دور المواد المتقدمة في تصميم المنتج الصناعي "في ضوء التكنولوجيا الاحلالية"

The role of advanced materials in industrial product design in view of The Disruptive Technology

ا.م.د/ أحمـد كمـال علـى

استاذ مساعد بقسم التصميم الصناعي-كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان - ورئيس قسم تصميم المنتجات - كلية الفنون التطبيقية - جامعة٦ اكتوبر

Assist. Prof. Dr. Ahmed Kamal Ali

Assistant Professor, at industrial design dpt, faculty of applied arts- Helwan University-
Head of Product Design Department - faculty of applied arts- 6th of October University

draka1974@gmail.com

ملخص البحث

أفاد الخبراء المشاركون في القمة العالمية للحكومات ٢٠١٧، بأن موجات التكنولوجيا الجديدة ستواصل تغير كل جانب من جوانب حياتنا، لتغدو شيئاً فشيئاً المعيار السائد في القرن الحادي والعشرين وما بعده وأكدوا ضرورة أن تعمل الحكومات على الاستفادة القصوى من تلك الموجات، وأن التكنولوجيا الإحلالية (disruptive technology) يمكنها أن تسرّع وتيرة التحول في أي بلد نحو مسارات جديدة للنمو والازدهار.

تستخدم التكنولوجيا الإحلالية (المزعزعة) لوصف الابتكارات التي تعمل على تصميم و تحسين المنتج أو الخدمة بطرق لا يتوقعها السوق ولا المستهلكين ولكنها تجذب كلاهما بشدة.

والتصميم الصناعي ليس ببعيد عن هذا الانفجار المعرفي المتسارع في ما أبدعته العلوم الحديثة والتكنولوجيات المتطورة في مختلف المجالات والذى ادى بدورة الى تغيير عادات المستهلك الشرائية فاصبح المستهلك يحتاج دائما الى استبدال المنتج واقتناء الاحدث تكنولوجيا منه دون خروج منتجة من السوق او انتهاء عمره الافتراضي ولكن لان المنتج الجديد يعمل بتقنيات تكنولوجية جديدة ومختلفة ويحمل كفاءات شكلية جديدة ووظائف هندسية و استخدامية جديدة ناتجة من استخدام مواد متقدمة Advanced materials تختلف كلياً عن المواد التقليدية .

تعتبر المواد المتقدمة مواد ذات خصائص متطورة من الناحية الفزيائية والكيميائية والميكانيكية والحرارية والميتالورجية وذلك بفضل تقنيات النانو حيث تمكن العلماء من تطوير واكتشاف مجموعة من الطرق لإنتاج مواد ذات سمات مميزة مثل سبائك ذاكرة الشكل ,المعدن السائل، الالوان البنيوية

ويرى البحث انه يجب على المصمم الصناعي التعرف على هذه المواد المتقدمة ودراسة خصائصها ومميزاتها ونقاط القوة والضعف فيها حتى يتسنى له استخدامها في ابداع تصميماته للمنتج الصناعي وتقدم حلولا وظيفية واستخدامية وشكلية جديدة غير مألوفة للمنتجات .

الكلمات المفتاحية:

التكنولوجيا الاحلالية- المواد المتقدمة - التصميم الصناعى

Abstract

Experts participating in the World Government Summit 2017, stated that new waves of technology will continue to change every aspect of our lives, gradually becoming the dominant standard in the twenty-first century and beyond. They stressed the need for governments to make the most of these waves, and that disruptive technology) can accelerate any country's transition towards new paths of growth and prosperity.

Disruptive technology is used to describe innovations that design and improve a product or service in ways that neither the market nor consumers expect, but which are highly attractive to both.

Industrial design is not far from this accelerating explosion of knowledge in what modern sciences and advanced technologies have created in various fields, which in turn led to changing consumer purchasing habits, so the consumer always needs to replace the product and acquire the latest technology from it without a productive exit from the market or the end of its lifespan, but because the product The new one works with new and different technological techniques and carries new formal efficiencies and new engineering and use functions resulting from the use of advanced materials that are completely different from traditional materials.

Advanced materials are materials with advanced properties in terms of physical, chemical, mechanical, thermal and metallurgical thanks to nanotechnology, where scientists were able to develop and discover a range of methods for the production of materials with distinctive characteristics such as shape memory alloys, liquid metal, structural colors

The research believes that the industrial designer must identify these advanced materials and study their characteristics, advantages, strengths and weaknesses so that he can use them in creating his designs for the industrial product and provide new functional, usable and formal solutions that are unfamiliar to the products.

Keywords:

disruptive technology - advanced materials - industrial design

المقدمة :-

تتقدم الشعوب وتقوم الحضارات على ركائز قوية من علوم ذات أصول من البحث والتجربة نابعة عن تفاعل متبادل بين البيئة الطبيعية والاحتياجات الإنسانية. فقد نكون في مرحلة التطور البشري حيث اصبح الخيال العلمي في القرن العشرين حقيقة القرن الحادي والعشرين, فما من نهضة صناعية إلا كانت التكنولوجيا احد الاسس الرائدة فيها فالمنشآت الضخمة والمشروعات الإنتاجية الكبيرة ما هي إلا دلالات لتقدم علوم التكنولوجيا لذلك تعتبر التكنولوجيا أحد الركائز الأساسية لنهضة المنتجات الصناعية في شتى الفروع , وفي الآونة الأخيرة بداية من القرن الحادي والعشرين وما بعدة احلت التكنولوجيا الإحلالية (disruptive technology) محل التكنولوجيا التقليدية رويداً رويداً فى شتى المجالات مما ساهم في زيادة حجم الانتاج وخلق اسواق جديدة وزيادة المنافسة الشرسة بين المنظمات الصناعية ,التي تبحث دائما باستمرار عن تقنيات جديدة لتطوير منتجاتها للقدرة على المنافسة في هذه الاسواق والا سوف يكون مصيرها الانهيار و الاختفاء والتلاشي من الاسواق , ومن احد صور التكنولوجيا الاحلالية التي يمكن الاعتماد عليها في تصميم المنتج وإعطائه ميزات شكلية جديدة وخصائص وظيفية مميزة وتنافسية في الاسواق المواد المتقدمة Advanced Materialsالناتجة من ابحاث علوم الخامات حيث أصبحت أبحاث الخامات الهندسية على درجة عالية من الأهمية فالثورة التكنولوجية في مجال تصميم المنتجات هينتيجة

مباشرة لتقدم البحوث التطبيقية في مجال الخامات الهندسية حيث تمكن العلماء والباحثين من الوصول لخامات تفي بكل تطور وكل جديد لتحقق متطلبات واحتياجات المستهلك والاسواق.

ومع ظهور تكنولوجيا النانو حدثت طفرة هائلة في علوم الخامات الهندسية أثمرت لنا عن مواد صناعية متقدمة لها خصائص وميزات متطورة من الناحية الفزيائية والكيميائية والميكانيكية والحرارية والميتالورجية تمكنها من الاستشفاء الذاتي و التنظيف الذاتي وسبائك ذاكرة الشكل والمعدن السائل والالوان البنيوية. مما ساعد المصممين على تطوير وتحديث منتجاتهم باستمرار

غالبا ما تكون المواد الصناعية المتقدمة الجديدة مصدر الهام لتصميم منتج جديد , فالاختيار الأمثل للخامات في بداية عملية التصميم يعتبر نقطة البداية لحل الكثير من المشاكل المتعلقة بوظائف المنتج واداء المنتج واستخدامه وبناء شكل المنتج الذى يلعب دور مهم في توصيل رسالة للمستهلك تولد لدية انطباع قد يعجبه المنتج أو ينفر منه.

مشكلة البحث :-

- القصور المعرفي لدي ممارسي ودارسي التصميم بالمواد المتقدمة وما لها من خصائص وإمكانيات واستخدامات في تطبيقات حالية ومستقبلية وما يترتب عن عدم استخدام تلك المواد في تصميم المنتجات رغم ما يمكن أن تحققه من ايجابيات.
- القيود التي تفرضها إمكانيات الخامات الحالية على الخيال الإبداعي للمصمم, وكذلك على الأداء الوظيفي للمنتجات, ومن هنا تبرز أهمية الحاجة لخامات جديدة ذات خصائص مختلفة.
- غالبا ما يقوم ممارسي ودارسي التصميم باختيار الخامات المستخدمة في تنفيذ المنتج المصمم في مرحلة متأخرة بعد الانتهاء من اختيار فكرة التصميم, ولكن مع ظهور المواد المتقدمة تبدل الحال واصبح لزاماً عليهم اختيار الخامة قبل وضع فكرة التصميم لما تتمتع به هذه الخامات من قدرات مذهلة تجعل التصميم الجديد للمنتج مختلف كلياً من حيث الوظيفة والشكل عن المنتج التقليدي

هدف البحث:-

إلقاء الضوء على المواد المتقدمة من حيث المفهوم والخصائص والأنواع والاستخدامات الحالية والمستقبلية ، مع ذكر بعض الأمثلة التطبيقية لكيفية الاستفادة من تلك المواد في تصميم منتجات مبتكرة (وظيفياً - شكلياً) تختلف بصورة كلياً عن المنتجات الحالية التقليدية.

فرض البحث:-

يفترض البحث أن استخدام المصمم للمواد المتقدمة في تصميم المنتج الصناعي يحسن من الأداء الوظيفي والاستخدامى للمنتج ويتيح لمصمم المنتج ابداع صياغات شكلية جديدة ترضي خيال المصمم وترضى رغبات المستخدم وتجذبه اليه.

الكلمات المفتاحية: keywords

- **التكنولوجيا الاحلالية Disruptive Technology**هي التكنولوجيا التي تؤدى الى تغييرات سواء في المنتجات أو الخدمات لتصبح اسهل استخداماً واكثر كفاءة مقارنة بالمنتجات أو الخدمات القائمة بالفعل في الاسواق

-**المواد المتقدمة Advanced Materials**هي مجموعة المواد المصممة ليكون لديها مجموعة من الخصائص المميزة مثل القوة والوزن والتوصيلية وذات وظائف مميزة

-**التصميم الصناعي industrial design** هو نشاط إبداعي يهدف الى ابتكار خصائص شكلية ووظيفية للمنتجات والخدمات والانظمة لخدمة الإنسان، مع الأخذ في الاعتبار عدة عوامل مثل الأمان،الاقتصاد، التصنيع, والبيئة.....الخ

اولا: التكنولوجيا الاحلالية Disruptive Technology

هي التكنولوجيا التي تؤدى الى تغييرات سواء في المنتجات أو الخدمات لتصبح اسهل استخداماً واكثر كفاءة مقارنة بالمنتجات أو الخدمات القائمة بالفعل في الاسواق ,وقد ظهر مصطلح الابتكار المُزعزع (Disruptive Innovation) عام ١٩٩٧ هو مصطلح من وضع الخبير الإداري كلاي كريستنسن**Clayton Christensen** يقصد به الابتكار الذي يساعد على خلق شبكة اسواق وقيمة جديدة، مع تعطل شبكة السوق والقيمة الحالية ودثر التكنولوجيا السابقة.

يستخدم هذا المصطلح في التكنولوجيا لوصف الابتكارات التي تعمل على تحسين المنتج أو الخدمة في الطرق التي لا يتوقعها السوق أولاً من خلال التصميم لمجموعة مختلفة من المستهلكين في سوق جديدة وثانيا عن طريق خفض الأسعار. وعلى النقيض من الابتكار المُزعزع هناك الابتكار المستدام وهو إدامة للسوق الحالي وعدم خلق أسواق جديدة أو شبكات القيمة بل يتطور المنتج القائم مع اضافة قيمة أفضل

الابتكارات المستدامة عادة ما تكون الابتكارات في مجال تطور المنتج القائم، في حين الابتكارات المُزعزعة تسبب تغيرات جذرية واحلالية في الأسواق

تبدأ التكنولوجيا الاحلالية عادة عن طريق دخول منافس أقل جودة وتكاليف إلى أحد الأسواق بالاعتماد على تقنية جديدة لم تثبت فعاليتها، ويتم إهمال هذه التقنية من قبل المنافسين الأقدم والأكثر خبرة والأكبر حجما في السوق. ومع الوقت وتطوير كفاءة التقنية الجديدة يتمكن المنافس الجديد من زعزعة الآخرين عن الصدارة والسيطرة على السوق.

ومن الأمثلة الشهيرة على ذلك اختراع شركة كوداك للتصوير الرقمي، حيث كان هذا ابتكارا مزعزعا لصناعة التصوير، لكن لم تستطع شركة كوداك الاستفادة من ابتكارها ولا تصور حجم تأثيره عليها، مما أدى إلى إفلاسها في نهاية المطاف، مع أنها كانت من أفضل الشركات في مجالها، ومعظم الشركات التي سيطرت على سوق التصوير لم يكونوا من منافسيها التقليديين في صناعة التصوير، بل جاءوا من صناعة الإلكترونيات.

معظم الابتكارات المزعزعة اتبعت ما يطلق عليه «استراتيجية المحيط الأزرق» والتي تشير إلى :

- جميع الصناعات الغير الموجودة اليوم
- مساحة السوق المجهولة
- لا يوجد منافسة.
- أنشاء الطلب بدلاً من محاربته.
- فرصة كبيرة للنمو المربح والسريع.
-

١- مبادئ استراتيجية المحيط الأزرق

تعتمد استراتيجية المحيط الأزرق على فكرة إن المنظمة التي ترغب في تحقيق النجاح في مسيرتها العملية ليس من الضروري لها أن تحتل مركزاً قوياً في التنافس مع غيرها، بل على العكس فيمكن تحقيق النجاح بدون منافسة وذلك من خلال الاتي:

١/١- أن تقوم هذه المنظمات بخلق وتبني أسواقاً جديدة لا يوجد بها منافسين ,لكي تقوم بعرض منتجاتها فيها.

٢/١- طرح منتجات بديلة عن تلك التي تجذب إليها المنافسين وبذلك تتمكن من تحقيق أرباحاً طائلة, وفي ذات الوقت تتمكن من جذب مستهلكين وزبائن جدد وجعلهم أكثر ولاءاً لمنتجاتها

٣/١- البحث عن مجالات مطلوبة ولا يوجد لها منتجات. حيث تتمكن المنظمة من ابتكار منتجات غير تنافسية

٤/١- تحليل ودراسة متطلبات المستهلك والمشتري في السوق

٥/١- البحث عن عوامل جديدة في مجال الصناعة الخاصة بالمنظمة، والتي غالبًا ما تقود إلى خلق سوق جديدة خاص بالمنظمة.

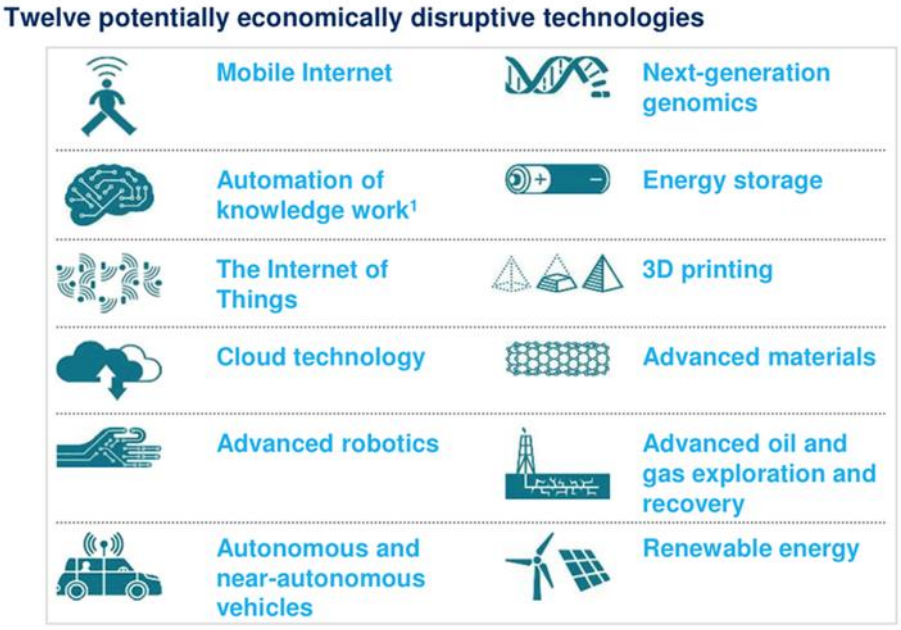
٦/١-المستهلكون المتوقعين: وهم الفئة التي تبحث دائمًا عن الجديد، وهم من يكونون دائمًا في مقدمة من يتقبل التغيير

٧/١-الزبائن الغير معروفين: وهم من خارج نطاق قائمة طلب المنتج، ويتم العمل على تحديد طرق جذبهم. أو كيفية جذب أكبر شريحة ممكنة منهم لشراء المنتج الجديد

٨/١- وضع استراتيجية ممنهجة صحيحة متسلسلة يمكن من خلال ذلك الوصول بتسويق المنتج إلى أكبر عدد ممكن من العملاء الحاليين والجدد، وكذلك الوصول إلى المنفعة التجارية من المنتج الجديد

٩/١- الحرص على التوسع والابتعاد عن مجال المنافسة، والبحث عن ما يميز المنظمة. الابتكار في المنظمة ، والعمل على ابتكار المنتجات وليس تحديثها مع ضرورة التفرد دوماً بالجديد

٢- مجالات تطبق التكنولوجيا الاحلالية



شكل ١

١/٢- انترنت الهاتف المحمول Mobile Internet

٢/٢- أتمتة العمل المعرفى Automation of knowledge work

٣/٢- أنترنت الاشياءThe Internet of Things

٤/٢- التكنولوجيا السحابيةCloud technology

٥/٢- الروبوتات المتقدمةAdvanced robotics

٦/٢- السيارات المتقدمةAutonomous and near-autonomous vehicles

٧/٢- جينوميات الجيل القادمNext-generation genomics

٨/٢- تخزين الطاقة Energy storage

٩/٢- الطباعة ثلاثية الابعاد 3D printing

١٠/٢- المواد المتقدمةAdvanced materials

١١/٢- التنقيب عن النفط واسترداده Advanced oil and gas exploration and recovery

١٢/٢- الطاقة المتجددةRenewable energy

ثانيا: المواد المتقدمة Advanced materials

هي احد الاضلاع الاثني عشر السابقة للتكنولوجيا الاحلالية ,فهي مواد جديدة ذات خصائص محسّنة على المستوى الذري تم تصميمها وإنشاؤها عمداً عن قصد من قبل البشر لتحقيق أداء فائق تتفوق فيه بشكل كبير على الخامات الطبيعية لتحقيق تطبيقات عالية التقنية .

المواد المتقدمة تقوم بتحويل كل جانب من جوانب الحياة. حيث تم تجاهل الفرضيات التي كانت غير قابلة للتغيير في السابق حول طبيعة المواد الخام وإمكانياتها الصناعية.

كانت صناعه المنتجات مقيدة في السابق بخصائص المواد الخام ,ولكن القدرة الجديدة على إنشاء مواد متقدمة غيرت إمكانيات التصميم والتصنيع وانتاج المنتجات, فيمكن تصنيع طائرة أو سيارة تمتاز بصنعها من مواد أقوى وأخف وزناً. تعيش لفترة اطول، اقتصادية في استخدام الوقود والصيانة ، وصديقة للبيئة.

١- المعدن السائل Liquid metal

المعدن السائل وهو سلسة من السبائك المعدنية الغير متبلورة وهو ثمرة اكتشاف حققه معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في عام ١٩٩٢.

تشير الأبحاث الى انه قد يكون هذا المعدن البطل الخارق الجديد في عالم المعادن، فهو أقوى مرتين من التيتانيوم والفولاذ وهو لا يصدأ ويمكن تطويعه مثل البلاستيك وشحذه ليصبح حادا كالزجاج وكأي بطل خارق تشوبه نقطة ضعف وهى الحذر من تسخينه كثيرا لئلا يفقد قوته. على الرغم من اسمه (المعدن السائل) الا انه ليس سائل. ولكنه صلب في درجة حرارة الغرفة ويعتبر الزركنيوم Zirconiumهى المادة الاساسية المشتركة في جميع سبائك المعدن السائل ويأتي معه التيتانيوم والنحاسcopper , والنيكلnickel والبريليوم.beryllium وفيما يلى بعض التطبيقات لاستخدام سبائك المعدن السائل

٢- سبائك ذاكرة الشكل Shape Memory Alloys* (SMA)

من الانجازات الحديثة في عالم المعادن سبائك ذاكرة الشكل Shape Memory Alloys (SMA) التي تتكون من خليط من معدنين أو أكثر و هي تطبيق علمي يتولى إنتاج السبائك عبر تجميعها على المستوي الصغير من مكوناتها الأساسية (مستوي الذرات)، وما دامت كل المواد تتكون من ذرات مرتبة وفق تركيب معين، فإننا نستطيع أن نستبدل ذرة عنصر بذرة عنصر آخر باستخدام تكنولوجيا النانو، وهكذا نستطيع صنع سبيكة جديدة تفاجئنا بخصائص فريدة من نوعها لم نكن نعرفها من قبل، تختلف بها عن أي سبيكة أو معدن أخر مما يفتح مجالات جديدة لاستخدامها وتسخيرها لفائدة الإنسان.

تمتاز سبائك ذاكرة الشكل بقدرتها على الرجوع إلى شكلها الأصلي عندما تتعرض للتشكيل كالثني أو اللي..., فقط نقوم بتسخين هذه السبائك لدرجات حرارة قليلة نسبيا فتعود إلى شكلها الأصلي، وذلك بسبب التغير الذي يحدث في التركيب البلوري لتلك السبائك ، فمثلا لو أخذنا قطعة من ياي حلزوني مكون من سبيكة ذاكرة للشكل و شكلناه بشده طوليا وقمنا بتسخينه سوف يرجع إلى شكله الأصلي ويصبح ياي حلزوني(شكل٢).

شكل٢ :يوضح كيفية أعادة شكل لولبي ياي مكون من سبيكة ذاكرة شكل إلى شكله الأصلي بالتسخين

يتم إنتاج سبائك ذاكرة الشكل كخامات صناعية ذات أشكال مختلفة كالأسلاك والألواح والمواسير لتلاءم التطبيقات المختلفة لتلك الخامات .

١/٢- أنواع سبائك ذاكرة الشكل

حتى الآن قد تم اكتشاف العديد من أنواع سبائك ذاكرة الشكل و من أشهر تلك السبائك وأكثرها استخدماً سبيكة (النيكل-تيتانيوم) تتكون من ٥٥% نيكل و ٤٥% تيتانيوم وتعرف باسم نيتونول (Nitinol) *.

هناك سبائك أخرى من (الحديد -البلاديوم)،(نحاس - الومنيوم – نيكل)،(ذهب – كادميوم , حديد – نيكل), (نحاس- زنك- المنيوم) , (حديد- ماغنيسيوم- سيليكون) وغيرها

٢/٢- خصائص سبائك ذاكرة الشكل

تسمى سبائك ذاكرة الشكل بالمعدن المطاطي ، وبشكل عام تتمتع سبائك ذاكرة الشكل بالعديد من الخصائص المميزة مثل : قابلية السحب العالية(المرونة) و مقاومة الأكسدة (الصدأ)،وتوصيلها الجيد للكهرباء، وخفة الوزن

ولكن هناك خاصيتين هما أهم ما تتميز به تلك السبائك :

أ- تأثير ذاكرة الشكل Shape Memory Effect(SME):

يقصد بها قدرة سبائك ذاكرة الشكل على العودة مرة أخرى إلى شكلها الأصلي بعد تعرضها لإعادة التشكيل وذلك عند تسخينها لدرجة حرارة تحول معينة .

ب- المرونة الفائقة super elasticity(pseudo-elasticity):

ويقصد بها قدرة سبائك ذاكرة الشكل على تحمل قدر كبير من التشكيل(الانفعال) الغير مرن واستعادة شكلها الأصلي بعد إلغاء التحميل.

وهاتين الخاصيتين السالفتين الذكر ترجعان إلي عملية التغير القابل للانعكاس في التركيب البلوري(إعادة ترتيب الذرات) لسبائك ذاكرة الشكل بين طورين(مرحلتين) للتركيب البلوري هما المارتنسيت Martensite والأوستنيت Austenite,كل ذلك يحدث والسبائك في حالة صلبة solid state phase حيث أن درجة الحرارة المطلوبة لبدء التغير ليست بالكبيرة**

٣/٢- البناء البلوري لسبائك ذاكرة الشكل Crystal structures (SMA)

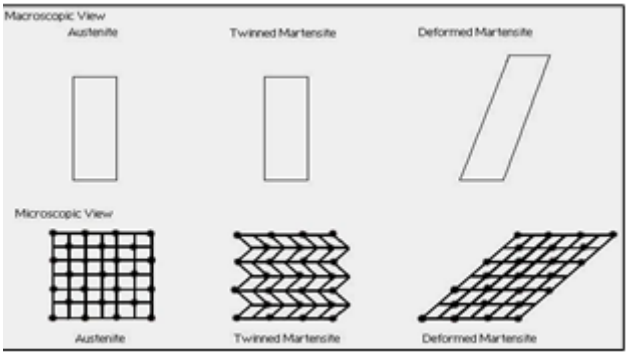
هناك طورين للبناء البلوري(التركيب البلوري) لسبائك ذاكرة الشكل:

أ- المارتنسيتMartensite:

وهو البناء البلوري لسبائك ذاكرة الشكل في درجات الحرارة المنخفضة نسبياً، حيث تنتظم الذرات في شكل مجسم رباعي الأضلاع مركزي الحجم body centered tetragonal من٩ ذرات (٨ في أركان المجسم وواحدة في مركزه) (شكل٣)

شكل ٣

وهذا البناء البلوري اقل تماثلا و أكثر مرونة فهو غير مكتظ بالذرات لذلك عند التعرض لإجهاد خارجي تسمح هذه المرحلة البلورية للخامة بالتشكل حيث تغير الذرات موضعها بسهولة طبقا لآلية يطلق عليها detaining mechanism , والتي تحول المارتنسيت (Twinned Martensite) إلي مارتنسيت مشكل (Detained Martensite) والذي يمكنه أن يستوعب أقصى استطالة بسبب هيكله المتوازي الأضلاع (شكل ٤)



شكل ٤: يوضح الأوستنيت والمارتنسيت قبل وبعد التعرض للتشكيل بالعين المجردةفي أعلى الشكل والبينة البلورية بالمجهر في أسفل الشكل

ب- الأوستنيتAustenite:

وهو البناء البلوري لسبائك ذاكرة الشكل في درجات الحرارة المرتفعة نسبياً، حيث تنتظم الذرات في شكل مكعب مركزي الوجة Face Centered Cubic من ١٤ ذره (٨ في أركان المجسم وواحدة في مركز كل وجه)، وهذا البناء البلوري متماثل ومحكم(مكتظ بالذرات) لذلك الأوستنيتيبدي مقاومة قوية نسبيا عند تعرضه لإجهاد خارجي ولا يتغير بناؤه البلوري .*

وتكون عملية التحول لسبائك ذاكرة الشكل بين مرحلتي المارتنسيت والأوستنيت بالتسخين والتبريد هي الأساس في قدرة تلك السبائك على استعادة شكلها الأصلي مرة أخري بعد تعرضها للتشكيل (تأثير ذاكرة الشكلSME) وكذلك مرونتها الفائقة، وخلال مرحلة التحول هناك درجات حرارة معينة لبداية ونهاية كل مرحلة.

- درجة حرارة بداية مرحلة المارتنسيتMs martensitic start temperature ()

عندها يبدأ تحول الخامة من مرحلة الأوستنيت إلي مرحلة المارتنسيت عن طريق التبريد

- درجة حرارة نهاية مرحلة المارتنسيت(Mf martensitic finish temperature)

عندها تكون عملية تحول الخامة بالكامل إلي المارتنسيت قد تمت وذلك عن طريق المزيد من التبريد

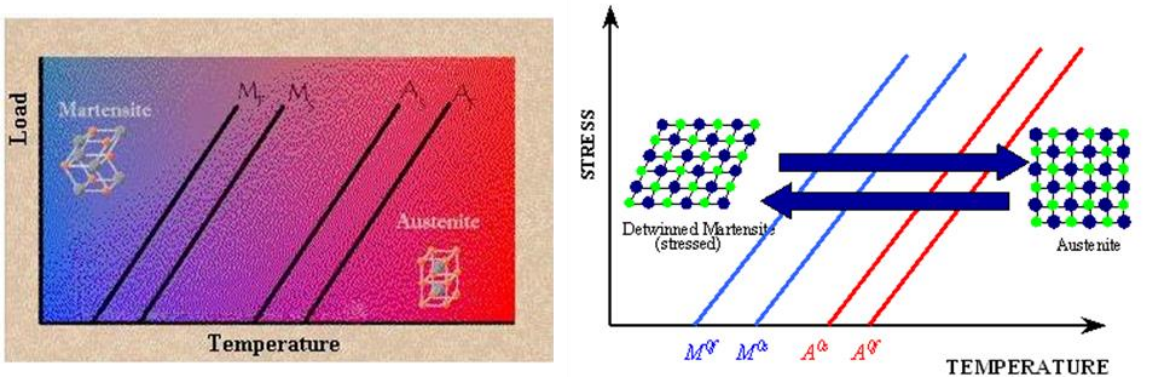
- درجة حرارة بداية مرحلة الأوستنيتAs (austenite start temperature)

عندها يبدأ التحول العكسي للخامة (سواء كانت الخامة مشكلة أو غير مشكلة) من مرحلة المارتنسيت إلي مرحلة الأوستنيت عن طريق التسخين

- درجة حرارة نهاية مرحلة الأوستنيتAf (austenite finish temperature)

عندها تكون عملية التحول العكسي للخامة بالكامل إلي الأوستنيت قد تمت وذلك عن طريق المزيد من التسخين.

وتتوقف القيم الخاصة بدرجات حرارة التحول السالفة الذكر على التركيب الخاص بكل سبيكة، وعلى مدي الأحمال التي تعرضت لها السبيكة لتشكيلها فهناك علاقة طردية بين تلك الأحمال المبذولة وقيم تلك الدرجات (شكل٥)

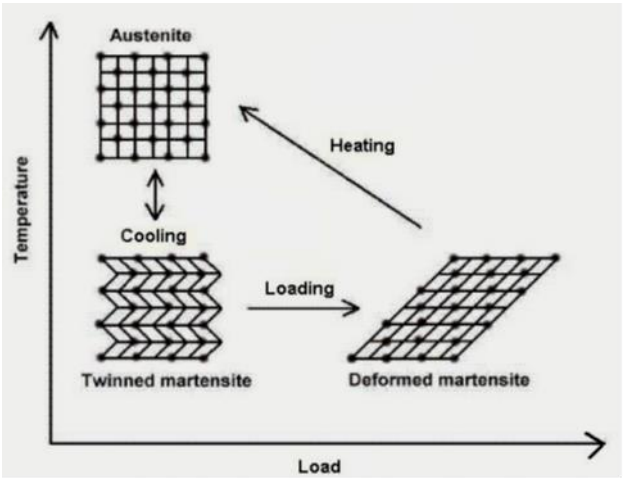


شكل ٥: يوضح التحول لسبائك ذاكرة الشكل بين مرحلتي المارتنسيت و الأوستنيت بالتسخين والتبريد، ودرجات حرارة بداية ونهاية كل مرحلة، والعلاقة الطردية بين قيم تلك الدرجات وقيم الأحمال المبذولة لتشكيل السبائك

وفي أطار ما سبق يمكن شرح اثر ذاكرة الشكل لسبائك ذاكرة الشكل (SME) ومرونتها الفائقةsuper elasticity بشكل أكثر تفصيلاً كما يلي:

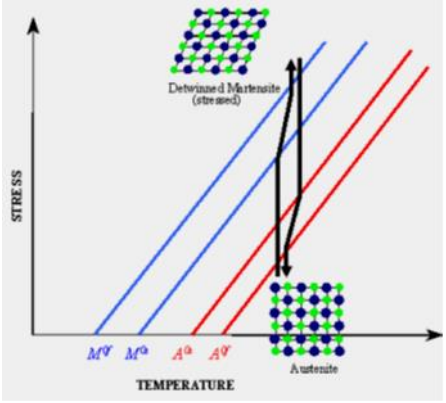
- **يلاحظ تأثير ذاكرة الشكل** عندما تبرد حرارة قطعة من سبيكة ذاكرة الشكل إلى درجة أقل من درجة حرارة نهاية مرحلة المارتنسيت(Mf) لتلك السبيكة , في هذه المرحلة تتكون السبيكة بالكامل من المارتنسيت(Twinned Martensite) والذي يمكن بسهولة تشكيله ليصبح مارتنسيت مشكل (Deformed Martensite)

"يمكن بعد ذلك استعادة الشكل الأصلي لتلك السبيكة ببساطة عن طريق تسخين السبيكة (مارتنسيت مشكل) إلي درجة حرارة أعلى من درجة حرارة نهاية الأوستنيت (Af) حيث تستخدم الحرارة في إعادة الترتيب الذري للسبيكة على غرار الحرارة المستخدمة في ذوبان الجليد إلى الماء, ولكن تظل السبيكة في الحالة الصلبة فتتحول السبيكة بالكامل إلي مرحلة الأوستنيت, وهي المرحلة التي يتم فيها تكوين الشكل الأصلي للسبيكة" (شكل ٦)



شكل ٦ : يوضح اثر ذاكرة الشكل لسبائك ذاكرة الشكل بشكل مفصل

- **أما بالنسبة لخاصية المرونة الفائقة** super elasticity فيمكن ملاحظتها عند الإجهاد ثم إزالة الإجهاد لسبيكة ذاكرة شكل وهي في مرحلة الأوستنيت (أي عند درجة حرارة أعلى من درجة حرارة نهاية الأوستنيت (Af)) حيث يتسبب التحميل في تحويل الأوستنيت إلي مارتنسيت مشكل (Detained Martensite) لكنه محمل بمقدار كبير من الانفعال (طاقة مخزنة) ثم عند إزالة التحميل يتحول المارتنسيت المشكل مرة أخري إلي الأوستنيت الغير المشكل unformed austenite وبذلك تستعيد السبيكة شكلها (شكل٧)، وتسمح تلك الخاصية للمعدن أن يتعرض للأحمال المختلفة كالثني واللي والشد ثم يعود لشكله الأصلي دون أن تكون هناك أية انفعالات لدنة متبقية وإذا أمكن جعل درجة حرارة نهاية الأوستنيت (Af)دون درجة حرارة البيئة المحيطة فيهذه الحالة سيكون لدينا سبيكة مرنة تعمل مثل النابض ، ويتم استخدام تلك السبائك في عمل إطارات مرنه للنظارات (غير قابلة للتلف)



شكل ٧ : يوضح شكل تخطيطي لخاصية المرونة الفائقة عند درجة حرارة أعلى من درجة حرارة نهايةالأوستنيت ((Af

٤/٢- استخدامات سبائك ذاكرة الشكل

- أهم استخدام لهذه السبائك هو توليد الحركة عند التأثر للحرارة ولهذا تستخدم بشكل أساسي وكبير في الصناعات الفضائية والعسكرية, فقد صمم وصنع الأمريكيون من سبائك ذاكرة الشكل هوائي ضخم جدا (انتينا Antenna) للأقمار الصناعية, ثم يقومون بطيه داخل أنبوب صغير والذي يتخذ مكانا صغيرا وعندما يكون القمر الصناعي في مدارة, يخرجون الهوائي المطوي وبتأثير أشعة الشمس فأنه يسخن يتذكر شكله الأصلي فينتصب. أما في المجال العسكري تستخدم سبائك ذاكرة الشكل في أنظمة السيطرة والتوجيه للقنابل الذكية ,وتطوير عربات تحمل قذائف ذاتية الهجوم, روبوتات لأشكال الطيور للاستكشاف والاستطلاع , الأنظمة البصرية المتقدمة لتكنولوجيا الأقمار الصناعية, في الغواصات والطائرات المقاتلة .

- في صناعة الصمامات ومفاتيح الفتح والإغلاق, فمثلا تستخدم هذه السبائك في صناعة صمامات المياه الساخنة في الحمامات المنزلية لمنع حدوث الحروق واللسعات من الماء الساخن، فعندما تصل درجة حرارة الماء إلى ٤٧ درجة مئوية يقوم الصمام بإغلاق الماء الساخن وكل هذه العملية تتم عن طريق سبيكة ذاكرة للشكل وعندما تبرد الماء يقوم بفتح صمام الماء الساخن لمعايرة التغير وكل هذه العملية لا تستغرق أكثر من ٣ ثواني.

- تعتبر الصناعات الطبية السوق الرئيسية لسبائك ذاكرة الشكل, حيث تستخدم في تصنيع قطع الغيار الصناعية لجسم الإنسان ومثبتات للقفص الصدري بعد الانتهاء من عمليات القلب, مقومات الأسنان, ومثبتات لأجزاء الجمجمة بعد نزع الجلطات, ومثبتات للحفاظ على استقامة العمود الفقري, كل هذه المثبتات والمقومات تشغلها حرارة جسم الإنسان .

شكل ٨:يوضحالاستخدامات الطبية للمثبتات والمقومات المُصنعة من سبائك ذاكرة الشكل

ثالثا :دور المواد المتقدمة في تصميم المنتج الصناعي

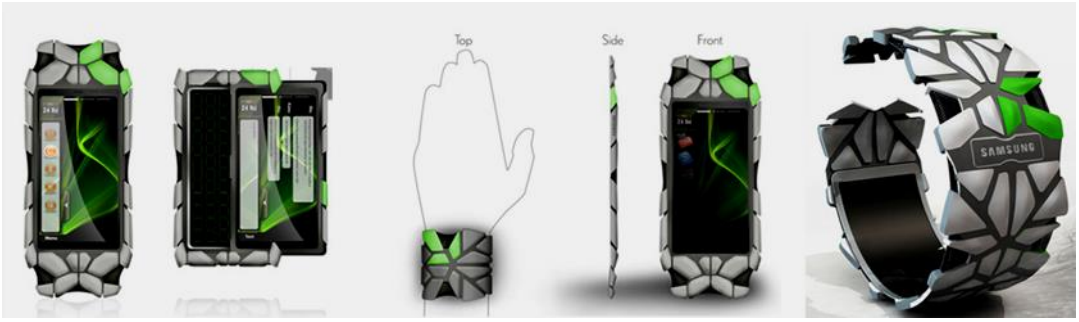
المصمم الصناعي يجب أن يظهر للجميع جمال التكنولوجيا وقوتها وكيفية تطويعها لخدمة الإنسان, فالنجاح الحقيقي للمصمم يقاس بقدرته على الإحساس بما يرغب فيه المستهلك ويحققه له

المواد المتقدمة المتمثلة في سبائك ذاكرة الشكل(SMA) والمعدن السائل Liquid metal جعلت الحلم حقيقة لإمكانياتهما المذهلة التي جعلت المصمم يبدع منتجات تتحقق فيها الجانب الوظيفي والجانب الجمالي للمنتج الصناعي فالاختيار الأمثل للخامات في بداية عملية التصميم يعتبر نقطة البداية لحل الكثير من المشاكل المتعلقة ببناء شكل المنتج ووظيفته.

وفيما يلي نستعرض بعض أمثلة لاستخدام المواد المتقدمة في تصميم المنتج الصناعى :-

١- تليفون محمول سامسونج

من تصميم إريك كامبيل Erik Campbell , يمتاز التليفون بأنه مُصنع من سبيكة ذاكرة شكل تسمح له بالاستخدام سواء كان ملتف حول معصم مستخدمه أو في وضعه الطبيعي المعتاد, يحتوى على لوحه مفاتيح تعمل باللمس , مكوناته الداخلية من الألياف الاليكترونية المرنة وهو مبطن من الداخل بحيث يسمح بالتخلص من عرق المعصم (شكل٩).



شكل٩

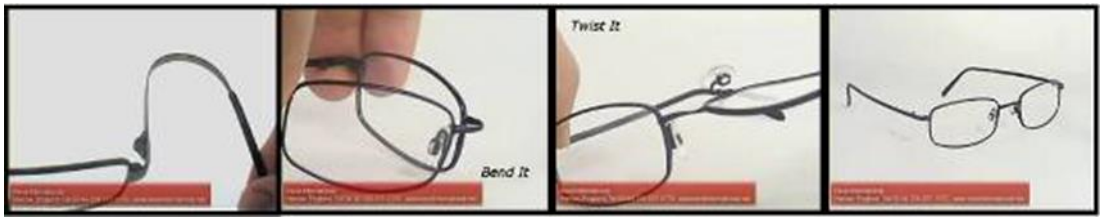
٢- تليفون محمول نوكيا

التليفون مُصنع من سبيكة ذاكرة شكل من الحديد والبلاديوم Fe-Pd تسمح له بالاستخدام سواء كان ملتف حول معصم مُستخدمه أو في وضعه الطبيعي المعتاد ومعه سماعة بلوتوث تستخدم منفردة عن طريق الأذن , كما يحتوى على لوحه مفاتيح تعمل باللمس ووحدة للتتبع وتحديد المواقع

شكل ١٠

٣- نظارات

أطار النظارة مُصنع من سبيكة ذاكرة شكل نيتانول , نيكل- تيتانيوم(Ni-Ti alloys) تُمكن أطار النظارة من استعادة شكله الأصلي بعد تعرضه للأنحاء أو الضغط عليه , كما يمتاز الإطار بالمرونة العالية



شكل١١

٤- وحدة إضاءة

تصميم لوحدة إضاءة من شركةNendoاليابانية المتخصصة في عمل التصميمات المستلهمة من تصرفات الكائنات الحية, كحركة الزهور, شكل الطيور أثناء الطيران, أصوات وأشكال العواصف الرعدية....الخ. التصميم التالي لوحدة إضاءة مُصنعه من سبيكة ذاكرة شكل استلهم شكلها من شكل زهرة تتفتح أوراقها وتنغلق وبداخل وحدة الإضاءة مصباح للإنارة وعند إضاءة المصباح تعمل الحرارة المنبعثة منه على تفتح شرائح وحدة الإضاءة المستلهمة من أوراق الزهرة وعند إغلاق المصباح تعود الشرائح لطبيعتها وتنغلق (شكل١٢)

شكل ١٢

٥- وحدة إضاءة

من تصميم روملو ستانكو Romolo Stanco فكرة التصميم تعتمد على أن وحدة الإضاءة تتدلى عندما يطفأ المصباح وعندما يضيء المصباح تصبح وحدة الإضاءة متحركة في الفضاء المحيط بها بحيث ترتفع وتتشكل وتبقى ثابتة حتى تنطفئ فتتهدل في بطيء لأسفل, وحدة الإضاءة مُصنعه من سبيكة ذاكرة (شكل١٣)

شكل ١٣

٦- كرسي Bounce chair :

للمصمم باير فيرونيك Véronique Baer وهو عبارة عن قطعة نحتية من الفوم تتحول إلي مقعد لين ومريح بمجرد الجلوس عليه ، وعندما يقف الشخص الجالس يعود المقعد إلي الشكل الأصلي وذلك بفضل الهيكل المعدني المصنع من سبيكة ذاكرة الشكلSMA كما هو موضح بالشكل ، إنه تصميم مرح جداً ولكنه مربك ومع ذلك فهو مقعد مريح جداً

شكل ١٤: Bounce chair للمصمم بايرفيرونيك

٧- براءة اختراع Apple للغطاء الخلفي للتليفون iPhone

براءة اختراع حصلت عليها ابل لتصميم الغطاء الخلفي للتليفون المحمول وهو مصنوع من المعدن السائل Liquid metal ومغطى بطبقه من المعدن الزجاجي (شكل ١٥) التصميم يظهر مدى جمال الخامة وقوتها و تأثيرها في تصميم شكل المنتج

شكل ١٥

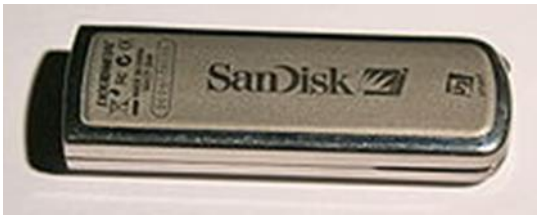
٨- ساعات يد Apple

تصميم عصري لساعة Apple Watch من Liquid Metal تتحقق في التصميم نواحي جمالية فنية راقية تمكن المستخدم من الوصول إلى جميع الوظائف بطريقة سهلة وعصرية يستمتع بها المستهلك اثناء الاستخدام (شكل١٦)

شكل ١٦

٩- فلاش ميموري من Liquid metal

قدمت شركة SanDisk تصميم فلاش ميموري من المعدن السائل قوة احتمالها اكثر من ضعف قوة التيتانيوم Titanium وتتحمل الخدش والتآكل , كما انها فتحت افاق جديدة للمصمم الصناعي في التفكير في تنفيذ تصميماته للفلاش ميموري من المعدن السائل (شكل١٧)



شكل ١٧

١٠- أدوات المائدة

تصميم لأدوات المائدة من المعدن السائل مصنوع باستخدام اسلوب الطابعة ثلاثية الأبعاد 3dPrint عبارة عن طبقات معدنية سائلة تم إنتاجه فوق بعضها البعض. تم إنشاؤه بواسطة جريج لين ، استوديو فورم ، ٢٠٠٧

شكل ١٨

من مزايا تصميمات المنتجات من المواد المتقدمة ان الوظيفة تظهر من بداية تعامل المستخدم مع المنتج ثم مشاهدة شكل المنتج الذي يتغير أثناء الاستخدام ثم يعود لشكله الأصلي بعد الاستخدام فهذا كله يضفى على الشخص المستخدم نوع من السعادة تجذبه لاقتناء المنتج لإحساسه بالتفاعل مع المنتج.

وفيما يلى تم عمل مقارنة بين عملية التصميم بالطريقة التقليدية وعملية التصميم في ضوء التكنولوجيا الاحلالية

جدول(١): مقارنة بين عملية التصميم بالطريقة التقليدية وعملية التصميم في ضوء التكنولوجيا الاحلالية

مراحل عملية التصميم	التصميم بالطريقة التقليدية	التصميم (في ضوء التكنولوجيا الاحلالية)
١- مرحلة التصور	هو تصورعن مشاكل في منتج معين يحتاج الى التصميم أو التطوير	هو تصور لمنتج جديد يحل محل منتج قائم ولكن باستخدام تكنولوجيا مختلفة تماما عن تكنولوجيا المنتج الحالي
٢- مرحلة الاستقصاء	جمع معلومات عن المنتج والجوانب المتعلقة بتصميمه	- استقصاء عن الاسواق -استقصاء عن المنتج الحالي المنافس - استقصاء عن تكنولوجيا المنتجات المنافسة
٣- مرحلة تحليل المعلومات	تحليل المعلومات وتصنيفها لوضع مواصفات التصميم	تحديد المتطلبات ووضع مواصفات التصميم للمنتج الجديد كليا وتحديد مواصفات المواد المتقدمة المستخدمة في تنفيذه

٤- مرحلة التصميم (وضع الافكار)	تحديد البدائل- تكوين الاتجاهات- تقييم الاتجاهات-الاختيار- التطوير	-وضع افكار تصميمة معتمدا على القدرات الفائقة للمواد المتقدمة في تصميم شكل المنتج -اختيار الفكرة يعتمد على قدرتها على التواجد واثبات نفسها في الاسواق وسهولة انتاجها
٥- مرحلة العرض	عرض افكار التصميم في شكل مستندات مبدئية للتصميم	-عرض فكرة التصميم (متحركة)على الحاسب الألى باستخدام برامج الحاسب لمشاهدة جميع خصائص ومميزات التصميم الجديد - اعداد نموذج لأجراء الاختبارات عليه
٦- مرحلة الاختبار	للتأكد من التصميم الذى تم اختياره	-اجراء اختبارات تقنية للتأكد من مدى قدرة الخامات على تحقيق جميع المتطلبات التصميمية
٧- مرحلة المتابعة	مستندات تصميم نهائية مع انجاز التحسينات الضرورية	-عرض المنتج في معارض مؤقتة ومتابعة مدى الاهتمام به من قبل المستهلكين -توزيع بعض العينات المجانية على العملاء ومتابعه مدى اهتمامهم بالمنتج
٨- مرحلة الانتاج	انتاج المنتج تمهيداً لعرضة في الاسواق	اختيار الاسلوب الامثل للتصنيع والبدء في الانتاج

بناءأ على ما سبق عرضة يتضح لنا ان الخامات تؤثر بشكل مباشر على فكر المصمم وعلى إبداعاته فقد كانت المواد الخام التقليدية قديما سواء المعدنية والغير معدنية تستخدم عادة بعد الانتهاء من تصميم وتطوير المنتج ولا يتم وضعها في برنامج عملية التصميم ,اما في حالة استخدام التكنولوجيا الاحلالية فان المواد المتقدمة يتم ادراجها بداية من مرحلة التصور الى مرحلة الانتاج

رابعا: النتائج

١- المواد المتقدمة جعلت المستخدم يشعر بالمتعة الحسية اثناء استخدام المنتج وبأن اداء المنتج لوظيفته شيء جميل يجذبه دائما لاستخدام المنتج , فالمصمم الصناعي اظهر جمال التكنولوجيا وقوتها وجعلها تحس وتدرك

٢- التكنولوجيا الاحلالية سوف تحل محل التكنولوجية التقليدية لا محالة .

٣- التصميم في حالة سباق مستمر مع التطور التكنولوجي بشكل عام وبما أن معدل هذا التطور سريع جداً فعلى المصمم سرعة مواكبة هذا التطور.

٤- التطور الهائل في مجال تصميم المنتجات خلال الفترة الماضية كان في حقيقته نتيجة مباشرة لتقدم البحوث التطبيقية في مجال الخامات الهندسية.

٥- لكل مادة خصائص تحدد مجالات استخداماتها واختيار أساليب التشغيل المناسبة لها وعلى المصمم معرفة تلك الخصائص حتى يمكنه توظيفها بشكل جيد في تصميم المنتجات.

٦- إن عملية اختيار المواد المستخدمة في تصميم المنتجات تؤثر بشكل مباشر على جودة الأداء الوظيفي لتلك المنتجات وعلى حدود صياغاتها الشكلية.

٧- هناك خاصيتين هما أهم ما تتميز به سبائك ذاكرة الشكل وعليهما تعتمد معظم التطبيقات لتلك السبائك وهما : تأثير ذاكرة الشكل، والمرونة الفائقة .

٨- إن عملية التغير القابل للانعكاس في التركيب البلوري لسبائك ذاكرة الشكل بين مرحلتي المارتنسيت و الأوستنيت تحت تأثير الحرارة أو الضغط هي السبب في قدرة تلك السبائك على استعادة شكلها الأصلي ومرونتها الفائقة.

٩- بالنسبة لخاصية المرونة الفائقة لسبائك ذاكرة الشكل إذا كانت درجة حرارة نهاية الأوستنيت(Af)دون درجة حرارة البيئة المحيطة ،سنحصل على سبيكة مرنة تعمل مثل النابض، وتستخدم هذه السبيكة حاليا في عمل إطارات معدنية مرنة للنظارات.

١٠- تعد المجالات العسكرية والطبية من أكثر المجالات التطبيقية للمواد المتقدمة إلا أن العلماء يتوقعون لها أن تحل محل الخامات التقليدية في منتجات الحاضر والمستقبل بلا استثناء لخصائصها المميزة ولتوافرها تجارياً.

١١- المعدن السائل مرشح للاستخدام في عدد لا نهائي من التطبيقات من صناعة الساعات،مضارب الجولف وأجسام الأجهزة الإلكترونية إلى تطبيقات في الصناعة والطب والدفاع

١٢- ضرورة إكساب دارسي التصميم المعرفة حول أهمية استخدام المواد المتقدمة في التصميم ومطالبتهم بإدراجها كمدخل في عملية التصميم .

خامسا :التوصيات

١ - التأكيد على أهمية دور الخامات(خاصة الجديد منها)المحوري في تصميم المنتجات، حيث تربط جودة الأداء الوظيفي لتلك المنتجات وحدود صياغاتها الشكلية بشكل مباشر بخواص تلك الخامات

٢- ضرورة مواكبة المصممين للتطور التكنولوجي الهائل في المواد المتقدمة ,ومحاولة الاستفادة من مخرجات هذا التطور في تصميم منتجات متطورة شكليا ووظيفياً.

٣- تضمين دراسة المواد المتقدمة من حيث المفهوم والخصائص والأنواع والاستخدامات

سادسا:المراجع

١- شهاب,اشرف:الجيل الخامس والثورة الصناعية حان وقت التغييرات العاصفة- مجلة الاهرام للكمبيوتر والانترنت والاتصالات-يوليو ٢٠١٩

shahab,ashrif:aljil alkhamis walthawrat alsinaeiat han waqt altaghyirat aleasifati- majalat alahram lilkumbuyutir walantirnit waliatisalat-yulyu 2019

٢- كلارك,جون واخرون: المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا المجلد الخامس الثورة الصناعية ,مؤسسه الكويت للتقدم العلمي يناير2015

klark,jun wakharun :al masar al zamanii litaqadum al eulum waltiknulujya al mujalad al khamis al thawrat al sinaeiat ,muasisih al Kuwait liltaqadum al eilmii yanayir 2015

٣- عبد السميع,شريف محمود - دراسة اساليب المعالجات الشكلية لمنتجات التصميم الصناعي تبعا للاعتبارات الهندسيه والجماليه -ماجستير- فنون تطبيقية - جامعة حلوان-2009

eabd alsamiea,sharif mahmud - dirasat asalib almuealajat alshakliat limuntajat altasmim alsinaeii tabaean lilaietibarat alhandasih waljamaliahi- majistir- funun tatbiqiat - jamieat hulwan- 2009

المراجع الاجنبية

4- G. SongaN. Maa ,H.-N. Lib -Applications of shape memory alloys in civil structures - Engineering Structures 28 (2006) , p 1268

5- Exploring Shape Memory Alloys(Smart Materials)- Georgia Institute of Technology 2007-pdf

websites

6-https://www.alfred-library.com/2019/04/Nano-and-its-applications-pdf.html | accessed on1/10/2022

7-http://blog.ponoko.com- | accessed on 28/9/2022

8-http://www.concept-phones.com/page/flexible- | accessed on1/10/2022

9-6-http://www.core77.com/blog /materials-shape-memory-alloy- | accessed on 23/9/2022

10-https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced Materials- | accessed on 28/9/2022

11- http://en.wikipedia.org/wiki/Shape-memory_alloy#Pseudo-elasticity | accessed on 28/9/2022

12-https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_Metal | accessed on27/10/2022

13- https://www.icl-group.com/blog/what-are-advanced-materials-industrial-applications- | accessed on 28/9/2022

14- https://maverickandboutique.com/commentary | accessed on1/10/2022

15- https://mqaall.com/difference-blue-ocean-strategy-red-ocean-strategy/ | accessed on 28/9/2022

16- https://nanografi.com/blog/shape-memory-alloys | accessed on27/10/2022

17- https://www.patentlyapple.com/apple-patent-describes-using-liquid-metal-metallic-glass-for-the-backside-of-an-iphone.html | accessed on 6/10/2022-

18-http://www.yankodesign.com /squishy-chair | accessed on 28/9/2022

---

* يطلق عليها أيضا الخامات الذكية Smart Materials ، وكذلك الأسلاك العضلية muscle wires.....

*اكتشفت سبائك ذاكرة الشكل لأول مرة بواسطةآرني أولاند Arne Olandeفي عام ١٩٣٨ ، حيث لاحظ قدرة استرداد الشكل لسبيكة الذهبوالكادميوم gold -cadmium alloy (Au -Cd) ، و في عام ١٩٦٣ لاحظ بوهلرBuechler وانغWang في مختبر البحرية الأمريكية US Naval Ordinance Laboratory أثر سبائك ذاكرة الشكلshape memory effect (SME) في سبيكة النيكل والتيتانيومnickel–titanium (Ni-ti) ،ولقد سموا تلك السبيكه ب Nitinol بإضافة أول ثلاث حروف من اسم المختبر الذي اكتشفاها فيه، وهي الي الآن معروفة بهذا الاسم ، من هذا التاريخ بدأت الدراسات المتعمقة لسبائك ذاكرة الشكل وكذلك التطبيقات العملية للاستفادة من تلك السبائك.

**(في معظم السبائك تكون درجة الحرارة المطلوبة لبدء عملية التحول في التركيب البلوري في حدود عشرين درجه مئوية أو أكثر اعتمادا على تركيب السبيكة ومقدار الحمل المبذول للتشكيل.

*في مر حلة المارتنسيت، يمكن بسهولة تشكيل سبيكة ذاكرة الشكل باستخدام لاجها في نطاق٧٠-١٤٠ميجاباسكال ،وعندما يتم تسخين السبيكة لدرجة الحرارة تحول معينة تستعيد السبيكة شكلها الأصلي، حيث تدخل السبيكة في مرحلة الأوستنيت وهي أقوى بكثير من مرحلة المارتنسيت، حيث يصل إجهاد الخضوع له إلى ٧٠٠ميجا باسكال وهو مماثل لإجهاد الخضوع لسبائك الصلب عالية الكربون.