

## الانشاءات البنائية وتكنولوجيا النانو.. رؤية جديدة للعمارة Building Constructions and Nanotechnology.. A new vision for Architecture

أ.د/ فريال عبد المنعم شريف

أستاذ متفرغ بقسم الزخرفة - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

أ.م.د / محسن كامل خليل

أستاذ مساعد التصميم بقسم الزخرفة - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

م.م / نرمين سعيد عباس أحمد

مدرس مساعد بقسم الزخرفة - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

### كلمات دالة: Keywords

تكنولوجيا النانو  
Nanotechnology  
المواد النانوية  
Nanomaterials  
البنية الذرية  
Atomic Structure  
التحفيز الضوئي  
Photocatalysis  
الانشاءات البنائية  
Building Constructions

### ملخص المقال Abstract

بعد تلك السلسلة من الثورات العلمية المتلاحقة والتي أدت إلى إحداث ثورات في مجال المواد والطاقة، تأتي تكنولوجيا النانو Nanotechnology حيث تؤدي الدور الرئيسي الأول في النهوض الاقتصادي المبني على المعرفة، ومن ثم لقبتم باسم "تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين". فإن تكنولوجيا النانو، والتي هي التصميم والتصنيع في المستوى الجزيئي، تفتح إمكانيات جديدة في تصميم البنية المعمارية، ومع تطور هذه التكنولوجيا سوف تبدأ التقنيات المعمارية الحديثة بالظهور، وسيصل الإبداع المعماري إلى آفاق جديدة، وإعطاء المصممين الكثير من الحلول.

كنتيجة لإعادة هيكلة البنية الذرية Atomic Structure التي توجد عليها المواد وتصغير جزيئاتها وحبباتها، تخلق الآن مواد جديدة تدعى المواد النانوية Nanomaterials التي تتمتع بخواص وخصال فريدة غير موجودة في المواد التقليدية ذات الجزيئات أو الحبيبات الكبيرة، حيث أن تطبيق تكنولوجيا النانو في البنية المعمارية له تأكيد على قدرة المواد النانوية المعمارية في المحافظة على الطاقة، ففي مجال التشييد والبناء، الذي يعد أحد أهم التطبيقات الحديثة المشرفة لهذه التكنولوجيا الواعدة، تسهم هذه التكنولوجيا في إنتاج مواد بناء ذات ميزات وخصائص حرارية وكهربائية وفيزيائية وكيميائية وميكانيكية فريدة تستخدم في مواد التشييد، والحماية من الحرائق، وتكييف الهواء، والدهانات، ومقاومة درجات الحرارة العالية، والإشعاعات الضارة والقدرة على التنظيف الذاتي، بالإضافة إلى استخدامها في تحسين صناعة الزجاج ورفع كفاءة الطاقة في المباني. ومن إحدى الفرص العظيمة التي يوفرها النانو أيضا هو استخدامه لتحسين أداء المباني القائمة حاليا من خلال إنتاج الطاقة، وتخزينها، واستهلاكها عبر توفير بدائل سليمة بيئيا للممارسات الحالية ويمكن لها أيضا أن تحسن من كفاءة مصادر الطاقة الحالية.

Article received 14<sup>th</sup> August 2016, accepted 15<sup>th</sup> September 2016, published 15<sup>th</sup> of January 2017

### مقدمة Introduction

لم يعد هناك تصميم مستحيل التنفيذ وغير قادر على التكيف مع البيئة المحيطة وتحقيق استدامة موادها ومظهرها وألوانها دون الاستغلال الجازم للخامات الطبيعية للحصول على مواد معالجة بتقنية النانو. فإن المواد النانوية تفتح المجال لعصر جديد في التصميم المعماري والبناء، وتمكن المصممين من مستوى عالي من التعقيد الذي يمتد من المقاييس الصغيرة للجزئ إلى المفاهيم الأكبر للمجتمع. حتى يتسنى لهم تحقيق استدامة مبانيهم كي تبقى بمظهر ذكي وجذاب لفترة طويلة من الزمن مع تقليل تكاليف تنظيفها وترميمها.

ولقد قررت الحكومة المصرية التوسع في استخدام تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال التشييد والبناء بهدف خفض تكلفة الإنشاء والحفاظ على موارد خامات مواد البناء وفتح مجالات حديثة لتوفير الطاقة والحفاظ على البيئة، حيث يصل حجم التوفير في استخدام هذه التكنولوجيا إلى 40%، بالإضافة إلى قدرة التحمل والخصائص المتميزة لمواد البناء وقدرتها الفائقة التي تجعلها قادرة على التحمل لأجواء غير عادية مما يساهم في توطين الأماكن الصحراوية والأماكن ذات درجات الحرارة العالية أو درجات الرطوبة أو الصقيع أو غيرها من السمات البيئية.

وعند التمعن في أوضاعنا البيئية الصارمة ومواردنا المحدودة ندرك بأن حاجتنا إلى تطبيقات العمارة لتكنولوجيا النانو أكثر من الدول الصناعية المتقدمة واضعين في أذهاننا الهدف الرئيسي وهو خلق تناغم بين المبني وتوفير الطاقة وصحة الإنسان.

إن العمارة و تكنولوجيا النانو لصناعة الإنشاءات لها احتمالات وتطبيقات مستخدمة بالفعل الآن، خاصة طلاءات الأسطح لتعطي لها خصائص وظيفية مثل زيادة قوة الشد، القدرة على التنظيف

الذاتي، مقاومة الحريق، ومقاومة لتغير ألوان الواجهة ضد العوامل الميكانيكية والكيميائية والجوية المختلفة. وتجعل هذه الإضافات القائمة على مواد النانو المنتجات أخف، لها قابلية نفاذية، وأكثر مقاومة للأضرار.

### ١ تكنولوجيا النانو Nanotechnology

تعرف تكنولوجيا النانو على أنها "هي الفهم والتحكم في المادة في أبعاد تتراوح تقريبا من ١ إلى ١٠٠ نانومتر، حيث توفر هذه الظاهرة الفريدة تطبيقات مبتكرة. ويشمل علم مقياس النانو الهندسة، والتكنولوجيا، وتتضمن تكنولوجيا النانو التخيل، القياس، النمذجة، والتأثير في المادة في هذا المقياس الطولي".

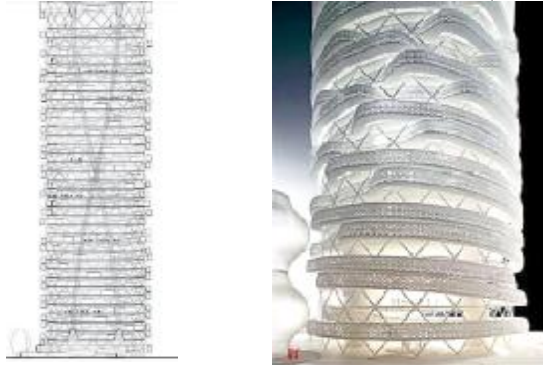
وتركز تكنولوجيا النانو على هندسة الأنظمة الوظيفية في المستوى الذري. وعند التعامل مع المواد في مقياس النانو، يمكن للخواص الفيزيائية، الكيميائية، والبيولوجية أن تظهر اختلاف عن المواد المختبرة في المقياس الأكبر. ويمكن لتكنولوجيات النانو أن تبديل المواد في أغلب المستويات الأساسية لتزويد من خواصها مثل القوة، المتانة، امتصاص الحرارة، وتوصيل الحرارة.

وفي العموم، تتعامل تكنولوجيا النانو مع بنيات بحجم ١٠٠ نانومتر أو أصغر على الأقل في بعد واحد، وتتخصص في تطوير المواد والأجهزة في ذلك الحجم. وفقا إلى ويتمور whatmore وكوربت Corbett (1995) (Whatmore & Corbett) إن موضوع النانو يشمل " تقريبا أي مواد أو أجهزة تم بناؤها في مقياس النانومتر لتأدية الوظائف أو الحصول على الخصائص التي لا يمكن أن تتحقق بطريقة أخرى".

### ٢ مقياس النانو Nanoscale

كلمة نانو هي بادئة منحوتة من اللغة اليونانية القديمة وتعني "قزم Nanous"، وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من مليار (جزء

الموقع: لوس أنجلوس Los Angeles  
المعماري: بيتر ويسر و ديفن ويزر Peter and Devyn Weiser  
Testa عام: ٢٠٠٢



شكل (١) برج الكربون بلوس أنجلوس  
شكل (٢)

برج الكربون النموذجي هو برج شاهق يتكون من ٤٠ طابق متعدد الاستخدامات، ويضم خمسة أنظمة مبتكرة، وهي:

- الهيكل الأساسي حلزون مزوج مضغوط مسبقا.
- الطوابق المركبة الرقائعية مشدودة فيما بينها.
- السلالم الخارجية محددة خيطية.
- الحوائط من أغشية تنفسية رقيقة.
- التهوية من خلال Duct به أنابيب تهوية.

وتشير الدراسات التي قامت بأوروبا إلى أن هذا البرج أخف وأقوى من المباني الموجودة بها من هذه الأنواع من المباني. وإن الوصول إلى تعقيد المباني المعاصرة لهو إنجاز هائل، ولكننا بحاجة إلى السؤال كيف يمكننا الوصول إلى هذا الحد من التعقيد. ونحن نعتقد أننا بحاجة إلى إعادة التفكير في كيفية تجميع مباني المصمم بيتر تيسا. كما هو موضح في شكل (١)، (٢).

#### • أبراج النانو Nano Towers

الموقع: المقر الجديد لمجمع بحوث دبيوتك Dubiotech في دبي  
ارتفاع البرج: ٢٦٢ متر

إن أبراج النانو مقترحة كمقر رئيسي لمجمع بحوث Dubiotech في دبي، وهو مبنى متعدد الاستخدامات، فإن تنمية الاستخدام المشترك يوفر (يقترح) ١٦٠٠٠٠ م<sup>٢</sup> لكل من مساحة المكاتب، المعامل، الفندق، والسكني، ومرافق الدعم المرتبطة بها، وكل هذا في برج شاهق الارتفاع.

ونجد الاهتمام المعماري يظهر في تكرار شبكة الهيكل الغير منحنية الكمرات ومتساوية في الطول. وإن واجهة البرج واحدة في كل الأوجه ملهمة من مقياس النانو لأنبوبة الكربون. كما هو موضح في شكل (٣)، (٤)، (٥)، (٦).

بالنسبة للنظام الإنشائي فإنه يخلق تقاطعات، حيث أن هندسية المبنى تعمل على التنقل من المستوى الرأسي إلى الأفقي وهذا يخلق عدة فرص لتقسيم الفراغ الداخلي من خلال ملايين الخطوط.



شكل (٤)



شكل (٣) أبراج النانو دبي

من ألف مليون). (الأسكندراني ٢٠١٠) والنانومتر الواحد يساوي جزءا من ألف مليون (مليار) جزء من المتر، أو بتعبير آخر، فإن المتر الواحد يحتوي على مليار جزء من النانومتر. فعلى سبيل المثال، (الدوسري ٢٠١٢) النانومتر يساوي ١٠<sup>-٩</sup> من المتر. ويمثل ذلك المقياس ٨٠٠٠٠٠/١ من قطر شعرة واحدة من شعر رأس الإنسان.

#### ٣ المواد النانوية Nano-sized materials

ويمكن تعريفها بأنها "المواد لها ميزات شكلية أصغر من ١٠/١ من الميكرومتر في بعد واحد على الأقل". ويتم تعريفها عادة بأنها المواد التي لها بعد واحد على الأقل (ارتفاع، طول أو عمق) أصغر من ١٠٠ نانومتر. وتكشف المواد في حجم النانو خواص فيزيائية، كيميائية وبيولوجية والتي تختلف كثيرا عن نظرائها في الحجم الطبيعي. لذلك، فإن مجال مواد النانو يشمل الحقول الفرعية المختصة بتطوير أو دراسة المواد التي لها خواص فريدة ناشئة من أبعادها في مقياس النانو.

ويوضح جدول (١) الأبعاد المختلفة لأنواع مواد النانو.

جدول (١) الأبعاد المختلفة لأنواع مواد النانو

أنواع مواد النانو	أبعاد مواد النانو
حبيبات النانو، النقاط الكمية، صدفات النانو، حلقات النانو، الكبسولات المجهرية.	كل الأبعاد الثلاثة أقل من ١٠٠ نانومتر
أنابيب وألياف النانو، أسلاك النانو	بعدان اثنان أقل من ١٠٠ نانومتر
الطبقات الرقيقة الرفيعة، والطلاءات.	بعد واحد أقل من ١٠٠ نانومتر

#### ٤ الإنشاءات البنائية في عصر تكنولوجيا النانو

ويجب على المصممين أن يكونوا قادرين على الابتكار والإبداع بالمواد الجديدة مثل مواد النانو أثناء عملية التصميم، (Lalbaksh & Shirazpour 2011) حيث أن مواد النانو مفيدة فيما يخص الواجهات والأسطح الملونة وتمتد لتشكيل الامكانيات التصميمية المتنوعة لكل من المصممين واستراتيجيات التصميم المستدام. ويمكن لتكنولوجيا النانو على المدى القريب أن تقود المواد (مثل الطلاءات الملونة، الألواح والعوازل) إلى القدرة الفائقة في الأداء في قطاع الطاقة، الضوء، الحماية والذكاء. ويمكن لهذه الخطوات أن تحسن طبيعة إنشاءات المباني بشكل كبير وفعاليتها وطريقة ارتباطها بالبيئة. (Lalbaksh & Shirazpour 2011).

إن مواد النانو الإنشائية هي مواد ذكية من نظام مادة متعددة الجوانب والتي تتكيف مع الأحمال الإنشائية وتوفر فرص لتطوير قدرات الحس الذاتي في المادة لتحقيق فاعليات في الطاقة وراحة بيئية. وذلك لتكامل الوظائف الإضافية مثل إنتاج الطاقة ذاتية الإستدامة والتحكم في المناخ.

وتكون الابتكارات الحديثة في مواد البناء الملونة من خلال تطبيقات تكنولوجيا النانو قائمة على تصميم خواص المواد لكي نحصل على الأداء المطلوبة، وتطوير عمليات التحويل المعقدة التي تسمح بإدراك المنتجات المناسبة للعرف للتطبيقات المعمارية المحددة. (Modhera & Rathi 2014) فبالرغم من أن المواد المطورة - ومن بينها، التي تطورا من خلال تطبيق تكنولوجيا النانو التكنولوجيا البيولوجية - تكون قادرة على توفير استجابات فعالة للفضايا البيئية والاقتصادية في القطاع الصناعي، لكن في الأعوام الأخيرة، بدأت التخصصات المعمارية تتطلب المعرفة التقنية اللازمة لاستخدامها وللتساؤل عن الآثار الناتجة في عملية التصميم. (عبير ٢٠١٥)

#### • برج الكربون Carbon Tower

ويتكون البرج من ٦٠ طابق، كتلة المبنى تتوجه للإطلالة على البحر، مع الأخذ في الاعتبار الإقلال من التعرض للشمس، وتظليل فناء الدخول. ولتحقيق عامل الخصوصية يزيد ارتفاع المبنى. ويتميز الطقس في جدة بإرتفاع درجات الحرارة مع الرطوبة العالية على مدار السنة. وباستخدام برامج تحليلية معينة تم التوصل إلى زاوية محددة لهذه الأشعة تقدم الحماية من الشمس والرياح مع التزويد بإطلالة مباشرة للبحر، كما تزيد من الخصوصية لكل وحدة.

#### • معهد مدينة مصدر Carbon-Neutral Masdar City Institute

الموقع: أبو ظبي Abu Dhabi

المعماري: فوستر وبارتنرز Foster + Partners  
وقع اختيار شركة أبو ظبي لطاقة المستقبل (مصدر) على شركة أدريان سميث وجوردون جيل للهندسة المعمارية في مدينة شيكاغو الأمريكية، لتصميم مقرها الرئيسي في مدينة مصدر، أول مدينة في العالم خالية من الكربون والنفائيات، وتعتمد بالكامل على الطاقة المتجددة. ويقع مقر مصدر الرئيسي ضمن أول مبنى متعدد الأغراض على مستوى العالم "إيجابي الطاقة"، باعتبار أنه ينتج طاقة أكثر مما يستهلك. ويضاف إلى ذلك، أن المبنى سيضم أيضا مساكن ومقرات أولى الشركات التي ستطلق أعمالها في المدينة المبتكرة. كما هو موضح في شكل (١٠)، (١١)، (١٢).



شكل (١٠) معهد مدينة مصدر بأبو ظبي



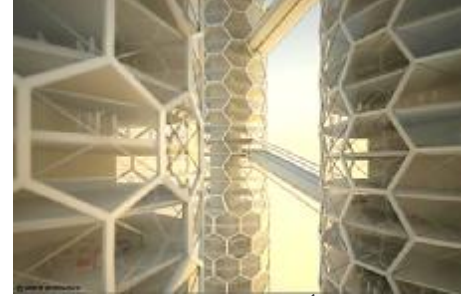
شكل (١١) الأشعة المتحركة فوق المبنى للخلايا الشمسية



شكل (١٢) يقوم برج الرياح في مدينة مصدر بالتقاط نسيمات الرياح وتبريدها وتمريدها نحو الأسفل مما يخلق أجواء منعشة ومريحة



شكل (٥) توفر المظلة التي توجد في الدور الأرضي الظلال، مع خلق مدخل رائع للبرج



شكل (٦) المنظر بين الأبراج والذي يوضح التقاطعات التي تعتبر نقط الإتصال بين الأبراج

#### • فندق كمبنسكي Kempiniski Hotel

الموقع: مدينة جدة، السعودية Jeddah, Saudi Arabia

المعماري: بيركينز وويل Perkins + Will

عام: ٢٠١٤

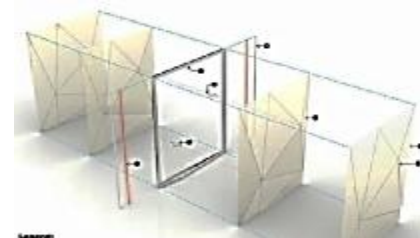
يستوحي فندق كمبنسكي "عمارة الأشعة" من الواجهة المائية التي يتميز بها موقع الفندق المطل على البحر الأحمر، وأيضا من الحساسية الثقافية للمكان. هذا المبدأ مستمد للتعبير عن وظائف المبنى ونشاطات المستخدمين. "عمارة الأشعة" تتمثل بأشعة في الواجهات لتخلق نسيج ومؤثرات متنوعة للسطح الخارجي للمبنى. وتتألف الأشعة، المصممة لتطبيق خارج الموقع، من إطارات الألومنيوم ومغلقة بنسيج قماشي مطلى بمادة التفلون الدائمة. كما هو موضح في شكل (٧)، (٨)، (٩).



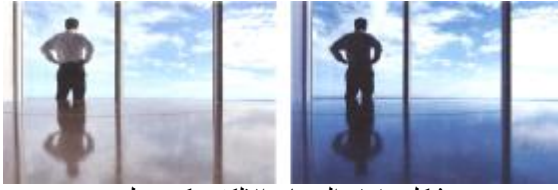
شكل (٨) لقطة ليلية للفندق



شكل (٧) لقطة نهائية للفندق



شكل (٩) الأشعة المصممة لتصنع خارج المبنى، تتألف من إطارات الألومنيوم



شكل (١٤) الزجاج الإلكتروني وكروميك

إن منتج SageGlass ، وهو زجاج إلكتروني وكروميك، يتبدل من النقي للمسحة المظلمة عند الضغط على الزر، ليقال التأثيرات غير المرغوب فيها مثل البهتان، الوهج، والحرارة المفرطة بدون فقط المنظر الخارجي والإتصال بانعكاس ما هو داخلي. ويمنح ذلك للمصمم الحرية في التصميم بتزويد ضوء النهار دون ظهور العيوب المرتبطة بالزجاج. ويوفر زجاج SageGlass تصميم للمبنى المفضل للبيئة وتم وضعه في قائمة قاموس GreenSpec. كما هو موضح في شكل (١٥).



شكل (١٥) زجاج شركة SageGlass

### ١-٥-٢ الزجاج الغير عاكس Anti-reflective glass

هو زجاج شفاف له سطح ذو بنية بمقياس النانو، حيث تكون الحبيبات أصغر من الطول الموجي للضوء المرئي، فتوفر طريقة مبتكرة ومؤثرة في التكاليف وحل عملي غير عاكس. وتتكون بنيته من كرات صغيرة جدا في الحجم من ثاني أكسيد السيليكا من ٣٠-٥٠ نانومتر. عندما يكون سمك الطلاء ١٥٠ نانومتر، يعتبر سمك مثالي. (Leydecker 2008) كما هو موضح في شكل (١٦). وتقل نسبة الضوء المنعكس من ٨% إلى أقل من ١%. ويقوم بتقليل انعكاس أشعة الضوء، باستخدام نافذة من الزجاج تم تطوير خصائصها باستخدام تكنولوجيا النانو عن طريق تغيير معامل الانكسار، حيث يمر الضوء من خلال وسطين مختلفين (الزجاج والهواء)، حيث يسمح الزجاج بحد أقصى ٩٠% من نفاذ الضوء الساقط الذي يمر عبره.



شكل (١٦)

### ١-٥-٣ زجاج الحماية ضد الحريق Fire safety glass

وتقوم فكرة عمله على وضع مادة ضد الحريق بين لوحين من الزجاج بسمك ٣ مل في درجة حرارة كافية للحماية ضد التعرض المستمر للإشعاع أكثر من ١٢٠ دقيقة لأكثر من ١٠٠٠ درجة مئوية، وبعد ذلك تم تطوير المنتج لكي يتحمل مدة أطول ويكون ذو شكل جمالي بالإضافة إلى تطوير أخذ أشكالاً مختلفة ومنحنيات. كما هو موضح في شكل (١٧).

ومن مميزات المبنى أنه:

- يعتمد على أكبر منظومة مدمجة من الألواح الكهروضوئية في العالم.
- يعد المبنى الأقل استهلاكاً للطاقة بالمتر المربع، على صعيد المباني المكتبية من الفئة A في مناخ الشرق الأوسط.
- يستخدم أضخم نظام تبريد وإزالة للرطوبة ويعمل بالحرارة الشمسية. ويعد نظام تكييف المباني الأقل تأثيراً على البيئة في العالم.
- يمثل أول مبنى في التاريخ ينتج الطاقة الخاصة لتشييده باعتماده استراتيجية بناء السقف على مراحل قبل تشييد بقية المبنى. (أسماء ٢٠١٣)
- ويجسد هذا المشروع التكامل الحقيقي بين فن العمارة وعلم الهندسة في أوضح صورته، من خلال مبنى ديناميكي جميل يتجاوز في أدائه أي تصميم آخر بحجمه على مستوى العالم.

### ٥ منتجات النانو في قطاع الإنشاءات البنائية

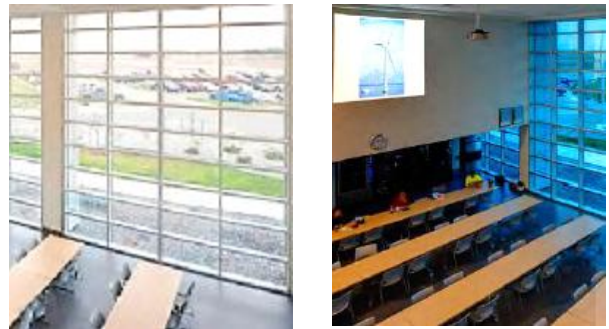
#### ١-٥ الزجاج Glass

يفضل استعمال الزجاج في الواجهات الخارجية سواء على مستوى الجدران أو الأسقف. وذلك لهدفين: الأول أن هذه الواجهات الزجاجية تقوم بجذب الطاقة الشمسية الكافية لتدفئة المنزل بطريقة طبيعية. وتستعمل لهذا الغرض واجهات زجاجية ثلاثية الطبقات، لجذب واختزان أكبر قدر من الحرارة الشمسية. وفضلاً عن ذلك فهذه الواجهات الثلاثية تقاوم الإنكسار، وتلعب أيضاً دوراً عازلاً لتخفيف تأثيرات الضجيج الخارجي. أما الهدف الثاني فيتمثل في تعدد منابع الضوء الذي يتدفق إلى داخل المبنى من كل الجهات. وذلك يوفر إضاءة طبيعية تسمح بالتقليل من استعمال الإضاءة الصناعية، وبالتالي اقتصاد الطاقة الكهربائية.

ويمكن التعامل مع الزجاج المصنوع بتكنولوجيا النانو كأي نوع من أنواع الزجاج العادي المسطح، فتجرى عليه جميع عمليات القص، الجلف، التقسية، الجلتنة.. وغيرها، بما يتناسب مع مختلف التطبيقات المعمارية (نوافذ، واجهات.. إلخ). (أسماء ٢٠١٣)

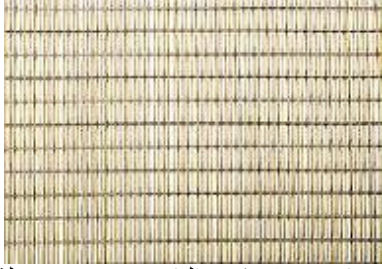
#### ١-٥-١ النوافذ الديناميكية الزجاجية (الكروماتيك Electrochromatic)

لقد تم تطوير الطلاءات الإلكترونية والكروماتيك التي تتفاعل لتتغير في الجهد العالي المطبق باستخدام طبقة أكسيد التنغستن tungsten ؛ وبذلك تصبح غير شفافة أكثر عند الضغط على المفتاح. وتهدف كل هذه التطبيقات إلى تقليل استخدام الطاقة في المباني الباردة ويمكنها المساعدة في تقليل فقد الطاقة في المباني. كما هو موضح في شكل (١٣)، (١٤). لقد زود تطور تكنولوجيا النانو وسائل جديدة لتكامل الزجاج الإلكتروني في المباني. فضغطة واحدة تتسبب في تغير درجة انتقال الضوء من حالة لأخرى (من الشفافية للمظلمة). ويعتبر هذا الزجاج حل آخر لألواح الزجاج المظلمة. وهنا يتسبب ضوء الشمس نفسه في تغير درجة لون الزجاج للأعمق أوتوماتيكياً بدون أي ضغطة.



شكل (١٣)

النانوية تتمتع بالتماسك وبارتفاع كثافتها. (الإسكندراني ٢٠١٠) ويمكن تحقيق التأثير اللوني من خلال طلاء النانو باستخدام الصبغات المدخلة. وتشمل التطبيقات الخطوط السلكية wire strips المستخدمة في تغليف شبكة المبني. كما هو موضح في شكل (٢٠)، (٢١).



شكل (٢٠) دهان ورنيش ذهب النانو Nano-gold لشبكة سلكية تستخدم لتغليف الواجهات.



شكل (٢١) تطبيق للشبكة السلكية في واجهة معمارية.

إن الطلاءات هي أغشية رقيقة أودعت في مادة أساسية لتعزيز خصائص سطحها أو مظهرها. ويشمل هذا التعريف الطلاءات المستخدمة لتحسين المتانة أو خصائص الأحمال، ويزيد من مقاومة التآكل، أو من ناحية أخرى يحمي المادة الأساسية. ويمكن استخدامها أيضا لتغيير جودة اللصق، اللون، كفاءة الانعكاس.

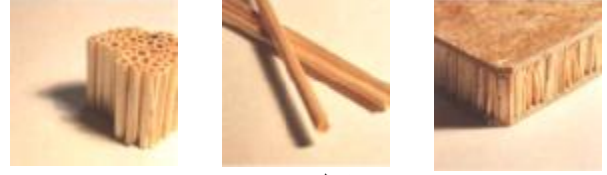
(Michael & Paulo 2009)

ومن أحدث الدهانات الموجودة حاليا ضمن دهانات تكنولوجيا النانو، دهانات تستخدم حاليا في دول الصين والولايات المتحدة الأمريكية، واليابان على التوالي، ويمكن لهذه الدهانات أن توفر ٩ ألوان متنوعة على الحائط نفسه، تتغير بتغير المناسبة وفقا لحاجة صاحب المنزل. (أسماء ٢٠١٣)

هذه الدهانات ذاتية التنفيذ، ولا تلتصق بالأتربة، فضلا عن قدرتها على الاستمرار بنفس كفاءة اللون وجماله لمدة ١٥ عام، وإخفاء عيوب الأسطح والحوادث، كما تتنوع ألوانها حيث يمكن لصاحب المنزل اختيار مجموعة ألوان من بين ١٢٠ ألف لون موجودة الآن، بالإضافة إلى سهولة عملية نقلها وتشوينها، لافتا النظر إلى أن الشقة مساحة ٣٠٠ متر مربع والتي تستهلك ١٥ بستلة بلاستيك، و ١٠ معجون، تستهلك ربع بستلة فقط من دهانات تكنولوجيا النانو، لكن تكلفتها في الوقت الحالي تصل إلى ضعف تكلفة الدهان العادي بمقدار ٦ مرات، مؤكدا أنها ستقل في المستقبل مع زيادة الطلب عليها. كما هو موضح في شكل (٢٢).



شكل (٢٢) دهان Chalkboard من هيدسون Hudson بتقنية النانو



شكل (١٧)

إن حبيبات نانو السيليكا مولدة للحمى، تكون بحجم ٧ نانومتر فقط بسبب منطقة سطحها الكبير نسبيا عالي التفاعل. وبالاعتماد على الفترة المرغوبة لمقاومة الحريق، تقع مادة الملء الفعالة ما بين لوح واحد أو اثنان من الزجاج. وعند وجود حريق تشكل سيليكات النانو طبقة حامية غير شفافة ضد الحريق، والتي أيضا تحمي من الإشعاع الحراري.

### ٢-٥ الألومنيوم Aluminum

#### ١-٢-٥ لوح الألومنيوم المركب Nano-PVDF

إن لوح الألومنيوم المركب Nano-PVDF مضاد للكشط وذو خاصية التنظيف الذاتي. ويتكون من قلب البولي إثيلين بين طبقتين من الألومنيوم ٠,٥ ميليمتر، تأتي مع سطح مضاد للماء والدهون، فهو يتميز بمقاومة الأوساخ، يبقى نظيف لفترة أطول، يمكن تنظيفه بسهولة بالماء النقي. (أسماء ٢٠١٣) كما هو موضح في شكل (١٨)، (١٩).

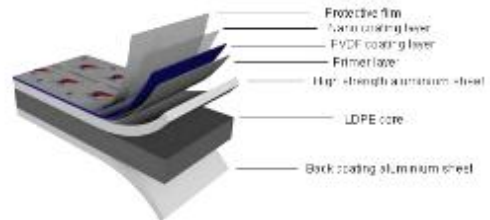
ومن مميزات لوح الألومنيوم المركب Nano-PVDF:

- سهولة التنظيف.
- مقاومة التلوث.
- مقاومة التزيت.
- مقاومة جيدة للإحتكاك.
- مقاومة الأحماض والفلويات.
- مقاومة الطقس. (أسماء ٢٠١٣)

بسبب الخصائص المذكوره أعلاه، فيعتبر مثالي لتكسية الحوائط ولحماية مباني المكاتب ومراكز التسوق والمباني الصناعية والمطارات والفنادق والمستشفيات والمدارس والمتاجر والمباني السكنية.



شكل (١٨) لوح الألومنيوم المركب Nano-PVDF



شكل (١٩) تركيب طبقات لوح الألومنيوم المركب Nano-PVDF

### ٣-٥ الطلاءات Coatings

تختلف الطرق المستخدمة في تخليق طبقة الطلاء النانوي على السطح المراد تغطيته، وفقا لسمك الطبقة المراد الحصول عليها وطبيعة كل من مادة الطلاء ومادة السطح. وعادة توظف تقنيات الترسيب الكيمائية، أو تقنيات رش السطح بمساحيق الحبيبات النانوية، حيث توفر هذه الطرق الحصول على طبقات من الحبيبات



شكل (٢٩) تفصيلة للمبنى

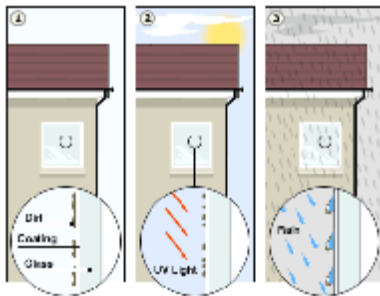


شكل (٢٨)

### • ثانيا طلاءات التحفيز الضوئي Photocatalysis

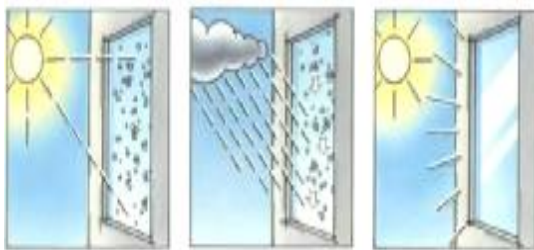
أصبحت الأسطح ذاتية التنظيف حقيقة بفضل طلاءات التحفيز الضوئي photocatalytic التي تحتوي على ثاني أكسيد التيتانيوم  $TiO_2$  بحبيبات النانو. هذه الحبيبات تبدأ عملية التحفيز الضوئي، وهي عملية تتم بكسر الأوساخ والأتربة بتعرضها للأشعة فوق البنفسجية للشمس ويتم جرفها بالمطر. إن المركبات العضوية المتطايرة تتأكسد بثاني أكسيد الكربون والماء. والأسطح الحالية ذاتية التنظيف تم تصنيعها عن طريق تطبيق طبقة رقيقة رقيقة طلاء النانو، أو دهان طلاء النانو، أو تكامل حبيبات النانو مع طبقة سطح المادة. (Elvin 2007)

أظهرت النتائج البحثية أن حبيبات  $TiO_2$ ، مادة لها قدرة عالية على الامتصاص والتشبع بأشعة الشمس فوق البنفسجية، وهذا يؤدي إلى تولد ذرات من الأكسجين على سطح تلك الحبيبات. وقد عزا العلماء سبب "النساعة الظاهرية" التي تبديها الصبغات والدهانات المؤلفة من تلك الحبيبات، إلى خاصية فريدة تتمتع بها هذه المادة، تعرف باسم "الإبيضاض الضوئي Photobleaching". وهذه الخاصية ليست محصورة فقط في حبيبات  $TiO_2$  النانوية، ولكنها موجودة في أكاسيد نانوية أخرى، وإن اختلف مقدار شدتها، مثل أكسيد الزنك ZnO. (الإسكندراني ٢٠١٠) ويوضح شكل (٣٠) طريقة عمل الطلاء وتطبيقاته.



شكل (٣٠) طريقة عمل طلاء التحفيز الضوئي

تتطلب طريقة العمل الضوء فوق البنفسجي، الأكسجين ورطوبة الهواء. ونحصل على الضوء فوق البنفسجي من ضوء النهار العادي لتفعيل تفاعل التحفيز الضوئي. وتتفكك الأوساخ العضوية الموجودة على سطح المادة بمساعدة المحفز - عادة يكون ثاني أكسيد التيتانيوم. وإن المقياس النانوي لثاني أكسيد التيتانيوم يجعله محفز تفاعلي عالي، ويسرع من عملية الفصل. ويعتبر الضوء فوق البنفسجي بالطول الموجي أقل من ٣٩٠ نانومتر ضروريا للغاية، وتستخدم خارجيا أكثر منه داخليا وخاصة في الواجهات المعمارية. كما هو موضح في شكل (٣١)، (٣٢)، (٣٣).



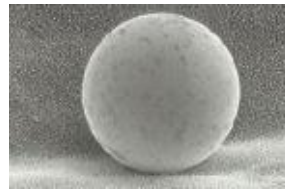
شكل (٣١)

وتعمل هذه الدهانات من خلال جزيئات الألوان التي تصل كثافتها إلى ١/مليار من المتر، وهذه الجزيئات يتم التحكم فيها بقوة عالية جدا، رغم أن سمكها قليل، ومن خلال جهاز التحكم عن بعد "ريموت كنترول" يمكن لصاحب المنزل أن يغير لون الحوائط. (أسماء ٢٠١٣)

### ١-٣-٥ الطلاءات ذاتية التنظيف Self-cleaning Coatings

#### • أولا طلاءات تأثير اللوتس Lotus-Effect

تظهر أوراق اللوتس تحت الميكروسكوب سطح خشن مانع للماء (طارد)، والذي يكون مغطى بعقد ومسامير رقيقة للغاية وبذلك يكون اتصال السطح ببعضه ضئيل فلا يستطيع الماء أن يستقر عليه. إن أسطح اللوتس الصناعية، المصنوعة بمساعدة تكنولوجيا النانو، ومنها تأثير اللوتس هي من أنسب الأسطح التي تعرض باستمرار للكيمات الكبيرة من الماء، أو المطر. ويقال طلاء تأثير اللوتس جذريا عمليات تنظيف الأسطح المعرضة عادة للماء فتبقى نظيفة. كما هو موضح في شكل (٢٣)، (٢٤)، (٢٥)، (٢٦).



شكل (٢٤) لقطة تحت

الميكروسكوب لنقطة ماء مستقرة على سطح خشن فائق المنع للماء



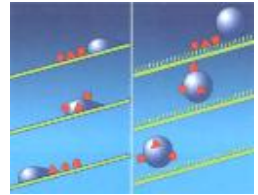
شكل (٢٣) السطح مغطى

بقطرات خشنة بارتفاع ١٠-٥ ميكرومتر، ومغطاة ببنية نانوية ولها أطراف شمعية



صورة (٢٦) نبات زهرة اللوتس

بخصائص التنظيف الذاتي أدت إلى تسميته تأثير اللوتس



شكل (٢٥) يوضح الفرق

الواضح بين الأسطح التقليدية وتأثير اللوتس

#### • من المباني المنفذة بطلاء تأثير اللوتس (مبنى سكني

##### ( Private residence

الموقع: أجستال، ألمانيا Agstall, Germany

المعماري: هيلد وأندريس وديونس

Hild and K Architekten, Andreas Hild, Dionys

Ottl, Munich, Germany

المنتج: طلاء ذاتي التنظيف تأثير اللوتس

عام: ٢٠٠٠

تخلق الواجهة مظهرا مبهج من خلال التلاعب بالظلال والإنعكاسات، وتم طلائها بالجبس الطيني التقليدي plaster slurry مع خلطه بطلاء ذاتي التنظيف بتأثير اللوتس. كما هو موضح في شكل (٢٧)، (٢٨)، (٢٩).



شكل (٢٧) مبنى Private residence

### ٢-٣-٥ الطلاءات المضادة للجرافيتي Anti-graffiti

#### Coatings

إن هذه الطلاءات فعالة للغاية وتستخدم لجعل مواد البناء ممانعة للماء. وتعني خواصهم الطاردة للماء أنه يمكن إزالة الجرافيتي بسهولة أكثر بمنظفات مناسبة. وحتى المواد الماصة والمسامية مثل الطوب، الحجر الرملي، الخرسانة، والمواد المشابهة الأخرى يمكن حمايتها بفاعلية باستخدام مثل هذه الطلاءات النانوية. وهذا الطلاء لا يسد مسام المواد، لكنه يسمح للمادة بالحفاظ على نفاذيتها للبخار. وإن طلاءات النانو الرفيعة جدا تحدد المسام الشعرية بدون أن تسدهم. بالإضافة إلى ذلك، يقلل الطلاء من تراكم الأوساخ بشكل كبير، ويجعل الطلاء قابل للتطبيق على أسطح الأرضيات أيضا. كما هو موضح في شكل (٣٦).



شكل (٣٦) سهولة تنظيف الجرافيتي من الأسطح المعالجة بالنانو  
٣-٣-٥ الطلاء المضاد لبصمات الأصابع Anti-fingerprint

#### Coatings

إن الأسطح الحديدية أو الزجاجية التي تظهر بمظهر الصدا تكون نتيجة للمس المستمر للسطح. فيبدل الطلاء انكسار الضوء بنفس الطريقة التي تحدث بها بصمات الأصابع، ولذلك فإن بصمات الأصابع الجديدة يكون لها تأثير أقل. إن انعكاس الضوء على الطلاء يجعل الحديد أو الأسطح الزجاجية تظهر ناعمة، ونظيفة. كما هو موضح في شكل (٣٧).



شكل (٣٧)

إن مادة FENIX NTM هي مادة مبتكرة للتطبيقات المعمارية مناسبة للاستخدام الأفقي والرأسي، وتعطي سطح ذكي وغير لامع تماما مضاد لبصمات الأصابع، بانعكاسية قليلة جدا للضوء وتأثير ذو لمسة ناعمة. ومن مميزات ألوانها الكلاسيكية، ومقاومتها العالية للخدش والتآثر، سهولة التنظيف وكثافة اللون الممتازة، والتي توفر للمصمم حلول معمارية مختلفة.

### ٤-٣-٥ طلاءات مقاومة الرطوبة Moisture Resistance

#### Coating

إن مقاومة اختراق الرطوبة يعتبر موقف حرج على متانة المواد الإنشائية. وتتسبب الرطوبة في تعفن المواد سريعة التأثير وتغذيتها بالعفن والبكتيريا. (Elvin 2007) ولسوء الحظ، إن الكثير من المواد التقليدية المضادة للماء، مثل البولي يوريثين، تطلق المركبات العضوية المتطايرة للتخلص من العفن. وعلى النقيض، توفر طلاءات النانو مقاومة للرطوبة بدون هذه التأثيرات الجانبية الضارة.

### ٥-٣-٥ الطلاءات المضادة للتآكل Anti-corrosion

#### Coatings

إن منتج NH 2015، المتوفر من قبل شركة Nanovations، هو



شكل (٣٢) في البلاطات التقليدية، يشكل الماء قطرات والتي تجف وتترك وراءها ترسبات وأوساخ



شكل (٣٣) في الأسطح الجاذبة للماء للبلاطات ذات التحفيز الضوئي، يشكل الماء طبقة تجري على السطح وتأخذ معها كل الترسبات

### • من المباني المنفذة بطلاء التحفيز الضوئي (مركز محمد علي Muhammad Ali Center MAC)

الموقع: لويسفيل بكنتاكي، الولايات المتحدة الأمريكية، Louisville, Kentucky, USA

المعماري: بيير بليندر Beyer Blinder Belle Architects & Planners LLP, in cooperation with Lee H. Skolnick Architecture + Design Partnership, New York, USA

المنتج: طلاء ذاتي التنظيف بالتحفيز الضوئي لبلاطات السيراميك عام: ٢٠٠٥

للمحافظة على المظهر الثابت الجيد ولتقليل تكلفة تنظيف الواجهة، تم تسليح البلاطات السيراميك بطلاء ذاتي التنظيف بتقنية التحفيز الضوئي للسطح. وتم دمج الطلاء على الطبقة المزججة للسيراميك، فلذلك يكتسب متانة لأجل غير مسمى. بالإضافة إلى أن السطح ينجي الهواء، ويزيل الأتربة والأوساخ ويستنفذ الغازات من العربات والصناعات في البيئة المحيطة. كما هو موضح في شكل (٣٤)، (٣٥).



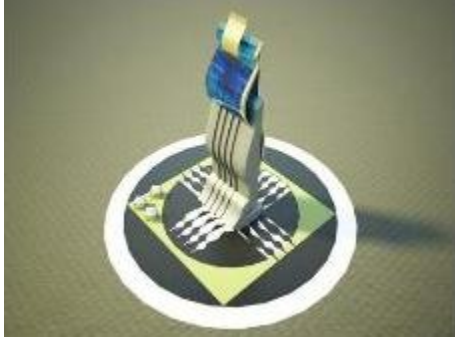
شكل (٣٤) مركز محمد علي بالولايات المتحدة الأمريكية



شكل (٣٥)



شكل (٤٠) الواجهة الجانبية للمبنى



شكل (٤١)

### الخلاصة Conclusion:

- أهمية دور تكنولوجيا النانو في الإرتقاء بالبيئة المصرية.
- تطوير المباني القائمة وحل المشاكل المتعلقة بتحسين وتنظيف الواجهات المعمارية.
- التأكيد على مواكبة العلم والتطور والمرونة في استخدام خامات جديدة كلياً تم تعديل بنيتها الذرية لتعطي خواص فيزيائية وكهربائية جديدة مختلفة عن خواصها في حجمها الأصلي.
- دور مواد النانو في تصميم بيئة معمارية وانشاءات بنائية صديقة للبيئة وتخدم الانسان وتوفر التكلفة على المدى البعيد.

### المراجع References:

1. محمد بن عتيق الدوسري، (٢٠١٢) التقنية متناهية الصغر (النانو)، مجلة الأمن والحياة، العدد ٣٥٨.
2. محمد شريف الإسكندراني، (أبريل ٢٠١٠) تكنولوجيا النانو من أجل غدا أفضل، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب- الكويت.
3. Abeer Samy Yousef, (April 2015), Nano-Innovation in Construction, A New Era of Sustainability, international conference on Environment and Civil Engineering (ICEACE2015), Pattaya, Thailand.
4. Elvin, G. (2007), Nanotechnology for Green Buliding, Green Technology Forum, Published by Wiley and Princeton Architectural Press, USA.
5. Lalbakhsh, E. and Shirazpour, P., (2011), Nanomaterial for Smart Future Buildings, International Conference on Nanotechnology and Biosensors, IPCBEE vol. 25, IACSIT Press, Singapore.
6. Leydecker, S. (2008), Nano Materials in architecture, Interior architecture and Design, Springer Science & Business Media, Birkhauser, Berlin, Germany.
7. Michael, F. A., Paulo J. F., Daniel, L. S.

طلاء لا يحتوي على الزيت، معزز بتكنولوجيا النانو لمعالجة السطح، ويستطيع بسهولة إزالة كل الصدأ والتلوث ويترك وراءه سطح نظيف طارد للماء والأوساخ. ويحمي الحديد الصلب ضد التلوث لمدة أكثر من عامين، حتى لو أنه معرض تماماً للأحوال الجوية والبيئات القاسية. في عمر الطلاء الافتراضي، يحافظ عليه بمسح السطح بقماشة رطبة. وهو أيضاً لا يحتوي على الأسيد والمركبات العضوية المتطايرة.

### ٦-٣-٥ طلاءات الحماية من الأشعة فوق البنفسجية UV Protection

إن المواد الممتصة للأشعة فوق البنفسجية بمقياس النانو المضافة لطلاءات الوقاية يمكنها الحفاظ على الأسطح من الدمار بالأشعة فوق البنفسجية. والنتيجة هي خشب يبقى طويلاً بأقل رمادية من الخشب الغير محمي. ويوفر صغر حجم الحبيبات إمكانية الوقاية الفائقة دون التأثير على شفافية الطلاء. ويعتبر منتج شركة Nanovations Teak Guard Marine مثلاً على حماية الخشب من الأشعة فوق البنفسجية. حيث تقدم حلول مستدامة لحماية الخشب للأخشاب الصلبة وخشب الساج Teak.

إن شركة Suncoat تصنع طبقات رقيقة لاصقة متعددة الاستخدامات وورنيش النانو الشفاف اللاصق للحماية من الأشعة فوق البنفسجية للنوافذ الزجاجية والمظلات. ويسمح منتجهم للأسطح المحمية بالحفاظ على جودة ألوانها لفترة طويلة من الوقت، إسقاط الأوساخ، مقاومة الخدش، والتنظيف الذاتي. وتصنع شركة Centrosolar Glas منتج زجاج Solarglas Clear و Solaglas PRISM الذي يمكن تزويده بطلاء النانو ذو الخصائص المضادة للانعكاس. (Elvin 2007)

### ٦ رؤية تصميمية افتراضية للعمارة باستخدام تكنولوجيا النانو

لقد قامت الدراسة باستخلاص رؤية تصميمية كما هو موضح في شكل (٣٨) لتصميم واجهة مبنى إداري مع مراعاة استخدام خامات النانو في الواجهات الخارجية للمبنى لتقليل فقد الطاقة داخل المبنى واستخدام خصائص التنظيف الذاتي للمواد وتقليل عمليات التنظيف الدورية وتحقيق استدامة البيئة المعمارية.

تم تغطية الواجهة بالألومنيوم المركب من النوع Nano-PVDF والزجاج المعالج بتكنولوجيا النانو مع استخدام طلاءات التحفيز الضوئي Photocatalysis. شكل (٣٩)، (٤٠). ويتضح تنسيق البيئة الخارجية للمكان بواسطة استخدام أرضيات بها خاصية تنقية الهواء الخارجي. شكل (٤١).



شكل (٣٨) مرحلة أولية (اسكتش) لتصميم شكل العمارة



شكل (٣٩) الواجهة الأمامية للمبنى



12. Sage Electrochromatics, Inc. "SageGlass glazing," through <http://www.sage-ed.com/pages/benefits.html>
  13. Solutia Inc. "Welcome to Vanceva," 2007, through <http://www.vanceva.com/design/pages/default.asp>
  14. <http://www.nanotechproject.org/publications>
  15. <http://www.mastteam.it>
  16. <http://www.malvern.com/LabEng/industry/nanotechnology/nanotechnologydefinition.htm>
  17. <http://www.skyscapercity.com>
  18. <http://www.erlus.de/index.php?lg=en>
  19. <http://www.ict.fraunhofer.de>
  20. <http://www.fenixntm.com/en/about>
  21. <http://www.ettc.usc.edu/catalog.html>
  22. <http://www.nanovation.com>
8. Modhera, C. D. & Rathi, V. R. , (February 2014) An Overview on the Influence of Nonmaterial on Properties of Concrete, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol.3.
  9. Whatmore, R.W. and Corbett, J. (1995) "Nanotechnology in the marketplace," Computing & Control Engineering Journal, Vol 6, Issue 3.
  10. American National Nanotechnology Initiative, through <http://www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.html>
  11. Center for Responsible Nanotechnology "What is Nanotechnology." through <http://www.crnano.org/whatis.html>