



ISSN: 1608-9391
e-ISSN: 2664-2786

Received:11/6/2020
Accepted:2/9/2020

اختبار فاعلية المؤثر الفيزيائي الحراري في معالجة النفايات البلاستيكية المصنعة من مادة البولي ستايرين

علي محمد احمد* احمد نوري محمود** رشيد محمود يوسف***

قسم علوم البيئة /كلية علوم البيئة وتقاناتها / جامعة الموصل

*E-mail: alimhamd1990.1@gmail.com

**E-mail: ahmednoori@uomsul.edu.iq

***E-mail: dr.rasheed@uomsul.edu.iq

الملخص

مجموعتان من النفايات البلاستيكية المصنعة من مادة البولي ستايرين (PS) تم استخدامهما لتصنيع نماذج، المجموعة الاولى من مادة البولي ستايرين (PS) غير الخاضع لعملية اعادة تدوير اما المجموعة الثانية صنعت من مادة البولي ستايرين (PS) والتي خضعت لعملية اعادة تدوير باستخدام طريقة السلفنه وبنسبة (19.3%). سميت المجموعة الاولى بمجموعة البولي ستايرين المشبع اما الثانية فقد سميت بالبولي ستايرين غير المشبع، خضعت النماذج المصنعة لفحوصات الصلادة السطحية وفحوصات متانة الانحناء قبل وبعد تعريضها الى مؤثر فيزيائي حراري وبدرجات حرارية ($T = 60, 80 \text{ and } 100 \text{ C}^0$). ولقد بينت النتائج ان لا قدرة للبولى ستايرين للحفاظ على صلادته السطحية في حال تعرضه لمؤثر فيزيائي حراري. وان مقدار التناقص في قيمة الصلادة السطحية يأخذ الشكل الاسي بدلا من الشكل الخطي ليصل الى حد تثبت فيه قيمة الصلادة السطحية مع زيادة الفترة الزمنية للتعرض للمؤثر الفيزيائي الحراري. كما ان مقدار التناقص في الصلادة السطحية لمادة البولي ستايرين يعتمد على طبيعة المؤثر الفيزيائي الحراري، حتى إذا كان التغير في قيمة المؤثر قليلاً نسبياً. وان هناك فترة زمنية حرجة تصل فيها مقاومة الانحناء لمادة البولي ستايرين الى القيمة العظمى، حيث تتناقص بعدها قدرة المادة على مقاومة الانحناء مع زيادة الفترة الزمنية للتعرض للمؤثر الفيزيائي الحراري. كما ان حالة التوازن بين المؤثرات المصاحبة لعملية الانحناء (الشد، الانضغاط، القص) تتهار بعد التعرض الى المؤثر الفيزيائي الحراري خلال فترة زمنية حرجة. بسبب فقدان خاصية الاستمرارية في بدن مادة البولي ستايرين، واخيرا تفقد المادة قدرتها على مقاومة الانحناء، وان هذه الصفة تعتمد على نوعية مادة البولي ستايرين.

الكلمات الدالة: النفايات البلاستيكية، الخواص الميكانيكية، المعاملة الحرارية.

المقدمة

منذ دخول المواد البلاستيكية في صناعة الأدوات المنزلية التي تستعمل في المطابخ، حصلت نقله نوعية في اسعار هذه الأدوات، حيث انخفض سعر هذه الأدوات الى حدود (90 %) من قيمتها التي كانت عليها قبل ان تصنع من المواد البلاستيكية، فضلا عن توفر اعداد لا تحصى من اشكال هذه الأدوات والوانها والنقوش التجميلية التي يمكن ان تزين هذه الأدوات، كون ان تصنيع هذه الأدوات من مواد بلاستيكية يعطي مساحة وحرية كبيرة للمصنع في اختيار الاشكال والهيئات والالوان والإضافات التي يمكن ان تجمل هذه الأدوات واخراجها بصورة رائعة جدا.

لم تكتفِ المواد البلاستيكية بهذا الحيز من التغيير، انما دخلت بشكل جديد واسع وبصورة جديدة وهي الاستعمال في مجال الأدوات والاوني المنزلية متمثلة بقدرتها على ان تأخذ مهام أدوات الطعام مثل الاقداح والاطباق ومعالق الطعام والشوكات والسكاكين والى ما ذلك من ادوات، وان هذه الأدوات تستعمل لمرة واحدة. فولدت ثقافة وسلوكية جديدة لدى الناس في التعامل مع هذه المتطلبات والاحتياجات اليومية، بحيث أصبح استخدام هذه الأدوات ذوات الاستعمال الواحد شائعا لدى معظم افراد المجتمع وبشكل واسع جدا.

على الرغم من ان السلوكية الحياتية الجديدة التي خلقتها المواد البلاستيكية في ثقافات وعادات المجتمعات تعد سلوكية ايجابية من نواحي كثيرة، الا انها خلقت مشكلة كبيرة وتراكمية مع مرور الأيام، هذه المشكلة تمثلت بكون هذه المواد بعد استعمالها بالطريقة التي صممت على أساسها، فأنها سوف تولد مئات الاطنان من المواد البلاستيكية بصفة نفايات، وان هذه النفايات البلاستيكية تترادف وبشكل كبير جدا مع مرور الايام لتصل الى مرحلة تصيح فيها معضلة قد يصعب، اذ ما كانت من المستحيل أصلا، حلها بشكل علمي سليم من دون احداث اضرار جانبية بليغة على البيئة بشكل عام وعلى صحة الفرد بشكل خاص. (Worm et al., 2017)

جملة من الاساليب والطرق التي تم استحداثها من اجل معالجة هذه المعضلة، ومن اهم هذه الطرق هي:

(Wilson et al., 2012)

1- طريقة الحرق.

2- طريقة اعادة التدوير .

3- طرق اعادة البلمرة.

4- استعمال طريقة تغير خواص هذه المواد لجعلها قابله للتحلل الذاتي.

ان استعمال طريقة حرق المواد البلاستيكية هي طريقة فعالة وعديمة الكلفة تقريبا في مجال معالجة المواد البلاستيكية، الا انها طريقة ذات اثر سلبي بالغ على البيئة وصحة الفرد، حيث ان حرق مثل هذه المواد يؤدي الى توليد نواتج بالغة الخطورة قد توصل معدلات التلوث الى ارقام خطيرة تؤدي وبشكل فعال على احداث ضرر في البيئة والفرد يصل الى مستوى الضرر القاتل، حتى لو تمت عملية الحرق في محارق مخصصة لهذا الغرض او تم استعمال الطاقة الناتجة من عملية الحرق هذه في تطبيق اخر، كون ان المواد الناتجة من هذه العملية لا يمكن تجاوزها، وبالتالي تكون هذه العملية بمثابة من حل مشكلة بتوليد مشكلة اكبر منها. اما عملية اعادة التدوير فتعد بمثابة حل مؤقت، حيث ان المادة البلاستيكية التي تم اعادة تدويرها سوف تعود بعد فترة لتأخذ صفة نفايات بلاستيكية، وبالنتيجة نكون كمن لم يفعل شيئا. اما اعادة بلمرة هذه المواد والمسمى علميا بـ (Repolymerization)، فأنها من الناحية الاقتصادية تعد غير مجدية، حيث ان معظم المواد البوليمرية تمتاز بان اعادة بلمرتها تكون أصعب وعلى كلفة بكثير من حالة بلمرتها لأول مرة. (Agarwal et al., 2014)

لم يتبقى لدينا سوى طريقة تغير خواص هذه المواد وجعلها مواد ذات خواص تكسبها صفة التحلل الذاتي، أي جعلها مواد ذات قابلية التحلل واعادة اساس مكوناتها الى الطبيعة والتي هي اصلا قادمة منها. ان هذه الصفة غير موجود في معظم المواد البلاستيكية المصنعة، وهي تقريبا اساس مشكلة هذه المواد، فضلا عن ان هذه المواد تمتاز بان لها صفة الخمول، فهي قليلة

التفاعل مع المحيط الطبيعي الذي تتواجد فيه، لذلك نجد انها تبقى فترات طويلة جدا من دون ان يحدث المحيط تغير فعال فيها. ان من اهم الطرق التي تجرى عليها دراسات لغرض معرفة مدى فعاليتها وقدرتها على استحداث صفة التحلل الذاتي في المواد البلاستيكية هي استخدام المؤثرات الفيزيائية ومن ضمنها المؤثرات الحرارية، حيث وجد ان بعض المواد البلاستيكية عند تعرضها الى المؤثر الحرارة تفقد خاصية الخمول في التفاعل مع المحيط الطبيعي المتواجدة فيه ومن اهم العوامل التي تزداد قابلية تفاعل هذه المواد البلاستيكية معه هي العوامل الجوية، لذلك قد تكون هذه الطريقة هي احدى الطرق الفعالة في معالجة هذه المواد كون ان اوصول المادة الى الحالة التي تستطيع فيها الظروف الجوية التأثير عليها وتحليلها هي من المؤكد الحل الذي نصبو اليه. (Chang et al., 2019)

الجانب العملي

المواد المستخدمة

تم جمع مجموعتين من المواد البلاستيكية المتداولة في الاسواق المحلية، المجموعة الاولى تستخدم بوصفها كوب او شوكة او ملعقة ذات الاستعمال الواحد وتصنع من مادة البولي ستايرين (Ps) غير الخاضع لعملية اعادة تدوير وتكون هذه المواد شفافة للضوء، اما المجموعة الثانية فتضمنت مجموعة من الاواني البلاستيكية (اطباق وصحون وكاسات) والمصنعة من مادة البولي ستايرين (Ps) والتي خضعت لعملية اعادة تدوير باستخدام طريقة السلفنة و بنسبة (19.3%) وذلك عن طريق معاملتها بثنائي كلوريد الميثان مع بعض الاضافات اللونية لغرض تقليل اكير قدر ممكن من تأثير عملية التدوير على صفات المادة الاساسية والتي يمكن اختصارها بأضعاف كفاءة كثير من الخواص الفيزيائية للمادة بشكل عام والخواص الميكانيكية بشكل خاص. سميت المجموعة الاولى بمجموعة البولي ستايرين المشبع اما الثانية فقد سميت بالبولي ستايرين غير المشبع، ذلك لان عملية اعادة التدوير باستخدام طريقة السلفنة تؤدي وبشكل جزئي الى احداث نوع من التغير في الهندسة الفراغية لترتيب السلاسل البوليمرية.

صنعت قوالب الصب باستعمال الواح من الالمنيوم بسمك (1 mm)، وبنموذج القالب المغلق والقالب المفتوح واللذان يستعملان في المراحل المختلفة لعملية تصنيع النماذج. وبأبعاد (60 x 10 x 5) mm.

استعملت مادة الكلوروفورم لإذابة البولي ستايرين وبمراحل مختلفة وبنسب حجمية مقدارها (5% & 10%) من النسبة الكلية للمادة المذابة، كما استعملت طريقة التلدين اليدوي لضمان تجانس النموذج وخلوه من العيوب التصنيعية، تم معاملة النماذج سطحيا بعد عملية الصب والتجفيف لضمان ضبط الأبعاد باستعمال أوراق تتعيم من نوع كاربونات السيلكون وبالأحجام الحبيبية { # (400,1000,2000) } على التوالي.



الشكل 1: يمثل صورة لنموذج البولي ستايرين المصنع قبل المعاملات السطحية

تم تحديد الصلادة السطحية للنماذج المصنعة باستخدام جهاز قياس الصلادة بواسطة الصدمة، والجهاز المستخدم من نوع (N.S.S.) ياباني المنشأ. حيث يقوم هذا الجهاز بقياس الصلادة السطحية عن طريق أحداث صدمة على سطح النموذج، من خلال هذه الصدمة يمكن للجهاز تحديد قيمة الصلادة السطحية مباشرة وإظهار مقدار هذه القيمة على المقياس الموجود أعلى الجهاز إذ أن هذا المقياس يحتوي على مؤشر يحدد قيمة الصلادة مباشرة. الشكل (2) يمثل صورة لجهاز قياس قيمة الصلادة السطحية بنظام الشور.



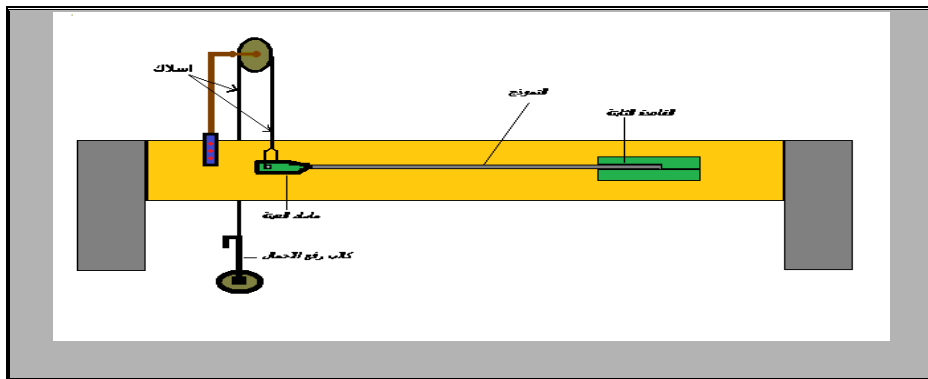
الشكل 2: يمثل صورة لجهاز قياس قيمة الصلادة السطحية

لتحديد مدى مقاوميه النماذج المصنعة للأحمال الساكنة المسلطة عليها، متانة الانحناء، تم الاستعانة بجزء من جهاز فحص الكلال من نوع (HsM20). بواسطة هذا الجهاز يمكن تحديد مقدار زاوية الانحراف (D.A.) التي يصنعها النموذج عن الوضع الأفقي في حال تسليط حمل ثابت ساكن، حيث أن مقدار هذه الزاوية يمثل مقياساً معين لقدرة المادة على مقاومة الحمل المسلط عليها سكونياً (متانة الانحناء). ثم يتم حساب قيمة الاجهاد المسبب للكسر باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{Max. bending stress } (\sigma) = \frac{PL}{Z} = \frac{6 PL}{bt^2} = 1.2 P$$

حيث أن:

P : الحمل المسلط بالنيوتن (N) / L: الطول الفعال للنموذج (طول النموذج المحصور بين نهاية القاعدة الثابتة وبداية القاعدة الحرة) = 50mm / B : عرض النموذج = 10mm / t : سمك النموذج = 5mm .
الشكل (3) يوضح ترتيب مواقع الأجهزة والنموذج في فحص مقاوميه النماذج المصنعة للأحمال الساكنة المسلطة عليها (فحص متانة الانحناء).



الشكل 3: مخطط لجهاز فحص مقاومة الانحناء للأحمال الساكنة للنماذج المصنعة

فحصت النماذج مجهريا باستعمال المجهر الضوئي النافذ بقوة تكبير (400) مرة، وهي قوة التكبير الملائمة لأوضح صورة شمولية للنماذج. تم تصوير النماذج باستخدام الكاميرا الرقمية لهاتف نقال من نوع (HUAWEI) والتي تصل قدرة الفصل فيها إلى (16 M Pixel). استعمل الفرن الحراري من نوع (BINDER) ألماني المنشأ والذي تصل درجة حرارته الى (300 C⁰) ولمدة (72) ساعة متواصلة لغرض تطبيق المؤثر الفيزياء الحراري (المعاملة الحرارية) على النماذج المصنعة، الشكل (4) يمثل صورة للفرن المستخدم في تطبيق المؤثر الفيزيائي الحراري على النماذج المصنعة.



الشكل 4: يمثل صورة الفرن الحراري المستخدم في تطبيق المؤثر الفيزيائي الحراري على النماذج المصنعة

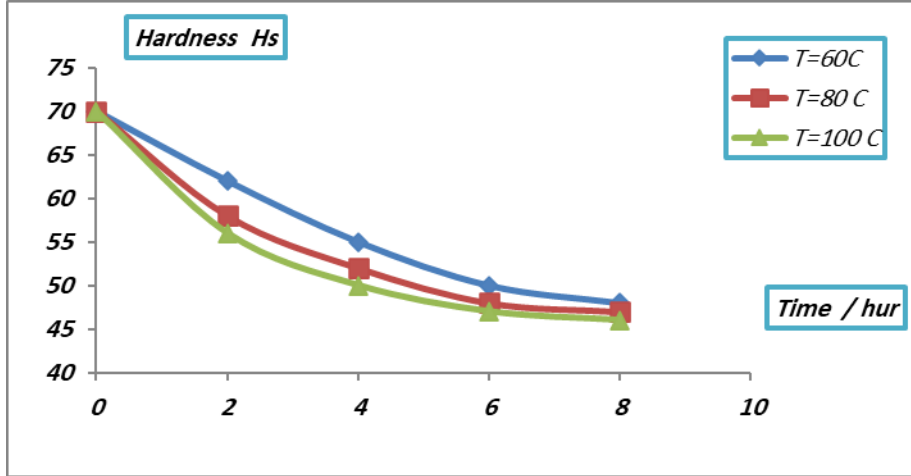
النتائج و المناقشة

خضعت النماذج المصنعة الى مجموعة من الفحوصات الميكانيكية بعد معاملتها حراريا بالمؤثر الفيزيائي الحراري وعند درجات حرارية مختلفة. هذه الفحوصات تتمثل بفحوصات الصلادة السطحية (Surface Hardness) وفحوصات متانة الانحناء (flexural strength)، كما ان النماذج المصنعة خضعت ايضا الى مجموعة من الفحوصات المجهرية قبل واثناء وبعد اجراء الفحوصات لغرض التوصل الى صورة اوضح يمكن من خلالها الوصول الى ادق حالة لتفسير النتائج التي تم الحصول عليها.

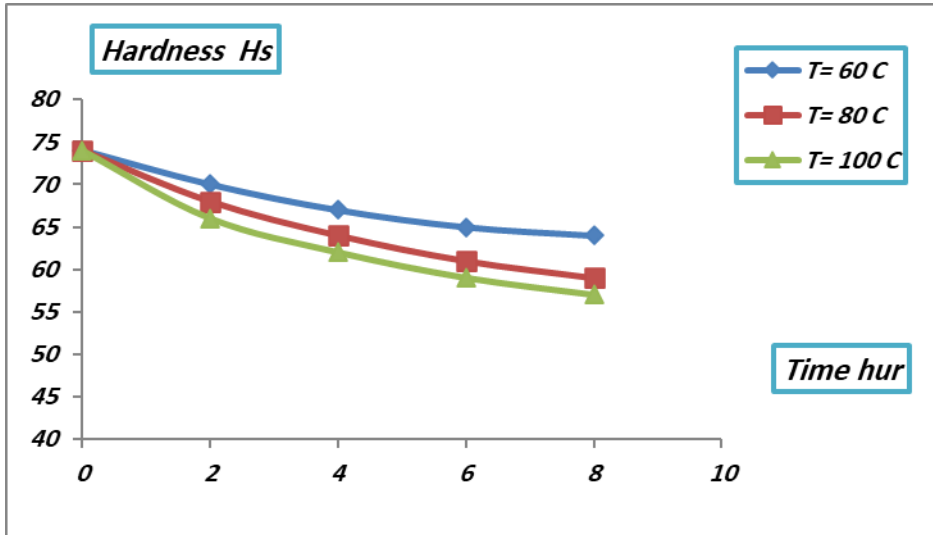
(Surface Hardness Test)

فحوصات الصلادة السطحية

الشكلان (5) و(6) يمثلان مقدار التغير الحاصل في قيمة الصلادة السطحية لنموذج البولي ستايرين غير المشبع ونموذج البولي ستايرين المشبع على التوالي ولدرجات حرارية مختلفة من المعاملة ولفترات زمنية مختلفة من المعاملة.



الشكل 5: الصلادة السطحية للبولي ستايرين غير المشبع بوصفه دالة لزمن المعاملة الحرارية

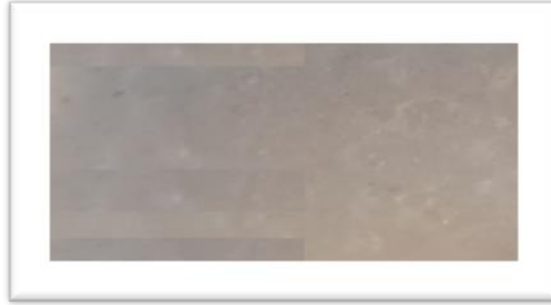


الشكل 6: الصلادة السطحية للبولي ستايرين المشبع بوصفه دالة لزمن المعاملة الحرارية

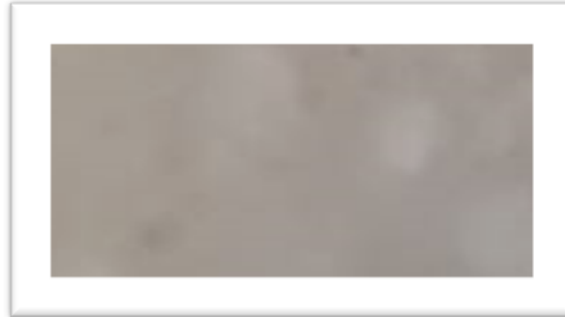
حيث يلاحظ من الشكلين ان قيمة الصلادة السطحية لكلا النموذجين تتناقص مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة الحرارية وان هذا التناقص يكون أقرب الى الشكل الاسي من الشكل الخطي. حيث يلاحظ ان مقدار التناقص عند اول ساعتين من المعاملة يكون وبشكل عام أكبر من التناقص الحاصل في قيمة الصلادة مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة. وان قيمة الصلادة السطحية لكلا النموذجين تصل الى قيمة معينة يصبح فيها مقدار التناقص قليلا نسبيا مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة، تثبت فيها قيمة الصلادة تقريبا مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة. كما ويلاحظ من الشكل ان مقدار التغير في قيمة الصلادة السطحية يكون اكبر عند المعاملة بدرجة حرارة (80 C⁰) منه عن المعاملة بدرجة حرارة (60 C⁰) ولنفس الفترة الزمنية وان مقدار التغير في قيمة الصلادة عند درجة حرارة (100 C⁰) يكون اكبر من الحالتين السابقتين ولنفس الفترة الزمنية من المعاملة. كما يلاحظ من الشكلين ان التغير الاجمالي في قيمة الصلادة في حالة البولوي ستايرين غير المشبع تكون أكبر من تغير الصلادة الاجمالي في حالة البولوي ستايرين المشبع حيث يلاحظ ان في حالة المعاملة بدرجة حرارة (T=100C) فان مقدار التناقص يصل الى حدود (38.5%) في حالة البولوي ستايرين غير المشبع بينما تكون بحدود (22.6%) في حالة البولوي ستايرين المشبع.

ومن اجل فهم السلوكية التي اتبعها النموذج في تغير قيمة صلابته اثناء تعرضه للمؤثر الفيزيائي الحراري، فان علينا نذكر ان الصلادة السطحية للمواد هي في الاصل تمثل مقدار قدرة المادة على مقاومة احداث اثر على سطحه وان هذه الحالة

تكون عند افضل قيمة عندما يكون النموذج بعيدا عن المؤثر الفيزيائي الحراري حيث ان المواد اللدائنية وبسبب طبيعة التماسك والتلاصق والشد السطحي عندما تكون المادة في الطور السائل (اثناء عملية التصنيع) الناتجة عن لزوجة وكثافة هذه المواد سوف تؤدي الى تكون سطح منتظم التركيب خالٍ من العيوب التصنيعية مثل الثقوب او التشققات كما ان كثافة توزيع مادة البوليمر تكون متساوية على جميع مناطق السطح. وكما هو موضح في الشكلين (7) و(8) وللذان يمثلان الفحص المجهرى لسطحي نماذج البولي ستايرين المشبع وغير المشبع حيث يلاحظ انتظام السطح وخلوه من العيوب والثقوب والتشققات في هيئة السطح غير المعرض للمؤثر الفيزيائي الحراري (المعاملة الحرارية).



الشكل 7: الفحص المجهرى لسطح نموذج البولي ستايرين غير المشبع يوضح انتظام سطح النموذج وخلوه من العيوب والثقوب تقريبا. 400 X



الشكل 8: الفحص المجهرى لسطح نموذج البولي ستايرين المشبع يوضح انتظام السطح وخلوه من العيوب والثقوب تقريبا . 400 X

بينما يلاحظ من الشكلين (9) و (10) وللذان يمثلان الفحص المجهرى لسطحي النموذجين لمادة البولي ستايرين غير المشبعة والمشبعة على التوالي والمعرضتين الى المؤثر الفيزيائي المتمثل بالمعاملة الحرارية لمدة (2) ساعة وعند درجة حرارة مقدارها (80 C⁰)، حيث يلاحظ ان سطحي النموذجين بداء تظهر عليهما اثار الثقوب والتي تمثل احد العيوب التي تؤدي الى تقليل قدرة المادة على مقاومة احداث اثر فيه اي بالنتيجة تؤدي الى نقصان في قيمة الصلادة السطحية.



الشكل 9: الفحص المجهرى لسطح نموذج البولي ستايرين غير المشبع يوضح ظهور الثقوب على سطح النموذج بعد تعرضه للمؤثر الفيزيائي الحراري بدرجة (T= 80 C⁰) . 400 X



الشكل 10: الفحص المجهرى لسطح نموذج البولي ستايرين المشبع يوضح ظهور الثقوب على سطح النموذج بعد تعرضه للمؤثر الفيزيائي الحراري بدرجة (T= 80 C°) 400 X

كما ان السلوكية اللاخطية التي اعتمدها النماذج خلال تعرضها الى المؤثر الفيزيائي عند فترات التعرض المختلفة يمكن فهمها على اساس ان تكون الخلل في سطح النموذج خلال الفترات الاولى من المعاملة الحرارية سوف يكون كافيا لاحتواء تأثير المؤثر خلال الفترات الزمنية الاعلى، أي ان تأثير المؤثر الحراري في استحداث العيوب يكون في قيمه العظمى عند الساعات الاولى من المعاملة الحرارية ومن ثم يبدأ هذا التأثير بالتناقص كلما ازدادت الفترة الزمنية للمعاملة، حيث ان الثقوب والعيوب خلال الساعات الاولى من المعاملة سوف تكون كافية للسماح للنموذج بالمحافظة على قدر معين من الصلادة حتى وان زادت الفترة الزمنية للمعاملة ولهذا نجد ان مقدار التناقص في الصلادة السطحية عند الساعات الاولى من المعاملة يكون اكبر من التناقص في قيمة الصلادة على الساعات الاعلى من المعاملة وان مقدار قيمة الصلادة السطحية يمكن ان يصل الى قيمة يثبت عندها مع زيادة عدد ساعات المعاملة. (Hany and Fahad, 2019) ; (Abdul et al., 2019)

ان تأثر النماذج بالمؤثر الفيزيائي الحراري يختلف مع اختلاف قيمة المؤثر حيث لوحظ ان استجابة النموذج للمؤثر تختلف مع اختلاف طبيعة المؤثر، او بعبارة اخرى فان مقدار تأثر الصلادة السطحية للنموذج عندما تكون درجة حرارة المعاملة الفيزيائية عند قيمة (T = 100 C°) هي أكبر من قيمة تأثر الصلادة السطحية عندما تكون قيمة المؤثر الفيزيائي (T = 80 C°) والذي بدوره سوف يكون أكبر من قيمة تأثر الصلادة السطحية عندما تكون قيمة المؤثر الفيزيائي (T = 60 C°). ومن اجل تفسير هذه الحالة فان علينا العودة الى بعض المفاهيم الفيزيائية الحرارية للمواد البلاستيكية والمتمثلة بان هذه المواد تمتاز بان لها صفات حرارية رديئة بشكل عام وان سعتها الحرارية تكون قليلة نسبيا كما ان هذه المواد تمتاز وبشكل عام بقدره احتوائية حرارية قليلة لذلك فان تأثرها بالعامل الفيزيائي الحراري يكون واضحا وملموسا وان الفروقات في درجات الحرارة للمؤثرات الفيزيائية سوف تقود الى احداث تغير ملحوظ في السلوكية حتى عندما تكون هذه الفروقات ليست بالقيمة الكبيرة مع مراعاة ان هذه المواد تكون ذات قدرة محددة على احتواء المؤثر الفيزيائي الحراري، حيث ان هناك مدى من قيم المؤثرات يمكن لهذه المواد التعامل معها وان اعلى من هذا المدى يصبح فيه قيمة المؤثر كبيره جدا بحيث ان الضرر الحاصل في هذه المواد يكون كبيرا ولا يمكن التمييز بين قيم المؤثرات التي ادت الى هذا الضرر. (Giam et al., 2018)؛ (Zajac et al., 2018)

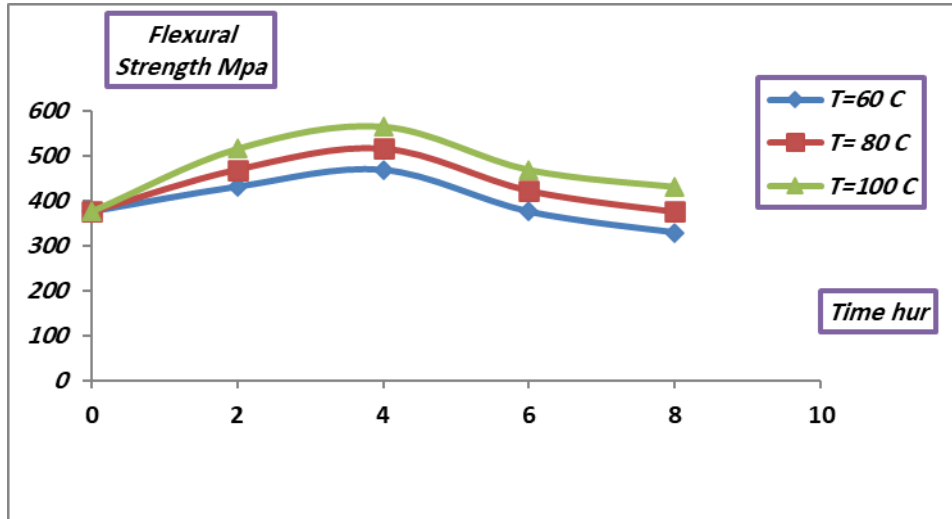
لذلك وبشكل عام نجد ان تعريض نماذج البولي ستايرين المشبع وغير المشبع للمؤثر الفيزيائي الحراري ولفترات زمنية معينة سوف يؤدي الى اضعاف قدرة النموذج على المحافظة قيمة معينة من الصلادة السطحية والتي بدورها سوف تؤدي الى اضعاف قدرة المادة على مقاومة احداث اثر فيها وبذلك يصبح سطح النموذج اقل قدرة على المحافظة على باقي اجزاء النموذج من التعرض او التعامل مع مؤثرات المحيط وعليه يصبح جزء اكبر من النموذج في حالة تعامل مباشر مع المحيط والذي

بدوره سوف يقود الى ان تأثير عوامل المحيط على النموذج سوف تكون اكبر مما لو لم يعرض النموذج الى المؤثر الفيزيائي الحراري.

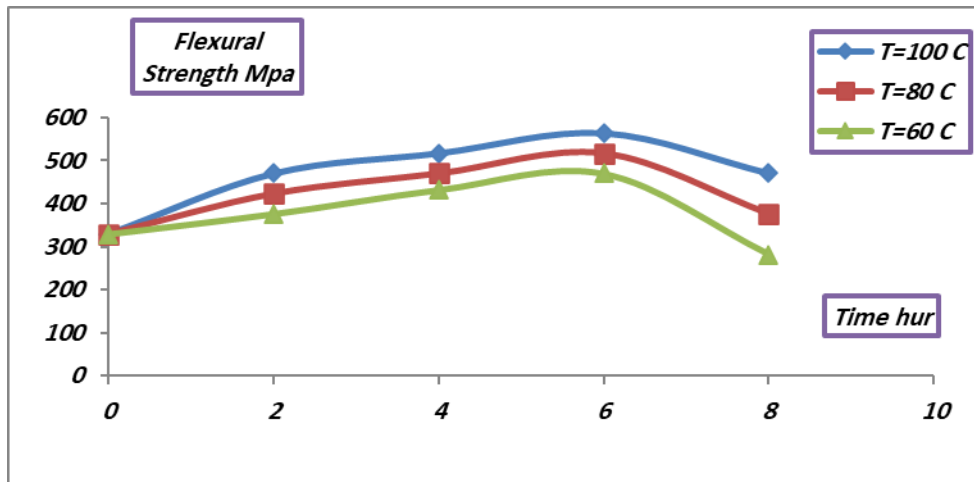
(flexural strength Test)

فحوصات متانة الانحناء

الشكلان (11) و (12) يمثلان متانة الانحناء لنماذج البولي ستايرين غير المشبع والمشبّع على التوالي بوصفهم دوال للفترة الزمنية لمعاملة النماذج بالمؤثر الفيزيائي الحراري ولدرجات حرارة مختلفة.



الشكل 11: متانة الأنحاء للبولي ستايرين غير المُشَبَّع بوصفه دالة لزمان المعاملة الحرارية



الشكل 12: متانة الأنحاء للبولي ستايرين المُشَبَّع بوصفه دالة لزمان المعاملة الحرارية

حيث يلاحظ أن الشكلين اعلاه يمثلان متانة الانحناء للنماذج تزداد مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة بالمؤثر الحراري لتصل الى القيمة العظمى بعد مرور (4) ساعات من المعاملة الحرارية في حالة نموذج البولي ستايرين غير المشبع بينما تحتاج النماذج في حالة البولي ستايرين المشبع (6) ساعات للوصول الى القيمة العظمى. ولجميع الدرجات الحرارية للمعاملة وان كلا النموذجين يعاودان التناقص بعد بلوغ القيمة العظمى مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة، كما بينت النتائج ان مقدار التغير في قيمة مقاومة الانحناء لكلا النموذجين يعتمد على طبيعة المؤثر الفيزيائي الحراري حيث بينت النتائج ان المؤثر الحراري بدرجة حرارة

($T=100^{\circ}\text{C}$) يكون أكثر فعالية في احداث فروقات تغير في قيمة مقاومة الانحناء بينما كان المؤثر الحراري بدرجة حرارة ($T=60^{\circ}\text{C}$) هو الاقل في اظهار قيمة التأثير.

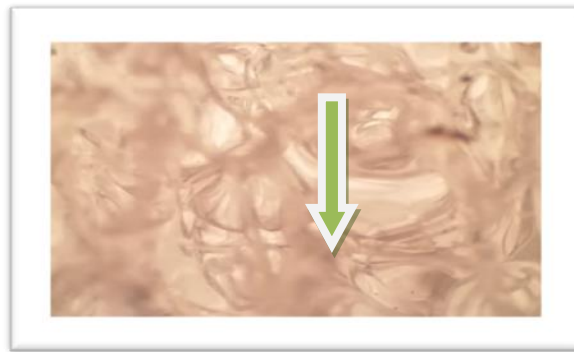
من اجل فهم سلوكية النماذج المعرضة للمؤثر الفيزيائي والذي قاد الى تغير مقاومة الانحناء للنماذج فان علينا ان نتذكر ان الجسم الخاضع الى مؤثر معين يسبب في انحناء هذا الجسم فان الصورة الإجمالية لعملية الانحناء التي يخضع لها النموذج هي في الحقيقة تمثل مجموع مساهمة ثلاثة عوامل، الاول هو تأثير الشد والذي يحصل في الجهة السفلى للنموذج، بينما يكون التأثير الثاني هو تأثير الانضغاط على جانب من النموذج والمتمثل في الجهة العليا للنموذج، والعامل الثالث هو تأثير القص والذي تظهر في موقع تأثير الحمل او المؤثر، وكلما كانت هذه العوامل في حالة توازن كلما كان الجسم قادراً على توزيع تأثير الحمل المسبب للانحناء وبالتالي زيادة في قدرة المادة على مقاومة الانحناء الى ان يصل الحمل الى قيمة معينة تفقد المادة قدرتها على توزيع تأثير هذا الحمل بسبب فقدان خاصية التوازن بين العوامل الثلاثة المؤثرة (الشد، الانضغاط، القص) وبذلك تبدأ المادة بإظهار الشقوق على سطح الشد ليتطور مكوناً كسراً في النموذج .

ان سبب زيادة مقاومة الانحناء مع زيادة الفترة الزمنية للمعاملة بالمؤثر الحراري يمكن ان يكون السبب في ذلك هو زيادة قدرة المادة على احداث توازن بين العوامل الثلاثة اثناء تسليط الحمل وان هذه الزيادة في حالة التوازن من الممكن ان يكون السبب فيها هي زيادة صفة الاستمرارية والتي تتعزز في المواد اللدائنية عند معاملتها بالمؤثر الحراري. إلا ان هذه الزيادة سوف تستمر الى حد معين لتصل الى الحالة العظمى بعد فترة زمنية محدد بعدها تبدأ خاصية الاستمرارية في التناقص بسبب بدء ظهور حالة انفصال السلاسل وان هذه الحالة سوف تؤدي الى فقدان التوازن بين العوامل الثلاثة وبالتالي نقصان في قدرة المادة على مقاومة الانحناء. (Schmidta et al., 2011)؛ (Hemn et al., 2020)

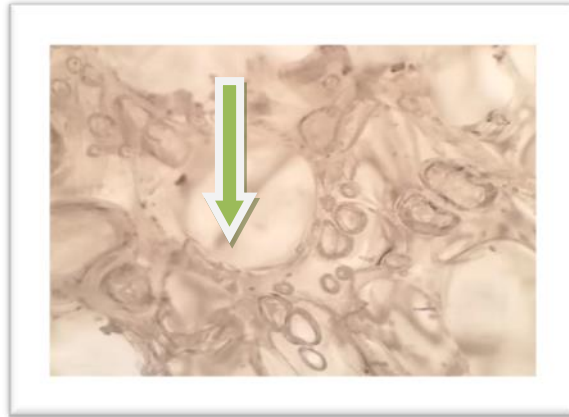
كما ان الاختلاف في طبيعة التركيب المتمثلة بدرجات الارتباط بين السلاسل البوليمرية والهندسة الفراغية لمادة البولي ستايرين غير المشبع عن البولي ستايرين المشبع وعلى الرغم من ان هذا الاختلاف هو ليس بالاختلاف الجوهرى، حيث ان تركيبية المادتين هي نفسها ولكن الاختلاف ان احدى المادتين تكون اقل تأصراً من الأخرى وان هذا النقصان في التأصر سوف ينعكس على درجة حرية ترتيب السلاسل وبالتالي شيء من الاختلاف في الهندسة الفراغية للمادة، إلا انه ادى الى الاختلاف في الفترة الزمنية للوصول الى اعظم حالة توازن بين المؤثرات الثلاثة. (Mohammad et al., 2020)؛ (Hamid et al., 2020)

كما أنه بسبب الحساسية العالية نسبياً للمواد اللدائنية للحرارة نجد ان استجابة المادة وتوازن المؤثرات المتولدة تتأثر وبشكل ملحوظ مع تغير قيمة المؤثر الفيزيائي الحراري.

الشكلان (13) و (14) يمثلان الفحص المجهرى لمقطع نموذج البولي ستايرين غير المشبع المعامل بالمؤثر الفيزيائي الحراري عند درجة حرارة ($T=80^{\circ}\text{C}$).



الشكل 13: الفحص المجهرى لمقطع نموذج البولي ستايرين غير المشبع المعامل بالمؤثر الحراري بدرجة حرارة ($T=80^{\circ}\text{C}$) ولمدة (4) ساعة يوضح خاصية الاستمرارية في بدن النموذج (X 400)



الشكل 14: الفحص المجهرى لمقطع نموذج البولي ستايرين غير المشبع المعامل بالمؤثر الحراري بدرجة حرارة ($T=80\text{ C}^\circ$) ولمدة (6) ساعة يوضح انهيار خاصية الاستمرارية في بدن النموذج (X 400)

حيث نلاحظ من الشكل (13) ان خاصية الاستمرارية متحققة وبنسبة كبيرة في بدن النموذج ما يجعل النموذج قادرا على اظهار صفة التوازن بين العوامل المتولدة (الشدة، الانضغاط، القص) اثناء تعرضه الى الحمل المسبب للانحناء بينما نرى ان في الشكل (14) ان خاصية الاستمرارية قد بدأت بالانهيار ما يجعل المادة غير قادرة على اظهار خاصية التوازن بين العوامل المتولدة بسبب التعرض الى حمل الانحناء وبالتالي فقدان خاصية مقاومة الانحناء.

ومما نجدد الإشارة إليه هنا ان المؤثر الفيزيائي الحراري الذي تعرضت له النماذج هو مؤثر حراري يدرج ضمن قائمة المؤثرات البسيطة والتي يمكن ان توفره الظروف البيئية ما يجعل ان من الممكن لهذه المواد في حال معاملتها حرارياً ولفترات زمنية قليلة وبمؤثر بسيط يمكن ان تفقد خواص ميكانيكية مهمة تجعلها غير قادرة على المحافظة على كينونتها وبقائها كما ان من الممكن فيما اذ تشكلت هذه المواد بهيئة ملائمة فان الظروف الجوية سوف تكون قادرة على احداث هذا التأثير.

المصادر

- Abdul, R. S.; Ali, A.; Mushtaq, M. (2019). Application of supervised machine learning technique to investigate the effect of brine hardness on Polymer Bulk Rheology. *J. Eng. Mater. Technol.*, **141**(3), 22-35.
- Agarwal, A.; Singhmar, A.; ulshrestha, M.; Mitta, A. (2014). Municipal solid waste recycling and associated markets in Delhi, India. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.007>.
- Chang, K. ; Luo, H.; Geise, G. M. (2019). Water content, relative permittivity, and ion sorption properties of polymers for membrane desalination. *J. Membrane Sci.*, **574**, 24-32.
- Giam, D. S.; Lakshmin, K.; Balande, S.; Nicola, P. (2018). Influence of free carbon on the Young's modulus and hardness of polymer- derived silicon oxycarbide glasses. *J. American Ceramic Soc.*, **102**(6), Issue 3, 907-913.
- Hamid, A.M.; Malek, N.; Jamshid, A.; Mohandesib, A.R. (2020). Molecular dynamics simulation of mechanical properties of polystyrene nanoparticles under uniaxial compression test. *Computational Mater. Sci.*, **4**(1),112-137.
- Hany, A.S.; Fahad, A. A. (2019). Polymer modulus of elasticity and hardness from impact data. *J. Eng. Mater. Technol.*, **141**(1), 18-29.
- Hemn, Q. A.; Dilshad, K. J., Sinan, A. Y. (2020). Flexural strength and failure of geopolymer concrete beam reinforced with Carbon fiber – reinforced polymer bars. *J. Matereal.*, **5**(2),77-92.

- Mohammad, A.; Ali, T.; Masoud, M. (2020). Bending and stress analysis of polymeric composite plates reinforced with functionally graded graphene nano platelets based on sinusoidal shear-deformation plate theory. *J. Pre-proof.*, <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.01.003>.
- Schmidta, P.N.S.; Cioffia, M.O.H.; Voorwalda, H.J.C.; Silveira, J.L.B. (2011). " Flexural Test on Recycled Polystyrene". Since direction, Available online at www.sciencedirect.com.
- Wilson, D.C.; Rodic, L.; Scheinberg, A. (2012). "Comparative analysis of solid waste management in 20 cities". <https://doi.org/10.1177/0734242X12437569>.
- Worm, B.; Lotze, H.K.; Jubin, I.; Wilcox, C.; Jambeck, J. (2017). " Plastic as a persistent marine pollution. *Annual Review Environm. Resources*, **2**(42), 1-26.
- Zajac, J.; Petruska, O.; Radchenko, S.; Duplakova, D.; Goldyniak, D. (2018). Hardness testing of polymer concrete castings by Schmidt. *J. Sci. Direct.*, **22**(2), 293–299.

Physical Thermal Effect Test for Treatment of Polystyrene Plastic Waste

Ali M. Ahmed

Ahmed N. Mahmood

Rasheed M. Yousuf

*Department of Environmental Sciences/ College of Environmental Sciences and Technology/
University of Mosul*

ABSTRACT

Two groups of plastic waste manufactured from polystyrene (PS) were used to manufacture samples, the first group of polystyrene (Ps) is not subject to recycling, while the second group was made of polystyrene (Ps), which was subject to a recycling process using the sulfonation method and by (19.3%). The first group was called the saturated polystyrene group, while the second group was called unsaturated polystyrene, Manufactured samples underwent surface hardness and bending durability checks before and after exposure to a thermophysical effect at temperatures ((T = 60, 80 and 100 C⁰)). The results indicated that the polystyrene cannot maintain its surface hardness in case it is exposed to a thermophysical effect. The amount of decrease in the value of the surface hardness takes the exponential form instead of the linear shape, the extent that the value of the surface hardness is fixed with the increase in the time period of exposure to the thermophysical effect. Even if the change in the effect value was relatively few. And that there is a critical time period in which the bending resistance of the polystyrene material reaches the maximum value, after which the ability of the material to resist the bending decreases with an increase in the time period of exposure to the thermophysical effect. The effects associated with the bending process (tension, compression, shear) collapse after exposure to the thermophysical effect during a critical time period due to the loss of the continuity property in the body of the polystyrene, and finally the material loses its ability to resist the bending, and this characteristic depends on the quality of the polystyrene .

Keywords: plastic waste, mechanical properties, heat treatment.