مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

إعادة تدوير النفايات البلاستيكية والإطارات المستعملة لتحضير مواد عازلة

د. شعبان عباس*

مرام سمير عباس**

(تاريخ الإيداع 3 / 10 / 2017. قُبِل للنشر في 4 / 2 /2018)

□ ملخّص □

تعد المنتجات البلاستيكية والمطاطية ذات أهمية وفائدة كبيرة للإنسان، إلا أن البقايا والمخلفات الناتجة عنها تشكل كارثة بيئية حقيقية، إذ أنها ترمى في الحقول والجداول المائية والغابات، أو تدفن في مدافن كبيرة للنفايات مسببة خطراً كبيراً يجب العمل على معالجته بأفضل الطرق الممكنة.

و من ناحية أخرى: فإن المشكلات الاقتصادية التي يسببها تآكل الخرسانة الاسمنتية قد جعلت منها المشكلة الكبرى للبنى التحتية في الدول الصناعية، فخلال العقود الثلاثة الماضية بلغت هذه المشكلة نسبًا مقلقة أدت إلى تكاليف إصلاح عالية سواء كان في الخرسانة، أو في حديد التسليح الذي يتآكل في الأوساط الحامضية بشكل خاص نتيجة نفوذية الخرسانة لمياه الأمطار الحامضية، حيث تجاوزت هذه التكاليف مبالغ الإنشاء الأولية في بعض الحالات.

يتناول هذا البحث حلّاً جزئياً للمشكلتين السابقتين، وذلك من خلال دراسة تجريبية لاستخدام إطارات السيارات المستعملة وبعض أنواع النفايات البلاستيكية في تحضير مواد عازلة للحرارة والماء، بكلفة قليلة بالمقارنة مع مواد العزل المستخدمة حالياً في عمليات البناء، بالإضافة إلى تحضير بلاط أرضيات للاستعمال الداخلي والخارجي.

الكلمات المفتاحية: نفايات بلاستيكية، مطاط، إطارات، إعادة تدوير، عزل حراري، عزل مائي، بلاط.

* أستاذ مساعد_ قسم الكيمياء_ كلية العلوم_ جامعة تشرين_ اللاذقية_ سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير)_ اختصاص كيمياء تطبيقية_ قسم الكيمياء_ كلية العلوم_ جامعة تشرين_ اللاذقية_ سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

Recycling of Plastic Waste and Scrap Tires to Prepare Insulating Materials

Dr. Shaban Abbas*
Maram Sameer Abbas**

(Received 3 / 10 / 2017. Accepted 4 / 2 /2018)

□ ABSTRACT □

Plastic and rubber products considered of being a great importance to humans, but their residues and wastes are a real environmental disaster. They are dumped in fields, streams and forests or buried in large landfills that pose a serious hazard that needs to work on solve it in the best possible way.

On the other hand, the economic problems caused by the erosion of concrete cement have made it the major problem of infrastructure in the industrialized countries. Over the past three decades, this problem has reached alarming proportions, which led to high repair costs, whether in concrete or in reinforcing steel, Especially acidic media due to concrete permeability of acid rainwater, where these costs exceeded initial construction amounts in some cases.

This paper deals with the recycling of used tires and some types of plastic waste to be used in the preparation of insulating materials for water and heat at a low cost compared to the insulation materials currently used in the construction process, in addition to the preparation of floor tiles for internal and external use.

Key Words: Plastic waste, Rubber, Tires, Recycling, Thermal insulating, Water insulating, tiles.

***Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Tishreen university, Lattakia, Syria.**
****Postgraduate Student, Department of Chemistry, Tishreen university, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تعد عملية التخلص من النفايات البلاستيكية والإطارات المستعملة واحدة من أهم التحديات البيئية التي تواجه البلديات في جميع أنحاء العالم، لأن تراكمها يؤدي إلى انتشار العديد من الأمراض والحرائق العرضيّة الفجائية من جهة، إضافة إلى تلوث الجو والمياه الجوفية من جهة أخرى[1,2,3,4]، لكن معدل إعادة تدويرها يكون منخفضاً بالمقارنة مع الورق والزجاج والمعادن، وذلك على الرغم من التطبيقات العديدة التي يمكن من خلالها الاستفادة من هذه النفايات بعد معالجتها، حيث يتم في الوقت الحاضر إعادة تصنيع 3.5% فقط من المنتجات البوليميرية، في حين أن النسب المئوية لتدوير كل من الورق و الزجاج و المعادن تكون على التوالي 34%، 22%،30%.[5]

يمكن استعمال كلٍّ من النفايات البلاستيكية والمطاط الناتج عن الإطارات البالية في العديد من التطبيقات، حيث يتم تحويلها إلى حبيبات بأحجام مختلفة و من ثم استخدامها في تصنيع منتجات بلاستيكية متعددة، إضافةً إلى بلاط للأرضيات، وحظائر الماشية، وملاعب الأطفال، وذلك نظراً لما تتمتع به من خواص جيدة مثل المرونة، المتانة ومقاومة الصدمات، كما أنها تستخدم كمواد مالئة لطرقات القير (الاسفلتية) [5,6,7,8]، و لكن لا بدّ من الإشارة إلى أن معدل إعادة استخدام الإطارات المستعملة يكون أقل بكثير مقارنة بمعدل الإطارات التي يتم إنتاجها سنويّاً.[3]

من جهة أخرى: شهد العقدان الأخيران من القرن الماضي تطورًا ملحوظًا في صناعة الخرسانة الاسمنتية، فعرفت الخرسانة عالية المقاومة والخرسانة البوليميرية، وأصبح الشغل الشاغل في مراكز البحوث هو المحافظة على الأداء الجيد للخرسانة وسلامة المنشآت الخرسانية و المسلحة ضد الأوساط الخارجية المخربة من خلال ما يعرف بتحسين الديمومة، حيث أن الديمومة المنخفضة هي أهم مشكلة تواجه الخرسانة في البيئات العدوانية: كالمناطق الشاطئية والمعامل المنتجة أو المستعملة لمواد ضارة بالخرسانة، بالإضافة إلى مستودعات تخزين هذه المواد، فإلى وقت ليس بالبعيد كان تقييم جودة الخرسانة يتم من خلال دراسة مقاومتها الميكانيكية على الضغط دون أخذ القرائن الأخرى بالحسبان، لكن مع التطور العمراني السريع لم تعد هذه الخاصية هي القرينة الأساسية المقيمة للجودة خصوصًا عند التعرض لأوساط كيميائية مخربة (حامضية، كبريتية، ...الخ).

تُعرّف الخرسانة الاسمنتية بشكل عام بأنها: خليط من مواد حصوية (بحص + رمل) وماء واسمنت و بعض الإضافات المحسنة، بنسب محددة ومدروسة، حيث يشكل الماء والاسمنت ما يعرف بالعجينة الاسمنتية التي تعمل على ربط المكونات الحصوية ببعضها بعضاً، فضلاً عن ملء الفراغات المتبقية بين حباتها وهذا ما يؤثر بشكل كبير على خواص المقاومة الميكانيكية، التقلص و التشقق.[9]

أما بالنسبة للمواد الحصوية فإن استعمالها يعتبر هاماً وضرورياً لأنه يؤدي إلى اقتصاد كبير في كميات الاسمنت الغالي الثمن من جهة بالإضافة إلى أنه يؤمن تدرّجاً حبيّاً يؤثر إيجاباً على جودة الخرسانة من جهة أخرى.[10]

بناءً على ما سبق يمكن تلخيص أهم العوامل المؤثرة في جودة الخرسانة ونوعيتها بالنقاط التالية: طبيعة ونوع الإسمنت المستعمل وعياره، كمية ماء الجبل، خواص المواد الحصوية المستعملة وتركيبها الحبي (رمل ناعم، رمل عدسي، بحص) وتكنولوجيا صناعة الخرسانة التي تشمل الخلط والرج والمعالجة في أثناء الصب وبعده.[9] للتغلّب على مشاكل الرطوبة والتخريب الكيميائي للخرسانة والاستهلاك العالي للطاقة والوقود كان لابدّ من استخدام عوازل للأبنية السكنية تعرّف بأنها مادة أو مزيج من المواد التي يفيد تطبيقها في منع تسرب الماء، وإعاقة تدفّق الحرارة والحد من انتقالها بين النظام المعزول والبيئة الخارجية.[11]

أهمية البحث وأهدافه:

أ. الناحية الاقتصادية: يعتبر البحث مفيداً من الناحية الاقتصادية، حيث نقترح من خلاله فكرة تدوير وإعادة استعمال بقايا ومخلفات صلبة ذات كلفة شبه معدومة، لاستخدامها في صناعة مواد عزل أقل سعراً من تلك المستخدمة حالياً في عمليات البناء.

ب. الناحية البيئية: التخلص من بعض النفايات الصلبة الملوثة للبيئة، مثل إطارات السيارات البالية التي ينتج عن حرقها كميات كبيرة من الغازات الكيميائية (خاصةً أكاسيد الكبريت و الكربون)، التي تضر بصحة الإنسان والبيئة المحيطة على حدّ سواء، إضافة إلى تخليص الطبيعة من النفايات البلاستيكية ذات الآثار الضارة التراكمية.

ج. تحضير بلاط أرضيات عازل للحرارة والرطوبة، باستخدام إطارات السيارات المستعملة والنفايات البلاستيكية.

د. دراسة فعالية البلاط المحضّر من خلال إجراء تجارب مخبرية عليه (في مخابر كليتي الهندسة والعلوم).

طرائق البحث ومواده:

يعتمد هذا البحث على تحضير مواد عازلة بشكل بلاط أرضيات مصنّع من بقايا النفايات البلاستيكية وإطارات السيارات المستعملة بأبسط التقنيات الصناعية، حيث يقسم العمل إلى مرحلتين أساسيتين، تتلخص الأولى بالاستفادة الفعالة من الخواص العازلة للحرارة التي يتمتع بها المطاط الناتج عن إطارات السيارات (بحسب الدراسات المرجعية [3.5]) وذلك من خلال تحضير بلاط عازل للحرارة و أخف وزناً من البلاط العادي الموجود في الأسواق، لاستخدامه في تبليط أسطح الأبنية و أرضيات المنازل، نظراً لتمتعه بخواص مرغوبة في عمليات البناء، بالإضافة إلى تحضير بلاط يمكن استخدامه للأرصفة في الشوارع أو الحدائق العامة.

أما المرحلة الثانية فإنها تتركز على تحضير مواد عازلة للماء، مقاومة للرطوبة ومياه الأمطار الحامضية باستعمال خليط من البحص و أنواع مختلفة من النفايات البلاستيكية، وإجراء تجارب مخبرية عليها للتأكد من مدى فعاليتها.

المواد المستخدمة:

1. الاسمنت البورتلاندي الأسود والأبيض (خليط من الأكاسيد المعدنية CaO, SiO2, Fe2O3, Al2O3, MgO).

2. نحاتة البلاط العدسية المستخرجة من مقالع رسيون.

3. بودرة الرخام، وهي تستخدم مع الاسمنت الأبيض في الوجه العلوي وذلك لتقليل كمية الاسمنت الغالي الثمن من جهة ، ومن جهة أخرى لإبطاء عملية التصلب.

4. بحص رخام (نواتج تكسير رخام وهو صخر كربوناتي متبلور) وبحص عادي أبعاده m.m (5 – 2).

5. مطاط الإطارات (كاوتشوك) مقطع إلى قطع صغير بأحجام متقاربة.

6. أنواع مختلفة من النفايات البلاستيكية (بلاستيك شركة رافيا، بولي إيتيلين منخفض الكثافة الخطي LLP.Et، بولي بروبلين P.Pr).

7. محاليل حمضية لـ (حمض كلور الماء، حمض الكبريت، حمض الآزوت) بتركيز 15%.

8. ماء للجَبِل.

الأجهزة والأدوات:

1. جهاز قياس مقاومة الانضغاط (إجهاد الكسر) الموضح في الشكل (1).

الشكل (1) جهاز قياس مقاومة الانضغاط

2. جهاز قياس مقاومة الشد و الانحناء (الانعطاف) الموضح في الشكل (2).

الشكل (2) جهاز قياس مقاومة الانحناء

3. جفنة خزفية.
4. قوالب خشبية ومعدنية.

النتائج والمناقشة:

المرحلة الأولى

تقسم هذه المرحلة إلى ثلاث خطوات أساسية:

1. تنظيف الإطار المستعمل وتقطيعه قطعاً صغيرة، حيث تتم عملية التقطيع عادة إما بطريقة يدوية أو آلية بواسطة آلات خاصة مزوّدة بسكاكين قوية حادية، أو يتم ذلك باستعمال الآزوت السائل لتجميد الكاوتشوك ضمن المجال (-60^oC __ -100^oC) ، وذلك لكي يتم طحنه إلى حبيبات أو أجزاء صغيرة جداً باستخدام مطرقة أو آلة خاصة للطحن، لكنّ الاستهلاك العالي لكل من الطاقة والنتروجين السائل يجعل هذه العملية مكلفة جداً.

2. دراسة التغيرات الحرارية للمطاط الناتج عن إطارات السيارات، وذلك لتحديد مدى إمكانية صهره واستخدامه كمادة رابطة أثناء تحضير البلاط، حيث تمّ أخذ قطع صغيرة من المطاط و وضعها في جفنة خزفية، ثم تغليف الجفنة بورق القصدير و وضعها في فرن عند درجة حرارة ($600^{O}C$).

لوحظ عند هذه الدرجة أن الكاوتشوك أصبح عديم الليونة والمرونة وبدأ بالتفتت إلى قطع ناعمة جداً بمجرد لمسه والضغط عليه قليلاً باليد، ولملاحظة التغيرات الجارية بدقّة أكبر تمّ إعادة التجربة على قطع مطاط جديدة في المجال الحراري ($100^{O}C - 600^{O}C$) فكانت النتائج كالتالي:

الجدول (1) التغيرات الحرارية للكاوتشوك في المجال ($100^{O}C$_$600^{O}C$)

درجة الحرارة (درجة مئوية)	المدة الزمنية للتسخين	التغير الملاحظ
100	ربع ساعة	لا يوجد أي تغير ملحوظ
150	ربع ساعة	ازدادت ليونة القطع
250	ربع ساعة	خروج سائل له لون وقوام العسل
300	نصف ساعة	أصبحت القطع عديمة الليونة
400 ـ 600	ربع ساعة لكل درجة $(400,500,600)^{O}C$	بدأت بالتفتت بمجرد لمسها

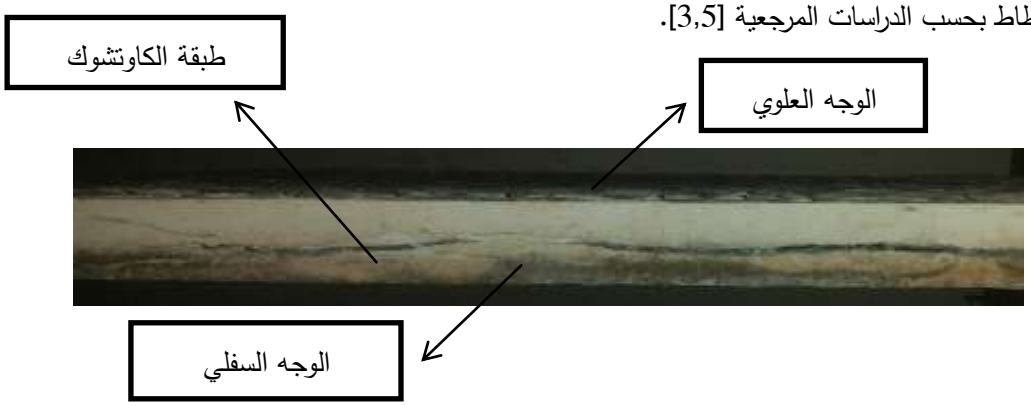
نستنتج من الجدول (1) أن الكاوتشوك ليس من نوع الترموبلاستيك T.P (الذي يمكن إعادة تشكيله بالحرارة مرة أخرى)، حيث أنه لا يحافظ على كامل مكوناته بالتسخين، بل يحدث تغير في بنيته، وهذا التغير يتضمن خروج المادة المفلكنة الكبريتية وبعض الزيوت التي كانت تعطيه الليونة وتؤمن ربط مكوناته مع بعضها البعض، وبالتالي فهو لا ينصهر عند درجة حرارة محددة ، لكنه يتليّن قليلاً في إحدى مراحل المجال الحراري الذي قمنا بإجراء الدراسة عنده، وهذه النتيجة منطقية كونه عبارة عن خليط من المواد المختلفة (مطاط هيدروكربوني وكربون أسود بنسب عالية بالإضافة إلى زيوت، أوكسيد زنك، كبريت ومثبتات ومنشطات للفلكنة) [12,13] و التي يمتلك كل منها درجة انصهار خاصة به، وبالتالي لا يمكن استخدامه كمادة رابطة في البلاط الذي نريد تحضيره، ويفضّل إبقاؤه بشكله الطبيعي كقطع مطاطية صغيرة مختلفة الأقطار، لكن متقاربة الحجوم.

3. تمّ تحضير نوعين من بلاط الأرضيات يستخدم أحدهما كعازل حراري مائي للأسطح أو لتبليط أرضيات المنازل، أما الآخر فيستخدم لتبليط الأرصفة في الشوارع والحدائق العامة، إذ تم أولاً تحضير بلاط الأسطح بطريقة الضغط بالمكبس باستخدام المواد المبينة في الجدول (2) ، حيث قمنا بإجراء هذه العملية في معمل بلاط باستخدام آلة الكبس الخاصّة الموجودة في المعمل.

الجدول(2) تركيب البلاط المحضر بطريقة الضغط بالمكبس

نوع العينة	السماكة الكلية	الوجه العلوي (1cm)	الوجه السفلي (2cm)
بلاط الأرضيات المحضر بطريقة الضغط بالمكبس في قالب أبعاده (3*30*30)cm	3cm	اسمنت أبيض مع بحص رخام بنسبة (1/4 إلى 3/4)	اسمنت أبيض رابط، نحاتة عدسية للبلاط، كاوتشوك بنسبة (1/4، 3/8 ،3/8)

يوضّح الشكل (3) بنية البلاط الناتج، حيث نستنتج أن الكاوتشوك نظراً للضغط العالي المطبق ولما يتمتع به من طراوة ومرونة عالية تجمّع مشكّلاً طبقة فاصلة بين وجهي البلاط العلوي والسفلي، وهذا ما جعله هشّاً، سريع التفتت وغير مقاوم للضغط، لذلك فإن هذه الطريقة لاتعد تطبيقاً فعّالاً للاستفادة من الخواص العازلة للحرارة والتي يتمتع بها هذا النوع من المطاط بحسب الدراسات المرجعية [3,5].



الشكل (3) يمثل البلاط المحضّر بطريقة الضغط بالمكبس

للتغلب على هذه المشكلة قمنا بتحضير عجينة اسمنتية حاوية على الكاوتشوك، دون استعمال المكبس حيث اعتمدنا هنا على صب هذه العجينة في قوالب مناسبة فقط، و ظهرت النتيجة من خلال الحصول على بلاط أرضيات متين، عازل للحرارة وأخف وزناً من البلاط العادي، مما أكسبه خواصاً مرغوبة في عمليات البناء بحيث يستخدم كطبقة عزل حراري للأسطح بالإضافة إلى إمكانية استخدامه في تبليط أرضيات البيوت. الشكل (4)

الشكل (4) يمثل البلاط المحضّر دون ضغط

الجدول (3) مكونات وصفات البلاط المحضّر بدون ضغط

رقم العينة	الوجه العلوي (تقريباً 1cm)	الوجه السفلي (تقريباً 2cm)	قطر العينة (cm)	ارتفاع العينة (cm)	وزن العينة (gr)
1(مرجعية)	اسمنت أبيض، بودرة رخام، بحص رخام حسب الرغبة	اسمنت أسود، نحاتة عدسية (3/4 ، 1/4)	7.5	2.9	290
2	اسمنت أبيض، بودرة رخام، بحص رخام حسب الرغبة	نحاتة عدسية، مطاط بنسبة (1/3 , 2/3) اسمنت أسود كمادة رابطة	7.5	3.2	285
3	اسمنت أبيض، بودرة رخام، بحص رخام حسب الرغبة	نحاتة عدسية، مطاط بنسبة (1/2 , 1/2) اسمنت أسود كمادة رابطة	7.5	3.2	270
4	اسمنت أبيض، بودرة رخام، بحص رخام حسب الرغبة	نحاتة عدسية، مطاط بنسبة (1/2 , 1/2) اسمنت أسود كمادة رابطة	7.5	3.1	257

أجريت مجموعة من التجارب على البلاط الناتج للتأكد من مقاومته للضغط وذلك بعمر 10 أيام، في مخابر كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، باستخدام جهاز قياس مقاومة الانضغاط، حيث تمّ حساب إجهاد الكسر الذي تتحمله العينة من القانون: $\frac{\rho}{S}$

حيث: ρ قوة الكسر (kg)

S مساحة سطح العينة

وباعتبار أن العينات التي قمنا بتحضيرها ذات سطح دائري، فإن مساحة سطحها تُحسب كالتالي:

$(S= \pi R^2 = 3.14*3.75^2=44.156\ cm^2)$

يلخّص الجدول (4) نتائج هذه التجارب:

الجدول (4) نتائج اختبار إجهاد الكسر لعينات البلاط المحضرة بدون ضغط

رقم العينة	قوة الكسر (KN)	إجهاد الكسر $(^{kg}/_{c^2})$
1	60	135.881
2	50	113.234
3	30	67.940
4	28	63.411

نستنتج من الجدول (4) ما يلي:

1. يمكن الاستفادة من خواص العزل الحراري للكاوتشوك عن طريق مزجه مع الاسمنت و الرمل (بمختلف أنواعه) لتشكيل بلاط للأرضيات، حيث لوحظ أنه يمتزج بشكل جيد مع المكونات الأخرى للبلاط ويشكل معها مزيجاً متجانساً متماسكاً، مع مراعاة التركيب الحبي (تدرّج أبعاد حبيبات المواد المستخدمة).

2. لوحظ أن البلاط المحضر بهذه الطريقة أخف وزناً من البلاط العادي ولكن الوزن يختلف من عيّنة لأخرى، ويعود ذلك لاختلاف أبعاد العينات بالإضافة إلى اختلاف توزع قطع المطاط في كل منها.

3. يلاحظ أيضاً أن مقاومة الانضغاط تنخفض بازدياد نسبة المطاط في العينة لذلك يجب إجراء دراسة عملية لاختيار أفضل نسب الإضافة، بحيث نحافظ على مقاومة ومتانة مناسبة للبلاطة، مع الأخذ بعين الاعتبار أن كل العينات المحضرة في هذا البحث مطابقة لمواصفات بلاط الأرضيات وهذا ما يسمح بتطبيقها عملياً.

4. يؤمن هذا النوع من البلاط عزلاً مائياً جيداً بالإضافة للعزل الحراري، ويعود السبب في ذلك إلى أن وجهه العلوي أملس، وهذا ما يحول دون تجمع الماء في نقاط معينة منه وتسرّبه إلى أسطح المنازل.

يمكن اتباع الطريقة السابقة نفسها لتحضير بلاط أرضيات لرصف الطرقات في الحدائق والشوارع العامة لكن في هذه الحالة لا داعي لوجود الوجه العلوي الأبيض.

يبيّن الجدول (5) مكونات البلاط و إجهادات الكسر التي تمّ دراستها بعمر (10 أيام) في مخابر كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين لعيّنتين منتخبتين:

الجدول (5) مكونات عينات بلاط الأرصفة و نتائج اختبار إجهاد الكسر

رقم العينة	المكونات والنسب	قطر العينة (cm)	ارتفاع العينة (cm)	وزن العينة (gr)	قوة الكسر (KN)	إجهاد الكسر $(^{kg}/_{cm^2})$
5	نحاتة عدسية و مطاط بنسبة (2/3 ، 1/3) واسمنت رابط	7.5	3.0	253	32	72.470
6	نحاتة عدسية و مطاط بنسبة (1/2، 1/2) واسمنت رابط	7.5	3.0	232	18	40.764

تم اختيار عيّنتين و أجريت عليهما تجربة مقاومة الانعطاف (بعمر 10 أيام) باستخدام جهاز قياس مقاومة الشد والانحناء (الانعطاف) في مخابر كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين فكانت النتائج كالتالي: جدول (6)

الجدول (6) نتائج اختبار مقاومة الانعطاف

رقم العينة	المكونات والنسب	قطر العينة (cm)	ارتفاع العينة (cm)	وزن العينة (gr)	مقاومة الانعطاف (N/mm^2)
7	نحاتة عدسية و مطاط بنسبة (2/3 ، 1/3) مع اسمنت أسود رابط	7.5	3.1	260	8.1
8	نحاتة عدسية و مطاط بنسبة (1/2 ، 1/2) مع اسمنت أسود رابط	7.5	3.00	230	7.8

تعد هذه القيم قيماً جيدةً لمقاومة الانعطاف، مما يجعل هذا النوع من البلاط قابلاً للتطبيق العملي بسهولة.

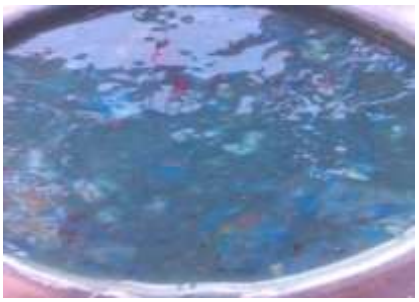
المرحلة الثانيــة

تتركّز هذه المرحلة على تشكيل مواد عازلة للماء مقاومة للرطوبة بشكل بلاط لأسطح المباني، حيث يقسم العمل إلى خطوتين رئيسيتين:

الخطوة الأولى: وتشمل جمع النفايات البلاستيكية وتنظيفها جيّداً من بقايا الأتربة والغبار العالقة بها، ثمّ غسلها وتركها حتى تجف، ليتمّ بعد ذلك طحنها باستخدام مطاحن خاصة (في معمل بلاستيك)، للحصول عليها بأشكال وأحجام مناسبة.

الخطوة الثانية: تضمنت تحضير مزائج من البحص و البلاستيك بنسبة (مكيال بحص إلى ثلاثة مكاييل بلاستيك) ثمّ صهرها و صبها في قوالب خاصة خشبية أو معدنية، وذلك باتباع التسلسل التالي:

1. تسخين البحص الناعم لأن معامل الانتقال الحراري له كبير، وبالتالي فهو يحتاج وقتاً أطول من النفايات البلاستيكية لكي يسخُن.
2. إضافة البلاستيك إلى الوعاء الذي تتم فيه عملية التسخين بحيث ينصهر مشكّلا مزيجاً مع البحص الشكل (5).



الشكل (5) يمثل خليط مصهور البلاستيك والبحص

3. صبّ المزيج الساخن في قوالب خاصّة خشبية أو معدنية ليأخذ الأشكال المطلوبة كما هو موضّح في الصور (6,7,8,9,10,11).

البلاط المحضر من نفايات بلاستيك شركة رافيا الشكل (6 ، 7):

الشكل (7)

الشكل (6)

البلاط المحضّر من نفايات البولي بروبلين (P.Pr) الشكل (8 ، 9):

الشكل (8) **الشكل (9)**

البلاط المحضر من نفايات بولي إيتلين منخفض الكثافة الخطي (LLP.Et) الشكل (10 ، 11):

الشكل (10) **الشكل (11)**

يلاحظ من الأشكال السابقة (6,7,8,9,10,11) أن الأنواع الثلاثة من البلاط تتميّز بخواص مرغوبة فهي تتمتع بمتانة ومقاومة عالية، بالإضافة إلى أن سطحها خالٍ من التشققات وهذا ما يساعد في عملية العزل المائي التي تتطلب سطحاً أملس لا يحوي نقاط ضعف تسمح بتجمّع الماء عليه.

كما لاحظنا أن أفضل النتائج من حيث المتانة وجدت عندما تكون سماكة البلاط بين (1–2 cm)، و عند استخدام بحص من القياس الصغير (2–5m.m)، بالإضافة إلى أن النسبة الأفضل للخلط هي ثلاثة مكاييل نفايات بلاستيك مطحونة لكل مكيال بحص.

تمّ اختبار مدى فعالية البلاطات المصنّعة من خلال أخذ أربع قطع من كل نوع منها، و وزنها باستخدام ميزان حساس، ثم غمرها في بيئات معادية بشكل ماء و محاليل حمضية لكل من (حمض كلور الماء HCl، حمض الكبريت H2SO4، حمض الآزوت HNO3) بتركيز 15% لكل محلول، ليتمّ بعد ذلك دراستها بأعمار مختلفة في الفترة الزمنية بين شهري نيسان و أيار، حيث حصلنا على النتائج المذكورة في الجداول (7,8,9,10):

الجدول (7) نتائج الغمر بالماء

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1.1			1.2		
الوزن الأصلي (gr)	5.99			6.50			6.90		
	بعد	بعد	بعد	بعد	بعد	بعد	بعد	بعد	بعد

الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	10 أيام	30 يوم	45 يوم	10 أيام	30 يوم	45 يوم	10 أيام	30 يوم	45 يوم
	5.99	5.99	5.99	6.50	6.50	6.50	6.90	6.91	6.92
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	0			0			0		

نلاحظ من الجدول السابق عدم تأثر عينات البلاط بالماء، وبالتالي عدم حدوث أي تغيير في وزنها، إلا في حالة بلاط رافيا حيث حدثت زيادة ضئيلة مهملة، و يعود السبب في ذلك حسب اعتقادنا إلى وجود فراغات بشكل فقاعات قليلة وصغيرة جداً، يعزى وجودها إلى أن هذا النوع من البلاستيك مكرر أكثر من مرة، و درجة انصهاره غير معروفة بدقة فهو عبارة عن خليط من النفايات، وبالتالي فإن تعريضه لعملية الصهر أدى إلى تخريب طفيف في البنية الداخلية للبلاطة فقط دون أن يظهر ذلك على الوجه الخارجي الذي بقي أملساً قاسياً، وبالتالي فعند غمر قطعة من هذه البلاطة بالماء لفترة معينة تجمّعت بعض جزيئات الماء داخل الفقاعات و لم تجف تماماً بالظروف الطبيعية.

الجدول (8) نتائج غمر العينات بحمض كلور الماء 15%

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1.1			1.2		
الوزن الأصلي (gr)	6.50			7.73			7.92		
الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم
	6.47	6.40	6.36	7.66	7.50	7.35	7.86	7.79	7.72
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	2.153			4.915			2.525		

الجدول (9) نتائج غمر العينات بحمض الكبريت 15%

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1.1			1.2		
الوزن الأصلي(gr)	7.99			8.84			8.43		
الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم
	7.97	7.94	7.92	8.80	8.76	8.72	8.39	8.35	8.33
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	0.876			1.357			1.186		

الجدول (10) نتائج غمر العينات بحمض الآزوت 15%

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1.1			1.2		
الوزن الأصلي (gr)	6.58			7.52			7.62		
الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم
	6.55	6.51	6.49	7.48	7.43	7.36	7.57	7.52	7.49
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	1.367			2.127			1.706		

نلاحظ من الجداول (8,9,10): حدوث تآكل للبلاط المغمور في الحموض بنسب مختلفة، ويعود السبب في اعتقادنا إما لتآكل البحص الداخل في تركيبه والذي هو عبارة عن خليط من كربونات الكالسيوم والسيليكات، أو لتأثُّر البلاستيك المدوّر بالحموض القوية نظراً لتعرضه لدرجات حرارة تتراوح بين ($90^{o}C$_$100^{o}C$) أثناء الصهر مما أدّى إلى إضعاف مقاومته، على الرغم من أن أنواع البلاستيك المستخدمة في هذا البحث تتمتع عادةً بمقاومة عالية تجاه الحموض وهي تشمل كما ذكرنا (LLP.Et المحضّر بعملية بلمرة غاز الإيتيلين تحت ضغط عالي والمستخدم في إنتاج الأغلفة والأكياس البلاستيكية والأفلام الرقيقة، بالإضافة إلى P.Pr والمحضّر صناعياً من بلمرة البروبلين بوساطة حفازات زيجلر _ناتا وهو يستخدم في صناعة أجزاء للأدوات المنزلية والسجاد والألياف الصناعية، وبلاستيك رافيا الذي هو عبارة عن خليط من النفايات البلاستيكية المدورة لأكثر من مرة).

للتأكد من هويّة المادة التي تعرضت للتآكل، قمنا بتحضير عينات بأبعاد صغيرة جداً من البلاط (سماكتها تقريباً 1cm وقطرها 3cm) بحيث يكون البحص مغلّفاً تماماً بالبلاستيك و أعدنا عليها نفس التجارب السابقة في فصل الصيف بين شهري حزيران وتموز، فحصلنا على النتائج الموضّحة في الجداول (11,12,13):

الجدول (11) نتائج غمر العينات بحمض كلور الماء 15%

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1			1		
الوزن الأصلي (gr)	12.00			13.90			12.98		
الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم
	12.00	12.00	12.00	13.90	13.90	13.89	12.98	12.98	12.98
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	0			0.071			0		

الجدول (12) نتائج غمر العينات بحمض الكبريت 15%

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1			1		
الوزن الأصلي(gr)	12.50			13.00			14.01		
الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم
	12.50	12.50	12.50	13.00	13.00	13.00	14.01	14.01	14.01
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	0			0			0		

الجدول (13) نتائج غمر العينات بحمض الآزوت 15%

نوع العينة	بلاط LLP.Et			بلاط P.Pr			بلاط رافيا		
السماكة(cm)	1			1			1		
الوزن الأصلي (gr)	13.40			13.56			14.13		
الوزن بعد الغمر بالحمض (gr)	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم	بعد 10 أيام	بعد 30 يوم	بعد 45 يوم
	13.40	13.40	13.40	13.55	13.55	13.55	14.13	14.13	14.13
الفاقد الوزني بعد 45 يوم (%)	0			0.073			0		

نستنتج من مقارنة الجداول السابقة (8,9,10,11,12,13) ما يلي:

1. البلاط المؤلّف من البحص المغلّف بشكل جيد بالبلاستيك بقي مقاوماً لتأثير المحاليل الحمضية، وهذا يعني أن تآكل البحص بفعل الحموض كان السبب الرئيسي في الفقدان الوزني الحاصل عند الاختبار الأول لأجزاء صغيرة من البلاطة كان البحص فيها واضحاً وغير محاطاً بالغلاف البلاستيكي بشكل كامل.

2. يعود الفقدان البسيط جداً في الوزن الذي قد يحصل للبلاط المؤلف من البحص المغلف تماماً بالبلاستيك، إلى أن بعض أجزاء البحص قد لا تكون محاطة بشكل كامل بالبلاستيك المقاوم، فقد تبرز من بعض النقاط في السطح الخارجي للبلاطة دون أن تُرى بشكل واضح، ولكن يبقى هذا الفقد الوزني صغيراً جداً وغير مؤثر على فعالية الاستعمال لأننا نختبر البلاط الذي حضّرناه في بيئات معادية جداً أكثر مما هي عليه في الطبيعة، إذ أن تركيز الحموض في مياه الأمطار (حتى في المناطق الصناعية والملوّثة) يكون قليلاً جداً بالمقارنة مع التراكيز العالية التي استخدمناها في الاختبارات.

3. وجدنا أن بلاط بولي بروبلين هو الأكثر تأثراً بالعوامل الخارجية (وهو أقل مقاومة من البولي إيتلين تجاه الضوء والحرارة والرطوبة، بسبب وجود ذرة الكربون الثالثية)، وعلى الرغم من ذلك فقد أعطى نتائج جيدة في الاختبارات، بينما يعد بلاط البولي إيتيلين أفضل الأنواع المحضّرة لأنه الأقل تأثراً، كما أن عملية صهره ينتج عنها روائح مقبولة وليست كريهة كما هو الحال بالنسبة لبلاستيك شركة رافيا.

الاستنتاجات والتوصيات:

تبين من خلال الدراسة التطبيقية التي قمنا بها للاستفادة من بقايا النفايات البلاستيكية والإطارات المستعملة ما يلي:

1. تم الاستفادة من الخواص العازلة للحرارة التي يتمتع بها المطاط الناتج عن إطارات السيارات بحسب الدراسات السابقة، وبطريقة أكثر فعاليّة لعزل أسطح الأبنية الجاهزة، إذ أن الطرق المتّبعة حالياً تستخدم في عزل الأبنية التي تكون قيد الإنشاء (من خلال إدخال قطع من الكاوتشوك أو البلاستيك بين جدارين من البلوك أثناء البناء، أو إدخال الكاوتشوك في الملاط الاسمنتي)، أما طريقتنا فهي تصلح للترميم وعزل الأسطح في آن واحد.

2. تبيّن لنا أن مطاط الإطارات يمتزج بشكل جيد مع باقي مكونات البلاط، مشكّلاً معها بنية متماسكة مع مراعاة التدرّج الحبي.

3. وضّحت الدراسة أن وجود المطاط في البلاط يخفّض من مقاومته للانضغاط، لكن على الرغم من ذلك فإن البلاط الناتج في بحثنا يتمتع بمقاومة ضغط وانعطاف جيّدة تجعله قابلاً للتطبيق العملي بسهولة.

4. يمكن تحضير أنواع من البلاط البلاستيكي المقاوم للماء والرطوبة، لكن بشرط ألّا تقل السماكة عن 1cm، بالإضافة إلى أن عملية التحريك ونسبة خلط البلاستيك مع البحص في العينة يجب أن تكون مناسبة بحيث يكون البحص مغلّفاً بشكل كامل بالبلاستيك، وذلك لتحسين الخواص و زيادة فعالية العزل.

وفي النهاية لا بدّ من الإشارة إلى التوصيات الآتية:

1. تقع سوريا كغيرها من بلدان الوطن العربي في أزمة الطاقة نظراً لاعتمادها على المصادر غير المتجددة منها، وتتزايد هذه المشكلة مع الإسراف في الاستخدام، دون مراعاة قواعد الترشيد، لذلك لابدّ من التوجه للاهتمام بأبحاث تطوير وتحسين كفاءة الاستهلاك، والحد من الهدر في الوقود والكهرباء.

2. الاهتمام بزيادة الدراسات في مجال إعادة تدوير النفايات البلاستيكية والإطارات المستعملة، نظراً للأهمية الاقتصادية والبيئية الكبيرة لهذا النوع من الأبحاث.

3. دراسة أفضل نسب لخلط المطاط مع عجينة البلاط وذلك لتحسين الخواص، والحصول على أفضل قيم لمقاومة الضغط، بالإضافة إلى البحث في إمكانية استخدام هذا النوع من البلاط كعازل لحماية الأسطح من التسرب المائي، نظراً لتمتعه بوجه علوي أملس يزداد نعومةً وصلابة بعد عملية التنعيم (الجلي) نتيجة تشكل مادة أوكزالات الكالسيوم.

4. التوجه نحو دراسة إمكانية استخدام ألياف بوليميرية مطاطية مدوّرة في العجينة الاسمنتية كبديل لألياف التسليح الحديدية الغالية الثمن.

5. دراسة أفضل و أوفر الطرق الممكنة لتطبيق هذه المواد العازلة عملياً.

المراجع:

1.ZABANITOU,A.A. and STAVROPOULOS,G. *Pyrolysis of used outomobile tires and residual char utilization.* Journal of analytical and applied pyrolysis,No.70, 2003, 711_722.

2. MAINIER,F.B.; SALVINI,B.P.; MONTEIRO,L.P.C.; MAINIER,R.J. *Recycling of tires in Brazil: alucrative business or animported problem.* International journal of engineering and applied sciences,Vol.2,No3, 2013, 19_28.

3. NEHDI,M. and KHAN,A. *Cementitious composites containing recycled tire rubber: an over view of engineering properties and potential application*. Cement concrete, and aggregates, ccagdp, Vol.23, No.1,2001,3_10.

4. GULZAD,A. *Recycling and pyrolysis of scrap tire*. Slovak university of technology in Bratislava, Slovakia,2011, 223.

5. YESILATA,B. ; ISIKERr,Y. ;TURGUT,P. *Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces.* Construction and building materials, No.23,2009,1878,1878_1882.

6. SIDDIQUE,R. and NAIK,T.R. *Properties of concrete containing scrap_ tire rubber_ an overview*. Waste management, No.24,2004,563_569.

7. NAIK,T.R.; SINGH,S.S.; WENDORF,R.B. *Applications of scrap tire rubber in asphaltic materials: state of the art assessment.* Report NO_CBU_1995_02, UWM center for by_ products utilization, university of Wisconsin_Milwaukee,49,1995,49.

8. HASSANI,A.; GANJIDOUS,H.; MAGHANAKI, A.A. *Use of plastic waste (poly_ ethylene terphtalate) in asphalt concrete mixture as aggregate replacement.* waste manage res,23,2005,322.

9. د.ملحم، عصام. و د.حنا، بسام. *مقاومة الخرسانة على الضغط و تأثيرها في مقاومة الأوساط الحامضية.* مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد42، العدد الأول، 2008، 35_9.

10. د. الحلبي، عبد الكريم. *خواص المواد* .الطبعة (الخامسة)، منشورات جامعة حلب_ كلية الهندسة، سورية، 1982،209.

11.BIRWAL,P.; DATIR, R.; PATEL, S. *Thermal insulation materials :A tool for energy conservation.* Journal of food processing and technology, Vol.8, No.4, 2017,1_4.

12. د. حسين، تحسين و د. سلمان، حسن. *تصميم قارن مطاطي من خلال تدوير الإطارات.* مجلة القادسية للعلوم الهندسية، المجلد 5، العدد 2012،2،67_52.

13. BAJUS,M. and OLAHOVA,N. *Thermal conversion of scrap tyres* .Petroleum coal,Vol.53, No.2,2011,98_105.