التصميم الخزفي والطباعة ثلاثية الأبعاد التحديات والمنافع

Ceramic Design and 3D Printing, Challenges and Benefits

م.د/ شرين عبد القادر محمد الفيومي
مدرس بقسم الخزف . كلية الفنون التطبيقيةجامعة حلوان
Dr.shereen7270@gmail.com

المقدمة :

ظل المصمم منذ القدم يتلمس أفضل وسيلة لإظهار أفكاره والوصول بها لمنتج حقيقي بإيجاد النموذج الأولي لهذه الفكرة والتغلب على المعوقات التي تعترض طريقه في سبيل تقديم منتجه وا ٍظهار التفاصيل الخاصة بهذا المنتج ومميزاته، بل والتغلب على معوقات تعطل بعض مميزات فكرته الأساسية لدرجة تجعله يعدل ويحور في الفكرة الأساسية لتتلاءم مع عملية الانتاج وتجسيد هذه الفكرة كمنتج.

إلى أن حدثت ما عرف الآن بالثورة الثالثة وهي الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي أتاحت للمصمم الكثير من الامكانيات في إخراج أي فكرة تطرأ على مخيلته وأحدثت نقلة نوعية في عمليات التصميم حتى أضحت نمطا متفردا بذاته في عالم انتاج الأفكار وتجسيدها .

إن الطباعة ثلاثية الأبعاد فتحت آفاقا جديدة أعادت تعريف المفاهيم والنظم في تصميم المنتجات الصناعية والتجارية التقليدية كما يسرت للمصمم الخزفي الوصول إلى أدوات جديدة من قوة التصميم والإنتاجية لا محدودة .

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية قد تؤثر في البشرية أكثر من أي مجال آخر من التقنيات الموجودة حاليا تصور الماكينة البخارية، المصباح الكهربائي، السيارات، الطائرات، كل هذه التقنيات جعلت حياتنا أفضل بعدة طرق وفتحت لنا مجالات وأماكنيات جديدة ولكن غالبا أخذت وقت وأحيانا حتى عقود لكي تصل مرحلة يمكن الاستفادة منها بصورة جيدة. وا ٍلى حد بعيد يمكن أن تكون الطباعة ثلاثية الأبعاد أوالتصنيع التجميعي واحدة من التقنيات المهمة المستخدمة في حياتنا اليومية، حيث يتم التركيز على دورها المستقبلي في وسائل الأعلام المرئية والمسموعة ومواقع الأنترنت بأنها ستكون الطفرة الرائدة لتضع نهاية لعملية التصنيع التقليدية الحالية.

الملخص :

في ظل الثورة التقنية التي أحدثتها الطباعة ثلاثية الأبعاد في مفهوم وطرق إظهار أفكار المصمم عموما والمصمم الخزفي خاصة والوصول بها لمنتج حقيقي بإيجاد النموذج الأولي لهذه الفكرة وأتاحت للمصمم الكثير من الامكانيات وأحدثت نقلة نوعية في عمليات التصميم حتى أضحت نمطا متفردا بذاته في عالم انتاج الأفكار وتجسيدها، ورغم ذلك ظهرت معوقات قد تعترض طريقه في سبيل تقديم منتجه في الشكل الأمثل، والسيرفي العملية الإبداعية و عملية الانتاج.

وهذه الورقة البحثية تستعرض ما قدمته الطباعة ثلاثية الأبعاد من آفاق جديدة أعادت تعريف المفاهيم والأفكار في مجال تصميم المنتجات الصناعية والتجارية التقليدية وما يسرت للمصمم الخزفي الوصول إلى أدوات جديدة تساعد المصمم من قوة التصميم والإنتاجية اللامحدودة، والتغلب على مشكلات في العملية الإبداعية كانت مقيدة للمصممو أيضاً تستعرض بعض التحديات التي تواجه المصمم الخزفيفي توظيف تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في العملية الإبداعية والإنتاجية في مجال الخزف.

ويخلص البحث إلى وجوب العمل على نشر مفاهيم تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد والعمل على تطوير تدريس برامج الحاسوب الخاصة بالتصميم ثلاثي الأبعاد وتعميقه لطلاب التصميم وتأكيد أهميته للمصمم في المرحلة القادمة، كما يؤكد على أهمية تطوير الخامات المستخدمة في عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتلائم احتياجات المصمم الخزفي.

أهمية البحث :

يقدم البحث استعراض عن أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد وكيفية توظيفها في تحفيز وتنمية عملية الإبداع لدى المصمم الخزفي ومناقشة المعوقات التي تواجه المصمم في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد للحصول على نموذج خزفي مجسم نهائي.

مشكلة البحث :

- المعوقات التي تواجه المصمم الخزفي في عرض فكرته و إنتاج بعض الأفكار
- استفادة المصمم الخزفي الأمثل من ثورة الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير العملية الإبداعية
- مشكلات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التصميم الخزفي وا يجابيتها

أهداف البحث :

- توضيح المعوقات التي تواجه المصمم الخزفي في عملية الإبداع والتصميم الخزفي ومحاولة التغلب عليها
- أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد للمصمم الخزفي والاستفادة منها في العملية الإبداعية

فروض البحث :

- تفعيل استخدامآلية الطباعة ثلاثية الأبعاد سيحدث نقلة في عمليات تصميم وانتاج الخزف.
- أن معرفةالتحديات التي تعيق الاستفادة من آلية الطباعة ثلاثية الأبعاد في عمليات التصميم والإنتاج الخزفي ستساعدنا في التغلب عليها

منهجية البحث :يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي

كلمات مفتاحية :

الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D printing- التصنيع الإضافي additive manufacturing-التصميم الخزفي ceramic design المصمم الخزفي-ceramic designer-النمذجة Prototyping-تصميم المنتج product design-سلسلة التصاميم series of designs.

الإطار النظري:

لماذا الطباعة ثلاثية الأبعاد :

" حتى اليوم لايزال ينظر إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد كحل تكنولوجي، ولكن في المستقبل ستكون الطباعة ثلاثية الأبعاد بمثابة حلول الأعمال "، جو أليسون، Ceo. of SDM (البلاولي ٢٠١٥)

إنالطباعة ثلاثية الأبعاد قد أحدثت ثورة حقيقية في عالمي التصنيع والابتكار حتى وصفها الكثير بأنها الثورة الصناعية الجديدة ، فقد قللت الطباعة ثلاثية الأبعاد من الوقت الذي يستغرقه المصممين والمهندسين لوضع تصور، وتشكيل، وا يجاد النماذج الأولية .

ومن الأمور الهامة التي ساهمت فيها الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تطوير عمليات تصميم المنتج عموما والمنتج الخزفي خاصة ،وتأتى ذلك من خلال تسهيل عملية إنشاء النماذج الأولية للفكرة التصميمية مما يساعد في التعرف على خصائص المنتج ومواصفاته الظاهرة والتعامل معها في وقت مبكر من سلسلة عمليات تصميم وانتاج المنتج الخزفي . (Christopher Barnatt2013)

ما هي الطباعة ثلاثية الأبعاد:

التصنيع الإضافي (Additive manufacturing)، كما يشار إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد، هو مصطلح يستخدم لوصف تكوين أجسام وأشكال مجسمة مصممة ببرامج التصميم ثلاثي الأبعاد الحاسوبية من المواد الخام باستخدام عملية الإضافة حيث يتم بناؤها عن طريق طبقات رقيقة ومتعددة متعاقبة من المواد وصولا للمنتج الكامل. سواء كانت هذه المواد من الخزف أو المعدن أو البلاستيك أو مواد أخرى .(Christopher Barnatt2013)

ويمكن تطبيق تقنيات التصنيع الإضافي في جميع مراحل دورة حياة المنتج. فهي تستخدم لانشاء النماذج الأولية السريعة المكونات في قسم البحوث والتصميم بالمؤسسات الإنتاجية وأيضا في عمليات التصنيع مرحلة ما قبل الإنتاج، وتطوير الأدوات وفي عمليات الإنتاج النهائي على نطاق كامل باستخدام التصنيع السريع.

عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد :

للحصول على كائن ثلاثي الآبعاد، تحتاج أولا إلى إنشاء نموذج رقمي باستخدام جهاز الكمبيوتر. وتتم هذه الخطوة باستخدام أحد برمجيات تصميم وا نشاء النماذج ثلاثية الآبعاد ، أوبعض البرمجيات المتنوعة الأخرى من النمذجة ثلاثية الأبعاد ،أوعن طريق إنشاء نموذج رقمي بطريقة المسح الضوئي لكائن حقيقي بالماسح الضوئي ثلاثي الآبعاد وقد يتم بعض التعديلات له بأدوات البرمجيات.

وما أن يتم إنشاء نموذج رقمي ببرامج الكمبيوتر يحتاج أيضا إلى برامج أخرى تقسمه إلى شرائح عرضية متعددة تصل إلى عدد كبير من الطبقات المقطعية سمكها جزء من المليمتر، وتحديدا كيفية إخراج طبقة واحدة رقيقة من الكائن ثلاثي الأبعاد

في وقت تعتمد على التقنية المعينة التي يستند إليها، طبقات الكائن هذه هي التينستطيع بعد ذلك إرسالها إلى طابعة ثلاثية الابعاد التي تقوم بطباعتها، طبقة فوق الأخرى، حتى يتم بناء نموذج كامل ملموس.

ويمكن تلخيص **عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد** على النحو التالي:

١.يتم إنشاء (تصميم) نموذج ثلاثي الأبعاد ببرنامج تصميم الكمبيوتر ثلاثي الأبعاد.

٢. يتم تصدير ملف تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد إلى نوع ملف (امتداد) آخرعبارة عن طبقات يمكن قراءته ببرنامج خاص للطباعة ثلاثية الأبعاد ، وعادة ما يكون (STL)

٣. يتم تحميل ملف (STL) في برنامج الشرائح بنوعية (g-code) بحيث يمكن للطابعة ثلاثية الأبعاد التعرف على الملف وقرائته.

٤. تبدأ الطابعة في بناء المجسم ، طبقة فوق طبقة.

٥. قد يحتاج المجسم بعد إنشائه لمعالجة لازمة لإنهاء النموذج وقد لا يحتاج.

٦. في حالة المجسم الخزفي يترك للتجفيف ثم تتم عملية الحريق.

شكل (١) توضيحييظهر عمليات ومراحل الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد

آلية عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

هناك حوالي إثنى عشر طريقة تعمل بها الطابعات ثلاثية الأبعاد ولكن كلها تتلخص في ثلاثة مفاهيم رئيسية وهي :

١- الترسيب لمادة منصهرة

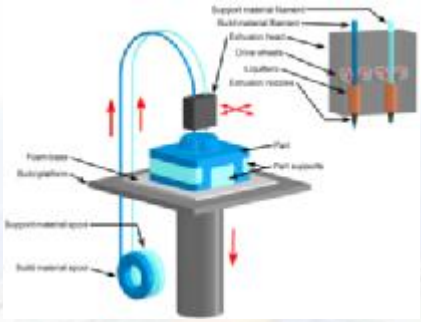
٢- النحت لمادة قابلة للنحت

٣- التلبيد لمادة شبه سائلة أو لدنة أو مسحوق

ولكن سنذكر هنا أهم ألیات الطباعة ثلاثية الأبعاد الأشهر استخداما هذه الآونة:

١-التشكيل بترسيب مادة منصهرة Fused Deposition Modeling

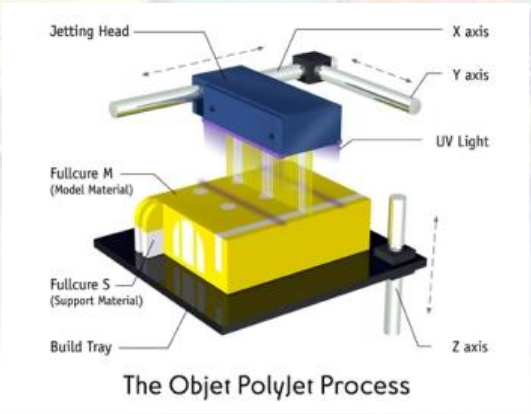
وهي طريقة أبسط ما يوصفها أنها عبارة عن مسدس غراء متحكم به عن طريق الكمبيوتر هذا المسدس الذي ينتهي برأس مسخنلدر جات حرارة عالية جدا يذيب لفائف خيوط بلاستيكية مصوبة آليا تجاه منصة ليتشكل عليها الشكل طبقة فوق طبقة أخرى.



شكل (2) توضيحييظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعادFDM

٢- التشكيل ببثق مادة عضوية تتصلد بالأشعة Poly-jet

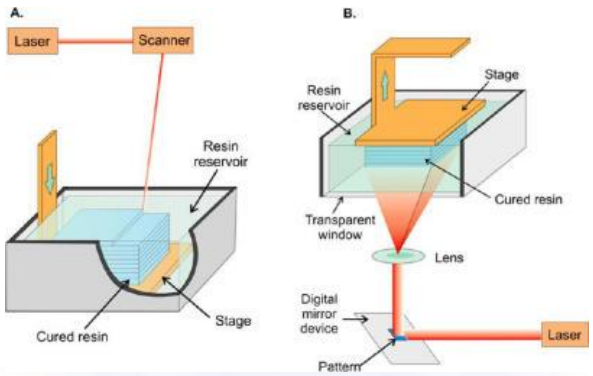
وهي طريقة تشبه إلى حد كبير فكرة عمل الطابعات النافثة للحبر العادية ولكن هنا تنفث مادة راتنجية تتصلد بتسليط الأشعة فوق البنفسجية بعد خروجها من عدد كبير من فتحات في رأس الطابعة ثلاثية الأبعاد على شكل طبقات تتصلد طبقة طبقة.



شكل (٣) توضيحييظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد Polyjet

٣- التشكيل باستخدام الليزر على مادة سائلة حساسة للحرارة Stereolithography

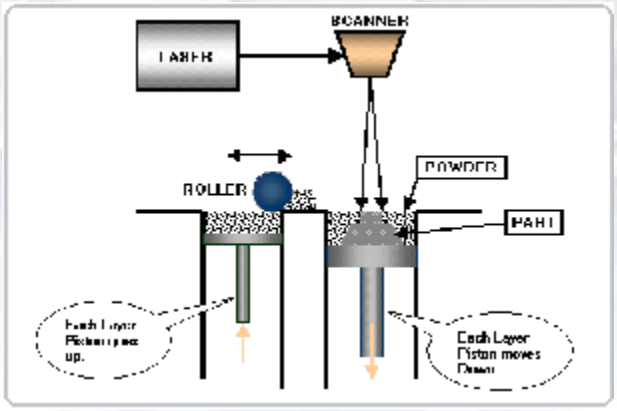
طريقة تشكيل تتم بالتحكم بالكمبيوتر بواسطة أشعة ليزر في مادة تتأثر بالأشعة الفوق بنفسجية تسكب من وعاء يحتويها طبقا للنموذج ثلاثي الأبعاد المصمم بالبرامج ثلاثية الأبعاد لتكوين المجسم طبقة طبقة.



شكل (٤) توضيحييظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد Stereolithography

٤- التشكيل بالتصلد لمسحوق مادة تتأثر بالليزر SLS

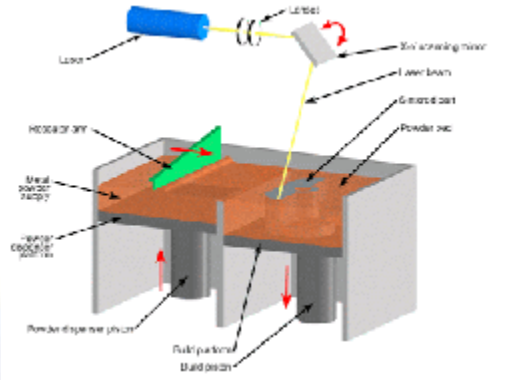
وهذه الطريقة مشابهة لسابقتها في فكرة العمل ماعدا أن المادة المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد تختلف هنا في طبيعة المادة حيث أنها على شكل powder مسحوق وليس سائل وهذا يعني أن هذا المسحوق (المادة) يتم تسخينها درجة حرارة كافية حتى تترابط فيما بينها ولكن ليس لحد الانصهار لان الانصهار قد يحدث تشوها في التشكيل.



شكل (٥)توضيحييظهر عمليات ،طباعة ثلاثي الأبعادSLS

٥- التشكيل بتصلد المعادن المباشر DMLS

وأيضا هذه الطريقة تشبه في ألية عملها الطريقة الثالثة SLA ولكن المادة المستخدمة هنا هي المعادن التي تكون في شكل مسحوقأو حبيبات وهي بالتأكيد تحتاج إلى درجات حرارة عالية جدا لربط مسحوق المعادن المستخدمة ببعضها كالكوبلت أو النحاس أو الحديد دونما الانصهار.



شكل (٦) توضيحيظهر عمليات 'طباعة ثلاثي الأبعادDMLS

هذه الأليات وطرق الطباعة ثلاثية الأبعاد هي الأكثر شيوعا واستخدما في هذه الأونة ولكن هناك طرق وأليات أخرى تستخدم في انتاج منتجات ذات مواصفات خاصة جدا.(Ben Franta 2015)

مميزات الطباعة ثلاثية الأبعادللتصميم الخزفي:

إن الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتبر ثورة في عالم التقنيات القائمة وطرق الصناعة بما تقدمه من فوائد كبيرة فالطباعة ثلاثية الأبعاد تساعدنا في خلق نماذج ومجسمات جديدة أو إعادة تكوين مجسمات قديمة أو تطويرها. (Christopher Barnatt2013)

بجانب ذلك نستعرض هنا بعض مميزات التي تقدمها الطباعة ثلاثية الأبعاد للمصمم الخزفي وتصميم الخزف عامة:

١- **تطوير وتحسين عمليات تصميم المنتج الخزفي:** إذ أثبتت الطباعة ثلاثية الأبعاد بتسهيلها عملية إنشاء النماذج الأولية السريعة "لمفهوم التجسيم" إمكانية إظهار السمات الظاهرية للنموذج وبالتالي معرفة ما بها من مميزات لتعظيمها أو عيوب لتعديلها في مراحل متقدمة من دورة عمليات تصميم المنتج الخزفي.

ورغم التطور الذي حققه برمجيات الرسم ثلاثي الأبعاد إلا أن الحصول على نموذج مجسم حقيقي ملموس لا يقارن بعرض رسم النموذج على شاشات الكمبيوتر من حيث التعرف على المميزات والعيوب.(Christopher Barnatt2013)

أ- التعرف على مميزات النموذج المجسم الأولي وعيوبه في مرحلة متقدمة من عمليات تصميم المنتج الخزفي وبالتالي تطوير المنتج.

ب- إمكانية تعدد التعديل على تصميم المنتج الخزفي أكثر من مرة قبل الحصول على النتيجة النهائية.

ج- إمكانية الحصول على تصور لوني متعدد للمنتج الخزفي بتكرار طباعته ثلاثيا بألوان مختلفة.

د- تحسين عمليات التواصل بين المصمم والعميل من خلال العرض الملموس للنموذج المجسم دونما الحاجة للتخيل أو الشرح.

هـ- الحصول على النموذج الأولي "prototype" للمنتج لفحص المنتج الخزفي وظيفيا والتحقق من أن كل جزء في المنتج متوافق ويحقق الوظيفة التي صمم من أجلها.

و- توفير تكلفة عالية جدا ومجهود ضخم ووقت كبير خلال عمليات تصميم المنتج الخزفي.

ز- المساهمة في توليد أفكار تصميمية جديدة أثناء عملية تصميم المنتج.

٢- **تغيير مفاهيم طرق التصنيع التقليدية:** أيضا قامت الطباعة ثلاثية الأبعاد بتغيير مفاهيم طرق الصناعة التقليدية فكما استحدثت مفاهيم مثل مفهوم النمذجة أو التجسيم 'concept model' ومفهوم النموذج الأولي السريع 'rapid prototyping'للمنتج فقد دخلت الطباعة ثلاثية الأبعاد كجزء من مفهوم معروف في عمليات التصنيع التقليدية ألا وهو مفهوم ما قبل الإنتاج 'pre-production'.

٣-**التصنيع الرقمي المباشر:** فقد اختصرت الطباعة ثلاثية الأبعاد كثير من مراحل الانتاج وبادخال عنصر التصميم الرقمي في عمليات الإنتاج أصبح من الممكن الحصول على منتج بعد خطوات أقل وأسرع من الطرق الصناعية التقليدية.

٤-**إتاحة التشاركية في تعديل التصميم:**وفرت الطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة التشارك في تعديل التصميم وا ٍضافة اللمسة الخاصة بكل مستخدم للطباعة الثلاثية الأبعاد حسب ما يرغب في خروج المنتج بشكله النهائي المفضل له.

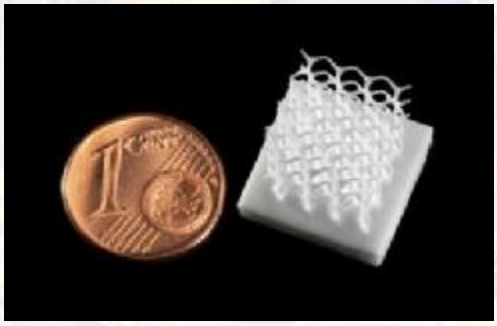
٥- **تشجيع العملية الإبداعية لدى الجمهور:** فقد ساهمت الطباعة الثلاثية الأبعاد في تنمية صفة الابتكار والإبداع لدى جموع البشر بإتاحة عملية الحصول على منتج بمجرد أن تكون لديك مهارة التخيل والتصميم على البرامج ثلاثية الأبعاد وكسرت حواجز كثيرة موجودة للوصول إلى إمكانية تصنيع منتج.

إن تكنولجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ليست مجرد تقنية رقمية للتصنيع وفقط والتي تتسم بخصائص الإتاحة لجميع الجماهير ولكنها أيضا مهدت طريق الابتكار والإبداع لدى البشر.(Srinivasan2012)

٦- **تصنيع مجسمات معقدة تصميميا:** هذه الميزة هي من أكثر الميزات للطباعة ثلاثية الأبعاد وضوحا وأهمية وخاصة في تصميم وا ٍنتاج المنتج الخزفي، فنحن كمصممين كانت عملية التصنيع التقليدية تحد من إنتاج منتجات وبالتالي تصميمها لخامة الخزف وذلك لطبيعة طرق انتاج المنتج الخزفي ذاته ومع انطلاق الطباعة ثلاثية الأبعاد أصبح من الممكن انتاج وتصنيع منتجات ذات تصميمات معقدة.

شكل (٧) نموذج خزفي معقد التصميم شكل (٨) نموذج خزفي آخر معقد التصميم

٧- **إنتاج منتجات متناهية الصغر:** عند تصنيع منتج خزفي كانت من أهم المعوقات في مواصفات المنتج هي دقة حجم وصغر المنتج الخزفي فكانت هناك حدود في الحجم والمقاييس لا يستطيع المصمم والمصنع الخزفي تجاوزها أو الوصول إليها جاءت الطباعة ثلاثية الأبعاد وكسرت هذه الحواجز وأتاحت إنتاج حجوم ومقاييس متناهية الصغر من المنتجات الخزفية.



شكل (٩) يوضح دقة الحجمبالطباعة الخزفية ثلاثية الأبعاد

٨- التوفير في الكلفة الاقتصادية: استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عملية انتاج منتج خزفي ساهمت بشكل كبير في عملية توفير التكلفة وتقليلها وظهرت هذه الوفرة في عدة أمور:

أ- الاستغناء عن استخدام الكثير من المعدات والألات وقوالب التشكيل

ب- لا تتطلب عمليات إعداد قبل التشكيل للمنتج مثل النحت أو الطحن أو عمليات أخرى

ج- استخدام الخامات المعدة لعملية الطباعة ثلاثية الأبعاد بسهولة وأقل قدر من هدر الخامة

د- توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد إمكانيةتدوير وا ٍعادة استخدام الخامات المهدرة في عملية التشكيل

هـ- تقليل مخاطر ركود المنتجات بدون بيع وذلك لأن الطباعة ثلاثية الأبعاد توفر كمية الإنتاج حسب الطلب وأيضا من خلال إتاحة المنتج كنموذج أولي لتجربته قبل إنتاجه كميا

و- تحسين عملية إدارة رأس المال من خلال فكرة إنتاج المنتج الخزفي المدفوع قيمته سلفا

ز- القدرة على مشاركة الخبرات التصميمية والاستعانة بمورد فني خارجي

ح- سرعة وسهولة إجراء التعديلات على تصميم المنتج الخزفي

إن للطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة هامة وأساسية من حيث قدرة المصمم للمنتجات الخزفية على توفير منتجات تطلب بكمية قليلة جدا للمستهلك أو منتجات ذات مواصفات محددة وتخص كل مستهلك على حدا بسرعة وفعالية.(Barry Berman, 2012)

٩- تقنية تساهم في التنمية المستدامة وصديقة للبيئة فهي تقنية موفرة للطاقة حيث أن تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد تتسم بأنها ذات كفاءة بيئية في عمليات التصنيع والانتاج في حد ذاتها فهي تستخدم في مواد طباعتها وتشكيلها للنماذج ما يقرب من ٩٠٪ من المواد النموذجية وبالتالي أقل تقنية تترك نفايات أو مواد مهدرة وهذا ليس فقط في التصنيع ولكن خلال سلسلة عمليات تصميم المنتج الخزفي.

تحديات الطباعة ثلاثية الأبعاد:

رغم ما ذكرنا من مميزات استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عمليات تصميم وانتاج المنتج الخزفي لاتزال هناك بعض التحديات التي تواجه المصمم والمطور الخزفي في هذا القطاع ومع كل التقدم التقني الذي أظهرته عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد والتغيير نستعرض فيما يلي بعض التحديات المواجهة للمصمم الخزفي ومجال تصميم المنتج الخزفي:

١- الاعتماد كليا على التقنية الرقمية ومساعدة الكمبيوتر في الحصول على المنتج الخزفي بالطباعة ثلاثية الأبعاد وبالتالي بدون برامج التصميم ثلاثي الأبعاد وأجهزة الكمبيوتر وبالتأكيد الطابعات ثلاثية الأبعاد لن يحصل المصمم الخزفي على المنتج الخزفي، هذا إذا ما قورنت بالطرق اليدوية أو طرق الانتاج النصف ألي أو الآلية التقليدية.

٢- تنافي مفهوم الإنتاج بالطباعة ثلاثية الأبعاد مع مفهوم الإنتاج الكمي Mass Production وخاصة الكميات الضخمة من بعض المنتجات الخزفية حتى الآن من حيث معدل الإنتاج لأن الطباعة ثلاثية الأبعاد لا تنافس معدل الانتاج بالطرق التقليدية.

٣- قد تساهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في عدم المحافظة على حقوق الملكية الفكرية لتنفيذ تصميمات المنتجات عامة والمنتجات الخزفية التي تمتلكها شركات أو أفراد وخاصة أن التصميمات تكون متداولة عبر الحواسيب الالكترونية والمتصلة بشبكات التواصل الاجتماعي وعرضى للقرصنة.

٤- تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية متقدمة لذا يجب على المصمم الخزفي إجادة مفرداتها تماما وآليتها وأسرارها والأهم معرفة ماذا يمكن أن تقدمه الطباعة ثلاثية الأبعاد للمصمم تحديدا، لذا فهي لا تصلح للمصممين الذين ليسواعلى دراية جيدة بالبرامج التصميم ثلاثية الأبعاد وبالتالي تكون مقتصرة على فئة محدودة من المصممين.

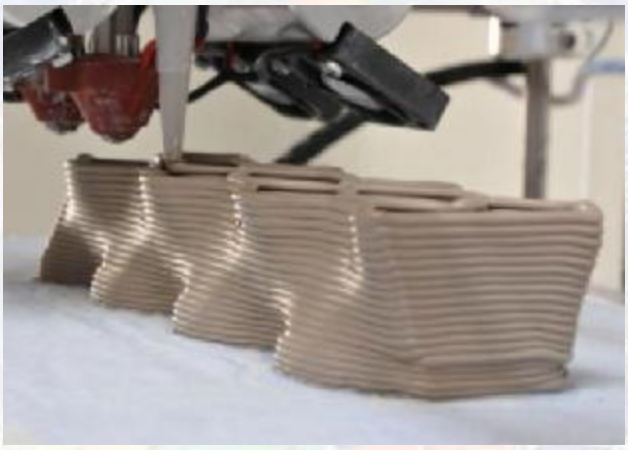
٥- لاتزال التكلفة عالية نسبيا للحصول على منتج ذو مواصفات جيدة من الخزف بالطباعة ثلاثية الأبعاد عالية وهي أحد التحديات الهامة رغم أن الحصول على نماذج أولية prototype التي لا يشترط فيها جودة الخامات متوفرة.

٦- تطوير خامات طباعيةخزفية: الخامات الخزفية المستخدمة لازالت في مراحل التطوير وخاصة أن خامات الخزف مختلفة ومتعددة وكل واحدة منها تعطي نتائج مختلفة ومنتجات مختلفة وهذا التحدي يعتبر من أكبر التحديات عند استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عمليات تصميم وانتاج منتجات خزفية.

وأيضا هناك تحدي آخر في هذه النقطة ألا وهو أنه حتى الآن لم تستخدم كل أنواع الطينات التي تدخل في انتاج منتجات خزفية ولازالت عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد تقتصر على نوع معين من خلطات الطينات مع مواد أخرى حتى تتلاءم معها في عملية التشكيل، تجتهد مراكز بلحث والانتاج لخامات الطياعة ثلاثية الأبعاد في تطوير وا إدخال خامات خزفية أخرى.

وفي إطار الحديث عن الخامات نستعرض هنا سمات وخصائص بعد الخامات الخزفية المستخدمة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد:

خامة طينات الكرة (ball clay): خامة متوفرة بكثرة . تتميز بحجم حبيبات مناسب للاستخدام في عملية الطباعة ثالثية الأبعاد . تتميز بدرجة تصلد جيدة في حالة ما يسمى بالشكل الطينة الأخضر لذا لا تحتاج لمصلدات خاصة.



شكل (١٠) يوضح آلية عمل الطباعة الخزفية ثلاثية الأبعاد

ولكن بها بعض السلبيات مثل: أنها تتسم باللدونة العالية . وبمقدار التمدد الحراري المنخفض . مشاكل مع بعض الطلاءات الزجاجية عند تطبيق الطلاءات على الأجسام الخزفية المنتجة وخاصة بآلية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وهذه السلبيات تؤدي إلى: تكتل طبقات الطباعة ثلاثية الأبعاد وتشكيل النموذج . أيضا تؤدي اللدونة العالية لتحرك طبقات التشكيل عن الموضوع المحدد لها في التصميم قليلا . يحدث كثيرا تشققات في جسم النموذج أومقدار الانكماش الشديد بعد الحريق بسبب الخواص الحرارية وأيضا تشوهات في الشكل.

شكل (11) يوضح إزاحة الطينة المستخدمة في عمليات الطباعة

خليط من خامات طينية: وهي عبارة عن خليط من طينة الكرة والطينة الصينية ومادة السيليكا ومادة صهارة وأيضا مواد مضافة لتحسين قوى التجلد للحالة الطينية الخضراء وأخيرا مواد مضافة أيضا لمنع تحرك الطينة عند تشكيل النموذج بالطباعة ثلاثية الأبعاد.

إن محاولات تحسين الخامات الخزفية المستخدمة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد لم تتوقف وأيضا تم وضع بعض الإجراءات لتطوير وتحسين هذه الخامات، وهذا بغية الحصول على أفضل النتائج لنموذج مشكل ثلاثي الأبعاد بالطباعة ثلاثية الأبعاد من خامات الخزف.(David Huson 2013)

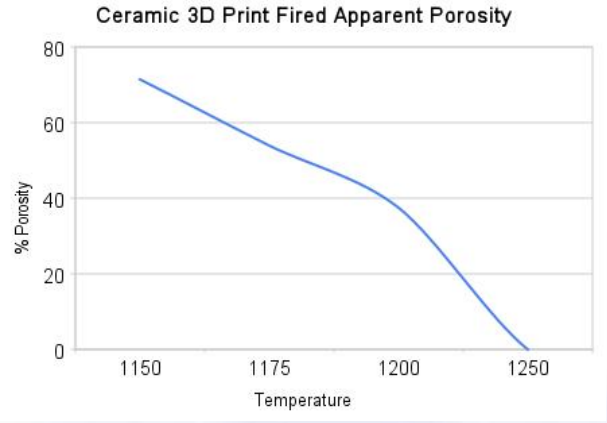
وتركزت مجالات التطوير في عدد من المشكلات التي تواجه الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصميم منتج خزفي وهي:

- درجة المسامية العالية للمنتج الخزفي
- مقدار الانكماش الكبير للمنتج الخزفي بعد الحريق
- عدم ثبات طبقات تشكيل النموذج الخزفي في المكان المحدد حسب التصميم
- ظهور التشققات في الشكل المنتج أو تشوهات

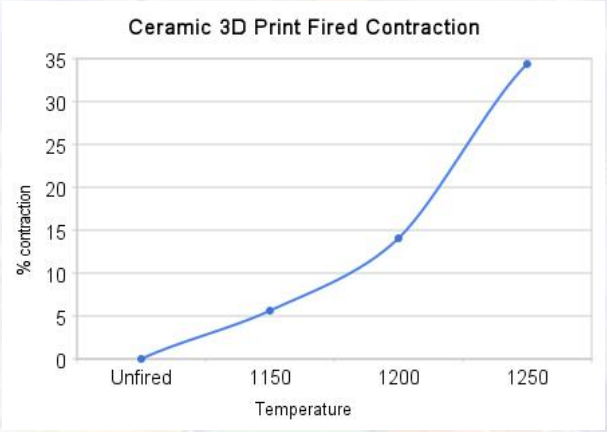
وقد جرت محاولات التطوير لمعالجة هذه المشكلات بالآتي:

- استخدام "طاحونة الكرات" في عملية طحن حبيبات الطين الجافة قبل خلطها لضمان حسن توزيع وتجانس الحبيبات وأيضا يقلل من التشوهات التي قد تحدث في الشكل.
- تطوير وتحسين صفات المادة الرابطة وخفض نسبتها المضافة لخليط خامة الطينة المستخدمة في التشكيل وهذا يحسن من قوة بناء النموذج بعد انتهاء التشكيل في حالة "الطينة الخضراء".
- أيضا خفض نسبة المادة الرابطة في خليط خامة الطينة المستخدمة يساهم في عملية ثبات طبقات الخامة التي يتم تشكيلهاللنموذج ثلاثي الأبعاد المتشكل وعدم ازاحتها عن موضع تشكيلها.
- مزج خليط مركب الطينة المستخدمة في التشكيل جيدا يقلل من نسبة انكماش المنتج بعد الحريق.

- اختيار درجة حرارة حريق مناسبة للمنتج الخزفي بالطباعة ثلاثية الأبعاد بحيث تناسب عملية إنضاج الشكل جيدا وفي نفي نفس الوقت تراعي تقليل نسبة انكماش المنتج وأيضا تراعي نسبة المسامية في المنتج.



شكل (١٢) رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين نسبة المسامية ودرجة حرارة حريق المنتج

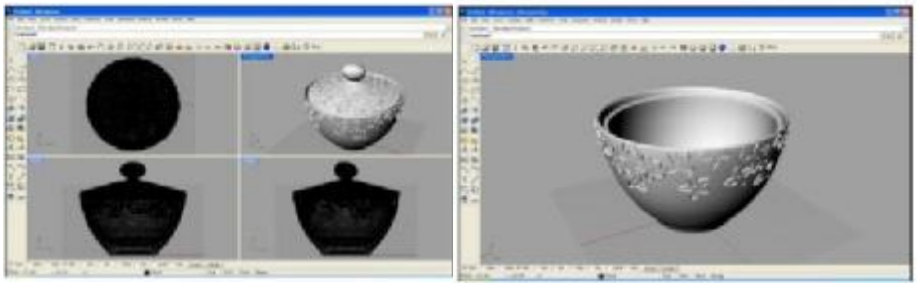


شكل (١٣) يوضح العلاقة بين نسبة الانكماش ودرجة حرارة حريق المنتج

وهذه العلاقات التي توضح العلاقة بين نسبة الانكماش ودرجة حرارة حريق المنتج وبين نسبة المسامية ودرجة حرارة حريق المنتج وبالتالي اختيار أفضل درجة مناسبة.

البرمجيات الإلكترونية للطباعة ثلاثية الأبعاد والتصميم الخزفي:

كما أسلفنا أن عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتمد كليا على المساعدة الرقمية في التصميم CAD وآخر المساعدة الر قمية في التصنيعCAM ليحول التصميم إلى أداة الطباعة ثلاثية الأبعاد ليساعد المصمم الخزفي في تحقيق تصميمه واقعا ملموسا فإن عليه بالتالي الاختيار الأهم لبرامج الحاسوب للتصميم ثلاثية الأبعاد المناسبة لتحقيق هدفه بأعلى درجات الجودة والكفاءة.



شكل (١٤) تصميم أنية خزفية ببرنامج تصميم ثلاثي الأبعاد شكل(١٥) صورة شاشة أخرى للآنية

شكل (١٦) صورة للمنتج الخزفي بعد تشكيله بالطابعة ثلاثية الأبعاد وقبل عملية الحريق

شكل (١٧) صورة المنتج النهائي للأنية المصممة وشكلت بطابعة ثلاثية الأبعاد وانضجت بالحريق

أولا برامج التصميم ثلاثي الأبعاد CAD :

البرامج في هذا المجال . التصميم ثلاثي الأبعاد . تفرض على المصمم تحديد احتياجاته بدقة عند اختيار أحدها للتصميم ورغم تنوع هذه البرامج إلا أنها تندرج تحت أربعة أنواع رئيسية:

- برامج تعتمد عل مفهوم التعامل مع الكتل المصمتة solid
- برامج تعتمد على مفهوم النحت للأشكال sculpting
- برامج تعتمد على مفهوم محددات الأشكال parametric
- برامج تعتمد على مفهوم الأشكال المضلعة polygonal

كل من هذه البرامج تساعد المصمم الخزفي لتحويل فكرته لواقع ومنتج أو نموذج ملموس بجانب أن كل نوع من هذه الأنواع يكون أكثر مساعدة ونفعا للمصمم عموما عند استهداف الحصول على تصميم منتج محدد النوع مثل تصميم المنتج الخزفي أو تصميم جزء هندسي ميكانيكي أو معماري أو تصميم شكل لشخصية رسوم متحركة، وقد يكون هناك من برامج الشركات ما يتميز بكونه يعمل على أكثر من مفهوم من الأنواع السابقة وبالتالي يكون أكثر نفعا ومساعدة للمصممين ودارسي التصميم.(Dobbs, & Hayward 2014)

النوع الأول نجد أن البرامج التي تعتمد مفهوم الكتلة المصمتة solid وهي بالاساس تعتمد على مفهوم constructive solid geometry(CSG) لتصميم الأشكال ثلاثية الأبعاد المعقدة وتشتمل هذه النوعية على برامج التصميم المجانية وأمثلة عليها برامج:

SketchUp, Autodesk 123D, Tinkercad

هذه النوعية من برامج التصميم تنطلق فكرة التصميم بها من استخدام الأشكال الهندسية ثلاثية الأبعاد الأصلية والبسيطة مثل المكعب والهرم والاسطوانة ثم ينطلق المصمم في تحرير والتعامل معها لانتاج التصميم النهائي الذي يريد.

ويتميز استخدام هذه النوعية من برامج التصميم ثلاثية الأبعاد للمصمم أنها تعطي المصمم إحساسا أكثر بالشكل أثناء تصميمه وتخيله وبالتالي فهو أفضل للمصممين عند التعامل مع برامج تصميم ثلاثية الأبعاد في المراحل المبكرة كالمبتدئين ودارسي التصميم الخزفي ، وأيضا واجهة هذه البرامج تتيح سهولة تحديد أبعاد ومقاييس أكثر دقة للأشكال المصممة ، و تتيح تلقائيا استكمال الأسطح المتنوعة للنموذج الواحد المصمم .

النوع الثاني والتي تعتمد مفهوم النحت sculpting في تكوين الأشكال أمثلة لها برامج:

ZBrush, Sculptris, Mudbox

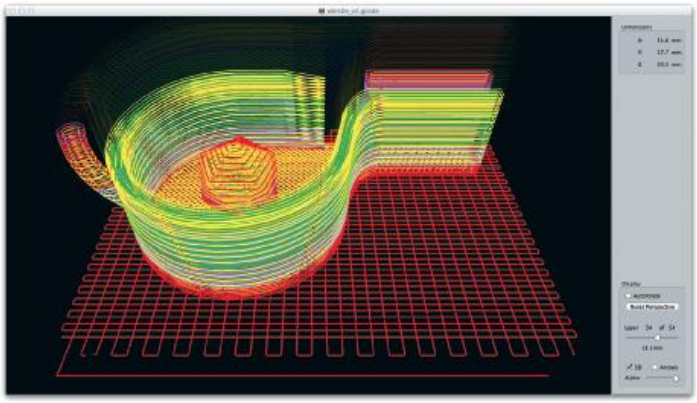
وهذه البرامج التصميمة تتميز بالتشكيل الحر للأشكال المصممة أكثر من الهندسي وا ٍجراء عمليات تشكيل مثل تقسيم الشكل إلى شرائح وتحريك وسحب ولي ولف الأشكال، والأهم هو إمكانية إحداث الضغط على سطح شكل كروي للحصول على التصميم المطلوب وكأنك تشكل بأناملك، وهذه البرامج رائعة جدا للتشكيل الحر ونحت الأشكال الخزفية الفنية وبدأت تطبيقات وبرامج تصميم بمفهوم الأشكال المضلعة الأخرى تدخل تعديلات بإضافة هذه الخاصية في برامجها لأهميتها للفنانين والمصممين.

والنوع الثالث والتي تعتمد على مفهوم تصميم الأشكال المضلعة parametric وهي نوعية برامج نادرة لاعتمادها في التصميم على البرمجة وليس استخدام الماوس وهذا يحد من عملية التصميم وا ٍن كان له ميزة في تصميم الأجزاء والأشكال الميكانيكية وله مثال من البرامج هو Builder, Rhino ، ومن ناحية أخرى يمكن استخدامها في تصميم الأعمال الفنية التجريدية أو التي تعتمد في شكلها على المعادلات والأشكال الرياضية الصرفة.

النوع الأخير البرامج التي تعتمد مفهوم الأشكال المضلعة polygonal وهي برامج تعرض الشكل الثلاثي الأبعاد باستخدام تقنية ألاف المثلثات الصغيرة المتراكبة معا تصنع شبكة هذه الشبكة هي التي تحدد السطوح المختلفة للشكل المصمم Blender, 3ds Max, Maya, Modo وهذه النوعية من التطبيقات رائعة لتصميم الأشكال الحرة والأشكال متعددة الأسطح، لكنها تتطلب عند استخدامها الكثير من العناية والانتباه والحذر للتأكد أن كل الأسطح متواصلة ومترابطة وكل الأضلاع التي تحدد الشكل ونقاط التواصل موجودة، خاصة أنه إذا كان أسطح وأضلاع الأشكال غير متصلة ومترابطة فهذه مشكلة كبيرة خاصة للمرحلة التالية في عملية انتاج التصميم ثلاثي الأبعاد وهي مرحلة برامج تشريح الشكل Slicer Applicationفإن البرنامج قادر على قراءة تفاصيل الشكل من الداخل ويرفض التعاطي مع تصميم الشكل نهائيا، أو تحدث أخطاء جسيمة تقنية في ملف (G-code).

وبرامج التي تعتمد الأشكال المضلعة polygonal تتطلب من المصمم الكثير من مهارات التخيل والتصور وغالبا ما تكون صعبة التعلم لكنها واسعة الامكانات وتمكن المصمم منتعديلالأشكال وعمليات تحرير التصميم.

ثانيا البرامج التي تتعامل مع التصميم لتحوله للطابعة CAM :



شكل (١٨) يوضح كيفية عمل برنامج تشريح شكل النموذج المصمم

بعد اتمام المصمم للتصميم الخاص باستخدام أي من برامج التصميم CAD تظهر ملفات التصميم في امتداد STL عادة ويتوقف هذا على نوع البرنامج ومدى تعقيده، وقد يحتوي ملف STL الذي به التصميم لبعض الأخطاء مثل ثقوب في جسم نموذج التصيم أو أوضاع مغلوطة لبعض أجزاء التصميم والتي لابد من تصحيحها قبل عملية الطباعة بالطابعة ثلاثية الأبعاد، وهنا يأتي دور برامج وتطبيقات CAM تي تقوم بعمليتين أساسيتين الأولى تعديل وا إصلاح أخطاء الشكل المصمم ثانيا تقسم شكل النموذج المصمم إلى شرائح حتى تستطيع الطابعة قراءتها .

ومن أشهر التطبيقات هو Slic3r وهو لديه القدرة على اكتشاف الأخطاء تلقائيا والقيام بإصلاحها أتوماتيكيا عندما تكون أخطاء بسيطة، ولكن لا يستطيع الاعتماد عليه في إكمال بعض أجزاء الشكل كليا، ولكن بعد أن يصبح المصمم الخزفي أكثر خبرة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكنه استخدام برامج تعديل وتشريح النماذج الأكثر شهرة وحرفية ومعروفة تجاريا مثل Netfabb Studio وهو جيد لعمليات التعديل والتصحيح لتصميم النموذج والنسخة الاحترافية منه تحمل الكثير من الأوامر التي تساعد المصمم في تعديل تصميم النموذج لو أراد بدلا من العودة لبرامج CAD مرة ثانية وفي نفس الوقت به خاصية التشريح Slicing للتصميم وبالتالي يمكن إرسال الملف مباشرة للطابعة ؛ وهناك أيضا برنامجين آخرين هما SKeinforgeوKISSlicer وكل هذه التطبيقات الأخيرة مهمتها الأساسية تحويل التصميم إلى شرائح وتحويل ملف STL للتصميم إلى ملف بامتداد G–code والذي تستطيع الطابعة قراءته فيكون جاهز للخروج لمنتج أو نموذج ملموس حقيقي.

لقد أصبحت تقنية الطباعة ثلثية الأبعاد أكثر قربا للمصمم خاصةوللجمهور عامة وذلك بسبب تراجع التكلفةوالتطوير المستمر لهذه التقنية ، وأصبح الحديث عن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد متداولا بين الجميع على وسائل التواصل الاجتماعي والميديا الأخرى بعدما كانت مقصورة فقط على المتخصصين بعمق في هذه التقنية.(Victoria & Jonas, Zukas 2015)

التوصيات :

- تعميم ونشر استخدام مفهوم وأليات الطباعة ثلاثية الأبعاد بين مصممي الخزف وطلاب التصميم الخزفي لإحداث نقلة نوعية وتعزيزالعملية الإبداعية.
- العمل على تطوير مناهج دراسة البرامج الحاسوبية الخاصة بالتصميم ثلاثي الأبعاد واستخدامها في العملية التعليمية للتصميم الخزفي.
- العمل على دراسة تحسين وتطوير المواد الخزفية المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد لتلبية احتياجات تصميمية أوسع.

المراجع العلمية :

أولاً : المراجع العربية :

١. البلاوالي، علي عبدالحكيم ، الطباعة ثلاثية الأبعاد، ترجمة، www.3dprintingindustry.com، 2015 .

ثانياً : المراجع الأجنبية:

2. Barnatt, Christopher, 3D Printing: The Next Industrial Revolution, Explaining The Future, London, UK, 2013.
3. Evans, Brian, Practical 3D Printer the Science and Art of 3D Printing, Paul Manning Ltd, New York, USA, 2012.
4. Zukas, Victoria& Jonas, an Introduction to 3D Printing, First Edition Design Publishing, Inc., Florida, USA, 2015.
5. Huson, David, Solid free-form fabrication in fired ceramic as a design aid for concept modelling in the ceramic industry, Centre for Fine Print Research, UWE, Bristol, UK, 2013.
6. Huson, David, 3D Printing of Ceramics for Design Concept Modelling, Centre for Fine Print Research, UWE, Bristol, UK, 2011.
7. Huson, David, Materials and Process Innovation for 3D Printing of Ceramics, Centre for Fine Print Research, UWE, Bristol, UK, 2014.
8. Lipson, Hod, Fabricated: The New World of 3D Printing, John Wiley & Sons, Inc., Indiana, USA, 2013.
9. Franta, Ben, 3D Printing – Top 5 Method & Secrets, UK, 2015.
10. Srinivasan, Vivek, and Bassan, Jarrod, 3D Printing & the Future of Manufacturing, research of CSC Company, New York, USA, 2012.
11. Berman, Barry, 3-D printing: The new industrial revolution, Business Horizons Magazine, Vol. #55 Issue #2, New York, USA, 2012.
12. Mets, Matt, And Griffin, Matt, An overview of the CAD, CAM, and client software you need, Make Magazine, USA, Vol. winter, 2012.
13. Dobbs, Sara, & Hayward, David, the Ultimate Guide to 3D Printing, Dennis Publishing Ltd., London, UK, 2014.
14. Evaluation of 3D Printing,http://www.silae.it/files/Anal_Chem_3D.pdf, 2015.

التصميم الخزفي والطباعة ثلاثية الأبعاد التحديات والمنافع

Ceramic Design and 3D Printing, Challenges and Benefits

م.د/ شرين عبد القادر محمد الفيومي
مدرس بقسم الخزف . كلية الفنون التطبيقيةجامعة حلوان
Dr.shereen7270@gmail.com

المقدمة :

ظل المصمم منذ القدم يتلمس أفضل وسيلة لإظهار أفكاره والوصول بها لمنتج حقيقي بإيجاد النموذج الأولي لهذه الفكرة والتغلب على المعوقات التي تعترض طريقه في سبيل تقديم منتجه وا ٍظهار التفاصيل الخاصة بهذا المنتج ومميزاته، بل والتغلب على معوقات تعطل بعض مميزات فكرته الأساسية لدرجة تجعله يعدل ويحور في الفكرة الأساسية لتتلاءم مع عملية الانتاج وتجسيد هذه الفكرة كمنتج.

إلى أن حدثت ما عرف الآن بالثورة الثالثة وهي الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي أتاحت للمصمم الكثير من الامكانيات في إخراج أي فكرة تطرأ على مخيلته وأحدثت نقلة نوعية في عمليات التصميم حتى أضحت نمطا متفردا بذاته في عالم انتاج الأفكار وتجسيدها .

إن الطباعة ثلاثية الأبعاد فتحت آفاقا جديدة أعادت تعريف المفاهيم والنظم في تصميم المنتجات الصناعية والتجارية التقليدية كما يسرت للمصمم الخزفي الوصول إلى أدوات جديدة من قوة التصميم والإنتاجية لا محدودة .

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية قد تؤثر في البشرية أكثر من أي مجال آخر من التقنيات الموجودة حاليا تصور الماكينة البخارية، المصباح الكهربائي، السيارات، الطائرات، كل هذه التقنيات جعلت حياتنا أفضل بعدة طرق وفتحت لنا مجالات وأماكنيات جديدة ولكن غالبا أخذت وقت وأحيانا حتى عقود لكي تصل مرحلة يمكن الاستفادة منها بصورة جيدة. وا ٍلى حد بعيد يمكن أن تكون الطباعة ثلاثية الأبعاد أوالتصنيع التجميعي واحدة من التقنيات المهمة المستخدمة في حياتنا اليومية، حيث يتم التركيز على دورها المستقبلي في وسائل الأعلام المرئية والمسموعة ومواقع الأنترنت بأنها ستكون الطفرة الرائدة لتضع نهاية لعملية التصنيع التقليدية الحالية.

الملخص :

في ظل الثورة التقنية التي أحدثتها الطباعة ثلاثية الأبعاد في مفهوم وطرق إظهار أفكار المصمم عموما والمصمم الخزفي خاصة والوصول بها لمنتج حقيقي بإيجاد النموذج الأولي لهذه الفكرة وأتاحت للمصمم الكثير من الامكانيات وأحدثت نقلة نوعية في عمليات التصميم حتى أضحت نمطا متفردا بذاته في عالم انتاج الأفكار وتجسيدها، ورغم ذلك ظهرت معوقات قد تعترض طريقه في سبيل تقديم منتجه في الشكل الأمثل، والسيرفي العملية الإبداعية و عملية الانتاج.

وهذه الورقة البحثية تستعرض ما قدمته الطباعة ثلاثية الأبعاد من آفاق جديدة أعادت تعريف المفاهيم والأفكار في مجال تصميم المنتجات الصناعية والتجارية التقليدية وما يسرت للمصمم الخزفي الوصول إلى أدوات جديدة تساعد المصمم من قوة التصميم والإنتاجية اللامحدودة، والتغلب على مشكلات في العملية الإبداعية كانت مقيدة للمصممو أيضاً تستعرض بعض التحديات التي تواجه المصمم الخزفيفي توظيف تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في العملية الإبداعية والإنتاجية في مجال الخزف.

ويخلص البحث إلى وجوب العمل على نشر مفاهيم تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد والعمل على تطوير تدريس برامج الحاسوب الخاصة بالتصميم ثلاثي الأبعاد وتعميقه لطلاب التصميم وتأكيد أهميته للمصمم في المرحلة القادمة، كما يؤكد على أهمية تطوير الخامات المستخدمة في عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد لتلائم احتياجات المصمم الخزفي.

أهمية البحث :

يقدم البحث استعراض عن أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد وكيفية توظيفها في تحفيز وتنمية عملية الإبداع لدى المصمم الخزفي ومناقشة المعوقات التي تواجه المصمم في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد للحصول على نموذج خزفي مجسم نهائي.

مشكلة البحث :

- المعوقات التي تواجه المصمم الخزفي في عرض فكرته و إنتاج بعض الأفكار
- استفادة المصمم الخزفي الأمثل من ثورة الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير العملية الإبداعية
- مشكلات الطباعة ثلاثية الأبعاد في التصميم الخزفي وا يجابيتها

أهداف البحث :

- توضيح المعوقات التي تواجه المصمم الخزفي في عملية الإبداع والتصميم الخزفي ومحاولة التغلب عليها
- أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد للمصمم الخزفي والاستفادة منها في العملية الإبداعية

فروض البحث :

- تفعيل استخدامآلية الطباعة ثلاثية الأبعاد سيحدث نقلة في عمليات تصميم وانتاج الخزف.
- أن معرفةالتحديات التي تعيق الاستفادة من آلية الطباعة ثلاثية الأبعاد في عمليات التصميم والإنتاج الخزفي ستساعدنا في التغلب عليها

منهجية البحث :يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي

كلمات مفتاحية :

الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D printing- التصنيع الإضافي additive manufacturing-التصميم الخزفي ceramic design المصمم الخزفي-ceramic designer-النمذجة Prototyping-تصميم المنتج product design-سلسلة التصاميم series of designs.

الإطار النظري:

لماذا الطباعة ثلاثية الأبعاد :

" حتى اليوم لايزال ينظر إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد كحل تكنولوجي، ولكن في المستقبل ستكون الطباعة ثلاثية الأبعاد بمثابة حلول الأعمال "، جو أليسون، Ceo. of SDM (البلاولي ٢٠١٥)

إنالطباعة ثلاثية الأبعاد قد أحدثت ثورة حقيقية في عالمي التصنيع والابتكار حتى وصفها الكثير بأنها الثورة الصناعية الجديدة ، فقد قللت الطباعة ثلاثية الأبعاد من الوقت الذي يستغرقه المصممين والمهندسين لوضع تصور، وتشكيل، وا يجاد النماذج الأولية .

ومن الأمور الهامة التي ساهمت فيها الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تطوير عمليات تصميم المنتج عموما والمنتج الخزفي خاصة ،وتأتى ذلك من خلال تسهيل عملية إنشاء النماذج الأولية للفكرة التصميمية مما يساعد في التعرف على خصائص المنتج ومواصفاته الظاهرة والتعامل معها في وقت مبكر من سلسلة عمليات تصميم وانتاج المنتج الخزفي . (Christopher Barnatt2013)

ما هي الطباعة ثلاثية الأبعاد:

التصنيع الإضافي (Additive manufacturing)، كما يشار إلى الطباعة ثلاثية الأبعاد، هو مصطلح يستخدم لوصف تكوين أجسام وأشكال مجسمة مصممة ببرامج التصميم ثلاثي الأبعاد الحاسوبية من المواد الخام باستخدام عملية الإضافة حيث يتم بناؤها عن طريق طبقات رقيقة ومتعددة متعاقبة من المواد وصولا للمنتج الكامل. سواء كانت هذه المواد من الخزف أو المعدن أو البلاستيك أو مواد أخرى .(Christopher Barnatt2013)

ويمكن تطبيق تقنيات التصنيع الإضافي في جميع مراحل دورة حياة المنتج. فهي تستخدم لانشاء النماذج الأولية السريعة المكونات في قسم البحوث والتصميم بالمؤسسات الإنتاجية وأيضا في عمليات التصنيع مرحلة ما قبل الإنتاج، وتطوير الأدوات وفي عمليات الإنتاج النهائي على نطاق كامل باستخدام التصنيع السريع.

عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد :

للحصول على كائن ثلاثي الآبعاد، تحتاج أولا إلى إنشاء نموذج رقمي باستخدام جهاز الكمبيوتر. وتتم هذه الخطوة باستخدام أحد برمجيات تصميم وا نشاء النماذج ثلاثية الآبعاد ، أوبعض البرمجيات المتنوعة الأخرى من النمذجة ثلاثية الأبعاد ،أوعن طريق إنشاء نموذج رقمي بطريقة المسح الضوئي لكائن حقيقي بالماسح الضوئي ثلاثي الآبعاد وقد يتم بعض التعديلات له بأدوات البرمجيات.

وما أن يتم إنشاء نموذج رقمي ببرامج الكمبيوتر يحتاج أيضا إلى برامج أخرى تقسمه إلى شرائح عرضية متعددة تصل إلى عدد كبير من الطبقات المقطعية سمكها جزء من المليمتر، وتحديدا كيفية إخراج طبقة واحدة رقيقة من الكائن ثلاثي الأبعاد

في وقت تعتمد على التقنية المعينة التي يستند إليها، طبقات الكائن هذه هي التينستطيع بعد ذلك إرسالها إلى طابعة ثلاثية الابعاد التي تقوم بطباعتها، طبقة فوق الأخرى، حتى يتم بناء نموذج كامل ملموس.

ويمكن تلخيص **عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد** على النحو التالي:

١.يتم إنشاء (تصميم) نموذج ثلاثي الأبعاد ببرنامج تصميم الكمبيوتر ثلاثي الأبعاد.

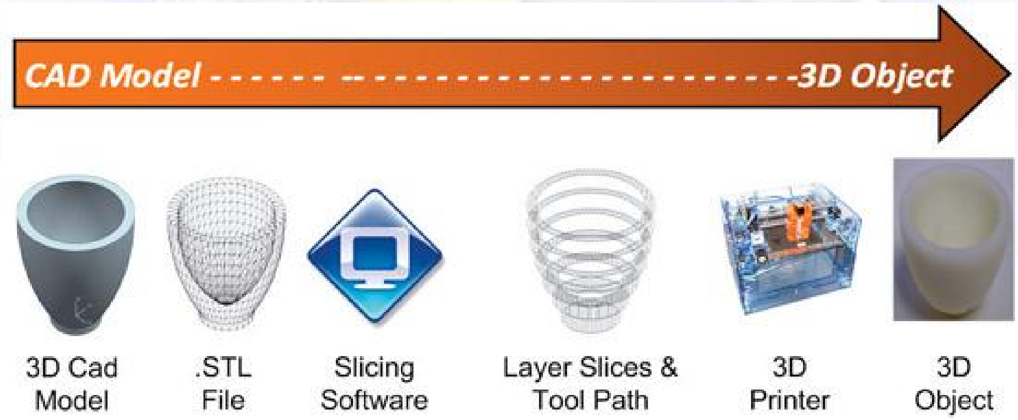
٢. يتم تصدير ملف تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد إلى نوع ملف (امتداد) آخرعبارة عن طبقات يمكن قراءته ببرنامج خاص للطباعة ثلاثية الأبعاد ، وعادة ما يكون (STL)

٣. يتم تحميل ملف (STL) في برنامج الشرائح بنوعية (g-code) بحيث يمكن للطابعة ثلاثية الأبعاد التعرف على الملف وقرائته.

٤. تبدأ الطابعة في بناء المجسم ، طبقة فوق طبقة.

٥. قد يحتاج المجسم بعد إنشائه لمعالجة لازمة لإنهاء النموذج وقد لا يحتاج.

٦. في حالة المجسم الخزفي يترك للتجفيف ثم تتم عملية الحريق.



شكل (١) توضيحيظهر عمليات ومراحل الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد

آلية عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

هناك حوالي إثنى عشر طريقة تعمل بها الطابعات ثلاثية الأبعاد ولكن كلها تتلخص في ثلاثة مفاهيم رئيسية وهي :

١- الترسيب لمادة منصهرة

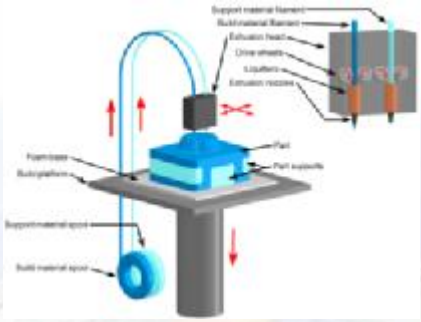
٢- النحت لمادة قابلة للنحت

٣- التلبيد لمادة شبه سائلة أو لدنة أو مسحوق

ولكن سنذكر هنا أهم ألیات الطباعة ثلاثية الأبعاد الأشهر استخداما هذه الآونة:

١-التشكيل بترسيب مادة منصهرة Fused Deposition Modeling

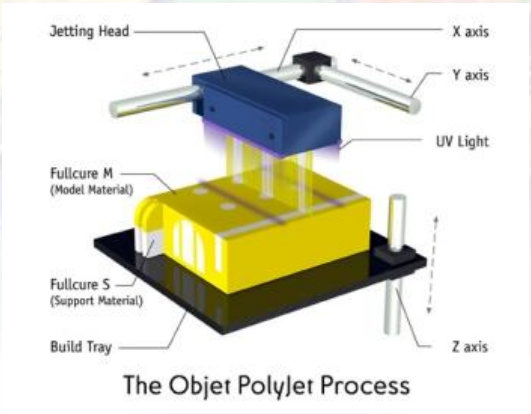
وهي طريقة أبسط ما يوصفها أنها عبارة عن مسدس غراء متحكم به عن طريق الكمبيوتر هذا المسدس الذي ينتهي برأس مسخنلدر جات حرارة عالية جدا يذيب لفائف خيوط بلاستيكية مصوبة آليا تجاه منصة ليتشكل عليها الشكل طبقة فوق طبقة أخرى.



شكل (2) توضيحييظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعادFDM

٢- التشكيل ببثق مادة عضوية تتصلد بالأشعة Poly-jet

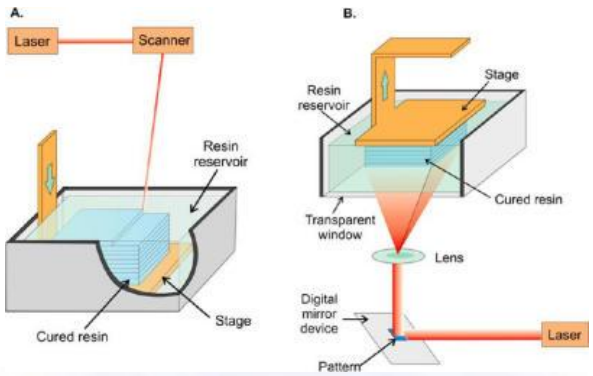
وهي طريقة تشبه إلى حد كبير فكرة عمل الطابعات النافثة للحبر العادية ولكن هنا تنفث مادة راتنجية تتصلد بتسليط الأشعة فوق البنفسجية بعد خروجها من عدد كبير من فتحات في رأس الطابعة ثلاثية الأبعاد على شكل طبقات تتصلد طبقة طبقة.



شكل (٣) توضيحييظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد Polyjet

٣- التشكيل باستخدام الليزر على مادة سائلة حساسة للحرارة Stereolithography

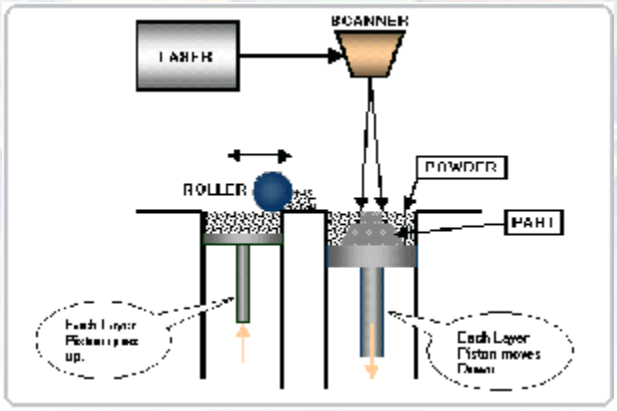
طريقة تشكيل تتم بالتحكم بالكمبيوتر بواسطة أشعة ليزر في مادة تتأثر بالأشعة الفوق بنفسجية تسكب من وعاء يحتويها طبقا للنموذج ثلاثي الأبعاد المصمم بالبرامج ثلاثية الأبعاد لتكوين المجسم طبقة طبقة.



شكل (٤) توضيحييظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد Stereolithography

٤- التشكيل بالتصلد لمسحوق مادة تتأثر بالليزر SLS

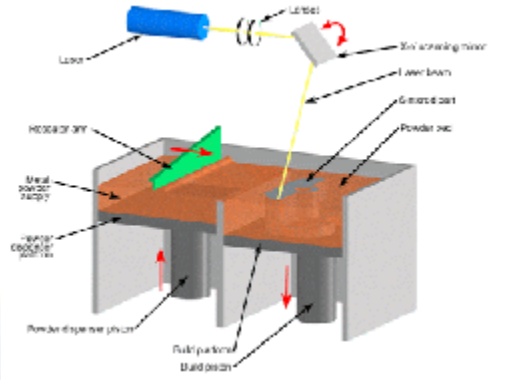
وهذه الطريقة مشابهة لسابقتها في فكرة العمل ماعدا أن المادة المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد تختلف هنا في طبيعة المادة حيث أنها على شكل powder مسحوق وليس سائل وهذا يعني أن هذا المسحوق (المادة) يتم تسخينها درجة حرارة كافية حتى تترابط فيما بينها ولكن ليس لحد الانصهار لان الانصهار قد يحدث تشوها في التشكيل.



شكل (٥)توضيحييظهر عمليات ،طباعة ثلاثي الأبعادSLS

٥- التشكيل بتصلد المعادن المباشر DMLS

وأيضا هذه الطريقة تشبه في ألية عملها الطريقة الثالثة SLA ولكن المادة المستخدمة هنا هي المعادن التي تكون في شكل مسحوقأو حبيبات وهي بالتأكيد تحتاج إلى درجات حرارة عالية جدا لربط مسحوق المعادن المستخدمة ببعضها كالكوبلت أو النحاس أو الحديد دونما الانصهار.



شكل (٦) توضيحيظهر عمليات 'طباعة ثلاثي الأبعادDMLS

هذه الأليات وطرق الطباعة ثلاثية الأبعاد هي الأكثر شيوعا واستخدما في هذه الأونة ولكن هناك طرق وأليات أخرى تستخدم في انتاج منتجات ذات مواصفات خاصة جدا.(Ben Franta 2015)

مميزات الطباعة ثلاثية الأبعادللتصميم الخزفي:

إن الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتبر ثورة في عالم التقنيات القائمة وطرق الصناعة بما تقدمه من فوائد كبيرة فالطباعة ثلاثية الأبعاد تساعدنا في خلق نماذج ومجسمات جديدة أو إعادة تكوين مجسمات قديمة أو تطويرها. (Christopher Barnatt2013)

بجانب ذلك نستعرض هنا بعض مميزات التي تقدمها الطباعة ثلاثية الأبعاد للمصمم الخزفي وتصميم الخزف عامة:

١- **تطوير وتحسين عمليات تصميم المنتج الخزفي:** إذ أثبتت الطباعة ثلاثية الأبعاد بتسهيلها عملية إنشاء النماذج الأولية السريعة "لمفهوم التجسيم" إمكانية إظهار السمات الظاهرية للنموذج وبالتالي معرفة ما بها من مميزات لتعظيمها أو عيوب لتعديلها في مراحل متقدمة من دورة عمليات تصميم المنتج الخزفي.

ورغم التطور الذي حققه برمجيات الرسم ثلاثي الأبعاد إلا أن الحصول على نموذج مجسم حقيقي ملموس لا يقارن بعرض رسم النموذج على شاشات الكمبيوتر من حيث التعرف على المميزات والعيوب.(Christopher Barnatt2013)

أ- التعرف على مميزات النموذج المجسم الأولي وعيوبه في مرحلة متقدمة من عمليات تصميم المنتج الخزفي وبالتالي تطوير المنتج.

ب- إمكانية تعدد التعديل على تصميم المنتج الخزفي أكثر من مرة قبل الحصول على النتيجة النهائية.

ج- إمكانية الحصول على تصور لوني متعدد للمنتج الخزفي بتكرار طباعته ثلاثيا بألوان مختلفة.

د- تحسين عمليات التواصل بين المصمم والعميل من خلال العرض الملموس للنموذج المجسم دونما الحاجة للتخيل أو الشرح.

هـ- الحصول على النموذج الأولي "prototype" للمنتج لفحص المنتج الخزفي وظيفيا والتحقق من أن كل جزء في المنتج متوافق ويحقق الوظيفة التي صمم من أجلها.

و- توفير تكلفة عالية جدا ومجهود ضخم ووقت كبير خلال عمليات تصميم المنتج الخزفي.

ز- المساهمة في توليد أفكار تصميمية جديدة أثناء عملية تصميم المنتج.

٢- **تغيير مفاهيم طرق التصنيع التقليدية:** أيضا قامت الطباعة ثلاثية الأبعاد بتغيير مفاهيم طرق الصناعة التقليدية فكما استحدثت مفاهيم مثل مفهوم النمذجة أو التجسيم 'concept model' ومفهوم النموذج الأولي السريع 'rapid prototyping'للمنتج فقد دخلت الطباعة ثلاثية الأبعاد كجزء من مفهوم معروف في عمليات التصنيع التقليدية ألا وهو مفهوم ما قبل الإنتاج 'pre-production'.

٣-**التصنيع الرقمي المباشر:** فقد اختصرت الطباعة ثلاثية الأبعاد كثير من مراحل الانتاج وبادخال عنصر التصميم الرقمي في عمليات الإنتاج أصبح من الممكن الحصول على منتج بعد خطوات أقل وأسرع من الطرق الصناعية التقليدية.

٤-**إتاحة التشاركية في تعديل التصميم:**وفرت الطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة التشارك في تعديل التصميم وا ٍضافة اللمسة الخاصة بكل مستخدم للطباعة الثلاثية الأبعاد حسب ما يرغب في خروج المنتج بشكله النهائي المفضل له.

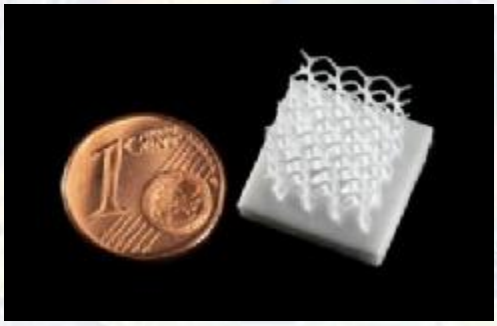
٥- **تشجيع العملية الإبداعية لدى الجمهور:** فقد ساهمت الطباعة الثلاثية الأبعاد في تنمية صفة الابتكار والإبداع لدى جموع البشر بإتاحة عملية الحصول على منتج بمجرد أن تكون لديك مهارة التخيل والتصميم على البرامج ثلاثية الأبعاد وكسرت حواجز كثيرة موجودة للوصول إلى إمكانية تصنيع منتج.

إن تكنولجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ليست مجرد تقنية رقمية للتصنيع وفقط والتي تتسم بخصائص الإتاحة لجميع الجماهير ولكنها أيضا مهدت طريق الابتكار والإبداع لدى البشر.(Srinivasan2012)

٦- **تصنيع مجسمات معقدة تصميميا:** هذه الميزة هي من أكثر الميزات للطباعة ثلاثية الأبعاد وضوحا وأهمية وخاصة في تصميم وا ٍنتاج المنتج الخزفي، فنحن كمصممين كانت عملية التصنيع التقليدية تحد من إنتاج منتجات وبالتالي تصميمها لخامة الخزف وذلك لطبيعة طرق انتاج المنتج الخزفي ذاته ومع انطلاق الطباعة ثلاثية الأبعاد أصبح من الممكن انتاج وتصنيع منتجات ذات تصميمات معقدة.

شكل (٧) نموذج خزفي معقد التصميم شكل (٨) نموذج خزفي آخر معقد التصميم

٧- **إنتاج منتجات متناهية الصغر:** عند تصنيع منتج خزفي كانت من أهم المعوقات في مواصفات المنتج هي دقة حجم وصغر المنتج الخزفي فكانت هناك حدود في الحجم والمقاييس لا يستطيع المصمم والمصنع الخزفي تجاوزها أو الوصول إليها جاءت الطباعة ثلاثية الأبعاد وكسرت هذه الحواجز وأتاحت إنتاج حجوم ومقاييس متناهية الصغر من المنتجات الخزفية.



شكل (٩) يوضح دقة الحجمبالطباعة الخزفية ثلاثية الأبعاد

٨- التوفير في الكلفة الاقتصادية: استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عملية انتاج منتج خزفي ساهمت بشكل كبير في عملية توفير التكلفة وتقليلها وظهرت هذه الوفرة في عدة أمور:

أ- الاستغناء عن استخدام الكثير من المعدات والألات وقوالب التشكيل

ب- لا تتطلب عمليات إعداد قبل التشكيل للمنتج مثل النحت أو الطحن أو عمليات أخرى

ج- استخدام الخامات المعدة لعملية الطباعة ثلاثية الأبعاد بسهولة وأقل قدر من هدر الخامة

د- توفر الطباعة ثلاثية الأبعاد إمكانيةتدوير وا ٍعادة استخدام الخامات المهدرة في عملية التشكيل

هـ- تقليل مخاطر ركود المنتجات بدون بيع وذلك لأن الطباعة ثلاثية الأبعاد توفر كمية الإنتاج حسب الطلب وأيضا من خلال إتاحة المنتج كنموذج أولي لتجربته قبل إنتاجه كميا

و- تحسين عملية إدارة رأس المال من خلال فكرة إنتاج المنتج الخزفي المدفوع قيمته سلفا

ز- القدرة على مشاركة الخبرات التصميمية والاستعانة بمورد فني خارجي

ح- سرعة وسهولة إجراء التعديلات على تصميم المنتج الخزفي

إن للطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة هامة وأساسية من حيث قدرة المصمم للمنتجات الخزفية على توفير منتجات تطلب بكمية قليلة جدا للمستهلك أو منتجات ذات مواصفات محددة وتخص كل مستهلك على حدا بسرعة وفعالية.(Barry Berman, 2012)

٩- تقنية تساهم في التنمية المستدامة وصديقة للبيئة فهي تقنية موفرة للطاقة حيث أن تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد تتسم بأنها ذات كفاءة بيئية في عمليات التصنيع والانتاج في حد ذاتها فهي تستخدم في مواد طباعتها وتشكيلها للنماذج ما يقرب من ٩٠٪ من المواد النموذجية وبالتالي أقل تقنية تترك نفايات أو مواد مهدرة وهذا ليس فقط في التصنيع ولكن خلال سلسلة عمليات تصميم المنتج الخزفي.

تحديات الطباعة ثلاثية الأبعاد:

رغم ما ذكرنا من مميزات استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عمليات تصميم وانتاج المنتج الخزفي لاتزال هناك بعض التحديات التي تواجه المصمم والمطور الخزفي في هذا القطاع ومع كل التقدم التقني الذي أظهرته عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد والتغيير نستعرض فيما يلي بعض التحديات المواجهة للمصمم الخزفي ومجال تصميم المنتج الخزفي:

١- الاعتماد كليا على التقنية الرقمية ومساعدة الكمبيوتر في الحصول على المنتج الخزفي بالطباعة ثلاثية الأبعاد وبالتالي بدون برامج التصميم ثلاثي الأبعاد وأجهزة الكمبيوتر وبالتأكيد الطابعات ثلاثية الأبعاد لن يحصل المصمم الخزفي على المنتج الخزفي، هذا إذا ما قورنت بالطرق اليدوية أو طرق الانتاج النصف ألي أو الآلية التقليدية.

٢- تنافي مفهوم الإنتاج بالطباعة ثلاثية الأبعاد مع مفهوم الإنتاج الكمي Mass Production وخاصة الكميات الضخمة من بعض المنتجات الخزفية حتى الآن من حيث معدل الإنتاج لأن الطباعة ثلاثية الأبعاد لا تنافس معدل الانتاج بالطرق التقليدية.

٣- قد تساهم الطباعة ثلاثية الأبعاد في عدم المحافظة على حقوق الملكية الفكرية لتنفيذ تصميمات المنتجات عامة والمنتجات الخزفية التي تمتلكها شركات أو أفراد وخاصة أن التصميمات تكون متداولة عبر الحواسيب الالكترونية والمتصلة بشبكات التواصل الاجتماعي وعرضى للقرصنة.

٤- تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية متقدمة لذا يجب على المصمم الخزفي إجادة مفرداتها تماما وآليتها وأسرارها والأهم معرفة ماذا يمكن أن تقدمه الطباعة ثلاثية الأبعاد للمصمم تحديدا، لذا فهي لا تصلح للمصممين الذين ليسواعلى دراية جيدة بالبرامج التصميم ثلاثية الأبعاد وبالتالي تكون مقتصرة على فئة محدودة من المصممين.

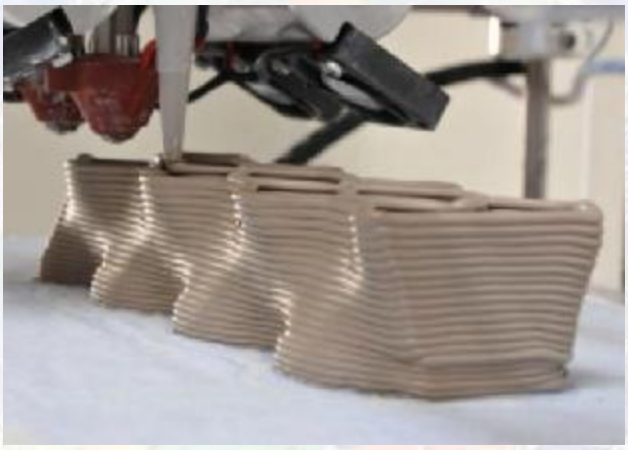
٥- لاتزال التكلفة عالية نسبيا للحصول على منتج ذو مواصفات جيدة من الخزف بالطباعة ثلاثية الأبعاد عالية وهي أحد التحديات الهامة رغم أن الحصول على نماذج أولية prototype التي لا يشترط فيها جودة الخامات متوفرة.

٦- تطوير خامات طباعيةخزفية: الخامات الخزفية المستخدمة لازالت في مراحل التطوير وخاصة أن خامات الخزف مختلفة ومتعددة وكل واحدة منها تعطي نتائج مختلفة ومنتجات مختلفة وهذا التحدي يعتبر من أكبر التحديات عند استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عمليات تصميم وانتاج منتجات خزفية.

وأيضا هناك تحدي آخر في هذه النقطة ألا وهو أنه حتى الآن لم تستخدم كل أنواع الطينات التي تدخل في انتاج منتجات خزفية ولازالت عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد تقتصر على نوع معين من خلطات الطينات مع مواد أخرى حتى تتلاءم معها في عملية التشكيل، تجتهد مراكز بلحث والانتاج لخامات الطياعة ثلاثية الأبعاد في تطوير وا إدخال خامات خزفية أخرى.

وفي إطار الحديث عن الخامات نستعرض هنا سمات وخصائص بعد الخامات الخزفية المستخدمة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد:

خامة طينات الكرة (ball clay): خامة متوفرة بكثرة . تتميز بحجم حبيبات مناسب للاستخدام في عملية الطباعة ثالثية الأبعاد . تتميز بدرجة تصلد جيدة في حالة ما يسمى بالشكل الطينة الأخضر لذا لا تحتاج لمصلدات خاصة.



شكل (١٠) يوضح آلية عمل الطباعة الخزفية ثلاثية الأبعاد

ولكن بها بعض السلبيات مثل: أنها تتسم باللدونة العالية . وبمقدار التمدد الحراري المنخفض . مشاكل مع بعض الطلاءات الزجاجية عند تطبيق الطلاءات على الأجسام الخزفية المنتجة وخاصة بآلية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وهذه السلبيات تؤدي إلى: تكتل طبقات الطباعة ثلاثية الأبعاد وتشكيل النموذج . أيضا تؤدي اللدونة العالية لتحرك طبقات التشكيل عن الموضوع المحدد لها في التصميم قليلا . يحدث كثيرا تشققات في جسم النموذج أومقدار الانكماش الشديد بعد الحريق بسبب الخواص الحرارية وأيضا تشوهات في الشكل.

شكل (11) يوضح إزاحة الطينة المستخدمة في عمليات الطباعة

خليط من خامات طينية: وهي عبارة عن خليط من طينة الكرة والطينة الصينية ومادة السيليكا ومادة صهارة وأيضا مواد مضافة لتحسين قوى التجلد للحالة الطينية الخضراء وأخيرا مواد مضافة أيضا لمنع تحرك الطينة عند تشكيل النموذج بالطباعة ثلاثية الأبعاد.

إن محاولات تحسين الخامات الخزفية المستخدمة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد لم تتوقف وأيضا تم وضع بعض الإجراءات لتطوير وتحسين هذه الخامات، وهذا بغية الحصول على أفضل النتائج لنموذج مشكل ثلاثي الأبعاد بالطباعة ثلاثية الأبعاد من خامات الخزف.(David Huson 2013)

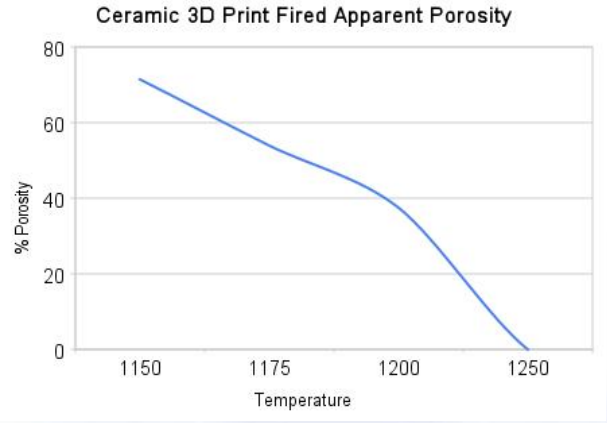
وتركزت مجالات التطوير في عدد من المشكلات التي تواجه الطباعة ثلاثية الأبعاد لتصميم منتج خزفي وهي:

- درجة المسامية العالية للمنتج الخزفي
- مقدار الانكماش الكبير للمنتج الخزفي بعد الحريق
- عدم ثبات طبقات تشكيل النموذج الخزفي في المكان المحدد حسب التصميم
- ظهور التشققات في الشكل المنتج أو تشوهات

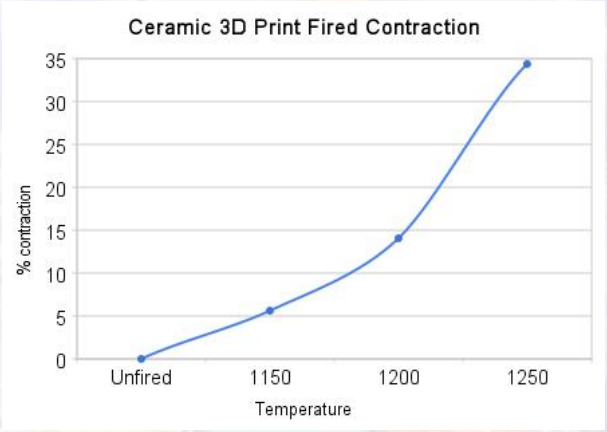
وقد جرت محاولات التطوير لمعالجة هذه المشكلات بالآتي:

- استخدام "طاحونة الكرات" في عملية طحن حبيبات الطين الجافة قبل خلطها لضمان حسن توزيع وتجانس الحبيبات وأيضا يقلل من التشوهات التي قد تحدث في الشكل.
- تطوير وتحسين صفات المادة الرابطة وخفض نسبتها المضافة لخليط خامة الطينة المستخدمة في التشكيل وهذا يحسن من قوة بناء النموذج بعد انتهاء التشكيل في حالة "الطينة الخضراء".
- أيضا خفض نسبة المادة الرابطة في خليط خامة الطينة المستخدمة يساهم في عملية ثبات طبقات الخامة التي يتم تشكيلهاللنموذج ثلاثي الأبعاد المتشكل وعدم ازاحتها عن موضع تشكيلها.
- مزج خليط مركب الطينة المستخدمة في التشكيل جيدا يقلل من نسبة انكماش المنتج بعد الحريق.

- اختيار درجة حرارة حريق مناسبة للمنتج الخزفي بالطباعة ثلاثية الأبعاد بحيث تناسب عملية إنضاج الشكل جيدا وفي نفي نفس الوقت تراعي تقليل نسبة انكماش المنتج وأيضا تراعي نسبة المسامية في المنتج.



شكل (١٢) رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين نسبة المسامية ودرجة حرارة حريق المنتج

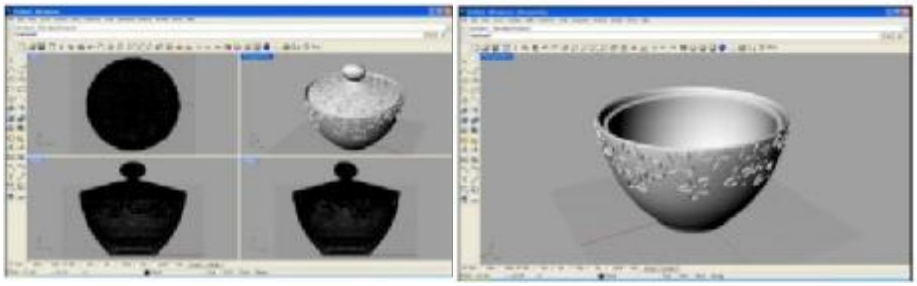


شكل (١٣) يوضح العلاقة بين نسبة الانكماش ودرجة حرارة حريق المنتج

وهذه العلاقات التي توضح العلاقة بين نسبة الانكماش ودرجة حرارة حريق المنتج وبين نسبة المسامية ودرجة حرارة حريق المنتج وبالتالي اختيار أفضل درجة مناسبة.

البرمجيات الإلكترونية للطباعة ثلاثية الأبعاد والتصميم الخزفي:

كما أسلفنا أن عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتمد كليا على المساعدة الرقمية في التصميم CAD وآخر المساعدة الر قمية في التصنيعCAM ليحول التصميم إلى أداة الطباعة ثلاثية الأبعاد ليساعد المصمم الخزفي في تحقيق تصميمه واقعا ملموسا فإن عليه بالتالي الاختيار الأهم لبرامج الحاسوب للتصميم ثلاثية الأبعاد المناسبة لتحقيق هدفه بأعلى درجات الجودة والكفاءة.



شكل (١٤) تصميم أنية خزفية ببرنامج تصميم ثلاثي الأبعاد شكل(١٥) صورة شاشة أخرى للآنية

شكل (١٦) صورة للمنتج الخزفي بعد تشكيله بالطابعة ثلاثية الأبعاد وقبل عملية الحريق

شكل (١٧) صورة المنتج النهائي للأنية المصممة وشكلت بطابعة ثلاثية الأبعاد وانضجت بالحريق

أولا برامج التصميم ثلاثي الأبعاد CAD :

البرامج في هذا المجال . التصميم ثلاثي الأبعاد . تفرض على المصمم تحديد احتياجاته بدقة عند اختيار أحدها للتصميم ورغم تنوع هذه البرامج إلا أنها تندرج تحت أربعة أنواع رئيسية:

- برامج تعتمد عل مفهوم التعامل مع الكتل المصمتة solid
- برامج تعتمد على مفهوم النحت للأشكال sculpting
- برامج تعتمد على مفهوم محددات الأشكال parametric
- برامج تعتمد على مفهوم الأشكال المضلعة polygonal

كل من هذه البرامج تساعد المصمم الخزفي لتحويل فكرته لواقع ومنتج أو نموذج ملموس بجانب أن كل نوع من هذه الأنواع يكون أكثر مساعدة ونفعا للمصمم عموما عند استهداف الحصول على تصميم منتج محدد النوع مثل تصميم المنتج الخزفي أو تصميم جزء هندسي ميكانيكي أو معماري أو تصميم شكل لشخصية رسوم متحركة، وقد يكون هناك من برامج الشركات ما يتميز بكونه يعمل على أكثر من مفهوم من الأنواع السابقة وبالتالي يكون أكثر نفعا ومساعدة للمصممين ودارسي التصميم.(Dobbs, & Hayward 2014)

النوع الأول نجد أن البرامج التي تعتمد مفهوم الكتلة المصمتة solid وهي بالاساس تعتمد على مفهوم constructive solid geometry(CSG) لتصميم الأشكال ثلاثية الأبعاد المعقدة وتشتمل هذه النوعية على برامج التصميم المجانية وأمثلة عليها برامج:

SketchUp, Autodesk 123D, Tinkercad

هذه النوعية من برامج التصميم تنطلق فكرة التصميم بها من استخدام الأشكال الهندسية ثلاثية الأبعاد الأصلية والبسيطة مثل المكعب والهرم والاسطوانة ثم ينطلق المصمم في تحرير والتعامل معها لانتاج التصميم النهائي الذي يريد.

ويتميز استخدام هذه النوعية من برامج التصميم ثلاثية الأبعاد للمصمم أنها تعطي المصمم إحساسا أكثر بالشكل أثناء تصميمه وتخيله وبالتالي فهو أفضل للمصممين عند التعامل مع برامج تصميم ثلاثية الأبعاد في المراحل المبكرة كالمبتدئين ودارسي التصميم الخزفي ، وأيضا واجهة هذه البرامج تتيح سهولة تحديد أبعاد ومقاييس أكثر دقة للأشكال المصممة ، و تتيح تلقائيا استكمال الأسطح المتنوعة للنموذج الواحد المصمم .

النوع الثاني والتي تعتمد مفهوم النحت sculpting في تكوين الأشكال أمثلة لها برامج:

ZBrush, Sculptris, Mudbox

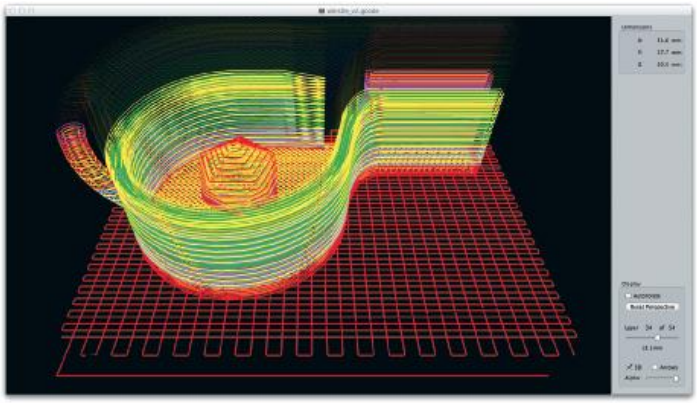
وهذه البرامج التصميمة تتميز بالتشكيل الحر للأشكال المصممة أكثر من الهندسي وا ٍجراء عمليات تشكيل مثل تقسيم الشكل إلى شرائح وتحريك وسحب ولي ولف الأشكال، والأهم هو إمكانية إحداث الضغط على سطح شكل كروي للحصول على التصميم المطلوب وكأنك تشكل بأناملك، وهذه البرامج رائعة جدا للتشكيل الحر ونحت الأشكال الخزفية الفنية وبدأت تطبيقات وبرامج تصميم بمفهوم الأشكال المضلعة الأخرى تدخل تعديلات بإضافة هذه الخاصية في برامجها لأهميتها للفنانين والمصممين.

والنوع الثالث والتي تعتمد على مفهوم تصميم الأشكال المضلعة parametric وهي نوعية برامج نادرة لاعتمادها في التصميم على البرمجة وليس استخدام الماوس وهذا يحد من عملية التصميم وا ٍن كان له ميزة في تصميم الأجزاء والأشكال الميكانيكية وله مثال من البرامج هو Builder, Rhino ، ومن ناحية أخرى يمكن استخدامها في تصميم الأعمال الفنية التجريدية أو التي تعتمد في شكلها على المعادلات والأشكال الرياضية الصرفة.

النوع الأخير البرامج التي تعتمد مفهوم الأشكال المضلعة polygonal وهي برامج تعرض الشكل الثلاثي الأبعاد باستخدام تقنية ألاف المثلثات الصغيرة المتراكبة معا تصنع شبكة هذه الشبكة هي التي تحدد السطوح المختلفة للشكل المصمم Blender, 3ds Max, Maya, Modo وهذه النوعية من التطبيقات رائعة لتصميم الأشكال الحرة والأشكال متعددة الأسطح، لكنها تتطلب عند استخدامها الكثير من العناية والانتباه والحذر للتأكد أن كل الأسطح متواصلة ومترابطة وكل الأضلاع التي تحدد الشكل ونقاط التواصل موجودة، خاصة أنه إذا كان أسطح وأضلاع الأشكال غير متصلة ومترابطة فهذه مشكلة كبيرة خاصة للمرحلة التالية في عملية انتاج التصميم ثلاثي الأبعاد وهي مرحلة برامج تشريح الشكل Slicer Applicationفإن البرنامج قادر على قراءة تفاصيل الشكل من الداخل ويرفض التعاطي مع تصميم الشكل نهائيا، أو تحدث أخطاء جسيمة تقنية في ملف (G-code).

وبرامج التي تعتمد الأشكال المضلعة polygonal تتطلب من المصمم الكثير من مهارات التخيل والتصور وغالبا ما تكون صعبة التعلم لكنها واسعة الامكانات وتمكن المصمم منتعديلالأشكال وعمليات تحرير التصميم.

ثانيا البرامج التي تتعامل مع التصميم لتحوله للطابعة CAM :



شكل (١٨) يوضح كيفية عمل برنامج تشريح شكل النموذج المصمم

بعد اتمام المصمم للتصميم الخاص باستخدام أي من برامج التصميم CAD تظهر ملفات التصميم في امتداد STL عادة ويتوقف هذا على نوع البرنامج ومدى تعقيده، وقد يحتوي ملف STL الذي به التصميم لبعض الأخطاء مثل ثقوب في جسم نموذج التصيم أو أوضاع مغلوطة لبعض أجزاء التصميم والتي لابد من تصحيحها قبل عملية الطباعة بالطابعة ثلاثية الأبعاد، وهنا يأتي دور برامج وتطبيقات CAM تي تقوم بعمليتين أساسيتين الأولى تعديل وا إصلاح أخطاء الشكل المصمم ثانيا تقسم شكل النموذج المصمم إلى شرائح حتى تستطيع الطابعة قراءتها .

ومن أشهر التطبيقات هو Slic3r وهو لديه القدرة على اكتشاف الأخطاء تلقائيا والقيام بإصلاحها أتوماتيكيا عندما تكون أخطاء بسيطة، ولكن لا يستطيع الاعتماد عليه في إكمال بعض أجزاء الشكل كليا، ولكن بعد أن يصبح المصمم الخزفي أكثر خبرة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكنه استخدام برامج تعديل وتشريح النماذج الأكثر شهرة وحرفية ومعروفة تجاريا مثل Netfabb Studio وهو جيد لعمليات التعديل والتصحيح لتصميم النموذج والنسخة الاحترافية منه تحمل الكثير من الأوامر التي تساعد المصمم في تعديل تصميم النموذج لو أراد بدلا من العودة لبرامج CAD مرة ثانية وفي نفس الوقت به خاصية التشريح Slicing للتصميم وبالتالي يمكن إرسال الملف مباشرة للطابعة ؛ وهناك أيضا برنامجين آخرين هما SKeinforgeوKISSlicer وكل هذه التطبيقات الأخيرة مهمتها الأساسية تحويل التصميم إلى شرائح وتحويل ملف STL للتصميم إلى ملف بامتداد G–code والذي تستطيع الطابعة قراءته فيكون جاهز للخروج لمنتج أو نموذج ملموس حقيقي.

لقد أصبحت تقنية الطباعة ثلثية الأبعاد أكثر قربا للمصمم خاصةوللجمهور عامة وذلك بسبب تراجع التكلفةوالتطوير المستمر لهذه التقنية ، وأصبح الحديث عن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد متداولا بين الجميع على وسائل التواصل الاجتماعي والميديا الأخرى بعدما كانت مقصورة فقط على المتخصصين بعمق في هذه التقنية.(Victoria & Jonas, Zukas 2015)

التوصيات :

- تعميم ونشر استخدام مفهوم وأليات الطباعة ثلاثية الأبعاد بين مصممي الخزف وطلاب التصميم الخزفي لإحداث نقلة نوعية وتعزيزالعملية الإبداعية.
- العمل على تطوير مناهج دراسة البرامج الحاسوبية الخاصة بالتصميم ثلاثي الأبعاد واستخدامها في العملية التعليمية للتصميم الخزفي.
- العمل على دراسة تحسين وتطوير المواد الخزفية المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد لتلبية احتياجات تصميمية أوسع.

المراجع العلمية :

أولاً : المراجع العربية :

١. البلاوالي، علي عبدالحكيم ، الطباعة ثلاثية الأبعاد، ترجمة، www.3dprintingindustry.com، 2015 .

ثانياً : المراجع الأجنبية:

2. Barnatt, Christopher, 3D Printing: The Next Industrial Revolution, Explaining The Future, London, UK, 2013.
3. Evans, Brian, Practical 3D Printer the Science and Art of 3D Printing, Paul Manning Ltd, New York, USA, 2012.
4. Zukas, Victoria& Jonas, an Introduction to 3D Printing, First Edition Design Publishing, Inc., Florida, USA, 2015.
5. Huson, David, Solid free-form fabrication in fired ceramic as a design aid for concept modelling in the ceramic industry, Centre for Fine Print Research, UWE, Bristol, UK, 2013.
6. Huson, David, 3D Printing of Ceramics for Design Concept Modelling, Centre for Fine Print Research, UWE, Bristol, UK, 2011.
7. Huson, David, Materials and Process Innovation for 3D Printing of Ceramics, Centre for Fine Print Research, UWE, Bristol, UK, 2014.
8. Lipson, Hod, Fabricated: The New World of 3D Printing, John Wiley & Sons, Inc., Indiana, USA, 2013.
9. Franta, Ben, 3D Printing – Top 5 Method & Secrets, UK, 2015.
10. Srinivasan, Vivek, and Bassan, Jarrod, 3D Printing & the Future of Manufacturing, research of CSC Company, New York, USA, 2012.
11. Berman, Barry, 3-D printing: The new industrial revolution, Business Horizons Magazine, Vol. #55 Issue #2, New York, USA, 2012.
12. Mets, Matt, And Griffin, Matt, An overview of the CAD, CAM, and client software you need, Make Magazine, USA, Vol. winter, 2012.
13. Dobbs, Sara, & Hayward, David, the Ultimate Guide to 3D Printing, Dennis Publishing Ltd., London, UK, 2014.
14. Evaluation of 3D Printing,http://www.silae.it/files/Anal_Chem_3D.pdf, 2015.