

العنوان:	معالجات النانو للخامات الخشبية والاستفادة منها في تكنولوجيا التصميم الداخلي
المصدر:	مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية
الناشر:	الجمعية العربية للحضارة والفنون الإسلامية
المؤلف الرئيسي:	إبراهيم، زكريا سيد سعيد
المجلد/العدد:	عدد خاص
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2020
الشهر:	أكتوبر
الصفحات:	488 - 506
رقم MD:	1117716
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	التقنيات الفائقة، النانو تكنولوجي، المعالجات التقنية، الأخشاب الطبيعية، العمارة الداخلية
رابط:	<a href="http://search.mandumah.com/Record/1117716">http://search.mandumah.com/Record/1117716</a>

## معالجات النانو للخامات الخشبية والإستفادة منها في تكنولوجيا التصميم الداخلى Nano treatments for wood materials and their use in interior design technology

أ.م.د/ زكريا سيد سعيد ابراهيم

عميد كلية الهندسة بالجامعة العربية للعلوم والتقنية - المشرف على قسم التصميم الداخلى  
المملكة العربية السعودية

**A.Prof. Dr./ Zakaria Sayed Saeed Ibraheem**

Dean of the Faculty of Engineering, Arab University for Science and Technology  
Supervisor of the Department of Interior Design -Kingdom of Saudi Arabia

[zeeka2008@gmail.com](mailto:zeeka2008@gmail.com)

### الملخص:

سيطرت التقنيات الفائقة وخاصة تقنية النانو تكنولوجيا على مختلف مجالات الحياة في هذا العصر، وخامات التصميم الداخلى أحد المجالات التي تأثرت بها، فمن خلال إستغلال إمكانياتها في إنتاج مواد جديدة أو تحسين خواص لمواد معينة، أدى ذلك إلى ظهور عمارة النانو وهي أحدث وأهم ما أنتجته التقنيات الفائقة، وبالتالي كان لها الأثر على تكنولوجيا التصميم الداخلى، حيث أفرزت تحسين متقن للعديد من الخامات ومنها الخشب الذى إكتسب صفات ومميزات جديدة ساهمت في تطور التصميم ووجود حلول وبدائل لم تكن معروفة من قبل، فضلاً عن أن النانو تكنولوجيا أعطت مجال العمارة الداخلية إمكانيات متعددة ومتنوعة لتشكيل وتصميم منتجات مميزة للحيز الفراغى داخلياً وخارجياً، لما أتاحتها من خصائص متقدمة لنظم الإنشاء وخامات التصميم الداخلى المتنوعة، مثل الخشب ومواد الإكساء المختلفة، حيث أضافت أبعاداً جديدة للمصمم الداخلى مكنته من تجسيد أفكاره والتعبير عنها بشكل كامل، مما أدى الى الوصول لتشكيلات متباينة في الدقة والتعقيد، كان من المستحيل الوصول اليها دون تقنية النانو تكنولوجيا، فقد قدمت حلولاً بيئية جديدة ساعدت تحسين التصميم وقللت من التكلفة الاقتصادية. فهذه التقنية ساهمت فى تصميم مطور من خلال استخدام التكنولوجيا الحديثة والخامات الجديدة والوسائل العلمية المتقدمة، ويُعتبر الخشب الخامة الطبيعية الوحيدة التى تتميز بالتنوع الكبير فى خصائصها، لذلك جاءت المحاولات لتطويرها من خلال المعالجات التقنية بهدف إطالة عمرها مع الحفاظ على تكوينها البنائى. حيث ساهمت تكنولوجيا النانو فى تطورات كبيرة فى مجال حماية الأخشاب، والوصول لبعض المميزات والخصائص مثل ضمان نظافة الأسطح ومقاومة الخدوش وغيرها من المميزات الأخرى، بالإضافة لحماية الأخشاب من الآفات والحشرات والعفن والفطريات والبقع التى تؤدى إلى التحلل البيولوجى للخشب، مما يهدد الشكل البنائى والتكويني للخشب كونه خامة عضوية.

### الكلمات المفتاحية:

تقنية النانو، حماية الخشب، المعالجات، النانو وتأثيراتها، نانومتر.

### Abstract:

High technologies, especially nanotechnology, dominated various areas of life in this era, and the interior design materials are one of the areas affected by it, by exploiting their capabilities in producing new materials or improving the properties of certain materials, this led to the emergence of nano-structures, which is the latest and most important of the technologies produced super technologies, and therefore had an impact on interior design technology. As it produced a subtle improvement for many of the materials, including wood, which acquired new features that contributed to the development of design and the presence of solutions and alternatives that were not known before, in addition to that the nanotechnology gave the field

of interior architecture multiple and varied capabilities to form and design distinctive products for the space internally and externally, for what it provided advanced properties for construction systems and various interior design materials, such as wood and various cladding materials; As it added new dimensions to the interior designer that enabled it to fully embody its ideas and express them, which led to reach different formations in accuracy and complexity, it was impossible to reach them without nanotechnology, it introduced new environmental solutions that helped improve design and reduce economic costs.

This technology has contributed to a developmental design through the use of modern technology, new materials and advanced scientific methods, and wood is the only natural raw material that is characterised by great diversity in its characteristics, so attempts to develop it through technical treatments aiming to extend its life while preserving its structural composition. Nanotechnology has contributed to major developments in the field of wood protection, and reach some features and advantages.

### Key words:

Nanotechnology, wood protection, processors, nano and its effects, nanometers.

### المقدمة:

إن الإتصال بين العلوم والفنون ذا أهمية كبيرة للعلاقة المشتركة بينهما، والتي كانت سبباً لبناء أسس الإتجاهات الفنية الحديثة التي إعتمدت عليها نظريات علمية وفلسفية جديدة لها دور كبير في تكوين الفكر وتكنولوجيا التصميم الحديث، والتي تقوم على الأسس البنائية والإنشائية للشكل، وأثرت بدورها على الفنون التطبيقية بشكل عام، وتكنولوجيا الأثاث بشكل خاص، إن فهم علم النانو وتطبيقاته يفتح أمام الإنسان الوعود والآفاق لتحسين كل ما ينتجه، حيث تسعى هذه التقنية إلى تطوير الخامات ومعالجتها، من خلال إستخدام التقنية الجديدة والوسائل العلمية المتقدمة التي وفرتها هذا التقنية، والنانوية هي واحدة من المكونات الرئيسية في تكنولوجيا النانو، فلقد إكتسبت النانو أهمية كبيرة خلال السنوات العشر الماضية لتدخل بديل لمواد وخامات وتصبح صديقة البيئة، وتنتج جسيمات متناهية الصغر في جميع المجالات. ولقد سيطرت هذه التقنيات الفائقة وخاصة تقنية النانو على مختلف مجالات الحياة في هذا العصر، ومن الطبيعي أن تتأثر تخصصات العمارة كأحد المجالات الأساسية في الحياة، فمن خلال إستغلال تقنية النانو تمكن العلماء والباحثين من إنتاج خامات ومواد جديدة وتحسين خواص بعض الخامات والمواد الموجودة، مما أدى الى ظهور خامات النانو وما تحتويه على خصائص جديدة، وهي أحدث وأهم ما أنتجته التكنولوجيا الحديثة المطورة، حيث اعطت مجال التصميم الداخلى إمكانيات متعددة ومتنوعة لتشكيل وتصميم منتجات مميزة للحيز الفراغى الداخلى، ومتفاعل مع البيئة من خلال إستخدام خامات محسنة ومعالجة بتقنيات النانو تكنولوجى، والخشب هو واحد من أكثر الموارد الطبيعية قيمة ومفيدة للبشرية. حيث يؤدي دوراً مهماً في الأنشطة البشرية المختلفة كالبناء والتشييد والتأثيث الداخلى، وبالتالي تم تطوير العديد من طرق الحفاظ على الأخشاب لزيادة عمر خدمة الخشب، وتقليل تكاليف معالجات الأخشاب، والوصول لإستخدام أكثر كفاءة للخشب في العديد من التطبيقات، ولذلك تعددت طرق وأساليب حماية الأخشاب قديماً وحديثاً حتى ظهرت تكنولوجيا النانو، التي أضافت لخامات الخشب قدرات وإمكانيات فاقت الخيال العلمى، وأدى ذلك إلى تنوع كبير في الخامات الخشبية طبيعية كانت أو مصنعة، للإستفادة منها بتوسع أكبر في مجال التصميم الداخلى.

**مشكلة البحث:**

ندرة الأبحاث التي تناولت معالجة الخشاب بتقنية النانو، أو تناولتها بشكل سطحي، مما أثر على عدم معرفة حقيقة هذه التقنية وأبعادها وتأثيرها على جميع نواحي التخصص. وزيادة الفجوة الموجودة بين العالم العربي والعالم المتقدم في ضوء تكنولوجيا النانو، وذلك لتعظيم الاستفادة من هذه التقنية.

**أهمية البحث:**

تعد تكنولوجيا النانو واحدة من أهم التطورات العلمية التي لها أثر كبير على العديد من المجالات بما فيها مجال التصميم الداخلي، حيث أنها تقدم مواداً وأنظمة تقنية جديدة من شأنها أن تؤثر على جميع خامات التصميم الداخلي والتي يأتي الخشب في مقدمتها. لذلك لا بد من دراسة علاقة هذه التقنية بتطوير ومعالجة الأخشاب.

**هدف البحث:**

يهدف البحث إلى التعرف على تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها ودراسة تأثير تقنية النانو على التغيرات التي تطرأ على الخامات الخشبية، ودراسة طرق المعالجات النانوية المختلفة، والتعريف بالتطبيقات المختلفة لتقنيات النانو في مجال معالجة الأخشاب، وكيف ساهمت في تحسين خواص الخشب ليتلاءم مع التصنيع ومع البيئة.

**منهجية البحث:**

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي.

**1- تغيير صفات الخامات بتكنولوجيا النانو:**

تتلخص فكرة استخدام تكنولوجيا النانو في إعادة ترتيب الذرات التي تتكون منها المواد والخامات في وضعها الصحيح، وكلما تغير الترتيب الذري للمادة كلما تغير الناتج منها إلى حد كبير. وتعتمد خصائص المنتجات النانوية على كيفية ترتيب هذه الذرات، فإذا قمنا بإعادة ترتيب الذرات في الفحم يمكننا الحصول على الماس، أما إذا قمنا بإعادة ترتيب الذرات في الرمل وأضفنا بعض العناصر القليلة يمكننا تصنيع رقائق الكمبيوتر. وإذا قمنا بترتيب ذرات الخلايا الخشبية تمكنا من الوصول لخشب أقرب إلى الصلب، وما يعكف عليه العلم الآن أن يغير طريقة الترتيب بناء على النانو، ومن وجهة النظر الفيزيائية الالكترونية يعتبر النانو تكنولوجيا nano technology الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات الذي يمكن تصنيف ثوراته التكنولوجية على أساس انها مرت بعدة أجيال شكلت أسباب وجوده. والنانو تكنولوجيا تعني حرفياً التقنيات المصنوعة بأصغر وحدة قياس للبعد التي إستطاع الإنسان قياسها حتى الآن (النانو متر) أي التعامل مع أجسام دقيقة جداً ذات أبعاد نانويه (1 متر = 1000.000.000 نانومتر) أي واحد على مليار من المتر، فالنانو هو أدق وحدة قياس مترية معروفة حتى الآن، وحجم النانو أصغر بحوالي 80.000 مرة من قطر الشعرة، وكلمة النانو تكنولوجيا تعنى التكنولوجيا المجهرية الدقيقة. [9]

**2- تكنولوجيا النانو تطور الخامات بلا فاقد:**

إن التكنولوجيا النانوية تحتاج إلى ملايين من المستنسخات لبناء الملايين من المجمعات داخل الخامة، وهذه لن يزيد حجمها عن مكعب بحجم 1 ميليمتر مكعب، والتي بدورها تتحكم في الذرات. والطريقة التقليدية في تصنيع المواد المختلفة تتم بخلط مكونات المواد لتتفاعل معا بدون الأخذ في الاعتبار اتجاه الذرات الداخلة في التفاعل، وبالتالي فإن المادة الناتجة تكون خليطاً من عدة مواد، أما باستخدام تقنية النانو فمن الممكن توجيه وضع الذرات الداخلة في التفاعل بتوجيه محدد وبالتالي فإن المواد الناتجة سوف تكون أكثر دقة وأكثر نقاوة من التصنيع بالطرق التقليدية، وكذلك فإن تقنية النانو تعمل على تقليل تكلفة الإنتاج وخفض الطاقة المستهلكة. وخلال تلك العمليات تقوم تقنية النانو بتوجيه الذرات ووضعها في مكانها الصحيح أثناء عملية

التفاعل. وأيضاً هناك العديد من المركبات تم هندستها بتقنية النانو لتتوافق مع مستوى الجزيئات والذرات، ومازال لتقنية النانو التأثير والدور البارز في زيادة سرعة التقدم العلمي، فبواسطتها حدثت قفزات علمية كبيرة فاقت التطورات التي حدثت في المجالات العلمية التي حدثت خلال المائة عام الماضية. إنها تكنولوجيا تقوم على استخدام الجزيئات في صناعة كل شيء بمواصفات جديدة، فريدة ومتميزة. وبتكلفة تصل إلى عشر التكلفة الحالية، وما قبلها كانت الصناعة تحول الأجزاء الكبيرة إلى أشياء أصغر، مثل تحويل شجرة إلى كراسي وطاولات وغيرها من الأثاث، فتنتشر فضلات ومخلفات (نشارة) وهو ما كان يعتبر تلويثاً للبيئة وخسارة لقسم قليل من الخشب، ولكن وفق تكنولوجيا النانو صار بالإمكان تركيب ذرة مع ذرة وجزء مع جُزء لصنع وحدة ما، فلا تضيع مواد، ولا تتلوث البيئة. إن تكنولوجيا النانو تقدم قدرة متطورة غير معهودة على التعامل مع خواص جديدة ومختلفة للمواد وصناعة كل شيء، موفرةً بذلك مجموعةً من الإمكانيات والتي لم يكن التوصل إليها سابقاً. [7]

### 3- أهمية تقنية النانو في التصميم الداخلي:

دمج تقنية النانو مع تكنولوجيا التصميم الداخلي فتحت باباً واسعاً أمام المصممين الذين يسعون للتجديد والتغلب على المشاكل التصميمية التي كانت تواجههم أحياناً، فمن خلال تصميم المواد والخامات النانوية أصبح صنع المستحيل، وأن قدرة المصممين باتت سهلة على التحكم في إستغلال الخامات الجديدة وما تمتلك من تفاصيل دقيقة والسيطرة على خصائصها التي ساهمت في تطوير تطبيقات عديدة لتكنولوجيا التصميم الداخلي، وهو ما كان له الأثر الكبير في تغيير الفكر التصميمي الذي كان من الصعب تطبيقه سابقاً. فإن تقنية النانو اتحت عالمياً جديداً من الخامات والمواد المتقدمة الأكثر كفاءة والتي لها القدرة والإستجابة لجميع أفكار المصمم لتحسين البيئة الداخلية. فضلاً أن تقنية النانو قدمت التقنيات فائقة الذكاء التي تزيد من كفاءة تصميم الحيز الفراغي وتوسع الخدمات بداخله. بما أفرز عن توفير الأجواء الملائمة لزيادة إنتاجية العمل والراحة للمستخدمين. [10]

### 4- النانو هي تكنولوجيا المستقبل:

ولا تزال تكنولوجيا النانو تحمل إلينا يومياً الكثير من المفاجآت المذهلة في مجالات الحياة كافة، في جميع المجالات ومنها مجال التشييد والبناء، حيث بدأ الكثير من المراكز البحثية العلمية العالمية في التوصل إلى مواد بناء منخفضة التكاليف بتكنولوجيا النانو، وبمواصفات وميزات خاصة فريدة وكثيرة، حيث تسهم هذه التكنولوجيا في إنتاج مواد بناء ذات ميزات وخصائص حرارية وكهربائية وفيزيائية وكيميائية وميكانيكية فريدة، فسوف تتمكن مساكن «النانو» من مقاومة درجات الحرارة العالية، والإشعاعات الضارة، والحماية من الحرائق، والقدرة على التنظيف الذاتي، كما ستتمكن المباني من صيانة ومعالجة أي تشققات وتصدعات مبكراً، وإصلاحها بنفسها بصورة مباشرة وتلقائية. وإستطاعت تكنولوجيا النانو إنتاج مواد البناء لتحسين خصائصها ووظائفها، مثل المواد المستخدمة في الدهانات (الطلاءات) والمواد المضافة للخلطات الخرسانية والمواد الإسمنتية، والجبسية، والبلاط، والسيراميك، وتحسين صناعة الزجاج وصناعة الأخشاب، وغيرها، لتجعلها خفيفة الوزن وأكثر قوة ومتانة ومقاومة للتصدعات والتشققات والتآكل، ولتقيد في حماية الأسطح والجدران من التصاق الغبار والملوثات، والمحافظة على ثبات درجات الألوان، والعزل الحراري، ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية، ومقاومة الرطوبة، بالإضافة إلى الخصائص البيئية، متمثلة في مساعدة مواد البناء في التقليل من كمية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في البيئة، وبالتالي المحافظة على سلامة النظام البيئي. [1]

**5- علم النانو وتقنية النانو:**

هناك فرق بين علم النانو وتقنية النانو لذلك هناك تعريفان منفصلين، واحد لعلم النانو والآخر لتقنية النانو.

**1/5- فِلم النانو:** يمكن أن يعرف على انه ذلك الفرع من العلوم الطبيعية الذي يهتم بدراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية المرتبطة بتصغير أحجام المواد الى المقياس النانوي في بعد أو بعدين أو جميع الأبعاد بحيث يكون أحد أبعاد المادة على الاقل في المدى من 1 إلى 100 نانوميتر.

**2/5- أما تقنية النانو:** فإنها تهتم اساسا بصنع التراكيب والجسيمات والأجهزة النانوية وإدخال المفاهيم النانوية في الصناعة أكثر من اهتمامها بصفاتها الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية. [5]

**6- المواد النانوية فى الطبيعة:**

إن كثيراً من التركيبات والأجهزة والأنظمة التي خلقها الله في الطبيعة تعمل في الحيز النانوي، وقد إستفاد العلماء من تقليدها وإستخدامها، فأوراق اللوتس المركبة نانويًا والتي تخلق أسطح طاردة للمياه قد تم الاستفادة منها في إنتاج العديد من المواد ومنها الدهانات النانوية التي ساهمت في حلول جذرية للأثاث والمنتجات الخشبية والحفاظ عليه، بخامات في الدهانات تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش والتآكل والتفتت وطاردة للمياه. وفي محاولات أخرى قام فريق من العلماء بتقليد قوة ومرونة خيوط العنكبوت المقواة ببلورات نانوية، وكذلك فإن أجسامنا وأجسام الحيوانات تستخدم مواد، وأجهزة وأنظمة نانوية طبيعية مثل البروتين والأغشية وغيرها، والمواد النانوية حولنا في الطبيعة كثيرة، فنواتج الأنشطة الفوتوكيميائية والبركانية ودخان الحريق والسيارات والمنتجات الناتجة عن الاحتراق كلها تركيبات نانوية. [4]

**1/6- طرق تصنيع المواد النانوية:**

**1/1/6- الشروع من الأعلى الى أسفل (Top – Down):** وفي هذه الطريقة يبدأ تكوين المادة النانوية من الأجسام الكبيرة بإزالة بعض مكوناتها وذلك للحصول على مقاييس أصغر، بمعنى انها تبدأ بحجم محسوس من المادة محل الدراسة وتصغر شيئاً فشيئاً حتى الوصول إلى المقياس النانوي.

**2/1/6- من القاع الى الأعلى (Bottom-Up):** ويتم بوضع المكونات الأصغر كالذرات والجزيئات المنفردة مع بعضها البعض لتكوين نظام أكبر وأكثر تعقيداً، وغالباً تتم بطرق كيميائية، وتتميز بصغر حجم النواتج (نانومتر واحد).

**3/1/6- الأنابيب النانوية الكربونية: Carbon Nanotube** والمعروفة أيضاً بمصطلح Buckytubes هي متآصلات كربونية ذات تركيبات نانوية أسطوانية الشكل. ويلاحظ أن نسبة طول الأنابيب النانوية الكربونية إلى قطرها تصل إلى 1:132.000.000 والتي تبدو أطول بدرجة واضحة من أي مادة أخرى. ولتلك الجزيئات الكربونية سماتٌ جديدة، تجعلها مفيدةً في العديد من التطبيقات منها مجال العمارة حيث تأثرت الكثير من المواد والخامات بهذه المميزات وكانت الخامات الخشبية إحدى الخامات التي تطورت سريعاً بهذه الخواص. [9]

**7- خواص المواد النانوية:**

إن خواص الخامات والمواد تتغير بشكل ملحوظ حسب مكوناتها، فالمكونات النانوية تكون أقوى كثيراً من مثيلاتها في الحجم الأكبر، فعلى سبيل حوالى (10 ن م) أكثر صلابة ب 7 مرات من المعدن (grain size) المثال على أن المعدن بحجم حبيباته العادية يقاس بمئات من النانو متر، مما يجعل للخشب قوة تعادل قوة المعادن بعد معالجته نانويًا، وهذا التغيير الكبير بخواص المواد في الحيز النانوي سببه الآتي:

**1/7- الزيادة النسبية فى المساحة:** المواد النانوية لها مساحة سطح أكبر عندما تقارن بنفس الكتلة من المادة المنتجة في الحيز الأكبر، وهذا يجعل المواد أكثر نشاطاً كيميائياً، ويؤثر في قوتها وخواصها الكيميائية فتصبح مواد النانو مواد محفزة،

وبما أن التفاعلات الكيماوية تحدث عند السطح فإن المواد النانوية أكثر نشاطاً من مثيلاتها في الحيز الأكبر وهذه من اهم المميزات التي إستفادت منها معالجات الأخشاب.

**2/7- التأثير الكمي:** التأثيرات الكمية تبدأ في التحكم في تصرفات المادة في حيز النانو وخاصة في النهاية الصغرى Lower end فتؤثر في خواص المواد الكهربائية، والمغناطيسية والبصرية، والقدرة على تغير اللون والشفافية والصلابة الكبيرة والقدرة الكبيرة على التوصيل والعزل وقد نتج من تلك الخاصية الخشب الشفاف.

**3/7- النشاط الكيماوي:** يزداد النشاط الكيماوي للمواد النانوية لوجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على أوجه أسطحها الخارجية، حيث تعمل كمحفزات تتفاعل بقوة مع الغازات السامة كما في الخامات الخشبية، مما يرشحها لأن تؤدي الدور الأهم في الحد من التلوث البيئي، وبالتالي الحصول على اخشاب مصنعة من ألواح الكونتر المسدب والرقائقى (الأبلاكاج) وغيرها من الألواح المصنعة دون مواد لاصقة ضارة. [5]

## 8- أجهزة الفحص النانوية:

**1/8- المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) Scanning electron microscope:** يستخدم في تحليل وتعيين خواص اسطح العينات الخشبية السميكة أو الرقيقة ومعرفة شكلها والقيام بتحديد مقاييس ابعادها الخارجية وتصل قوته التكبيرية الى نصف مليون مرة ويمكن هذا الميكروسكوب من تحديد العناصر الداخلة في تركيب العينة ونسبتها بدقة. [12]

## 9- خامة الخشب:

الخشب هو من الخامات متعددة الاستخدامات، منذ زمن بعيد لأسباب عديدة، منها طبيعته اللينة وإختلاف ألوانه، والكثافة، ويعتبر مادة أولية في البناء والتطبيقات الخارجية، نظرًا لقوته العالية مع الوزن المنخفض وبعض المتانة. والخشب من الخامات السهلة والمناسبة في الإنشاءات الداخلية والتأثيث إذا تم معالجتها بكفاءة، ومع ذلك فإن للخشب عيبان رئيسيان يقيدان إستخدامه على نطاق أوسع، وهما قابلية التحلل البيولوجي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وعدم استقرار الأبعاد عند تعرض الأخشاب لمحتوى رطوبة متنوع. حيث تتدهور معظم أنواع الأخشاب بسرعة تحت العوامل البيولوجية؛ ومخاطر الفطريات. من ناحية أخرى عندما يتعرض الخشب لتقلب الرطوبة يحدث عدم استقرار لأبعاده، وترجع هذه العيوب بشكل أساسي إلى طبيعة البوليمرات الرئيسية لجدار الخلية، ولا سيما بسبب وفرتها العالية من مجموعات الهيدروكسيل، وكان يمكن التغلب على ذلك بالتجفيف، وباستخدام المبيدات الحيوية التقليدية التي تعتمد عادة على استخدام المواد الكيماوية الضارة بالإنسان والبيئة. وأصبح البحث عن بدائل لتلك الطرق ضرورة ملحة، لذلك لجأ الباحثين والمهتمين بمجال معالجات الأخشاب إلى وسائل أخرى معالجة بلا اى أضرار، حتى توصلوا لعدة طرق خلال العقود السابقة، إلى أن أفرزت هذه المحاولات في إستغلال التقنيات الحديثة وهي تقنية النانو. [8]

**1/9- التركيب الكيماوي للخشب Chemical Composition of Wood:** يعتبر الخشب الطبيعي مادة معقدة كيميائياً، ويشكل الكربون والأكسجين والهيدروجين العناصر الأساسية لمادة الجدار الخلوي مع وجود كميات صغيرة من النيتروجين ويحتوي الخشب عي نسبة كربون من 49: 50% والأكسجين 44: 45% والهيدروجين 6% والنيتروجين 0.1: 1% بالإضافة إلي وجود كميات ضئيلة من بعض العناصر وخاصة الكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم. ويتركب الخشب من ثلاثة مكونات أساسية هي السليلوز والهيميسليلوز واللجنين بالإضافة إلي مكونات ثانوية وهي المستخلصات الخشبية مثل الجليكوسيدات والتانات. و السليلوز والهيميسليلوز و Holocellulose أو الكربوهيدرات الكلية للخشب و التي تبلغ نسبتها في الخشب حوالي 65- 70% وتختلف نسبة المركبات الكيماوية للأخشاب بين الأخشاب كاسيات البذور والأخشاب عاريات البذور وكذلك بين الأنواع باختلاف عمر الأشجار. [11]

**2/9- السليلوز الخشبي Cellulosz:** السليلوز يتربك من عديد من الوحدات تتجمع مع بعضها بطريقة لا نهائية فى صورة قطنية على شكل سلاسل طويلة تتصل وحداتها بروابط كيميائية. ويتكون السليلوز من جزيئات الجلوكوز وترتبط جزيئات الجلوكوز ببعضها البعض مكونة سلاسل طويلة وتسمى العملية المتكررة بالبلمره Polymerization. ومنه تتكون الحزم اللبفية الدقيقة (الويقات أو الميكروفبرلات) كما ينتج من تجمع هذه اللويقات بأعداد كبيرة تكون الالياف Fibers.

**3/9- اللجنين: Lignin:** من المكونات الرئيسية للخشب وهو بوليمر معقد التركيب، ذو وزن جزيئي عالي ويتكون من وحدات الفيناييل بروبان، ويوجد اللجنين بين الخلايا بالجدار الخلوي، ويكون اللجنين مصاحباً للسليلوز وهو المادة الأسمنتية التي تربط بين الخلايا بعضها البعض، بالإضافة إلى دوره الهام فى خصائص تمدد الخشب نتيجة خواصه الهيدروفيلية.

**4/9- الخواص الهيجروسكوبية Hygroscopic:** الهيجروسكوبية هي خاصة جذب الأخشاب للرطوبة من الجو المحيط، وترجع هذه الخاصية للتركيب الكيميائي للخشب، حيث أن السليلوز والهيميسليلوز تحتوي على مجموعات هيدروكسيل حرة لها القدرة على الارتباط بالماء بروابط هيدروجينية قوية، ويعتبر الماء هو المكون الطبيعي لجميع أجزاء الشجرة الحية. [6]

**5/9- صور تواجد الماء فى الخشب الطبيعي:** يتواجد الماء فى الخشب فى صورتين أساسيتين هما:

- الماء الحر Free Water: ويوجد فى الفراغات الخلوية، ويفقد هذا الماء خلال عمليات تجفيف الأخشاب.
- الماء المرتبط بالأسطح أو الماء الهيجر وسكوبي Hygroscopic Water: وهو الماء المتواجد فى الجدار الخلوى حيث يرتبط بقوى الإمتصاص على أسطح الجدر الخلوية.

**6/9- التمدد (الانتفاخ) والإتكماش فى الخشب Swelling and Shrinkage:** يعتبر الخشب من المواد الهيجروسكوبية المحبة للماء Hygroscopic Materials وذلك نتيجة لوجود مجموعات الهيدروكسيل الحرة على سلاسل السليلوز واللجنين، وهذه المجموعات هي التي تحدث للخشب علمية انتفاخ SwellingK أما إذا حدث العكس وتم فقد الماء من الخشب فيحدث للخشب انكماش Shrinkage.

**7/9- التغير فى أبعاد الخشب الإنيزوتروبية Anisotropic:** التغيرات فى أبعاد الخشب الناتجة عن تمدد الخشب وإنكماشه تكون غير متساوية فى إتجاهات الخشب الثلاثة داخل الخشب (المماسي والطولي والقطري) مما يعني أن الخشب مادة أنيزوتروبية. ويتأثر اللجنين بالماء المدمص بنسبة 16% فقط، وهذا يدل على أن زيادة اللجنين فى الخشب تؤدي إلى قلة فى عمليات التمدد فى الأخشاب (انتفاخ) Swellin حيث أن اللجنين يعوق حركة تمدد الأخشاب.

**8/9- التلف الميكروبيولوجي:** يلعب التلف الميكروبيولوجي دوراً هاماً فى تلف العديد من الخامات العضوية مثل الخشب، والتلف الميكروبيولوجي عبارة عن "التحلل الفطري" وهي من الكائنات الحية الدقيقة الغير متجانسة التركيب ينتج عنها أنواع مختلف من الفطريات، حيث تعمل الفطريات على استهلاك محتويات الخلايا الخشبية، هذا بخلاف أجناس اخرى تعمل على هدم الجدار الخلوى، أى تكسير السليلوز فى الخشب مما يؤدي الى ضعف قوته وضعف ميكانيكيته حتى يصبح الخشب فى النهاية هشاً وخفيف الوزن وسهل الكسر، وقد تؤدي الإصابة الشديدة إلى تآكل الأجزاء المصابة جزئياً أو كلياً وهو فطر له أشكال متنوعة منها العفن البنى، والعفن الأبيض، والعفن اللين. أما البكتريا فهي عبارة عن كائنات أولية تتركب من خلية واحدة أو من عدة خلايا ميكروسكوبية مختلفة الشكل ولا ترى بالعين المجردة، ويتراوح قطرها بين 0.5 : 1 ميكرون وتختلف افرادها فى الشكل، وتنمو البكتيريا سريعاً وتكون مستعمرات على الأخشاب التي توجد فى بيئة رطبة. [3]

**10- طرق الحفاظ على جودة الخشب:**

إن غرض حماية الخشب هو الحفاظ على الخصائص الجيدة للخشب والمنتجات الخشبية، وفي نفس الوقت منع حدوث أضرار عن طريق العفن، والفطريات، والآفات، وما إلى ذلك. عادة يمكن أن يبقى الخشب غير المعالج لفترات طويلة إذا كانت المادة تتلقى الحماية الهيكلية الكافية مثل التجفيف كأحد الشروط الأساسية لقدرة تحمل الخشب على المدى الطويل، وذلك للحفاظ على نسبة المحتوى الرطوبي على أن تكون أقل من 20% باستمرار وتتفاوت النسبة وفقاً لمناخ البيئة الموجود بها، وتوجد وسائل أخرى من خلالها يمكن حماية الخشب من خلال استخدام الحماية الكيميائية، ومثل أساليب الرش، أو وضع طبقة حماية على الخشب، أو غمس الخشب في بعض المحاليل، أو التشريب بالضغط والتشريب الخوائي، والهدف في التشريب الخوائي أن يتم تشريب سطح الخشب إلى عمق يبلغ من 5 إلى 10 ملم. وفي تشريب الضغط يمكن لعامل التشريب اختراق شجرة الصنوبر بأكملها باستثناء خشب القلب الصلب. كما يتم استخدام العديد من المواد الكيميائية الأخرى التي تسمى المواد الحافظة تقليدياً كمبيدات حيوية. تحتوي على مبيدات الفطريات ومبيدات الحشرات، ويمكن تطبيقها بشكل منفصل أو معاً، وفقاً لمتطلبات حالة الخشب. ويمكن تصنيف المواد المعالجة للأخشاب تبعاً للمذيبات، مثل المواد المعالجة القائمة على الزيت والمذيبات والمياه. والمواد المشتقة من تقطير قطران الفحم، مع مبيدات الفطريات ومبيدات الحشرات، التي تتكون من مئات المركبات ولها تركيبة متغيرة. وثبت إن تقييم أداء هذه المواد التي تعمل على حماية الأخشاب تتم بعملية بطيئة ومكلفة. وهكذا كانت ولا زالت هناك محاولات وطرق مستمرة للحفاظ على خامة الخشب. [13]

**11- علاج وصيانة الاخشاب:**

تعددت طرق علاج الأخشاب وتتنوعت بهدف الوصول إلى خشب قوى مقاوم للفطريات والأجواء المتقلبة، ومن أهم أنواع علاج الأخشاب التجفيف، وقد إهتمت العديد من الدول باستخدام طرقاً مميزة ومواد مختلفة لتخليص الأخشاب من الماء الزائد بالتجفيف، ثم تقويدها بعد ذلك بالمواد الكيميائية المقوية وهي مواد سهلة التسرب في مسام الخشب وهي عبارة عن "مذيب عضوي" تحل محل الماء الموجود داخل الخشب دون ان تتسبب في انكماش أو تقلص في أبعاد الخشب بعد الجفاف. ويساعد المذيب العضوي في ان تعمل المادة الكيميائية على تقوية جدران خلايا الخشب الذي سبب الماء في ضعفها. ومن هذه المواد مركب من محلول البوتاس والشبة، إلا ان هذه الطريقة لها بعض العيوب وهي أن المحلول يكون حمض الكبريتيك في وجود أى نسبة من الرطوبة، ومن المعروف أن حمض الكبريتيك يعمل على تآكل الياف الخشب ويؤدى الى سرعة تحلل مادة السليلوز ومادة اللجنين، وتبطلور الشبه تدريجياً بعد جفافها على سطح الخشب حيث تسبب تلفاً في هذا السطح. [6]

**11/1- استخدام محاليل الكحول التقى والاثير:** يمكن تجفيف الأخشاب بوضعها أولاً في محلول الكحول النقى الذي يحل محل الماء في الخشب ثم تترك الأخشاب فترة من الزمن حتى تجف.

**11/2- استخدام محلول راتنجي:** وتعتمد هذه الطريقة في تجفيف الأخشاب على استخدام نوع معين من راتنجات الفورمالدهيد حيث توضع الأخشاب في أحواض تحتوي على محلول مخفف من راتنج الاديغال. ويتم تكرار هذه العملية عدة مرات حتى يتم تشبع الخشب، ومن عيوب هذا العلاج أن راتنج الاديغال له درجة لزوجة عالية لذلك فهو لذلك لا يتسرب إلى داخل الخشب، ومن ثم فإنه لا يحقق الهدف، كما أن الأخشاب يحدث لها إنكماش وتقلص بعد امتصاص الراتنج. [2]

**11/3- المعالجة بزرنیخات النحاس المكرومة:** إن زرنیخات النحاس المُكرومة CCA هي عبارة عن مزيج من عناصر النحاس والزرنيخ (وذلك على شكل زرنیخات النحاس الثنائي) مع الكروم. ويعد النحاس مبيد فطريات أولي، والزرنيخ كمبيد فطريات ثانوي ومبيد حشري، في حين أن الكروم هو عامل تثبيت، ويفيد في الوقاية من الأشعة فوق البنفسجية. ولكن تعد هذه المادة من المواد المحظور استعمالها في بلدان عدة، لتأثيرها الضار على الإنسان والبيئة.

**4/11- نحاس قلوي رابعي:** إن النحاس القلوي الرباعي (ACQ) عبارة عن مادة حافظة للخشب، حاوية في تركيبها على النحاس، وهو مضاد للفطريات، وعلى مركب أمونيوم رابعي مثل ميثيل كلوريد الأمونيوم، وهو مبيد حشري. وانتشرت استخدام مركبات النحاس القلوي الرباعي (ACQ) كمواد حافظة للخشب، خاصة بعد حظر استخدام مركبات زرنيخات النحاس المكرومة CCA في أوروبا وأستراليا والولايات المتحدة.

**5/11- أزولات النحاس:** تعد مركبات الأزول المرتبطة مع النحاس إحدى أنواع المواد الحافظة للخشب، والتي ظهرت كإحدى البدائل لمركبات زرنيخات النحاس المكرومة CCA، كما أنها شبيهة بمركبات النحاس القلوي الرباعي (ACQ). البورات: تستخدم مركبات مثل حمض البوريك وأملاح البورات كمواد حافظة للخشب ذات فعالية جيدة. تتميز هذه المواد بأنها غير ضارة للإنسان حيث أن سمية البورون منخفضة، كما أنها لا تحوي على عناصر ثقيلة مضرّة بالبيئة. السيليكات: تعد المواد المبنية على مركبات مثل سيليكات الصوديوم أو سيليكات البوتاسيوم من المواد الحافظة للخشب كإحدى البدائل عن المواد المذكورة أعلاه. [3]

## 12- درجة معالجة الحفظ على الخشب:

تطورت صناعة معالجة الأخشاب للعديد من تقنيات المعالجة وهي تقنية لها نقاط قوتها ومناسبتها لأنواع مختلفة من الخشب. الفرق الرئيسي بين كل عمليات المعالجة هو الوسط الذي يتم فيه معالجة الخشب. ودرجة معالجة الحفظ على الخشب تعتمد على مستوى الحماية المطلوبة. حيث يوجد حاليًا طريقتان لحماية الخشب، وهما تعديل الخشب وأنظمة الحفظ على الخشب. **1/12- تعديل الخشب:** يمكن تحسين خصائص الخشب عن طريق تعديل بوليمرات جدار الخلية، وعادة ما تنتج طرق التعديل مواد غير سامة ويمكن التخلص منها بسهولة في نهاية عمر المنتج دون أي مخاطر بيئية. يمكن تصنيف طرق التعديل التي تم تطويرها على أنها طرق تعديل الحرارة والكيميائية والسطحية والتشريب.

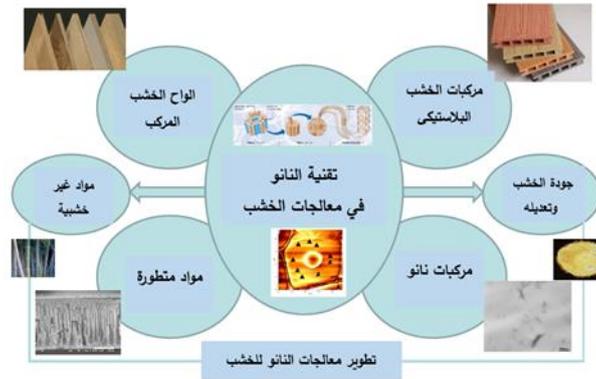
**2/12- التعديل الحراري:** التعديل الحراري، أو المعالجة الحرارية، له ميزة تمكين الخشب المعالج من أن يبقى منتجًا صديقًا للبيئة دون استخدام المنتجات الكيميائية. يتكون هذا العلاج من تسخين الخشب عند درجات حرارة محددة (بين 150 درجة مئوية و280 درجة مئوية) ويُشار إلى هذه الأنظمة بالحرارة (الجافة)، وأحياناً في وسائط ساخنة (ماء أو بخار أو زيت) أو تحت جو خامل، وتعرف بالحرارية المائية (بخار الماء العالي). حيث تشمل التفاعلات الكيميائية المتضمنة أثناء المعالجة الحرارية تحلل الهيمسيليولوز والتغيرات الهيكلية في السليلوز البلوري، وإعادة بلمرة اللجنين، وتؤدي هذه المعالجات إلى منع إمتصاص الخشب للماء والحفاظ عليه من الرطوبة. على الرغم من أن الخشب المعالج بالحرارة يتمتع بخصائص الأبعاد المحسنة الثابتة، والمقاومة الفطرية، إلا أن له عيب هو أن الخشب المعدل حراريًا لا يقاوم بشكل عام هجمات النمل الأبيض. ويمكن التغلب على هذا العيب من خلال الجمع بين المعالجة الحرارية مع الحد الأدنى من التعديلات الكيميائية. ومنها تشريب مونومرات الفينيل قبل التعديل الحراري حيث يعمل على تحسين مقاومة النمل الأبيض للخشب. أيضاً من عيوب المعالجة الحرارية أنها تمنح الخشب لوناً بنيًا، والذي يتحول إلى لون رمادي عند تعرضه لأشعة الشمس.

**3/12- تعديل كيميائي:** ينطوي التعديل الكيميائي للخشب على تكوين رابطة مستقرة بين مكونات جداره الخارجى وخلايا الخشب، ويمكن تصنيفها على أنها إما تعديل جدار الخلية، أو ملء تجاويف الخلايا الخشبية، والهدف الرئيسي منها هو تقليل المحتوى الكلي لمجموعة الهيدروكسيل من اللجنوسليلولوز في جدران الخلايا للأخشاب من خلال هذه التعديلات، وبالتالي زيادة مقاومة الخلايا للفطريات أو الماء. الميزة الرئيسية للتعديل الكيميائي هي أن القوة الميكانيكية للخشب أقل تأثراً، وتكون المادة الناتجة أصعب وأكثر كثافة، وبالتالي يكون أفضل للاستخدام، أيضاً تتم المعالجات من خلال استخدام مادة (أسيتالديهيد) وهي غير سامة ومتطاير حيث يستخدم كمنتج ثانوي بعد معالجة الخشب بأسيتات الفينيل عن طريق تفاعل الاسترة. وتعطي هذه الطريقة منتجاً أكثر صلابة نسبياً وملائم لكثير من التطبيقات، لأن المجموعة الوظيفية للأسيتيل أقل تفاعلاً تجاه جزيئات

الماء، والقدرة على مقاومة الفطريات ولا يغير لون الخشب. أيضاً يمكن المعالجة من خلال طريقة أخرى معروفة وصديقة للبيئة، عن طريق التسبب في زيادة حجم جدار الخلية بمادة (كحول فورفوريل) وهي مادة كيميائية عضوية جزيئية منخفضة ذات قطبية قوية ويمكن الحصول عليها من تحلل النفايات الزراعية، فيمكن بلمره كحول فورفوريل بتفاعله مع بوليمرات جدار الخلايا الخشبية، فيتم تشريب الخشب أولاً بمزيج من كحول الفورفوريل عن طريق معالجة ضغط الفراغ. ثم يتم تسخينه لتشكيل مركب بوليمر خشبي من خلال البلمرة. [14]

### 13- النانو تكنولوجيا لحماية الخشب:

إن تعديل الخشب من خلال المعالجات التقليدية السابقة يمكن أن يحسن عادة المقاومة ضد الهجمات الفطرية والخواص الميكانيكية للخشب، بينما معظمها لا يوفر حماية كافية طويلة المدى ضد الحشرات الضارة للخشب وتغيير أبعاده. لذلك كانت تستخدم طرق المعالجة والحماية المختلفة للحفاظ على الخشب مدة أطول، وتطورت تكنولوجيا معالجات الأخشاب حتى ظهرت تقنية جديدة ناشئة والتي شهدت إمكانات كبيرة لتطوير ومعالجة الخشب، وهي تكنولوجيا النانو التي تستخدم في الحفاظ على الأخشاب، وهي تقنية تمتلك مميزات وتطبيقات عديدة مطورة لحماية الخشب، وتقدم معالجات النانو منظوراً



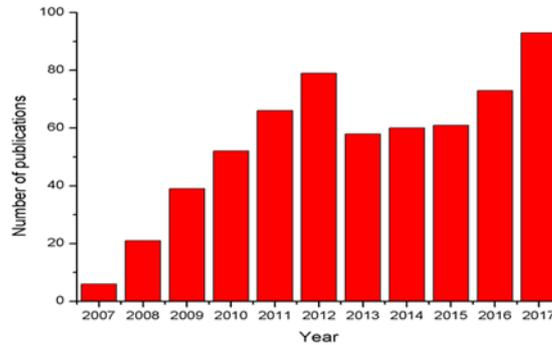
(شكل 1) تطوير معالجات الخشب بتقنية النانو

جيداً للتحكم في طرد الماء، ومقاومة الخدش، والمتانة، والتنظيف الذاتي للأسطح، ومقاومة التحلل البيولوجي للخشب، ويمكنها أيضاً تحسين مقاومة الخشب للعوامل الجوية، فضلاً عن تحسين قدرات ألواح الخشب المصنع حيث أضافت تكنولوجيا النانو طرق مبتكرة بتقنية عالية لصناعة هذه الألواح (شكل 1) وبصفة عامة فإن تقنية النانو ستؤدي دوراً مهماً في الجيل التالي من حماية الأخشاب. غالباً ما تُظهر المواد النانوية خصائص فيزيائية وفيزيائية كيميائية جديدة تختلف بشكل كبير عن تلك الأكبر جزيئات من نفس المادة. ويمكن للمواد النانوية ذات الخصائص الفريدة أن تعزز أداء المواد الحافظة للأخشاب، وبالتالي تزيد من عمر الخدمة للمنتجات الخشبية. يمكن تطبيق تقنية النانو لهذا الغرض من خلال تشريب الخشب مع تعليق الجسيمات النانوية المعدنية، أو من خلال تغليف المبيدات الحيوية مع الناقلات النانوية. أو المعالجة بالطلاء لتوفير قدرة خدمة فائقة، فضلاً على أن تكنولوجيا النانو تمنع التواء الأخشاب وتغير اتجاهات صورة الخشب، كما يمكن استخدام العديد من المواد النانوية في تعديل خامة الخشب، إن المعالجات النانوية للخشب تركز على الخواص الميكانيكية لتقنية الجزيئات متناهية الصغر للخشب، وتتمكن من التحكم في محتوى الخشب من مركبات الهيميسليلوز واللجنين، وتقوم بربط خلايا سليلوز الخشب بعضها مع بعض، وقد قام فريق بحثي أمريكي من جامعة ميريلاند الأمريكية إلى معالجة نوعاً من بعض الأخشاب وتوصلوا إلى خصائص جديدة للخشب المعالج أهما أن الخشب المعالج أصبح أقوى عدة مرات من الخشب الطبيعي، وأكثر قساوة، وينافس في إمكاناته الحديد الصلب، تنطوي عملية معالجة الخشب الجديدة على خطوتين: الأولى إزالة مركب اللجنين Lignin، وهو مركب كيميائي أشبه بالغراء يؤدي دوراً رئيسياً في عملية لصق خلايا الخشب وبمنحه

اللون البني، أما الثانية: فتتمثل في ضغط الخشب تحت درجة حرارة 150 درجة مئوية، ما يجعل ألياف السليلوز شديدة التراص، ويخفي العيوب التي تجعل الخشب هشاً مثل الفراغات أو العُقَد، ثم إضافة غطاء من الطلاء عليه. وتمتاز ألياف الخشب بإمكانية ضغطها بشكل مكثف، بحيث تشكل روابط هيدروجينية قوية، ويحوّل هذا الانضغاط الخشب إلى سُمْك أرق من حجمه الأساسي بخمس مرات. ويمكن إستخدامه في العديد من تطبيقات التصميم الداخلي. وهذا التطور يقدم طريقاً واعدةً لتصميم مادة بناء خفيفة الوزن وذات أداء عالٍ وإمكانات هائلة في العديد من اعمال التنفيذ، حيث تكون القوة والقساوة والمقاومة الفائقة مرغوبة. وكذلك مقاومة الخشب الجديد للماء والحشرات والبكتيريا والفطريات، ومقاومته للاحتراق، وإمكانية إعادة تدويره. [15]

#### 14- توسع تكنولوجيا النانو في الحفاظ على الخشب:

أصبحت تقنية النانو موضوعاً شائعاً مؤخراً، ويوضح (الشكل 2) عدد المنشورات على محرك بحث Scopus، حيث زادت أبحاث معالجة الخشب بتقنية النانو كما هي موضحة بالرسم البياني، ويمكن ملاحظة الإتجاه المتزايد في عدد المنشورات المتعلقة بتكنولوجيا النانو لمعالجة الخشب. وزاد عدد المنشورات بأكثر من 15 مرة من عام 2007 إلى 2017 (من 6 إلى 93). وهذا يدل على أن هذا المجال يحظى باهتمام أكبر من الباحثين في العديد من الدول. حيث تُظهر تقنية النانو إمكانيات كبيرة لإدخالها في حفظ الأخشاب للتغلب على المشكلات المرتبطة بالطرق التقليدية السابقة لحفظ الأخشاب. وتتميز المواد النانوية بالعديد من المزايا، مثل القدرة على معالجة مساحة سطح فعالة كبيرة، واستقرار تشتت مرتفع، ووجود تأثير قادر على توفير حماية طويلة المدى، ويتم تطبيق تكنولوجيا النانو في معالجة الأخشاب عن طريق ثلاثة مناهج، وهي التشريب المباشر للمبيدات الحيوية النانوية في الخشب، والإطلاق المتحكم فيه للمبيدات الحيوية المتضمنة في الناقل النانوي، وتعديل الخشب. يمكن تحقيق هذه التطبيقات باستخدام مجموعة متنوعة من المواد النانوية مثل المعادن النانوية والحاملات النانوية البوليمرية والأنابيب النانوية والمواد النانوية الأخرى.



(شكل 2) يوضح الإتجاه المتزايد في عدد المنشورات المتعلقة بتكنولوجيا النانو لمعالجة الخشب

وتوفر المعالجات القائمة على النانو منتجات خشبية تتميز بأداء أفضل من المعالجات الخشبية التقليدية، بسبب سهولة اختراقها وتوزيعها والتشتت والاستقرار داخل الكتلة الخشبية، فضلاً عن خصائص اللزوجة المنخفضة. إن هذه المعالجات تعمل على تحسن مقاومة الخدش والتآكل، والحفاظ على الخشب من الأشعة فوق البنفسجية، ومقاومة الحريق والرطوبة دون التأثير على مظهر الخشب، إن تقنية المعالجات بالنانو تقدم مميزات متعددة لتحسين خواص الخشب، من خلال تقنية مجموعة نانو المواد، مثل أكاسيد النانو وجسيمات النانو المعدنية، وغيرها من المواد، كما إن تشرب الخشب بالمواد النانوية يزيد من صلابته وجودته. [11]

**15- المعادن النانوية لمعالجة الخشب:**

في السنوات الأخيرة ، شهدت أنظمة النحاس الميكرونية نجاحًا كبيراً في الولايات المتحدة الأمريكية منذ إطلاقها تجارياً في عام 2006 ، حيث تم معالجة أكثر من 75 ٪ من الأخشاب المستخدمة في الأنشطة السكنية (أثاث وغيره) المنتجة بهذه الأنظمة، وكما هو معروف، تلعب طرق تركيب الجسيمات النانوية المعدنية دوراً مهماً جداً في تحديد الخصائص الفيزيائية الكيميائية للمعادن النانوية، على سبيل المثال، الحجم، التشتت، التشكل، الطاقة السطحية، والبنية البلورية، وغيرها من الصفات، ويوجد حالياً نظامان نحاسيان نانو ميكرونيان متاحان، وهما النحاس الرباعي الميرون (MCQ)، حيث يتم استخدام كربونات ثنائي ميثيل ثنائي الأمونيوم / بيكربونات ويستخدم كمبيد حيوي مشترك، وأزول نحاسي ميكروني (MCA)، مزيج من تيبوكونازول- بروبيكونازول يستخدم كمبيد حيوي مشترك أيضاً. فبينما المواد الحافظة التقليدية من النحاس القلوي قابلة للذوبان في محلول الإيثانولامين المائي ولا تنتشر بسهولة، فإن مركبات النحاس النانوية الدقيقة تنتشر في الماء ويستخدم الناتج منها لمعالجة الخشب بطريقة الضغط، ومنها تخرق جزيئات النحاس النانوية الدقيقة البنية المجهرية للخشب وتعزيز عمل المبيد الحيوي على مقاومة الفطريات والنمل الأبيض. حيث تخضع الجسيمات النانوية أيضاً للذوبان، وبالتالي تتداخل مع العمليات المثلية داخل الخلية الفطرية للخشب. كما تم استخدام المعادن النانوية الأخرى، مثل الزنك وبورات الزنك وأكسيد الزنك وثنائي أكسيد التيتانيوم والفضة لمعالجة الخشب، وقد أجريت دراسات وتجارب للعديد من أنواع الأخشاب، حيث أظهرت أن الخشب المعالج بتقنية النانو له مقاومة عالية، وأن المعادن النانومترية يمكن أن توفر مقاومة وفعالية بيولوجية كافية للأخشاب المعالجة. ومن خلال دراسة على بعض أنواع الخشب، ثبت أن فطريات التبقع والعفن تؤثر على تركيب الخشب ولها تأثير متلف مشابه لتأثير فطريات العفن اللين، كما أن الجسيمات النانوية من أكسيد الزنك والفضة تتسم بخواص مضادة للفطريات كما أنها آمنة على صحة الإنسان، ولا يوجد تغيرات ملحوظة نتيجة استخدام المواد النانوية على الأخشاب حتى بعد مرور فترة مما يشجع على استخدامها.



عينات معالجة  
عينات غير معالجة  
(شكل 3)

ويوضح (الشكل 3) عينات من خشب الصنوبر، على اليمين أنواع الصنوبر المعالجة بصبغات النانو وعلى اليسار عينات غير معالجة، وتم ترك العينات مدة 12 شهر في أجواء واحدة وبعد هذه المدة تبين أن العينات المعالجة لم تتغير فيها أى من صفات الصنوبر ولم يقترب منها النمل الأبيض أو أى من الفطريات والأفات الأخرى، بينما تغيرت معالم العينات التي لم يتم معالجتها وتمكن منها النمل الأبيض والفطريات. إن مكونات الخشب العضوية تجعله عرضة للفطريات والبكتريا والحشرات، مما يقلل من متانة وكفاءة الهيكل الخشبي، وللتغلب على

هذه الأعراض تمكن الباحثين من معالجة هذه المخاطر بإضافة مواد نانوية لتحسين أداء الخشب أهمها:

- أكسيد الألومنيوم النانوي: يزيد من صلابة الخشب ومقاومته للتآكل والخدش.
  - أكسيد الحديد وثنائي أكسيد التيتانيوم النانوي: يعمل على حماية الخشب من الأشعة فوق البنفسجية ومقاومة الفطريات والعفن والطحالب، وبالتالي تزيد من عمره الزمني وتحسن اداءه.
  - نانو السليكا: وتعمل على زيادة صلابة الخشب ومنع تسرب الماء اليه وعدم نفاذية البخار.
- هذه المعالجات تأتي بناء على تطور تقنية النانو في تحرير جزيئات المادة والسماح لها بالتحرك ضمن جسد المادة لمعالجة مناطق الضعف والقصور للخامات الخشبية وجعلها أكثر ملائمة وقوة. [14]

**16- تجفيف الخشب بالنانوميتر:**

جسيمات النانوميتر قد يكون لها القدرة على تحسين التجفيف، ومن خلال التجربة كشفت نتائجها أن الجسيمات النانوية الفضية لها القدرة على تحسين خواص الخشب من خلال المعالجة الحرارية، وتبين أن خصائص الجسيمات النانوية الفضية تؤدي إلى تقليل وقت التجفيف وتحسين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب المعالج، وذلك بسبب ارتفاعها لمعاملات التوصيل الحراري فتؤدي إلى نقل أسرع لدرجة الحرارة المحيطة من الفرن إلى الأجزاء الداخلية للأخشاب وبالتالي تحسين عملية تجفيف الخشب، وتلك من مميزات النانو سيلفر، حيث أن الجسيمات النانوية لها القدرة لإختراق الطبقات الداخلية للأخشاب بسرعة كبيرة ونقل الحرارة إليها وبالتالي سرعة عملية التجفيف.[15]

**17- الخشب المعالج بفلورايد فلز النانو:**

يتسبب النمل الأبيض في أضرار هيكلية كبيرة للأخشاب مما يؤدي إلى خسائر إقتصادية عالية، حيث تؤدي لخسائر بالخشب تقدر بمليار دولار سنوياً، وهي في زيادة مستمرة، وهناك جهود بحثية لإيجاد مواد حافظة خشبية فعالة وتقنيات تعديل الخشب للتحكم في هذه الأضرار، الناتجة عن إنتشار الآفات، وخاصة النمل الأبيض. حيث أن المواد المتوفرة سامة وضارة بالبيئة، ومن هنا سعى الباحثين إلى طرق بديلة لعلاج وحماية الأخشاب، والمحافظة على البيئة، وأفرزت هذه المحاولات عن بدائل متعددة أهمها الوصول إلى الجسيمات النانوية، حيث حجمها الأصغر يسمح بإختراق مؤكد لجميع أجزاء الخشب. ومن هذه المواد (النانو بورون) والبورون هو عبارة عن أحد أنواع المعادن الطبيعية الموجودة في الطبيعة، وقد تم تعديله بتقنية النانو لعلاج الخشب، لكنه كان أقل فاعلية، وقد توصل الباحثين إلى مادة حافظة أخرى للخشب لها فاعلية عالية بعدما تتحول لمبيد بيولوجي في شكل جسيمات نانوية وهي الفلوريدات، الفلوريدات معروفة كمواد حافظة للأخشاب، فهي تحتوي على الفلورايد ويعرف بقابليته العالية للارتشاح، ويستخدم كبديل عن أملاح الفلوريد الحالية المستخدمة في حماية الخشب، ويعتبر ذلك إنجاز جديد لتقنية النانو، فمن خلال التجربة تم تقييم سمية فلوريدات فلز النانو عن طريق وفيات النمل الأبيض والتحليل البصري للعينات المعالجة بعد ثمانية أسابيع من التعرض للنمل الأبيض، حيث إن إستخدام فلورايد فلز النانو بتركيزاته البسيطة كان له مفعول كبير في حماية الخشب من النمل الأبيض والقضاء عليه بنسبة 100 % وتثبيط تغذية النمل الأبيض بشكل كبير. لذلك تم دمج الفلوريد مع المبيدات الحيوية المشتركة لزيادة فعالية المبيدات بسبب قابليتها العالية للذوبان لمواجهة النمل الأبيض، كما تم اختبار حمض اللاكتيك ككاذيب كما هو معروف بأنه قابل للتحلل الحيوي ودمجه بفلورايد منخفض الذوبان في الماء وتحويلها إلى جسيمات نانوية لفعاليتها ضد النمل الأبيض تحت الأرض، ليصبح سمد لعلاج جذوع الأشجار الخشبية قبل قطعها، نظراً لقابلية الرشح العالية المتوفرة فيه. وبواسطة هذه المعالجات تم تجميع جزيئات الخشب وإعادة ترتيبها مما جعلها أكثر ترابط وقوة عن الخامة الطبيعية الغير معالجة، وتم إبتكار حساسات نانو لتحديد أماكن الفطريات ونقاط تآكل الخشب لمعالجته.[16]

**18- معالجة وتطوير الأخشاب المصنعة بتقنية النانو:**

المركبات الحبيبية هي نوع من المركبات الخشبية المصنوعة من جزيئات الخشب كمواد حيوية متجددة. وعادة ما يتم استخدام هذه المركبات كألواح ومسطحات لإنتاج الأثاث. وتتنزاد الطاقة الإنتاجية للألواح الحبيبية المصنعة عامًا بعد عام. فكان لزاماً تحسين خصائص الأداء لمركبات الحبيبات، فحلقت بهذه الصناعة تطورات تقنية النانو والتي كان لها الأثر البالغ في تطوير الألواح الخشبية المصنعة، وتم تحسين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية المحسنة باستخدام الجسيمات النانوية. فقد تم إنتاج مركبات الحبيبات المدعمة بالمواد النانوية للحصول على الأداء الشكلي والميكانيكي بإستخدام لاصق اليوريا فورمالدهيد المستخدم لإنتاج مركبات ألواح الخشب المضغوط (الألواح ذات الحبيبات)، حيث تم تطوير المواد المركبة والتوصل إلى

خواص فيزيائية مميزة للحفاظ على سماكة الألواح من الإنتفاخ، ومقاومة إمتصاص الماء، والتحكم في محتوى الرطوبة ليكون متوازن، هذا بخلاف معامل المرونة وقوة الترابط القوية بين الحبيبات، وتم إستخدام الجسيمات النانوية كمواد حشو أو مواد مضافة في البوليمرات المختلفة بواسطة الحرارة المناسبة. فالمواد اللاصقة والقائمة على الفورمالدهيد ومشتقاته، (اليوريا فورمالدهيد)، (الفورمالدهيد الميلايين واليوريا)، (الفيول فورمالدهيد) فهي المواد اللاصقة الثلاثة الأكثر استخداماً في صناعة الألواح الخشبية المصنعة، ومنها تم تعديلها لجسيمات نانوية تساعد على تكوين ألواح خشبية بخصائص عالية في الأداء، حيث تم تعديل المواد الخشبية باستخدام الميلايين اليوريا فورمالدهيد المعزز (بالنانين المونوريلونيت) للحصول على المركبات النانوية. وتم دراسة خصائص انبعاث الفورمالدهيد المدعم بالجسيمات النانوية حيث تم رصد أن المواد النانوية أثرت بشكل كبير على إنبعاث الفورمالدهيد، وأصبحت في ادنى قيمة للإنبعاث، وخاصة بعد إضافة النانو سيليلوز. أيضاً تم إستخدام الفورمالدهيد المعززة بجزيئات تأثيرات إيجابية على إنتاج ألواح الكونتر المسدب، وألواح الخشب الرقائقي (الأبلاكاج). وكانت النتيجة أن ألواح (الأبلاكاج) المعالجة بالنانو لها قوة ارتباط أعلى من تلك الموجودة في ألواح الخشب الرقائقي غير المعالج. [17]

### 19- السيليلوز نانو Nanocellulose:

السيليلوز هو أحد مكونات الخشب الرئيسة، ومصطلح Nanocellulose يشير إلى السيليلوز المنظم النانوى. وله عدة صور فقد يكون نانوكريستال سليولوزي (CNC أو NCC)، أو ألياف النانو السيليلوزية (CNF) أو nanocellulose البكتيرية، التي تشير إلى السيليلوز المنظم بالنانو الذي تنتجه البكتيريا. ويتم عزله عن الألياف الخشبية (ألياف اللب) من خلال التجانس العالي، وإرتفاع درجة الحرارة وسرعة التجانس، ومن خلال التحليل المائي الحمضى يمكن الحصول على نانو سيليلوز وهى مواد نانوية شديدة الصلابة، ويمكن عزل الألياف الليفية النانوسيليلوزية من الألياف الخشبية باستخدام الطرق الميكانيكية التي تعرض اللب إلى قوى القص العالية، مما يؤدي إلى تمزيق ألياف الخشب إلى ألياف نانوية. حيث تستخدم لذلك أجهزة التجانس بالموجات فوق الصوتية. ويرتبط سيليلوز الخشب بمواد أخرى مثل اللجنين، وما يسمى افتراضاً بالهيميسيليلوز وبكميات ذات وزن ملحوظ، حيث تصل نسبة السيليلوز في الخشب ٤٠ : ٥٥ %، ١٥ : ٣٥ % لجنين، ٢٥ : ٤٠ % هيميسيليلوز. وإن الهيميسيليلوز لا يتشابه مع السيليلوز من ناحية تركيبه، وإن الخشب بعد إذابة اللجنين منه يسمى هولوسيليلوز وعزل الهيميسيليلوز عن الهولوسيليلوز يتم إستخدام بعض المحاليل القلوية. تشكل ألياف السيليلوز ومشتقاتها التي تتوفر بالأخشاب أحد موارد البوليمر المتجددة الأكثر وفرة، وأصبحت من أهم الأبحاث التي تتعلق بتطوير السيليلوز متناهي الصغر، ويطلق عليه سيليلوز بلوري متناهي الصغر (NCC) أو يطلق عليه أيضاً بلورات متناهي الصغر للسيليلوز، يجتذب السيلولوز الذي يعد المكون الرئيسي لألياف النباتات الاهتمام باعتباره مادة جديدة واعدة خفيفة الوزن ومتينة وصديقة للبيئة، خاصة بعد معالجتها وتحولها لألياف سيلولوز نانوية CNFs. ولهذه الألياف الكثير من التطبيقات المحتملة مستقبلاً. وفي السنوات الأخيرة تم تطوير استخدامات ألياف السيليلوز CNFs Cellulose Nanofiber المشتق من لب الخشب والتي كان آخرها الابتكار المذهل الذي توصل له الباحثون في المعهد الملكي للتكنولوجيا (KTH) Royal Institute of Technology بالسويد. وذلك في دراسة نشرت في المجلة العلمية المختصة بأبحاث النانو التابعة للجمعية الكيميائية الأمريكية Journal of American Chemical Society (ACS Nano). حيث توصل العلماء في هذه الدراسة إلى إبتكار جديد، بل يُعد إنتاج أقوى مادة حيوية غير كيميائية، وهى من ألياف نانوية سيليلوزية بإستخدام الأشعة السينية من نمط (بيتر 3). لقد اعتمدت هذه الدراسة على تقنية جديدة لإنتاج مادة (فائقة القوة) وهى تكنولوجيا ألياف النانو الخشبية من خلال تطوير مادة بيولوجية جديدة من الألياف الخشبية، أطلق عليها (الخشب الفائق Supper Wood) وتعتمد تقنية ألياف النانو الخشبية على

تكثيف ألياف النانوسيليلوزية CNFS حيث تقوم هذه الألياف بجعل جدران الخلايا قاسية وقوية وتؤدي إلى تكوين مادة متينة أقوى من الفولاذ، والسيليلوز الذي يُعدّ المكون الرئيسي لألياف النباتات يجتذب الاهتمام باعتباره مادة جديدة واعدة خفيفة الوزن ومتينة ورفيعة بالبيئة. يعود الاهتمام بألياف النانو سيليلوز إلى وزنها الخفيف ومتانتها، حيث قد يصل وزنها إلى خمس وزن الفولاذ وقوتها خمسة أضعافه. [18]

## 20- تكنولوجيا النانو للخشب الشفاف:

لقد حول الباحثون في جامعة ميريلاند كتلة من أحد الخامات الخشبية إلى كتلة شفافة، وهم يرون أنها ستكون مفيدة في مواد البناء المستقبلية وفي الأنظمة الإلكترونية القائمة على الضوء. فقد نجح فريق البحث بمشاركة علماء مركز بحوث الطاقة في إزالة اللجنين من الخشب، في حين استبقوا على هياكل خلايا السليلوز عديمة اللون ثم يتم ملؤها بمادة لاصقة لينتجوا نسخة شبه شفافة من الخشب. وتعتبر عملية إزالة اللجنين نوعاً من تغيير في لون الخشب ليصبح أبيض، ويعمل الفريق على جعله أكثر وضوحاً بواسطة القليل الهندسة النانوية، حيث توصلوا إلى نتيجة هامة وهي الحصول على قشرة خشبية مسامها السطحية مليئة ببوليمر شفاف. وفي المعهد الملكي للتقنية بجامعة ستوكهولم بالسويد توصل الباحثون من خلال عملية كيميائية لإزالة اللجنين الطبيعي الذي يعد مكوناً من مكونات جدران خلايا الخشب. وهذه الخلايا تعمل كقنوات عمودية متوازية في الخشب تشكل هيكلاً طبيعياً يمكن استخدامها لتمرير الضوء من خلالها بعد معالجة الخشب (شكل4).



(شكل4) نماذج من الخشب الشفاف بعد معالجته وإستخداماته

وفي المستقبل القريب يمكن أن يستخدم هذا الخشب لعمل نوافذ أو حتى جدران خاصة من شأنها السماح بمرور الضوء، ويعتقد الباحثون أيضاً أن هذه المواد الخشبية يمكن استخدامها لصنع خلايا شمسية شفافة بشكل ملائم من حيث الإستخدام والتكلفة، وتتسم عملية التصنيع بكونها أسرع وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة، خصوصاً مع انخفاض سمك الخامة. ويحتفظ الخشب الشفاف الناتج بشبكة ألياف السليلوز النانوية المتوازية الموجودة بشكل طبيعي في الخشب، التي يمكن أن تؤدي إلى منتج متباين الخواص. فمن خلال البوليمر تغيرت خواص كثيرة، إعتماًداً على درجة ذوبان البوليمر، ويمكن التحكم في سمك الخشب الشفاف بكل سهولة. كما يمكن التحكم في النفاذية البصرية عن طريق اختيار البوليمرات ذات مؤشرات الانكسار المختلفة، وقد مكنت هذه العملية الباحثين من التوصل إلى مواد قادرة على تحقيق نفاذية الضوء بنسبة تصل إلى 85%. ويتسم هذا الخشب الشفاف بنفاذية بصرية عالية(شكل5)، وفي الوقت نفسه بدرجة ضبابية عالية في النطاق الموجي الواسع بين 400 و1100 نانومتر.



شكل (5) يوضح خامة الخشب الشفاف

وبفضل هذه الخصائص البصرية الفريدة يمكن استخدام مركب الخشب الشفاف ذي ألياف السيليلوز النانوية في صناعات أخرى مثل الإلكترونيات الضوئية المستخدمة في الخلايا الشمسية، ومن المثير للانتباه أن هذه المواد تأتي من مصادر متجددة، كما أنها تحمل أيضاً خصائص ميكانيكية ممتازة، بما في ذلك القوة والصلابة، وإنخفاض الكثافة والموصلية الحرارية المنخفضة. إن هذا الاكتشاف الأخير من شأنه صنع تأثير كبير في تكنولوجيا العمارة والتصميم الداخلي، فيمكن إستخدامه مستقبلاً بديلاً لزجاج النوافذ وتكسية الواجهات في المباني. حيث توفر مواد تسمح للضوء بالمرور مع الحفاظ على الخصوصية. والطاقة الشمسية، ولا تنضب، ونظيفة. وتتمثل الخطوة التالية للباحثين في توسيع عملية التصنيع وزيادة الشفافية في المنتج النهائي. والخشب الشفاف له خصائص ميكانيكية مهمة بيئياً، فإذا كانت درجة الحرارة الخارجية مرتفعة، يمكن لهذا الخشب الشفاف الإحتفاظ بالحرارة قبل أن تصل إلى داخل المبنى، وفي الليل عندما تنخفض درجة الحرارة الخارجية، يطلق الخشب الشفاف الحرارة، ما يساعد على تنظيم درجة الحرارة الداخلية للمبنى بصورة تفوق وحدات الزجاج العازل. وتنبأ الباحثون بأن الخشب الشفاف يمكن أن يكون متاحاً للتطبيقات المتخصصة في التصميم الداخلي خلال أقل من خمس سنوات. [19]

## 21- تعديل الخشب المعالج بطلاء النانو:

يمكن أن يؤدي استخدام تقنية النانو في تعديل الأخشاب بواسطة معالجة الطلاء، ويمكن إجراء معالجة الطلاء من خلال النهج الفيزيائي أو الكيميائي. فيمكن استخدام المواد النانوية سابقة التوليف مباشرة أو إضافتها إلى طلاء الخشب الموجود. ووضعها على سطح الخشب عن طريق رش الطلاء أو بالفرشاة أو الغمس، ويمكن أن تكون المواد النانوية بمثابة طارد للماء (التحكم في معدل امتصاص الماء) أو كمثبتات الأبعاد (التحكم في إنتفاخ الخشب من امتصاص الرطوبة) ومن خلال استخدام المواد النانوية مثل المركبات النانوية السليكونية والبوليمر وثاني أكسيد التنجستين والجسيمات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم وأكسيد الزنك، فكل هذه المواد لها مميزات لتحقيق قدرة فائقة يمكن أن تزيل الملوثات وتتمكن من التنظيف الذاتي لسطح الخشب. وأيضاً بواسطة إستخدام ثنائي ميثيل سيلوكسان وتريميثوكسي سيلان، وهي مواد لها جسيمات نانوية يمكن تحويلها إلى طلاء للخشب حيث لها ميزة المقاومة العالية للماء والفطريات والمحافظة على سطح الخشب من الغبار والشوائب العالقة. ومن مواد الدهانات النانوية للمحافظة على الخشب (البولي بروبيلين المعدلة بالنانو) فهي تتفاعل مع بوليمرات الخشب وتزيد من قوة سطح الخشب وعمره الزمني كمنتج. بالإضافة إلى ذلك، يمكن للطلاء القائم على النانو بخصائص مبيدة للجراثيم القوية مثل الجسيمات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم، والجسيمات النانوية لأكسيد الزنك فهي تعمل على توفير مقاومة عالية وحماية للأخشاب من مخاطر الحشرات والآفات وغيرها. تعتبر الطلاءات المنتجة بتقنية النانو خالية من أى تأثيرات سلبية على المستخدمين فهي تحافظ على سلامة وحماية المستخدم أولاً، كما أنها توفر حماية خارجية للخشب، وسهولة التشغيل والإستخدام. أما مواد النانو ثلاثية الأبعاد فهي من أحد تقنيات النانو والتي كانت بمثابة طفرة كبيرة في مجال صناعة الأثاث، حيث تمثل كرات نانو الأبعاد Spheres وهي حبيبات النانو والمواد السيراميكية فائقة النعومة، فأبعادها تقل عن 100



(شكل6) سطح الخشب المعالج بطلاء النانو الطارد للمياه

نانومتر، وهذه المواد تنصدر التطبيقات التكنولوجية الحديثة، وتعتبر ذات اهمية إقتصادية كبيرة حيث تدخل في أكاسيد الفلزات وأكسيد السيليكون واكاسيد التيتانيوم وأكسيد الألومنيوم، وأكاسيد الحديد، وأكثر إستخدامات هذه المواد في البويات والطلاء ومواد

البناء الخارجية والداخلية. يستخدم طلاء النانو فائق الطرد للماء للحفاظ على الخشب حيث يقوم بطرد الماء في شكل قطرات دون ترك أى أثر على الخشب (شكل6) أثناء غزلق هذه القطرات، وتسمح هذه التقنية بعدم تسرب الرطوبة للخشب وتعرضه للعفن، وبالتالي فقدان صلابته. [20]

تُعد الولايات المتحدة المريكية من أكثر المستخدمة تقنية النانو في معالجة الأخشاب، حيث وصلت مبيعات هذه التقنية إلى 4.9 مليار دولار سنوياً، وفي كل عام يتم معالجة حوالي 20 مليون متر مكعب من الخشب باستخدام مواد حافظة مائية، أساسها النحاس، ويقدر الاستهلاك السنوي لأملاح النحاس لحماية الأخشاب في أمريكا الشمالية، والتي تمثل 50% من السوق العالمية للمواد الحافظة للأخشاب، بحوالي 79000 طن من المواد الحافظة الجديدة المصنوعة من نانو نحاس مع العلاجات التي تحتوي على أملاح النحاس المذابة أو المعقدة، مما يجعل التطبيق الذي يبدو عادياً لحماية الخشب أحد أكبر الاستخدامات النهائية للجسيمات النانوية في العالم، لكن يرجع سبب عدم إنتشار هذه التقنية بسرعة أن عدد العلماء الذين يعملون في مجال في تكنولوجيا النانو لحماية الأخشاب صغير. وبالتالي كان التقدم في فهم خصائص وطريقة عمل الأنظمة الحافظة النانوية الجديدة بطيئاً. [21]

## 22- مميزات الخشب المعالج بتقنية النانو:

- يصبح الخشب مقاوم وطارد للمياه والأتربة.
- مقاوم للأبخرة وتغلغلها داخل الخشب.
- مقاوم للحرارة.
- طلاء غير مرئى شفاف ويحافظ على لون الخشب الأساسى ولم يتغير.
- مقاوم للأشعة فوق البنفسجية، ومقاوم للعوامل الجوية والتآكل والتصدعات.
- مقاوم للفطريات والبكتريا.
- مادة قوية وصلبة قادة على التحمل مثل الصلب.
- منخفضة التكلفة وخفيفة الوزن وتقبل التشكيل.

## النتائج:

- يمكن أن توفر المواد الحافظة للأخشاب مقاومة بيولوجية، بينما تعديل الخشب بتكنولوجيا النانو يعزز الخصائص الفيزيائية والبيولوجية للخشب، ويمنحه خصائص ومقاومة عالية تساعد على إطالة عمره كمنتج.
- تأكد أن لتقنية النانو إمكانات كبيرة لتطبيقات حفظ الأخشاب، من خلال إستخدام المواد الحافظة للمعادن النانوية التي تتحول لجسيمات نانوية تكون قادرة على إختراق أعماق وامتصاص جزيئات أكثر تجانساً في الخشب. بالإضافة إلى أن المبيدات الحيوية آمنة ولا تسبب أى أضرار أو مخاطر للإنسان والبيئة.
- تكنولوجيا النانو من المحتمل أن يكون لها تأثير كبير على صناعة حماية الخشب مستقبلاً، مع تطور تقنية المواد النانوية بخصائص فريدة لتعزيز أداء المواد الحافظة للأخشاب وإطالة عمر خدمة المنتجات الخشبية.

- ساهمت تكنولوجيا معالجة الخشب في تجاوز الكثير من العقبات التي كانت تسبب فاقد في الأخشاب فضلاً على التعديلات التي تمت على الشكل البنائي للخشب والتي أثمرت عن مزايا عديدة وجديدة للتصميم الداخلي.
- ساهمت تقنية طلاء النانو في تحسين أداء الخامات الخشبية وحفظها من عوامل المناخ والتنظيف الذاتي من المياه والأتربة والتوفير في عمليات الصيانة.

### التوصيات:

- أصبح لزاماً على المجتمعات العربية تخصيص ميزانيات للبحوث والتطوير للأففاق على بحوث وتطوير هذه التقنية.
- ضرورة مواكبة التقدم التكنولوجي لتقنية النانو بالتوعية وأهميتها للتوافق مع التقدم العلمي والسير قدماً مع التطور، وتوجيه البحوث العلمية والتطبيقية إلى علوم تقنية النانو للوقوف على آخر ما توصل إليه العالم.
- ضرورة زيادة وعي المتخصصين بكل ما يتعلق بهذه التقنية ووضعها من أولويات المناهج الدراسية.

### المراجع:

- 1- الاسكندراني، محمد شريف - تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل- سلسلة عالم المعرفة- أبريل 2010. Alaskandarani, Muhammad Sharif - tuknulujiia alnaanun min ajl ghad 'afdala- silsilat 'alam almuearifa- 'April 2010.
- 2- حرب، علا - مجلة جامعة البعث – المجلد 39 – العدد 18- 2017. Harba, Alaa - majalat jamieat albaeth - almujaalid 39 - al'adad -18, 2017.
- 3- السيد، كريم محمد- دراسة تجريبية لتقييم استخدام مواد النانو في علاج وصيانة الأخشاب الأثرية الصلبة المصابة بالتلف الميكروبيولوجي- رسالة ماجستير كلية الآثار بجامعة القاهرة 2018. Alsayed, Karim Muhammad - dirasa tajribia litaqyim aistikhdam mawadi alnaanun fi eilaj wasianat al'akhshab al'athariat alsulbat almusabat bialtilafi almikrubiuluji- risalat majstayr kuliyyat alathar bijamieat alqahra 2018.
- 4- الشبخلي، محمد عبد الستار، وآخرون- مدخل إلى علم النانويات وتقانتها- المنظمة العربية للترجمة 2012. alshykhla, muhamad eabd alsatar, wakharuna- madkhal 'iilaa eilm alnaanawiaat wataqanatiha- almunazamat alearabia liltarjma 2012.
- 5- صالح، محمود محمد سليم- تقنية النانو وعصر علمي جديد- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية 2015. Salih, Mahmoud Muhammad Salim - taqniat alnaanun waeasr eilmu jadid- madinat almalik abd aleaziz lileulum waltaqnia 2015.
- 6- محمد، أيمن سعدي- خامات وتقنيات التصميم الداخلي-مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع- عمان الاردن 2008. Muhmmad, Ayman Saedi - khamat wataqniat altasmim aldakhly- maktabat almujtamae alearabii lilmnashr waltawziea- amman al'urdun 2008.
- 7- المغربي، ياسر محمد صلاح الدين- تكنولوجيا النانو وتأثيرها على العمارة من حيث أساليب البناء ومواد التشطيب- كلية الهندسة، جامعة القاهرة 2013. Almughrabaa, Yasir Muhammad Salah Aldiyn - tiknulujiia alnaanun w tathiruha 'alaa aleamara min hayth 'asalib albina' wamawada altshtib- kuliyyat alhindisa, jamieat alqahira 2013.
- 8- Gyulagebestyen . New Architectwe and technologe . Gillinghamkent, uk. First published 2003.
- 9- R. L. jones. Soft Machines: Nanotechnology and Life. Oxford, UK: Oxford University Press, 2004.
- 10- Sylvia Leydecker, nanomaterials in Architecture, Interior architecture and design , gamany, Brlin2008 .

- 11- C.A. Clausen, Nanotechnology: Implications for the wood preservation Industry, Madison, Wisconsin. paper prepared for the 38 the Annual Meeting Jackson lake lodge, Wyoming, USA, May 2015.
- 12- <https://sites.google.com/site/nanoinourlive/> (تاريخ الزيارة  
(2020/2/15
- 13- <https://www.woodproducts.fi/ar/content/tgyyr-khsys-lkhshb> (تاريخ الزيارة  
(2020/2/18
- 14- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128141786000091> (تاريخ الزيارة  
(2020/3/4
- 15- <https://www.scientificamerican.com/arabic/articles/news/new-wood-is-stronger-lighter-and-cheaper-than-titanium/> (تاريخ الزيارة  
(2020/4/15
- 16- <https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-020-01522-z> (تاريخ الزيارة  
(2020/4/9
- 17- [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-221X2015000200010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2015000200010)  
(تاريخ الزيارة 2020/4/22)
- 18- <http://www.arsco.org/article-detail-1146-5-0> (تاريخ الزيارة  
(2020/5/10
- 19- [https://www.aleqt.com/2016/10/24/article\\_1096673.html](https://www.aleqt.com/2016/10/24/article_1096673.html) (تاريخ الزيارة  
(2020/5/20
- 20- <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/conventional-technology-and-nanotechnology-in-wood-preservation-a-review/> (تاريخ الزيارة  
(2020/5/20
- 21- <https://www.nature.com/articles/nnano.2008.286> (تاريخ الزيارة 2020/6/3)