المواد النانوية في الهندسة المعمارية
تطبيقاتها وخصائصها في المباني

اعداد

المهندس: عبدالله علي صقر محمد الهاجري

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في
الهندسة المعمارية – علوم وتكنولوجيا البناء

كليــة الهندســة - جامعــة القاهـرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٤

A-PDF Merger DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

المواد النانوية في الهندسة المعمارية
تطبيقاتها وخصائصها في المباني

اعداد

المهندس: عبدالله علي صقر محمد الهاجري

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في
الهندسة المعمارية – علوم وتكنولوجيا البناء

كليــة الهندســة - جامعــة القاهـرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٤

المواد النانوية في الهندسة المعمارية
تطبيقاتها وخصائصها في المباني

اعداد

المهندس: عبدالله علي صقر محمد الهاجري

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في
الهندسة المعمارية – علوم وتكنولوجيا البناء

تحت اشراف

أ.د. هشام سامح حسين سامح

.....

أستاذ العمارة وتكنولوجيا البناء
قسم الهندسة المعمارية،
كلية الهندسة، جامعة القاهره

د. وائل صلاح الدين بهلول

.....

مدرس العمارة وتكنولوجيا البناء
قسم الهندسة المعمارية،
كلية الهندسة، جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا

كليــة الهندســة - جامعــة القاهـرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٤

المواد النانوية في الهندسة المعمارية
تطبيقاتها وخصائصها في المباني

اعداد
المهندس: عبدالله علي صقر محمد الهاجري

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في
الهندسة المعمارية – علوم وتكنولوجيا البناء

يعتمد من لجنة الممتحنين:

الاستاذ الدكتور: محمد مصطفى الهمشري الممتحن الخارجي
أستاذ العمارة ووكيل معهد اكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا ،مدينة السادس من اكتوبر.

الدكتور: محمد رضا عبدالله الممتحن الداخلي
أستاذ مساعد في العمارة، قسم الهندسة المعمارية ،كلية الهندسة ، جامعة القاهره.

الاستاذ الدكتور: هشام سامح حسين سامح المشرف الرئيسى
أستاذ العمارة وتكنولوجيا البناء، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهره.

كليــة الهندســة - جامعــة القاهـرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٤

مهنـــــــــــدس: عبدالله علي صقر محمد مبارك الهاجري

تاريـخ الميـــلاد: ٢٧/ ١٢ / ١٩٨٧

الجنسيـــــــــة: كويتي

تاريخ التسجيل: ١/ ١٠ / ٢٠١١

تـــاريخ المنـــح: / /

القســـــــــــم: الهندسة المعمارية – علوم وتكنولوجيا البناء

الدرجـــــــــــة: ماجستير

المشرفون : أ.د هشام سامح حسين سامح

د. وائل صلاح الدين بهلول (مدرس العمارة وتكنولوجيا البناء في قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا)

الممتحنـــــون : أ.د محمد مصطفى الهمشري (أستاذ العمارة ووكيل معهد اكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا، مدينة السادس من اكتوبر)

أ.د. هشام سامح حسين سامح

أ.م.د. محمد رضا عبدالله

عنـــوان الرسالـة :

المواد النانوية في الهندسة المعمارية – تطبيقاتها وخصائصها في المباني

الكلمات الدالة : - تكنولوجيا النانو- الهندسة المعمارية- تطبيقات – خصائص- المواد النانوية – مواد البناء

ملخـــص البحـــث :

يتناول البحث خصائص وتطبيقات التكنولوجيا والمواد النانوية في الهندسة المعمارية، وعرض مخاطرها وأهدافها وآلية عملها وتصنيعها، وبيان مدى أهميتها وتأثيرها على المباني وعلى مواد البناء والتشيد، من خلال عرض دراسات وبحوث علمية ، وذلك بتسلسل يبدأ من الباب الأول حيث تم ذكر مفهوم العلم والتكنولوجيا بشكل عام ثم مفهوم علم وتكنولوجيا النانو ومخاطرها وأهميتها، والفرق بينهما ثم خصائص المواد النانوية في المباني في الباب الثاني، وصولاً إلى الباب الثالث حيث تم تناول تطبيقاتها في الهندسة المعمارية، ويأتي الباب الرابع الذي يضم نماذج لمباني ذات تطبيق نانوي. حيث تم الوصول إلى عمل جدول يوضح استخدامات كل تطبيق وخصائصة وفوائدة والمكان الأمثل لتطبيقة في العناصر المختلفة للمبنى، ليكون الجدول بداية مرحلة بحثية جديدة.

شكر وتقدير Acknowledgments

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد النبي الأمين وعلى آله وصحبه ومن سار على نهجه واستن بسنته إلى يوم الدين وبعد :

بعد أن منّ الله تعالى عليّ بإنجاز هذه الإطروحة وانطلاقا من قول الرسول صل الله عليه وسلم :"من لايشكر الناس لا يشكر الله " ، أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى من سعدت بالتتلمذ على أيديهم إلى اساتذتي

الأستاذ الدكتور: هشام سامح حسين سامح

أستاذي الفاضل الدكتور: وائل صلاح الدين بهلول

على قبولهم الإشراف على هذه الإطروحة ،وبذلوا من جهدهم الكثير مما كان له الأثر الكبير في أخراج هذه الإطروحة.

كما أتقدم بالشكر والتقدير لعضوي لجنة المناقشة الأستاذ الدكتور: محمد مصطفى الهمشري ،و الدكتور: محمد رضا عبدالله، لقبولهما مناقشة هذه الرسالة.

وأخيرا أتوجه بكل مشاعر الحب والعرفان لكل من ساعدني وقدم لي العون في إنجاز هذه الإطروحة.

والله ولي التوفيق

الباحث المهندس:

عبدالله علي الهاجري

اهداء Dedication

إلى الينبوع الذي لا يمل العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها

إلى والدتي الغالية

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشئ من أجل دفعي في طريق النجاح الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر

إلى والدي الغالي

إلى اخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى طلاب العلم في كل زمان ومكان

إليهم أهدي هذه الإطروحة المتواضعة.

والله ولي التوفيق

الباحث المهندس:

عبدالله علي الهاجري

قائمة المحتويات Table of Contents

شكر وتقدير Acknowledgments ..... ب

الإهداء Dedication ..... ت

قائمة المحتويات Table of Contents ..... ث

قائمة الأشكال List of Figures ..... ر

قائمة الجداول List of Tables ..... ظ

المقدمة Introduction ..... ع

المشكلة البحثية Research problem ..... ق

أهداف البحث RESEARCH GOAL ..... ق

أهمية البحث Importance of research ..... ك

التمثيل البياني لخطة الرسالة الرسالة Graphical Representation of Thesis Plan ..... ل

الملخص ABSTRACT ..... م

الباب الأول: ١ : مدخل لفهم علم النانو وتكنلوجيا النانو "ENTRANCE TO UNDERSTAND NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY"

الفصل الأول: ١ ـ ١ : العلم والتكنولوجيا" THE SCIENCE AND THE TECHNOLOGY " :

١ – ١ – ١تمهيد: ٣

١ – ١ – ٢ العلم ٣

١ ـ ١ ـ ٢ ـ ١ : تعريف ومفهوم العلم ٣

١ ـ ١ ـ ٢ ـ ٢ : وظيفة العلم ٤

١ ـ ١ ـ ٢ ـ ٣ خصائص العلم ٥

١ ـ ١ ـ ٢ ـ ٤ :المنهج العلمي ٧

١ ـ ١ ـ ٢ ـ ٥ : العلاقة بين التخصصات العلمية المختلفة ٨

١ – ١ – ٣ : التكنولوجيا: ٩

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ١ : التعريف" Definition ": ٩

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ٢ : مفهوم التكنولوجيا " The Concept of Technology ": ١٠

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ٣ : تطور مفهوم التكنولوجيا "The Development of The Concept of Technology ١٢

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ٤ :التكنولوجيا وتطبيقات العلوم : "Technology and Applications of Science": ١٤

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ٥ :دور التكنولوجيا في تطور التصميم الهندسي ١٥

١ ـ ١ ـ ٣ ـ ٥ أ :نمذجة معلومات المباني"Building Information Modeling (BIM) ": ١٦

١ – ١ – ٤ : الفرق بين العلم والتكنولوجيا The Difference Between Science And Technology:: ١٨

١ ـ١ ـ٥: العلاقة بين العلم و التكنولوجيا "The Relationship between Science and Technology": ١٩

الفصل الثاني: ١ ـ٢ :تكنولوجيا وعلم النانو "Science And Technology" :

١ – ٢ – ١ :النانو "Nano": ٢٢
١ ـ٢ ـ١ ـ١ :المقصود بالنانو "The Meant Of Nano": ٢٢
١ ـ٢ ـ١ ـ٢ :مقياس النانومتر "Nano metrology": ٢٢
١ ـ٢ ـ٢ : تكنولوجيا النانو "Nanotechnology": ٢٥
١ ـ٢ ـ٢ ـ١ : مصطلحات في تكنولوجيا النانو "Terminology in Nanotechnology": ٢٦
١ ـ٢ ـ٢ ـ٢ :علم النانو وتكنولوجيا النانو "Nanoscience And Nanotechnology": ٢٧
١ ـ٢ ـ٢ ـ٣ : تاريخ تكنولوجيا النانو 'History of Nanotechnology": ٢٩
١ ـ٢ ـ٣ : النانو و الميكرو "Nano-and micro": ٣٣
١ ـ٢ ـ٤ : لغة النانو في علم الفيزياء "The nano language in the science of physics" ٣٥
١ ـ٢ ـ٤ ـ١ : المادة بين الفلسفة والمفهوم : ٣٥
١ ـ٢ ـ٤ ـ٢ : لغة الذرة عند مستوى النانومتري "language of Atom at the nanometer level": ٣٧

الفصل الثالث: ١ ـ٣ : تكنولوجيا النانو بين الإهتمام والمخاطر
"Nanotechnology Between The Interest And Risks"

١ – ٣ – ١ :أهمية و أهداف تكنولوجيا النانو ٤٠

١ – ٣ – ٢ : الإهتمام العالمي بتكنولوجيا النانو "Global Interest In Nanotechnology": ٤١

١ – ٣ – ٣ : بعض تطبيقات تكنولوجيا النانو في المنتجات الاستهلاكية: ٤٣

١ – ٣ – ٤ : تكنولوجيا النانو بين العوائق والمخاطر "Nanotechnology between the impediments and risks": .. ٤٥
١ ـ٣ ـ٤ ـ١ مخاطر منتجات تكنولوجيا النانو "The Risk Of Nanotechnology Products": ٤٦
١ ـ٣ ـ٤ ـ٢ :مخاطر تكنولوجيا النانو علي صحه الأنسان: "Risk of Nanotechnology to the Human health": ٤٨
١ ـ٣ ـ٤ ـ٣ :مخاطر تكنولوجيا النانو علي البيئة "Risk of Nanotechnology to the Environment" ٤٩
١ ـ٣ ـ٤ ـ٤ :مخاطر تكنولوجيا النانو علي أماكن العمل "Risk of Nanotechnology to the Workplace": ... ٥٠

١ – ٣ – ٥ :مخاطر تكنولوجيا النانو المستقبلية "The risk of nanotechnology future": ٥٠

١ – ٣ – ٦ : تقييم التعرض للخطر "Assessment Of Exposure To Risk": ٥١

١ – ٣ – ٧ :الشركات والمنظمات المهتمة بمراقبة سلامة المنتجات النانوية: ٥٢

١ ـ٤ : الخلاصة ٥٣

الباب الثاني: ٢ : خصائص المواد النانوية
CHARACTERISTICS OF NANO-MATERIALS

الفصل الأول:٢ ـ١ : المواد النانوية " Nano-Materials "

٢ – ١ – ١ : تمهيد: ٦٠

٢ – ١ – ٢ : تأثير الحجم عند المستوى النانومتري "The Size Effect At The Nanometer Level": ٦١

٢ ـ١ ـ٢ ـ١ : العلاقة بين الحجم ومساحة السطح عند المستوى النانوي

"Relation Between the size and the Area of Surface The Nanometer Level": ٦١

٢ – ١ – ٣ : المواد النانوية "Nanomaterial's": ٦٣

٢ ـ١ ـ٣ ـ١ :خصائص المواد النانوية "Characteristics of Nanomaterial's": ٦٥

٢ ـ١ ـ٣ ـ١ ـأ: خواص المواد النانوية الميكانيكية "The Mechanical Characteristics Of Nanomaterials":

..... ٦٥

٢ ـ١ ـ٣ ـ١ ـب: الخواص المواد النانوية الكيميائية"The Chemical Characteristics Of Nanomaterials" :

..... ٦٦

٢ ـ١ ـ٣ ـ١ ـج: خواص المواد النانوية الفيزيائية "The Physical Characteristics Of Nanomaterials": .. ٦٦

٢ ـ١ ـ٣ ـ٢ : تقنيات تصنيع مواد النانو: " "Manufacturing Techniques Of Nano-Materials" : ٦٧

٢ ـ١ ـ٣ ـ٢ ـأ: تقنية الهبوط من أعلى لأسفل "Top down approach": ٦٧

٢ ـ١ ـ٣ ـ٢ ـب :تقنية الصعود من أسفل لأعلى "Bottom up approach" : ٦٨

٢ ـ١ ـ٣ ـ٣ : تصنيف أبعاد بنية المواد النانونية: ٦٩

٢ ـ١ ـ٣ ـ٣ ـأ :المواد النانوية صفر الأبعاد "(0D) zero dimensional" : ٦٩

٢ ـ١ ـ٣ ـ٣ ـب المواد النانوية أحادية الأبعاد "(1D) one dimensional": ٦٩

٢ ـ١ ـ٣ ـ٣ ـج: المواد النانوية ثنائية الأبعاد "(2D) two-dimensional" : ٧٠

٢ ـ١ ـ٣ ـ٤ : أشكال بنية المواد النانوية"The Structure Forms Of Nanomaterial's": ٧١

٢ ـ١ ـ٣ ـ٥ مجاهر المواد النانوية : "Microscopes of :nanomaterial's" ٧٣

الفصل الثاني:٢ ـ٢ : خصائص المواد النانوية في البناء والتشييد
Characteristics Of Nanomaterials In Building & Construction"

٢ – ٢ – ١تمهيد: ٧٨

٢ – ٢ – ٢ : تطور مواد البناء "Evolution Of Building Materials": ٧٩

٢ – ٢ – ٣ : المواد النانوية في مواد البناء "Nanomaterials In Construction Materials": ٨٠

٢ ـ٢ ـ٣ ـ١ : ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي "Titanium Dioxide Nanoparticles (TiO2)" : ٨٢

٢ ـ٢ ـ٣ ـ١ ـأ: عنصر التيتانيوم "Element Titanium": ٨٢

٢ ـ٢ ـ٣ ـ١ ـب: ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي ":Titanium Dioxide Nanoparticles (TiO2)" ٨٣

٢ ـ٢ ـ٣ ـ٢ :أنابيب الكربون النانوية "(Carbon Nanotubes (CNT's": ٨٧

٢ ـ٢ ـ٣ ـ٢ ـأ عنصر الكربون" element carbon ": ٨٧

٢ ـ٢ ـ٣ ـ٢ ـب : أنابيب الكربون النانوية ٨٨

٢ـ٢ـ٣ـ٣: ثاني أكسيد السليكا " Silicon Dioxide Nanoparticles (SiO2)": ٩٤
٢ـ٢ـ٣ـ٤: أكسيد الزنك ٩٥
٢ـ٢ـ٣ـ٥ أكسيد الزركونيوم النانوية ٩٥
٢ـ٢ـ٣ـ٦ جسيمات الفضة النانوية ٩٥
٢ـ٢ـ٣ـ٧ جسيمات ثاني اكسيد الألومنيوم Aluminum Oxide
Nanoparticles (Al2O3): ٩٥
٢ـ٢ـ٣ـ٨ جسيمات أكاسيد التنجستن Wolfram (Tungsten) Oxide Nanoparticle (WO3)..... ٩٥
٢ـ٢ـ٤المركبات النانوية في مواد المبنى: ٩٦

٢ـ٣: الخلاصة ٩٧

الباب الثالث:٣ : تطبيقات تكنولوجيا ومواد النانو في الهندسة المعمارية

THE APPLICATIONS OF NANO-TECHNOLOGY AND MATERIALS IN ARCHITECTURAL ENGINEERING

الفصل الأول:٣ ـ١ : تطبيقات المواد النانوية في المواد الهيكلية

Applications of Nanomaterials in the Structural Materials

٣ـ١ـ١ : تمهيد: ١٠٦

٣ـ١ـ٢ :المواد الهيكلية "Structural materials" : ١٠٧
٣ـ١ـ٢ـ١: الخرسانة النانوية "Nano-concret": ١٠٧
٣ـ١ـ٢ـ١ـأ :النانو سيليكا " Nano-Silica ": ١٠٩
٣ـ١ـ٢ـ١ـب: أنابيب الكربون النانوية " Carbon Nanotubes": ١١٠
٣ـ١ـ٢ـ١ـج: ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي "Nano Titanium Dioxide (Tio2)": ١١١
٣ـ١ـ٢ـ٢ : الحديد النانوي "Nano-Steel": ١١٢
٣ـ١ـ٢ـ٣ :الخشب "Wood": ١١٤

الفصل الثاني:٣ـ٢ : تطبيقات المواد النانوية في المواد الغير هيكليه

Applications of Nanomaterials in the non- Structural Materials

٣ـ٢ـ ١ :تمهيد: ١١٨

٣ـ٢ـ٢ تطبيقات المواد النانوية في المواد الغير هيكليه: ١٢٠
٣ـ٢ـ٢ـ١ الأسطح ذات التنظيف الذاتي (طلاء) " Self-Cleaning Surfaces Coating) " ": ١٢٠
٣ـ٢ـ٢ـ١ـأ التنظيف الذاتي" TiO2" (التحفيز الضوئي) " Self-cleaning": ١٢١
٣ـ٢ـ٢ـ١ـب التنظيف الذاتي (تأثير اللوتس) (Lotus- Effect) "Self- Cleaning": ١٢٦
٣ـ٢ـ٢ـ٢ الطلاء المضاد للكتابة على الجدران "Anti-Graffiti Coating": ١٢٨
٣ـ٢ـ٢ـ٣ الأسطح مضاد للبكتيريا " Antibacterial Surfaces": ١٢٩
٣ـ٢ـ٢ـ٤ الطلاء المضاد للضباب والثلج "Anti-fogging and anti-icing coatings": ١٣١
٣ـ٢ـ٢ـ٥ : الطلاءات المقاومة للخدش "Scratch-resistant coatings": ١٣٣
٣ـ٢ـ٢ـ٦ الطلاء المضاد للإنعكاس" Anti-reflective coatings": ١٣٤

٣-٢-٢-٧ الطلاءات المضادة للتآكل "Anti-corrosion coatings" : ١٣٥
٣-٢-٢-٨ المواد اللاصقة"Adhesives" : ١٣٦
٣-٢-٢-٨-أ ألية عملها : ١٣٧
٣-٢-٢-٩ الأسطح النانوية المتعدد الوظائف " "Multifunctional NANO Surfaces" : ١٣٨

الفصل الثالث:٣-٣: تطبيقات المواد النانوية في العزل والإضاءة
Applications Of Nanomaterials In Insulation And Lighting

٣-٣-١ :تمهيد: ١٤١

٣-٣-٢ تطبيقات المواد النانوية في العزل " Applications Of Nanomaterials In Isolation":
..... ١٤٢
٣-٣-٢-١ : الهلام الهوائي " Aerogel (Nano gel)" : ١٤٣
٣-٣-٢-١-أ: الخصائص "The Characteristics": ١٤٤
٣-٣-٢-٢ الاغشية الرقيقة العازلة "Thin-film insulation": ١٤٦
٣-٣-٢-٢-أ :الخصائص "Characteristics The": ١٤٧
٣-٣-٢-٣ :ألواح العزل المفرغة "Vacuum insulation panels (VIPs)":..... ١٤٧
٣-٣-٢-٣-أ :الخصائص "Characteristics The": ١٤٧
٣-٣-٣ تطبيقات المواد النانوية في الإضاءة Applications Of Nanomaterials In Lighting ١٥١
٣-٣-٣-١ الصمامات الثنائية الباعثة للضوء "Light-Emitting Diodes (Leds)" : ١٥٢
٣-٣-٣-٢ : إضاءة بلكسي ١٥٣
٣-٣-٣-٣ : الصمامات الثنائية العضوية الباعثة للضوء "Organic Light-Emitting Diodes (Oleds)": .. ١٥٤
٣-٣-٣-٤ : الصمامات الثنائية العضوية المرنة الباعثة للضوء (1) " FOLEDs " Flexible light-emitting diodes: ١٥٧
٣-٣-٣-٥ :نقط الكم(الصمامات الثنائية الباعثة للضوء) "Quantum dot light-emitting diodes (QD-LEDs)": ١٥٧

٣-٤ : الخلاصة ١٥٨

الباب الرابع: ٤ : التكنولوجيا والمواد النانوية في المباني
NANO TECHNOLOGY AND MATERIALS IN BUILDINGS

الفصل الأول: ٤-١ :نماذج لمباني معمارية ذات تطبيقات ومواد نانوية

٤-١-١ تمهيد: ١٦٨

٤-١-٢ : نماذج لمباني معمارية مستخدم فيها تطبيقات ومواد تكنولوجيا النانو: ١٧٠
٤-١-٢-١ : نماذج مباني تحتوي على تطبيق التنظيف الذاتي "TiO2" (ذات تحفيز ضوئي) ١٧١
٤-١-٢-٢ : نماذج لمباني ذات تطبيق نانوي التنظيف الذاتي (تأثير اللوتس) ١٨٣
٤-١-٢-٣ : نماذج لمباني مستخدم فيها تطبيقات العزل النانوي ١٨٨
٤-١-٢-٤ : نماذج لمباني مستخدم فيها تطبيقات مقاومة للحرائق ١٩٦
٤-١-٢-٥ : نماذج لمباني ذات تطبيق مضادة للكتابة على الجدران ١٩٨

٤-١-٢-٦: نماذج لمباني مستخدم فيها تطبيقات نانوية في الإضاءة ٢٠٠
٤-١-٢-٧: نماذج لمباني ذات تطبيقات نانوية مضادة للبكتيريا ٢٠٣
٤-١-٢-٨: نماذج لمباني مستخدم فيها عدة تطبيقات ومواد نانوية (متعددة التطبيقات النانوية) ٢٠٧

الفصل الثاني: ٤-٢ : تحليل لإستخدام تطبيقات تكنولوجيا والمواد النانوية في المباني

٤-٢-١ : تمهيد: ٢١٣

٤-٢-٢ : استخدام تطبيقات التكنولوجيا والمواد النانوية في العناصر الهيكلية: ٢١٤
٤-٢-٢-١ : الخرسانة المسلحة النانوية فائقة الأداء: ٢١٤

٤-٢-٣ : استخدام تطبيقات التكنولوجيا والمواد النانوية في العناصر الغير الهيكلية: ٢١٦
٤-٢-٣-١ : الفتحات: ٢١٦
٤-٢-٣-٢ : الحوائط: ٢١٨
٤-٢-٣-٣ : العزل: ٢٢٠
٤-٢-٣-٤ : الأرضيات: ٢٢١

٤-٣ : الخلاصة ٢٢٧

الباب الخامس٥ : النتائج والتوصيات

٥-١ :الخلاصة ٢٢٩

٥-٢ :النتائج ٢٣٤

٥-٣ :التوصيات ٢٤١

٥-٤ :المراجع ٢٤٤

٥-٥ :الملاحق ٢٥٢

ABSTRACT ..... ا

قائمة الأشكال List of Figures

شكل (١-١) العلاقة بين التكنولوجيا والعلوم ---------- ٣
شكل(١-٢) المهام تقوم بها برامج تكنولوجيا النمذجة الرقمية للمباني التي تقوم بها برامج تكنولوجيا النمذجة الرقمية للمباني ---------- ١٥
شكل(١-٣) الأبعاد التي من الممكن تحليلها خلال النمذجة الرقمية للمباني ---------- ١٧
شكل(١-٤) متحف غوغنهايم في بلباو "GUGGENHEIM" ---------- ١٧
شكل(١-٥) تحليل كتل المبنى بإستخدام نمذجة رقمية للمبنى ---------- ١٨
شكل(١-٦) لتفاعل العلم والتقنية وصولاً الى التحول التكنولوجي ---------- ٢٠
شكل (١-٧) مقياس النانومتر بالنسبة لعناصر أخرى---------- ٢٣
شكل(١-٨) فرق بين سمك شعرة الانسان و جسيمات أصغر---------- ٢٤
شكل(١-٩) كتابة اسم الشركة التكنولوجية بذرات فردية على ركيزة عن طريق المجهر النفقي الماسح --- ٣١
شكل(١-١٠) المجهر النفقي الماسح "STM"---------- ٣١
شكل(١-١١) بعض الجسيمات التي تقع في مستوى مقياس النانومتري والميكرومتري ----------٣٣
شكل(١-١٢) الفرق بين حجم الجسيمات التي تكون عند مقياس النانومتري(يمين) والميكرومتري(يسار) ---٣٥
شكل(١-١٣) الانفاق المالي في بحوث ودراسات مختصة في تكنولوجيا النانو في الولايات المتحدة. ---- ٤٢
شكل(١-١٤) البنية التحتية لبحوث علم وتكنولوجيا النانو وأهمية المشاركة في هذا المجال ---------- ٤٣
شكل(١-١٥) الطرق المحتملة للتعرض للجسيمات نانوية ---------- ٤٩
شكل(١-١٦) نموذج تقييم التعرض للخطر---------- ٥١
شكل(١-١٧) دورة حياة المنتجات النانوية وخطرها على كل مرحلة---------- ٥١
شكل(٢-١) شكل يوضح العلاقة بين الحجم وعدد الذرات على السطح عند مستوى النانومتر حيث أن (N) يرمز لعدد الذرات، و (n) عدد أسطح الذرات ---------- ٦٢
شكل(٢-٢) زيادة في عدد الذرات على السطح في المواد النانوية---------- ٦٢
شكل(٢-٣) بعض المواد الطبيعية التي تقع في مقياس النانومتري ---------- ٦٥
شكل(٢-٤) تغير لون حبيبات الذهب عند تصغير حبيباتها إلى مستوى النانومتري---------- ٦٧
شكل(٢-٥) توضيح لألية تصنيع المواد النانوية---------- ٦٨
شكل(٢-٦) تصنيف أبعاد المواد النانوية وأنواعها ---------- ٦٩
شكل(٢-٧) أبعاد المواد النانوية(صفر الأبعاد) "(٠D) zero dimensional" ---------- ٦٩
شكل(٢-٨) أبعاد المواد النانوية أحادية الأبعاد "(1D) one dimensional" ---------- ٧٠
شكل(٢-٩) أبعاد المواد النانوية ثنائية الأبعاد "(2D) two-dimensional" ---------- ٧٠
شكل(٢-١٠) يوضح العلاقة بين الأبعاد المختلفة من المواد النانوية ---------- ٧١
شكل(٢-١١) أسلاك السيليكا النانوية Silica nanowire---------- ٧٣
شكل(٢-١٢) الميكروسكوب الإلكتروني النافذ (TEM) ---------- ٧٤
شكل(٢-١٣) ميكروسكوب القوة الذرية (AFM) ---------- ٧٥
شكل(٢-١٤) ميكروسكوب الليزر الماسح (LSM) ---------- ٧٥

شكل(٢-١٥) العلاقة بين تطور الهندسة المعمارية والتكنولوجيا ومواد البناء. ---------- ٧٩
شكل(٢-١٦)عنصر التيتانيوم ---------- ٨٢
شكل(٢-١٧) عملية التحفيز الضوئي في ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي التي تقوم بتحليل المركبات العضوية إلى مركبات هيدروكربونية صديقة للبيئة ---------- ٨٤
شكل(٢-١٨) شكل يوضح مراحل عملية التحفيز الضوئي على المستوى الذري ---------- ٨٥
شكل(٢-١٩) عملية التحفيز الضوئي في ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي(TiO2) ---------- ٨٦
شكل(٢-٢٠) عنصر الكربون ---------- ٨٨
شكل(٢-٢١) أنبوب الكربون النانوي متعدد الجدار "MWCNT" (يمين) أنبوب الكربون النانوي وحيد الجدار"SWCNT"(يسار). ---------- ٨٩
شكل(٢-٢٢) طريقة القوس المفرغ لتصنيع أنابيب الكربون النانوية ---------- ٩٢
شكل(٢-٢٣) عملية الاستئصال الليزري لتصنيع أنابيب الكربون النانوية---------- ٩٢
شكل(٢-٢٤) طريقة ترسيب الأبخرة الكيميائية لتصنيع أنابيب الكربون النانوية ---------- ٩٣
شكل(٢-٢٥) صورة مجهرية من المجهر الإلكتروني(SEM) الماسح تبين مجموعة من "MWCNTs" التي تنتجها طريقة" CVD " ---------- ٩٤
(٢-٢٦) العلاقة بين تطور الهندسة المعمارية والتكنولوجيا ومواد البناء ---------- ٩٩
شكل(٣-١)صورة مجهرية لعملية العلاج الذاتي المكون من مركبات بوليمرية نانوية ---------- ١١٠
شكل(٣-٢)سد الشروخ الميكروبية عن طريق مركب الأسمنت مع أنابيب الكربون النانوية ---------- ١١١
شكل(٣-٣) سد الشروخ الميكروبية عن طريق أنابيب الكربون النانويى احادية الجدار ١١١
شكل(٣-٤) الطوب الاسمنتي النانوي ذات التحفيز الضوئي. ---------- ١١٢
شكل(٣-٥)اختبار القص للخرسانة المسلحة عند قوة (٥٧,١٤٢ ton) (يمين) grade60 steel (يسار) MMFX2 ---------- ١١٣
شكل(٣-٦) (١) شرائح مفصولة من المارتنسيت (٢) صفائح نانوية مفصولة مستقرة من الأوستينيت "austenite" ---------- ١١٣
شكل(٣-٧) مقارنة بين كمية الحديد التقليدي والحديد MMFX2 النانوي---------- ١١٤
شكل(٣-٨)الأسطح الطاردة للمياه في الخشب ---------- ١١٤
شكل(٣-٩) توضح سطح الخشب المعالج بطبقة من الطلاء النانوي المقاوم للمياه (أسفل) وسطح غير معالج(أعلى) ---------- ١١٥
شكل(٣-١٠) نماذج لأنواع الطلاء النانو---------- ١٢٠
شكل(٣-١١) عملية التحفيز الضوئي في مادة ثاني أكسيد التيتانيوم "TiO2" ---------- ١٢١
شكل(٣-١٢) واجهات مباني من الزجاج والألمونيوم متسخة بسبب الأتربة والأوساخ والغازات المنقولة جوا. ١٢٢
شكل(٣-١٣)عمليات التنظيف التقليدية لواجهات المباني ، خطورة تسلق الواجهات من قبل الأيدي العاملة ١٢٣
شكل(٣-١٤) نتائج الأختبار طلاء التنظيف الذاتي على الزجاج وألواح الألمونيوم بعد ٥-٦ أشهر ١٢٤
شكل(٣-١٥) ملاحظ تأثير التحفيز الضوئي على الماء في الأسطح ---------- ١٢٥
شكل(٣-١٦) عمل الأسطح الفائقة الجذب للمياه وإزالة بقايا المواد المتحللة السطح---------- ١٢٥
شكل(٣-١٧) عملية التنظيف الذاتي بالتحفيز الضوئي على الزجاج ---------- ١٢٦