الخاصة بالمرحلة النهائية من عملية التلييد .
وبذلك نرى اهمية الموديل الحسابي في امكانية استرجاع القيم المحسوبة في أي وقت وفي امكانية تقييم المادة لدى المصمم خلال قراءة المعاملات الخاصة بهذه المواد فيستطيع المفاضلة بين المواد خلال المعاملات ، لان المعاملات ستوفر له تصور سريع ومسبق عن نتائج التلييد

الاستنتاجات

تمت برهنة امكانية التمثيل الحسابي في المرحلة النهائية من عملية التلييد ، إذ أظهرت النتائج الحسابية calc بأستعمال موديل L^2 -Regression توافقها تقريباً مع النتائج التجريبية ، والتأثير الكبير للحجم الحبيبي في سرعة عملية التكايف وبرزت اهمية فهم الزيادة او النقصان في مساحة التلامس بين الحبيبات على سرعة التلييد في المرحلة النهائية وكانت المعاملات المحسوبة خلال هذه الطريقة تعبر ببساطة ووضوح عن سرعة التكايف إذ يمكن للباحث قراءة قيم هذه المعاملات ومتابعة عملية التكايف حسابياً.

المصادر

- 1.Nanchou,S.;Hwalu,H.; Fwulii, H. and Huang, J.L.(2009), Processing and physical properties of Al_2O_3 /alumina alloy composites. *Ceramics International* **35**, 7-12
- 2 .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
3. Brook, R.J . (1976), *Treaties on Material , Science and Technology* , **9** ,San Francisco and London , Academic press ,New YorK.
- 4 . Kingery, W.D.; Bowen, H.K. and Uhlman, D.R. (1976), *Introduction to Ceramic*,Jone Wiley,nd Sons, New YorK.
- 5 . Choudhury,S.K. H.(1985), *Materials Science and processes*, In si unit , Indian Book Distributing Co,SRM University- India,No.1 .
- 6 . Vanicheva, L.L. and Schmitt, S.P. , (1966) , Phase Analysis of High Alumina Refractories,*Refractories*, **60** (7): 236-238 .
- 7 . Hausner henry, H . (1979) , Discussion on the Definition of the term sintering , sintering new Development , Elsevier scientific publishing comp , Amsterdam .
- 8 . Zhao, J. and Harmer, M.P. (1992) ,Effect of pore distribution on microstructure development:III ,Model Experiments ,. *J. Amer . Ceram . Soc* . **75**,830
- 9 . Zhao, J. and Harmer, M.P. (1988) ,Effect of pore distribution on microstructure development:I,Matrix pores , *J.Am , ceram . Soc* **71**(2):113-20 .
10. Robert.J.V. b ,(2001),*Linear programming.Foundations and extensions*,second edition ,Copy right C,Princeton University- Princeton -NJO 08544-USA.
11. Malyaly, H.K. (2005),*Analysis the three stage of sintering using linear Programming*.M.Sc, College of Education for Pure Science / Ibn Al-Haitham, University of Baghdad.

جدول (1): الفروع الأربع لمسحوق ألفا – الومنيا إذ ان (G) الحجم الحبيبي ، و $(\log \sigma_g)$ معدل انحراف التوزيع الحجمي، و (Vol%) النسبة المئوية المنوية للحجم [9] .

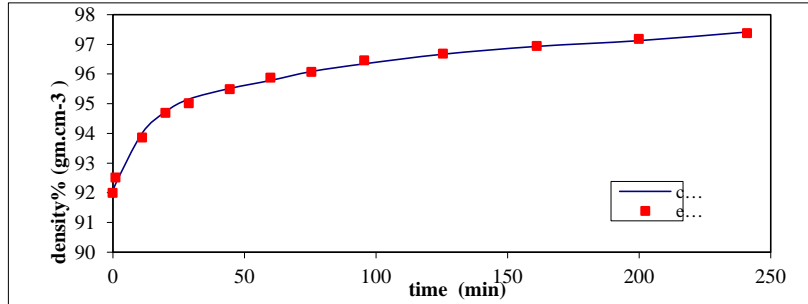
الفرع (Batch)	A	B	C	D
G	1.44 μm	2.54 μm	(2.54- 0.7) μm	(3.53- 1.15) μm
$\log \sigma_g$	0	0	0.12	0.12
Vol %	15	15	15	15

جدول (2): قيم معاملات معادلة التكايف عند المرحلة النهائية

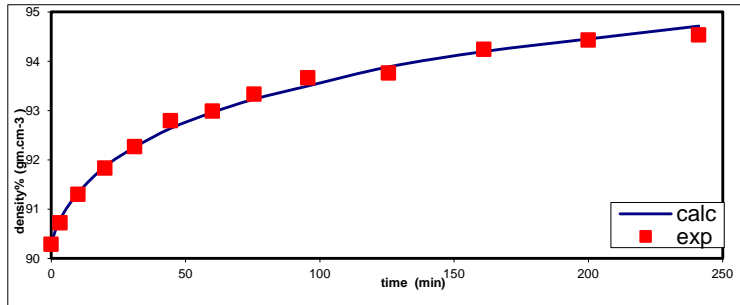
K_1	الحجم الحبيبي
92.030	1.44 μm
90.325	2.54 μm
92.312	(0.7-2.54) μm
90.468	(1.15-3.35) μm

جدول (3): ثوابت ومعاملات معادلة التكايف الخاصة بالمرحلة النهائية من عملية التلييد

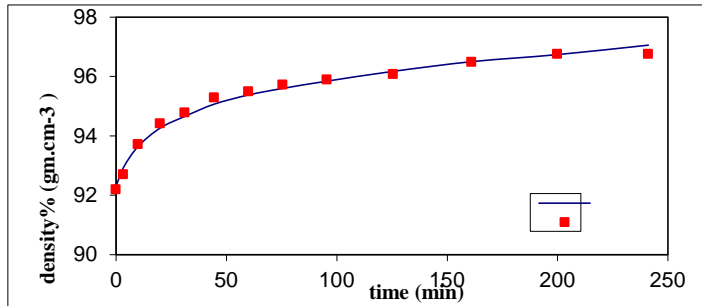
المرحلة النهائية		الحجم الحبيبي
h1	K1	
0.0011	92.030	1.44 μm
0.0010	90.325	254 μm
0.0004	92.312	(0.7-2.54) μm
7.637	90.468	(1.15-3.53) μm



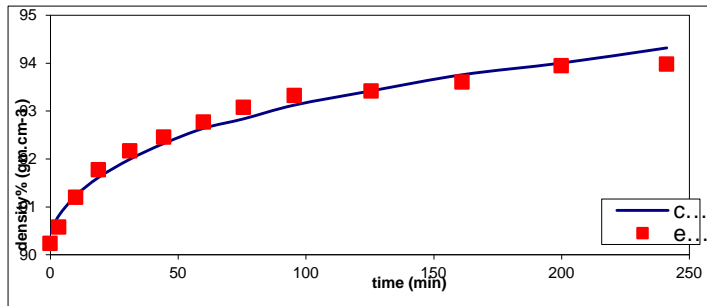
شكل (1): تغير الكثافة مع الزمن عند الحجم الحبيبي $1.44 \mu\text{m}$



شكل (2): تغير الكثافة مع الزمن عند الحجم الحبيبي $2.54 \mu\text{m}$



شكل (3): تغير الكثافة مع الزمن لمدى حجم حبيبي $0.7-2.54 \mu\text{m}$



شكل (4): تغير الكثافة مع الزمن لمدى حجم حبيبي $1.15 - 3.53 \mu\text{m}$



Modeling of the Effect of Grain Size on Final Stage of Sintering Al_2O_3

Allia A. Shehab

Dept. of Physics/College of Education For Pure Science(Ibn Al-Haitham) /
University of Baghdad

Saad B.H.Farid

Department of Materials Engineering / University of Technology

Hanan K. H.Al.Mayaly

Dept. of Physics/College of Education For Pure Science(Ibn Al-Haitham) /
University of Baghdad

Received in: 28 February 2012 , Accepted in: 17 June 2012

Abstract

This research studies the effect of grain size for the final stage in sintering Al_2O_3 . The experimental results for α - Al_2O_3 powder are modeled using (L^2 -Regression) technique in order to study the effect grain size distribution on densification rate using four kinds for the initial particle size which were (1.44 , 2.54 , 0.7-2.54 , 1.15-3.53) μm , and for sintering time (0-241) min. The mathematical simulation for grain size changing shows that the densification rates boots up as the grain size goes lower, this was due to the increase of contact area between the grains.

Keywords : grain size, sintering , densification rate , mathematical simulation.