

دراسة نظرية لايجاد الاجهاد والانفعال الحراري المتولد في زجاجيات السليكا باستخدام أشعة الليزر

غسان سالم عبد الله
منى مهدي صالح

مؤيد عزيز حسن
هيفاء علوان عبود

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٣/٨/١٠

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة نظرية لايجاد الاجهاد والانفعال الحراري في الزجاج نتيجة تعرضها الى نبضات من اشعة ليزر ، فقد تمت الدراسة باستخدام المركبات الثلاثة الرئيسية على اساس نظام المحاور الاسطوانية (r, 0, z). حيث اخذت ثلاث نماذج من زجاج السليكا هي [(Bk-7) وزجاج صودا لايم (Soda-lime) وزجاج (Fused Silica)]، وسلط عليها نوعان من اشعة ليزر (DF, CO₂). حيث اظهرت الدراسة بأن الاجهادات والانفعالات الحرارية للنماذج الزجاجية قيد البحث تكون كبيرة فسي حالة زجاج (Bk-7) وبقيم قليلة جدا عند زجاج (Fused Silica) نتيجة التسخين بالليزر (CO₂). مع ملاحظة ظهور قيم عالية للاجهادات عند المركبة (σ_{zz}) عند ليزر (DF) وقد تجاوزت مقدار ما تتحمله العينة الزجاجية حيث يؤدي الى حدوث تصدعات في العينة الزجاجية. وقد اظهرت النتائج توافقا جيدا مع النتائج المنشورة والمعتمدة عالميا..

المقدمة

حيث تتمتع المواد التي يكون تصدعها هشاً، مثل الزجاج بتوصيلية حرارية قليلة لذا فان الاجهادات الحرارية [التي تعرف بانها مقدار القوة المسلطة على وحدة المساحة في مادة ما وبنوعين داخلي وخارجي ويحدث بسبب الفرق في درجات الحرارة الناجمة من تعرض المادة الى مصادر حرارية بتوزيع معين وتناثر قيمة ونوع الاجهاد بعده عوامل منها قيمة ونوع القوة المسلطة واتجاهها وعددها وقيمة واتجاه مركز درجة الحرارة فضلا عن الفترات الزمنية التي تتعرض فيها المادة [٢]. حيث تظهر بقيم كبيرة في حجم صغير جدا من المادة. كما ان سرعة انتشار الاجهادات في عمق المادة مرتبطة بسرعة انتقال الحرارة. وبما ان قيم التوصيلية الحرارية للزجاج تكون صغيرة لذا فان الاجهادات الحرارية تظهر بقيم كبيرة في حجم صغير جدا

لقد تزايدت استخدامات الليزر بشكل سريع في الآونة الاخيرة وخاصة معاملته مع المواد الاخرى وبزيادة استعمالها. اصبح من الضروري دراسة ومعرفة الكثير عن تأثيراته على الخواص الفيزيائية والميكانيكية والتركيبية لتلك المواد. وفي مجال بحثنا هذا يتم دراسة الاجهادات الحرارية الناجمة عن التأثيرات الحرارية في الزجاج بسبب تعرضها الى نبضة لاشعة ليزر فعند تعرض المواد الهشة (كالزجاج) والخزف وغيرها تظهر داخل العينة اجهادات حرارية مرنة بسبب تدرج درجات الحرارة وتناثر قيمة هذه الاجهادات مع فرق درجة الحرارة ومعامل التمدد الحراري للزجاج وكذلك العوامل التي تؤدي الى زيادة قيمة هذه الاجهادات فاذا فاقت هذه الاجهادات حد المتانة للمادة يلاحظ تصدع المادة [١].

* أستاذ مساعد-الكلية الهندسية العسكرية-الجامعة التكنولوجية
** دكتوراه-أستاذ مساعد-قسم الفيزياء-كلية العلوم للبنات-جامعة بغداد
*** دكتوراه-مدرس-قسم الفيزياء-كلية العلوم للبنات-جامعة بغداد
**** ماجستير-مدرس مساعد-قسم الفيزياء-كلية العلوم للبنات-جامعة بغداد

كذلك يمكن حساب الانفعال المتولد في المادة تحت الشروط السابقة نفسها كما في المعادلة التالية [4]:

$$\sigma_{\max} = (1 + \nu) \bar{\alpha} T_{\max} \dots (3)$$

حيث ν : نسبة بوزان في الحسابات السابقة تم فرض كل من

E , $\bar{\alpha}$, k , R_0 ثابتة ولا تعتمد على درجة الحرارة.

وعندما تحقق كل من w, z, r الشروط التالية

$$Z \geq w, r \geq w, W = \alpha w \rightarrow \infty$$

فان المعادلات المستخدمة لحساب قيم الاجهادات والانفعالات الكلية تعطي بالصيغ الآتية [4]:

$$\sigma_{rr} = \frac{w}{r^2} (\sqrt{r^2 + z^2} - z) \frac{2\sigma_{\max}}{\sqrt{\pi}} \dots (4)$$

σ_{rr} : هي اجهادات الشد

حيث ان r : هي نصف القطر.

z : عمق الامتصاص.

$$\sigma_{\theta\theta} =$$

$$\frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}} \frac{w}{r^2} (\sqrt{r^2 + z^2} - z) \frac{2\sigma_{\max}}{\sqrt{\pi}} \dots (5)$$

$\sigma_{\theta\theta}$: اجهادات محيطية

$$\sigma_{zz} = \frac{-3}{1-\nu} \frac{wz^2}{\alpha^2}$$

$$\left(\frac{3}{(r^2 + z^2)^{5/2}} - \frac{5z^2}{(r^2 + z^2)^{7/2}} \right) \frac{2\sigma_{\max}}{\sqrt{\pi}} \dots (6)$$

σ_{zz} : اجهادات الضغط.

ϵ_{\max} : اعظم انفعال حراري.

ϵ_{rr} : انفعالات الشد.

$$\epsilon_{rr} = \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}} \frac{w}{r^2}$$

$$(\sqrt{r^2 + z^2} - z) \frac{\epsilon_{\max}}{\sqrt{\pi}} \dots (7)$$

$\epsilon_{\theta\theta}$: انفعالات المحيطية

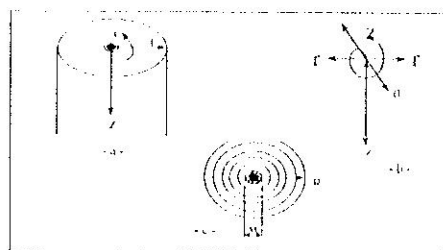
$$\epsilon_{\theta\theta} = \frac{w}{r^2} (\sqrt{r^2 + z^2} - z) \frac{\epsilon_{\max}}{\sqrt{\pi}} \dots (8)$$

ϵ_{zz} : انفعالات الضغط.

$$\epsilon_{zz} = \frac{w}{\sqrt{r^2 + z^2}} \frac{\epsilon_{\max}}{\sqrt{\pi}} \dots (9)$$

من المادة مقارنة مع سرعة تحركات شعاع الليزر على سطح العينة وهذا يؤدي في نهاية المطاف الى تأخر حدوث تصدع العينة بالسبب لمسار الشعاع الليزري [1].

فعند سقوط شعاع الليزر بشدة وادلثة على سطح الزجاج فان اجهادا حراريا سوف يتولد حيث يعمل هذا الاجهاد على تكوين شقوق على سطح الزجاج ويمكن حساب قيمة الاجهاد المتولد من نظرية الاجهاد المرن (Elastic Stress Theory) اما في حالة الشدات الليزرية العالية فان درجة حرارة السطح ترتفع بصورة تكفي لظهور حلاتي الاجهاد (Stress) والاسترخاء (Relaxation) خلال فترة التشعيع. ان الطبقة المشععة بالليزر تبرد بعد فترة من انتهاء التشعيع وتتولد اجهادات شد (Tensile Stress) . على سطح ويعتمد مقدار اجهاد الشد المتولد بشدة على كل من معامل امتصاص الزجاج والطول الموجي لليزر الساقط وفترة التشعيع [3]. ان اعظم اجهاد حراري (σ_{\max}) في المادة يظهر عندما تكون ($Z=0$, $R=0$, $W \rightarrow \infty$) حيث Z تمثل عمق الامتصاص، نصف القطر، R : عرض الحزمة والذي يمكن حساب قيمته على السطح من المعادلة التالية كما في الشكل (١) [4].



الشكل (١) يوضح الابعاد الاسطوانية (r, θ, z)

$$\sigma_{\max} = \frac{E \bar{\alpha}}{2} T_{\max} \dots (1)$$

حيث ان E : هي معامل يونك

$\bar{\alpha}$: معامل التمدد الحراري.

T_{\max} : درجة الحرارة العظمى

$$\sigma_{\max} = \frac{P_0(1 - R_0)}{2\sqrt{\pi}kw} \dots (2)$$

حيث ان P_0 : هي القدرة الساقطة.

R_0 : هي الانعكاسية

k : هي التوصيلية الحرارية.

w : هي عرض الحزمة.