النانوتكنولوجي ودوره في تطوير الفكر النحتي المعاصر

Nanotechnology and its role in the Development of Contemporary Sculptural Thought

ا. م. د/ منال هلال أيوب
الأستاذ المساعد بقسم النحت والتشكيل المعماري - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
Assist. Prof. Dr. Manal Helal Ayoub
Assistant Professor of Sculpture Department, Faculty of the Applied Arts, Helwan University
drmnlhelal@gmail.com
م. د/ مروان عبد الله حسين
المدرس بقسم النحت والتشكيل المعماري - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
Dr. Marwan Abdu-Allah Hussien
Lecturer in, Faculty of the Applied Arts, Helwan University
marwan_hossien@a-arts.helwan.edu.eg
الباحثة/ ساهي حسن فهمي
مصمم حر - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
Researcher. Sahy Hassan Fahmy
Freelance Designer
Sahy_hassan@hotmail.com

ملخص البحث:

يعد النانوتكنولوجي علما له أصوله ونظرياته كما أنه عملية دائمة التطور و التحسين ،يتناول البحث أثر استخدام النانوتكنولوجي ودوره في تطور الفكر النحتي المعاصر حيث إنه من أبرز التقنيات وأحد أهم اتجاهات التكنولوجية العالمية الحديثة التي ربما تُحدث نقلة نوعية في مجال النحت المعماري و إمكانية تحول الخيال العلمي إلي واقع حقيقي يعتمد علي أبحاث علمية تساعد علي تطبيق تلك الاختراعات الحديثة ،كما يعد استخداماتها في هذا المجال واسعة و مختلفه بداية من التأثير في مراحل التصميم الأولى حتي اللمسات الأخيرة في التشطيب و خاصةً في المواد المختارة و التي لا تنعكس فقط علي التصميم، و لكن أيضا لها تأثير كبير علي منهجية تفكير المصممين حسب الخيارات الواسعة الجديدة التي تعرضها التقنية ، فأصبح المصممون هدفهم الأساسي أثناء عملية التصميم هو كيف يحقق هذا التصميم جميع المتطلبات ويكون مرضياً لمختلف الأجيال، أي يتحقق فيه صفة الاستدامة .

وقد أطلق علي هذه المواد القديمة المستخدمة في تنفيذ تصميماتهم و المعدلة بتقنية النانو اسم المواد الذكية، حيث تحمل هذه المواد خصائص و إمكانيات أكثر من مادة في نفس الوقت ،مما يساعد علي تحقيق تصميمات نحتية حديثة لم تكن ممكنة من قبل، وبالتالي سيعرض البحث أثر النانوتكنولوجي علي كيفية توليد المصممين للأفكار الإبداعية الجديدة وغير المتوقعة ،مستلهمة من الطبيعة و محررة من القيود التصميمية و الإنشائية التقليدية ،بالإضافة إلي دراسة لبعض المواد و الخامات المعدلة بتقنية النانو وما أنتجته من تحسين خواصها و إكسابها خصائص فريدة من نوعها عن طريق التحكم بتحريك ذرات تلك الماده بصورة منفردة ودقة عالية و إعادة ترتيبها ،لما كان له مردود كبير في ابتكار أعمال فنية جديدة تحمل صفة الذكاء ولها خصائص وظيفية مشبعة لاحتياجات الإنسان المتعددة و المختلفة.

كلمات مفتاحية:

النانوتكنولوجي، الفكر التصميمي، النحت المعاصر.

Abstract:

Technology is considered a science that has its origins and theories and is considered a process that is constantly evolving and improving, This research deals with the impact of nanotechnology and its role in the development of Contemporary Sculptural Thought, as it is one of the most prominent modern technological trends that may cause a qualitative shift in the field of architectural sculpture making transforming science fiction into reality based on scientific research that helps to apply these modern inventions possible, in addition to its several usage fields starting from the influence in the initial stages of design to finishing touches, especially in the selected materials, that don't only affect design but also have a great impact on the designers thoughts according to large scope of options that are provided by the technique.

Designers main target during designing process has become how this design comprises all needs and matches all generations; that means it is sustainable. These old materials - processed upon by nanotechnology - that have been used in their designs are called smart materials as they possess properties of more than one material facilitating performing modern sculptural designs that never had to be before.

Therefore, this research will show role of nanotechnology on unexpected and modern designers' creativity that is inspired by nature and free from traditional design and structural constraints, besides, studying some Nano-processed materials and how their properties are modified by moving some atoms and then rearranging it to produce new smart materials of high quality.

Keywords:

Nanotechnology, Design thought, Contemporary Sculpture.

المقدمة:

إن التكنولوجيا هي أساس كل عمل وتنفيذ لكل تصميم, وإنشاء افضل المواد ,والابتكار في الطرق المختلفه للإنتاج و تنفيذ الأنظمة الذكية،و يقول توماس كارلايل Thomas Carlyle[1]: «إذا أردت أن تكون خليفة الله على الأرض حقا، فما عليك إلا أن تكون مبدعا». وعلى الرغم من أن إبداعات الإنسان في البداية كانت بسيطة متناسبة مع تواضع ظروف الحياة والمعيشة آنذاك، فقد تعاظمت خلال الثورات الصناعية الكبرى التي حولت مجرى الأمور في العالم، وبدأ على أساسها جنوح الغرب في تصنيف العالم إلى دول الشمال الغنية، ودول الجنوب المتواضعة، كما كان وليم جيمس William James [2] محقا حين قال: «الإنسانية لا تفعل شيئا، إلا بمبادرات المبدعين الكبار والصغار الذين تقلدهم البقية منا، إنها العامل الوحيد الفاعل في التقدم الإنساني، فالأفراد العباقرة يدلون على الطريق الصحيح، ويضعون المخططات التي يتبناها العامة ويجنون ثمارها.[أولا:1-ص8:7]

كما ظهر في الآونة الأخيرة اتجاه جديد للنحت الحديث يقود فناني العالم نحو الاتجاه بالنحت الموجود داخل المعارض والمتاحف للخروج به إلي العوام من الناس وهو النحت بالأماكن الخارجية Outdoor Sculpture ويعد من أفضل الوسائل للتعبير عن الحياة اليومية ويوضح العلاقة بين ذلك العمل الفني والبيئة المحيطة به ، فقد نلاحظ الآن أن مداخل المنشآت الحكومية والفنادق والساحات ودور العلم وغيرها من الأماكن أصبحت تحتوي علي الأعمال الفنية تقف شامخة أمامها مما يُحدث علاقة بين مختلف البشر بثقافتهم الفنية المتعدده وبذلك تصقل رؤيتهم بجماليات الشكل والتكوين والنسب واللون كما تعددت التقنيات الحديثة المستخدمة في تطبيق ذلك النوع من النحت الحديث ومن أهم هذه التقنيات الفائقة هي

تقنية النانو التي سيطرت علي الكثير من مجالات الحياة فأصبحت تؤثر بشكل واضح علي حياة الانسان وطريقة تفكيره [أولا:5-ص164-192] ،حيث يتم تدريب المصممين على الابتكار باستخدام التقنيات والخامات المتاحه أمامهم ،ولكن بالنظر إلى تقنية النانو فقد أصبح علي المصممين العمل علي ابتكار الخامات التي تم تصميمها خصيصا لتصميماتهم بدلا من التقيد بالموارد المتاحة لهم حاليا،وبالنظر للعلماء و الأطباء الذين استطاعوا استخدام روبوتات بحجم النانو في معالجة ال DNA بمهارة ونمو طبقة الجلد الاصطناعية ، لماذا لا يستطيع المصممون من استخدام و الاستفاده من نفس التكنولوجيا في إحضار أكثر من مجرد تصاميم مثيرة إلى حياة ؟ فهم يستطيعون ابتكار خامات وأعمال فنية كان من المستحيل تنفيذها سابقا ولكن أصبح من الممكن تحقيق ذلك الآن. [ثانيا:5- ص24:23]

مشكلة البحث:

- غياب الدور الذي يمكن أن تلعبه تقنية النانو في تطوير الفكر النحتي المعاصر.

فروض البحث: يفترض البحث:

- أنه عن طريق استخدام تقنية النانو تكنولوجي سيؤثر ذلك على منهجية تفكير المصممين كما يمكنهم من ابتكار أفكار لمنحوتات معمارية ثورية.
- وجود علاقة بين تقنية النانوتكنولوجي وتطبيقات النحت المعماري المعاصر يسهم في خلق تطبيقات نحت معماري مستحدثة تحمل قيم الذكاء الصناعي وتلبي احتياجات إنسانية مختلفة.

هدف البحث:

- تفعيل دور التطور التكنولوجى فى الرقى بفكر المصمم النحات.
- الوصول إلى أفكار تصميمية مبتكرة لعناصر من النحت منفذه بتقنية النانوتكنولوجي.

أهمية البحث :

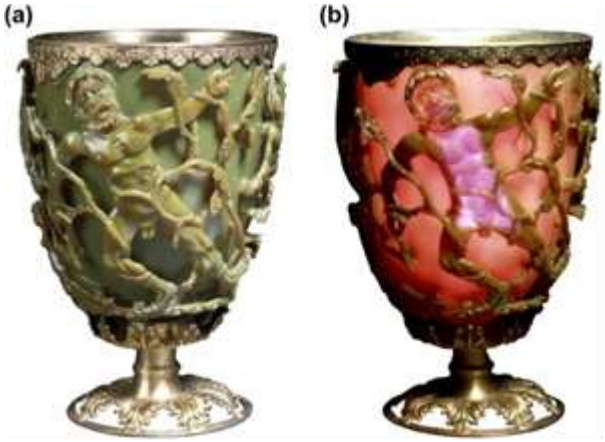
- تأكيد دور المصمم النحات في الاستفادة من الخامات الحديثة لإظهار جماليات النحت المعماري.
- توضيح أهمية تقنية النانوتكنولوجي في تطوير المنحوتات المعمارية المعاصرة.

منهج البحث:

يتبع البحث منهج وصفى تحليلى تجريبي.

نبذة تاريخية عن تكنولوجيا النانو:

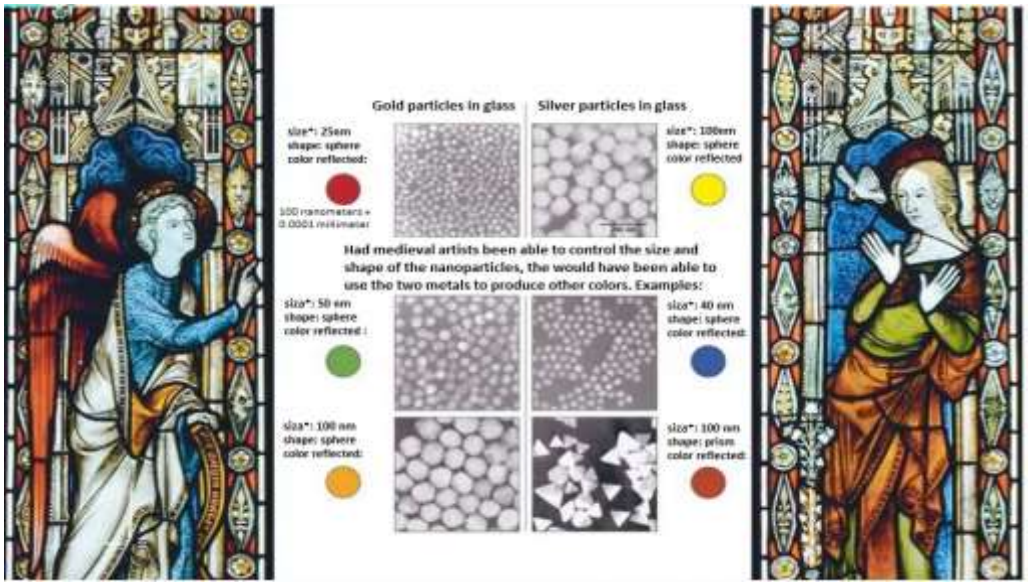
لقد حظيت تكنولوجيا النانو باهتمام لم تحظ به أية تكنولوجيا سبقتها فهي تمثل المفتاح السحري للتقدم والنمو الاقتصادي المبني علي العلم والمعرفة كما نجد أن تكنولوجيا النانو أصبحت تتطور في جميع جوانب الحياة أثناء العقود الخمسة الماضية، فقد بدأ تاريخ المواد النانوية مباشرة بعد الانفجار الكبير عندما كانت الهياكل النانوية متشكلة في النيازك البدائية. ثم في وقت لاحق طورت الطبيعة العديد من الهياكل النانوية الأخرى مثل أصداف البحر، الهياكل العظمية، جزيئات الطين، وجزيئات الدخان، إلخ. [ثانيا:1]



شكل رقم(1) كأس الملك الروماني لايكورجوس ،القرن الرابع الميلادي

بدأ استخدام تقنية النانو منذ مئات السنين حيث وجد في المتحف البريطاني واحده من المقتنيات التراثية الزجاجية ،ألا وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس أحد ملوك القرن الرابع الميلادي ،ويتميز هذا الكأس بتغير لونه من الأخضر إلي الأحمر الغامق عندما يتعرض للضوء ومع تحليل شظايا هذا الكأس تبين أنه يحتوي علي حوالي 0.5% من الماغنسيوم و 1% من الذهب و الفضة والتي تتراوح حجم جزيئاتهم من 50 إلي 100 نانومتر وهو المسئول عن تغير لون الكأس ، شكل رقم(1) [ثانيا:10].

كما استخدمت حبيبات النانو من فلز الذهب الحر والفضة في القرون الوسطي بأقطار ومقاييس متنوعة في تصنيع نوافذ الكنائس الملونه مما يعطي ألواناً متغيرة وفقا لظاهرة التشتت والتكسير الضوئي للمادة، شكل رقم (2) [أولا:2]



شكل رقم (2)صورة توضح أثر تغير أقطار حبيبات النانو لفلزات الذهب والفضة على نوافذ الكنائس الملونة.

تأثير تقنية النانو على الفكر التصميمي للنحات:

لم يعد النحت مجرد حفر في كتلة صلبة من الحجر مثل ما كان قديما لاستخراج تمثال أو عمل نحتي ولكن أصبح النحات بتعامله مع المواد النانونية صغيرة الحجم التي تتكون من العديد من الذرات كأنه يتعامل مع كومة غبار وبطريقة ما يقوم بلصق الملايين من تلك الذرات ليصنع ذلك العمل النحتي الذي يحمل أيضا خصائصه الوظيفية المطلوبة مشبعا لاحتياجات الإنسان المختلفة.

مفهوم مصطلح النانو:

كلمة نانو مشتقة من كلمة نانوس ومعناها بالإ غريقى المتناهى فى الصغر او القزم، والنانومتر يعني المليون من المليمتر أو المليار من المتر وهذا الطول هو طول الفيروسات والحامض النووى وقطر ذرة الهيدروجين وغيرها وللتعرف بصورة أوضح على هذا المقياس ومعدل نمو ظفر الإنسان فى الثانية الواحدة يساوى واحد نانو. [ثانيا:8- ص: 15:11]

مفهوم تقنية النانو:

تحتوي تقنية النانو على الكثير من الإنجازات العلمية المثيره فنجدها تشمل العلوم الأساسية والهندسية وغيرها من أفرع العلوم والمعرفة بالإضافه إلى المجالات التطبيقة المختلفة ومن ذلك نجد ان من الصعب ايجاد مفهوم محدد لتكنولوجيا النانو حيث ينظر لها كل مجال من المنظور الخاص به ولكن بشكل عام نجد أن مفهومها هي تلك التكنولوجيا المتقدمة القائمة على فهم ودراسة علم النانو مع القدرة التكنولوجية لتصنيع مواد النانو والتحكم ببنيتها الداخلية، كما تعرف التقنية بأنها عملية تطبيق العلم وهندسته لإنتاج شئ مختلف وجديد؛

والتقنية النانوية هي تطبيق علمى يتولى إنتاج الأشياء عبر تجميعها من مكوناتها الأساسية، مثل الذرة والجزيء. حيث نجد أن كل شئ يحيط بنا مصنوع من الذرات., ويمكننا من خلال النانو تكنولوجى التعامل مع كل هذه الاشياء والتحكم فيها وهو ما سيؤدى لتغيير نمط الحياة فى العديد من المجالات. [أولا:3- ص:63]

الفكر التصميمي:

هو ترجمة لموضوع أو فكرة معينة مرسومة تحمل قيمة فنية داخلها كما لها علاقة بوسيلة التنفيذ، فالتصميم هو عملية الابتكار في تجميع عناصر من البيئة ووضعها في تكوين واحد بطريقة هادفة مرضية تشبع حاجة الإنسان نفعيا وجماليا في آن واحد، **كما يمتلك التصميم واجهتين هما:**

المظهر الذهني: وهي الفكرة التي تنشأ من غرض معين ومعظم الأعمال التصميمية هدفها تحقيق رغبة أو غرض معين.

مرحلة التنفيذ: وهي الخروج بالتصميم إلى حيز العمل الفني الذي أصبح له وظيفة في حياتنا ومن هنا تستطيع التكنولوجيا التأثير بشكل فعال حيث إننا نريد دائما ابتكار طرق تنفيذية جديدة تطابق الخامات المستحدثة لتوظيفها بين المنفعة والجمال ومن هنا يتحتم علينا الابتكار للخروج بأعمال فنية مميزه ذات طابع وظيفي أفضل لا تقل وظيفتها عن جمالها [أولا:9- ص: 47:48]، كما أن تقنية النانو ساعدت الإنسان في أن يبتكر من تخيلاته ما يشاء لاحتياجاته الوظيفية في الحياة والسعي وراء الابتكار والتجديد فيها.

العلاقة بين التصميم التقليدي والتصميم الذكي:

لا يوجد اختلاف بين التصميم الذكي وباقي فروع التصميم فيما يتعلق بالعمليات التصميمية وتحدياتها، فالتصميم الذكي هو جزء أو فرع من العملية التصميمية له نفس الأهداف والمقاصد إلا أنه يختلف عن التصميم التقليدي في بعض المتطلبات الخاصة الواجب توفيرها ليتم وصفه بأنه ذكي.

حيث إن العملية التصميمية بصورة عامة تتكون من المراحل التالية كما حددها أسيمو [3] :

- **التحليل:** وتتحدد به جميع المتطلبات التصميمية التي تتلخص في مجموعة مترابطة منطقيا في مواصفات الأداء.
- **التركيب:** الذي توجد فيه الحلول لمواصفات الأداء المنفرده ثم تجمع بعضها مع بعض لتشكل التصميم الكامل.
- **التقييم و القرار:** الذي تختبر به البدائل التصميمية بالنسبة لمواصفات الأداء .
- التوصل للحل الأمثل،الإعاده (التغذية الراجعة) ، التنفيذ.

وبشكل عام فإن التكامل بين التصميم التقليدي وتطبيقات التكنولوجيا الحديثة هو من يعطي التصميم صفة الذكاء، فلا يمكن إنكار أحدهما على حساب الآخر.[أولا:6- ص:18]

تأثير تقنية النانو علي المنتج النهائي:

إن التصميم النهائي يتأثر باستخدام تقنية النانو عن طريق اتجاهين:

الاتجاه الأول: التأثير علي فكر المصمم:

حيث أصبح علي المصمم أن يختار المواد المنفذه قبل وضع فكرته وبالتالي فمن الضروري التعاون بين كل من المصمم والإنشائي المنفذ للتصميم للوصول إلى مواد جديدة تخدم فكرة التصميم بشكل جيد لنا يساعد على إطلاق العنان لتخيل وفكر المصمم وإزالة أية عوائق تواجه فكرته.

الاتجاه الثاني: ظهور تصميمات مختلفه جديده:

فنجد أن استخدام تطبيقات تقنية النانو أدي الي تنفيذ أشكال كان من المستحيل تحقيقها، فمثلا الأشكال الحيوية شديدة المرونة، أو أشكال بيولوجية مستدامة، وأيضا الأشكال التي تتصف بالديناميكية الذاتية أو غير الذاتية يتم التحكم فيها عن بعد، والمنحوتات الدقيقة المتناهية الصغر بمساعدة المجاهر الدقيقة [أولا:4]، **ويتبين ذلك فيما يلي:**

- **النحت بالسوائل الممغنطة: Ferro Fluid Sculpture**

شكل رقم (3) نحت بالسوائل الممغنطة، من أعمال الفنانه ساشيكو كوداما Sachiko Kodama

يعد النحت بالسوائل الممغنطة من أهم صور النحت الديناميكي باستخدام تقنية النانو حيث يتم حقن السوائل بجزيئات من أكسيد الحديد المغناطيسي يصل حجمها إلى 10 نانومتر والتي تستطيع أن تمتص مغناطيسية الأقطاب داخلها مما يجعل تلك السوائل ممغنطة بشكل دائم دون الحاجة إلي وجود مجال مغناطيسي حوله [ثانيا:13] مثل شكل رقم (3)، ومن أشهر النحاتين الذين قاموا بتنفيذ هذا النوع من النحت هي الفنانة اليابانية ساشيكو كوداما Sachiko Kodama التي بدأت بتنفيذ هذا النوع من الفن عام 2000 وقد عرضت أعمالها في متاحف متعددة. [ثالثا:2].

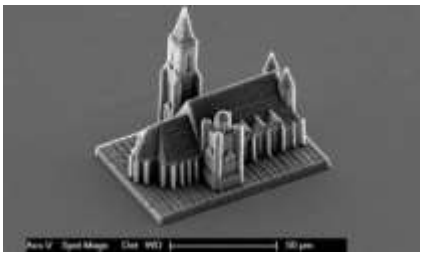
- **النحت بالمواد البيولوجية:**

شكل رقم (4) منحوتة من مواد بيولوجية

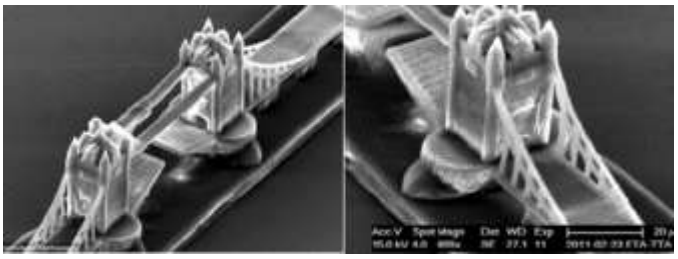
لقد تم تنفيذ بعض أعمال النحت معروفة باسم "المنحوتات الذكية" التي تعتمد علي خاصية الدمج بين التكنولوجيا العالية مع النحت فتساعد علي تنظيم درجة الحرارة بحيث يكون العمل النحتي الوظيفي دافئا عند الجلوس عندما يكون الطقس بارداً وأيضا يكون باردا عند الحر بالإضافا إلي أعمال أخري من النحت منفذه من مواد بيولوجيه جديدة مثل الذرة والفلين والكتان و فول الصويا بحيث تصبح صديقة للبيئة ولا تلحق بها أي ضرر كما موضح في شكل (4)، كما تحتوي أعمال نحت أخري علي مجموعة من الخلايا الشمسية المرنة ،التى تجعله مضاء طوال المساء بما يسمى الكهرباء الضغطية [4] والتي يتم تنشيطه بواسطة خطوات الجمهور عليه.[أولا:11]

- **النحت المتناهي الصغر:**

هي عبارة عن منحوتات بحجم النانو تم تنفيذها بدقة عالية وتفاصيل دقيقة جدا رغم صغر حجمها وذلك عن طريق الطابعة ثلاثية الأبعاد وبمساعدة المجاهر بواسطة مجموعة من العلماء في الجامعة التكنولوجية بفيينا The Vienna University of Technology مثل شكل رقم (5،6). [أولا:7 –ص: 135:134]



شكل رقم (5)
نحت نانو لجسر بري في مدينة لندن



شكل رقم(6)
نحت نانو لكاتدرائية القيس ستيفان في فيينا

أثر تطبيقات تقنية النانو في المواد:

إن تأثير تقنية النانو على مواد البناء أدي إلى تحسين خواصها وإكسابها إمكانيات أكثر من مادة في نفس الوقت، فأصبح هدف المصممين الأساسي أثناء عملية التصميم هو كيف يحقق هذا التصميم جميع المتطلبات ويكون مرضياً لمختلف الأجيال وقد أطلق على هذه المواد القديمة المعدلة بتلك التقنية اسم المواد الذكية، وسيتم تناول عدة مواد من حيث الإضافات النانوية وتأثيرها على المادة وأهم فوائدها.

المواد النانونية Nano materials:

هي مواد متقدمة تتراوح أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر إلى 100 نانومتر وتتكون من العديد من آلاف الذرات، كما نجد أن المواد التي يتم تصنيع الجسيمات النانوية منها لا شيء منها استثنائي أو يفوق التوقعات فالماده الأساسية للجزيئات النانونية يمكن أن تكون عضوية أو غير عضوية. [أولا:3- ص:63]

, فالسمة الرئيسية ليست المادة نفسها بل حجم الجسيمات العادية بالمقارنة مع حجم الجسيمات النانوية فالأخيره لديها مساحة سطح واسعة مما يجعلها أكثر عرضة للتفاعل وبالتالي تكسبها خواص كيميائية وفيزيائية وميكانيكية جديدة و فريدة, فمثلا مادة خاملة نسبيا يمكن أن تصبح نشطة جدا وبالتالي أكثر تحملا و إثارة للاهتمام في العديد من الاستخدامات المختلفة. [ثانيا:8- ص:15]

الخرسانة[5] Concrete :

لقد أثرت تكنولوجيا النانو في إنتاج أنواع جديدة من الخرسانة المعدلة تعوض ضعفها في قوة الشد وتؤدي إلي تحسن كبير في قوة الضغط بالإضافة إلي إمكانية توافر خصائص ذكية حديثة بها مثل التوصيل الكهربائي أو قدرات للاستشعار أو غيرهم،[أولا:2- ص:72] فنجد أن في الآونة الأخيرة أصبح استخدام الخرسانة يحرز تقدما كبيرا وملموسا ليس فقط من الناحية التقنية ، ولكن أيضا من الناحية الجمالية فلم تعد المادة الثقيلة والباردة والرمادية كما كانت في الماضي ولكنها أصبحت أكثر جمالا وحيوية .ومن خلال البحث والابتكار ، تم إنشاء أنواع متعددة من الخرسانة المطورة حديثًا والتي تكون أكثر مقاومة وأخف وزنا ومضيئة سواء بيضاء أو ملونة ، وما إلى ذلك.

حتى أصبحت الخرسانة تتكيف مع جميع التحديات الجديدة التي ظهرت تقريبًا، ومنها:

الخرسانة الشفافة Transparent Concrete:

شكل رقم (7) صوة توضيحية للخرسانة الشفافة

والمعروفة أيضاً بالخرسانة الباعثة للضوء light Transparent Concrete الهدف الرئيسي منها هو استخدام ضوء الشمس كمصدر للضوء وبالتالي الحد من استهلاك الطاقة للإنارة [أولا:4]، وقد تم بنجاح إنتاج أول كتلة خرسانية شفافة بخلط كمية كبيرة من الألياف الزجاجية في الخرسانة في عام 2003م ، والتي تسمح بمرور 80% من الضوء خلالها ونقله من جانب لآخر وتحتوي على 30%فقط من وزن الخرسانة العادية فتلك الشفافية النسبية تعطي انطباعاً عاماً بأن سمك ووزن الخرسانة سوف يختفي، وبالتالي يمكن استخدامها في النحت بتنفيذ منحوتات تجمع بين المتانة و الشفافية حيث إن الضوء يساعد أكثرعلي تحقيق تصاميم شفافة حيوية وديناميكية متغيرة بالنسبة للزمن على طول النهار [ثانيا:6] كما هو موضح في شكل رقم (7) [ثالثا:3].

الخرسانة الخضراء Green Concrete:

أصبح الإقبال علي الخرسانة الخضراء أكثر من ذي قبل نظرا لكونها صديقة للبيئة من حيث تقليل الطاقة المستهلكة ,التأثير البيئي ,استهلاك الموارد الطبيعية بالإضافه إلي تعدد طرق استخدامها فهي الخرسانة الناتجة عن مواد النفايات المعاد تدويرها [ثانيا:9]، أطلق علي الأسمنت المكون للخرسانة الخضراء سيليتمنت (Celitement) والذي يعتبر أكثر قدرة علي التحمل بالإضافة إلي أنه يجف بشكل أسرع وأيضا أقل قلوية مما يجعله أفضل في استخدامه في الخرسانة الحديدية حيث إنه غير قابل للتآكل وبالتالي يصبح أكثر تفضيلا خاصة في مجال الترميم [ثانيا:14] والنحت الميداني بحيث يتم تنفيذ منحوتات صديقة للبيئة ذات متانة عالية و غير قابلة للتآكل .

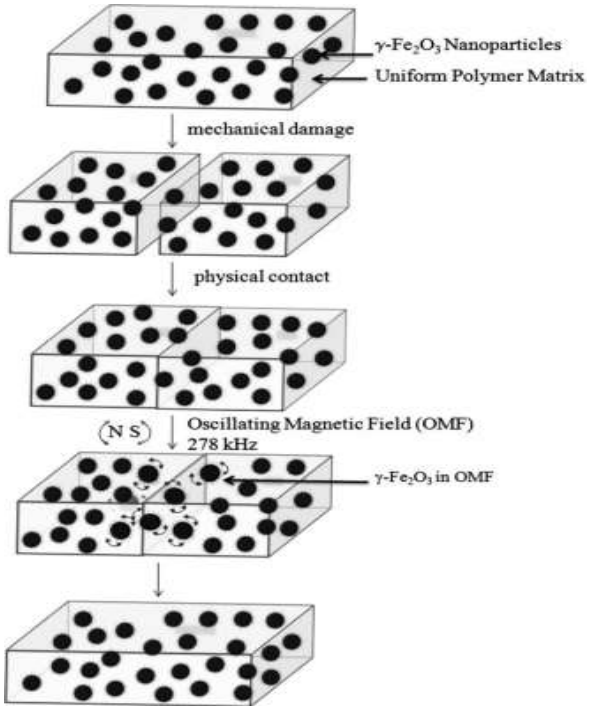
الخرسانة المسامية Permeable Concrete:

شكل رقم (8) صوة توضيحية للخرسانه المسامية

هي الخرسانة التي تحتوي علي فراغات مترابطة تسمح بمرور الهواء والماء من خلالها كما موضح في شكل (8) [ثالثا:1] ،تتكون الخرسانة المسامية من الحصي الخشن كبير الحجم مع استبعاد الرمل أو استخدامه بكميات قليلة جدا تكاد تكون منعدمة ,[ثانيا:4]، وفي بعض الأحيان يتم خلط أحجام مختلفة من الحصي لتحسين الخصائص الميكانيكية للخرسانة ولكن هذا غير مستحسن في حالة الخرسانة المسامية، حيث يقلل هذا من نسبة المسامات وقابلية النفاذ، فكلما زاد حجم الحصي فإنها تنتج مسامات أكبر وتحسن النفاذية [ثانيا:7]، ويمكن الاستفادة من هذا النوع من الخرسانة في تنفيذ أعمال نحتية بالأماكن التي تزداد فيها سقوط الأمطار بغزارة بحيث تساعد المسامات وقابلية نفاذ الماء خلالها علي عدم تراكم المياه علي سطح المنحوته و بالتالي عدم إلحاق الضرر بها بمرور الوقت.

الخرسانة ذاتية العلاج Self-healing Concrete:

هي الخرسانة التي تحتوي علي مركب نانوي ذاتي العلاج مستوحي من نظم بيولوجية تتحفز تلقائيا عند وجود تلف ما ،حيث غالبا ماترمم هذه الخرسانة بأيد بشرية والتي يصعب إصلاحها بشكل كامل بسبب عدم القدرة الكاملة علي تتبع ذلك الضرر؛ لذلك أصبح من الأفضل استخدام تلك المواد والبوليمرات المعالجة بتقنية النانو التي تستطيع بعمل إصلاح جوهري للضرر الذي يحدث للماده مما يقلل من الأضرار الناجمة مع مرور الزمن وتجنب تكاليف تدهور المادة [أولا:10- ص:68] كما موضح بالشكل رقم (9) وبعد عدة اختبارات لبعض المواد ذاتية العلاج وجد أنها تستطيع أن تصل إلي نسبة 75% من قوتها الأصلية كما أنها يمكن أن تزيد من عمر المكونات الإنشائية الهيكلية بنسبة تصل إلي مرتين أو ثلاث مرات،[أولا:2- ص:76] و بالتالي يفضل هذا النوع في نحت التماثيل للحفاظ عليها بحالتها الجيده بمرور الزمن دون تعرضها للترميم كثيرا .



شكل رقم (9) صورة توضح كيفية عمل الخرسانة ذاتية العلاج

الخشب Wood:

يعد الخشب مادة قديمة تستخدم منذ فجر الحضارة ويتكون من هيدرات الكربون والليجنوسليلوز في هيكله الذي يمكن تدميره بفعل عوامل مختلفة مثل الأشعة فوق البنفسجية والفطريات والنمل والخنافس والمواد الكيميائية، مما يقلل متانة الهيكل الخشبي ,ولكن تم إضافة مواد نانوية لتحسين أداء الخشب حيث إن قوة ألياف النانو تعد ضعف قوة الصلب وبالتالي ستؤدي إلي نموذج جديد في التصميم المستدام فنجد أنها تؤثر في تحسين الأداء الهيكلي للخشب ومقاومته وزيادة عمره الزمني وحمايته من تأثير أشعة الشمس عليه ،بالإضافة إلى سهولة تشكيل الخشب بالمقاطع والأشكال المطلوبة للتصميم فيستخدم كمادة إنشائية في التصاميم العضوية المرنة ذات التشكيل الحر [ثانيا:3]، وقد افترض بعض المطورين أن استخدام تقنية النانو علي أسطح الليجنوسليلوز يمكن أن يفتح فرصًا جديدة لجعلها أسطح ذاتية التعقيم ، وتطوير قدرتها علي الإصلاح الذاتي الداخلي ، والأجهزة الإلكترونية الليجنوسليلوزية ،كما تحتوي علي حساسات نانونية توضح أداء المنتج والظروف البيئية حوله من خلال مراقبة قدرته علي التحمل ،درجات الحرارة ،محتوى الرطوبة ،الفطريات المتحللة وقدرته علي فقد أو اكتساب الحرارة أو الهواء البارد. ومع ذلك، يبدو البحث في هذه المجالات لا يزال محدوداً في الوقت الحالي. [ثانيا:15] علي النحو الآخر توصل الباحثون في هذا المجال إلي أحد أنواع الطلاء دون التغيير في مظهر الخشب فقد قامت شركة BASF "Baden Aniline and Soda Factory" بتطوير طلاء طارد للماء بدرجة عالية على أساس تصرفات ورقة اللوتس نتيجة لإدخال جزيئات السيليكا والألومينا النانوية والبوليمرات الكارهة للماء مما يكسب الخشب الخواص

شكل رقم (10) يوضح الخشب وعليه قطرات الماء لا يمتصه

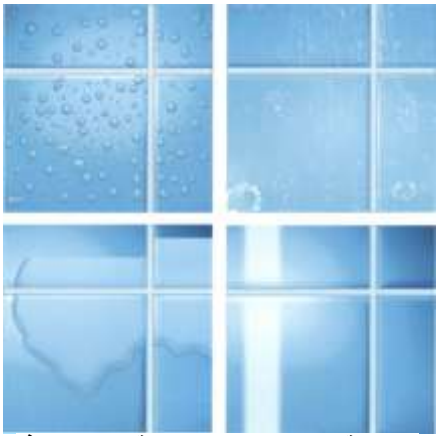
التاليه:مقاومة التآكل ،سهولة التنظيف ،يمنع تسرب المياه بمنع اختراق الرطوبة ،يمنع امتصاص البقع والتعفن ،وأيضا عدم امتصاص الأشعه فوق البنفسجية [أولا:12] مما يعني إمكانية تنفيذ تصاميم وأعمال نحتية من الخشب في الأماكن المفتوحة دون الخوف من العوامل الجوية المتغيرة من أمطار او رطوبة او حرارة مثل شكل رقم(10) .[ثالثا:4]

الزجاج Glass:

إن الزجاج من أهم المواد التى تعطي التصميم شفافية أكبر من خلال مساحات الزجاج المستخدمة و التحكم في مدي شفافيتها وتتميز المنحوتات الزجاجية بأن لها جاذبية عالية ومختلفة عن باقي أنواع النحت مثل شكل رقم (11) وهي منحوته للفنان بن يونج Ben Young [ثالثا :5]، و بإضافة مواد النانو لتلك المنحوتات الزجاجية تساعد علي تغيير تطبيقات الزجاج وإنتاج أنواع مختلفة منه يمكن تنفيذها علي تلك المنحوتات لتحسن خواصها من حيث التنظيف الذاتي والحماية من الشمس و الحرارة وغيرها من الخواص التي ستساعدها لتصبح أكثر متانة وغير قابلة للكسر وبالتالي يمكن تنفيذها في الميادين العامة والأماكن المفتوحة ،وهي:

شكل رقم(11) بداية جديدة "New Beginnings" عمل نحتي من الزجاج يصور فيه المرأة الحامل، للنحات بن يونج ،2016

الزجاج ذاتي التنظيف Self-Cleaning Glass:



شكل رقم (12) يوضح الزجاج قبل وبعد تنفيذ تقنية النانو عليه

تم اكتشاف خاصية التنظيف الذاتي هذه من البداية عندما قام العالم بارثلوت –عالم النباتات- بفحص أوراق اللوتس واكتشف انها تتميز بخاصية ذاتية التنظيف و وجد بارثلوت هذه الأوراق تحت الميكروسكوب أنها أوراق ذات سطح خشن طارد للماء وسمية " The Lotus-Effect" [ثانيا:8] ،ولكن من المهم أن نلاحظ أن مصطلح "التنظيف الذاتي" في هذا السياق مضلل حيث انه لايعني كما يفترض أن الأسطح لا يجب تنظيفها على الإطلاق ،بل يصبح الفاصل الزمني بين دورات التنظيف كبيره، وتعتمد في تنظيفها علي الماء الغزير حيث الكميات القليلة من الماء تترك وراءها أثرا يظهر السطح به شوائب. [ثانيا:17].

كما أن الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في ضوء النهار الطبيعي UV تكفي لتنشيط عملية التحفيز الضوئي لثاني أكسيد التيتانيوم 2TIO مما يساعد علي تحلل الأوساخ العضوية الموجودة علي سطح المادة ولكن بشكل بطئ تبعا لذلك تم تطوير "سطوح لوتس اصطناعية" أو ما يسمي بخاصية Photocatalys وتم استخدامها بكثرة في اليابان بمساعدة تقنية النانو تكنولوجي حيث تقوم علي طلاء طبقة شفافة من ثاني أكسيد التيتانيوم 2TIO المعالج بتقنية النانو وذلك يجعله محفزا

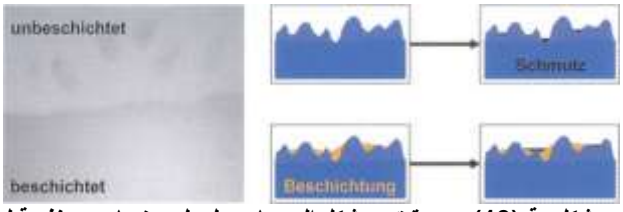
عالي التفاعل مما يساعد علي سرعة التحلل ويصبح التأثير دائم [ثانيا:16] وتحقق خاصية التنظيف الذاتي عن طريق عملية التحفيز الضوئي هذه أو عن طريق الماء فعند تلامس الماء لسطح الماده تنجذب الي بعضها مكونه ما يشبه الشريحه بدلا من أن تتحول إلي قطرات تترك أي أثر مما يؤدي إلي إزالة الاتساخات العضوية وسقوطها علي الأرض وعند تطبيق ذلك علي الزجاج يصبح أكثر شفافية لزيادة قابليته في انتقال الضوء خلاله الذي يحجب من وجود اي اوساخ او شوائب وبالتالي يعمل علي تقليل الطاقه المستهلكة كما هو موضح بشكل رقم (21) .[أولا:8- ص:68:64]

زجاج الحماية من الأشعة فوق البنفسجية UV Protection:

يعتمد على ثلاثة مركبات ثاني أكسيد التيتانيوم (02Ti)، وأكسيد الزنك (ZnO) وCeO) Ceroxide) يقوم كل واحد منهم بدوره في امتصاص الأشعة الفوق بنفسجية الضارة مما يعمل على حمايتة ولا يلحق به أي ضرر أو تغير في اللون. [ثانيا:17]

الزجاج المضاد للبصمات Anti-fingerprint Glass:

هو زجاج مغطي بطبقة رقيقة جدا من طلاء النانو يعمل على انكسار الضوء بنفس الطريقة التي تعمل بها بصمة الإصبع نفسها وهو طلاء غائم نسبيا فلا يستخدم على الزجاج الشفاف اللامع ولكن يمكن استخدامه للزجاج الملون أو المطفأ "الغير لامع" فيترك السطح نظيفاً لا يحتوي على آثار بصمات مثل شكل رقم (13). [ثانيا:8-ص: 174:57]



شكل رقم(13) صورة تبين شكل البصمات علي لوح زجاج مصنفر قبل وبعد الطلاء

زجاج العزل الحراري Thermal Insulating Glass:

تم تحسين خاصية العزل الحراري للزجاج بواسطة النانوتكنولوجي إما عن طريق(Vacuum insulation panels VIPs)وهي عبارة عن الواح مسامية ، مقاومة للضغط ،رفيعة جدا يتراوح سمكها من بين 2 مم و 40 ملم وتتميز بقدرتها علي العزل عشر أضعاف مواد العزل التقليدية مثل البوليسترين ، او عن طريق Aerogel وهي ماده صلبه تم معالجتها بتقنية النانو فعرفت بإسم Nano gel وهي أخف مادة صلبة علي مستوي الأرض عباره عن حبيبات كروية لبنية ،أو شفافة ،أو غائمة بعض الشئ كما أنه يحتوي علي 100% من تكوينه جزيئات الهواء المحصورة داخل ذرات النانو الدقيقة جدا التي يبلغ حجمها 20 nm تقريبا [ثانيا:11] ،وبالتالي يحقق خاصية العزل الحراري بشكل ممتاز إلي جانب التحكم في درجات الدفئ والبرودة تبعا لدرجة حرارة الجو ,كما أنه عازل حراري لكنه ينقل الضوء بشكل جيد نظرا لشفافيته ويعمل علي تحويل أشعة الشمس المباشرة إلى ضوء خالٍ من التوهج وبالتالي يمكنه التحكم في درجات الإضاءة للزجاج كما لا تؤثر عليه الأشعة فوق البنفسجية ،و بالإضافة إلى خصائص العزل الحراري ، والهواء يعمل أيضا بمثابة عازل الصوت حيث توقف موجات الصوت من المرور. [ثانيا:2]

زجاج مقاوم للحريق Fire-proof Glass:

هي ألواح تحتوي على جزيئات من النانو سيليكا 2SIOالتي تتحول إلى درع ناشف يتحمل أقصي درجات الحرائق لمدة تزيد عن 120 دقيقة حتى الطبقات الرقيقة منها، كما تعمل على إنتاج رغوة لمنع ذلك الحريق من الانتشار والحفاظ على طرق الهروب بالإضافة إلى عدم تأثره بالأشعة فوق البنفسجية كما يتميز هذا الزجاج بخفة وزنه حيث يصل سمكه تقريبا 3 مم مما يجعله سهلاً في حمله ونقله والحفاظ على شفافيته وحسن مظهره. [ثانيا:8- ص: 174:57]

الزجاج متعدد الوظائف Multifunctional:

من المتوقع التوصل إلى أنواع من الزجاج متعددة الوظائف يعتمد على أنسجة النانو السطحية التي تنتج مجموعة واسعة من المميزات في آن واحد مثل زجاج ذاتي التنظيف ومضاد للضباب، مضاد للبكتيريا، مضاد للتلوث ومضاد للانعكاس. [ثانيا:17]

الصلب Steel:

شكل رقم (14) "المسله" من أعمال المهندس الأسباني سانتياغو كالاترافا Santiago Calatrava

أثبتت الابحاث أن حبيبات النانو النحاسية المستخدمة تعمل علي عدم وجود تفاوت في أسطح الحديد وبالتالي تزيد قوة الانضغاط مما يمنع حدوث التشققات وزيادة في قوة ومتانة الحديد ونجد في حالات اللحام أن حبيبات المغنسيوم والكالسيوم النانونية تحت ضغط الحراره تزيد من صلابة ذلك اللحام مما يجعل الحديد أكثر تحملا لتنفيذ أعمال نحتية شاهقة الارتفاع، وبجانب ذلك تكون خفيفة الوزن فتصبح من السهل جعلها تتحرك ،ويظهر هذا بوضوح في عمل نحتي يرمز لأهم مراكز العالم المتخصصة في تكنولوجيا النانو وهو عبارة عن أسمنت مسلح تحت الأرض فوقها برج يبلغ ارتفاعه ٨٢ قدماً ويحيط به هيكل قطره ٣٤،٥ قدماً مصنوع من الدولوميت وغلافه الخارجي من ٢٢٤ ضلعا متحركا من الفولاذ الذى لا يصدأ، وترتيبها في ثمانية مستويات. وقد صممت هذه العناصر لتتحرك محاكية حركة الأمواج من أعلي إلى أسفل والتي يولدها المحرك الكهربائي الموضوع في القمة والهيكل بأكمله مضاء بواسطة ١٠ نقاط رئيسية، وتستخدم فيها تقنية النانو فى تحريك أجزائها وإضاءتها، شكل رقم (14)، ذلك بالإضافة إلى خصائص أخري مثل جعله أكثر مرونة في التشكيل ومقاوم للبصمات والمياه وغيرها كما هو موضح في شكل رقم (15). [ثانيا:12]

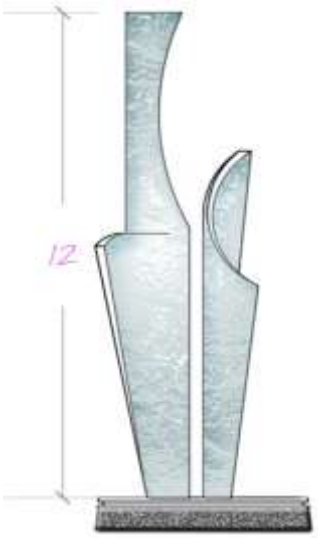
طلاء مضاد للكتابة Anti-graffiti Coating:

شكل رقم (15) بوابة براندنبورج Brandenburg في برلين محمية بطبقة مضادة للكتابات

هو طبقة رقيقة جدا من الطلاء المعالج بتقنية النانو يحفظ المادة من الكتابة عليها وذلك دون إغلاق مسامها مما يسمح للمادة للحفاظ علي نفاذيتها كما أنه يقلل من تراكم الأوساخ والمياه بشكل كبير علي سطحها وتتوقف كمية ذلك الطلاء علي الخامه الأساسية فمثلا تطلب المواد الأكثر كثافة مثل الخرسانة المضغوطة بشكل عام مواد طلاء أقل ,تم تنفيذه علي أشهر المعالم التاريخية بوابة براندنبرغ " Brandenburg Gate" الموجودة في برلين شكل رقم(16).[ثانيا:11]

تطبيق 1: عمل نحتي ميداني من الخرسانة الشفافة.

قام الباحثون بوضع فكرة تصميمية لعمل نحتي ميداني (علامة أرضية) عبارة عن تجريد عضوي لورقتي نبات بشكل متعاكس و بارتفاع افتراضي 12 م. دون القاعدة الخرسانية و الهدف الافتراضي هو تطبيق الخرسانة الشفافة في اعتبار تصميم و خامة تنفيذ و إنتاج هذا العمل المقترح و ذلك بهدف تحقيق قدر نسبي من الشفافية في خامة العمل مما يظهر ظلال أجزائه التي يخفي بعضها بعضاً، و من المعروف أن تحقيق مبدأ الشفافية في أعمال ميدانية بهذا الحجم يستحيل في خامة الزجاج أو منتجات البلاستيك الشفاف لاعتبارات متعلقة بطبيعة تلك الخامات و طرق إنتاجها , و يتم إنتاج الخرسانة الشفافة بخلط نسبة محددة من الألياف الزجاجية في الخرسانة لكي تسمح بنفاذية الضوء من خلالها بعد تصلبها، كما يتحقق من خلال هذا الخليط خفة وزن الكتلة الرئيسية للعمل مع الحفاظ على متانتها و استقرارها و مع تغير قيم الضوء بين الأوقات المختلفة يوحي استخدام الخرسانة الشفافة في تنفيذ العمل بالحركة و الديناميكية المستمرة. شكل رقم 16.

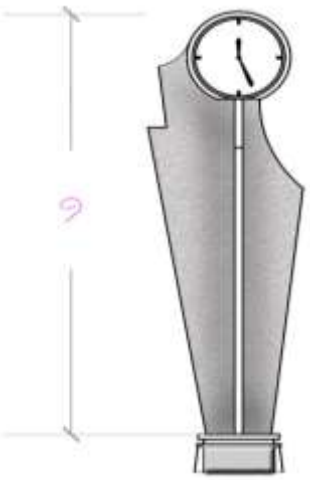


شكل رقم (16) تصميم افتراضي لعلامة أرضية من الخرسانة الشفافة.

تطبيق 2: عمل نحتي للحديقة من الخرسانة ذاتية التنظيف.

العمل الثاني عبارة عن تجريد هندسي لشرائح تحمل ساعة تتوسط حديقة عامة وبارتفاع افتراضي 9 م. دون القاعدة الخرسانية والهدف الافتراضي هو تطبيق الخرسانة الخفيفة الوزن فقط في اعتبار تصميم وخامة تنفيذ وإنتاج هذا العمل المقترح وذلك بهدف تحقيق أقل وزن ممكن في كتلة العمل مع الحفاظ على صلابته واستقراره؛ و ذلك باعتباره عملاً داخلياً معرض لتفاعلات الجماهير، و يتم إنتاج الخرسانة الخفيفة بخلط نسب الألياف الزجاجية مع الخرسانة مع تطبيق اللون لكي لا يسمح بنفاذية الضوء من خلالها بعد تصلبها. شكل رقم 17.

.



شكل رقم (17) تصميم افتراضي لساعة حديقة من الخرسانة الخفيفة.

تطبيق 3: مقعد حديقة نحتي من الخرسانة الخفيفة ذاتية التنظيف.

العمل الثالث عبارة عن تجريد هندسي لكتلة شرائح خرسانية يتوسطها تجهيز لجلسة خشبية للتطبيق في حديقة عامة، والهدف الافتراضي هو تطبيق الخرسانة الخفيفة الوزن مع تطبيق طلاءات سطح رقيقة معالجة بتقنية النانو على سطح الخرسانة المكونة لخامة المقعد بهدف الحفاظ عليها من تراكم الأتربة وفضلات الطيور والإهمال البشري بالكتابة والتخريب المتعمد بالألوان والطلاءات. شكل رقم 18.

شكل رقم (18) تصميم افتراضي لمقعد حديقة من الخرسانة الخفيفة ذاتية التنظيف.

نتائج البحث:

نستنتج من تلك الدراسة أن:

1. النانوتكنولوجي كان له تأثير على منهجية تفكير المصممين.
2. ظهور مواد وتقنيات في النحت لم تكن موجودة من قبل.
3. استخدام النحات للمواد النانونية عمل على ابتكار أعمالٍ فنية ضخمة تحمل صفة الذكاء ولها خصائص وظيفية مشبعة لاحتياجات الإنسان.
4. للنانوتكنولوجي أثر هائل على المردود الاقتصادي في المستقبل من حيث قلة عمليات البناء المتكرر وتكاليف الصيانة المرتفعة.
5. تطبيق تقنية النانوتكنولوجي على خامات تنفيذ العمل النحتي تؤثر بشكل مباشر في عملية التصميم مما يجعل النحات يجب أن يضع في اعتباره تلك المتغيرات ويحقق أقصى استفادة منها في إبراز عمله النحتي.

التوصيات:

يوصي البحث ب:

1. بدراسة تقنية النانو والاهتمام بعمل أبحاث عنها لإنتاج مواد وخامات جديده تساعد على تطوير مجال تصميم وتنفيذ النحت المعماري في مصر.
2. الاهتمام بتنفيذ المنحوتات بخامات النانو لتكون صديقة للبيئة ولتتحقق صفة الاستدامة فيها وتصبح مناسبة لمختلف الأجيال.
3. بإقامة مراكز وجهات متخصصة في دراسة النانو تكنولوجي لعمل أبحاث علمية على المواد وتحسين خواصها ومعرفة كيفية توظيفها في المجسم المراد تنفيذه.
4. التأكد من معدل الأمان وأخذ الاحتياطات اللازمة عند التعامل مع النانو تكنولوجي لصغر حجم جزيئات الماده بحيث لا تُري بالعين المجردة، مما يسهل دخول جسيمات النانو إلى جسم الإنسان من خلال المسام وبدون أية مقاومة وبالتالي إلحاق الضرر الكبير به.
5. الاهتمام بوجود موظفين متدربين للتعامل بحرص مع تقنية النانو.

المراجع:

أولا: المراجع العربية:

1- الإسكندراني، محمد شريف. (2010)." تكنولوجيا النانو: من أجل غد أفضل" عالم المعرفة، سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.

-*Al Eskndrani, Mohammed Shereif*.(2010). "Technologia al nano : mn agl ghad afdal" aalm el m'arefa ,selselt kotub thqafia shahria yosderha al magles al watany lel thqafa wal fenon wal adab ,Kuwait,p7,8.

2- أبوشوشة، وليد محمد بلال حسنين .(2016) .:" استخدام تكنولوجيا النانو لرفع كفاءة المباني السكنية مرجعية خاصة لكفاءة الطاقة والمواد".رسالة ماجستير غير منشورة ،قسم هندسة معمارية، كلية هندسة، جامعة القاهرة،ص،26،72،76.

-*Abu Shosha, waleed mohammed belal hessen*.(2016)."Estkhdam technologia al nano le rafi' kfa'et el mbany al skania marga'ia khasa le kfa'et al taqa wal mwad",resale magester gher manshora ,qesm handasa me'maria, koliet handasa,gamee't al qahera , p26, 72-76.

3- الهاجري،عبد الله علي صقر .(2014) . "المواد النانوية في الهندسة المعمارية:تطبيقاتها وخصائصها في المباني".رسالة ماجستير غير منشورة ،قسم العمارة،كلية الهندسة،جامعة القاهرة .

-*El hagri, Abd allah ali sakr*.(2014). " Al mwad al nanonya fe al handasa al me'maria: tatbeqateha w khsa'iiseha fe al mbany" resale majester gher manshora , qesm al e'mara, kolyet al handasa, gam'et al qahera, p 63.

4- حربة،علا .(2017). "العمارة في ظل تقنية النانو"مجلة جامعة البعث،المجلد39،العدد18 ،ص83-116.

-*Herba,Ola*. (2017). "al 'emara fe zel tqnyet al nano" mgalet gam'et al ba'as, al mogalad 39, al 'adad 18,p 83-116

5- زينهم، محمد علي حسن ؛محمود ،سحر شمس الدين محمد؛ السيسى، أفروديت وسيم.(2016)." الاستفادة من التشكيل الحر في تصميم النحت الزجاجي"مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية،المجلد 1 ،العدد 4، ص 164-192.

-Zenhom, M. ; Mahmoud, S. ; Al sisy, A. (2016). "Al estfada mn al tashkel al hor fe tasmem al na7t el zogagi" mgalet al e'mara wal fenon wal e'lom al ensania , moglad 1 , a'dad 4 , p 164-192.

6- سلامة، محمد عبد الحليم عبد الرحمن ز(2014). " أثر التطور التكنولوجي على بنية الشكل المعماري المستديم في قطاع غزة (حالة دراسية: ألواح الالمونيوم المزدوجة في قطاع غزة)"،رسالة ماجستير منشورة,قسم غمارة،كلية هندسة،الجامعة الإسلامية ، غزة ،ص18.

-*Salama, Mohammed Abd el halim Abd el rahman*.(2014).”athar al tatwor al technology ala bnyt al shakl al me’mary al mostadem fe qeta’ ghaza (hala derasia : alwah al almunium al mozdawga fe qeta’ ghaza)”,resalt majester manshora, qesm e’mara, kolyet handasa, al gam’a al islamia , ghaza , p 18.

7- عبد القادر ، رحمة طارق محمد جمال .(2013). "البنية التصميمية لأعمال فناني النانو كمصدر للتصميمات الزخرفية" ،رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم التصميمات الزخرفية ، كلية التربية الفنية ، جامعة حلوان ،ص 134،135.

-*Abd el kader, Rahma tareq gamal*,(2013). “Al bnya al tasmimia le a’mal fanani al nano ka masdar lel tasmemat al zokhrofia” resalet majester gher manshora , qesm al tasmemat el zokhrofia, kolyet al tarbia el faniak game’t helwan, p 134-135

8- علي، محمود عطية محمد .(2014)." تطبيقات تقنية النانو علي الزجاج ومدي تأثيرها علي كفاءة إستهلاك الطاقة في المباني الإدارية" رسالة ماجستير غير منشورة، قسم هندسة معمارية، كلية الهندسة، ص64-68.

-*Ali, Mahmoud atia mohammed.* (2014).”Tatbeqat teqnyt al nano ala zogag w mada ta’serha ala kfa’et estehlak al taqa fe al mbani al edaria “ resale majester gher manshora,qesm handasa me’maria ‘ kolyet handasa, p64-68

9- غالي،محمد حمدي زكي محمود.(2013). "أثر التكنولوجيا علي تطور الفكر التصميمي للعمارة الداخلية". رسالة ماجيستير ،قسم الديكور –العمارة الداخلية ، كلية الفنون الجميلة ،جامعة حلوان.

-*Ghali, Mohamed hamdy zaki Mahmoud.*(2013). “Athar al technologia ala tatawor al fekr al tasmimi lel e’mara el dakhlia”, resale majester, qesm décor-al e’mara al dakhlia , kolietal finon al gamela, game’t helwan, p 47-48

10- فاضل،أسماء مجدي محمد .(2011).:"العمارة الذكية وانعكاسها التكنولوجي علي التصميم (دراسة حالة المباني الإدارية)". رسالة ماجستير غير منشورة ،قسم العمارة،كلية الهندسة،جامعة القاهرة ،ص68.

-*Fadl,asmaa magdy mohammed.* (2011). “ Al ‘emara al zakia w en’iiksaha al technologi ala al tasmim(derast 7alet al mbany el edaria)” resale majester 8er manshora , qesm e’mara , kolyet handasa ,game’et al qahera, p 68.

11- منصور،رأفت السيد .(2012)."النحت بتقنية النانو تكنولوجى بين القيم الجمالية والأشكال النفعية" المؤتمر السنوي لكلية التربية النوعية،جامعة المنصورة.

-*Mansour, ra’fat al saied* . (2012).”al naht b teqnyt al nano technology bayn al qym el gmalia wal ashkal el naf’eia “ al mo’tamar al sanawy le kolyt el tarbia al nawi’ia , game’t al Mansoura.

12- هلال، فاتن محمود سليمان ز(2014)." دراسة للمواد النانوية و النظم البنائية لأشكال جزئ النانو و الاستفادة منها في مجال الأشغال الفنية"، المجلة العربية للعلوم الاجتماعية - المؤسسة العربية للاستشارات العلمية وتنمية الموارد البشرية – مصر ،المجلد2، العدد6، 109-13

- *Helal , Faten mahmoud seliman*. (2014). “Derasa lel mwad al nanonia wal nzm al beda’eya le ashkal goze’ al nano wal estfada mnha fe magal al ashghal al fania”, al magala al a’arbia lel olom al egtma’ia – al mo’asasa al Arabia lel estsharat al e’lmia w tnmyt al mwared al bsharia, masr , almoglad 2, al adad 6 ,p109-135.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

1- Alagarasi, A. (2011). "Introduction To Nanomaterials" published book , Chapter: 1, pp.76.
2- Bozsaky , D., (2015): "Thermal Insulation with Nanotechnology Based Materials" Conference Paper • November
3- Ganguly , S., (2012): Application Of Nanotechnology In Building Materials . International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) , Vol. 2, Issue 5, 1077-1082.
4- Han, B., et al., (2017): Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures" Chapter 21 (Permeable Concrete).
5- Harmens, J. (2012). "Nanotechnology Application in Building and Facade Construction of The Future" Published book,p 23-24,p2-5..
6- Kashiyani, B.K. et al., (2013): A Study on Transparent Concrete: A Novel Architectural Material to Explore Construction Sector. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Vol. 2, No. 8, 83-86.
7- Kia A., et al., ., (2017): Clogging in permeable concrete: A review. International Journal of Environmental Management, 193 (2017), 221-233.
8- Leydecker S. (2008): "Nano Materials :in Architecture, Interior Architecture and Design" Published book, p11-15,p57-174.
9- Liew, K.M. et al., (2017): Green concrete: Prospects and challenges. International Journal of Construction and Building Materials, 156 (2017), 1063–1095.
10- Loos, M. (2015). "Carbon Nanotube Reinforced Composites : CNR Polymer Science and Technology " PDL Handbook series.
11- Mahdy, M.,(2012):" Nanotechnology and Architecture" Presentation, Bibliotheca Alexandrina, November .
12- Mohamed, A (2010) "Towards sustainable architecture with nanotechnology". AL-Azhar Engineering Eleventh International Conference , Conference Paper • December 21-23 .
13- Science , alert .(2019). "We Now Have The First-Ever Permanently Magnetic Liquid, And It's Absolutely Trippy". Science. American Association for the Advancement of Science.
14- Stemmermann, et al., (2010): Celitement® – A new sustainable hydraulic binder based on calcium hydrosilicates. Cement International (SCImago) ,8(5) ,52-66.
15- Surinder Mann (2006): Report on Nanotechnology and Construction ; Page 1-55
16- Thompson, C., (2014): "Highly Transparent, Self-cleaning, and Antireflective Nanoparticle Coatings". Published by ProQuest LLC (2014) ,p 59-76.
17- Zhao *, X., Zhao , Q., Yu, J. and Liu, B., (2008): Development of multifunctional photoactive self-cleaning glasses. International Journal of Non-Crystalline Solids, 354 (2008), 1424–1430.

ثالثا: مواقع الإنترنت:

1- https://greenbuildingelements.com/2014/07/11/green-materials-report-permeable-concrete.
2- http://sachikokodama.com/text/works/morpho/morpho2.html
3- https://theconstructor.org/concrete/transparent-concrete-light-transmitting-concrete/9271
4- https://nanoprotect.co.uk/wood-protection.html
5- https://brokenliquid.com/projects

[1] توماس كارلايل Thomas Carlyle: هو مؤرخ وكاتب أسكتلندي توفي 5 فبراير عام 1881 في لندن، كتب العديد من المقالات الناجحة كما تداولت بين الناس الكثير من أقواله ‘‘نقلا عن موسوعة بريتانيكا".

[2] وليم جيمس William James: هو فيلسوف وعالم نفس أمريكي توفي 26 أغسطس عام 1910 في تشوكوروا بالولايات المتحده، عد رائد الحركة الفلسفية ومؤسس علم النفس الأمريكي "نقلا عن موسوعة بريتانيكا".

[3] موريس أسيمو Morris Asimow: هو أستاذ النظم الهندسية في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس توفي 10 يناير عام 1982، وله عدة كتب منشوره من أهمها كتاب *مقدمة للتصميم*،"نقلا عن موسوعة الويكيبديا".

[4] الكهرباء الضغطية: هي خاصية لبعض المواد اكتشفت عام 1880 بواسطة الأخوين بيار كوري وجاك كوري، تعمل عن طريق ظهور شحنة موجبه على جانب وشحنة سالبة عالجانب الآخر عندما تتعرض لضغط ميكانيكي تتقارب فيها بعض الشحنات الكهربائية مما يولد على طرفيها جهدا كهربائيا،"نقلا عن موسوعة بريتانيكا وموسوعة الويكيبديا".

[5] الخرسانة: هي أكثر المواد إنتاجا وإستخداما في البناء، تتكون من الاسمنت والرمل والماء مع إضافة نوع من الركام أو الحصى تتماسك معا بصورة كيميائية حتي تتصلد تماما وتصبح متينة،"موسوعة الويكيبديا".