Journal of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 12, No. 45, October, 2017, 1469-1475

تأثير المواد النانويه المضافه لتحسين الخواص المختلفه لمواد البناء وانعكاس ذلك على اعمال الصيانه للمبانى

هشام سامح حسين سامح[1] ومحمد مصطفى الهمشرى[2] و علا مجدى محمد فاضل [3]

[1] كلية الهندسة - جامعة القاهرة .

[2]معهد أكتوبر العالى للهندسة والتكنولوجيا .

[3] هيئة تنمية المجتمعات العمرانية الجديدة بمدينة الشيخ زايد

ABSTRACT

The traditional building materials used in the various elements of the building are limited in their characteristics and characteristics, in addition to the presence of some defects which made it necessary to discover new materials that avoid the apparent defects in the building. The Nan particles, which have added to them a great effect in minimizing the defects found in traditional building materials Where the addition of the mat erial nana to obtain new features, were not available for several purposes vary from building to another, which is reflected in turn on the maintenance work of the building, and these materials

1- Titanium dioxide (TiO2) as self-cleaning material

2. Zirconium Oxide Nan particles (ZrOx) and anti-wall coating

3 - the use of Nan particles of silica as in the anti-fogging and anti-icing coatings "

ملخص البحث

مواد البناء التقليدية المستخدمة في عناصر المبنى المختلفة محدودة في مميزاتها و خصائصها بالأضافه إلى تواجد بعض العيوب التى جعلت هناك حاجه ملحه لأكتشاف مواد جديده تتلافى مع العيوب الظاهره بالمبنى ، فظهرت المواد النانويه والتى جعلت لأضافتها تأثيراً كبيراً فى التقليل من العيوب المتواجده توجد بمواد البناء التقليديه

حيث يتم أضافةالموادیه النانو للحصول على مميزات جديده ، لم تكن متواجده وذلك لأغراض عده تختلف من مبنى لآخر ،والذى ينعكس بدوره على أعمال الصيانه للمبنى ، ومن هذه المواد

١ - ثانى أكسيد التيتانيوم Tio_2 (ثانى أكسيد التيتانيوم) كما بالخرسانه ذاتية التنظيف

٢ - كذلك استخدام جسيمات الزركونيا (Zirconium Oxide Nanoparticles) " ZrO_2 " كما بالطلاء المضاد للكتابه على الجدران

٣ - استخدام جزيئات نانويه من السيليكا كما فى الطلاء المضاد للضباب "Anti – Fogging and anti– icing coatings"

مقدمة

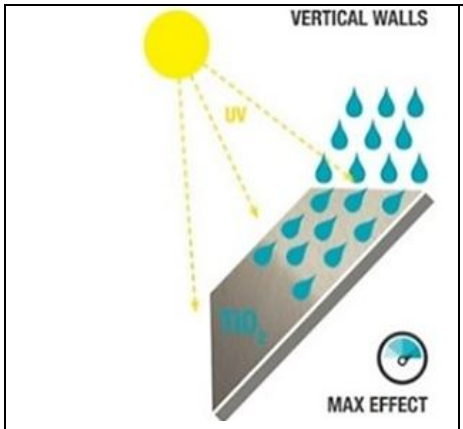
للمواد النانويه المضافه تأثير كبير على تحسين خواص المواد المستخدمه فى البناء والذى ينعكس بدوره على الحد من تلفيات المبانى ، بالتالى التقليل من أعمال الصيانه اللآزمه للمبنى ، وفيما يلى دراسة للأنواع المختلفه من مواد البناء المستخدم بها تقنية النانو ، والمواد النانويه الداخله فى تكوينها ، منها :

١) الخرسانه ذاتيه التنظيف "Self- Cleaning Concrete" :

تقوم فكرة عملها على أستخدام جزيئات نانويه من Tio_2 (ثانى أكسيد التيتانيوم) فى انتاج الأسمنت الأبيض الداخل فى تركيب الخرسانه المستخدمه على واجهات المبانى للمساعدة فى الحفاظ على جماليات البيئة المبنيه وزيادة متانة العناصر الخرسانية ، حيث شملت التطورات فى أنتاج المواد الخرسانية خلال السنوات الاخيره عدة خواص للخرسانه للتحسين منها ، خصائص التنظيف الذاتى والتى تعتبر أهم تلك الخصـــاص و يرجع الفضل فى تطوير تلك الخاصيه لأستخدام جزيئات نانويه

من Tio_2 (ثانى أكسيد التيتانيوم) ، كما أن لاستخدامها تأثير كبير فى خفض تكاليف صيانة المنشأ ؛ حيث تشير التقارير إلى أن التجارب التى أجريت لهرآقبة أداء الأسمنت الأبيض تؤكد قوة تحمله للتأثيرات المناخية المختلفة كما فى مبنى كنيسة اليوبيل بروما [1]

شكل رقم 1 مبنى كنيسة اليوبيل "The Jubilee Church" – روما وأستخدام خرسانه ذاتية التنظيف به والمستخدم بها الخرسانه ذاتية التنظيف كتطبيق لمواد البناء المستخدم بها تكنولوجيا النانو فى الطلاء (2)



شكل رقم 2 يوضح فكرة عمل الحوائط ذاتية التنظيف بأستخدام تكنولوجيا النانو وذلك عن طريق التحفيز الضوئى (3)

فكرة العمل الخاصة بمادة Tio2 (ثانى أكسيد التيتانيوم) :

حتى يتم توضيح فكرة عمل أستخدام جزيئات نانويه منTio_2 (ثانى أكسيد التيتانيوم) ، ولمعرفة كيفية عملها فى عمليات التنظيف الذاتى للمبنى لآبد من التعرف على نهجى أستخدام تلك الماده ، وتكون من خلال أما أستخدام المواد المحفزه ، أو استخدام خاصية اللوتس كما سيتم شرحهم :

أ -استخدام المواد المحفزة :

لآزالة الأوساخ كما فى أستخدام جزيئات نانويه من Tio_2 (ثانى أكسيد التيتانيوم) وهى مادة فعاله فى عملية التنظيف الذاتى للخرسانه ؛ تقوم بتحويل بعض الملوثات الناتجه عن الإنبعاثات الصناعيه وأكاسيد النيتروجين وغيرها إلى مواد غير ضارة ، عن طريق التحفيز الضوئى بإستخدام الأشعة السينيه ، او بأستخدام الأشعة الفوق بنفسجية عليها لتعزيز أحلال الأوساخ من على سطح المادة (4) ، وذلك كما هو موضح بالشكل رقم (5)

ب -أستخدم تأثير اللوتس :

عن طريق أستخدام طلاء شمعى يعمل على سهولة تجميع الأوساخ على السطح لسهولة التخلص منها (6) ، ومن مميزات استخدام تلك الخاصيه :

- إمكانية أستخدام أصباغ بها ؛ للحصول على الألوان المطلوبه واستخدامها بالواجهات (7)
- المحافظه على متانة الخرسانه وعدم الحاجه الى أعمال التنظيف الدورى الذى قد يتسبب فى حدوث ضرر بالمبنى؛ والتى من المتوقع أن يكون لها مردود كبير فى تخفيض تكاليف الصيانه المستقبليه له(8)

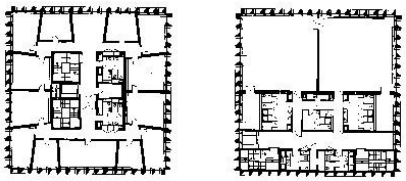
من مميزات أستخدام الخرسانه ذاتية التنظيف:

١ - غير منفذه للرطوبه والملوثات
٢ - لاتؤثر على المظهر العام للمبنى
٣ - حماية الشروخ من نفاذية الفطريات ، أو نفاذيه ثانى أكسيد الكربون الذى يتفاعل مع الخرسانه ليتسبب فى مشاكل بالمبنى ؛ وكذا مقاومتها للقلويات (9) .

أ - أمثلة المبانى المستخدمه للطلاء المحتوى على ثانى أكسيد التيتانيوم

مبنى مدينة الفنون والموسيقي - شامبرى-فرنسا Cite des arts et de la Musique Chambery (10

المعمارى المصمم Yann Kêromnès, François Cusson, Aurelio Galfetti

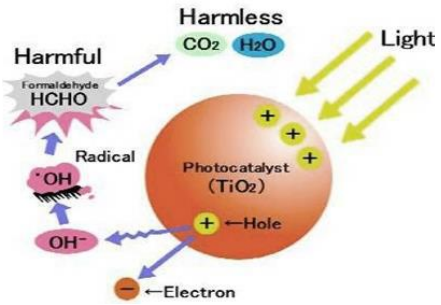


شكل رقم 3 يوضح المساقط الافقيه للبناء المستخدم به الخرسانه ذاتية التنظيف يتضح فيه مراعاة المعمارى لتظليل المبنى عن طريق بروز الاعمده التى تحمل وظيفه معماريه وانشائيه

تم البناء على مساحة 9000م^2 وهى نماذج لأستخدام الزجاج ذاتى التنظيف كذلك استخدام الخرسانه ذاتية التنظيف بالمبانى الخاصه بالمدينة حيث استخدام جسيمات نانويه من ثانى اكسيد التيتانيوم فى طلاء الزجاج والذى يعمل على التقاط جزء كبير من الأشعاع الشمسي، تعمل على إثارة الالكترونيات وتكون فى حالة أعلى من الحالة الأساسيه ، تكون سهولة استخدامها فى كثرة توافر عنصر التيتانيوم

شكل رقم 4 يوضح مدينة الفنون والموسيقى شامبرى – بفرنسا حيث يمينا استخدام الخرسانه ذاتية التنظيف يسارا توح استخدام الزجاج ذاتى التنظيف

نظراً لأهمية المبنى والحاجه الملحه الى الحفاظ على مظهره ، فقد كان لزاماً أن يتم الإهتمام بجعل واجهته لأئقه والحفاظ عليها ؛ لإطالة العمر الإفتراضى للمبنى، فقد تم إستخدام الخرسانات والزجاج ذاتى التنظيف



شكل رقم 5 يوضح فكرة اكسيد التيتانيوم عند استخدامه على الخرسانه المسلحه و الزجاج

مما سبق نلاحظ أنه : تعمل مادة ثانى أكسيد التيتانيوم عند اضافتها للخرسانه فى الحصول على نوع من الخرسانه تسمى الخرسانه ذاتية التنظيف لها أثراً كبيرا فى التقليل من أعمال الصيانه اللآزمه للمبنى ؛ عن طريق تحويل بعض الملوثات الى مواد غير ضارة ، من خلال عمليات التحفيز الضوئى بإستخدام الأشعه السينيه ، أو من خلال خاصية اللوتس ، والتى تقلل بدورها من الحاجه إلى أعمال التنظيف المستمره الى جانب المساعده فى عدم التصاق المياه على سطح المبنى والتى تتسبب فى حدوث مشاكل بالمبنى خاصة عند أحتوائها على كلوريدات ، وما قد تتسبب فى حدوث أضرار بالمبنى والمساعده فى الحفاظ على متانة الخرسانه ؛ كل ذلك يؤثر على التقليل من أعمال الصيانه العلآجيه بالمبنى ؛ بالإضافه إلى ذلك فإن لها خاصيه عدم نفاذ الرطوبه أو ثانى اكسيد الكربون اليها الأمر الذى يمنع من مشاكل تفاعلها مع الخرسانه ، وكذا مقاومة القلويات التى تؤثر سلباً على الخرسانه ؛ مما يقلل من مشاكل الخرسانات .

٢) الطلاء المضاد للكتابه على الجدران "Anti-Graffiti Coating " :

تعد الكتابه على الجدران من العوامل التى تعمل على رفع تكاليف أعمال تنظيف الواجهات ؛لذلك تم التفكير فى استخدام تكنولوجيا النانو لانتاج طلاء يمكنه حل هذه المشكله (11)

فكرة العمل بالخاصه بإستخدام جسيمات الزركونيا Zirconium Oxide " (ZrO_2) " Nanoparticles لجعل الطلاء مقاوم للكتابه على الجدران كما يمكن ازالته بسهوله [12] ، يستخدم على الواجهات للحفاظ عليها وعدم تشويهها ولخفض تكاليف صيانة الواجهات (13) ؛ وذلك من خلال المساعده فى تكوين حاجز وقائى مستنده الى البولى يوريثين المشبعه بالفلور (14) ، فالأساليب التقليدية لإزالة آثار الكتابه من الجدران والتى تكون إما بإستخدام الضغط العالى للمياه أو بأستخدام مواد كيميائيه قد تكون غيرصديقه للبيئه ، أو يصعب إزالتها وربما تحتاج الى إعادة الطلاء مما يرفع من التكلفة

الأ ان من عيوب أستخدام هذه الطريقه هو إمكانية تسرب الأملاح الى داخل المنشأ لذلك يراعى العزل الجيد مع أستخدامها فى الاماكن مرتفعة الملوحه أو القريبه من البحر[15] .

شكل رقم 6 يوضح الطرق التقليديه لازالة الكتابه من على الجدران بالطرق التقليديه ومدى صعوبة ازالتها (16)

شكل رقم 7 يوضح استخدام الطلاء المضاد للكتابه على الجدران وسهولة اثار الكتابه (17)

ب -من امثلة المبانى المستخدمه لتقنية الطلاء المضاد للكتابه على الجدران

اسم المبنى	Dallas Cowboys Stadium **دالاس كاوبويز**
المعمارى المصمم	Dallas architectural firm HKS
تاريخ الانشاء	27 مايو – 2009
شكل رقم 7 يوضح قطاع بمبنى Dallas Cowboys Stadium دالاس كاوبويز – الولايات المتحده الامريكيه	**يقع المبنى بمدينة تكساس الأمريكيه ونظراً لاهميةِ المبنى فقد تم تغليفه بطلاء مضاد للكتابه ذلك الحفاظ عليه المبنى من التخريب** **شكل رقم 8 يوضح واجهة بمبنى Dallas Cowboys Stadium دالاس كاوبويز – الولايات المتحده الامريكيه – مصدر (18)**
تم أستخدام هذا الطلاء نظراً لأهمية المبنى ، والحاجه الماسه الى عدم تشويه المنظر الجمالى له	

مما سبق نلاحظ أن أستخدام جسيمات الزركونيا (ZrO2) بالطلاء يؤدى الى انتاج الطلاء المضاد للكتابه على الجدران والذى يؤثر تأثيراً مباشرا على أعمال الصيانه حيث يقوم بالتأثير على أعمال الصيانه من خلال تقليل الحاجه إلى تغيير الدهانات نتيجة لتشوه الجدران بالكتابه عليها . كذلك من خلال إمكانية إزالة الكتابه بسهوله بدلاً من أستخدام الطرق التقليديه ، والتى قد تكون بإستخدام مواد كيميائيه أو الضغط العالى للمياه ؛ مما قد يؤدى إلى حدوث تلفيات بالمبنى ، الا أنه يراعى العزل الجيد مع أستخدامها حيث إمكانية تسرب الأملاح إلى داخل المنشأ .

٣) **الطلاء المضاد للضباب "Anti – Fogging and anti– icing coatings"**

تتلخص فكرة عمله فى : أنه طلاء بوليمرى يتم صناعته من جزيئات نانويه من السيليكا ، حيث يعمل كأسلوب وقائى للحماية من تكوين الضباب على الأسطح ؛ من خلال ذلك الطلاء [19] ، تأتى الحاجه اليه فى البيئات ذات الرطوبه العالية ، حيث تكون سطحاً مضاداً للإنعكاس [20] ،وهو عباره عن طلاء بوليميرى ، فقد قامت مجموعه من الباحثين بالمانيا بإختراع آليةِ التدفئه للأسطح عن طريق أستخدام طبقه شفافه من أنابيب الكربون النانويه عند مرور التيار الكهربائى بها فإنه يقوم بعمل تدفئه لتلك الطبقات ؛ بالإضافه إلى إمكانية أستخدامه فى الفراغ الداخلى إلى جانب الواجهات الخارجيه حيث عدم حاجته إلى الأشعه الفوق بنفسجيه حتى يمكنه تفاعل جزئياته ، يتم أستخدامه فى المبانى بالمناطق الجليديه خاصة المبانى العاليه منها [21] ،كما أن لهذا النوع من الطلاء قدرة على مقاومة التكثيف بالإضافه إلى أستخدامها فى زيادة درجة الحرارة الداخلية للمبنى ؛مما يعنى التقليل من تلفيات عوازل الرطوبه [22] .

شكل رقم يوضح الفارق بين الزجاج التقليدى والزجاج المطلى بطلاء الضباب والذى يوضح القدره العاليه للطلاء المضاد للضباب فى مقاومة الرطوبه والتكثيف - المصدر (23)

فكرة عمل أستخدام السيليكا بالطلاء الى تكوين الطلاء المضاد للضباب(للرطوبة) انه يؤثر على أعمال الصيانه من خلال زيادة من العمر الإفتراضى للدهانات على الواجهه ؛ حيث مقاومته العاليه للرطوبه ، التى قد تؤثر على المبنى تأثيراً سلبياً خاصة فى الأماكن الجليديه .

تأتى السيطره على أعمال الصيانه ونوعيتها وحجمها من خلال المراحل الأولى للتصميم ؛ حيث أختيار المواد المستخدمه وتأثيره على العمر الإفتراضى للمبنى وزيادة كفاءة التصميم ، ومدى مطابقتها للمواصفات الأمر الذى يساعد فى تجنب مشاكل المبنى المستقبليه .

فالمواد النانويه يعمل استخدامها على رفع كفاءة المبنى كذلك التقليل من أعمال الصيانه للمبنى ، وتخفيض تكاليفها .

التوصيات :

- أنشاء أقسام لتكنولوجيا البناء مثلها مثل أقسام العمارة و التخطيط أو الدبلومات Post Graduate)على أن تقوم هذه الأقسام بأعداد المهندس المتخصص في تصميم و تنفيذ هذه النوعية من الابنيه المستخدم بها تكنولوجيا النانو بمواد البناء و التعامل مع مباني القرن الواحد و العشرين ، يقوم بالتدريس فيها المتخصصين من أقسام العمارة و الكهرباء و الإنشاءات و غيرها من الأقسام التى يمكنها أن تساعد فى هذا المجال . بحيث تخرج المعماري القادر على عمل التصميمات و التفاصيل الخاصة بهذا المجال و الوعى بطرق تنفيذها و المشاكل و كيفية حلها .
- أدراج مجال العمارة الذنانويه و رؤاها و أطروحاتها ضمن المقررات الدراسية في مرحلتي ما قبل التخرج و ما بعد التخرج لتحقيق الاستفادة القصوى من المجال .
- نشر الرؤى و الأطروحات و الندوات الخاصة بالعمارة النانويه وأهمية أستخدام المواد النانويه لتحسين خواص المواد التقليديه وتلآفى عيوبها وذلك خارج الدوائر الأكاديمية ، و توعية ممارسي المهنة بالمستجدات في هذا المجال .
- تعديل و تطوير المواد العلمية لتستوعب التطور الذي يجب أن تجاريه العمارة المحلية ، و دراسة النماذج التي نجحت في توظيف العمارة النانويه في مبانيها محليا . كذلك أدخال مقررات خاصة تناقش الجوانب المشتركة بين تخصص العمارة و تخصصات الأقسام الأخرى في مجال العمارة الذكية والتى تعتبر العماره النانويه أحد جوانبها .

- مساهمة كل قطاعات الدوله بدعم الأستثمار في مجال أستخدام تكنولوجيا النانو والتي يتطلب من القطاع الخاص المساهمة في إعدادها وتوفيرها، وعلى كافة المستويات، التي يمكن أن يؤديها هذا القطاع في توفير كل خدمة من هذه الخدمات بالمبانى في القرن الحادي والعشرين ، وبالشكل المتوقع أن تكون عليه هذه الخدمة.
- سن القوانين والتشريعات المناسبة لحماية الملكية الفكرية والخاصة بمعالجة قضايا التقنية النانويه ، التي تعمل على حماية المستهلك وتضمن بها حق المبتكرلها، وتوحيد الإجراءات التنظيمية لإدخال هذه التقنيات بالمبانى بصفة عامة و المبانى الأدارية بصفة خاصة ، مما يساعد على أنتشار خدماتها وأمتدادها إلى خارج حدود دولهم ، وتبني مبادرات حقيقية لخفض الأسعار والرسوم الجمركية والضرائب على الأجهزة والمعدات التقنية لرفع عدد مستخدميها.
- تهيئة المناخ المعماري المناسب و يكون ذلك عن طريق تعديل القوانين التي تعطى مساحة من الحرية للمعماري ليتحرك فيها .
- يوصى بعدم قيام جهة خاصة بلأحتكار مثل هذه التكنولوجيات ، و أنما يجب أن تمتلكها أكثر من جهة حكومية تسوقها ، و تدعمها ماديا و تقنيا و ذلك عن طريق قانون يحدد ذلك .
- تجهيز البنية التحتية القادرة على استيعاب الكم الهائل من المعلومات، وعلى أستيعاب القدرات المتقدمة للتقنيات الرقمية، وضمان انتشارها .
- يجب أن تقوم المعاهد المتخصصة في البحوث و البناء بأعداد كود متخصص للمباني المعتمده على تكنولوجيا النانو .
- أنشاء مواقع علميه على شبكة المعلومات تحتوى على مواد علمية و معلومات مفيدة عن موضوع العمارة النانويه.
- تشكيل فريق بحثي متكامل يغطى كآفة التخصصات المتعلقة بالعمارة النانويه للقيام بسلسلة من البحوث و الدراسات المتخصصة ،ولبحث إمكانيات وسبل تطبيق تكنولوجيا العمارة النانويه في الواقع المحلى المعاصر و عمل دراسات متكاملة للنواحي الاقتصادية و الصيانة و التشغيل ، و بحوث تدريب للمهندسين و العاملين و الفنيين لأعداد كوادر فنية تستطيع أن تتولى تنفيذ و تشغيل تلك النوعية من المباني .
- يعتبر عقد المؤتمرات و الندوات التي تناقش أطروحة المباني النانويه و أنظمتها من الوسائل الفعالة لنشر الفكرة والتوعيه بحل المشكله .
- توجيه البحث العلمي نحو دراسات شاملة لتجارب واقعية للمباني النانويه و معرفة مدى تأثيرها على الجوانب المختلفة (أقتصادياً – أجتماعياً – نفسيا) .
- ضرورة القيام بسلسلة من الدراسات المتخصصة في المجالات التي تدعم تحقيق مفاهيم العمارة النانويه كمجالات علوم البناء و علوم الحاسب الألى و تطبيقاته المعمارية .
- تشجيع الأبحاث العلمية في مجال التكنولوجيا الحديثة لدعم تطبيق تكنولوجيا النانوداخل مجال العمارة .
- التوعيه بأهمية المواد المضافه لمواد البناء والتى تعمل على تحسين خواصها والتى تتطلب الحاجه الملحه الى تعريف المعمارى بمدى أهميتها
- التوسع فى مجالات أبحاث الصيانه وعلاقاتها بتكنولوجيا النانو لمعرفة لتأثير المباشر للمواد النانويه المضافه على أعمال الصيانه الخاصه بالمبنى
- الحاجه الى وجود دعم من الدوله فى أستخدام تلك المواد وتطبيقها بصوره واسعه
- أنشاء مراكز بحثيه لتطوير الاضافات المستخدمه لتحسين مواد البناء والتقليل من تكاليفها

المراجع العلميه

1- Mohamed , Bououdina (2014) : " Handbook of Research on Nanoscience, Nanotechnology, and Advanced Materials" , ENGNEERING SCOENCE REFERENCE ,Portugal , P168
2- Unowsky . Daniel L. (2005) : "The Pomp and Politics of Patriotism " , Purdue University Press, USA.
3- Ameta . Rakshit , Ameta . Suresh C (2016) : "Photocatalysis: Principles and Applications" CRC Press, USA .
4- Sobolev . Konstantin ,. Shah. Surendra P (2015) : "Nanotechnology in Construction: Proceedings of NICOM5" . Springer, Press , USA .
5- http://www.mirage.it/en/products/hy-pro24_en

6- Mohamed , Bououdina (2014) : " Handbook of Research on Nanoscience, Nanotechnology, and Advanced Materials" , ENGNEERING SCOENCE REFERENCE ,Portugal , P168
7- fib bulletin (2010) : " Structural Concrete: Textbook on Behaviour, Design and Performance" , DDC Document Competence Center Sigmar Kastl ek,Germany , P129.
8- Fehling, Ekkehard & Middendorf Bernhard, and Jenny Thiemicke (2016) : " Ultra-High Performance Concrete and High Performance Construction Materials " , Kassel University Press M Germany , P159.
9- Briggission ,Bjorn & Mukhopadhyay ,Analk & GEORGENE AND OTHER (2012) :" NANO TECHNOLOGY IN CONCRETE MATERIALS ", TRANSPORTANT ON RESEARCH BOARD ,WASHINGTON.
10- fib bulletin (2010) : " Structural Concrete: Textbook on Behaviour, Design and Performance" , DDC Document Competence Center Sigmar Kastl ek,Germany , P129.
11- Khanna , A.s (2008) :"High-Performance Organic Coatings ", CRC Press ,New York , Washington ,P288.
12- Haeberlin. Claire Dupas & Lourtioz, Jean-Michel & Lahmani ,Marcel and other (2015): " Nanosciences and Nanotechnology" ,Springer ,Newyork,London,P202203 -
13- Mongillo , John F (2007) : " Nanotechnology 101" , Green Wood Press , USA, P 134 , 135
14- Grose , Christopher - Johnston ,David and Pitchard , Martin and others (2012) " A Dictionary of Construction, Surveying, and Civil Engineering ", Oxford University Press ,Oxford , United exford ,P23.
15- George. Elvin ,2007 : " Nano Technology For Green Building " , Green Technology Forum, New York,P 25
16- ENGLISH, HERITAGE. (2012): " Practical Building Conservation: Concrete ", MPG BOOK Group ,UK , p 274.
17- Douglas, James (2006) : " Building Adaptation" , Spon Press , USA, P391.
18- http://tensiduk.com/product-list/surface-protection%E2%80%8E
19- http://www.vanderbilt.edu/econ/faculty/Vrooman/cowboys-estimate.pdf
20- Terzis , Leonidas(2015) : "Airline Pilots Interview Course: Leonidas Terzis" , GRAfIMA Publishing LTD , GREECE, P 8-13 .
21- Wu, Limin and Baghdachi , Jamil (2015) : " Functional Polymer Coatings: Principles, Methods, and Applications " , John Wiley & Sons , USA , P 113.
22- A. R. Jha (2008) : "MEMS and Nanotechnology-Based Sensors and Devices for Communications, Medical and Aerospace Applications" , CRC Press, , USA .
23- Yam, Kit L (2010): "The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology" , John Wiley & Sons , USA , P 50