دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	التأثير التقني والجمالي لتطبيقات النانو تكنولوجي على تصميم الواجهات المعمارية
المصدر:	مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية
الناشر:	الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية
المؤلف الرئيسي:	عبدالفتاح، منى صبح
المجلد/العدد:	ع11
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2018
الصفحات:	689 - 707
رقم MD:	924401
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	تطبيقات النانو تكنولوجى
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/924401

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

التأثير التقنى والجمالى لتطبيقات النانو تكنولوجى على تصميم الواجهات المعمارية

The technical and aesthetic impact of nanotechnology applications on the design of architectural facades

م.د/ منى صبح عبد الفتاح

ملخص البحث :

يعد النانو تكنولوجي (Nano Technology) من التقنيات التى ظهرت استخداماتها حديثا فى مجالات الفنون والعمارة ، وهي المقصود بها التقنية التى تعطينا القدرة على التحكم المباشر فى سلوكيات وخصائص المواد الخام عند مستوى القياس النانومترى لإعادة تركيبها بدقة فائقة ، وبالتالى بناء مواد ذات خصائص وقدرات بيئية وجمالية جديدة لتصميم واجهات معمارية ذات قيم تشكيلية وجمالية مبتكرة ، متوافقة مع البيئة المحيطة ، قادرة على توفير الطاقة ، ويمكن إعادة استخدامها فى حالة هدم المبنى ، كما أنها تساعد على تنظيم الإنسجام الجمالى مع الطبيعة لتحقيق مستويات الراحة المطلوبة ، ولذلك يمكن أن نطلق على عصرنا القادم (عصر النانو تكنولوجى) لما لهذه التقنية الكثير من التأثيرات فى مجالات الفنون والهندسة المعمارية وتكنولوجيا الخامات بشكل خاص ، وفى مجالات الحياة المختلفة بشكل عام .

وبناءا عليه يتناول البحث دراسة مختصرة لتقنية النانو ومراحل تطورها واستخداماتها، وكيف طورت من أداء مواد البناء التقليدية وأستحدثت مواد جديدة، ودورها فى فتح أفاق جديده للمصمم المزخرف والمعمارى لتصميم واجهات معمارية قادرة على حل الكثير من المشاكل التصميمية والجمالية والبيئية والإقتصادية لعصرنا الحالى .

Abstract:

Nanotechnology is a technology that has recently been used in the fields of arts and architecture. It is the technology that gives us the ability to directly control the behavior and properties of raw materials at the nanometer level to accurately reconstruct them and thus build materials with new environmental and aesthetic properties and capabilities. To design architectural facades with creative and aesthetic values that are environmentally friendly, capable of saving energy, can be reused in the event of demolition of the building, and help to regulate aesthetic harmony with nature to achieve required levels of comfort. It is possible to call our next era (Nanotechnology era) because of this technique a lot of influences in the fields of arts, architecture and materials technology in particular, and in various areas of life in general.

Accordingly, the study deals with a brief study of nanotechnology, its stages of development and its uses, how it developed from the performance of traditional building materials, and the development of new materials and its role in opening up new horizons for the decorated and architectural designer to design architectural facades capable of solving many of the design, economic and aesthetic problems of our present time.

مقدمة البحث :

تعد تقنية النانو تكنولوجى أحد أهم الإتجاهات العلمية العالمية الحديثة الأن فهى تكنولوجيا المستقبل التى ستغير العالم فى كافة مجالات الحياة ، كما ستشكل مستقبل الدول واقتصاد العالم لما تحمله فى طياتها من إمكانيات هائلة ، فقد ساعدت على حدوث طفرات فى تصميم واجهات عمارة العصر الحالى Nano Vent Skin من خلال تغيير خصائص جزيئات مواد

البناء ، فإمكانيات المواد المطورة سمحت بالإنطلاق فى تصميم تكوينات معمارية لم تكن ممكنة من قبل ، فقد تمكنت تقنية النانو من فتح عالم جديد من وظائف المواد والتى أدت إلى استخدام أفضل للمواد المشتقة من الموارد الطبيعية لتصميم واجهات معمارية ذات تشكيلات جمالية جديدة ، موفرة للطاقة ، وذات أداء عالى ، منخفضة التكاليف ، ذات عمر افتراضى كبير ، مع امكانية التقليل من الإحتياج إلى الصيانة الدائمة ، وبالتالى تحقيق مبادئ الإستدامة فى تصميم وتخطيط المدن المستقبلية . والهدف الرئيسى من البحث هو إثبات أن لهذه التكنولوجيا أكبر الأثر فى إمكانية تطوير وتحقيق الإرتقاء بالعمارة والعمران المصرى من حيث استخدام مواد النانو المطورة للإستفادة من الإمكانات الوظيفية والجمالية والإنشائية بها لتحقيق مبادئ الإستدامة من حيث الإرتقاء البصرى والبيئى والجمالى.

مشكلة البحث :

يشهد العالم تطورات نوعية بإتجاهه إلى استخدام تكنولوجيا النانو فى كافة مجالات الحياة ، وتكمن مشكلة البحث فى ظاهرة التشوه البصرى وغياب القيم البيئية والوظيفية والجمالية والتى تعتبر من أهم ما يميز العمران المصرى بصفة عامة ، ومع كثرة المشاكل البيئية ومشاكل توفير الطاقة وندرة الموارد والصعوبات التى تشهدها مصر فى المرحلة الحالية فإنها بحاجة أولى إلى الإستفادة من تقنيات أصبح استخدامها أساسى لتوفير الطاقة والمواد والموارد الطبيعية وخاصة غير المتجددة منهم ، وتنظيم الإنسجام مع الطبيعة لخلق بيئة داخلية وخارجية تحقق المستوى المطلوب من الراحة للمستخدم .

أهداف البحث :

1. التعرف على تقنية النانو تكنولوجى ، وما هى إمكانيات استخدامها لتطوير واجهات معمارية ذات وظائف مختلفة ، بحيث يمكن استخدامها كمكون أساسى معاصر فى تصميم وإنشاء وتطوير الواجهات المعمارية للإرتقاء بالحالة التى عليها المبانى فى مصر .
2. دراسة المواد الجديدة وخصائصها التى أثرت على التشكيل المعمارى والمظهر الجمالى للواجهات المعمارية .
3. زيادة الوعى لدى المصمم المزخرف والمعمارى بضرورة الإهتمام بامكانيات تطبيق مواد النانو فى الفن والعمارة فى محاولة للإرتقاء بالتشكيل الجمالى والتصميمى للواجهات المعمارية .

فروض البحث :

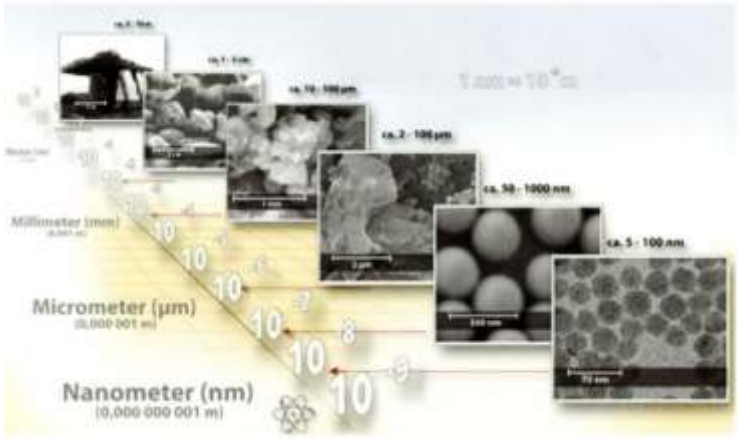
1. إن استخدام تقنية مواد النانو لها أثر كبير فى تغير التشكيل والصياغة المعمارية للمبانى وخاصة تصميم الواجهات الخارجية ، كما أن لها الأفضلية من حيث الوظيفة والمردود الإقتصادى والجمالى على الأمد البعيد .
2. إن استخدام تقنية مواد النانو سيكون لها الأثر الأكبر فى تخفيض التكلفة وإطالة العمر الإفتراضى للمبانى وتقليل الصيانة والمساعدة فى توفير الطاقة ، كما أنها سوف تساعد المصمم المزخرف على تنفيذ تصميمات مميزة ذات مظهر جمالى فريد.

منهج البحث :

سوف تتبع الباحثة المنهج الوصفى التحليلى لدراسة مفهوم النانو تكنولوجى ، وما هى مراحل تطورها ، ومدى تأثيرها فى مجالات الفن والعمارة من خلال دراسة إمكانيات توظيف مواد النانو على التشكيل الجمالى والوظيفى والإنشائى للواجهات المعمارية .

1. تكنولوجيا النانو (Nano Technology) (*):

[ظهرت كلمة (Nano) فى بداية العصر اليونانى ، وهى مشتقة من كلمة (Nanos) باللغة اليونانية القديمة ، والمقصود بها الشئ الصغير جدا أو الدقيق بحجمه ، وفى مجال العلوم والرياضة يعنى النانو جزءا من المليار من المتر] (1) ، (شكل 1 ، 2). أما عن [ال (Nano Meter) فهو وحدة قياس طولية كباقى وحدات القياس المعترف بها دوليا ويعتبر من أبعاد الذرة ويرمز له ب (NM) ، وقد ابتكر العالم" Gabriel Mouten " نظام القياس المترى لقياس الأشياء الصغيرة جدا التى لا ترى إلا تحت المجهر الإلكترونى (Electronic Microscope)] (2)، ولذلك فهو يستخدم لقياس الجزيئات والإلكترونات فى النواة الصغيرة ، وبناءا عليه يكون مستوى القياس النانومترى هو أساس تكنولوجيا النانو للتعامل مع المادة واستكشاف خواصها وظواهرها الخفية ، والتى من خلالها يتم تفكيك المواد الخام والتحكم التام بإعادة تركيب جزيئاتها لإستنباط وبناء مواد جديدة لم يسبق تصنيعها من قبل لتكون ذات مواصفات وخصائص وإمكانيات تفوق المادة الأصلية . ويرجع اهتمام العالم بعلم النانو إلى أنه الأمل نحو التطور التكنولوجى فى مختلف مجالات الحياة وخاصة مجالات التصميم والهندسة المعمارية ، [فهو يهتم بدراسة كيفية التعامل مع المواد عند مستواها الذرى والجزيئى بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر ، ويهتم بتصنيف الجزيئات والذرات ودراسة خصائصها المميزة ، ودراسة الظواهر المرتبطة عند تصغير حجمها بهدف تفسيرها وإعادة ترتيبها ، ولذلك تعتبر تكنولوجيا النانو هى تكنولوجيا القرن ال 21 فهى تكشف أسرار جزيئات المواد وتفاعلاتها وسبب امتلاكها لخصائص ومواصفات مختلفة عن المادة الأصلية] (3) ، كما أنها هى التكنولوجيا التى [تهتم بتصميم وتصنيع مواد وألات عند مقياس النانو بغرض ابتكار وإنتاج وسائل وتقنيات ومخترعات ومنتجات مفيدة تمتاز بحجمها المتناهى فى الصغر، فضلا عن تكلفتها الإقتصادية التى لا تتعدى تكلفة المادة الخام](4).



(شكل 1) يوضح مقياس النانومتر من المتر إلى النانومتر ، ويتم التحكم فى جسيمات النانو من خلال أدوات معينة للقياس تقوم باستشعار الجسيمات وتحليلها وإعادة تركيبها لإعادة تخليق المواد ، وقد حدث تقدم فى الأونة الأخيرة فى مجال الأدوات الخاصة بتكنولوجيا النانو والذى ساعد على ايجاد تراكيب جديدة للمواد واكتشاف تطبيقات حديثة .
Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008.

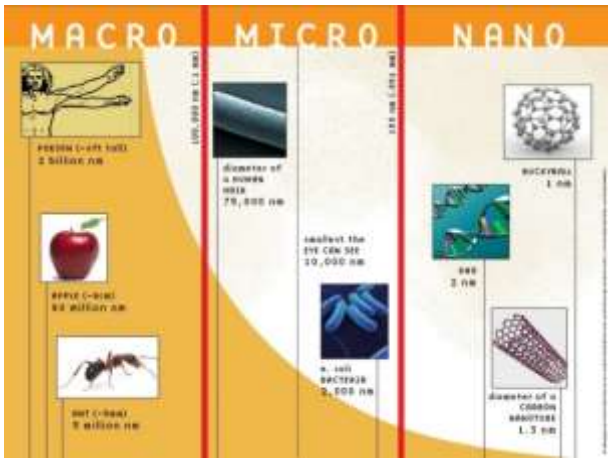
(*) يعرف النانو تكنولوجى : بأنه التقنيات والمواد المصنوعة بأصغر وحدة قياس للبعد أستطاع الإنسان قياسها حتى الأن (النانو متر) ، أى التعامل مع أجسام ومواد ومعدات وآلات دقيقة جدا ذات أبعاد نانوية ، فالنانو متر الواحد يعادل قياس طول صف مكون من 13 ذرة من ذرات غاز الهيدروجين إذا ما تخيلنا أنها وضعت متراصة بجانب بعضها البعض .

(1) عبد الله أحمد عبد الله حسب الله ، " تطبيقات تقنية النانو" ، رسالة ماجستير ، جامعة القاهرة ، كلية الهندسة ، 2017م ، ص 3.

(2) د/ حسين جمعه ، " النانو تكنولوجى فى قطاع التشييد والبناء" ، الناشر مكتب الدراسات والإستشارات الهندسية ، 2009 م ، ص40.

(3) https://shellzero.wordpress.com/category/nano-tech/page/2

(4) م. صفات سلامة أمين ، " النانو تكنولوجى عالم صغير ومستقبل كبير (مقدمة فى فهم علم النانو تكنولوجى) " ، بيروت ، الدار العربية للعلوم ، 2009 م ، ص 13 .



(شكل 2) يوضح مقياس النانومتر لكل عنصر بالنسبة للعناصرالأخرى ، مع العلم أن الشخص العادى يستطيع أن يرى بالعين المجردة حتى 10 ماكروميتر أى ما يساوى (10 ألاف نانومتر)
https://www.engineersgarage.com/articles/what-is-nanotechnology-applications-future

2. التطور التاريخى لتكنولوجيا النانو (History of nanotechnology) :

ليس معروفا بدقة بداية استخدام الإنسان للمادة ذات حجم النانو ، لكن من المعلوم أنها [استخدمت قديما فى الحضارة الأغريقية والصينية لصناعة الزجاج ، (صورة 1) ، ويعتبر الإناء الأغريقى الشهير الذى ينتمى " للملك الرومانى Lycurgus " منذ القرن الرابع الميلادى أحد أقدم التطبيقات لتقنية النانو فى مجالات الفنون فهو يغير لونه من الأخضر إلى الأحمر تبعا لزاوية سقوط الضوء عليه حيث استخدم فى صناعته جسيمات النانو المأخوذه من مادة الذهب والفضة وتم دمجها بالزجاج ليكون الإناء أحد أقدم مقتنيات المتحف البريطانى لإستخدام تكنولوجيا النانو](1) ، (صورة 2) . [عام 1711 م استخدمت تقنية النانو بدون أن يدرك صانعو الزجاج أهميتها فى العصور الوسطى حيث كانوا يستخدمون حبيبات ذهب النانو الغروية للتلوين ، وكانوا يدهنون الأخشاب - كآلة الكمان - التى كانت تصنعها "عائلة ستراديفارى" (*) بدهانات تحتوى على جسيمات نانومترية كشكل من أشكال المعالجات للخشب ، ولذلك ظلت محفوظة على نحو مثالى حتى يومنا هذا وكما كانت عليه منذ 300 عام](2) . عام 1867 عرض الفيزيائى "James Maxwell" (**) تجربة ذهنية تخيلية لفكر مستقبلى عن إمكانية التحكم فى تحريك الذرات والجزيئات ، وهذه الفكرة لها من التطبيقات ما يجعلها من الأساسيات والمبادئ المميزة لتقنية النانو. عام 1959 تحدث العالم الفيزيائى المشهور " Richard Feynman" (***) إلى الجمعية الفيزيائية الأمريكية فى محاضراته الشهيرة بعنوان (مازال هناك مساحة واسعة فى العمق) عن ماذا سيمكن للعلماء فعله إذا استطاعوا التحكم فى الذرة الواحدة وإعادة ترتيبها كما يريدون .

عام 1974 أطلق الباحث الياباني "Norio Taniguchi" (****) مصطلح (النانو تكنولوجى NanoTechnology) لأول مرة ، وذلك ضمن بحث قدم لجامعة طوكيو.

(1) Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008,Pg 20.

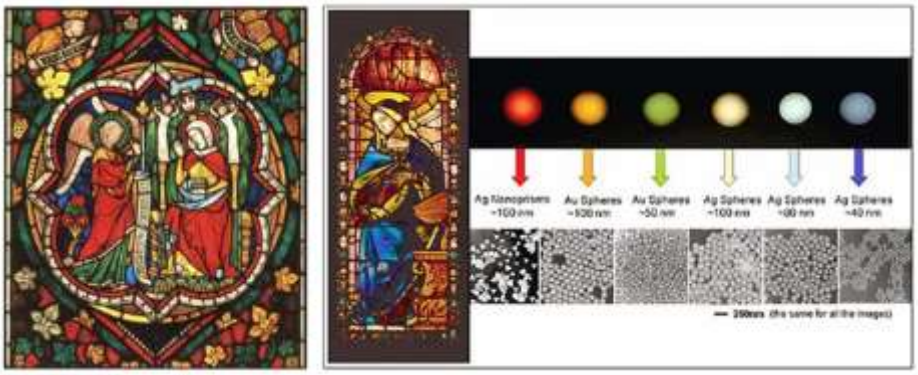
(*) للتعريف بتاريخ (عائلة ستراديفارى) : https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%85%D8%A7%D9%86 .

(2) لميس سيد محمدى عبد القادر ، " تأصيل مفهوم تكنولوجيا النانو لتحقيق الإرتقاء فى مجال العمارة والعمران " ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة ، كلية الهندسة ، 2015م ، ص 36.

(**) للتعريف بالعالم (James Maxwell) وإسهاماته فى مجال النانو تكنولوجى : https://en.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell .

(***) ، (****) للتعريف بتاريخ كلا من العالم الفيزيائى (Richard Feynman) ، (Norio Taniguchi) :

https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_nanotechnology



(صورة 1) شباك كاتدرائية كولونيا والتى يعود تاريخها إلى عام 1280 م كمثال قديم لاستخدام تكنولوجيا النانو فى التجميل المعمارى حيث أن جزيئات اللون الذهبى النانوية هى التى تنتج اللون الأحمر فى الزجاج ، وكلما تم تغيير حجم الجزيئات يتغير اللون وهو ما اعتمد عليه الفنان .
http://jiyeongmdesma9.blogspot.com.eg/2015/05/nanotech-art-week8.html

" والذى يعتبر أحد أقدم مقتنيات المتحف البريطانى Lycurgus(صورة 2) كأس " الملك الرومانى لإستخدام تكنولوجيا النانو ، فقد أستفاد الفنان قديما من أن لون الذهب الطبيعى (الأصفر الذهبى) والذى يتغير إلى لون شفاف عند تصغير حجمه إلى أقل من 20 نانومتر ، كما تتحول ألوانه من الأخضر إلى البرتقالى ثم الأحمر مع زيادة تصغير أحجامها ، وهو ما اعتمد عليه الفنانون قديما بحيث يتغير لون جسيمات النانو بتغير حجمها وشكلها لتظهر وقتها هذه الظاهرة بوضوح فى جسيمات النانو الخاصة بعنصرى الذهب والفضة .
http://jiyeongmdesma9.blogspot.com.eg/2015/05/nanotech-art-week8.html

[عام 1976 استحدث الفيزيائى الفلسطينى "منير نايفة" (*) طريقة ليزرية لكشف الذرات المنفردة وقياسها بأعلى مستويات الدقة والتحكم ليوضح خصائصها وهويتها لأول مرة فى تاريخ العلم ، وبذلك استطاع أن يقدم إجابة على تساؤل الفيزيائى "Richard Feynman" عن امكانية التحكم فى ذرة واحدة وحول خياله العلمى إلى واقع حقيقى](1) .

[عام 1981 تم اختراع جهاز (Scanning tunneling Microscope) ، وحقق هذا المجهر امكانية التعامل المباشر مع الذرات والجزيئات (شكل 3) ، وتصويرها لأول مرة فى التاريخ وتحريكها من مواضعها لبناء تراكيب جديدة للمادة ولإنتاج مواد جديدة لم تكن معروفة من قبل](2) .

(*) للتعريف بتاريخ العالم الفيزيائى (منير نايفة) وإسهاماته فى مجال النانو تكنولوجى : منير_نايفة/http://ar.wikipedia.org/wiki .

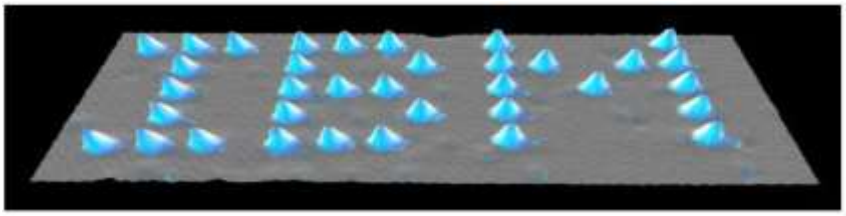
(1) لميس سيد محمدى عبد القادر ، " تأصيل مفهوم تكنولوجيا النانو لتحقيق الإرتقاء فى مجال العمارة والعمران " مرجع سبق ذكرة ، ص38.

(2) صفات سلامة ، "النانو تكنولوجى عالم صغير ومستقبل كبير " ، مرجع سبق ذكرة ، ص 22.

عام 1986 قام عالم الرياضيات الشهير"Eric Drexler"(**) بتأليف كتابا أسماه (محركات التكوين Engines of Creation) وذكر فيه مبادئ وآليات تكنولوجيا النانو الجزيئية ، وماهى المخاطر المتخيلة لتقنية النانو .

عام 1991 اكتشف الباحث الياباني "Sumio Lijima"(***) أنابيب النانو كربون (Carbon Nano Tubes) ، وهى عبارة عن إسطوانات من الكربون قطرها عدة نانومترات ولها خصائص إلكترونية وميكانيكية متميزة مما يجعلها مهمة لصناعة مواد وأجهزة نانومترية . [عام 1992 كتب الفيزيائى الفلسطينى "منير نايفة" باستخدام الذرات أصغر حرف فى التاريخ (حرف p وبجانبه قلب) كرمز لحب فلسطين ، والفائده من الكتابة والرسم بالذرات أنه استطاع التحكم بتحريك الذرات بدقة وإعادة ترتيبها كما يشاء بالإضافة إلى تصويرها مكبرة واستخدم فى ذلك المجهر (STM)](3) .

عام 2000م أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية عن (مبادرة النانو الوطنية NNI) ، وفتحت مجال الدعم الحكومى لهذه التقنية فى جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية . عام 2002م قامت اليابان ببناء مركز متخصص للباحثين فى تقنية النانو يوفر جميع الأجهزة المتخصصة لدعم الباحثين . عام 2003م ظهور العديد من المعلومات والأسرار التقنية والتحكم بقدرة أكبر فى خصائص المواد. عام 2004م بدأت مرحلة الإستخدامات الصناعية لهذه التقنية واستخدمت فى مجالات التصميم والعمارة بشكل أكبر.



(شكل 3 – أ) استخدام المجهر (Scanning tunneling Microscope) لإمكانية التعامل والتحكم المباشر مع الذرات والجزيئات لاول مرة فى التاريخ وتصويرها وذلك لصنع أصغر إعلان فى العالم باستخدام 35 ذرة من عنصر الزينون لكتابة اسم الشركة التكنولوجية IBM.
Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008

(شكل 3 – ب) يوضح المجهر Scanning tunneling Microscope ومخترعاه العالم الألمانى (Heinrch Rohrer) ، والعالم السويسرى (Gerd Binnig) ، وقد حصلا على جائزة نوبل فى الفيزياء عام 1986 بعد إختراع المجهر .
http://ethw.org/Scanning_Tunneling_and_Atomic_Force_Microscopes

(**) للتعريف بتاريخ عالم الرياضيات (Eric Drexler) : https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_nanotechnology#K._Eric_Drexler .

(***) للتعريف بتاريخ العالم الفيزيائى (Sumio Lijima) : https://en.wikipedia.org/wiki/Sumio_Iijima .

(3) صفات سلامة ، "النانو تكنولوجى عالم صغير ومستقبل كبير " ، مرجع سبق ذكرة ، ص 27.

3. تأثير تكنولوجيا النانو فى تطوير مواد البناء وأهم تطبيقاتها لتصميم الواجهات المعمارية :

أثرت تقنية النانو على التصميم المعمارى من حيث أساليب البناء ومواد التشطيب المستخدمة لتصميم الواجهات الخارجية ، فقد أدى الدمج ما بين تكنولوجيا النانو ومواد البناء الطبيعية إلى إنتاج مواد بناء ذات خصائص وظيفية وجمالية وبيئية جديدة (*) هدفها الأساسى هو الحفاظ على موارد مواد البناء الطبيعية ، وفتح مجالات حديثة لتوفير الطاقة لتحقيق مبادئ التصميم المستدام للحفاظ على البيئة الطبيعية . وبالتالى فقد طورت تقنية النانو من طريقة التفكير والتشكيل الجمالى لتصميم الواجهات المعمارية الأمر الذى أدى إلى ظهور طراز معمارى دولى جديد يعتمد على مواد بناء وطلاءات تمت معالجة جزيئاتها عند مقياس النانو لتحقيق كل ما يحتاجه المبنى من وظائف تلبى احتياجات المستخدم .

(3 – 1) مواد البناء الإنشائية :

(3 – 1 – 1) نانو تكنولوجى الخرسانة الأسمنتية .

Nano Technology and Concreat.

[تعتبر الخرسانة أكثر مواد البناء انتشارا واستخداما فى مجال البناء حيث أنها تستخدم فى إقامة الهيكل الإنشائى للمبنى بالإضافة لإستخدامات أخرى منها تصميم الواجهات المعمارية ، وقد تمت العديد من الدراسات عليها لتطوير خواص جزيئاتها ، فالخرسانة التقليدية مخلوطة بنسبة من السيليكا (Sio2) مع المواد الأخرى المكونة للخرسانة ، ونسب تلك المواد هى التى تحدد كثافة الخرسانة وقوة تحملها للضغط وقدرتها على المقاومة والمتانة وتقنية النانو المتقدمة أتاحت فهم أفضل لمكونات وقدرات الخرسانة على مستوى مقياس النانو] (1) فمسمى خرسانة النانو يعنى أنها تحمل مواد أو جسيمات ومركبات النانو (**) ذات الخصائص الفريدة وذلك سواء عن طريق طلائها أو الإضافة بكميات صغيرة جدا فى الخلطة الخرسانية ، ومن أهم مميزات خرسانة النانو [أنها تتحمل عشرة أضعاف الخرسانة التقليدية ، وبالتالى تساعد على زيادة المساحات والإرتفاعات للمبانى ، كما أنها تعمل على مقاومة التآكل نتيجة لزيادة قوة خصائصها وذلك يعمل على إطالة العمر الإفتراضى للمبانى ، كما أنها توفر فى التكلفة بسبب تقليل 50% من استهلاك الأسمنت وما يترتب على ذلك من تقليل الإنبعاثات الناتجة من تصنيع الأسمنت المستخدم فى المبنى والمسبب لظاهرة الإحتباس الحرارى](1)، وقد استخدمت خرسانة النانو فى تنفيذ العديد من المشاريع ذات التشكيل المميز للواجهات المعمارية ، (صورة 3)،(شكل 4، 5).

(3 – 1 – 2) الخرسانة الشفافة (Transparent Concrete):

[هى خرسانة تنقل الضوء من الخارج إلى الداخل ليصبح المبنى أشبه بنافذة كبيرة ، (صورة 4) ، فيستخدم إضاءة صناعية أقل وبالتالى فهى تعمل على توفير الطاقة ، واستخدمت مادة الخرسانة الشفافة فى تصميم واجهات المبانى لأنها مادة غير مكلفة مقارنة مع المواد الأخرى ، فهى تتميز بأنها خفيفة الوزن فى الأجزاء سابقة الصنع ، كما أنها عازلة للحرارة والصوت بشكل ممتاز ، ويمكن بسهولة التعامل معها حيث يمكن تصنيعها طبقا للمواصفات المطلوبة وبقوة

(*) تعتمد تقنية النانو فى عملها على إعادة ترتيب ذرات العناصر ، وبالطبع كلما تغير الترتيب الذرى للمادة تغيرت خصائصها نتيجة لإمكانية الحذف والإضافة لبعض الخواص لزيادة المقاومة الميكانيكية والكيميائية ، وزيادة الخصائص الفيزيائية لمضاعفة كفاءة أداء تلك المواد لتتغير وتتجاوب مع البيئة المحيطة ، كذلك حجم الجزيئات مهم جدا فمثلا السيليكون النانوى عندما يكون حجم الجزيئات 1 نانومتر فإنه يشع باللون الأزرق ، وإذا كان حجم الجزيئات 3 نانوميتر تشع جزيئاته باللون الأحمر وما بينها يشع باللون الأخضر ، وبالتالى أعطت دراسة تقنية النانو إمكانية أكبر للمصمم المزخرف و المعماري لإبتكار عدة تشكيلات وتصميمات بألوان مميزة للواجهات الخارجية.

(1) جمال أحمد عبد الحميد ، ياسر صلاح الدين المغربى ، " تكنولوجيا النانو ودورها فى تحقيق الإستدامة من خلال تطوير مواد وأساليب الإنشاء " ، بحث منشور ، كلية الهندسة ، جامعة المنيا ، 2014م ، ص 3 .

(**) تصنف المواد المضافة لخرسانة النانو إلى : النانو سيليكا (NS) وهى تعمل على تحسين قدرة الخرسانة على التحمل وتحسين قابليتها لمقاومة الضغط ، كذلك ساعدت على تصنيع خرسانة تقوم بالحد من التلوث الناتج من الهواء نتيجة تفاعل مكوناتها مع أشعة الشمس كما أن إضافتها للخرسانه يعمل على مقاومة ظاهرة الإحتباس الحرارى ، أنابيب النانو كربون (CNT) وهى تعمل على سد الشروخ الميكرسكوبية فى أجزاء الخرسانة عندما تخلط مع الأسمنت كما تعمل على إعاقة تقدم الشروخ وتطبيقاتها فى الواجهات الخارجية يؤثر على تشكيل المبانى خلال عمرها الإفتراضى ، ثانى أكسيد التيتانيوم (Tio2) تحسن حبيباتها من الأداء البيئى للخرسانة والأسمنت وتعمل على مقاومة الخدش التى تتعرض له الخرسانة والأسمنت من العوامل الجوية وتساعد من عملية التنظيف الذاتى من الميكروبات والمركبات العضوية وغير العضوية والتخلص من المياه التى تكون على سطح الخرسانة ، وتزيد مادة (Tio2) من قوة تحمل الخرسانة .

Nanotechnology in Civil Engineering and Construction; a review on state of the art and future prospects2011. pdf (1)

وكثافة محددة ، كما أنه يمكن التحكم بجودتها ، وهى أيضا تقاوم الظروف الجوية المختلفة حيث أنها ذات امتصاصية منخفضة للرطوبة ، مقاومة للحريق ، وتعطى المبنى مظهرا جماليا ليلا لظهور الإضاءة من الداخل للخارج أما نهارا فهى تعطى انعكاسا للبيئة المحيطة](2) . ونتيجة لتقنيات النانو أمكن توفير أنواع مختلفة من الخرسانة الشفافة بحيث [تم ابتكار نوع جديد من الأسمنت الشفاف مكون من راتنج اللدائن الحرارية الشفافة ومواد غير عضوية مثل الألومينا لإنتاج خرسانة ينفذ من خلالها الضوء وقد استخدمت هذه التقنية فى تصميم واجهات معمارية لتصبح أشبة بنافذه كبيرة تسمح بمرور ضوء الشمس للفراغات الداخلية خلال فترات النهار فيتم استخدام إضاءة داخلية أقل مما يؤدى لتوفير الطاقة المستهلكة ، وفى الليل تبدو من الخارج مضاءة من خلال الفراغات الداخلية ، وقد وصل نسبة إنتقال الضوء من خلال الحائط بسمك 5 سم إلى 20% [(3)، (صورة 5).

، والذى يتكون من واجهات Italy Pavilion .. Expo Milano 2015(صورة 3 – أ ، ب) مبنى بيضاء غير منتظمة الشكل تتخللها فتحات ، تم تنفيذ الواجهة من خليط الأسمنت وخرسانة ثانى أكسيد التيتانيوم ، حيث يقوم المبنى بإلتقاط أكسيد النيتروجين الملوث للهواء وتحويله إلى أملاح خامله تعمل على خفض درجات الضباب فى الجو عند نزول الأمطار ، وتعد واجهة المبنى مثالا لإمكانيات المصمم المزخرف والمعمارى على الإبتكار نتيجة للتماذج بين الفن والتصميم بالتكنولوجيا ، وقد اتخذ تصميم الواجهة من الوسط المحيط لتحقيق التوازن البصرى والجمالى المطلوب بحيث صممت الواجهة بمفهوم الغابات الحضرية ، ويظهر ذلك فى النسيج الهندسي المتشابك والذى يستحضر شكل الفروع العشوائية المتشابكة .
https://www.ageekyworld.com/green-technology-palazzo-italia-by-italcimenti-is-covered-with-smog-eating-concrete/

(شكل 4 أ ، ب ، ج) يوضح توظيف تبليطات المعالجة الضونية والمصنوعة من الخرسانة المنقية للهواء والتى تفيد الحد من الملوثات فى الهواء .
Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008.

(2) عبد الله أحمد عبد الله حسب الله ، " تطبيقات تقنية النانو " ، مرجع سبق ذكرة ، ص 56 .

(شكل 5 أ ، ب) يوضح مقترح لتركيب أحد تشكيلات التبليطات الخرسانية المنقية للهواء فى الميادين العامة كأحد السبل المساعدة لمقاومة الإحتباس الحرارى العالمى .
Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008.

(صورة 4 أ ، ب) توضح الخرسانه الشفافة وإمكنياتها العالية فى انعكاس البيئة المحيطة إلى داخل المكان .
http://stroyfora.ru/p/post-316

بالصين الذى استخدم فى تصميم واجهته EXPO 2010(صورة 5 أ ، ب) توضح الجناح العالمى بشنغهاى الخرسانة الشفافة ، والتي استخدمت لإعطاء البساطة للمبنى فى التشكيل والتصميم فهى تتميز بخفة وزنها وأنها مادة غير ضارة وصديقة للبيئة ويمكن إعادة تصنيعها ، كما أنها ذات شفافية ورؤية عالية .
http://egy-arch.blogspot.com.eg/2011/04/transparent-concrete.html

(3 – 1 – 3) الخشب المعالج بتقنية النانو :

Nano Technology and Wood:

يعتبر الخشب من أكثر المواد الإنشائية استخداما لذلك تم استخدام تقنية النانو لمعالجة جزيئاته وتحسين خصائصه ، بحيث يتم تجميع جزيئات الخشب لإعادة ترتيبها مما يجعلها أكثر قوة وترابط عن المادة الطبيعية ، كما تم اختراع حساسات نانو يتم استخدامها لتحديد أماكن الفطريات ونقاط التآكل لمعالجة جزيئاته ، (صورة 6) .

[ويستخدم طلاء النانو(*) فائق الطرد للماء (تأثير زهرة اللوتس super hydrophobic) والذى يقوم بطرد الماء على هيئة قطرات دون ترك أى أثر للمياه عند انزلاقها ، بحيث تسمح هذه التقنية بعدم تعفن الخشب وتغلغل المياه داخله حتى لا يفقد صلابته ، كذلك قامت تقنية النانو بتحسين خصائص الخشب ليصبح طارد للأتربة ، مقاوم للأبخرة وتغلغلها، مقاوم للعوامل الجوية ودرجات الحرارة ومقاوم للتآكل والتصدعات، مقاوم للبكتيريا والطحالب والفطريات ، مقاوم عالى

(*) هو عبارة عن طلاء غير مرئى (بدون ألوان) شفاف ليحافظ على لون الخشب الطبيعى .

للإحتراق ، مقاوم للأشعة فوق البنفسجية ، ولذلك أصبح الخشب المعالج بتقنية النانو أكثر قوة وصلابه وقدرة على التحمل مثل الخرسانة كما أنه صديق للبيئة ، منخفض التكاليف وخفيف الوزن وقابل للتشكيل الجمالى وسهل التنظيف][1] .

[ويعتبر متحف (Aspen Art Museum) ، (صورة 7) ، الذى صممه المعمارى (Shigeru Ban) بالولايات المتحدة الأمريكية عام 2014 م أحد المشاريع التى تم تصميم واجهاتها الخارجية بالكامل وبعض أجزاؤها الداخلية باستخدام الخشب المعالج بتقنية النانو، بحيث تمت تغطية واجهة المبنى بالكامل بشبكة منسوجة من الصفائح الخشبية المضفرة المصنوعة من مادة ال (Prodema) والتى هى عبارة عن خليط من الراتنج والورق والموجودة كطبقة وسطى ما بين طبقتين من الخشب المطلى بطلاء معالج بتقنية النانو تكنولوجى لتبدو الواجهة وكأنها مصممة بنفس إسلوب المشربية المدعمة من الداخل بوحدات من الزجاج على هيئة جدار][2] .

(صورة 6) سطح الخشب المعالج بطبقة من طلاء النانو الطارد للمياه
http://www.european-coatings.com/Raw-materials-technologies/Technologies/Functional-coatings/Relationship-between-surface-wettability-and-transparency-in-four-water-conditions

بالولايات المتحدة والذى تم افتتاحه عام 2014م (Aspen Art Museum)(صورة 7) توضح مبنى ، تم تصميم الواجهة بالكامل وبعض الأجزاء الداخلية من شبكة منسوجة من الخشب المعالج بتقنية النانو تكنولوجى .
https://www.archdaily.com/546446/aspen-art-museum-shigeru-ban-architects

(1) https://issuu.com/engjumaiah/docs/nano_materials_in_architecture__int.

(2) https://www.archdaily.com/546446/aspen-art-museum-shigeru-ban-architects

(3 – 2) استخدامات تقنية النانو على المواد غير الإنشائية :

(3 – 2 – 1) تطبيق تقنية النانو على الزجاج :

Application of nanotechnology to glass:

تعتبر مادة الزجاج من أهم المواد المستخدمة فى تشكيل الواجهات الخارجية لإعطاء المظهر الجمالى المناسب فهى سهلة الصيانة وتوفر الإضاءة الطبيعية والمناخ الملائم للفراغات الداخلية ، وقد عملت تقنية النانو على توفير العديد من أنواع الزجاج المعالج فمثلا يوجد : **الزجاج الغير قابل للكسر Unbreakable glass [1]:** أسهمت تكنولوجيا النانو فى تخليق نوع من الزجاج غير قابل للكسر[*] فصفة الهشاشة تنتج نتيجة وجود فراغات بين الذرات وهو ما تم علاجه بتقليل الفراغات بين الذرات لتصل قابلية الكسر إلى الحد الأدنى .

زجاج منع التسرب الحرارى Glass thermal sealant [2]: أغلب الزجاج المستخدم يكون فى الأسطح الخارجية للمبانى ومنه يتم تسريب الحرارة وإدخال الضوء فإن للطلاءات الرفيعة التى تم تطبيقها من خلال تكنولوجيا النانو مثل Thermo chromic تعمل على العزل الحرارى المناسب مع توفير الإضاءة المناسبة ، كما أن هناك تطبيق آخر للزجاج بواسطة وضع طبقة شفافة بين الألواح الزجاجية(كطبقة بينية) مكونة من جزيئات النانو لأكسيد السليكا (Sio2) والتى تعمل على العزل الحرارى . كما أن هناك نوع من الزجاج المعالج يختزن قدر من الحرارة ويبعثها إلى الفراغ الداخلى فى حالة انخفاض درجة الحرارة فيعمل كجهاز تدفئة.

الزجاج ذاتى التنظيف Self-cleaning glass [3]: أضيفت خاصية لزجاج النانو تسمى (خاصية Hydrophobic) فعندما يتكاثف الماء على سطح الزجاج ليشكل قطرات صغيرة تعيق الرؤية وعندما تجف فإنها تترك بقع ملوثة لذا أضيفت خاصية لزجاج النانو تزيد من التوتر السطحى لقطرات الماء الأمر الذى يساعد على سقوطها بشكل فورى دون أن تترك أى أثر بل إنها أيضا تزيل أى إتساخ فى طريقها لتترك السطح كامل الشفافية ، (صورة 8) .

الزجاج المقاوم للأحماض والمركبات الكيميائية والعضوية Glass resistant to acid, chemical and organic compounds [1]: حيث يستخدم ثانى أكسيد التيتانيوم (Tio2) فى شكل جزيئات بمقياس النانو لطلاء الزجاج ليصبح أكثر تمتعا بخواص تعقيمية .

الزجاج العاكس لأشعة الشمس فوق البنفسجية الضارة Reflective glass for harmful ultraviolet rays [2]: يعتمد على وجود طبقة رقيقة شفافة يتم طلاؤها على سطح الزجاج ويفضل أن تكون تلك الطبقة مواجهة للشمس لتمنع دخول الإشعاع الشمسى الضار لذا لابد أن تتم عملية الطلاء أثناء تصنيع الزجاج ، أما إذا تم الطلاء فى مرحلة لاحقة فإن الطبقة المعدنية تكون غير قادرة على تحمل العوامل الجوية ويتم الطلاء من الداخل فقط .

---

(1) على محمد على عبد الله ، " النانو تكنولوجى بين الأمل والخوف " ، الدار العربية للكتاب ، القاهرة ، الطبعة الأولى ، يناير 2012م ، ص 136.

(*) يعرف الزجاج بأنه مادة مكونة في الأساس من أكسيد السيليكون ، ومن السهل كسر الزجاج الذي يمتلك صلادة متوسطة تقدر بقيمة 5.5 على مقياس Moh للصلادة ، أما الزجاج الغير قابل للكسر فهو مختلف تمامًا حيث ينطوي هذا الزجاج تحت مظلة البوليمرات البلاستيكية التي تنتمي للدائن الحرارية Thermoplastics ، ويطلق الكيميائيون كلمة بوليمر على المواد التي تتكون من وحدات متكررة من جزيء ما ، وتعتمد البشرية على العديد من هذه المواد البوليميرية للقيام بوظائف عديدة ، كل حسب خصائصه ، أما عن صفة البلاستيكية فهي صفة تتسم بها المواد القابلة للتشوه دون كسر .

(2) لميس سيد محمدى ، " تأصيل مفهوم تكنولوجيا النانو لتحقيق الإرتقاء فى مجال العمارة والعمران " ، مرجع سبق ذكره ، ص 90 .

(3) Michael F. Ashby, Paulo J. Ferrira, Daniel L. Schodek, nanotechnologies and design : An introduction for engineers, Elsevier Ltd, 2009 , P 408 .

(1) حسين محمد جمعة ، " النانو تكنولوجى فى قطاع التشييد والبناء " ، مرجع سبق ذكره ، ص 243 .

(2) د. عباس محمد الزعفرانى ، أ.م.د. أحمد أحمد فكرى ، " الزجاج ذو النفاذية الإختيارية للإشعاع الشمسى (مدخل للتصميم البيئى للفتحات الخارجية فى المبانى) ، مؤتمر قسم الهندسة المعمارية 2006م ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ص 10 .

الزجاج الذكى (متغير اللون كهربيا) Smart Glass [3]: هو زجاج قابل للتحول كهربيا ويغيرمن خصائصه لنقل الضوء عند تطبيق الجهد عليه فهو يتيح للمستخدمين التحكم فى شدة الضوء والحرارة داخل المكان فيتغير من زجاج شفاف إلى نصف شفاف ويمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئى مع الحفاظ على نسبة الضوء الداخل للمكان ، (صورة 9).

(3 – 2 – 2) طلاءات النانو Nano Coating :

تستخدم طلاءات النانو لتطوير وظائف الحوائط والأسطح الخارجية والداخلية فهى تحسن من خصائصها وجودتها ، وبالتالى فهى تساعد على الرفع من كفاءة المبنى وإطالة عمره الإفتراضى ، وتصنع مواد ومركبات النانو على هيئة حبيبات ليتم إضافتها لمكونات المادة الأساسية عند الإنتاج ، أو على هيئة طلاءات لإمكانية طلاء المنشآت والمبانى المقامة بالفعل ، (صورة 10) ، أو على شكل أغشية رقيقة . وقد تم إنتاج عدة مركبات ومواد للنانو لحل العديد من المشاكل للمنشأ المعمارى ، فعلى سبيل المثال هناك مجموعة من الظواهر الطبيعية التى تطرأ بمضى الزمن على بعض الأسطح المطلية بالدهانات مثل التآكل والإتساخ ورائحة الرطوبة لذا كان الإهتمام بتطوير نظافة الأسطح المعمارية الخارجية والداخلية لتصبح ذاتية التنظيف ، [وقد تمكن العلماء بالفعل من تحقيق هذه الخاصية بواسطة طلاء النانو والذى يحتوى على مبيد حيوى (Biocide) ذاتى التنظيف يعمل على تحليل البكتيريا والميكروبات والأوساخ ، والمكون الأساسى لهذا الطلاء صديق للبيئة وهو صغائر جزيئات الفضة (Ag- Nanoparticles) وثانى أكسيد التيتانيوم (Tio2- Nanoparticles) ، وقد ساعد استخدام هذا الطلاء على الحد من استعمال المبيدات البيولوجية والسامة والمنظفات الصناعية][1].

ولم تتوقف جهود العلماء عند هذا الحد بل [امتدت لابتكار نوع من الطلاء يتكون من مزيج مركب من حبيبات السيراميك الكروية الدقيقة الجوفاء والتى تعمل مثل (إناء الترمس) العازل للحرارة وهذا الطلاء يستخدم على الجدران الداخلية والخارجية على حد سواء ولكنه أكثر فاعلية على الأسطح الخارجية حيث أنه يعكس أشعة الشمس ويشتتها ، لذا فإن طلاء السيراميك يعتبر مادة فريدة ذات تأثير مزدوج فهى تعكس وتشتت الحرارة بطلائها على الحوائط الخارجية وتحتفظ بحرارة الفراغ الداخلى فى ذات الوقت عند طلاء على الأسطح الداخلية][2]. وبصفة عامة فإن الأصباغ والدهانات المطورة بتقنية النانو تتمتع بعدة خصائص ومميزات منها مقاومة الخدش والتقشير أثناء الإحتكاك ، والقدرة على مقاومة التآكل والتحلل والتغير اللونى فهى مضادة لتأثير حرارة الشمس والرطوبة والأملاح وبالتالى فهى تتميز بثباتها لمدد زمنية كبيرة تفوق الدهانات التقليدية ، وقد بدأت طلاءات النانو تغزو أسواق الدول العربية ودول الشرق الأوسط عن طريق العديد من شركات الدول الأوروبية واليابان .

(صورة 8 أ ، ب ، ج) توضح قطرات الماء المكثفة وامكانيات الزجاج ذاتى التنظيف المعالج بخاصية) على التخلص الدائم منها وبشكل فورى. Photo catalysis(
Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008.

(3) Michael F. Ashby, Paulo J. Ferrira, Daniel L. Schodek," nanotechnologies and design" , P 408 .

(1) Dr. Nagwan Shehata, Nano technology's Effect in Development of Interactive interior Design, visual arts between stability and variation Conference, Faculty of Fine arts, Alexandria University, 2007.

(2) م. صفات سلامة أمين ، "النانو تكنولوجى عالم صغير ومستقبل كبير " ، مرجع سبق ذكره ، ص 171 .

(3) Sylvia Leydecker, "Nanomaterials in architechiture", P 61,62 .

(صورة 9 أ ، ب ، ج) توضح الزجاج الذكى والقادر على التحكم كهربيا فى شدة الضوء والحرارة داخل المكان ، فيتغير من زجاج شفاف إلى نصف شفاف ويمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئى مع الحفاظ على نسبة الضوء الداخل للمكان حسب احتياج الأفراد .
أ.م.د/ أحمد أحمد فكرى ، م.د/ عباس محمد الزعفرانى ، الزجاج ذو النفاذية الإختيارية للإشعاع الشمسى) ، مؤتمر كلية الهندسة – جامعة القاهرة – 2006 .

بمدينة هامبورج بألمانيا ، (Strucksbarg Housing)(صورة 10 أ ، ب ، ج) توضح مشروع إسكان وقد استخدم المصمم فى تجديد هذا المشروع والذى ينتمى لسبعينات القرن الماضى طلاءات النانو ذاتية التنظيف بحيث تتميز مدينة هامبورج بأنها مدينة يكثر بها هطول الأمطار ولذلك تمت المعالجة بالطلاء لتقليل عمليات التنظيف والصيانة .
Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008.

أ. استخدام تقنية النانو لإضافة خاصية التنظيف الذاتى – تأثير اللوتس (self cleaning - Lotus Effect) [3]:

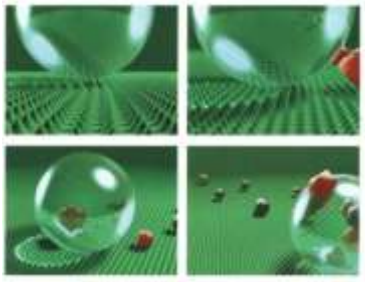
يعد التنظيف الذاتى من أهم الأساليب التكنولوجية التى تستخدم فى المبانى للتقليل من عملية التنظيف والصيانة لتوفير الأيدى العاملة وتوفير التكلفة ، حيث أن المبانى تتمكن من تنظيف أسطح واجهاتها الخارجية ذاتيا سواء كانت الخامة من الدهانات ، أو الزجاج ، الألومنيوم ، الخرسانة ، الخشب ، البلاستيك ، أوغيرها من المواد المعالجة بتقنية النانو لتحقيق إمكانية التنظيف الذاتى ، وهناك أكثر من طريقة لتنفيذ تقنية التنظيف الذاتى منها تأثير زهرة اللوتس(self-cleaning-Lotus Effect) ، وقد جاءت الفكرة بناءا على ميكانيكية عمل أسطح نبات اللوتس فعندما تتساقط قطرات الماء على أسطح أوراق النبات تقوم بتنظيفه بشكل فورى دون أن يتبلل السطح ، (صورة 11) ، ومن هنا جاءت فكرة التطبيق ، ولعل ما كانت تقوم به قطرات الماء فى تنظيف أوراق النبات ما هى إلا تقنية إنشاء وصناعة بالغة الدقة من الخالق لأسطح ورق النبات فالأسطح الخشنة القوية هى التى جعلت حبيبات الماء تسقط من عليها وتأخذ ذرات التراب وتتساقط من عليها ولهذا كانت نتيجة التنظيف الذاتى ممتازة ، ولتنفيذ هذه التقنية على الأسطح المعمارية يتم عمل نتوءات بمقياس النانو على السطح ليصبح خشنا ويحمل قطرات مياه الأمطارالساقطة لتبدأ الأسطح فى عملها بإزالة الأتربه ثم التساقط الفورى ، (صورة 12) . وتوجد عيوب للأسطح المطبق عليها هذه التقنية فهى لا تعالج نفسها فى حالة حدوث أى تلفيات فهى فقط للتنظيف الذاتى ، كما أنها لا تدوم إلى الأبد وبعد فترة تقل درجة تفاعلها مع الماء من حيث تقنية التنظيف بل وقد تتوقف تماما ، كما أن هذه التقنية تكون مناسبة أكثر للأسطح المعرضة بإنتظام إلى كميات كافية من مياه

الأمطار لكى تقوم بعمل التنظيف المثالى للأسطح ، وفى كل الأحوال فإن تقنية التنظيف الذاتى تصلح لمدة لا تزيد عن 5 أعوام من تاريخ الطلاء ،(صورة 13) .

ب. استخدام تقنية النانو لإضافة خاصية التنظيف الذاتى بالتحفيز الضوئى (Photo catalytic Self – Cleaning) [1]:

تعتبر هذه التقنية هى الأكثر استخداما لتصميم واجهات المبانى الهادفة لتحقيق مبدأ الإستدامة ، وما دعى لإستخدامها كان لتقليل الإتساخ على الواجهات الخارجية فهى تعمل على إزالة الأتربة والملوثات المختلفة من على الأسطح ذات الخامات المتعددة ومنها الأسطح الزجاجية لتحسين الرؤية وزيادة نفاذية الضوء للحيز الداخلى وبالتالى تقل تكاليف استهلاك الطاقة المستخدمة فى الإضاءة . وتعتمد تقنية الطلاء ذاتى التنظيف بالتحفيز الضوئى على تفاعل الضوء (أشعة الشمس الفوق بنفسجية) مع مادة ثانى أكسيد التيتانيوم (Tio2) [*] بحيث يستخدم الضوء كمنشط للمادة لتصبح شديدة التفاعل والإذابة للأوساخ العضوية المختلفة وبالتالى تكون عملية التحلل سريعة ، وتتميز هذه المادة بأنها لا تتأثر أو تستنفد وهى تعرف باسم المحفز (catalyst) ، وبالتالى يستخدم هذا الطلاء فى أنظمة تنقية الهواء فى المبانى وأيضا لحماية الأسطح من البكتيريا والفطريات ، (صورة 14) .

(صورة 11) ورقة نبات اللوتس وتقنية تنظيفها الذاتى الطبيعية .



(صورة 12) شرح فكرة (self-cleaning-Lotus Effect) ، والتى توضح أن السطح يحتوى على نتوءات بمقياس النانو تحمل قطرات المياه التى بدورها تأخذ الأتربة معها وتسقط .

(صورة 13أ ، ب) (Commercial Building) كرواتيا - 2006 م ، استخدمت تقنية نانو التنظيف الذاتى (تأثير زهرة اللوتس) فى الطلاءات الداخلية والخارجية للمبنى ، وتم تشبيه المبنى بقطعة الكريستال لبقاء اللون الأبيض ناصعا لمدة خمس سنوات .

(1) Sylvia Leydecker, "Nanomaterials in architechiture", P 74,75 .

(*) اكتشف تأثير ثانى أكسيد التيتانيوم عام 1967 بواسطة البروفيسور " Fujishima " بحيث اتجه إلى الإستفادة من خاصية الأكسدة القوية للمادة فى الضوء ، وفى عام 1989 استخدم الطلاء المعالج بثانى أكسيد التيتانيوم فى سقف وجدران غرفة عمليات فى مستشفى والنتيجة هى انخفاض مقدار التلوث البكتيرى فى تلك الغرفة ، ومنذ ذلك الوقت أصبحت تلك المادة تستخدم كمادة مضادة للبكتيريا وفى الحد من الملوثات .

نيويورك - 2005 م ، وهو مركز ثقافى يدعم (Muhammad Ali Center)(صورة 14أ ، ب) المواهب الفردية ، وهو بناء لافت للنظر بسبب تميز تصميم واجهته فقد تم تشكيلها عن طريق تركيب بلاطات سيراميك ملونة وفقا لتصميم معين ، من بعيد تصور تلك الوحدات ملامح مختلفة للملاكم محمد على ، وعن قرب فهى لوحة تجريدية ، وقد تم تجهيز البلاطات لتكون مطلية بتقنية التنظيف الذاتى (بالتحفيز الضونى) كما أنها لديها القدرة على تنقية الهواء من عوادم السيارات والملوثات الصناعية .
All pic : Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008

ويجب الإنتباه أنه لا تعنى تقنية التنظيف الذاتى أن الأسطح لا يجب أن يتم تنظيفها مطلقا ولكن الفترات الفاصلة بين دورات التنظيف ممكن أن تمتد بشكل ملحوظ ، فإنه عند استخدام منظفات أقل يؤدى إلى تلوث أقل للبيئة ، كذلك تقل تكاليف العمالة المستخدمة ويقل المجهود .

ج.استخدام تقنية النانو لإضافة خاصية سهولة التنظيف (Easy To Clean) [1]**:** الأسطح سهلة التنظيف هى أسطح مضادة للماء ، ناعمة الملمس ، طاقتها الإستاتيكية منخفضة مما يؤدى إلى انخفاض الإلتصاق بالسطح وهذا ما يجعلها أسطح صادة أو مضادة للماء فيشكل الماء قطرات على الفور ثم تهرب سريعا كما أنها مضادة للزيوت والمنتجات النفطية ، ومن الممكن استعمالها على الأسطح خارج المبنى ، كما أنها تعمل بكفاءة على الخزفيات والزجاج والخشب والمعدن والخرسانة والجلود والمنسوجات ، وبصفة عامة فإن هذه التقنية عندما يطلى بها الأسطح تكون أكثر سهولة للتنظيف ، (صورة 15،16،17) .

د. الطلاء المضاد للضباب (Anti – Fogging Coating) [2]**:** قديما للمحافظة على الأسطح دون تكثيف للمياه كان يجب تعريضها للتسخين المستمر ، وباستخدام تقنية النانو تم عمل الطلاء بطبقة رقيقة جدا من ثانى أكسيد التيتانيوم لتحليل قطرات الماء والضباب إلى طبقة رقيقة غير مرئية ، ويستخدم هذا الطلاء بكثرة مع الواجهات الزجاجية .

ه. الطلاء المضاد للكتابة على الجدران (Anti – Graffiti Coating) [3]**:** يتم تطبيقها على أسطح الحوائط الداخلية والخارجية للحد من إلتصاق ألوان ومواد الكتابة ، فمن خصائصها : إزالة الكتابة بسهولة أكبر من على الجدران بإستخدام المنظفات ، توفير الحماية لمواد مثل الطوب والحجر الرملى والجيرى من امتصاص ألوان الكتابة ، كذلك حماية الأسطح من الخدوش الناتجة عن احتكاك الكتابة والرسم على الحوائط .

(1) Sylvia Leydecker, "Nanomaterials in architechiture", P194.

(2) عبد الله أحمد عبد الله ، " تطبيقات تقنية النانو " ، مرجع سبق ذكرة ، ص 88 .

(3) ماجد فؤاد السمنى ، " عمارة النانو – العمارة وتقنية النانو " ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الإسكندرية ، 2008، ص 51 .

و. الطلاءات المضادة للحريق (Fire – proof) [4]: هى عبارة عن طلاءات تستخدم لدهان أسطح المواد القابلة للإشتعال بهدف تقليل قابلية الإشتعال وتأخيره فهى تحسن درجة المواد لمقاومة الحريق وعند زيادة سخونة اللهب تنتج مادة رغوية تعمل على تشكيل طبقة عازلة للحرارة ، وبالتالى يكون قادر على تقليل انتقال الحرارة من مكان لأخر.

(صورة 15 أ ، ب) مقارنة السطح المطلى بطلاء (ETC) والغير مطلى

(صورة 16 أ ، ب ، ج) مشروع (Modern Classicism) ، الصين 2006م ، يتميز الديكور الداخلى للمكان بالتصميم الزخرفى الراقى بالإضافة إلى استخدام الطلاءات المعالجة بتكنولوجيا النانو (ETC) لزيادة كفاءتها وقدراتها على مقاومة الأتربة والجراثيم ، كما أنه تم استخدام طلاءات لتوفيرخاصية التدفئة ومقاومة الحرائق .

(صورة 17) مشروع (KKC) ، ألمانيا 2005م ، هذا المبنى يخص احدى الشركات العالمية لتصميم وتنفيذ الوحدات الصحية ، وقد تم تصميم الواجهة بوحدات سيراميك ملونة تم معالجتها بالطلاءات المعالجة بتكنولوجيا النانو (ETC) لزيادة كفاءتها وقدراتها على مقاومة الملوثات والعوامل الجوية المختلفة .
All pic: Sylvia,leydecker,Nanomaterials in architecture, interior architecture and design,Princeton Architectural Press, NY, USA, 2008

4. أهداف تطبيق مواد تقنية النانو لتصميم الواجهات المعمارية :

تحقيق أهداف إقتصادية: الهدف من دراسة المعايير الإقتصادية للمنتج المعمارى هو دراسة امكانيات مواد النانو المستحدثة للوصول إلى تصميم ذات مظهر جمالى مميز ويتوافر من خلاله تحقيق الحد الأدنى من استخدام الطاقة والموارد غير المتجددة من خلال اختيار مواد ذات تقنيات حديثة تمتاز بخصائص جديده لكنها ذات تكلفة أقل ، قابلة لإعادة التدوير ،

(4) Sylvia Leydecker, "Nanomaterials in architechiture", P76.

تتفاعل مع البيئة المحيطة والعوامل المناخية المتغيرة لتحقيق المستوى المطلوب من متطلبات الراحة للمستخدم . كذلك تطبيق مواد النانو فى تصميم الواجهات المعمارية سوف يعمل على تقليل تكلفة الصيانة نتيجة لتطبيق تقنية التنظيف الذاتى والتى سوف تعمل على توفير الطاقة والوقت والجهد والتقليل من تلوث البيئة نتيجة التقليل من استخدام المنظفات الكيميائية ، كذلك حماية المستخدم من التغيرات المناخية المختلفة والتلوث البيئى المحيط به فى محاولة لتوفير ظروف داخلية وخارجية ملائمة لراحته ، كذلك ساعد استخدام مواد النانو ذات الخصائص المختلفة والمميزة على جعل المبانى أكثر متانة وصلابة وبالتالى أدى إلى إطالة العمر الإفتراضى للمبانى فقلل من تكلفة الإنشاء على المدى البعيد .

تحقيق معايير جمالية : أثرت مواد النانو على الإبداع فى تصميم وتنفيذ الشكل الخارجى للواجهات المعمارية وتم خلق نماذج جديدة ذات قيم جمالية مبتكرة خاصة مع توافر عدد لا نهائى من المواد ذات الخصائص الوظيفية واللونية والجمالية المختلفة ، فالهدف الأساسى من توظيفها هو تنفيذ تصميم متناسق لونيا مميز يحترم الوسط المحيط لا يؤثر على البيئة الطبيعية ويحقق المستوى المطلوب من الراحة للمستخدم .

تحقيق أهداف وظيفية : أثرت مواد النانو المطبقة فى تصميم الواجهات الخارجية على امكانيات وقدرات الفراغات الداخلية فى تحقيق المستوى المطلوب من الراحة للإنسان ، وقد ساعد استخدام (الزجاج – الدهانات – الطلاءات – مواد العزل) المعالجة بتقنية النانو على تحقيق الراحة الحرارية ، وانعكاس الأشعة فوق البنفسجية ودخول الأشعة المرئية داخل الفراغات بنسبة كبيرة لإعطاء الإضاءة الطبيعية المناسبة والتقليل من الإضاءة الصناعية وبالتالى توفير الطاقة ، أيضا دخول الأشعة تحت الحمراء بنسبة قليلة جدا مما يؤدى إلى إعطاء راحة حرارية مناسبة داخل الفراغات ، ويقلل أيضا من حمل التبريد على المبنى مما أدى إلى الحفاظ على الطاقة وتوفيرها ، ومنع ظاهرة الإحتباس الحرارى داخل الفراغ .

العمر الإفتراضى : يختلف العمر الإفتراضى للمبنى فى كل دولة عن الأخرى حسب اللوائح والنظم بتلك الدول ، ويحدد العمر الإفتراضى للمبانى حسب طبيعته ووظيفته والمواد المستخدمة فى بناؤه ، وتتيح كافة الأنظمة ومواد النانو الحديثة إقامة مبانى محققة لأعمار إفتراضية أطول حيث أن مواد النانو المضافة على (الخرسانة ، الحديد ، الخشب ، الألومنيوم) أدت إلى رفع كفاءة المبانى . بحيث أدى استخدام تلك المواد للوصول إلى مبانى تتفاعل وتعالج نفسها على مدار الفترة الزمنية المحددة للمبانى وبالتالى أدى إلى إطالة العمر الإفتراضى للمبانى فقد ساعد تطبيق تلك المواد على المعالجة للتشققات والشروخ ذاتيا والحفاظ على ألوان الواجهات لفترات طويلة ، وأيضا أخذت المواقع المقام عليها المبنى فى الإعتبار للتفاعل مع العوامل المناخية المتغيرة وبالتالى إطالة العمر الإفتراضى للمبانى .

مقاومة الحريق : طبقت تقنيات مواد النانو فى كثير من المواد ومن أهمها (الزجاج – الألومنيوم – الخشب) التى أثرت على المبانى فى مقاومة الحريق لفترات تسمح بتفادى انتقال الحريق من مكان لأخر داخل المبنى ، ومقاومة الحريق تعتبر من الأساسيات التى يجب مراعاتها عند تصميم المبانى ، وأثرت مواد النانو بشكل كبير على المبانى لتصبح صديقة للبيئة بمقاومة الحريق . ومن أهم المواد المطبقة فى الواجهات لمقاومة الحريق ، الزجاج المقاوم للحريق المكون من عدة رقائق توجد بينها طبقات شفافة من مواد معينة ، وعند تعرض الزجاج للحريق يتصدع اللوح الذى يواجه اللهب ، لكنه يبقى فى مكانه وتتحول الطبقات إلى رغوة سميكة عازلة، فالزجاج العادى يتحمل حرارة أقل من 100 درجة مئوية قبل أن يتحطم أما الزجاج المعالج بتقنية النانو فيستطيع تحمل من 2500 : 3000 درجة مئوية ، وتعتبر مواد وطلاءات النانو المطبقة فى الواجهات الخارجية للمبانى من أهم المواد التى تساعد على زيادة الوقت للتغلب على الحريق كما أنها مقاومة للحريق إلى ما يزيد عن 120 دقيقة . فوائد الزجاج المقاوم للحريق : يظل الزجاج فى موقعه ولا ينكسر وبالتالى يمنع تجاوز الدخان أو اللهب أو الغازات الحارة . منع انتقال الحرارة إلى الجانب الأخر من الحريق (الفراغات – السلالم – الطوابق الأخرى) ويستمر من (45 إلى 120) دقيقة .

نتائج البحث :

من خلال البحث ودراسة مجموعة من المبانى العالمية من حيث مدى التأثير البيئى والجمالى لتطبيق مواد تقنية النانو لتصميم الواجهات المعمارية ، فيمكن استنتاج أن :

1. أدى تطبيق تقنية النانو إلى ظهور عمارة ذكية فى تصميم وأداء ووظيفة وطريقة تشغيل وصيانة أجزائها المختلفة وأسلوب تفاعلها مع المستخدم والبيئة المحيطة .

2. أنتجت تقنية النانو مواد كثيرة جدا تعددت خصائصها ووظائفها وألوانها وبالتالى ساعدت المصمم المزخرف والمعمارى على ابتكار تشكيلات ذات قيم جمالية ووظيفية مبتكرة لتصميم واجهات معمارية متناسقة ومتفاعلة مع الوسط المحيط ، كذلك تنفيذ فراغات داخلية تحقق مستويات الراحة الجمالية والوظيفية المختلفة للمستخدم .

3. استخدام تقنية النانو لها الأثر الأكبر فى تخفيض استهلاك الطاقة والموارد والمواد الطبيعية خاصة غير المتجددة ، كذلك خفض تكاليف الإنشاء والصيانة ، وإطالة العمر الإفتراضى للمبنى من خلال المعالجة الذاتية لأجزاء المبنى المختلفة ، كذلك إيجاد الحلول المعمارية المختلفة فى التصميم والتنفيذ .

4. إن استخدام تقنية النانو فى التصميم المعمارى قد يساهم فى تحسين صحة الإنسان .

5. تساهم تكنولوجيا النانو فى تأصيل مفهوم الإستدامة فى العمارة والعمران ، وبالتالى تحتاج العمارة المصرية لتوظيف تطبيقات تكنولوجيا النانو فهى بحاجة إلى مزيد من الإهتمام لتفشى ظاهرة إهدار الطاقة والموارد ، كذلك التلوث البيئى والتشوة البصرى والجمالى الذى نتعايش معه فى مدننا ، واستخدام تكنولوجيا النانو قد يقلل من تلك المشاكل .

7. تتميز تقنية النانو بأنها ذات مردود اقتصادى كبير حتى على المدى البعيد ، فمواد البناء النانوية غالية الثمن إلى حد ما لكنها قابلة لإعادة التدوير وعمرها الإفتراضى أكبر وبالتالى يبقى المنشأ لفترات طويلة وتقل عمليات البناء المتكرر .

توصيات البحث :

لأن هدف البحث الأساسى هو وضع خطوط إرشادية لإمكانيات تحقيق الإستفادة من تكنولوجيا النانو للإرتقاء بالعمارة والعمران المصرى فإنه لن يتم ذلك إلا من خلال التوصيات الأتية :

1. بعد الإعلان عن التخطيط لإقامة عاصمة جديدة للبلاد فإنه من الضرورى استخدام مواد النانو فى مبانيها منذ بدء الإنشاء حتى يتم تلافى تكرار ما نعيشه الأن من تلوث هوائى وسمعى وبصرى .

2. على الجهات البحثية فى مصر الإهتمام بالأبحاث فى مجال تكنولوجيا النانو لإستنباط مواد جديدة تساهم فى حل مشاكل العمران فى مصر من حيث الكم والنوع والتكلفة واستهلاك الطاقة وتطوير أسلوب البناء ليكون لنا موضع قدم فى هذا المجال بالتصنيع والإنتاج والتطبيق

3. يجب أن يتم دمج المصمم المزخرف والمعماري فى دراسات الأبحاث العلمية الجارية والمستقبلية على تقنية النانو بمراكز البحث وذلك لدراسة خصائص مواد البناء ومشتقاتها ، وبالتالى معرفة كيفية وزمانية استخدامها وتوظيفها فى المبانى .

4. ضرورة تشجيع واستقطاب المستثمرين ورجال الأعمال للمشاركة فى الإنفاق والإستثمار على أبحاث وتطبيقات النانو تكنولوجى ، كما يجب تخصيص جزء من الموارد المالية للقيام بالأبحاث العلمية المطلوبة .

5. على مؤسسات الفنون وتعليم التصميم والتجميل والتخطيط المعمارى بمصر الإهتمام بإقامة ورش عمل لدراسة والتعريف بمواد البناء المعالجة بتكنولوجيا النانو ومدى تأثيرها على التجميل المعمارى والتصميم البيئى ، مع التأكيد على دعوة علماء وأساتذة متخصصين فى تدريس تكنولوجيا النانو من الدول المتقدمة لعرض تجاربهم المختلفة .

6. ضرورة دراسة كيفية اتخاذ عناية خاصة للأخطار والإنعكاسات التى قد تنتج عن الأبحاث والتجارب المختلفة لتقنية النانو على صحة الإنسان والبيئة ، وأهمية دراسة الإستخدام السليم والآمن لتطبيقات تكنولوجيا النانو فى العمارة .

مراجع البحث :

أولا : رسائل ماجستير ودكتوراه .

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

2. لميس سيد محمدى عبد القادر ، (تأصيل مفهوم تكنولوجيا النانو لتحقيق الإرتقاء فى مجال العمارة والعمران) ، رسالة دكتوراه ، جامعة القاهرة ، كلية الهندسة ، 2015م .

3. ماجد فؤاد السمنى ، (العمارة وتقنية النانو) ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الإسكندرية ، 2008 .

ثانيا : كتب عربية .

1. د/ حسين محمد جمعه ، " النانو تكنولوجى فى قطاع التشييد والبناء " ، الناشر مكتب الدراسات والإستشارات الهندسية ، 2009م .

2. م. صفات سلامة أمين ، " النانو تكنولوجى عالم صغير ومستقبل كبير (مقدمة فى فهم علم النانو تكنولوجى) " ، بيروت ، الدار العربية للعلوم ، 2009م .

3. على محمد على عبد الله ، " النانو تكنولوجى بين الأمل والخوف " ، الدار العربية للكتاب ، القاهرة ، الطبعة الأولى ، يناير 2012م .

ثالثا : كتب أجنبية .

1. Michael F. Ashby, Paulo J. Ferrira, Daniel L. Schodek, "nanotechnologies and design : An introduction for engineers", Elsevier Ltd, 2009 .

2.Sylvia leydecker," Nanomaterial in architecture, interior architecture and design ", prnceton Architectural Press, NY, USA, 2008 .

رابعا : أبحاث منشورة .

1. جمال أحمد عبد الحميد ، ياسر صلاح الدين المغربى ، " تكنولوجيا النانو ودورها فى تحقيق الإستدامة من خلال تطوير مواد وأساليب الإنشاء " ، بحث منشور ، كلية الهندسة ، جامعة المنيا ، 2014 م .

2. د. عباس محمد الزعفرانى ، أ.م.د. أحمد أحمد فكرى ، " الزجاج ذو النفاذية الإختيارية للإشعاع الشمسى (مدخل للتصميم البيئى للفتحات الخارجية فى المبانى) " ، مؤتمر قسم الهندسة المعمارية 2006م ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة.

3. Dr. Nagwan Shehata, Nano technology's Effect in Development of Interactive interior Design, visual arts between stability and variation Conference, Faculty of Fine arts, Alexandria University, 2007

خامسا : مواقع انترنت .

1. https://shellzero.wordpress.com/category/nano-tech/page/2
2. https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%83%D9%85%D8%A7%D9%862.
3. Nanotechnology in Civil Engineering and Construction; a review on state of the art and future prospects2011. pdf
4. https://issuu.com/engjumaiah/docs/nano_materials_in_architecture_int.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell
6. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_nanotechnology
7. http://www.expo2010china.hu/index.phtml?module=hir&ID=1635
8. https://www.archdaily.com/546446/aspen-art-museum-shigeru-ban-architects