الاستفادة من التقنيات الحديثة في تصميم وتصنيع معلقات فنية معدنية تتميز بالخداع البصري (تطبيقاً علي مقرر التدريب للفرقة الاولي)

Taking advantage of modern technologies in designing and manufacturing metal artistic pendants characterized by optical illusions (In application of the training syllabus for the first year)

م.د./ أيمن علي عبد الحليم

مدرس بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Lect. Ayman Aly Abd Elhalim

Lecturer in Metal Furniture and Construction Design Department-Faculty of Applied Arts - Helwan University

dr-aymanaly@a-arts.helwan.edu.eg

الملخص

يشهد التصميم الحديث للمعلقات الفنية مثل المرايا او الاعمال الفنية علي الحائط للديكور استخداماً متزايداً ومبتكراً للتقنيات الحاسوبية والنمذجة ثلاثية الأبعاد للتصميم او الاستخدام في التصنيع، حيث تتيح هذه التقنيات المصممين تحقيق أشكال معقدة ومبتكرة بشكل أسرع وأكثر دقة من السابق، بالإضافة إلى ذلك، تمكن هذه التقنيات من توفير مرونة أكبر وتتعزز عملية التصميم والابتكار بسرعة أكبر، مما يسهم في تجسيد الأفكار الإبداعية بشكل أفضل وخاصة في فن وتطبيق الخداع البصري بشكل متقدم ومبتكر في المعلقات الفنية. وبفضل هذا التطور الحديث في التصميم يمكن استخدام التقنيات الحديثة مثل التحكم الرقمي الآلي cnc في عمليات التصنيع، حيث يتم تعزيز إمكانية التصنيع بطرق تقنية مبتكرة تعمل علي تحقيق أعمال فنية رائعة ومدهشة للمصممين والفنانين المعاصرين.

الكلمات المفتاحية

التحكم الرقمي الآلي - فن الخداع البصري- المعلقات الفنية

Abstract

The modern design of artistic hangings, such as mirrors or artwork on the wall for decoration, is witnessing an increasing and innovative use of computer technologies and 3D modeling for design or use in manufacturing. These technologies allow designers to achieve complex and innovative shapes faster and more accurately than before. In addition, these technologies enable It provides greater flexibility and enhances the design and innovation process more quickly, which contributes to better embodiment of creative ideas, especially in the art and application of optical illusions in an advanced and innovative way in artistic hangings. Thanks to this modern development in design, modern technologies such as computer numerical control (CNC) can be used in manufacturing processes, where the possibility of manufacturing is enhanced by innovative technical methods that work to achieve wonderful and amazing works of art for contemporary designers and artists

keywords
computer numerical control (CNC)- the art of optical illusions - artistic pendants

مشكلة البحث

على الرغم من التقدم الكبير في استخدام التقنيات الحديثة في التصميم والتصنيع، إلا أن هناك نقصًا في تفعيل هذه التقنيات ضمن برامج التدريب العملي لطلاب الفرقة الأولى. ومن المتوقع أن يؤدي ذلك إلى تأثير سلبي على مستوى الابتكار والقدرات الإبداعية للطلاب، مما قد يؤثر على النتائج الإبداعية في مجالات مثل فن الخداع البصري. لذا، تكمن مشكلة هذا البحث في كيفية تفعيل التقنيات الحديثة في مقررات التدريب لتعزيز الابتكار والإبداع الفني لدى الطلاب، وخاصة في تصميم المعلقات الفنية المتعلقة بالخداع البصري.

هدف البحث

يهدف البحث إلى تفعيل الاستفادة من التقنيات الحديثة كبرمجيات للتصميم وماكينات التصنيع الرقمي في مقرر التدريب العملي لطلاب الفرقة الأولى، وذلك لتعزيز قدراتهم على الابتكار وتنمية مهاراتهم الإبداعية، وخاصة في مجال فن الخداع البصري، كما يسعى البحث إلى دراسة تأثير دمج هذه التقنيات على تحسين الأداء الفني للطلاب ورفع جودة النتائج التي يحققونها في مشاريعهم العملية.

أهمية البحث

- يساعد الطلاب في الربط بين الدراسة وسوق العمل.
- إمكانية تنفيذ مشاريع صغيره للطلاب للعمل بها من خلال التسويق الالكتروني.
- تنفيذ فن الخداع البصري بطريقة مبتكرة في المعلقات الفنية المعدنية واعمال الحائط للديكور.
- تطوير عملية التصميم لدي الطلاب الفرقة الاولي باستخدام برامج الحاسب الالي.

فرض البحث

يفترض الباحث ان تفعيل الاستفادة من التقنيات الحديثة في التصميم والتصنيع للمعلقات الفنية من خلال طلاب الفرقة الاولي في مقرر التدريب سوف يؤدي الي تنمية الابتكار والقدرات الإبداعية للطلاب وتحسين نتائجه وخاصة في فن الخداع البصري.

محاور البحث

- أهمية الخداع البصري في التصميم الفني
- تعريف المعلقات الفنية المعدنية
- تقنيات استخدام الحاسب في مراحل التصميم والتصنيع للمعلقات الفنية المعدنية
- ماكينات التصنيع المستخدمة في تنفيذ المعلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري
- التطبيق العملي لتصميم وتصنيع معلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري دراسات الحالة

أهمية فن الخداع البصري في التصميم الفني

توجد خلفية تاريخية لفن الخداع البصري، حيث يعود إلى الحضارات القديمة من خلال استخدام المنظور في الفن اليوناني والروماني القديم إلى تطوير تقنيات الخداع البصري في عصر النهضة، كما كان الخداع البصري منذ فترة طويلة جانبًا رائعًا للتعبير الفني. ولقد تطور استخدام الخدع البصرية في الفن مع مرور الوقت، حيث يواصل المصممين تجاوز حدود الإدراك وتحدي فهم المشاهد للواقع.

علاوة على ذلك، كان للتطور التاريخي لفن الخداع البصري تأثير عميق على الإدراك البشري وعلم النفس، حيث أثر على كيفية تفسير الأفراد للمحفزات البصرية وتفاعلها معها في سياقات مختلفة. حيث يعد فهم الجذور التاريخية لفن الخداع البصري أمرًا ضروريًا لتقدير دوره في تشكيل الإدراك البشري وتطبيقاته المتنوعة في الفن .

كما نشأ فن الخداع البصري وهو من الفنون التشكيلية خلال فترة الستينات ، حيث تميزت تلك الفترة بأنها كانت عقدًا غنيًا بشكل خاص بالابتكارات المتعلقة بالمفاهيم والمنتجات العلمية والتكنولوجية .ونظرًا لاتجاه التصنيع في تكرار العمل والمنتجات من خلال عمل النسخة الموحدة المواصفات أدت الي فقد اللمسة الانسانية وانشاء منتجات دون لمسة جمالية مما ادي الي التوجه لهذا الاتجاه الفني. وبالإضافة إلى أهميه فن الخداع البصري في عالم الفن، فإن الخلفية التاريخية لفن الخداع البصري تشمل أيضًا استخدامه في التصميم. حيث يعود تاريخ دمج فن الخداع البصري في التصميم بهدف جذب انتباه المستهلكين للمنتجات بطريقة مبتكرة مثيره للجدل.

ويري الباحث ان تعريف فن الخداع البصري من خلال المعلومات والقراءات المتعددة بانه فن معروف أيضًا باسم **"الأوب آرت(Op Art) "**، وهو نوع من الفنون البصرية يعتمد على استخدام الأنماط الهندسية والألوان والضوء لخلق تأثيرات بصرية تخدع العين وتثير شعورًا بالحركة أو التغير في الأشكال والأبعاد حيث يتميز هذا الفن بتصميماته التي تجعل العين ترى ما ليس موجودًا بالفعل أو تفسر الصور بطرق غير تقليدية، مما يخلق تجربة بصرية فريدة قد تتضمن الشعور بالحركة، حتى لو كانت الصورة او المنتج ثابت.

أنواع فن الخداع البصري

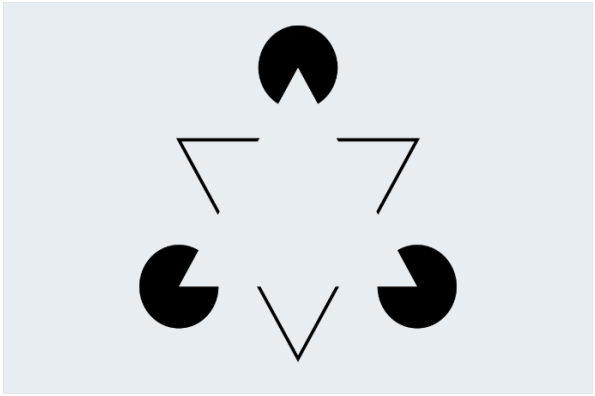
تتعدد أنواع فن الخداع البصري من حيث استخدام الأنماط الهندسية والألوان والضوء والظل حيث يمكن تلخيص اهم أنواعها في الجدول التالي من اعداد الباحث:- **(مرجع ١ صفا محمد عبده- ص ١٥٤-١٧٦)**

النوع	الوصف	التقنيات المستخدمة	أمثلة شهيرة	الفنانين البارزين
الأنامورفوسيس Anamorphosis	يعتمد على تشويه الصور بشكل يجعلها تبدو صحيحة فقط من زاوية معينة.	الرسم اليدوي، النحت، المرايا	عمل لجونيتشي تشو 'Skull in a Cylinder'	ليوناردو دافنشي، هانز هولباين
الخداع الهندسي	يعتمد على الأنماط الهندسية لخلق تأثيرات بصرية مثل التموج أو الانحناء.	الرسم، الطباعة ثلاثية الأبعاد	'Circle Limit IV'لموريس إيشر	موريس إيشر، فكتور فازاريلي

الخداع الحركي	يستخدم الحركة أو الإضاءة لخلق وهم بصري بالتغيير أو التموج.	الفيديو، الإضاءة، التركيب الرقمي	'Le Mouvement' لفكتور فازاريلي	فكتور فازاريلي، بريجيت رايلي
خداع الأبعاد	يعتمد على تقديم أشكال ثلاثية الأبعاد على سطح ثنائي الأبعاد بحيث تبدو مجسمة.	الرسم اليدوي، التصميم بمساعدة الحاسوب CAD	'Ascending and Descending' لموريس إيشر	موريس إيشر، تشاك كلوز
الضوء والظل	يستخدم تقنيات الضوء والظل لإنشاء أشكال أو وجوه تظهر وتختفي مع تغيير الإضاءة.	الرسم، النحت، التصوير الفوتوغرافي	Silhouette Sculptures Kumi Yamashita	خامي ياماشاتا، كارلوس كروز-دييز

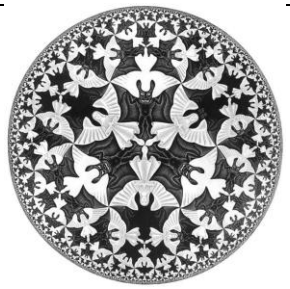
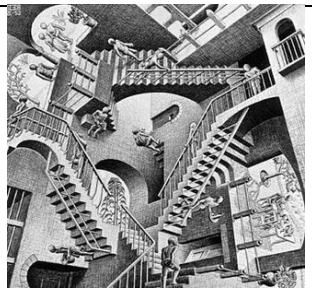
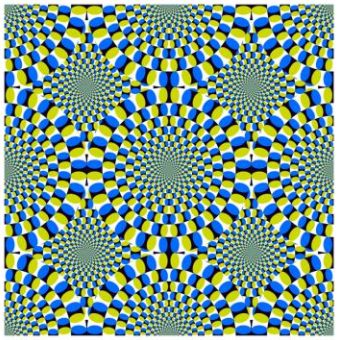
جدول ١ يوضح اشهر أنواع الخداع البصري واشهر فنانينه

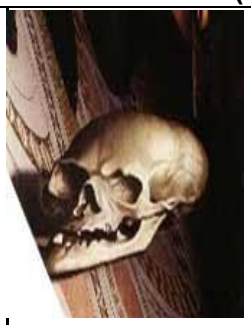
توضح الصورة التالية أحد أشهر أنواع الخداع البصري، وهو "مثلث كانيزا" (Kanizsa's Triangle). في هذه الصورة، يتم خلق وهم بصري لمثلث متساوي الأضلاع أبيض يبدو وكأنه موجود في وسط الصورة، على الرغم من عدم وجود خطوط تحدده فعليًا. (مرجع٥- Lee, Jeongmin- p131-161)



الصورة تتكون من ثلاث دوائر سوداء تحتوي على قطع ناقصة بحيث تبدو كأنها جوانب المثلث، بالإضافة إلى ثلاثة خطوط سوداء صغيرة مفتوحة تشكل زوايا المثلث. هذه العناصر تتحد معًا لإعطاء العين انطباعًا بوجود مثلث أبيض، رغم أن هذا المثلث غير موجود فعليًا في الصورة وهذا المبدأ يتبع نظرية الجشتالت حيث تعتمد على فكرة أن العقل البشري يميل إلى تنظيم المعلومات البصرية في أشكال أو أنماط مفهومة، بدلاً من رؤية العناصر الفردية كمجموعة غير مترابطة، هذا الميل للتنظيم هو الذي يخلق معاني للأشكال والصور، وهو ما يتم استغلاله بشكل كبير في فن الخداع البصري.

ويُظهر هذا الوهم البصري كيف أن العقل البشري يمكن أن يملأ الفجوات بين الأشكال لإدراك كائنات أو أشكال غير موجودة في الواقع، وهي تقنية يستخدمها فن الخداع البصري بشكل متكرر لإثارة الفضول والإعجاب وهو مانحتاجه كمثال واضح في العمل التطبيقي الخاص بهذا البحث وهي المعلقات الفنية المعدنية كالمرايا.

صورة العمل الفني	نوع فن الخداع البصري واسم العمل والفنان مقدم العمل الفني
	فن خداع الضوء والظل Silhouette Sculptures Kumi Yamashita (https://everythinguncategorized.wordpress.com)
	فن خداع الضوء والظل A to Z by Kumi Yamashita (https://everythinguncategorized.wordpress.com)
	**فن الخداع الهندسي** 'Circle Limit IV' by M.C. Escher (https://www.researchgate.net)
	**فن خداع الأبعاد** 'Ascending and Descending M.C. Escher (https://renownedart.com)
	**الخداع الحركي** Rotating Snakes Illusion by Akiyoshi Kitaoka (https://www.freepik.com)

			**الأنامورفوسيس** Anamorphosis from 'The Ambassadors' by Hans Holbein the Younger (https://www.nationalgallery.org.uk/)

جدول ٢ يوضح صور اشهر اعمال أنواع الخداع البصري واشهر الفنانين فيه من اعداد الباحث

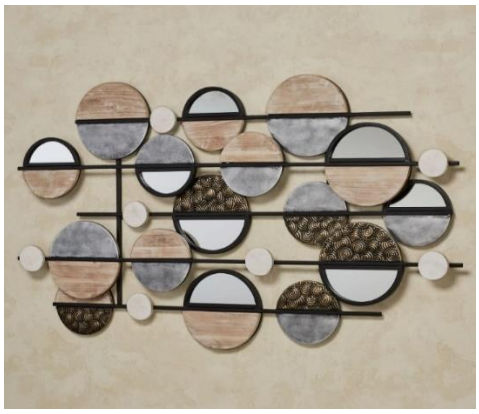
تعريف المعلقات الفنية المعدنية

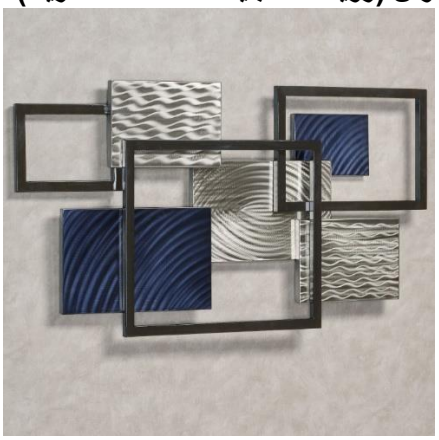
ويري الباحث ان المعلقات الفنية المعدنية (Metal Wall Art) هو شكل فني متنوع يتميز بتقديم أعمال فنية مبتكرة باستخدام المعادن المختلفة مع خامات اخري (خشبية، زجاج، قماش...الخ) لتزيين الجدران وإضفاء لمسة فريدة على المساحات الداخلية والخارجية. يمتاز هذا النوع من الفنون بقدرته على الجمع بين الجمال الصناعي والحداثة مع التفاصيل الدقيقة التي تعكس الذوق الفني والحرفية العالية.

أمثلة على المعلقات الفنية المعدنية

من الأمثلة المعلقات الفنية المعدنية علي سبيل الذكر وليس الحصر ما يلي:

١. **الدوائر أو المربعات المعدنية** :تصاميم بسيطة تعتمد على تكرار الأشكال الهندسية لتعطي تأثيرًا بصريًا ممتعًا.
٢. **الأشجار أو الأزهار المعدنية** :تشكل هذه المعلقات أنماطًا طبيعية باستخدام المعدن المصقول أو المؤكسد، ما يضفي لمسة من الطبيعة على المكان.
٣. **الأعمال التجريدية** :قطع فنية غير تقليدية تعتمد على الأشكال العشوائية والخطوط المنحنية لتخلق عملاً فنيًا معاصرًا يضيف لمسة فنية جريئة.
٤. **المنحوتات ثلاثية الأبعاد** :هذه المعلقات تكون بارزة عن الجدار وتمنح بعدًا ثالثًا للتصميم، مما يجعلها جذابة للنظر من زوايا مختلفة.





شكل (٥) صور لامثلة للمعلقات الفنية المعدنية (الصور من موقع https://www.touchofclass.com)

خصائص المعلقات الفنية المعدنية

١. **المواد المستخدمة** :تصنع المعلقات من معادن متعددة مثل الحديد، النحاس، الفولاذ المقاوم للصدأ (ستانلس ستيل)، الألومنيوم، وأحيانًا الذهب أو الفضة. يتم تشكيل المعادن باستخدام تقنيات مثل اللحام، الصقل والتلميع، القطع بالليزر، والتشكيل اليدوي.

٢. **التصميمات** :يمكن أن تكون المعلقات المعدنية بسيطة أو معقدة، وتشمل تصاميم هندسية، تجريدية، نباتية، أو حتى أشكالًا حيوانية. يعتمد التصميم غالبًا على نمط الديكور المحيط بالمكان.

٣. **الأحجام** :تتراوح المعلقات المعدنية في أحجامها من القطع الصغيرة التي يمكن تعليقها بشكل متفرق على الجدار إلى القطع الكبيرة التي تشغل مساحة واسعة وتكون بمثابة قطعة مركزية.

٤. **الألوان والتشطيبات** :يمكن ترك المعدن بلونه الطبيعي أو تلوينه بطرق خاصة، مثل الطلاء بألوان مختلفة أو تطبيق تشطيبات خاصة مثل الصدأ المعالج أو التشطيبات اللامعة.

استخدامات المعلقات الفنية المعدنية

- **الديكور الداخلي** :تستخدم لتعزيز جمالية الغرف في المنازل، المكاتب، الفنادق، والمطاعم. يمكن وضعها في غرفة المعيشة، المدخل، أو حتى في المطبخ كقطعة ديكور فريدة.
- **الديكور الخارجي** :تعد المعلقات المعدنية مقاومة للطقس، لذلك يمكن استخدامها لتزيين الجدران الخارجية، الحدائق، أو الشرفات.

المعلقات الفنية المعدنية هي خيار مثالي لمن يرغب في إضافة لمسة من الأصالة والتفرد إلى مساحته. بفضل تنوع التصاميم والمواد، يمكن لهذه القطع أن تناسب مختلف الأنماط والذوق الشخصي، مما يجعلها جزءًا مهمًا من عالم الديكور الحديث.

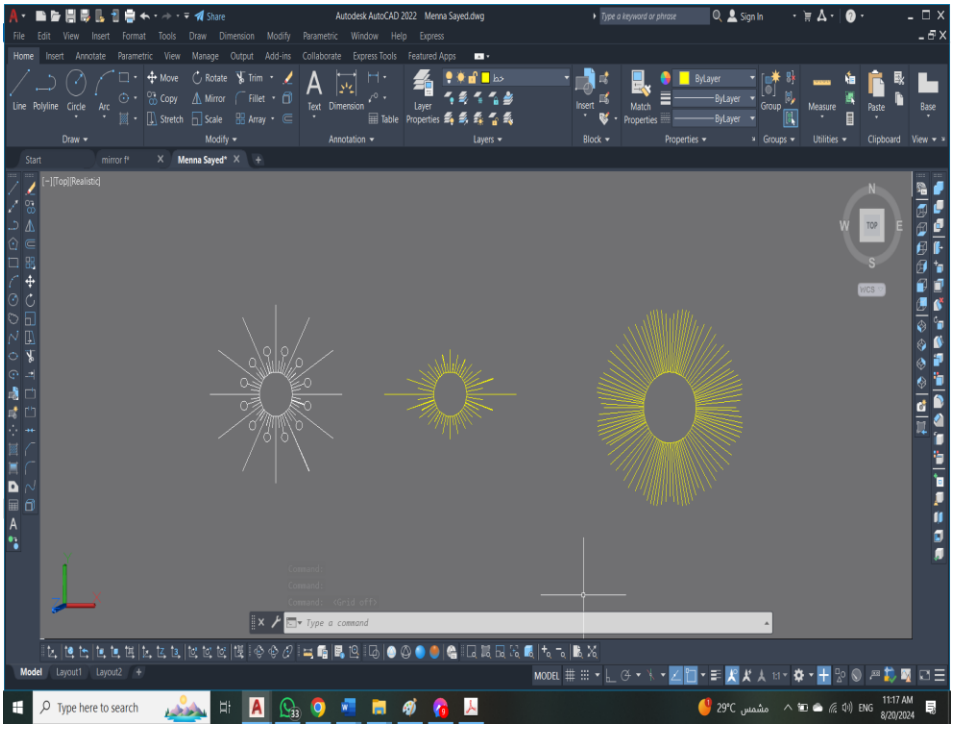
تقنيات استخدام الحاسب في مراحل التصميم والتصنيع للمعلقات الفنية المعدنية:-

تقنيات التصميم بالحاسوب والنمذجة ثلاثية الأبعاد تعتبر أساسية في تطبيق التصميم الحديث للمعلقات الفنية مثل المرايا، حيث تتيح للمصممين إنشاء نماذج دقيقة وواقعية من تصاميمهم قبل عملية التصنيع الفعلية واظهارها بصورة مرئية واقعية، تساعد هذه التقنيات في تحليل التصاميم واختبارها بشكل شامل قبل تطبيقها بشكل نهائي وتساعد في عملية التنفيذ بواسطة

التحكم الرقمي، مما يساعد في تقليل الأخطاء وتحسين الكفاءة والإبداع في عملية تطبيق فن الخداع البصري في المعلقات الفنية المعدنية ومن اشهر تلك البرامج المستخدمة هي التي تعمل بنظام الكاد (CAD)

برامج التصميم والرسم CAD:- (مرجع ٢ - سليمان، دينا سعيد كامل ص ١٥٦ - ١٨٠بتصرف)

هو اختصار (Computer Aided design) وتعني التصميم بمساعدة الحاسب، وهو نظام يستخدم من خلال عدد من تطبيقات الحاسب ومن اشهرها AutoCAD-Rhinoceros- Sketchup والتي توفر إمكانية لتصميم المنتجات أو رسمها رسمًا هندسيًا وتعديلها ووضع مقترحات متعددة وبصورة ابداعية وخاصة في تصميم المعلقات الفنية المعدنية مثل المرايا، وتهدف عملية التصميم للمعلقات الفنية المعدنية والتي يوجد بها خاصية الخداع البصري بمساعدة الحاسب في المقام الأول إلى محاولة القضاء على الحاجة لإنتاج النموذج المادي الأولي Prototype المستخدم في عمليات اختبار وتحسين المنتج النهائي، في حين يمكن استخدام النماذج الرقمية لتقييم أداء المنتج وتطويره، حيث يمكن إجراء الكثير من عمليات التحليل بشكل تفاعلي على النماذج الرقمية باستخدام العديد من البرامج.



شكل (١) يوضح استخدام برنامج AutoCAD في وضع بدائل تصميمية للمعلقات الفنية المعدنية المرايا(الباحث)

برامج الاظهار والعرض المرئي للنموذج الرقمي

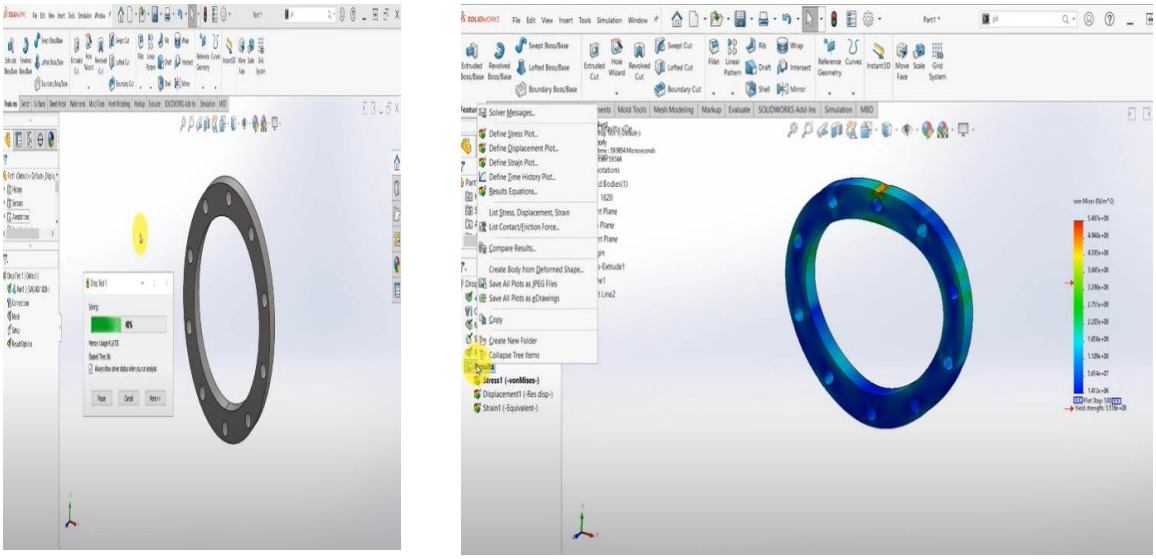
وتتضمن أيضًا برامج الكاد او برامج اخري مساعده مثل برامج الاظهار المعماري 3D MAX عملية الاظهار المرئي أي يمكن رؤية التصميمات المبتكرة للمعلقات الفنية المعدنية والتي يوجد بها خاصية الخداع البصري في الأماكن المختلفة والتي سوف يوضع فيها العمل الفني مع وضع مصادر الإضاءة مع العمل افتراضياً والتي تؤدي الي إظهار الظل الذي يساعد في تخيل الخداع البصري ويخدم المصمم ويساعده في إظهار أفكاره ومبتكراته من خلال تمثيل المنتج بشكل ثلاثي الأبعاد يشتمل على كافة التفاصيل التي سوف يتم تنفيذها في الواقع.

شكل (٢) يوضح استخدام برنامج 3D MAX في عمل اظهار مرئي للمعلقات الفنية المعدنية المرايا من (اعمال الباحث مع الطلبة)

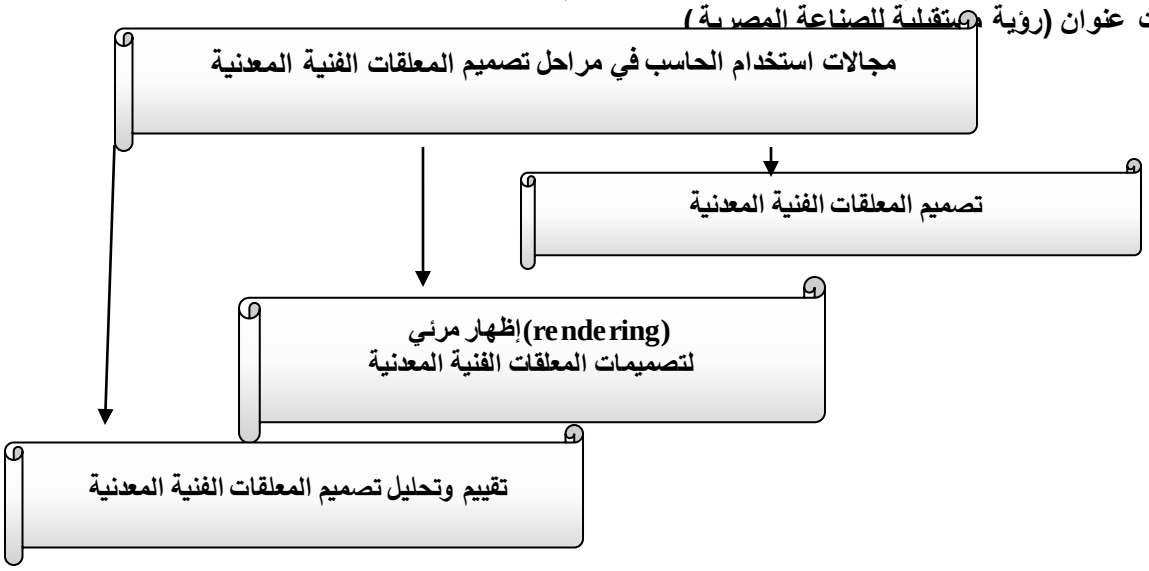
برامج التقييم للنموذج الرقمي

هي عملية اتخاذ القرار في مدى ملاءمة وصلاحية التصميمات المبتكرة للمعلقات الفنية المعدنية من الناحية الجمالية أو الوظيفية أو الاقتصادية من حيث حساب التكلفة وكمية الخامات المستخدمة والحصر لها، حيث يمكن إجراء بعض أشكال الفحص الافتراضي مثل فحص مدى ملاءمة المنتج لقياسات الجسم البشرى والأوضاع المختلفة لعملية الاستخدام ومدى ملاءمة التصميم معها، وتحليل سلوك الخامات تحت ظروف الاستخدام بما يتيح إجراء التعديلات في مرحلة مبكرة من التصميم، ويتم التقويم والتعديل على تصميم النموذج المنفذ بواسطة الحاسب دون أي تكلفة لإعادة التصنيع، ومن اشهر تلك البرامج التي يمكن استخدامها برنامج سوليد وركس (Solid Works) لاختبار نقاط الضعف , والتي تتمثل باللون الأحمر في نموذج المحاكاة ونقاط القوة أو الأمان وتتمثل باللون الأزرق في نموذج المحاكاة لحلقات معدنية دائرية بعد تعرضها لبعض حالات الضغط والشد لاختبار مدى تأثير تلك القوى على أجزاء الحلقة والتي تحمل المراة المعلقة الفنية.

(مرجع٦-www.solidworks.com)



شكل (٣) يوضح استخدام برنامج Solid Works في عمل تقييم وتحليل مرئي لحلقة معدنية دائرية (صورة من برنامج Solid Works من تصوير الباحث)



شكل (٤) رسم توضيحي لمجالات استخدام الحاسب في عملية تصميم المعلقات الفنية المعدنية (من عمل الباحث)

مميزات استخدام برامج الحاسب في مراحل تصميم المعلقات الفنية المعدنية

استخدام برامج الحاسب في مراحل تصميم المعلقات الفنية المعدنية يوفر العديد من المميزات التي تساهم في تحسين جودة العمل وسهولة التنفيذ. فيما يلي بعض أهم هذه المميزات:

- **الدقة والتفاصيل**

توفر برامج التصميم مثل AutoCAD و SolidWorksأدوات قوية لقياس وتعديل التصميمات بدقة كبيرة. هذه الدقة تساعد في تجنب الأخطاء أثناء تصنيع المعلقات المعدنية، مما يضمن نتائج مثالية تتطابق مع التصميم الأصلي.

- **الإبداع والابتكار**

تمنح برامج التصميم للمصممين مرونة كبيرة في ابتكار تصاميم جديدة ومعقدة، من خلال استخدام الأدوات المتقدمة مثل النماذج ثلاثية الأبعاد والمحاكاة الافتراضية. يمكن تجربة أشكال هندسية وأنماط فنية مختلفة مع عرض البدائل التصميمية للمفاضلة بينها بسهولة قبل اتخاذ قرار بشأن التصميم النهائي،

- **التصور والمحاكاة**

تسمح برامج الحاسب بإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد، مما يساعد المصمم على تصور المنتج النهائي بشكل دقيق. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام المحاكاة لعرض كيفية تأثير الضوء والظل على القطعة الفنية، مما يسهل اتخاذ القرارات المتعلقة بالتصميم والمواد المستخدمة، كما تساعد عملية الإظهار المرئي للتصميمات المبتكرة للمعلقات الفنية المعدنية تتيح للمستهلكين تصور النموذج الثلاثي الأبعاد من طرق العرض المختلفة، حيث يلعب الإظهار المرئي للصور بنقل صورة شبه واقعية للمنتج في بيئة الاستخدام، كما يمكن عمل مقاطع فيديوهات خاصة بالإظهار المرئي بصورة ثلاثية الابعاد للمنتجات تؤدي إلى تلبية احتياجات ومتطلبات العميل.

- **التكامل مع عمليات التصنيع**

برامج التصميم الحديثة يمكنها أن تتكامل مع أجهزة التصنيع مثل ماكينات القطع بالليزر والطابعات ثلاثية الأبعاد، هذا التكامل يساهم في تحويل التصميم الرقمي إلى منتج حقيقي بسرعة ودقة عالية، دون الحاجة إلى عمليات معقدة.

- **توفير الوقت والجهد**

مقارنة بالطرق التقليدية، توفر برامج الحاسب الوقت والجهد للمصممين حيث يمكن إجراء التعديلات بسرعة وسهولة، دون الحاجة إلى إعادة الرسم من الصفر، كما أن المحاكاة المسبقة تقلل من الحاجة إلى النماذج الأولية وتجارب التصنيع اليدوي.

- **التعاون وسهولة التبادل**

تسهل برامج الحاسب مشاركة التصميمات مع فرق العمل والعملاء. يمكن للمصمم إرسال ملف التصميم عبر الإنترنت ليتم مراجعته أو تعديله من قبل فريق آخر، مما يسهل التعاون ويوفر الوقت.

- **القدرة على تخصيص التصميم**

يمكن للمصمم باستخدام برامج الحاسب تخصيص كل جزء من التصميم بسهولة وفقًا لاحتياجات العميل، سواء كان ذلك في اختيار المواد، أو حجم القطعة، أو إضافة تفاصيل مخصصة، يمكن إجراء هذه التعديلات بسرعة وبدقة عالية.

- **إدارة الموارد والتكاليف**

تساعد برامج التصميم في حساب المواد المطلوبة وتقدير التكاليف بشكل دقيق قبل البدء في عملية التصنيع. هذا يساهم في تقليل الهدر وضبط الميزانية بشكل أفضل.

- **زيادة القدرة علي التسويق**

كما تساعد عملية الإظهار المرئي للتصميمات المبتكرة للمعلقات الفنية المعدنية على تسويق المنتجات حتى قبل تصنيعها وتوفير نفقات التصوير اليدوي باهظ التكلفة من خلال إمكانية العرض من زوايا متعددة وإخراج صور بجودة عالية.

البرامج المستخدمة في التصنيع والتنفيذ بنظام الكام (CAM)

التصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM) أصبح عنصرًا جوهريًا في عمليات الإنتاج الحديثة. هذه التكنولوجيا تتيح للمصممين والمهندسين تحويل النماذج الرقمية (CAD) إلى منتجات فعلية عن طريق أنظمة التحكم الآلي، حيث تعتمد برامج CAM على برمجيات متخصصة لإعداد تعليمات التحكم الرقمي (CNC) التي تقوم بتحويل المواد الخام إلى منتجات نهائية بدقة وكفاءة عاليتين.

CAMهي اختصار لـ **Computer Aided Manufacturing**، وهو يشير إلى استخدام تقنيات الحاسوب لتسهيل وتنفيذ عمليات التصنيع. لتصنيع منتجات مثل المعلقات الفنية المعدنية أو المرايا ذات الخداع البصري، يتم عادةً استخدام ثلاثة أنواع من البرمجيات:

1. **برنامج CAD** هذا البرنامج مخصص لتصميم المنتج الرقمي ثلاثي الأبعاد، حيث يقوم المهندسون بإنشاء النموذج الهندسي باستخدام أدوات متقدمة.

2. **برنامج CAM** يعمل على حساب مسارات تشغيل الماكينة بناءً على التصميم المقدم من برنامجCAD ، وهو المسؤول عن تحويل التصميم الرقمي إلى تعليمات قابلة للتنفيذ على الآلات

3. **برنامج التحكم** :هذا البرنامج مدمج مع آلة التصنيع، ويقوم بقراءة المسارات التي تم حسابها في برنامجCAM ، مما يتيح للآلة تنفيذ الأوامر بدقة وتحريك الأدوات بناءً على تلك المسارات.

حيث يتم التواصل بين برامج CAD و CAMعبر ملفات قياسية لتبادل البيانات الهندسية. وتُستخدم هذه الملفات لتحويل التصميمات الهندسية ثلاثية الأبعاد التي تم إنشاؤها في برامج CAD إلى تنسيقات متوافقة مع برامج CAM دون الحاجة إلى إعدادات أو تعريفات خاصة، ومن أبرز هذه التنسيقات: (مرجع Lennings٤ p7)

- **IGES** تنسيق قياسي يستخدم لتبادل النماذج الهندسية بين برامج CAD و CAMالمختلفة.
- **STL** يستخدم بشكل شائع في النماذج ثلاثية الأبعاد وفي الطباعة ثلاثية الأبعاد أيضًا.
- **STEP** تنسيق عالمي يتيح نقل البيانات بين أنظمة CAD المتعددة مع الحفاظ على التفاصيل الدقيقة للنموذج.

وتعتبر هذه التنسيقات الأكثر استخدامًا في الصناعة، حيث تضمن سهولة التكامل بين البرامج المختلفة وتحقيق كفاءة عالية في عمليات التصنيع.

و يتم الربط بين برامج CAM و ووحدة التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)، من خلال ملفات خاصة تعرف بملفات التحكم الرقمي، وهناك عدة تنسيقات لهذه الملفات ولكن الأكثر شيوعًا يعتمد على صيغة G-code ISO/DIN ، التي تعد أساسًا في البرمجة. ومع ذلك يختلف التطبيق الفعلي بناءً على احتياجات كل مصنع، حيث يختار كل مصنع إعدادات محددة تناسب أجهزته.
لضمان توافق عملية الاتصال بين برامج CAM ووحدة التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)، يجب ضبط مخرجات برامج CAMلتلائم متطلبات نظام التحكم المستخدم في المصنع، مما يضمن دقة تنفيذ الأوامر التشغيلية والعملية التصنيعية بكفاءة، حيث تختلف إعدادات ما بعد المعالجة بناءً على نوع الآلة المستخدمة (مثل ماكينات الفريزة، أو القطع بالليزر)، لذا يجب اختيار أو تكوين ما بعد المعالجة الصحيح المتوافق مع جهازك.

شكل (٥) رسم توضيحي يوضح العلاقة بين برامج CAD وبرامج CAM وبرامج التحكم CNC
(الصورة من عمل الباحث)

ومن أشهر برامج الكام (CAM) ما يلي:-

1. **Mastercam** (ماستر كام) هو أحد أشهر برامج CAM التي توفر حلولًا متكاملة لعمليات التصنيع الميكانيكي، بما في ذلك القطع، الحفر، والتفريز. يتميز بواجهة مستخدم سهلة الاستخدام مع إمكانية دعم مجموعة متنوعة من الآلات والمواد. يوفر البرنامج أدوات متقدمة لتحليل وتطوير مسارات الأدوات، مما يزيد من كفاءة العمليات وتقليل الوقت والجهد المبذول.
2. **SolidCAM** (سوليد كام) هو برنامج مدمج مع SolidWorks ويتيح إنشاء مسارات التصنيع مباشرة من نماذج cad ويوفر أدوات لتحسين العمليات المعقدة مثل التفريز بالدقة العالية، والتدوير، والتصنيع المتعدد المحاور، ويوفر البرنامج حلولًا متكاملة لعمليات الإنتاج الصناعية مع القدرة على تقليل زمن الإنتاج وزيادة الكفاءة.
3. **Fusion 360** يعد فيوجن ٣٦٠ من Autodesk من أقوى الأدوات في مجال التصميم والتصنيع المتكامل. يحتوي على أدوات لتصميم ثلاثي الأبعاد وإنشاء مسارات الأدوات CNC ، مما يجعله خيارًا مثاليًا للشركات الصغيرة والمتوسطة. يتميز بتكامله السلس بين CAD و CAM ويوفر حلولًا للتصنيع بالتفريز، القطع، والطباعة ثلاثية الأبعاد.
4. **PowerMill** باور ميل هو برنامج CAM متقدم متخصص في عمليات التصنيع عالي السرعة والتصنيع متعدد المحاور. يتميز بقدراته القوية في إنتاج مسارات الأدوات المعقدة مع الحفاظ على دقة عالية، مما يجعله خيارًا مثاليًا للتصنيع في الصناعات الهندسية المتقدمة، مثل صناعة السيارات والطيران.
5. **Edgecam** ايدج كام هو برنامج آخر قوي يستخدم في صناعات التصنيع باستخدام CNC ، مع واجهة مستخدم سهلة تدعم عمليات التفريز والتدوير. يتميز بقدرته على التعامل مع تصميمات CAD المتقدمة ويوفر حلولًا متعددة لتحسين مسارات الأدوات وتقليل زمن الإنتاج.

فوائد استخدام برامج CAM

1. **زيادة الدقة** : تساهم برامج CAM في تحسين دقة التصنيع وتقليل الأخطاء البشرية، مما يؤدي إلى منتجات نهائية بجودة عالية.
2. **توفير الوقت** : تقلل برامج CAM من زمن العمليات الإنتاجية من خلال تحسين مسارات الأدوات وتقليل الزمن المستغرق في الإعداد والتشغيل.
3. **تحسين الكفاءة :** تساهم برامج CAM في زيادة كفاءة الإنتاج وتقليل الهدر في المواد والخامات، مما يعزز من الاستدامة ويوفر تكاليف التشغيل.

تعتبر برامج CAM أداة ضرورية في عمليات التصنيع الحديثة، حيث تتيح للمصممين والمصنعين التحكم الكامل في عمليات الإنتاج بشكل أوتوماتيكي، مع ضمان دقة عالية وكفاءة إنتاجية متقدمة، حيث يعتمد اختيار البرنامج على احتياجات المصنع ونوع العمليات التي يتم تنفيذها، والمواد المستخدمة، مما يجعل من برامج CAM خيارًا استراتيجيًا للشركات التي تسعى لتطوير عملياتها الإنتاجية

ماكينات التصنيع المستخدمة في تنفيذ المعلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري :-

سوف نستعرض في هذا الجزء من البحث الماكينات التحكم الرقمي والتي تم استخدامها في التطبيق العملي مع الطلبة مع الوضع في الاعتبار ان مع مرور الوقت والتقدم التكنولوجي سوف تظهر معدات وماكينات ونظم تشغيل احدث تساهم في انجاز العمل المطلوب بصوره اسرع وفيما يلي نستعرض الماكينة الاولي المستخدمة في التصنيع:-

ماكينة الفايبر ليزرcnc Fiber laser:

تُعتبر ماكينات الفايبر ليزر للقطع والحفر علي المعادن واحدة من التقنيات الحديثة التي أحدثت ثورة في مجال التصنيع الصناعي. تعتمد هذه الماكينات على استخدام شعاع ليزر مكثف يتم توجيهه عبر ألياف بصرية لتحقيق عمليات قطع دقيقة وسريعة لمجموعة متنوعة من المعادن. بفضل قدرتها على تقديم دقة عالية وسرعات تنفيذ متقدمة، كما أصبحت هذه الماكينات خيارًا شائعًا في الصناعات التي تتطلب تصنيع منتجات معدنية معقدة بجودة عالية.

كيفية عمل ماكينة الفايبر ليزر

ماكينة الفايبر ليزر تستخدم ليزر قوي يتم نقله عبر ألياف بصرية إلى رأس القطع. يتم توجيه الشعاع الليزر إلى سطح المعدن(الحديد- الصلب المقاوم للصدأ-النحاس....الخ)، حيث يتم تسخينه حتى درجة الانصهار ثم يتم تبريده باستخدام غاز مساعد (مثل الأكسجين أو النيتروجين) لإزالة المادة المنصهرة وقطع المعدن بشكل دقيق. يتم التحكم في العملية بشكل دقيق عبر برمجيات التحكم الرقمي CNC التي تتيح تحقيق الأشكال المعقدة بأقل تدخل بشري

مزايا ماكينة الفايبر ليزر

1. **دقة عالية في القطع والحفر:** تتيح هذه الماكينات تنفيذ قطع وحفر بدقة عالية تصل إلى أجزاء من المليمتر، مما يجعلها مثالية لعمليات التصنيع الأجزاء الحاملة للمعلقات الفنية المعدنية التي تتطلب تفصيلاً دقيقًا.

2. **سرعة تنفيذ عالية :**تتميز ماكينات الفايبر ليزر بسرعات قطع أعلى مقارنة بطرق القطع التقليدية مثل القطع بالمقص الهيدروليك أو البلازما، مما يعزز من إنتاجية المصنع.
3. **كفاءة الطاقة :**تعتمد على كفاءة عالية في استخدام الطاقة، مما يقلل من تكاليف التشغيل ويجعل العملية أكثر استدامة.
4. **تنوع المواد :**يمكن استخدام هذه الماكينات لقطع مجموعة متنوعة من المعادن، بما في ذلك الفولاذ المقاوم للصدأ استنلس ستيل، الحديد، الألمنيوم، النحاس.
5. **صيانة منخفضة :**بفضل قلة الأجزاء المتحركة والاعتماد على تكنولوجيا الألياف البصرية، تحتاج ماكينات الفايبر ليزر إلى صيانة أقل مقارنة بتقنيات القطع الأخرى.

تطبيقات ماكينات الفايبر ليزر

تُستخدم ماكينات الفايبر ليزر في مجموعة واسعة من التطبيقات الصناعية مثل:

- **صناعة الماكينات :**قطع وتصنيع أجزاء دقيقة للماكينات.
- **الطيران :**تصنيع أجزاء معدنية متقدمة للطائرات.
- **الصناعات الطبية :**إنتاج الأدوات الطبية التي تتطلب دقة بالغة.
- **اعمال الديكور :**تصنيع منتجات زخرفية معدنية للديكور والبناء.

حيث تم الاستفادة من الرسم الهندسي للدقيق للمعلقات علي برنامج الكاد لمعرفه ابعاد حلقة التجميع الخاصة بالمعلقة ورسمها علي برنامج الاوتو كاد وتقطيعه بماكينة الفايبر ليزر

شكل (٦) حلقة التجميع الخاصة بالمعلقة وتقطيعها بماكينة الفايبر ليزر (الصور من تصوير الباحث)

ماكينة الراوتر cnc router

تعتبر ماكينات الراوترCNC من الأدوات الأساسية في صناعة الأثاث والأعمال الخشبية الحديثة ومكملات صناعة الأثاث من قوالب خشبية يمكن تجميع قطع اثاث بها من خامات معدنية وهو ما تم في تنفيذ قالب خشبي به شكل الخداع البصري

للمعلقات الفنية المعدنية ، وتعتمد هذه الماكينات على تكنولوجيا التحكم الرقمي باستخدام الحاسب لتوجيه الأدوات وتنفيذ عمليات الحفر والقطع بدقة وسرعة عالية علي خامات متعدد مثل الخشب بالإضافة إلى مواد أخرى مثل البلاستيك والألومنيوم الخفيف وتوفر هذه الماكينات للمصنعين القدرة على إنشاء تصميمات بها تفاصيل كثيره ومتقنة في وقت أقل مقارنة بالطرق التقليدية.

كيفية عمل راوترCNC

ماكينة راوتر CNC تستخدم برمجيات CAD/CAM لتصميم الأشكال ثلاثية الأبعاد أو ثنائية الأبعاد المطلوبة. يتم تحويل هذه التصميمات إلى أوامر رقمية تُرسل إلى وحدة التحكم في الماكينة. تقوم وحدة التحكم بتحريك رأس القطع أو الحفر بدقة عالية عبر محاور X و Yو Z لقص أو حفر الخشب او الخامة الموضوعة وفقًا للتصميم المحدد.

مزايا راوتر الأخشابCNC

1. **دقة متناهية :** تقدم هذه الماكينات دقة تصل إلى أجزاء من المليمتر، مما يجعلها مثالية لإنتاج التفاصيل الدقيقة التي يصعب تنفيذها يدويًا.
2. **سرعة وكفاءة :** يمكن لماكينات راوتر CNC تنفيذ عمليات الحفر والقطع بشكل أسرع بكثير من الطرق التقليدية، مما يزيد من الإنتاجية.
3. **تنوع الاستخدام :** يمكن استخدام هذه الماكينات لحفر وقطع أنواع متعددة من الخشب بالإضافة إلى مواد أخرى مثل البلاستيك والألومنيوم الخفيف.
4. **الإنتاج الكمي:** توفر CNC القدرة على إنتاج نفس التصميم بدقة متكررة مرات عديدة دون أي اختلافات، مما يضمن جودة ثابتة للمنتجات النهائية.
5. **تقليل الهدر:** نظرًا للدقة العالية والتحكم الكامل في العملية، تساعد هذه الماكينات في تقليل الهدر في المواد الخام، مما يؤدي إلى زيادة كفاءة الإنتاج.

التطبيقات ماكينات راوتر

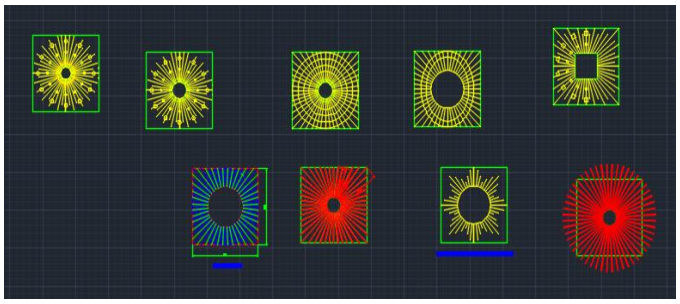
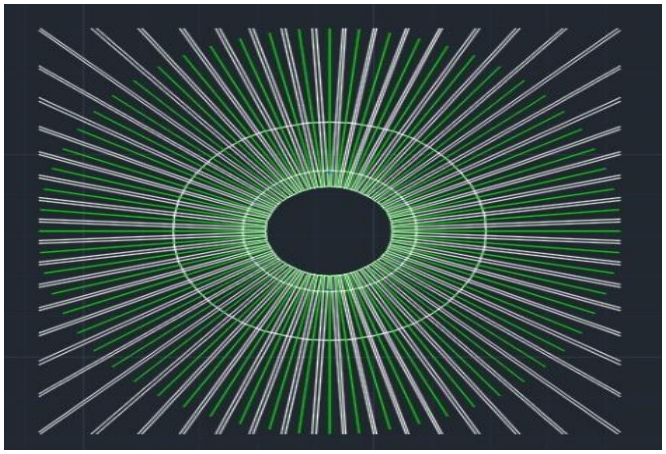
تُستخدم ماكينات راوتر CNC في العديد من التطبيقات الصناعية والحرفية، بما في ذلك:

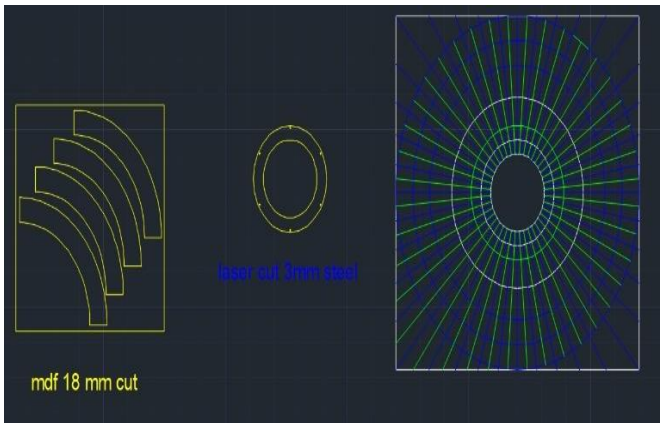
- **صناعة الأثاث :**لإنشاء قطع أثاث معقدة ذات تصميمات مبتكرة وزخارف دقيقة.
- **صناعة تكسيات الألومنيوم:** تستخدم في عمل تفريز الالواح الألومنيوم الخاصة بالتغطيات.
- **صناعة المطابخ والديكور الداخلي :**لإنشاء خزائن ومكونات زخرفية ذات جودة عالية.
- **إنتاج قوالب التجميع الخشبية :** تستخدم في إنتاج قطع اثاث بخامات اخري بطريقة مبتكرة مثل صناعة المعلقات الفنية المعدنية التي تتميز بالخداع البصري.

شكل (٧) يوضح شكل الراوتر وقالب التجميع الخشبي المستخدم صناعة المعلقات الفنية المعدنية التي تتميز بالخداع البصري.(من تصوير الباحث)

التطبيق العملي لتصميم وتصنيع معلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري

حيث تم توحيد طريقة التنفيذ للطلبة بما تم شرحه سابقاً من خلال مثال عملي تم تنفيذه من قبل الباحث وتم شرحه للطلبة بصورة نظريه من خلال طرق التصميم والرسم الهندسي للمعلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري من خلال برنامج الاوتو كاد وبصورة عملية من خلال احضار نموذج سابق تم تنفيذه ومن خلال صور التنفيذ وهي مجموعه من الخطوات يمكن باتباعها الوصول للهدف المحدد للبحث:-

١- عمل التصميم للمعلقة من خلال برنامج الاوتوكاد من خلال عمليات الحذف والاضافة وإجراءات التصميم المعتادة مع تحديد سمك اعواد الحديد الترمسيون المستخدمة وهي من الممكن ان تكون ٣مللي الي ٦ مللي ويمكن استخدام خامة الاستنلس ستيل مع الوضع في الاعتبار التكلفة.	
٢- تحقيق مبدأ الخداع البصري من خلال ادراك الشكل الهندسي (مربع-دائرة) وهو غير موجود من خلال "مثلث كانيزا" وتحقيق نظرية الجشتالت ان العين تميل الي اغلاق الاشكال المتقاربة وهو ماتم ذكره سابقاً مع الوضع في الاعتبار انه يمكن تحقيق نوع آخر من الخداع البصري عن طريق عمل تموج في اعواد الحديد الترمسيون المستخدمة بصوره محدبه في البعد الثالث سوفت تعطي نوع من الحركة المتموجة	

٣- رسم نموذج وقالب التجميع لاعواد الحديد الترمسيون حتي تكون بصور منتظمة تحقق الخداع البصري مع معرفة اطوال اعواد الترمسون وعددها وحساب الكميات المطلوبة منها ورسم حزام التجميع من الخشب والذي سوف يحكم الاعواد دون الوقوع مع رسم الجزء الخشبي التي ستوضع فيه المرايا الزجاج ورسم الدائرة او المربع الذي سوف يتم تجميع اعواد الترمسيون عليه بواسطة اللحام.	
٤-عمل التقطيع للفايبر ليزر للحامل الدائري او المربع مع عمل دوائر بقطر ٦ مللي لتثبيت خشب للمرآه فيها من الخلف من خلال ملف الكاد وتحويله للكام وتنفيذه ببرنامج التحكم الرقمي للماكينة من خلال المنفذ والمشغل في مصنع خارجي	
٥- عمل تقطيع وحفر القالب الخشبي لأعواد الحديد الترمسيون حتي تكون بصور منتظمة تحقق الخداع من خلال راوتر CNC مع عمل حفر بسمك اعواد الترمسيون طبقاً للقطر وزيادته بمقدار ١ملي للتمام التماس مع السطح وتقطيع باقي القوالب واحزمه التجميع، ثم يتم التجميع النهائي من خلال وضع اعواد الحديد الترمسيون في القالب الخشبي بعد تقطيعها علي الطول المطلوب باستخدام منشار التقطيع الديسك وتنعيم حوافها مع وضعها داخل الحفر المخصص له .	
٦- تثبيت الحامل الدائري لأعواد الحديد الترمسيون من خلال اللحام سواء الكهرباء او سبوت ويلد(Spot Welding) .	

٧-التجميع النهائي ورؤية الشكل بعد التجميع الكلي.	
٨- الدهان النهائي للمنتج من خلال دهان الدوكو وتثبيت المرايا الخشبية مع تعليقها في مكان مناسب	

جدول ٣ يوضح خطوات تنفيذ معلقة فنية معدنية تتميز بالخداع البصري من خلال الباحث(الصور من تصوير الباحث)

نماذج من اعمال الطلاب في تصميم وتصنيع معلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري :-

تم تطبيق هذا التوجه في مقرر مادة التدريب للفرقة الاولي لعام ٢٠٢١-٢٠٢٢ علي مجموعة محددة العدد من الطلبة ويبلغ عددهم ٢٦ طالب تم تقسيمهم علي اربع مجموعات صغيره يصل المجموعة الواحده من ٦ الي ٧ افراد وكان الهدف خلق بيئة مناسبة للتعليم التعاوني وهو أسلوب تعليمي يعتمد على التعاون بين الطلاب ضمن مجموعات صغيرة لتحقيق أهداف تعليمية مشتركة داخل المقرر يهدف هذا النوع من التعليم إلى تعزيز المشاركة الفعالة بين الطلاب، وتنمية مهارات التواصل والعمل الجماعي، مما يعزز التعلم الفعال ويطور مهارات التفكير النقدي والعملي من خلال مشاهدات الطلبة لبعضهم البعض.

أهداف مقرر مادة التدريب للفرقة الاولي طبقاً للتوصيف المحدد للمقرر في عام ٢٠٢١-٢٠٢٢

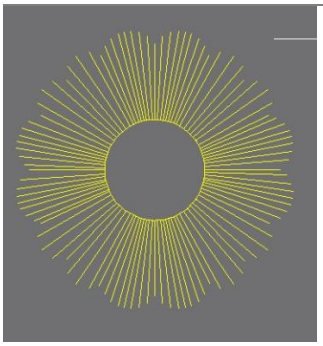
- التعرف على جميع الخامات والعمليات الصناعية اللازمة لتنفيذ معلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري داخل المعمل التجريبي لقسم تصميم الأثاث والانشاءات المعدنية.
- معرفة طرق وتقنيات تنفيذ معلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري في سوق العمل من خلال اماكنها وامكانيات الماكينات
- التعرف على الرموز والاصطلاحات الفنية ومقاييس الرسم المستخدمة والبيانات المطلوب إظهارها على الرسومات

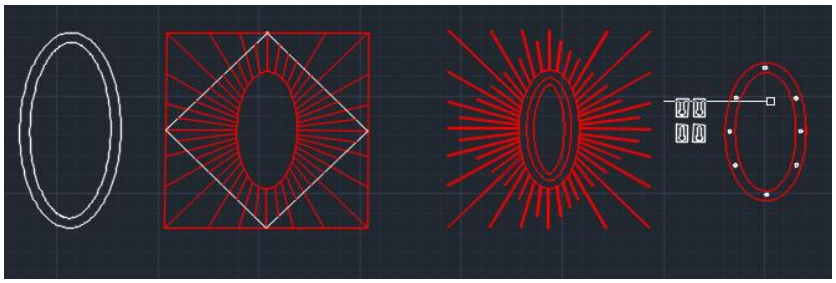
- تنفيذ بعض العمليات الصناعية داخل المعمل التجريبي

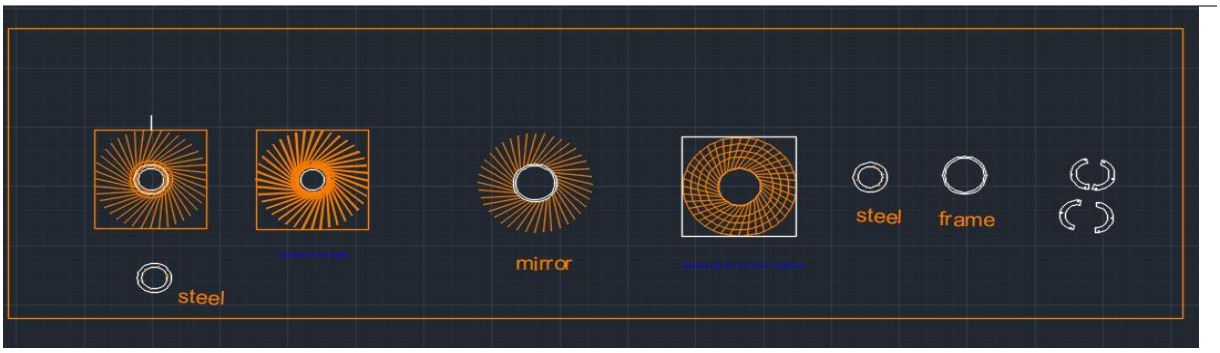
جدول ٤ يوضح خطوات تنفيذ معلقة فنية معدنية تتميز بالخداع البصري من خلال الطلبة

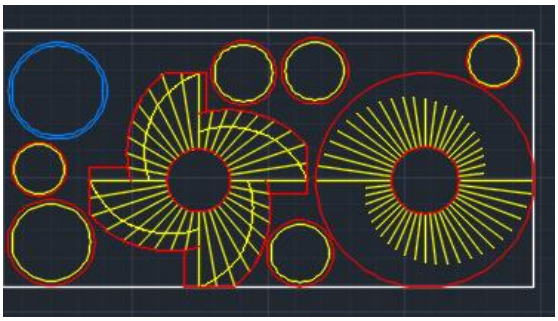
(الصور من تصوير الباحث)

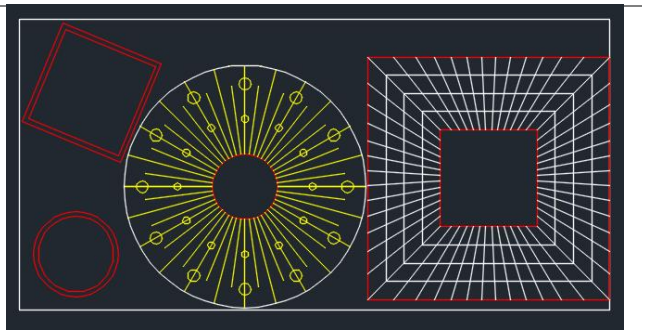
التصميمات المقترحه للمعلقات الفنية المعدنية تتميز بالخداع البصري من خلال برنامج الرسم الهندسي اوتو كاد

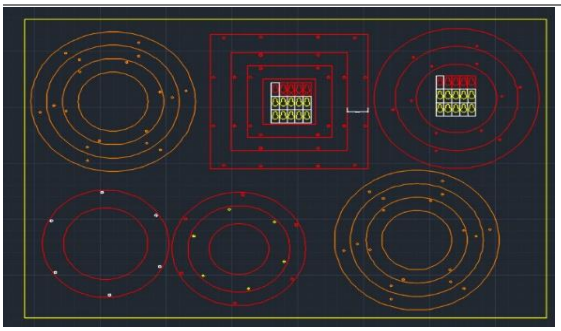


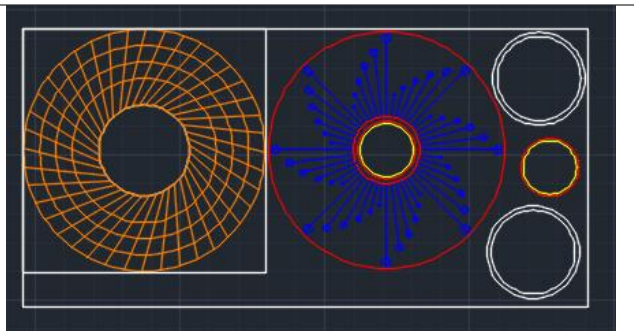


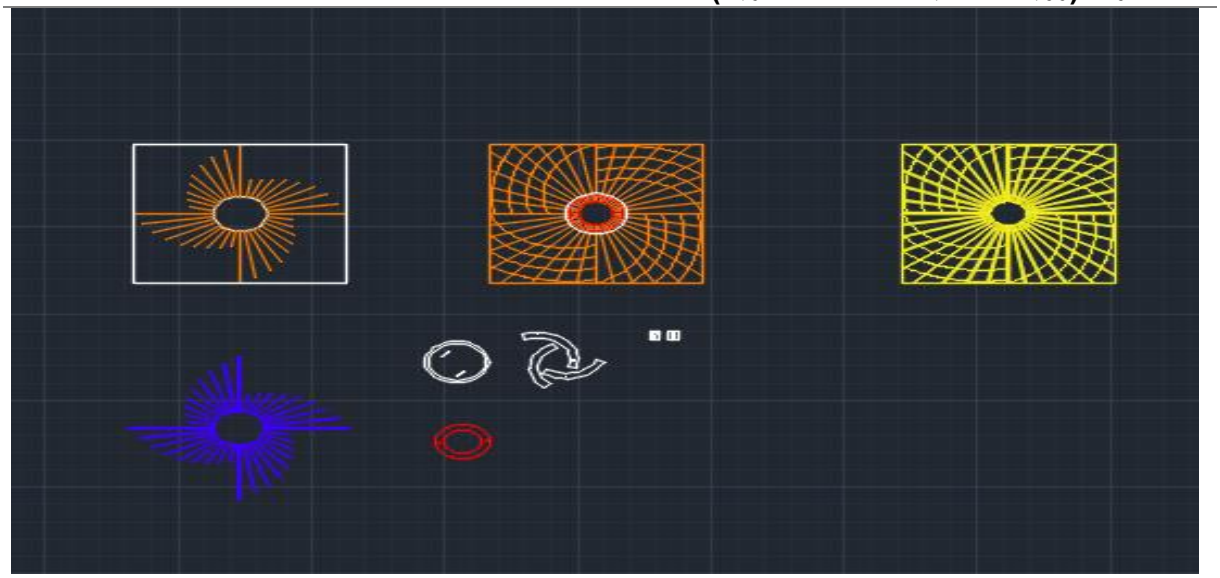




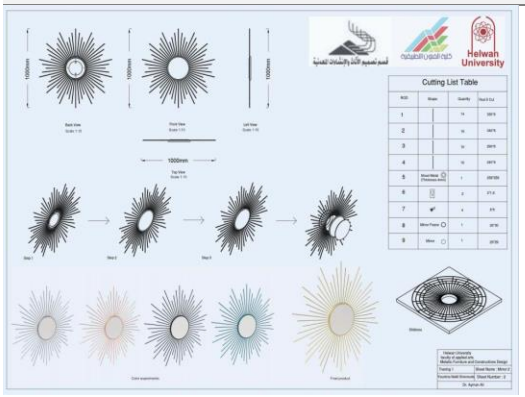


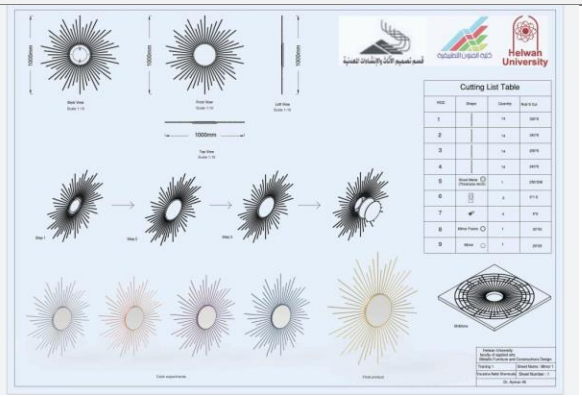


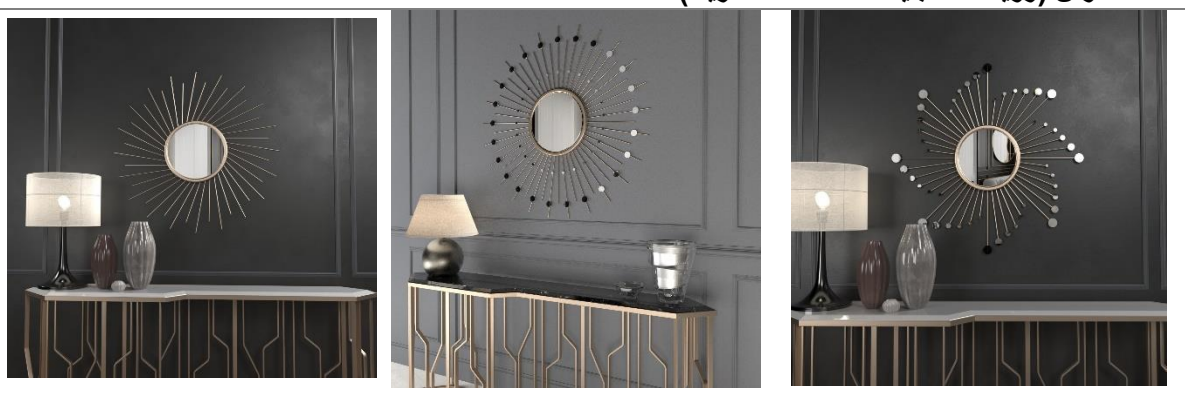


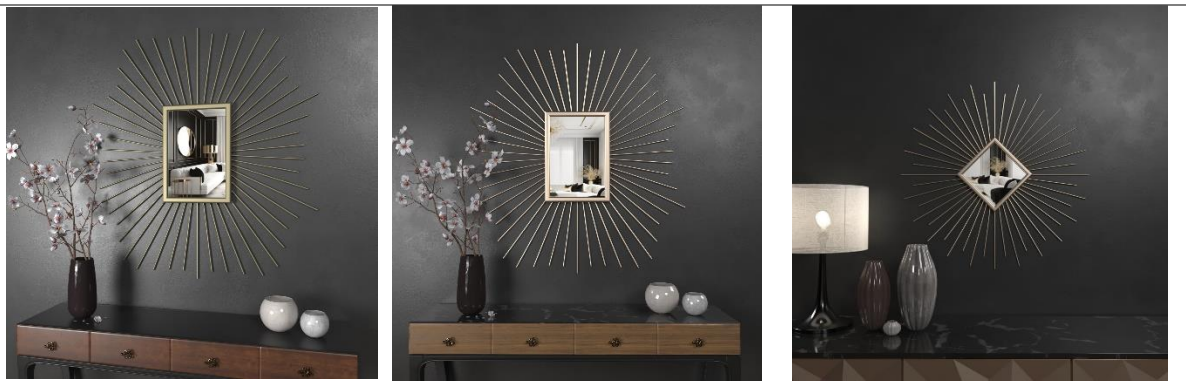


التصميمات المقترحه بعد الاظهار المرئي



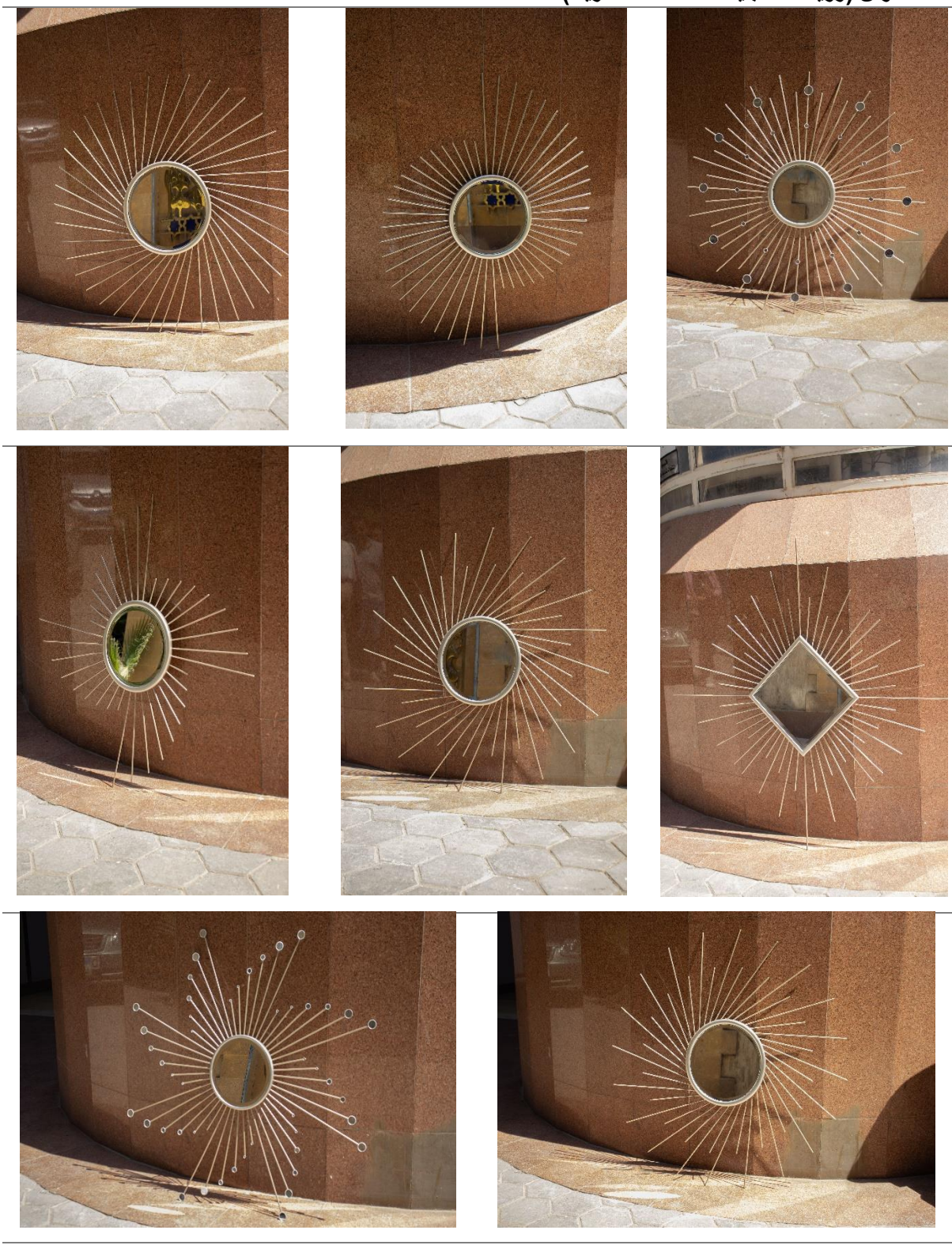






التصميمات المقترحة اثناء التنفيذ

التصميمات المقترحة بعد التنفيذ



(جميع الصور السابقة من تصوير الباحث)

النتائج

1. فعالية تقنيات القطع والحفر بالليزر وماكينات الراوتر :أثبتت الدراسة أن استخدام تقنيات الليزر وماكينات الراوتر للتحكم الرقمي (CNC) تعتبر وسائل فعالة للغاية في تصميم وتصنيع المعلقات الفنية المعدنية التي تتميز بالخداع البصري.
2. إمكانية توفير الوقت والجهد في تصميم وتصنيع المعلقات الفنية المعدنية التي تتميز بالخداع البصري من خلال مجموعة من البرامج التي تتيح للمصمم والطالب داخل كلية الفنون التطبيقية تصور شامل للمنتج قبل البدا في تنفيذ العينة الاولي.

التوصيات

1. تطوير التصميم والتصنيع الفني : توضح الدراسة أهمية الاستفادة من هذه التقنيات المتقدمة في تطوير عمليات التصميم والتصنيع الفني، مما يعزز من جودة ودقة الأعمال الفنية.
2. تشجيع الفنانين والمصممين : توصي الدراسة بضرورة تحفيز الفنانين والمصممين على دمج هذه التقنيات في إبداعاتهم، حيث يمكنهم استغلال إمكانياتها الواسعة لتحقيق تصميمات مبتكرة وفريدة.
3. استثمار الشركات المتخصصة :من التوصيات الرئيسية توجيه الشركات المتخصصة في تصنيع المعلقات الفنية المعدنية إلى الاستثمار في تقنيات التحكم الرقمي (CNC) والليزر لزيادة كفاءة الإنتاج وتحسين جودة المنتجات
4. الاستفادة من التعليم التعاوني مع الطلاب في حل المشكلات وتوزيع المهام .

المراجع

١- الطبال، صفا محمد عبده. "فن تشويه المنظور وجمالياته التحريفية وأثره على البعد الإدراكي للعمل في فن التصوير ". *المجلة العلمية لجمعية إمسيا التربية عن طريق الفن*، يناير ٢٠١٩ عدد ١٧، ص ١٥٤-١٧٦

1-Altbal, Safa Mohamed Abdo. "Fan Tashwih Al-Manthor Wa Jamaliyatuh Al-Tahreefiyya Wa Atharuh Ala Al-Bu'd Al-Idraki Lil 'Amal Fi Fan Al-Tasweer." *Al-Majalla Al-Ilmiya Li-Jam'iyyat Imsya Al-Tarbiya 'An Tariq Al-Fan*, January 2019, issue 17. P 154 -176

٢- سليمان، دينا سعيد كامل. "منهجية لتصميم وتنفيذ الحلى الزجاجية باستخدام الحاسب." رسالة دكتوراه، جامعة حلوان، ٢٠١٩.

2- Soliman, Dina Saeed Kamel. "Manhajeya Le-Tasmeem Wa Tanfeez Al-Holy Al-Zogagiya Bestekhdam Al-Hasib." Risalat Doctora, Gamet Helwan, 2019.

3- Goel, Anup, A. Jacob Moses, " Renjin J. Bright, and Ruchi Agarwal. *Computer Aided Design & Manufacturing for Anna University R17 CBCS (VI- MECH -ME8691)* ", Kindle Edition, 2020 .

4- Alavala, Chennakesava R. " *CAD/CAM: Concepts and Applications*", Kindle Edition 2010

5-Todorović, Dejan. "What Are Visual Illusions?" *SAGE Journals*, 2020.

6- Lennings, Lex. "Selecting Either Layered Manufacturing or CNC Machining to Build Your Prototype." Netherlands, 2018.

7-Lee, Jeongmin, Wujin Chu, and Chris Baumann. *The Psychology Behind Design: A Marketing Perspective*. Singapore: Springer Nature, 2024 p 131-161

8-- https://www.solidworks.com/ Accessed August 22, 2024

9- https://visme.co/blog/best-optical-illusions/ Accessed August 22, 2024

أ –استخدام النحاس في القطع بالفايبر ليزر يحتاج إلى عناية خاصة بسبب انعكاسيته العالية وتوصيله الحراري. حيث يجب استخدام إعدادات مناسبة لمصدر القطع لشعاع الليزر، كما يتم استخدام غاز مساعد جيد وهو النيتروجين في منع الأكسدة وتحسين جودة القطع.

حيث ان استخدام الأكسجين قد يؤدي إلى تأكسد السطح ويعطي نتائج غير مرضية عند القطع ما يؤثر على جودة الحواف.، وللحرص على حماية المعدات والعدسات من ارتدادًا ضارًا على مصدر الليزر أو عدسات القطع عند قطع خامة النحاس يجب استخدام ألياف ليزر ذات طاقة مناسبة أو عدسات واقية خاصة لتقليل خطر الانعكاسات لتجنب الأضرار المحتملة وتحقيق نتائج عالية الجودة .