دراسة تأثير إضافة المغنسيا في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للالومينا

إنعام وادي وطن ، شيماء قاسم عبد الحسن ،خالد هلال حربي
قسم الفيزياء –كلية التربية ابن الهيثم – جامعة بغداد

الخلاصة

تم في هذا البحث استعمال مادة الالومينامن نوع($\alpha-Al_2O_3$) ذي الحجم الدقائقي $63\mu_m$ مضافا اليها مادة المغنسيا MgO بحجم دقائقي $63\mu_m$ بنسب وزنية مختلفة(0.1%,0.3%and0.5%) وتم استخدام طريقة الكبس شبه الجاف لتحضير النماذج بقوة كبس50kN وبزمن 5 دقائق وقد تم تلبيد النماذج في درجة حرارة 1500^oC وبزمن تلبيد 6 ساعات ،درست الخواص الفيزيائية (الكثافة ، الامتصاصية ،المسامية)وكذلك الخواص الميكانيكية(الصلادة ،مقاومة الانضغاط) وقد بينت النتائج ان افضل نسبة لاوكسيد المغنيسيوم مضافا للالومينا هي نسبة 0.5% التي عملت على تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية

المقدمة

تعد الالومينا من المواد السيراميكية التي تستعمل في الأجزاء التي تتطلب مقاومة عالية وتحمل للاجهادات المختلفة (1)وتنتج من خامات البوكسايت وتتميز بالصلادة العالية،التوصيلية الحرارية الواطئة،المقاومة العالية للبلي والتآكل ومقاومة عالية للكسر وهذه تجعلها واسعة التطبيقات(2).

ومن أهم التطبيقات الهندسية للالومينا ذي النقاوة المختلفة هي استعمالها عوازلا كهربائية في شمعات القدح (spark plugs) ومرتكزات المضخات المتداولة في أنظمة التسخين المركزي وفوهات الرش الزراعية وبكرات سحب الأسلاك كما دخلت الالومينا في التطبيقات الالكترونية التي ازدادت في المدة الأخيرة اذ استعملت غلافا عازلا لأشباه الموصلات وحافظات الدايود والترانزستور. إما في المجال الطبي فقد استعملت مواد غرز (Implant Materials) ولاسيما في مفاصل الورك (Hip Joit)والأسنان الصناعية وذلك بسبب التوافق الجيد مع الأنسجة والمواصفات الميكانيكية الجيدة ولاسيما صفتي البلي والاحتكاك ،وتستعمل الالومينا في عدد القطع سواء أكانت النقية منها والمضاف إليها كميات من اوكسييد التيتانيوم أم كاربيد التيتانيوم مع نسبة قليلة من المغنسيا (MgO) وتستعمل عدد القطع السيراميكة هذه في السرعات العالية والمعادن الصعبة التشغيل وذلك لامتلاكها درجات انصهار عالية ومقاومة تأكل عالية واستقرارها الكيماوي وارخص من الماس.وتستعمل الالومينا كذلك في التطبيقات الميكانيكية والحرارية مثل متحسس مجس البخار (Stream-tramp Sensars) (3).

إن دراسة الخواص الميكانيكية للالومينا يعد أهم المتطلبات للأجزاء السيراميكية والاختيار الأفضل لهما بالتطبيقات الهندسية،فمن ضمن الدراسات التي أجريت في هذا المجال ماقام به الباحث (Dasa) عام (2003)، اذ استعمل مسحوق الالومينا بنسبة وزنية 65% وبتوزيع حجمي للدقائق تراوحت بين $6-8\mu m$ مضافا اليه الكاوؤلين

بنسبة 5% وملبد بدرجة 1950 ^{o}C وبزمن انضاج 2 ساعة وقد تم الحصول على مكبوسة سيراميكية بكثافة مقدارها 3.46 g/cm^3 ومقاومه انضغاط 1000 Mpa(4) ، وكما درس الباحثان (Rohl and Berlin) عام (2006) تاثير درجة حرارة التلبيد وحجم الدقائق في كثافة ومسامية الالومينا المعالجة بالمغنيسيا ،اذ وجدوا ان الكثافة تصل الى 2.8gm/cm^3 للنماذج عند درجة حرارة تلبيد 1430، ^{o}C في حين كانت الكثافة 3.2 gm/cm^3 للنماذج الملبدة بدرجة 1630^{o}C(5).

اما في بحثنا هذا فقد تم دراسة مدى تاثير اضافة المغنيسيا الى مادة الالومينا ،اذ ان اضافة المغنيسيا بنسبة0.5%الى مادة الالومينا وتلبيد بدرجة 1500 ^{o}C بزمن انضاج 6 ساعات كانت الكثافة 2.48 gm/cm^3 وتم الحصول على اعلى قيمة للصلادة مقدارها 86 Gpa ومقاومة انضغاط مقدارها 8.21Mpa.

الجانب العملي

استعمل مسحوق الالومينا (Al_2O_3)من نوع(α)وبنقاوة (99.9%)المصنع من شركةBoh وقد أجريت عليه عملية الطحن باستخدام طاحونة الكرات وغربلت المادة المطحونة للحصول على دقائق ذي قطر أقل من 63µm، ثم تحضير نماذج الالومينا النقية مضافا إليه مادة اوكسيد المغنسيوم بقطر63µm وبنقاوة (99.9%) وبنسب وزنية (0.1%,0.3%,0.5%) وأضيف إليه مادة بولي فينال الكحول (PVA) مادة رابطة بنسبة لا تزيد عن 2% وقد تم تشكيل النماذج بطريقة الكبس شبه الجاف باستخدام المكبس الهيدروليكي وبقوة كبس (50KN) وبزمن 5دقائق باستخدام قالب ذي قطر2cm ،تم تلبيد النماذج باستخدام فرن كهربائي بصورة تدريجية إلى درجة 1500 ^{o}Cوبزمن تلبيد 6 ساعات.أجريت القياسات الفيزيائية (الكثافة الحجمية،المسامية الظاهرية،امتصاصية الماء الظاهرية) باستخدام طريقة الإزاحة لارخميدس وباستخدام العلاقات الآتية (6):

$$\rho_B=(w_d/w_s-w_i) \quad \text{.....} \quad [1]$$

$$A.P\%= (w_s- w_d/w_s- w_i)*100\% \quad \text{.....} \quad [2]$$

$$W.ab\%=(W_S-W_D/W_D)*100\% \quad \text{.....} \quad [3]$$

اذ:

ρ_B: الكثافة الحجمية(gcm^{-3}) ; A.P%:المسامية الظاهرية (%) ; W.ab% : امتصاصية الماء (%)، w_d:كتلة الانموذج جاف(gm)، w_i : كتلة الانموذج وهو مغمور بالماء (gm) ،

w_s : كتلة الأنموذج رطب(gm) .

أجريت القياسات الميكانيكية المتمثلة بالصلادة ومقاومة الانضغاط، اذ قيست الصلادة للنماذج الملبدة باستخدام طريقة (Rockwell) بجهاز الصلادة من نوع (Wilson -Rockwell Model B554-t-U.S.A–)وبطريقة القياس نوع ($H_{15}T$) وباستخدام كرة فولاذية و تم تسليط حمل ابتدائي مقداره 3Kg وحمل نهائي مقداره 15Kg وتم تحديد قيم الصلادة مباشرة من عداد اليكتروني مرتبط بالجهاز .

وقد إجري الفحص بالطريقة البرازيلية للعينات القرصية على نماذج بسمك 0.17 cm وقطر1.8cmإذ تم تسليط الحمل لمعرفة مقدار تحمل المنتج للانضغاط بعد عملية التلبيد ،وقد اجري الاختبار باستخدام مكبس هيدروليكي، اذ يقوم بتسليط قوة على الأنموذج الذي يوضع بين فكي المكبس وتؤخذ القراءة للقوة المسلطة عند أول توقف المؤشر مقياس القوة في المكبس المستخدم وتحسب مقاومة الانضغاط للعينات القرصية من العلاقة(7).

$$C.S=2F/\pi Dt \quad \text{.....} \quad [4]$$

اذ C.S مقاومة الانضغاط (Mpa) ،وFأعلى ضغط مسلط حصل عنده الكسر للعينة بوحدات (N)وD قطر الانموذج (mm) ،tسمك الانموذج (mm) .

النتائج والمناقشة

يبين الشكل(1)تأثير إضافة المغنسيا في الصلادة للالومينا الملبدة بدرجة1500درجة مئوية و بزمن تلبيد6 ساعات ونلاحظ فيه إن زيادة نسبة الاضافة يؤدي إلى زيادة صلادة المادة السيراميكية وهذا يعود الى ان اضافة كمية من اوكسيد المغنسيوم يمنع النمو الحبيبي غير المستمر (Discontuoues Grain growth) مما يؤدي إلى زيادة التقارب بين حبيبات المادة وتكوين المسامات المغلقة داخل الجسم السيراميكي فضلا عن كثافة المغنسيا العالية ($3.83gm/cm^3$)(8).

اماالشكل (2) فيبين إن قيم الصلادة تزداد مع زيادة الكثافة بسبب تناقص المسامات المفتوحة على بعضها(المتصلة فيما بينها بشكل قنوات)وبداية ظهور مسامات مغلقة التي يرافقها ضمور بعض الحبيبات ونمو حبيبات مجاورة أي إن سبب ارتفاع كثافة مادة الالومينا هو تقريبا اكتمال عملية الإنضاج (9) ، وهذا ما يوضحه الشكل (3) لصور فوتوغرافية باستخدام بالمجهر الضوئي لسطح الالومينا النقية والمشوبة بالمغنيسيا وعند نسب وزنية مختلفة ،اذ يلاحظ ان التركيب الدقيق متكون من مناطق ذي كثافة اعلى (المناطق المضيئة)تتخللها مسامات (المناطق الغامقة) مع وجود بعض المناطق الغامقة نسبيا التي تمثل الفجوات أو المسامات المفتوحة كما أن التركيب الدقيق يبدو متشابها على الرغم من تغير نسب الاضافات وهذا ينسجم مع كون الاختلاف في الكثافات يرجع الى دور الفجوات الكبيرة (بنسبة اكبر من دور المسامات)في الحجم الكلي .

يبين الشكل(4) علاقة المسامية مع الصلادة ونجد ان نقصان المسامية يؤدي إلى زيادة قوة التحمل للجسم السيراميكي وكذلك تؤثر في طاقة التكثيف خلال عملية التلبيد(10)فالمواد قليلة المسامية تكون ذا مقاومة ميكانيكية عالية على العكس من ذلك فالمواد ذو المسامية العالية التي تضعف الخواص الميكانيكية فيها، إذ يتركز الجهد المسلط على مسامات اصغر عندما تكون المسامية عالية مما يسرع من انهيار العينة(11) . ويبين الشكل (5)العلاقة بين امتصاصية الماء والصلادة، إذ يلاحظ انخفاض مسامية الماء تؤدي إلى زيادة متانة وصلادة الجسم السيراميكي لارتباط المسامية بالكثافة فكلما زادت الكثافة قلت الامتصاصية(12) .

ويبين الشكل(6)تأثير نسبة إضافة المغنسيا في قيم مقاومة الانضغاط ويعزى ذلك إلى زيادة معدل النمو البلوري مما يودي إلى زيادة ترابط الحبيبات بعضها مع بعض(13)

إن هذا السلوك انعكس على علاقة الكثافة مع مقاومة الانضغاط وهذا مابينه الشكل (7)

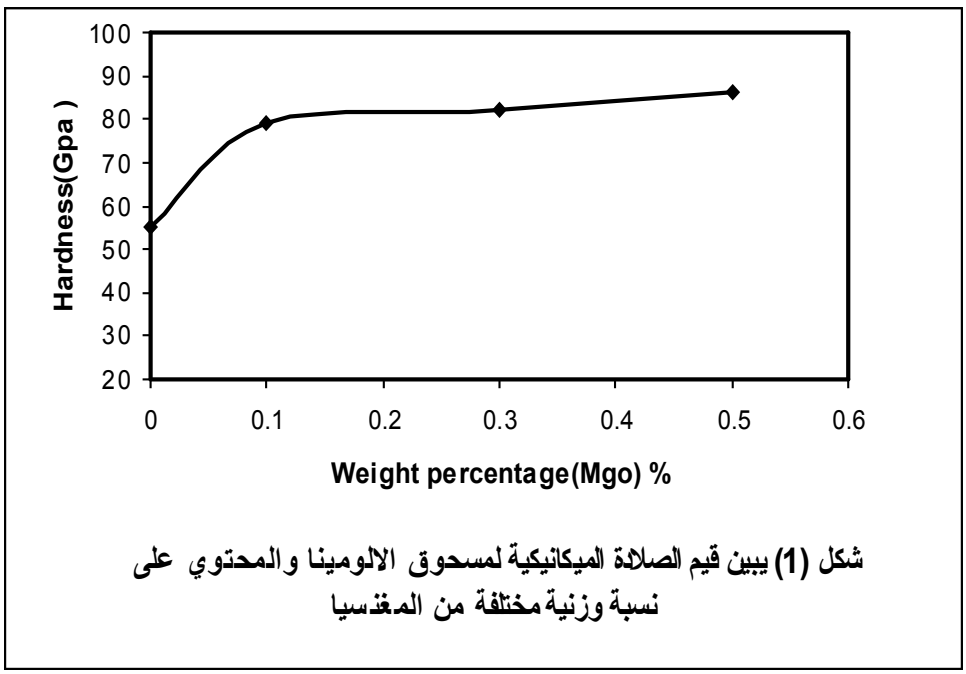
ويبين كل من الشكل (8) و(9) انخفاض كل من المسامية وامتصاصية الماء مع مقاومة الانضغاط على التوالي لارتباط المسامية وامتصاصية الماء بالكثافة فكلما زادت قيم الكثافة قلت المسامية وامتصاصية الماء وهي قيمة مباشرة نظرا لكون نسبة الإضافة العالية وعملية التلبيد مما أدى إلى زيادة كثافة الانضغاط للمادة السيراميكية(15,14).

الاستنتاجات

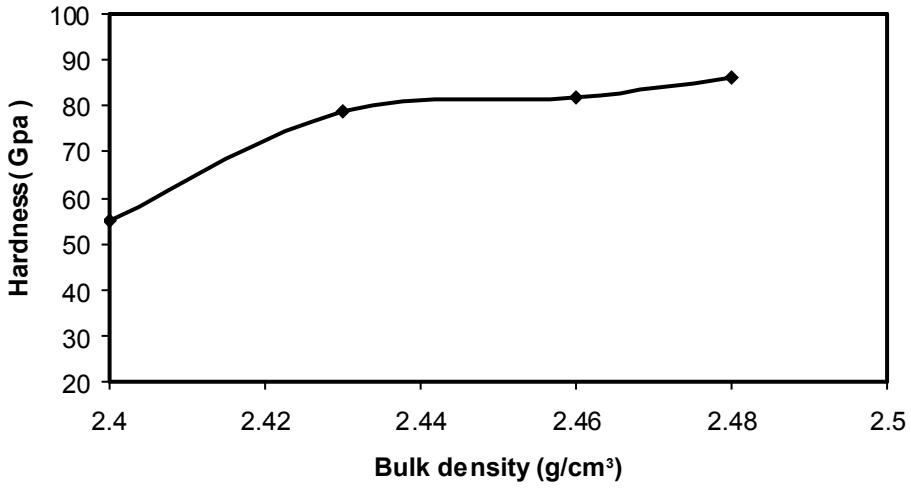
إن إضافة المغنيسيا بنسب معلومة لمادة الالومينا ذو تأثير واضح في المواصفات الفيزيائية بسبب إزالة النمو الحبيبي غير المستمر الذي عمل على تحسين الكثافة وتقليل المسامية وامتصاصية الماء ،اذ تبين أن العينات ذا المحتوى الأعلى من المغنيسيا أعطت قيما عالية للكثافة ومن ثم أفضل قيم لكلا من الصلادة ومقاومة الانضغاط اي زيادة متانة وتماسك المادة السيراميكية بسبب مسامية الجسم السيراميكي التي تعمل بوصفها نقاط ضعف عندما يتعرض إلى اجهادات ميكانيكية خارجية.

المصادر

1.Van Valck,L.H(1982)"Materials for engineering:concepts and Applications "Addison Wesley Pub.com.Inc,U.S.A,PP.3-11.
2.Morrell(1991)"Ceramic in modern engineering "J.Am.Ceram. Soc .74(7): 1487-1510.
3.DÖrre,E.&Hübner,H.(1984)"Alumina-Processing,Properties and Applications'Berlin springer Verlag,PP.1-267.
4.Dasa,s.k.and Ray,A.K.(2003)"Impact strength and indentation fracture toughness studies on Alumina-based wear resistance ceramic"J.Intceram. 46(3)PP.184-187.
5.Rohl,Kuhn B., Berlin K.Mcyer(2006)"Porosity of ceramic compsites"Ceramic forum international ch/ber DKG 72(3).
6.Ryan,W(1978)"Properties of ceramic raw materials",2nd edition,Pergamon PressJohn Wiely and sons ،Inc,PP.1-5.
7.Callister W.D,JR., (2003)."Materials Science and Engineering An Introduction" 6th ed., John Wiely and Sons,Inc., New York, pp.406-407,408-410,413,664,665,661-664.
8.Berry ,K.A. and Harmer, M.P. (1986)"effect of Mgo solute on microsturucture development in Al_20_3"J.Am.Cerm.Soc, 69(2)PP.143-149.
9.Coble,R.L(1961)"Sintering crystl Solid"J.Appling phy , 32 (5)PP.793-799.
10.Suzuki,H.and Matsubarg,H. (1999)"Microstructural Design of Grain Boundaries in Alumina Based Ceramics"J.Engineering Materials,CSJ series-Publications of the ceramic society of Japan.2:453-456.
11.Souza, M.F.de & Ferreira, D.P. ,(1998)J. Materials Research 1(1):53-58.
12.Jyh, M. T. (1991)"Effect of Powder characteristics on microstructure and strength of sintered Alumina"J.ceramic Bulletin 70(7):1167-1172.
13.Dyson,R.D.LandMorrel,R.(1982)"MechanicalTestingof Engineering Ceramic at high Temperature"J.Elsevier Applied Science Itd.
14.Mare, A .M. and Krishan, K. C. (1999) "Mechanical Behavior of Materials", Prentice-Hall, Inc.
15.Pertti, A. (1996)"Mechanical and Physical properties of engineering alumina ceramics "J.VTT Technical research center of finl and Espoo,pp.3-25.



شكل (1) يبين قيم الصلادة الميكانيكية لمسحوق الالومينا والمحتوي على نسبة وزنية مختلفة من المغنسيا



شكل (2) يوضح علاقة الكثافة بصلادة الالومينا المشوبة بالمغنسيا

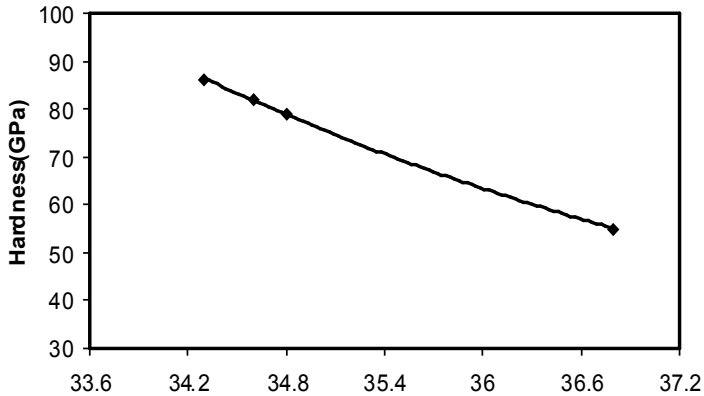
a – صورة المجهر الضوئي للالومينا النقية

b – ألومينا مضافا إليها مغنيسا بنسبة0.1%

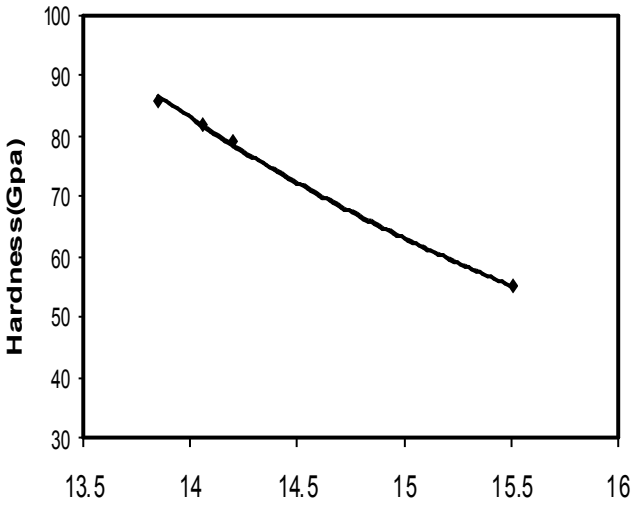
c – ألومينا مضافا إليها مغنيسا بنسبة0.3%

d – ألومينا مضافا إليها مغنيسا بنسبة0.5%

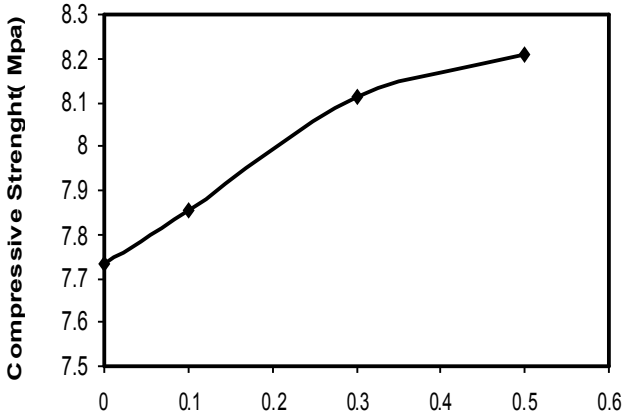
شكل(3) يبين صور فوتوغرافية للمجهر الضوئي لسطح كسر بقوة تكبيرX 20 للالومينا النقي والمشوبة بالمغنيسيا



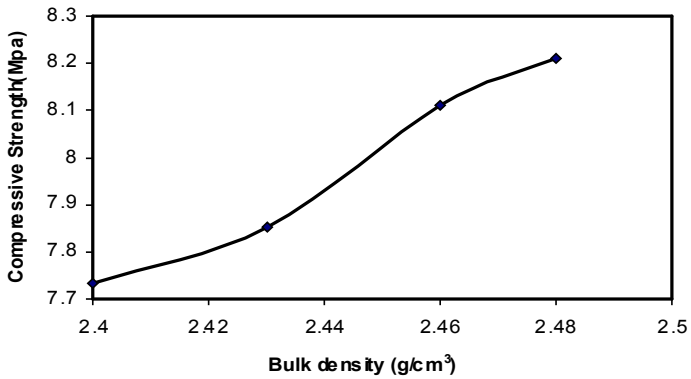
شكل (4) يبين علاقة المسامية بصلادة الالومينا



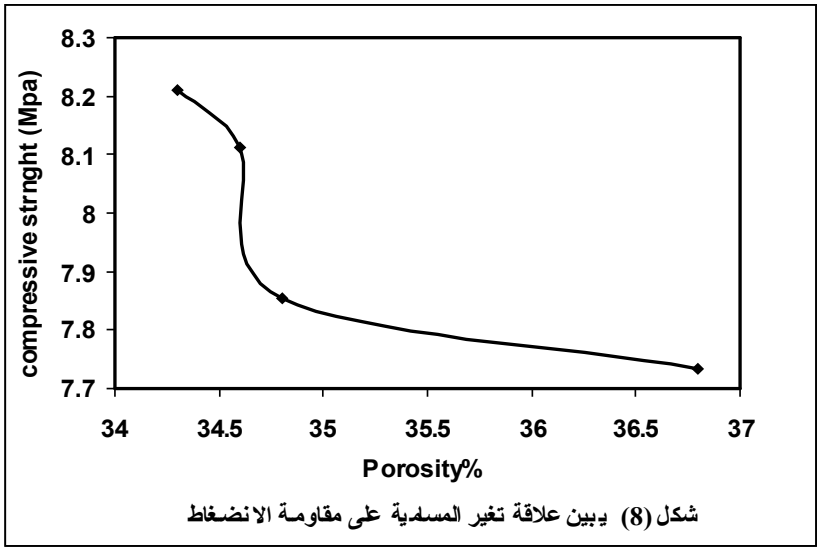
شكل (5) يبين علاقة الامتصاصية الظاهرية للماء مع الصلادة



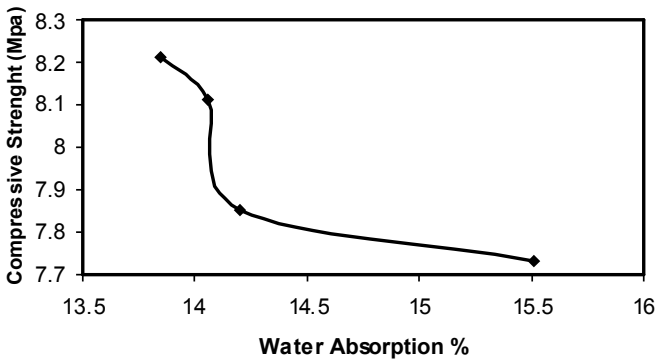
شكل (6) يبين تاثير نسبة اضافة المغنيسيا للالومينا على مقاومة الانضغاط



شكل (7) يبين علاقة تغير الكثافة على مقاومة الانضغاط للالومينا المشوبة



شكل (8) يبين علاقة تغير المسامية على مقاومة الانضغاط



شكل (9) يبين علاقة تغير امتصاصية الماء الظاهرية على مقاومة الانضغاط

The Study Effect of Addition Magnesia (MgO) on Some Physical and Mechanical Properties for Alumina

A.W. Watan ,S. K. Abd-Hassin, K. H . Harrbi
Department of Physics , College of Education Ibn AL- Haitham, University of Baghdad

Abstract

A reseach is carried out by using Alumina material type α-Al_2O_3 which has partical size 63μm doped with different percentage weight of MgO (0.1%,0.3%and0.5%) and by using dry press method to prepare the samples ,A force press 50KN used and sintering to 1500^{o}C with soaking time of 6 hours.

The physical properties were studied such as "Bulk density ,Porosity and water absorption "also the mechanical properties such as (hardness,compressive strength), the result shows that the best ratio of maginsa(MgO) added to Alumina (Al_2O_3)is 0.5%and this worked to improve Physical and mechanical properties .