القيمة الوظيفية للمواد الذكية في تصميم حُلي مضيئة

The Functional Value of Smart Materials in Design of Luminous Jewellery

أ.م.د/ هبةالله مسعد محمد سليم ابراهيم

أستاذ مساعد قسم المنتجات المعدنية والحُلي - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Assist. Prof. Dr. Hebaallah Mossad Mohamed Selim

Assistant Prof in the Metal and Jewelry Products Department - College of Applied Arts, Helwan University

prof_heba_selim@yahoo.com

ملخص:

يُلقي البحث الضوء على ماهيه المواد الذكية وأنواعها، كما تناول البحث قيم تصميم الحُلي وخاصة القيم الوظيفية من خلال إستخدام الطلاء الكهربي وإستخداماته المختلفة كأحد المواد الذكية، فهو طلاء مُعالج يحمل شحنات كهربائية تستجيب لمجال كهربائي وتُصف هذه الخاصية المادية بأنها قدرة الشحنة الكهربائية للتحرك عبر المادة لتوصل الكهرباء الي الطرف الاخر المراد اضاءته، فكثيرًا مايتعرض الأشخاص إلى التواجد في بيئة مظلمة لعدة أسباب، مما يعرضهم ذلك للخوف والاضطراب إلى أن يجدوا مصدراً للضوء يعيد إليهم الطمأنينة، لذا يحتاج الشخص إلى مصدر قريب للضوء يَسهل الوصول إليه وفي ذات الوقت في شكل قطعة حُلي تحمل قيمة جمالية ووظيفية، تتيح له اضاءة للبيئة المحيطة به مع عدم شغل اليد بالامساك بمصدر الضوء، ولهذا يمكن صياغة مشكلة البحث في التساؤل: هل يمكن إيجاد صيغ تصميمة مستحدثة للحلي المضيئة بإستخدامالمواد الذكية؟، كما تتلخص أهمية البحث في إيجاد صيغ تصميمة جديدة لحلي مضيئة بإستخدامالمواد الذكية، كما يهدف البحث إلى الاستفادة من التطور التكنولوجي للمواد الذكية مثل الطلاء الكهربائي للتأثير على تطور الجوانب الوظيفية، والإستخدامية، والجمالية والإقتصادية للحُلي المضيئة تساعد مرتديها في إضاءة المكان المحيط به في حالة الظلام، كما تناول البحث المنهج الوصفي في الإطار النظري والمنهج التجريبي في التجربة العملية، وجاء من أهم نتائج البحث ان المواد الذكية هي الجيل التالي من المواد التي لديها القدرة على التأثير في مجالات مختلفة بما في ذلك تصميم الحُلي المضيئة، وكذلك إستحداث رؤى وظيفية جديدة في مجال الحُلي المعدنية حيث أن التطور في المواد الذكية بات سريعًا ومتنوع التأثير، لذا أصبح على مصمم المنتجات مواكبة هذا التطور وتوظيفه بالشكل الأمثل لخدمة المستخدم.

الكلمات الافتتاحية:

المواد الذكية - الطلاء الكهربي - الحبر الموصل للكهرباء – لمبات ليد - الحُلي المضيئة

Abstract:

The research sheds light on what smart materials are and their types, dealing with the values of jewellery design, especially the functional values through the use of electric painting and used it Different as a smart material. People who are exposed to a dark environment, which exposes them to fear and to find a source of light that restores peace to them, So they need a close source of light that is easily accessible in the form of a piece of jewellery that carries an aesthetic and functional value, allowing it to illuminate the surroundings without occupying the hands, so the research problem can be formulated in a The question: Is it possible to find innovative design for luminous jewellery using smart materials? The importance of the research is summarized in finding new design for luminous jewellery using smart materials. as The research aims to take advantage of the technological development of smart materials such as

electric painting to influence the development of the functional, use, aesthetic and economic aspects of luminous ornaments that help the wearer in illuminating the surrounding place in the dark. The results of the research is that smart materials are the next generation that can influence various fields, including the design of contemporary jewellery, the creation of new functional visions in the field of metal jewellery, as the development in smart materials has become fast and variable, so The product designer must keeps pace with this development and employs it optimally to serve the user

Keywords:
Smart Materials - Electric Paint - Conductive Ink- LED- Luminous .jewellery

مقدمة:

يرتبط تطور المواد المستخدمة في صياغة الحُلي والمجوهرات ارتباطًا وثيقًا بتطور التقنيات وتقدمها، وواكب ذلك تطور في استحداث مواد جديدة، وتنوع طرق وأساليب ووسائل التصنيع، حتى أصبح توظيف المواد والتقنيات في خدمة التصميم ضرورة حتمية، فبمقدورها أن تسهم بقدر كبير في إيجاد حلول للعديد من المشاكل التي تواجه مصمم الحُلي والمجوهرات.
وفي إطار تطور المواد ظهر ما يُعرف بالمواد الذكية التي ترتبط غالبا بالتصميم الذكي والأنظمة الذكية فقد شهدت السنوات الأخيرة طفرة في أنشطة البحث والتطوير المتعلقة بالمواد، والتي انتجت العديد من المركبات والمواد والسبائك المعدنية التي تم إستخدامها في كثير من المنتجات، فالمواد الذكية هي فئة من المواد التي تُظهر تغيراً قوياً وقابلاً للتكرار في الخصائص الفيزيائية إستجابة للظروف الخارجية التي تؤثر عليها، فهي مواد معالجة هندسياً تشعر وتتأثر بالظروف المناخية المحيطة، ولها خواص يمكن أن تتغير وتتعدل بشكل مسيطر عليها بمحفزات خارجية، ومن هذه المواد هي المواد الموصلة للكهرباء (الطلاء الكهربائي **Electric Paint**) ، فهو طلاء مُعالج يحمل شحنات كهربائية تستجيب لمجال كهربائي وتصف هذه الخاصية المادية بأنها قدرة الشحنة الكهربائية للتحرك عبر المادة لتوصل الكهرباء الي الطرف الاخر المراد اضاءته .
ويُعتبر تصميم الحُلي من الفنون التي لها علاقة مباشرة بالقيم الجمالية والظهور بمظهر متجدد دائمًا بجانب القيم الوظيفية التي تواكب التطور التكنولوجي ومايتوفر من مواد ذكية تتيح لمصمم الحُلي اضافة وظائف نفعية جديدة مثل إستخدام الطلاء الكهربائي وتوظيفه بطرق جمالية في حُلي مضيئة .
لذا يمكن القول إن تصميم الحُلي هو نشاط إبداعي يتضمن معطيات مبتكرة في مجال الحُلي المعدنية تعتمد على إستخدام المواد الذكية في تصميم منتجات جمالية ووظيفية بكفاءة وفعالية قابلة للتفاعل بين المستخدم ومنتج الحُلي المضيئة، حيث تحقق فاعليةالإستخدام، وتزود المستخدم بتجربة ممتعة ، فكثيرًا ما يتعرض الأشخاص إلى التواجد في بيئة مظلمة لعدة أسباب، مما يعرضهم ذلك للخوف والاضطراب إلى أن يجدوا مصدر للضوء يعيد إليهم الطمأنينة ليكتشفوا سبب هذا الظلام الوقتي، لذا يحتاج الشخص إلى مصدر قريب للضوء سهل الوصول إليه وفي ذات الوقت في شكل قطعة حُلي تحمل قيمة جمالية ووظيفية، تتيح له اضاءة للبيئة المحيطة به مع عدم شغل اليد بالامساك بها، فالحُلي تستكشف العلاقات ما بين الذات والغرض من ارتدائها، وعلى هذا النحو فإن الحُلي الوظيفية تُعدُّ جزءًا من التواصل البشري مع البيئة المحيطة، بأنَّها بجانب كونها قطعة حلى عصرية، فهي توفر واحدة أو أكثر من الخصائص الوظيفية.
ومن هنا يهدف البحث إلى الاستفادة من هذا التطور التكنولوجي الهائل في المواد الذكية مثل الطلاء الكهربائي للتأثير على تطور الجوانب الوظيفية، والإستخدامية، والجمالية والإقتصادية للحُلي المضيئة تساعد مرتديها في إضاءة المكان المحيط به في حالة الظلام.

مشكلة البحث:

نظرا للتطور المتلاحق في المواد الذكية ومدى الإضافة الجمالية والوظيفية التي تحققها في مصنفات الحُلي المتنوعة وخاصة المواد الموصلة للكهرباء التي تعطي وظيفة الإضاءة للحلي، مما يكسبها قيمة وظيفية في إطار التصميم المعاصر.

مما سبق يمكن صياغة المشكلة في التساؤل التالي :

- هل يمكن إيجاد صيغ تصميمة وقيم وظيفية مستحدثة للحُلي المضيئة بإستخدام المواد الذكية؟

أهمية البحث:

- الاستفادة من التطور التكنولوجي في المواد الذكية للتأثير على تطور الجوانب الوظيفية، والاستخدامية، والجمالية والاقتصادية للحلى المعدنية المضيئة.

هدف البحث:

- إيجاد صيغ تصميمة جديدة لحلي مضيئة.
- توظيف المواد الذكية في إضافة قيم جمالية ووظيفية للحُلي.

فرض البحث:

- إمكانية توظيف المواد الذكية في إستحداث رؤى وظيفية جديدة في مجال تصميم الحُلي المضيئة.

حدود البحث:

إقتصر البحث في المواد الذكية على :

- إستخدام الحبر الموصل للكهرباء (الطلاء الكهربي) **Electric Paint** للمساعدة على توصيل الشحنة الكهربية لإضاءة الحُلي.

منهجية البحث:

- تناول البحث المنهج الوصفي في الإطار النظري والمنهج التجريبي في التجربة العملية.

أولاً: المواد الذكية:

تُعد المواد بجميع أنواعها المختلفة هي أساس تصميم المنتجات عامة وتصميم الحُلي خاصة، فالتطور السريع في المواد أصبح ناتجًا من نواتج التقدم العلمي والتقني المعاصر، فوظفت هذه المواد لتحقيق المزيد من الابتكارات والتجديد والتطوير، بل إعادة التفكير في كل ما يحيط بعملية التصميم من أسس نظرية وإجراءات عملية في ضوء المستجدات من المفاهيم والتقنيات المعاصرة، وكان هذا حتميًا لمواكبة التقدم في كافة مجالات التصميم الأخرى ، حيث أصبحت المواد الذكية هي العامل الأكثر تأثيرًا في عملية تطوير المنتج بصفة عامة والحُلي بصفة خاصة، وقد نتج ذلك أفكار مستحدثة أكثر واقعية لمتطلبات متجددة بشكل دائم وكذا التسهيل المهني لتحقيق المزيد من الإبداع.

وتعتمد الحُلي والمجوهرات على تكنولوجيا المواد ومدى تطور امكانياتها وتقنيات تشكيلها مما ساهم بشكل متزايد في تطوير عمليات التصميم والتصنيع للحُلي والمجوهرات، في كافة مراحل التصميم وكذلك توفر كمية من المفردات والبدائل التصميمية والتنفيذية، مما يحقق رؤى جديدة معاصرة في تصميم الحُلي والمجوهرات، وفيما يلي مخطط رقم (١) يوضح أنواع المواد.

مخطط رقم (١) يوضح أنواع المواد المستخدمة في صياغة الحُلي
المصدر: (سحاحيري ٢٠٢٠,ص ١٠٩)

1- **"مواد تقليدية**: تقليدية المواد المتعارف عليها في صناعة النماذج الأولية والمنتجات الاستخدامية (مواد لينة مثل الشمع والصلصال....إلخ، والنصف صلبة مثل الخشب والبلاستيك.....إلخ، والمواد الصلبة مثل المعادن).

2- **مواد متطورة:** تتكون بعض المواد المتطورة من مواد مسحوقة (نايلون، بلاستيك، سيراميك، معادن) والتي تستخدم مصدر حراري قليل للتلبد (لجعل الخامة أكثر صلابة) حيث تذوب وتدمج طبقات من المواد المسحوقة لتكون المنتج، وهناك نوع آخر تستخدم مواد من راتنجات البوليمر (Polymer Resin) وبمساعدة ليزر ضعيف لتصليب الراتنج في طبقات رقيقة جدًا." (سحاحيري٢٠٢٠,ص ١١٠)

3- المواد الذكية:

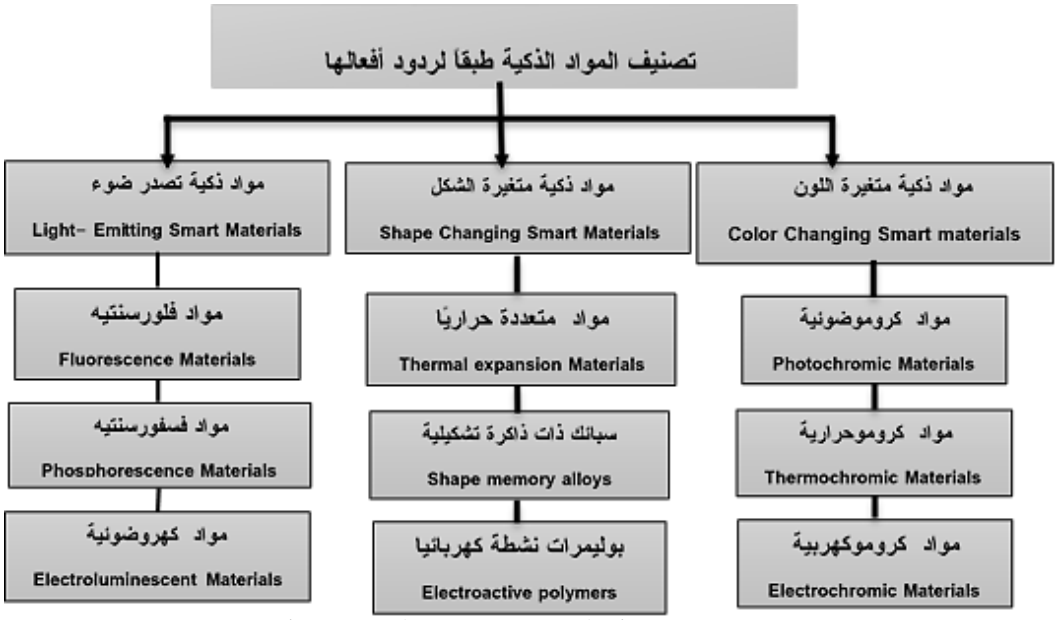
يستخدم مصطلح المواد الذكية للإشارة إلى العلاقات التبادلية بين المواد والأنظمة، ولقد قامت مؤسسة ناسا بتعريف المواد الذكية بأنها: "المواد التي تتذكر الشكل والهيئة التي عليها هذا الشكل، وتستطيع أن تطابقها حينما تتعرض لمثير أو محفز.". (محمد، 2006م، ص٣١)

بينما عرفتها موسوعة التكنولوجيا الكيميائية "بأن المواد والتركيبات الذكية هي تلك الأشياء التي تشعر بالأحداث البيئية وتقوم بإجراء عمليات على تلك المعلومات التي حصلت عليها ثم تقوم بعد ذلك بالتأثير على البيئة المحيطة بها، وغالبًا ما يستعان بالمواد الذكية في تلك المنتجات أو النظم التي يكون من أهم متطلبات تصميمها القدرة على اتخاذ ردود أفعال متغيرة ومقبولة تقابل احتياجات الأداء الوظيفي لها، علمًا بأنَّ هذه المحفزات يمكن أن تنشأ داخليًا أو خارجيًا".(محمد، 2006م، ص٣١)

وعليه فإنَّ حدوث تغيير في أحد المؤثرات أو العوامل الخارجية تقوم المواد الذكية برد فعل يتمثل في إحداث تغيرات في أحد خصائصها سواء الميكانيكية، أو الكهربائية، أو في هيئتها الخارجية، أو في أنشطتها الوظيفية، حيث أنَّ "المواد والنظم الذكية هي أنظمة تشتمل على مجسات ومشغلات ميكانيكية والتي إما دمجت فيها، أو ربطت بها لتصبح عنصر مكمل من مكونات النظام الخاصة به ويقع على عاتقها مسؤولية التصرف والرد بطريقة متوقعة تجاه أي متغيرات خارجية بصورة تماثل في النهاية نمط يحاكى الوظائف الحيوية." (حسين، ٢٠١٨، ص ١٧٧).

١-١ أنواع وتصنيفات المواد الذكية:

ويمكن تصنيف المواد الذكية طبقًا لردود أفعالها تجاه المؤثرات الخارجية التي تستجيب لها كما هو موضح في مخطط رقم (٢).



مخطط رقم (2) يوضح أمثلة تصنيف المواد الذكية طبقا لردود أفعالها.
المصدر: عبد العظيم، ٢٠١٤

مما سبق يتضح أن المواد الذكية تنقسم إلى:

أ- **مواد ذكية متغيرة اللون** هي مواد تتميز بقدرتها على تغيير لونها عند تعرضها لمحفز خارجي.

ب- **مواد ذكية متغيرة الشكل** تتميز بقدرتها على تغيير شكلها عند تعرضها لأحد المؤثرات الخارجية سواء كانت ضوئية، أو حرارية، أو كهربائية، أو كيميائية ويكون هذا التغير مؤقت يزول بزوال المؤثر الخارجي.

جـ- **مواد ذكية تصدر ضوء** تتميز هذه المواد بقدرتها على انبعاث ضوء استجابة منها لأحد المؤثرات الخارجية (أشعة فوق بنفسجية، كهرباء، مجال مغناطيسي، أو كيميائي).

ويمكن للمواد الذكية القيام بالعديد من الوظائف، فالخصائص المميزة للمواد الذكية وكذلك سلوكياتها يمكن أن يجعلها تستخدم كمجسات ومحولات للطاقة أو كمشغلات ميكانيكية.

وبالتالي يمكن الاستعانة بها في التطبيقات المختلفة للحُلي، حيث يتم إستخدامها بشكل مباشر في قطعة الحُلي، أو من خلال دمجها مع المكونات الإلكترونية الداخلية لها، فعلى سبيل المثال يتغير لون قطعة الحُلي بتغير حرارة جسم من يرتديها (قيمة جمالية) كما يمكن استخدامها كمؤشر على ارتفاع أو انخفاض درجة حرارة الجسم في تطبيقات الحُلي الخاصة بالصحة واللياقة البدنية (قيمة وظيفية) .

ومع التطور التكنولوجي الهائل فإنَّ الأبحاث الحالية تعمل على جعل الحُلي والمجوهرات أجهزة حاسوبية قابلة للارتداء ذات قدرات وظيفية فردية أو متعددة، وفي العقود الأخيرة ساعد التقدم العلمي في مجال الروبوتات، والجزيئيات وتقنيات النانو الذى أدى إلى مواد ذكية محفزة، وغير مرئية إلى جانب عناصر أخرى مما ساهم في تطور وتصغير حجمها للحدّ الذى يسمح بدمجها في المنتجات الصغيرة، والتي من أهمها الحُلي والمجوهرات، وتنوع في أحجامها وقربها من الجسد مما يسمح بالتفاعل المستمر بشكل أكبر ومن أهم المواد الذكية المواد الكروموكهربائية ومنها المواد الموصلة للكهرباء والتي تساعد على الإضاءة في الحُلي كجانب جمالي ووظيفي تساعد مرتديها في إضاءة المكان المحيط به في حالة الظلام.

١-٢- الحبر الموصل للكهرباء Conductive Ink:

يطلق عليه الطلاء الكهربي **Electric Paint** "هو طلاء كهربائي غير سام، مائي أي قابل للذوبان في الماء، موصل للكهرباء، يمكن استخدامه في الدوائر كعنصر مقاوم مطلي أو قطب كهربائي أو يمكن أن يعمل كموصل للشحنة الكهربائية في الحُلي المضيئة، كما إنه مخصص للتطبيقات ذات الدوائر التي تستخدم جهداً منخفضاً للتيار المستمر كما يمكن طباعته أو رشه أو تطبيقه بالفرشاة على مواد متنوعة مثل القماش والخشب والورق والمعادن والبلاستيك، وتجف في أقل من ١٥ دقيقة لتصبح موصلة للكهرباء، كم أنه أمن فلا يحتوي على معادن أو مذيبات أو مهيجات."((Matchar(p1,2018:

وتشمل فوائده الرئيسية التكلفة المنخفضة، والقابلية للذوبان في الماء وإنه أسود اللون ويمكن طلاؤه فوق أي مادة متوافقة مع الطلاء المائي.

١-٢-١- المكونات الرئيسية للطلاء الموصل للكهرباء: الحبر الموصل للكهرباء يتكون من: (Matchar(p2.2018:

"أ- **مادة موصلة كهربائياً** مثل الجرافيت أو أسود الكربون أو مسحوق الكربون المنشط يجب أن تكون نسبة المادة الموصلة ٣٠ ٪ على الأقل من الوزن المكون للطلاء الكهربائي.

ب- **الرابط** يستخدم الرابط لتثبيت المادة الموصلة مع السماح لها بالتطاير أثناء التجفيف مثل الصمغ العربي والأجار والكاراجينان، يتراوح الوزن الجاف للمادة الرابطة المستخدمة من ٣٪ إلى ٥,١٨ ٪ من وزن المكون.

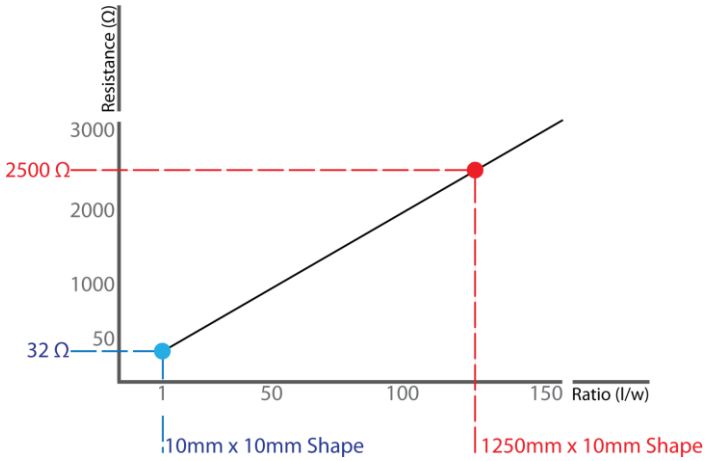
جـ- المرطب هو مادة تحافظ على رطوبة التركيبة مثل الجلسرين ".

وبعد الطلاء بهذا المكون يجب أن يتبخر ٩٠ ٪ على الأقل من التركيبة لتكوين طبقة بسمك أقل من ١ مم في الظروف التي تحقق المقاومة المطلوبة لتوصيل الكهرباء لإضاءة الحُلي والجدول رقم(١) التالي يوضح مواصفات الطلاء الكهربي.

جدول رقم (١) يوضح مواصفات الطلاء الكهربائي Electric Paint https://cdnshop.adafruit.com/datasheets/TechnicalDataSheet_BareConductivePaint.pdf	
وصف	طلاء كهربائي لونه أسود ويوجد على هيئة أقلام بحجم ١٠ مل وبرطمانات سعة ١ لتر وسعة ٥٠مل، واسمه التجاري Bare Paint
المزايا	- موصل للكهرباء - غير سام - قابلية الذوبان في الماء - يعمل مع مصادر طاقة التيار المستمر ذات الجهد المنخفض - إنشاء واجهة وحدة تحكم دقيقة فريدة من نوعها - يمكن استخدامه كمقياس جهد - متوافق مع العديد من عمليات الطباعة على مواد متنوعة
خصائص نموذجية	اللون: أسود لزوجة: لزج للغاية كثافة 1.16 :جم / مل مقاومة السطح: Water-Based 55 / Ω ميكرون مركبة: Sq@50 مدة الصلاحية للعبوة الغير مفتوحة :٦ أشهر درجة حرارة التجفيف: يجف في درجة حرارة الغرفة، يمكن تقليل وقت التجفيف عن طريق و ضع الطلاء مكشوف تحت مصباح دافئ أو مصدر حرارة منخفض الكثافة.
طرق تطبيق الطلاء الكهربائي	- الطباعة بالشاشة الحريرية رقم الحرير ٤٣ - بأستخدام فرشاة - بالرش
مصادر الطاقة	تم تصميم الطلاء الكهربائي للاستخدام مع مصادر طاقة تيار مستمر منخفض الجهد ولم يتم اختباره مع مصادر تتجاوز ١٢ فولت تيار مستمر، كما أنه لا ينصح بارتفاع الفولت
مواد يمكن تطبيقه عليها	يمكن تطبيقه على الخشب والمنتجات الورقية وبعض المواد البلاستيكية والفلين والمنسوجات والمعادن، أما المواد الملساء مثل الزجاج وبعض المواد البلاستيكية يكون الالتصاق ضعيف، على الرغم من ذلك يمكن تحسين الالتصاق عن طريق تخشين السطح بورق الصنفرة أو حفر مكان التطبيق .
التجفيف	يجف الطلاء الكهربائي بسرعة في درجة حرارة الغرفة، ولا تنبعث منها أبخرة أثناء عملية التجفيف. ويمكن تقليل وقت التجفيف بشكل معتدل عن طريق وضع المادة بالقرب من مصدر حرارة منخفض الكثافة مثل المصباح المتوهج، ولكن اخضاع Bare Paint لبيئة درجة حرارة عالية سيؤثر سلباً على كل من الأداء المادي والكهربائي

<table>
<tr><td>المرونة</td><td>- يعتبر Bare Paintمرناً إلى حد ما، لكن هذه المرونة تعتمد على عاملين، سمك طبقة الطلاء واختيار الخامة المطبق عليها
- طبقة رقيقة من الطلاء تحقق الدوائر الأكثر مرونة.
- تميل مناطق الطلاء ذات التباين الكبير في السماكة إلى حدوث تكسير.
- المواد المرنة الغير قابلة للتمدد (مثل الورق) تعمل بشكل أفضل من المواد مثل الليكرا التي تمتد بأبعاد متعددة.</td></tr>
<tr><td>اللحام البارد</td><td>يعمل Bare Paint بشكل جيد لحام بارد، سواء تم إستخدامه في لحام مركب سطحي أو سد ثقب على لوحة دائرة كهربائية، أو لصق مكون بقطعة من الورق، فإن هذه المادة قوية وقابلة للإصلاح بشكل لا نهائي تقريباً وهذه الخاصية الفريدة تعني أنه يمكن جمع المكونات من المشاريع وتنظيفها وإعادة استخدامها.</td></tr>
<tr><td>المقاومة</td><td>يتوقف حساب المقاومة على المساحة المغطاة بالطلاء الكهربائي نظراً لوجود العديد من الطرق لتطبيق Bare Paint
يجب في كل الأحوال أن تكون طبقة الطلاء متساوية السمك، وفيما يلي بعض العينات التي تشير إلى مقدار المقاومة الكهربائية (المقاسة من طرف إلى طرف) حيث تظهر مساحات الطلاء أدناه بالحجم الكامل.
على سبيل المثال:
خط طوله ٧٠*٣مم = ٤٣١ اوم [redacted]
خط ١١٠*٣مم = ٤٥٥ اوم [redacted]
وخط ١٣٠* ٣٥ مم = ٥٦٠ اوم [redacted]
مستطيل ١٥*٢٠مم = ٤٦ اوم [redacted]
مربع ٣٠*٣٠ مم = مقاومة ٥٧ اوم [redacted]</td></tr>
<tr><td>حساب المقاومة</td><td>يتم تحديد مقاومة المادة الموصلة من خلال أبعاد العينة التي يتم اختبارها ، حيث تتناسب المقاومة عكسياً مع منطقة المقطع العرضي (على سبيل المثال ، بالنظر إلى الطول والعمق المحددين ، فإن العينة العريضة ستتمتع بمقاومة أقل من العينة الرفيعة) وبالتالي، يمكن تحديد المقاومة بنسبة الطول / العرض.
يمكنك حساب المقاومة المقدرة لأي نسبة تزيد عن ١ ، بناء على المعادلة: المقاومة = ١٩,٧٧ (النسبة) + ١٢
وشكل رقم (١) رسم بياني يوضح النسبة النسبية أو عينة مطبقة بفرشاة فهناك مثالان موضحان أدناه.
المثال الأول موضح بنقطة زرقاء على الرسم التخطيطي. ترتبط هذه النقطة بشكل بنسبة ١، (ابعاد ١٠مم*١٠مم=١)
المقاومة المرتبطة بهذه النسبة هي ٣٢ أوم، تعني طبيعة رقم النسبة أن هذا الشكل يمكن أن يكون بأبعاد ١٠٠مم*١٠٠مم وستظل المقاومة ٣٢ أوم.</td></tr>
</table>

يوضح المثال الثاني شكل النسبة ١٢٥، في هذا المثال أبعاد الشكل هي ١٢٥٠ مم × ١٠م .(١٢٥=١٠/١٢٥٠) المقاومة المرتبطة بهذا الشكل ٢٥٠٠ أوم



شكل رقم (١) رسم بياني يوضح النسبة لعينة مطبقة بفرشاة

١-٣- الموصلية الكهربائية:

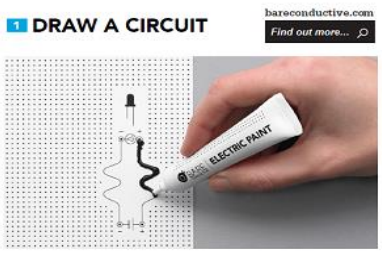
مما سبق يتضح أن الطلاء الكهربائي ذو خصائص فريدة تمكن مصمم الحُلي من تطبيقه بطرق مختلفة للحصول على توصيل كهربائي لحُلي مضيئة تساعد المستخدم على اضاءة المكان المظلم وكذلك وجود اضاءة بالليزر من باب الترفية، حيث "تنشأ الموصلية الكهربائية لهذا الطلاء من استجابة الشحنات الكهربائية في هذه المادة إلى مجال كهربائي ناتج عن مصدر لفرق الجهد بين قطبين تصف هذه الخاصية المادية قدرة الشحنة الكهربية على التحرك عبر المادة، في وجود مجال كهربائي سيكون للإلكترونات سرعة متوسطة معاكسة لاتجاه الحقل الكهربائي فيعمل على التوصيل الكهربائي للشيء المراد انارته".

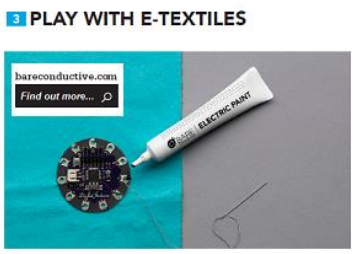
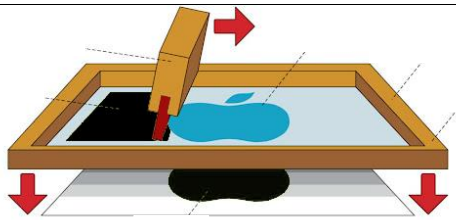
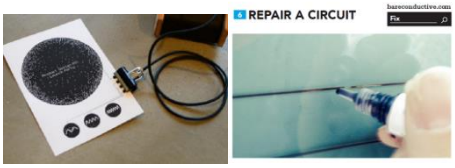
(3)Fajardo:٢٠١٦، p

للحصول على توصيل جيد يجب مراعاة التالي:

من أجل الحصول على قياسات ثابتة لمقاومة خطوط الطلاء، نوصي باتخاذ الاحتياطات التجريبية التالية:

- ترك الطلاء المطبق ليجف فترة طويلة نسبياً هذا يضمن أن الماء يتبخر تماماً.
- تعتمد المقاومة على تساوي سمك الخطوط في التصميم، لذا يجب اعتماد طريقة التطبيق التي تحقق ذلك.
- تتناسب مساحة الخطوط الموصلة للكهرباء مع مصدر المجال الكهربائي.

م	جدول رقم (٢) يوضح الوظائف المختلفة للطلاء الكهربي https://www.rs-online.com/designspark/10-things-you-can-do-with-electric-paint	
1.	**دوائر كهربائية**: يستخدم قلم الطلاء الكهربائي لإنشاء دوائر كهربائية على أي سطح تقريبًا. اضغط على القلم برفق لتوزيع كمية صغيرة من المادة. اتركه لمدة ١٥ دقيقة حتى يجف لبدء التوصيل الكهربائي كما في شكل رقم (٢)	 **شكل رقم (٢) إنشاء الدوائر الكهربائية**

.2	**الطلاء الكهربائي مثالي لعمل وصلات اللحام أو الإصلاحات في مجموعة متنوعة من احتياجات التوصيل الكهربي.** فإن الطلاء الكهربائي يعمل كمادة لاصقة موصلة فعالة.، سواء كنت تقوم بتوصيل مكون من خلال ثقب بـ PCB ، أو إرفاق المكونات بخامة حساسة للحرارة.كما في شكل رقم (٣)	 **شكل رقم (٣) عمل وصلات اللحام فى التوصيل الكهربي**
.3	**تقدم المنسوجات الإلكترونية بعض التطبيقات الرائعة للطلاء الكهربائي** حيث يعمل الطلاء الكهربائي جيدًا على معظم الأقمشة الطبيعية والصناعية، لكنه غير قابل للغسل.كما في شكل رقم (٤)	 **شكل رقم(٤) تطبيقه على المنسوجات الاكترونية**
.4	**الطلاء الكهربائي مناسب للاستخدام على مجموعة من المواد** بما في ذلك الورق والكرتون والخشب والألياف الزجاجية ومعظم المواد البلاستيكية والمنسوجات كما في شكل رقم (٥)	 **شكل رقم (٥) إستخدام الطلاء الكهربي على مواد متنوعة**
.5	**الإنتاج المتكرر للتصميم** قابلية الطلاء الكهربائي للطباعة بالشاشة الحريرية اعطته إمكانية تكرار التصميم على أي خامة كانت بالدقة والسماكة المطلوبة مما يسهل الحصول على المقاومة المراد تطبيقها في المنتج. كما في شكل رقم (٦)	 **شكل رقم(٦) تكرار التصميم بالشاشة الحريرية**
.6	**الطلاء الكهربائي مثالي لإصلاح الفواصل الصغيرة في الدوائر الكهربائية، فإن** الطبيعة اللزجة للمادة من السهل تطبيقها ومعالجتها. تعني خصائصه اللاصقة أنه سيلتصق بالسطح ويوفر إصلاحًا دائمًا. كما في شكل رقم (٧)	 **شكل رقم (٧) اصلاح الفواصل بالدوائر الكهربائية**
.7	**إنشاء مقياس جهد أو ضبط مقاومة الدائرة** يتم التحكم في مقاومة الدائرة بشكل مباشر عن طريق تطبيق الطلاء، مما يجعل التجريب أمرًا سهلاً. كما في شكل رقم(٨)	 **شكل رقم (٨) إنشاء مقياس جهد**
.8	**تحويل وسادة من الطلاء الكهربائي إلى مستشعر على أي سطح مما يكسبه** الاستشعار عن قرب حيث يستخدم Touch Board أو Arduino أو متحكم دقيق آخر مناسب لتطبيق التفاعل على سطح أي منتج.كما في شكل رقم (٩)	 **شكل رقم (٩) إستخدامالطلاء الكهربائي كمستشعر**

ثانيًا: مقومات تصميم الحُلي المعدنية المضيئة:

يسعى مصمم الحُلي للمساهمة في تعزيز سبل التواصل بين المستخدم ومحيطه الخارجي والعمل على تطوير أشكال الحُلي لكونها تلامس مشاعرهم وتخفف من حدة الخوف والاضطراب، وتزيد من الشعور بالرضا والسعادة والحيوية والاستقرار، ولذلك يُعدُّ إستخدام المواد الذكية اتجاهًا واعدًا في عالم صياغة الحُلي، وبذلك تحولت الحُلي من قيمتها الجمالية إلى التأكيد على قيمتها الوظيفية في اطار مفهوم جديد لوظيفة الحُلي وهي اضاءة المجال المحيط بالمستخدم، وبذلك فإن العوامل الوظيفية للقطع المصاغة تغيرت أيضاً، وهذا التحول قاد مصمم الحُلي إلى التجريب في مختلف الخامات بجانب حرفته التقليدية لمواكبة تطور العصر.

وهذا ما يهدف إليه مصمم الحُلي وهو الاستغلال الكامل لهذا التطور التكنولوجي الهائل في التقنيات والمواد المؤثرة على تطور الجوانب الوظيفية، والجمالية والاقتصادية للحُلي المضيئة، لتلبية الاحتياجات الإنسانية المتغيرة بتغير العصر، لذا سوف يُلقي البحث الضوء على إسهامات التقدم العلمي في مقومات تصميم الحُلي المضيئة بإستخدام الطلاء الموصل للكهرباء، حيث يؤدى استخدامها إلى نقلة نوعية كبرى في إنتاج تصميم إبداعي لمنتجات مبتكرة.

فعلى الرغم من أنّ أول ما يتبادر للذهن عن تصميم الحُلي هو الجانب الجمالي، إلا أنّ تصميم وابتكار الحُلي لا يعتمد على النواحي الجمالية فقط ولا يقف عند حدود التشكيل الفني بل إنّه يجمع مع تلك الخصائص الجمالية العديد من المقومات والاعتبارات الأخرى المؤثرة في عملية التصميم والتي تتضح فيما يلي:

1- القيمة الفكرية والسيكولوجية

تكفل هذه الاعتبارات الحرية للمصمم في التعبير عن ذاته بتطوير وابتكار تصاميم الحُلي وفقًا لطموحه وخبراته واحتياجات مجتمعه، فهي محاولة يتجه فيها مصمم الحُلي لكشف الجديد المبتكر في تصميماته المتفردة التي هي انعكاس لخبرة المصمم الجمالية والتقنية، فتأتى عناصر تكوينه الفني جديدة ومبتكرة حيث يستمد عناصره من مجالات مختلفة، ولكي تصبح هذه العناصر شيئاً مبتكراً لا بدَّ أن تفقد كل منها صفتها الأصلية واستقلالها الذاتي، حتى تكتسب قيمة مغايرة تتناسب مع وضعها الجديد داخل التصميم لتأخذ أبعاد فكرية فلسفية جمالية ووظيفية، مثل الحُلي المضيئة كوسيلة للتطور وتحسين حياة الإنسان، فتصميم الحُلي المضيئة بإستخدام المواد الذكية تجعل له صفات خاصة تُيسر على المتلقي حياته اليومية ، لذا يُراعي المصمَم سيكولوجية المستخدم في تطوير تصاميمه ووضع حلول مبتكرة بناءً على حاجة فعلية وماسة لدي المستخدم، فالحلي المضيئة كوسيلة لإضاءة محيطه أثناء الظلام تُساهم في تخفيف معاناة المستخدم من التوتو والقلق عند حدوث الظلام، والاهتمام بجوانب صحتهم النفسية، وزيادة مستوى الرضا لديه.

2- القيمة الجمالية

الجمال هو الهدف الأساسي الذي يسعى له مصمم الحُلي وهو سمة أساسية تميز صياغات الحُلي باعتبارها مفردات للزينة، فالجمال صفة تُلاحظ في الأشياء وتبعث في النفس سرورًا وبهجة،كما أنه من الصفات التي تتعلق بالرضا واللطف.

ويرى **بول سوريو** أنَّ الجمال هو عبارة عن التكيّف الكامل للموضوع مع وظيفته، أي أنه يعبر عن تكافؤ الصورة مع غايتها." بينما أخضع سقراط مفهوم الجمال لمبدأ الغاية، حيث إنّه يرى أنّ الجمال لا يكون جمالاً ما لم يكن نافعًا، وجمال الشيء يتناسب مع نفعه للإنسان، وعلى هذا الأساس فقد تطوّر مفهوم الجمال في الحُلي وفقا لتطور المفاهيم الفلسفية المرتبطة به، لهذا أصبح مفهوم القيمة الجمالية لمصنف الحُلي تتوقف على مفاهيم مصمميها الفكرية ومدى توافقها مع مقتنيها ومفاهيمه الثقافية التي تمكنه من تحديد معيار يبني عليه حكمه الجمالي تجاه قطعة الحُلي، ويقصد بالعوامل الجمالية تلك المقومات التشكيلية التي تقوم على أسس وقواعد تنظيم الشكل وبناءه، وتعتمد على اختيار أنسب العلاقات لتحقيق التجانس بين العناصر المتباينة، ومن ثم يوضح البحث أهمية القيمة التي يسعى إليها مصمّم الحُلي المضيئة في أعماله، والتي لا تكمن في شكلها

الجمالي فقط بل تتضمن الوظيفة التي تسهم في العلاقة بين المستخدم والبيئة المحيطة به، والعمل على تطوير وظيفة الحُلي المضيئة، لكونها تلامس مشاعرهم وتخفف من حدة الاضطرابات وتزيد من الشعور بالرضا والسعادة والحيوية والاستقرار لديهم.

3-القيمة الاقتصادية

للعوامل الاقتصادية تأثير كبير في عملية العرض والطلب في مجال صناعة الحُلي، بالتالي فإنَّ التكلفة هي أحد العوامل الرئيسية المؤثرة في اتخاذ قرارات الشراء، وإقبال الأشخاص بالسلب أو بالإيجاب على اقتناء الحُلي والتزيّن بها.

ولذلك راعى البحث تلك الجوانب الهامة من خلال التوازن البنّاء بين تكلفة الإنتاج الفعلي للقطعة المعدنية وتوظيفها تقنياً لخدمة الفئة المستهدفة، وبين الفوائد المرجوة من اقتناء تلك الحُلي جمالياً ووظيفياً، حيث يتم تنفيذ الحُلي المضيئة من خامات متوفرة محليًا مثل الفضة والنحاس، كما أن استخدام الطلاء الكهربي في مساحة زخرفية صغيرة لا يكلف الكثير بالنسبة للوظيفة المرجوة.

4- القيمة التقنية

" يقصد بالتقنية مجموعة العمليات والمهارات والنظريات العملية والمعرفية المرتبطة واللازمة لإنتاج مشغولة معدنية بداية من اختيار خامة التشكيل وحتى تصبح مشغولة متكاملة." (عشعش(٢٠٠٩)، ص ١٠)

" إن أساليب التقنية الحديثة قد يسرت السبل في صياغة الحُلي بهدف الحصول على نوعيات مختلفة من الحُلي التي كانت تستهلك مجهود أكبر عند إنجازها بالأساليب التقليدية، حيث تميّزت التقنيات الحديثة بالمقاييس والمعايير وأصبحت تخضع لشروط البرمجة الإلكترونية المتوفرة في الآلات والمعدات الحديثة التي أضافت مهامًا جديدة على المصمم أهمها أن يوائم بين نفسه وبين مجموعة من المعلومات الفنية والتقنية والاقتصادية والوظيفية تحت معطيات محددة تبعًا لدراسات مسبقة لنوعية الإنتاج المطلوب.**"** (إبراهيم، ٢٠٠٩م، ص ٢٠).

كما يُعد إستخدام المواد الذكية وإمكانياتها الغير محدودة وتوفر طرق توظيفها مع تنفيذ تصميم الحُلي لتواكب طرق الانتاج الحديثة، أدى إلى تكاملها مع تصميم الحُلي المعاصرة لأداء وظائف مبتكرة وجديدة، تخدم مستخدميها، وتناسب احتياجاتهم وتعزز من تواصلهم مع البيئة المحيطة.

5-القيمة الوظيفية

تُعد الموائمة الوظيفية من أهم العوامل الرئيسية المؤثرة في نجاح تصميم الحُلي وملاءمتها للغرض الذى صممت من أجله، نظراً للعلاقة الوثيقة بين مصنفات الحُلي التي تتعلق بالعديد من الوظائف المرتبطة مباشرةً بجسم الإنسان أو حواسه، فإن التصميم يتطلب مراعاة قدرة المستخدم على إرتدائها بسهولة، مع التركيز على الأبعاد الأرجونومية من خلال العمل على تناسب شكل وحجم ووزن قطعة الحُلي مع القياسات المحددة للمستخدم وبنيته الجسدية.

فبجانب القيمة الجمالية للحُلي، لا بدَّ أن تكون لها وظيفة لغرض سد حاجات إنسانية جمالية تعبيرية ووظيفية ، فالشكل والوظيفة متلازمان وهما من الركائز الأساسية في عملية التصميم، فعند البدء في تصميم أي منتج لابد من المعرفة بالأداء الوظيفي المطلوب تحقيقه، إذ يؤثر الأداء الوظيفي في الشكل بصورة مباشرة، بحيث تتحقق العلاقة الصحيحة بينهما، لأنَّ وظيفة المنتج هي عمل يحقق حاجه إنسانية نفعية، لذا تُعرف الوظيفة بأنها" ظروف الفعل الذي يتحقق بها هدف الشيء حيث يتميز كل منتج عن الآخر بأنَّ له وظيفة محددة يؤديها بصورة مطلوبة؛ لكي يصل في النهاية إلى أداء معين يفي بالغرض المصمم من أجله المنتج، علمًا بأنَّها إحدى الأساسيات المفروضة في تحديد الهيئة، والتي تفرض نوعًا من النظام ضمن الشكل أو الهيئة العامة. (اسماعيل،٢٠٠٤، ص ٤٤)

وجاء تعريف **سوليفان Sullivan** للوظيفة على أنَّها: قوة تريد أن تعبّر عن نفسها وهي الحياة والروح، وأنَّ الوظائف تبحث عن أشكالها، وأنَّ الأشكال هي المظهر الخارجي للقوى والاحتياجات الداخلية، والوظائف والأشكال كل مترابط ومتداخل، وممزوج، ومندمج.

وبهذه المفاهيم تبدو الوظيفية كمبدأ عام أمراً بديهياً، "فعنصر المنفعة شرط أساسي يجب استيفاؤه في كل مصنوعات الإنسان، وفى ملائمة الشكل للوظيفة مما يوحي بالثقة والإطمئنان إلى صلاحية الشيء المصنوع، وفيه دقة وضبط تدعو إلى الإبتهاج والإفتخار ويعطي إحساساً بالجمال". (إسماعيل، ٢٠٠٤م,ص ٤٥)

وقد حاولت بعض الآراء توسيع نطاق الوظيفية ليستوعب جميع احتياجات الإنسان بما فيها الاحتياجات العاطفية والروحية وأن الشكل والوظيفة كيان واحد لا يتجزأ، فلا ينفصل الجمال عن الوظيفة، فيؤخذ في الاعتبار العديد من العوامل الأخرى كالحالة النفسية والمؤثرات الثقافية والإجتماعية وإختلاف العصر والعديد من العوامل الإنسانية الأخرى.

وعليه يتضح ضرورة إدراك مصمّم الحُلي لقيمة الأداء الوظيفي لمصنف الحُلي، من حيث المرونة وسهولة الاستخدام، وأداء الدور المطلوب الذي تساهم فيه تلك الحُلي في تعزيز سبل التواصل بين المستخدم ومحيطه الخارجي.

ومما سبق فإنَّه يمكن توظيف المواد الذكية في المعادن لتصميم حُلي مضيئة محققة مقومات تصميم الحُلي لتحسن من الصحة النفسية بطريقة إيجابية للمستخدم كالفرح والسعادة والمتعة وتجنب مشاعر الضيق عند حدوث الظلام في مجال حياتهم اليومية، وبما يتناسب مع احتياجاتهم.

٥-١ توظيف المواد الموصلة للكهرباء في تصميم حُلي مضيئة:

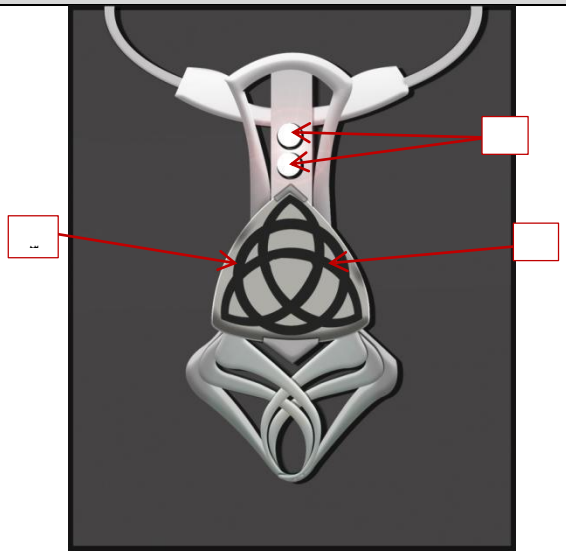
يُعد تصميم الحُلي أحد مجالات التصميم التي تتميز بطبيعة خاصة نظراً لارتباطه المباشر بالانسان والمجتمع، وأيضاً برغبات وشخصية مقتني الحُلي، لذا فالمصمّم في هذا المجال يراعي الجانب الجمالي والوظيفي والبناء المادي والادراك المعنوي لمصنف الحُلي، ومن ثم فإنّ نجاح عملية التصميم تتوقف على قدرة المصمم على إيجاد الحلول المناسبة للمشكلات المرتبطة بأبعاد التصميم، والتي لا تأتي إلا من خلال إدراك المصمم لطبيعة مجال الحُلي، وما يرتبط به من أسس ومقومات تتعلق بالتصميم، والتي تفي بالاحتياجات الإنسانية ،وقد تكون جمالية أو وظيفية أو إقتصادية....إلخ، وهي تُبرز دور المصمم من خلال إسهامه في إيجاد وتطوير بعض التقنيات والمواد وتوظيفها في تصميم حُلي مضيئة بحيث تكون مصدر قريب للضوء وسهل الوصول إليه وفي ذات الوقت في شكل قطعة حُلي تحمل قيمة جمالية ووظيفية، كما لا تحتاج للامساك بمصدر الضوء بحيث تتفرغ اليدين لانجاز عمل ما، فجاء تصميم تجربة البحث في جعل أحد مصنفات الحُلي (المدلاة) هي نفسها مصدر للضوء المطلوب لإنارة محدودة للبيئة المحيطة بالمستخدم، لتحقيق عملية التواصل بين من يرتدي المدلاة والبيئة المحيطة به أو الأشخاص المحيطين به في حالة الظلام المؤقت، وذلك لتلبية احتياجاتهم النفسية للشعور بالأمان والهدوء عند محو الظلام، لذا تم استخدام احدى المواد الذكية وهو الطلاء الكهربائي **Electric Paint**، فكما تم وصفه سابقًا فهو يعمل على توصيل الشحنة الكهربائية من مصدر كهربائي إلى لمبات الليد المراد انارتها للاضاءة وكذلك مصدر الليزر الذي يعطي ضوء أزرق أو أحمر كمصدر للبهجة، وبطبيعة هذا الطلاء الكهربي تم إستخدامه في شكل زخارف هندسية تضيف قيمة جمالية لقطعة الحُلي، كما يمكن تنفيذ نفس الفكرة بإستخدام المواد الذكية في الحُلي الخاص بالرجل كوضع مصدر الضوء في الساعة وتطبيق الطلاء الكهربي بدلا من مينا الساعة، وفيما يلي توصيف لتجربة البحث وهي مدلاة من الفضة.

ثالثًا: تطبيقات البحث:

جدوا رقم (٣) تطبيقات البحث

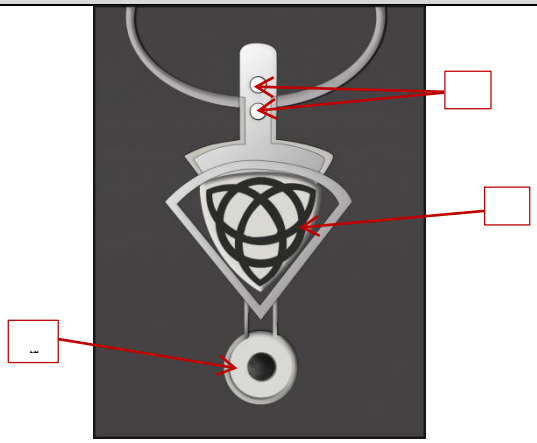
أولاً: تصميمات منفذة ببرامج الحاسب الآلي

التصميم الأول



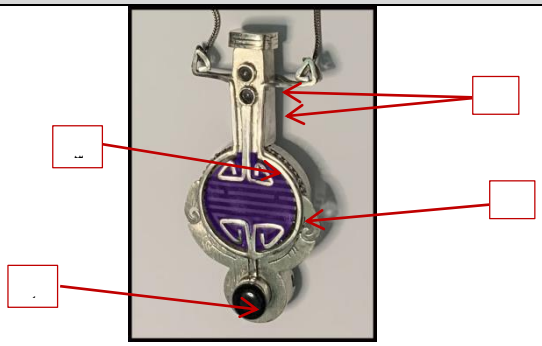
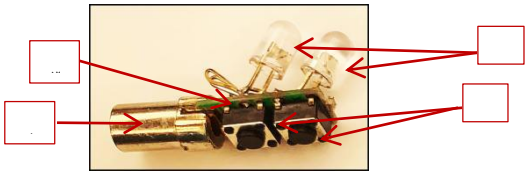
شكل رقم(١٠) التصميم الأول :التنفيذ باستخدام برامج التصميم بالحاسب الآلي
رقم (١) يوضح مكان خروج الإضاءة - رقم (٢) يوضح الزخرفة المطبقة بالطلاء الكهربي
رقم(٣) يوضح مصدر الطاقة الكهربية خلف الزخرفة

التصميم الثاني



شكل رقم(١١) التصميم الثاني : التنفيذ باستخدام برامج التصميم بالحاسب الآلي
رقم (١) يوضح مكان خروج الإضاءة - رقم (٢) يوضح الزخرفة المطبقة بالطلاء الكهربي
رقم(٣) يوضح مصدر الطاقة الكهربية

ثانياً: التصميم الثالث (تم تنفيذه بخامة الفضة)	
شكل رقم(١٢) يوضح تطبيق البحث (عمل الباحث)	شكل رقم(١٣) يوضح اضاءة المدلاة للبينة المحيطة أثناء الظلام

<table>
<tr><th colspan="3">توصيف تطبيق البحث</th></tr>
<tr><td colspan="3"> 
شكل رقم (١٤) يوضح تفاصيل المدلاة</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>رقم (١) مكان خروج الاضاءة</td><td>رقم (٢) زخرفة هندسية مطبقة بالطلاء الكهربي الموصل للكهرباء</td></tr>
<tr><td>رقم (٣) مكان خروج شعاع الليزر الأزرق</td><td>رقم (٤) يوضح مكان مصدر الطاقة الكهربائية</td></tr>
<tr><td>اسم المنتج</td><td colspan="2">مدلاة</td></tr>
<tr><td>أبعاد المنتج</td><td colspan="2">العرض ٦ سم* الطول ٩ سم</td></tr>
<tr><td>وظيفة المنتج</td><td colspan="2">إصدار ضوء لتحقيق عملية التواصل بين من يرتدي المدلاة والبيئة المحيطة به أو الأشخاص المحيطين به في حالة الظلام المؤقت، وذلك لتلبية احتياجاتهم النفسية للشعور بالأمان والهدوء عند محو الظلام.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">مكونات المنتج الإلكترونية</td><td colspan="2">تم تصميم جهاز صغيرمن خلال توظيف عدة عناصر وأجزاء إلكترونية ودمجها وتكاملها في جهاز واحد مع مراعاة الجوانب التقنية، كما هو موضح في الشكل رقم (١٥)
 
شكل رقم(١٥) يوضح تجميع الأجزاء الإلكترونية السابقة للحصول على الجهاز الخاص بالتطبيق</td></tr>
<tr><td colspan="2">الأبعاد: ٢,٥ *٠,٦* ١,٧ سم</td></tr>
<tr><td colspan="2">الوظيفة: لكل جزء وظيفة كما يلي:
1-لمبات ليدLED لإصدار ضوء لإضاءة البيئة المحيطة
2-عدد ٢ من الازارير للتحكم في فتح وغلق لمبات الليد ومصدر ضوء الليزر مكانهم خلف المدلاة
3-شريحة الكترونية لتجميع الاجزاء معًا وتوصيلها بالطلاء الكهربي
4-مصدر خروج شعاع الليزر</td></tr>
</table>

الزخارف الموصلة للكهرباء	 **شكل رقم(١٦) يوضح الزخرفة الهندسية المطبقة بالطلاء الكهربي** ● وظيفة االزخرفة الهندسية المطبقة بالطلاء الكهربي (أحد المواد الذكية) هي توصيل الشحنة الكهربائية من مصدر الكهرباء إلى لمبات الليد الموجودة أعلى المدلاة، لتحقق الوظيفة المطلوبة وهي الإنارة. ● تم إستخدام زخارف هندسية لسهولة حساب المقاومة للمساحات الخطية بالتصميم، كما تم تطبيق الطلاء الكهربي بإستخدام الفرشاة بعد حفر الزخرفة بالليزر على قرص من البوليمر بعمق ٠,٥ مم وعرض الخطوط ٢مم، وذلك لضمان توصيل جيد للشحنة الكهربية إلى المصدر المراد انارته وهو لبات الليد، كما أن حفر الزخرفة ساعد على تخشين السطح المراد تغطيته بالطلاء مما يؤكد ثبات الطلاء الكهربي. ● مجموع مساحة الخطوط في الزخرفة = ٤٣,٦ سم^{٢} مقاومة الطلاء الكهربي تبعا لقانون اوم= ٥٤٠ Ω
الخامات المستخدمة	أ- معدن الفضة ب- الطلاء الكهربي في الزخارف الهندسية (أحد المواد الذكية) ت- الأحجار الكريمة (الاونكس الأسود) ث- قرص من البوليمر تم تطبيق الطلاء الكهربي عليها.
تقنيات التنفيذ	في تنفيذ المنتج النهائي للتصميم تم إستخدام التقنيات التالية: - تقنيات التشكيل (التفريغ – بيزو مفتوح - بيزو مغلق) - تقنيات الوصل [وصل ثابت (لحام الفضة)] - تقنيات مظهر السطح (التلميع والصقل - الملامس - الترصيع بالأحجار الكريمة. - الحفر بالليزر لمكان تطبيق الطلاء الكهربي ماكينة CNC - تطبيق الطلاء الكهربي بطريقة الرسم بالفرشاة في الزخرفة المحفورة بالليزر.
وصف المنتج	عبارة عن مدلاة من الفضة والاحجار الكريمة (الاونكس الأسود) حيث يتكون التصميم من علاقات متزنة من أشكال هندسية منها المستطيل والدوائر، وفي المنتصف زخارف هندسية بالطلاء الكهربائي ذو اللون الأسود تحقق جماليات التصميم، كما جاءت مفردات التصميم بمستويات مختلفة التشكيل وحواف متنوعة الارتفاع مع إحداث تباين بين المساحات اللامعة والملامس مما أعطى ثراء للتصميم، الذي يتكون من: - المستطيل في أعلى التصميم يحتوي على لمبات الليد لتحقق الجانب الوظيفي في إصدار الإضاءة المطلوبة من الجهاز الإلكتروني الذي يوجد داخل المدلاة وفي نهاية المستطيل يوجد مصدر شعاع الليزر الأزرق الموجة إلى الزخارف الهندسية، وفي خلفية المستطيل توجد أزارير فتح وغلق الإضاءة. - دائرة تتوسط المدلاة بها الزخارف الهندسية المحفورة بالليزر لتطبيق الطلاء الكهربي الأسود اللون عليها بالفرشاة والتي تعمل على توصيل الشحنة الكهربائية إلى الجهار الالكتروني، ومحاط بها زخارف مفرغة من الفضة لاضافة قيمة جمالية. - دائرة في الأسفل تحتوي على البطارية مصدر الطاقة، ويعلوها حجر أونيكس أسود.

فلسفة تصميم المنتج	الظلام كلمة تشعرك عند سماعها بالخوف والترقب لحدوث أمر غير متوقع، حيث يتعرض الانسان في كثير من الاحيان إلى التواجد في مكان مظلم عند انقطاع الكهرباء فجأة داخل المنزل أو الاسانسير أو عدم توفر إضاءة عند العودة للمنزل ....الخ، مما يصيب البعض بالخوف والهلع وخاصة النساء والأطفال، إلى أن يصلوا لمصدر ضوء يُنير دربهم وعادة يصعب الوصول له بسبب الارتباك وإنعدام الرؤية، فجاء تصميم المدلاة لتحمل صفة جمالية وتحقق المنفعة منها لتكون هي مصدر الضوءالقريب منهم. لذا اعتمد التصميم على إستخدام أشكال وزخارف هندسية بأنماط مختلفة ممزوجة بحجر الأونيكس الأسود أسفل المدلاة للدلالة الرمزية على وقوع الظلام الدامس الذي يبعث الخوف والاضطراب، تلك المشاعرالتي يشعر بها مرتدي القطعة عند حدوث الظلام المؤقت، وجاء مصدر الإضاءة في مقدمة المدلاة أعلى القطعة كوضع أمثل لنشر الضوء في البيئة المحيطة بالشخص في اتجاه أمامي لتنير له دربه وتشعره بالآمان والراحة النفسية، كما تتيح للمستخدم الاضاءة دون الحاجة لمسكها بالأيدي .

رابعًا: النتائج :

1- إن المواد الذكية هي الجيل التالي من المواد التي لديها القدرة على التأثير في مجالات مختلفة بما في ذلك تصميم الحُلي المضيئة، كما أن لها تأثير كبير في التطوير الوظيفي لمصنفاتها.

2- الاستفادة من التطور التكنولوجي الهائل في المواد الذكية أدى إلى التأثير الإيجابي على تطور الجوانب الوظيفية، والاستخدامية، والجمالية والاقتصادية للحلى المعدنية المضيئة.

3- توظيف الطلاء الكهربي ساهم في استحداث رؤى وظيفية جديدة في مجال الحُلي المضيئة.

مناقشة النتائج:

تتمتع الحُلي بكونها مجال لا ينضب من الأفكار الجديدة والتطور المستمر الذي يواكب التقدم التكنولوجي المستمر في المواد والتقنيات، حيث أن التطور في المواد الذكية بات سريعًا ومتنوع التأثير، لذا أصبح على مصمم الحُلي مواكبة هذا التطور وتوظيفه بالشكل الأمثل لخدمة المستخدم ليحقق حلول تصميمه ووظيفية واقعية، فمن خلال البحث تم توظيف الطلاء الكهربي كأحد المواد الذكية القادرة على حمل الشحنات الكهربية من مصدر الطاقة إلى لمبات الليد بالمدلاة من خلال زخرفة هندسية جمالية، مما أضاف قيمة وظيفية للحُلي بجانب القيمة الجمالية وهى الإنارة أثناء الظلام مما يُساهم في توفير حياة أفضل للمستخدم.

خامسًا: التوصيات:

1- تُعد تكنولوجيا المواد الذكية مجالاً متعدد التخصصات يتطلب الكثير من البحث والتجريب في مجال المنتجات المعدنية عامة ومجال الحُلي والمجوهرات خاصة.

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

1- ابراهيم، جميلة عدلي محمد ٢٠٠٩م:"أرجونومية تصميم الحُلي استخدامياً واقتصادياً للمرأة المصرية"، رسالة ماجستير، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

-١abrahim , jamilat eadli muhamad 2009 mi: "'arjunumiat tasmim alhunly aistikhdam waqtsadyaan lilmar'at almisriati" , risalat majistir , kuliyat alfunun altatbiqiat , jamieat hulwan.

2- إسماعيل، شرين محمد،(٢٠٠٤):" الوظيفية وارتباطها بالتصميم الداخلي في غرف الأطفال من سن 6- 12في مصر"، القاهرة، مصر، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، رسالة ماجستير غير منشورة.

-٢iismaeil , shrin muhamad , (2004): "wazifatuh wairtibatuha bialtasmim aldaakhilii fi sini 6- 12 fi masr" , alqahirat , misr , kuliyat alfunun altatbiqiat , jamieat hulwan , risalat majistir ghayr manshuratin.

3- جميل، صليبيا،١٩٨٢:" المعجم الفلسفي-" الجزء الثاني، بيروت، دار الكتاب اللبناني.

-٣jamil , salibya , 1982: "almuejam alfilisafii-" aljuz' althaani , bayrut , dar alkitaab allubnani.

4- حسين، نهلة حسن على ،2018:"التصميم التفاعلي وأثره في رفع القيمة الاستخدامية للحلى المعاصرة" رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها، بحث غير منشور.

-٤husayn , najl hasan ealaa , 2018: "altasmim altafaeulii wa'atharuh fi rafe alqimat alaistikhdamiat lilhalati" risalat dukturah , kuliyat alfunun altatbiqiat , jamieat binha , bahth ghayr manshur.

5- سحاحيري،عهود محمد ٢٠٢٠:"الاستثمار الوظيفي للذكاء الاصطناعي في تصميم حلي معدنية لذوي الاحتياجات الخاصة"رسالة دكتوراه، كلية التصاميم والفنون، جامعة جدة، بحث غير منشور.

-٥sahahiri , eahud muhamad 2020: "alaistithmar alwazifii lildhaka' alrijalii fi tasmim huliy lidhawi alaihtiajat alkhasati" risalat dukturah , kuliyat altasamim walfunun , jamieat jidat , bahth ghayr manshur.

6- عبد العظيم،أميرة السيد.(٢٠١٤):"تأثير العمارة الرقمية التفاعلية على التصميم الداخلي للمتاحف الآثرية"، القاهرة، مصر، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، رسالة ماجستير غيرمنشورة.

-٦eabd aleazim , 'amirat alsayidi. (2014): "tathir aleimarat alhadithat almuafiqah ealaa altasmim aldaakhilii lilmatahif alathry" , alqahirat , misr , kuliyat alfunun altatbiqiat , jamieat hulwan , risalat majistir ghirminshura.

7- عشعش، محمود حسانين(٢٠٠٩):" أثر مقومات التشكيل الفني لمشغولات الحلي ودورها في تحقيق الموائمة الوظيفية في ضوء مفهوم التربية الفنية المعاصرة، مجلة التربية الفنية، كلية التربية النوعية، جامعة قناة السويس، بورسعيد.

-٧easheash , mahmud hasanayn (2009): "'athar muqawimat faniyat limashghulat alhulii wadawriha fi tahqiq almuayimat fi aleamal alfaniyi , dirasat faniyat , dirasat faniyat , kuliyat altarbiat , jamieat alsuways , burid.

8- محمد، عبد الحميد محمد ٢٠٠٦:"المواصفات الفنية للمواد والمركبات والنظم الذكية وتطبيقاتها في مجال التصميم الصناعى"، مجلة علوم وفنون، جامعة حلوان،أكتوبر.

-٨muhamad , eabd alhamid muhamad 2006: "almuasafat alfaniyat lilmawadi walmarkabat walnuzum aldhakiat watatbiqatuha fi majal altasmim alsinaeii" , majalat eulum wafunun , jamieat hulwan , 'uktubar.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

9- B. Sun,2015:"Smart Materials and Structures", Cape Town, South Africa,Cape Peninsula University of Technology.

10- D.Vyas et al, 2012:"Smart material interfaces a new form of physical interaction",CHI,12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, May.

11- Emily Matchar 2018:"This Conductive Paint Turns Walls into Giant Touchscreens",Innovation Correspondent,April 30.
12- Grisales, N. Herrera and F. Fajardo 2016:"Preparation of Graphite Conductive Paint and its Application to the Construction of RC Circuits on Paper",Article in Physics Education,September.
13- Matthew N. O. Sadiku, Mahamadou Tembely, and Sarhan M. Musa2017:"Smart Materials A Primer", Research Paper , International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering.
14- P. Gumpel and J. Strittmatter, 2009:"Smart materials: opportunities and applications in some fields", Australian Journal of Mechanical Engineering, vol. 7, no.1.
15- S. Kamila, 2013:"Introduction, classification and applications of smart materials: an overview", American Journal of Applied Sciences, vol. 10, no. 8.

ثالثًا: المواقع الالكترونية:

16- https://cdnshop.adafruit.com/datasheets/TechnicalDataSheet_BareConductivePaint.Commercial, London, UK,
17- https://www.smithsonianmag.com/innovation/this-conductive-paint-turns-walls-into-
18- https://www.rs-online.com/designspark/10-things-you-can-do-with-electric-paint