الخامات المعالجة بتقنية النانوتكنولوجى و استخدامها فى أعمال النحت المعاصر

Raw Materials treated with Nanotechnology and its Use in Contemporary Sculpture

أ. د/ محمد محمد على شاهين
أألستاذ الدكتور بقسم النحت و التشكيل المعمارى – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان
Prof. Mohamed Mohamed Ali Shaheen
Professor Doctor of Sculpture Department, Faculty of the Applied Arts, Helwan
d_shaheen54@hotmail.com
م. د/ مروان عبد الله حسين
المدرس بقسم النحت و التشكيل المعمارى – 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/ امنة هارون محمد التارقى
مصمم حر
Researcher. Amna Haroon Mohamed Al Targee
Freelance Designer
libyamona15@gmail.com

ملخص البحث :

من الصعب تخيل مدى صغر تقنية النانو حيث أن النانومتر الواحد هو جزء من المليار من المتر ، و علم النانو يتضمن تكنولوجيا لها القدرة على رؤية الذرات و الجزيئات الفردية و التحكم فيها ، فكل شئ على وجه الأرض يتكون من الذرات ، الطعام الذى نأكله و الملابس التى نرتديها و المبانى و المنازل التى نعيش فيها و أجسادنا ، لكن شيئاً صغيراً مثل الذرة يستحيل رؤيته بالعين المجردة فى الواقع ، حتى أنه يستحيل رؤيته بواسطة المجاهر التى تستخدم عادةً فى الفصول المدرسية ، لذا فكان لزاماً اختراع مجاهر مخصصة لرؤية الأشياء بالمقياس النانوى ، و قد حدث ذلك بالفعل فى أوائل الثمانينات ، و بمجرد حصول العلماء على الأدوات المناسبة كمجهر المسح النفقى (STM) و مجهر القوة الذرية (AFM) ولد عصر النانو تكنولوجى ، و على الرغم من حداثة هذا العلم و تلك التكنولوجيا إلا أن المواد النانوية استخدمت لعدة قرون ، و لكن الفنانون فى تلك الأوقات لم يكونوا على دراية بماهية العملية التى قاموا بها لإنشاء هذه الأعمال الفنية الجميلة و التى أدت فى الواقع إلى تغيرات فى تكوين الخامات التى كانوا يستخدمونها ، و اليوم وجد العلماء و الفنانون طرائق متنوعة لصنع الخامات بالمقياس النانوى للإستفادة من خصائصها المعززة كالصلابة الأكثر و الوزن الأخف و التحكم فى تأثير الضوء على الخامة و فى التفاعلات الكيميائية التى يمكن أن تحدث لتلك الخامات بسبب عوامل البيئة ، و قد أحدث ذلك تطوراً كبيراً فى فن النحت المعاصر.

و فى الآونة الأخيرة تم تشكيل بعض المنحوتات على نطاق ضخم أثار إجاب المتلقى بأحجامها الهائلة ، و يُنسب هذا الإعجاب الآثر للمهارات التقنية و تكنولوجيا النانو التى تمكنت أيضاً من إبداع اشكال لا يمكن تصديق صغر حجمها ، حيث لا يزيد حجمها عن عين الإبرة و فى بعض المنحوتات قد تكون أصغر بكتير.

كلمات مفتاحية :

النانو تكنولوجى ، الخامات المعالجة بتقنية النانو ، النحت المعاصر

Abstract:

It’s hard to imagine just how small nanotechnology is. One nanometer is a billionth of a meter, Nano science and nanotechnology involve the ability to see and to control individual atoms and molecules. Everything on Earth is made up of atoms—the food we eat, the clothes we wear, the buildings and houses we live in, and our own bodies, but something as small as an atom is impossible to see with the naked eye. In fact, it’s impossible to see with the microscopes typically used in a high school science classes. The microscopes needed to see things at the nanoscale were invented in the early 1980s., and once scientists had the right tools, such as the scanning tunneling microscope (STM) and the atomic force microscope (AFM), the age of nanotechnology was born.

Although modern nano science and nanotechnology are quite new, nano scale materials were used for centuries, but

The artists back then just didn’t know that the process they used to create these beautiful works of art actually led to changes in the composition of the materials they were working with. Today's scientists and engineers are finding a wide variety of ways to deliberately make materials at the nano scale to take advantage of their enhanced properties such as higher strength, lighter weight, increased control of light spectrum, and greater chemical reactivity than their larger-scale counterparts.

Lately , Some sculptures are built on a grandiose scale, impressing the observer with their sheer size. These are not those sculptures. These feats of technical skill and nanotechnology pack incredibly detailed features into forms no bigger than the eye of a needle and in some cases, even smaller.

Keywords:

Nanotechnology, raw materials treated with nanotechnology, contemporary sculpture.

مقدمة :

استطاعت التقنيات الفائقة و خاصة تقنية النانوتكنولوجى أن تفرض سيطرتها على الكثير من المجالات فى الحياة المعاصرة و على وجه الخصوص فن النحت إما من خلال قيامها بدور فعال فى إنتاج خامات جديدة يستخدمها النحات المعاصر فى إنتاج عمله الفنى أو تحسين خواص خامات معنية ، و قد فتح ذلك المجال أمامه فى تنفيذ العديد من التصميمات المثيرة التى كان من الصعب تنفيذها قبل اكتشاف هذه التقنية و استخدامها فى أعمال النحت المعاصر ، و النحت كما هو منذ القدم فناً يؤثر فى المجتمع و الناس و يتأثر بما حوله من عصريةٍ و تقدم و يُعبر عن التغيرات الجذرية و التحولات التى يمر بها المجتمع و التى هى نتاج التكنولوجيا التى يقودها الفكر البشرى المبدع كتكنولوجيا النانو ، و هذه التكنولوجيا هى حصاد التكامل بين العلم و الهندسة و الأبحاث العلمية فى تطوير المنتجات و تطويع الذرات و الجزيئات و التعامل معها من خلال مجهر إلكترونى شديد الدقة لخدمة مجالات متنوعة تنتفع بها البشرية ، و من وراء جدران المراكز البحثية خرجت هذه التكنولوجيا إلى عالم النحت. (أولاً :5 ، ص 523)

مشكلة البحث :

- إلى أى مدى يمكن أن تساهم تقنية النانو تكنولوجى فى إنتاج خامات متطورة تستخدم فى إنجاز أعمال النحت المعاصر؟

فرض البحث :

يفترض البحث ما يلى :

- يمكن استخدام تقنية النانوتكنولوجى فى إثراء فن النحت بالخامات المتنوعة و التصميمات المثيرة.

هدف البحث :

- الكشف عن دور تقنية النانوتكنولوجى فى تطور الخامات المستخدمة فى فن النحت.

أهمية البحث :

- إثراء المكتبات الفنية بمادة علمية تُمكن من فتح آفاق فكرية جديدة تخص التعامل مع تقنية النانوتكنولوجى.
- تفعيل دور تقنية النانوتكنولوجى فى أعمال النحت المعاصر.

منهج البحث :

يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى .

ماهية تقنية النانو تكنولوجى :

تُعرف تقنية النانوتكنولوجى على أنها التطبيق العلمى الذى يتولى عملية إنتاج الأشياء من خلال تجميعها من المكونات الأساسية التى تتكون منها كالذرة ، بإعتبار الذرة هى اللبنة الأساسية لجميع المواد المحيطة بنا و التى تتواجد فى هذا الكون ، و عليه فإنه يمكن من خلال رصف مجموعة ذرات فى تصميم معين صناعة أى شئ نريده و كل شئ نريده ، و من خلال تقنية النانو يمكن التعامل مع هذا الوضع و التحكم فيه و الإستفادة منه فى العديد من المجالات، و كلمة " نانو " يقصد بها الشئ متناهى الصغر دقيق الحجم و قد ظهرت هذه الكلمة فى أوائل العصر اليونانى حيث اشتقت من الكلمة اليونانية " نانوس " "Nanos". ، و التى تعنى القزم و بلغة العلم تعنى كلمة النانو جزءاً من الألف مليون أو واحد من مليون من المليمتر. (ثانياً : 3)

بداية و تطور تقنية النانوتكنولوجى :

فى العصور الوسطى استخدم النحاتون المهرة تقنية النانوتكنولوجى و ذلك بدون إدراك كامل للأهمية العظيمة لتلك التقنية ، فقد قاموا بإستعمال حبيبات ذهب النانو الغروية فى تلوين أعمالهم النحتية و فى معالجة و دهان المنحوتات الخشبية بدهانات تتكون من جسيمات النانو (ثانياً :2)، ، وفى منتصف الثمانينات حدث تحول جذرى أخرج هذه التقنية خروجاً جزئياً إلى النور عندما قام العالم " جيمس ماكسويل" بتجربته الذهنية التى أطلق عليها " عفريت ماكسويل" و التى أزاحت الستار عن فكرة التحكم فى الجزيئات و الذرات (أولاً :1) ، ثم جاء بعد ذلك العالم "ريتشارد فاينمان" فى منتصف التسعينات حاملاً معه عدة تساؤلات وجهت أذهان العلماء نحو التحكم فى تحريك الذرة الواحدة بل و إعادة ترتيبها بالطريقة التى يريدونها ، و قد أثمرت هذه التساؤلات عن بزوغ تقنية جديدة ألا و هى تقنية النانوتكنولوجى بعد تمكُن العالم العربى " منير يافه " من وضع إجابات علمية و عملية على تساؤلات الفيزيائى " ريتشارد فاينمان" بل و تمكن أيضاً من تطبيق هذه الإجابات من خلال شركته المتخصصة التى أسسها لتتبنى هذه العلم الجديد ، ثم تتابعت الإكتشافات عندما تم اختراع المجاهر النفقية الماسحة فى أواخر التسعينات و التى مكنت من التعامل المباشر مع الذرات متناهية الصغر ، و بحلول الألفية الثانية استطاع العلماء الكشف عن أسرار هذه تقنية النانو و اقتحمت هذه التقنية جميع المجالات العلمية و الفنية و الصناعية و الجامعية ، و ظهرت أسرار هذه التقنية (ثانياً :1) ، و بظهور أسرار هذه التقنية ظهرت الخامات المتنوعة التى أثرت الأعمال التنفيذية النحتية و فيما يلى عرض لبعضٍ من هذه الخامات :

- **البوليمرات المقواة بألياف الزجاج (GFRP) :**

و هى مواد تتكون من خليط (من البوليمرات و المواد شديدة الصلابة كألياف الزجاج و البلاستيك) و لا تتفاعل مواده مع بعضها البعض و مع ذلك تحتفظ كل مادة من مواده بخصائصها الأساسية التى تميزها و تتفرد بها ، و تستخدم البوليمرات المقواة بألياف الزجاج فى تشكيل و صب الأشكال النحتية ذات الإنحناءات المعقدة (ثانياً : 4) .

- **البوليمرات المقواة بألياف الكربون (CFRP) :**

هى عبارة عن بوليمرات من الياف الكربون تشبه إلى حد كبير خامة البلاستيك إلا أنه يمكن أن يحل محل حديد الدعم المستخدم فى الأعمال النحتية نظراً لتميزه بالمقاومة العالية و التى قد تتخطة خمسة أضعاف مقاومة الحديد . (أولاً : 4)

- **حبيبات الماغنسيوم و الكالسيوم النانونية :**

تسخدم فى لحام الأعمال النحتية المنجزة بواسطة خامد الحديد و أعمال النحت الميدانى، فحبيبات الماغنسيوم و الكالسيوم المعالجة بتقنية النانو تحت ضغط الحرارة لديها القدرة على إضفاء صلابة مضاعفة للحام ليصبح أكثراً إستعداداً لإنجاز منحوتات عظيمة الإرتفاع إلى جانب بعض من المميزات التى يمنحها لتلك المنجزات النحتية كخفة الوزن التى تتيح سهولة نقلها من مكان لآخر بالإضافة إلى جعلها ذات مرونة تشكيلية عالية و مقاومة للتغيرات الجوية كالرطوبة. شكل ().

شكل (1) . (ثالثاً : 1)

نحت ميدانى بعنوان " المسلة "استخدمت تقنية النانو فى إضاءتها و تحريك أجزاءها الفولاذية ، مدريد بأسبانيا ، من أعمال المعمارى " سانتياغو كالاترافا" "Santiago Calatrava".

- **ثانى أكسيد التيتانيوم المعالج بتقنية النانو :**

معالجة ثانى أكسيد التيتانيوم بتقنية النانو و استخدامه فى طلاء المنحوتات الزجاجية و قد منح ذلك المنحوتات الزجاجية بريقاً دائماً من خلال تسهيل عملية تنظيفها فبدلاً من أن يترك الماء المستخدم فى عملية التنظيف آثاراً و بصمات على سطوح المنحوتة أصبحت كل الإتساخات تنجذب لبعضها البعض عند ملامسة الماء للسطوح مُشكِّلة شريحة تزيد السطوح الزجاجية شفافية و قابلية لإنتقال الضوء الحاجب لجميع الأوساخ و الشوائب (أولاً : 7) . شكل ()

منحوتة بعنوان "The Beacon "

منحوتة بعنوان "Born in a storm "

منحوتة بعنوان "Hidden Beginnings "

منحوتة بعنوان "New Beginnings "

شكل (2). (ثالثاً : 2)

مجموعة اعمال نحتية من الزجاج اعتمدت فى طلائها على ثانى أكسيد التيتانيوم المعالج بتقنية النانو ، من أعمال النحات بن يونج "Ben Yon"

- **الخشب المُعالج بتقنية النانو :**

يتم تحضير هذه الخامة من خلال إعادة ترتيب ذرات الخشب بعد تجميعها مما يمنحها ترابط و قوة لا يملكه الخشب قبل عملية المعالجة ، و تلك ليست هى الميزة الوحيدة لمعالجة الخشب بتقنية النانو بل و أيضاً يتم استخدام هذه التقنية فى تحديد أماكن الفطريات التى تفسد خامة الخشب و علاجها ، و لقد مثلت معالجة الخشب بتقنية النانو نقلة نوعية فى مجال النحت الميدانى ، فبعد أن كان المصمم النحات يتحاشى تنفيذ تصاميمه بخامة الخشب خوفاً من تأثره بتغيرات الجو و الرطوبة التى قد تصيبه بالعفن ، أصبح من السهل تنفيذ أعماله بالخامة التى يرى فيها فنه مجردة من كل المعوقات التى كانت تمنعه عن تنفيذ أعماله بها . (أولاً : 2)

- **المواد المالئة النانونية :**

هى مواد مالئة معالجة بتقنية النانو ، منحت الفولاذ المستخدم فى أعمال النحت الميدانى مرونة و زادت من قوة انحنائه و جعلته قابلاً للطى و سهلت تنفيذ تصميمات ذات فراغات واسعة دون الإعتماد على هياكل تقوم عليها تلك الأشكال النحتية الميدانية مما ساهم فى خفض تكلفة الصيانة إضافة إلى أن هذه المواد مثلت حماية للأعمال الميدانية من عوامل الجو و تغيرات البيئة المحطية بالعمل. (أولاً : 3) .

- **المطاط المعدنى :**

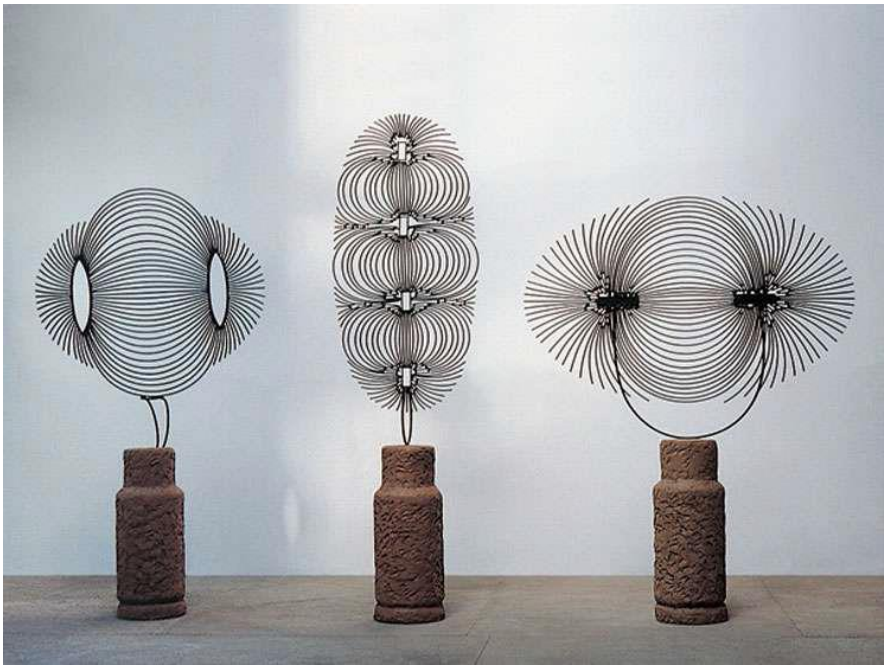
هو نوع من المطاط تمت معالجته بتقنية النانو من قِبل شركة تسمى " نانوسونيك" "Nanosonic" استطاعت استحداث خامة جديدة تجمع بين المرونة التى يتميز بها المطاط و القوة التى يتمتع بها المعدن إضافة إلى العديد من الخواص الأخرى كالمرونة و الطواعية التى تتميز بها اللدائن و خفة الوزن و مقاومة الكسر ، و قد فتحت هذه الخامة آفاقاً تشكيلية جديدة و متنوعة أمام المصمم النحات . (أولاً : 6).

شكل (3) خامة المطاط المعدنى

و قد أثرت تطبيقات النانوتكنولوجى فى المجالات العلمية المختلفة على فكر و اتجاه النحات المعاصر فعلى سبيل المثال:

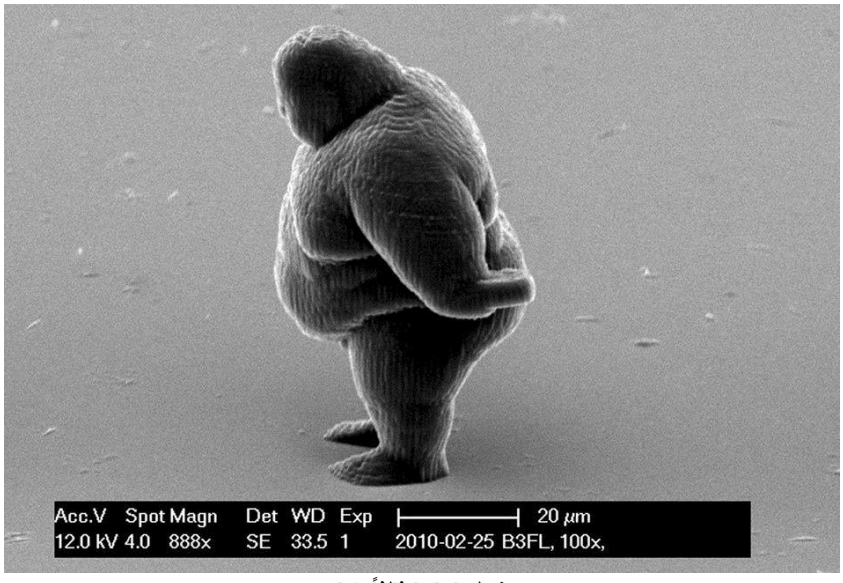
- أبحاث النانوتكنولوجى فى المجال المغناطيسى أثمرت عن أعمال نحتية حركية تعتمد على الخلايا الكهرومغناطيسية التى جعلت النحات يخلق لها مجالاً مغناطيسياً يمنحها عالماً من الديناميكية و الحركة. شكل ().

و يمكن القول أن الوسيط التشكيلى فى هذا النوع من الأعمال النحتية هو السوائل الممغنطة التى لها القدرة على اكتساب الخصائص المغناطيسية بقوة إذا تواجدت فى مجال مغناطيسي ، هذه السوائل يتم حقنها بجسيمات نانونية متناهية الصغر من أكسيد الحديد المغناطيسى لا تستطيع التأثير على سيولة السوائل الوسيطة (أولاً :5 ، ص531).



شكل (4) عمل نحتى من الفايبر جلاس و الأسمنت بعنوان " حقل مغناطيسيى" ، من أعمال النحات "زادوك بن دافيد" -Zadok Ben" David"، عام 1990.

- أثمرت الأبحاث العلمية فى علم النانو عن اختراع أجهزة متطورة كالميكروسكوبات و الماسحات الضوئية الرقمية التى فتحت مجالاً أمام المصمم النحات فى التعرف على تقنية جديدة فى عالم النحت و هى النحت بالليزر و نتج عن ذلك العديد و العديد من الأشكال النانونحتية متناهية الصغر بالغة الدقة و الإتقان. شكل ()
- أحدثت تكنولوجيا النانو ثورة فى علوم البيئة و الطاقة ، و قد انعكس ذلك على رسالة فن النحت التطبيقية و النفعية ، فاكتشاف العلماء لألواح الطاقة الشمسية ، ألهم المصمم النحات فى إبتكار تماذج نحتية تُمكن من الإستفادة بمصادر الطاقة البديلة كالشمس. شكل().



شكل (5) (ثالثاً:3)
منحوتة حجمها أصغر من حجم حبة الأرز ، قام بنحتها باحثون من فيينا فى جامعة فيينا التقنية. و سجلوا رقماً قياسياً عالمياً من خلال تشكيل هذه المنحوتة الدقيقة بشكل مذهل فى أربع دقائق فقط.

شكل (6) (ثالثاً :4)
منحوتة دوارة ملونة تعمل بالطاقة الشمسية ، حديقة "Spearwood Skate" استراليا الغربية

و عليه يمكن تلخيص ما أضافته تقنية النانوتكنولوجى إلى فن النحت المعاصر :

- أضفت تغيراً إيجابياً على الأشكال النحتية و جمالياتها.
- أتاحت فرصة للمصمم النحات للكشف عن واقع جديد قدمه له التقدم العلمى و التكنولوجى.
- تغيير الصورة المألوفة للنحت و كذلك وجهة نظر المُتلقى للأعمال المنحوتة بإستخدام تقنية النانوتكنولوجى.
- جعلت هذه التقنية الهيئات الصناعية أكثر اهتماماً بإبداع صياغات نحتية لمنتجاتها و إخراجها فى صورة أشكال نحتية.
- حولت الخيال إلى حقيقة و مكنت من اكتشاف خصائص مميزة للخامات و الإستفادة منها فى التطبيقات النحتية.
- ربطت العلم بفن النحت و شجعت العديد من النحاتين المعاصرين على التعاون و الدخول فى مجال النانو و التعامل معه فيما بينهم.
- أصبح بالإمكان تشكيل أعمال نحتية ميدانية ضخمة الأحجام و أصبح أيضاً بالإمكان تشكيل منحوتات متناهية الصغر و على درجة عالية من الدقة و الإبداع.

نستنتج من الدراسة السابقة :

- أثرت تقنية النانو على الخامات المستخدمة فى تنفيذ و تشكيل الأعمال النحتية و زادت من كفاءتها.
- ساهمت النانوتكنولوجى فى إطالة عمر الأعمال النحتية الميدانية و الحد من تاثرها بعوامل البيئة المعمارية التى تتواجد فيها.
- وجود علاقة تكاملية و مباشرة بين تطور البحث العلمى و الفنون المعاصرة ، فقد أثبتت تكنولوجيا النانو قدرة العلم على إنتاج خامات متطورة تخدم رؤية الفنان المعاصر.
- من خلال تكنولوجيا النانو تم إبتكار مواد و خامات متطورة لم يكن للنحات أن يصل إليها بالتقنيات التقليدية.
- يمكن توظيف الخامات المستحدثة بواسطة تقنية النانوتكنولوجى فى إنتاج أعمال نحتية معاصرة ذات خواص تشكيلية حديثة و فريدة.

التوصيات :

يوصى البحث ب :

- إقامة الندوات و المؤتمرات التى تتحدث عن الصعوبات التى يمكن أن يواجهها النحات المعاصر أثناء التعامل مع تقنية النانو.
- وضع مناهج دراسية تساعد دارسى فن النحت فى ليبيا على التعرف على تقنية النانوتكنولوجى و آليات التعامل معها.
- ضرورة وجود مراكز بحثية تعنى بالتعريف بتقنية النانو تدريب الطلاب على تطبيق استخداماتها فى أعمال النحت.
- منح الفرص للنحاتين الليبين لمتابعة المشاريع الفنية و الفعاليات الثقافية فى أنحاء العالم لمعرفة المزيد عن تقنيات النحت المعاصرة سعياً لمواكبة التطور و اختصار الوقت

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

1. الحبشى ، نهى علوى أبو بكر.(2011) . ، " ما هى تقنية النانو" مقدمة مختصرة ، وزارة الثقافة و الإعلام ، السعودية ، ص 12.

Al-Habashi, Noha Alawi Abu Bakr. (2011). "Ma heya teqniat al nano", mokadema mokhtasra, wezarat al sakafa w al e'laam , AL Saudia, p. 12.

2. بسيونى ، محمد أحمد على ، و آخرون . (أكتوبر 2019) . ، " تطبيقات تكنولوجيا النانو فى العمارة " ، مجلة جامعة الأزهر للبحوث الهندسية ، المجلد 14 ، العدد 53 ، ص 1732.

Bassiouni, Mohamed Ahmed Ali, Wa akhron. (October 2019). "tatbikat toknologia al nano fe al' mara ", Majalet Gam'at Al-Azhar ll bohos al handasia , Volume 14, Issue 53, p. 1732.

3. حربة ، علا .(2017). ، " العمارة فى ظل تقنية النانو "، مجلة جامعة البعث ، المجلد 39 ، العدد 18 ، ص96

Harpah, Ola. (2017). Al 'mara fez l teqniat al nano , Majalet Gam'at Al-Baath, Volume 39, Issue 18, P.96

4. حسب الله ، عبد الله أحمد عبد الله .(2017). " تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة فى الواجهات الخارجية للمبانى " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ص 23.

Hassab Allah, Abdullah Ahmad Abdullah. (2017). "taser teqniat al nano ala al mawaad al mostakhdama fe al waghat al khargia ll mabany", , resalt majester, koliat al handasa, Gam'at Al Qahera, p. 23.

5. خالد ، لوزة عبد الحفيظ سليمان .(ابريل 2017). ، " الإستفادة من تطبيقات النانوتكنولوجى فى النحت المعاصر" ، المجلة العلمية لكلية التربية النوعية ، العدد العاشر ، الجزء الأول ، ص 523 ، 531.

Khaled, Loza Abdul Hafeez Suleiman. (April 2017). "al estefada mn tatbikat al nano technology fe al naht almo'aser ", al magala al elmia l, koliat al trbya al naw'ia , No. 10, Part 1, pp. 523, 531.

6. صبرى ، محمد أحمد . (يوليو 2020) . " المواد المستحدثة بواسطة تكنولوجيا النانو و تطبيقاتها الصناعية فى مجال تصميم المنتجات" ، مجلة التصميم الدولية ، المجلد 10 ، العدد 3 ، ص 451.

Sabry, Mohamed Ahmed. (yolyo 2020). "al mawad al mostahdasa bwasetat toknologia al nano wa tatbikatha al sena'ya fe magal tasmem al montagat ", magalet al tasmem al dawlia, Volume 10, Issue 3, p. 451.

7. على ، محمود عطية محمد . (2014). " تطبيقات تقنية النانو على الزجاج و مدى تأثيرها على كفاءة استهلاك الطاقة فى المبانى الإدارية ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة، ص 64 إلى 68

Ali, Mahmoud Attia Muhammad. (2014). "tatbikat teqniat al nano ala al zogag wa mada taserha ala kafaet esthlak al taka fe al mabany al edaria , , resalt majester, koliat al handasa, pp. 64 to 68

ثانياً : المراجع الأجنبية :

1. V, Ermolovm ,.(7 December 2012). " Significance of Nanotechnology For Future Wireless Devices and Communications".
2. Loos, M. (2015). "Carbon Nanotube Reinforced Composites : CNR polymer Science and Technology " pdl handbook series.
3. Teizer.J. (12 August 2011) . , "Nanotechnology and its impacts on construction " , bridging the gap between researches and industry professionals., Journal of Construction Engineering Management.
4. Thwe.M.,& Liao.K. (2002) . , "Effects of Environmental aging on The Mechanical Properties of Bamboo- Glass Fiber Reinforced Polymer Matrix Hybrid Composites. Composites Part A : Applied Science and Manufacturing., p: 43ff.

ثالثاً : مواقع الإنترنت (الصور) :

1. https://www.calatrava.com/projects/obelisk-haifa.html?view_mod
2. http://www.fubiz.net/en/2014/06/25/glass-sculptures-by-ben
3. https://www.pinterest.com/pin/141933825726517118/
4. https://www.alamy.com/stock-photo-solar-powered-colorful