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

التكامل الجمالي والوظيفي للزجاج والمعادن في تصميم حُلي معاصرة

The aesthetic and functional integration of glass and metals in contemporary jewelry design

د/ هالة مهدي علي
مدرس بقسم المنتجات المعدنية والحلي، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، halamahdy730@gmail.com
د/شيماء سلامه ابراهيم دسوقي
أستاذ مساعد بقسم الزجاج، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، Shaimaasalama28@gmail.com

ملخص البحث

فنون تصميم الحُلي من أقدم الفنون في التاريخ، حيث كان الإنسان القديم يستخدم الحُلي والمجوهرات كزينة للجسم. كانت الحضارات المصرية القديمة والإغريقية والرومان يصنعون قطع حُلي ومجوهرات مفصلة ومصممة بأسلوب فني متقن، لتعكس قطع الحُلي التاريخ والثقافة والتقاليد والقيم الاجتماعية للشعوب التي صنعتها. ويعتبر الزجاج من أهم الخامات التي تتميز بالشفافية والألوان المتعددة ونعومة السطح الأمر الذي يجعله دائما" جاذبا للانتباه وعلى الرغم من أن المعادن بما تحمله من مظهر براق وقوة وصلادة، إلا أن التباين في الخصائص الفيزيائية لخامتي الزجاج والمعادن يمكن الاستفادة منه في تصميم حُلى معاصرة تجمع بينهما مجال اهتمام البحث. **مشكلة البحث**: -هل يمكن للتكامل التصميمي لخامتي الزجاج والمعادن أن يثري مجال الحُلي جمالياً ووظيفياً؟ كيفية الدمج التقني بين خامتي الزجاج والمعادن في الحصول على تصميمات حُلي مبتكرة؟ **هدف البحث**: -إن الدمج بين خامتي الزجاج والمعادن يحقق تكامل جمالي ووظيفي يثري مجال تصميم الحُلي والتكامل الجمالي والوظيفي للخامتين يفتح آفاقا" جديدة للإبداع. وتفعيل التكنولوجيا الحديثة في التصميم والإنتاج للحصول على حُلي معاصرة بالدمج بين خامتي الزجاج والمعادن. **فرضية البحث**: إن التكامل الجمالي والوظيفي في تصميم الحُلي ينتج عنه اتجاه معاصر يثري مجال تصميم الحُلي. كما يتبع في البحث **منهج وصفي تجريبي** ويتناول البحث بالدراسة النظرية خامتي الزجاج والمعدن وخصائص كلا منهما وتأثير تلك الخصائص على تصميم الحُلي والتقنيات المستخدمة للزجاج في الحُلي وكيفية تحقيق التكامل الجمالي والوظيفي للزجاج والمعدن في تصميم حُلي معاصر ومن خلال الدراسة البحثية والتجارب التطبيقية تم التحقق من الفرض والتوصل لمجموعة من النتائج والتوصيات التي تدعم وتحقق التكامل بين خامتي الزجاج والمعدن تؤكد على أهمية هذا التكامل. الحُلي مرتبط بالمرأة منذ بداية خلقها فالحُلي له مكانة خاصة لدي المرأة لأنه ليس مجرد قطعة للتزين، ولكنه يعبر عن شخصية المرأة وثقافتها وأناقتها وذوقها؛ لذلك لم تكتف أي امرأة باقتناء قطعة واحدة من الحُلي، ولكنها ترغب دائما باقتناء أكثر من قطعة من الحُلي وما فيه من قيمة جمالية وظيفية تكمن في عناصر تصميم الحُلي وخاماته وتعبر عن ذات مرتديه. يشمل تصميم الحُلي وصناعتها الكثير من العناصر المتنوعة ولذلك يعد التكامل الوظيفي والجمالي من العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها في تصميم الحُلي.

كلمات دالة

تصميم الحلي، الزجاج، المعادن
Jewelry Design, Glass, Metals.

Paper received May 18, 2025, Accepted June 27, 2025, Published on line September 1, 2025

المقدمة: Introduction

الحُلي مرتبط بالمرأة منذ بداية خلقها فالحُلي له مكانة خاصة لدي المرأة لأنه ليس مجرد قطعة للتزين، ولكنه يعبر عن شخصية المرأة وثقافتها وأناقتها وذوقها؛ لذلك لم تكتف أي امرأة باقتناء قطعة واحدة من الحُلي، ولكنها ترغب دائما باقتناء أكثر من قطعة من الحُلي وما فيه من قيمة جمالية وظيفية تكمن في عناصر تصميم الحُلي وخاماته وتعبر عن ذات مرتديه. يشمل تصميم الحُلي وصناعتها الكثير من العناصر المتنوعة ولذلك يعد التكامل الوظيفي والجمالي من العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها في تصميم الحُلي.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

- تكمن في التساؤل هل يمكن للتكامل التصميمي الزجاج والمعادن أن يثري مجال الحُلي جمالياً ووظيفياً؟ كيفية الدمج التقني بين خامتي الزجاج والمعادن في الحصول على تصميمات حُلي مبتكرة؟

هدف البحث: Research Objectives

- الدمج بين خامتي المعدن والزجاج ودراسة كيفية ارتباط تلك الخامات المختلفة في الشكل والخواص في قطعة حُلي تجمع بين وقار المعدن وقوة وظيفته في الحفاظ على الزجاج مع جاذبية الزجاج وتنوع مظهره والوانه وشفافيته واعتامه.

فروض البحث: Research Hypothesis

- إن التكامل الجمالي والوظيفي في تصميم الحُلي ينتج عنه اتجاه معاصر يثري مجال تصميم الحُلي.
- الدمج بين خامتي الزجاج والمعادن يحقق تكامل جمالي ووظيفي يثري مجال تصميم الحُلي كما أن التكامل الجمالي والوظيفي وهو ما يفتح آفاقا جديدة للإبداع.

منهج البحث: Research Methodology

- وصفي تجريبي حيث يتناول البحث الدراسة النظرية للزجاج والمعادن وخصائص كلا منهما وتأثير تلك الخصائص على تصميم الحُلي والتقنيات المستخدمة للزجاج في الحُلي وكيفية تحقيق التكامل الجمالي والوظيفي للزجاج والمعادن في تصميم حُلي معاصر

الإطار النظري: Theoretical Framework

أهمية التكامل الجمالي والوظيفي في تصميم الحُلي:

"تصميم الحُلي هو نشاط ابداعي يتضمن معطيات مبتكرة يمكن أن تفي باحتياجات الإنسان للتزين والتي قد تكون وظيفية أو جمالية" (فهيم. وآخرون.٢٠٢٣)[٧]

CITATION Hala Ali, Shaimaa Desouky (2025), The aesthetic and functional integration of glass and metals in contemporary jewelry design, International Design Journal, Vol. 15 No. 5, (September 2025) pp 395-405

لذلك يعتبر التكامل الجمالي والوظيفي من العوامل الأساسية التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم الحُلي. فالتكامل الجمالي يتعلق بتحقيق التوازن والتناغم بين جميع عناصر التصميم، بينما يركز التكامل الوظيفي على مدى قدرة الحُلي على أداء وظائفها بكفاءة. يساعد التوازن بين العناصر الجمالية والوظيفية على تحقيق تصاميم فريدة وعملية قابلة للارتداء. يهدف هذا الجزء من الدراسة إلى تسليط الضوء على أهمية التكامل الجمالي والوظيفي في تصميم الحُلي ودوره في تحسين جودتها وجاذبيتها. بتصرف من الباحثين

الزجاج والمعادن كمواد أساسية لتصميم الحُلي:

تعد المواد المستخدمة في تصميم الحُلي ذات أهمية كبيرة لتحقيق التأثير المرغوب فيه. يتم استخدام الزجاج والمعادن على نطاق واسع في تصميم الحُلي نظرًا لتباين خواصهما المميزة وقدرتهما على تعزيز جمالية قطعة الحُلي. يتميز الزجاج بمظهره الشفاف واللامع، كما يتيح للمصممين الابتكار وخلق تأثيرات مدهشة باستخدامه في الحُلي. أما المعادن فتتميز بقوتها وصلابتها وأناقتها، وتعتبر الخيار المثالي لتصميم قطع الحُلي الأنيقة والمتينة.

الزجاج في تصميم الحُلي:

يعتبر الزجاج من الخامات التي تحتل مكانة مرموقة في الفنون على مر العصور، لما له من العديد من الخصائص الفريدة التي تميزه عن غيره من الخامات ، فنجد أن للزجاج مدى لوني واسع ومتنوع وله العديد من الدرجات الظلية منها المعتم والشفاف والنصف شفاف وشفافيته وقابليته للتشكيل بالعديد من التقنيات، قد مكنت مصممي الحُلي من حرية إبداعية وطلاقة الفكر دون قيود، مما سمح لهم بابتكار أفكار تصميمية تجمع بين الجمال الفني والتقني والتعبير عن أفكاره وذاتيته، و يشهد العصر الحالي على انتشاراً واسعاً وسريعاً في تطور صناعة الزجاج بشكل عام والذي يسهل على المصمم الأبداع في تصميمات الحُلي ، ونجد أن استخدام الزجاج في الحُلي له مرجعية تاريخية ترجع للعصر المصري القديم والتي تطورت بدورها وصولاً للعصر الحالي.

شكل (١) مجموعة من الفصوص الزجاجية متنوعة الالوان.

أنواع الزجاج المستخدم في تصميم الحلي:

تنوع أنواع الزجاج المستخدمة في تصميم الحلي، ولكل منها خصائص مميزة تؤثر على استخدامها وتأثيرها الجمالي.

زجاج الصودا والجير Soda-Lime Silica :يعتبر هذا النوع الأكثر شيوعًا واستخداما من حيث التكلفة، ويستخدم على نطاق واسع في صناعة معظم المنتجات الزجاجية. ويتكون بشكل أساسي من السيليكا والصودا (أكسيد الصوديوم) والجير (أكسيد الكالسيوم)،[٢١] مع بعض الإضافات لتعديل خصائصه الفيزيائية وتحسين جودة ونعومة ولمعان سطحه، كما أنه يتميز بمقاومة كيميائية جيدة والقدرة على الانصهار والتشكيل .ويسهل معالجة سطحه عن باستخدام الملونات الحرارية والاسترات والأكاسيد المعدنية المختلفة والتي يمكن تطبيقها على سطحه أو بداخل طبقاته وتثبيته في درجات الحرارة المناسبة لكل تقنية داخل أفران الحريق الخاصة بالزجاج. ويمكن الاستعانة بزجاج الجير الصودي في عمل الفصوص الزجاجية.

شكل (٢) خرز زجاجي شفاف اللون. [٢٢]

شكل(٣) خرز زجاجي ملون. [٢٢]

زجاج البورسيليكات Borosilicate Glasses ذات معامل تمدد حراري منخفض جدًا، مما يجعله مقاومًا للغاية للصدمات الحرارية مقارنة بالأنواع الأخرى من الزجاج، يتكون بشكل أساسي من السيليكا وثلاثي أكسيد البورون، مع إضافات أخرى من أكسيد الصوديوم وأكسيد الألومنيوم[١٧]، ويتميز أن له درجات انصهار عالية، ويعرف بمتانته .هذه الصلابة تجعله أكثر استخداما في صناعة الخرز الزجاجي والحلي الزجاجية المعاصرة، كما إن مقاومته الحرارية والكيميائية القوية تجعله الاختيار الأمثل للتقنيات التي تجتاح لدرجات حرارة عالية في التشكيل ولقطع الحلي الزجاجية. [١٣]

شكل (٤) سلسة زجاجية من زجاج البوروسليكات النصف شفاف. [١٧]

شكل (٥) دلاية زجاجية بتقنية المشعل الحراري من زجاج البوروسليكات

شكل (٦) خاتم متعدد اللون من زجاج البوروسليكات

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

الزجاج ثنائي اللون Dichroic Glass: نوع مميز من الزجاج يُظهر خصائص بصرية ثنائية اللون، مما يعني أنه يعرض لونين أو أكثر مختلفين اعتمادًا على زاوية الضوء والرؤية، يتم تصنيعه من خلال عملية تقنية عالية تتضمن ترسيب طبقات دقيقة متعددة من أكاسيد المعادن (مثل التيتانيوم والسيليكون والمغنيسيوم) على سطح الزجاج في فرن مفرغ .يتميز بكونه شفافًا مع لمعان معدني مميز يتحول بين لونين .غالبًا ما يستخدم في صناعة الحلي الزجاجة، ويعد من أنواع الزجاج باهظة الثمن مقارنة بغيره من أنواع الزجاج[٢٤]، والمظهر المبهر بالألوان في الزجاج ثنائي اللون يوفر إمكانات جمالية كبيرة لتصميم قطع حلي فريدة وجذابة بصريًا تتفاعل مع الضوء بطرق رائعة وتلقى تفاعلا كبير من المتلقي.

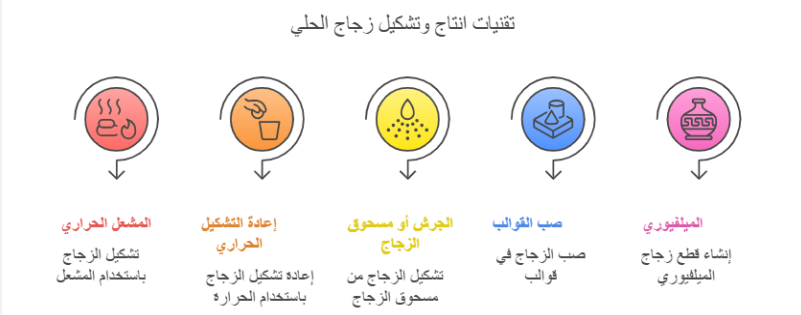
شكل (٧) مجموعة متنوعة من الدلايات المصنعة من الزجاج ثنائي اللون. [٢٩]

الزجاج الكريستال Crystal Glass:
نوع من أنواع الزجاج يحتوي على نسبة كبيرة من أكسيد الرصاص الثنائي(PbO) ، تتراوح عادة نسبته من ١٨٪ إلى ٤٠٪ من حيث الوزن الكلي لتركيب الزجاج يتميز بالبريق واللمعان بدرجة عالية تميزه عن باقي أنواع الزجاج، من أقل أنواع الزجاج لزوجة مما يجعله سهل التشكيل .يستخدم عادة في وحدات الإضاءة والأعمال النحتية وبعض أدوات الشراب وكذلك الحلي الزجاجية، إلا أنه يشكل يمثل خطر على الصحة العامة لوجود مادة الرصاص شديدة السمية والتي تمثل مصدر قلق محتمل للصحة، ولك يجب الحذر من التعامل مع هذا النوع على الرغم من الخصائص البصرية المميزة التى تفرده عن غيره من الأنواع. [٣٠] منقول بتصريف من الباحث

شكل (٨) نماذج لخرزات من زجاج الكريستال [٢٠]

تقنيات استخدام الزجاج في تصميم الحلي:
تقنيات تشكيل وانتاج الزجاج في الحلي:

- تقنية تشكيل الزجاج بالمشعل الحراري
- تقنية إعادة تشكيل الزجاج حراريا
- تقنية تشكيل الزجاج من الجرش أو مسحوق الزجاج
- تقنية صب الزجاج في قوالب
- تقنية انتاج الميلفيوري (زجاج الألف زهرة)



شكل (٩) يوضح تقنيات انتاج وتشكيل الزجاج.
من تصميم الباحثين

الجوانب الجمالية والوظيفية للزجاج في تصميم الحلي:
من أهم الجوانب الجمالية للزجاج في تصميم الحلي:

- **اللون:** يتيح الزجاج مدى لوني واسع في تصميم الحلي من المعتم والشفاف والنصف شفاف، مما يوفر طيفًا واسعًا من الألوان وتأثيرات لونية مميزة مثل الزجاج ثنائي اللون.
- **الملمس وبريق السطح:** يضيف الملمس اهتمامًا بصريًا ولمسيًا ملفت للانتباه إلى الحلي الزجاجية، بدءًا من نعومة الأسطح إلى الأسطح المصنفرة أو المحفورة أو المشكلة حراريا أو مزخرفة السطح.
- **العمق والبعد الثالث:** يمكن استخدام شفافية وشفافية الزجاج لإنشاء إحساس بالعمق والإيهام البصري في قطع الحلي.
- **الانعكاسات:** يمكن استخدام الزجاج تناغم وتناقض مع الخامات المعدنية من خلال انعكاسات اللون والملمس والعاتمة، وتكيف خصائصه العاكسة والمنكسرة مع الضوء والمعدن لإضفاء جمال لمظهر سطح الحلي.

شكل (١٠) يوضح العناصر المالية في تصميم الحلي الزجاجية.
من تصميم الباحثين

الجوانب الوظيفية للزجاج في الحلي:

للزجاج أهمية وظيفية في تصميم الحلى الزجاجية والمتمثلة في:

- **ثبات اللون والبريق والملمس:** اللون في الزجاج لا يتغير ولا يتأثر بالعوامل الزمنية أو الجوية فبالتالي له ثبات للون والملمس زخرفة سطحه على مر العصور.
- **بديل اقتصادي للأحجار الكريمة:** يعتبر الزجاج منافس قوى للأحجار الكريمة من حيث الشكل واللون والملمس بتكلفة اقتصادية.
- **تصميمات أرجنومية:** بحيث يمكن التحكم في وزن وحجم قطع الزجاج وطريقة انتاجها لتناسب طبيعة المستخدم واحتياجاته.
- **تنوع طرق انتاجه:** يتيح التنوع الواسع في طرق الإنتاج مدي واسع للتعبير عن فكر المصمم وابداعه لينتج عنه تصميمات فريدة ومتنوعة.

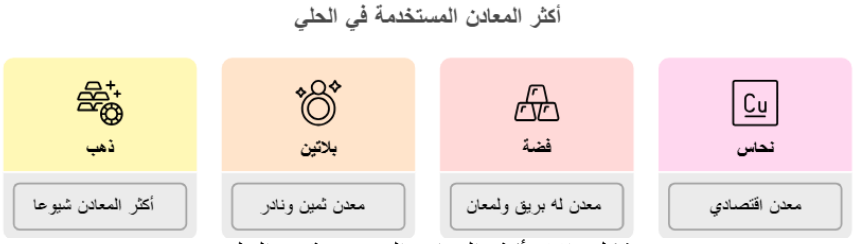
شكل (١١) يوضح الأهمية الوظيفية للزجاج في تصميم الحلي الزجاجية.
من تصميم الباحثين

المعادن في تصميم الحلي:

إن صناعة الحلي المعدنية تعد فناً أكثر من كونها حرفة ومن أكثر الخامات المعدنية الثمينة استخداماً هي الذهب والبلاتين والفضة يليها بعد ذلك المعادن الرخيصة التي تستخدم في الإكسسوارات مثل النحاس والبرونز ، يلعب المعدن دورًا جوهريًا في تصميم وتصنيع الحلي، فهو لا يمنح القطع قيمة مادية فقط، بل يضفي عليها الجمال، ويؤكد على متانتها ومقاومتها للعوامل الخارجية، يختار المصمم المعادن المختلفة بناءً على خصائصها لتتناسب مع تصميماته المتنوعة من الحلي.

أكثر المعادن المستخدمة في الحلي:

الذهب – البلاتين – الفضة - النحاس.



شكل (١٢) أكثر المعادن المستخدمة في الحلي
من تصميم الباحثين

الذهب: Au هو من أقدم المعادن الثمينة المستخدمة في صناعة الحلي والمجوهرات ويتميز الذهب بلونه الدافئ وبريقه الفريد. يتوفر الذهب بعدة عيارات والعيار يشير إلى نسبة نقاء الذهب في السبيكة المعدنية منها عيار ٢٤ وعيار ٢١ وعيار ١٨ وعيار ١٤.

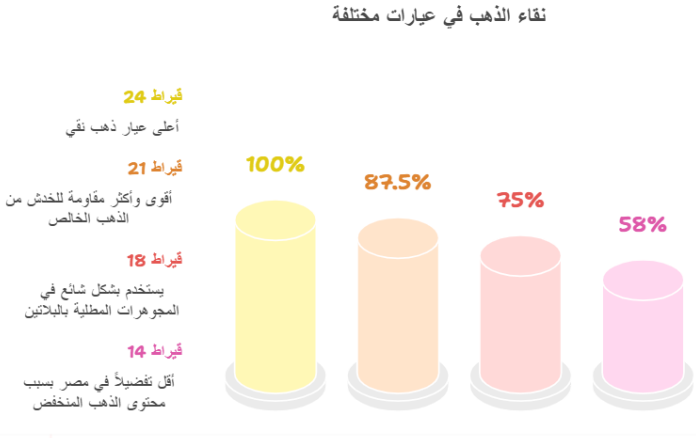
عيار ٢٤ (١٠٠٪ ذهب نقي) :هو أعلى عيار في الذهب، أما عيار ٢١ (٨٧,٥٪ ذهب و١٢,٥٪ معادن مخلوطة): نسبة المزيج من المعادن المتواجد فيه ١٢,٥٪ فقط يجعل من الذهب عيار ٢١ قيراطًا هو الأقوى والأكثر صلابته ومقاومة الخدش من الذهب الخالص. أي أن نسبة الذهب ٢١ جزء من ٢٤ جزء. ولكنه أقل صلابة من عيار ١٨.

عيار ١٨ قيراطًا (٧٥٪ ذهب و٢٥٪ معادن مخلوطة) :نسبة المزيج من المعادن المتواجد فيه٢٥٪. أي أن نسبة الذهب ١٨ جزء من ٢٤ جزء

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

عيار ١٤ قيراط (٥٨٪ ذهب و٤٢٪ معادن مخلوطة): يمتاز بمقاومة أكثر من عيار ١٨ أو عيار ٢١، فكلما قل عيار الذهب كلما زادت صلابته ومقاومة الخدش. ولكن عيار ١٤ غير محبب في مصر نظراً لقلة عيار الذهب فيه كما أن لونه أصفر يميل قليلاً إلى الاخضرار (أصفر ليموني)

يمكن الحصول على عدة ألوان من الذهب حسب المواد الممزوجة بسبيكة الذهب فكلما زاد النحاس كان اللون ورديا وكلما زادت نسبة الفضة أو البلاديوم أو النيكل وغالباً ما يستخدم ذهب عيار ١٨ ويطلي المنتج النهائي بالبلاتين للحصول على أفضل مظهر للمعدن الأبيض. ويوجد سبيكة عرفت منذ القدماء المصريين تسمي الكتروم (الذهب الأبيض) عبارة عن خليط من حوالي ٧٥٪ ذهب – ٢٢٪ فضة – ٣٪ نحاس.



شكل (١٣) نقاء الذهب في العيارات المختلفة

من تصميم الباحثين

البلاتين: Pl معدن ثمين ونادر لذلك غالبا ما يلجئ صناع الذهب إلى استخدام الذهب الأصفر عيار ١٨ ثم تغطيته بطبقة سميكة من طلاء الراديوم والبلاتين.

الفضة: Ag تتجاوز أهمية الفضة في صناعة الحلي قيمتها المادية لتشمل أبعادًا ثقافية ورمزية عميقة، وغالبًا ما ترتبط بالنقاء والرفاهية. وتعتبر الفضة من المعادن النفيسة، كما أنها لينة وقابلة للسحب والطرق؛ لذلك تُستخدم الفضة في صناعة المجوهرات، العملات كما أن بريق الفضة بلونها الأبيض اللامع ووفرتها النسبية (مقارنة بالذهب والبلاتين) يجعل انها خيارًا جيداً لصناعة الحلي.

الفضة تتوفر بعدة عيارات والعيار يشير إلى نسبة نقاء الفضة في السبيكة المعدنية." أشهر عيارات الفضة: عيار ٩٩٩، عيار ٩٢٥، عيار ٨٠٠.ويوجد عيارات أخرى (٩٤٧،٩٥٠،٩٥٨،٩٦٠) لكنها منتشرة بروسيا والمكسيك والصين وفرنسا وغير منتشرة بمصر.

عيار ٩٩٩ تتميز بنقائها بنسبة «٩٩,٩٪»، الفضة النقية تتصف بأنها معدن لين، ما يجعلها غير مناسبة لصناعة معظم المشغولات.

الفضة عيار «٩٢٥»: تحوي السبيكة من هذا العيار «٩٢,٥٪» فضة خالصة، و«٧,٥٪» نحاس، ويمكن وجود نسب قليلة من معادن أخرى غير النحاس، ويقدم هذا العيار أفضل المواصفات التي تناسب صناعة المجوهرات.

الفضة عيار «٨٠٠»: وهو الشائع في مصر، لذلك يسمى في المنطقة العربية بالفضة المصرية، وتم استخدام هذا العيار بشكل واسع في الماضي لصناعة كافة أنواع المشغولات، وذلك بسبب المتانة والقدرة على مقاومة الخدش والتشوه، وتحوي السبائك والقطع من هذا العيار «٨٠٪» من وزنها من الفضة الخالصة، و«٢٠٪» من النحاس وبعض المعادن الأخرى."(رؤوف.٢٠٢٤)

النحاس: Cu النحاس النقي معدن لونه احمر يميل إلى السمرة لين ينصهر عند درجة حرارة ١٠٨٣° م. له قابلية للسحب والطرق، ولكنة يأتي بعد الذهب والفضة. ويفوق ما تبقى من الفلزات في هذه الميزة. (أبو نعيم.٢٠١٥)[١]

"النحاس الأصفر: هو خليط يتكون من معدنين هما النحاس والزنك ونسبة الزنك تتراوح ما بين ٣٠٪ إلى ٥٠٪ ويكتسب خصائص فيزيائية مختلفة عن النحاس النقي مثل قليل الأكسدة"، (بيومي. ٢٠١٣)(٢) لونه أصفر، درجة انصهاره أقل وصلابته أعلى.

الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمعادن والزجاج وتأثيرها على التصميم:

لكل مادة خصائص ومميزات تحدد مجال استخدامها كما أن خواص المادة تلعب دورا هاما في اختيار أساليب التشغيل المناسبة (حلمي. ٢٠٠٨)(٣). والخصائص الفيزيائية هي مجموعة من الخصائص الميكانيكية إلى جانب الخواص البصرية من بريق ولمعان، انعكاس، لون، وملمس. أما عن الخواص الميكانيكية فإنها خاصة بتحديد عمليات التشغيل للمادة وأهمها مقاومة الأحمال والإجهاد (المتانة)، قابلية التشكيل(سليمان .٢٠١٦) (٧)، ومن المعروف أن ٩٩,٥٪ من القشرة الأرضية مكونه من ١٣ عنصر وهم الاكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، الصوديوم، الكالسيوم، البوتاسيوم، الماغنسيوم، التيتانيوم، الهيدروجين، الفسفور، المنجنيز والفلور، والمتبقي من هذه النسبة ٠,٥٪ تشمل عناصر كثيرة لكن أهمها الذهب، الفضة، البلاتين، النحاس، الرصاص، الزنك، القصدير والنيكل، وهذه هي المعادن الأساسية التي يقوم عليها اقتصاد الدول. (العمري. ٢٠٢٤)[٦].

الخواص الفيزيائية البصرية:

هي الصفات الطبيعية التي يمكن ملاحظتها أو قياسها دون تغيير التركيب الكيميائي. وتمتاز المعادن بالبريق واللمعان الناتج عن قدرة المعادن على عكس الأشعة الضوئية وعدم الشفافية وتختلف المواد المعدنية عن الزجاج في كثير من النقاط أهمها:

- **اللون:** المعادن معظمها ذات لون ابيض فضي أو اصفر ذهبي أو احمر مثل النحاس الأحمر أما عن الزجاج يكون عديم اللون في حالته النقية، ويمكن تلوينه بإضافة أكاسيد معدنية.
- **الملمس:** عادة ما يكون المعدن والزجاج ذات سطح أملس وناعم، لكن يمكن تعمد تصنيع سطوح خشنة، أو محفورة لأغراض زخرفية ،أو وظيفية للزجاج ،أو المعدن.

الانعكاس والانكسار الضوئي:

معظم المعادن تعكس الاشعة الضوئية ويُعد الانعكاس الضوئي من الخصائص البصرية المميزة للمعادن، وهو قدرة سطح المعدن على عكس الضوء الساقط عليه. عندما يسقط الضوء على سطح معدن، فإن جزءاً منه يُمتص، بينما يُعكس الجزء الآخر كما أن المعادن تُظهر انعكاسية عالية بسبب بنيتها البلورية مما يجعلها تبدو لامعة أو براقة. هذا اللمعان يُعرف بـ البريق المعدني.

ومعامل انعكاس الفضة والذهب أعلى من البلاتين والنحاس بينما الزجاج له قدرة على انعكاس الضوء ضعيفة عند مقارنته بالمعدن(بيومي. ٢٠١٣)(٢) ، كما أن الزجاج لا توجد قيمة ثابتة واحدة لمعامل الانكسار، حيث يختلف بناءً على عدة عوامل أهمها:

- **التركيب الكيميائي للزجاج:** تختلف أنواع الزجاج بشكل كبير في تركيبها الكيميائي بإضافة مواد مختلفة إلى السيليكا الأساسية. هذه المكونات المضافة تؤثر بشكل مباشر على الخصائص البصرية للزجاج، بما في ذلك معامل انكساره. على سبيل المثال:
- **الزجاج العادي (Soda-lime glass):** يبلغ معامل انكساره حوالي ١,٥.
- **الزجاج الكريستالي أو الزجاج الرصاصي،** الذي يحتوي على نسبة عالية من أكسيد الرصاص، يمتلك معامل انكسار أعلى يمكن أن يتجاوز ١,٦ وقد يصل إلى ما يقرب من ٢,٠ في بعض الحالات، مما يمنحه بريقًا وتشتتًا عاليًا للضوء.
- **زجاج الكوارتز** عالي النقاء يمتلك معامل انكسار أقل نسبيًا مقارنة بالزجاج العادي.(١٥) بتصريف من الباحث

وفيما يلي جدول بقيم معاملات الانعكاس والانكسار لبعض المعادن والزجاج.

المادة	الزجاج	الذهب	البلاتين	الفضة	النحاس
معامل الانكسار	لا توجد قيمة ثابتة	٠,٣٦	٢,٣٣	٠,١٨	٠,٦٣
معامل الانعكاس	٤:١٠٪	٨٥٪	٧٠٪	٩٥٪	٧٣٪

جدول (١) قيم معامل الانعكاس والانكسار للزجاج وبعض المعادن المستخدمة في الحلي". (حلمي. ٢٠٠٨)(٣).

الشفافية والنفاذية الضوئية: تمتاز المعادن بأنها غير نافذة للضوء الا في حالة قصد المصمم لإظهار نفاذية من خلال عمل تفريغ في سطح المعدن أو استخدام اسلاك بينها فراغات لتحقيق النفاذية الضوئية. بينما يتميز الزجاج بالسماحية لمرور الضوء لما له من نفاذية عالية للضوء أو شبة نفاذية حسب درجة شفافية الزجاج.

التكامل الجمالي والوظيفي للزجاج والمعادن في تصميم الحلي:

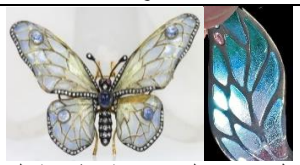
في صناعة الحلي من المعدن مع الزجاج، يتم ترابط الزجاج مع المعادن باستخدام عدة طرق وتقنيات مختلفة، وذلك حسب نوع المعدن والزجاج المستخدمين، بالإضافة إلى التصميم المراد تنفيذه. في صناعة الحلي، يتم دمج وترابط الزجاج مع المعادن باستخدام عدة طرق وتقنيات مختلفة، وذلك حسب نوع المعدن والزجاج المستخدمين، بالإضافة إلى التصميم المطلوب الحصول عليه.

أهم الطرق لتركيب الزجاج مع المعادن في الحلي:

يتطلب دمج الزجاج والمعادن في قطع الحلي إتقان مجموعة من التقنيات التي تضمن تماسك الخامتين وجمالية التصميم النهائي. يعتمد اختيار الطريقة الأنسب على نوع الزجاج المستخدم، وشكل وحجم قطعة الزجاج، ونوع المعدن، والتأثير الفني المرغوب، بالإضافة إلى المتانة المطلوبة للقطعة. من أهم الطرق المستخدمة لتركيب الزجاج مع المعادن في الحلي:

التثبيت بالإطار (Bezel Setting): يتم إنشاء شريط معدني يحيط بقطعة الزجاج تمامًا ويثبت باللحام على خلفية مغلقة أو مفرغة، ثم يتم دفع حافة الشريط المعدني برفق فوق حافة الزجاج لتثبيته بإحكام في مكانه. تُستخدم هذه الطريقة بشكل خاص مع قطع الزجاج ذات القاع المسطح أو شبه المسطح. (٢٨)منقول بتصريف من الباحثين	 شكل (١٤) طريقة تثبيت الزجاج في إطار
التثبيت بالمخالب (Prong/Claw Setting): يتم استخدام "مخالب" معدنية صغيرة تمسك بقطعة الزجاج من جوانبها وتثبتها على القاعدة المعدنية. تسمح هذه الطريقة بمرور قدر أكبر من الضوء عبر الزجاج، مما يزيد من بريقه. تُستخدم عادة مع قطع الزجاج ذات الأوجه أو الأشكال التي يمكن للمخالب الإمساك بها بإحكام.(٢٨)	 شكل (١٥) طريقة تثبيت الزجاج بالمخالب (٢١)
التثبيت بالضغط (Flush Setting/Gypsy Setting): يتم وضع قطعة الزجاج داخل تجويف في المعدن او إطار معدني، ثم يتم دفع المعدن المحيط بالزجاج لتثبيته ومساواته بسطح المعدن. تُستخدم هذه الطريقة لقطع الزجاج الصغيرة نسبيًا وتوفر سطحًا أملسًا.	 شكل (١٦) طريقة تثبيت الزجاج بالضغط
الترسيب الكهربي للمعدن (Electroplating of metal): هو عملية كهروكيميائية تستخدم تياراً كهربائياً لاختزال كاتيونات المعدن الذائبة من محلول وترسيبها كطبقة معدنية رقيقة محيطة بقطعة الزجاج ومتماسكة على السطح الزجاجي الذي تم تنشيط أجزاء منه للتمكن من الترسيب عليه. تُستخدم هذه العملية لتحسين المظهر الجمالي، وقد يكون الترسيب أكثر من مجرد إطار وذلك حسب التصميم.	-
تقنيات المينا (Enameling): تتضمن هذه التقنية صهر مسحوق زجاجي ملون على سطح معدني عند درجات حرارة عالية، مما يؤدي إلى انصهار الزجاج على سطح المعدن وتكوين طبقة زجاجية متينة وملونة. هناك عدة أنواع من المينا تستخدم في الحلي.(O.Neil,1996)(١١)	 شكل (١٧) حلي معدنية بالمينا.(٢٣)
المينا المرصعة (Cloisonné): يتم تشكيل أسلاك معدنية رفيعة (غالبًا من الذهب أو الفضة) لتكوين خلايا أو "حواجز" على السطح المعدني، ثم تُملأ هذه الخلايا بمسحوق المينا الملون قبل تثبيتها بالحرارة.(١٥) منقول بتصريف من الباحثين	 شكل (١٨) حلي معدنية بالمينا المرصعة(٢٣)

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

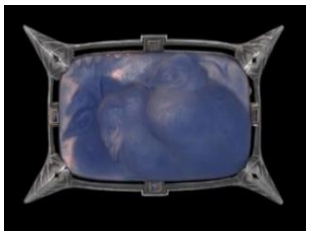
مينا الحفر (Champlevé): يتم حفر التصميم في السطح المعدني، ثم تُملأ هذه المساحات المحفورة بمسحوق المينا ثم تعرض القطعة للحرارة المناسبة لحرق المينا وتثبيتها على السطح.	 شكل (١٩) قطعة حلي معدنية بمينا الحفر(٢٣)
المينا الشفافة المفتوحة (Plique-à-jour): تشبه المينا المرصعة، ولكن بدون خلفية معدنية، لان المعدن المحيط بالمينا ذات سمك عالي ويتم تفريغ مساحات صغيرة في المعدن بزاوية ميل بحيث المساحة العلوية المفرغة في المعدن أكبر من المساحة المفرغة من الأسفل لتحجز المينا ولا تقع، مما يسمح للضوء بالمرور عبر طبقة المينا الزجاجية لتعطي تأثيراً شبيهاً بالزجاج المعشق المصغر.	 شكل(٢٠) حلي معدنية بطريقة المينا الشفافة المفتوحة. (٢٣)
الوصلات الباردة (Cold Connections): هي طرق لربط المواد بدون استخدام الحرارة، وتُعد مثالية لدمج الزجاج مع المعادن خاصة عندما يكون الزجاج حساسًا للحرارة أو عندما لا تكون خصائص المواد مناسبة للحام. من أمثلة الوصلات الباردة	 شكل (٢١) حلي زجاجية مثبتة بالوصلات الباردة
البرشمة (Riveting): يتم استخدام مسمار معدني صغير (برشام) لربط قطعة الزجاج (التي تحتوي على ثقب) بقطعة معدنية عن طريق تشكيل طرفي المسمار لتثبيت المادتين معًا.(٢٧) "معنى البرشام هو فلطحة الجدار العلوي لماسورة البرشام بما يؤدي إلى إحكام الأجزاء المراد ضمها مع قاعدة التثبيت" (عبد الواحد.١٩٩٩)(٥)	 شكل (٢٢) قطعة حلي زجاجية مثبتة بالبرشمة
اللصق (Gluing): يمكن استخدام مواد لاصقة قوية مصممة خصيصًا لربط الزجاج بالمعادن، تُعد هذه الطريقة مناسبة لقطع الحلي الخفيفة أو العناصر الزخرفية التي لا تتعرض لإجهاد ميكانيكي كبير، يتطلب اللصق تجهيز السطحين لضمان أفضل التصاق. ويختار المصمم الطريقة أو مجموعة الطرق الأنسب بناءً على التصميم المطلوب، نوع المواد المتاحة، ومستوى المهارة، والنتيجة الجمالية والوظيفية التي يرغب في تحقيقها في قطعة الحلي النهائية.	-

أشهر الفنانين في مجال الحلي مع الزجاج:

رينيه لاليك (René Lalique) (١٨٦٠-١٩٤٥): رينيه لاليك فنانًا ومصممًا فرنسيًا شهيرًا في مجال الزجاج والمجوهرات. اشتهر بتصاميمه الفريدة والمبتكرة التي جمعت بين الزجاج والمعادن بطريقة فنية رائعة. استخدم لاليك الزجاج بألوان وأشكال مختلفة لإنشاء قطع مجوهرات فريدة من نوعها، يُعتبر رينيه لاليك أحد أشهر الفنانين المرتبطين بحركة الفن الجديد .(Art Nouveau) اشتهر ببراعته في استخدام المواد المتنوعة في تصميم المجوهرات، وكان الزجاج من أهم المواد التي أتقن تطويعها لينتج قطعًا من الحلي بتصميمات مستوحاة من الطبيعة والكائنات الحية.(٣٠)منقول بتصرف من الباحثين.

شكل(٢٤) سوار من اعمال رينيه لاليك(٣٠)

شكل (٢٥) بروش من اعمال رينيه لاليك(٣٠)


شكل (٢٦) من اعمال رينيه لاليك (٣٠)

شكل(٢٧) بروش من اعمال لاليك(٣٠)

لويس تيفاني (Louis Comfort Tiffany) (١٨٤٨-١٩٣٣): كان لويس تيفاني فنانًا ومصممًا أمريكيًا مشهورًا في مجال الزجاج. ركز اهتمام لويس كومفورت تيفاني بشكل كبير على الزجاج، حيث قام بتطوير تقنيات جديدة ومبتكرة في صناعة الزجاج الملون، أشهرها زجاج "فافريل (Favrile glass) "الذي تميز بألوانه الغنية والمتلألئة وتأثيراته القزحية، تميز لويس كومفورت تيفاني ببراعته في تصميم الزجاج مع المعدن في مجال الحلي والمجوهرات. تميزت مجوهراته بتصاميمها العضوية المستوحاة من الطبيعة، حيث دمج بمهارة الزجاج الملون والمينا والمعادن المختلفة (مثل الذهب والفضة) لينتج قطعًا من الحلي فريدة من نوعها. مجوهرات تيفاني تركز القيمة الفنية والتصميم المبتكر الذي يجمع بين جمال الزجاج وتألق المعادن.(٣٣) منقول بتصريف من الباحث

شكل (٢٨) دلاية من اعمال تيفاني[٣٣]

شكل (٢٩) دلاية من اعمال تيفاني[٣٣]

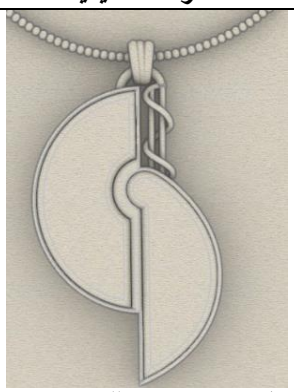
شكل (٣٠) دلاية من اعمال تيفاني[٣٣]

إيميل جاليه Émile Gallé:

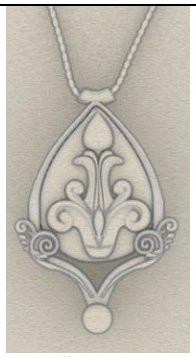
يُعد إيميل جاليه (Émile Gallé) (1846-1904) أحد أبرز فناني الزجاج في التاريخ. لم يقتصر إبداعه على المزهريات والمصابيح الشهيرة فقط، بل امتد ليشمل تصميم الحلي التي غالبًا ما تضمنت عناصر زجاجية فريدة تعكس أسلوبه المميز المستوحى من الطبيعة، وظف إيميل جاليه تقنيات الزجاج المتعددة ليصمم قطعًا فنية صغيرة للتزيين، غالبًا ما تضمنت مجوهراته عناصر زجاجية على شكل أزهار، حشرات والفراشات ونباتات، تعكس حبه للطبيعة واهتمامه بالتفاصيل الدقيقة. لم يكن الزجاج في حلي جاليه مجرد مادة تكميلية، بل كان عنصراً أساسياً في التصميم يحمل قيمة فنية وجمالية في حد ذاته، وغالبًا ما كان يُدمج مع معادن ثمينة مثل الذهب والفضة، بالإضافة إلى مواد أخرى مثل العاج والقرن. (٣٢)،(١٦)منقول بتصرف من الباحثين.

تطبيقات عمليه للتكامل الجمالي والوظيفي في تصميم الحلي بالمعادن والزجاج :

من خلال البحث يتم تطبيق مجموعة من تصميمات الحلي العصرية التي تمزج بين الجمال والابتكار من خلال استخدام الزجاج بتقنياته المتنوعة وتنوع المعادن بين الذهب والفضة مع توظيف أساليب الترابط المختلفة بين الزجاج والمعدن والتي تم التعرض لها من قبل لتصميم وتنفيذ مجموعة متنوعة وفريدة من الحلي العصرية التي تعكس التوازن بين صلابة وبريق المعدن وشفافية ولمعان الزجاج في آن واحد.

التطبيقـــــات	الفكرة التصميمية	التنفيذ
التطبيق رقم١: دلاية من معدن النحاس الأحمر اللامع مع الزجاج الثنائي اللون بدرجات اللون الأزرق، تثبيت الزجاج بالإطار المعدني الشبه مغلق، ومفرغ من الخلف مع ترك إطار ٣مم من القاعدة حيث يكون مقطع المعدن بشكل حرف L لتقليل كمية المعدن المستخدم للحفاظ على وزن قطعة الحلي وسمك المعدن المستخدم ٠,٨مم وتحقيق أفضل المعايير الارجونومية، والتصميم تجريدي لعنصر الدائرة يتكامل فيه المعدن مع الزجاج من حيث التصميم وطريقة التركيب. يتميز النحاس الأحمر بقيمة جمالية خاصة من حيث البريق واللمعان فهو لون دافئ يبعث الإحساس بالراحة والفخامة، وعند اضافة الزجاج الثنائي اللون والذي يتميز بنعومة وانعكاس سطحه مع لمعة من البريق المعدني المميزة، تؤكد على الناحية الجمالية للتصميم.	 شكل (٣٢) اسكتش للتطبيق رقم ١	شكل (٣٣) التطبيق رقم ١
التطبيق رقم٢: دلاية من معدن النحاس المطلي بالذهب مع طبقات متدرجة من الزجاج العسلي المنفذ بتقنية إعادة تشكيل الزجاج حراريا، تصميم الدلاية مستوحى من الطراز الإسلامي مستخدما الدمج بين الزخارف النباتية الإسلامية والزخارف الهندسية وتم تصميمه بشكل معاصر لدمج الزجاج سمك ٣مم مع معدن النحاس سمك ١,٢مم،والتصميم عباره عن شريحة من المعدن مفرغ به الزخارف الإسلامية بالمنشار وأجزاء من المعدن محفور في أماكن تثبيت الزجاج بالمواد اللاصقة. وقد تم التأكيد على القيمة الجمالية في التصميم باختيار اللون الذهبي للمعدن والذي يعطي القيمة والفخامة مع الزجاج العسلي المشتق من الدرجات اللونية للون الذهبي للتأكيد على البريق واللمعان.	شكل (٣٤) اسكتش للتطبيق رقم ٢	شكل (٣٥) التطبيق رقم ٢
التطبيق رقم٣: رقبية من معدن الفضة مع الزجاج الأزرق النصف شفاف المشكل بتقنية المشعل الحراري باستخدام زجاج البوروسليكات (تشكيل الأعمدة الزجاجية المصمتة)، يتم تثبيت الزجاج مع المعدن من خلال حلقات معدنية ملحومة في المعدن وملتفة حول الزجاج. والتصميم مستوحى من زخارف العصر الفيكتوري مدمجا مع العناصر الطبيعية المتمثلة في ورقة الشجر والتي تم استخدامها بحلقات وصل للربط بين وحدتي الزجاج والتأكيد على التكامل التصميمي والتقني في تصميم وانتاج قطعة الحلي. ويعطي اللون الفضي إحساساً بالحداثة ويرمز للأناقة والتطور كما أن الجمع بين اللون الفضي والأزرق يخلق توليفة لونية راقية وتأثير بصري مميز يؤكد على الإحساس بجمال ورونق الحلي.	شكل (٣٦) اسكتش للتطبيق رقم ٣	شكل(٣٧) التطبيق رقم ٣

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

التطبيقـــــــات	الفكرة التصميمية	التنفيذ
التطبيق رقم٤: دلاية من معدن النحاس المطلي بالذهب مع الزجاج الشفاف المشكل بتقنية النحت البارز والغائر في قالب حراري، وتم تثبيت الزجاج بالإطار المعدني، والارضية المعدنية مفرغة من الخلف مع ترك إطار بعرض ٣مم من القاعدة حيث يكون مقطع المعدن بشكل حرف L لتقليل المعدن، سمك المعدن المستخدم٠,٩مم والتأكيد على شفافية الزجاج، التصميم مستوحى من عناصر الفن القوطي بشكل معاصر. الجمع بين المعدن الذهبي والزجاج الشفاف يعد توليفة كلاسيكية لا تخطئها العين، وتخلق تأثيرًا جماليًا راقيًا ومفعما بالإشراق.	 شكل (٣٨) اسكتش للتطبيق رقم ٤	شكل (٣٩) التطبيق رقم ٤
التطبيق رقم ٥: عقد من معدن النحاس المطلي بالذهب مع الزجاج الشفاف باللون الأكوا والمنتج بتقنية النحت الزجاجي في قالب حراري، تثبيت الزجاج بالشوك المعدنية الملحومة في إطار محيط بالزجاج من أسفل والفواصل المعدنية ربط بالذرد (حلقات معدنية) ليكون الوصل مرن لربط قطع الزجاج، مما يسمح لها بالتحرك بحرية وإضفاء ديناميكية على التصميم، والتصميم مستوحي من زخارف الفن الفيكتوري مدمجا مع اتجاه الفنان العالمي ايميل جالية،والتصميم عبارة عن وحدات تكرارية متنوعة الحجم. ويعرف الذهب بكونه رمزًا للثراء والفخامة والرفاهية، وتأثيره الجمالي ينبع من البريق الذي يدل على الفخامة والجاذبية بوجوده بأي تصميم وبدمج شفافية الزجاج الممزوج باللون الأكوا مع الذهب نؤكد على القيمة الجمالية للتصميم.	شكل (٤٠) اسكتش صدرية للتطبيق رقم ٥	شكل (٤١) صدرية التطبيق رقم ٥
التطبيق رقم ٥: قرط من معدن النحاس المطلي بالذهب مع الزجاج الشفاف المشكل بتقنية النحت الزجاجي مكمل للتطبيق رقم ٥ وموضح به طرق تركيب الزجاج مع المعدن. ونلاحظ القيمة الجمالية لشفافية الزجاج والدرجات الظلية الزخرفية البارزة والغائرة مع اللون الذهبي بدفئة ولمعان سطحه للتأكيد على جذب انتباه المتلقي والشعور بالتميز والفخامة.	شكل (٤٢) اسكتش حلق للتطبيق رقم ٥	شكل (٤٣) حلق من التطبيق رقم٥
دلاية صدر تجمع بين الزجاج والمعدن ومكمل تصميمي للتطبيق الخامس وهو عبارة عن بدائل تصميمية للوحدة الرئيسية المكونة للتصميم، والتي تم توظيفها بالتكرار والتنوع الحجمي. وتم فيه التأكيد على اللون الذهبي برونقه ولمعانه مع القيم الجمالية للتدرجات اللونية للزجاج البارز والغائر والمشكل بتقنية النحت الزجاجي.	شكل (٤٤) اسكتش دلاية صدر من التطبيق رقم ٥	شكل (٤٥) دلاية صدر من التطبيق رقم ٥

النتائج: Results

من خلال الدراسة البحثية واجراء التطبيقات للحلي الذي يجمع بين المعادن والزجاج تم التوصل إلى النتائج التالية:

- إن مواكبة الاتجاهات المعاصرة في التصميم التي تركز على الأصالة وتقنيات انتاج الزجاج المختلفة وتكنولوجيا المعادن أدوات هامة للمصمم تساهم في انتاج أفكار تتميز بالإبتكارية والتميز.
- اختيار طرق التركيب المناسبة من أهم عناصر نجاح التصميم التكاملي بين الزجاج والمعدن في تصميم الحلي.
- المعادن تمكن المصمم من عمل وصلات وروابط متحركة تضفي حركة على الحلي مثل الأقراط المتدلية لتعطيها حركة ديناميكية تزيد من رونقه وجذبه للانتباه.
- يسهم المعدن في توزيع وزن الزجاج بشكل متوازن، مما يجعل القطعة أكثر راحة عند الارتداء.
- يجب على المصمم استخدام الزجاج بسمك يتراوح من ٣-٥مم والمعادن من ٠,٨:١,٢ مم مراعاة للجوانب الأرجونومية.
- من خلال التجارب العملية تم التوصل لاستخدام المعدن بسمك
- زجاج البوروسليكات من أفضل أنواع الزجاج ملائمة للحلي لما يتميز به من خصائص مقاومة للكسر والصدمات الحرارية.
- يفضل استخدام طريقتي التثبيت بإطار (الشبه مغلق) والتثبيت بالمخالب (المفتوح) مع زجاج الجير الصودي حفاظا عليه من الكسر وضمان الحماية الهيكلية.

التوصيات: Recommendation

كما يوصى في البحث بالتوصيات التالية:

- تفعيل التكنولوجيا الداعمة لكل من المنتجات التي تجمع بين المعدن والزجاج.
- ضرورة عمل الدراسات البينية بين التخصصات المختلفة.
- تشجيع المؤسسات للحرف اليدوية وإعادة تدوير المعادن والزجاج لإنتاج قطع حلي مبتكرة تحمل قيم تراثية.

المراجع: References

١- أبو نعيم، محمود .(٢٠١٥) "الرسم والتصميم على المعادن والنحاس" ط٢ ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان. الأردن.

٢- بيومي، لبنى عبد العزيز محمد. (٢٠١٣) "أشغال المعادن" ط١، دار الزهراء للنشر والتوزيع. الرياض، السعودية.

٣- حلمي، احمد زكي. (٢٠٠٨) "اساسيات تكنولوجيا التصنيع تشكيل المعادن بدون قطع" ط٢، الدار المصرية للعلوم، القاهرة، مصر.

٤- سليمان، أسامة محمد المرضي. (٢٠١٦) "كتاب عمليات التصنيع ٢" الطابعة الثانية، كلية الهندسة جامعة وادي النيل. السودان.

٥- عبد الواحد، سامي محروس أحمد. (١٩٩٩) "الخواص الكمية والكيفية للأحجار الكريمة وشبه الكريمة وأثرها في استحداث نظم وبنائيات في تصميم الحُلي المرصعة" بحث غير منشور، قسم المنتجات المعدنية والحُلي، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

٦- العمري، عبد الله بن محمد (٢٠٢٤)"موسوعة العمري في التعدين والطاقة" دار العبيكان للنشر. السعودية.

٧- فهيم، آلاء راضي. وآخرون. "دور القيم التشكيلية للنحت في اثراء جماليات حلي الملك توت عنخ آمون" مجلة العلوم والفنون التطبيقية، جامعة دمياط. مجلد ١٠، العدد٤.

8- "Glass Beads: Selections From The Corning Museum of Glass" (Published by The Corning Museum of Glass)

9- Philippe J. Kradolfer "The Art of Recycled Glass Beads",

10- Leffler,T.(2009).Glass BeadmakigSecrets.

11- O.Neil,j.P(1996)Enamels of LLimoges:1100-1350.New York.

12- http://vitrumstudio.com/vitrumenotes/Striped%20Dichroic%20Earrings%20FINALrecovered.pdf

13- https://advancedtechnicalprod.com/is-borosilicate-glass-safe/

14- https://ar.cnsteelballs.com/glass-balls/solid-glass-balls/soda-lime-glass-ball.html

15- https://fyi.extension.wisc.edu/wi4hpublications/files/2015/10/4H158.pdf

16- https://hickmet.com/blogs/newsfeed/know-your-artists-emile-galle-1

17- https://joymcmillanglass.co.uk/products/bold-borosilicate-glass-chain-with-frosted-links?srsltid=AfmBOopO5a-M_L9HRXsrUsP2keJA1AAw8K_pSf8fVSBXA1DD3XlMmFGf

18- https://seaglassjewelrybyjane.com/shop/bezel-set

19- https://www.allfreejewelrymaking.com/Wire-Wire-work/13-Simple-Wire-Jewelry-Making-Instructions-for-Beginners

20- https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=b3sZcKxd&id=1A16B1CC01EC28356DB0B9E0CB45C0BA2473EC60&thid=OIP.b3sZcKxd84mRCfgHLaqvIAAAAA&mediaurl=https%3A%2F%2Fi.etsystatic.com%2F16788378%2Fc%2F1325%2F1052%2F490%2F902%2Fil%2Fde68ac%2F1743953748%2Fil_340x270.1743953748_imse.jpg&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.6f7b1970ac5df3899109f8072daaaf20%3Frik%3DYOxzJLrARcvguQ%26pid%3DImgRa

21- https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=YKvSvVXh&id=B5E6BA936769798A3BBB2363463B80F4287CDB6E&thid=OIP.YKvSvVXhByzGc8AErak5zQHaE8&mediaurl=https%3A%2F%2Fmetalwerx.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fstyles%2Fmax_2600x2600%2Fpublic%2Fmedia%2Fimages%2FClassDetailImage.Keast_.ProngAndClaw%285%29.jpg%3Fitok%3DfV1EO5nW&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.60abd2bd55e1072cc673c004ada9

22- https://www.elwatannews.com/news/details/7642638

23- https://www.google.com.sa/search?q=Plique-%C3%A0-jour&sca_esv=8b2274f2dc24e9f5&hl=ar&source=hp&biw=1610&bih=948&ei=8OEoaP37BOWLxc8P9rjKiAc&iflsig=ACkRmUkAAAAAaCjwAHixP-G1RAhxfAOxk-2ubD8RwMw&ved=0ahUKEwj9s6aMnauNAxXlRfEDHXacEnEQ4dUDCA8&oq=Plique%C3%A0jour&gs_lp=EgNpbWciDlBsaXF1ZS3DoC1qb3VySABQAFgAcAB4AJABAJgBAKABAKoBALgBDMgBAPgBAooCC2d3cy13aXotaW1nmAIAoAIAmAMAkgcAoAcAsgcAuAcAwgcAyAcA&sclient=img

24- https://www.google.com/search?q=dichroic+glass&sca_esv=45c8bf4228d081b3&hl=en&source=hp&biw=1621&bih=964&ei=1ihLaL-uE5echbIPofKluQc&iflsig=AOw8s4IAAAAAaEs25t4oydkNBfEggKToUr3t8PuJ4hvy&oq=dichroic-glass&gs_lp=EgNpbWciDmRpY2hyb2ljLWdsYXNzKgIIADIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHjIEEAAYHkidZFCOD1iAV3AAeACQAQCYAcABoAGLBKoBAzAuM7gBAcgBAPgBAvgBAYoCC2d3cy13aXotaW1nmAIC

25- https://www.google.com/search?sca_esv=45c8bf4228d081b3&hl=en&q=%D8%AC%D9%8A%D8%B1+%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%88%D8%AF%D8%A7+%D8%B2%D

Open Access article distributed under the Creative Commons Attribution License permiting unrestricted use in any medium, provided the work is pr cited.

27- https://www.kernowcraft.com/blog/12-months-of-metal-challenge-with-make-it-kim/riveting-and-cold-connections-for-jewellery-making
28- https://www.kernowcraft.com/jewellery-making-tips/gemstone-setting-advice/how-to-make-a-prongclaw-setting
29- https://www.macklowegallery.com/products/emile-galle-epis-de-ble-sever
30- https://www.meisterdrucke.ae/artist/Rene-Jules-Lalique.html
31- https://www.msb-jablonec.cz/assets/veda_a_vyzkum/2022/1c-jsc-novy-story-of-jewelry.jogs_.2022-komprimovany.pdf
32- https://www.wikiart.org/en/emile-gall
33- https://www.wikiart.org/en/louis-comfort-tiffany/hair-ornament-1904
26- https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Far.aliexpress.com%2Fi%2F1005004073674669.html&psig=AOvVaw1IoA60AXMZaHqQ9LVPlKzG&ust=1749843236342000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCPDh553Q7I0DFQAAAAAdAAAAABAE