

دراسة تأثير إضافة المغنيسيا 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 الالومينا من نوع ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) ذي الحجم الدقائقي $63\mu\text{m}$ مضافا اليها مادة المغنيسيا MgO بحجم دقائقي $63\mu\text{m}$ بنسب وزنية مختلفة ($0.1\%, 0.3\% \text{ and } 0.5\%$) وتم استخدام طريقة الكبس شبه الجاف لتحضير النماذج بقوة كبس 50kN وبزمن 5 دقائق وقد تم تلييد النماذج في درجة حرارة 1500°C وبزمن تلييد 6 ساعات ، درست الخواص الفيزيائية (الكثافة ، الامتصاصية ، المسامية) وكذلك الخواص الميكانيكية (الصلادة ، مقاومة الانضغاط) وقد بينت النتائج ان افضل نسبة لأكسيد 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 الجيدة، المقاومة العالية للبلي والتآكل ومقاومة عالية للكسر وهذه تجعلها واسعة التطبيقات (2).

ومن أهم التطبيقات الهندسية للالومينا ذي النقاوة المختلفة هي استعمالها عازلا 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 والمواد الميكانيكية الجيدة ولاسيما صفتي البلي والاحتكاك ، وتستعمل الالومينا في عدد القطع سواء أكانت النقية منها والمضاف إليها كميات من اوكسيد التيتانيوم أم كاربيد التيتانيوم مع نسبة قليلة من المغنيسيا (MgO) وتستعمل عدد القطع السيراميكية هذه في السرعات العالية والمعادن الصعبة التشغيل وذلك لامتلاكها درجات انصهار عالية ومقاومة تآكل عالية واستقرارها الكيماوي وارخص من الماس. وتستعمل الالومينا كذلك في التطبيقات الميكانيكية والحرارية مثل متحسس مجس البخار (Stream-tramp Sensors) (3).

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

بنسبة 5% وملبد بدرجة °C 1950 ويزمن 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) تأثير درجة حرارة التليبد وحجم الدقائق في كثافة ومسامية الألومينا المعالجة بالمغنيسيا ، اذ وجدوا ان الكثافة تصل الى 2.8 gm/cm^3 للنماذج عند درجة حرارة تليبد °C 1430، في حين كانت الكثافة 3.2 gm/cm^3 للنماذج الملبد بدرجة °C 1630(5).

اما في بحثنا هذا فقد تم دراسة مدى تاثير اضافة المغنيسيا الى مادة الألومينا ، اذ ان اضافة المغنيسيا بنسبة 0.5% الى مادة الألومينا وتليبد بدرجة °C 1500 بزم 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 الألومينا (Al_2O_3) من نوع (α) وبنقاوة (99.9%) المصنع من شركة Boh وقد أجريت عليه عملية الطحن باستخدام طاحونة الكرات وغرلت المادة المطحونة للحصول على دقائق ذي قطر أقل من $63 \mu\text{m}$ ، ثم تحضير نماذج الألومينا النقية مضافا إليه مادة اوكسيد المغنسيوم بقطر $63 \mu\text{m}$ وبنقاوة (99.9%) وبنسب وزنية (0.1%, 0.3%, 0.5%) وأضيف إليه مادة بولي فينيل الكحول (PVA) مادة رابطة بنسبة لا تزيد عن 2% وقد تم تشكيل النماذج بطريقة الكبس شبه الجاف باستخدام المكبس الهيدروليكي وبقوة كبس (50KN) ويزمن 5 دقائق باستخدام قالب ذي قطر 2cm ، تم تليبد النماذج باستخدام فرن كهربائي بصورة تدريجية إلى درجة °C 1500 ويزمن تليبد 6 ساعات. أجريت القياسات الفيزيائية (الكثافة الحجمية، المسامية الظاهرية، امتصاصية الماء الظاهرية) باستخدام طريقة الإزاحة لارخميدس وباستخدام العلاقات الآتية (6):

$$\rho_B = (w_d / w_s - w_i) \dots\dots\dots [1]$$

$$A.P\% = (w_s - w_d / w_s - w_i) * 100\% \dots\dots\dots [2]$$

$$W.ab\% = (W_s - W_D / W_D) * 100\% \dots\dots\dots [3]$$

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 الملبد 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 بسبك 0.17 cm وقطر 1.8cm اذ تم تسليط الحمل لمعرفة مقدار تحمل المنتج للانضغاط بعد عملية التليبد ، وقد اجري الاختبار باستخدام مكبس هيدروليكي، اذ يقوم بتسليط قوة على الأنموذج الذي يوضع بين فكي المكبس وتتؤخذ القراءة للقوة المسلطة عند أول توقف المؤشر مقياس القوة في المكبس المستخدم وتحسب مقاومة الانضغاط للعينات القرصية من العلاقة (7).

$$C.S = 2F / \pi D t \dots\dots\dots [4]$$

اذ $C.S$ مقاومة الانضغاط (Mpa) ، و F أعلى ضغط مسلط حصل عنده الكسر للعينة بوحدات (N) و D قطر الانموذج (mm) ، t سمك الانموذج (mm) .

النتائج والمناقشة

يبين الشكل (1) تأثير إضافة المغنيسيا في الصلادة للالومينا الملبدة بدرجة 1500 درجة مئوية و ب زمن تلييد 6 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 المغنيسيا العالية (3.83gm/cm^3) (8).

اما الشكل (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 المضئية) 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 التلييد (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 المغنيسيا في قيم مقاومة الانضغاط ويعزى ذلك إلى زيادة معدل النمو البلوري مما يؤدي إلى زيادة ترابط الحبيبات بعضها مع بعض (13)

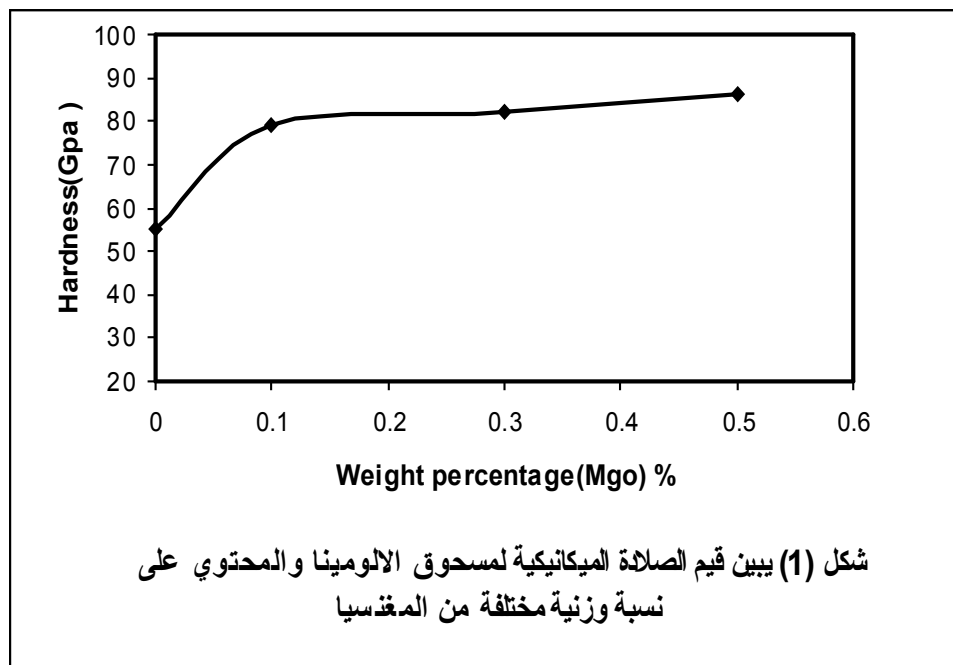
إن هذا السلوك انعكس على علاقة الكثافة مع مقاومة الانضغاط وهذا ما بينه الشكل (7)

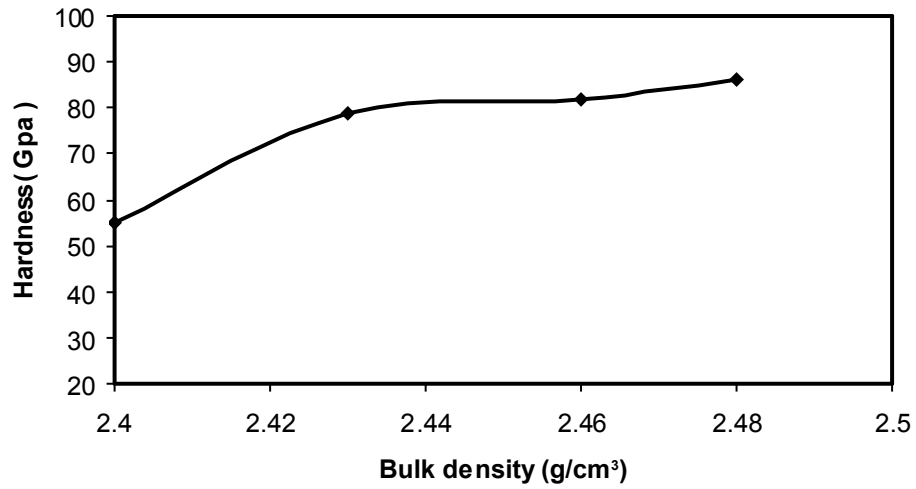
ويبين كل من الشكل (8) و (9) انخفاض كل من المسامية وامتصاصية الماء مع مقاومة الانضغاط على التوالي لارتباط المسامية وامتصاصية الماء بالكثافة فكلما زادت قيم الكثافة قلت المسامية وامتصاصية الماء وهي قيمة مباشرة نظرا لكون نسبة الإضافة العالية وعملية التلييد مما أدى إلى زيادة كثافة الانضغاط للمادة السيراميكية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

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.

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. Int. Ceram. 46(3) PP. 184-187.
5. Rohl, Kuhn B., Berlin K. Meyer (2006) "Porosity of ceramic composites" Ceramic forum international ch/ber DKG 72(3).
6. Ryan, W (1978) "Properties of ceramic raw materials", 2nd edition, Pergamon Press John Wiley and sons, Inc, PP. 1-5.
7. Callister W.D, JR., (2003). "Materials Science and Engineering An Introduction" 6th ed., John Wiley 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 microstructure development in Al_2O_3 " J. Am. Ceram. Soc, 69(2) PP. 143-149.
9. Coble, R.L (1961) "Sintering of Solid" J. Appl. Phys., 32(5) PP. 793-799.
10. Suzuki, H. and Matsubara, 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. and Morrell, R. (1982) "Mechanical Testing of Engineering Ceramic at high Temperature" J. Elsevier Applied Science Ltd.
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 Finland and Espoo, pp. 3-25.





شكل (2) يوضح علاقة الكثافة بصلادة الالومينا المشوبة بالمغنيسيا



a - صورة المجهر الضوئي للالومينا النقية



b - ألومينا مضافا إليها مغنيسيا بنسبة 0.1%

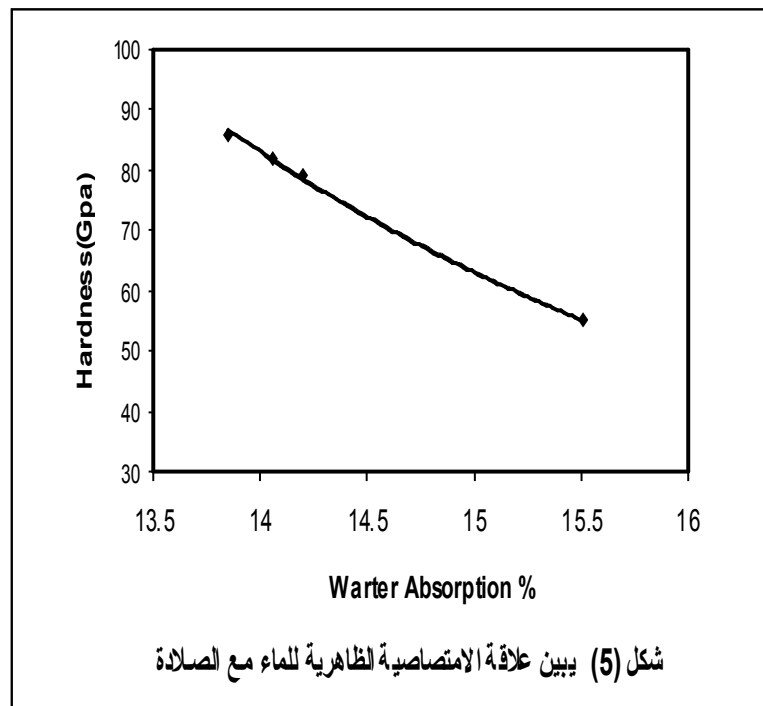
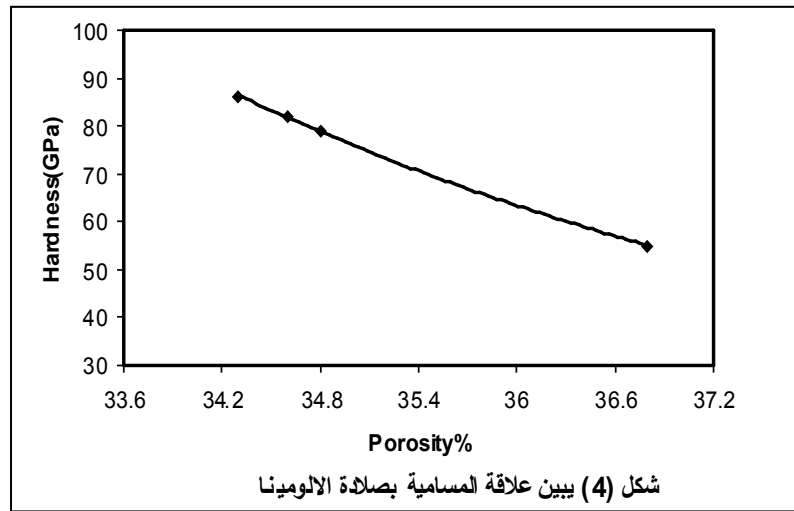


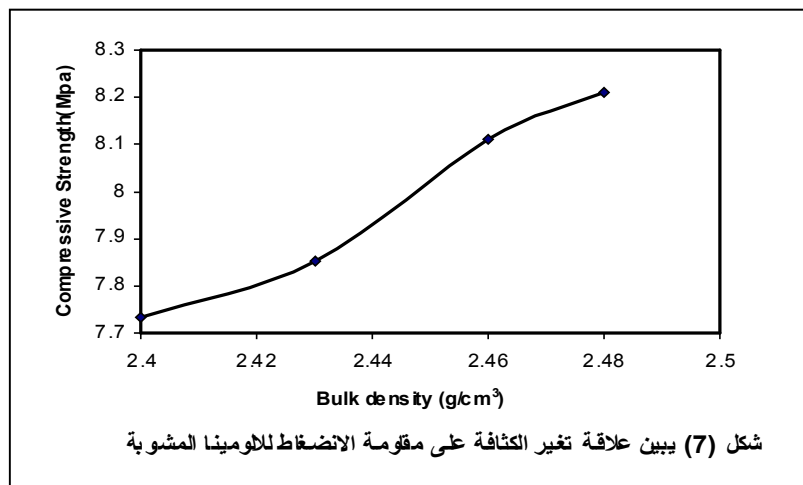
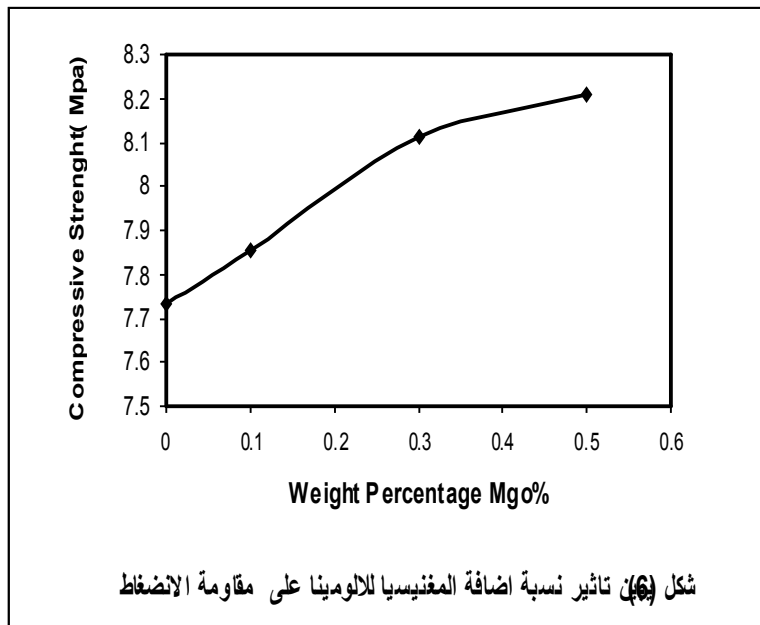
c - ألومينا مضافا إليها مغنيسيا بنسبة 0.3%

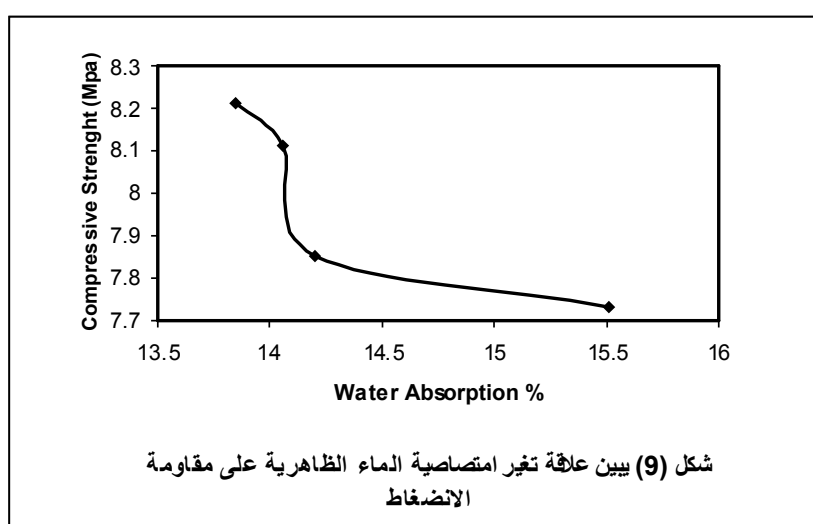
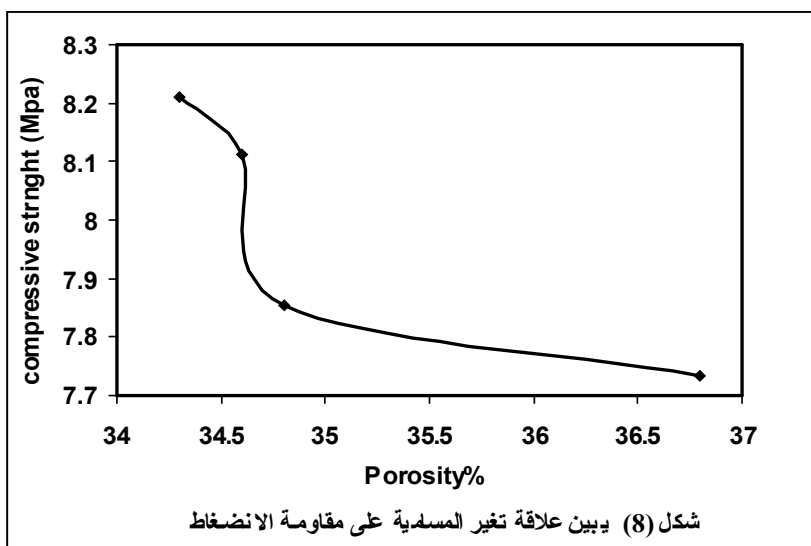


d - ألومينا مضافا إليها مغنيسا بنسبة 0.5%

شكل (3) يبين صور فوتوغرافية للمجهر الضوئي لسطح كسر بقوة تكبير 20 X للألومينا النقي والمشوبة بالمغنيسيا







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 -Al₂O₃ which has partical size 63 μ m 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°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 (Al₂O₃)is 0.5%and this worked to improve Physical and mechanical properties .