مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
Journal of Applied Arts & Sciences
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

التكامل بين التصميم الرقمي والتحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلى وطينات الورق لإنتاج وحدات إضاءة خزفية جدارية مبتكرة

Integration of Digital Design and Computer Numerical Control (CNC) with Paper Clays to Produce Innovative Ceramic Wall Lighting Units

محمد سعد سعد شومان
أستاذ مساعد - كلية الفنون التطبيقية - جامعة دمياط

ملخص البحث:
يشهد مجال الخزف تطورًا ملحوظًا في ظل التقدم التكنولوجي المتسارع، مما أتاح للمصمم أدوات جديدة توسّع آفاق الابتكار وتكسر القيود التقليدية في التشكيل والإنتاج. وينطلق هذا البحث من أهمية توظيف التصميم الرقمي(Digital Design) ، وتقنيات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي(CNC) ، جنبًا إلى جنب مع خامة طينات الورق(Paper Clay) ، في تصميم وتنفيذ وحدات إضاءة خزفية جدارية ذات طابع معاصر.
يركز البحث على استكشاف سبل التكامل بين التكنولوجيا والخزف، من خلال تحويل الأفكار التصميمية إلى نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد، تتم معالجتها رقميًا لتنفيذ قوالب بدقة متناهية باستخدام ماكينات (CNC) كما يتناول البحث خصائص طينات الورق بوصفها خامة تمتاز بالخفة والمرونة ومقاومة التشققات، مما يتيح للمصمم حرية تشكيلية غير مسبوقة تواكب متطلبات التصميم المعماري الحديث.
وقد تم تنفيذ نموذج تطبيقي يعكس هذه المنهجية، من خلال تصميم وحدة إضاءة جدارية ديكوريه تسمح بتوزيع الضوء بشكل غير مباشر، وتظهر الأثر الجمالي والبصري الناتج عن التفاعل بين الشكل والضوء والخامة، مع مراعاة الجوانب الوظيفية والإنشائية.
خلص البحث إلى أن الدمج المدروس بين التصميم الرقمي والتصنيع الرقمي باستخدام طينات الورق، لا يقدم فقط حلولًا إنتاجية فعالة، بل يمثل مدخلًا إبداعيًا يعزز من إمكانيات التعبير الفني في الخزف المعاصر، ويفتح مسارات جديدة نحو منتجات وظيفية تحمل طابعًا فنيًا مميزًا.

الكلمات المفتاحية:
طينات الورق(Paper Clay) ، التحكم الرقمي بالحاسب الآلي(Computer Numerical Control - CNC) ، وحدات الإضاءة الجدارية (Wall Lighting Units)

مقدمة البحث:
في ظل التحولات الكبيرة التي يشهدها العالم اليوم، تبرز عدة اتجاهات عالمية تؤثر بشكل كبير في مختلف المجالات الصناعية والتصميمية، أبرزها الاستدامة والثورة الرقمية. تمثل الاستدامة إحدى الركائز الأساسية التي تركز عليها الصناعات الحديثة، حيث يزداد الاهتمام باستخدام مواد وتصاميم تساهم في تقليل الأثر البيئي والحفاظ على الموارد الطبيعية. في هذا السياق، تمثل طينات الورق أحد البدائل البيئية في صناعة الخزف، وفي هذا الإطار، تُعد طينات الورق من المواد الخزفية البديلة الواعدة، لما تتميز به من خفة الوزن، وسهولة التشكيل، وانخفاض التأثير البيئي، ما يجعلها خيارًا مثاليًا لتطبيقات التصميم المستدام، ومع ذلك، تظل طينات الورق محدودة في استخدامها في التطبيقات المعقدة التي تتطلب تقنيات تصنيع دقيقة ومتطورة.

من جانب آخر، تشهد الصناعة تطورًا هائلًا بفضل الثورة الرقمية والتقدم في تقنيات التصنيع مثل تقنية التحكم الرقمي بالحاسب الآلي (Computer Numerical Control - CNC)،هذه التقنيات الحديثة تُمكِّن المصممين والفنانين من إنتاج قطع معقدة بدقة فائقة، مما يعزز القدرة على تطبيق التصاميم الحديثة والمتطورة في مجالات مثل العمارة والتصميم الصناعي ، كما تتيح هذه التقنيات إنتاج نماذج دقيقة ومتكررة ذات جودة عالية، مما يفتح آفاقًا جديدة لاستثمار طينات الورق في تصميم وإنتاج وحدات إضاءة خزفية حائطية تجمع بين الابتكار والشكل الجمالي والأداء الوظيفى،وبشكل عام يعتبر التكامل بين هذه التقنيات الرقمية ومواد مثل طينات الورق نقطة تحول محتملة في إنتاج منتجات خزفية مبتكرة.

مشكلة البحث:

تتمثل المشكلة الرئيسية في محدودية استخدام الطينات الورقية في التطبيقات الخزفية، فعلى الرغم من الفوائد البيئية والاقتصادية لطينات الورق، إلا أن استخدام هذه المواد في التصميمات الخزفية لا يزال يواجه العديد من التحديات التقنية، مما يحد من إمكانياتها في مجال الإنتاج الكمي. ويحاول البحث الإجابة على هذه التساؤلات:

- ما مدى إمكانية استخدام طينات الورق ومميزاتها في إنتاج وحدات إضاءة خزفية حائطية مبتكرة؟
- كيف يمكن أن يُسهم التصميم الرقمي في تطوير أشكال مبتكرة ومناسبة للإنتاج باستخدام طينات الورق؟
- ما دور تقنية التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي (CNC)في تحسين دقة وجودة القوالب المستخدمة لتشكيل طينات الورق؟
- هل يُحقق التكامل بين التصميم الرقمي وتقنية تقنية التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي(CNC) نتائج أفضل في تشكيل طينات الورق؟
- وهل ينعكس هذا التكامل في تصميم وحدات الإضاءة على القيمة الجمالية والوظيفية؟

فروض البحث:

تتمثل فرضية هذا البحث في أن التكامل بين التصميم الرقمي وتقنية (CNC) يعزز من جودة وكفاءة منتجات الإضاءة الخزفية الحائطية المصنوعة من طينات الورق، ومن خلال هذا التكامل، يُمكن تحسين الدقة في تشكيل المنتجات، وتحقيق أشكال مبتكرة تتمتع بالاستدامة وتحمل قيمة جمالية.

أهداف البحث:

- استكشاف سبل تطبيق التصميم الرقمي وتقنية (CNC) في تحسين عملية تشكيل طينات الورق.
- دراسة تأثير التكامل بين هذه التقنيات على جودة المنتجات الخزفية، خصوصًا وحدات الإضاءة الحائطية.
- تقديم حلول مبتكرة تسهم في فتح آفاق جديدة لاستخدام طينات الورق في التطبيقات المعمارية والتصميمية.

أهمية البحث:

يُسهم هذا البحث في تقديم طرق جديدة لاستخدام طينات الورق في التصنيع كما يُعتبر هذا البحث إضافة قيمة إلى الجهود العالمية المبذوله نحو تبني التقنيات الحديثة في تحقيق التكامل بين عمليات التصميم الإبداعي وتحسين عمليات الإنتاج، مما يعزز من مكانه التصميم الرقمي كأداة محورية في تطوير الصناعات الإبداعية المعاصرة.

حدود البحث:

يقتصر التطبيق العملى للبحث على استخدام ماكينات التحكم الرقمى بالحاسب الآلى لإنتاج قالب مسطح من الجبس وإبتكار تصميمات رقمية لوحدات الإضاءة الجدارية وإنتاجها بطينات الورق، دون التطرق لإجراء أي اختبارات لخصائص طينات الورق.

منهج البحث:

يعتمد البحث على منهجين متكاملين:

- **المنهج الوصفي التحليلي** :لدراسة وتحليل المفاهيم النظرية المتعلقة بطينات الورق، والتصميم الرقمي، وتقنية(CNC) ، من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة بهدف بناء الإطار النظري وتحديد فرص التكامل بين هذه العناصر.
- **المنهج التطبيقي التجريبي :**لتطبيق المعرفة النظرية في تجربة عملية شملت تصميم نموذج لوحدة إضاءة باستخدام برامج التصميم الرقمي، وتنفيذ قالب باستخدام ماكينة(CNC) ، ثم تشكيله بطينة الورق وتقييمه من حيث الأداء الجمالي والوظيفي.

محاور البحث:

أولا: الإطار النظري:

١- طينات الورق (Paper Clay).

٢- التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي (Computer Numerical Control - CNC)

٣- وحدات الإضاءة.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

ثانيا: التطبيق العملي:

أولا: الإطار النظري:

١- طينات الورق (Paper Clay):

هي مادة خزفية تُصنع عن طريق خلط الطينات مع ألياف السليلوز المستخرجة من الورق المعاد تدويره (عادةً بنسبة ٢٠-٣٠% من الحجم الكلي). تتميز هذه الطينات بخفة الوزن، وقدرة عالية على التشكيل، وانخفاض التأثير البيئي مقارنة بالخزف التقليدي، مما يجعلها خيارًا مثاليًا للتطبيقات الفنية والتصميمية المستدامة. (Hamer&Hamer,2013, p78)

يُعتبر الطين الورقي مادة ممتازة للأعمال الكبيرة، بسبب قوته الملحوظة قبل الحريق وخفة وزنه، وتحترق ألياف الورق أثناء الحريق، مما يترك الجسم مساميًا وهي خاصية يمكن استغلالها فى تطبيقات تتطلب هذه الخاصية، كما يُعد استخدام الطين الورقي اقتصاديًا، حيث يمكن استخدام جميع أنواع الورق المهدر، الورق المعاد تدويره ونشارة الخشب الناعمة كمواد جيدة للخلط مع الطين، كما تقلل ألياف الورق المضافة إلى جسم الطين من تكاليف المواد والطاقة. (Hamer, Frank,1992, p251)

في دراسة قدمتها لينا جوفونن Leena Juvonen في المؤتمر العالمي الثامن للخزف CIMTEC – في فلورنسا، إيطاليا (يونيو ١٩٩٧)،بعنوان "استخدام ألياف الورق كبديل في طينات الخزف" ، وتهدف إلى إمكانية تحسين خصائص الطينة الخزفية عن طريق دمج أنواع مختلفة من ألياف الورق .وكان هدف الدراسة هو الوصول إلى تركيب طينة ورقية (Paper clay) تحتوي على ألياف تمنحها قوة عالية قبل الحريق green strength ،وفي الوقت نفسه تُنتج مسامية ناعمة ومتجانسة بعد الحريق ، دون التأثير سلبًا على الخصائص الأساسية المميزة للخزف ، بمعنى آخر، تصبح الطينة المحروقة أخف من الطينة الأصلية النقية ، مع الحفاظ على الخصائص المطلوبة .كما أشارت الدراسة إلى طريقة تحضير طينات الورق من خلال ، تقطيع الورق والسليلوز إلى لب قبل مزجهما مع الطينات ، أولاً نُقع الورق في ماء ساخن ثم تم ضربه وتفكيكه لفصل الألياف ، وبعدها تم تصفية الماء الزائد باستخدام شاشة شبكية كبيرة للحصول على لب يحتوي على حوالي ٢٠% ماء، ثم أُضيفت إليه الطينة ، وتم استخدام الألياف بنسب تتراوح بين ٢%، ١٠% و٢٠% من وزن الألياف الجافة بالنسبة إلى الوزن الجاف للطينة.كمااستخدمت الدارسة انواع متعددة من الياف السليوز مثل الورق المفرم والورق المعاد تدويرة ونشارة الخشب الناعمة ، التركيبة التالية تشير للنسب المستخدمة من المكونات بشكل اساسى دون اضافة نسب الياف السليوز فى تركيبة الجسم الخزفى :

Ball clay :%٢٥	طينة الكرة
Kaolin :%٢٥	كاولين
Silica :%١٠	سليكا
Feldspar :%١٠	فلدسبار
Calcinated kaolin :%٣٠	جروج (طين محروق

واستنتجت الدراسة أن إضافة الألياف إلى الطين تساهم بشكل كبير في تحسين قوة الانحناء (معامل الكسر) (Bending Strength) في الحالة الخضراء (قبل الحريق) مقارنة بالطين النقي (الجسم الخزفى بدون إضافة الياف)، حيث تتراوح القيم بين ($1.0 - 2.6 N/mm^2$) مقابل ($1.0 N/mm^2$) فقط للطين النقي، ويعود ذلك إلى دور الألياف كعامل تقوية مؤقت خلال التشكيل والتجفيف، حيث تمنع التشققات وتحسن التماسك الميكانيكي قبل الحريق.ولكن، بعد الحريق، تتغير النتائج بشكل كبير، فبينما يُظهر الطين النقي (بدون ألياف) أعلى قوة انحناء بعد الحريق($24.8 N/mm^2$) ، تنخفض قوة الانحناء في العينات المحتوية على ألياف بشكل واضح لعدم وجود مسامية إضافية ناتجة عن احتراق الألياف ويرجع ذلك إلى أن الألياف تحترق وتتحلل خلال الحريق ، مخلّفة فراغات مسامية تؤثر سلبًا على التماسك البنائى للقطعة، خاصة مع زيادة نسبة الألياف وكانت نتيجة قوة الانحناء للطينات المضاف إليها الياف بعد الحريق تتراوح من 6.8) (N/mm^2): ($2.5 N/mm^2$) تبعا لنسبة ونوع الألياف المضافة .، ويعتبر الالتواء بعد الحريق" أو تشوّه القطع الخزفية (Warping) هو من العيوب الشائعة في طينات الورق بعد الحريق، وخاصة عند نسب ألياف عالية وقد تم التطرق إليه ضمنيًا في الدراسة.

كما اشارت الدراسة للإمكانيات الفنية لطينة الورق عبر إنتاج أوعية رقيقة وكبيرة الحجم وألواح مسطحة باستخدام قوالب الجبس وتلوينها بأكاسيد خزفية، مما يبرز مرونة هذه الطينة وملاءمتها للأعمال الفنية المعاصرة، وتشير الصورة رقم (١) لأحد أعمال الباحثة من طينة الورق. (Net1)

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صورة رقم (١) طبق من الطين الورقي للباحثة لينا جوفونن، بأبعاد ٦٥ سم × ٦٥ سم × ٢٠سم، مع تطبيق طلاء زجاجي ملون ويتضح من الحجم امكانيات طينات الورق فى إنتاج أحجام كبيرة من الخزف بسمك رقيق نسبيا دون التعرض لمشاكل التجفيف كمرحلة ما قبل الحريق.(Net1)

ومما سبق يمكن للباحث استنتاج الخصائص المميزة لطينات الورق بشكل عام.

الخصائص المميزة لطينات الورق(Paper clay) :

تُعد طينات الورق من المواد الخزفية الحديثة التي تجمع بين الطين والألياف السليلوزية، مما يمنحها خصائص فريدة تختلف عن الطينات التقليدية، وتتلخص هذه الخصائص فيما يلي:

١- قوة كسر مرتفعة قبل الحريق green strength)، حيث تساهم الألياف في تحسين تماسك الطينة غير المحروقة، مما يزيد من معامل الكسر ويُقلل من احتمالات التشققات أثناء التشكيل والتجفيف.

٢- وزن أخف بعد الحرق نتيجة لاحتراق الألياف أثناء الحرق، يصبح الجسم الخزفي أكثر خفة دون التأثير السلبي الكبير على الخصائص المميزة للجسم الخزفى.

٣- إمكانية تشكيل أجسام رقيقة وكبيرة الحجم بسبب تحسن التماسك في الحالة الخضراء، يمكن تشكيل وحدات ذات حواف دقيقة دون انهيار أو تشقق.

٤- مسامية متجانسة بعد الحرق، تنتج عن احتراق الألياف شبكة من المسام الدقيقة والمتجانسة، تُحسن من خصائص العزل وتقلل من الوزن.

٥- تقلص منخفض أثناء الحريق :تُقلل الألياف من مقدار الانكماش الكلي، مما يُحسن من استقرار الأبعاد النهائية.

٦- قابلية الإصلاح قبل الحريق حيث يمكن إعادة لحام الأجزاء المنفصلة بسهولة باستخدام طين ورقي.

٧- سهولة التجفيف دون تشقق الألياف توزّع الرطوبة بشكل أفضل أثناء التجفيف، مما يقلل من الإجهادات السطحية ويُقلل من معدل التشقق.

٨- قابلية التشكيل باستخدام مواد معاد تدويرها، يمكن استخدام الورق التالف والمخلفات السليلوزية كمصدر اقتصادي ومستدام للألياف.

٩- ظهور الالتواء بعد الحرق عند نسب ألياف عالية، لوحظ أن زيادة محتوى الألياف يؤدي إلى انخفاض حاد في معامل الكسر بعد الحريق، مما يرتبط مباشرة بظهور تشوهات مثل الالتواء والانبعاج في بعض النماذج، خصوصًا في القطع الرقيقة أو كبيرة الحجم. ويرجع ذلك إلى الاحتراق غير المتجانس للألياف وتوزيع الإجهادات الداخلية بشكل غير متوازن أثناء الحرق، ويمكن تقليل الالتواء من خلال:

- تقليل نسبة الألياف.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

- توزيع الألياف بشكل متجانس في طينات الورق.
- التأكد من تجفيف بطيء ومتوازن لتقليل الإجهاد الداخلي.
- استخدام قوالب تدعيم أثناء الحرق في القطع الكبيرة أو الرقيقة.
- تعديل منحنى الحرق (معدل الحر ق) بحيث يتم إخراج المواد العضوية تدريجيًا ببطء في المدى من ٣٠٠-٦٠٠ درجة مئوية وهي درجات الحرارة التى يتم عندها حرق المواد العضوية.

١٠- انخفاض في قوة الكسر بعد الحريق عند نسب ألياف مرتفعة، رغم قوة الطينة قبل الحريق، إلا أن زيادتها نسبة الألياف تؤثر سلبًا على القوة النهائية بسبب زيادة المسامية وهشاشة التركيب البنائى للجسم الخزفى فى طينات الورق.

١١- يمكن استخدام أى نوع من الطينات، أو الأجسام الخزفية، واستخدام الإضافات مثل الفلسبار، أو السليكا، أو التلك وغيرها من المواد المستخدمة فى صناعة الخزف.. لتحسين خواص الأجسام الخزفية من طينات الورق كالتحمل الميكانيكى على سبيل المثال.

٢- التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي (Computer Numerical Control - CNC):

يمثل نظام التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي (CNC)أحد أهم تقنيات التصنيع الحديثة، حيث يعتمد على برمجة الحركات والعمليات الصناعية من خلال أوامر رقمية يتم إدخالها إلى جهاز الحاسوب المتصل بالآلة. تُستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في الصناعات الهندسية، كما بدأت تأخذ مكانها بقوة في المجالات الفنية والتصميمية، بما في ذلك الفنون التطبيقية.

يعتمد نظام (CNC)على إدخال تصميم رقمي يتم إنشاؤه باستخدام برامج التصميم (برامج الجرافيك) بمساعدة الحاسوب(CAD) ، ليتم تحويله إلى لغة تشغيل معيارية تعرف باسم G-codeتقوم هذه اللغة بتوجيه أدوات القطع أو الحفر أو التشكيل المرتبطة بالآلة لتنفيذ العمليات بدقة عالية وفق المسارات المحددة مسبقًا. (أحمد زكى، السباعى حلمى ،٢٠١٦، ص٢١)(Net7) ،

تتميز ماكينات CNC بعدة خصائص تجعلها ملائمة للعمل الفني الدقيق، من أبرزها:

- الدقة العالية في التنفيذ.
- القدرة على تكرار الإنتاج دون فقدان للجودة.
- تمكين المصممين من تنفيذ أشكال معقدة يصعب تحقيقها يدويًا.
- توفير الوقت والجهد في عمليات التشكيل والتشغيل.

وفي مجال التصميم الخزفي، يمكن استخدام تقنية (CNC)في تنفيذ قوالب الجبس التي تُستخدم في صب الطينات، أو في زخرفة الأسطح باستخدام الحفر أو التفريغ، كما تُسهم في إنتاج وحدات زخرفية أو معمارية دقيقة. وقد أتاح دمج هذه التقنية في التصميمات الخزفية تطوير لغة بصرية معاصرة تجمع بين الحرفية التقليدية والدقة التكنولوجية. (النجار -مهدية،شومان-محمد،سليم-منه (٢٠٢١)، ص٤٠)

أنواع ماكيناتCNC :

تتعدد أنواع ماكينات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي (CNC) وفقًا لطبيعة العمليات الصناعية والإبداعية التي تؤديها، ومن أبرزها: ماكينات الفريزة (CNC Milling)، والخراطة(CNC Lathe) ، والقطع بالليزر(CNC Laser Cutter) ، وغيرها من الماكينات التي تعتمد على تقنيات مختلفة في القطع أو الحفر أو التشكيل. وتُستخدم هذه الماكينات في مجالات متعددة، منها الصناعات الدقيقة، والنمذجة، والتصميم المعماري، والفنون التطبيقية. وتشير الصورة رقم (٢) لبعض من أنواع ماكينات (CNC).

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صورة رقم (٢)

\بعض أنواع ماكينات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب (CNC). (شومان-محمد، (٢٠١٨)، ص٧)

غير أن ماكينة الراوتر (CNC Router) تُعد من أكثر هذه الأنواع ملاءمة للاستخدام في مجال التصميم الفني والحرفي، وذلك لما تتمتع به من قدرة على التعامل مع مجموعة متنوعة من الخامات مثل الخشب، والأكريليك، والفوم وغيرها من الخامات، وتتميز هذه الماكينة بالدقة العالية، والسرعة، وإمكانية تكرار تنفيذ الأشكال المعقدة بكفاءة، مما يجعلها أداة مثالية في تصميم وتنفيذ النماذج والقوالب. (الغندور-محسن،شومان-محمد،عباس-رانا، (٢٠٢٤) ص١٩٠)

وفي سياق هذا البحث، تم الاعتماد على ماكينة الراوتر (CNC)في تنفيذ نماذج تصميمية رقمية تم تحويلها إلى قوالب من الجبس، لاستخدامها في صب معلقات من طينات الورق لتشكيل وحدات إضاءة خزفية حائطية ذات طابع جمالي معاصر، وقد ساهمت الماكينة في تحقيق مستويات عالية من الدقة والتناغم في تفاصيل التصميم، مما يدعم الجانب الجمالي والوظيفي للمنتج النهائي، ويعكس التكامل بين التقنيات الرقمية والخامات الحرفية في الممارسات التصميمية المعاصرة.

٣- وحدات الإضاءة:

تُعد وحدات الإضاءة من العناصر الأساسية في التصميم الداخلي، حيث تؤدي دورًا مزدوجًا يجمع بين الوظيفة العملية والقيمة الجمالية، فهي لا تقتصر على توفير الإنارة فحسب، بل تسهم أيضًا في تشكيل التكوين البصري للمكان، وتؤثر على الحالة النفسية والمزاجية للمستخدم، كما أنها تبرز التفاصيل المعمارية والتصميمية للمكان. وتتنوع وحدات الإضاءة من حيث أشكالها ومواد تصنيعها وأغراض استخدامها، فتشمل الإضاءة المباشرة وغير المباشرة، والإضاءة الجدارية والسقفية، كما تتنوع بين وحدات صناعية جاهزة وأخرى يدوية.

ومع تطور تقنيات التصميم والإنتاج، اتجه المصممون إلى استكشاف خامات جديدة وأساليب مبتكرة لتنفيذ وحدات إضاءة ذات طابع جمالى ووظيفي في آن واحد. ويمكن

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

اعتبار الخامات الخزفية احدى هذه الخيارات لما تمتاز به من قابلية للتشكيل وتنوع للمعالجات اللونية، وقدرة على التفاعل مع الضوء والظل، ومقاومة للحرارة وغيرها من الخصائص المميزة للخزف، بالإضافة إلى إمكانيات الزخرفة السطحية المتنوعة، وقد ساعد إدخال تقنيات مثل التصميم الرقمي والطباعة ثلاثية الأبعاد وتقنيات (CNC)في توسيع آفاق التصميم لوحدات الإضاءة، مما أتاح إنتاج أشكال أكثر دقة وتعقيدًا، وتعزيز العلاقة بين الضوء والمادة في الفضاء المعماري المعاصر.

وحدات الإضاءة الجدارية:

تلعب وحدات الإضاءة الحائطية دورًا محوريًا في تشكيل البنية الضوئية لأي فراغ داخلي، فهي لا تقتصر على توفير الإضاءة فقط، بل تسهم في توجيه الانتباه، وإبراز العناصر المعمارية، وتتنوّع وحدات الإضاءة الجدارية من حيث الشكل والوظيفة، ما يجعلها عنصرًا هامًا في التصميم الداخلي، يجمع بين الجماليات والدور العملي. وفيما يلي أبرز الأنواع المستخدمة:

- **وحدات الإضاءة الجدارية الموجهة**

(Wall Sconces) :

تُعد من أكثر الوحدات شيوعًا، وتُثبَّت مباشرة على الجدار لتوجيه الضوء نحو الأعلى أو الأسفل، أو في الاتجاهين معًا. تتميز بتصاميمها المتعددة التي تشمل الكلاسيكية الغنية بالتفاصيل، والحديثة ذات الخطوط البسيطة. وتُستخدم عادةً لتوفير إضاءة تكميلية تُبرز الممرات أو تضيف أجواءً ناعمة في غرف المعيشة.

- **وحدات الإضاءة الجدارية الموزعة**

(Wall Washers) :

تصمَّم هذه الوحدات لنشر الإضاءة على مساحات واسعة من الجدار، ما يبرز القوام السطحي والملمس المعماري، أو لتسليط الضوء على لوحات فنية. وغالبًا ما تُدمَج في البيئات المعمارية المعاصرة لإضفاء بعد بصري مميز وخلق تباين دقيق بين الضوء والظل.

- **وحدات الإضاءة الجدارية القابلة للتعديل (Adjustable Wall Lights):**

تتيح هذه الوحدات إمكانية تعديل اتجاه الإضاءة بفضل أذرعها المتحركة أو رؤوسها الدوارة، مما يمنح المستخدم تحكمًا عمليًا في توزيع الإضاءة. وتتميز بطابعها الوظيفي، لا سيما في أماكن تحتاج إلى إضاءة موجهة، مثل المناطق المخصصة للقراءة أو العمل.

- **وحدات الإضاءة الجدارية المدمجة**

(Recessed Wall Lights):

تُركّب هذه الوحدات داخل الجدار لتوفير إضاءة غير مباشرة ناعمة لا تؤثر على خط النظر. وتُستخدم في المساحات الانتقالية كالممرات والسلالم، وتُسهم في تعزيز الإحساس بالعمق والهدوء البصري داخل الفضاء، دون أن تطغى على التصميم العام.

- **وحدات الإضاءة الجدارية الديكورية**
- **(Decorative Wall Lights):**

تمزج بين الإضاءة والبعد الفني، حيث تأتي بأشكال نحتية مصنوعة من خامات متنوعة مثل الكريستال أو الزجاج أو المعدن المصقول. وتُعد هذه الوحدات عنصرًا بصريًا لافتًا يُضفي على المكان طابعًا راقيًا أو كلاسيكيًا بحسب طبيعة التصميم.

- **وحدات الإضاءة الجدارية الذكية**
- **(Smart Wall Lights) :**

تعتمد على تقنيات التحكم الرقمي مثل Wi-Fi أو البلوتوث، وتُدار عبر تطبيقات الهاتف أو الأوامر الصوتية. وتتيح ضبط درجة الإضاءة والألوان تلقائيًا وفق الجداول الزمنية أو استجابة لحركة الأفراد، ما يجعلها جزءًا متكاملًا من أنظمة الإضاءة في البيئات الذكية.(Karlen&Benya, (2017) p45-60) .

وتشير الصورة رقم (٣) لأحدى أنواع وحدات الإضاءة الجدارية.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صورة رقم (٣) أحد أنواع وحدات الإضاءة الجدارية بإضاءة غير مباشرة وتصميم هندسى بسيط مع تنوع للخامات من المعدن وخامة أخرى ذات شفافية نسبية.(Net8)

ثانيا: التطبيق العملي:

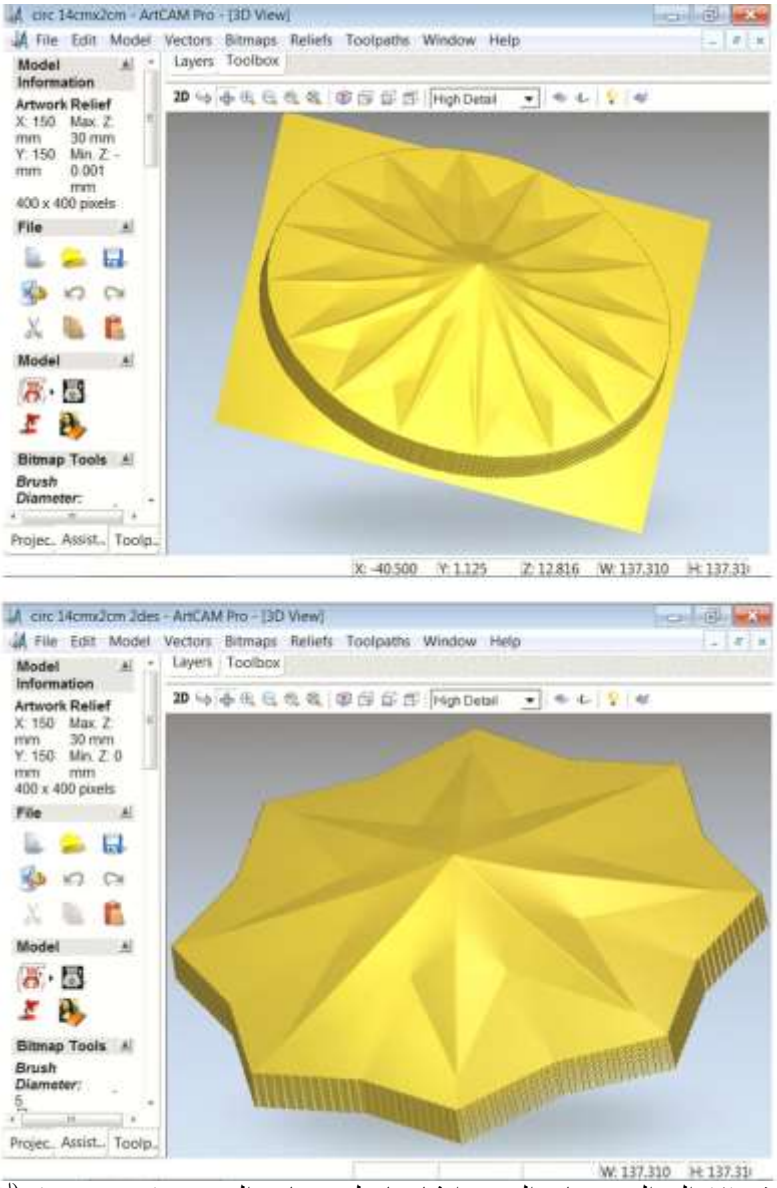
تضمن التطبيق العملي لهذا البحث تنفيذ نموذجين لوحدة إضاءة جدارية باستخدام طينة الورق، مع توظيف أدوات التصميم الرقمي وتقنيات الإضاءة، بهدف إبراز الجوانب الجمالية والتشكيلية لهذه الخامة، ومتابعة مدى كفاءتها في الاستخدام العملي.

١- إعداد التصميم الرقمي:

تم استخدام أحد برامج التصميم ثلاثي الأبعاد (Art Cam) لإنشاء تصميمات هندسية من وحدات نجمية متماثلة متعددة الأضلاع، وذلك لحقيق توازن بصري بين الغائر والبارز في التصميم، وتشير الصورة رقم (٤) إلى التصميمات التي تم إنشاؤها على برنامج التصميم (Art Cam).

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)



صورة رقم (٤) إلى التصميمات التي تم إنشاؤها على برنامج التصميم (Art Cam). (إعداد الباحث)

٢- إعداد طينة الورق:

تم تمزيق أوراق الجرائد والمجلات إلى قطع صغيرة، ونقعها في الماء لمدة ٢٤ ساعة وتم استخدام الماء المغلي لتسريع تفكك الياف السليلوز في الورق، ثم خلطها باستخدام خلاط كهربائي للحصول على عجينة ناعمة.

مزج كمية تمثل ٧٥% من الطين الأسواني الأحمر (طينة محلية) و١٠% من الفلدسبار مع ١٥%من الورق وضبط كمية الماء المناسبة للحصول على قوام يصلح للصب في قالب الجبس، للحصول على تفاصيل دقيقة من القالب الجبس.

٣- تنفيذ القالب:

تم صب بلاطة من الجبس بنسبة ١٢٠ %جبس إلى ١٠٠% ماء، وتركها حتى تمام الجفاف، وذلك بأبعاد أكبر من أبعاد التصميم الرقمي المنفذ.

تم حفر القالب باستخدام ماكينة تحكم رقمي بالحاسب الآلي(CNC) ، بناءً على التصميم الرقمي المنفذ.

٤- التشكيل:

صُبت طينة الورق داخل القالب، لتأخذ الشكل المطلوب، مع مراعاة تفريغ الهواء باهتزاز القالب، وذلك لتفادي التشققات، وتشير صورة رقم (٥) لشكل قوالب الجبس المنفذة بماكينة (CNC)، ومراحل إنتاج القطعة الخزفية.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صورة رقم (٥) توضح شكل قوالب الجبس المنفذة بماكينة (CNC)، ومراحل إنتاج القطعة الخزفية. (إعداد الباحث)

٥- التجفيف والحريق ومعالجة السطح:

كما هو متبع في مراحل الخزف، تم تجفيف النموذج في درجة حرارة الغرفة.

بعد التجفيف الكامل، تم تشطيب الشكل باستخدام ورق صنفرة ناعم.

تم الحريق في درجة حرارة ٩٥٠ درجة مئوية.

تم طلاء النموذج بطلاء زجاجي شفاف مع استخدام صبغات ملونة.

ثم الحريق للطلاء عند درجة حرارة ١٠٢٠ درجة وهي درجة نضج الطلاء.

تم عمل كشت في أجزاء مرتفعة من التصميم على الطلاء من خلال صنفرة ناعمة لتأكيد التفاصيل وعمل تباين بين لمعة الطلاء والمظهر المطفي نتيجة الصنفرة لهذه الأجزاء للتأكيد على هندسية خطوط التصميم، كمحاولة لإبراز القيمة الجمالية للقطعة الخزفية.

وتشير الصورة رقم (٦) لشكل قطع الخزف المنفذة بعد الحريق وتطبيق الطلاء الزجاجي.

صورة رقم (٦)

توضح قطع الخزف المنفذة والمستخدمة في وحدات الإضاءة، بعد الحريق وتطبيق الطلاء الزجاجي وأبعاد القطع (قطر ١٤سم بارتفاع ١,٥سم تقريبا) والوزن التقريبي ١٥٠جرام للقطعة الواحدة. (إعداد الباحث)

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

٦- تركيب الإضاءة:

تم تثبيت شريط LED على قطعة خشبية مع مراعاة توصيلات الكهرباء، وتثبيت التصميم عليها مع مراعاة فارق بين قطعة الخشب والقطعة الخزفية، بحيث تُبرز الفتحات المفرغة وتمزج الضوء مع الظلال لخلق تأثير بصري جذاب للوحدة المنفذة.

تم تثبيت النموذج على جدار في مساحة داخلية معتمة نسبيًا، وتم مراقبة مدى انتشار الإضاءة، وقوة التباين بين المناطق المضيئة والمظللة، وانعكاس ذلك على جماليات المشهد العام. وتشير الصورة رقم (٧) لأشكال متعددة والوان محتلفة للوحدة المنفذة وهي في حالة الإضاءة وبدون إضاءة كما تشير الصورة أيضا إلى استخدامها على حامل كوحدة إضاءة غير مباشرة جمالية على المكتب.

حققت الوحدة توازنًا بين البُعد الفني الخزفي والتكامل مع الإضاءة، مما يمنح المساحة نوعًا من التأثير البصري الديناميكي، وتشير الصورة رقم (٨) لإمكانية دمج الوحدة في التصميم الداخلى كوحدة إضاءة غير مباشرة جمالية.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صورة رقم (٧) لأشكال متعددة والوان مختلفة للوحدة المنفذة وهي في حالة الإضاءة وبدون إضاءة كما تشير الصورة أيضا إلى استخدامها على حامل كوحدة إضاءة غير مباشرة جمالية على المكتب. (إعداد الباحث)

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

صورة رقم (٨) توضح إمكانية دمج الوحدة في التصميم الداخلي كوحدة إضاءة غير مباشرة جمالية. (إعداد الباحث)

الخاتمة:

يمثل هذا البحث محاولة جادة لاستكشاف إمكانيات التكامل بين التصميم الرقمي وتقنيات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب الآلي (CNC) مع خامة طينات الورق، بهدف إنتاج وحدات إضاءة خزفية جدارية مبتكرة تجمع بين الأداء الوظيفي والطابع الجمالي المعاصر. وقد انطلق البحث من إشكالية تتمثل في محدودية استخدام طينات الورق في التطبيقات الخزفية ذات الطابع الإنتاجي المعقد، وسعى إلى تقديم رؤية تطبيقية لتجاوز هذه التحديات عبر توظيف أدوات التكنولوجيا الرقمية الحديثة.

من خلال الجمع بين المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التطبيقي، تمكن الباحث من تحليل الخصائص الفيزيائية والجمالية لطينات الورق، والوقوف على الإمكانات التي توفرها تقنية CNC في إنتاج قوالب دقيقة تسمح بتحقيق درجات عالية من التكرار والتنفيذ المحكم للتفاصيل التصميمية. وقد انعكس هذا التكامل بشكل إيجابي على جودة النموذج المنتج، حيث أظهر قابلية الخامة للتشكيل الدقيق، وسهولة المعالجة السطحية، والقدرة على توظيف الضوء بشكل فني يضفي على القطعة طابعًا بصريًا مميزًا.

أكدت النتائج المستخلصة فاعلية توظيف طينات الورق كخامة صديقة للبيئة، قابلة للاستخدام في مجالات التصميم الداخلي المعاصر، لا سيما عند دمجها مع تقنيات التصميم الرقمي، حيث يتم إنتاج نماذج خفيفة الوزن، منخفضة

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

التكلفة، وذات قيمة جمالية عالية. كما أظهر البحث أهمية إدماج أدوات التصنيع الرقمي في العملية التصميمية، ليس فقط كوسيلة إنتاجية، بل كمدخل فكري وجمالي يفتح آفاقًا جديدة في مجال الخزف المعاصر.

وفي ضوء ما سبق، يمكن القول إن هذا البحث يقدم نموذجًا تطبيقيًا صالحًا للتطوير، وقابلًا للتوظيف في مجالات التعليم، والصناعة، والفن، كما يدعو إلى مواصلة البحث في خصائص طينات الورق، وتوسيع نطاق استخدامها في تطبيقات معمارية ووظيفية أخرى، من خلال دعمها باختبارات علمية دقيقة وتطوير أدوات التنفيذ. ويأمل الباحث أن يُسهم هذا العمل في إثراء الممارسات الخزفية المعاصرة، ويدفع باتجاه تبني حلول تصميمية أكثر استدامة وابتكارًا.

النتائج:

١- **فاعلية طينات الورق في التصميم الجمالي والبنائي:**

أثبتت التجربة أن طينات الورق تمتلك خواص تشكيلية مناسبة لتنفيذ وحدات إضاءة جدارية، حيث ساعدت على تحقيق توازن بين الخفة والصلابة، مما يجعلها مناسبة للتثبيت على الحوائط دون الحاجة لدعامات ثقيلة.

٢- فاعلية التكامل بين **(CNC)**، والتصميم الرقمي:

ساهم التكامل بين التصميم الرقمي وماكينات (CNC)في تحسين دقة التنفيذ وتكرار التفاصيل والتكرار المنتظم، والتنوع الزخرفي، مما انعكس إيجابيًا على جودة المنتج النهائي.، مما يسهم في إثراء الجانب البصري للوحدة.

٣- **الاستفادة من الإضاءة كعنصر تصميمي:**

أظهرت التجارب أن توزيع الفتحات في التصميم، يسهم في توجيه الإضاءة وإنتاج مؤثرات ضوئية فنية على الأسطح المجاورة، مما يعزز من البعد الجمالي للوحدة.

٤- **الاستدامة وانخفاض التكلفة**

تبين أن طينة الورق توفر حلاً بيئيًا واقتصاديًا لتصميم وحدات الإضاءة، نظرًا لإعادة تدوير الخامات الورقية وسهولة معالجتها وتشكيلها، مقارنةً بالمواد التقليدية.

٥- **قابلية التشكيل والتطوير:**

يتيح استخدام التصميم الرقمي إمكانية تطوير وحدات إضاءة متنوعة من حيث الشكل، والحجم، والنمط التصميمي، مما يفتح آفاقًا لتطبيقات مستقبلية في الديكور الداخلي والخارجي.

التوصيات:

١. **التوسع في استخدام طينات الورق كخامة صديقة للبيئة:**

يُوصى باعتماد طينات الورق في مشاريع التصميم الداخلي والخارجي، لما توفره من مزايا بيئية واقتصادية وجمالية، خاصة في تطبيقات الإضاءة الديكورية.

٢. **دمج التصميم الرقمي في المناهج التعليمية الفنية:**

يُوصى بإدراج أدوات التصميم الرقمي وتقنيات التصنيع الحديثة ضمن المناهج الدراسية لطلاب الفنون التطبيقية، بهدف رفع كفاءتهم في التعامل مع التكنولوجيا الحديثة في التصميم.

٣. **استخدام وحدات الإضاءة الجدارية في مشروعات التخرج والمعارض:**

يُوصى بتشجيع الطلاب على تنفيذ نماذج إبداعية من وحدات الإضاءة باستخدام الطينات البديلة، مثل طينة الورق، مع دمج الإضاءة كعنصر تصميمي رئيسي في العمل الفني.

٤. **إجراء المزيد من الأبحاث لطينات الورق لتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية:**

يُوصى بإجراء دراسات تكميلية وموسعة للتعرف أكثر على خصائص طينات الورق، مثل مقاومة طينات الورق للعوامل البيئية مثل الرطوبة والحرارة، لضمان استمرارية استخدامها في التطبيقات المعمارية.

أولا: المراجع العربيه:

١- **أحمد زكى، السباعى حلمى (٢٠١٦)."** المخارط الرقمية CNC"،دار طباعة المنهل.

٢- **شومان، محمد سعد(٢٠١٨).** *استخدام ماكينات التحكم الرقمي للحصول علي منتج خزفي.* القاهرة: المؤتمر الدولي الخامس لكلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان.

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

٣- **الغندور، محسن – شومان، محمد – عباس،رانا (٢٠٢٤).**"الاستفادة من تكنولوجيا التحكم الرقمى لمعالجة الأسطح لمنتجات خزف الاستوديو"،مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، المجلد ١١، العدد ٤.

٤- **النجار، مهدية – شومان، محمد – سليم، منه (٢٠٢١).**"أثر استخدام تكنولوجيا التحكم الرقمي في تصميم مكملات أزياء من الخزف"، مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، المجلد ٨، العدد ٢.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

1- **COLBECK, John** (1988)." Pottery Materials "Bats ford Limited, London.
2- **Graham T. Smith,** (1993)." CNC Machining Technology", spring, London.
3- **Hamer, F. & Hamer, J.** (2013). Ceramic Materials for Artists. Krause Publications.
4- **HAMMER, Frank** (1992)."The Potter's Dictionary of Materials and Techniques", Pitman Publishing, London, Reprinted.
5- Karlen, M., & Benya, J. (2017). *Lighting design basics* (3rd ed.). Wiley.
6- **Overby, J.** (2015). CNC Machining Handbook. McGraw-Hill Education.
7- **Patrick Hood-Daniel, James Floyd Kelly** (2009)." Build Your Own CNC Machine", Paul Manning, US.
8- **SINGER, Felix and Sonja** (1963). "Industrial Ceramics", Chapman and Hall Ltd, London.

ثالثا: مواقع أنترنت:

1- http://www.ccpottery.com/colored-clay-lessons--chris/how-to-make-paperclay-.html
2- https://www.grahamhay.com.au/miller1994.html
3- http://www.mfg.mtu.edu/cyberman/machtool/auto/nc/intro.html
4- https://www.edx.org/course/introduction-computer-numerical-control-tenarisuniversity-cnc101x
5- http://www.qhunt.com/2015/10/basic-components-of-numerical-control.html
6- https://www.slideshare.net/NikhleshRanjan/cnc-machining-60457794
7- http://www.cncroutersource.com/cnc-router-systems.html
8- https://fabtiko.com/collections/alabaster-wall-sconces-for-living-room/products/alabaster-living-room-walls-sconce-lighting

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

Abstract:
The field of ceramics is witnessing remarkable development considering the rapid technological advancements, which have provided designers with new tools that expand the horizons of innovation and break the traditional limitations in forming and production. This research stems from the importance of employing digital design and computer numerical control (CNC) technologies, alongside paper clay as a material, in the design and production of contemporary ceramic wall lighting units.
The study focuses on exploring the integration between technology and ceramics by converting design concepts into three-dimensional digital models, which are digitally processed to produce molds with high precision using CNC machines. The research also examines the properties of paper clay, highlighting its lightness, flexibility, and resistance to cracking — qualities that grant the designer unprecedented freedom in shaping forms that meet the demands of modern architectural design.
An applied model was implemented to reflect this methodology, through the design of a decorative ceramic wall lighting unit that distributes light indirectly. The resulting aesthetic and visual impact are demonstrated through the interaction between form, light, and material, while also considering functional and structural aspects.
The research concludes that the thoughtful integration of digital design and digital fabrication using paper clay not only offers efficient production solutions but also represents a creative approach that enhances the potential for artistic expression in contemporary ceramics, opening new paths toward functional products with a distinct artistic character.

Keywords:
Paper Clay, Computer Numerical Control (CNC), Wall Lighting Units

(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)