امكانية استخدام مخلفات بوليمرات في انجاز اعمال نحتية محلية

Possibility of using polymer waste in creating local sculptures

علي عيسى جابر

fin625.ali.isaa@student.uobabylon.edu.iq

ا.م.د. عقيل حسين جاسم

ا.د.محمد حمزة المعموري

جامعة بابل / كلية الفنون الجميلة

ملخص البحث

يعنى البحث الحالي بدراسة موضوع «امكانية استخدام مخلفات بوليمرات في إنجاز أعمال نحتية محلية »، من خلال استكشاف الإمكانات التقنية والجمالية لهذه المواد بعد إعادة تدويرها وتوظيفها ضمن التجربة النحتية تناول البحث المخلفات البلاستيكية قيد الدراسة من حيث جمعها، وفرزها، ثم طحنها لتحويلها إلى مسحوق ذي حجم حبيبي محدد، تمهيدًا لخلطها بمواد رابطة متنوعة مثل الراتنج الصناعي (الرزن) والأسمنت وغبار الأسمنت، بهدف ابتكار خلطة مركبة تتصف بالتماسك

واعتمد الباحث على المنهج التجريبي بوصفه الأساس في دراسة العينات وتحليل نتائجها. اشتمل على عشرة محاور رئيسة تضمنت مراحل العمل الميداني والمختبري بدءًا من اختيار عينات البحث وتهيئتها، مرورًا بإعداد جدول الخلطات التجريبية، وانتهاءً بتطبيق الاختبارات الفيزيائية والكيميائية اللازمة لتحديد الخلطة الأنسب لإنتاج الأعمال النحتية. وتبرز أهمية أنه جسّد البعد التطبيقي للبحث من خلال السعي إلى تحويل مشكلة المخلفات البلاستيكية — بوصفها إحدى الإشكاليات الصناعية والبيئية المعاصرة — إلى مورد فني منتج يسهم في تطوير الخامات المحلية وتوظيفها كمصدر إبداعي واقتصادي ضمن ميدان الفنون التشكيلية. خُصِص لعرض النتائج والاستنتاجات والتوصيات التي توصل إليها الباحث استنادًا إلى الإجراءات التجريبية والتحليل المختبري لعينة البحث. فقد أظهرت النتائج التطبيقية إمكانية استخدام مخلفات مادتي البولي إيثيلين والبولي بروبلين المدورتين في إنجاز أعمال نحتية معاصرة، بما يسهم في دعم توجهات الفن المستدام وتقليل الآثار البيئية الناجمة عن تراكم النفايات البلاستيكية. كما كشفت النتائج المختبرية أن العينة (D) كانت الأفضل من بين العينات الأخرى، إذ أبدت قدرة عالية على تحمل اختبارات الصلادة والمرونة ومقاومة عوامل التعرية والتآكل الميكانيكي، مما يجعلها الخلطة الأنسب لاعتمادها في تنفيذ أعمال نحتية ذات متانة وثبات جمالي. أما في جانب الاستنتاجات، فقد خلص البحث إلى أن التجربة العملية أتاحت إمكانية توظيف المخلفات البلاستيكية المعاد تدويرها كمادة تشكيلية فعّالة في مجال النحت، بما يفتح آفاقًا جديدة لتنوع بيئة الفن المعاصر. كما أسهمت الدراسة في تعزيز الوعي الفني والبيئي لدى الفنانين والمجتمع بأهمية استثمار المواد المستهلكة في إنتاج أعمال فنية تحمل رسالة جمالية وإنسانية وبيئية في آنٍ واحد.

This research studies the use of recycled polyethylene and polypropylene waste in modern infrastructure projects. It explores the technical and aesthetic potential of these materials after recycling and incorporating them into the infrastructure. The research addresses the plastic waste under study, from its collection and sorting to its grinding into a powder of a specific particle size. This powder is then mixed with various binding materials such as synthetic resin, cement, and cement dust to create a cohesive composite mixture.

The researcher adopted the experimental method as the basis for studying the samples and analyzing their results. This method comprised ten main axes, encompassing the stages of field and laboratory work. These stages included selecting and preparing the research samples, preparing the experimental mixture schedule, and finally, applying the necessary physical and chemical tests to determine the most suitable mixture for producing the infrastructure work. The importance of this research lies in its embodiment of the applied dimension, aiming to transform the problem of plastic waste As one of the contemporary industrial and environmental problems - to a productive technical resource that contributes to the development of local raw materials and their use as a creative and economic resource within the field of fine arts. This section is dedicated to presenting the results, conclusions, and recommendations reached by the researcher based on experimental procedures and laboratory analysis of the research sample. The applied results demonstrated the feasibility of using recycled polyethylene and polypropylene waste in creating contemporary infrastructure works, contributing to supporting sustainable art trends and reducing the environmental impacts resulting from the accumulation of plastic waste. Laboratory results also revealed that sample (D) was the best among the other samples, exhibiting a high capacity to withstand hardness and flexibility tests, as well as resistance to erosion and mechanical corrosion. This makes it the most suitable mixture for use in constructing infrastructure works with durability and aesthetic stability. In conclusion, the research demonstrated that practical experience has made it possible to employ recycled plastic waste as an effective sculptural material, opening new horizons for the diversity of contemporary art. The study also contributed to enhancing artistic and religious awareness among artists and the community regarding the importance of investing in recycled materials to produce artworks that carry an aesthetic.

الفصل الاول (الاطار المنهجي)

اولاً: مشكلة البحث :

تعد الخامة احد العناصر الاساسية في العمل الفني اذ لا تختصر اهميتها على كونها وسيله تنفيذ بل نتجاوز ذلك لتصبح جزءا من التعبير الفني نفسه .للفنان التشكيلي والنحات على وجه الخصوص تلعب الخامة دورا جوهريا في تحديد الشكل والمعنى الذي ينقله العمل الفني الى المتلقي حيث انها ليست مجرد ماده جامده بل

تحمل في طياتها خصائص فيزيائية وكيميائية و بصريه يمكن للفنان ان يستغلها لنقل مشاعر او افكار فكل خاصه تتضح امام الفنان افاقا مختلفة في التقنياتومع تطور التكنولوجيا اصبح بإمكان الفنانين والنحاتين استكشاف خامات جديده حيث يمكن الفنان ان يجاري متغيرات العصر والتعبير عن قضايا معاصر بأساليب مبتكرة في العصر الحديث اصبح الاختيار للخامة بعد بيئي ايضا فالفنانون المعاصرون يميلون باستخدام خامات معاد تدويرها او صديقه للبيئة مما يعكس وعيهم بالقضايا العالمية ويضيف بعدا انسانيا وفلسفيا بأعمالهم ليست كل الخامات متشابهة في طابعها التعبيري فبعض الخامات تحمل معاني ودلالات خاصه في اذهان الناس حيث ان الاسلوب لا يفرض على الفنان بل هو ثمره تجربه طويله من البحث التجريب والعمل والفشل احيانا حيث يمر الفنان بمراحل متعددة يدرس من خلالها الخامات المختلفة الى ان يرسا على خامه معينه تكون هدفه في التمييز حيث يعتمد على الاسلوب الشخصي اذ هو هويه الفنان وصوته البصري حيث يضيف شيئا جديدا للفن لا يكرره بل يلهم به الاخرين

حيث اتاخذ الفنان البحث والتجريب من خلال التجربة العلمية يبدا النحات بتجربة مواد لم تستخدم تقليديا في النحت وهذا يعد تفاعل مع البيئة وحد الاسباب هو الوعي البيئي اذا استخدمت المخلفات كتوعيه بقضايا التلوث والحفاظ على البيئة كل خامه جديده يكتشفها الفنان تضيف العمل الفني بعد رمزيا وشكلا مغايرا وكذلك تجربه حسيه مختلفة ومع تطور المواد الصناعية اصبح الفن الحديث يستفيد من خامات لم تكن تستخدم تقليديا في الفنون التشكيلية وخاصه في النحت ومن بين هذه الخامات (البولي اثيلين والبولي بروبلين)

في السنوات الاخيرة زاد الاهتمام العالمي بقضايا التلوث البيئي والمخلفات الصناعية التي تهدد الطبيعة والكائنات الحيه ومن هنا برزت استخدام المخلفات البلاستيكية في مجال النحل ومنها لحمايه البيئة والتوعية المجتمعية والابداع والتجدد ان استخدام المخلفات تعتبر فكره لطرح سؤال كيف نستهلك ونتخلص من الاشياء وما معنى القيمة الجمالية حيث تدعو للتفكير في مفهوم الفن نفسه وكيف يمكن ان يكون اكثر ارتباطا بالحياة اليومية وبالمشاكل الاجتماعية والبيئية فهي وسيله للتوعية والتغيير الاجتماعي وكذلك في التعبير عن التناقض بين الجمال والفوضى من خلال مواد المهملة فالجمال هنا لا يقتصر على الشكل بل يشمل رساله العمل اعاده تدوير وعي به مقاومه الاستهلاك المفرق حيث تصبح المنحوتة وسيله التواصل بصري تحرك المشاعر وتفتح النقاش حول مجموعه قضايا

وان الاستخدام هذه الخامة بحد ذاتها هي استفزاز فني حيث رؤيه المخلفات كماده فنيه هو خرق للتقاليد ما يجعل المتلقي يعيد تقييم ذوقه الجمالي ويتفاعل بشكل اعمق ففي استخدامها جمال لا ينبع من فخامه المادة بل في عمق الفكرة وذكاء المعالجة وصدق الرسالة وهو نوع من الجمال الصادم الذي يجعل المشاهد يعيد النظر في علاقته بالبيئة والاستهلاك وعليه يمكن تلخيص مشكله البحث بالتساؤل الاتي : ما امكانيةاستخدام مخلفات بوليمرات في انجاز اعمال نحتية معاصرة ؟

ثانياً : اهمية البحث والحاجة اليه

١_ يعيد تعريف الجمال والمواد حيث ان الابداع يتحدى المفاهيم التقليدية للجمال ويثبت ان الجمال يمكن ان يصنع من المهملة المستهلك اذ يحول المواد الغير متوقعه الى ادوات تغيير فني

٢_ يعالج مشكله التلوث ليس فقط باعادة تدوير البلاستيك بل باعادة تشكيل الوعي

٣_يفيد البحث الحالي من الاستفادة من مخلفات البلاستيك بوصفه خامة رخيصة الثمن ومتوافرة الانجاز اعمال نحتية

٤_ استخدام النحات خامة المخلفات البلاستيك في فن النحت هو مسار فني وبيئي واع اجتمع بين الابداع والوعي حيث يتطلب هذا المسار فهما للمواد واتباع ارشادات تقنيه وفنيه

الحاجة اليه :

١_ ان استخدام مخلفات (البولي اثيلين pe بولي بروبلين pp) في اعمال نحتية لعده اسباب تتعلق بالاقتصاد والبيئه والهندسه لكن لا يخلو من تاثيرات بيئيه اذ لم يستخدم بشكل صحيح

٢ _ الحث على استخدام المخلفات البلاستيكيه وفهم بيئي وجمالي ونقدي

٣_ مساهم في توسيع افاق الطلاب وتصنع منه باحثا ومسؤولا ومبدعا وخاصه المختصين مثل طلبه الدراسات العليا والاوليه في الفن فيما يتعلق بتوظيف مخلفات البلاستيك واعاده تدويره

ثالثاً :هدف البحث

كشف استخدام مخلفات (البولي اثيلين pe بولي بروبلين pp) المدورة في انجاز اعمال نحتية معاصرة

رابعاً :حدود البحث

الحدود الموضوعية : ١_ الاعمال التي نفذها الباحث باستخدام مخلفات (البولي اثيلين pe بولي بروبلين pp) المادة ٢_المواد المضافة (البولستر رزن _ المصلب _بودرة الاسمنت _غبار فرن الاسمنت – مطحون الاطارات)

الحدود الزمانية : ٢٠٢٤ _٢٠٢٥

الحدود المكانية : كلية الفنون الجميلة / جامعة بابل

خامساً تحديد المصطلحات البحث وتعريفها

١ _ امكانية :

أ – لغة : جاء في القرآن الكريم قوله تعالى : ((إِنَّا مَكَّنَّا لَهُ فِي الْأَرْضِ وَآتَيْنَاهُ مِن كُلِّ شَيْءٍ سَبَبًا))الكهف ٨٤

جاء في المنجد في اللغة : إمكانية : (مصدر من إمكان :مقدرة ،وسعة واستطاعة ،ما يشكل حداً اقصى او ادنى وجواز وجود الامر او عدمه) .(١)

كما وردة كلمة مكن في لسان العرب (بمعنى جعله قادرا على فعل شيء محدد يقال استمكن الرجل من الشيء أي صار اكثر قدرة عليه كما يقال تمكن من العلم او من مهارة معينة بمعنى متقن بالعلم والمهن)(٢)

ب – اصطلاحاً : الإمكانية هي وصف يُطلق على الشيء الذي لا يقتضي وجوده ولا يقتضي عدمه بذاته، أي أن ماهيته لا تستلزم الوجود ولا العدم، فيكون متساوي النسبة إلى الطرفين.(٣)

ج – التعريف الاجرائي : تُعرَّف الإمكانية إجرائيًا بأنها مدى قابلية الموضوع أو الظاهرة محلّ الدراسة للتحقق والتطبيق العملي في الواقع، وذلك في ضوء توافر الشروط والإمكانات اللازمة، وانتفاء العوائق، ويُحدَّد ذلك من خلال مؤشرات قابلة للملاحظة والقياس مثل: توفر الموارد، والقدرة على التنفيذ، وإمكانية الاستمرار ضمن الإطار الزماني والمكاني للدراسة.(٤)

٢ – مخلفات :

أ – لغة : المخلفات: جمع مُخلَّفة أو مُخلَّف، وهي ما تُرك بعد الشيء أو بقي بعد الاستعمال.

خَلَفَ الشيءَ يَخْلُفُه خُلُوفًا وخَلَفًا: جاء بعده، والمَخْلُوفُ ما تُرِكَ من الشيء(٥)

المُخلَّف: ما تَرَكَه الإنسان من بعده، والمُخلَّفات: ما يُخلِّفه الاستعمال من بقايا أو فضلات (٦)

ب – اصطلاحاً : تُعرَّف المخلفات بأنها: كل مادة أو مادة ناتجة عن نشاط إنساني أو طبيعي لا يكون لها فائدة مباشرة لصاحبها، ويتم التخلص منها أو يُراد التخلص منها أو تُعتبر غير مرغوب فيه (٧)

ج – التعريف الاجرائي : ما يُطرح أو يُستبعد من المواد بعد استخدامها أو انتهاء وظيفتها الأصلية، ويمكن التعامل معها كمصدر مادي قابل لإعادة التوظيف أو التدوير في مجالات مختلفة لتحقيق أهداف بيئية أو فنية أو صناعية

المخلفات إجرائيًا في هذا البحث: البقايا البلاستيكية الناتجة عن الاستخدام أو الإنتاج الصناعي التي فقدت قيمتها الوظيفية، ويمكن إعادة توظيفها في المجال الفني.

ويركز البحث على مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين بوصفهما من أكثر المواد البلاستيكية انتشارًا، لما يمتازان به من مرونة وخفة وزن وقابلية عالية للتشكيل، مما يجعلهما خامتين ملائمتين لإنجاز أعمال نحتية معاصرة قائمة على إعادة التدوير.

الفصل الثاني (الاطار النظري)

المبحث الاول : الخواص الصناعية والتركيبية للمواد الرابطة في التطبيقات الحديثة

المحور الاول : البوليمرات البلاستيكية :

تعد مادة البوليمرات احد أعمده التقدم العلمي الحديث ، فهي تدخل في تركيب المواد البيولوجية فهي متعددة الاستخدامات مثل البلاستيك والانسجة الصناعية والمواد الطبيعية وقد تطور مفهوم البوليمرات الى علم متكامل له تطبيقاته الشاملة ان دراسة مادة البوليمرات لا تقتصر على الجانب الكيميائي فقط بل تمتد الى الفنون والطب حيث في نشأتها التاريخية بدأت كمركبات كيميائية مكونه من تكرار وحدات صغيره تدعى مونومرات ترتبط فيما بينها بروابط تساهميه تكون سلاسل طويلة فالبوليمرات الطبيعية من اساسيات تكوين الحياه على سطح الارض "فهي تدخل في تكوين الخلايا والانسجة والانزيمات وحتى المادة الوراثية (DNA) على خلاف البوليمرات الصناعية فان هذه المواد تشكل طبيعيا داخل الكائنات الحيه تؤدي وظائف حيوية ومعقده بدقه مذهله"(٨) حيث تتميز بالتنوع في التركيب الكيميائي للوظائف البيولوجية والصناعية. نظرا لقابليتها للتحلل الحيوي وصداها البيئي، فإن تطوير استخداماتها يعد خطوة مهمة نحو استدامة الصناعات الحديثة وتقليل الاعتماد على البوليمرات الصناعية الملوثة لذلك تعرف (البوليمرات الطبيعية هي مركبات عضوية ذات وزن جزيئي عالٍ، تنتجها الكائنات الحية بصورة طبيعية، وهي تشكل جزءًا أساسياً من تركيبها البنيوي والوظيفي، في العصور القديمة اعتمد الإنسان القديم منذ بدايات الحضارة على البوليمرات الطبيعية دون معرفة تركيبها الكيميائي. فقد استُخدم الخشب (المكوَّن أساساً من السليلوز) في البناء والأدوات.(٩) كما استخدمت في حضارة وادي الرافدين حيث تميزت حضارة وادي الرافدين (سومر، بابل، آشور) بقدرتها الفريدة على استثمار الموارد الطبيعية المتاحة في بيئتها. ومن أبرز هذه الموارد مادة القطران أو البيتومين، وهي مادة سوداء لزجة تُستخرج من باطن الأرض أو من العيون السطحية. حيث لعب القطران دوراً محورياً في النشاط الاقتصادي والمعماري والديني والطبي لسكان وادي الرافدين، مما جعله من العناصر الأساسية في حياتهم اليومية وفي تطورهم الحضاري حيث استخدمت هذه المادة البولمرية في تبطين قنوات الري لضمان عدم تسرب المياه، مما ساعد على استقرار النظام الزراعي. و لطلاء قوارب القصب المنتشرة على نهري دجلة والفرات، ما أعطاها صلابة وقدرة على مقاومة التسرب. في النصوص الطبية البابلية، استُخدم البيتومين في وصفات لعلاج الالتهابات والجروح والأمراض الجلدية. ان القطران شكل سلعة اقتصادية مهمة داخل وادي الرافدين، وكان يُنقل من مناطق الإنتاج (هيت بشكل أساسي) إلى المدن الكبرى مثل بابل وأور وأكد. كما دخل في التجارة الخارجية

مع بلاد عيلام وبلاد الشام، حيث كانت هذه المناطق بحاجة إلى مادة البيتومين في البناء(١٠) اما في حضارة مصر استخدم المصريون القدماء المواد البوليمرية في الكثير من المجالات ومنها الكيتين* (من قشور الحشرات) ضمن مواد تحنيط الجثث حيث استخدام المصريين القدماء للمواد البوليمرية الطبيعية مثل الكيتين و القطران و الراتنج والصمغ و يعكس هذا براعتهم التقنية والفهم العميق للمواد الطبيعية. ساعدتهم هذه المواد على تحقيق التحنيط الناجح، وحماية الجسد من التحلل لفترات طويلة، وارتبطت بالجانب الديني والطقوسي لضمان خلود الروح..(١١) كذلك استخدمو الصمغ في التحنيط كان للصمغ دور محوري في عملية التحنيط، إذ كان يمزج مع مواد أخرى مثل الزيوت، الشمع، والراتنجات العطرية، ليكون مركبًا فعالًا لحفظ الجثث ومنع تحللها. استخدام الصمغ في مصر القديمة يظهر مستوى متقدمًا من المعرفة العلمية والتقنية عند المصريين القدماء. فقد استُخدم بطرق متعددة التحنيط، العلاج الطبي، التجميل، الحرف، والطقوس الدينية. وكانت هذه الاستخدامات دليلاً على تقدم المصريين في المعرفة وقدرتهم على الاستفادة من المواد الطبيعية بطرق مبتكرة.كما ساعدتهم هذه المواد على حفظ المومياوات والقطع الأثرية لآلاف السنين، مما مكّن العلماء اليوم من دراسة حضارتهم العظيمة.وبذلك يُعد المصريون القدماء من أوائل الشعوب التي طبّقت مبادئ علم البوليمرات دون معرفة علمية مباشرة بمفهومها الحديث.(١٢) اما في حضارة المايا والأزتك (حوالي ١٦٠٠ ق.م)، حيث استخدموه المطاط في صناعة الكرات والأحذية المقاومة للماء. (كربوهيدرات، والنوكلييك أسيد) حيث ان المطاط هو بوليمر طبيعي يتم استخراجه من عصارة بعض النباتات، ويتميز بمرونته وخصائصه الفيزيائية الفريدة. يُعرف المطاط بأنه اللاتكس الطبيعي الذي يقطر من أشجار المطاط وبعض النباتات الأخرى، ويتميز بقدرته على العودة لشكله الأصلي بعد الشد. وله عدة استخدامات في العصور القديمة استخدام المطاط في العصور القديمة يظهر مستوى متقدمًا من المعرفة العملية لدى الحضارات ، حيث استغلوا خصائصه الفيزيائية الفريدة في الرياضة، الطقوس الدينية، الأدوات اليومية، والحماية من الماء. يعكس ذلك فهمًا عميقًا للمواد الطبيعية وابتكارًا عمليًا قبل اكتشاف المطاط في أوروبا، ويُعد جزءًا من تاريخ التكنولوجيا والابتكار البشر(١٣)

تنقسم البوليمرات الى قسمين :

البوليمرات الطبيعية :

١_. البروتينات تتكون من أحماض أمينية مرتبطة بروابط مثل الكولاجين و الكيراتين و الإيلاستين وظيفتها هي بناء الأنسجة و الإنزيمات و الهرمونات

٢_ الكربوهيدرات (السكريات المتعددة مثل النشا، السليلوز، الغلايكوجين دورها: خزن الطاقة (النشاوالغلايكوجين) وبناء الجدران الخلوية (السليلوز)(١٤)

٣_ المطاط الطبيعي (Natural Rubber) يتكون من وحدات الإيزوبرين يستخرج من نبات الهيفيا (Hevea brasiliensis) التي تنمو بكثرة في المناطق الاستوائية. ويتميز المطاط الطبيعي بمرونته الفائقة ومقاومته للتآكل والشد، إضافة إلى خواصه العازلة، مما جعله مادة استراتيجية تدخل في صناعات متعددة مثل صناعة الإطارات، الأجهزة الطبية، الأحذية، المواد اللاصقة، وغيرها (١٥)

التطبيقات التقليدية والحديثة للبوليمرات الطبيعية

في المجال الغذائي النشا والسليلوز يدخلان في صناعة الأغذية والمواد المكثفة وكذلك في الصمغ العربي يستخدم كمستحلب ومثبت في صناعة الحلويات والمشروبات.

في الطب مثل لكولاجين والكيتوسان في تصنيع الضمادات وزراعة الأنسجة. DNAوRNA في العلاج الجيني والأبحاث البيولوجية

في الصناعة السليلوز في صناعة الورق والأقمشة الصناعية. الصمغ والراتنجات الطبيعية في المواد اللاصقة والدهانات.

في التكنولوجيا الحيوية الأحماض النووية كأساس لتقنيات الاستنساخ والهندسة الوراثية.

البروتينات والإنزيمات في الصناعات الدوائية وإنتاج العقاقير

اما البوليمرات الصناعية يعد البوليمر الصناعي المعروف باسم البلاستيك من المواد الاكثر استخداما في العالم الحديث نظرا لقدراته المتميزة في التشكيل والخفة في الوزن والتحمل التطبيقات المتنوعة في المقابل يثير جمله من القضايا البيئية والصحية تتطلب دراسة متعمقة وشامله (حيث يعد بلاستيك ماده بوليمرية تصنع من مشتقات البترول تتكون من سلاسل طويله من جزيئات تعرف بالمونمورات ترتبط فيما بينها لتشكل بوليمرات)(١٦)

البوليمرات الصناعية	البوليمرات الطبيعية	الخاصية
غالبا غير قابلة للتحلل	تتحلل بسرعة	التحلل الحيوي
تحتاج الى تصنيع كيميائي	موجودة بوفرة في الطبيعة	التوافر
قد تكون عالية تبعا للتقنية	منخفضة نسبيا	التكلفة

مرتفع جدا	ضعيف نسبيا	الاستقرار الحراري
صناعة هندسية تكنلوجية	طبيعية ،غذائية ،نسيجية ،زراعية	التطبيقات

جدول رقم (١)

ومع تطور العلم والتكنولوجيا، توسعت تطبيقات البوليمرات الصناعية لتشمل الصناعات المتقدمة مثل التكنولوجيا الطبية الحيوية حيث استُخدمت في صناعة الأطراف الصناعية والقساطر والعدسات اللاصقة، وكذلك في مجال الفضاء والدفاع عبر تصنيع المواد خفيفة الوزن والمقاومة للحرارة والصدمات. كما أصبحت جزءًا لا يتجزأ من الثورة الرقمية من خلال الألياف البصرية والرقائق الإلكترونية والطباعة ثلاثية الأبعاد.

إن البحث في البوليمرات الصناعية ليس مجرد استعراض لمادة كيميائية، بل هو نافذة على أحد أهم التحولات العلمية والصناعية التي عرفها العالم الحديث. ولعل التحدي الأكبر اليوم لا يكمن في الاستفادة من هذه المواد فحسب، بل في تطوير بدائل مستدامة وصديقة للبيئة قادرة على التوفيق بين التقدم الصناعي والحفاظ على البيئة.(١٧)

دخل البلاستيك في صناعات عديده حيث أحدثت البوليمرات الصناعية (البلاستيك) ثورة في الصناعات إذ أتاحت تصنيع أدوات وأجهزة عديدة رخيصة، وذات خواص ميكانيكية مناسبة. ومنذ منتصف القرن العشرين، أصبح البلاستيك مكوّناً أساسياً في الصناعات ، حيث استخدم بشكل واسع في الصناعات مثل

– البولي اثيلين :حيث يعد البولي ايثلين هو بوليمر حراري صنع عبره تكرير الاثيلين اذ يصنع بعده اشكال مثل (LDPE _DPE _PP) يستخدم كماده خام رئيسيه في صناعه التغليف و الانابيب و الاكياس وذلك لخصائصه مثل القوه والمقاومة الكيميائية وسهوله التصنيع الاكتشاف الاولي عام (١٨٩٨) للعالم الالماني (هانزبوركارد)* كان يبحث في ماده الديبازون ميثان (diazomethane) حيث لاحظ تكون ماده شمعيه بيضاء تحتوي على سلاسل _CH٢_طويله سميت لاحقا ب(polymethylene) وهذا لم يتابع صناعيا بسبب صعوبة التعامل مع المادة وعدم ادراك اهميتها في ذلك الوقت من ثم تم الاكتشاف الثاني الصناعي في عام (١٩٣٣. ١٩٣٩) (١٨) وان البولي إيثيلين يعتبر بوليمر صناعي حيث ينتمي إلى فئة اللدائن الحرارية، يتم الحصول عليه من بلمرة غاز الإيثيلين (CH) تحت ظروف معينة من الضغط والحرارة باستخدام محفزات خاصة. كذلك يتميز بأنه بوليمر خطي أو متفرع، بما انه يعتمد في تركيبه البنيوي على شروط التفاعل ونوع المحفز لذا يعد كأكثر مادة إنتاجًا واستخدامًا على مستوى العالم، حيث يمثل ما يزيد عن ثلث الاستهلاك العالمي للبلاستيك. لما يمتاز به من خواص فيزيائية وكيميائية فريدة، مثل الخفة و المتانة ومقاومة المواد الكيميائية، مما يجعله يستخدم في التعبئة والتغليف و الأنابيب و الصناعات الطبية، وحتى التطبيقات الهندسية

المتقدمة. شهدت الخمسينيات نقلة نوعية بفضل أعمال زيغلر (Karl Ziegler) وناتا (Giulio Natta) اللذين ابتكرا محفزات سمحت بإنتاج أنواع جديدة من البولي إيثيلين بكثافات مختلفة، وحازا على جائزة نوبل للكيمياء سنة ١٩٦٣وكذلك في الصناعات الغذائيه مثل التعبئة وتغليف المواد الغذائية والبناء والنوافذ والسيارات والتيارات لأنها تحتاج الى اجزاء خفيفة الوزن وتتحمل صدمات قويه(١٩) ابتدع المهندسون مئات من البلاستيك المختلفة كل له خواصه واخترعوا البلاستيك الذي يمكن ان يحل محل المعادن والالياف الطبيعية وجلود الحيوانات والورق والخشب والحجر والزجاج والسيراميك ويستخدم لصنع المنتجات اقوى واخف تبقى لفتره طويله وتكون سهله الصيانة وقليلة التكلفة

بالأضافة الى ذلك فقد استعمل المخترعون البلاستيك لصنع المواد لا يمكن صنعها من غيره(٢٠)

الخصائص الكيميائية للبولي اثلين:

البولي إيثيلين هو بوليمر بسيط مكوّن من وحدات الإيثيلين (CH) مكررة

بسبب هذا التركيب البسيط والمشبّع يعد غير قطبي تقريبًا وهذا يمنحه بعض الخصائص الكيميائية المميزة.

وكذلك يكون اكثرمقاومة للمواد الكيميائية المعتدلة: مثل معظم الأحماض المخففة والقلويات والزيوت، والدهون كذلك (مقاومة الأكسدة محدودة عند درجات حرارة عالية أو في وجود الضوء فوق البنفسجي، قد تتأكسد السلاسل الكربونية تدريجيًا، لذا غالبًا تُضاف مضادات الأكسدة)(٢١)

استخدامات البولي اثلين

الأكياس البلاستيكية _يستخدم في أكياس التسوق، وكذلك الاكياس الغذائية، وأكياس القمامة. حيث تُعَدّ الأكياس البلاستيكية المصنوعة من البولي إيثيلين من أكثر المنتجات انتشارًا في العالم، إذ أصبحت مكوِّنًا أساسيًا في الحياة اليومية ضمن القطاعات التجارية والصناعية والزراعية والمنزلية. ويُستخدم في تصنيعها نوعان رئيسيان من هذا البوليمر هما: البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) والبولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة (LLDPE)، نظرًا لما يمتازان به من مرونة عالية وقابلية جيدة للتشكيل في درجات حرارة منخفضة نسبيًا، إضافة إلى قدرتهما على مقاومة الشد والتمزق. وتُستعمل على نطاق واسع في تغليف المنتجات الغذائية مثل الخضروات والفواكه واللحوم المجمدة والمخبوزات، إذ تساهم في المحافظة على الرطوبة وتقليل نفاذية الغازات والروائح. كما تُستخدم في الأسواق التجارية كأكياس لحمل المشتريات(٢٢) كما في الشكل رقم (١)

شكل (١)

الانابيب والخزانات – يُستخدم البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) في إنتاج أنابيب نقل المياه والغازات والسوائل الكيميائية، لما يتمتع به من مقاومة عالية للضغط والتآكل والمواد الكيميائية. كما يدخل في صناعة الخزانات والمواسير الخاصة بالمنشآت الصناعية والزراعية. كما في الشكل رقم (٢)

شكل (٢)

كذلك يستخدم في التطبيقات الهندسية مثل الهندسة الكهربائية يُستخدم البولي إيثيلين في تصنيع الكابلات الكهربائية، العوازل، والأغلفة الواقية للدوائر الكهربائية.يمتاز بقدرته على العزل الكهربائي العالي ومقاومته للرطوبة، مما يحمي المعدات الكهربائية من التآكل والتلف. ستخدم في تصنيع الأغلفة الداخلية للكابلات متعددة الطبقات في المصانع والأنظمة الصناعية الثقيلة. بعض أنواع PE مطورة لتتحمل درجات حرارة عالية تصل إلى ٩٠–١٢٠°C، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في البيئات الصناعية الصعبة.(٢٣) كما في الشكل رقم (٣)

يدخل في صناعة العديد من اجزاء السيارات خزانات الوقود وخزانات السوائل البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) يُستخدم في تصنيع خزانات الوقود، خزانات الزيت، وخزانات السوائل الأخرى في السيارات لمقاومتة الكيميائية حيث يقي من التفاعل مع البنزين، الديزل، والزيوت الصناعية. كذلك يكون ذو مرونة والمتانة اذ يتحمل التغيرات الحرارية والاهتزازات دون تشقق. الوزن القليل يساهم في تقليل الوزن الإجمالي للسيارة، مما يحسن كفاءة استهلاك الوقود ويخفض الانبعاثات. ايضا في

العوازل الكهربائية والتوصيلات البولي إيثيلين يُستخدم بشكل كبير في تصنيع الكابلات والأسلاك الكهربائية داخل السيارات لانه يكون به العزل الكهربائي ممتاز حيث يمنع التداخل الكهرومغناطيسي ويحمي الأنظمة الكهربائية من الأعطال. مقاومة الرطوبة والحرارة فهو مناسب لجميع الظروف المناخية، بما في ذلك البيئات الرطبة أو الحارة. يُستخدم في السيارات الكهربائية لتغليف البطاريات والأسلاك المرتبطة بها. المكونات الداخلية والخارجية(٢٤) يُستخدم في تصنيع الألواح الداخلية للأبواب، الأغطية، ألواح الأرضية، وأغطية المحركات يكون مقاوم الصدمات حيث تحمي الأجزاء الداخلية والخارجية من التأثيرات العرضية أثناء

الاستخدام. كذلك القدرة على التشكيل الحراري تسمح بتصنيع أشكال معقدة تناسب تصميم المركبة الحديث. تحسين الراحة والجمالية يساعد في تقليل الضوضاء وتحسين المظهر الداخلي للسيارة.(٢٥) كما في الشكل رقم (٤) الأنواع الخاصة مثل UHMWPE (Ultra High Molecular Weight Polyethylene) تتميز بمقاومة عالية للتآكل، مما يجعلها مثالية في المفاصل الاصطناعية. الأدوات الطبية ذات الاستعمال الواحد إنتاج الحقن و الأنابيب، و الأكياس الطبية، والعبوات المعقمة. تتميز بخفة الوزن وسهولة التخلص منها بعد الاستخدام(٢٦).كما في الشكل رقم(٥)

ويُستخدم على نطاق واسع في تغليف الأطباق، والخضار، واللحوم المعدّة للتبريد أو التجميد. في القناني والزجاجات البلاستيكية حيثُ يستفاد من HDPE في صناعة قناني الحليب والعصائر والمنظفات السائلة المستخدمة في المطابخ. وتتميز هذه القناني بقدرتها على مقاومة الضغط، وعدم قابليتها للكسر، وخلوّها من المكونات السامة مثل الـ BPA، ما يجعلها آمنة للتلامس مع الأغذية.كما في شكل رقم(٦) أدوات المطبخ الأخرىتدخل أنواع البولي إيثيلين المختلفة في صناعة أدوات مثل: الملاعق والمغارف البلاستيكية.الأغطية والأوعية الصغيرة.السلال وصحون التجفيف(٢٧) يعد البولي بروبين وهو احد انواع البوليمرات الحرارية شبه البلورية وتميز بخفه وزنه ومقاومه المواد الكيميائية وسهوله تصنيع وخواصه مقاوم التاكل والمواد الكيميائية وكذلك خفيف الوزن مقاوم للصدمات ومقاوم الحرارة حتى حوالي ١٠٠ الى ١١٥ درجه مئويه مقاوم للرطوبة و قابل لأعادة التدوير (٢٨)

الخواص الفيزيائية والكيميائية للبولي بروبلين ان الوزن النوعي حوالي ٠,٩ جم /سم٣ ما يجعله اخف من الماء مقاومه عالي المواد الكيميائية والمواد الحمضية القلوية ومقام الرطوبة والحرارة وكذلك يقابلها التشكيل والتشكيل الحراري الخواص الكيميائيه للبولي بروبلين تتمثل بالتركيب البلوري والمقاومه للمذيبات والتكتل الخواص الفيزيائيه كثافه نقطه الانصهار في الحراره والتمدد الحراري لاستخدامات متنوعه في التعبئه والبناء والاجزاء ميكانيكيه والاواني الطبيه الكثافه تتراوح بين ٠,٩٠-٠,٩١غم/سم٣ هذه القيمه خفيفه مقارنه ببعض اللدائن ومما يسهم في اقتصاد الوزن في التطبيقات الصناعيه نقطه الانصهار ودرجه التحول الى نقطه انصهار ((TM ١٦٥- ١٧٣ درجة سي ليزية درجة التحول (Tg) حوالي ١٠درجة سيليزية(٢٩) الصناعات المنزلية يُستخدم

البولي بروبلين على نطاق واسع في صناعة الأدوات المنزلية نظرًا لمقاومته العالية للحرارة والمذيبات والمواد الكيميائية. فهو يدخل في تصنيع الأواني البلاستيكية، علب حفظ الطعام، أغطية الزجاجات، أوعية الميكروويف، وأجزاء من الأجهزة المنزلية. يتميز البولي بروبلين بأنه لا يتفاعل مع الأطعمة أو الزيوت، ولا يمتص الروائح أو النكهات، كما يمكن غسله في غسالات الصحون دون أن يتشوه شكله(٣٠) كما في الشكل رقم (٧)

شكل (٧)

المحور الثاني : المواد الرابطة الصلبة والمرنة

يعد الراتنج من أهم المركّبات الكيميائية الذي استخدمه الإنسان منذ العصور القديمة وحتى يومنا هذا. حيث استُخدمت هذه الراتنجات الطبيعية في التزيين والطب والتحنيط وكذلك صناعة العطور، بينما تطوّرت الراتنجات الصناعية بعد ذلك لتلبية متطلبات العصر الصناعي الحديث مثل صناعة البلاستيك، الدهانات، اللاصقات، والمواد المركبة

إنّ كلمة "الرَّزْن" أو "الراتنج" تشير إلى مادة صمغية طبيعية أو مُصنَّعة، ذات طبيعة لزجة أو صلبة، تنشأ من إفرازات نباتية أو من عمليات بلمرة كيميائية (٣١)

ويعرف ايضا هو مادة ، شفافة أو شبه شفافة، صلبة أو شبه صلبة في الغالب تكون قابلة للذوبان في المذيبات العضوية، وفي نفس الوقت تكون غير قابلة للذوبان في الماء. وقد تكون مكونة من مواد طبيعية تستخرج من النباتات خاصة نبات الصنوبريات أو ذات أصل صناعي يتم تحضيرها من مركبات عضوية بواسطة التفاعلات الكيميائية (٣٢)

تعريف الرزن وفق موسوعة البوليمرات الامريكية _ Wiley Encyclopedia of Polymer Science and Technology

الراتنجات هي فئة واسعة من المواد العضوية الصلبة أو شبه الصلبة، طبيعية أو صناعية، ذات خصائص بوليمرية وتُستخدم على نطاق واسع في الطلاء والمواد اللاصقة والمركبات (٣٣) وايضا عرفته شركة Dow Chemical

الرزن هو مادة بوليمرية صلبة أو شبه صلبة تُستخدم كأساس للبلاستيك والمواد اللاصقة والطلاءات والمركّبات. يتم إنتاجها من خلال تفاعلات البلمرة أو التكاثف وتُصمم لتحقيق أداء ميكانيكي وكيميائي محدد (٣٤)

الاسمنت

يُعَدّ الإسمنت من أهم المواد الهندسية في العصر الحديث، إذ يمثل العمود الفقري لقطاع البناء والإنشاءات في جميع أنحاء العالم. فهو المادة الرابطة التي تمكّن من تكوين الخرسانة والملاط والطوب والكتل الإنشائية. وتنبع أهميته من قدرته على التفاعل مع الماء مكونًا مادة صلبة عالية المقاومة يمكنها تحمل الضغوط والأحمال لفترات زمنية طويلة.

تاريخيًا، بدأت فكرة استخدام مواد رابطة منذ العصور القديمة؛ فقد استخدم المصريون القدماء مزيجًا من الجير والرماد البركاني في بناء الأهرامات، كما استخدم الرومان ما يُعرف بـ "الإسمنت البوزولاني" المستخلص من الرماد البركاني في تشييد القباب والقنوات المائية. لكن التطور الحقيقي للإسمنت الحديث بدأ في القرن التاسع عشر مع اختراع الإسمنت البورتلاندي (Portland Cement) على يد المهندس البريطاني جوزيف أسبدن عام ١٨٢٤م، والذي يُعد اليوم الشكل الأكثر استخدامًا من الإسمنت في جميع أنحاء العالم. يتكوّن الإسمنت أساسًا من خليط من الحجر الجيري ($CaCO_3$) والطين (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3)** يتم حرقهما في أفران دوارة بدرجات حرارة تصل إلى ١٤٥٠°C لتكوين ما يُعرف بـ الكلنكر (Clinker)، ثم يُطحن الكلنكر ويُضاف إليه نسبة صغيرة من الجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) للتحكم في زمن التصلب.(٣٥)

اقفاص الخضروات

تلعب عملية التعبئة والتغليف دورًا حيويًا في حفظ المنتجات الزراعية، خاصة الخضروات الطازجة، من التلف أثناء النقل والتخزين. من أحدث الابتكارات في هذا المجال استخدام الأقفاص البلاستيكية المصنوعة من مزج البولي بروبلين (PP) والبولي إيثيلين (PE). يجمع هذا المزج بين صلابة وقوة البولي بروبلين ومرونة البولي إيثيلين، مما يؤدي إلى تصميم أقفاص عالية المتانة، مقاومة للرطوبة، وصديقة للمنتجات الغذائية. مزج البولي بروبلين والبولي إيثيلين يتم دمج PP وPE بنسب محددة حسب الاستخدام المطلوب، غالبًا بنسبة ٧٠% PP و٣٠% PE أو ٦٠% PP و٤٠% PE، لتحقيق توازن مثالي بين الصلابة والمرونة. مزج المادتين يحسن من القدرة على التحمل الميكانيكي ويقلل من الكسر أو التشقق أثناء التخزين أو النقل. يعطي القفاص مقاومة

أفضل للحرارة والرطوبة مع الحفاظ على مرونة الخواص الفيزيائية للبولي إيثيلين.(٣٦) لخصائص الفيزيائية والكيميائية للقفاص المزج

_ المتانة والقوة: المزج يزيد من مقاومة القفاص للضغط والتحميل.

_ المرونة والصدمات: القفاص لا ينكسر بسهولة عند الصدمات أثناء النقل.

_ مقاومة الرطوبة والعوامل الجوية: المزج يمنع امتصاص الماء ويحافظ على الخضروات طازجة.

_ التهوية المثالية: فتحات محسوبة لتدفق الهواء دون إضعاف الهيكل.

_ إعادة الاستخدام والتدوير: المزج يجعل القفاص طويل العمر وأكثر استدامة.

_ وزن خفيف وسهولة التعامل: المزج لا يزيد الوزن بشكل كبير مع الحفاظ على القوة.(٣٧)

مفروم إطارات المطاط

تعد صناعة إعادة تدوير الإطارات المطاطية من أهم المجالات البيئية والصناعية الحديثة، نظرًا للكمية الكبيرة من الإطارات التالفة التي تتراكم سنويًا وتشكل تهديدًا بيئيًا. من أبرز منتجات إعادة التدوير مفروم إطارات المطاط، وهو مادة مطاطية مجروشة أو مطحونة تستخدم في صناعات متعددة، منها البلاستيك المقوى، الأرضيات الرياضية، مواد العزل، والطرق المعبدة يساعد إنتاج مفروم الإطارات المطاطية على الحد من التلوث البيئي، تقليل المخلفات، واستغلال الموارد غير المستخدمة في إنتاج منتجات جديدة عالية القيمة. مفروم إطارات المطاط هو قطع صغيرة من المطاط الناتج عن تكسير الإطارات التالفة والمستهلكة، بعد إزالة المعادن والأسلاك الداخلية.أنواعه حسب حجم الجزيئات:

الغرامات الدقيقة (Fine Crumb Rubber): جزيئات صغيرة جدًا، تستخدم في البلاستيك المقوى والعزل.

المفروم المتوسط (Granulated Rubber): حجم أكبر قليلًا، يستخدم في الأرضيات الرياضية والأسطح المطاطية.

المفروم الخشن (Shredded Rubber): قطع كبيرة نسبيًا، يستخدم في التغطيات الأرضية والطرق المطاطية.(٣٨)

تتكون الإطارات المطاطية من مجموعة من المواد، أهمها:

١. المطاط الطبيعي والاصطناعي: يشكل الجزء الأساسي من الإطار ويمنحه المرونة والتحمل.

٢. الكربون الأسود (Carbon Black): يزيد من صلابة الإطار ومقاومته للتآكل.

٣. الزيوت والمعالجات الكيميائية: لتحسين المرونة والمقاومة للحرارة.

٤. المعادن (أسلاك فولاذية أو حديدية): توفر القوة للهيكل الداخلي للإطار.

٥. مواد مقوية ومواد راتنجية: تزيد من الصلابة والمتانة.

بعد الطحن والتكرير، يتم إزالة المعادن والأسلاك للحصول على مفروم مطاط نقي(٣٩)

المبحث الثاني : الاستخدام للمخلفات في الفن

شهد الفن التشكيلي خلال القرن العشرين تحولات جوهرية في المفاهيم والأساليب، تجاوزت الحدود التقليدية للمواد والأدوات، فبدأ الفنانون يبحثون عن مواد جديدة تعبّر عن قضايا المجتمع والبيئة. ومن بين تلك المواد برزت المخلفات بأنواعها المختلفة – الصناعية، والبلاستيكية، والمعدنية، والخشبية – كخامات جديدة في مجال النحت المعاصر. إن توظيف المخلفات في النحت لم يعد مجرد تجربة شكلية، بل أصبح اتجاهاً فكرياً وجمالياً يعكس وعياً بيئياً وإنسانياً، حيث يُعيد الفنان صياغة المهمل ليمنحه حياة جديدة تحمل رسالة فنية وبيئية. تعرف المخلفات بأنها "كل مادة فقدت وظيفتها الأصلية، وأصبحت غير ذات نفع مباشر للإنسان، سواء كانت ناتجة عن نشاط صناعي أو منزلي أو طبيعي" إن فكرة إعادة استخدام المواد ليست وليدة العصر الحديث، بل تمتد جذورها إلى الحضارات القديمة ففي حضارة وادي الرافدين، فقد استُخدمت بقايا الطين المشوي والمعدن لصنع التماثيل الصغيرة والأختام، وكان ذلك نتيجة لندرة المواد النفيسة في بعض الفترات، لم يكن مفهوم "المخلفات" بمعناه البيئي الحديث (بقايا صناعية أو نفايات) موجودًا لديهم، ولكنهم استخدموا المواد الثانوية والمتبقية من البيئة أو من منتجات سابقة، هذه المواد كانت تُعاد صياغتها ضمن رؤية فنية أو وظيفية جديدة، وهو ما يمكن اعتباره أقدم أشكال إعادة التدوير الفني في التاريخ. مما دفع الفنان الرافديني إلى ابتكار حلول بديلة تعتمد على إعادة استخدام الموجود من المواد(٤٠) ففي مصر الفرعونية، كان النحاتون يستخدمون بقايا الأحجار من المعابد السابقة لإقامة تماثيل جديدة، إذ وُجدت شواهد أثرية تدل على إعادة نحت الكتل الحجرية المنحوتة سابقاً، سواء لأسباب اقتصادية أو رمزية ففي بعض المواقع الأثرية، وُجدت أجزاء فخارية وأحجار صغيرة داخل لبّ التماثيل الطينية الكبيرة، لتقليل كمية الطين المستخدم، ما يعكس وعيًا مبكرًا بالاقتصاد في المادة (٤١) وفي اليونان والرومان، أعيد صهر التماثيل البرونزية المتهالكة لصنع أعمال جديدة، مما يدل على وعي مبكر بفكرة "الاستفادة من المهمل" في مجال النحت. اما العصور الوسطى وعصر النهضة ففي العصور الوسطى، انخفضت الممارسات الفنية التجريبية بسبب سيطرة الفكر الديني، لكن النحاتين استخدموا الأخشاب القديمة والعظام لصنع تماثيل دينية صغيرة نتيجة ندرة الموارد. ومع عصر النهضة الأوروبية، عاد الاهتمام بالمواد الكلاسيكية كالمرمر والبرونز، غير أن بعض الفنانين، مثل ليوناردو دافنشي، استخدموا بقايا المعادن في تجاربهم النحتية(٤٢) شهد الفن المعاصر تحولات جذرية في المفاهيم الجمالية

والمواد المستخدمة في الإبداع الفني، إذ لم يعد الفنان مقيدًا بالمواد التقليدية كالبرونز والحجر والخشب، بل اتجه إلى استثمار المخلفات والمواد المستهلكة بوصفها وسيلة للتعبير عن قضايا البيئة والمجتمع والهوية الإنسانية. إن فكرة إعادة استخدام المواد المهملة ليست مجرد ابتكار تقني، بل هي موقف فلسفي وجمالي ينبع من رؤية نقدية للعالم الصناعي المعاصر ولثقافة الاستهلاك التي تنتج كميات هائلة من النفايات.(٤٣) إن دراسة الحركات الفنية التي ظهرت في أوروبا في بدايات القرن العشرين تُعدّ أمراً ضرورياً لفهم الجذور الفكرية والجمالية لاستخدام المخلفات في الفن عموماً، وفي النحت خصوصاً. فقد مثلت هذه الحركات ثورة على القيم الكلاسيكية التي سادت الفنون الأوروبية لقرون طويلة، حيث ألغت الحدود بين الفن والحياة اليومية، واعتبرت أن كل شيء يمكن أن يكون مادة فنية إذا تعامل معه الفنان بفكر خلاق. لقد مهّدت حركات مثل التكعيبية، الدادية، والسريالية لظهور ما يُعرف لاحقاً بـ فن النحت من المخلفات الذي برز بعد الحرب العالمية الثانية. ومن خلال أعمال هؤلاء الفنانين بدأت المواد المستهلكة، والمهملة، والمجمّعة تدخل في العمل الفني لأول مرة في التاريخ الحديث. ان الحركة التكعيب تعد بداية كسر المادة التقليدية حيث ان التكعيبية التي ظهرت في باريس بين عامي ١٩٠٧ و١٩١٤ بقيادة بابلو بيكاسو وجورج براك من أوائل الحركات التي غيرت مفهوم المادة والشكل في الفن الحديث(٤٤) جاءت الحركة الدادية حيث استندت على رفض القيم وتقديس المهمل نشأت الدادا في مدينة زيورخ السويسرية عام ١٩١٦ أثناء الحرب العالمية الأولى، كرد فعل على ما خلفته الحرب من دمار وعبثية. كان فنانوها – مثل مارسيل دوشامب وهانز آرب وفرانسيس بيكابيا – يرفضون كل القيم الفنية والاجتماعية التي أدت إلى الحرب. في هذا المناخ الثائر، قدم دوشامب عمله الشهير "النافورة" (١٩١٧) وهو مبولة جاهزة، اعتبرها عملاً فنياً بمجرد توقيعه عليها ووضعها في معرض(٤٥).كما في الشكل رقم (٨) ومن خلال مفهوم الجاهز الصنع وتجارب دوشامب وشويترز ورفاقهما، تم تحرير المادة الفنية من قيودها التقليدية، وأصبحت الأشياء اليومية — حتى المهملة منها — تحمل إمكانية جمالية وفكرية. وهكذا يمكن القول إن الدادا كانت البوابة الفكرية الكبرى التي مهدت لاستخدام المخلفات في النحت الحديث، ليس من منظور مادي فقط، بل كوسيلة للتعبير عن الرفض، والسخرية، والوعي الاجتماعي. وبفضل هذا التحول، أصبح النحت من المخلفات في العقود اللاحقة امتداداً طبيعياً للفكر الدادائي في التعبير عن الإنسان المعاصر وعلاقته بالعالم المادي من حوله.(٤٦)

النحت التجميعي

يُعرَّف النحت التجميعي بأنه أسلوب فني يعتمد على تجميع مواد مختلفة المصدر والطبيعة، سواء كانت عضوية أو صناعية أو نفايات أو أشياء مبتذلة الاستخدام، لتكوين عمل نحتي ذي دلالات رمزية وجمالية جديدة. يقوم الفنان في هذا الاتجاه بتفكيك الأشياء من سياقها الوظيفي الأصلي وإعادة تركيبها في سياق فني

معبّر عن فكرة أو موقف أو رؤية فلسفية. ويُعدّ النحت التجميعي امتدادًا طبيعيًا للثورات الفنية التي شهدها القرن العشرون(٤٧)

البوب ارت : ظهر فن البوب آرت (Pop Art) في منتصف القرن العشرين كأحد أبرز الاتجاهات الفنية التي شكّلت ثورة على المفاهيم الجمالية التقليدية التي سادت في الفن الحديث، خصوصاً بعد الحرب العالمية الثانية. جاء هذا الاتجاه كردّ فعل على النخبوية والتجريد المفرط الذي ميز المدارس السابقة، مثل التعبيرية التجريدية، إذ سعى فنانو البوب آرت إلى إعادة الفن إلى الحياة اليومية وإلى الجماهير من خلال توظيف الأشياء العادية والمبتذلة في الحياة الاستهلاكية الحديثة، كعلب الصفيح، والمواد البلاستيكية، والملصقات الإعلانية، ومخلفات الاستهلاك. وفي مجال النحت المعاصر، مثّل البوب آرت منعطفاً مهماً في التعامل مع المادة، حيث تحولت النفايات والمخلفات الصناعية إلى عناصر تشكيلية تُجسّد روح العصر الاستهلاكي، وتعبّر في الوقت نفسه عن نقد حضاري للتكرار، والإنتاج المفرط، والتسليع المادي للإنسان(٤٨) أحدث البوب آرت تحولاً جذرياً في فهم النحت كفن، إذ فتح الطريق أمام الفنون البيئية، والتجميعية، والمفاهيمية التي توسعت في توظيف المواد المهملة والمستهلكة.

فالفنان المعاصر لم يعد يبحث عن الجمال المثالي، بل عن المعنى الاجتماعي والسياسي الكامن في الأشياء المتروكة، حتى أصبحت المخلفات رمزاً للزمن، ولذاكرة الإنسان الصناعي.

لقد أثرت هذه الفلسفة تأثيراً واضحاً في النحت التجميعي ، وفي التجارب النحتية المعاصرة في أوروبا وأمريكا والعالم العربي، حيث استخدمت المخلفات بوصفها مادة فكرية وجمالية في آن واحد.(٤٩)

الدراسات السابقة ومناقشاتها :

زين العابدين محمد كاظم (٢٠٢٣)، توظيف مخلفات المحاقن الطبية في إنتاج أعمال نحتية – دراسة تطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الفنون الجميلة/جامعة بابل، قسم النحت. تتألف الدراسة من أربعة فصول. تناول الفصل الأول مشكلة البحث التي عُرضت في مقدمة تمخّضت عن تساؤل رئيس:

"ما إمكانات توظيف مخلفات المحاقن الطبية في إنتاج الأعمال النحتية؟" كما تضمّن الفصل الأول أهمية البحث والحاجة إليه، وهدفه المتمثل في كشف آليات توظيف مخلفات المحاقن الطبية في إبداع أعمال نحتية معاصرة، إضافة إلى حدود البحث وتعريف بعض المصطلحات الأساسية. أمّا الفصل الثاني فقد شمل الإطار النظري والدراسات السابقة عبر ثلاثة مباحث: المبحث الاول المادة في النحت. اما المبحث الثاني تنوع تقنيات النحت بين التقليدية والمعاصرة. اما المبحث الثالث البوليمر واستعمالات البلاستيك وكيفية إنتاجه. وتضمّن

المبحث الثالث الدراسات السابقة ومناقشتها، وصولاً إلى النتائج النظرية التي أغنت البحث. في حين تَركّز الفصل الثالث على إجراءات البحث التطبيقية، من أدوات وخطوات عملية التنفيذ.

مناقشة الدراسة يتّضح من المقارنة بين دراسة زين العابدين محمد كاظم (٢٠٢٣) الموسومة بـ (توظيف مخلفات المحاقن الطبية في إنتاج الأعمال النحتية – دراسة تطبيقية") وبين الدراسة الحالية الموسومة بـ

"استخدام المخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين المدورة في إنجاز أعمال نحتية معاصرة – دراسة تطبيقية"، وجود عدد من أوجه الاختلاف على مستوى العنوان والمشكلة والهدف والحدود، كما يأتي:

الاختلاف في العنوان ومجال الخامة المستخدمة تركّز دراسة زين العابدين على مخلفات المحاقن الطبية كمادة أساسية لبناء الأعمال النحتية، وهي مادة ذات طبيعة خاصة، متعددة الأجزاء، وتحتاج إلى تعامل صحي ووقائي.

أما الدراسة الحالية فتركّز على مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين المدورة، وهما من البوليمرات الصناعية ذات الاستخدام الواسع، ويقدّمان إمكانات تشكيلية أكثر تنوعاً وقابلية للمعالجة الحرارية والفيزيائية. الاختلاف في مشكلة البحث وتساؤلاته مشكلة دراسة زين العابدين صيغت بالسؤال: ما إمكانات توظيف مخلفات المحاقن الطبية في إنتاج أعمال نحتية؟" أما الدراسة الحالية فقامت على التساؤل: ما إمكانية استخدام مخلفات البوليمرات محلية في إنتاج أعمال نحتية ؟" تناولت الدراسة السابقة: إنتاج منحوتات باستخدام مخلفات المحاقن الطبية. أما الدراسة الحالية فتركّز على إنتاج أعمال نحتية بارزة ومجسّمة عبر إعادة تدوير مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين.

ثانياً: الحدود المكانية دراسة زين العابدين: كلية الفنون الجميلة – جامعة بابل. الدراسة الحالية: هندسة المواد / جامعة بابل كلية الفنون الجميلة / جامعة بابل المشغل الخاص بالفنان وهذا يمنح الدراسة الحالية امتداداً تطبيقياً أوسع بين الجانب الفني (النحت) والجانب التقني (هندسة المواد).

ثالثاً: الحدود الزمانية الدراسة السابقة: ضمن حدود ٢٠٢٣. الدراسة الحالية: ٢٠٢٤ – ٢٠٢٥، مما يجعلها أكثر حداثة وارتباطاً بالاتجاهات المعاصرة لإعادة تدوير البوليمرات

خلاصة المناقشة

تبيّن أن دراسة زين العابدين تشترك مع الدراسة الحالية في توظيف المخلفات وتحويلها إلى لغة تشكيلية نحتية، إلّا أنّ الدراسة الحالية تذهب نحو مساحة أوسع وأكثر تعقيداً من حيث الخامات البوليمرية وتقنيات معالجتها، إضافة إلى طابعها المعاصر واتساع بيئتها التطبيقية. كما أنها تدعم الجانب التقني العلمي للنحت من خلال ربطه بعلوم المواد والبوليمرات، مما يمنحها قيمة بحثية مضافة قياساً بالدراسة السابقة.

الفصل الثالث

اجراءات البحث

اولا منهج البحث

اعتمد الباحث في هذه الدراسة المنهج التجريبي التطبيقي الذي يقوم على التجريب العملي المباشر للمواد البلاستيكية المدورة (البولي بروبلين والبولي إيثيلين)، بهدف الكشف عن إمكاناتها التقنية والتعبيرية عند توظيفها في مجال النحت المعاصر. يقوم هذا المنهج على أساس الملاحظة العلمية والفنية، من خلال تحليل سلوك المواد أثناء مراحل الخلط، والتهيئة، والصب، والتجفيف، ثم تقويم النتائج النهائية من حيث الخصائص الشكلية والجمالية والفيزيائية للأعمال

ثانيا : تهيئة المواد

بدأ الباحث بتهيئة المواد الخام المستخدمة في التجارب النحتية، وتمثلت هذه المواد في مخلفات البلاستيك المدور من نوعي أ_البولي بروبلين (PP) والبولي إيثيلين (PE)، لما يمتلكانه من خصائص مرنة وصلبة في آنٍ واحد، فضلاً عن قابليتهما للتدوير والتشكيل بسهولة والمواد الاخرى يتم الحصول على مخلفات البولي ايثيلين والبولي بروبلين من المنتجات البلاستيكية المستخدمة في الحياة اليومية كما في الشكل رقم (٩) وتم الحصول على مسحوق بعد ادخالها في جهاز المناخل الهزاز من خلالة تم الحصول على احجام متفاوتة من قياسات المسحوق حيث تراوحت احجامة بين (١٥٠، ٢٠٠ ،٢٥٠ مايكرون كما في الشكل (٩)

ب- غبار فرن الاسمنت

يُعدّ غبار فرن الأسمنت من النواتج الثانوية المهمة لعملية تصنيع الأسمنت البورتلاندي، إذ يتكوَّن أثناء احتراق المواد الخام (الحجر الجيري والطين) في الأفران الدوّارة. ويُجمع هذا الغبار بواسطة أنظمة ترشيح الهواء مثل الفلاتر الكيسية أو الفاصلات الكهروستاتيكية منعًا لانبعاثه إلى البيئة.

يتكوَّن غبار فرن الأسمنت من جسيمات دقيقة جدًا، يتراوح حجم حبيباته بين ١ و١٠٠ ميكرومتر، وغالبية الجسيمات تقع ضمن المدى من ٥ إلى ٣٠ ميكرومتر، مما يمنحه مساحة سطحية عالية تسهم في نشاطه الكيميائي.

مادة الاسمنت

تم استخدام الأسمنت العراقي المنتج وفق المواصفة القياسية العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤، لما يتمتع به من ثبات وجودة عالية مطابقة للمعايير المحلية والدولية. استخدم الباحث الإسمنت البورتلاندي بمزجه مع الرزن والبلاستيك المدور لتكوين عجينة نحتية لعدة أسباب علمية وجمالية،

مادة البولستر رزن

استخدم الباحث الراتنج البولسترّي (Polyester Resin) الشفاف من النوع التركي، وتم الحصول عليه من الاسواق، لما يتميز به من شفافية عالية وسهولة في الخلط والصب، إضافةً إلى قدرته على التفاعل الجيد مع باقي المكونات لتكوين عجينة نحتية متماسكة ومتينة

ثالثا جدول الخلطات

قبل البدء بالعمل في تنفيذ التجارب، قام الباحث بتهيئة (٨) خلطات تجريبية ذات نسب محددة من المواد المكونة، تم إعدادها وفق جدول الخلطات وبأشكال هندسية متنوعة، وذلك لغرض اختبار خصائصها الفيزيائية والميكانيكية في المختبر. وبعد إجراء الفحوصات اللازمة على جميع العينات، تم اختيار العينة التي تحمل الرمز (D) لتميزها بأفضل النتائج من حيث التجانس والمتانة وقابلية التشكيل، لتكون الخلطة المعتمدة في مراحل البحث اللاحقة. جدول رقم (٢) جدول نسب الخلط

ت	PP_PE	اسمنت	غبارالاسمنت	بولستر رزن	مطحون اطارات
A	10	10	40	37	3
B	20	10	30	37	3
C	30	10	20	37	3
D	40	10	10	37	3
E	50	10	5	37	3

رابعا صناعة القوالب

أ – قام الباحث بصناعة قوالب من السيليكون الربر لغرض صب عينات الخلطة فيها، وذلك لضمان الحصول على أشكال متجانسة ودقيقة الأبعاد. وقد استخدمت هذه القوالب لإنتاج عينات مهيأة بشكل مناسب لإدخالها إلى المختبر وإجراء الفحوصات عليها من حيث الخواص الفيزيائية والميكانيكية

ب – اشكال نماذج خلطات البحث

يُظهر الشكل رقم (١٠) أدناه مجموع العينات الثمانية التي تم إعدادها ضمن مراحل التجربة، حيث أُدخلت جميعها إلى المختبر لإجراء الفحوصات اللازمة بغرض اختيار الخلطة الأفضل من بينها من حيث الخواص الفيزيائية والميكانيكية ومدى ملاءمتها لأهداف البحث

ج– صناعة القوالب للاعمال النحتية

بالاعتماد على النموذج الطيني الأساس الذي أنجزه الباحث بدقة عالية ليكون بمثابة الشكل الأولي للعمل النحتي استخدم الباحث هذا القالب فيما بعد في عمليات الصب بمواد الخلطات التي تحتوي على مخلفات البلاستيك ، وذلك ضمن إطار بحثه التجريبي الهادف إلى إعادة تدوير المواد الصناعية أعمال

خامسا : مراحل العمل

بعد الانتهاء من تجهيز القالب السيليكوني والتأكد من صلاحيته واستعداده لعملية الصب، شرع الباحث في تنفيذ المرحلة التالية، وهي تحضير الخلطة الأساسية التي تمثل العنصر التركيبي الرئيس للنموذج النهائي.

تُعد هذه المرحلة من المراحل الدقيقة والمهمة في التجربة، إذ يعتمد نجاح العمل النحتي وظهور تفاصيله بدقة على مدى تجانس المكونات واستقرارها داخل القالب أثناء التصلب

الفحوصات التي اجرت على العينات

تم الفحص في المختبر التابعة لكلية هندسة مواد – جامعة بابل وهي :

أ_ فحص الصلادة لغرض معرفة مدى تحمل العينات ومقاومتها الميكانيكية بعد اكتمال عملية التصلب، قام الباحث بإجراء فحص الصلادة (Hardness Test)، وهو من أهم الاختبارات التي تُستخدم لتقييم قوة المادة ومقدار مقاومتها للتشوه أو الخدش

ب _ فحص التشعيع (uv)

فحص التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية (UV Test) بعد إجراء فحص الصلادة، تم تعريض العينات إلى فحص التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية (UV) لغرض تحديد مدى مقاومتها للتقادم وتأثيرات الضوء الشمسي المباشر.

أُجري الاختبار داخل جهاز التشعيع من نوع (UV Chamber)، حيث وُضعت العينات على مسافات متساوية من مصدر الإشعاع لضمان تعرّض جميع الأسطح بشكل متجانس.

نتائج فحص الصلادة ومعامل المرونة

نتائج نسبة الصلادة ومعامل المرونة التي تم تعينها من قبل الباحث استطلاعاً لغرض معرفة تأثير صلادة العينات

جدول رقم (٣) نسبة الصلادة والمرونة

ت	عينة	خلطة البوليمر	الصلادة	المرونة
1	a	10	1.71	0.096
2	b	20	2.8	0.072
3	c	30	2.93	0.0755
4	d	40	3.18	0.066
5	e	50	1.34	0.0765

في هذا البحث أُجريت قياسات Shore D وVickers على العينات A–E، وأظهرت النتائج أن العينة (D) تمتلك أعلى قيمة صلادة بمعدل (٣,١٨ _٠,٠٦٦) مع انحراف معياري منخفض، مما يشير إلى بنية سطحية أكثر تماسكًا ، لذا تُعتبر (D) الأنسب لتطبيقات النحت التي تتطلب مقاومة عالية للخدش والتشوه.

نتائج فحص امتصاص الماء

نتائج فحص العينات لمعدل امتصاص الماء من الجدول (٤) يبين نسب امتصاص الماء

ت	عجينة البوليمر	الوزن قبل الغمر	الوزن بعد الغمر ١ يوم	الوزن بعد الغمر ٢ يوم	الوزن بعد الغمر ٣ يوم	الوزن بعد الغمر ٤ يوم	الوزن بعد الغمر ٥ يوم	الوزن بعد الغمر ٦ يوم	الوزن بعد الغمر ٧ يوم
A	%10	40gr	41gr	42gr	42gr	43gr	43gr	44gr	44gr
B	%20	37gr	37gr	38gr	38gr	38gr	38gr	38gr	38gr
C	%30	37gr	38gr	38gr	39gr	39gr	39gr	39gr	39gr

D	%40	35gr	35gr	35gr	35gr	35gr	35gr	35gr	35gr
E	%50	35gr	36gr	36gr	37gr	37gr	37gr	37gr	37gr

الفصل الرابع

النتائج والاستنتاجات و التوصيات و المقترحات

اولاً : النتائج :

١ – أظهرت نتائج التجربة أن مخلفات مادتي البولي إيثيلين والبولي بروبلين تمتلك قابلية عالية لإعادة التوظيف في إنجاز أعمال نحتية مجسمة وبارزة، مما يؤكد إمكانية استثمار هذه المواد في ممارسات فنية معاصرة تسهم في تحقيق مبدأ الاستدامة البيئية والفنية من خلال إعادة تدوير المخلفات وتحويلها إلى قيم جمالية جديدة.

٢ – كشفت التجربة عن مجموعة من التحديات الفنية والبيئية المصاحبة لاستخدام مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين في العمل النحتي، إلا أنها في الوقت نفسه أظهرت إمكانات جديدة ومبتكرة في مجال التعبير الفني، من خلال توظيف هذه المواد في صياغات تشكيلية معاصرة تحمل دلالات بيئية وجمالية.

٣ – تم إجراء التجربة باستخدام حجم حبيبي محدد من مادتي البولي إيثيلين والبولي بروبلين، وقد أظهرت النتائج أن هذا الحجم الحبيبي منح أفضل أداء عند تعريض العينات لتيار ماء مضغوط بقوة (١٠٠ بار)، إذ لم يطرأ أي تغير ملحوظ على أبعاد العينات أو شكلها العام، مما يدل على ثباتها ومقاومتها العالية للتأثير الميكانيكي للماء.

٤ –تُعد مخلفات مادتي البولي إيثيلين والبولي بروبلين، في إطار التجربة الحالية، خيارًا اقتصاديًا نسبيًا مقارنة بالمواد التقليدية المستخدمة في النحت مثل البرونز، وذلك نظرًا لتوفرها بأسعار منخفضة وإمكانية الحصول عليها من مصادر تدوير المخلفات، مما يجعلها بديلًا عمليًا ومستدامًا في تنفيذ الأعمال النحتية المعاصرة.

٥ –اعتمد الباحث في تجربته التطبيقية على رؤية جمالية معاصرة تقوم على توظيف المخلفات ضمن سياق فني مبتكر، إذ جرى معالجتها تقنياً لتتلاءم مع متطلبات التشكيل الفني الحديث. وقد أسهم هذا التوجه في إتاحة آفاق جديدة أمام الفنانين والنحاتين لاستثمار هذه المواد بوصفها خامات بديلة قابلة للتوظيف الإبداعي في إنجاز أعمال تشكيلية معاصرة

٦ – من خلال تحويل هذه المادة إلى أعمال فنية معاصرة، يتيح هذا التوجه للفنانين والنحاتين إمكانية توظيف الفن كوسيلة للتعبير عن القضايا البيئية الراهنة، ولا سيما تلك المرتبطة بمشكلة التلوث والنفايات البلاستيكية. فإعادة تدوير المخلفات وتحويلها إلى عناصر تشكيلية تحمل قيمة جمالية ووظيفية، يمثل اتجاهاً واعياً نحو تعزيز مفهوم الاستدامة في الممارسات الفنية. كما يسهم هذا النهج في تجاوز الحدود التقليدية للفن التشكيلي

عبر إدخال مواد غير مألوفة إلى الحقل الفني، مما يفتح آفاقاً جديدة للتجريب والابتكار، ويعيد تعريف العلاقة بين المادة والفكرة، وبين الفن والبيئة، في إطار رؤية معاصرة تجمع بين الحس الجمالي والمسؤولية البيئية.

٧ – المنهج الذي اعتمده الباحث في تجربته يمثل توجهاً معاصراً يسهم في إلهام الفنانين على تبني ممارسات فنية قائمة على إعادة التدوير، بوصفها وسيلة فاعلة للحفاظ على البيئة وتعزيز الوعي البيئي من خلال الفن. إذ يدعو هذا المنهج إلى إعادة النظر في المواد المستهلكة والمهمّشة، ليس باعتبارها نفايات فاقدة للقيمة، بل كمصادر خام تمتلك إمكانات جمالية وتعبيرية يمكن توظيفها في أعمال نحتية معاصرة. فالفن المعاصر، من خلال هذا المنظور، يوسع مفهوم المادة الفنية ليشمل العناصر المهملة والمستهلكة، محولاً إياها إلى أعمال تحمل دلالات فكرية وبيئية وجمالية في آنٍ واحد. وتكمن أهمية هذا التوجه في قدرته على خلق تفاعل بين الفن والواقع البيئي، حيث يصبح العمل الفني خطاباً بصرياً يسعى إلى إعادة تعريف العلاقة بين الإنسان ومحيطه الطبيعي، ويؤكد على أن الإبداع لا يرتبط بثراء المادة، بل بقدرة الفنان على اكتشاف الجمال الكامن في البساطة، وإعادة صياغة الواقع بأسلوب يدمج بين الفن والاستدامة البيئية.

٨ – يمكن تلوين هذه الأعمال باستخدام أصباغ فنية متنوعة من حيث النوعية ودرجات اللون، تبعاً للرؤية الجمالية التي يعتمدها النحات في تشكيل العمل الفني. إذ تمثل الألوان عنصراً تعبيرياً أساسياً يسهم في تعزيز الأثر البصري وإبراز القيم الجمالية للمجسم النحتي، كما تؤدي دوراً مهماً في تحديد المزاج العام للعمل وإيصال دلالاته الرمزية والفكرية.

٩ – نتائج فحص معامل المرونة

أظهرت نتائج الفحوص المختبرية انخفاضاً في قيم معامل المرونة للعينات A، B، C، وE، باستثناء العينة D التي تميّزت بأداء ميكانيكي متوازن. ويُعزى هذا التفوق إلى التناسب الدقيق في نسب مكونات مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين ضمن تركيبتها، مما منحها خصائص فيزيائية وميكانيكية أكثر استقراراً مقارنة ببقية العينات.

أما العينات الأخرى فقد أظهرت تفاوتاً واضحاً في نسب المكونات، الأمر الذي انعكس سلباً على تماسك الخلطة وأدائها الإنشائي، حيث أدى هذا التفاوت إلى ضعف في البنية الداخلية للعينات وعدم اتساق في خصائصها الميكانيكية. ونتيجة لذلك، تُعد العينة D الأنسب للاستخدام في تنفيذ الأعمال النحتية، نظراً لما تمتلكه من خصائص مطابقة للمعايير المطلوبة، في حين أن العينات الأخرى لا تحقق الشروط المثلى للتطبيقات النحتية بسبب قصور خصائصها التقنية.

١٠ – نتائج فحص الصلادة

أظهرت نتائج فحص الصلادة تفاوتاً واضحاً بين العينات قيد الدراسة، حيث بيّنت القياسات أن مقاومة السطح للتأثير الميكانيكي تختلف تبعاً لنسب مكونات البولي إيثيلين والبولي بروبلين في كل عينة. فقد سجلت بعض

العينات مستويات منخفضة من الصلادة نتيجة لعدم تجانس المزيج وضعف الترابط بين الجزيئات، مما انعكس سلباً على مقاومتها للانضغاط والخدش.

في المقابل، أظهرت العينة D أعلى قيمة في فحص الصلادة، وهو ما يشير إلى توازن مكوناتها وترابطها البنيوي المتين، الأمر الذي منحها قدرة أكبر على مقاومة العوامل الميكانيكية والمحافظة على شكلها عند التعرض للإجهادات الخارجية. ويدل ذلك على أن ضبط نسب المخلفات البلاستيكية في الخلطة يسهم بصورة مباشرة في تحسين الصلادة العامة للعينات، مما يجعلها أكثر ملاءمة للاستخدام في الأعمال النحتية المعاصرة التي تتطلب متانة واستقراراً شكلياً على المدى الطويل.

١١ – نتائج فحص امتصاص الماء

أظهرت نتائج فحص امتصاص الماء تبايناً ملحوظاً بين العينات المدروسة، مما يعكس اختلاف الخصائص الفيزيائية للمزيج المستخدم في كل عينة. فقد سجلت معظم العينات زيادة في الوزن بعد الغمر لفترة محددة نتيجة امتصاص الماء، وهو ما يشير إلى وجود فراغات دقيقة وخصائص مسامية تسمح بانتقال الرطوبة إلى داخل المادة.

أما العينة D، فقد أظهرت ثباتاً نسبياً في الوزن بعد الغمر، مما يدل على انخفاض امتصاصها للماء ووجود تراكيب داخلية أكثر تماسكاً وقوة في الترابط بين جزيئات المخلفات البلاستيكية. ويعكس هذا الأداء المتفوق للعينة D التوازن المثالي في نسب البولي إيثيلين والبولي بروبلين، ما يجعلها أكثر ملاءمة للاستخدام في الأعمال النحتية، حيث توفر مقاومة أعلى للرطوبة وتحافظ على ثبات الأبعاد والشكل على المدى الطويل.

وتؤكد هذه النتائج على أهمية التحكم في نسب المواد المكونة للخلطة لضمان تحقيق الخصائص الفيزيائية المطلوبة، بما في ذلك مقاومة امتصاص الماء، والتي تعد عاملاً حاسماً في استدامة الأعمال الفنية المصنوعة من المخلفات البلاستيكية.

١٢ – يتضح من الشكلين أن تنفيذ الأعمال النحتية يكون ممكناً عند الاعتماد على أفضل الخلطات، وهي الخلطة D، التي تتميز بتوازن مكوناتها وقدرتها على تحقيق الخصائص الميكانيكية والفيزيائية المطلوبة. كما تتيح هذه الخلطة إمكانية إبراز تفاصيل دقيقة وإنتاج أحجام مختلفة باستخدام مسحوق مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين، مما يوسع نطاق الإمكانات التشكيلية ويعزز القدرة على الابتكار الفني في الأعمال النحتية المعاصرة

ثانياً : الأستنتاجات :

١–. إن استخدام مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين في الأعمال النحتية يتيح تحويل المخلفات إلى مادة فنية قائمة بذاتها، مما يسهم في تعزيز الاستدامة البيئية وتقليل النفايات البلاستيكية.

٢– توفر هذه المخلفات مرونة كبيرة في التشكيل وإنتاج تفاصيل دقيقة، ما يمكن الفنان من ابتكار أعمال نحتية متنوعة الأحجام والأشكال دون الاعتماد على مواد تقليدية مكلفة مثل البرونز أو الرخام.

٣- أثبتت النتائج التجريبية أن الخلطات المناسبة من المخلفات تمنح الأعمال النحتية مقاومة جيدة للرطوبة والتآكل الميكانيكي، ما يجعلها ملائمة للاستخدام في بيئات مختلفة.

٤. اعتماد المخلفات البلاستيكية كمادة أساسية في النحت يحقق جانبًا اقتصاديًا مهمًا، حيث يقلل من تكلفة المواد الأولية ويشجع على إعادة التدوير في المجال الفني.

٥٠ بشكل عام، تؤكد هذه الدراسة أن دمج مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين في النحت لا يقتصر على البعد الفني فحسب، بل يسهم أيضًا في التنمية المستدامة ويعزز الوعي البيئي في الفنون المعاصرة.

ثالثاً . التوصيات باستخدام المخلفات :

١-الالتزام بإجراءات السلامة: عند التعامل مع مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين، يجب اتخاذ تدابير السلامة المناسبة، بما في ذلك ارتداء نظارات واقية وأقنعة تنفس، للحد من التعرض للمواد الكيميائية وتقليل الآثار الضارة المحتملة على الصحة.

٢-إن استغلال مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين من قبل المؤسسات الفنية والصناعية يمثل قيمة مزدوجة، حيث يحقق فوائد اقتصادية من خلال تقليل تكلفة المواد الأولية، ويضيف بعدًا فنيًا من خلال إمكانية استخدامها في إنتاج أعمال نحتية مبتكرة ومتنوعة.

رابعاً . المقترحات :

استكمالا للبحث الحالي اقترح اجراء الدراسات التالية :

١-استخدام البولي إيثيلين والبولي بروبلين مع عناصر طبيعية لإنشاء أعمال نحتية مبتكرة

٢-استخدام مزيج مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين مع القطران لانجاز اعمال نحتية معاصرة

٣-استخدام مخلفات البولي إيثيلين والبولي بروبلين مع الخردة المعدنية في إنتاج أعمال نحتية معاصرة

احالات البحث

(القرآن الكريم)

(١) المنجد في اللغة ، دار المشرق ،ط٤،بيروت-لبنان ،١٩٨٦م،ص١٢٠

(٢) ابن منظور ، محمد بن مكرم ،لسان العرب ،ج١٣، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، ط٥ ،بيروت-لبنان ٢٠٠٣م،ص٤١٢

(٣) بن سينا، الشفاء – الإلهيات، تحقيق: إبراهيم مدكور، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ج ١، ص ٣٧

(٤) عباس حسن، مناهج البحث العلمي، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمّان، ٢٠١٤، ص ١١٢.

(٥) ابن منظور : لسان العرب، ، ج ٩، دار صادر، بيروت، ص ٧٥

(٦) المعجم الوسيط، مجمع اللغة العربية، ط ٤، ج ٢، دار الدعوة، القاهرة، ٢٠٠٤ ص ٨٢١

(٧) عبد العزيز بن عبد الله آل حسين :البيئة ومشكلاتها، دار المريخ للنشر، الرياض، ٢٠٠٢ ص ٦٤

(٨) السامرابي ، سمير عدنان : كيمياء البولي مرات ، بيروت ، دار الكتب العلمية ،٢٠٠٧ ،ص٢١

(٩) زكي ،علي مصطفى : الكيمياء العضوية الحيوية ، دار المعارف القاهرة ،ط٢ ،٢٠٠٤ ،ص١١٢

(١٠)) طه باقر: مقدمة في تاريخ الحضارات القديمة، ج١، مطبعة دار السلام، بغداد ،١٩٧٣،ص٢٥.

(١١) "A Review on the Materials Used During Mummification Processes in Ancient Egyp
(١٢) Nicholson, Ancient Egyptian Materials and Technology, Cambridge University Press, ٢٠٠٠, p. ١٤٠.
(١٣) Se-Kwon Kim, Marine Biomaterials, CRC Press, ٢٠١٣, p. ٤٥
(١٤) ابو الزيد ،احمد :الكيمياء الحيوية العامة ،دار المعارف ،القاهرة ،١٩٩٨،١١٢
(١٥) محمد زكي خضر : الكيمياء الحيوية _تركيب ووظيفة ،دار المسرة ، عمان ،٢٠٠٨م،ص٨٧
(١٦)) اسعد رحمن سعيد : البلاستيك انواعة وتاثيره على صحة الانسان ، دار الرقي ،٢٠٢٠م ،ص٥٠
(١٧) فؤاد عبد الحليم : الكيمياء الصناعية ،مكتبة انجلو ،القاهرة ،٢٠٠٣م ،ص١١٥
(١٨) محمد اسماعيل علي :البلاستيك في حياتنا اليومية ،مكتبة لبنان ناشرون، بيروت ،٢٠٠٨م، ص٤٥ص٥٠
(١٩) الشامي، ابراهيم : التلوث البيئي مخاطرة وطرق الوقاية ،دار المعرفة الجامعية ،الاسكندرية ،٢٠١١م ، ص١٦٥
(٢٠) انيس محمد منصور : انا اخترت القراءة، ط١ ،دار نهضة مصر،٢٠١٣م ، ص٢٠٩
(٢١) مصدر سابق ،محمد كذلك ، ص١٢٨
(٢٢) (https://www.mdi.org/blog/post/common-uses-and-applications-of-polyethylene-packaging-
(٢٣) (SpecialChem. Polyethylene (PE Plastic) – Structure, Properties & Toxicity
(٢٤) (Sybridge Technologies. (٢٠٢٠). An Introduction to Common Plastics Used in Automotive Manufacturing.
(٢٥) (Ram Foam. (٢٠٢٣). Why Polyethylene Foam is Ideal for the Automotive Sector
(٢٦) (Park, J. B. & Lakes, R. S. (٢٠٠٧). Biomaterials: An Introduction, Springer, New York, pp. ١٨٩–١٩١
(٢٧) Barnes, K. A.، Chemical Migration and Food Contact Materials، Elsevier، ٢٠٠٦، ص٨٨
(٢٨) احمد محمد علي :البوليمرات الصناعية الخواص والتطبيقات ، دار النشر العلمية ، القاهرة، ٢٠١٨م ، ص١٢٠_١٢٥
(٢٩) Dolyproplene :The Defini tive vsers Guide and Datu book .pp.١٨٦ .١٩٩٨
(٣٠) Wypych, G. (٢٠١٦). Handbook of Polymers (٢nd ed.). Toronto: ChemTec Publishing, pp. 590–592
(٣١) أحمد زكي حلمي، الكيمياء العضوية الصناعية، دار النهضة العربية، القاهرة، ١٩٩٥.
(٣٢) محمد مجدي واصل، البوليمرات والمواد البلاستيكية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ٢٠٠٨
(٣٣) American Chemical Society, Glossary of Chemical Terms, Washington D.C., ٢٠١٥
(٣٤) Dow Chemical, Product Definitions: Resins, Technical Datasheet, ٢٠١٩.
(٣٥) سمير عبد الله، كيمياء المواد الإنشائية، دار الكتب العلمية، القاهرة، ٢٠١٥، ص ١١٢–١١٣.
(٣٦) (Royer, M., et al. (٢٠١٥). “Plastic crates for food transport: Materials and design considerations.” Journal of Food Engineering, ١٤٦, ١–١٠.
(٣٧) (Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (٢٠٠٩). “Plastics recycling: challenges and opportunities.” Philosophical Transactions of the Royal Society B, ٣٦٤, ٢١١٥–٢١٢٦.

(٣٨) Chandra, R., & Rhee, D.S. (٢٠٠٩). Rubber Recycling: Opportunities and Challenges. (Springer

(٣٩) Royer, M., et al. (٢٠١٥). "Crumb rubber applications in infrastructure and construction." (.Journal of Materials in Civil Engineering, ٢٧(١٠), ٠٤٠١٥٠٣٧

(٤٠) عبد الجبار ياسين: فن النحت في حضارة وادي الرافدين، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، ١٩٩٩، ص ٧٤

(٤١) عبد المنعم عبد الحليم: الفن المصري القديم، دار المعارف، القاهرة، ٢٠٠١، ص ٩٢

(٤٢) محمد غانم: الفن الأوروبي من العصور الوسطى إلى النهضة، دار الثقافة، بيروت، ٢٠٠٥، ص ١٣٣

(٤٣) بودريار: مجتمع الاستهلاك، ث ،أنور مغيث، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٩، ص ٩٢

(٤٤) عبد الله أبو راشد: الفن الحديث واتجاهاته الفكرية والجمالية، دار الثقافة العربية. بيروت، ٢٠١٠، ص ١١٠

(٤٥) ادوارو لويس سميث : الحركات الفنية منذ ١٩٤٥ ،ط١ ،ت ،اشرف رفيق ، الهلال للنشر والتوزيع ،ص١٠٦

(٤٦) هربرت ريد، تاريخ الفن الحديث، ترجمة فخري خليل، دار المأمون للنشر، بغداد، ١٩٨٦، ص ١١٢

(٤٧) صبحي الشاروني، الفن الحديث ومدارسه، دار المعارف، القاهرة، ١٩٩٩، صـ ٢١٢.

(٤٨) هيلين جاردنر، تاريخ الفن عبر العصور، ترجمة: فخري خليل، بيروت: مكتبة لبنان، ١٩٩٩، ص ٨٦٥–٨٦٦

(٤٩) هيلين جاردنر، تاريخ الفن عبر العصور، ترجمة: فخري خليل، بيروت: مكتبة لبنان، ١٩٩٩، ص ٨٦٩–٨٧٠

المصادر والمراجع

أ – الكتب

١. عبد العزيز بن عبد الله آل حسين :البيئة ومشكلاتها، دار المريخ للنشر، الرياض، ٢٠٠٢ ص ٦٤
٢. السامرايي ، سمير عدنان : كيمياء البولي مرات ، بيروت ، دار الكتب العلمية ،٢٠٠٧ ،ص٢١
٣. زكي ،علي مصطفى : الكيمياء العضوية الحيوية ، دار المعارف القاهرة ،ط٢ ،٢٠٠٤ ،ص١١٢
٤. طه باقر: مقدمة في تاريخ الحضارات القديمة، ج١، مطبعة دار السلام، بغداد ،١٩٧٣،ص٢٥
٥. ابو الزيد ،احمد :الكيمياء الحيوية العامة ،دار المعارف ،القاهرة ،١١٢،١٩٩٨
٦. محمد زكي خضر : الكيمياء الحيوية _تركيب ووظيفة ،دار المسرة ، عمان ،٢٠٠٨م،ص٨٧
٧. اسعد رحمن سعيد : البلاستيك انواعة وتاثيره على صحة الانسان ، دار الرقي ،٢٠٢٠م ،ص٥٠
٨. فؤاد عبد الحليم : الكيمياء الصناعية ،مكتبة انجلو ،القاهرة ،٢٠٠٣م ،ص١١٥
٩. محمد اسماعيل علي :البلاستيك في حياتنا اليومية ،مكتبة لبنان ناشرون، بيروت ،٢٠٠٨م، ص٤٥ص٥٠
١٠. الشامي، ابراهيم : التلوث البيئي مخاطرة وطرق الوقاية ،دار المعرفة الجامعية ،الاسكندرية ،٢٠١١م ، ص١٦٥
١١. انيس محمد منصور : انا اخترت القراءة، ط١ ،دار نهضة مصر،٢٠١٣م ، ص٢٠٩
١٢. احمد محمد علي :البوليمرات الصناعية الخواص والتطبيقات ، دار النشر العلمية ، القاهرة، ٢٠١٨م ، ص١٢٠_١٢٥
١٣. أحمد زكي حلمي، الكيمياء العضوية الصناعية، دار النهضة العربية، القاهرة، ١٩٩٥.
١٤. محمد مجدي واصل، البوليمرات والمواد البلاستيكية، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ٢٠٠٨
١٥. سمير عبد الله، كيمياء المواد الإنشائية، دار الكتب العلمية، القاهرة، ٢٠١٥، ص ١١٢–١١٣.
١٦. عبد الجبار ياسين: فن النحت في حضارة وادي الرافدين، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، ١٩٩٩، ص ٧٤
١٧. عبد المنعم عبد الحليم: الفن المصري القديم، دار المعارف، القاهرة، ٢٠٠١، ص ٩٢
١٨. محمد غانم: الفن الأوروبي من العصور الوسطى إلى النهضة، دار الثقافة، بيروت، ٢٠٠٥، ص ١٣٣

١٩. بودريار: مجتمع الاستهلاك، ث ،أنور مغيث، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ٢٠٠٩، ص ٩٢
٢٠. عبد الله أبو راشد: الفن الحديث واتجاهاته الفكرية والجمالية، دار الثقافة العربية. بيروت، ٢٠١٠، ص ١١٠
٢١. ادوارو لويس سميث : الحركات الفنية منذ ١٩٤٥ ،ط١ ،ت ،اشرف رفيق ، الهلال للنشر والتوزيع ،ص١٠٦
٢٢. هربرت ريد، تاريخ الفن الحديث، ترجمة فخري خليل، دار المأمون للنشر، بغداد، ١٩٨٦، ص ١١٢
٢٣. صبحي الشاروني، الفن الحديث ومدارسه، دار المعارف، القاهرة، ١٩٩٩، صـ ٢١٢.
٢٤. –هيلين جاردنر، تاريخ الفن عبر العصور، ترجمة: فخري خليل، بيروت: مكتبة لبنان، ١٩٩٩، ص ٨٦٥–٨٦٦
٢٥. هيلين جاردنر، تاريخ الفن عبر العصور، ترجمة: فخري خليل، بيروت: مكتبة لبنان، ١٩٩٩، ص ٨٦٩–٨٧٠

المصادر باللغة الانجليزية

٢٦. "A Review on the Materials Used During Mummification Processes in Ancient Egyp
٢٧. Nicholson, Ancient Egyptian Materials and Technology, Cambridge University Press, ٢٠٠٠, p. ١٤٠ .
٢٨. Se-Kwon Kim, Marine Biomaterials, CRC Press, 2013, p. 45
٢٩. https://www.mdi.org/blog/post/common-uses-and-applications-of-polyethylene-packaging-
٣٠. SpecialChem. Polyethylene (PE Plastic) – Structure, Properties & Toxicity
٣١. Sybridge Technologies. (2020). An Introduction to Common Plastics Used in Automotive Manufacturing.
٣٢. Ram Foam. (2023). Why Polyethylene Foam is Ideal for the Automotive Sector
٣٣. Park, J. B. & Lakes, R. S. (2007). Biomaterials: An Introduction, Springer, New York, pp. ١٨٩–١٩١
٣٤. Barnes, K. A. ،Chemical Migration and Food Contact Materials ،Elsevier ،٢٠٠٦٨٨ص ،
٣٥. Dolyproplene :The Defini tive vsers Guide and Datu book .pp.186 .1998
٣٦. Wypych, G. (2016). Handbook of Polymers (2nd ed.). Toronto: ChemTec Publishing, pp. 590–592
٣٧. American Chemical Society, Glossary of Chemical Terms, Washington D.C., 2015
٣٨. Dow Chemical, Product Definitions: Resins, Technical Datasheet, 2019
٣٩. Royer, M., et al. (2015). "Plastic crates for food transport: Materials and design considerations." Journal of Food Engineering, ١٤٦, ١–١٠.
٤٠. Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). "Plastics recycling: challenges and opportunities." Philosophical Transactions of the Royal Society B, ٣٦٤, ٢١١٥–٢١٢٦.
٤١. (Chandra, R., & Rhee, D.S. (٢٠٠٩). Rubber Recycling: Opportunities and Challenges. Springer
٤٢. Royer, M., et al. (2015). "Crumb rubber applications in infrastructure and construction." Journal of Materials in Civil Engineering, 27(10), 04015037

ب – المعاجم والموسوعات

٤٣. المنجد في اللغة ، دار المشرق ،ط٤،بيروت–لبنان ،١٩٨٦م،ص١٢٠
٤٤. ابن منظور ، محمد بن مكرم ،لسان العرب ،ج١٣، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، ط٥ ،بيروت–لبنان ٢٠٠٣م،ص٤١٢
٤٥. بن سينا، الشفاء – الإلهيات، تحقيق: إبراهيم مدكور، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ج ١، ص ٣٧
٤٦. عباس حسن، مناهج البحث العلمي، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمّان، ٢٠١٤، ص ١١٢.
٤٧. ابن منظور : لسان العرب، ، ج ٩، دار صادر، بيروت، ص ٧٥
٤٨. المعجم الوسيط، مجمع اللغة العربية، ط ٤، ج ٢، دار الدعوة، القاهرة، ٢٠٠٤ ص ٨٢١