Journal of
Engineering Sciences
Faculty of Engineering
Assiut University
JES
مجلة
العلوم الهندسية
كلية الهندسة
جامعة أسيوط
journal homepage: http://jesaun.journals.ekb.eg

استخدام مواد وتقنيات النانو لرفع كفاءة التشطيبات الخارجية للمباني لتحقيق جودة بيئتها الداخلية (دراسة تطبيقية على مبنى اداري)

Received 30 March 2023; Revised 27 May 2023; Accepted 28 May 2023

مروة عماد فكري [1]

الكلمات الرئيسية
تقنية النانو – مواد تقنية النانو- تشطيب الواجهات -جودة البيئة الداخلية – المباني الإدارية

الملخص
أوجدت تطبيقات تقنية النانو تغييرا شاملا في جميع أنماط الحياة والتي بدورها أحدثت ثورة في مجال مواد الإنشاء والتشطيبات المعمارية بشكل عام والواجهات بشكل خاص لأن الواجهات لم تعد مجرد غلافا خارجيا ثانويا للمبنى بل أصبح يمكن من خلالها باستخدام خامات تقنية النانو الوصول إلى مستوى أداء أفضل داخل المبنى وخارجه، وعلى الرغم من انتشار تطبيق مواد تقنية النانو في العديد من البلدان المتقدمة إلا أنها لم تصل إلى المستوى المطلوب في السوق المحلي المصري وهنا تكمن إشكالية البحث، وتتلخص أهمية البحث في إبراز أهمية استخدام مواد النانو في تشطيب الواجهات وخاصة المباني الإدارية وذلك تزامنا مع إنشاء العاصمة الإدارية الجديدة لشمولها العديد من المباني الإدارية وكذلك لتوجه الدولة نحو الاستدامة من خلال رؤية مصر ٢٠٣٠ لتحقيق التوازن في موارد الدولة بين الحاضر والمستقبل، فيمكننا استخدام مواد تقنية النانو التي تجنبنا سلبيات مواد البناء والتشطيبات التقليدية أو تطور من أدائها، ويهدف البحث إلى توضيح أن استخدام مواد النانو يحقق أعلى كفاءة في تشطيب الواجهات الخارجية للمبنى بالإضافة إلى خفض تكاليف الصيانة وترشيد استهلاك الطاقة وتحقيق الاستدامة البيئية وتحقيق جودة البيئة الداخلية للمستخدمين.

وللوصول إلى ما سبق ينقسم البحث إلى جزئين الجزء الأول يتبع المنهج الاستقرائي ويحتوي على مفاهيم تقنية ومواد النانو وتطبيقاتها في العمارة ومدى تأثير وتوظيف مواد النانو في تشطيب الواجهات الخارجية للمباني، وإمكانياتها في تحويل وظيفة مواد التشطيب أيضا إلى وظائف أخرى تخدم اعتبارات التكلفة والصيانة والاستدامة البيئية كذلك التطرق لمفاهيم جودة البيئة الداخلية وربطها بمواد التشطيب باستخدام تقنية النانو. أما الجزء الثاني فيتبع المنهج التحليلي والتحليلي المقارن ويحتوي على استخلاص لأهم النتائج لاستخدام تقنيات مواد النانو في الواجهات الخارجية للمباني للوقوف على تأثير استخدامها في واجهات تلك المباني، ومن ثم تم اختيار مبنى إداري قائم فعلا بمواد تشطيب تقليدية لعمل تحليل مقارن بين كفاءة عناصر واجهة هذا المبنى حاليا وبين كفاءتها لو تم استبدالها بمواد تقنية النانو للوصول إلى النتيجة البحثية ثم النتائج والتوصيات.

١- مقدمة:

التقدم في مجال التكنولوجيا يتم بصورة متسارعة ويعد أهمها هو القفزة الهائلة في علوم تكنولوجيا النانو والتي تعتمد بشكل أساسي على تعظيم شأن المواد من خلال معالجة المادة على مقاييس متناهية الصغر، ومع ظهور تكنولوجيا

[1] مدرس بقسم الهندسة المعمارية -المعهد العالي للهندسة والتكنولوجيا -التجمع الخامس-Marwaelbishry@Gmail.com

https://doi.org/10.21608/JESAUN.2023.203121.1216
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

النانو بدأ المعماريون حول العالم يحاولوا فهم تلك التكنولوجيا واستثمارها واستغلالها للحصول على منتج أفضل، فيسعى دائما المعماري للتجدد والتغلب على المشاكل المعمارية التي تواجهه واستغلالها وتحويلها إلى نقاط ايجابية لذلك مع ظهور تلك التكنولوجيا الوليدة ، فبدأ البحث لتطوير قدرات المواد ورفع كفاءتها وذلك بالتحكم في جزيئات المواد لتحسين خواص معينة أو إضافة خاصية جديدة لها، مما يفتح آفاق جديدة للمهندسين والمصممين لتحقيق ما كان أمس مستحيل أصبح اليوم متاح فبإمكانهم طلاء المباني بطلاء ذاتي التنظيف –مضاد للخدش- مضاد للبكتريا- مع القدرة على عدم تغيير اللون. فأصبح المعماري أكثر حرية لتحقيق كافة احتياجات الفراغات المعمارية، بمعنى أن المعماري أصبح له الحرية باستخدام مواد أكثر كفاءة وقادرة على تطوير نفسها طبقا لما يطلبه التصميم فالشركات والمعامل والمختبرات أصبحت لديها القدرة على تعديل أداء المواد التقليدية طبقا لما يطلبه المصمم عن طريق التدخل في تكونها ومعالجة مشاكلها لإنتاج مواد وأجهزة النانو والتي لديها القدرة على تحقيق مباني أقل أضرارا للبيئة والصحة العامة، وتنفيذ مشاريع كانت أفكارا طموحة بالأمس يعوقها قدرات مواد التنفيذ.

١-١ الإشكالية البحثية:

منذ ظهور علم النانو واستخدامه في مجالات عديدة ومنها المجال المعماري في عدد من دول العالم ومع ظهور مواد حديثة للتشطيب وخاصة في الواجهات لم يتم استخدامها حتى الآن في مصر، أو استخدمت في حدود ضيقة وبخامات محدودة لا تتناسب مع خصائصها على الرغم من تنامي المشاريع الإنشائية في الدولة ومن هنا تمثلت المشكلة البحثية في القصور الشديد في الاستغلال الأمثل لخصائص مواد النانو في التشطيب وكذلك إهمال الاستفادة منها كحل لتحسين جودة الفراغات الداخلية ويختص البحث بالمباني الإدارية نظرا لتنامي الإنشاءات لنوعية هذه المباني بالعاصمة الإدارية.

مشاكل استخدام مواد النانو:

- التكلفة المرتفعة في حالة استيراد مواد النانو كونها منتج غير محلي.
- عدم ظهور مواد بتقنية النانو محليا حتى في معارض البناء المحلية المتخصصة مما يفقد المعماري المعرفة بخصائصها

١-٢ هدف البحث:

الهدف الرئيسي هو إبراز أهمية استخدام مواد النانو لتحقيق أعلى كفاءة في تشطيب الواجهات الخارجية للمبنى، بالإضافة إلى أن استخدامها يحقق خفض تكاليف الصيانة ويرشد استهلاك الطاقة ويحقق الاستدامة البيئية ويحقق جودة البيئة الداخلية للمستخدمين، وللوصول إلى هذا الهدف توجد عدة أهداف ثانوية وهي على النحو التالي:

- التعرف على بعض مواد النانو (التي تناسب الواقع المحلي) وخواصها.
- رصد وتوثيق بعض المشاريع والنماذج العالمية التي تم استخدام مواد النانو في تشطيبات واجهاتها.
- تناول مبنى إداري قائم فعلا مع تحسين وضعه من خلال الاستعانة بمواد النانو في تشطيب واجهاته ورفع كفاءتها.

١-٣ أهمية البحث:

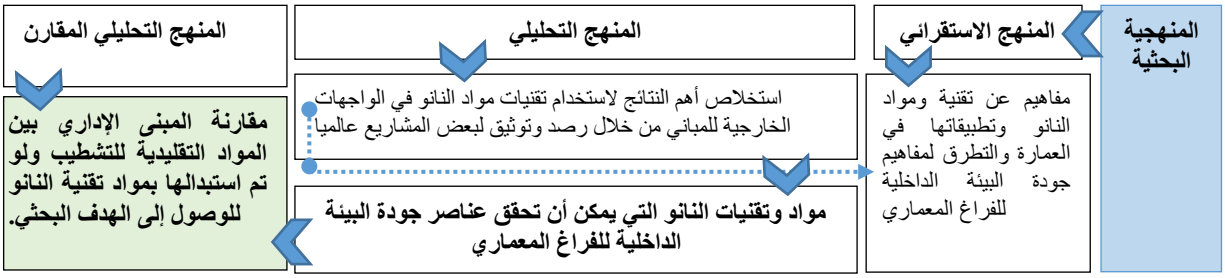
مكنتنا تقنية النانو من دراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها(١٠٠ نانو متر) والتحكم التام والدقيق في إنتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلة في التفاعل وتوجيه هذه الجزيئات من خلال إنتاج مادة معينة جديدة أو تحسين خواص مادة معينة أو إضافة خاصية جديدة، وتتلخص أهمية البحث في إبراز أهمية استخدام مواد النانو في تشطيب واجهات المباني الإدارية بشكل خاص حيث تعد المباني الإدارية هي الأكثر استخداما للطاقة، وللوصول إلى تحقيق جودة البيئة الداخلية للفراغات وتجنب سلبيات المواد التقليدية أو تطوير أدائها وذلك من خلال توضيح نوعية وخصائص هذه المواد والتطرق لاعتبارات التكلفة والصيانة والاستدامة البيئية، كما يمكن تحقيق الاستفادة من هذه الدراسة في تشطيب واجهات المباني الإدارية القائمة فعلا ورفع كفاءتها.

١-٤ منهجية البحث:

وصولا إلى هدف البحث تعتمد الورقة البحثية على جزئين:

الجزء الأول وهو المنهج الاستقرائي: ويحتوي على مفاهيم عن تقنية ومواد النانو وتطبيقاتها في العمارة ومدى تأثير وتوظيف مواد النانو في تشطيب الواجهات الخارجية للمباني، وإمكانياتها في تحويل مواد التشطيب أيضا إلى وظائف أخرى تخدم اعتبارات التكلفة والصيانة والاستدامة البيئية، كذلك التطرق لمفاهيم جودة البيئة الداخلية وربطه بمواد التشطيب باستخدام تقنية النانو.

الجزء الثاني وهو المنهج التحليلي والتحليلي المقارن ويحتوي على استخلاص أهم النتائج لاستخدام تقنيات مواد النانو في الواجهات الخارجية للمباني من خلال رصد وتوثيق لبعض المشاريع عالميا والتي تم استخدام مواد النانو المختلفة في تشطيب واجهاتها، ومن ثم فقد تم اختيار مبنى إداري قائم بمواد تشطيب تقليدية وعمل تحليل مقارن لو تم استبدالها بمواد نانونية للوصول إلى النتيجة البحثية ثم التوصيات، كما هو موضح في شكل (١).

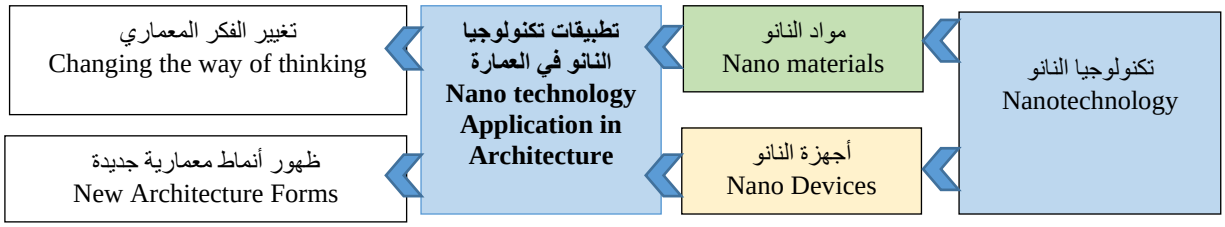


شكل (١) المنهجية البحثية (الباحثة)

٢- تقنية النانو والعمارة Nanotechnology &Architecture:

يتم التقدم في مجال التكنولوجيا بصورة متسارعة ومن أهم هذه التطورات الحديثة هو التطور في علوم تكنولوجيا النانو والتي تعتمد بالأساس على تعظيم شأن المواد من خلال معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي، ومن المتوقع أن يكون لمواد النانو تأثير هائل على البناء فتعمل على نحو أفضل من المواد التقليدية من حيث الطاقة والضوء والأمن والذكاء فيمكن أن تتغير طبيعة مواد البناء وعلاقتها بالبيئة الخارجية والداخلية للمبنى، فتساهم في حل المشاكل الخطيرة التي تواجه البيئة مثل ظاهرة الاحتباس الحراري[١].

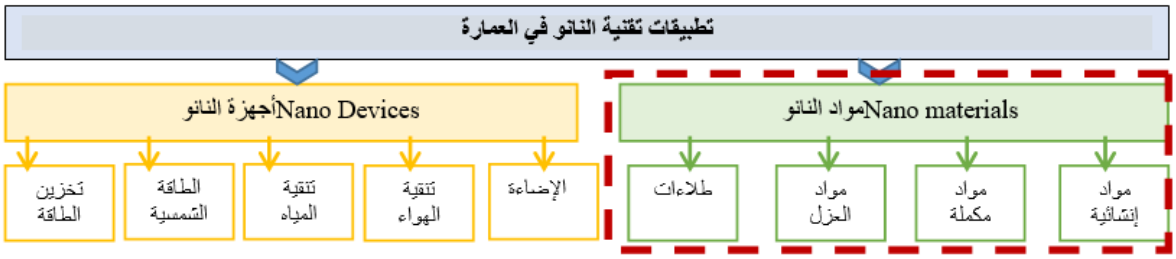
وتعتمد تطبيقات تقنية النانو في العمارة في الأساس على الإمكانات داخل المواد التي تم اكتشافها وتفعيلها لإنتاج مواد ذات خواص وإمكانات جديدة ستضيف للمعماري ما لم يتيح له من قبل إلى جانب تكنولوجيا الأجهزة والمعدات التي تطورت بشكل فائق السرعة، شكل (٢).



شكل (٢) تأثير تكنولوجيا النانو على المجال المعماري [٢]

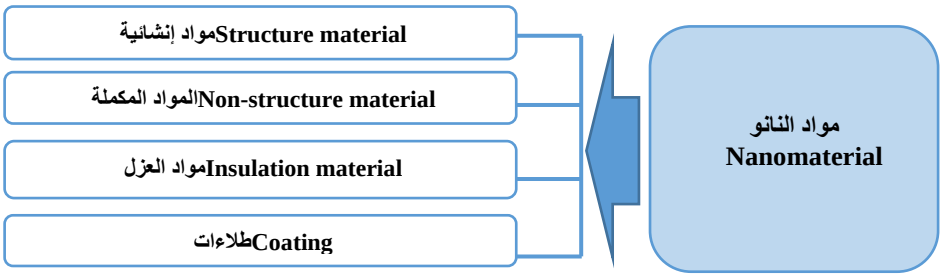
٢-١ تطبيقات تقنية النانو في العمارة:

التطبيقات هي التأثير المباشر لعلوم تقنية النانو على علوم العمارة، وتقدم لنا ثورة النانو إمكانية الدراسة والتحكم في جزيئات المواد، لذلك فالتطبيق المؤثر على علوم العمارة يندرج في جزئيتين رئيسيتين هما (المواد والأجهزة) [٢]، فنجد أن مواد البناء من أهم أدوات المعماري فقد تقف مواد البناء بين حلم التصميم وواقع التنفيذ فالعلاقة بين التصميم ومواد التنفيذ متصلة لا يمكن فصلها فلا يمكن أن نتخيل تلك الثورة المعمارية في أواخر القرن العشرين دون وجود مواد إنشائية حديثة يمكنها تنفيذ تلك المباني الشاهقة أو ذات الأشكال غير التقليدية. لذلك تمكنا تكنولوجيا النانو من العمل داخل جزيئات المادة لتحسين خواصها وإكسابها إمكانات هائلة بشأنها أن تحتوي على تطبيقات لم تكن بها فتكسبها خواص أكثر من مادة في نفس الوقت، ويمكن تصنيف تطبيقات النانو كما يوضحها شكل(٣):



شكل (٣) تأثير تكنولوجيا النانو على المجال المعماري [٢]

يمكننا اعتبار جميع المواد التقليدية بمثابة الخامات الأولية التي تستخدم في توظيف مواد النانو التي تؤثر في العمارة بشكل كبير، ولكن تتميز مواد النانو بخواص فيزيائية وكيميائية وميكانيكية فريدة عن المواد التقليدية، وذلك بسبب اتساع مساحة السطح الخارجي لمواد النانو والتي تعد أهم خاصية لها، حيث توجد علاقة طردية بين تصغير الحجم وعدد الذرات على الأسطح الخارجية لأي جسم وتزايد الذرات على سطح الجسم يؤدي إلى تغيير الخواص والصفات التقليدية لأي مادة عند وصولها إلى حجم النانومتر[٣]. نجد أيضا أن المواد المضافة للمواد المستخدمة في البناء مثل مواد السيليكا، وثاني أكسيد التيتانيوم، وأنابيب الكربون لها تأثير على خواص مواد البناء، كذلك المواد المضافة على خلطات الخرسانية الإسمنتية لها تأثير على تلك الخلطات فأوجدت مثلا الخلطات الخرسانية ذاتية الدمج، كذلك المواد المضافة للطلاءات أوجدت طلاءات لزجاج المباني والذي تميز بشكله الرفيع وشفافيته العالية وحمايته الزائدة عن الزجاج التقليدي، وأدى ذلك إلى التقليل من تكاليف الصيانة، بالإضافة إلى مواد العزل الحراري مثل (الهلام الهوائي Aerogel) والتي تتميز بعدد من الميزات سيأتي شرحها لاحقا، وعليه سنهتم في هذه الورقة البحثية بمواد النانو بشكل خاص من تطبيقات تقنية النانو في العمارة وليس أجهزة النانو، ومواد النانو يمكن تصنيفها الى أربع فئات رئيسية وهي كما يوضحها الشكل التالي:



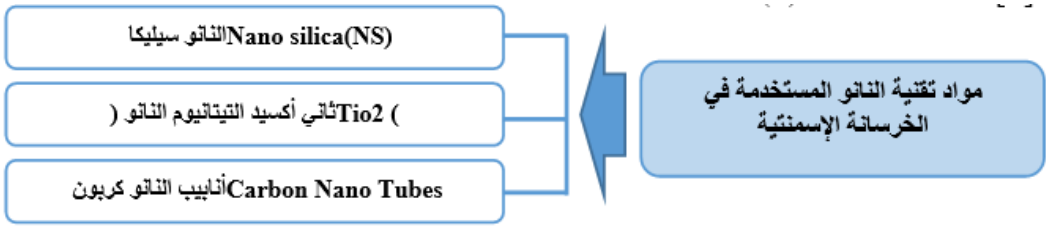
شكل (٤) تصنيف فئات مواد تقنية النانو [٢]

٢-٢ المواد الإنشائية المطبقة لتقنية النانو[٤]:

تستخدم مواد النانو على نطاق واسع لتحسين خواص المواد الإنشائية لما لها من خصائص فريدة تعطي للمواد الإنشائية زيادة في المقاومة الميكانيكية والكيميائية، وزيادة الخصائص الفيزيائية، والتي سيتم دراستها تفصيليا فيما يلي:

٢-٢-١مواد تقنية النانو المستخدمة في الخرسانة الإسمنتية:

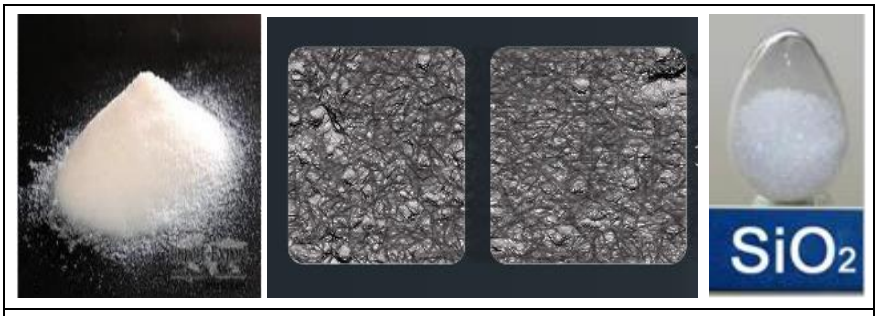
استخدمت تقنية النانو في الخرسانة الإسمنتية لتحسين خصائصها من خلال إضافات من المواد أعطت لها خصائص مختلفة ومتميزة فأوجدت خواص جديدة مثل زيادة قوتها ومتانتها، ويمكن توضيح تصنيف المواد المضافة لخرسانة النانو[٢] كما يوضحها شكل(٣).



شكل (٣) مواد تقنية النانو المستخدمة في الخرسانة الإسمنتية [٢]

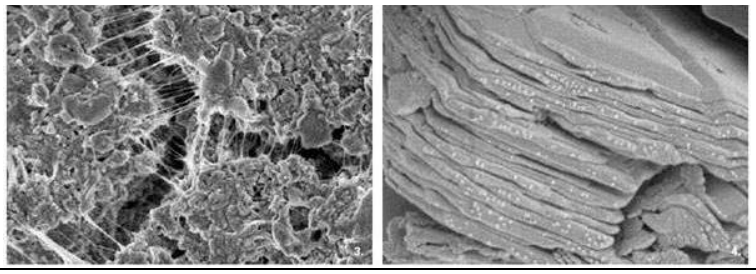
أ- النانوسيليكا Nano silica(NS)

يمكن أن تتحكم إضافات النانو سيليكا في نسبة تآكل مواد الهيدرات والسيليكات والكالسيوم وهي المواد الأساسية الناتجة عن تفاعل الخرسانة، والمسئولة عن خواص التصاق الإسمنت والتي تشمل معدل الانكماش والمسامية والمرونة والنفاذية والتي يمكن أن تعدلها مادة النانو سيليكا للحصول على متانة وخصائص أفضل[٥]. كما أن تقنية النانو تستخدم في التقليل من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (Co2) المستخدم في صناعة الإسمنت وبالتالي تقاوم ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي، حيث إنه بإضافة جزيئات النانو سيليكا تتحسن كثافة الخرسانة، وبالتالي تتحسن قابليتها لمقاومة ضغط أعلى فتزيد من درجة المقاومة لأكثر من عشر أضعاف الخرسانة العادية، بالإضافة أنه يمكن تصنيع الخرسانة بحيث تقوم بالحد من التلوث الناتج من الهواء نتيجة تفاعل مكوناتها مع أشعة الشمس [٦] كما يوضحها شكل(٤).



شكل (٤) مادة النانوسيليكا Nano silica(NS)[٧]

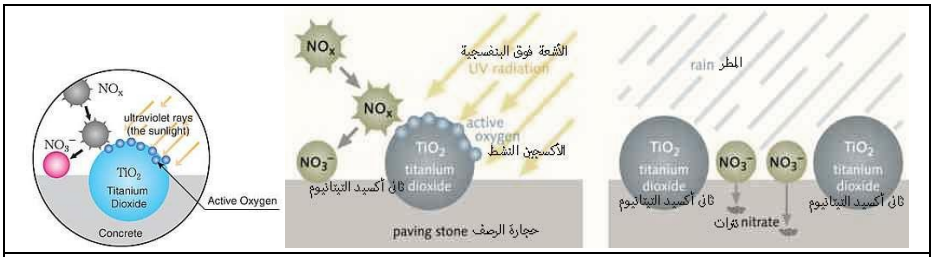
وساعدت تقنية النانو في إضافة حساس يقوم بتحديد أماكن الأحماض وأيونات الكلور في الخرسانة حيث إنهما السببان الرئيسيان لتواجد الشروخ والتصدعات في المباني والتي تتم معالجتها بطريقة الحقن من خلال كبسولات النانو، فتقوم هذه الكبسولات بالبلمرة داخل الشروخ وتعمل كمادة مالئة، فلديها قدرة كبيره على ملئ الشروخ تاما كما يوضحها الشكل (٥).



شكل (٥) لقطات ميكروسكوبية لشروخ وتصدعات خرسانة النانو[٨].

ب- ثاني أكسيد التيتانيوم النانو Titanium Dioxide(Tio2)

هي مادة ذات صبغة بيضاء تستخدم كطلاء عاكس، وتتفاعل مع الملوثات العضوية المتطايرة، والأغشية البكتيرية للحد من تأثير الأمطار، كما أنها مادة طاردة للمياه مما يحقق خاصية التنظيف الذاتي للأسطح، وأدت إلى تقليل الملوثات والأتربة على الخرسانة وذلك أدى إلى توفير الطاقة والمحافظة على البيئة. بناءا على ما سبق تعمل مادة ثاني أكسيد التيتانيوم على تحسين الأداء البيئي للخرسانة الإسمنتية، ومقاومة الخدوش التي تتعرض لها الخرسانة الإسمنتية من العوامل الجوية كما يوضحها شكل(٥)، وتؤدي إلى التنظيف الذاتي من الميكروبات والمركبات العضوية وغير العضوية، والتخلص من المياه التي تكون على سطح الخرسانة، كما أنها كحبيبات تزيد من قوة تحمل الخرسانة المسلحة، وكذلك تقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون [٩]، مما أدى إلى استخدامها على الأغلفة الخارجية للمباني كما يوضحها شكل(٦).

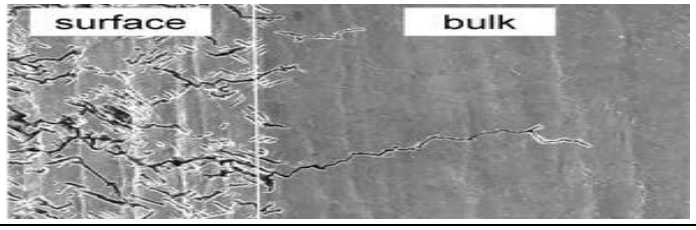


شكل(٦) تحسن حبيبات ثاني أكسيد التيتانيوم من الأداء البيئي للخرسانة والأسمنت [٩]

ج-جزيئات أنابيب النانو كربون Carbon Nano Tubes (CNT)

وهو شكل من أشكال الكربون الذي تم اكتشافه في روسيا، وقد تم تسميتها بهذا الاسم نسبة لأقطارها الصغيرة جدا نسبيا ويمكن أن يصل طولها إلى عدة مليمترات وقد تكون عبارة عن طبقة واحدة (أنابيب النانو أحادية القطر) أو أكثر من طبقة (أنابيب النانو متعددة الطبقات) [١٠].

عندما تخلط ألياف النانو كربون مع الإسمنت تعمل على إعاقة تقدم وتشكيل الشروخ السطحية للخرسانة لأنها تعمل على سد الشروخ الميكروسكوبية في أجزاء الخرسانة في مرحلة الشروخ الاولية عندما تخلط مع الإسمنت كما يوضحها شكل (٧)، وكذلك معالجة الشروخ والصدأ ذاتيا في حديد التسليح مما يؤثر على تطبيقها في الواجهات الخارجية وبالتالي يؤثر على تشكيل المباني وعمرها الافتراضي.



شكل(٧) الشروخ الميكروسكوبية في مركب الإسمنت مع أنابيب النانو كربون [١١].

٢-٢-٢ جزيئات الحديد النانونية Iron Nanoparticles

يعد الحديد أحد أهم مكونات الخرسانة المسلحة، وهو من العناصر الرئيسية في البناء والإنشاء، فقد قام الدكتور غاريث توماس من خلال استخدام تقنية النانو بتطوير الحديد وسمي بـ(MMFX2) ، وتم استخدامه في الكباري والجراجات والمباني التجارية، واستخدم في المباني ذات البحور الواسعة[٢]، ومع مقارنة خصائص حديد التسليح التقليدي مع حديد التسليح (MMFX2) وجد أنه أكثر توفيرا فمقاومته الأعلى في القص(SHEAR) فحديد التسليح (MMFX2) يقلل من كمية حديد التسليح في المباني من ٢٠ إلى ٥٠٪، ويقلل تكاليف التشغيل إلى ٦٠٪، كذلك له القدرة على التشكيل والمرونة التي تسهل عملية التنفيذ وعليه يمكن التعامل معه بمعدات وأدوات تقليدية (٧).

٢-٣ مواد النانو المكملة -المواد غير الإنشائية[١٢]:

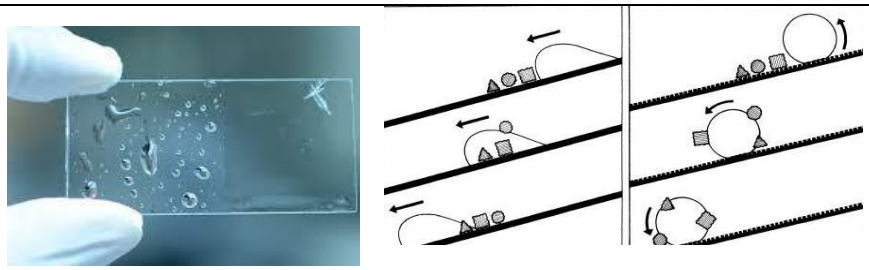
قدمت تقنيات النانو الكثير من المواد المستخدمة في إنشاء وتشطيبات المباني وخصائصها التي جعلت منها مادة متفاعلة مع العوامل المناخية والتي تؤثر قطعا على الشكل الخارجي للمبنى، لتحقيق مستوى متميز من الناحية الجمالية[١٣].

٢-٣-١الزجاج المعالج بتقنية النانو.

تعتبر مادة الزجاج المعالج بالنانو من أهم المواد المكملة للبناء والمستخدمة في المباني العامة والتي تشكل واجهاتها الخارجية ويعطيها مظهر خارجي جمالي، عملت على توفير عملية الصيانة، وتوفير الإضاءة الطبيعية للفراغات الداخلية بالمبنى(١٣). كما أنه من مميزات هذا النوع من المعالجة أن ترتب عليه توفير في الطاقة والكهرباء وذلك من خلال تصنيف معالجة الزجاج بهذه التقنية إلى عدة أنواع بناء على الوظيفة المطلوب تحقيقها من هذه التقنية كالتالي:

أ-الزجاج ذاتي التنظيف (Self-Cleaning Glass)

وهو الزجاج المغطى بطبقة رقيقة من مادة ثاني أكسيد التيتانيوم TO2 بسمك ١٥ نانومتر لأنها مادة على شكل مسحوق إذا وضعت على الزجاج بكميات أكبر تحجب الرؤية [١٤]، وبنفس ظاهرة (تأثير زهرة اللوتس) يتم تنظيف السطح لإزالة الملوثات على سطح طارد للمياه، كما يوضحها شكل(٨).



شكل(٨) سقوط قطرات على سطح طارد للمياه فيسمح بإزالة الملوثات معها بتقنية التنظيف الذاتي[١٤].

ب-الزجاج العاكس

يعتمد هذا النوع من الزجاج على وجود طبقة رقيقة شفافة يتم طلاؤها على الزجاج العادي أو الماص للحرارة ليمنع نفاذ الإشعاع الشمسي، ويفضل أن تكون هذه الطبقة شفافة خارجية مواجهه للشمس لمنع دخول الإشعاع الشمسي كما يوضحها شكل(٩)، وتتم عملية الطلاء في مرحلة تصنيع الزجاج[١٥].

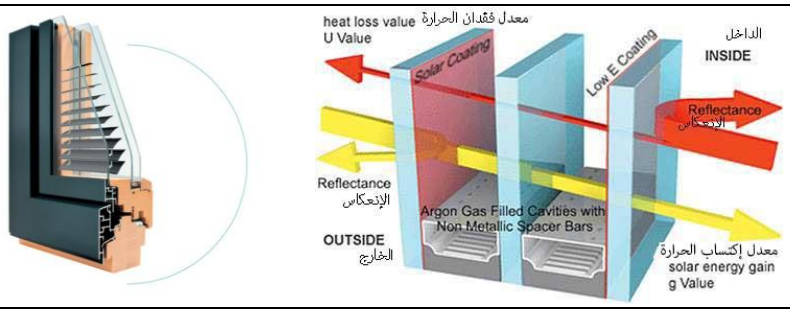
شكل(٩) ألواح الزجاج العاكس[١٥]

ج-زجاج التحكم الشمسي

يعتمد هذا النوع من الزجاج على طلاء عدة طبقات من مادة أكسيد القصدير(SNO2)، حيث يحدد سمك هذه الطبقة اللون المنعكس للزجاج ويتراوح سمكه ما بين (١٠ إلى ١٠٠ نانومتر) كما يوضحه شكل(١٠)، وبهذه التقنية يتمتع هذا الزجاج بمميزات أدت إلى توفير مرونة للمصمم في عمل مساحات مناسبة للفتحات بالمباني توفر إضاءة طبيعية ومناخ ملائم للفراغات الداخلية بالمباني وبالتالي تعمل على توفير الطاقة وتقلل من تكلفة الإضاءة الصناعية وتكييف الهواء الصناعي[١٦].

وتعتبر من مميزات هذا الزجاج هو مقاومته للأحماض والمركبات الكيميائية والعضوية، حيث يتم استخدام مادة ثاني أكسيد التيتانيوم(TIO2) لطلاء الزجاج لمقاومة التلوث، وعليه يتم التخلص من المواد العضوية المتطايرة [١٦].

د-الزجاج الذكي (الزجاج متغير اللون كهربائيا)



شكل(١٠) طبقات متعددة لزجاج التحكم الشمسي[١٦]

يعتمد هذا النوع من الزجاج على أنه قابل للتحول كهربائيا ويغير من خصائصه لنقل الضوء عند تطبيق الجهد الكهربائي عليه، وهي تقنية تتيح للمستخدمين التحكم في كمية الضوء وبالتالي الحرارة، فيتحول من زجاج شفاف إلى نصف شفاف ويمنع الرؤية من خلاله بشكل جزئي مع الحفاظ على الضوء، كما يوضحه شكل(١١).

شكل(١١) الزجاج الذكي وتغير درجة الشفافية[١٧]

كما أنه كزجاج له القدرة على مقاومة الحريق، وتوفير تكاليف الصيانة كما أن له القدرة على تغيير شدة الاضاءة في المباني وتخفيض الطاقة المستخدمة في تبريد أو تدفئة المبنى.

٢-٣-٢ الأخشاب المعالجة بتقنية النانو

تم استخدام تقنية النانو في مادة الخشب حيث يتم معالجة جزيئات الخشب وإعادة ترتيبها مما يجعلها أكثر قوة عن خامتها الطبيعية وتقنية النانو هنا عبارة عن طلاء شفاف غير مرئي يحافظ على لون الخشب الطبيعي، كما تم اختراع حساسات النانو لتحديد أماكن الفطريات وأماكن تآكل الخشب لمعالجته [١٨]، وتعتمد فكرة معالجة الأخشاب على فكرة أن طلاء النانو فائق الطرد للمياه والأتربة فيما يسمى بتأثير زهرة اللوتس (Super Hydrophobic) والذي يقوم بطرد المياه على هيئة قطرات دون ترك أي أثر للمياه عند انزلاقها على السطح فأصبح سهل التنظيف كما يوضحها شكل(١٢)، وهو طلاء مقاوم للطحالب والبكتيريا والفطريات فتؤدي هذه التقنية إلى عدم تعفن الخشب وتغلغل المياه داخله حتى لا يفقد صلابته، وكذلك مقاوم للأشعة فوق البنفسجية ومقاوم للعوامل الجوية ودرجات الحرارة وبالتالي أدت هذه التقنية على تحسين خصائص الخشب المعالج بها ومعالجة عيوب عده مثل التآكل والتصدعات وقابلية الاحتراق[٦].

شكل(١٢) الخشب المعالج بطبقة من النانو[١٩]

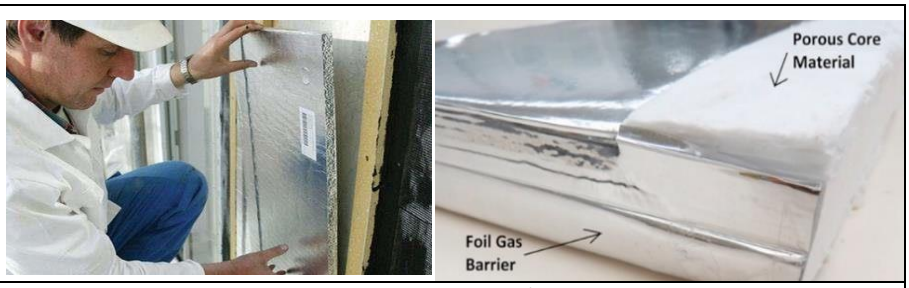
٢-٤ مواد النانو العازلة Nano Isolation Material

تقدم تقنية النانو مواد عزل ذات كفاءة عالية، وهي مواد لا تعتمد على مواد غيرالمتجددة بيئيا حفاظا على الاستدامة والبيئة النظيفة، وقد صنعت مواد النانو العازلة من مواد العزل التقليدية بنسبة ٣٠٪، وتطبق على شكل ألواح صلبة أو أفلام رقيقة أو دهانات[٦]. كما سيتم توضيحها تاليا:

٢-٤-١ العزل الحراري

أ- ألواح العزل الفراغية Vacuum Insulation Panels (VIPs):

يتبع هذا النوع العزل الحراري Thermal Insulation Panels وهي ألواح العزل الفراغية بتقنية النانو التي تتميز بتحقيق الحد الأقصى للعزل الحراري والحد الأدنى لسمك العزل، فهي توفر عزل حراري جيد جدا مع سمك أقل بكثير من ألواح العزل التقليدية، فعامل التوصيل الحراري لها أقل من ٥ إلى ١٠ مرات من مواد العزل التقليدية، وسمكها ٢٥ مم أي أقل سمك من العزل التقليدي بعدة مرات[٢٠] كما يوضحها شكل (١٣).

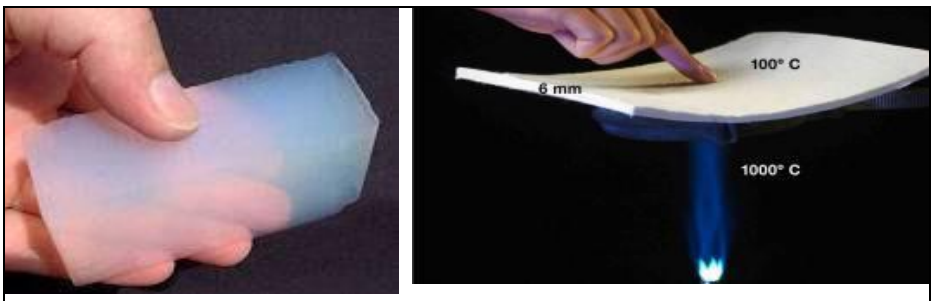


شكل(١٣) يوضح ألواح العزل الفراغية على الجدران[٢١]

وتستخدم ألواح العزل الفراغية في الجدار الداخلي والخارجي وفي أرضيات المباني لسمكها الرقيق، ويتراوح عمرها الافتراضي ٣٠سنة من زمن التشغيل، ولا تحتاج للصيانة الدورية وتساهم في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين[٢٠].

ب- الهلام الهوائي Aerogel (Nano Gel):

هي مادة هلامية يتم فيها استبدال السائل بالغاز وتتكون من ٥٪ مادة صلبة و٩٥٪ هواء، أدى ذلك لظهور مادة ذات كثافة منخفضة جدا وخواص متعددة. من أهم هذه الخصائص قدرتها العالية على العزل الحراري وتوفير الإضاءة الطبيعية، كما أنها خفيفة الوزن، ويطلق عليها اسم الدخان المجمد وذلك لطبيعتها شبه الشفافة، كما أن لها ملمس يشبه الرغوة، وتعتبر أقل مادة صلبة من حيث الوزن، على الرغم من خفة وزنها تستطيع أن تحمل مواد أثقل منها ب ٢٠٠٠ مرة في وزنها [٢٠]، وهي مادة تشبه أيضا الزجاج والسيليكا، كما يوضحها شكل(١٤).

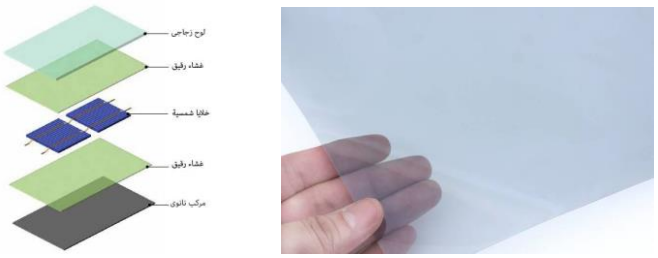


شكل(١٤) مادة الهلامات الهوائية والمقاومة الحرارية [٢١]

كما يمكن استخدامها كمادة عازلة في ملئ التجاويف بين الألواح الزجاجية، والجدران المتعددة الطبقات ومناسب للاستخدام في الأجزاء الخارجية للمبنى، وذلك يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية سواء للتبريد أو التدفئة، ما أنها تعمل كعازل للصوت وتحافظ على نفاذية الضوء المرئي بنسبة ٢٠٪ وبالتالي تحقق الراحة الحرارية في الفراغات الداخلية.

٢-٤-٢ الأغشية الرقيقة Thin-Film Insulation:

هي عبارة عن ورقة من ألياف الفولاذ النانوي المقاوم للصدأ، فتستخدم هذه الأغشية الرقيقة في العزل الحراري للزجاج كما يوضحها شكل(١٥)، فهي تساعد على امتصاص الأشعة تحت الحمراء، كما أن لديها القدرة على حجب أشعة الشمس مما يساعد على تخفيض درجة حرارة الفراغ الداخلي بنسبة من ٢ إلى٣ درجات مقارنة بالمواد التقليدية، وذلك يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة في المباني.



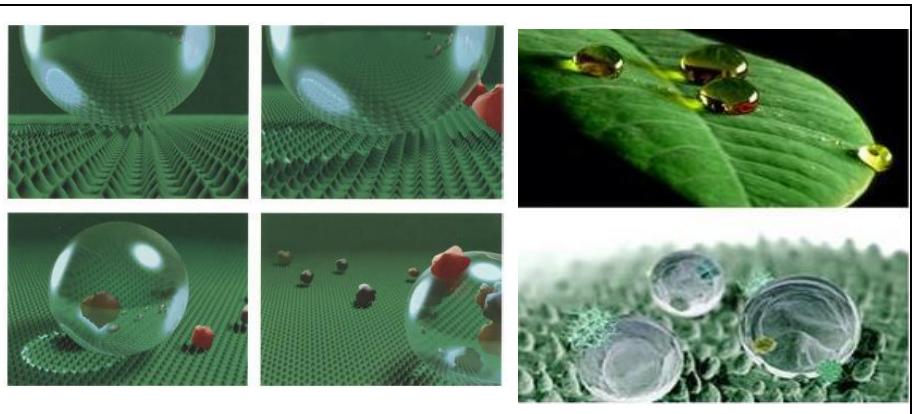
شكل(١٥) الأغشية الرقيقة المستخدمة كعزل حراري للزجاج[٢٢]

٢-٥ طلاءات النانو Nano Coatings

تعد طلاءات النانو من أهم مواد البناء التي استخدمت فيها تقنية النانو وذلك لأنها من أهم الاستخدامات في المباني والتي تقلل من عملية الصيانة، وتقلل من الأيدي العاملة وبالتالي توفر في تكلفة تشغيل المبنى، كما أنها تمكن المباني من تحقيق التنظيف الذاتي للواجهات الخارجية[٦].

٢-٥-١ طلاءات تقنية التنظيف الذاتي-تأثير اللوتس Self-Cleaning Lotus Effect

جاء هذا المصطلح عن طريق تجميع قطرات الماء على أسطح أوراق نبات اللوتس لتنظيفها [٦]، فأطلق عليها تقنية التنظيف الذاتي للأسطح عن طريق تأثير زهرة اللوتس على الأسطح الطاردة للماء والمستخدمة سابقا في أكثر من مادة تشطيب، والتي تعتمد في فكرتها على احتوائها على مجسمات صغيره بمقاييس النانو تحمل قطرات المياه التي تعمل على سقوط الأتربة من على الأسطح، كما يوضحها الشكل (١٦).



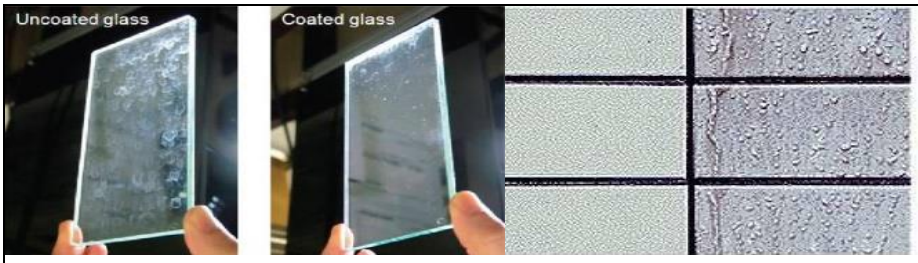
شكل(١٦) تقنية تأثير زهرة اللوتس [٦] ص٦٦-٧٥

٢-٥-٢ طلاءات تقنية التنظيف الذاتي-التحفيز الضوئي Photo catalytic Self Cleaning

كلمة تحفيز ضوئي(Photo catalysis) هي كلمة مركبة من جزئين وتعني عملية التحفيز على المادة، حيث تعمل على زيادة معدل تحول المواد المتفاعلة بدون أن تتأثر هذه المادة أو تستنزف، وتعرف هذه المادة باسم المحفز(catalysis)، وتقوم بزيادة معدل التفاعل عن طريق تقليل طاقة التنشيط اللازمة له، وبالتالي عملية التحفيز الضوئي هي عبارة عن تفاعل يستخدم فيه الضوء كمنشط للمادة التي تعمل على زيادة معدل التفاعل الكيميائي بدون أن يكون لها دور في التفاعل نفسه[٦] ، فهي تقنية شبيهه جدا بعملية التحفيز الضوئي في النباتات حيث أن مادة الكلوروفيل هي المحفز الضوئي الطبيعي في النباتات يقوم بامتصاص ضوء الشمس لتحويل الماء وثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين وجلوكوز، بينما المحفز الصناعي وهو ثاني أكسيد التيتانيوم (TIO2) يعطي مركب مؤكسد قوي جدا يعمل على كسر روابط المواد العضوية السامة والبكتيريا عند تعرضه لضوء الشمس أو الضوء العادي ويحولها إلى ثاني أكسيد الكربون[٢٣]، كما يوضحه شكل(١٧).

شكل(١٧) مقارنة بين المحفز الطبيعي وهو الكلوروفيل وبين المحفز الصناعي وهو ثاني أكسيد التيتانيوم في عملية التحفيز الضوئي[٢٣].

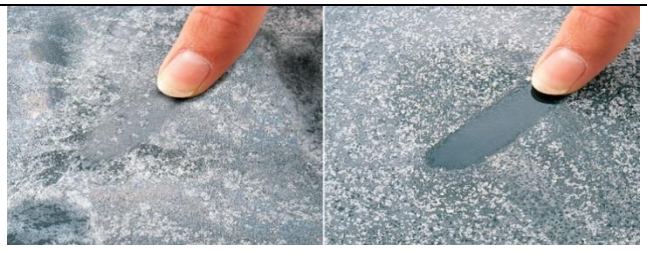
ويستخدم الطلاء بهذه التقنية في حماية الأسطح من البكتيريا والفطريات، كما أنه يستخدم في أنظمة تقنية الهواء في المباني، وقد تمت الاستفادة من خاصية الأكسدة القوية لمادة ثاني أكسيد التيتانيوم في الضوء كمادة محلله في طلاء سقف وجدران غرف العمليات لتخفيض نسبة التلوث البكتيري والحد من الملوثات[٢٣]. بالإضافة أنه قد لوحظ عند طلاء زجاج بمادة ثاني أكسيد التيتانيوم وتعرضه لأشعة الشمس فإن قطرات الماء تصبح موجودة على سطحه وهذه خاصية تعرف باسم (Super Hydrophilic) أي أنها محبة للماء وبمزيد من الدراسات تبين أن الأشعة فوق البنفسجية قد انتزعت ذرات الأكسجين بشكل جزئي من سطح ثاني أكسيد التيتانيوم مما يؤدي إلى تحلل المركبات العضوية على الأسطح إلى مواد هيدروكربونية صديقة للبيئة، وعند تعرض السطح للماء تزال الملوثات ليصبح السطح نظيف[٢٤]، كما يوضحها شكل(١٨).



شكل(١٨) تأثير التحفيز الضوئي على الأسطح [٢٤]

٢-٥-٣ طلاءات تقنية سهولة التنظيف Easy to Cleaning (ETC):

وهذه التقنية تعتمد على ظاهرة تأثير زهرة اللوتس كما تم شرحها سابقا، وتستخدم هذه التقنية لتحسين أسطح مواد الأثاث فتمنع امتصاص الزيت والماء وكنتيجة لذلك فإن الأتربة تزال بسهولة، كما يوضحها شكل(١٩)، عندما تطبق على الأسطح، وسطح المادة يصبح سهل التنظيف وهي كتقنية تختلف عن تقنية التنظيف الذاتي حيث إن مواد الطلاء سهلة التنظيف لا تتطلب ضوء الأشعة البنفسجية لتفعيل وظيفتها.

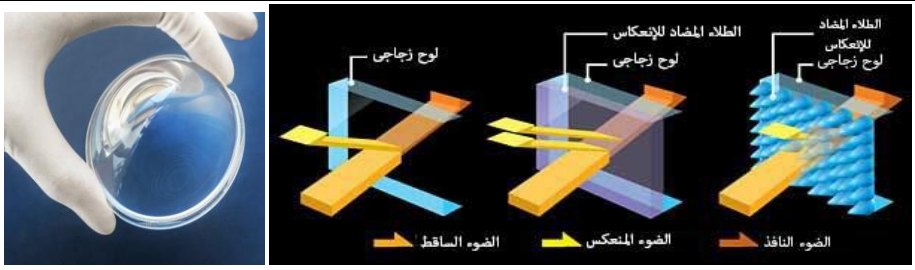


شكل (١٩) مقارنة بين الأسطح سهلة التنظيف وغيرها[٢٥]

٢-٥-٤ طلاءات مضادة للانعكاس Anti-Reflective Coating

تعتمد هذه التقنية على أغشية مضادة للانعكاس على الأسطح لتحسين النفاذية، فيعرف الطلاء المضاد للانعكاس بأنه الطلاء الذي يعمل على تقليل الانعكاسية للأطوال المغناطيسية المراد امتصاصها من قبل الخلايا الشمسية، وقد استخدمت

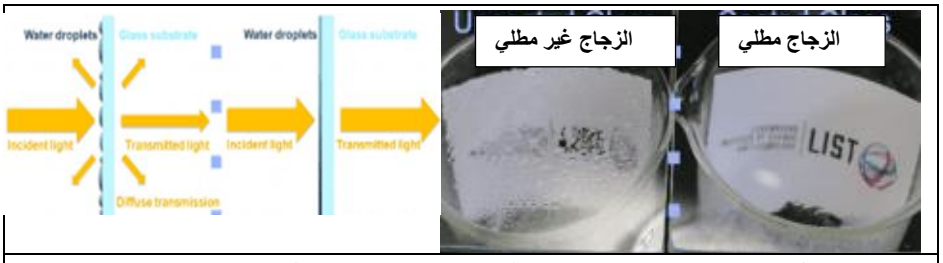
لذلك مواد عديدة حيث أن أكثرها استخداما في مجال الأغشية الرقيقة هي مادة فلوريد الماغنيسيوم(MgF2)، فأشباه الموصلات مثل السيليكون(Si) تتميز بالانعكاسية العالية للضوء، والسيليكون كمادة ذات معامل انكسار عالي، يستخدم كنافذة في الأشعة فوق الحمراء، واستخدمت هذه الخاصية في الزجاج بحيث يمكن التقليل من انعكاسية الضوء الساقط إلى أقل حد ممكن بواسطة الطلاء بغشاء مضاد للانعكاس، والذي يعد من أهم الأساسيات في تطوير كفاءة الزجاج وإطالة عمره والشكل (٢٠) يوضح ذلك.



شكل (٢٠) تأثير الطلاء المضاد للانعكاس على الزجاج والعدسات

٢-٥-٥ طلاءات مضادة للضباب Anti-Fogging Coating

تعتمد هذه التقنية على طلاء الأسطح بمادة ثاني أكسيد التيتانيوم والذي يحل محل طاقة تسخين الأسطح لمنع تكثيف المياه عليها، حيث إنه يحلل قطرات المياه والضباب إلى طبقة رقيقة غير مرئية، فأوجد طلاءات مضادة للتبخر مما جعله يستخدم في الواجهات الزجاجية والغرف مكيفة الهواء في المناطق الاستوائية ويوضح فكرته الشكل (٢١).



شكل (٢١) مقارنه بين نوع واحد من الزجاج عند طلائه بمضاد الضباب من عدمه[٢٦]

٢-٥-٦ طلاءات مضادة للكتابة على الجدران Anti-Graffiti Coating

تعتمد هذه التقنية على استخدام جزيئات الزركونيا الرباعي النانوي(ZRO2) في إنتاج طلاء مقاوم للكتابة شفاف بنسبة ٩٩,٩٪، وبالتالي يتم تطبيقها على أسطح الحوائط للحد من الكتابة على الجدران ومن مميزاتها توفير الحماية لمواد الطوب والحجر الجيري والرملي وهي مواد عالية الامتصاص[٦]، فبطلائها بطلاءات النانو تحد من هذه المشكلة وتصبح سهلة التنظيف وبسهولة أكبر مع استخدام المنظفات، كذلك تعتبر من أهم مميزات هذه الطلاءات خفض في تكاليف صيانة واجهات المباني بالحد من تشويهها بالكتابة عليها والمحافظة عليها نظيفة.

٢-٥-٧ طلاءات مقاومة للحريق Fire-Proof

الطلاءات المضادة للحريق هي عبارة عن مواد خاصة تستخدم لطلاء أسطح المواد القابلة للاشتعال فتؤدي إلى تقليل قابليتها للاشتعال وكذلك تحسن المواد لمقاومة الحريق فهو يعمل على مقاومة اللهب وكذلك عند زيادة التسخين فإنها تنتج مادة رغوية تعمل على تشكيل طبقة عازلة للحرارة، وذلك لأن طلاء الحريق قادر على تقليل انتقال الحرارة، وعادة تستخدم هذه الطلاءات في طلاء الأخشاب والهياكل الصلبة والمنشآت المعدنية وفي المنشآت داخليا وخارجيا[٦].

٣-رفع كفاءة مواد البناء والتشطيب باستخدام تقنية النانو:

نجد مما سبق أن تقنية النانو قدمت العديد من المواد المستخدمة في الإنشاء والتشطيب لتحقق أعلى كفاءة والتفاعل مع العوامل المحيطة لتقدم خصائص مواد صديقة للبيئة. ويقدم الجدول التالي بيان بمواد البناء والتشطيب التي تطورت خواصها باستخدام تقنية النانو والتي تم تناولها سابقا مع تحليل لخامات النانو المطبقة بها وخواصها ومكان التطبيق والتقنية المستخدمة بشكل محدد والهدف من استخدامها، كما يوضحها جدول(١) (الباحثة).

جدول (١) مواد البناء التي تم رفع كفاءتها وتحسين خواصها باستخدام تقنية النانو

خامات النانو المطبقة			الخاصية	مكان التطبيق	تأثير مواد تقنية النانو على المباني																	
					الحماية						الاضاءة			عزل صوت	عزل حرارة	الطاقة			تكلفة		مرونة التصميم
					معالجات شروخ	تقليل انبعاثات	مقاومة حريق	معالجة الصدأ	مقاومة نفاذية	تنظيف ذاتي	تحكم بالإضاءة	انعكاس	امتصاص			ترشيد طاقة	صفر طاقة	منتج للطاقة	تقليل الصيانة	تقليل أيدي عاملة	
مواد النانو الإنشائية	الخرسانة	السيليكا الصغيرة Nano silica (NS)	المقاومة	خارجي	√				√										√		
		ثاني أكسيد التيتانيوم	المعالجة الذاتية	خارجي	√				√										√		
		أنابيب النانو كربون Carbon Nano Tubes	تسد الشروخ الميكروسكوبية (Cracks) Micro العناصر الإنشائية		√			√													
	الحديد	تقنية النانو (MMFX2)	المقاومة الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية	نحاس النانو وصفائح النانو		√		√											√	√	
مواد النانو المكملة	ذاتي التنظيف	ثاني أكسيد التيتانيوم النانوTio2	التنظيف الذاتي	خارجي					√	√									√	√	
	عاكس		عاكس لأشعة الشمس	خارجي								√	√		√						
	تحكم بالشمس	مادة أكسيد القصدير(SNO2)	التحكم الشمسي	خارجي							√										√
	متغير اللون كهربائيا		قابل للتحول كهربائيا-يغير من خصائص الزجاج لنقل الضوء	خارجي			√				√	√	√		√	√			√	√	√
	الأخشاب	التنظيف الذاتي	(خاصية لطرد للمياه)	خارجي						√									√		
مواد النانو العازلة Nano Isolation Material	الهلام الهوائي (Nano gel)	Aerogel (Nano Gel)	عزل حراري مع نفاذية الضوء المرئي بنسبة ٢٠٪	خارجي					√			√	√	√	√						
	ألواح العزل الفراغية (VIPs)	ألواح عزل حراري Vacuum Insulation Panels	فعامل التوصيل الحراري لها أقل من ٥ إلى ١٠ مرات من مواد العزل التقليدية	خارجي وداخلي وأرضيات										√	√						√
	الأغشية الرقيقة (Thin-Film Insulation)	ألياف الفولاذ النانوي المقاوم للصدأ	امتصاص الأشعة الحمراء وبالتالي العزل الحراري للزجاج	خارجي							√		√	√	√						
الطلاء	ذاتية التنظيف (تأثير اللوتس)	طلاءات داخلية وخارجية	تعمل على طرد السطح للماء على زاوية التماس بين المادة وسطح الماء	خارجي وداخلي						√						√			√	√	
	ذاتية التنظيف (التحفيز الضوئي)	طلاء التنظيف الذاتي Tio2 (التحفيز الضوئي)	التحفيز لضوئي Photo catalytic Self-Cleaning تتطلب ضوء الأشعة البنفسجية لتفعيل وظيفتها.	أسطح الواجهات الخارجية					√	√	√					√			√	√	
	سهولة التنظيف (ETC) Easy to Clean	تستخدم المياه لتنظيفها بسهولة ولا تتطلب ضوء الأشعة لبنفسجية لتفعيل وظيفتها.	التنظيف الذاتي (تأثير زهرة اللوتس) طرد الماء من على السطح	مواد الأثاث				√		√									√	√	
	مضادة للضباب Anti-Fogging Coating	طلاء ثاني أكسيد التيتانيوم Tio2	طلاء يحلل قطرات المياه والضباب إلى طبقة رقيقة غير مرئية	خارجي والغرف المكيفة						√			√	√					√	√	
	مضادة للكتابة على الحوائط Anti- Graffiti Coating	جزيئات الزركونيا الرباعي النانوي (ZRO2)	طلاء مقاوم للكتابة شفاف بنسبة ٩٩,٩ %	خارجي						√									√	√	√
	مضادة للانعكاس Anti-reflective Coating		تقليل الانعكاس لتحسين النفاذية فأشباه الموصلات تتميز بالانعكاسية العالية للضوء(Si) والسيليكون كمادة ذات معامل انكسار عالي.	خارجي						√		√	√			√				√	√
	مقاومة للحريق Fire-proof		عند زيادة التسخين تنتج مادة رغوية تعمل على تشكيل طبقة عازلة للحرارة. مضادة للحريق	خارجي وداخلي			√	√		√			√		√				√	√	√

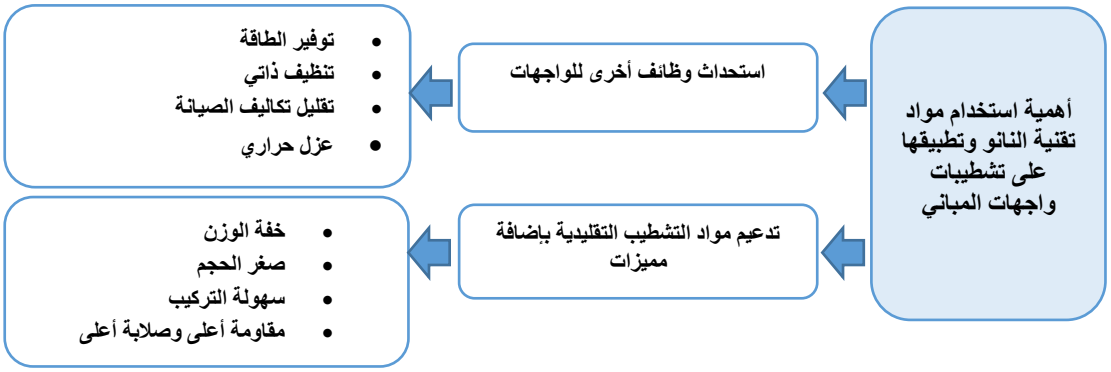
في الجزء التالي من البحث يتم رصد وتوثيق لعدد من المباني العالمية الحديثة والتي عرفت باستخدامها لمواد تقنية النانو ودورها في الحفاظ على البيئة المحيطة ونجاحها في توفير الطاقة والحفاظ عليها، كما روعي في الاختيار أن تكون في فترة زمنية متقاربة وكانت نقاط التحليل لكل منهم هي أنواع مواد وتقنيات النانو المستخدمة ومكان تطبيقها والوصف المعماري لتلك المباني من حيث اسم المبنى والموقع والمعماري المصمم ونشاط المبنى وكيفية تناولها في الواجهات الخارجية لتلك المباني. ويهدف هذا الجزء على تأكيد سبل الاستعانة بهذه التقنيات في تشطيب واجهات المباني لاختيار المواد المناسبة للمباني على حسب أماكنها وتفاعلها مع العوامل المناخية لتحقيق أعلى كفاءة واستفادة منها. ولا نغفل أنه قد تحتوي واجهات المبنى على أعمال خرسانات وحديد لذلك كان لابد من إدراجهم في المواد الخاصة بالتشطيبات، ولكن تعد أهميتهم أقل بكثير من العناصر الأخرى، كما يوضحها جدول(٢).

جدول (٢) نماذج تطبيقية من مباني حديثة عالمية على استخدام تقنيات النانو في المواد وتشطيبات المباني

تطبيقات مواد تقنية النانو على واجهات مباني عالمية حديثة						
مواد النانو الإنشائية	تقنية النانو	اسم المبنى	بيانات المبنى مع وصف لتقنيات النانو المستخدمة به	مكان التطبيق	وظيفة المبنى	نماذج تطبيقية معمارية لمواد وتقنيات النانو
الخرسانة	أنابيب النانو كربون	مركز مايك وأوفيليا أزاريديس نانو الكم	- الموقع: جامعة واترلو، كندا - المعماري: بيتر تيسنا ، الافتتاح: ٢٠١٢ يتكون المبنى من بلاطات خرسانية مغطاة بأنابيب النانو كربون وبين كل منهم حوائط ستائرية من الزجاج المعالج بتقنية النانو ليتصل المبنى بنسيج الحرم الجامعي، وقم تم استخدام أنابيب النانو كربون بشكلها المسدس على الواجهة لشمالية للمبنى لإعطاء المبنى تشكيل مختلف ولصلابة المبنى من الناحية الإنشائية مما يزيد من العمر الافتراضي للمبنى[٢٧]، شكل(٢٢).	خارجي العناصر الإنشائية	برج إداري	 شكل(٢٢) استخدام أنابيب النانو كربون
	ثاني أكسيد التيتانيوم Tio2	كنيسة اليوبيل	- الموقع: روما-ايطاليا - المعماري: ريتشارد ماير، الافتتاح: ٢٠٠٣ - تم إنشاء الغلاف الخارجي للمبنى من خرسانة النانو الجاهزة عالية الكثافة، التي تحافظ على المبنى من العوامل الجوية والمناخ، كما يساعد التنظيف الذاتي للمبنى على نظافته دون الحاجة إلى التنظيف، وتم ذلك بواسطة إضافات جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم الأبيض إلى الاسمنت الخارجي المستخدم في التشطيب وهذا يسبب إلى تحطيم الملوثات التي تحتك بالمبنى[٢٨]، شكل(٢٣).	خارجي	كنيسة	 شكل(٢٣) استخدام خرسانة النانو
مواد النانو المكملة	ذاتي التنظيف / عاكس	دار رعاية المسنين ودور التمريض	- الموقع: وادي فريك العلوي، سويسرا - المعماري: ولكر، كريستوف روفل - الافتتاح: ٢٠٠٥ - حصل المبنى الخاص بمسكن كبار السن للمسابقة المعمارية كأفضل مخطط يحتوي على مواد ذات تقنية النانو صديق للبيئة وكمبنى اقتصادي. الذي بدورة يسمح بدخول الضوء بنسب لتلبية الاحتياجات داخل الفراغات ويقلل من دخول الأشعة فوق البنفسجية، ويميز أيضا بوظيفته المزدوجة حيث يشمل على خاصية الحماية من أشعة الشمس والتنظيف الذاتي عن طريق التحفيز الضوئي[٢٨]، شكل(٢٤).	خارجي	مسكن للمسنين	 شكل(٢٤) استخدام خاصية التنظيف الذاتي
مواد النانو العازلة Nano Isolation Material	الهلام الهوائي Aerogel (Nano gel)	مبنى البحث جامعة ييل	- الموقع: نيو هافن كونيكتيكت، الولايات المتحدة الأمريكية، الافتتاح: ٢٠٠٧ - المعماري: كيران مبرلايك أسوشييتس، فيلادلفيا - يحتوي المبنى على حائط ستائري من ألواح الهلام الهوائيNano Gel، وتم تطبيق الزجاج المعالج بتقنية النانو الذاتي التنظيف (تأثير اللوتس) للحد من الملوثات والأتربة على الواجهات[٢٩]، كما يوضحها شكل (٢٥).	خارجي		 شكل(٢٥) يوضح استخدام الهلام الهوائي[٣٠]

	ألواح العزل الفراغية Vacuum Insulation Panels (VIPs)	مبنى متعدد الاستخدامات	خارجي وداخلي وأرضيات	- الموقع: ميونو، ألمانيا - المعماري: Pool Architected الافتتاح: ٢٠٠٤ - يعتبر المبنى الأكبر من نوعه من حيث استخدام ألواح VIPألواح النانو الفراغية العازلة، ويتكون المبنى من سبع طوابق متعددة الاستخدام، استخدمت الألواح في الأسقف الجدران الخارجية للمبنى [٣١]، شكل(٢٦).	مبنى متعدد الاستخدامات شكل(٢٦) استخدام ألواح العزل الفراغية
الطلاء	ذاتية التنظيف (تأثير اللوتس)	متحف آرا باسيس	خارجي وداخلي	- الموقع: روما-ايطاليا - المعماري: ريتشارد ماير - الافتتاح: ٢٠٠٦ - ويتكون المبنى الرئيسي من قاعة المؤتمرات والاجتماعات ومطعم، ويحتوي على مساحات أخرى للمعارض المؤقتة، والمكتبة والمكاتب الإدارية، يتميز الجزء المتبقي من المبنى ببنائه بكتل كبيرة من الحجر الجيري، ويحتوي المبنى على جزء مغطى بالكامل من الزجاج المحمي ضد التأثيرات البيئية المحيطة، كما أنه مطلي بطبقة من الطلاء المطور بتقنية التنظيف الذاتي للحفاظ على اللون الأبيض[٣٢]، شكل(٢٧).	متحف شكل(٢٧) استخدام من الطلاء المطور بتقنية التنظيف الذاتي
	ذاتية التنظيف (التحفيز الضوئي)	كنيسة تشابل بسطح فندق حياة ريجنسي	أسطح الواجهات الخارجية	**- الموقع: أوساكا- اليابان** **- المعماري: شركة أوباياشي باليابان** **- الافتتاح: ٢٠٠١** -هي كنيسة صغيرة بسطح فندق حياة ريجنسي مع الحديقة الملحقة، وتستخدم لمراسم الزفاف، وقد استخدم طبقة طلاء أبيض ذاتية التنظيف بتقنية التحفيز الضوئي والتي تستمر طويلا نظيفة [٣٢]، شكل(٢٨).	كنيسة شكل(٢٨) استخدم طبقة طلاء أبيض ذاتية التنظيف بتقنية التحفيز الضوئي.

من خلال تحليل المباني بالجدول السابق نستطيع أن نستخلص أنه تم استخدام تقنيات النانو في مواد تشطيبات واجهات المباني وخاصة المباني العامة، لأنها تحتاج إلى الصيانة الدورية ووجد أن استخدام مواد تقنية النانو في التشطيبات الخارجية أدى إلى تدعيم مواد التشطيب التقليدية فاحتفظت بمميزاتها والتخلي عن عيوبها بإضافة مميزات أخرى لها بالإضافة أنه أدى لاستحداث وظائف أخرى للواجهات لم تكن في الحسبان سابقا وأدت إلى رفع كفاءتها كما يوضحها شكل(٢٢).



شكل (٢٢) أهمية استخدام مواد تقنية النانو وتطبيقها على تشطيبات واجهات المباني

٤- مفهوم جودة البيئة الداخلية (IEQ)[٣٣]:

تعتمد جودة البيئة الداخلية على توفير بيئات داخلية مرنة تستجيب للاحتياجات الحالية والمستقبلية لمستخدمين الفراغ واختيار خامات ومواد بناء غير الضارة ليس فقط أثناء مرحلتي التصميم والتنفيذ، ولكن أيضا خلال عمليات الصيانة والتشغيل. وطبقا لما يُعرف بعلم بيئة المباني فإن جودة البيئة الداخلية تشير إلى مدى كفاءة إقامة وراحة الناس بالمساحات الداخلية وفقا لما يتم تفسيره بمجموع ردود أفعالهم النفسية والعضوية لعوامل التصميم في جودة البيئة الداخلية الجيدة وهي؛ التهوية وجودة الهواء الداخلي، والراحة الحرارية، وضجيج الصوت، ومستويات الإضاءة، وسيتم تناولهم تفصيليا كالتالي:

٤-١ الراحة الحرارية:
تعد الراحة الحرارية هي المحرك الرئيسي للشعور بالراحة، فالجسد البشرى يحتاج الى نطاق حراري داخلي مختلف قليلا عن الخارجي والذي يقوم بدوره في تحقيق عمل الوظائف الحيوية والتمثيل الغذائي metabolism فيؤثر ذلك على الهواء والأسطح المحيطة. [٣٤] وتعد العوامل المناخية المتمثلة في الاشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وحركة الهواء، هي العوامل ذات التأثير المباشر على احساس الانسان بالراحة من عدمه.

٤-٢ الإضاءة الطبيعية:
هي الاضاءة التي يكون مصدرها الشمس، وللضوء الطبيعي اهمية كبيرة في التصميم الداخلي حيث يساعد في توفير الراحة النفسية لشاغلي فراغات المبنى حيث يربط شاغلي المبنى بصريا بالبيئة الخارجية ، كذلك يربط الانسان بالوقت وبظروف الطقس وبدون دخول ضوء النهار يفقد الانسان الاحساس والارتباط بالطبيعة، بالإضافة إلى فوائده في تنظيم الوظائف البيولوجية في جسم الانسان، وهناك عدة عوامل تحدد كمية الاضاءة داخل الطبيعية النافذة إلى الفراغ وهى اتجاه الفتحات وعلاقتها باتجاه الشمس وتوجيه المبنى، والمساحة المزججة كالنوافذ والفتحات بالسقف، والخصائص الضوئية لمادة الزجاج.

٤-٣ التهوية وجودة الهواء الداخلي(IAQ):
تعتبر التهوية الطبيعية مكون أساسي من مكونات جودة البيئة الداخلية فالتهوية الجيدة تعمل على تحسين الصحة ومن ثم الإنتاجية في حين أن معدلات التهوية السيئة قد تتسبب في مجموعة من الآثار الصحية والحسية، ويمكن توضيح أهمية التهوية الطبيعية في المبنى من خلال النقاط التالية:

- تبريد عناصر ومكونات المبنى من الأثاث والحوائط الداخلية والأرضيات والأسقف والتي تتأثر بالحرارة المحيطة وتحتفظ بها في أوقات الظهيرة.
- تحقيق الراحة الفسيولوجية للسكان والتي تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة وحركة الهواء.
- الحفاظ على جودة الهواء الداخلي: جودة الهواء الداخلي هو مصطلح يشير إلى نوعية الهواء داخل وحول المبنى
- فالهواء يتلوث بالغازات مثل أول وثاني أكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة VOCs، والملوثات الجرثومية مثل العفن والبكتيريا، وللتخفيف من تلك الملوثات يجب التحكم في مصادرها.
- التخلص من نسبة ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تنفس مستعملي الفراغ وإحلال الأكسجين بدلا منه.
- التخلص من الروائح الكريهة والضارة داخل الفراغ.
- التخلص من الرطوبة في المبنى.

ويختلف معدل التهوية من فراغ لآخر حسب النشاط داخل الفراغ فعلى سبيل المثال في غرفة المعيشة يكون معدل تجديد الهواء المناسب من ١ الى ١,٥ مرة في الساعة بعكس المطبخ مثلا حيث يصل معدل تجديد الهواء من ٤الى ٥ مرات في الساعة نظرا لارتفاع نسبة الروائح وثاني أكسيد الكربون.

٤-٤ الضوضاء:
تسبب الضوضاء الازعاج والتوتر العصبي وإذا زادت الضوضاء عن 90 ديسيبل قد يفقد الانسان السمع، ويمكن معالجة الضوضاء داخل المباني باستخدام مواد عازلة للصوت.

ومن كل ما سبق يمكننا استخلاص أمثلة لعدد من مواد وتقنيات النانو التي تحقق هدف البحث برفع كفاءة مواد تشطيبات الواجهات الخارجية للمباني والتي بدورها تحقق الوصول إلى جودة البيئة الداخلية للمبنى، كما يوضحها جدول(٣):

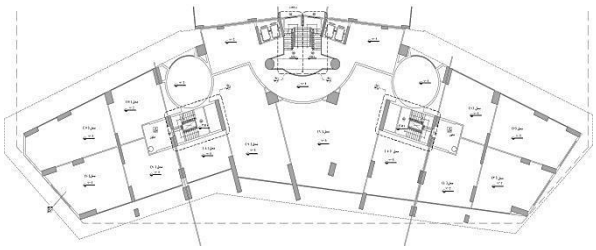
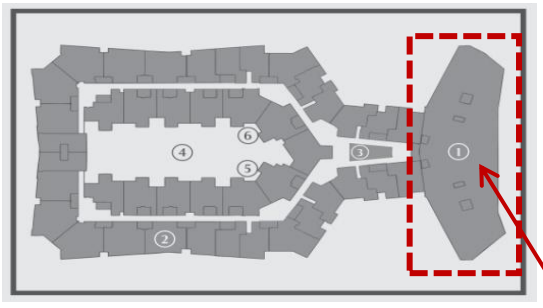
جدول (٣) مواد تقنية النانو التي تحقق متطلبات عناصر جودة البيئة الداخلية للفراغات

عناصر جودة البيئة الداخلية	متطلبات تحقيقها	مواد تقنية النانو التي تحققها
راحة حرارية	الحماية من الحرارة (العزل الحراري) مقاومة الحريق	تقنية العزل الحراري بأقل سمك وتنظيم الحرارة باستخدام ألواح العزل الفراغية Panels (VIPs). تقنية الحماية من الشمس باستخدام الأغشية الرقيقةThin-Film Insulation تقنية العزل الحراري بالهلام الهوائيAerogel .
اضاءة طبيعية	مقاومة الضباب تنظيف ذاتي	واجهات زجاجية مقاومة للضباب مواد التنظيف الذاتي
جودة الهواء الداخلي	تنقية المياه والتربة والهواء من الملوثات مقاومة الميكروبات والتلوث	تنقية الهواء باستخدام طلاءات ذاتية التنظيف سواء تأثير زهرة اللوتس أو التحفيز الضوئي
العزل الصوتي	منع نفاذية الصوت والحد من الضوضاء	مواد تستخدم في العزل الصوتي مثل الهلام الهوائيAerogel

٥ـ الدراسة التطبيقية على نموذج من نماذج المباني الإدارية في مصر:

في هذا الجزء من البحث سيتم دراسة تطبيق مواد وتقنيات النانو التي تم تحليلها سابقا والخاصة بتشطيب الواجهات المقترحة على مبنى قائم والوقوف على نقاط القوة والضعف كهدف أساسي لرفع كفاءته، وقد تم اختيار حالة الدراسة على المبنى القائم وهو مبنى إداري خاص بإحدى شركات التطوير العقاري الكبرى في مصركما يوضحه جدول(٤)، والذي يشغل موقع استراتيجي في محافظة القاهرة على الطريق الدائري (منطقة زهراء المعادي)، بما يحمله من عوامل مناخية وتلوث هواء بالإضافة لحجم المبنى وكتلته الضخمة، كذلك لتوضيح مدى إمكانية استخدام هذه المواد على مباني قائمة مما يعزز من أهمية استخدام مواد النانو في تشطيب الواجهات ورفع كفاءتها .

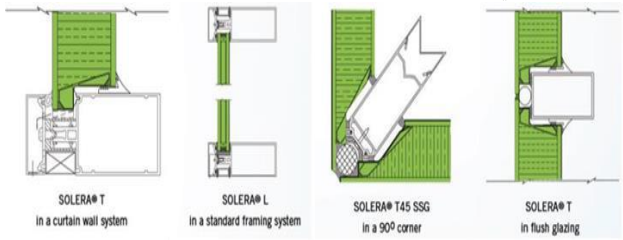
جدول(٤) المعلومات الخاصة بنموذج المبنى الإداري محل الدراسة

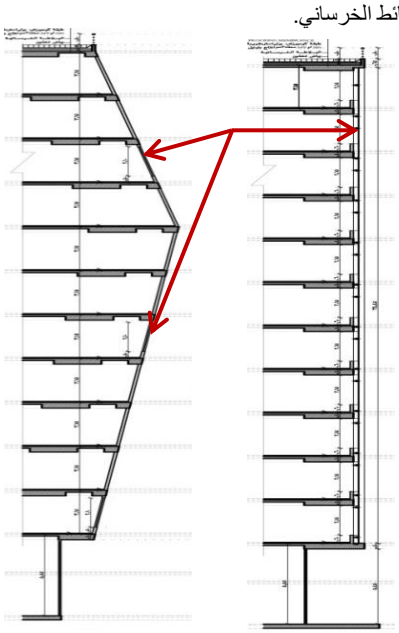
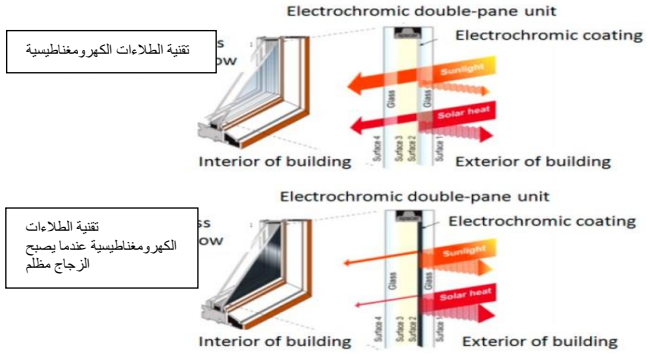
المشروع	مشروع دجلة فيو Degla View						
الموقع	المعادي على الطريق الدائري	المصمم	Van Cater Studio أمستردام	المالك والتنفيذ	شركة تطوير عقاري معمار المرشدي	التاريخ	٢٠١٨
معلومات عن المشروع	مبني إداري على حرم الطريق الدائري بواجهات حوائط ستائرية (Curtain Wall) ومبني سكني به ٦ مداخل مكون من (تجارى ،سكنى) أرضى و١١ دور .						
الموقع العام للمشروع	 المسقط الأفقي للجزء الإداري من المشروع				 موقع المشروع		
المسقط الأفقي ومكونات المشروع	 الجزء الإداري والمستهدف في الدراسة التطبيقية				١- المبنى الإدارى ٢- المبنى السكنى ٣- المدخل ٤- منطقة حمام السباحة ٥- المطاعم ٦- المنتجع الصحى 1. ADMINISTRATIVE BUILDING 2. RESIDENTIAL BUILDING 3. LOBBY 4. POOL LOUNGE 5. RESTAURANTS 6. SPA		

صور للمشروع وعلاقة المبنى الإداري بباقي كتل المشروع	المبنى السكني ملاصق تماما للمبنى الاداري بباثيو داخلي

فيما يلي تحليل مقارن لاستخدامات مواد تقنية النانو التي يمكن تطبيقها في الواجهات الخارجية لهذا المبنى لرفع كفاءته وتحويله إلى مبنى صديق للبيئة وموفر للطاقة وتقليل تكاليف صيانته وبالتالي يؤدي ذلك إلى إطالة العمر الافتراضي للمبنى، ففي هذه المرحلة يتم عمل تحليل مقارن لعناصر واجهات المبنى الإداري (الحوائط الستائرية Curtain Walls، الزجاج والنوافذ في الحوائط الخرسانية الجانبية، الحوائط الخرسانية بكامل ارتفاع المبنى الإداري على جانبي المبنى)، مع وضعها الحالي والوضع المقترح عند استخدام مواد تقنية النانو وذلك لرفع كفاءة تشطيب الواجهات لتحقيق جودة البيئة الداخلية لفراغات المبنى وهو الهدف البحثي، جدول (٥).

جدول(٥) تحليل مقارن لاستخدامات مواد تقنية النانو التي يمكن تطبيقها في الواجهات الخارجية للمبنى محل الدراسة مع وضعه الحالي

عناصر جودة البيئة للفراغات	عناصر الواجهات	الوضع الحالي	اقتراحات مواد تقنية النانو لرفع كفاءة تشطيب عناصر الواجهة
الراحة الحرارية (خارجيا)	الحوائط الستائرية	شكل الحوائط الستائرية الحالية بالمبنى الإداري	**تقنية العزل الحراري مع نفاذية الإضاءه الطبيعية وتوفير الطاقة** *يمكن استخدام وحدات الهلام الهوائي (Areogel) للنوافذ والفتحات حيث تقدم للفراغات مع مدى واسع من العزل الحرارى ، الا أن أحدث تلك المنتجات هو الهلام الهوائي (Areogel) والذي يعد بديلا للمنتجات السابقة شكل(٢٣). *كذلك فإنه ومن خلال نفس الخامة يمكن الحصول على اضاءة طبيعية جيدة يجب الاتقل نفاذية الضوء الطبيعى عن ٤٥ % وتتراوح نفاذية الايروجل للضوء الطبيعي بين ١٠٪ إلى ٤٥ % وهى نسبة قليلة مقارنة بالوحدات الزجاجية التقليدية الا ان قدرة الايروجل على نشر الضوء أفضل وبالتالي يحد من التباين أو الإبهار. *كذلك فإن الهلام الهوائي (Areogel) مادة مضادة للأشعة الفوق بنفسجية وبالتالي مقاومة للتغير في اللون.  شكل(٢٣) مواد الهلام الهوائي (Areogel) (منتجSOLERA) مصممة لتناسب انظمة التأطير القياسية المختلفة مثل الحوائط الستائرية والنوافذ.

عناصر جودة البيئة للفراغات	عناصر الواجهات	الوضع الحالي	اقتراحات مواد تقنية النانو لرفع كفاءة تشطيب عناصر الواجهة
جودة الهواء الداخلي	الحوائط الخرسانية		**تقنية الحماية من الحرارة ومقاومة الحريق** * يمكن استخدام الزجاج المقاوم للحريق والمطلي بطبقة من النانو وقد تم شرحه سابقا. شكل الحوائط الخرسانية الحالية بالمبنى الإداري **تقنية الخرسانة ذات التحفيز الضوئى** التي تحافظ على المبنى من العوامل الجوية والمناخ، كما يساعد التنظيف الذاتي للمبنى على نظافته دون الحاجة إلى التنظيف، وتم ذلك بواسطة إضافات جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم الأبيض إلى الاسمنت الخارجي المستخدم في التشطيب وهذا يسبب إلى تحطيم الملوثات التي تحتك بالمبنى.
الإضاءة الطبيعية	الزجاج والنوافذ	لجأ المصمم لتقليل الفتحات والنوافذ، أدى ذلك إلى محدودية الاستفادة من الإضاءة الطبيعية كما أنه لجأ لاستخدام الزجاج الملون العاكس قطاعات حائطية في المبنى الإداري توضح نماذج النوافذ العادية أو المائلة في الحائط الخرساني.  قطاعات حائطية بالمبنى الإداري توضح العلاقات بين الحوائط الخرسانية والحوائط الستائرية الزجاجية والنوافذ	***يمكن استخدام التقنيات اللونية الضوئية Photochromic Technology** فمنها ظهرت تقنية الطلاءات الكهرومغناطيسية Electro chromic والتي تتفاعل مع اى تغيرات فى شدة الضوء عن طريق زيادة وتقليل امتصاص الضوء .فهنا يسبب ضوء الشمس نفسه اظلام الزجاج تلقائيا دون تبديل، فهى تسمح بدخول ضوء النهار بما يكفي لأغراض الإضاءة ، وتقلل من دخول ضوء الشمس الزائد الذي يسبب الوهج والتحميل الزائد على نظام التبريد. يصل معدل نفاذية الضوء الطبيعى لـ٥٠-٧٠٪ في حالة الشفافية، و٢٪-٥٠٪ في حالة التلون، أما الـ U-value فهي حوالي٠,٢٩، فتتفاعل الطلاءات الكهرومغناطيسية مع التغيرات في الجهد المستخدم باستخدام طبقة من أكسيد التنجستين ليصبح الزجاج مظلم بلمسة زر واحدة للحد من التأثيرات غير المرغوب بها دون فقد الاتصال بالبيئة المحيطة الخارجية.وتعد الطاقة المطلوبة لتلوين طبقة الطلاء الرقيقة جدا هي الأقل وعملية التحول لا تستغرق بضع دقائق.  شكل (٢٤) يوضح تقنية الطلاءات الكهرومغناطيسية بالزجاج *** يمكن استخدام طلاءات التنظيف الذاتي(تأثير زهرة اللوتس) أو طلاءات التنظيف الذاتي بالتحفيز الضوئي** كما تم شرحهم سابقا.
جودة الهواء الداخلي	الزجاج والنوافذ	الهواء المستخدم في التهوية الطبيعية في المبنى قد يكون محملا بالملوثات مثل المركبات العضوية المتطايرة	*** استخدام دهانات النانو الشفافة للزجاج خاصية التنظيف الذاتي سواء كانت بتقنية التحفيزالضوئي (Tio2) أو تأثير زهرة اللوتس** وقد تم شرحهم سابقا والتي تعمل على تنقية الهواء المتجهة لداخل المبنى من العوادم والملوثات وبقايا المواد المتحللة (VOCs) مما يحفز على مشاركة التهوية الطبيعية مع الصناعية مما يؤدي إلى تخفيض الطاقة المستخدمة بالمبنى. والصيانة الدورية
العزل الصوتي	الزجاج والنوافذ	النوافذ التقليدية هي أكثر عناصر المبنى نفاذية لانتقال الصوت والضوضاء وذلك من خلال النوافذ والفتحات الزجاجية. 	***يمكن استخدام بعض مواد العزل الحرار ى مثل مادة الهلام الهوائي Nano gel-Aerogel** فهي مواد عازلة للصوت عند دمجها في الواجهات الزجاجية والوحدات الزجاجية في الأسقف والنوافذ فإنها تعمل على تقليل الضوضاء المرسلة من الخارج.

٦ـ تحليل البيانات واستخلاص النتائج:

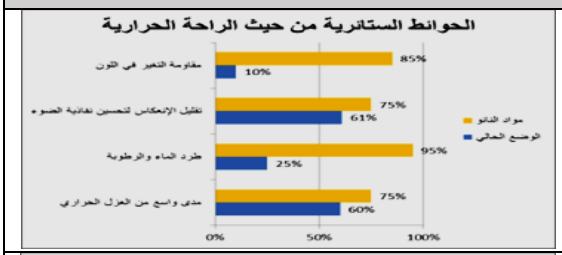
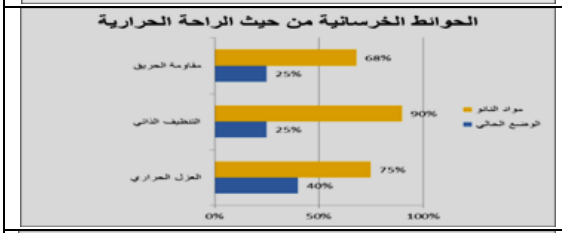
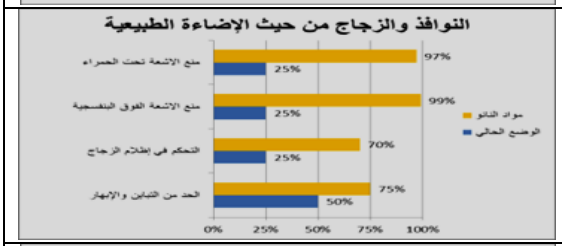
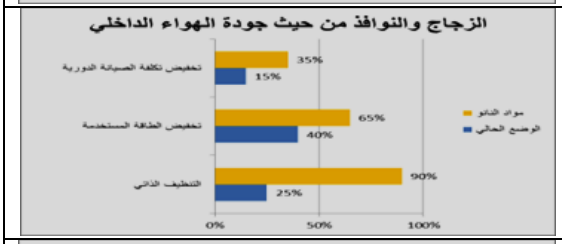
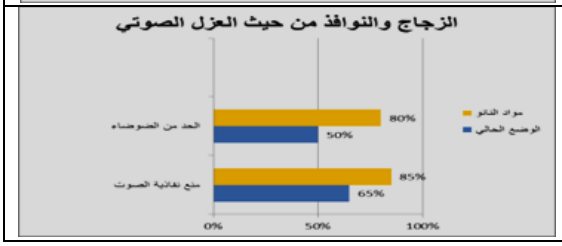
من خلال التحليل المقارن السابق والمعلومات التي تم تناولها في البحث، تم تقييم نسبة تحقيق نقاط المقارنة لكل عنصر من عناصر الواجهة من خلال المقاييس التالية، كما يوضحها جدول(٦).

جدول(٦) مقاييس تحقيق نقاط المقارنة لكل عنصر من عناصر الواجهة

مقاييس تحقيق نقاط المقارنة لكل عنصر من عناصر الواجهة				
المقاييس	جيد	متوسط	ضعيف	غير متوفر
الرمز	●	O	⊙	◎
النسبة	٩٠٪ الى ٧٥٪	أقل من ٧٥٪ الى ٦٠٪	أقل من ٦٠٪ الى ٤٥٪	أقل من ٤٥٪

ويمكننا من خلال جدول(٧) والذي نستخلص منه نسبة كفاءة كل عنصر من عناصر واجهة المبنى محل الدراسة التطبيقية في حالتين، الحالة الأولى هي الوضع القائم الحالي للمبنى والحالة الثانية هي الوضع عند استخدام مواد تقنية النانو وهذه المقارنة تطبق من حيث عناصر جودة البيئة الداخلية المذكورة سابقا.

جدول(٧) نستخلص منه نسبة كفاءة كل عنصر من عناصر واجهة المبنى محل الدراسة التطبيقية في الحالتين

عناصر جودة البيئة	عناصر الواجهات	نسبة تحقيق نقاط المقارنة لكل عنصر من عناصر الواجهة					نسب كفاءة كل عنصر في الحالتين
الراحة الحرارية	الحوائط الستائرية	نقاط المقارنة	مدى واسع من العزل الحراري	طرد الماء والرطوبة	تقليل الانعكاس لتحسين نفاذية الضوء	مقاومة التغير في اللون	
		الوضع الحالي	O	◎	O	◎	
		مواد النانو	●	●	●	●	
	الحوائط الخرسانية	نقاط مقارنة	العزل الحراري	التنظيف الذاتي	مقاومة الحريق	-	
		الوضع الحالي	◎	◎	◎	-	
		مواد النانو	●	●	O	-	
الإضاءة الطبيعية	النوافذ والزجاج	نقاط المقارنة	الحد من التباين والإبهار	التحكم في إظلام الزجاج	منع الاشعة الفوق البنفسجية	منع الاشعة تحت الحمراء	
		الوضع الحالي	⊙	◎	◎	◎	
		مواد النانو	●	O	●	●	
جودة الهواء الداخلي	الزجاج والنوافذ	نقاط المقارنة	التنظيف الذاتي	تخفيض الطاقة المستخدمة	تخفيض تكلفة الصيانة الدورية	-	
		الوضع الحالي	◎	◎	◎	-	
		مواد النانو	●	O	◎	-	
العزل الصوتي	الزجاج والنوافذ	نقاط المقارنة	منع نفاذية الصوت	الحد من الضوضاء	-	-	
		الوضع الحالي	O	⊙	-	-	
		مواد النانو	●	●	-	-	

من خلال ما سبق نجد أن مواد النانو حققت أعلى نسب كفاءة في لكل عناصر الواجهة وبالتالي متوقع أن تحقق أعلى كفاءة في جودة الهواء للبيئة الداخلية للفراغات داخل المبنى، مع إمكانية ترشيد استهلاك الطاقة اللازمة لتشغيل المبنى أو جزء منها وخفض تكاليف الصيانة وهو الهدف الرئيسي للبحث.

٧- النتائج:

خلصت هذه الدراسة إلى عدة نتائج هي:
- يمكن أن يؤدي تطبيق تقنية النانو التي تم تناولها البحث إلى رفع كفاءة واجهات هذه المباني لما تقدمه من حلول بيئية في حل العديد من المشكلات فهي مواد تعمل على التنظيف الذاتي وتحجب بعض من الأشعة الضارة وتعمل على العزل الحراري والعزل الصوتي وتقليل الضوضاء، فهي مواد تتوافق نسبيا مع الظروف البيئية للمبنى.
- تمثل تقنية النانو المستخدمة في مواد البناء والتشطيبات للمباني طفرة هامة لما لها من تأثير على مواد الإنشاء والواجهات الخارجية للمباني، وما قد توفره من خلق أفكار جديدة لكل معماري.
- استخدام واد تقنية النانو سيكون له أثر كبير في خفض تكاليف تشغيل المبنى وإطالة العمر الافتراضي له وتقليل الصيانة وترشيد استهلاك الطاقة.
- نجد أنه على الرغم من التكلفة المرتفعة لمواد النانو إلا أن الاستفادة منها كبير جدا على عدة مستويات فهي مواد موفره على المدى المتوسط والطويل.

٨- التوصيات:

من نتائج الدراسة يمكن الوصول الى مجموعة من التوصيات المختلفة:

- توصيات على مستوى الدولة:

- لابد من نشر الوعي المجتمعي من خلال عقد المؤتمرات والندوات والإعلان على مستوى الجهاز الإعلامي بالدولة لنشر أهمية استخدام مواد تقنية النانو على البيئة وعلى مفاهيم الاستدامة ومدى تأثيرها لتحقيق رؤية مصر ٢٠٣٠.
-ضرورة تطبيق الدولة لهذه المواد في مشاريعها القومية ونشر المفاهيم الصحيحة عن هذه المواد وكيفية تطبيقها.
- ضرورة إصدار القوانين والتشريعات والتسهيلات التي تسمح باستخدام هذه المواد وتسهل انتشارها بين فئات البناء والتشييد بشكل عام.
- ضرورة إدراج هذه التقنيات والمواد في المعارض الرسمية الكبرى التي تشرف عليها الدولة أو المؤسسات الكبرى لزيادة الوعي بها لدى الفئات المختلفة المتعاملة بمجال البناء والتشييد.

- توصيات على مستوى المعماريين:

- ضرورة نشر الوعي على مستوى المعماريين بضرورة استخدام مواد تقنيات النانو في التشطيبات وأهمية ذلك ومدى تأثيرها ايجابيا على الفكر التصميمي وتحقيقها لمبادئ الاستدامة المختلفة.
- يجب أن يسعى المصمم المعماري في تصميماته إلى الأخذ بمواد تقنيات النانو بعين الاعتبار لرفع كفاءة بيئة فراغاته الداخلية لما تحققه من احتياجات المستخدمين لما أثبتته تلك من المواد من مدى تحقيق أعلى كفاءة ممكنة في عناصر جودة الفراغ الداخلي للمبنى والذي أثبتته الدراسة البحثية.

٩- المراجع:

المراجع الأجنبية

[1] Raki, l., Beaudoin, J., Alizadeh, R., Maker, J., & Sato, T. (2010, February 3). Cement and Concrete Nano Science and Nano Technology. Material, Volume 3 Issue (2), 34.
[2] Elvin, G. (2007, MAY 20). Building Green with Nanotechnology. TechConnect Briefs, 4, 683-686.

[3] Glezer, A. M. (2011, August 17). Structural Classification of Nanomaterials. (P. F. Plasticity, Ed.) Russian Metallurgy (Metally), 263-269.
[4] Teizer, J., Venugopal, M., Winfried, T., & Felkl, J. (2012, May 1). Nanotechnology and Its Impact on Construction: Bridging the Gap between Researchers and Industry Professionals. Engineering Journal of Construction Engineering and Management-asce.
[5] Lazaro, A., & Brouwers, H. (2010). Nano-silica production by a Sustainable Process; Application In Building Materials. 8th fib International - PhD Symposium in Civil Engineering. Denmark.
[6] Leydecker, S. (2010). Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design. Boston, Berlin.
[7] Nano-SIO2 Silica Nanopowder/Nanoparticles Solution. (n.d.). Retrieved January 15, 2023, from Xuan Cheng Jing Rui New Material Co.,Ltd: https://jingruinm.en.ec21.com/Nano_SIO2_Silica_Nanopowder_Nanoparticles--4314162_4338995.html.
[8] Sanchez, F., & Sobolev, K. (2010, November). Nanotechnology in Concrete—A Review. Construction and Building Materials. Construction and Building Materials, 24(11), 2060-2071.
[9] Mujkanović, A., Bečirhodžić, D., & Merdić, N. (2016). SELF-CLEANING CONCRETE – A Construction Material For Bulding Cleaner World.
[10] B, A., Kumar, D., M, B., & B.L.P., S. (2013, MAY). Concrete Composites With Nano Silica, Condensed Silica Fume And Fly Ash – Study of Strength Properties. International Journal Of Scientific & Engineering Research, 4(5).
[11] ALTAIR. (n.d.). Retrieved December 20, 2023, from Thermal Mechanical Technical Background: https://www.efatigue.com/hightemp/background/tmf.html.
[12] Sev, A., & Ezel, M. (2014, July 4). Nanotechnology Innovations for the Sustainable Buildings of the Future.
[13] The constructor Building ideas. (n.d.). Retrieved February 10, 2022, from The construction Encylopedia: https://theconstructor.org/building/nanomaterials-in-construction-applications/5638/
[14] Schodek, D., Ferreira, P., & Ashby, M. (1st Edition 2009). Nanomaterials, Nanotechnologies and Design. Elsevier .
[17] DHGATE. (n.d.). Retrieved MARCH 5, 2023, from witchable glass and PDLC film: https://ie.dhgate.com/product/switchable-glass-and-pdlc-film-smart-film/401479864.html
[18] Cestari, C. B., Invernizzi, S., & Tulliani, J. M. (January 2010). Nanotechnologies / smart-materials in timber constructions belonging to cultural heritage. Politecnico di Torino.
[20] Jelle, B. P., Gustavsenc, A., Baetens, R., & Grynning, S. (2010, January 26-27). Nano Insulation Materials Applied in the Buildings of Tomorrow. Retrieved February 5, 2023, from COIN workshop on Concrete Ideas for Passive Houses.
[21] Moga, L., & Bucui, A. (2017). Nano insulation materials for application in nZEB. 11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering (p. 311). Romania: ScienceDirect.
[22] Polycrystalline Silicon Solar Cell. (n.d.). Retrieved March 10, 2023, from https://www.suratexim.co.in/polycrystalline-silicon-solar-cell-2586780.html
[23] Abdel-Latif, I. A.-L. (2018). Perovskite Strontium Doped Rare Earth Manganites Nanocomposites and Their Photocatalytic Performances. Intechopen.
[24] Titanium dioxide (TiO2) in architecture. (2022, Jan 2). Retrieved February 25, 2023, from https://www.shqipark.com/post/dioksidi-i-titaniumit-tio2-n%C3%AB-arkitektur%C3%AB
[25] CeramicPlus from Villeroy & Boch, the ceramic with advantages. (2017, September 26). Retrieved Novamber 12, 2023, from Decoration and Interior Design: https://www.interempresas.net/Decoracion-interiorismo/Articulos/196195-CeramicPlus-de-Villeroy-Boch-la-ceramica-con-ventajas.html
[26] Permanent anti-fog windshield nanocoating for enhanced driver vision. (2019, November 14). Retrieved March 4, 2023, from domus-project: https://www.domus-project.eu/permanent-anti-fog-windshield-nanocoating-for-enhanced-driver-vision/
[27] Mike & Ophelia Lazaridis Quantum-Nano Centre / KPMB Architects. (n.d.). Retrieved January 14, 2023, from archdaily: https://www.archdaily.com/452205/mike-and-ophelia-lazaridis-quantum-nano-centre-kpmb-architect
[28] Church of 2000 / Richard Meier & Partners. (n.d.). Retrieved January 14, 2023, from ArchDaily: https://www.archdaily.com/20105/church-of-2000-richard-meier

[29] 32–36 Edgewood Avenue. (n.d.). Retrieved January 14, 2023, from sustainability: https://sustainability.yale.edu/sites/default/files/edgewood_4.pdf
[30] Sculpture Building and School of Art Gallery. (n.d.). Retrieved January 15, 2023, from kierantimberlake: https://kierantimberlake.com/page/sculpture-building-and-school-of-art-gallery
[31] Ercolani, E. (n.d.). Materials Science and Technology. Retrieved January 14, 2023, from Nano Materials for Architecture: https://didattica.uniroma2.it/files/scarica/insegnamento/144459-Tecnologia-Dei-Materiali-E-Chimica-Applicata/12238-Nanotecnologie-per-Edilizia
[32] Ara Pacis Museum / Richard Meier & Partners. (n.d.). Retrieved January 16, 2023, from ArchDaily: https://www.archdaily.com/104187/ara-pacis-museum-richard-meier-partners
[33] U.S. Green Building Council. (n.d.). Retrieved February 20, 2023, from Transforming buildings and communities through LEED: https://www.usgbc.org/

المراجع العربية

[١٥] الزعفراني, ع .م & .,فكري, أ .أ .(2006) .الزجاج ذو النفاذية الاختيارية للإشعاع الشمسى مدخل للتصميم البيئى للفتحات الخارجية فى المبانى .*مؤتمر قسم الهندسة المعمارية*.10 .p ,
[١٦] حسين جمعة. (٢٠٠٩). *النانو تكنولوجى فى التشييد والبناء*. القاهرة: مكتب الدراسات والاستشارات الهندسية.
[١٩] *مستقبل المباني المستدامة في ظل تكنولوجيا النانو*. تاريخ الاسترداد 12 MARCH, 2023، من INTERBUILD TODAY: https://ibtoday.expertsudan.com/2019/04/29/nano-technology-2
[٣٤] عادل يس، جورج باسيلي، مراد عبد القادر، و وآخرون. (١٩٩٨). *دليل العمارة والطاقة*. القاهرة: جهاز التخطيط والطاقة.

Use of Nanotechnology materials and techniques to upgrade the external finishing of buildings to achieve the quality of their internal environment (Applied study on an administrative building)

ABSTRACT:

Nanotechnology applications have created a comprehensive change in all lifestyles, which in turn revolutionized the field of construction materials and architectural finishes in general, and facades in particular, because facades are no longer just a secondary outer shell for the building, but rather have become one of the most important tools for the architect to express his ideas. Nanotechnology is to reach a better level of performance inside and outside the building, and despite the widespread application of nanotechnology materials in many developed countries; it has not reached the required level in the Egyptian local market, and herein lies the research problem. The importance of the research is summarized in highlighting the importance of using Nano materials in finishing facades, especially administrative buildings, coinciding with the establishment of the new administrative capital to include many administrative buildings, as well as the state's orientation towards sustainability through Egypt's vision 2030 to achieve a balance in the state's resources between the present and the future, so we can use nanotechnology materials that We avoid the drawbacks of traditional building materials and finishes or improve their performance. The research aims to use Nano materials because they have a significant impact in the field of external finishes, so they can achieve the highest efficiency in finishing facades, in addition to reducing maintenance costs, rationalizing energy consumption, achieving environmental sustainability, and achieving the quality of the internal environment for users.

To reach the above, the research is divided into two parts. The first part follows the inductive approach and contains concepts about nanotechnology and materials and their applications in architecture and the extent of the impact and employment of Nano materials in finishing the external facades of buildings, and their capabilities in transforming the function of finishing materials into other functions that serve considerations of cost, maintenance and environmental sustainability, as well as addressing the concepts of internal environmental quality and linking it to materials Finishing using nanotechnology. As for the second part, it follows the analytical and comparative analytical approach and contains an extract of the most important results of the use of Nano materials techniques in the external facades of buildings through monitoring and documenting some modern projects globally in which different Nano materials were used in finishing their facades to determine the impact of their use in the facades of those buildings. An existing administrative building with traditional finishing materials to make a comparative analysis between the efficiency of the facade elements of this building currently and their efficiency if they were replaced with nanotechnology materials to reach the research result and then the results and recommendations.

KEY WORDS: Nanotechnology - Nanotechnology Materials - Facade Finishing - Internal environment quality - Administrative Buildings