البحث رقم (٥)

تكنولوجيا النانو والتصميم الداخلي المستدام

Nanotechnology and Sustainable Interior Design

د / أسامه عزت مرسي زعية

المدرس بكلية الفنون الجميله – قسم الديكور– جامعة الاسكندريه

٢٠١٨

المقدمة

" تكنولوجيا النانو الخضراء " مصطلح قد يبدو للكثيرون مبهم و غامض ، مما يدفع الى الذهن عشرات التساؤلات و التى تتوزع على كل كلمة من كلماته . فعلى سبيل المثال قد يتساءل البعض عن معنى التكنولوجيا و كذلك عن معنى كلمة نانو ، و قد يتساءل آخرون عن معنى تكنولوجيا النانو و لماذا يتم وصفها بالخضراء .

اما المتخصصون فى مجال التصميم الداخلى فسوف يشغلهم دور هذه التكنولوجيا فى مجالهم ، و كيف تؤثر على علم التصميم الداخلى بشقيه التصميمى و التنفيذى ....اما المهتمون بأنظمة التحكم البيئى فى الحيز الداخلى و المهتمون بمفهوم الاستدامة فإن تساؤلهم الرئيسى عن دور تكنولوجيا النانو الخضراء فى تحقيق التصميم الداخلى المستدام ....

كل هذه التساؤلات و غيرها هى ما سوف احاول الاجابة عليه فى هذا البحث .....

أهداف البحث :

يهدف البحث الى تحقيق ما يلى :

١- توضيح مضمون مصطلحات " تكنولوجيا النانو الخضراء Green Nano Technology .

٢- دراسة و تحليل دور تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء فى مجال التصميم الداخلى المستدام و مدى كفاءة تطبيق هذه التكنولوجيا للوصول الى تحقيق الهدف المرجو .

٣- توضيح كيفية استبدال التكنولوجيا المطبقة حالياً فى التصميم الداخلى المستدام باخرى تعتمد على تكنولوجيا النانو الخضراء بما تحويه من مميزات اقتصادية و بيئية و تصميمية.

مشكلة البحث :

تكمن مشكلة البحث فى ما يلى :

١- قلة توافر الدراسات التى تبحث فى تطبيقات تكنولوجيا النانو الخضراء فى التصميم الداخلى المستدام.

٢- اغفال بعض المتخصصين فى مجال التصميم الداخلى بفوائد استبدال التكنولوجيا المستخدمة حالياً لتحقيق التصميم الداخلى المستدام ببديلتها من تكنولوجيا النانو الخضراء .

أهمية البحث :

تكمن اهمية البحث فى انه يسعى الى توضيح مدى اهمية تكنولوجيا النانو الخضراء – بإعتبارها المحرك الرئيسى للثورة الصناعية الثانية – فى مجال التصميم الداخلى و خاصة تلك التكنولوجيا التى تسعى الى تحقيق مفهوم الاستدامة فى التصميم الداخلى .

فروض البحث :

يفترض البحث ان تكنولوجيا النانو الخضراء تستطيع ان تحقق مفهوم الاستدامة فى التصميم الداخلى بشكل اكثر كفاءة من الاساليب المطبقة حالياً .

١- تقنية النانو : تقنية النانو هى تكنولوجيا تتعامل مع قياسات ما بين 10 الى ١٠٠ نانومتر اى تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات الى الف ذرة و هى تكنولوجيا تهتم بخواص المواد . و تتلخص فكرة استخدام تقنيات النانو فى اعادة ترتيب ذرات المواد و بالطبع كلما تغير الترتيب الذرى للمادة كلما تغيرت خصائصها الناتجة الى حد كبير و من هنا امكن للعلماء تلافى بعض الخصائص الغير مرغوب فيها فى بعض المواد او اضافة مواد اخرى تضاعف من كفاءة اداء تلك المواد و من مميزات النانو تكنولوجى انها ذات تكلفة منخفضة إذ انها من خصائصها تصنيع النسخ المتطابقة ذاتياً و هذا عن طريق وضع انظمة تقوم بعمل نسخ من نفسها و تصنع منتج مفيد .

٢- تقنية النانو الخضراء Green Nano Technology :

تشير تقنية النانو الخضراء الى إستخدام تقنية النانو لتعزيز الاستدامة البيئية لعمليات تنتج حالياً آثاراً سلبية على البيئة.

٣- عمارة النانو:

عمارة النانو هى عباره عن أندماج تكنولوجيا النانو مع العماره و تأثيرها على هذا المجال .

٤- مجسات النانو Nano-Sensors :

مجسات متناهية في الصغر ولاسلكية وسريعة وفي غاية الحساسية، يمكن وضعها مع المجسات الالكترونية أوالكيميائية أو البصرية لاستخدامها في المهام العلمية.

٥- مكون النانو :

مكون النانو هو الذى يُنتج بواسطة اضافة جزيئات النانو الى اى مادة من اجل تحسين خواصها .

٦- المبانى المستدامة :

هى المبانى التى يتم تصميمها و تنفيذها و تشغيلها باساليب و تقنيات متطورة تسهم فى تقليل الاثر البيئى و فى نفس الوقت تقود الى خفض التكاليف و على وجه الخصوص تكاليف التشغيل و الصيانة كما انها تسهم فى توفير بيئة عمرانية آمنة و مريحة .

و بعد توضيح مفهوم بعض التعريفات التى سوف يتم تناولها فى البحث ، يتم إلقاء الضوء على التصميم المستدام و تقنية النانو و أثرها على المبانى المستدامة ، و دورها على الخامات المستخدمة فى التصميم الداخلى المستدام .

التصميم المستدام

يقوم التصميم المستدام على عدة مبادئ منها على سبيل المثال :

١- المساواة و العدالة بين الأجيال، تزويد الأجيال القادمة بنفس الاحتياجات البيئية على النحو القائم حالياً.

٢- فصل النمو الاقتصادي عن التدهور البيئي بحيث تكون ادارة النمو الاقتصادي قائمة على ترشيد استهلاك الموارد، و التقليل من التلوث.

٣- التكامل أو الدمج، تحقيق التكامل بين كل من القطاعات البيئية Environment ، و الاجتماعية Social، و الاقتصادية Economic عند وضع سياسات الاستدامة .

٤- المرونة مع البيئة و الحفاظ عليها، و تعزيز القدرة على التكيف مع النظام البيئي.

٥- منع الضرر، الذي يصعب الغاؤه، على المدى الطويل- على النظم البيئية و صحة الانسان.

كما ان هناك مجموعة من المعايير التى عن طريقها يتم التوصل الى المبانى المستدامة و هى :

١- اختيار الموقع المناسب و تطوير الاستدامة البيئية له .

٢- الاستعمال الأكفأ لمصادر المياه .

٣- كفاءة استهلاك الطاقة عن طريق استعمال مصادر طاقة متجددة و حماية المصادر الطبيعية و ترشيد الاستهلاك .

٤- الحفاظ على مواد البناء.

٥- حماية و تحسين كفاءة البيئة الداخلية من اضاءة و تهوية و تحقيق مستويات الراحة الداخلية .

و يعتبر الوصول الى مستوى جودة عالى للهواء من اهم الاهداف التى يسعى التصميم الداخلى المستدام الى تحقيقها و يُقصد بجودة الهواء الداخلى ما يلى :

<u>*- جودة الهواء الداخلى Indoor Air Quality IAQ :</u>

يعتبر الهواء الداخلى فى المبنى من العناصر التى يجب ان تتميز بالمستوى العالى من الجودة و ذلك ليحقق المستوى الملائم من الراحة لقاطنى المكان ، لذلك يجب ان يكون خالى من اى ملوثات سواء اتربة او بكتريا او روائح ، كما ان مستوى الرطوبة و درجة الحرارة يؤثران بشكل كبير على اداء مستخدمى المكان و هناك العديد من العوامل التى تؤثر على جودة الهواء الداخلى منها على سبيل المثال :

١- الموقع و المناخ المحيط بالمبنى .

٢- تقنية بناء المبنى .

٣- مصادر التلوث Contaminant Sources : مثل خامات المبنى و التأثيث و الانشطة التى تتم داخل المبنى و خارجه .

٤- قاطنى المبنى .

و فى حالة قلة جودة الهواء الداخلى فإن هناك ما يُعرف بـأعراض المبنى المريض و الامراض المرتبطة بالمبنى و يُقصد بهما ما يلى :

اعراض المبنى المريض Sick Building Syndrome:

و هى عبارة عن اعراض مرضية تظهر بوضوح على شاغلى المبانى التى تعانى من قلة جودة الهواء الداخلى و التى تعانى من مشاكل فى التهوية و الاضاءة و تتمثل فى : جفاف فى الحلق و رشح الانف و جفاف و احمرار العين و الصداع و غير ها من الاعراض التى تؤثر على كفاءة اداء شاغلى المبنى .

الامراض المرتبطة بالمبنى Building –Related illnesses:

تعتبر الامراض المرتبطة بالمبنى اكثر خطورة من اعراض المبنى المريض و طبياً فإنها امراض متغيرة و التى يمكن ان ننسبها الى مصدر محدد من الملوثات الموجودة فى المبنى و من امثلة تلك الامراض مرض السرطان .

استخدام النانوتكنولوجى فى المبانى المستدامة

تسعى تقنية النانو الى تحقيق التصميم المستدام من خلال اتجاهين :

الاول : تحسين كفاءة اداء المبانى القائمة بالفعل .

الثانى : تطوير خواص الخامات التى تُستخدم فى تنفيذ العمارة و التصميم الداخلى المستدام . و سوف يتم شرح ذلك بالتفصيل .

اولاً : تحسين كفاءة اداء المبانى القائمة بالفعل :

١- يعتبر استخدام النانو لتحسين اداء المبانى القائمة من الانجازات الهامة للنانو ، فمنتجات النانو العازلة تعتبر من اهم المنتجات التجارية للمواد النانوية فهى تحل مشكلة عزل المبانى القائمة فيتم الطلاء او رش المادة النانويـــة وهـــى عبارة عن طبقة رقيقة جدا غيـــر مرئيـــة وغيـــر سامة. ومع زيادة الطلب على زيادة كفاءة المبانى زاد اهمية العزل بالنانوتكنولوجى فهو يقلـــل مـــن الاشعاعات الكربونية من المبنى ويوفر بيئة نظيفة

(شكل ١) خلية شمسية من البلاستيك المرن

ومريحة داخليا وهى اعلى كفاءة من المواد العازلة التقليديـــة مثـــل الفـــايبرجلاس والســـيليولوز

٢- تقليل الانبعاثات الكربونية فبإستخدام تكنولوجيا الغشاء الرقيق الشمسى العضوى Thin-Film Organic Solar يمكن انتاج رولات مـــن البلاستيك و كذلك خلايا شمسية من البلاستيك المرن (شكل ١) و التـــى تعتبـــر مناســـبة لواجهات المبانى اكثر من مسطحات الزجاج الصلبة ، مما يدمج تكنولوجيا توليـــد الطاقـــة بالخلايا الشمسية مع تصميم الواجهات .

٣- ترشيد استهلاك الطاقة الكهربية بإستخدام اسلوب الاضاءة القائم على فكـــرة الانبعـــاث الثنائى الصمام للضوء Light –Emitting Diodes LEDs و الانبعاث العضوى الثنـــائى الصمام للضوء Organic Light-Emitting Diodes OLEDs و هو اســـلوب مســـتدام مقارنة بأساليب الطاقة التقليدية.

و من الامثلة التى توضح ذلك ما بدأت بالفعل شركة «ســـيجما» العالميـــة للـــدهانات فـــي عرضه من منتجاتها بتقنية النانو في مجال التشييد والبناء، حيث تعمل أنظمة دهانات النانو، وبسبب خواصها الفريدة، على الحد من تراكم والتصاق الغبار والملوثات علـــى الأســـطح الخارجية للمباني، وكذلك العمل كمواد مضادة للرطوبة والحـــرارة والتأكســـد والتشـــقق والأشعة فوق البنفسجية، والتغير المستمر في درجات الألوان، والتقليل من نسبة ما يعـــرف في مجال البناء بـــالترسبات أو التكلسات، أو «الطفح التكلسي»، وبالتالي يتكيف المبنى مع

الظروف المناخية المتغيرة، الأمر الذي يطيل عمر المباني والأسطح، وباستخدام دهانات ذات تكلفة أقل وجودة أعلى من أنواع الدهانات الأخرى، التي قد لا تراعي المواصفات والشروط البيئية.

•كما أن شركة «نانوفوز» اليونانية تقوم حاليا بإنتاج مواد بتكنولوجيا النانو ذات عزل مائي وحراري كاملين، مثل مادة " سارفابور " «SurfaPore C» "، وهي مادة عزل مائي كامل لجميع مواد البناء، مثل الخراسانة والسيراميك والبلاط والرخام وجميع أرضيات الحمامات والخشب والمطابخ. وكذلك مادة سارفابور ذات الجفاف الحرارى «SurfaPore ThermoDry»، وهي مادة عزل حراري تقوم بخفض درجة حرارة الجدران، دون التأثير على لون الدهانات أو شكلها الظاهري، كما تعمل كعازل مائي أيضا لحماية الدهان والجدران من مياه الأمطار وتسربات المياه

مستقبل المبانى المستدامة فى ظل تكنولوجيا النانو :

يعمل عدد من مراكز الأبحاث العالمية على تطوير مواد نانو جديدة وإدخالها في تنفيذ ما أصبح يسمى: «بمساكن النانو»، وجعلها مساكن مريحة لمستخدميها، تتطلب جهداً أقل لتنظيفها وصيانتها والعناية بها، وتكون كذلك مستدامة وصديقة للبيئة، وذات فاعلية عالية في خفض استهلاك الطاقة والمياه. لذا من المتوقع أن تظهر بفضل تقنيات النانو مساكن نانو تتولى صيانة نفسها وإصلاح الأعطال التي تحصل فيها بشكل تلقائي ومباشر. ويتوقع أن تقدم تقنيات النانو للسوق مكونات ومواد بناء ذات جودة وأداء عاليين يفوقان المنتجات المتوافرة بمراحل. وستدخل تقنيات النانو في إنتاج مواد البناء مثل: البلك، والدهانات ، والمواد اللاصقة و الأسمنت وخلافه، والبلاط بمختلف أنواعه، والزجاج وغيرها من المواد، وذلك لجعلها أخف وزناً، وأقوى، وأكثر متانة، وأسرع عند التنفيذ، ومقاومة للتصدع، وتحافظ على ثبات الألوان، وتمنع تسرب الحرارة، ومقاومة للغبار والمياه، وتمنع تكون الضباب على الزجاج، وغيرها من المزايا. فمن المتوقع مثلاً إنتاج مواد لتكسية الأرضيات والحوائط باستخدام تقنية النانو تستطيع تنظيف أسطحها بشكل تلقائي، وتقوم بتعقيم أسطح المطابخ والحمامات وإزالة الروائح منها. كما يتوقع تطوير مُركبات تتحكم في البيئة الداخلية للمسكن بذكائها الذاتي وباستخدام حساسات مطورة بتقنيات النانو تعمل بطريقة تفاعلية مع بقية الأجهزة والمعدات للعمل على

تنقية الهواء، وضبط درجة حرارة الفراغات والمياه، ومستوى الرطوبة الداخلية في المسكن، وكمية الإضاءة المطلوبة، كل ذلك بحسب تغير الساعات على مدار اليوم والليلة، واختلاف الفصول على مدار العام. وتطوير خلايا شمسية توفر الطاقة الكهربائية والحرارية اللازمة للوحدة السكنية دون الحاجة إلى شبكة الكهرباء العامة. كما يتوقع تطويرحساسات لمراقبة اهتزاز المبنى والتآكل وغيرها من الأضرار.

مثال لعمارة النانو (منزل النانو Nano House) منزل النانو هو نتاج لتعاون مجموعة من علماء و مصممين استراليين ، عملوا معاً من اجل تصميم و بناء منزل ذو قدرة فائقة على تحقيق كفاءة استهلاك الطاقة Ultra –energy efficient و ذلك عن طريق تطبيق احدث تقنيات النانو فى مجال الخامات و التى تستطيع ان توفر حلولاً لكافة المشكلات التى تعانى منها المنازل الآن (شكل ٢) المبنى من تصميم دوجلاس تومكن Douglas Tomkin

(شكل ٢) توضح احد منازل النانو .

المعمارى : جيمس مور James Muir – مهندس الطاقة : جو ذو Joe Zhu – المنسق العام : كارل ماسنس Carl Masens

ترتكز فلسفة التصميم على الرغبة البشرية فى ان يكون المسكن مطل على الطبيعة و البيئة المحيطة ، و لشغف الانسان بالضوء الطبيعى عندما يملأ الفراغ الداخلى . فى الماضى كان هذا الفراغ يُكلف الكثير من الاموال و الطاقة للتدفئة و التبريد اما فى ظل تقنية النانو اصبح من اليسير تنفيذ مثل هذا التصميم منخفض الطاقة و المتجاوب مع التغيرات البيئية المحيطة .تتكون اجزاء المبنى من :

اسقف بسمك ١٤ مللى مزود بخلايا ضوئية تعمل على توليد الكهربـــاء و تقليـــل اختـــراق الاشعة الشمسية .

الجدران بسمك ١٦ مللى و الارضية بسمك ٣٠ مللى منفذة على طبقتين : الطبقـــة الســـفلى بسمك ١٤ مللى و العليا بسمك ١٦ مللى . الواجهة الشرقية و الغربية تحتوى على فتحـــات تهوية لتوفير تيارات هوائية طبيعية لتبريد الفراغ الداخلى .

ثانياً : تطوير خواص الخامات التى تُستخدم فـــى تنفيـــذ العمـــارة و التصـــميم الـــداخلى المستدام:

من اهم خصائص تكنولوجيا النانو هى انه بواسطتها يمكن تصميم خامات متعددة الوظائف و لها خواص مختلفة ، أى ان خامة نانو واحدة يمكن ان تؤدى عمل عدة خامات تقليديـــة . فعلى سبيل المثال خامة ثانى اكسيد التيتانيوم التى تستخدم على هيئة جزيئات نانومتريـــة – حينما يتم طلاءها على الواجهات – على سبيل المثال – تجعل الواجهة ذاتيـــة التنظيـــف و تتخلص بسهولة من الملوثات . كما ان مواد النانو يمكن بسهولة ان تكون مقاومة للحريق و موصلة للكهرباء و فى نفس الوقت قوية جداً . و لا شك ان القدرة علـــى انتـــاج خامـــات متعددة الوظائف سوف يساهم فى ترشيد استهلاك الطاقة و تقليل تكلفة انشاء المبانى .

تعتمد تقنية النانو فى عملها على اعادة ترتيب ذرات العناصر و المواد مما يؤدى الى تغيير خصائصها و من هنا يمكن تلافى السلبى منها مع اضافة خصائص جديدة للمادة تضـــاعف من كفاءتها فعلى سبيل المثال تم ابتكار المواد التى تتغير لتتجاوب مع البيئة المحيطة حيث تحتوى على حاسبات صغيرة Tiny Computer و التى يُطلق عليها المواد الذكية Smart material فظهر الطلاء الذى ينذر بتسرب الغاز او بوجود عيب كهربـــائى ، و الطـــلاء الذى يقاوم الميكروبات و الاتساخ او يُخزن الكهرباء اثناء النهار ليبثها اثناء الليل . (لمـــيس سيد محمدى ، دور التقنية فى تطوير العناصر المعمارية ، ٢٠١١، ص ١٦٨)

و قد اثرت تقنية النانو على جميع الخامات المستخدمة فى مجـــال العمـــارة و التصـــميم الداخلى المستدام و سوف يتم استعراضها كالتالى :

اولاً : خامة الخشب :

تتيح تقنية النانو مجالات متعددة من اجل تطوير خواص الخشب التقليدية او اضافة بعض الدهانات التى تحسن من خواصه مثل اضافة الدهانات التى تقوم بالتنظيف الذاتى او اضافة خاصية مقاومة الحريق .

استخدام انظمة دهان الحماية فى خامة الخشب (PPs (Paint Protection Systems

يعتمد تركيب هذا النوع من الدهان على تكنولوجيا النانو الكيميائية و يتميز بالعديد من الخصائص مثل : القدرة على التحمل و البقاء ، مقاوم للأشعة فوق البنفسجية ، مقاوم للبكتيريا و الفيروسات ، طارد للمياه مقاوم للنمل الابيض ، مقاوم للخدوش و الاحتكاكات مقاوم للتآكل كما انه مناسب و يصلح لجميع الاسطح الخشبية فى الإستخدام الخارجى و الداخلى .و من بين فوائد هذا النوع من الدهانات انه يصبح جزء لا يتجزأ من الخشب و ليس مجرد طبقة خارجية ملتصقة به كما انه مقاوم فعال لكافة العوامل البيئية كما توجد انواع منه مقاومة للحريق .

استخداماته :

يصلح لجميع الاسطح الخشبية مثل الارضيات و تجاليد الحوائط و الاثاث و اثاث الحدائق . كما يصلح لكافة انواع الاخشاب . الدهان يجف بعد ساعتين و يتوقف زمن الجفاف على درجة الحرارة و معدل الرطوبة فى الجو .

حماية الخشب :يعتبر النانو خشب Nanowood نظام متعدد الوظائف يعتمد بشكل اساسى على استخدام الماء المالح و هو خاص بالاسطح الخشبية الغير مدهونة (شكل ٣) .يضيف هذا النوع من الدهانات للخشب المدهون بالورنيش او الخشب الغير مدهون خاصيتى مقاومة الماء و الدهون .دهان النانو خشب يضيف طبقة كيميائية عالية الكثافة ترتبط ارتباط تام بألياف الخشب مما يوفر حماية قوية ضد الظروف المناخية و البكتيريا و الرطوبة .و تستمر هذه الخصائص لمدة اربع سنوات .يمكن للدهان ان يطلى على الخشب او يُرش اما فى حالة الاشياء الصغيرة يمكن وضعها فى حمام به الدهان .الدهان عديم

اللون لذلك يبقى الخشب على لونه الطبيعى كما انه يصبح سهل التنظيف و مقاوم للتغير فى درجة الحرارة .

(شكل ٣) دهان خامة الخشب بدهان مصنع بتكنولوجيا النانو و الذى يجعله مقاوم للمياه بمنع تسرب المياه من خلال الياف الخشب .

ثانياً : خامتى الجلد و النسيج :

يستخدم انظمة دهان الحماية Paint Protection Systems (PPS)مع خامتى الجلد و النسيج و التى تعمل على توفير طبقة رقيقة جدا غير مرئية على الجلد او النسيج فتعطية العديد من الخواص فيصبح السطح مقاوم للماء و الاتربة و مضاد للبكتيريا كما يزيد من العمر الافتراضى للخامة كما يزيد من نعومة السطح و يعطيه القدرة على التنظيف الذاتى .

ثالثاً : خامة الزجاج :

هناك العديد من تطبيقات النانو فى مجال خامة الزجاج و ذلك بهدف مشاركة هذه المادة فى التحكم فى البيئة الداخلية للمبنى و تعتبر مادة ثانى اكسيد التيتانيوم TiO_2 من اهم المواد التى تستخدم فى طلاء الزجاج و ذلك لإضافة العديد من الخواص مثل مقاومة التلوث و طرد المياه مما يجعل الزجاج يتمتع بخاصية التنظيف الذاتى .اما مادة ثانى اكسيد السيليكا SiO_2 و التى تستخدم كطقبة طلاء بين طبقات الزجاج فإنها تعمل على الحماية من الحرارة .

–اسهمت تكنولوجيا النانو فى أيجاد نوع جديد من الزجاج قوى و غير قابل للكسر– فصفة الهشاشة تحدث نتيجة وجود فراغات بين الذرات و هو ما تم علاجه بتقليل الفراغات بين الذرات لتصل الى الحد الادنى –هذا بالإضافة الى العديد من الخصائص مثل :

١– منع التسرب الحرارى لأشعة الشمس عبر النوافذ مما يترتب على ذلك من توفير فى استهلاك الطاقة و ذلك بإستخدام تكنولوجيا " الثروموكروماتيك " و هى عبارة عن طلاء طبقة رفيعة جدا تعمل على العزل الحرارى مع توفير الاضاءة المناسبة .

٢- إختزان قدر من الحرارة ثم بثها مرة اخرى الى داخل الفراغ الداخلى فى حالة انخفاض درجة الحرارة فيعمل كجهاز تدفئة .

٣- عاكس لأشعة الشمس الضارة فوق البنفسجية .

٤- خاصية التنظيف الذاتى بتحليل الإتساخات العضوية و مقاومة الضباب .

٥- تقنية التحكم فى تغيرات شدة الاضاءة .

رابعاً : خامة الاحجار :

تعتبر الاحجار من الخامات الطبيعية التى تحتاج الى معالجات خاصة للحفاظ عليها من العوامل الجوية و قد اتاحت تكنولوجيا النانو اساليب حماية للاحجار تعطى خواص جديدة منها على سبيل المثال :

طلاء النانو حجر NanoStone :

يعمل هذا النوع من الدهانات على حماية الاحجار التى تكسو الواجهة من البقع و الاملاح واصابة الحجر باملاح الكبريتات ، و يحمى الحجر من التفتت نتيجة ذوبان الجليد المتراكم عليه كما يجعله مقاوم للامطار و الدهون و غيرها من العيوب التى تدمر الحجر. و من الجدير بالذكر ان لكل نوع من الاحجار الطلاء المناسب له (شكل رقم ٤)

يضيف طلاء النانو للحجر خصائص اضافية مثل المقاومة للاشعة فوق البنفسجية و المقاومة للتغير فى درجات الحرارة و المقاومة للرطوبة العالية و للخدوش و الكيماويات و المقاومة للمركبات العضوية .

يعتمد تركيب طلاء النانو ستون على الماء لذلك فإنه سهل الرش على الواجهات و آمن فى الاستخدام و لا يحتاج الى ظروف خاصة لتنفيذه كما انه صديق للبيئة و سهل التنظيف و طارد للمياه (شكل رقم ٥) .

(شكل رقم ٤) على اليمين توضح الحجر و هو معالج بطلاء النانو حجر و على اليسار الحجر بدون معالجة .

(شكل رقم ٥) توضح دهان النانو على الحجر بالرش .

خامساً : خامة البلاستيك :

بتغير ترتيب الذرات امكن تحويل مادة البلاستيك من مادة عازلة للكهرباء الى مادة موصلة حسب الترتيب الذرى و حسب الغرض من الاستخدام ، و بذلك امكن طلاؤه بالطريقة الكهروكيميائية و استخدامه فى العديد من التطبيقات فى مجال التصميم الداخلى فعلى سبيل المثال تم استخدام ما يُعرف بالشاشة الثلجية the Snow Screen التى تستخدم فى واجهات المحلات . كما امكن استخدام اغشية رقيقة منه Nano–Protect–Plastic و التى تستخدم على الزجاج العادى لتحويله الى زجاج ذكى .

سادساً : تكنولوجيا النانو والطلاءات

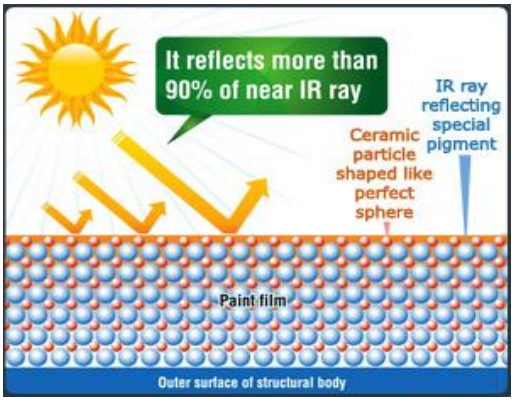
نال مجال الطلاء جزءً كبيراً من البحث فى النانو تكنولوجى حيث تشمل فكرة تطبيق النانو تكنولوجى فى الطلاء على تكثيف الابخرة الكيميائية من اجل انتاج طبقة تكون مرتبطة بالمادة الاساسية من اجل انتاج سطح يحتوى على الحماية المطلوبة او الخواص الوظيفية المحددة . و تطبق تكنولوجيا النانو على الدهانات و المواد العازلة .

أكتشف العلماء ان هناك مجموعة من الظواهر الطبيعية التى تطرأ بمضى الزمن على بعض الاسطح المدهونة بالدهانات مثل التآكل و الإتساخ و رائحة الرطوبة ، بل و هناك ما هو أخطرو يسبب بعض المشاكل الصحية لذا كان الاهتمام بما يسمى تطوير نظافة الاسطح اى تطوير الدهان ليصبح ذاتى التنظيف ، و لقد تمكن العلماء من تحقيق هذه الخاصية للأسطح فيما يسمى " الاسطح الصحية " بواسطة دهان النانو الذى يحتوى على مبيد حيوى " Biocide " ذاتى التنظيف و الذى يعمل على تحليل البكتيريا و الميكروبات و الاوساخ و المكون الاساسى لهذا الدهان صديق للبيئة و هو صغائر جزيئات الفضة و ثانى اكسيد التيتانيوم . و يستخدم هذا النوع من الدهان فى الفراغات الداخلية التى ترتبط بالرعاية الصحية كالمستشفيات و المدارس و المطاعم و غيرها مما يساعد على الحد من استخدام المبيدات البيولوجية و المنظفات الصناعية . كما تم عمل مادة للدهان تظل جافة حتى لو وضعت فى الماء لمدة ٤ ايام و بالتضاد مع ذلك فإنها تقوم بالتنظيف الذاتى لسطحها . كما تم ابتكار نوع من الدهان يتكون من مزيج من مركبات حبيبات السيراميك الكروية الدقيقة الجوفاء و التى تعمل عمل العازل الحرارى ، و هذا الدهان يستخدم على الجدران الداخلية و الخارجية على حد سواء و لكنه اكثر فاعلية على الاسطح الخارجية حيث انه يعكس اشعة الشمس و يشتتها ، لذلك فإن دهان السيراميك يعتبر مادة فريدة لتوفير الطاقة الحرارية حيث انها ذات تأثير مزدوج فهى تعكس و تشتت الحرارة بدهانها على الاسطح الخارجية كما انها تحتفظ بحرارة الفراغ الداخلى فى ذات الوقت عند طلاء الاسطح الداخلية بها .

و من امثلة دهانات السيراميك ما يلى :

دهانات ANZالسيراميك :

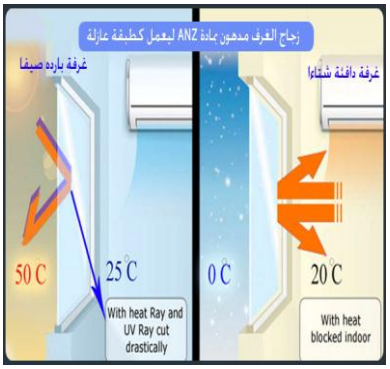
تعمل دهانات " ANZ " كدهان خارجي وداخلي للأسطح عامة سواء كانت حوائط داخلية أو خارجية ويستخدم في دهان الخزانات عموما ومواسير شبكات المياه وخطوط الوقود والغاز وغيرها المعرضة لأشعة الشمس المباشرة وغير



(شكل رقم ٦) دهان ANZ يعمل على تشتيت الاشعة الشمسية.

المباشرة (شكل رقم ٦) فيعمل الدهان على تكوين طبقة ذات مواصفات مصممة و مطورة بتكنولوجيا النانو تتكون من بلورات وجزيئات بالغة في الدقة كروية الشكل بدون فراغات مرتبة بشكل هندسي دقيق تعمل على تشتيت و انعكاس أشعة الشمس وحرارتها عن السطح المدهون ، وبالتالي تنخفض درجة الحرارة الداخلية للسطح المدهون عن الدرجة الطبيعية بفارق يزيد عن (٢٠) درجة مئوية.

و لا يتطلب أي دهانات خارجية أو داخلية بطانة عند استخدام دهـــان السيرامســـك ANZ ، كما أنه في حالة استخدام دهان السيراميك ANZ كعازل للحرارة والرطوبة والأملاح فإنـــه يغني عن استخدام اى مادة مانعة للصدأ قبله ، و أيضاً يغنى عن استخدام دهـــان خـــارجي عليه كما في حالة الدهان العازل للحرارة العادي ، لأن دهان ANZ يتميز بتنـــوع ألوانـــه وتغطيته السريعة.



(شكل رقم ٢) يعمل دهان السيراميك ANZ كطبقة عازلة للحرارة عند دهانه على الاسطح الزجاجية فيعمل على خفض درجة حرارة الفراغ الداخلى مما يقلل من استهلاك الطاقة

استخدامات دهان الســـيراميك ANZ – G للزجـــاج والأسطح المصـــقولة لتخفـــيض تكلفـــة اســـتهلاك الكهرباء:

يساهم دهان السيراميك ANZ فى تحقيـــق التصـــميم الداخلى المستدام لتميزه بالمميزات الآتية :

١- تـــوفير أكثـــر مـــن ٢٠% مـــن الطاقـــة المستخدمة فى الفراغات الداخليـــة فـــى حالـــة استخدامه فى دهان زجاج النوافـــذ او الحـــوائط الزجاجية الساترة ،حيث يعمل كطبقة عازلة حرارياً ، ويظهر الأثر الاقتصادي الكبير فـــي الأماكن التي تعتمد اعتمادا كليا على الطاقة – علماً بان انخفاض درجة التبريد أو التدفئـــة درجة واحدة فقط يؤدي إلى انخفاض ١٠% من استهلاك الطاقة الكهربائية شكل رقم ٢) .

٢- باستخدام دهانات ANZ يتم تشتيت أكثر من ٨٠% من أشعة الشمس فـــوق الحمـــراء قريبة المدى (NIR) .

استخدام دهان السيراميك ANZ فى الحوائط :

تتميز الحوائط المدهونة بدهان السيراميك ANZ بأنها اقتصادية فى التكلفة و الوقت حيث يمكن بأقل عدد من الطبقات الحصول على سطح عازل للحرارة والرطوبة والأملاح وبألوان مختلفة وفى أقل وقت ممكن ،. فعندما تكون درجة حرارة الجو في الخارج (٣٥°) تكون درجة حرارة السطح أو الجدران حوالي (٦١°) ، أما بعد طلاء الجدار أو السطح بدهان ANZ وعند درجة حرارة (٣٥°) ، تكون درجة حرارة السطح أو الجدار (٤٠°) ، وبالتالي فإن لهذا النوع كم الدهانات قدرة ملحوظة وفريدة على خفض درجة الحرارة الداخلية حوالي (٢١°) درجة مئوية . حيث تغنى ثلاث طبقات فقط للقيام بعملية العزل والدهان منها طبقة عازلة للماء وطبقتين من أنز وليس سبع طبقات كباقي الدهانات العازلة الأخرى و بتكلفة أقل بكثير تصل إلى النصف ووقت أقل بكثير ويبقى ويثبت لمدة أكبر بكثير جداً تتعدى العشر سنوات . و بذلك يقلل من استهلاك الكهرباء اللازمة لعمليات التبريد والتكييف ، وبالتالي تقليل التكاليف والنفقات اللازمة لأعمال الحماية ضد ارتفاع درجات الحرارة أو انقطاعها ، وبالتالي تتم عملية ترشيد استهلاك الطاقة من مصادر توليدها .وتوفير الكهرباء وسيلة من وسائل ترشيد استهلاك الطاقة وتقليص النفقات وأيضا المساهمة الفعالة في حماية البيئة لتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 من المصادر المنتجة للطاقة استخدامات .

أما بالنسبة للمعادن بصفة عامة فإن لها قدرة فائقة على امتصاص الحرارة وتخزينها لفترات طويلة حتى بعد زوال المؤثر سواء كان أشعة الشمس أو أي مصدر حراري آخر ، أما مع استخدام ANZ مع المعادن فإن له تأثير فعال على خفض وعزل الحرارة عنها بصفة خاصة .

دهان السيراميك سوبر ثيرم Super Therm:

دهان بسمك ٢٥٠ ميكرون(ربع ميللمتر) يعمل كعازل حراري لجميع الاسطح وتم استخدامه لما فيه من مواصفات وخصائص فريدة من نوعها و هى :

1-مادة خزفية مصممة للعمل كغطاء عازل وعكس الحرارة وتخفيض تكلفة الطاقة.

2-استخدام طبقة من سوبر ثيرم بسمك ٢٥٠ ميكرون تعادل طبقة بسمك ١٥ الي ٢٠ سم

من الصوف الزجاجي.

3-تعكس ٩٥% من أشعة الشمس فتعمل علي توفير الطاقة من ٢٠ % الي ٧٠.%

4-الدهان الخزفي الوحيد الحاصل علي شهادة الجودة لكود البناء الامريكي كمادة عازلة.

5-مادة صمغية متعددة تحتوي علي مادة مطاطية لتأكيد المتانة وطول العمر.

6-مقاومة الحريق من الدرجة الاولي وفي حالة اندلاع حريق تعمل علي عدم انتشاره.

7-مضادة للتعفن ونمو العفن الفطري.

8-تعمل علي عزل ٦٨% من الموجات الصوتية.

9-لا تتأثر بتمدد وانكماش الاسطح المعدنية مع تغيير درجات الحرارة.

10-تستخدم علي الاسطح المعدنية والخرسانية.

11 -صديقة للبيئة مختبرة ومصرح بها من وزارة الزراعة والصحة الامريكية USDA كمادة آمنة فيمكن دهانها حول أماكن إعداد الطعام بالفرشاة أو بالرش أو بالرول.

12-عمرها الافتراضى من ١٥ الي ٢٠ سنة علي الاسطح والوجهات الخارجية في الظروف العادية لحمايتها من الصدأ وتسرب المياه وجميع العوامل الجويه والشمس .

<u>استخدام تكنولوجيا المحفز الضوئى Photo catalyst فى الدهانات:</u>

تقوم فكرة عمل هذا النوع من تكنولوجيا النانو على انه حينما تتعرض المادة الحفازة و هى ثانى اكسيد التيتانيوم الى الاشعة فوق البنفسجية الموجودة فى الضوء فإنها تكون الاكسجين النشط و الذى تحصل عليه من الماء او من الاكسجين الموجود فى الهواء . و نظراً لطبيعتها الحفازة فإن خواص التحفيز الضوئى لا تُستهلك او تتبدد اثناء رد فعلها الكيميائى .تقوم الاسطح المعالجة بإعادة توليد خاصية التحفيز الضوئى و ذلك عن طريق رد فعلها " تفاعلها " مع الاكسجين الموجود فى الهواء .

هذه الخاصية تتشابه مع خاصية التمثيل الضوئى فى النبات حين يقوم كلوروفيل النبات بإستخدام ضوء الشمس لتحويل الماء و ثانى اكسيد الكربون الى اكسجين و جلوكوز .

و من امثلة الدهانات التى تستخدم هذه التقنية دهانات NanoVIS و تتكون من جزئيات ثانى اكسيد التيتانيوم و تتميز بالعديد من الخواص من بينها القدرة على تنقية الهواء و

امتصاص الروائح و مضاد للبكتيريا و الفطريات ويتم دهان جميع انـــواع الاســـطح بهـــا (شكل رقم ٧)

Nano(شكل رقم ٧) توضح دهان
الحوائط بدهان بمادة النانو فيز و VIS
التى تعتمد على تطبيق تكنولوجيا
المحفز الضوئى .

الحساس الدهانى الذكى:

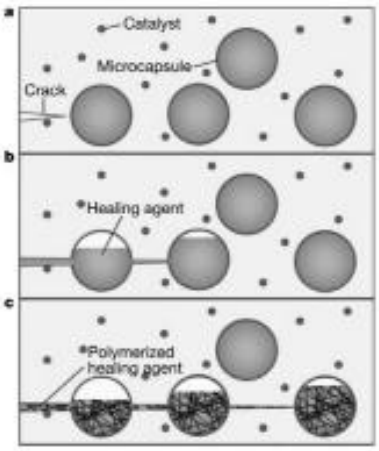
من المعروف ان الدهانات تستخدم عادة للوقاية و التزيين و يكفى دهان طبقة رقيقـــة منـــه على السطح لتأمين الحماية و الجمال له و يصبح الدهان ذكياً و صـــاحب مهمـــة وظيفيـــة ديناميكية عندما يمتلك قدرات استشعار و تحسس و كشف . و قد ظهر فى الاعوام القليلـــة الماضية عدة انواع من حساسات بهيئة دهانات بإستطاعتها الكشف عن المواد الكيميائيـــة و ملاحظة الاهتزازات و ادراك الضجيج و مراقبة الحالة للعديد من التطبيقات . و تشـــترك الدهانات الذكية فى تكوينها القائم على تركيب مزيج من المواد و التى من بينها جســـيمات موصلة للكهرباء و عجينة ربط عديمة التوصيل ، و تتضامن هذه التوليفة لتأسيس خـــواص كهربية حساسة للمتغيرات الكيميائية و الفيزيائية . و فى الدهانات المســـتخدمة لإستكشـــاف المواد الكيميائية تمزج مواد الدهان بأنسجة بوليمرات و التى بدورها تتمدد عنـــد تعرضـــها للأبخرة الكيميائية و بذلك تباعد المسافة البينية بين الجسيمات الموصلة للكهرباء و تتغيـــر المقاومة الكهربائية للدهان و التى يمكن قياسها و ربطها بنوع المادة الكيميائية .

تطبيقات النانو فى البيئة الذكية :

مجسات النانو و البيئة الذكية : ان احد اهم تطبيقات تكنولوجيا النانو هو مجسات النـــانو و التى يمكن دمجها داخل خامات المبنى حيث تستطيع ان تجمع المعلومات و البيانـــات مـــن البيئة المحيطة و من مستخدمى المكان . بل يمكن ان تتفاعل مع المستخدم و مع المجســـات الاخرى بحيث يصبح المبنى مكون من شبكات من المكونات الذكية التفاعلية و التى تجمـــع بيانات عن درجات الحرارة و الرطوبة و مستوى الاجهاد و العديد من العوامل و المؤثرات التى يمكن قياسها . هذه المعلومات هامة جدا بالنسبة لتحسين و مراقبة اداء المبنى لوظائفه و كذلك هامة فى كيفية ترشيد استهلاك الطاقة داخل المبنى . فعلى سبيل المثال فإن انظمـــة التحكم فى بيئة المبنى يمكن ان تتعرف على المستخدم و تقوم بضبط الحرارة طبقاً لذلك .و بالمثل فإن النوافذ يمكن ان تتحكم ذاتياً فى درجة انعكاسها

لاشعة الشمس او فى درجة السماح بمرور اشـــعة الشمس .لذلك فإن كل شئ بدءاً من درجة حـــرارة الغرفة وصولاً الى لون الحوائط يمكن تحديده بناء على التواصل السلبى بين المجسات .

كما ان المنـــزل ذو الحـــوائط الذاتيـــة الإلتئـــام (الإصلاح) سوف يتم بنائه من اطارات من المعدن و ألواح من الجيبسون بورد عالية القـــوة و التـــى تحتوى على جزيئات من نانو بوليمر و التى تتحول الى الحالة السائلة عند تعرضها للضغط ثم تتدفق داخل شقوق الحائط لتملأها ثم تتحول مرة اخرى الى الحالـــة الصلبة (شكل رقم ٨) .



(شكل رقم ٨) يوضح خطوات إلتئام الحوائط

النانو تكنولوجي والمنازل الذكية:

المنازل الذكية ماهى إلا عمارة خضراء ومستدامة مضاف إليها تكنولوجيا تتحكم عن بعد بحيث يتم التحكم في السيارة والتليفزيون والرد علي التليفون.. إلخ عن بعد،حيث تم التوصل إلي أنواع من الطلاء ضد الحريق وطلاء آخر نطلي به المنازل القديمة فيحولها إلي مكيفة باستخدام تكنولوجيا النانو وهذا يعد ثورة في عالم البناء ستحول المبانى التقليدية إلي مبانى متطورة وبأقل التكاليف . ومما سبق نستنتج ان تقنية النانو الخضراء تستطيع ان تحقق التصميم الداخلى المستدام بكفاءة اكبر بكثير من التكنولوجيا المستخدمة حالياً سواء كانت تكنولوجيا تقليدية او تكنولوجيا ذكية تفاعلية ، حيث السهولة فى التطبيق و الاقتصاد فى التكاليف و عدم التأثير على التصميم الداخلى سواء من ناحية الشكل او الوظيفة .

النتائج

بعد إلقاء الضوء على تقنية النانو الخضراء و تطبيقاتها فى مجال التصميم المستدام نجد ان تقنية النانو قد فتحت امام المصممين افاقاً رحبة فى مجال التصميم الداخلى لما توفره من امكانيات و تطبيقات كانت فى الماضى تعد درباً من الخيال .بالاضافة الى فوائدها العديدة فى مجال التصميم الداخلى المستدام من توافق مع البيئة و توفير افضل بيئة داخلية يمكن للمستخدم ان يعيش فيها ، علاوة على الفوائد الاقتصادية حيث من المتوقع ان يصبح استخدام تقنية النانو اوفر اقتصادياً من استخدام بديلتها المستخدمة حالياً و ذلك من حيث توفير الوقت و الجهد و المال .

و فى نهاية هذا البحث تم التوصل الى النتائج الآتية :-

١- تعمل تقنية النانو على تعديل خواص المواد الطبيعية و الصناعية عن طريق تغيير الترتيب الذرى للمادة مما يؤدى الى التخلص من الخصائص السلبية او إضافة خصائص اخرى لم تكن موجودة من قبل.

٢- تعمل تقنية النانو الخضراء على تحقيق التصميم الداخلى المستدام من خلال اتجاهين :

الاول : تحسين كفاءة اداء المبانى القائمة بالفعل .

الثانى : تطوير و تحسين خواص الخامات التى تستخدم فى تنفيذ التصميم الداخلى .

٣- يعتبر استخدام منتجات النانو العازلة من اهم الحلول التى تعمل علـــى تحســين كفــاءة المبانى القائمة بالفعل فهى عبارة عن طبقة رقيقة جداً غير مرئية و غير سامة يمكن رشها على أى خامة فتوفر مستوى عالى من العزل الحرارى او العزل المائى كما تعمــل علـــى توفير بيئة داخلية مريحة .

٤- بإستخدام تقنية النانو ممثلة فى تكنولوجيا الغشاء الرقيق الشمســى العضــوى – Thin Film organic Solar يتم انتاج رولات من الخلايا الشمسية مصــنوعة مــن البلاســتيك المرن لتستخدم فى واجهات المبانى كبديل لمسطحات الزجاج بحيث تعمل على توليد طاقــة نظيفة منخفضة التكاليف .

٥- يتم ترشيد استهلاك الطاقة الكهربية بإستخدام وحدات الاضاءة التى تقوم فكرتها علـــى الانبعاث الثنــائى الصــمام للضــوء Light – Emitting Diodes LEDs او وحــدات الاضاءة القائمة على فكرة الانبعاث العضوى الثنائى الصمام للضــوء – organic Light Emitting Diodes OLEDs و هى وحدات تستهلك طاقة اقل بكثير من الوحدات العادية .

٦- تتميز انظمة دهانات النانو المستخدمة فى التصميم الداخلى بخواص فريدة مثل : الحــد من تراكم و التصاق الغبار و الملوثات ، كما انها مضادة للرطوبة و الحرارة و التأكســد و التشقق و مقاومة للأشعة فوق البنفسجية كما تتمتع بدرجات عالية مــن الثبــات اللــونى ، بالإضافة الى انها تقلل من الترسبات و التكلسات و بالتالى يتكيف المبنــى مــع الظــروف المناخية المتغيرة مما يطيل من عمر المبانى و الاسطح.

٧- تتميز مساكن النانو Nano Homes بانها مساكن مستدامة مريحــة لســاكنيها حيــث تتطلب جهد اقل لتنظيفها و صيانتها ، و ذات فاعلية عالية فى خفض استهلاك الطاقة كمــا ان لها القدرة على صيانة نفسها و اصلاح الاعطال التى تحدث لها بشكل تلقائى و مباشر .

٨- بإستخدام تقنية النانو تم انتاج ما يُعرف بالخامات المتعددة الوظائف مثل خامــة ثــانى اكسيد التيتانيوم و التى تستخدم على هيئة جزيئات نانومترية و حينما يــتم طلاءهــا علــى

الاسطح يجعلها ذاتية التنظيف و تتخلص من الملوثات بسهولة ، كما يمكن جعل الخامة مقاومة للحريق او موصلة للكهرباء .

٩- بإستخدام تقنية النانو تم ابتكار المواد الذكية Smart Materials و التى تتغير خواصها للتجاوب مع البيئة المحيطة مثل : الدهان الذى ينذر بتسرب الغاز او بوجود عيب كهربائى او الدهان الذى يقوم بتخزين الكهرباء اثناء النهار لبثها اثناء الليل .

١٠- بفضل تقنية النانو امكن الوصول الى تحقيق ما يُعرف بالاسطح الصحية و ذلك بدهان اى سطح بدهان يحتوى على مبيد حيوى Biocide ذاتى التنظيف و يعمل على تحلل البكتيريا و الميكروبات و الاوساخ .

١١- يقوم دهان السيراميك – و هو عبارة عن مزيج من مركبات حبيبات السيرامسك الدقيقة الجوفاء – يقوم بعزل الاسطح عزلاً حرارياً كاملاً ، و يتم دهان هذا النوع على جميع انواع الاسطح الخارجية و الداخلية حيث يعمل على تشتيت اشعة الشمس الساقطة على الاسطح الخارجية كما يحافظ على ثبات درجة حرارة الاسطح الداخلية ،و هو سهل التنفيذ و اقتصادى فى التكاليف .

١٢ – تستخدم تقنية المحفز الضوئى Photo Catalyst فى الدهانات لتعمل على تنقية الهواء الداخلى و امتصاص الروائح ، كما تتميز دهاناتها بأنها مضادة للبكتريا و الفطريات و يتم دهانها على كافة انواع الاسطح و الخامات .

١٣- تمتلك بعض انواع دهانات النانو القدرة على الاستشعار و التحسس و الكشف فيما يُعرف بالدهان الحساس الذكى Smart Sensitive Paint و الذى يستطيع الكشف عن المواد الكيميائية و ملاحظة الاهتزازات و ادراك الضجيج و مراقبة الحالة للعديد من التطبيقات .

١٤- تعتبر مجسات النانو احد اهم تطبيقات تقنية النانو و التى يمكن استخدامها فى التصميم الداخلى المستدام ، حيث يتم دمجها داخل خامات المبنى لتجمع المعلومات و البيانات من البيئة المحيطة و من مستخدمى المكان ، كما يمكن ان تتفاعل مع المستخدم و مع المجسات

الاخرى ، مما يؤدى الى تحسين و مراقبة اداء المبنى لوظائفه و كذلك ترشيد استهلاك الطاقة .

التوصيات :

فى نهاية البحث توصى الباحثة بالتالى :

١- استبدال العديد من تقنيات المبانى المستدامة و التى يتم استخدامها حالياً بتقنيات النانو الخضراء لما توفره من امكانيات و تطبيقات خاصة و انه فى المستقبل القريب سوف تصبح خامات النانو اقتصادية فى التكاليف .

٢- استخدام خامات النانو العازلة فى معالجة المبانى القائمة بالفعل لحمايتها و العمل على ترشيد استهلاك الطاقة بها .

٣- استخدام انظمة دهانات النانو لدهان الخامات الطبيعية مثل الخشب و الرخام و الاحجار و الجلد لحمايتها من المؤثرات الخارجية و لإضافة خواص جديدة لهذه الخامات لم تكن تتمتع بها من قبل ، مما يُزيد من عمرها الافتراضى و يقلل من معدل استهلاك هذه الخامات .

٤- استبدال الخامات التقليدية المستخدمة فى التصميم الداخلى المستدام بخامات النانو الخضراء لما تتمتع به من خواص فريدة تعمل على تحقيق الاستدامة فى افضل صورها .

المراجع

اولاً : الكتب العربية :

١- حسين محمد جمعة (دكتور مهندس) ، موسوعة الدهانات و الورنيشات المعمارية و الصناعية ، مكتب الدراسات و الاستشارات الهندسية ، مصر ، ٢٠٠٤

٢- - حسين محمد جمعة (دكتور مهندس) ، النانو تكنولوجى فى قطاع التشييد و البناء ، جمعية الحفاظ على الثروة العقارية و التنمية المعمارية ، مكتب الدراسات و الاستشارات الهندسية ، مصر ، ٢٠٠٩

٣- على رأفت (دكتور) ، " ثلاثية الابداع المعمارى ، دورات الابداع الفكرى ، الدورة البيئية عمارة المستقبل ، مركز ابحاث انتركونسلت ، مصر ، ٢٠٠٧

ثانياُ : الكتب الاجنبية :

George Elvin , Nanotechnology for Green Building , green technology forum , Indianapolis , 2007

ثالثاُ : الابحاث المنشورة :

١- حنان سليمان عيسى (دكتور) ، التصميم المستدام بإستخدام تقنية نمذجة معلومات البناء ، الامكانيات الحالية و الاحتمالات المستقبلية ، Al-Azhar University Engineering Journal , JAUES .، مجلد ٥ ، عدد ٦ ، ديسيمبر ٢٠١٠

٢- ساوى يوسف (دكتورة) ، علا محمد سمير (دكتورة) ، اقتصاديات التصميم المعمارى و الداخلى المستدام ، بحث منشور ، المؤتمر العلمى الدولى التاسع " اقتصاديات البيئة و العولمة "، كلية الاقتصاد و العلوم الإدارية ، جامعة الزيتونة ، الأردن٢٠ / ٢٣ ابريل ، ٢٠٠٩ .

٣- محمد عبد الفتاح العيسوى (دكتور) ، نحو تصميم ايكولوجى مواد البناء المستدامة " المعايير و المحددات، Al-Azhar University Engineering Journal , JAUES .، مجلد ٥ ، عدد ٦ ، ديسيمبر ٢٠١٠

رابعاً : الرسائل العلمية :

١- علا محمد سمير (دكتور) ، العمارة الذكية و اثرها على التصميم الداخلى و الخارجى ، جامعة حلوان ، دكتوراه ، ٢٠٠٦

٢- لبنى السيد محمد عامر ، جدلية المادة و المحيد الحيوى مع تطبيقات المواد الذكية و النانو فى العمارة البيولوجية ، ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة ، ٢٠١١

٣- لميس سيد محمدى ، دور التقنية فى تطوير العناصر المعمارية التقليدية ، ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الاسكندرية ، ٢٠١١

خامساً : مواقع الانترنت :

١ www.m3mare.com

2-WWW.ar.wikipedia.org

3- www.arab-eng.org/vb/forum.php

4- http://greendimensions.wikidot.com)

5- http://www.paintprotectionsystems.com/

6- www.nanoprotect.co.uk

8-www.nanotech-now.com

7- www.saudicnt.org

10-www.knol.google.com

9- www.ibm.com

11-www.pydt.net