دور تكنولوجيا النانو فى تحسين خواص المنتجات وزيادة عمرها الافتراضى

Role of nanotechnology to improve products properties and increase its life time

ا.م.د/ ايمان محمد أحمد هاشم

استاذ مساعد بقسم التصميم الصناعى كلية الفنون التطبيقية - جامعة بنى سويف

Assist. Prof. Dr. Eman Mohamed ahmed Hashem

Assistant Professor of Industrial Design Faculty of Applied Arts, Beni-Suef University

Emanhashem70@apparts.bsu.edu.eg

الملخص :

أصبحت تكنولوجيا النانو من أهم التقنيات التى يتم استخدامها حديثا فى جميع المجالات وخاصة مجال تصميم وتصنيع المنتجات حيث تعمل هذه التقنية إلى تطبيق علم النانو بغرض ابتكار وانتاج وسائل وتقنيات ومخترعات ومنتجات مفيدة تمتاز بحجمها المتناهى فى الصغر بالاضافة الى تحسين مظهر وخصائص وجودة المنتج الصناعى وبالتالى زيادة عمره الافتراضى من خلال التحكم في المادة أو معالجتها على النطاق الذري حيث يتم معالجة المادة على أصغر مقياس والذى يتراوح من ١ إلى ١٠٠ نانومتر٢ وبذلك تكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم أعلى بكثير وحيث أن ذرات السطح هي الأكثر تفاعلًا لذا فإن خصائص المادة تتغير بطرق غير متوقعة حيث تتغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية لهذه الجسيمات الصغيرة أو يتم اضافة خاصية جديدة أو انتاج مادة جديدة مما يعمل على تحسين خواص ووظائف المنتجات وبالتالى زيادة العمر الافتراضى, والمواد النانوية لها أشكالاً متعددة بناءا على الغرض من استخدامها فلكل منها أطوال وأقطار وتركيب وخصائص مميزة . لذا يهدف البحث الى القاء الضوء على أهمية تكنولوجيا النانو فى تحسين خواص المنتج وبالتالى زيادة عمره الافتراضى, واستنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية. ولتحقيق هذا الهدف يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى الاستنتاجى من خلال دراسة مفهوم تكنولوجيا النانو ومواد النانو المختلفة وتصنيفاتها وأشكالها وخواصها المختلفة وطلاءات النانو وتطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجالات تصميم وتصنيع المنتجات وأثرها على تحسين خواص هذه المنتجات بالاضافة للتطبيقات المستقبلية فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات باستخدام تكنولوجيا النانو, وذلك للتأكيد على أهمية هذه التقنية فى زيادة العمرالافتراضى للمنتج, واستنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية. ومن أهم توصيات البحث اهتمام وتتبع المصممين والتكنولوجيين بكل ما يقدم من أبحاث فى مجال تكنولوجيا النانو والتعرف على كل ما هو جديد من مواد وخصائص جديدة تسهم فى تحسين وتطوير المنتجات الصناعية , ضرورة التعاون فيما بين المصممين والباحثين فى مجال تكنولوجيا النانو لتيسير عملية الاستفادة من تكنولوجيا النانو فى رفع قيمة المنتج واطالة عمره الافتراضى.

الكلمات المفتاحية:

تكنولوجيا النانو, مواد النانو, طلاءات النانو, تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجالات تصميم وتصنيع المنتجات.

Abstract:

Nanotechnology has become one of the most important technologies that are used recently in all fields, especially the field of product design and manufacture, where this technology applies to the application of nanoscience for the purpose of creating and producing means, techniques, inventions and useful products that are characterized by their infinitesimal size in addition to

improving the appearance, characteristics and quality of the industrial product and thus increase its life time by controlling or manipulating the material on the atomic scale where the material is processed on the smallest scale, which ranges from 1 to 100 nanometers [2] and thus the ratio of surface area to volume is much higher and as the surface atoms are the most reactive so the properties of the material change in unexpected ways. The physical, chemical and mechanical properties of these small particles change, or a new feature is added or a new material is produced, which improves the properties and functions of the products and thus increases the life time, and nanomaterials have multiple shapes depending on the purpose of their use, each of which has lengths, diameters, composition and distinct characteristics. Therefore, the research aims to focus on the importance of nanotechnology in improving the properties of the product and thus increasing its life time, and conclude how designers will benefit from nanotechnology in the field of future products design and manufacture. To achieve this goal the research follows the descriptive analytical deductive approach by studying the concept of nanotechnology, different nanotechnology materials, their classifications, shapes, different properties, nanocoating and applications of nanotechnology in the fields of product design and manufacture, its impact on improving the properties of these products in addition to future applications in the field of products designi and manufacture using nanotechnology, in order to emphasize the importance of this technology in increasing the product life time, and conclude how designers will benefit from nanotechnology in the field of future products design and manufacture. One of the most important recommendations of the research is the interest of designers and technologists in all the research presented in the field of nanotechnology and the identification of all new materials and new characteristics that contribute to the improvement and development of industrial products, the need for cooperation between designers and researchers in the field of nanotechnology to facilitate the process of benefiting from nanotechnology in raising the value of the product and extending its life time.

Keywords:

Nanotechnology, Nanomaterials, Nanocoating, Applications of nanotechnology in the fields of product design and manufacturing.

المقدمة :

تكنولوجيا النانو من أهم التقنيات فى الوقت الحاضروالمستقبل وذلك لما لها من تأثير ايجابى فى تغيير وتحسين وتطوير خواص ومظهر المواد والمنتجات الى الأفضل ويمكن التأكيد على أن العصر القادم يمكن أن يسمى "عصرالنانو"حيث أن لها تاثيرات على جميع مجالات الحياه وخاصة مجال تصميم وتصنيع المنتجات, حيث تعمل هذه التقنية على تحسين مظهر وخصائص وجودة المنتج الصناعى وبالتالى زيادة عمره الافتراضى ومن أمثلة هذه المنتجات النظارات الشمسية التى تم طلاء سطح العدسات بها بطلاءات سطحية مقاومة للخدش باستخدام مكونات نانوية تسمى طلاء النانو وهى طلاءات البوليمر الرقيقة جداً والحامية والمضادة للانعكاس.**(١٤)** والسيارات التى تم طلاؤها بطلاءات النانو سيراميك التى تعمل على حماية سطح السيارات ومقاومتها للخدش أو الماء أو الغبار أو الرطوبة, وبعض المكونات الميكانيكية للسيارات والقطارات والطائرات والمكوكات الفضائية تم استخدام جزيئات النانو في تصنيعها والتي عملت على تُحسين الخواص الميكانيكية لهذه المكونات بالإضافة إلى زيادة قوة تحملها, كما يري الخبراء أن استخدام تكنولوجيا النانو في صناعة السيارات سينتج عنه

تصميمات أكثرانسيابية وسهولة في التصنيع وهيكل خارجي أخف، ومواد أقوى. **(١٥)** والجوال المحمول الذى تم طلاء شاشته بطلاءات النانو السيراميكية لحمايته من الخدش أو الكسر عند السقوط أو الماء أو بصمات الأصابع, وكرات التنس التي يدخل فى تكوينها مركبات النانو حيث تعمل على تحسين خواصها, والعبوات الزجاجية التى يتم طلاؤها بطلاءات النانو المانعة للأشعة فوق البنفسجية حتى تحمي المشروبات من التلف الناتج عن أشعة الشمس. كما تُستخدم الإضافات النانوية في المواد المركبة من البوليمر في مضارب البيسبول والتنس ، والدراجات ، وخوذات الدراجات النارية ، وقطع غيار السيارات ، والأمتعة ، وعلب الأدوات الكهربائية ، مما يجعلها خفيفة الوزن وأكثرمتانة وأكثر مرونة. **(٣١)** لذا يتناول البحث تكنولوجيا النانو ومواد النانو وخواصها المختلفة وتطبيقاتها فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات الصناعية وتأثيرها على خواص هذه المنتجات بالاضافة للتطبيقات المستقبلية فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات وذلك للاجابة على تساؤل البحث وهو هل لتكنولوجيا النانو دور فى تحسين خواص المنتجات وزيادة عمرها الافتراضى؟ وما هى الأدلة على ذلك؟ واستنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية.

مشكلة البحث :

تتلخص مشكلة البحث فى الاجابة عن التساؤل التالى: هل لتكنولوجيا النانو دورفى تحسين خواص المنتج وزيادة عمره الافتراضى ؟ وما هى الأدلة على ذلك؟ وكيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية؟

فرض البحث :

بتحديد تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجالات تصميم وتصنيع المنتجات وأثرها على تحسين خواص هذه المنتجات يمكن الاجابة عن التساؤل بأن لتكنولوجيا النانو دورفى تحسين خواص المنتج وزيادة عمره الافتراضى, واستنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية.

هدف البحث:

يهدف البحث الى الوصول لمعرفة دور تكنولوجيا النانو فى تحسين خواص المنتج وزيادة العمر الافتراضى, واستنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية.

أهمية البحث:

التأكيد على دور تكنولوجيا النانو فى تحسين خواص المنتجات وزيادة عمرها الافتراضى.

منهج البحث:

استخدم البحث المنهج الوصفى التحليلى الاستنتاجى من خلال عرض لمفهوم تكنولوجيا النانو ومواد النانو وطلاءات النانو وتطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجالات تصميم وتصنيع المنتجات, والتطبيقات المستقبلية فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات باستخدام تكنولوجيا النانو, وبتحليل تلك المعلومات يمكن الاجابة عن التساؤل عن هل لتكنولوجيا النانو دورفى تحسين خواص المنتج وزيادة عمره الافتراضى ؟ واستنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية.

المفاهيم الأساسية:

أولا: تقنية النانوNanotechnology:

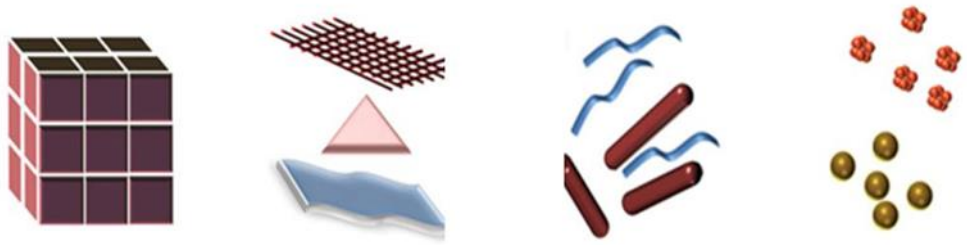
تقنية النانو من أهم التقنيات التى يتم استخدامها حديثا فى جميع المجالات وخاصة مجال تصميم وتصنيع المنتجات. فتكنولوجيا النانو تم تعريفها على أنها:" البحث والتطوير التكنولوجي على المستويات الذرية أو الجزيئية أو الجزيئية الكبيرة باستخدام مقياس طول من ١ إلى ١٠٠ نانومتر تقريبًا.**(٦)** والنانو هو أدق وحدة تستخدم في قياس الطول ويساوى ١٠-٩ من المتر.**(٢٤)** والنانو متر هو واحد على مليار من المتر، او واحد على عشرة آلاف من حجم شعرة الرأس البشري.**(٣٩)** وعلم النانو هو العلم الذى يدرس ويهتم بالتعامل مع المادة على مستواها الذرى والجزيئى بمقياس لا يتجاوز 100 نانومتر.**(٤٣)** كما أنه هو العلم الذي يعتني بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية بالاضافة لدراسة الظواهر المرتبطة الناتجة عن تصغير أحجامها. **(٤٧)** وهى التقنية التى تهتم بتصميم وتصنيع مواد عند مقياس النانومتر.**(١)** ومقياس النانو يشمل الأبعاد التي يبلغ طولها من ا نانومتر إلى ١٠٠ نانومتر.**(٢٨)** حيث يتم معالجة المادة على أصغر مقياس والذى يتراوح من ١ إلى ١٠٠ نانومتر^{٢} وبذلك تكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم أعلى بكثير وحيث أن ذرات السطح هي الأكثر تفاعلًا لذا فإن خصائص المادة تتغير بطرق غير متوقعة حيث تتغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية لهذه الجسيمات الصغيرة أو يتم اضافة خاصية جديدة أو انتاج مادة جديدة مما يعمل على تحسين خواص ووظائف المنتجات.**(٢)** وتهدف هذه التقنية إلى تطبيق علم النانو بغرض ابتكار وانتاج وسائل وتقنيات ومخترعات ومنتجات مفيدة تمتاز بحجمها المتناهى فى الصغر.**(١)** كما تهدف الى تغيير المادة واستكشاف خواصها وظواهرها فى المقياس النانومترى وتعتمد على الجسيمات التى يقل حجمها عن ١٠٠ نانومتر والتى تعطى للمادة خصائص وسلوكيات جديدة.**(٣)** وتعمل تقنية النانو على تحسين كفاءة المادة من خلال إعادة ترتيب الجزيئات والذرات وخلق العديد من المواد الجديدة.**(٢)**

ثانيا: مواد النانو Nanomaterials:

مواد النانو Nanomaterial يمكن تعريفها على أنها " هى المواد المتقدمة التي يمكن انتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها او ابعاد حبيباتها الداخلية بين ١ نانومتر و ١٠٠ نانومتر"،ونتيجة لصغر احجام ومقاييس تلك المواد فقد أدى ذلك الى ان تسلك سلوكا مغايرا للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد ابعادها على ١٠٠ نانومتر كما توافرت بها صفات شديدة التميز لا يمكن ان توجد مجتمعة في المواد التقليدية.**(٤٧)**

أ- تصنيف مواد النانو:

يمكن إنشاء المواد النانوية بأبعاد مختلفة كما حددها ريتشارد دبليو سيجل Richard W. Siegel الى هياكل نانوية صفرية كالعناقيد الذرية والخيوط والتجمعات العنقودية ، وذات بعد واحد متعدد الطبقات كالألياف النانوية، وذات بعدين طبقات متناهية الصغر كالأغشية النانوية والألواح النانوية والشبكات النانوية ، وذات ثلاثة أبعاد وهى مواد نانوية تتكون من حبيبات بحجم نانومتر متساوية الحجم كما يوضح شكل (١). (٢٧)



(أ) (ب) (ج) (د)

شكل (١/أ,ب,ج,د) يوضح تصنيف المواد النانوية طبقا لـ Siegel
(أ) الكرات والعناقيد (صفر القطر) (ب) الألياف النانوية أحادية الأبعاد
(ج) الأغشية النانوية والألواح النانوية والشبكات النانوية ثنائية الأبعاد (د) المواد النانوية ثلاثية الأبعاد

كما تم تصنيف المواد النانوية حسب تركيب المواد المكونة لها إلى نوعين رئيسيين هما الفولورينات(Fullerenes) والجسيمات النانوية غير العضوية وتعتبر الفولورينات أحد الأشكال التركيبية لذرة الكربون بحيث تَكُون كل ٦٠ ذرة من ذرات الكربون مرتبطة مع بعضها ثلاثيًّا ومرتَّبة في حلقات أو كُرَات سداسية وخماسية ويصل قطر هذه الحلقات إلى ١ نانومتر ويطلق عليها أيضًا كرات الكربون النانوية (Buckball) حيث أن لهذا التراكيب خصائص ميكانيكية وتوصيلية عالية جدًّا.**(١٣)** كما تم تصنيف المواد النانوية طبقا لهندسة الجسيمات النانوية الى:**(١٢) (٤٢) (٤٧)**

- **المواد النانوية احادية الابعاد:** هى المواد التى يقل أحد مقاييس أبعادها عن ١٠٠ نانومتر, وسميت بذلك لأن لها بعد نانوي واحد فقط ومن أمثلتها الرقائق أو الأغشية النانونية Thin Layers التى تستخدم فى اعمال طلاء الاسطح لحمايتها من التآكل بالصدأ , الأفلام رقيقة السمك والتى تستخدم فى تغليف المنتجات الغذائية لحمايتها من التلوث والتلف , تصنيع رقائق السيلكون لاستخدامها فى صناعة الخلايا الشمسية والأسلاك النانوية المستخدمة فى الدوائر الكهربية والألياف النانوية والمستخدمة فى الفلاتر.
- **المواد النانوية ثنائية الابعاد:** هى المواد التى يقل مقياس بعدين من ابعادها عن ١٠٠ نانومتر. ومن أمثلتها الانابيب او الاسطوانات النانوية (Nanotubes) كأنابيب الكربون النانوية (احادية الجدار أو متعددة الجدار) والالياف النانوية والاسلاك النانوية Nanowires وتستخدم انابيب الكربون النانوية كمواد داعمة ومقوية لقوالب الفلزات لرفع قيمة صلادتها كما تحسن من خواصها الميكانيكية بالاضافة لزيادة قدرتها على التوصيل الحراري والكهربي كما تستخدام الانابيب والاسلاك النانوية في تصنيع مكونات الخلايا الشمسية والشرائح الالكترونية واجهزة الاستشعار والاجهزة الالكترونية الدقيقة.
- **المواد النانوية ثلاثية الابعاد:** هى المواد التى يقل ثلاثة أبعاد من أبعادها عن ١٠٠ نانومتر وتسمى بالكريات نانوية الأبعاد ومن أمثلتها الحبيبات النانوية ومساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة وتستخدم في صناعة الالكترونيات ومواد البناء ومواد البويا والطلاء ، كما تستخدم في صناعة الادوية والاجهزة الطبية الحديثة لتساهم في رفع كفاءة وجودة المنتجات.

ب- أشكال مواد النانو:

المواد النانوية لها أشكالاً متعددة بناءا على الغرض من استخدامها فلكل منها أطوال وأقطار وتركيب وخصائص مميزة ويمكن تصنيف المواد النانوية حسب شكلها الى:

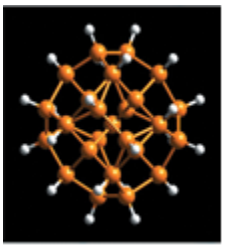
- **أنابيب النانو NanoTubes :**

أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotube- CNT) يتم انتاجها بتكبير الكرات النانوية (الفولورين) لتكوين أسطوانات كربونية.**(٤)** وهى أنابيب مجوفة عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم ثنيها حول محور ما لتأخذ الشكل الاسطواني وتكون إحدى نهايتي الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة على شكل نصف كرة كما قد يكون جدار الأنبوب فردي الذرات وتسمى بالأنابيب النانوية وحيدة الجدار أو ثنائي أو أكثر وتسمى الأنابيب متعددة الجدار كما يوضح شكل (٢)**(٧)** ويتراوح قطر الأنبوب بين أقل من نانومتر واحد إلى ١٠٠ نانومتر أما طوله فقد يصل إلى ١٠٠ مايكرومتر ليشكل سلكاً نانويا **(٣٢)** ومن أمثلتها : أنابيب النانو كربون ، وأنابيب السيليكون ، وأنابيب التيتانيوم. وتمتاز الأنابيب النانوية بالقوة الشديدة والمتانة بالاضافة لأنها لا تتآكل ولا تحترق في الظروف العادية ويمكن إضافتها إلى البلاستيك لجعله موصلًا.

شكل (٢) يوضح أنابيب النانو كربون المستخدمة فى أجهزة النانو(٧)

- **جسيمات النانو Nanoparticles:**

يمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها مجموع الذرات المترابطة بنصف قطر يتراوح ما بين ١ الى ١٠٠ نانومتروتكون عدد الذرات ما بين ١٠ الى ١٠٥ ذرة.**(٤٠)** كما يمكن تعريفها على أنها **"**تجمع ذري أو جزيئي يتراوح عددها من بضع ذرات إلى مليون ذرة ومرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريبا وله نصف قطر أقل من ١٠٠ نانومتر" كما يوضح شكل (٣).**(٤) (٢٤)** ولها عدة أشكال وأحد أبعادها أقل من 100 نانوميتر وقد تكون على شكل مكعب أو كروى أوبيضاوى.



شكل (٣) يوضح جسيمات الكروية

وعندما يصل حجم الجسيم النانوي إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي (Quantum well) وعندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي (Quantum wire) وعندما يكون حجمها النانوي فى ثلاثة أبعاد تسمى النقط الكمية (Quantum dots) والتغيير في الأبعاد النانوية يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية. **(٣٢)**

- **مركب النانو Nano-composite:**

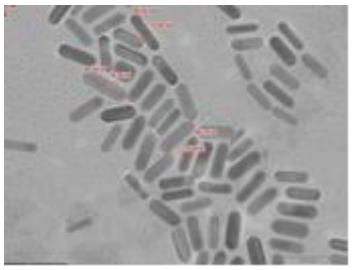
هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيعها مما يؤدى الى تحسن كبير فى خصائصها. **(٣٢)** أى أن مركب النانو ينتج من عملية توزيع أو انتشار مواد النانو داخل مواد عادية ، على سبيل المثال يتم توزيع ونشر أنابيب النانو كربون داخل يعض المواد البلاستيكية،ليتم الحصول على نانو مركب له خصائص فائقة.

- **أغشية النانو Nanofilms:**

هى عبارة عن طبقة رقيقة من مادة معينة يبلغ سمكها أقل من 100 نانوميتر، وتستخدم هذه الطبقات الرقيقة فى مجال أشباه الموصلات مثل السيليكون وسبائك الذهب.

- **قضبان النانوNanorods:**

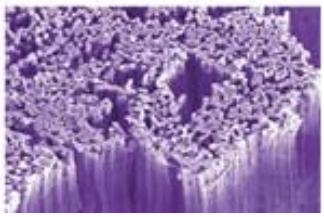
تشبه أنابيب النانو إلا أنها مصمتة أقصر منها ومن أمثلتها قضبان الذهب والبلاتين.**(١٨)** كما يوضح شكل (٤)



شكل (٤) يوضح قضبان النانو

- **أسلاك النانو Nanowires: (٣٤)**

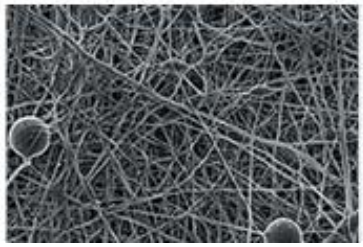
هي أسلاك بقطر أقل من نانومتر واحد ولها أطوال مختلفة وتعتبر من المواد ذات البعد الواحد وهي أفضل من الاسلاك التقليديه ثلاثيه الابعاد لان الالكترونات تكون محصوره كميا باتجاه واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقه محدده تختلف عن تلك المستويات العريضه الموجوده في الماده الحجمية.



شكل (٤) يوضح أسلاك النانو(٣٢)

- **الألياف النانويةNanofibres :**

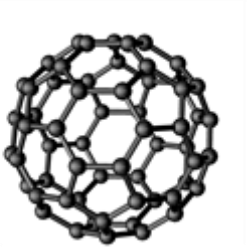
هى ألياف كما يوضحها كل (٥) تتكون من عده أشكال منها السداسي والحلزوني والألياف الشبيهه بحبه القمح ومن أشهر الألياف النانويه تلك المصنوعه من ذرات البوليمرات.



شكل (٥) يوضح ألياف النانو

- **الفلورينFullerene : (٣٤)**

سمي هذا التركيب بالفلورين نسبه للمخترع والمهندس المعماري ر. بكمنستر فولر(R.Buckminster Fuller) وهوعباره عن جزئ مكون من ٦٠ ذره كربون ورمزهC60 ويشبه الفلورين تماما كره القدم التي تحتوي علي ١٢ شكل خماسي و٢٠ شكل سداسي كما يوضح شكل (٦) وقد أكتشفت أشكال أخري من الفلورين منها الفلورين المخروطي والفلورين الأنبوبي اضافه للفلورين الكروي.



شكل (٦): يوضح٦٠ ذرة كربون في ترتيب حلقي لتكوين الفولورين

ج- *خصائص مواد النانو* *Nanomaterials properties* :(٤٤)

• **الخواص الميكانيكية :** نتيجة لتصغير حجم حبيبات المادة ووجود أعداد هائلة من الذرات على أوجه سطحها الخارجي، فيؤدى ذلك الى ارتفاع درجة صلادة المواد الفلزية وسبائكها وزيادة مقاومتها للاجهادات والأحمال الواقعة عليها، كما يتم إكساب المواد السيراميكية نسبة كبيرة من المتانة والقابلية للتشكيل وتحمل إجهادات لم تكن تتوفر بها مما يعنى تخليق أنواع جديدة من تلك المواد.

• **الخواص الكهربية :** نتيجة لتصغير أحجام حبيبات المواد إلى أقل من ١٠٠ نانومتر فيؤدى ذلك الى زيادة قدرتها على توصيل التيار الكهربي، مما يساعد على استخدام هذه المواد في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية .

• **الخواص البصرية :** من المعروف أن لون الذهب الطبيعي هو الأصفر الذهبي الا أن هذا اللون يتغير إلى لون شفاف عند تصغير حبيباته إلى أقل من ٢٠ نانومتر كما تتحول ألوانه من الأخضر إلى البرتقالي الى الأحمر من خلال زيادة تصغير أحجام الحبيبات، مما يمكننا من الاستفادة من هذه الخاصية فى صناعة شاشات عالية الدقة فائقة التباين وذات ألوان نقية كشاشات التليفزيون والحاسبات والتليفون المحمول .

• **الخواص الفيزيائية :** نتيجة لتصغير أبعاد حبيبات المادة فان قيم درجات انصهارها تتأثر فمثلا درجة انصهار الذهب في حجمه الطبيعي تصل إلى ١٠٦٤ درجة مئوية الا أنها تقل إلى ٥٠٠ درجة مئوية بعد تصغير حبيباته إلى ١,٣٥ نانومتر .

• **الخواص المغناطيسية :** كلما صغرت حبيبات المادة وتضاعف وجود الذرات على سطحها الخارجي كلما ازدادت قوة وفاعلية قدرتها المغنطيسية مما يمكننا من استخدامها في محركات السفن والمولدات الكهربية الضخمة والتصوير بالرنين المغنطيسي وصناعة أجهزة التحليل فائقة الدقة.

ثالثا: طلاءات النانو Nanocoating:

طلاء النانو المعروف باسم طلاء السيراميك هو عملية وضع طبقة سطحية تقاوم الجسيمات الجافة والاحتكاك والتأكل والماء والزيت والأشعة فوق البنفسجية ويكون في صورة سائلة وصلبة ويمكن لطلاء النانو أن يجعل السطح مقاومًا للخدش أو يحسن الصلابة أو يجعله مقاومًا للبكتيريا. وطلاء النانو عبارة عن مواد ثنائية الأبعاد.**(٣٠)** وهو طبقات رقيقة جدًا من المواد الكيميائية البوليمرية التى تستخدم لنقل خصائص كيميائية وفيزيائية معينة إلى سطح المادة المراد طلاؤها. ويمكن تعريف طلاء النانو على أنه سمك الطلاء عند المقياس النانوى أو الطلاء الذى يحتوى على حبيبات فى حجم النانو.**(٨)**

(٤١) كما تم تعريفه على أنه " عملية يتم من خلالها ترسيب طبقة رقيقة بسمك أقل من١٠٠ نانومتر على سطح المادة لتحسين بعض الخصائص أو لنقل وظائف جديدة. **(٢٠)** والجسيمات النانوية المستخدمة في صناعة الطلاء هى (ثاني أكسيد التيتانيوم , ثاني أكسيد السيليكون, أكسيد الحديد, أكسيد الزنك, فضة) حيث يحتوي ثاني أكسيد التيتانيوم على خصائص تحفيزية ضوئية ويعمل ثاني أكسيد السيليكون ذو البنية النانوية على أن يكون السطح المطلى ذاتى التنظيف كما يعمل أكسيد الحديد وأكسيد الزنك النانوي على الحماية من الأشعة فوق البنفسجية كما تعمل الفضة في شكلها النانوى على مقاومة البكتريا والفيروسات.**(٣٠)** وتُستخدم الطلاءات النانوية على مجموعة متنوعة من الأسطح بما في ذلك المعادن والزجاج والسيراميك والبوليمرات وتعمل على تحسين خواص الأسطح المراد طلاؤها مثل الصلابة العالية والمتانة ومقاومة التآكل والشفافية الضوئية.**(٤١)** وطاردة للماء وتحسين خصائص العزل والتوصيل الحرارى والكهربى وذاتية التنظيف ومقاومة الرطوبة والخدش واللمس والاحتكاك والأشعة فوق البنفسجية والانعكاس والمعالجة الذاتية للعيوب والاحتفاظ باللمعان والعديد من الخواص الأخرى, ويمكن تطبيق طلاء النانو على العديد من الأسطح مثل المعادن والسيراميك والبلاستيك والبوليمرات لذا فطلاء النانو يمكن استخدامه أيضًا لإطالة عمر لون المنتج أو لمعانه.**(٣٥)** وطلاءات النانوغالباً ما تكون شفافة نظرًا لأن طبقات الطلاء النانوية رقيقة جدًا.**(٢٠)** وهناك العديد من طلاءات النانو ومنها (طلاء نانوي مضاد لبصمات الأصابع, طلاء نانوي مضاد للتآكل, طلاء نانوي مقاوم للتآكل والاحتكاك (SiO_2, Al_2O_3, ZrO_2), طلاء نانوي مضاد للقاذورات وسهل التنظيف, طلاء نانوي مقاوم للأشعة فوق البنفسجية (TiO_2, ZnO, $BaSO_4$, CeO_2, graphene), طلاءات النانو ذاتية التنظيف (ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي), الطلاءات النانوية التحفيزية الضوئية (ثاني أكسيد التيتانيوم النانوي), طلاء نانوي مضاد للانعكاس, طلاء نانوي مضاد للميكروبات والفيروسات (الفضة والذهب وأكسيد التيتانيوم وأكسيد الزنك).

رابعا: تطبيقات تكنولوجيا النانو فى مجالات تصميم وتصنيع المنتجات الحالية والمستقبلية:

تعتبر تكنولوجيا النانو من أهم وأحدث التقنيات الحالية والمستقبلية , ويمكن التأكيد على أن العصر القادم هو عصرالنانو وذلك لأن تكنولوجيا النانو لها تاثيرعلى جميع مجالات الحياه وخاصة مجال تصميم وتصنيع المنتجات حيث ظهرت العديد من المنتجات التى تعتمد على تكنولوجيا النانو ومواد النانو لتحسين مظهر وخصائص واستخدامات هذه المنتجات واضافة وظائف جديدة.

أ- أهم المنتجات الحالية والتى تعتمد على تكنولوجيا النانو :

- **السيارة المتغيرة الشكل بتقنية النانو(GINA Light Visionary Model) (١٧) (٣٦)** حيث قدمت شركة BMW فى عام ٢٠٠٨ سيارة *(GINA Light Visionary Model)* كما يوضح شكل (٧) والتى بدأ العمل عليها منذ عام ٢٠٠١ وذلك باستخدام تكنولوجيا النانو من خلال استخدام الياف الكربون النانونية لاعطاء بعض عناصرجسم السيارة قابلية للحركة كما يوضح شكل (٨) وهى سيارة من المتوقع استخدامها اولا كسيارة رياضية فى حلبات السباق وهى سيارة تتميز بانها متغيرة الشكل حيث تتميز بسطح خارجي مرن مما يجعل بعض عناصر البنية التحتية قابلة للحركة ويمكن للسائق تحريكها عن طريق أدوات التحكم الكهروهيدروليكية والكهربائية , وبالنظر لهيكل السيارة الخارجى نجد أن مقدمة السيارة وجوانبها بما في ذلك الأبواب تم تصنيعها كجسم واحد غير منفصل وتشكل وحدة بصرية وهيكلية واحدة حيث تم تصنيعها من مواد مرنة من ألياف الكربون النانونية حيث تم استبدال المعدن التقليدي والبلاستيك لأجسام السيارات الخارجية التى يتم طلاؤها بجلد قماش نصف شفاف مقاوم للماء ومطلي بالبولي يوريثين كما يوضح شكل (٩) ويتكون من طبقتين الطبقة الأولى عبارة عن طبقة تثبيت داخلية مصنوعة من شبكة سلكية والطبقة الخارجية مقاومة للحرارة وللعوامل الجوية مما يجعل جسمها الخارجى قابل للتمدد وينحني حول هيكل معدني من الأسلاك المعدنية من الألمنيوم المدعمة بألياف الكربون

النانوية التى تمنح هيكل السيارة القوة والمتانة بالاضافة للمرونة في تغيير شكل السيارة كما يوضح (١٠). وتم تصميم النموذج من قبل مجموعة من المصممين تحت قيادة مصمم السيارات الأمريكي كريس بانجل. ولكن شركة BMW لم تشرع حتى الآن في خطط الإنتاج.**(١٦)**

شكل (٧): يوضح السيارة GINA

شكل (٨): يوضح عناصرجسم السيارة قابلية للحركة

شكل (٩): يوضح الجلد النصف شفاف المستخدم لجسم السيارة

شكل (١٠): يوضح هيكل السيارة المعدني

- **كما أن مجال السيارات** يعتبر هو المستهلك الرئيسى لتقنيات المواد النانونية حيث عملت هذه التقنية على توفير الراحة والأمان والاقتصاد فى تصميم وانتاج السيارات كما يلى:

- بالنسبة لدهانات السيارة يتم طلاء السيارة بطلاءات النانو سيراميك حيث تعمل على حماية سطح هيكل السيارة ويجعلها مقاومة للخدش أو الصدأ والتأكل وتمنع التصاق الأتربة والغبار والمياه على سطح السيارة كما يوضح شكل (١١) كما يعمل على حماية دهان السيارة من تغيراللون نتيجة لتعرضه لأشعة الشمس والأشعة فوق البنفسجية مما يعمل على تحسين خواص ثبات اللون ولمعانه ويتم ذلك من خلال دمج الجسيمات النانوية مثل ZrO_2 و AlOOH و SiO_2 في ورنيش قابل للمعالجة للعمل على تحسين مقاومة الخدش والتآكل بالاضافة لجودة الطلاء من حيث اللون واللمعان بسبب اضافة جزيئات السيراميك المدمجة التي تضاف إلى طبقة الورنيش في نطاق نانومتر. كما يساعد استخدام الجسيمات النانوية من التيتانيا أو أكسيد الزنك في تحسين خاصية مقاومة الأشعة فوق البنفسجية من خلال امتصاص تلك الأشعة وعكسها أيضا. ويتم استخدام هذه الأنواع من الدهانات النانوية بالفعل في نماذج مختلفة من مرسيدس بنز.**(٥) (٩)**

شكل (١١): يوضح تأثير طلاءات النانو سيراميك لجسم السيارة

- بالنسبة للاطارات: اطارات السيارات لا تصنع من مادة واحدة ولكن من خلال خليط من مجموعة من العناصر مثل المطاط والخيوط الفولاذية والمواد المالئة المقواة ... إلخ. وتعتمد خصائص الإطارات على التفاعلات الكيميائية والفيزيائية بين مادة الحشو والمطاط لذا يضاف جسيمات أسود الكربون Carbon black كعنصر تقوية وصبغة, والسخام والسيليكا

والسيليكا العضوية (soot, silica and organosilica) كعناصر تقوية حيث يتم اضافتهم بمقياس نانوي إلى خليط المطاط لتحسين الخواص واطالة العمر الافتراضى حيث أن تفاعل جسيمات السخام النانوية مع المطاط الطبيعي في الإطارات كبير جدا فيؤدي ذلك إلى مقاومة أفضل للدوران وتقليل الاحتكاك الداخلي , كما يمكن زيادة مقاومة التآكل والتماسك عن طريق إضافة ١٠٪ من مادة السيليكا النانوية إلى المطاط الطبيعي أو SBR (مطاط ستايرين بوتادين).

- بالنسبة للمرايا والمصابيح الأمامية : عندما يسقط ضوء الشمس أو الأضواء القادمة من مصابيح السيارات المقابلة أو الخلفية على أعين قائدى السيارات من خلال المرايا ليلا يؤدى ذلك عدم رؤية الطريق أو السيارات الأخرى بشكل صحيح بسبب شدة الضوء مما يؤدي إلى وقوع العديد من الحوادث لذا فقد تم تطبيق معالجة هذه المشكلة من خلال اضافة طبقة عاكسة رقيقة جدا من أكسيد الألومنيوم بسمك أقل من ١٠٠ نانومتر على سطح المرايا والمصابيح الأمامية للسيارة من خلال عملية ترسيب البخار الكيميائي (CVD) مما يجعلها طاردة للدهون والماء والغبار ولمنع المشاكل الناتجة عن ضوء السيارات الأخرى التي تسقط على أعيننا يتم تطبيق تقنية النانو والخصائص الكهربية معًا. حيث تتغير الخصائص البصرية للزجاج أو المرايا عندما تكون مجهزة بطبقة وظيفية نانوية مركبة لها خصائص كهربية ، فمن خلال سقوط الضوء على الزجاج أو المرايا يتولد جهد معين يجعل الشحنات تنتقل إلى الطبقات المتوسطة. حيث يسمح هذا بامتصاص الضوء الوارد بواسطة مراكز الألوان للأيونات في الأقطاب الكهربائية ونتيجة لذلك تنعكس كمية صغيرة فقط من الضوء مرة أخرى كما يوضح شكل (١٢) ثم يعود الزجاج إلى حالته الأصلية مع تغير القطبين وذلك بسبب أن المستشعر المجهز بالزجاج يقيس شدة الضوء الذي يسقط على المرآة ويتحكم فيها حيث بمجرد اختفاء الضوء تعود المرآة إلى حالتها الأصلية **(١٠)**

شكل (١٢): يوضح تأثيراضافة طبقة عاكسة رقيقة جدا من أكسيد الألومنيوم لمرايا السيارة

- بالنسبة لمحرك السيارة : تم استخدام جزيئات النانو فى تصنيع بعض المكونات الميكانيكية للسيارات حيث عملت على تُحسين الخواص الميكانيكية لهذه المكونات بالإضافة إلى زيادة قوة تحملها حيث يتم تغليف الأسطح الداخلية لاسطوانات المحركات بمادة نانوية من أكسيد الألمنيوم واكسيد الزركونيوم النانوى لزيادة العمر الافتراضى للمحرك ووقايته من الصدأ نتيجة تلامس المكونات الفلزية أثناء التشغيل **(٢٦)**.

- بالنسبة لبطارية السيارة : تم تطوير العديد من أنواع البطاريات الجديدة بلستخدام تقنية النانو حيث تميزت بشحن أسرع وأكثر كفاءة وأخف وزنًا ولها كثافة طاقة أعلى وتحمل الشحن الكهربائي لفترة أطول.

- كما تم استخدام تقنية النانو في صناعة الأبواب والمقاعد والدعامات مما عمل على أن تكون أكثر صلابة و ذات مرونة عالية بالاضافة لخفة الوزن. كما استخدمت تقنية النانو فى حماية هياكل السيارات من التآكل ومقاومة التآكل.**(١١)**

- يري الخبراء أن استخدام تكنولوجيا النانو في صناعة السيارات سينتج عنه تصميمات أكثرانسيابية وسهولة في التصنيع وهيكل خارجي أخف، ومواد أقوى.**(١٥)**

- **مجال الفضاء:** يتم استخدام الأنابيب النانوية الكربونية أحادية الجدار لحماية المكونات الحساسة للطائرات من الإشعاعات الكهرومغناطيسية, أما بالنسبة لطلاءات الطائرات فقد تم اضافة الأنابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران ، وثانى أكسيد التيتانيوم TiO_2 ، وجسيمات ثانى أكسيد السيلكون النانوية SiO_2 والجرافين في الطلاء البوليمري حيث عمل على تقليل

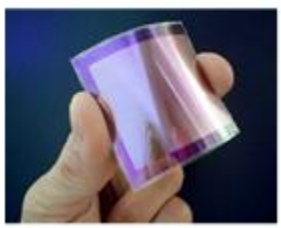
التشققات السطحية ، ويقاوم الأشعة فوق البنفسجية ويزيد من عمرطلاء الطائرة. كما تم تصنيع محركات الطائرات باضافة مادة النانو والجسيمات النانوية من ZrO المرتبطة بـ Y2O3 إلى المركب لتكون مقاومة للحرارة كما تم طلاء مكونات المحرك بأغشية نانوية تعمل على تقليل الاحتكاك بالاضافة لقدرتها على التنظيف الذاتى.**(٥) (٩)** وبالنسبة لهياكل الطائرات فتعد الاغلفة المكونة من حبيبات النانو الفلزية المدمجة مع حبيبات اخرى من مواد السيراميك هى التى تستخدم في صناعة أجسام الطائرات والمركبات الفضائية الاخرى حيث تعمل الحبيبات المكونة للأغلفة التي تغطى بها اسطح هياكل الطائرات والمركبات الفضائية على منع امتداد اي شروخ تقع على الجسم وتوقف تقدمها مما يحافظ على سلامة ومتانة الطائرات بالاضافة لزيادة اعمارها الافتراضية بنسب تتراوح بين ٢٠٠ : ٣٠٠ % . والسبب فى ارتفاع قدرة المواد النانوية على وقف امتداد الشروخ بأجسام المركبات الفضائية ناتج عن أن مقاييس ابعاد حبيباتها متناهية فى الصغر. **(٤٧)**

- **النظارات الشمسية** التى تم طلاء سطح العدسات بها بطلاءات سطحية مقاومة للخدش ومضادة للانعكاس باستخدام مكونات نانوية تسمى طلاء النانو من خلال شركة النظارات الشمسية sunglasses حيث قامت بتصنيع طلاء بلاستيكي مقاوم للخدش والانعكاس و أنتجت نظارات النانو ذات الكفاءة العالية و الخصائص المميزة. **(٢٣)**

- **شاشات الهاتف المحمول** حيث تم استخدام طلاء النانو سيراميك عليها مما جعلها مقاومة للخدش أو الماء كما يوضح شكل (١٣) أو علامات بصمات الأصابع أو الكسر عند السقوط.

شكل (١٣): يوضح مقاومة جسم الهاتف المحمول للماء

- **أفلام الألواح الشمسية بتقنية النانو** : Nanosolar هى شركة مطورة لتكنولوجيا الطاقة الشمسية مقرها سان خوسيه ، كاليفورنيا قامت بتطوير وتسويق عملية تصنيع خلايا شمسية منخفضة التكلفة قابلة للطباعة حيث أنتجت خلايا الشمسية ذات بنية نانوية وهذه الخلايا الشمسية صغيرة جدًا لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة وقامت بطبعها على رقائق السيليكون وتم تصنيعها في لفات مرنة بدلاً من الألواح المنفصلة كما يوضح شكل (١٤) حيث تم دمج تقنية النانوالمتمثلة فى استخدام الأسلاك النانوية - أسلاك أكسيد الزنك النانوية في الألواح الشمسية لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء بشكل أكثر كفاءة وبدأت الشركة في بيع الألواح في منتصف ديسمبر ٢٠٠٧ ، مما يعد بتوفير طاقة شمسية رخيصة الثمن في المستقبل. **(٢٩)** وخفيفة الوزن ومرنة. **(٣١)**



شكل (١٤): يوضح أفلام الألواح الشمسية بتقنية النانو

- **العبوات الزجاجية** التى يتم طلاؤها بطلاءات جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية المانعة للأشعة فوق البنفسجية حتى تحمي المشروبات من التلف الناتج عن أشعة الشمس.
- **مضارب البيسبول** والتنس والهوكى وكرات الجولف واطارات الدراجات حيث تم تحسين خواصها من خلال الإضافات النانوية في المواد المركبة من البوليمر مثل الأنابيب النانوية الكربونية والجرافين مما جعلها خفيفة الوزن وأكثرمتانة وأكثر مرونة.
- **شفرات توربينة الرياح** حيث تم استخدام أنابيب نانوية كربونية تحتوي على إيبوكسي لصنع شفرات توربينة الرياح مما جعلها أطول وأقوى وأخف وزنًا من الشفرات الأخرى مما يعمل على تحسين كفائتها فى زيادة كمية الكهرباء التي يمكن أن تولدها .
- **طلاء السفن والمراكب** بطلاءات النانو مما جعلها مقاومة للخدش والماء والرطوبة والتأكل.
- استخدام تقنية النانو فى تصنيع شاشات التليفزيون والحاسبات مما عمل على تحسين هذه الشاشات من خلال وضوح ودقة صورة الشاشة بالاضافة لتوفير الطاقة التي تستهلك في تشغيلها وتصغير حجم الشاشة من خلال تصغير سمكها وبالتالى خفة وزنها.
- **بالنسبة للثلاجات** قامت شركة سامسونج للإلكترونيات باستخدام محلول نانو الفضة فى تبطين الثلاجات لقتل البكتريا وبالتالى المحافظة على الطعام من التلف لفترات أطول .
- **بالنسبة للغسالات** قامت شركة سامسونج للإلكترونيات بتجهيز الغسالات بنظام التنظيف بالفضة بمقياس النانو حيث تعتمد على التحليل الكهربائي لجزيئات الفضة وبذلك تعمل على تعقيم الملابس بنسبة كبيرة جدا.
- **روبوت صغير بحجم النانومتر**: حيث قامت شركة كورفس بصناعة روبوت صغير بحجم النانومتر يستخدم لمساعدة الأطباء في العمليات الجراحية من خلال أن يتحكم الطبيب من خلال عصا تحكم تمكنه من التحكم بذراع الروبوت الذى يحمل أجهزة دقيقة وكاميرا مصغرة مما يساعده على اجراء الجراحة بدقة عالية. **(٤٨)**
- تم تطوير العديد من أنواع البطاريات الجديدة بلستخدام تقنية النانو حيث تميزت بشحن أسرع وأكثر كفاءة وأخف وزنًا ولها كثافة طاقة أعلى وتحمل الشحن الكهربائي لفترة أطول.
- تم استخدام جزيئات النانو فى تصنيع بعض المكونات الميكانيكية للسيارات والقطارات والطائرات والمكوكات حيث عملت على تُحسين الخواص الميكانيكية لهذه المكونات بالإضافة إلى زيادة قوة تحملها حيث يتم تغليف الأسطح الداخلية لاسطوانات المحركات بمادة نانوية من أكسيد الألمنيوم واكسيد الزركونيوم النانوى لزيادة العمر الافتراضى للمحرك ووقايته من الصدأ نتيجة تلامس المكونات الفلزية أثناء التشغيل **(٢٦)**.
- أعلنت وكالة أنباء Ynetnews ومقرها إسرائيل أن شركة إسرائيلية تدعى Nanoflight أجرت بنجاح اختبارًا على صواريخ وهمية تم طلاءها بطلاء النانوالمصنوع من أنابيب الكربون النانوية لإخفاء الجسم في الظلام المطلق وأظهرت أن الرادار لا يمكنه التقاطها كصواريخ حيث يعمل طلاء النانو على خدعة الرادار عن طريق امتصاص موجات الراديو المنبعثة من الرادار وتشتيتها كطاقة حرارية كافية بحيث عندما يحصل الرادار على إشارة الارتداد لا تكون الاشارة منتظمة بما يكفي للإشارة إلى وجود صاروخ أو كائن أو جسم, وأوضحت YnetNews أن طلاء طائرة بهذا الطلاء النانوي أرخص بكثير من شراء طائرة شبح أمريكية الصنع بقيمة ٥ مليارات دولار, كما يؤكد L. Jay Guo أستاذ الهندسة الكهربائية وعلوم الكمبيوتر في جامعة ميتشيغان إنه إذا تعرضت طائرة مطلية بطلاء الأنابيب النانوية لشعاع رادارفلن يرتد أي شيء وسيبدو كما لو لم يكن هناك أى جسم أو كائن. **(٤٥) (٤٦)**

- بدأ عدد من شركات ووكالات الطيران في استخدام الطلاء النانوي في الفضاء الجوي لتحسين خواص إطارات الطائرات والأجزاء الداخلية وأجزاء المحرك وأسطح المكونات مثل التنظيف الذاتي والصلابة ومقاومة التآكل وتقليل تراكم الجليد, كما يمكن لطلاء الجسيمات النانوية أيضًا تسهيل التئام الشقوق ما يساعد على تقليل تكاليف التنظيف والصيانة والحماية من التآكل.**(٢١)**

- تم استخدام الطلاءات المضادة للضباب في النظارات وأغطية الرأس في السنوات القليلة الماضية مثل النظارات والزجاج الأمامي للسيارة والخوذ وكشافات السيارة.**(٢٢)**

- **صناعة الأحذية** التى قامت احدى الشركات المتخصصة بوضع ألياف نانوية من فلز الفضة داخل الحذاء لتحسين خواصه من خلال منع تكون فطريات القدم والبكتريا من النمو أثناء ارتداء الحذاء.

ب- أهم المنتجات المستقبلية التى تعتمد على تكنولوجيا النانو :

- **الأجهزة المحمولة المستقبلية Nokia Morph:**

Nokia Morph هو جهاز مستقبلي يعتمد على تقنية النانو وهاتف المستقبل Nokia Morph هو مشروع مشترك بين كل من مركز أبحاث شركة نوكيا و ومركز علم النانو بجامعة كامبريدج البريطانية لاستخدام تكنولوجيا النانو في تصنيع الهواتف المحمولة وقد قدم المصطلح لأول مرة في متحف الفنون الحديثة في مدينة نيورك الأمريكية في ٢٥ فبراير ٢٠٠٨حيث يوضح أن تكنولوجيا النانو قد تكون قادرة على توفير مواد مرنة وإلكترونيات شفافة كما يوضح شكل (١٥) وأسطح ذاتية التنظيف يمكن استخدامها لصنع Nokia Morph ومن مميزات Nokia Morph المستقبلى أنه تصميم مرن حيث يتم نسج بروتينات الألياف في شبكة ثلاثية الأبعاد تدعم الهياكل المرنة الرقيقة, كما أنه متغير وقابل للتمدد بحيث يمكنه التمدد على شكل شاشة كبيرة لأغراض التصفح كما يوضح شكل (١٦) أو التقلص إلى حجم أصبع الحلوى عند أستخدامه في المكالمات العادية ويتم ذلك من خلال أن تتحكم شبكة من الألياف النانوية في التمدد عند طي الجهاز كما أن له القدرة على التنظيف الذاتى حيث تعمل الأسطح ذات البنية النانوية مثل "الزهور النانوية" Nanoflowers على مقاومة الماء والغبار وحتى بصمات الأصابع مما يؤدي في النهاية إلى تقليل التآكل واطالة عمره كما أن من مميزاته المستقبلية عند طيه ووضعه فى الجيب أن يستخدم كسماعة هاتف تقليدية كما يوضح شكل (١٧) أو ساعة أو اسورة كما يوضح شكل (١٨) وبالنسبة للطاقة التى سيتم استخدامها فستكون الأسطح عبارة عن خلايا تستطيع الاستفادة من أشعة الشمس من خلال طبقة تدعى ب Nanograss ، وستصبح البطاريات أقل حجما وأكثر احتفاظا بالطاقة وسريعة في الشحن وقادرة على احتمال عدد كبير من مرات إعادة الشحن. ولا تزال نوكيا تبحث عن مواد لبطارية جديدة لتشغيل Nokia Morph وجوال مورف لازال قيد التصميم والتطوير.**(٢٥) (٣٣)**

شكل (١٥): يوضح مادة الهاتف المرنة وإلالكترونيات الشفافة

شكل (١٦): يوضح شاشة الهاتف القابلة التمدد

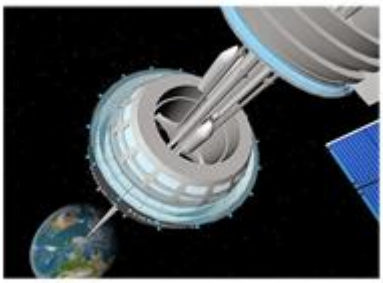
شكل (١٧): يوضح كيفية استخدام الهاتف كسماعة هاتف تقليدية

شكل (١٨): يوضح استخدام الهاتف كسماعة

- **المصعد الفضائى space-elevator:**

مصعد الفضاء هوهيكل افتراضي مصمم لنقل المعدات من سطح كوكب (الأرض) إلى الفضاء وفكرته تعتمد على كابل مرتبط بالأرض على منصة عائمة في خط الاستواء وفي الناحية الأخرى معلقة في الفضاء فيما بعد المدار.**(١٩)** كما يوضح شكل (١٩/أ,ب,ج) , جاءت فكرة المصعد الفضائى نتيجة أن رحلات الفضاء مكلفة جدا وتكلفة ايصال صاروخ الى المدار يحمل على متنه واحد كيلو جرام فقط يتكلف عشرات الألاف من الدولارات وغالبا ما تتحطم معظم أجزاء الصاروخ خلال عملية الاطلاق واعادة ادخاله الى الغلاف الجوى وكانت الصواريخ هي الطريقة الوحيدة للذهاب إلى الفضاء. اقترح بعض المبتكرين مصعدًا فضائيًا ، وهو كابل يمتد من الأرض إلى الفضاء يمكن صعوده بوسائل ميكانيكية. ولكن فشل المقترح نظرًا لعدم وجود مادة قوية بما يكفي لبناء الكابل المقترح . لم تكن فكرة المصعد الفضائي قابلة للتطبيق بشكل واقعي حتى بعد عام ١٩٩١ عندما تم اكتشاف الأنابيب النانوية الكربونية بواسطة الباحث الياباني سوميوليجيما.(٢٦) حيث تم تصميم أول مصعد إلى الفضاء يصل ارتفاعه إلى ٣٦ ألف كيلومتر بينما تصل سرعته إلى ٢٠٠ كيلومتر في الساعة صرحت شركة أوباياشي القائمة على المشروع أن المصعد سيكون جاهزا بحلول عام ٢٠٥٠ حيث سيحمل نحو ٣٠ شخصا وسينقلهم باستخدام أنابيب النانوالكربونية في رحلة هدفها الوصول إلى مكان خارج الارض ، وبالنسبة للمسافرين سيشكل هذا المصعد وسيلة من وسائل سفر الفضائية الأخرى, وهذا المشروع هو نتيجة لأفكار سابقة كانت لدى عالم الصواريخ الروسي قسطنطين سايلوكفوسكي الذي تنبأ بإمكانية تصميم مثل هذا المصعد عام ١٨٩٥ وتحتوي المحطة على مختبرات ومناطق يمكن العيش فيها والاسترخاء والاستمتاع بهدوء الفضاء قبل العودة مجددا إلى المصعد لقضاء أسبوع آخر فيه قبل الوصول إلى الأرض ، وقال يوجي إيشيكاوا مدير البحث والتطوير في الشركة ان أنابيب المصعد المستقبلية التي يقومون بتطويرها أقوى من الفولاذ مائة مرة.(١٩)(٣٧) والمشكلة الرئيسة التي تواجه العلماء فى تنفيذ المصعد الفضائى أنهم يحتاجون الى كابلات يبلغ طولها عشرات الآلاف من الكيلومترات (أنابيب النانو) حيث أن باحثين صينيين في جامعة «تسينغ – خوا» في بكين تمكنوا من تصنيع أنابيب بطول نصف متر فقط ويؤكد الباحثين امكانية الحصول على هذه الكابلات بالأطوال المطلوبة حيث أن الأبحاث في مجال الأنابيب النانوية الكربونية تحقق تطوراً هائلًا.**(٣٨)**

(أ)



(ج)

(ب)

شكل (١٩/أ,ب,ج) يوضح فكرة المصعد الفضائى

خامسا : تحليل الدراسة والنتائج:

من خلال تحليل الدراسة يتضح أن :

1) تقنية النانو من أهم التقنيات التى يتم استخدامها حديثا فى جميع المجالات حيث أنها تهتم بتصميم وتصنيع المواد عند مقياس النانومتر وعند هذا المقياس بجد أن خصائص المادة تتغير بطرق غير متوقعة حيث تتغير الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية لهذه الجسيمات الصغيرة أو يتم اضافة خاصية جديدة أو انتاج مادة جديدة محسنة.

2) نتيجة لصغر احجام ومقاييس المواد النانوية فقد أدى ذلك الى ان تسلك سلوكا مغايرا للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد ابعادها على ١٠٠ نانومتر كما توافرت بها صفات شديدة التميز لا يمكن ان توجد مجتمعة في المواد التقليدية.

3) المواد النانوية لها أشكالاً متعددة بناءا على الغرض من استخدامها فلكل منها أطوال وأقطار وتركيب وخصائص مميزة مثل:

4) أنابيب النانو NanoTubes : يتراوح قطر الأنبوب بين أقل من نانومتر واحد إلى ١٠٠ نانومتر أما طوله فقد يصل إلى ١٠٠ مايكرومتر ليشكل سلكاً نانويا ومن أمثلتها : أنابيب النانو كربون وأنابيب السيليكون وأنابيب التيتانيوم التى تمتاز بالقوة الشديدة والمتانة بالاضافة لأنها لا تتآكل ولا تحترق في الظروف العادية ويمكن إضافتها إلى البلاستيك لجعله موصلًا.

5) جسيمات النانو Nanoparticles: لها عدة أشكال وأحد أبعادها أقل من 100 نانوميتر وقد تكون على شكل مكعب أو كروى أوبيضاوى والتغيير في الأبعاد النانوية يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية.

6) مركب النانو Nano-composite الذى ينتج من عملية توزيع أو انتشار مواد النانو داخل مواد عادية حيث يتم توزيع ونشر أنابيب النانو كربون داخل بعض المواد البلاستيكية ليتم الحصول على نانو مركب له خصائص فائقة يمكن استخدامه فى كراسى الحدائق البلاستيكية بحيث تكون ذاتية التنظيف.

7) نتيجة لتصغير حجم حبيبات المادة ووجود أعداد هائلة من الذرات على أوجه سطحها الخارجي فقد اكتسبت مواد النانو خصائص ميكانيكية وكهربية وبصرية وفيزيائية ومغناطيسية مميزة كارتفاع درجة الصلادة والمتانة للمواد الفلزية وسبائكها وزيادة مقاومتها للاجهادات والأحمال الواقعة عليها , وزيادة قدرتها على توصيل التيار الكهربي، مما يساعد على استخدام هذه المواد في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية وفى صناعة شاشات عالية الدقة فائقة التباين وذات ألوان نقية كشاشات التليفزيون والحاسبات والتليفون المحمول وزيادة قوة وفاعلية قدرتها المغنطيسية مما يمكننا من استخدامها في محركات السفن والمولدات الكهربية الضخمة والتصوير بالرنين المغنطيسي وصناعة أجهزة التحليل فائقة الدقة.

8) طلاء النانو المعروف باسم طلاء السيراميك هو عملية وضع طبقة سطحية رقيقة جدًا من المواد الكيميائية البوليمرية على مجموعة متنوعة من الأسطح بما في ذلك المعادن والزجاج والسيراميك والبوليمرات حيث تستخدم لنقل خصائص كيميائية وفيزيائية معينة إلى سطح المادة المراد طلاؤها بحيث تعمل على تحسين خواص الأسطح المراد طلاؤها كمقاومة الخدش والاحتكاك والتأكل والماء والزيت والأشعة فوق البنفسجية والفيروسات والبكتريا وتحسين متانة وصلابة المادة ويكون الطلاء في صورة سائلة وصلبة, والجسيمات النانوية المستخدمة في صناعة الطلاء هى ثاني أكسيد التيتانيوم الذى يتميز بخصائص تحفيزية ضوئية, وثاني أكسيد السيليكون الذى يعمل على أن يكون السطح المطلى ذاتى التنظيف, وأكسيد الحديد وأكسيد الزنك الذى يعمل على الحماية من الأشعة فوق البنفسجية, والفضة في شكلها النانوى والتى تعمل على مقاومة البكتريا والفيروسات.

9) ظهرت العديد من المنتجات التى تعتمد على تكنولوجيا النانو ومواد النانو والتى تم تحسين خواصها كما يلى:

- السيارة المتغيرة الشكل بتقنية النانو من خلال استخدام الياف الكربون النانونية لاعطاء بعض عناصرجسم السيارة قابلية للحركة حيث تم منح هيكل السيارة القوة والمتانة بالاضافة للمرونة في تغيير شكل السيارة .
- وبالنسبة للسيارات الحالية تم استخدام الطلاءات النانوية فى طلاء السيارات بطلاءات النانو سيراميك حيث تعمل على حماية سطح هيكل السيارة ويجعلها مقاومة للخدش أو الصدأ والتأكل وتمنع التصاق الأتربة والغبار والمياه على سطح السيارة وحماية دهان السيارة من تغيراللون نتيجة لتعرضه لأشعة الشمس والأشعة فوق البنفسجية مما يعمل على تحسين خواص ثبات اللون ولمعانه, وبالنسبة للاطارات يضاف جسيمات أسود الكربون Carbon black كعنصر تقوية وصبغة, والسخام والسيليكا والسيليكا العضوية (soot, silica and organosilica) كعناصر تقوية حيث يتم اضافتهم بمقياس نانوي إلى خليط المطاط لتحسين الخواص واطالة العمر الافتراضى , كما أنه باضافة طبقة عاكسة رقيقة جدا من أكسيد الألومنيوم بسمك أقل من ١٠٠ نانومترعلى سطح المرايا والمصابيح الأمامية للسيارة يعمل على تجنب الأضواء الشديدة الصادرة من السيارات المقابلة أو الخلفية مما يقلل الحوادث وتحقيق عامل الأمان, وتغليف الأسطح الداخلية لاسطوانات المحركات بمادة نانوية من أكسيد الألمنيوم واكسيد الزركونيوم النانوى لزيادة العمر الافتراضى للمحرك ووقايته من الصدأ, واستخدمت تقنية النانو فى حماية هياكل السيارات من التآكل وبذلك نجد أن استخدام تكنولوجيا النانو في صناعة السيارات يبنتج عنه تصميمات أكثرانسيابية وسهولة في التصنيع وهيكل خارجي أخف ومواد أقوى.

- تحسين خصائص اسطح هياكل الطائرات والمركبات الفضائية من خلال استخدام الحبيبات النانوية فى الطلاءات التى تغطى هياكلها مما يعمل على منع امتداد اي شروخ تقع على الجسم وتوقف تقدمها مما يحافظ على سلامة ومتانة الطائرات بالاضافة لزيادة اعمارها الافتراضية بنسب تتراوح بين ٢٠٠ : ٣٠٠ %.

- تحسين خصائص النظارات الشمسية من خلال استخدام طلاءات النانو لانتاج نظارات النانو ذات الكفاءة العالية والمقاومة للخدش.

- تحسين خواص شاشات التليفون المحمول من خلال استخدام طلاء النانو سيراميك بحيث أصبحت مقاومة للخدش والماء وعلامات بصمات الأصابع والكسر عند السقوط.

- تحسين خصائص مضارب البيسبول والتنس والهوكى وكرات الجولف واطارات الدراجات من خلال الإضافات النانوية في المواد المركبة من البوليمر المستخدم لتصنيعها مثل الأنابيب النانوية الكربونية والجرافين مما جعلها خفيفة الوزن وأكثرمتانة وأكثر مرونة .

- تحسين كفاءة شفرات توربينات الرياح فى زيادة كمية الكهرباء التي يمكن أن تولدها من خلال استخدام أنابيب نانوية كربونية تحتوي على إيبوكسي لصنع شفرات توربينة الرياح مما جعلها أطول وأقوى وأخف وزنًا من الشفرات الأخرى .

- تحسين الخواص الميكانيكية وزيادة قوة التحمل لبعض المكونات الميكانيكية للسيارات والقطارات والطائرات والمكوكات من خلال استخدام جزيئات النانو فى تغليف الأسطح الداخلية لاسطوانات المحركات بمادة نانوية من أكسيد الألمنيوم واكسيد الزركونيوم النانوى لزيادة العمر الافتراضى للمحرك ووقايته من الصدأ نتيجة تلامس المكونات الفلزية أثناء التشغيل .

- تحسين خواص الأحذية من خلال وضع ألياف نانوية من فلز الفضة داخل الحذاء حيث تعمل على منع تكون فطريات القدم والبكتريا من النمو أثناء ارتداء الحذاء.

- تحسين خصائص التليفونات المحمولة المستقبلية بحيث تكون مرنة وقابلة وشفافة وقابلة للتمدد على شكل شاشة كبيرة لأغراض التصفح والطى للوضع فى الجيب أثناء عدم الاستخدام أو التقلص إلى حجم صغير عند أستخدامه في المكالمات العادية ويتم ذلك من خلال أن تتحكم شبكة من الألياف النانوية في التمدد عند طي الجهاز كما أن له القدرة على التنظيف الذاتى من خلال استخدام الأسطح ذات البنية النانوية مثل "الزهور النانوية" Nanoflowers التى تعمل على مقاومة الماء والغبار وحتى بصمات الأصابع مما يؤدي في النهاية إلى تقليل التآكل واطالة عمرها الافتراضى.

ومن خلال التحليل السابق يمكن استنتاج كيفية استفادة المصممين من تكنولوجيا النانو فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات المستقبلية كما يلى:

- تصميم وابتكارمنتجات متغيرة الشكل والأبعاد والاستخدام من خلال استخدام الياف الكربون النانونية التى تعمل على اعطاء بعض المرونة فى حركة أجزاء ومكونات عناصر التصميم.
- تصميم وابتكارمنتجات تمتاز بخاصية الشفافية لبعض أجزاؤها ومكوناتها.
- تصميم منتجات قابلة للتمدد والطى من خلال استخدام شبكة من الألياف النانوية.
- تصميم وتصنيع منتجات تمتاز بالقوة والمتانة من خلال استخدام الأنابيب النانوية الكربونية.
- تصميم وابتكار منتجات ذاتية التنظيف من خلال الاستفادة من خاصية توزيع ونشر أنابيب النانو كربون داخل بعض المواد البلاستيكية.
- تصميم وابتكارمنتجات متغيرة اللون عند تعرضها لأنواع مختلفة من الاضاءة .
- تصميم وابتكارمنتجات متناهية فى الصغروذات كفاءة عالية.

- تصميم وتصنيع منتجات مقاومة للعوامل الجوية الخارجية كالتأكل والخدش والاحتكاك .....الخ.
- تصميم وتصنيع منتجات مقاومة للانعكاس من خلال اضافة طبقة عاكسة رقيقة جدا من أكسيد الألومنيوم بسمك أقل من ١٠٠ نانومترعلى أسطح هذه المنتجات.
- تصميم وتصنيع منتجات تتحمل الارتفاع الشديد فى درجات الحرارة من خلال طلاء أسطح هذه المنتجات بمواد نانوية من أكسيد الألمنيوم واكسيد الزركونيوم النانوى.
- تصميم وتصنيع منتجات تمتاز بالصلابة والمرونة بالاضافة لخفة الوزن .
- تصميم وتصنيع عبوات غذائية مقاومة للتلف وذات مواصفات خاصة من خلال استخدام الطلاءات التى تحتوى على جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم النانوية المانعة للأشعة فوق البنفسجية.
- تصميم منتجات تمتاز بالمعالجة الذاتية للعيوب الاستخدامية مما يقلل من عمليات صيانة المنتج واطالة عمره الافتراضى.
- ابتكار منتجات جديدة تعتمد على الاستفادة من خصائص المواد النانوية.

كما يمكن التوصل للنتائج التالية :

1. تكنولوجيا النانو تعمل على تحسين خصائص المنتجات الحالية من حيث المتانة والصلابة ومقاومة التأكل ومقاومة العوامل الجوية المختلفة بالاضافة لامكانية التنظيف الذاتى للأسطح كما تعمل على تحسين مظهرها مما يعمل على اطالة عمرها الافتراضى.
2. تكنولوجيا النانو تعمل على ظهور أفكار وابتكارات لمنتجات مستقبلية جديدة مثل الهواتف المحمولة المرنة الشفافة والقابلة للتمدد والطى , ومصعد الفضاء التى صرحت به شركة أوباياشي القائمة على المشروع.
3. تقنية النانو تعمل على تحسين خواص المنتجات وزيادة عمرها الافتراضى.

سادسا: التوصيات:

1. اهتمام وتتبع المصممين والتكنولوجيين بكل ما يقدم من أبحاث فى مجال تكنولوجيا النانو والتعرف على كل ما هو جديد من مواد وخصائص جديدة تسهم فى تحسين وتطوير المنتجات الصناعية.
2. ضرورة التعاون فيما بين المصممين والباحثين فى مجال تكنولوجيا النانو لتيسير عملية الاستفادة من تكنولوجيا النانو فى رفع قيمة المنتج واطالة عمره الافتراضى.
3. ضرورة دراسة طلاب التصميم للتقنيات الجديدة ومنها تقنية النانو للاستفادة منها فى مجال تصميم وتطوير المنتجات.

المراجع:

المراجع العربية:

1) أمين, صفات سلامة. *مقدمة فى فهم علم النانو تكنولوجى*. بيروت : الدار العربية للعلوم،2009 .
'Amin, sifat salama. Muqadimat fe fahum elm alnnanu tiknulujee. Birwt: Aldaar alearabia lileulum , 2009.

2) الحبشى, نهى علوى. *ما هى تقنية النانو*. جدة : مكتبة الملك فهد الوطنية, ٢٠١١.
Alhubshaa, nahaa eulwaa. Ma haa taqniat alnanw. jda: maktabat almalik fahd alwtnia, 2011.

3) حسب الله, عبدالله أحمد عبدالله. *تطبيقات تقنية النانو (تأثير تطبيقات تقنية النانو على المواد المستخدمة في الواجهات الخارجية للمبانى)*. رسالة ماجستير. كلية الهندسة . جامعة القاهرة, ٢٠١٧.

Hasb allah, abdallah ahmad abdallah. Tatbiqat taqniat alnanw (tathir tatbiqat taqniat alnaanu ala almawad almostakhdama fi alwajihat alkharijia lilmabanee). Risalat majstayr. kuliyat alhindisa. jamieat alqahira , 2017.

English References:

4) Ahmeda M. H. S., "Introduction to nanotechnology: definition, terms, occurrence and applications in environment", Libyan International Medical University Journal (LIMUJ), Vol. 2: issue1 (2017): P. 12-26. **(**https://limuj.limu.edu.ly/index.php/LIJCR/article/view/40/html)

5) Asmatulu R., "Nanotechnology Safety", Elsevier Inc. (2013): pp. 57-72. (https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59438-9.00005-9)

6) Chinglenthoiba C., Ramkumar K., Shanmugaraja T., Sharma S., "Study on Nanotechnology, Nanocoating and Nanomaterial", International Journal of Computer Aided Manufacturing (IJCAM), Vol. 3: Issue 1 (2017): p. 17–25.
(https://www.researchgate.net/publication/319537064_Study_on_Nanotechnology_Nanocoating_and_Nanomaterial)

7) Ibrahim M.F. "Micro-and nano-biotechnology for applied pharmacognosy". PhD thesis Nagoya-University, Tokyo, Japan, 2009, p. 35-38.

8) Mahmood Aliofkhazraei, " Anti-Abrasive Nanocoatings", Woodhead Publishing, ISBN978-0-85709-211-3, 2015.

9) Mathew J., Joy J., Soney C.G., "Potential applications of nanotechnology in transportation: A review", Journal of King Saud University - Science, Volume 31, Issue 4, October (2019): p. 586-594. (https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.03.015)

10) Mohseni M., Ramezanzadeh B., Yari H., Gudarzi M. M.," The role of nanotechnology in automotive industries". InTech. ,2012.(http:// dx.doi.org/10.5772/49939).
(https://cdn.intechopen.com/pdfs/38165/InTech-The_role_of_nanotechnology_in_automotive_industries.pdf)

11) Shafique M., Luo X., "Nanotechnology in Transportation Vehicles: An Overview of Its Applications, Environmental, Health and Safety Concerns", *Materials*, (2019): *12*(15), 2493; https://doi.org/10.3390/ma12152493 (https://www.mdpi.com/1996-1944/12/15/2493/htm)

12) Waseem S. K., Ramazan A. Nanotechnology Safety. Hardcover ISBN: 9780444594389, eBook ISBN: 9780444594587, 2013.

13) Yadav BC, Kumar R. Structure, "properties and applications of fullerenes", International Journal of Nanotechnology and Applications, Vol. 2 (2008): p. 15-24

Web sites:

14) https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%B7%D8%A8%D9%8A%D9%82%D8%A7%D8%AA_%D8%AA%D9%82%D9%86%D9%8A%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88.

15) https://www.aucegypt.edu/ar/node/2059

16) http://www.bmwheaven.com/index.php/articles-and-reviews-mainmenu-3/bmw-innovations/154-243?start=1

17) https://www.cnet.com/news/bmws-shape-changing-concept/

18) http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol7/no6/43_Book%20review%20nanomat.pdf
19) http://ftech-n.blogspot.com/2012/02
20) https://www.futuremarketsinc.com/nanocoatings-buildings/
21) https://www.futuremarketsinc.com/nanocoatings-for-the-aerospace-industry
22) https://www.futuremarketsinc.com/the-global-market-for-anti-fog-coatings-and-films/. *(Published February 10 2021, 92 pages, 21 tables, 21 figures)*
23) https://www.kth.se/social/upload/54062f97f2765416cecdfd74/HT14-IM2655_Lecture%201.pdf
24) https://limuj.limu.edu.ly/index.php/LIJCR/article/view/40/html
25) https://www.livemint.com/Leisure/26NyPbNv7MCT7P1lSOMFZI/Nokia-Morph--Nanotechnology-the-future-of-mobile-phones.html
26) http://www.madarik.net/catalog/www_kutub_info_11941.pdf
27) https://maken.wikiwijs.nl/bestanden/427519/Lesson_7_APPENDIX-2_Article2.pdf
28) https://www.marefa.org/%D8%AA%D9%82%D9%86%D9%8A%D8%A9_%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88%D9%8A%D8%A9
29) https://metallurgyfordummies.com/nanotechnology-solar-cells.html
30) https://www.mzv.cz/public/8a/2c/ba/3173333_2067163_NanoCoatings_in_Construction.pdf
31) https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits
32) https://nano.ksu.edu.sa/ar/nanotech-shapes
33) http://nano-products.blogspot.com/2009/03/blog-post.html
34) http://nano-products.blogspot.com/2009/10/blog-post_8.html
35) https://nanoslic.com/about-nanocoatings/
36) https://www.nanowerk.com/news/newsid=6040.php
37) https://nasainarabic.net/education/articles/view/what-is-a-space-elevator
38) https://qafilah.com/ar/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B5%D8%B9%D8%AF-%D8%A7%D9%84%D9%81%D8%B6%D8%A7%D8%A6%D9%8A
39) https://www.researchgate.net/profile/Alagarasi_A2/publication/259118068_Chapter_-_INTRODUCTION_TO_NANOMATERIALS/links/5832a51208ae102f07338eb6/Chapter-INTRODUCTION-TO-NANOMATERIALS.pdf?origin=publication_detail
40) https://www.researchgate.net/publication/334054369_Introduction_to_Nanotechnology_NT_and_Nanomaterials_NMs 2019
41) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857092113000182
42) https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/nanomaterial
43) https://shellzero.wordpress.com,category,nano-tech,pg2,10/11/2016
44) https://sites.google.com/site/nanoinourlive/home/khsays-almwad-alnanwyte
45) https://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/nanoenabled-coating-makes-aircraft-invisible
46) https://www.technologyreview.com/2011/12/05/189347/nano-paint-could-make-airplanes-invisible-to-radar
47) http://www.uobabylon.edu.iq/uobcoleges/service_showrest.aspx?fid=21&pubid=878
48) http://uqu.edu.sa/page/ar/55475