

دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن ، حيدر باسم محمد ، رياض ابراهيم عطية ، وسام فاضل عباس
دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق

إسماعيل خليل حسن * حيدر باسم محمد * رياض ابراهيم عطية * وسام فاضل عباس *
*وزارة العلوم والتكنولوجيا

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير نماذج متنوعة من الزجاج باستخدام تقنيات المساحيق التقليدية وأستخدمت مواد زجاجية متوفرة محلياً أجريت عليها عدة معالجات ميكانيكية لتصبح ملائمة لعمليات الكبس. قيس كثافة النماذج ومساميتها المفتوحة والمغلقة علاوة على قياس مقاومة الانضغاط لعدد من النماذج. كما تم اختبار عدد من معلمات التحضير مثل حجم وتوزيع الدقائق، ضغط الكبس علاوة على زمن ودرجة حرارة التليد في إيجاد أفضل ظروف التحضير .

Study of Some Microstructure and Mechanical Properties of Glass Perpetrated
by Powder Technique

Ismael K.H.* Haedar B.M.*Riyad I.A.*Wesam F.A.*

Abstract

Light weight glasses prepared by powder metallurgy techniques have been examined. Microstructure and compressive strength have measured and the results used to find the optimum preparation conditions for the samples. Also the density and open and closed porosity measured. Several preparation conditions such as particle size and distribution, forming pressure, additives and time and temperature have examined.

الكلمات المفتاحية: الخواص الميكانيكية، الزجاج، تقنية المساحيق، مقاومة الانضغاط، حرارة التليد.

دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن ، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية ، وسام فاضل عباس

المقدمة

يطلق الزجاج على المواد الشفافة التي تشبه بنيتها بنية السوائل (عشوائية التركيب البلوري) وصلابتها عند درجات الحرارة المعتدلة درجة صلابة الأجسام الصلبة. لا يحتوي الزجاج في حالته الصلبة أو السائلة على بلورات ولا يمكن تحديد درجة انصهاره لأنه يتحول من الحالة الصلبة الى السائلة ماراً بمرحلة الليونة التي تمتاز بدرجة لزوجة عالية (١).

يلجأ كيميائيو الزجاج الى المغيرات لانتاج أنواع من الزجاج التجاري تحتوي على خواص مرغوب بها لاستعمالات مختلفة. ان أهم أنواع الزجاج التجارية هي الكوارتز المصهور (Fused Quartz) والذي يستخدم على نطاق واسع في صنع المرايا وعاكسات التلسكوبات وحزم الليزر والخلايا الشمسية. جبر الصودا (Soda Lime) والذي يستخدم للأغراض الاعتيادية كالأواح الشبائيك والصفائح الزجاجية والقناني وأدوات الطبخ. زجاج الرصاص ولهذا الزجاج خواص بصرية ممتازة، فهو يستخدم على نطاق واسع لصنع عدسات العيونات وفي الأجهزة البصرية وذلك لسهولة صقله (Grinding). وهناك زجاج الألمينوسليكات وزجاج ال ٩٦ بالمئة سليكا والزجاج المقوى .

البورسيليكات (Borosilicate Glass)

وهو موضوع البحث ويتكون من حوالي ٨٠% أوكسيد السليكون و١٨% أوكسيد البورون (وهو عامل مساعد على تكوين الزجاج) و ٢% أوكسيد الصوديوم ، وبما ان معامل تمدد هذا النوع أقل كثيراً من معامل التمدد في زجاج جبر الصودا أو زجاج الرصاص فله مقاومة أكبر للصدمات الحرارية ، هذه الخاصية جعلته مفيداً للغاية لعمل أوعية المختبرات وأواني الطبخ التي تستعمل في الأفران ولتبطين الأجهزة الكيماوية المستخدمة في الصناعات الغذائية وما شابهها. البايركس وبالمقارنة مع المعادن فإن له قوة انضغاط عالية (Compressive Yield Strength) ومثانة كسر (Fracture Toughness) واطئة وبسبب صلابته ومثانته الجيدة فهو يستخدم في زجاج الحماية بالسيارات ومباني الانفجارات (٢). للسيراميك عموماً ثابت عزل ، وعامل نوعية (Quality Factor)، ودرجة تلدين (Sintering) عالي بينما الزجاج هو الوحيد الذي له ثابت عزل واطئ وخواص ميكانيكية ضعيفة ولهذا يضاف مسحوق الزجاج لتكوين مواد عازلة (٣) .

كذلك تضاف فضلات مسحوق الزجاج الى الأطنان لأختزال زمن ودرجة حرارة الحرق وبالننتيجة الزيادة الملحوظة في الإنتاج (٤) . وأخيراً السيراميك الزجاجي ان استعمالات الزجاج السيراميك واسعة ومختلفة اعتماداً على عوامل التركيب الكيماوي ونسبة التبلور فتجده في الرؤوس المخروطية للصواريخ وفي أدوات الطبخ . الزجاج السيراميك يمتلك خواص كل الزجاج والسيراميك التقليدي، يتشكل من الزجاج بعدها يتكون الجزء المتبلور بالمعالجة الحرارية ويتمتع بخواص ميكانيكية عالية جداً يفقد السيراميك الزجاجي شفافيته بمجرد فراغات صغيرة فيه. (٥)

منذ ستينات القرن الماضي أهتم العالم في انتاج السيراميك الزجاجي من فضلات السليكا (Silicate Waste) وأعتبرها طريقة مهمة وخطوة جبارة نحو إعادة وتحويل عدد من النفايات الصناعية والمختبرية الى مواد أخرى لأغراض نافعة. فبالعديد من النفايات الصناعية الكثيرة والخطيرة ممكن أن تتحول الى مواد زجاجية ذات استقرارية كيميائية عالية (٦,٧).

يهدف البحث الى تحضير زجاج البايركس (البوروسليكات) من مواد تالفة بأستخدام تقنية المساحيق والتي تختلف عن الطرائق التقليدية في تحضير الزجاج والتي تتطلب درجات حرارة عالية وأفران خاصة ، وكذلك الأستفادة من الناتج في تطبيقات مختلفة كالفلاتر والمواد الكهربائية وغيرها وكون المواد الأولية هي مواد تالفة وهذا يوفر الأمكانيات المادية البسيطة ثم دراسة الخواص التركيبية والميكانيكية المختلفة .

دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية، وسام فاضل عباس
الجانب العملي

استخدمت في البحث نماذج زجاجية من البايوركس التالف واجريت عمليات التنظيف التي مرت بمراحل الغمر بالماء الاعتيادي والماء المقطر واخيرا تم التنظيف باستخدام الايثانول لازالة اي اترية او عوالق من المخلفات الزجاجية بعد ذلك تم تجفيفها بالمجفف حتى أصبحت جاهزة للطحن. تم تكسير النماذج يدوياً كمرحلة أولية بأستخدام الهاون اليدوي ثم استخدمت الطاحونة الدوارة ولمدة ساعتين لغرض طحن الزجاج للوصول الى نعومة كافية لغرض الكبس. أجريت عملية النخل بأستخدام مناخل متعددة الحجم الحبيبي $(100, 150, 200, 250) \mu m$. تم كبس النماذج يدوياً بأستخدام المكبس الهيدروليكي اليدوي وبقطر (3cm) استخدمت مادة رابطة (Polyethylene glycol) لكي تتم عملية الكبس. أجريت عمليات المعاملة الحرارية والتبيدات بـ $800^\circ C$ (٨٥٠، ٨٠٠، ٧٥٠، ٧٠٠) ولمدة نصف ساعة والتبريد البطئ للنماذج بالهواء.

أجريت اختبارات الكثافة الظاهرية والحقيقية والفحص المجهرى والصلادة ومقاومة الأنضغاط للنماذج المحضرة.

جدول رقم (١) مواصفات النماذج بعد الحرق

الوزن، gm. w	الارتفاع، h cm	نصف القطر، r cm	درجة الحرارة، C°	رمز النموذج
7.6	0.6	1.5	700	G70
7.2	0.56	1.4	750	G75
8	0.62	1.39	800	G80
7.3	0.6	1.4	850	G85

١- اختبار الكثافة الحجمية : تم وزن النماذج وقياس أبعادها من القطر والارتفاع وحسبت بالعلاقة التالية :

$$\rho(\text{gm./cm}^3) = M(\text{gm.})/V(\text{cm}^3)$$

٢- اختبار الكثافة الحقيقية (النسبية): تم وزن النماذج بالهواء ثم وزنت النماذج وهي بالماء ثم طبقت العلاقة الآتية:

$$\rho(\text{gm./cm}^3) = (D \cdot W_a) / (W_a - W_l) \quad (٨)$$

حيث W_a - وزن النموذج بالهواء، W_l - وزن النموذج بالماء، D - كثافة السائل (الماء 1 gm/cm^3).

$$P = \frac{W_a - W_l}{W_a} \cdot 100\% \quad \text{Porosity} \quad (٩)$$

حيث P - المسامية، W_a - الكثافة الحقيقية، W_l - الكثافة الظاهرية.

٤- اختبار الصلادة بقيست الصلادة الدقيقة للنماذج المحضرة بجهاز قياس الصلادة (DIGITAL MICROHARDNESS TESTER-HVS-1000) بطريقة فيكرز وبزمن ٦٠ ثانية وحمل $\text{Load} = 2.94 \text{ N}$ ومن خلال العلاقة :

$$H_v = 0.1891 F / d^2$$

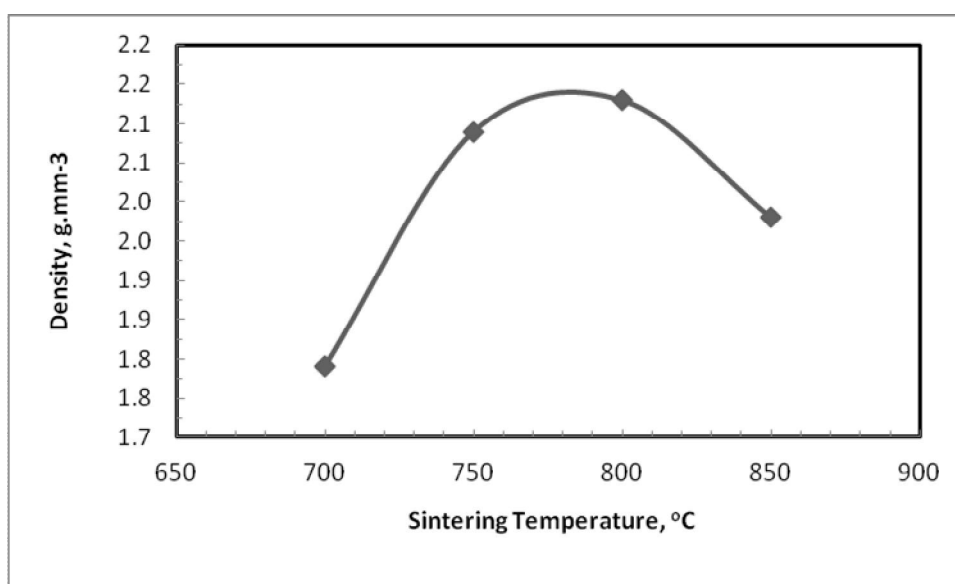
٥- اختبار الفحص المجهرى : تم فحص العينات مجهرياً بأستخدام المجهر الضوئي (Nikon-ECLIPSE.ME600) وبتكبيرات من $100X, 200X, 500X$.

٦- اختبار مقاومة الأنضغاط: تم فحص النماذج بأستخدام جهاز (Tinus Olsen -HK50T) وبسرعة نزول الحمل 0.5 mm/sec وحسب العلاقة :

دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية، وسام فاضل عباس
$$\text{Stress(MPa)} = F(N)/A(\text{mm}^2)$$

النتائج والمناقشة

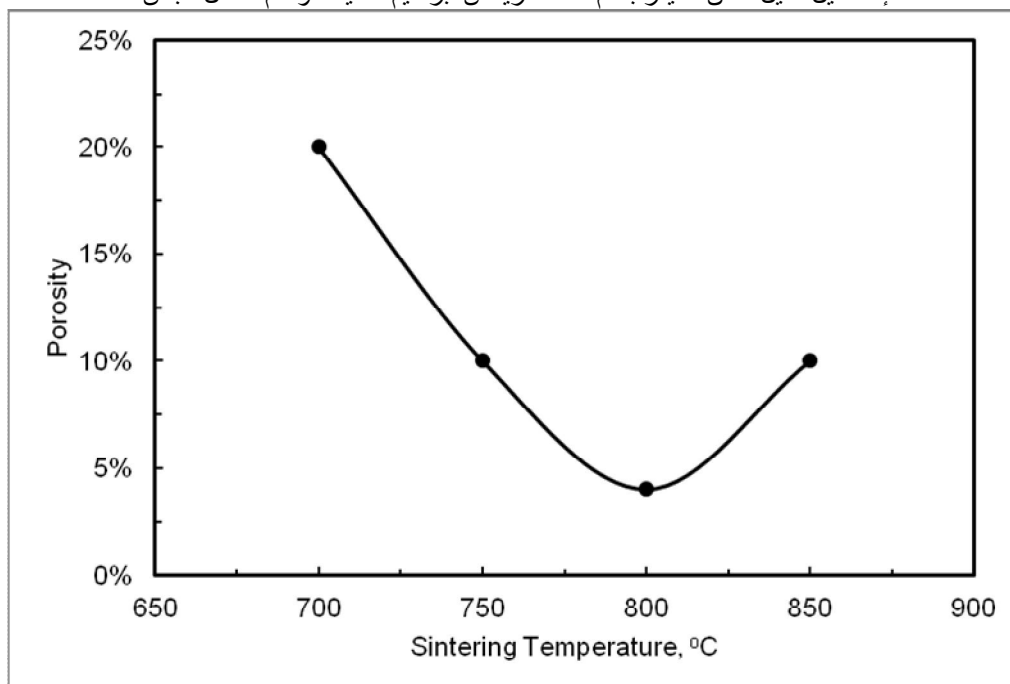
يبين الشكل (١) تغير الكثافة الحجمية للنماذج مع درجة حرارة التلبيد ولزمن تلبيد ثابت مع جميع النماذج وهو نصف ساعة، وقد تم اختيار هذا الزمن بعد ان اجريت عدة تجارب على نماذج تم تلبيدها عند درجة حرارة ثابتة وزمن تلبيد مختلف. ترتفع قيمة الكثافة لتصل الى اعلى قيمة عند درجة حرارة تلبيد 800°C ثم يحصل بعدها انخفاض كبير عند درجة حرارة 850°C .



شكل (١): تغير الكثافة الحجمية للنماذج مع درجة حرارة التلبيد.

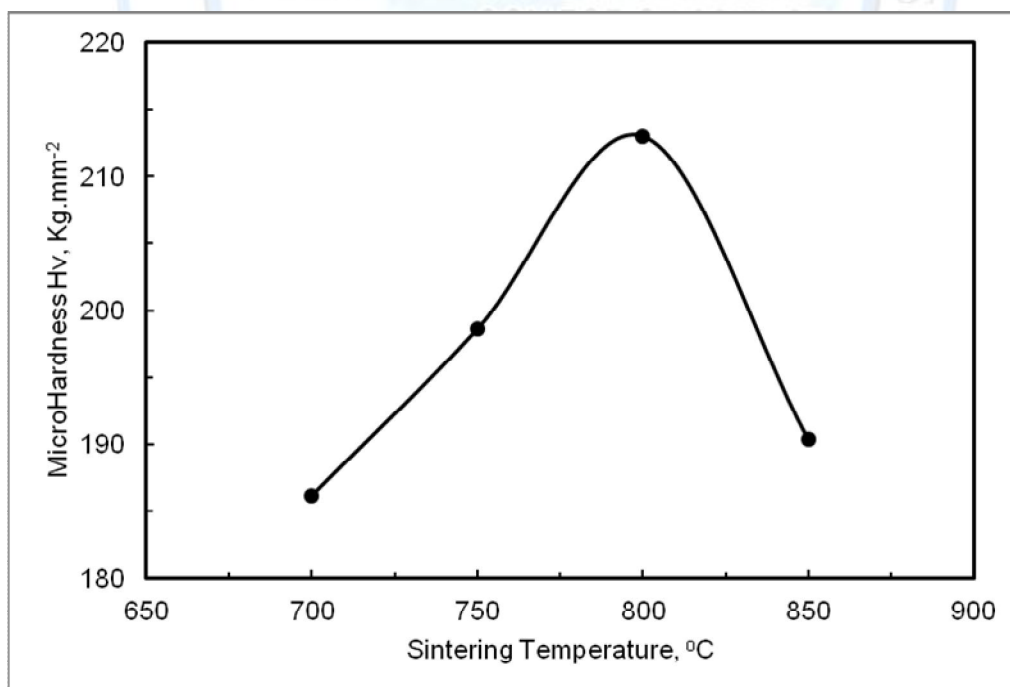
ان الزيادة في كثافة النماذج يمكن تفسيرها اعتمادا على مفاهيم التلبيد الاساسية فعند رفع درجة الحرارة تزداد القوى الدافعة لنقل الكتلة من الدقائق الزجاجية وحركتها باتجاه تكوين مناطق ارتباط بينها وبذلك تلتحم الدقائق مع بعضها ويزداد انكماش النماذج بشكل كبير. يرافق هذه العملية انخفاض بكمية المسامات في العينات وقد تم تأكيد ذلك من خلال قياسات المسامية الموضحة بالشكل (٢) اذ يلاحظ حصول انخفاض كبير بقيمة المسامية مع رفع درجة حرارة التلبيد الا ان الشكل يؤكد حصول زياده عند رفع درجة الحرارة الى 800°C وهو مايفسر الانخفاض بقيمة الكثافة المبينة في الشكل السابق.

دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية، وسام فاضل عباس



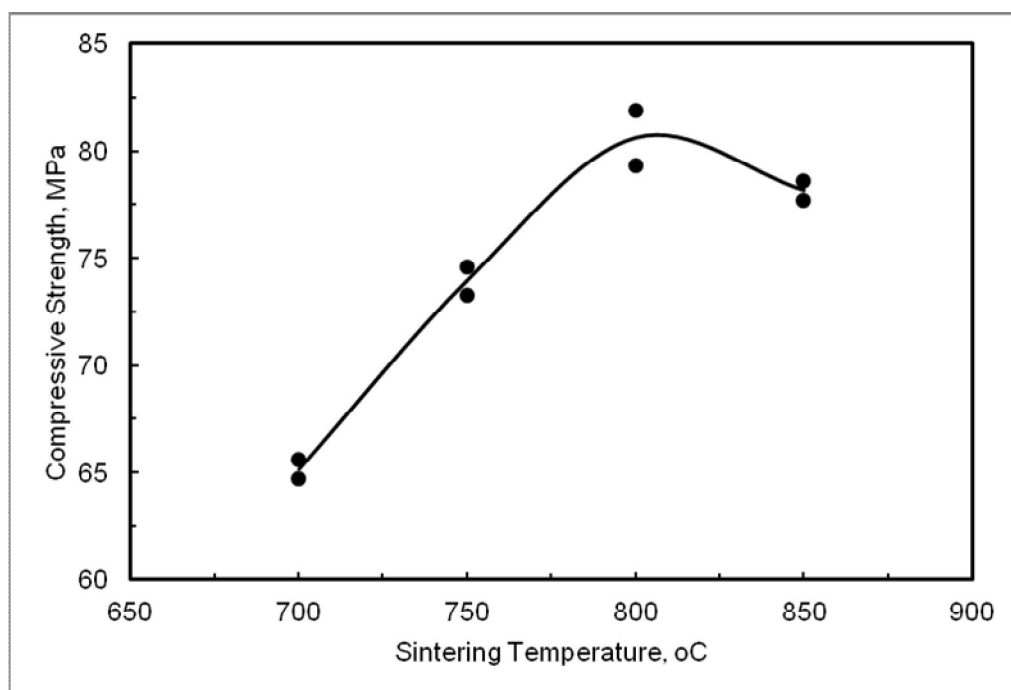
شكل (٢): تغير مسامية النماذج مع درجة حرارة التلبيد.

تظهر قياسات الصلادة المجهرية بطريقة فيكرز سلوكية مشابهة لسلوكية الكثافة والمسامية الا ان الانخفاض الحاصل بقيمة الصلادة عند درجة حرارة تبلبيد 850°C كبير لدرجة تقل فيها عن القيمة عند درجة الحرارة الاقل 700°C وكما موضح في الشكل (٣).



دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية، وسام فاضل عباس
شكل (٣): تغير الصلادة المجهرية للنماذج مع درجة حرارة التلييد.

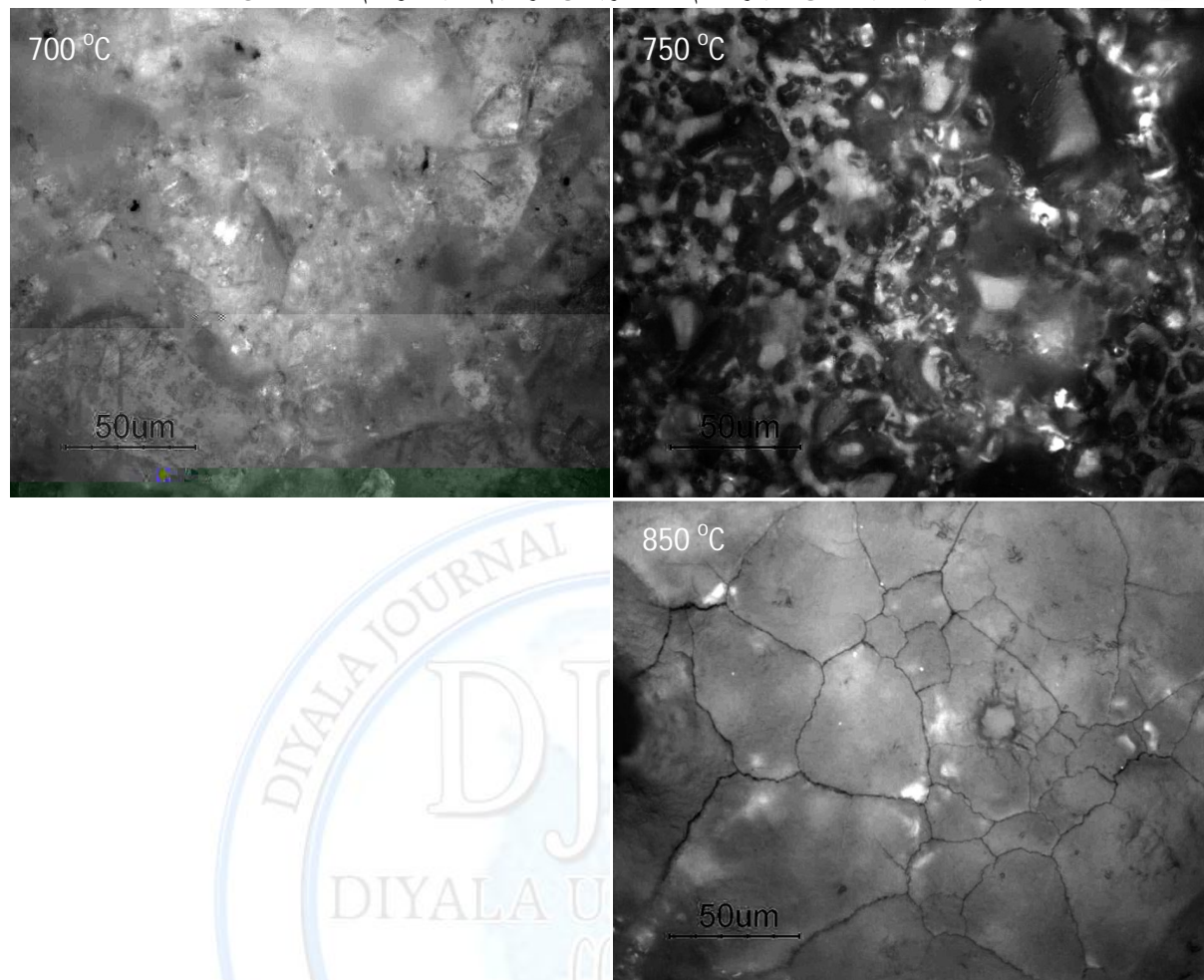
الشكل (٤) يبين قيم مقاومة الانضغاط للنماذج وعلاقتها بدرجة حرارة التلييد، اذ يلاحظ وجود سلوك خطي يربط بين المتغيرين حتى الوصول الى درجة حرارة تلييد 800°C بعدها يحصل انحراف عن السلوك الخطي وهبوط بقيمة المقاومة.



شكل (٤): تغير مقاومة الانضغاط للنماذج مع درجة حرارة التلييد.

ان الانخفاض الكبير بالخواص الميكانيكية للنماذج بعد درجة حرارة تلييد تزيد عن 800°C لا يمكن تفسيره بدون دراسة البنية الدقيقة للنماذج، وقد استطاعت تحليلات المجهر البصري العاكس اعطائنا تفسيرات وافية لتطور البنية الدقيقة للنماذج مع زيادة درجة حرارة التلييد، فالشكل (٥) الذي يتضمن صور التركيب المجهرية للنماذج يؤكد انه عند درجات الحرارة المنخفضة يحصل تلاحم ضعيف بين الدقائق الزجاجية بحيث يبقى معظمها محافظا على نهايتها الحادة، ومع زيادة درجة الحرارة يزداد التلاحم بين الدقائق وتختفي اشكال الدقائق الزجاجية وتقل المسامية بشكل مستمر مع ارتفاع حرارة التلييد (٩). أما عند درجة حرارة 850°C فان المسامية تنخفض بشكل كبير ولكن تحدث تشققات متعددة في النماذج وقد يكون ذلك بسبب حصول صدمة حرارية للنماذج، ان هذه التشققات تفسر الانهيار الحاد في الخصائص الميكانيكية للنماذج.

دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن ، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية ، وسام فاضل عباس



شكل (٥): صور المجهر البصري العاكس للنماذج المحضرة.



دراسة بعض الخصائص التركيبية والميكانيكية للزجاج المحضر بتقنية المساحيق
إسماعيل خليل حسن ، حيدر باسم محمد، رياض ابراهيم عطية ، وسام فاضل عباس

المصادر

- ١- خواص المواد الهندسية د. صالح أمين كرجي ، د. وليد محمد صالح ، د. طالب حسين الشريفي
- 2- L.C.Forde,W.G.Proud,S.M.Walley “Ballistic Impact Studies of a Borosilicate Glass” Fracture and Shock Physics ,version 1-2 Feb.2012
- 3- Jong-Hyun Kim,Sung-Wook Kwon,Hyun-Tae Kin,Dong-Hyok Yoon “Modification of an Alumina-Borosilicate Glass System Using Ceramic Additives for LTCC Application” Ceramics-Silikaty 52(3) 139-147(2008).
- 4- Jiann-Yang Hwang,Xiaodi Huang, Adele Garkida, and Allison Hein “Waste Colored Glasses as Sintering Aid in Ceramic Tiles Production” Journal of Minerals & Characterization & Engineering.Vol.5,No2,pp.119-129,2006.
- 5- <http://www.glassviewnews.com/manuals/details.php?id=80> “Glass View News -Glass Manual – Glass Ceramic.
- 6- C.Fredericci,E.D.Zanatto,E.C.Zenath ”Crystallization mechanism and properties of blast furnace slag glass” Journal of Non-Crystalline Solids 273(2000)64-75
- 7- E.Bernardo,R.Castellan..“Sintered sanidine glass-ceramics from industrial wastes” European Ceramic Soc.26(2006) p.3335-3341.
- 8-ASTM.C373-88 “Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density ,Apparent Porosity ,and Apparent Specific Gravity of Fired White Ware Products”1988.
- I. 9- M.Arnold,A.R.Boccaccini,and G.Odracek “Theoretical and experimental consideration on the thermal shock resistance of sintered glass and ceramics using modeled microstructure property correlation. Journal of Materials Science, 1996 Vol.31,Number 6, pp.1643-1646.