الإستدامة التكنولوجية فى آثاثات الحدائق والمتنزهات بإستخدام الألياف النسجية كألياف الموز وألياف الزجاج لتحقيق قدرة تحمل عالية بمساعدة مركبات الإيبوكسي عالية النقاء

Technological sustainability in garden and park furniture using textile fibers like banana and glass fibers to achieve high durability with the help of highly pure epoxy compounds

م.د / طارق أحمد محمود عبد الله راشد

مدرس قسم التعليم الصناعى - كلية التربية جامعة حلوان

Dr. Tarek Ahmed Mahmoud Abd Alla Rashed

Lecturer at industrial learning department - Faculty of Education – Helwan University

Tarekahmedrashed1973@gmail.com

الملخص:

تعتبر مشكلة عدم الإستدامة لأثاثات الحدائق العامة فى ظروف جوية خاصة مثل الحرارة والأمطار، وتلف هذه الأثاثات نتيجة الإستخدام المستمر وتعرضه للشدد والضغط والبرى . وقد هدف البحث الى تقديم نوعيات محلية لمواد متراكبة تصلح للعمل كأثاثات للحدائق العامة وبإستخدام مواد حشو مقواة من ألياف الموز وألياف الزجاج. وقد تم تحضير مواد متراكبة هجينة ذات أساس بوليمرى بطريقة الصب اليدوى من الإيبوكسى مدعمة بألياف الموز على هيئة شعيرات وبألياف الزجاج.

وتم إنتاج أربع عينات :

- الأولى : ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ١٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى .
- الثانية : ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ٢٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى .
- الثالثة : ١٠٠ جرام ألياف الزجاج (١) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .
- الرابعة : ٢٠٠ جرام ألياف الزجاج (٢) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .

- العينة الرابعة عينة مثالية ميكانيكياً ، نظراً لقوة الشدد العالية والاستطالة المرتفعة وإجهاد مقاومة الثنى العالى جداً ومقاومة الضغط المرتفع بالرغم من أنها من أعلى العينات فقداً للوزن ومقاومة البرى . وهى صفات مناسبة جداً لعمل آثاثات الحدائق والمتنزهات ، بما يتيح عمر إستعمالى أعلى ومقاومة للظروف الإستعمالية ، وعدم التأثر بظروف العوامل الجوية مثل الحرارة العالية والبرودة والأمطار .
- أما العينة الأولى فهى عينة إقتصادية ، فتظهر لنا فى حالة الرغبة فى الحصول على أقل تكلفة للخامات ، وقوة شدد مرتفعة واستطالة عالية وإجهاد ثنى عالى نسبياً مع اجهاد ضغط مرتفع وفقد فى الوزن قليل جداً . فهى عينة إقتصادية مثالية جداً فى عمل أثاثات الحدائق والمتنزهات .
- كما يتضح الجانب الإقتصادى الهام فى إنتاج هذه النوعية من الآثاثات بطريقة بسيطة وبأسلوب مصرى خالص ، حيث تم الإستفادة من خامة ألياف الموز وألياف الزجاج بدلاً من حرقها بما يحقق جانب بيئى هام . كما أن ألياف الزجاج تستخدم فى التقوية مما يعطى جانب كبير من استمرارية الآثاث مع بعض الصيانة ، أما بخصوص خامة الإيبوكسى فهى ذات أسعار مناسبة بالمقارنة بالخامات الأخرى المستخدمة فى صنع هذه النوعية من آثاثات الحدائق والمتنزهات .

الكلمات المفتاحية :

الإيبوكسى – ألياف الموز – ألياف الزجاج – أثاث الحدائق

Abstract:

The problem of lack of sustainability for public garden furniture in special weather conditions such as heat and rain, and the damage of these furniture as a result of continuous use and exposure to stress, pressure and land. The research aimed to provide local qualities of overlapping materials suitable to serve as furniture for public parks and by using filler materials reinforced with banana and glass fibers. Hybrid composite materials based on polymeric materials were prepared by manual epoxy casting supported by banana fibers in the form of filaments and glass fibers.

Four samples were produced:

• The first sample: 50 grams banana fibers bristles, 100 grams glass fibers, 1 kg epoxies.

• The second sample: 50 grams banana fibers bristles, 200 grams glass fibers, 1 kg epoxies.

• The third sample: 100 grams fiberglass (1) woven layer, 1 kg epoxy.

• Fourth sample: 200 grams of fiberglass (2) woven layer, 1 kg epoxy.

• The fourth sample is the ideal sample for garden and park furniture, due to its high tensile strength; high elongation, very high tensile stress and high pressure resistance although it is one of the highest samples in terms of weight loss and ground resistance. They are very suitable qualities for making garden and garden furniture, which allows for a higher use life and resistance to use conditions, and not affected by conditions of weather conditions such as high temperature, cold and rain.

• As for the first sample, it is an economic sample. It appears to us in the case of wanting to obtain the lowest cost of raw materials, high tensile strength, high elongation, relatively high flexural stress, with high pressure stress and very little weight loss. It is a very ideal economic sample for garden and park furniture.

• As it becomes clear the important economic aspect in producing this type of furniture in a simple way and in a pure Egyptian style, as the material of banana fibers and glass fibers was used instead of burning them in order to achieve an important environmental aspect. Also, glass fibers are used for reinforcement, which gives a large part of the continuity of the furniture with some maintenance. As for the epoxy material, it is of reasonable price compared to other materials used in making this type of garden and park furniture.

Key Words:

Epoxies - banana fibers - glass fibers - garden furniture

المقدمه Introduction:

بدأ انتشار الخامات المركبة فى ستينات القرن الماضى ، وهى خامات مؤلفة من مادتين مختلفتين متمايزتين أو أكثر ، أولاهما مادة تقوية يمكن أن تكون على شكل ألياف مصنوعة من مواد عالية المقاومة (كألياف الكربون وألياف الزجاج ..) [٢] ، والمادة الثانية هى إحدى اللدائن أو البوليمرات الغروية ، التى تعطى المنتج شكله النهائى المطلوب وتسمى المادة الحاضنة . وتكون الخواص الميكانيكية للمنتج النهائى مغايرة لخواص أى من المواد المؤلفة . ومن تلك الخامات التى يمكن استخدامها فى هذا المجال خامة الراتنج الصناعى الذى يمكن الدمج بينه وبين العديد من خامات التصميم الداخلى مثل الخشب والرخام والقماش والمعادن .. والإفادة من ذلك الدمج بشكل كبير من الناحية الجمالية والإنشائية والتكنولوجية [٦] .

ويعتبر الموز محصول سنوي فريد من نوعه ، وبعد أن تنمو الثمرة تموت الأوراق والجذوع الكاذبة لتفسح الطريق للبراعم والجذيرات لتتجدد من الريزومة (٣) . ويتطلب حصد المحصول الاستغناء عن كل الأجزاء الأخري للنبات عدا الثمرة ، لذا فهذه البراعم الصغيرة تحل محل النبات الأصلي . وتظل هذه الدورة مستمرة لأجيال لانهائية ، والشائع أن الأوراق والجذوع الكاذبة تترك لتتعفن في المزارع أو تسد نقص المواد الغذائية في التربة . وألياف الموز هى بديل أكثر استدامة للخامات الطبيعية على الرغم من أن الكثير من الناس لا يدركون وجودها أو استخدامها، وتتكون أساسا من السليولوز واللجنين (٧).
ولتصميم آثاث الحدائق العامة المستدامة يجب أن تكون الوحدات صديقة للبيئة ومصنعة من مواد خالية من الانبعاثات الغازية ولا تستهلك طاقة كبيرة فى عملية التصنيع والانتاج الى أقصى حد ممكن وتكون قابلة لإعادة التدوير أو قابلة للتحلل الحيوى.

مشكلة البحث problem of research :

- تأثر آثاثات الحدائق والمتنزهات بالضغط المستمر والشد والبرى مما يعرضها للتلف والتقطيع .
- معظم هذه الآثاثات إما خفيفة الوزن فتتطاير أو ثقيلة الوزن فلا تنقل من مكانها وغير مستدامة .
- أحياناً كثيرة تكون الخامات التقليدية الصناعية غير صديقة للبيئة ولا تراعى الجانب الإقتصادى .

أهمية البحث Study Significance :

تتضح أهمية البحث فى النقاط التالية :

- انتاج آثاثات حدائق ومتنزهات بتكنولوجيا مصرية تناسب الأجواء المصرية ، وتتحمل الظروف الجوية كالحرارة أو الأمطار والظروف الميكانيكية .
- تعظيم الإستفادة من الألياف النسجية كألياف الموز وألياف الزجاج كحشوات تقوية فى إنتاج آثاثات الحدائق والمتنزهات.
- تطويع مركبات الإيبوكسى عالى النقاء للوصول الى أسس ومتطلبات تصميم أثاث الحدائق المستدامة .
- إلقاء الضوء على الجوانب الإقتصادية بعد عمليات الإنتاج المقترحة .

منهجية البحث Methodology of research :

- يعتمد البحث على المنهج الإستنباطى وإسلوبى التطبيق العملى والتحليل الإحصائى .

هدف البحث Objective of research :

- تقديم نوعيات مصرية الصنع منتجة بتكنولوجيا وخامات مستدامة وباستخدام مواد حشو مقواة من ألياف الموز وألياف الزجاج ومركبات الإيبوكسى .

التجارب العملية Experimental work :

- تم إجراء التجارب العملية للبحث بمعمل شعبة الصناعات النسجية بقسم التعليم الصناعى بكلية التربية جامعة حلوان .
- تم فى هذا البحث تحضير مواد متراكبة هجينة ذات أساس بوليمرى بطريقة الصب اليدوى Hand lay-up ، وقد حضرت المواد المتراكبة من الإيبوكسي Epoxy عالى النقاء ألمانى المنشأ مدعم بألياف الموز Banana Fibers على هيئة شعيرات ، وبألياف الزجاج النسجية نوع E-Glass على شكل حصيرة Roving Woven صينى المنشأ ، ويكون راتنج الإيبوكسى المُحضر على هيئة سائل لزج شفاف اللون عند درجة حرارة الغرفة ويخلط مع المصلب بإضافة ١٠جرام من المصلب/١٠٠ جرام من الراتنج وهو أحد أنواع البوليمرات المصلدة حرارياً .
- تم قياس جميع الاختبارات والحصول على النتائج المدونة بالبحث بمعمل اختبار المواد بمعامل السيراميك والبلاستيك والمواد الصلبة بالمركز القومى للبحوث بالدقى ، جمهورية مصر العربية .

– كل القياسات قد تمت عند ٢٣ مْ ودرجة رطوبة ما بين ٥٠ – ٦٠ % مع إجراء جميع المعايرات اللازمة لأجهزة القياس بصفة دائمة ومستمرة تحت رقم التقرير Mo1 2303 11 2019 .

الخطوات الإجرائية للبحث .Procedural steps for research

تم إنتاج ٤ عينات إيبوكسي مع (عينتين من ألياف الموز والزجاج ، وعينتين من ألياف الزجاج فقط) .

- العينة الأولى : ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ١٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى .
- العينة الثانية : ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ٢٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى .
- العينة الثالثة : ١٠٠ جرام ألياف الزجاج (١) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .
- العينة الرابعة : ٢٠٠ جرام ألياف الزجاج (٢) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .

المقدمة :

يعتبر تصميم اثاث الحدائق المستدام هو حجر الأساس لأى عمل فنى يمتاز بالجودة ، ولكى يعبر التصميم عن وظيفته وشموليته لمتطلبات النجاح والتى بالتالى تنعكس على طريقة التنفيذ ، لذلك يجب أن يكون مستوفياً لشروط عدة منها (المتانة ، المنفعة ، الجمال ، الإقتصاد ، والمواءمة البيئية) أى أن يكون الأثاث صديقاً للبيئة . وتُعرف الإستدامة بأنها :

- مصطلح بيئى يصف كيفية الحفاظ على النظم الايكولوجية المتنوعة والمنتجة على مر الزمن ، وتتضمن أفكاراً تتعلق بالشكل والمضمون .
- سد حاجات الناس فى الحاضر دون التأثير على الأجيال القادمة لسد احتيجاتهم فى المستقبل .
- الحفاظ على نمو وتطور المنتجات الصناعية اقتصادياً عبر الزمن وضمن الحدود التى يقرها النظام الايكولوجى والعلاقات المتداخلة ما بين المنتجات الصناعية والمستخدم . وهذا يدل على التكامل ما بين الحماية والتنمية الإقتصادية [٧] .

ولتحقيق الإستدامة يتطلب حلولاً وتغيرات جذرية لتصميم المنتجات الصناعية الحالية إذ يقدم حلولاً تصميمية ضمن النظام الصناعى والإقتصادى ويقلل من العبء على الصحة النفسية والجسدية للمستخدم ويكون ذلك من خلال استخدام التقنيات الحديثة والخامات والمواد المستدامة فى تصميم وإنتاج المنتجات الصناعية ومن ثم تغيير النظام التصميمى والتعرف على هيكل التصميم الصناعى الملائم للإستدامة ، إذ يعتمد المصمم الصناعى النظم الطبيعية وتوظيفها ضمن تكنولوجيا العصر وتقنية تصميم منتجات صناعية مستدامة من خلال إستمثار الأفكار البنائة فى تصميم الأثاث المستدامة .

مبادئ تحقيق الإستدامة :

- إقتصاد الموارد Economy of resources
- تصميم دورة الحياة للمنتج الصناعى Life cycle design of the industrial product
- التصميم الإنسانى Human design
- الحفاظ على الطاقة Energy conservation
- الحفاظ على الموارد Material conservation

وتركز استدامة المنتجات الصناعية على خفض متطلبات الطاقة لإنتاج بيئة لطيفة وخالية من التلوث ومتفاعلة مع الطبيعة ، وتصميم الراحة النفسية والجسدية للمستخدم بتحسين بيئة الإستخدام الذى ينتج عنه زيادة فى الإنتاجية وخفض التوتر وزيادة التأثير الإيجابى فى الجانب النفسى للمستخدم .

تصميم وأبعاد الجلسة فى أثاث الحدائق العامة :

من أهم الأوضاع التى يزاولها الإنسان عند وجودة فى الحدائق العامة هى وضعية الجلوس ، إذ أن الهدف الأساسى من الجلوس ليس فقط حمل وزن الجسم بعيداً عن القدمين ولكن لتثبيت الجالس ، وبذلك يتمكن من المحافظة على الثبات أثناء أداء الأنشطة المختلفة فى وضع الجلوس ، فضلاً عن توفير قدر من الراحة من خلال راحة العضلات [١] .

إن ألياف الموز، تُعد أحد أقوى الألياف الطبيعية في العالم ، حيث تُستخرج الألياف الطبيعية من جذع شجرة الموز . وتُستخرج الألياف الأكثر سمكًا من القشرة الخارجية لأشجار الموز ، في حين أن القشرة الداخلية يُستخرج منها ألياف ليّنة [١٥] .

ألياف الموز هى بديل أكثر استدامة للخامات الطبيعية على الرغم من أن الكثير من الناس لا يدركون وجودها أو استخدامها، وتتكون أساسا من السليولوز واللجنين . وقدرة دورانها ونعومتها وقوتها أفضل . يمكن استخدام ألياف الموز لصناعة عدد من المنسوجات المختلفة الأوزان والسُمك ، استنادًا إلى أي جزء من أجزاء الموز تم استخراج الألياف منها .

وألياف الموز مقاومة جيدة للماء بشكل طبيعي ، وتعتبر أيضًا مقاومة للحريق وقابلة لإعادة التدوير .

والموز هو واحد من أوائل المحاصيل الزراعية في تاريخ الإنسان الزراعي . ويرجع أصل هذا النبات وعائلته للهند ، وقد نشرت بعض الدراسات القليلة التي تؤكد أن ألياف الموز هي المواد الأولية في صناعة مركبات الألواح الخشبية ، وأوضح ميلك و آخرون عام ٢٠٠٥ إمكانية استخدام ألياف الموز المدعمة بمادة راتنجات الإيبوكسى ، وهى مادة شديدة الإلتصاق ومقاومة للإحتكاك وللمواد الكيماوية والمذيبات .

تقطع وتجفف أوراق شجر الموز لإنتاج الألياف ثم يتم فرش الخيوط المجففة لكي تنسج على أنوال صغيرة باستخدام خيوط الصوف لإنتاج السجاد والحقائب [١١] . وتعتمد طريقة تجهيز الخيوط من الألياف على تقطيع السيقان باستخدام ماكينة بسيطة واستخلاص الألياف منها، ثم وضع الألياف في وعاء يستوعب ٥ لترات من المياه، مع إضافة الخل والملح الخشن إلى المياه، ثم يتم بعد ذلك تصفية المياه وتعريض الألياف للشمس من أجل التجفيف، لتتحول إلى خيوط يتم قصها .

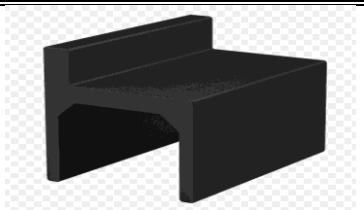
شكل رقم (١) : بعض أشكال الصناعات اليدوية باستخدام ألياف الموز

وقد عادت ألياف الموز في الآونة الأخيرة إلى الظهور في العديد من الصناعات، وهي تُستخدم في جميع أنحاء العالم لمنتجات متعددة، مثل إنتاج أكياس الشاي وإطارات السيارات والصناعات اليدوية كالشنط والسلال والمقاعد . يمكن استخدام ألياف الموز لتصنيع الحبال والحصائر والأقمشة المنسوجة وكذلك الورق المصنوع يدوياً ، وتشير الأبحاث إلي أن الأمر يتطلب ٣٧ كيلوجراماً من سيقان الموز لإنتاج كيلو جرام واحد من ألياف الموز [١٥] . وتتميز محافظة سوهاج بإنتاجها الغزير من محاصيل الموز التي تصل إلى ٦٥ طناً سنوياً يتم زراعتها على مساحة ٣٠٠٠ فدان ، مما يجعلها من المحافظات الرائدة فى إنتاج ألياف الموز واستخدامها للصناعات اليدوية [١١] .

ويوضح الشكل رقم (١) بعض النماذج للصناعات اليدوية كالشنط والسلال والمقاعد والمصنعة من ألياف الموز والذى تم استخلاصه من سيقان نبات الموز .

جميع البوليمرات إما من نوع اللدائن الحرارية (الثرموبلاستيك) أو من نوع اللدائن التى تتصلب بالتسخين (الثرموستنك) ، وهذا يعنى أن بعض البوليمرات يلين وينساب عندما يسخن الى درجة حرارية مرتفعة ، والنوع الآخر يتصلب أو يتبلمر بعملية التسخين .

- لدائن الثرموبلاستيك تنصهر عند درجات الحرارة العالية ويمكن أن يعاد تسخينه عدة مرات واستخدامه مرات أخرى ، وهى صورة جيدة لمبدأ اعادة التدوير .
- لدائن الثرموستنك حين يتم بلمرتها سوف تتصلب ولا يمكن صهرها بالتسخين حيث أنها حال تعرضها للحرارة العالية غالباً ما تتفحم أو تحترق ، أى أنها تستخدم لمرة واحدة فقط ولا يمكن اعادة استخدامها .

		
مقعد خرسانى تقليدى فى الحدائق	مقعد من راتنجات الإيبوكسى مقواة بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) يصلح للحدائق والمتنزهات .	وحدة زراعية من راتنجات الإيبوكسى يمكن تقويتها بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح للحدائق والمتنزهات .
مقعد من راتنجات الإيبوكسى يمكن تقويته بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح للحدائق والمتنزهات .	مقعد من راتنجات الإيبوكسى يمكن تقويته بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح للحدائق والمتنزهات .	مقعد من راتنجات الإيبوكسى مقوى بالألياف النسجية (ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح للحدائق والمتنزهات .
منضدة من راتنجات الإيبوكسى يمكن تقويتها بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح للحدائق والمتنزهات .	منضدة من راتنجات الإيبوكسى يمكن تقويتها بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح للحدائق والمتنزهات .	وحدة إضاءة من راتنجات الإيبوكسى يمكن تقويتها بالألياف النسجية (ألياف الموز – ألياف الزجاج) لمزيد من التحمل تصلح لبرجولات الحدائق والمتنزهات .

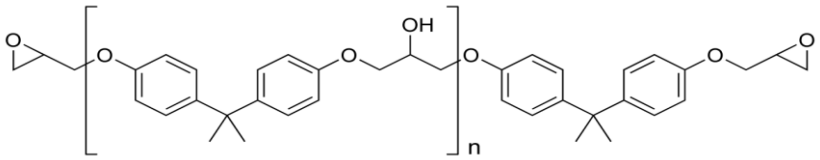
شكل رقم (٢) : بعض أشكال من صناعات الأيبوكسى المقواة بالألياف النسجية التى يمكن استخدامها فى آثاث الحدائق والمتنزهات

ويوضح الشكل رقم (٢) أحد أنواع مقاعد الحدائق والمتنزهات التقليدية والمصنعة من الخرسانة المسلحة وهى الشكل التقليدى القديم ، فيما يوضح نفس الشكل بعض أثاثات الحدائق والمتنزهات من مقاعد وأحواض زهور والمستخدم فيها مركبات الإيبوكسى المقواة بالألياف النسجية . كما يوضح الشكل أيضاً بعض أنواع المناضد ووحدات الإضاءة والمستخدم فيها مركبات الإيبوكسى مع الأخشاب والمصنعة بطريقة الصب اليدوى ، وهى نفس الطريقة المستخدمة فى إنتاج عينات البحث .

ينتمي راتنج الإيبوكسي Epoxy Resin إلى مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة ، الراتنجات الإيبوكسية من المواد الحديثة التى تستخدم فى مجالات كثيرة . وكلمة إيبوكسى مشتقة من اللغة اليونانية وتتكون من مقطعين : (Epi) ومعناها من الخارج ، (Oxy) اختصار للكلمة (Oxygen) أى ذرة الأكسجين ترتبط من الخارج بذرتين من الكربون . وهى تتكون من مركبين : مادة الأساس Matrix Material : تمتاز بخفة وزنها ومقاومتها المرتفعة لدرجات الحرارة العالية ولكنها ضعيفة . ومادة التقوية Reinforcing Material : تمتاز بمقاومتها العالية وثبات الأبعاد [٦] .

وهي شديدة الالتصاق ومقاومة للاحتكاك والمواد الكيماوية سواء كانت أحماض أو قواعد . وتتميز هذه الراتنجات بعدم إمكانية إعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها إلى مادة صلبة نتيجة لتكون سلاسل بوليمرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو ما يسمى بالربط التشابكي . يحتوي راتنج الإيبوكسي على مجموعتين أو أكثر من مجاميع الإيبوكساید التي تتألف من ذرة أُوكسجين مرتبطة مع ذرتي كربون ، ترتبط مجموعة الإيبوكسي كيميائياً مع الجزيئات الأُخرى لتشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد [١٣] .

وتعتبر راتنجات الإيبوكسي مركبات أقوى من الخرسانة مرتين ، ومقاومة للماء ، ولذلك تستخدم لأغراض صناعية منذ عام ١٩٦٠ ، ومن أشهر البوليمرات البولى استر والبولى يوريثان [٦] .



السلسلة الكيمائية لراتنجات الإيبوكسى " n " عدد مجموعات البوليمرات

H_2N --- NH --- HN --- NH_2

المصلب : ترای إيثيلين تيترامين

شكل رقم (٣) : شكل توضيحى يوضح السلسلة الكيميائية لراتنجات الإيبوكسى المستخدمة مع الألياف النسجية ونوع المصلب المستخدم فى البحث

ويوضح الشكل رقم (٣) السلسلة الكيميائية لراتنج الإيبوكسى عالى النقاوة المستخدم فى البحث ويلاحظ أن والوحدة البوليمرية تتكون من حلقتين بنزين ومجموعة كربوكسيل ترتبط مع المجموعة البوليمرية المجاورة عن طريق مجموعة الهيدروكسيل OH وتستمر السلسلة فى التكوين بهذه الطريقة .

أما طريقة إرتباط هذه السلسلة مع الألياف النسجية وتصلبها فيرجع الى المصلب ترای إيثيلين تيترامين ، حيث يرتبط المصلب مع راتنج الإيبوكسى عن طريق مجموعة NH .

مميزات الإيبوكسى [١٢] :

- يُنشىء الإيبوكسي سطحاً لامعاً على الأسطح ، مما يضفي لمسة من الجمال عليه .
- يوفر الإيبوكسي سطحاً متيناً وقوياً ، وقادراً على تحمل الحركة الثقيلة والمستمرة .
- من السهل تركيب طبقات الإيبوكسي ، وهو يُعد من الحلول الصديقة للبيئة .
- يتميز الإيبوكسي بسهولة التنظيف ، ويقاوم بقع الزيت .
- يمكن دمج الإيبوكسى مع الألوان لإخفاء الرقائق والشقوق .
- توفر الإيبوكسيات سلامة معززة عن طريق إنشاء سطحاً مقاوماً للإنزلاق والحرارة والضغط .
- مركبات الإيبوكسي ذات سعر منخفضاً نسبياً بالمقارنة بخامات صناعية أخرى .

- مركبات الإيبوكسي قادرة على الحفاظ على حجمها الأصلي دون تغيير . فالمنضدة المصنوعة من الإيبوكسي لن تكون جذابة من الناحية الجمالية فحسب بل تتمتع بالإستدامة والعمر الطويل أيضاً . كما أنها مقاومة لتغيرات درجة الحرارة والرطوبة والأمطار والأضرار الميكانيكية كالشدد والثنى والبرى والضغط .

ويمكن تمييز المتطلبات الأساسية التالية لراتنج الإيبوكسي :

- يجب أن تكون تكلفة مركبات الإيبوكسي منخفضة نسبياً مراعاة للعامل الإقتصادى .
- يجب أن تكون مركبات الإيبوكسي منخفضة اللزوجة ، وعند مزجها لا تتبقى فوق سطحها أو بداخلها أى فقاعات .
- يجب أن تتصلب مركبات الإيبوكسي ببطء ، لتعطي الفرصة لتشكيلها جيداً .
- يجب ألا تفقد مركبات الإيبوكسي حجمها أثناء التشكيل .
- يمكن إضافة مسحوق فلورى الى مركب الإيبوكسي وذلك لتحقيق تأثير توهج جميل للسطح .

فى حالة الرغبة للسطح الملونة ، يمكن إضافة مواد صباغة ، ويجب أن تكون مواد الصباغة من نفس الشركة المصنعة للراتنج ليتم التمازج التام . مع العلم أن استخدام اللون سيقلل من تأثير الأشعة فوق البنفسجية ، ويلاحظ أن سكان البلدان الباردة يميلون الى استخدام الألوان الحارة بينما نرى أن سكان المناطق الحارة يحبذون استخدام الألوان الباردة [٧] .

المواصفات المطلوبة لخامة الراتنج المستخدمة [٦] :

1. مظهر الطبقة الجافة : يجب أن يكون ناعم وخال من العيوب السطحية ، لتعطى مظهراً لائقاً للإستخدام فى عناصر لتصميم الداخلى والأثاث .
2. مقاومة المواد الكيميائية : يجب أن تكون الخامة مقاومة للمواد والكيماويات .
3. امتصاص الماء : يجب ألا يتجاوز امتصاص الخامة للماء ٠,٥ % حتى لا يتغير حجمها .
4. قوة الإلتصاق: يجب ألا تقل قوة إلتصاق الخامة عن ٢ نيوتن / مم^{٢} ، حتى تتماسك مع غيرها من الخامات فى قطعة الأثاث .
5. قوة الإنضغاط: يجب ألا تقل قوة إنضغاط الخامة عن ٦٠ نيوتن / مم^{٢}، ضمان توازن قوى الضغط والشد مع الخامات الملاصقة لها.
6. قوة الثنى : يجب ألا تقل قوة الثنى للخامة عن ٢٠ نيوتن / مم^{٢} ، لضمان درجة صلابة مناسبة للإستخدام مع قطع الأثاث.
7. قوة الشد : يجب ألا تقل قوة الشد للخامة عن ٢٠ نيوتن / مم^{٢} ، ويكون لها قدرة كافية للتحميل عليها.
8. مقاومة البرى : يجب ألا تفقد الخامة أكثر من ١٠٠ ملى جرام مع حمل وزن ١ كيلوجرام لـ ١٠٠٠ لفة ، ليكون لها القدرة على تحمل عوامل الإستخدام فى قطع الأثاث .
9. مقاومة الصدمة : يجب ألا يظهر أى تشققات أو انفصال لطبقة من الخامة إذا تم بإستعمال وزن ٥٠٠جرام من على ارتفاع السقوط ١٠٠سم ، ليكون لها قدرة على تحمل الإرتطام أثناء النقل والإستخدام .

استخدام خامات نسجية لتقوية مركبات الإيبوكسى عالى النقاء:

- إن الراتنج الصناعى وخاصة البولى استر له مواصفات فنية عالية من حيث القوة وتحمل المؤثرات خاصة عند تدعيمها بالألياف الزجاجية ، ويمكن استخدام تلك المواصفات فى انتاج نماذج من عناصر التصميم الداخلى والأثاث .
- يستخدم الراتنج الصناعى سائلاً لتشبيع الأقمشة النسجية، حيث يتم وضع تلك الأقمشة المبللة بالراتنج السائل على هياكل معدة سلفاً لإكسابها تكوينات تشكيلية معينة تسمح باستخدامها عند جفافها بعد ذلك فى الأغراض التى صنعت من أجلها . مما يسمح بالإفادة من ألوان الأقمشة ومرونتها للتشكيل، وبين صلابة الراتنج وثباته للمؤثرات بعد ذلك .

- تسمح خامة الراتنج الصناعى بتداخلها مع خامة الخشب بإنتاج قطع أثاث تتسم بطابع الشفافية فى بعض أجزائها مع ضمان الصلابة وعدم الخوف من الكسر أو التهشم مثلما يحدث مع الزجاج.

- إن شفافية خامة الراتنج مع امكانية تلوينه بألوان شفافة يسمح بإنتاج تكوينات فنية وجمالية غاية فى الروعة معتمدة على شفافية الخامة ونفاذيتها للنور وامكانية تداخلها المطلق مع الخامات المصمتة.

شكل رقم (٤) : طريقة تصنيع آثاث الحدائق والمتنزهات من ألياف الموز وألياف الزجاج المدعمة بالإيبوكسى عالى النقاء يشابه الطريقة المستخدمة فى تصنيع الطوب الزجاجى

يوضح الشكل رقم (٤) بعض الأدوات المستخدمة فى طريقة تصنيع الطوب الزجاجى [٤] ، حيث يمكن استخدام نفس الفكرة والأدوات فى الحصول على نماذج متكررة من قوالب الإيبوكسى المدعم بألياف الموز وألياف الزجاج . وذلك فى حالة الرغبة فى الحصول على نماذج مكررة ومتساوية الأحجام ، يمكن استخدامها فى تزيين حوائط أو أرضيات الحدائق والمتنزهات .

أما فى حالة الرغبة فى إنتاج عينات لمقاعد أو كراسى أو فواصل .. للحدائق والمتنزهات فإنه يجب عمل إسطامبات مطاطية من السليكون ربر أو إسطامبات من خامات أخرى .

كيفية تنفيذ آثاث الحدائق بطريقة الصب فى قوالب:

- الصب هو عملية تشكيل المواد الخام السائلة أو المرنة من خلال صبها فى إطار يسمى القالب أو المصفوفة. والقالب عبارة عن كتلة مجوفة ممتلئة بمادة سائلة أو مرنة مثل المواد البلاستيكية أو الزجاجية أو المعدنية أو الخزفية . يتم صب المادة داخل القالب وتُترك لتتجمد ثم يتم إخراجها لتصبح جزءاً مصنوعاً وتكون نظير القالب . ويستخدم الصب فى صناعة الأشكال المعقدة التى يكون من الصعب أو الغير إقتصادى صناعتها بطريقة أخرى .

- فى عملية التشكيل ذات الصمام الثنائى يتم استخدام قالبين ، قالب لكل نصف من الشكل .

- تحتوى القوالب المفصلية على قطع متعددة تتجمع لتشكيل القالب المكمل . وعند تحرير الصب يتم تفكيكها ، وهى باهظة الثمن ولكنها ضرورية عندما يكون شكل الصب معقد .

- يستخدم قالب القطع عدداً من القوالب المختلفة ، ينشئ كل منها مقطعاً من كائن معقد ، ويستخدم للأشياء ذات القيمة العالية [١٣] .

التجارب العملية والجداول

أولاً : العينات والمواد المستخدمة فى البحث .

تم فى هذا البحث تحضير مواد متراكبة هجينة ذات أساس بوليمرى بطريقة الصب اليدوى Hand lay-up [٥]، وقد حضرت المواد المتراكبة من الإيبوكسى المدعم بألياف الموز Banana Fibres على هيئة شعيرات ، وبألياف الزجاج الحصيرية نوع E-Glass على شكل حصيرة Roving Woven . ويكون راتنج الإيبوكسى المُحضر على هيئة سائل

لزج شفاف اللون عند درجة حرارة الغرفة ويخلط مع المصلب بإضافة ١٠ جرام من المصلب/١٠٠ جرام من الراتنج وهو أحد أنواع البوليمرات المصلدة حرارياً Thermosetting .

تم إجراء الاختبارات على العينات التالية :

العينة الأولى : ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ١٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى .

العينة الثانية : ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ٢٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى .

العينة الثالثة : ١٠٠ جرام ألياف زجاج (١) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .

العينة الرابعة : ٢٠٠ جرام ألياف زجاج (٢) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .

الكيماويات المستخدمة فى التجارب :

- سوائل الإيبوكسى الألمانى عالى النقاء . اللون الشفاف هو لون الإيبوكسى المستخدم .
- المصلب تراى إيثيلين تيترامين بنسبة ١٠جرام / ١٠٠ إيبوكسي .

خصائص ألياف الموز .

تم الحصول على على ألياف الموز من العينات المتوفرة من المركز القومى للبحوث شعبة الغزل والنسيج .

- التركيب الكيميائى : السليلوز ، هيميسيلولوز ، اللجنين .
- قوة الشدد : قوية
- الأستطالة : صغيرة
- المظهر : مظهر لامع
- الوزن : خفيفة
- امتصاص الرطوبة : قوية

خصائص ألياف الزجاج .

تم الحصول على ألياف الزجاج من إنتاج شركة (L G (Owens Corning ذات المواصفة التالية :

إستطالة %	مرونة كجم/ملى^{٢}	متانة جرام / دنير	وزن نوعى جرام / سم^{٣}	الإمتصاص %	مقاومة الحرارة
٢	٢٠٠	٦,٥	٢,٥٤	٠,١	٧٣٢ م

ثانياً : الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية والأجهزة المستخدمة فى القياس .

تم استخدام أربعة اختبارات ميكانيكية وفيزيائية للتعرف على خواص المادة المركبة ، وهذه الإختبارات هى :

اختبار اجهاد الشد Tensile Test

على جهاز Galdabini-Quasar 600-Made in Italy

حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D638 لعام ٢٠١١ فى الحصول على نتائج الإختبارات .

اختبار الاستطالة Elongation Test

على جهاز Galdabini-Quasar 600-Made in Italy

حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D638 لعام ٢٠١١ فى الحصول على نتائج الإختبارات .

اختبار الضغط Pressure Test .

على جهاز Galdabini-Quasar 600-Made in Italy

حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D695 لعام ٢٠٠٩ فى الحصول على نتائج الإختبارات .

اختبار إجهاد الثنى curvature stress Test .

على جهاز Galdabini-Quasar 600-Made in Italy

حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D790 لعام ٢٠١١ فى الحصول على نتائج الإختبارات .

اختبار مقاومة البرى Taber Abrasion

على جهاز Taber Dual Abraser

حيث اعتمدت المواصفة القياسية ASTM D4060 لعام ٢٠١١ فى الحصول على نتائج الإختبارات .

وقد تم الإنتهاء من الإختبارات فى ظروف التشغيل التالية :

استخدام مقياس دقته ٠,٠٠١ سم فى قياس أبعاد العينات .

استخدام ميزان حساس لأربعة أرقام عشرية ± ٠,٠٠٠١ جرام طراز CHYo-JK 180 .

استخدام فرن كهربائى طراز Memmert West Germany فى تجفيف العينات .

استخدام جهاز Galdabini-Quasar 600-Made in Italy المزود بجهاز تسجيل أتوماتيكى بالإضافة الى نظام تحكم ذاتى ومعايرة إليكترونية للضبط والإتزان، ومعايرة الجهاز يومياً أو بين خطوات الإختبار، وذلك لمعايرة الأحمال الناتجة .

استخدام جهاز Taber Dual Abraser فى اختبار الإحتكاك .

جميع الأجهزة المستخدمة كانت معايرة .

ظروف التشغيل والإختبارات .

تم إجراء جميع الاختبارات والحصول على النتائج المدونة بالبحث بمعمل اختبار المواد بمعامل السيراميك والبلاستيك والمواد الصلبة بالمركز القومى للبحوث بالدقى ، جمهورية مصر العربية .

كل الاختبارات قد تمت عند ٢٣ مْ ودرجة رطوبة ما بين ٥٠ – ٦٠ % مع إجراء جميع المعايرات اللازمة لأجهزة القياس بصفة دائمة ومستمرة .

رقم التقرير Mo1 2303 11 2019 بتاريخ ٢٠١٩/١١/٢٦ .

(العينة الأولى) (العينة الثانية) (العينة الثالثة) (العينة الرابعة)

شكل رقم (٥) : صور للعينات الأربعة المستخدمة فى البحث

يوضح الشكل رقم (٥) صور العينات الأربعة المستخدمة فى البحث ، حيث تمثل العينة الأولى ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ١٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى . بينما تمثل العينة الثانية ٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ٢٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى . فيما تمثل العينة الثالثة ١٠٠ جرام ألياف زجاج (١) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى . والعينة الرابعة ٢٠٠ جرام ألياف زجاج (٢) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى .

الصب اليدوى Hand lay out لراتنجات الإيبوكسى فوق ألياف الموز وألياف الزجاج

شكل رقم (٦) : طريقة الصب اليدوى Hand lay out المستخدمة فى عمل العينات

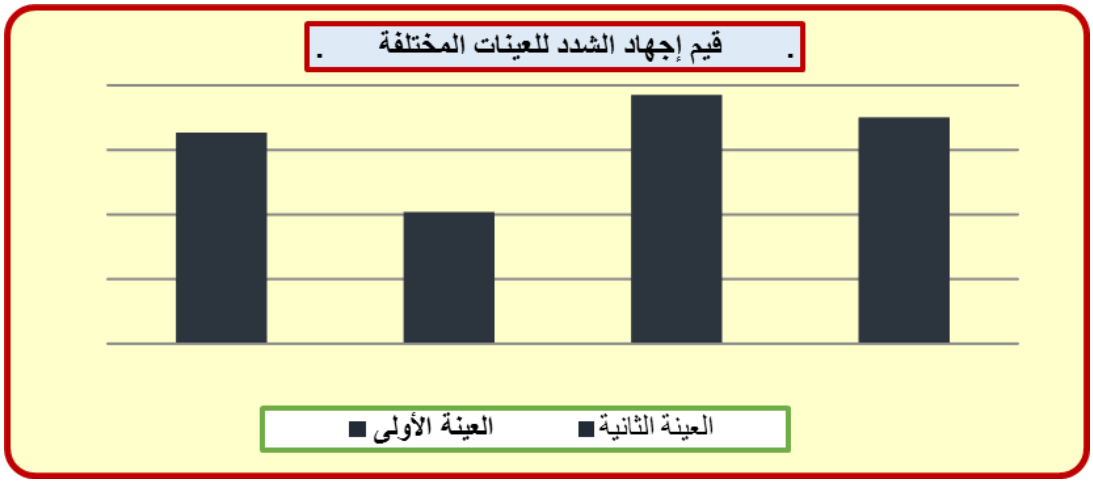
يوضح الشكل رقم (٦) طريقة الصب اليدوى المستخدمة فى عمل العينات [٥] ، وذلك بالنسب المحددة والمدونة فى البحث ، حيث يتم فرد نصف كمية راتنج الإيبوكسى بالمصلب أولاً فى القالب المستخدم ثم يتم فرد عينات ألياف الموز وألياف الزجاج فوق نصف الكمية ، ثم يتم فرد نصف الكمية الأخرى فوق العينات ، تترك العينات من ٢ – ٣ ساعات حتى تمام الجفاف . ومن الممكن إدخال بعض التعديلات على طريقة الصب اليدوى لتناسب عملية تصنيع مقاعد وكراسى وفواصل الحدائق والمتنزهات .

نتائج البحث :

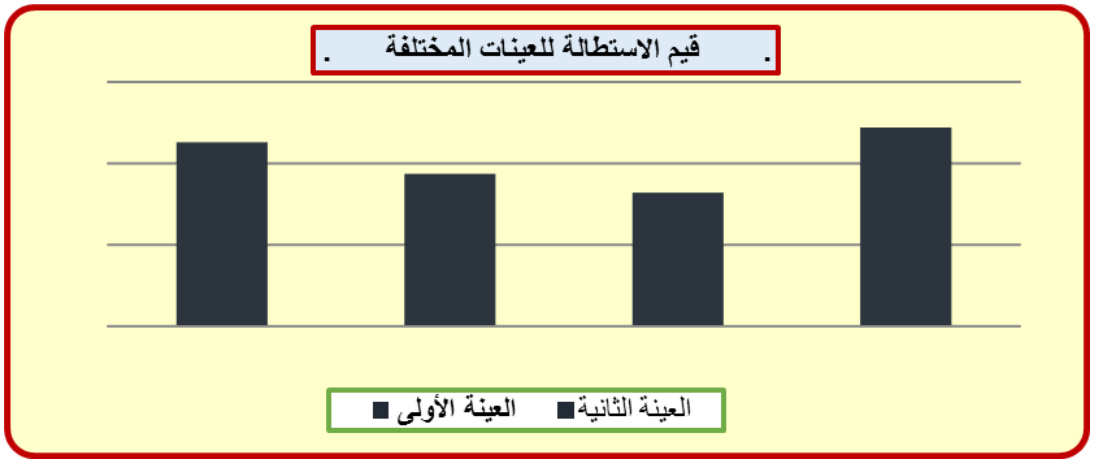
بعد عمل الإختبارات الميكانيكية السابقة للعينات بمعمل اختبار المواد بمعامل السيراميك والبلاستيك والمواد الصلبة بالمركز القومى للبحوث بالدقى وظروف معملية قياسية ودرجات حرارة ورطوبة قياسية ومعايرة جميع الأجهزة المستخدمة وقياس النتائج ، تم تدوين النتائج التالية :

(جدول ١-١) العلاقة بين إجهاد الشدد والاستطالة وإجهاد الثنى مع زيادة طبقات ألياف الموز وألياف الزجاج فى العينات

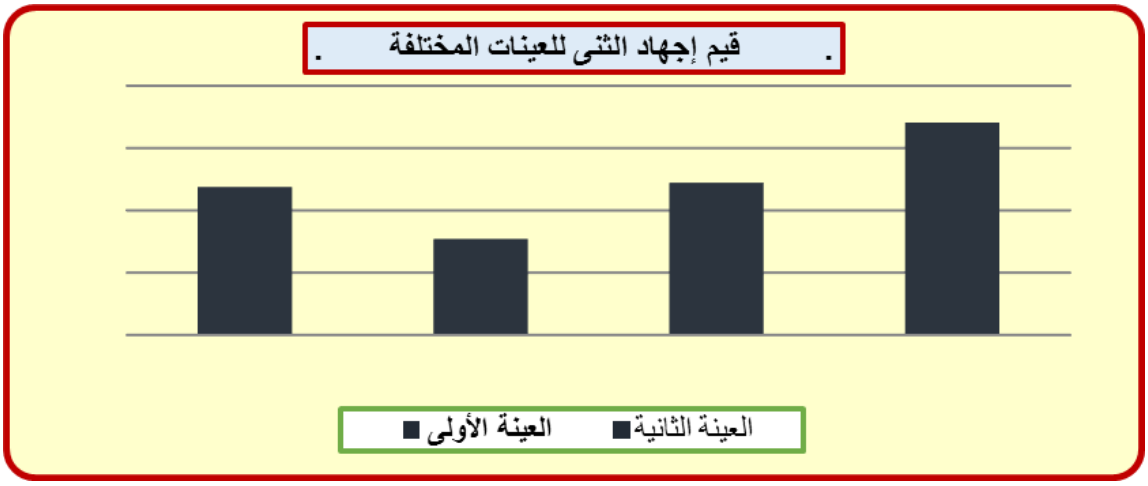
العينة			اجهاد الشدد (نيوتن/مم٢)	المتوسط	الاستطالة (%)	المتوسط (%)	اجهاد الثنى (نيوتن/م٢)	المتوسط
العينة الأولى	١ كجم إيبوكسى	٥٠ جم ألياف موز شعيرات ١٠٠جم ألياف زجاج منسوج	٢١,٤٤	٣٢,٦٩	١١,٩٢	١١,٣٠	١٠٩,٣٩	١١٨,٨٧
			٤٤,٤٦		١٠,٤٤		١٢٦,٠٠	
			٣٢,١٦		١١,٥٤		١٢١,٢٠	
العينة الثانية	١ كجم إيبوكسى	٥٠ جم ألياف موز شعيرات ٢٠٠جم ألياف زجاج منسوج	٢٣,٢٩	٢٠,٣٩	٧,٣٢	٩,٣٦	٨٩,٣٩	٧٧,١٥
			١٩,٦٦		١١,٩٤		٧٥,٨٨	
			١٨,٢٤		٨,٨٣		٦٦,١٩	
العينة الثالثة	١ كجم إيبوكسى	١٠٠ جم ألياف زجاج منسوج	٤١,٦٧		٨,١٩	٨,٢٠	١١٠,٤٨	١٢٢,٢٨
			٤٣,٩٠		٨,٧٤		١٣٥,١٨	
			٣٠,٠١		٧,٦٨		١٢١,١٩	
العينة الرابعة	١ كجم إيبوكسى	٢٠٠ جم ألياف زجاج منسوج	٣٢,٢٠	٣٥,٠٦	١٤,٤٠	١٢,٢١	١٨٦,٩٥	١٧٠,٤٧
			٣٦,٧٥		٩,١٨		١٤٥,٦١	
			٣٦,٢٣		١٣,٠٦		١٧٨,٨٦	



(شكل توضيحى (١-١) قيم إجهاد الشدد للعينات المختلفة)



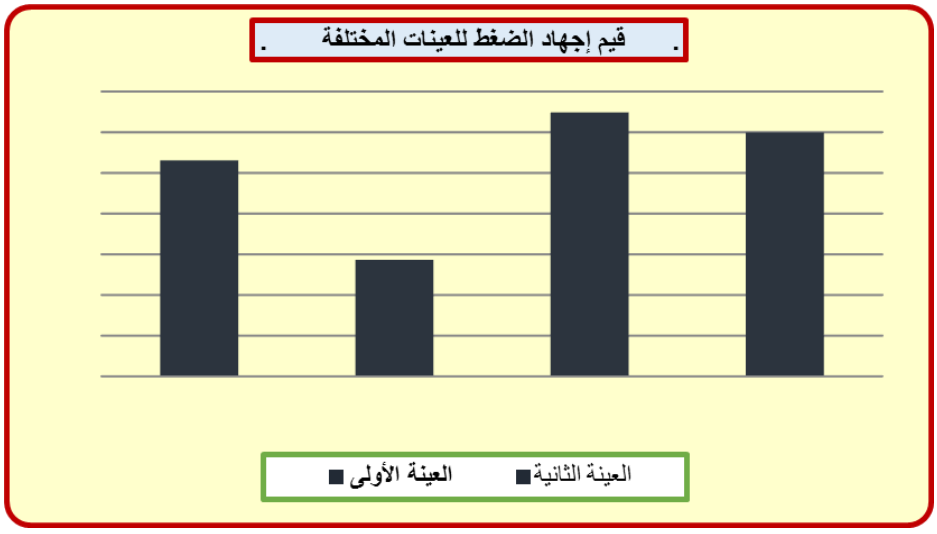
(شكل توضيحى (١-٢) قيم الإستطالة للعينات المختلفة)



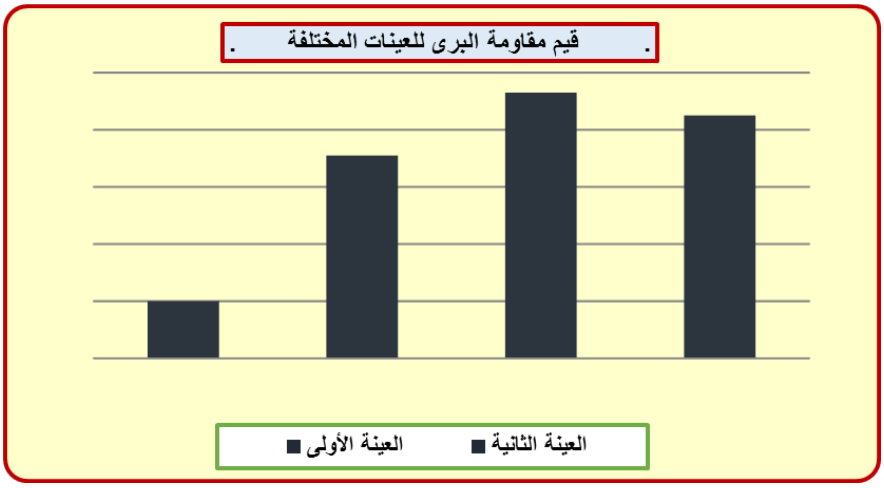
(شكل توضيحى (١-٣) قيم إجهاد الثنى للعينات المختلفة)

(جدول ٢-١) العلاقة بين إجهاد الضغط ومقاومة البرى مع زيادة طبقات ألياف الموز وألياف الزجاج فى العينات

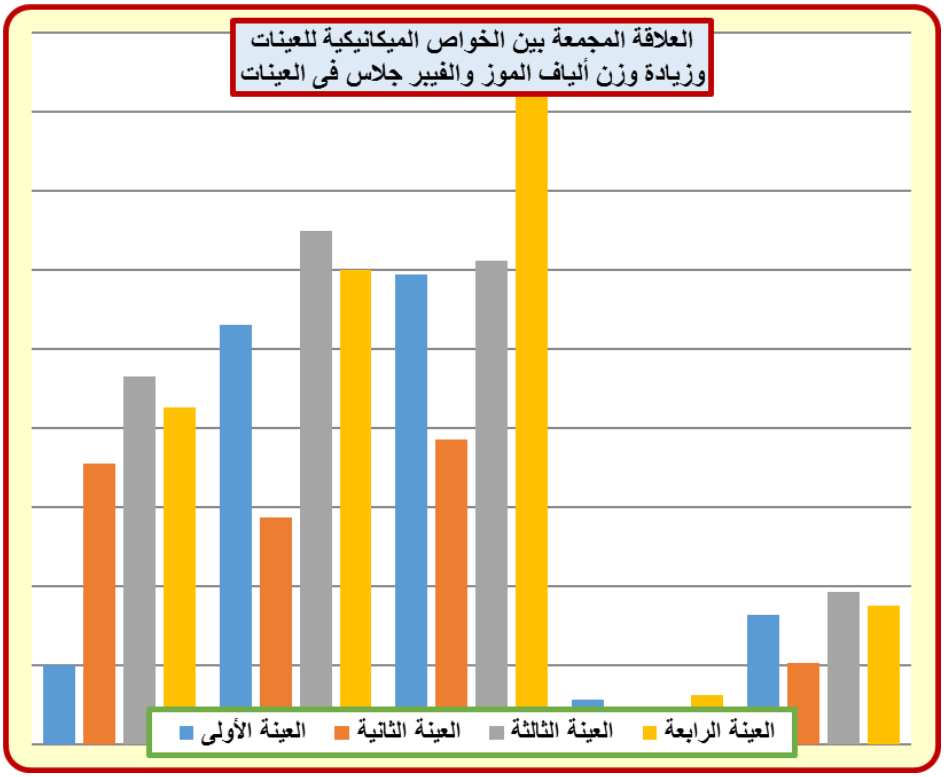
العينة			اجهاد الضغط (نيوتن/مم٢)	المتوسط	مقاومة البرى			
					عدد الدورات	الحجر المستخدم	الثقل	الفقد فى الوزن
العينة الأولى	١ كجم إيبوكسى	٥٠ جم ألياف موز شعيرات ١٠٠جم ألياف زجاج منسوج	٩٨,٦١	١٠٦,١٤	١٠٠٠	CS 17	١٠٠٠ جم	٢٠ مجم
			١٠٧,٨٠					
			١١٢,٠٠					
العينة الثانية	١ كجم إيبوكسى	٥٠ جم ألياف موز شعيرات ٢٠٠جم ألياف زجاج منسوج	٤٧,٨٧	٥٧,٢٨	١٠٠٠	CS 17	١٠٠٠ جم	٧١ مجم
			٥٤,٢٥					
			٦٩,٧٣					
العينة الثالثة	١ كجم إيبوكسى	١٠٠ جم ألياف زجاج منسوج	١٢١,٦٨	١٢٩,٧٢	١٠٠٠	CS 17	١٠٠٠ جم	٩٣ مجم
			١٣٥,١٢					
			١٣٢,٣٥					
العينة الرابعة	١ كجم إيبوكسى	٢٠٠ جم ألياف زجاج منسوج	١٢٨,١٧	١١٩,٨٩	١٠٠٠	CS 17	١٠٠٠ جم	٨٥ مجم
			١٠٠,٥٦					
			١٣٠,٩٥					



(شكل توضيحى (١-٢) قيم إجهاد الضغط للعينات المختلفة)



(شكل توضيحى (٢-٢) قيم مقاومة البرى للعينات المختلفة)



(شكل توضيحى (٣-٢) العلاقات بين الخواص الميكانيكية مجمعة وزيادة وزن ألياف الموز وألياف الزجاج فى العينات)

تفسير نتائج إجهاد الشدد والإستطالة وإجهاد الثنى :

العينة الأولى (٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ١٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-١) متوسط قوة الشدد للعينة الأولى ٣٢,٦٩ نيوتن/مم^{٢} . وقد ساعد إضافة ألياف الموز وألياف الزجاج الى تقوية مركبات الإيبوكسى ذات الشدد ٢٠ نيوتن/مم^{٢} ، مما يعنى أن الخامات الثلاثة المضافة قد أنتجت عينة ذات قوة شدد عالية بقدر كبير .

- ومن خلال الشكل (٢-١) كانت الإستطالة ١١,٣٠ % وهى استطالة عالية مناسبة ساعدت على تشكيل العينات وتصنيعها . وهذه العينة مناسبة جداً فى حالة عمل آثاثات الحدائق والمتنزهات وبأقل كمية من ألياف موز وألياف زجاج مضافة ، مما يجعلها عينة ذات جانب إقتصادى جيد جداً ويقلل من تكاليف الإنتاج .

- ومن خلال الشكل (٣-١) متوسط اجهاد مقاومة الثنى ١١٨,٨٧ نيوتن/مم٢ . وبمقارنة هذا المتوسط مع متوسط اجهاد الثنى لمركب الإيبوكسي وهو ٢٠ نيوتن/ مم٢ ، يتضح التطور الكبير الحادث لمركبات الإيبوكسى بعد إضافة ألياف الموز وألياف الزجاج . مما يجعل من العينة صالحة جداً فى صناعة آثاثات الحدائق والمتنزهات .

العينة الثانية (٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ٢٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-١) متوسط قوة الشدد للعينة الثانية ٢٠,٣٩ نيوتن/مم٢ . وقد ساعدت إضافة ألياف الموز وألياف الزجاج الى مركب الإيبوكسى الى تحسين قوة الشدد بقدر ضئيل . ويبدو أن زيادة كمية ألياف الزجاج مع ثبات نسبة ألياف الموز وكمية الإيبوكسى المضافة لم تحسن من خاصية قوة الشدد لقلة الإرتباط الحادث بين مركب الإيبوكسى وألياف الزجاج الزائدة ونقص معامل الإلتصاق بين مركبات الإيبوكسى والألياف المضافة ، كما أن ألياف الموز ضعيفة الإرتباط بالماء والسوائل لحد كبير ، وما تقوم به فقط هو تقوية لقوام الإيبوكسى ، دون تكوين روابط كميائية تساعد على الإتحاد الفيزيائى والكيميائى.

- ومن خلال الشكل (٢-١) كانت الإستطالة ٩,٣٦ % حيث حدث نقص نسبى فى نسبة استطالة العينة عن العينة الأولى بعد إضافة كمية ألياف الموز وألياف الزجاج بقدر أكبر ، ويرجع ذلك الى الزيادة فى كمية ألياف الزجاج المضافة والمعروف عنها قلة الإستطالة ، ونقص معامل الإلتصاق بين مركبات الإيبوكسى والألياف المضافة .

- ومن خلال الشكل (٣-١) متوسط اجهاد مقاومة الثنى ٧٧,١٥ نيوتن/مم٢ . وبمقارنة هذا المتوسط مع متوسط اجهاد الثنى لمركب الإيبوكسي وهو ٢٠ نيوتن/ مم٢ ، يتضح أنه مقبول نسبياً بعد إضافة ألياف الموز وألياف الزجاج . مما يجعل من العينة صالحة جداً فى صناعة آثاثات الحدائق والمتنزهات .

العينة الثالثة (١٠٠ جرام ألياف زجاج (١) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-١) كان متوسط قوة الشدد للعينة ٣٨,٥٣ نيوتن/مم٢ . أى أن اضافة ألياف الزجاج الى مركبات الإيبوكسى قد أدى الى زيادة قوة الشدد للعينة بمقدار أكبر من جميع العينات ، نتيجة لزيادة معامل الإلتصاق بين مركبات الإيبوكسى وألياف الزجاج .

- ومن خلال الشكل (٢-١) سجلت العينة الثالثة أقل نسبة استطالة بين العينات حيث قلت الاستطالة الى ٨,٢٠ % مما يجعلها أقل العينات استطالة ، وقد حققت العينة الثالثة المطلوب منها من حيث زيادة الصلابة وقوة الشدد للعينة مع الإحتفاظ بإستطالة منخفضة جداً بعد إضافة ألياف الزجاج .

- ومن خلال الشكل (٣-١) متوسط اجهاد مقاومة الثنى ١٢٢,٢٨ نيوتن/مم٢ . وبمقارنة هذا المتوسط مع متوسط اجهاد الثنى لمركب الإيبوكسي وهو ٢٠ نيوتن/ مم٢ ، يتضح التطور الكبير الحادث لمركبات الإيبوكسى بعد إضافة ألياف الزجاج ، حيث زادت مقاومة الثنى الى ما يتعدى ستة أضعاف القيمة . مما يجعل من العينة صالحة جداً فى صناعة آثاثات الحدائق والمتنزهات ، حيث تتحمل المتطلبات الوظيفية المطلوبة منها أثناء استخدامها كمقاعد أو كراسى أو أى أثاثات أخرى بالحدائق والمتنزهات .

العينة الرابعة (٢٠٠ جرام ألياف زجاج (٢) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-١) كان متوسط قوة الشدد للعينة ٣٥,٠٦ نيوتن/مم٢ وهى من أعلى نسب قوة شدد المسجلة بين العينات . فبزيادة كمية ألياف الزجاج المضافة لمركب الإيبوكسى قلت قوة الشدد بمقدار بسيط .

- ومن خلال الشكل (٢-١) حدث زيادة فى الاستطالة وصل الى ١٢,٢١ % وهو أعلى مقدار إستطالة بين العينات ، حيث كمية ألياف الزجاج المنسوج الكبيرة المضافة لقوام الإيبوكسى أدت الى زيادة كبيرة لقوة الشدد وإستطالة مرتفعة فى هذه العينة . مما جعل من العينة الرابعة عينة مثالية أيضاً .

- ومن خلال الشكل (٣-١) متوسط اجهاد مقاومة الثنى ١٧٠,٤٧ نيوتن/مم^{٢} . وبمقارنة هذا المتوسط مع متوسط اجهاد الثنى لمركب الإيبوكسي وهو ٢٠ نيوتن/ مم^{٢} ، يتضح التطور الكبير الحادث لمركبات الإيبوكسى بعد إضافة ألياف الزجاج . حيث زادت مقاومة الثنى الى ما يتعدى ثمانية أضعاف القيمة ، مما يجعل من العينة هى أعلى العينات من حيث مقاومة إجهاد الثنى وصالحة جداً فى صناعة آثاثات الحدائق والمتنزهات .

- **وتعتبر العينة الرابعة مثالية جداً فى التطبيق العملى من حيث الخواص الميكانيكية نظراً لقوة الشدد العالية والاستطالة المرتفعة وإجهاد مقاومة الثنى العالى جداً .**

تفسير نتائج إجهاد الضغط وإجهاد مقاومة البرى :

العينة الأولى (٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ١٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-٢) متوسط اجهاد الضغط للعينة الأولى ١٠٦,١٤ نيوتن/مم^{٢} . وقد أدى إضافة ألياف الموز وألياف الزجاج الى زيادة تحمل العينة للضغط الواقع عليها ، مع العلم بأن مركب الإيبوكسى منفرداً يقاوم الإنضغاط حتى ٦٠ نيوتن/ مم^{٢} ، ما يبرهن أهمية إضافة الألياف النسجية الى مركبات الإيبوكسى لتحسين خواصها الإستعمالية .

- ومن خلال الشكل (٢-٢) مقاومة البرى للعينة الأولى ٢٠ مليجرام مع ثقل ١٠٠٠ جم وحجر مستخدم CS17 وعدد دورات ١٠٠٠ دورة . وهو فقد قليل جداً فى الوزن ، ويرجع ذلك غالباً الى تقوية مركب الإيبوكسى المستخدم بألياف الموز وألياف الزجاج الموجودة داخل العينة والتى تسبب قوة العينات حيث إن هذه العينة هى أقل العينات وزناً ، مع العلم بأن مقاومة البرى لمركب الإيبوكسى ١٠٠ مليجرام مع ثقل ١٠٠٠ جم وحجر مستخدم CS17 وعدد دورات ١٠٠٠ دورة أى فى نفس الظروف ، أى أنه تحسن بمقدار خمسة أضعاف .

- ربما هذا هو السبب الذى يجعل من هذه العينة ملائمة الإستخدام فى التطبيق العملى فى حالة عمل آثاثات الحدائق والمتنزهات ، كما أنها عينة **إقتصادية** جداً نظراً لقلة كمية ألياف الموز وألياف الزجاج المستخدمة مما يؤدى الى قلة التكاليف فى إنتاج هذه العينات .

- وهذه العينة مناسبة للتطبيق العملى فى حالة عمل آثاثات الحدائق والمتنزهات بأقل كمية إضافات ممكنة الى مركب الإيبوكسى ، مما يقلل من تكاليف الإنتاج .

العينة الثانية (٥٠ جرام ألياف الموز شعيرات ، ٢٠٠ جرام ألياف زجاج ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-٢) متوسط اجهاد الضغط للعينة الثانية ٥٧,٢٨ نيوتن/مم^{٢} . وهو متوسط أقل من العينة الأولى ، وقد أدى إضافة ألياف الموز وألياف الزجاج ونقص معامل الإلتصاق بين الألياف النسجية ومركبات الإيبوكسى الى نقص تحمل العينة الثانية للضغط الواقع عليها بمقدار أقل من العينة الأولى ، مع العلم بأن مركب الإيبوكسى منفرداً يقاوم الإنضغاط حتى ٦٠ نيوتن/ مم^{٢} . وهذا يفسر أنه مع زيادة كمية ألياف الموز وألياف الزجاج فى العينة بقدر زائد عن المطلوب حدث نقص فى مقاومة العينة للإنضغاط عن تحمل مركب الإيبوكسى منفرداً للضغط .

- ومن خلال الشكل (٢-٢) مقاومة البرى للعينة الثانية ٧١ مليجرام مع ثقل ١٠٠٠ جم وحجر مستخدم CS17 وعدد دورات ١٠٠٠ دورة . وهو فقد عالى نسبياً فى فقد الوزن بين العينات ، ويرجع ذلك الى زيادة كمية ألياف الزجاج الموجودة داخل العينة والتى تسبب قوة العينات وتجعلها مقاومتها أكبر للبرى .

- وهذه العينة من **الصعب** إستخدامها فى التطبيق العملى فى حالة عمل آثاثات الحدائق والمتنزهات ، بسبب مقاومتها المنخفضة للضغط ومقاومتها المنخفضة للبرى .

العينة الثالثة (١٠٠ جرام ألياف زجاج (١) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-٢) متوسط اجهاد الضغط المؤثر على العينة الثالثة ١٢٩,٧٢ نيوتن/مم^{٢} . وهو أعلى اجهاد ضغط واقع على العينات ، أى أن اضافة ألياف الزجاج الى مركبات الإيبوكسى أدى الى زيادة واضحة فى تحمل العينة للضغط الواقع عليها . ويرجع ذلك الى إرتفاع قابلية ألياف الزجاج المنسوج لتحمل الضغط الواقع عليها ، وزيادة معامل الإلتصاق بين الألياف النسجية ومركب الإيبوكسى .

- ومن خلال الشكل (٢-٢) مقاومة البرى للعينة الثالثة ٩٣ مليجرام مع ثقل ١٠٠٠ جم وحجر مستخدم CS17 وعدد دورات ١٠٠٠ دورة . وهو أعلى فقد فى الوزن بين العينات جميعاً ، ويرجع ذلك غالباً الى قلة كمية ألياف الزجاج المنسوج الموجودة داخل العينة والتى تسبب قوة العينات حيث إن هذه العينة هى أقل العينات وزناً (١٠٠جرام) فقط .

- ولذلك يمكن إستخدام هذه العينة فى التطبيق العملى فى حالة عمل آثاثات الحدائق والمتنزهات ، **لقوتها** ومقاومتها للضغط الواقع عليها ، ومقاومتها المنخفضة للبرى حيث الفقد فى الوزن عالى . ويوصى باستخدام هذه العينة فى عمل بعض أعمال أثاثات الحدائق والمتنزهات أو غيرها .

العينة الرابعة (٢٠٠ جرام ألياف زجاج (٢) طبقة منسوجة ، ١ كجم إيبوكسى)

- من خلال الشكل (١-٢) كان متوسط اجهاد الضغط للعينة الرابعة ١١٩,٨٩ نيوتن/مم^{٢} وهى من أعلى نسب تحمل الضغط الواقع على العينات . نظراً لزيادة كمية ألياف الزجاج المضافة لمركب الإيبوكسى بالعينة . ولكنها تعتبر أكثر العينات تكلفة إقتصادية بالرغم من كفاءتها العالية فى تحمل الضغط .

- ومن خلال الشكل (٢-٢) مقاومة البرى للعينة الرابعة ٨٥ مليجرام مع ثقل ١٠٠٠ جم وحجر مستخدم CS17 وعدد دورات ١٠٠٠ دورة . وهو فقد مرتفع نسبياً فى الوزن ، ويرجع ذلك غالباً الى زيادة كمية ألياف الزجاج المنسوج الموجودة داخل العينة والتى تسبب قوة العينات ويحدث احياناً إنفصال بين طبقات ألياف الزجاج ومركب الإيبوكسى مما يجعل الفقد فى الوزن عالى .

- ورغم قوة العينة الرابعة وصلابتها فى تحمل الضغط ، إلا أنها تعانى من فقد كبير فى الوزن يجعلها **غير ملائمة** لعمل آثاثات الحدائق والمتنزهات . ويوصى باستخدام هذه العينة فى عمل بعض أعمال أثاثات الحدائق والمتنزهات أو غيرها .

ملاحظات على تفسير نتائج البحث :

- يتضح من النتائج السابقة أن العينة الرابعة هى العينة المثالية **ميكانيكياً** لعمل آثاثات الحدائق والمتنزهات ، نظراً لقوة الشدد العالية والاستطالة المرتفعة وإجهاد مقاومة الثنى العالى جداً ومقاومة الضغط المرتفع بالرغم من أنها من أعلى العينات فقداً للوزن ومقاومة البرى . وهى صفات مناسبة جداً لعمل آثاثات الحدائق والمتنزهات ، بما يتيح عمر إستعمالى أعلى ومقاومة للظروف الإستعمالية .

- كما يتضح من النتائج السابقة أن العينة الثانية تتميز بإنخفاض مقدار الشدد الواقع لها عن باقى العينات واستطالتها المتوسطة نسبياً ومقاومتها للثنى الضعيفة بالمقارنة بباقى العينات ، وانخفاض مقاومتها للضغط ، وفقدها للوزن المرتفع نسبياً وقلة مقاومتها للبرى ، فلذلك تعتبر أقل العينات قابلية لتصنيع آثاثات الحدائق والمتنزهات ، مما لا يتيح لها عمر إستعمالى كبير ولا يتيح لها مقاومة للظروف الإستعمالية كالشدد والثنى والضغط والبرى .
- تعتبر العينة الثالثة مثالية جداً فى قوة الشدد ومقاومة الثنى ومقاومة الضغط ، إلا أنها أقل العينات فى نسبة الإستطالة وأكثر العينات فقداً فى الوزن ومقاومة البرى . ولذلك من الممكن الإستفادة من هذه الخواص فى عمل آثاثات الحدائق والمتنزهات والتى لا تتعرض لظروف الإستطالة أو البرى ، كبعض أعمال الديكورات الفنية بالحدائق أو أعمال الأسوار الداخلية بهذه الحدائق والمتنزهات .
- أما العينة الأولى فهى عينة **إقتصادية** بالدرجة الأولى ، فتظهر لنا فى حالة الرغبة فى الحصول على أقل تكلفة للخامات ، نظراً لإحتوائها على ٥٠ جرام فقط من ألياف الموز مع ١٠٠ جم من ألياف الزجاج المضافة الى مركبات الإيبوكسى ، وقوة شدد مرتفعة واستطالة عالية وإجهاد ثنى عالى نسبياً مع اجهاد ضغط مرتفع وفقد فى الوزن قليل جداً . فهى عينة إقتصادية مثالية جداً فى عمل أثاثات الحدائق والمتنزهات .
- يتضح من نتائج العينات الجانب الإقتصادى الهام فى إنتاج هذه النوعية من آثاثات الحدائق والمتنزهات بطريقة بسيطة وبأسلوب مصرى خالص ، حيث تم الإستفادة من خامة ألياف الموز وألياف الزجاج بدلاً من حرقها أو التخلص منها بما يحقق جانب بيئى هام . كما أن ألياف الزجاج تستخدم فى التقوية مما يعطى جانب كبير من استمرارية الآثاث مع بعض الصيانة ، أما بخصوص خامة الإيبوكسى فهى ذات أسعار مناسبة جداً بالمقارنة بالخامات الأخرى المستخدمة فى صنع هذه النوعية من الآثاثات الخاصة بالحدائق والمتنزهات .

الإستفادة من نتائج البحث :

- ويرى الباحث أنه يمكن الإستفادة من التجارب السابقة فى إنتاج أثاث الحدائق كالمقاعد والديكورات الصغيرة والحوائط الفاصلة والمماشى .. من خلال إنتاج هذه النوعية من الخامات بطريقة الصب فى قوالب معينة مصنوعة من الفولاذ أو الألومينيوم تم تشكيلها خصيصاً بإحدى طرق تصنيع القوالب بحيث تناسب التصميم المحدد . ويراعى صب راتنج الإيبوكسى عالى النقاوة بعد إضافة ألياف الموز أو ألياف الزجاج لتدعيم المنتج الصناعى الناتج .
- كما يرى الباحث أن أفضل طريقة لتحقيق المنتج هى عملية إنتاج بطريقة حقن اللدائن من كلا النوعين (لدائن حرارية ، ولدائن صلبة بالحرارة) يتم حقن اللدائن فى حالتها السائلة تحت ضغط عال ، ويكون له شكل عكس شكل القطعة المرغوب فى إنتاجها. حيث يقوم متخصص بصناعة القالب من المعدن (الفولاذ – الألومينيوم – سليكون للمواد الخفيفة ..) ويتم تشغيله بدقة عالية من أجل الحصول على تفاصيل المنتج النهائية .

التوصيات Recommendations .

تتخلص توصيات البحث فى النقاط الآتية :

1. تحقيق تعاون مع وزارة الصناعة لانتاج آثاثات الحدائق والمتنزهات ومقاومة الظروف الجوية والظروف الإستعمالية .
2. إلقاء الضوء للإستفادة من الألياف النسجية المستخدمة فى الأغراض الصناعية مثل ألياف الموز وألياف الزجاج لعمل حشوات تقوية بمساعدة مركبات الإيبوكسى .
3. الإهتمام بخامة الإيبوكسى عالى النقاء لما له من أهمية صناعية كبيرة .
4. إلقاء الضوء على الجوانب الإقتصادية بعد عمليات الإنتاج المقترحة .

المراجع References .

1. الحافظ ، يسر : أرجونومية التجليس ، مركز معلومات أرجونومية التصميم ، مصر ، جامعة حلوان ، ٢٠٠٧
Al-Hafiz, Yusr: ‘ Ergonomyt Al-Taglyse ‘, Markaz Malomat Argnomet Al tasmem , Misr, Gameat Helwan, 2007

2. راشد، طارق أحمد . "الألياف النسجية وتطبيقاتها فى المجالات المعمارية لتحقيق أهداف ميكانيكية جيدة " ، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية ،العدد ١١ الجزء الثانى ، ٢٠١٨ .
Rashid, Tariq Ahmed. “ al-alyaf al-nasegea we tatbekatah fe almagalat almeamrya le-tahkek ahdaf mekanykya gayda ”, megalet alemara we al- fenon we al-elom al-ensanya , al-add 11, al-goze 2, 2018.

3. راشد، طارق أحمد . "استخدام مركبات السليكون ربر مع ألياف الموز وألياف الزجاج فى تنفيذ أرضيات الملاعب الرياضية بتكنولوجيا مناسبة للبيئة المصرية " ، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية ، المجلد السادس ، العدد ٢٦ ، ٢٠٢١ .
Rashid, Tariq Ahmed. “ Estekhdam morakabat al-selecon Rabber maa Alyaf Al_moze we Alyaf Al-zogag fe tanfez Ardyat almalaeb alryadya be tecknologya monaseba le albeaa al massreya ”, megalet alemara we al- fenon we al-elom al-ensanya , al-add 26, al-mogalad 6 , 2021.

4. زينهم، محمد على – النحاس، حسام الدين – على، محمود حسن . " دراسة تحليلية وتكنولوجية لنظم بناء الطوب الزجاجى للعمارة " . مجلة العمارة والفنون والعمارة الإنسانية ، المجلد الخامس ، العدد العشرون ، ٢٠٢٠ .
Zeinhom, Muhammad Ali - Al-Nahhas, Hussam al-Din. – Ali, Mahmoud Hasan , " Derasah Tahlelya we Tecknologya le Nozom benaa al-toub al-zogagy le Al-emara ." megalet alemara we al- fenon we al-elom al-ensanya , al-Mogalad 5, al-add 20 , 2020

5. صلاح، سهام عيسى – شبيب، كاظم مطر – حمد، قحطان عدنان : دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات أساس بوليمرى مقواة بالألياف والدقائق ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد ٢٨ ، العدد ٤ ، ٢٠١٠ .
Salah, seham Esa – Shabeb, Kazem Mater – Hamad, Kahtan Adnan : ‘’ Derasah al-Khaeas Al-mekanekeya le mawad motarakeba zat asas Bolemary mokawa be al-aleaf we al-dakaek ‘’ . megalet al-handasa we al-technologea , al-Mogalad 28, al-add 4 , 2010 .

6. صفى الدين ، أحمد محمد : أثر استخدام الراتنج الصناعى مع الخامات المختلفة فى استحداث نماذج غير نمطية من الأثاث وعناصر التصميم الداخلى ، مجلة العمارة والفنون ، العدد الرابع عشر ، ٢٠١٩ .
Safi El-Din, Ahmed Mohamed: ‘ Athr estekhdam al-rateng al-senae maa alkhamat almokhtalyfa fe Estahdath namazeg ger namatya men al-athath we aanaser al tasmem al dakhely , megalet alemara we al- fenon we al-elom al-ensanya , al-add 14 , 2019

7. عبد الرازق ، لبنى أسعد - عبد الوهاب ، سمية : تصميم أثاث الحدائق العامة المستدام أساسياته ومتطلباته ، المؤتمر الدولى الثانى لمؤسسة مصر المستقبل ، التنمية المستدامة للمجتمعات بالوطن العربى ، ٢٠١٥ .
Abdel-Razek, Lubna Asaad - Abdel-Wahab, Sumaya: ‘ Tasmem Athath al-Hadayk alama Almostadam , Asaseato we motatalabato ‘ , Al Moatamr al dawly al thany le moasset misr al mostakbal , 2015.

8. مهران، شيماء عبدالستار . " تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد فى مجال التصميم الداخلى والأثاث " ، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية ، العدد ١٥ ، ٢٠١٩ .
Mahran, Shaima Abdul Sattar. " Tatbekat al tebaa tholathyet Al abade " ." megalet alemara we al- fenon we al-elom al-ensanya , al-add 15 , 2019

9. Banana Fibers – Variability and Fracture Behaviour Samrat Mukhopadhyay, Ph.D.1, Raul Fangueiro, Ph.D.1, Yusuf Arpaç2, Ülkü Şentürk2 , Journal of Engineered Fibers and Fabrics http://www.jeffjournal.org Volume 3, Issue 2—2008

10. Processing and Mechanical Property Evaluation of Banana Fiber , Reinforced Polymer Composites , M. Ramesha,* ,T.Sri Ananda Atreyaa, U. S. Aswina, H. Eashwara, C. Deepab . 12th GLOBAL CONGRESS ON MANUFACTURING AND MANAGEMENT, GCMM 2014
11. https://www.alarabiya.net/ar/arab-and-world/egypt 29-11-2018.
12. https://ar.decoratex.biz/story/iz-epoksidnoj-smoly 26-12-2019.
13. https://ar.wikipedia.org 29-7-2020.
14. https://www.arabic.alibaba.com , 29-7-2020.
15. https://www.environeur.com/ar/articles , 29-7-2020 .