international DESIGN JOURNAL
Print ISSN 2090-9632
Online ISSN 2090-9640

محاكاة عمليات تشكيل الحلي باستخدام الخامات الذكية

Simulation of Jewelry Forming Processes Using Smart Materials

أ.د/ سلوى محمد عبد النبي حسن
الأستاذ بقسم المنتجات المعدنية والحلي -كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلون
أ.م.د/ أحمد محمد صبري
الأستاذ المساعد بقسم الفنون الصناعية – كلية التربية – جامعة حلوان
م.م/ أمل عبد الرازق عبد الرحمن
المدرس المساعد بقسم الفنون الصناعية – كلية التربية – جامعة حلوان

ملخص البحث

تحظى الحلي بشغف شريحة كبيرة من الأطفال خاصة الإناث منهم مما يُلهم مصمم الحلي بتوجيه هذا الشغف لتنشئة جيل من مصممي الحلي الصغار مستعينا في ذلك بالمزج بين فنون تصميم وصياغة الحلي وعلوم الخامات الذكية، والخامات الذكية إحدى أهم ثمار التطور التكنولوجي وهى تتنوع بين خامات ذاكرة الشكل والخامات متغيرة اللون والخامات الحساسة للضوء وأخرى حساسة للكهرباء، ونظرا لأن تصميم الحلي واحد من أهم المجالات التي تؤثر في ثقافة وفكر المتلقي وانطلاقا من الدور الكبير لعمليات التشكيل في إثراء تصميم الحلي كان الاهتمام في هذا البحث بدراسة الخامات الذكية كنتاج للتطورات التكنولوجية المتقدمة وإمكانية توظيفها في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي، لتكون هذه المحاكاة نواة لمشروع تنشئة المصمم الصغير، وتتمثل **مشكلة البحث** في ندرة استخدام الخامات الذكية في حلي الأطفال، وافتقار مجموعات الحلي (Jewelry Crafting Collections) الموجهة للأطفال إلى تنوع أساليب التشكيل، **ويهدف البحث** إلى بناء قاعدة معرفية عن الخامات الذكية، وتوظيف تلك الخامات في محاكاة عمليات تشكيل الحلي، وتكمن **أهمية البحث** في محاولته الاستفادة من الخامات الذكية كنتاج للتطورات التكنولوجية المتقدمة في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي، وذلك بهدف تنشئة الطفل الممارس لهذه المحاكاة كمصمم صغير، ومن خلال **المنهج الوصفي التحليلي** خلص البحث إلى تعدد أنواع الخامات الذكية بين خامات ذاكرة الشكل وخامات متغيرة اللون وخامات حساسة للضغط والكهرباء، ومن خلال **المنهج التجريبي** خلص البحث إلى إمكانية تطوير بعض الخامات الذكية لتتناسب مع ممارسات الأطفال.

كلمات دالة

الخامات الذكية Smart Materials، محاكاة Simulation، تشكيل الحلي Jewelry Forming

Paper received August 18, 2024, Accepted October 12, 2024, Published on line January 1, 2025

المقدمة Introduction

يشهد العالم في الآونة الأخيرة تطورا تكنولوجيا هائلا، وهو ما أثر بشكل كبير في طبيعة السلوك البشري، فكلما ازداد التقدم التكنولوجي كلما ارتفع سقف توقعات البشر وازدادت تطلعاتهم لمستوى أعلى من الرفاهية، الأمر الذي يحتم ضرورة انخراط التكنولوجيا المتقدمة في شتى المجالات التطبيقية التي تستهدف تلبية احتياجات البشر.

ويُمثل مجال التصميم أحد أهم المجالات التطبيقية التي تلبي تلك الاحتياجات، الأمر الذي جعل له نصيبا كبيرا من التطور التكنولوجي، فكلما أثمرت التكنولوجيا بخامات جديدة كان لزاما على المصمم دراستها واستغلالها لمواكبة العصر والمساهمة في صناعة مستقبل التصميم.

يعد تصميم الحلي أحد أهم المجالات التطبيقية للفنون نظرا لما يتمتع به من قدرة على تجسيد المعاني الفنية، مما يعطيه كينونة أعمق من كونه مجرد وسيلة للتزين، فهو داعم نفسي ومؤثر ثقافي وفكري خاصة عندما يخاطب فئة الأطفال التي لاتزال في مرحلة التشكل والنماء؛ فكما يتأثر النمو النفسي والعقلي للطفل بالقيم التي يكتسبها من الأفراد المحيطين به أو الذين يتعامل معهم، فإنه يتأثر كذلك بالرسائل التي يتلقاها من المنتجات التي يستخدمها، ومن المعروف أن أحد أهم وأكثر المنتجات التي تميل الأطفال الإناث إلى استخدامها هي الحلي، فالأنثى تميل بفطرتها إلى التزين منذ الطفولة، ومن هنا تتضح لنا أهمية وجود تصميمات حلي معده خصيصا للأطفال يُراعى فيها الجوانب النفسية والعقلية للطفلة في هذه المرحلة العمرية.

تلعب عمليات تشكيل الحلي دورا كبيرا في إثراء التصميم؛ حيث يلجأ المصمم للتصميم المباشر من خلال تقنية محددة لتعزيز أفكاره بصياغات شكلية جديدة للتصميم أو توليد التصميمات الفريدة الموجه لإنتاج القطعة الوحدة (Uniq) أو الإنتاج المحدود (Limited Edition)، ولذلك عدة أمثلة منها استخدام المصمم لعملية التشكيل بصب الشمع المصهور في انتاج قطع حلي ذات تشكيلات وتفاصيل يصعب الحصول عليها بالتصميم المسبق، بالإضافة إلى استخدام برامج التصميم في توليد تصميمات ثلاثية الأبعاد بالبناء المباشر للمجسمات والحذف والإضافة دون التخطيط المسبق باستخدام الاسكتشات، ليقوم بتنفيذها بعد ذلك من خلال تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وانطلاقا من هذا الدور الكبير لعمليات التشكيل في تصميم الحلي كان الاهتمام في هذا البحث بدراسة الخامات الذكية كنتاج للتطورات التكنولوجية المتقدمة وإمكانية توظيفها في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي، لتكون هذه المحاكاة نواة لمشروع تنشئة المصمم الصغير.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

تتمثل مشكلة البحث في:

1- ندرة استخدام الخامات الذكية في حلي الأطفال.
2- افتقار مجموعات الحلي (Jewelry Crafting Collections) الموجهة للأطفال إلى تنوع أساليب التشكيل.

CITATION Salwa Hassan, et al (2025), Simulation of Jewelry Forming Processes Using Smart Materials, International Design Journal, Vol. 15 No. 1, (January 2025) pp 47-57

أهداف البحث: Research Objectives

1- بناء قاعدة معرفية عن الخامات الذكية.
2- توظيف الخامات الذكية في محاكاة عمليات تشكيل الحلي.

أهمية البحث: Research Significance

تكمن أهمية البحث في محاولته الاستفادة من الخامات الذكية كنتاج للتطورات التكنولوجية المتقدمة في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي، وذلك بهدف تنشئة الطفل الممارس لهذه المحاكاة كمصمم صغير.

فروض البحث: Research Hypothesis

1- إثراء عمليات تشكيل الحلي عند استخدام الخامات الذكية.
2- إمكانية توظيف الخامات الذكية في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي.
3- إمكانية تنويع أساليب التشكيل في مجموعات الحلي الموجهة للأطفال.

حدود البحث: Research Limits

1- **الخامات الذكية المستخدمة:** أسلاك ذاكرة الشكل (النيتنول)، بوليمر ذاكرة الشكل، الريزن الحساس للضوء (UV Resin)، المواد المضيئة في الظلام (Luminous Materials).
2- **عمليات التشكيل المستهدفة:** تشكيل الحلي بالأسلاك، التشكيل الحراري للحلي الزجاجية، تشكيل الحلي الخزفية، تطعيم الحلي بالميكروموزاييك.
3- **الفئة المستهدفة:** الأطفال الإناث من عمر 6 إلى 8 سنوات.

منهج البحث: Research Methodology

1- **المنهج الوصفي التحليلي:** لوصف وتحليل موضوع ومشكلة وأهداف ونتائج البحث .
2- **المنهج التجريبي:** لإجراء بعض التجارب والتطبيقات العملية التي تخدم أهداف البحث.

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- مفهوم الخامات الذكية (Smart Materials):

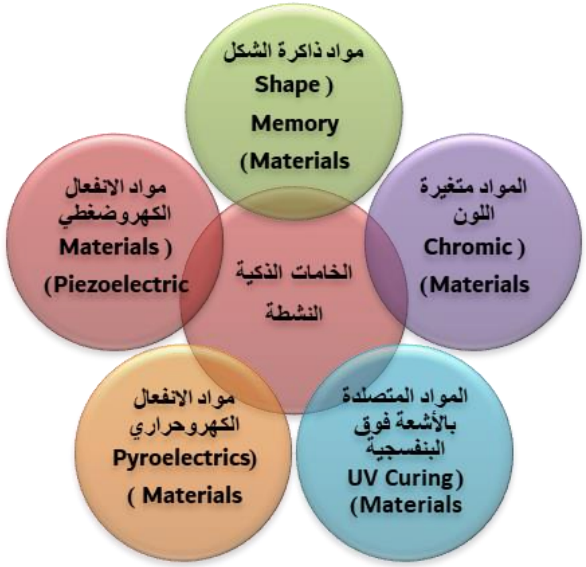
يمكن تعريف الخامات الذكية بأنها تلك المواد القادرة على تغيير خصائصها استجابة للمحفزات الخارجية المختلفة كالحرارة والمجالات الكهربية أو المغناطيسية.

2- تصنيف الخامات الذكية:

تنقسم الخامات الذكية إلى فئتين رئيسيتين، الأولى هي الخامات الذكية السلبية (Passive Smart Materials) والتي يقصد بها المواد القادرة على نقل بعض أنواع الطاقة كتلك المواد المستخدمة في الألياف الضوئية التي يمكنها نقل الموجات الكهرومغناطيسية، أما الثانية فهي الخامات الذكية النشطة (Active Smart Materials) والتي يقصد بها المواد القادرة على تعديل وتغيير خصائصها في وجود محفزات خارجية كالحرارة والمجالات الكهربية أو المغناطيسية.

3- أنواع الخامات الذكية النشطة:

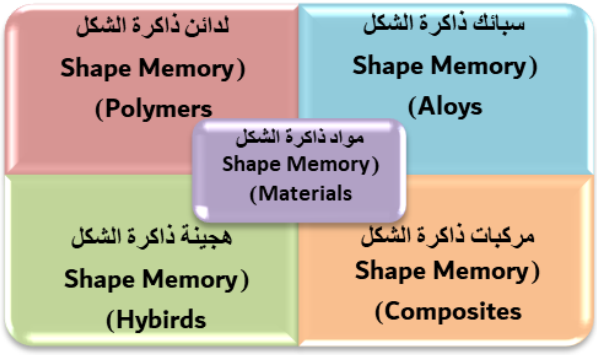
نظراً لاختلاف أنواع المحفزات الخارجية المؤثرة على الخامات الذكية النشطة، بالإضافة إلى اختلاف طبيعة استجاباتها لتلك المحفزات تختلف أنواع الخامات الذكية النشطة، ويمكن تصنيفها وفقا للاستجابتها للمحفزات الخارجية إلى خمسة أنواع – مخطط (1).



مخطط (1) يوضح أنواع الخامات الذكية النشطة

(1-3) مواد ذاكرة الشكل (Shape Memory (Materials:

مواد القادرة على استعادة شكلها الأصلي عند تعرضها لمحفز خارجي معين، وتنقسم إلى أربعة أنواع – مخطط (2).



مخطط (2) يوضح أنواع مواد ذاكرة الشكل (Shape Memory Materials)

(1-1-3) سبائك ذاكرة الشكل (Shape Memory (Aloys:

تتكون من نوعين أو أكثر من معادن معينة بنسب محددة؛ حيث يمكن تشكيلها وتدريبها على استعادة شكلها الأصلي بمحفز خارجي، ويمكن الحصول عليها من خلال أنظمة السبائك الثلاثة التالية:

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

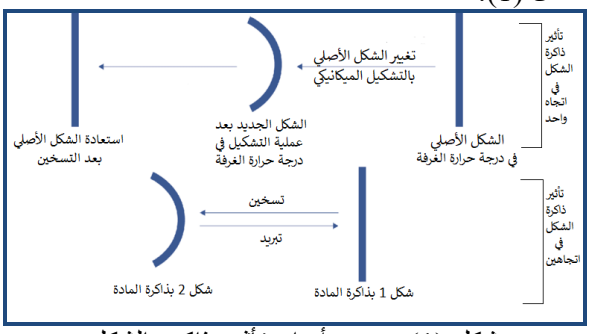
السبائك القائمة على Fe	السبائك القائمة على (CuAlNi, CuZnAl)	السبائك القائمة على NiTi
هي الأضعف والأقل كلفة، ولذلك تستخدم في التشغيل للمرة الواحدة فقط.	تتميز بالقابلية الجيدة للمعالجة مع انخفاض التكلفة.	**تتمتع بالأداء العالي والتوافق الحيوي الجيد لذاكرة الشكل، وهي الأعلى تكلفة.**

جدول (1) يوضح أنظمة سبائك ذاكرة الشكل الثلاثة

ويتضح من خلال الجدول السابق أن السبائك القائمة على NiTi هي الأفضل من حيث الجودة، لذلك فهي الأشهر والأكثر استخداما ويطلق عليها اسم النيتنول (Nitinol) وتتكون من النيكل والتيتانيوم (Ni + Ti) بنسبة (47 % نيكل، 53 % تيتانيوم) أو (51 % نيكل، 49 % تيتانيوم).
تمتلك سبائك ذاكرة الشكل شكلين لترتيب البنية الحبيبية لها؛ ففي درجات الحرارة المنخفضة تترتب البنية الحبيبية في شكل يطلق عليه المارتنسيت (Martensite)، وفي درجات الحرارة المرتفعة(50 إلى 150 درجة سيلزية) تتحول البنية الحبيبية إلي شكل مختلط يطلق عليه اسم الاوستني (Austenite).

(3-1-1-1) تأثير ذاكرة الشكل (Shape Memory Effect):

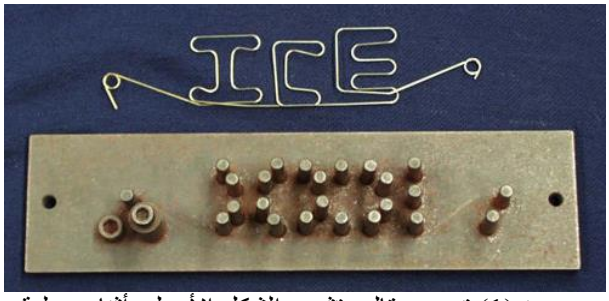
تتمتع سبائك (SMAs) بنوعان من تأثيرات ذاكرة الشكل، وهما تأثير الذاكرة في اتجاه واحد (OWME)، وتأثير الذاكرة في اتجاهين (TWME) حيث أن التأثير الأول هو الذي يتم فيه استعاد الشكل الأصلي بالتسخين، وأما التأثير الثاني يحدث عندما يكون للمادة شكلين تنتقل فيما بينهما بالتسخين والتبريد – شكل (1).



شكل (1) يوضح أنواع تأثير ذاكرة الشكل

(3-1-1-2) تدريب سبائك ذاكرة الشكل (Training of Shape Memory Aloys):

تتم من خلال تثبيت الخامة بالشكل المطلوب حفظه في الذاكرة ثم معالجتها حراريا داخل فرن حراري حتى تصل إلى درجة الاحمرار، وتعتمد عملية التثبيت إما على قالب - صورة (1) - أو من خلال صب الجبس على القطعة بعد التشكيل.



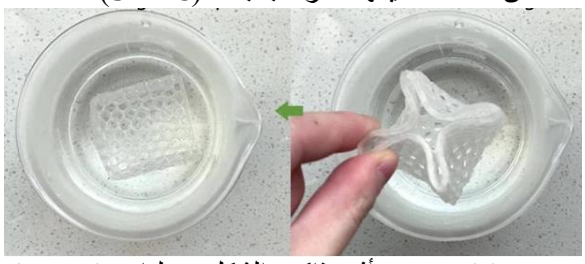
صورة (1) توضح قالب تثبيت الشكل الأصلي أثناء عملية تدريب سبائك ذاكرة الشكل

(3-1-1-3) فقدان الذاكرة:

ظاهرة فقدان الذاكرة هي فقدان المادة قدرتها على استعادة شكلها الأصلي بصورته الدقيقة؛ حيث يحتوي الشكل في هذه الحالة على العديد من الانحرافات، وتتعرض سبائك (SMAs) إلى هذه الظاهرة عند تشغيلها عدد كبير جدا من الدورات الميكانيكية أو عند تعريضها لدرجة حرارة عالية.

(3-1-2) لدائن ذاكرة الشكل (Shape Memory Polymers):

لقد تم اختراع مجموعة كبيرة ومتنوعة من لدائن ذاكرة الشكل (SMPs) مثل البولي (يوريتان)، ومازال تقديم لدائن (SMPs) الجديدة مستمرا حتى الآن، ويرجع ذلك لسهولة وانخفاض تكلفة تصنيعها مقارنة بسبائك (SMAs).



صورة (2) توضح تأثير ذاكرة الشكل في لدائن (SMPs)

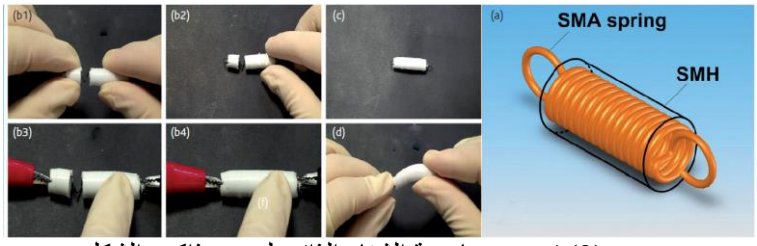
تتشابه لدائن (SMPs) مع سبائك (SMAs) من حيث القدرة على استعادة شكلها الأصلي ولكنها تختلف من حيث المبادئ الفيزيائية لآلية العودة فتأثير ذاكرة الشكل في اللدائن ينشأ من خلال زيادة مرونتها بالتسخين مما يسمح لها بالعودة إلى شكلها الأصلي- صورة (2)، ويمكن تحفيز اللدائن (SMPs) لاستعادة شكلها الأصلي بمحفزات أخرى غير الحرارة كالمحفزات الضوئية مثل الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء بالإضافة إلى المحفزات الكيميائية مثل المذيبات ودرجة الحموضة وتغيير مستوى الرطوبة.

(3-1-3) مركبات ذاكرة الشكل (Shape Memory Composites):

مواد مركبة تحتوي على واحدة على الأقل من مواد ذاكرة الشكل (SMMs) إما لدائن (SMPs) أو سبائك (SMAs)، ويتم تصنيع هذه المواد بهدف الحصول على صور أخرى من مواد ذاكرة الشكل وتصميم خواص جديدة للمواد، ومن أبرز الخواص التي نتجت عنها هي خاصية الشفاء الذاتي والتي تعني قدرة المادة على الالتصاق والالتئام بعد فصلها بدون استخدام أي مواد لاصقة أو طرق للربط والتجميع.

(3-1-4) هجينة ذاكرة الشكل (Shape Memory Hybrids):

عبارة عن تكوينات لسبائك (SMAs) مُضمنة داخل أغلفة مصنوعة من مواد تقليدية ومن خلالها يتم تطبيق خواص جديدة مثل ذاكرة الشكل والشفاء الذاتي مع المواد التقليدية- صورة (3)- وتتميز بكونها ملائمة للأشخاص الغير متخصصين في علوم المادة؛ حيث يمكنهم القيام بتصميمها باستخدام أدوات بسيطة.



صورة (3) توضح خاصية الشفاء الذاتي لهجين ذاكرة الشكل

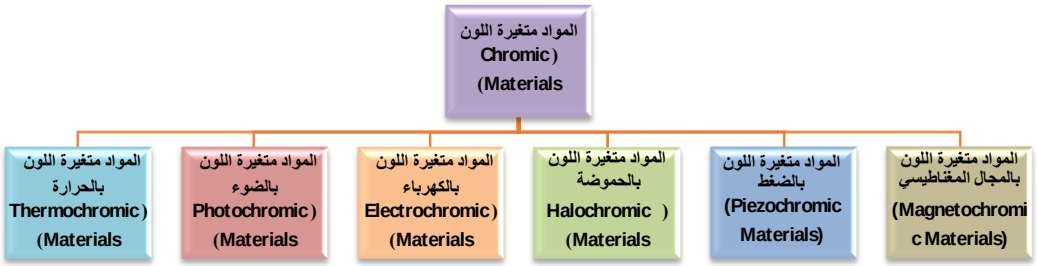
(5-1-3) تطبيقات مواد ذاكرة الشكل (applications of Shape Memory Materials):

تتعدد تطبيقات مواد ذاكرة الشكل في العديد من المجالات مثل الطب والصناعة، وفيما يلي أمثلة على تلك التطبيقات:

- **صناعة مفاصل الروبوتات:** حيث تستطيع تغيير شكلها وفقا لشروط العمل.
- **صناعة أجزاء من السيارات:** لتوفير نظام الاصطدام الذكي والذي يقلل الضرر الناتج عن الحوادث من خلال عودة الأجزاء إلى شكلها الأصلي بتطبيق معالجات حرارية بسيطة وغير مكلفة مقارنة بالطرق التقليدية للإصلاح.
- **صناعة أجنحة الطائرات الذكية:** والتي تغير شكلها وفقا للظروف الجوية المتغيرة.
- **زراعة العظام:** حيث تستخدم في استبدال المفاصل وأجزاء تثبيت الكسور مما يسمح لها بالتكيف مع درجة حرارة جسم المصاب وتقليل خطر حدوث مضاعفات.
- **صناعة دعامات الأوعية الدموية للقلب:** فتأثير ذاكرة الشكل يساعد على تغيير شكل الدعامة لأصغر حجم ممكن أثناء دخولها ثم تتمدد داخل الجسم مسترجعة شكلها الأصلي المطلوب بفعل درجة حرارة جسم المريض.
- **صناعة تقويم الأسنان:** وذلك باستخدام أسلاك النيتنول (NiTi) فيساعد تأثير ذاكرة الشكل على تطبيق قوى خفيفة على الأسنان تحركها ببطئ للمحاذاة الصحيحة.

(2-3) المواد متغيرة اللون (Chromic Materials):

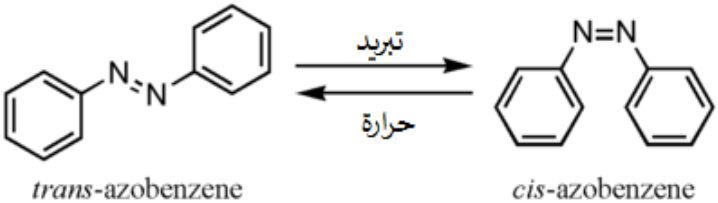
يقصد بها المواد التي يتغير لونها استجابة لتأثير محفز خارجي معين ثم تعود إلى لونها الأصلي بعد اختفاء هذا التأثير، ويطلق على هذه المواد اسم مواد الحرباء، ويتم تصنيفها إلى ستة أنواع وفقا لنوع المحفز الخارجي المؤثر عليها – مخطط (3).



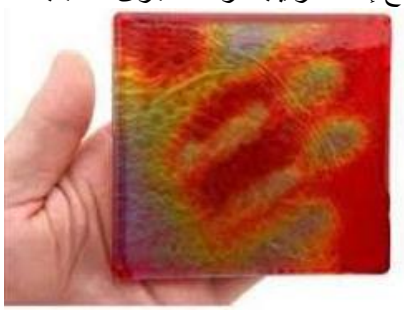
مخطط (3) يوضح أنواع المواد متغيرة اللون (Chromic Materials)

(1-2-3) المواد متغيرة اللون بالحرارة (Thermochromic Materials):

مواد يتغير لونها بتغيير درجة حرارتها – صورة (4)، حيث تُغير درجة الحرارة التركيب البلوري للمادة أو الوضع الثلاثي للذرات أو تعيد ترتيب الذرات في الجزئ دون حدوث تغير في المركب الكيميائي – شكل (3).



شكل (2) يوضح إعادة ترتيب ذرات الجزئ استجابة للتحفيز الحراري

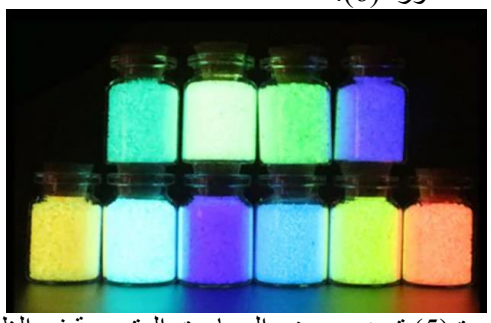


صورة (4) توضح إحدى المواد متغيرة اللون بالحرارة

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

(2-2-3) المواد متغيرة اللون بالضوء (Photochromic Materials):

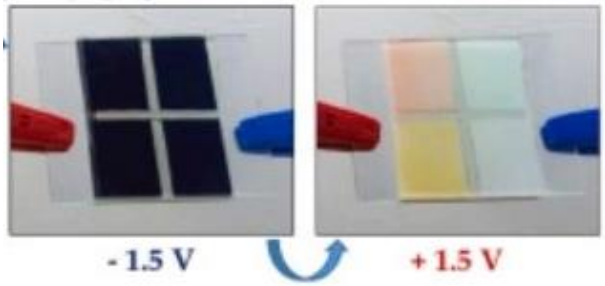
مجموعة المواد التي تتغير خصائصها اللونية نتيجة لتعرضها للإشعاع المرئي والأشعة فوق البنفسجية، ومنها ما يتوهج في الظلام – صورة (5) - ومنها ما يتغير لونها عند التعرض للضوء – صورة (6).



صورة (5) توضح بعض المساحيق المتوهجة في الظلام

(3-2-3) المواد متغيرة اللون بالكهرباء (Electrochromic Materials):

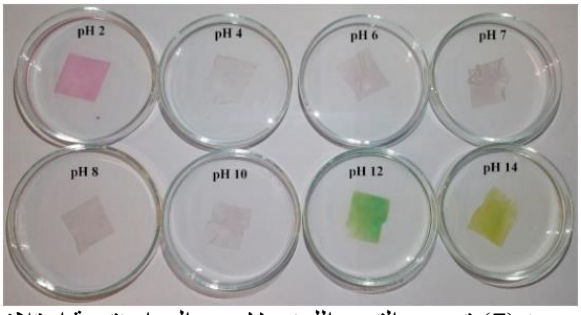
مواد يتغير لونها نتيجة اختلاف الجهد الكهربي – صورة (6)؛ حيث تمتص المادة كمية من الطاقة فيخرج طول موجي جديد في مدى الطيف المرئي للون المكتسب.



صورة (6) توضح التغير اللوني للمادة نتيجة اختلاف الجهد الكهربي

(4-2-3) المواد متغيرة اللون بالحموضة (Halochromic Materials):

مواد حساسة لمستوى الحموضة المحيط بها؛ حيث يتغير لونها وفقا لقيمة الأس الهيدروجيني – صورة (7)، ويكون هذا التغير ناتج عن الارتباط الكيميائي مع أيونات الهيدروجين أو الهيدروكسيد.



صورة (7) توضح التغير اللوني لإحدى المواد نتيجة اختلاف الأس الهيدروجيني

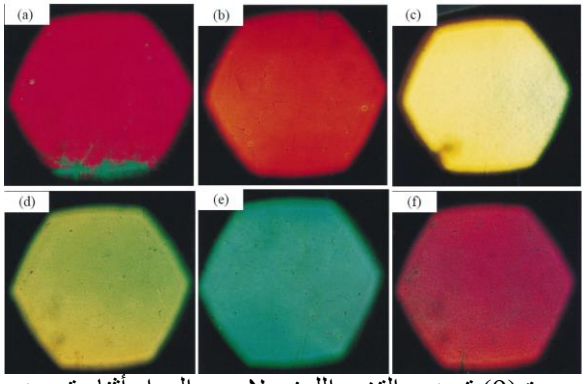
(5-2-3) المواد متغيرة اللون بالضغط (Piezo chromic Materials):

مواد يمكنها تغيير لونها من خلال تطبيق ضغط معين عليها – صورة (8)، ويحتاج العديد من هذه المواد إلى ضغط مرتفع لتغيير لونها ولكن يوجد البعض منها يتغير لونه تحت تأثير ضغط منخفض لا يتجاوز 8 كيلو بار.

صورة (8) توضح تغير لون المادة في النقطة التي تعرضت للضغط

(6-2-3) المواد متغيرة اللون بالمجال المغناطيسي (Magneto chromic Materials):

مواد تتأثر بالمجال المغناطيسي كمحفز لتغيير لونها، ويحدث هذا التغيير اللوني نتيجة وجود جسيمات مغناطيسية يتراوح حجمها بين 5 إلى 10 نانومتر؛ حيث تصطف هذه الجسيمات بطريقة منتظمة عند التعرض للمجال المغناطيسي وتتشتت الأشعة الساقطة في مستويات مختلفة فتتلون المادة بلون مختلف في كل مستوى.



صورة (9) توضح التغير اللوني لإحدى المواد أثناء تعرضها لمجال مغناطيسي

(7-2-3) تطبيقات المواد متغيرة اللون (Applications of Chromic Materials):

تعد المواد متغيرة اللون من أكثر أنواع الخامات الذكية المستخدمة في مجال الصناعة؛ حيث دخلت في العديد من الصناعات منها:

- صناعة الملابس والأحذية والاكسسوارات المتوهجة في الظلام.
- صناعة عدسات النظارات التي تعطي لونا داكنا عند التعرض لضوء الشمس.
- صناعات الطلاءات الذكية متغيرة اللون بالحرارة والمتوهجة في الظلام.
- صناعة الأكواب وحاويات الطعام للأطفال والتي يتغير لونها كمؤشر لحرارة الطعام.
- صناعة ضمادات الجروح الحساسة لمستوى الحموضة كمؤشر لتقدم عملية التئام الجروح.
- صناعة مرايا السيارات الخلفية القابلة للتحول كهربائيا لمنع إبهار العين.
- صناعة كواشف الأحماض والقلويات.
- صناعة شرائط قياس الحرارة التي تشير لدرجات الحرارة المختلفة بالألوان.

(3-3) المواد المتصلدة بالأشعة فوق البنفسجية (UV Curing Materials):

مواد حساسة للأشعة فوق البنفسجية التي تحولها من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة، وتتمتع فوتونات الأشعة فوق البنفسجية بأطوال موجية قصيرة وطاقة كبيرة تساعدها على تصليد تلك المواد.

(4-3) مواد الانفعال الكهروحراري (Pyroelectrics Materials):

مواد يحدث لها استقطاب كهربي كاستجابة لتغير درجة حرارتها، وتستخدم هذه المواد في الكشف عن الأشعة تحت الحمراء باستخدام جهاز تقويم التيار؛ حيث يتم طلاء الالكترود بفيلم رقيق من مادة الانفعال الكهروحراري، وعند امتصاص الأشعة تحت الحمراء يحدث استقطاب كهربي وتتغير الشحنة الكهربية للالكترود كمؤشر على وجود الأشعة.

(5-3) مواد الانفعال الكهروضغطي (Materials Piezoelectric):

مواد تميل إلى إنتاج جهد كهربي كاستجابة لتطبيق قوى الضغط عليها، وتسمى هذه العملية بالتأثير الكهروضغطي والذي ينتج عن العلاقة بين التشوه الميكانيكي والفصل ثنائي القطب الكهربائي.

يستخدم هذا النوع من المواد في صناعة أزرار التحكم في الأجهزة الالكترونية حيث تتسبب قوى ضغط الإصبع في توليد الإشارات الكهربائية المسئولة عن إعطاء الأوامر الالكترونية.

صورة (11) توضح بوليمر ذاكرة الشكل

(2-1-4) الأدوات:

- حصيرة سيليكون (Silicon mat).
- إسطوانة فرد صغيرة من البلاستيك.

صورة (13) توضح الحصيرة السليكون

صورة (14) توضح أداة الفرد البلاستيكية

صورة (10) توضح تطبيق مواد الانفعال الكهرضغطي في أزرار التحكم

4- التطبيق العملي:

قامت الدارسة بتصميم أربعة مجموعات لحلي الأطفال (Jewelry Smart Crafting Collections) اعتمدت في بنائها على الخامات الذكية؛ بحيث تمثل كل مجموعة منهم محاكاة لإحدى عمليات تشكيل الحلي، وفيما يلي تتناول الدارسة كل مجموعة من حيث الخامات والأدوات والخطوات التي يجب اتباعها لممارسة المحاكاة المقترحة.

(1-4) المجموعة الأولى (التشكيل الحر للحلي (Free Form)):

- تُحاكي هذه المجموعة عملية تشكيل الحلي الخزفية باستخدام الطين الأسواني وعجائن السيراميك.

(1-1-4) الخامات:

- بوليمر ذاكرة الشكل
- مساحيق الألوان المضيئة في الظلام

صورة (12) توضح مساحيق الألوان المضيئة في الظلام

- مجموعة من أقلام القطع والتشكيل المصنوعة من البلاستيك.
- مجموعة من قوالب السليكون.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

صورة (15) توضح قوالب السليكون المستخدمة في التشكيل

صورة (16) توضح أقلام القطع والتشكيل

(3-1-4) الخطوات:

- تفريغ حبيبات بوليمر ذاكرة الشكل في وعاء به ماء ساخن وتركه لبضع دقائق حتى يتحول لونه من الأبيض المعتم إلى الشفاف.
- التقاط الحبيبيات من الماء والتي ستكون قد تحولت من الحالة الصلبة إلى اللدونة لتندمج معا وتصبح في قوام العجين.
- تشكيل عجينة البوليمر مباشرة في القوالب أو على الحصيرة السليكون باستخدام أدوات التشكيل.
- ترك القطعة تبرد تماما لتتحول إلى الحالة الصلبة مرة أخرى، أو وضعها مباشرة في ماء مثلج بعد التشكيل، ولإعادة تشكيل القطع مرة أخرى يتم وضعها في ماء ساخن حتى تتحول من الحالة الصلبة إلى اللدونة، ثم يتم إعادة خطوات التشكيل والتصليب مرة أخرى.
- يتم تلوين البوليمر بطريقتين، الطريقة الأولى هي التلوين قبل التشكيل بإضافة كمية من المساحيق ذات الألوان المضيئة في الظلام ودمجها مع البوليمر جيدا ثم اتباع خطوات التشكيل مرة أخرى، أما الطريقة الثانية فهي التلوين بعد التشكيل وذلك بتطبيق الصمغ على سطح القطعة ثم توزيع المساحيق الملونة بفرشاة التلوين على السطح ثم تُترك حتى يجف الصمغ فتتماسك المساحيق مع السطح.
- وفي النهاية يتم إخراج القطعة وتوظيفها بتركيب أجزاء الوصل والتثبيت المناسبة.

(2-4) المجموعة الثانية (تشكيل الحلي بالحبيبات الحرارية (Thermal beads):

- تُحاكي هذه المجموعة عملية التشكيل الحراري للحلي الزجاجية.

(1-2-4) الخامات:

- الحبيبات الحرارية (Thermal beads).
- الحبيبات الحرارية المضيئة في الظلام.

صورة (17) توضح الحبيبات الحرارية (Thermal beads) الغير مضيئة

صورة (18) توضح الحبيبات الحرارية (Thermal beads) الغير مضيئة

(2-2-4) الأدوات:

- ملاقط معكوفة.
- شريط لاصق (Double Face).
- مكواه صغيرة.
- أشكال هندسية مصنوعة من الخشب.
- أوراق كلك شفاف.
- مجموعة من التصميمات الاسترشادية.
- مساحات عمل بلاستيكية لرص الحبيبات.

صورة (19) توضح الملاقط المعكوفة المستخدمة لالتقاط الحبيبات

صورة (20) توضح الشريط اللاصق (Double Face) المستخدم لتثبيت

صورة (21) توضح أوراق الكلك المستخدمة كمساحة عمل لرص الحبيبات

صورة (22) توضح أوراق العمل التصميمات الاسترشادية

صورة (23) توضح مساحات العمل ذو الأشكال الهندسية المستخدمة في رص الحبيبات

صورة (24) توضح الأشكال الهندسية المستخدمة في التصميم بالدمج والإضافة

صورة (25) توضح المكواة الصغيرة المستخدمة في الضغط الحراري للحبيبات

(3-2-4) الخطوات:

- اختيار أحد التصميمات الاسترشادية ووضع ورقة الكلك الشفافة عليها.
- لصق الشريط اللاصق (Double Face) على ورقة الكلك بمساحة التصميم الاسترشادي.
- إعادة تصميم الشكل في الظلام بتحديد الأجزاء التي سيتم تطبيقها بالحبيبات الحرارية المضيئة في الظلام والأجزاء الأخرى التي سيتم تطبيقها بالحبيبات الحرارية العادية، وتحديد الألوان في كلا الجزئين.
- رص الحبيبات الحرارية على الشريط اللاصق باستخدام الملقط لتكوين الشكل.
- الضغط الحراري للحبيبات ودمجها بمساعدة شخص بالغ من خلال استخدام مكواة الحرف اليدوية الصغيرة.
- بعد التدريب على ممارسة العملية من خلال التصميمات الاسترشادية يتم استخدام مساحات العمل البلاستيكية ذات الأشكال الهندسية لرص الحبيبات وتكوين تصميمات جديدة.

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

- تكوين تصميمات جديدة من خلال أسلوب إضافة ودمج الأشكال الهندسية الخشبية ورسم التكوين الناتج على أوراق الكلك، ثم لصق الشريط اللاصق (Double Face) ورص الحبيبات الحرارية على خطوط ومساحات التصميم.

(3-4) المجموعة الرابعة (تشكيل الحلي بأسلاك ذاكرة الشكل (النيتنول)):

صورة (26) توضح سلك ذاكرة الشكل النيتنول سمك 1mm

(2-3-4) مواصفة سلك النيتنول:

- الاسم: أسلاك النيتنول (Nitinol) أسلاك سبائك ذاكرة الشكرة (Ti-Ni Shape Memory Alloy)
- التحفيز: 40°C ± 2°C
- قطر السلك: 1mm
- التركيب: 50% Ni, 50% Ti

صورة (28) توضح اسطوانات التشكيل

(4-3-4) تعديل وتطوير صورة سلك النيتنول:

قامت الدارسة بدراسة وتجربة التشكيل بأسلاك النيتنول كجزء من مرحلة اختيار الخامات والعمليات، وأثناء هذه التجربة وجدت الآتي:

- المرونة الشديدة للأسلاك تُعيق الحصول على أشكال ثابتة.
- مظهر السلك ذو اللون الأسود غير جاذب للأطفال.
- يُفضل عدم تطبيق أي نوع من أنواع الطلاءات التي تحتاج لحرارة عالية على أسلاك النيتنول وذلك حفاظا على خاصية ذاكرة الشكل.
- أي نوع من أنواع الطلاءات العضوية يتلاشى من على سطح أسلاك النيتنول مع الاستخدام نتيجة تعرضها المستمر للمياه الساخنة وأيضا نتيجة تكرار عملية إعادة التشكيل.

لذلك قامت الدارسة بتجربتين لتعديل وتطوير صورة سلك النيتنول، الأولى جدله مع سلك من النحاس بسمك 0.5 مم

- تُحاكي هذه المجموعة عملية تشكيل الحلي بأسلاك الألومنيوم والنحاس.

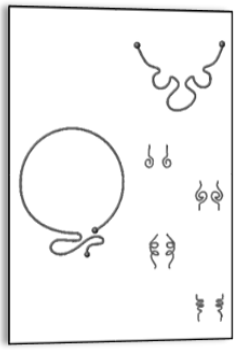
(1-3-4) الخامات:

- أسلاك ذاكرة الشكل النيتنول سمك 1mm.
- أسلاك الألومنيوم الملونة سمك 1mm.

صورة (27) توضح مجموعة من أسلاك الألومنيوم الملونة سمك 1mm

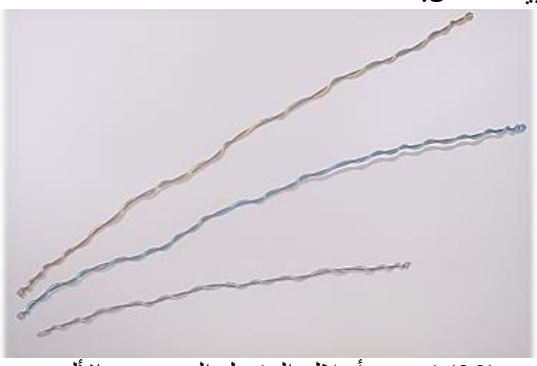
(3-3-4) الأدوات:

- اسطوانات للمساعدة في تشكيل المنحنيات.
- وعاء يحتوي على ماء ساخن بدرجة حرارة 42 °C
- ملقط لالتقاط السلك.
- التصميمات الاسترشادية



صورة (29) توضح التصميمات الاسترشادية

ولكنه لم ينجح في الحفاظ على ثبات الشكل، والثانية بجدله مع سلك من الألومنيوم بسمك 1 مم؛ حيث نجح سلك الألومنيوم في الحفاظ على ثبات الشكل دون تقييده بشكل نهائي بحيث يسمح للسلك بالعودة إلى شكله الأصلي عند التعرض للماء الساخن بالإضافة إلى نجاحه في تحسين مظهر السلك ليكون أكثر جاذبية للأطفال.



صورة (30) توضح أسلاك النيتنول المدمج مع الألومنيوم بعد التطوير

(5-3-4) الخطوات:

- تثبيت الورقة بالتصميم على سطح مستوي.
- وضع طرف السلك على بداية التصميم وتثبيته بإحدى اليدين.
- استخدام اليد الأخرى في لف السلك وتشكيله على منحنيات التصميم.
- في حالة ارتكاب أي خطأ في التشكيل أو الرغبة في إعادة التشكيل مرة أخرى يتم وضع السلك في الماء الساخن فيعود إلى شكله الأصلي المستوي وبعدها تبدأ عملية التشكيل من جديد.
- بعد التدريب على تشكيل أسلاك النيتنول من خلال التصميمات الاسترشادية، يتم استخدام أسلوب التشكيل الحر المباشر للأسلاك باتباع نفس الخطوات

صورة (31) توضح الفصوص الدائرية المخصصة للرسم المرصع

(2-4-4) الأدوات:

- أورق التصميمات القابلة للصق.
- قلم التقاط الفصوص.

صورة (33) توضح قلم الالتقاط والدرج والملقط

(3-4-4) الخطوات:

- اختيار التصميم وإعادة تصميمه في الظلام بتحديد الأجزاء المضيئة والأجزاء الغير مضيئة.
- إزالة ورقة حماية المادة اللاصقة للصق الإطار مسبق التجهيز على القطعة.
- وضع كمية من الفصوص باللون الأول في الدرج الصغير المخصص لتنظيم الفصوص لتسهيل التقاطها.
- التقاط الفصوص ولصقها في أماكنها على التصميم واحد تلو الأخرباستخدام قلم الالتقاط.
- تكرار نفس الخطوات السابقة مع كل لون لحين الانتهاء من التصميم بالكامل.
- تغطية التصميم بالكامل باللون شفاف من الريزن الحساس للأشعة فوق البنفسجية (UV resin).

السابقة لتوليد تصميمات جديدة.

(4-4) المجموعة السادسة (تطعيم الحلي باستخدام الرسم المرصع والريزن الضوئي (UV resin):

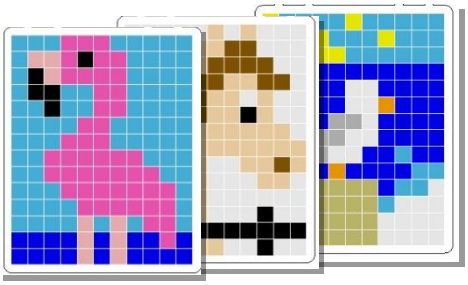
- تُحاكي هذه المجموعة عملية تطعيم الحلي الميكروموزاييك.

(1-4-4) الخامات:

- فصوص دائرية مخصصة للرسم المرصع.
- فصوص اسطوانية زجاجية مضيئة في الظلام.
- لون شفاف من الريزن الحساس للأشعة فوق البنفسجية (UV resin) المخصص للأطفال بدون روائح.
- قطع حلي سابقة التجهيز من النحاس الأصفر المطلي بالفضة.

صورة (32) توضح الفصوص الاسطوانية المضيئة في الظلام

- ملقط لإزالة الفصوص.
- درج صغير للفصوص.



صورة (34) توضح أوراق التصميمات اللاصقة

- تعريض القطعة لمصدر الأشعة فوق البنفسجية لمدة من 3 : 5 دقائق حسب كمية الريزن في القطعة لتصليد طبقة الريزن.

النتائج: Results

1- توظيف الخامات الذكية في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي.
2- يؤدي استخدام الخامات الذكية إلى تنويع أساليب التشكيل في مجموعات الحلي الموجهة للأطفال.
3- يمكن توظيف بوليمر ذاكرة الشكل لمحاكاة عملية تشكيل الحلي الخزفية.
4- محاكاة عملية تشكيل الحلي بالأسلاك باستخدام أسلاك النيتنول.
5- محاكاة لعملية تطعيم الحلي بالميكروموزاييك باستخدام الفصوص المضيئة في الظلام والريزن

This is an Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,provided the original work is properly cited.

الحساس للضوء (UV Resin)

6- إمكانية محاكاة عملية التشكيل الحراري للحلي الزجاجية من خلال الحبيبات الحرارية المضيئة في الظلام (Luminous Thermal Beads)

7- توظيف الخامات الذكية في محاكاة بعض عمليات تشكيل الحلي يجعلها ملائمة لممارسات الأطفال في مرحلة الطفولة المتوسطة.

8- المرونة العالية لأسلاك النيتنول تُضعف من ثبات تشكيلاتها.

9- تطوير سلك النيتنول بدمجه مع سلك آخر من الألومنيوم بنفس السمك.

10- أسلاك النيتنول المدمجة مع أسلاك الألومنيوم الملونة تتمتع بمظهر سطح جذاب للأطفال بالإضافة إلى القدرة على ثبات التشكيل.

التوصيات: Recommendation

1- التوسع في استخدام مجموعات الحلي ذات الخامات الذكية (Smart Materials Jewelry Crafting Collections) كوسيلة تعليمية ضمن برنامج الفنون التابع لمشروع جامعة الطفل.

2- إجراء المزيد من البحوث في مجال تنشئة الطفل كمصمم صغير.

3- إجراء المزيد من البحوث حول الاستفادة من الخامات الذكية في مجال حلي الأطفال.

المراجع: References

1- Cyril Périé, Valentin Mary, Brandon Faceira, Aline Rougier (2022) Colored electrolytes for electrochromic devices, Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 238, May 2022, 111626

2- Jaishree Damodharan, Abhishek Sreedharan, Thirumalaikumar Ramalingam (2018) A Review on Smart Materials, Types and Applications, International Journal of Engineering Technology Science and Research,Volume 5, March 2018, pp184-187

3- Hiltz, John. (2002). Shape Memory Polymers. Literature Review. 36. 10.13140/2.1.1640.5281. Lee, Amelia & An, Jia & Chu, Chee & Zhang, Yi. (2019). Preliminary Investigation of the Reversible 4D Printing of a Dual-Layer Component. Engineering. 5. 10.1016/j.eng.2019.09.007.

4- Alizadeh Sani, Mahmood & Tavassoli, Milad & McClements, David & Hamishehkar, Hamed. (2020). Multifunctional halochromic packaging materials: Saffron petal anthocyanin loaded-chitosan nanofiber/methyl cellulose matrices. Food Hydrocolloids. 111. 106237. 10.1016/j.foodhyd.2020.106237.

5- Nidhi Suhag, Sarishti Singh (2015)Types of Chromism & Its Applications in Fashion & Textile Designing, International Journal of Enhanced Research in Science,Volume 4, August 2015, pp 28-36

6- Prince Kumar Sharma, Tejendra Singh (2019) Smart materials: a review of capabilities and applications, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 10, May 2019, pp 169- 175

7- Qader, Ibrahim & Kök, Mediha & Dagdelen, Fethi & Aydogdu, Yildirim. (2019). A Review of Smart Materials Researches and Applications. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi. 6. 755-788. 10.31202/ecjse.562177.

8- Rottiers, W., Broeck, L.V., Peeters, C.W., & Arras, P. (2011). Shape memory materials and their applications.

9- W.M. Huang, Z. Ding, C.C. Wang, J. Wei, Y. Zhao, H. Purnawali (2010) Shape memory materials,Materials Today,Volume 13, July–August 2010, pp 54-61

10-https://www.olikrom.com/en/piezochromic-materials/

11-https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1310-uv-and-curing

12- https://chem.beloit.edu/edetc/background/memmetal/index.html

13-https://ar.zwniti.com/news/shape-memory-alloys-in-healthcare-nitinol-wir-71433133.html

14-https://www.kingchroma.com/ar/glow-in-dark-powder