

استخدام النظام السيراميكي Al_2O_3 -Mgo-PSZ في تصنيع عدد القطع

جنان ستار خشان* و هيثم رزوقي صالح*

تاريخ التقديم: 2008/10/28

تاريخ القبول: 2008/12/31

الخلاصة

تركز أغلب البحوث المتقدمة حول مواد عدد القطع السريع (High-speed cutting materials) على تقوية الالومينا بأنواع مختلفة من المواد السيراميكية كالكاربيدات والنتريدات لكي تضمن تحسين الصلادة ومتانة الكسر، وتستعمل هذه المتراكبات في تطبيقات عدد القطع. الدراسة الحالية تهدف إلى دراسة خواص عدد القطع المصنوعة من الالومينا والمقواة بالزركونيا المثبتة جزئياً بالمغنيسيا. الكسر الوزني المضاف من الزركونيا هو (15% , 20%). استعملت طريقة الكبس على البارد لإنتاج النماذج وبضغوط كبس مختلفة هي (5, 7, 10) طن، ثم أجريت عملية التلييد بدرجات حرارية مختلفة هي (1400, 1500, 1600) درجة مئوية ولمدة ساعتين. النتائج أظهرت ارتفاع بقيم الكثافة والصلادة للنماذج مع زيادة نسبة الخلط، أيضاً أبدت النماذج تحسناً واضحاً مع ارتفاع درجة الحرارة والضغط المستعملين، وان أنسب درجة حرارة هي 1600 درجة مئوية مع ضغط كبس 10 طن.

Using Al_2O_3 -Mgo-PSZ ceramic system in cutting tools manufacturing

Abstract

Recent advance in high-speed cutting materials have focused on reinforcing alumina with different carbides and nitrides in order to improve hardness and fracture toughness, this composites materials use in cutting tools application. The present study concert on properties of cutting tools made by Al_2O_3 reinforcement by Mg-PsZ. The added weight fractions from ZrO_2 are (15% , 20%). The materials cold-pressed at (5, 7, 10) ton, at (1400, 1500, 1600 C°) in two hours. The result shows increasing in hardness and densities values of specimen with the increasing the mixing percent also, there is a signification enhancement of specimen properties with increased temperature and pressure, the appoperte temperature is 1600 C° with pressure 10 ton.

Keywords: Advance ceramics , Cutting materials, Composite materials, Zirconia based ceramics.

1- المقدمة

تعتبر عدد القطع من التطبيقات التي تتعرض فيها الأجزاء إلى إجهادات عالية ودرجات حرارة عالية لذلك فإن المواد المستخدمة في هذه التطبيقات يجب أن تمتاز بمقاومة عالية، صلادة عالية، ومقاومة بلى عالية [1].

ولغرض زيادة إنتاجية عدد القطع وبكلفة تصنيع أقل، فإن ذلك يتطلب تطوير عدد قطع تستطيع العمل حتى في السرعة العالية جداً، إن السرعة العالية للتشغيل تؤدي إلى توليد إجهادات عالية وتؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في السطح الفاصل بين عدة القطع

والشغلة لذلك تفضل المواد ذات المقاومة الحرارية العالية (Refractory material) في تصنيع عدد القطع [2].

لذلك اتجهت الأبحاث إلى تطوير المواد المستخدمة في عدد القطع ومن المواد المستخدمة التي تستخدم لهذا الغرض هي المواد السيراميكية المتقدمة بسبب تفضيلها من ناحية الخواص الكهربائية والمغناطيسية، الصلادة، مقاومة البلى ومقاومة الحرارة والتآكل وبسبب إمكانية إحلالها بدل مواد جذبت اهتمام الصناعيين لفترات طويلة [2].

ومن هذه المواد الالومينا، الالومينا المضافة إلى الزركونيا المثبتة جزئياً وبالعكس،

2- الجانب العملي

2-1 تصنيع النماذج

استخدم في هذا البحث الالومينا عالية النقاوة (99.5%) وذات متوسط حجم حبيبي 0.6μ وتم إضافة نسب مختلفة من الزركونيا المثبتة جزئياً بالمغنيسيا (Mg-PsZ 8.5 mol%) إن الكسر الحجمي المضاف للالومينا كمادة تقوية هي 15% و 20% على التوالي. تم تصنيع النماذج كما مبين في شكل رقم (1).

2.2 الفحوصات

2.2.1 الكثافة

تم حساب الكثافة الحقيقية للنماذج الملبدة باستخدام مبدأ أرخميدس ، و على المراحل التالية (7) :

(1) تجفيف النماذج الملبدة في مجفف لمدة 24 ساعة و بعدها تم وزنها .هذا الوزن يسمى WD

(2) غمر النماذج في الماء المقطر لمدة 24 ساعة ثم تعلق في ميزان حلزوني و يسجل وزنها ويسمى Wb .

(3) اخراج النماذج ومسحها و ثم توزن و هذا الوزن يسمى Wa و من الاوزان اعلاه تم اجراء الحسابات التالية :

$$Wa - WD / D = \text{حجم النموذج}$$

$$(1) \dots\dots\dots$$

$$= \text{كثافة النموذج}$$

$$(2) \dots\dots\dots (WD / Wa - Wb) * D$$

$$(2) \dots\dots\dots$$

$$: \text{هي كثافة (3 gm/cm)}$$

حيث D الماء المقطر

$$WD - Wb / D = \text{الحجم الظاهري}$$

$$(3) \dots\dots\dots$$

$$(WD / WD - Wb) = \text{الكثافة الظاهرية}$$

$$* D$$

$$(4) \dots\dots\dots$$

$$2.2.2 \text{ الصلادة}$$

تم استخدام طريقة فيكرز لقياس الصلادة للنماذج الملبدة و عند احمال 10 كغم

الزركونيا، كاربيد السليكون وغيرها [3,4]. ويعتبر نظام Al_2O_3 - ZrO_2 من أهم هذه الأنظمة حيث أن المواد ذات الأساس من الالومينا والمقواة بالزركونيا المثبتة جزئياً بالمغنيسيا تكون أقوى من المواد السيراميكية النقية (الالومينا النقية)، هذه الزيادة ناتجة من التحولات الطورية المحتثة بالإجهاد لدقائق الزركونيا. وهذا ناتج من كون حبيبات ZrO_2 للطور شبه المستقر رباعي الميل (Tetragonal) المشتركة في أرضية الالومينا تتكون خلال التصنيع، وخلال الاستخدام، عندما يتكون الشق يتحول الطور شبه المستقر إلى الطور المستقر أحادي الميل (Monoclinic)، وهذا بسبب الزيادة في الطاقة المطلوبة لتكوين ونمو الشقوق وبالتالي زيادة بالمتانة والتي تنعكس إيجابياً على الخواص الميكانيكية [5].

يهدف هذا البحث إلى دراسة خواص عدد القطع المصنوعة من الالومينا المضاف لها الزركونيا المثبتة جزئياً بالمغنيسيا ومدى نجاح هذه المواد كنظام سيراميكي يستخدم في تطبيقات عدد القطع.

وركزت الكثير من الدراسات على تصنيع عدد القطع من المواد السيراميكية المتقدمة، حيث قام الباحث Young وآخرون بدراسة إمكانية تصنيع عدد قطع لتطبيقات التشغيل من نظام Al_2O_3 - SiC ، حيث تم تصنيع المادة بطريقة الكبس الحار وكانت النتائج هو تحسين خواص المادة المركبة الناتجة بسبب التحول بأسلوب الكسر (Fracture mode) من الكسر ما بين الحبيبات للالومينا إلى الكسر ما بين الحبيبات للمترابكة Al_2O_3 - SiC [3].

وبسبب تحولات المتانة (Transformation toughening) المعروفة في الأنظمة السيراميكية المتقدمة، أجريت دراسات حول إمكانية الاستفادة من هذه الخاصية في تصنيع عدد قطع ملائمة للعديد من التطبيقات الحرجة (تشغيل المواد ذات الصلادة العالية)، فقد قام الباحث Annamalai وآخرون بدراسة نظام Ceria-Zirconia ومدى حساسية التحول من الطور رباعي الميل غير المستقر إلى الطور المستقر أحادي الميل في الزركونيا المثبتة جزئياً بالسيرييا [6].

المستخدم للكبس فإن قيم الكثافة تتأثر بصورة أكبر من تأثيرها بزيادة ضغط الكبس. لأن نوع التلييد الذي يحصل في هذا النظام هو تلييد بالحالة الصلبة Phase sintering-solid ومن المعروف أن درجة انصهار المواد المكونة للمزيج هي عالية جداً لذلك تزداد عمليات التكتيف (Densification) مع زيادة درجة حرارة التلييد وهذا ينعكس إيجابياً على زيادة قيم الكثافة وبالتالي الصلادة ومقاومة الكسر.

2- Al_2O_3 -20%Mg-PSZ : من ملاحظة نتائج هذه المجموعة نلاحظ نفس التأثير من حيث زيادة درجة حرارة التلييد وضغط الكبس على النتائج. ولكن عند مقارنة نتائج المجموعتين نلاحظ أن قيم الكثافة تزداد بصورة أكبر في المجموعة الثانية أكثر منها في المجموعة الأولى وهذا يعود إلى نسبة الطور الثاني المضاف (Second phase) الذي يعمل مراكز تنوية (Nucleation) تؤدي إلى إعاقة النمو البلوري لدقائق الألومينا مما يؤدي إلى رفع قيم الكثافة بصورة ملحوظة وهذا ينعكس على قيم الصلادة ومقاومة الكسر.

الاستنتاجات

- 1- يمكن تصنيع عدد القطع من مواد سيراميكية متقدمة ذات أرضية من الألومينا مقواة بالزركونيا المثبتة جزئياً بالمغنيسيا.
- 2- تزداد الصلادة والكثافة مع ارتفاع نسبة الإضافة لمادة التقوية.
- 3- أفضل درجة حرارة تلييد والتي أعطت أفضل الخواص هي $1600\text{ }^\circ\text{C}$.
- 4- أفضل ضغط كبس يستعمل لإنتاج أفضل الخواص هو 10 طن.

References

- [1]-A. Senthil Kumar, and et al., "Materials letters", Vol.58, No.11, 2004, pp.1808-1810.
- [2]-W. Acchar, "Journal of the European ceramic society", Vol.20, No.11, 2000, pp.1765-1769.

و قيم الصلادة تحسب من العلاقة بين الحمل المسلط و بين قطر الاثر الناتج و حسب المعادلة (8) :

$$HV = 1.8544 P / d av^2 \quad \text{--(5)}$$

حيث :

P : الحمل (kg)

dav : قطر الاثر (mm)

HV : قيمة الصلادة (kg/mm^2)

مقاومة الكسر (اختبار الضغط القطري)

2.2.3

Diametrical compression

تم استخدام الاختبار البرازيلي (اختبار Test الضغوط القطري)

لحساب مقاومة الكسر للمادة حيث تم وضع القرص الممثل للنموذج بحيث يكون تسليط الثقل او الحمل بصورة قطرية. و يوضع بين سطحين مستويين و من ثم تسليط الحمل و بمعدل 0.5 mm/min

و تم تسجيل القوة التي يحصل عندها الكسر ثم تطبيق العلاقة الاتية لحساب مقاومة المادة(9)

$$\sigma = 2P / \Pi Dt \quad (\text{Mpa})$$

----- (6)

حيث P : الحمل المسلط (N)

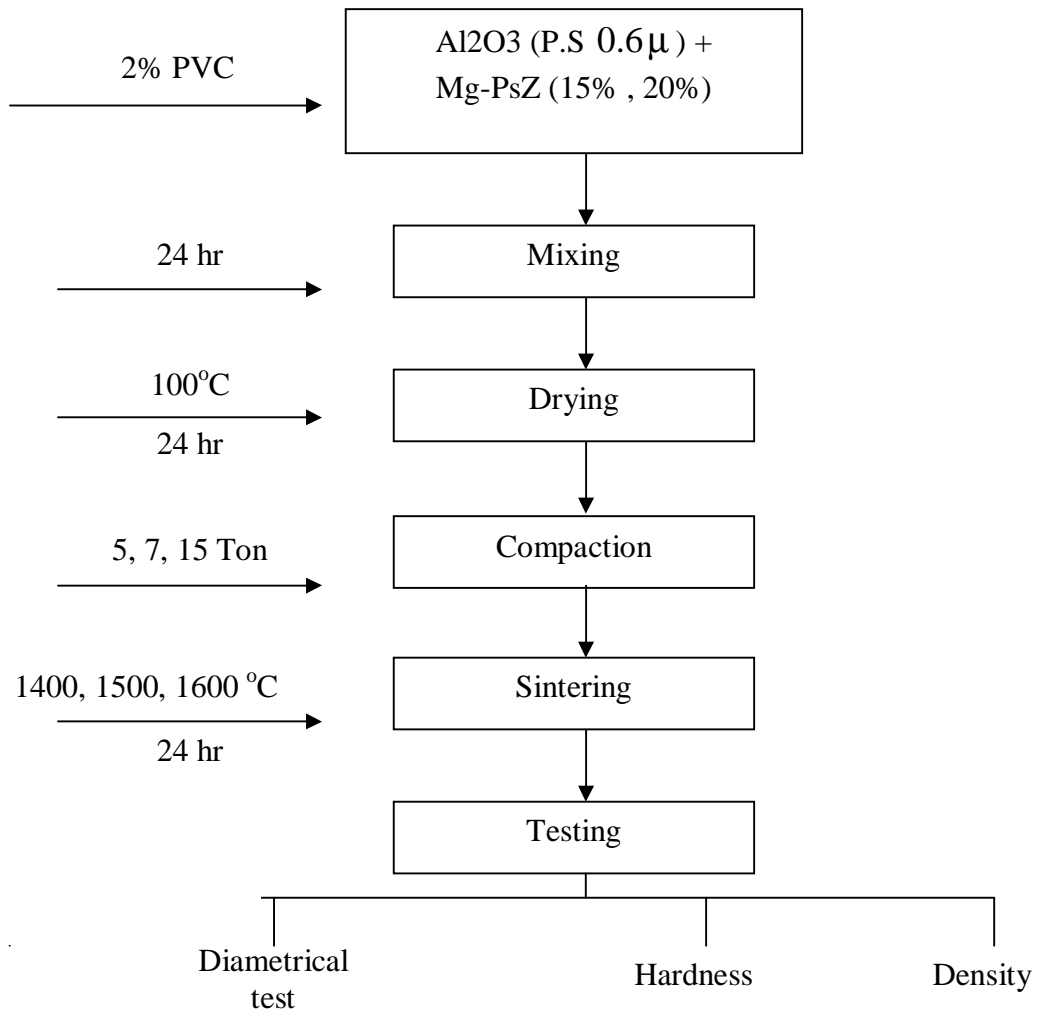
D : قطر النموذج (mm)

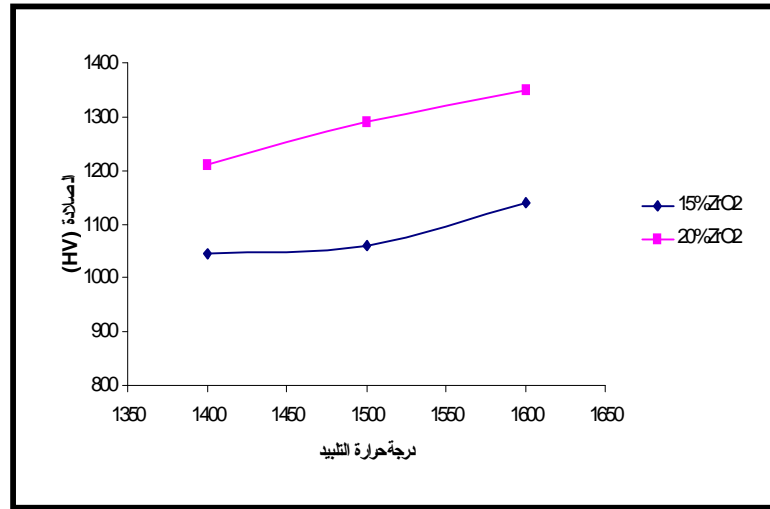
t : سمك النموذج (mm)

النتائج المناقشة

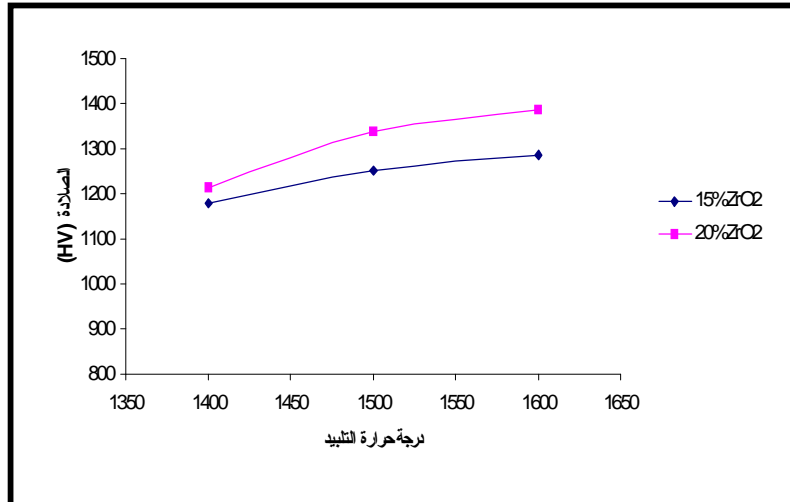
1- Al_2O_3 -15% Mg-PSZ : من ملاحظة نتائج هذه المجموعة من العينات نلاحظ أنه عند تثبيت درجة حرارة التلييد فإن الكثافة تزداد مع زيادة ضغط الكبس وذلك بفعل زيادة عدد الجسور (Bridges) المتكونة بين الدقائق بفعل الضغط العالي المستخدم وهذا ينعكس على قيم الصلادة ومقاومة الكسر حيث يلاحظ زيادة قيم الصلادة ومقاومة الكسر مع زيادة الضغط المستخدم في الكبس حيث أن زيادة عدد الجسور الرابطة يؤدي إلى زيادة كفاءة عملية التلييد لاحقاً. أما بالنسبة لتأثير درجة حرارة التلييد فنلاحظ أنه عند تثبيت قيم الضغط

- [3]-Youny Mok, Won Taekwon, "Ceramics International", Vol30, No.11, 2004, pp.2081-2086.
- [4]-O. Suder and F.F. Lange, "Effect of inclusion on densification", Vo.75, No.3, 1992, pp.514-525.
- [5]-E.D. Whitney, "Modern ceramic cutting tool materials", Powder metallurgy International, Vo.15, No.4, 1983, pp.201-205.
- [6]-V.E. Annamalai, and et al., "Journal of the European ceramic society", Vol.12, No.3, 1993, pp.227-233.
- [7]- Inaam.M.AL.obaidi, "Physical and mechanical properties of alumina compacts", M.Sc. Thesis, Univ. of technology. applied science department (1999).
- [8]- Y.lakhtin, "Engineering physical metallurgy", published by Mir publishers. Moscow, 1977.
- [9]- F.A.chyad, "The effect of Metastable zirconia on the properties OPC composite", University of Bradford, U.K, Ph.D thesis, 1989.

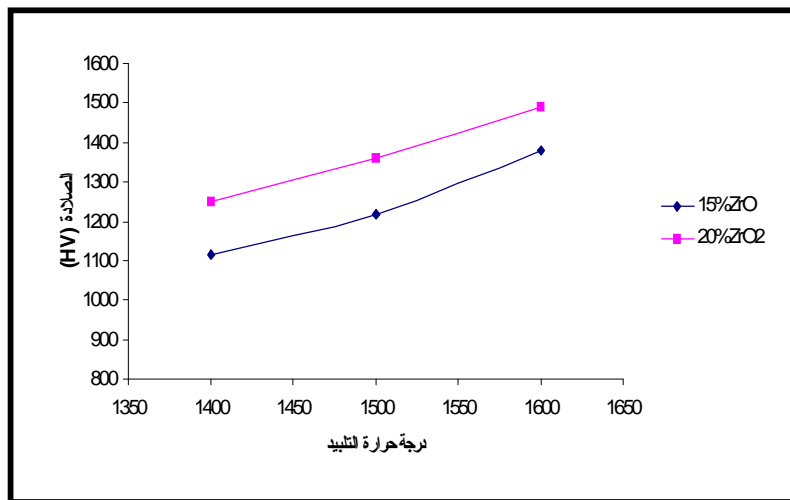




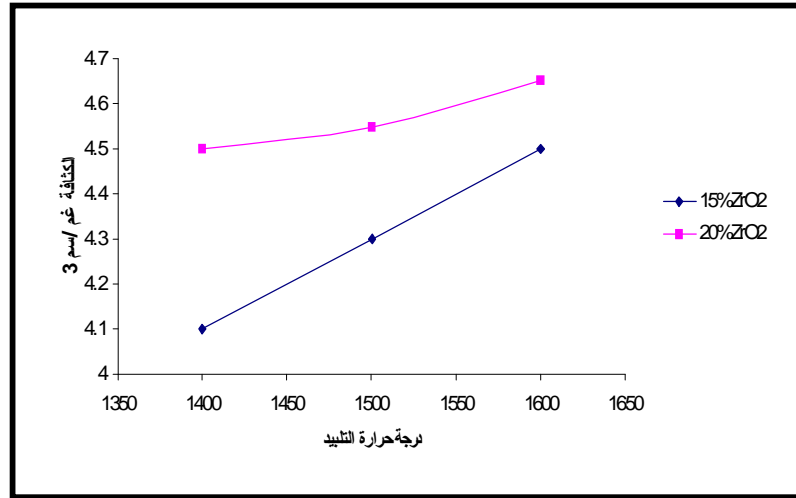
الشكل (1) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و الصلادة لضغط كبس 5 طن



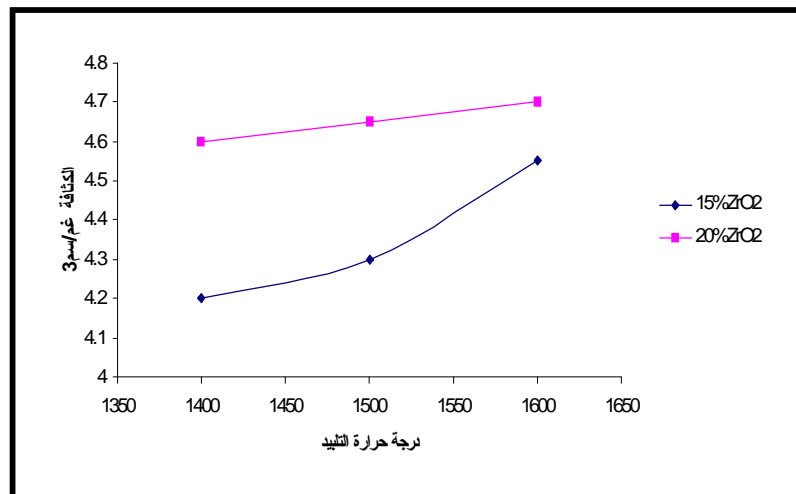
الشكل (2) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و الصلادة لضغط كبس 7 طن



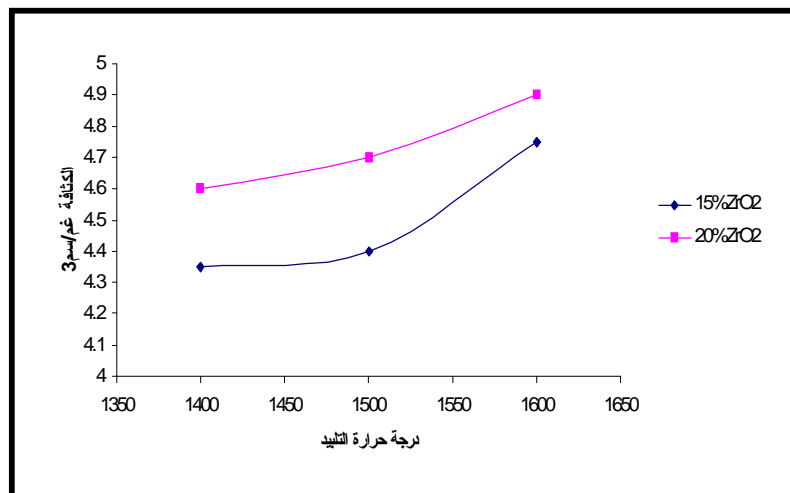
الشكل (3) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و الصلادة لضغط كبس 10 طن



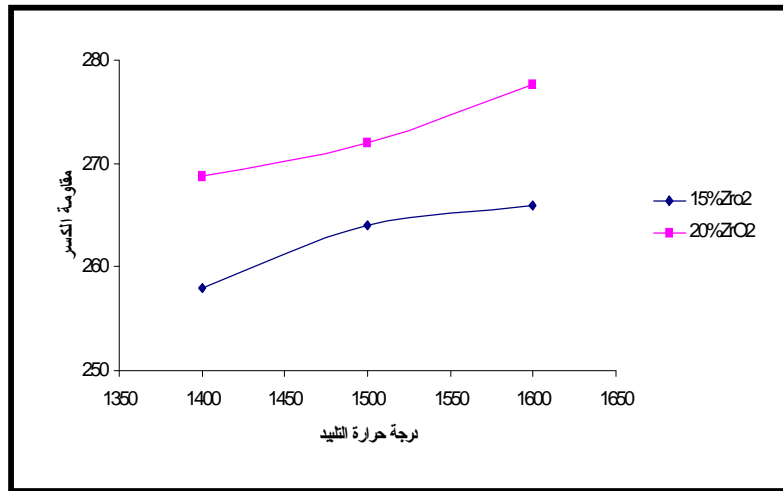
الشكل (4) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و الكثافة لضغط كبس 5 طن



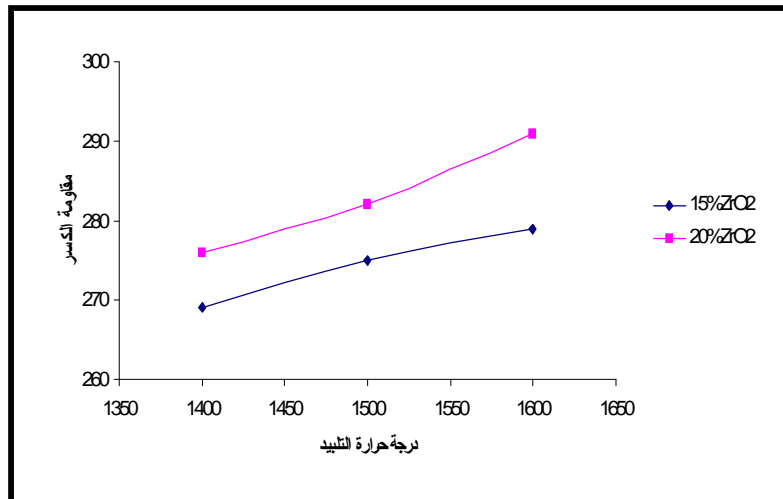
الشكل (5) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و الكثافة لضغط كبس 7 طن



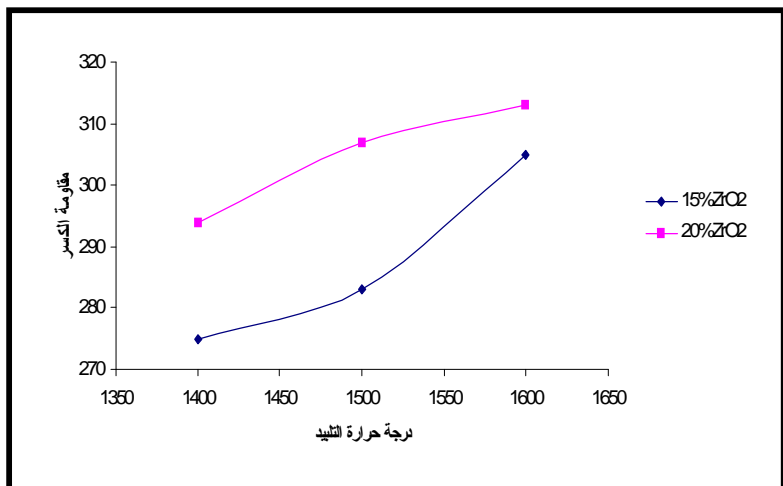
الشكل (6) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و الكثافة لضغط كبس 10 طن



الشكل (7) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و مقاومة الكسر لضغط كبس 5 طن



الشكل (8) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و مقاومة الكسر لضغط كبس 7 طن



الشكل (9) يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلبيد و مقاومة الكسر لضغط كبس 10 طن