# مدى تأثير استخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد في تطويرالتصميم الخزفي المعماري

# The Impact of using 3D Printing on developing the Architectural Ceramic Design

**أ.د /أيمن علي جودة**

**أستاذ ورئيس قسم الخزف السابق -كلية الفنون التطبيقية / جامعة حلوان**

**Prof. Ayman Ali Gouda**

**Professor of ceramics Department - faculty of Applied Arts**

**Helwan University**

**aymanalyalygouda@gmail.com**

**أ.م.د /أحمد حسني رضوان**

**أستاذ مساعد بقسم العمارة - كلية الفنون الجميلة / جامعة حلوان**

**Assist. Prof. Dr. Ahmed Hosney Radwan**

**Assistant Professor of Architecture and Urban Design - Faculty of Fine Arts Helwan University**

**ahosney@gmail.com**

**م.م/ شيرين السعيد العرنوس**

**مدرس مساعد بقسم الخزف - كلية الفنون التطبيقية / جامعة حلوان**

**Assist. Lect. Shereen Elsaid Alarnous**

**Teaching Assistant of Ceramics Department - Applied Arts faculty**

**Helwan University**

**shereenalarnous@gmail.com**

**الملخص:**

يعرض البحث أحد أشكال التقدم التكنولوجي وهي الطباعة ثلاثية الأبعاد ٣D printing وهي أحد أشكال تكنولوجيا التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing والتي فتحت آفاقا جديدة أعادت تعريف المفاهيم والنظم في تصميم المنتجات الصناعية والتجارية التقليدية كما يسرت للمصمم الخزفي الوصول إلى أدوات جديدة لا محدودة و لقد 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، وايجاد النماذج الأولية مما يساعد في التعرف على خصائص المنتج ومواصفاته الشكلية والتعامل معها في وقت مبكر من سلسلة عمليات تصميم وانتاج المنتج الخزفي .

**مشكلة البحث:**

- استفادة المصمم الخزفي الأمثل من ثورة الطباعة ثلاثية الأبعاد في تطوير العملية الإبداعية.
- المعوقات التي تواجه المصمم الخزفي في عرض فكرته وإنتاج بعض الأفكار.

**هدف البحث:**

- التعرف على إمكانات الطابعة ثلاثية الأبعاد في التشكيل الخزفي.
- توضيح المعوقات التي تواجه المصمم الخزفي في عملية الإبداع والتصميم الخزفي ومحاولة التغلب عليها.

**أهمية البحث:**

- التعرف على وسائل التكنولوجيا الحديثة ودورها الفعال في مجال الخزف.
- التعرف على إمكانات الطابعة ثلاثية الأبعاد في الفن والصناعة.

- كيفية توظيفها في تحفيز وتنمية عملية الإبداع لدى المصمم الخزفي.
- الاستفادة من الطباعة ثلاثية الأبعاد في للحصول على نموذج خزفي مجسم نهائي.

**حدود البحث:**

- يقتصر البحث على إمكانيات الطابعة ثلاثية الأبعاد في مجال الخزف.

**منهجية البحث:**

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي

**كلمات مفتاحية:**

الطباعة ثلاثية الأبعاد - التصنيع بالإضافة ـ التصميم الخزفي النمذجة ـتصميم المنتج - النصميم بواسطة الحاسب - التصنيع بواسطة الحاسب

## Abstract:

The research presents a form of technological advancement, which is 3D printing 3, which is a form of manufacturing technology in addition to Additive Manufacturing, which opened up new horizons that redefined concepts and systems in the design of traditional industrial and commercial products. In the worlds of industrialization and innovation even described by many as the industrial revolution of new, it has reduced the tripartite printing dimensions of time taken to designers and engineers to visualize, shaping, and create models of primary, helping to identify the product characteristics and specifications of formal and deal with them early in the operations of the design and production of a series of product ceramic.

**Research problem:**

- The ceramic designer made the best use of the 3D printing revolution in advancing the creative process.
- The obstacles facing the ceramic designer in presenting his idea and producing some ideas.

**Research objective:**

- Learn about the potential of the 3D printer in ceramic molding.
- Clarify the obstacles facing the ceramic designer in the process of creativity and ceramic design and try to overcome them
- Making use of 3D printing in order to obtain a finished ceramic stereoscopic pattern.
  research limits:
- Research is limited to the potential of the 3D printer in the field of ceramics.

**Research methodology:**

- The research follows the descriptive analytical method

**Research methodology:**

- The research follows the descriptive analytical method

## Keywords:

3D printing -additive manufacturing -ceramic design - product design *Computer-aided* design (CAD) -computer-aided manufacturing

**مقدمة:**

إن التقدم التكنولوجي يجري بخطى متسارعة ليشمل جميع مظاهر الحياة ويسهم بدور كبير في رفاهية الشعوب وبين لحظة وأخرى ثمة اختراع أو ابتكار أو اكتشاف حتى إن توقيت الانتقال من عصر إلى أخر بات متعذراً لتسارع المستجدات وكثرتها ويمثل التقدم التكنولوجي في جميع المجالات ثورة في حياة الشعوب إذ شمل جميع مظاهرها ففي القرن الحادي والعشرين لن يكون هناك مكان لمن لا يملك أسباب التكنولوجيا.

ولقد 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 وإظهار التفاصيل الخاصة بهذا المنتج ومميزاته، بل والتغلب على معوقات تعطل فكرته الأساسية لدرجة تجعله يعدل ويحور في الفكرة الأساسية لتتلاءم مع عملية الانتاج وتجسيد هذه الفكرة كمنتج.

إن 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 وإمكانيات جديدة ولكن غالبا أخذت وقت وأحيانا حتى عقود لكي تصل إلى مرحلة يمكن الاستفادة منها بصورة جيدة

**شكل ١ توضيحي يظهر أحد القطع الخزفية أثناء الطباعة**

يقول إمانويل ساكس مبتكر الطباعة الثلاثية أن أساسيات تقنية الطباعة الثلاثية واحدة في كل حالة.وتستخدم تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد في تصنيع منتجات تجارية ذات أسطح خاصة مثل المرشحات الصناعية وتتميز المرشحات المنتجة بطريقة الطباعة الثلاثية من مثيلاتها المنتجة بطرق التشكيل التقليدية مثل طريقة التشكيل بالبثق أو طريقة الصب في القوالب, والتي غالباً ما تظهر بها بعض العيوب مثل التشققات. (crackes) P. 57 (1)

وتتيح تقنية الطباعة الثلاثية كل الإمكانيات لإنتاج أسطح خاصة في مجال الخزف حيث يمكن التحكم في وضعية الأجزاء الدقيقة للخامات، مما يعرف بالطباعة الخزفية (Ceraprinting) كما في شكل ١

إن طريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد توحد المساحيق والمواد الرابطة بمرونة هندسية لم يسبق لها مثيل, وتختصر الطباعة الثلاثية الوقت اللازم لتسويق منتج جديد في العديد من المجالات وذلك بتحسين جودة المنتج, بالجمع بين التصميم والتصنيع مباشرة, وتخفض تكلفة المنتج بواسطة تخفيض تكلفة مرحلة التطوير والتحديث.

كذلك يمكن زيادة معدل الإنتاج بتخصيص كل ماكينة أو طابعة لإنتاج نوعية واحدة من المنتجات, لذلك فإن الطباعة الثلاثية هي الثورة القادمة في التصنيع لكونها الرائدة في الإنتاج السريع للنماذج الأولية وكذلك الأجزاء النهائية للمنتج.و من الممكن اختصار مميزات الطباعة الثلاثية بشكل عام فيما يلي:

**مميزات تقنية الطباعة الثلاثية بشكل عام P. 9 (5A):**

1. سهولة تعديل التصميم .
2. امكانية نسخ التصميمات باستخدام نظام مسح ضوئي رقمي وتحويلها الي منتج ثلاثي الابعاد .
3. امكانية الحصول علي اجزاء كبيرة الحجم ، الاجزاء البارزة ، الاجزاء المتداخلة ، الاجزاء المعشقة بزاوية اقل من (٩٠ درجة) .
4. نظام استرجاع متكامل للخامات .
5. لا تستخدم ادوات او اجهزة كثيرة وذلك نختصر الوقت والتكلفة .
6. لا توجد حدود لمدي تعقدي التصميم.
7. اقل تكلفة.
8. دورة انتاج قصيرة.
9. الحصول علي منتج مطابق لكل المواصفات القياسية، وليس من الطرق التقليدية القديمة من عيوب التشكيل والتصنيع.

**وهناك حوالي إثنى عشر طريقة تعمل بها الطابعات ثلاثية الأبعاد ولكن كلها تتلخص في ثلاثة مفاهيم رئيسية وهي: P.7 (٢)**

١- الترسيب لمادة منصهرة.

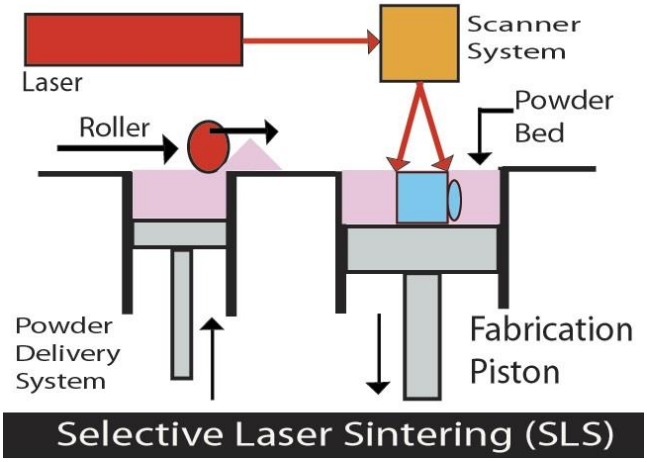
٢- النحت لمادة قابلة للنحت.

٣- التلبيد لمادة شبه سائلة أو لدنة أو مسحوق.

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

**1- تلبيد(نصلد) الليزر الانتقائي (Selective Laser Sintering SLS)**

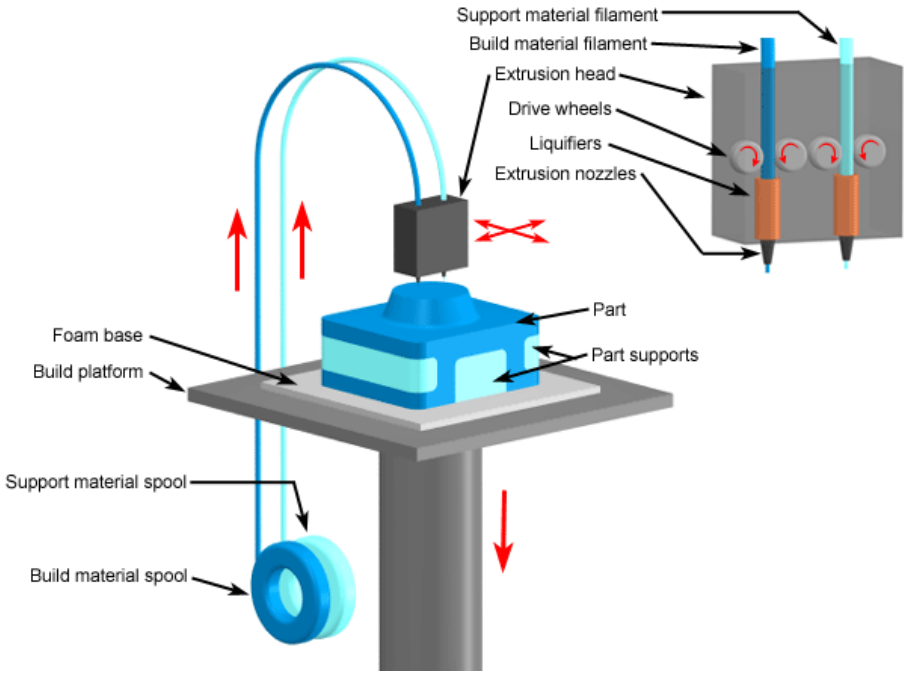
وفيها يستخدم شعاع ليزر عالي القوة لدمج جسيمات البلاستيك والمعادن و السيراميك أو حتى الزجاج. و في هذه الطريقة كما يظهر في شكل ٢ تكون الخامة المستخدمة في الطباعة على شكل powder مسحوق وليس سائل ومن مميزات هذه التقنية أن المادة المتبقية يتم إعادة تدويرها.




**شكل ٢ توضيحي يظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعادSLS**

**2- التشكيل بترسيب مادة منصهرة Fused Deposition Modeling**

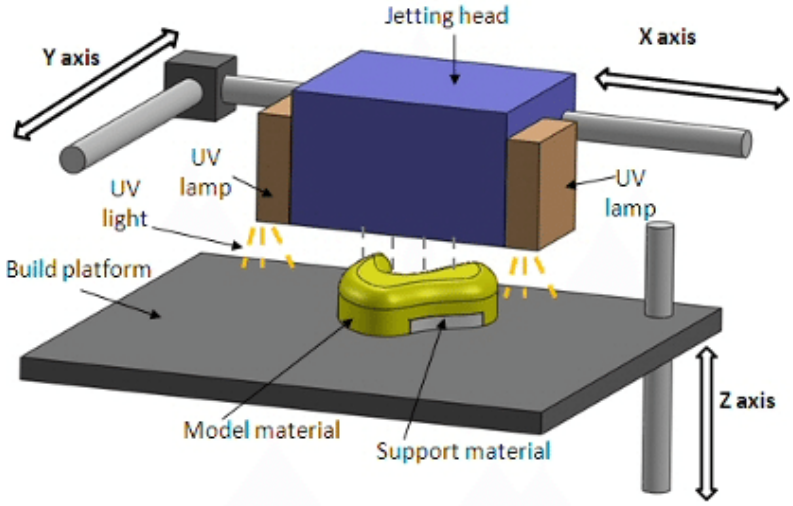
وهي طريقة أبسط ما يوصفها كما يظهر في شكل ٣ أنها عبارة عن مسدس غراء متحكم به عن ط ريق الكمبيوتر هذا المسدس الذي ينتهي برأس مسخن لدرجات ححرارة عالية جدا يذيب لفائف خيوط بلاستيكية مصوبة آليا باتجاه منصة ليتشكل عليها الشكل طبقة فوق طبقة أخرى. والكثير من الطابعات الشخصية مثل تلك المصنعة من قبل ( Rep Rap, Maker) , تستخدم تقنية (Fused Deposit Model) وفيها يتم صهر البلاستيك من نوع (ABS) أو البلاستيك الحراري وإبداعها من خلال فوهة قذف ساخنة.




**شكل ٣ توضيحي يظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد**FDM

**٣- التشكيل ببثق مادة عضوية تتصلد بالأشعة Poly-jet**

وهي من الطرق القليلة التي تدعم الطباعة الملونة وهي 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 طبقةكما يظهر بشكل ٤.

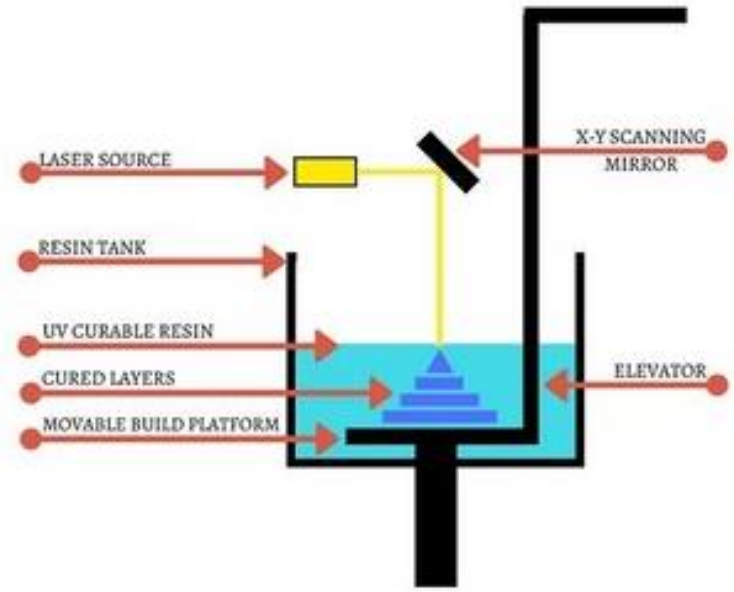



**شكل ٤ توضيحي يظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد** Polyjet

**4- التشكيل باستخدام الليزر على مادة سائلة حساسة للحرارة Stereolithograph**

طريقة تشكيلكما يظهر بالشكل ٥ تتم بالتحكم بالكمبيوتر بواسطة أشعة ليزر في مادة تتأثر بالأشعة الفوق بنفسجية تسكب من وعاء يحتويها طبقا طبقا للنموذج ثلاثي الأبعاد المصمم بالبرامج ثلاثية الأبعاد لتكوين المجسم طبقة طبقة.

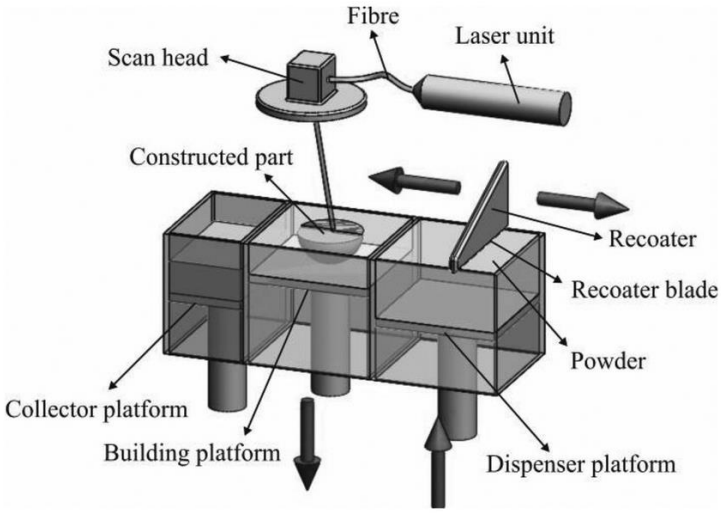
وتستخدم الطابعة ثلاثية الأبعاد هنا ملفات من نوع STL, والتي تم استخدامها من قبل مخترع الطباعة ثلاثية الأبعاد ( Chuck Hull). وتستطيع معظم برامج التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) بما فيه البرامج التجارية مثل (Autocad). وكذلك البرامج المجانية مثل (Google Sketchup) تكوين ملفات (STL) .كما أن مصنعي الطابعات ثلاثية الأبعاد لديهم برامج (CAD) خاصة بهم. P.5 (٢)




**شكل ٥ توضيحي يظهرعمليات طباعة ثلاثية الأبعاد Stereolithography**

**٥- التشكيل بتصلد المعادن المباشر DMLS**

و تشبه هذه الطريقة في ألية عملها الطريقة السابقة ولكن المادة المستخدمة هنا كما يظهر بالشكل ٦ هي المعادن التي تكون في شكل مسحوق و حبيبات وهي بالتأكيد تحتاج إلى درجات حرارة عالية جدا لربط مسحوق المعادن المستخدمة ببعضها كالكوبلت أو النحاس أو الحديد دونما الانصهار.



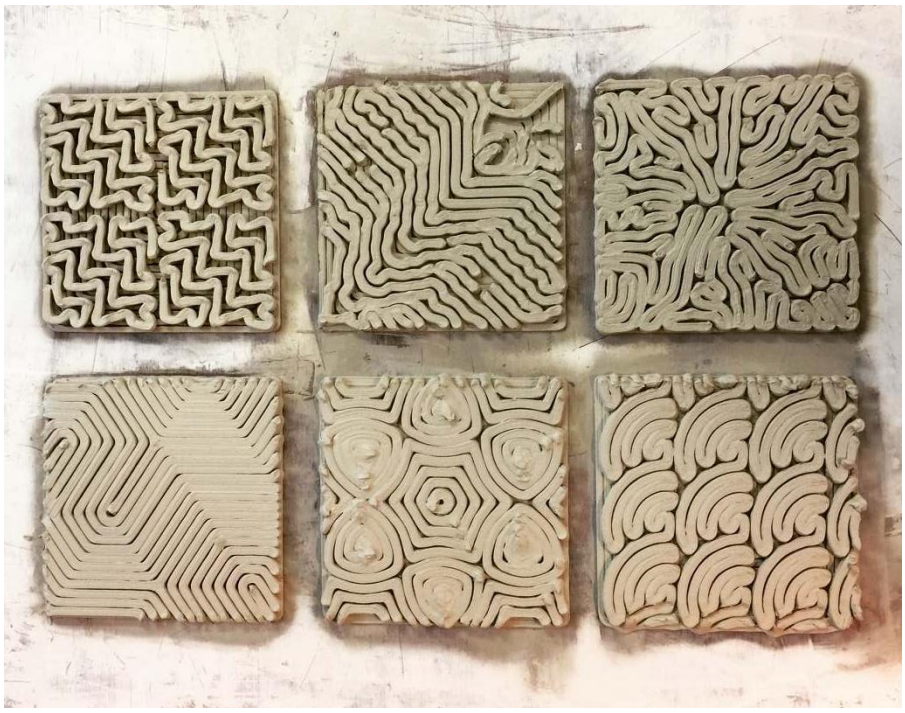

**شكل ٦ توضيحي يظهر عمليات طباعة ثلاثية الأبعاد** DMLS

## الهندسة العكسية والطباعة ثلاثية الأبعاد:

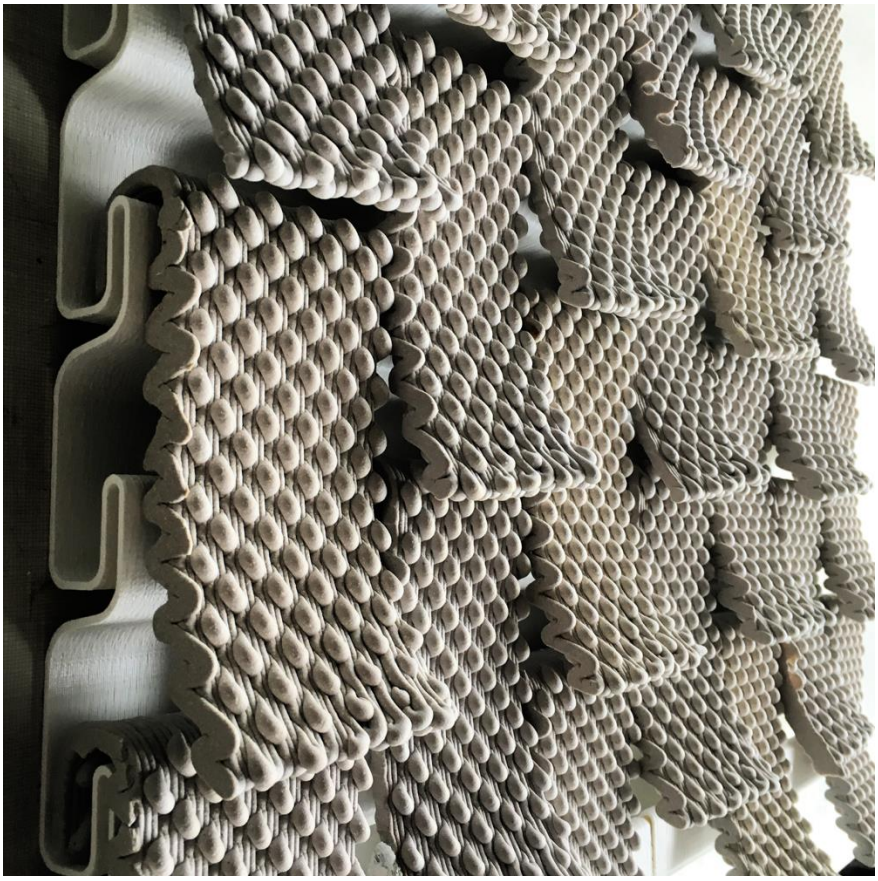
وإذا أردت إعادة إنتاج شكل باستخدام هذا النوع من الطابعات فإنك تحتاج إلى ماسح ضوئي (Scanner) ثلاثي الأبعادكما يظهر بالشكل ٧. حيث يقوم هذا الجهاز بتجميع البيانات عن شكل المجسم وصفاته ويقوم باستخدام هذه البيانات لبناء نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد. فعلى سبيل المثال، تقوم إحدى التقنيات المتوفرة بتجميع بيانات المجسم عن طريق إصدار ضوء واكتشافه انعكاسه وعندها تستطيع إعادة تشكيل نموذج رقمي للمجسم.

**شكل ٧ توضيحي يظهر الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد**

**شكل ٨ توضيحي يظهر خطوات الهندسة العكسية**



شكل ٩ يوضح بعض الأعمال الخزفية المنفذة بالطباعة ثلاثية الأبعاد



شكل ١٠ يوضح بعض الأعمال الخزفية المعمارية المنفذة بالطباعة ثلاثية الأبعاد

## عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد:

للحصول على مجسم ثلاثي الآبعاد، تحتاج أولا إلى إنشاء نموذج رقمي باستخدام جهاز الكمبيوتر. وتتم هذه الخطوة باستخدام أحد برمجيات تصميم وإنشاء النماذج ثلاثية الآبعاد، أوعن طريق إنشاء نموذج رقمي بطريقة المسح الضوئي لمجسم 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، وتحديد كيفية إخراج طبقة واحدة رقيقة من المجسم ثلاثي الأبعاد التي نستطيع بعد ذلك إرسالها إلى طابعة ثلاثية الابعاد التي تقوم بطباعتها، طبقة فوق الأخرى، حتى يتم بناء نموذج كامل ملموس (٣)P.11

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

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

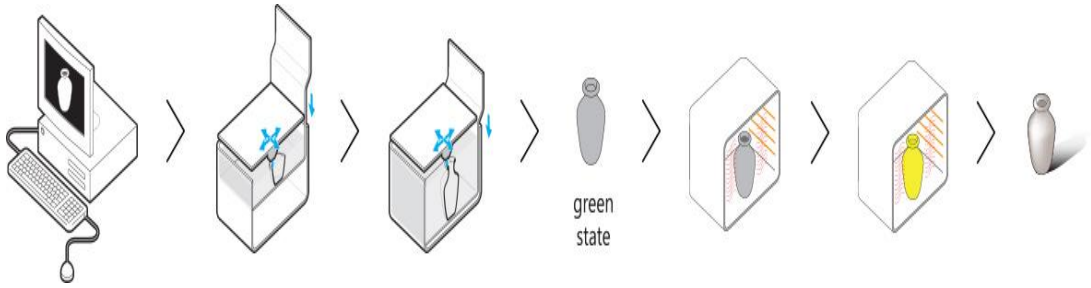
٢. يتم تصدير ملف تصميم النموذج ثلاثي الأبعاد إلى نوع ملف آخر (امتداد) ليحوله إلى طبقات يمكن قراءته ببرنامج خاص للطباعة ثلاثية الأبعاد، وعادة ما يكون (STL)

٣. يتم تحميل ملف (STL) في برنامج الشرائح بنوعية (G-Code) بحيث يمكن للطابعة ثلاثية الأبعاد التعرف على الملف وقراءته.

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

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

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




**شكل١١ توضيحي يظهر عمليات ومراحل الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد**

**مميزات الطباعة ثلاثية الأبعاد للتصميم 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. P.13 (5A)

**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 Rapid Prototypeوإمكانية إظهار السمات الظاهرية للنموذج وبالتالي معرفة ما بها من مميزات أو عيوب يمكن تعديلها في مراحل متقدمة من دورة عمليات تصميم المنتج الخزفي.

ورغم التطور الذي حققته 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. P.56(5B)

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

ب- إمكانية تكرار 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.

ه- 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 ومجهود ضخم ووقت كبير كان يتم اهدارها 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'.

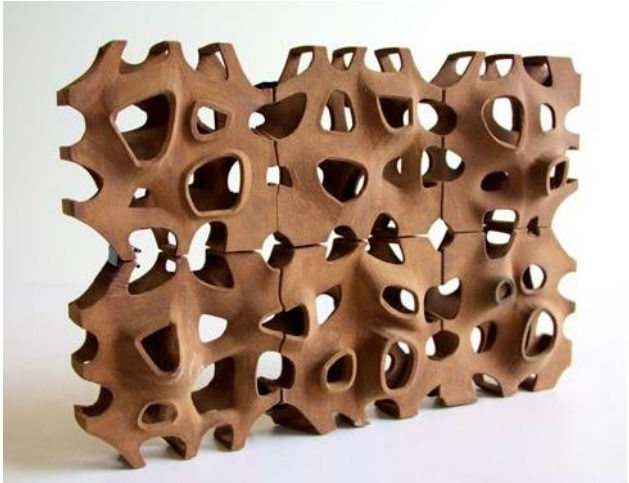
**٣- التصنيع الرقمي المباشر:** فقد اختصرت الطباعة ثلاثية الأبعاد كثير من مراحل الانتاج وبادخال عنصر التصميم الرقمي في عمليات الإنتاج أصبح من الممكن الحصول على منتج بعد خطوات أقل وأسرع من الطرق الصناعية التقليدية.

**٤- إتاحة المشاركة في تعديل التصميم:** وفرت الطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة التشارك في تعديل التصميم واضافة 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 P.87 .(٦).

**٦- تصنيع مجسمات معقدة تصميميا:** هذه الميزة هي من أكثر الميزات للطباعة ثلاثية الأبعاد وضوحا وأهمية وخاصة في تصميم وإ 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 كما يظهر بشكل ١٢و١٣.



**شكل ١٢ يوضح نموذج خزفي معقد التصميم**

**شكل ١٣ يوضح نموذج خزفي 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. P.4(٤)

**شكل١٤ يوضح دقة الطباعة الخزفية ثلاثية الأبعاد**

٨ **-التوفير في التكلفة الاقتصادية:** استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في عملية انتاج منتج خزفي ساهمت بشكل كبير في عملية تقليل التكلفة وظهر هذا في عدة أمور(٥: P.7 A)

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 إمكانية تدوير و إعادة استخدام الخامات المهدرة في عملية التشكيل.

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

و- القدرة على مشاركة الخبرات التصميمية والاستعانة باستشاري فني خارجي.

ز- السرعة والسهولة

**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 تعد من أقل طرق الانتاج التي تترك مخلفات أو مواد مهدرة وهذا ليس فقط في التصنيع ولكن خلال سلسلة عمليات تصميم المنتج الخزفي. P.11(٤)

## 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 P.10(٢)

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 Productionوخاصة 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 أجهزة الحاسب الالكترونية والمتصلة بشبكة الانترنت.

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 وهي أحد التحديات المهمة

٦- تطوير خامات الطباعة الخزفية: 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.

٧- صعوبة الحصول على الطابعات الثلاثية الأبعاد رغم توفرها على مواقع الشراء الالكترونية وذلك لزيادة مصروفات الشحن والجمارك وكذلك صعوبة تجميعها بالداخل لعدم توافر بعض أجزاءها في السوق المحلي.

## البرمجيات الإلكترونية للطباعة ثلاثية الأبعاد والتصميم الخزفي:

كما ذكرنا من قبل أن عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد تعتمد كليا على المساعدة الرقمية في التصميم CAD والمساعدة الرقمية في التصنيع CAM ليحول التصميم إلى أداة الطباعة ثلاثية الأبعاد ليساعد المصمم الخزفي في تحقيق تصميمه واقعا ملموسا فإن عليه بالتالي الاختيار بين برامج الحاسب المناسبة للتصميم ثلاثي الأبعاد لتحقيق هدفه بأعلى درجات الجودة والكفاءة.

**أولا: برامج مساعدة في التصميم ثلاثي الأبعاد:**CAD

البرامج في هذا المجال ـ التصميم ثلاثي الأبعاد ـ تفرض على المصمم تحديد احتياجاته بدقة عند اختيار إحداها للتصميم ورغم تنوع هذه البرامج إلا أنها تندرج تحت أربعة أنواع رئيسية P.13(٢)

- 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 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.P.113(٧)

**النوع الأول** والذي يعتمد مفهوم الكتلة المصمتة solid وهي بالاساس تعتمد على مفهوم constructive solid geometry(CSG) لتصميم الأشكال ثلاثية الأبعاد المعقدة وتشتمل هذه النوعية على برامج التصميم مثل:

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 التعامل معها لانتاج التصميم النهائي الذي يريد.

**النوع الثاني** والذي يعتمد مفهوم النحت sculpting في تكوين الأشكال أمثلة لها برامج:

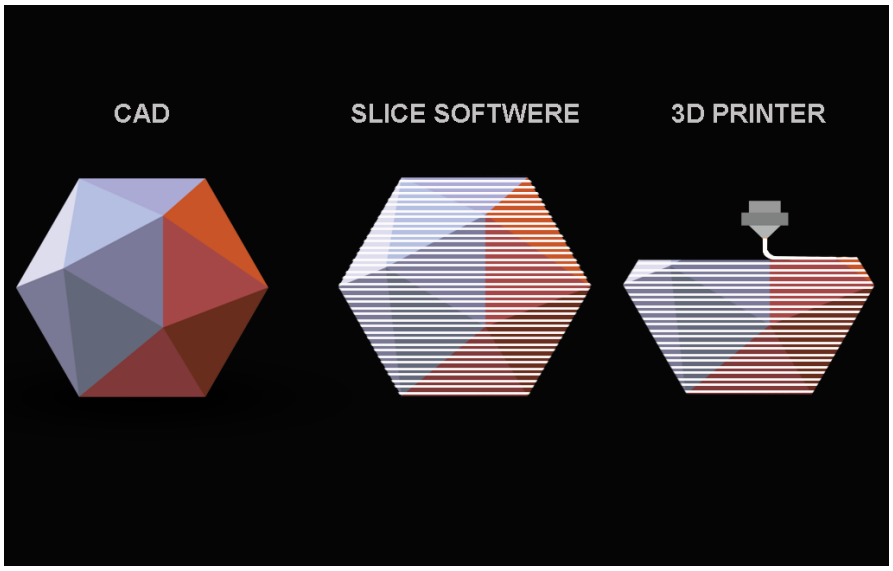
ZBrush, Sculptris, Mudbox وهذه البرامج التصميمة تتميز بالتشكيل الحر للأشكال المصممة أكثر من الهندسية وإجراء عمليات تشكيل مثل تقسيم الشكل إلى شرائح وتحريك وسحب وثني ولف الأشكال، والأهم هو إمكانية إحداث الضغط على سطح شكل كروي للحصول على التصميم المطلوب وكأنك تشكل بأناملك، وهذه البرامج رائعة جدا للتشكيل 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** والذي يعتمد على مفهوم تصميم الأشكال المضلعة parametric وهي نوعية برامج نادرة لاعتمادها في التصميم على البرمجة وليس استخدام ادوات التصميم المباشرة وهذا يحد من عملية التصميم وإن كان له ميزة في تصميم الأجزاء والأشكال الميكانيكية وله مثال من البرامج هو Builder, Rhino,Katia ، ومن ناحية أخرى يمكن استخدامها في تصميم الأعمال الفنية التجريدية أو التي تعتمد في شكلها على المعادلات والأشكال الرياضية البحتة.

**النوع الرابع والأخير** و الذي يعتمد 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 3D 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 Application فإن البرنامج قادر على قراءة تفاصيل الشكل من الداخل ويرفض التعاطي مع تصميم الشكل نهائيا، أو تحدث أخطاء جسيمة تقنية في ملف (G-code).

**ثانيا: البرامج التي تتعامل مع التصميم لتحوله للطابعة:CAM**

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 التصميم أو أوضاع مغلوطة لبعض أجزاء التصميم والتي لابد من تصحيحها قبل عملية الطباعة بالطابعة ثلاثية الأبعاد، وهنا يأتي دور برامج وتطبيقات CAM والتي تقوم بعمليتين أساسيتين الأولى تعديل وإصلاح أخطاء الشكل المصمم ثانيا تقسم شكل النموذج المصمم إلى شرائح حتى تستطيع الطابعة قراءتها.




**شكل ١٥ يوضح كيفية تقسيم المجسم إلى شرائح**

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 كما بالشكل ١٥ وبالتالي يمكن إرسال الملف مباشرة للطابعة ؛ وهناك أيضا برنامجين آخرين هما SKeinforge و KISSlicer 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.P.12(٤)

## النتائج:

- الطابعة ثلاثية الأبعاد أحدث طفرة في مجال الطب والصيدلة والفضاء كما تم تطبيقها في مجالات أخرى كالفنون والعمارة... إلخ.
- الطابعة الثلاثية الأبعاد أوجدت بعدا آخر للمنتجات الخزف الفنية أو الاستخدامية حيث يمكننا من خلالها تنفيذ تصمميمات كان يصعب الحصول عليها بالطرق التقليدية.
- للخزاف القدرة على مواكبة تطورات العصر ومواكبة التطور التكنولوجي.
- تختصر الطباعة ثلاثية الأبعاد الوقت اللازم لتشكيل منتج خزفي مبتكر.

**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 برامج الحاسب الخاصة بالتصميم ثلاثي الأبعاد واستخدامها في العملية التعليمية للتصميم الخزفي ومعرفة الطلاب مدى ارتباط مجالات الفنون بالتكنولوجيا الحديثة وكيفية الاستفادة منها.
- عقد ورش عمل وندوات أكاديمية لتعريف الطلاب بمدى التقدم التكنولوجي والربط بينة وبين مجالات الفن وخاصة الخزف وتعريفهم بتكنولوجيا الخامات وكيف يمكن تطور الخزف وخاماته ومواكبته للتطور التكنولوجي.
- محاولة تصنيع طابعة ثلاثية الأبعاد تناسب المجالات التعليمية في كليات الفنون التطبيقية واستخدامها لعمل تشكيلات خزفية فنية مبتكرة وكذلك أشكال خزفية استخدامية.
- عمل بعثات ومهمات علمية لأعضاء هيئة التدريس وكذلك الطلاب المتميزين للمؤسسات المتخصصة بالدول الأوربية المتطورة في هذا المجال.

**المراجع العلمية:**

**أولاً: المراجع العربية :**

1. البلاوالي، علي عبدالحكيم ، الطباعة ثلاثية الأبعاد، ترجمة

Albalawaly, 3ali 3bdel7akeem > elteba3a el tolathyat alab3ad .targama

2. الفيومي، شرين عبد القادر محمد، كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان (التصميم الخزفي والطباعة ثلاثية الأبعاد التحديات والمنافع). بحث منشور ٢٠١٦

El fayoumy shereen abdelkader mo7amed kolyet elfenoon eltatby2ya gam3et 7elwan (eltasmeem el khazafy wa elteba3a tholathyat elab3ad .. elta7adiyat walmanafe3) ba7th manshour 2016

3. عبد العزيز، حسان رشيد. " الطباعة ثلاثية الأبعاد (العبور السريع للمنتج)". كلية المعلمين بمحافظة جدة، جامعة الملك عبد العزيز، السعودية. بحث منشور ٢٠١٦

٣bdel3zeez 7assan rasheed (elteba3a tholathyat elab3ad ... el3bour elsaree3 lelmontag)

Ba7th manshour 2016 .1

2. أبو سـعد، طارق صـبحي جمعة (الطباعة ثلاثية الأبعاد وإمكاناتها في التشـكيل الخزفي) كلية التربية الفنية- جامعة حلوان ٢٠١٧

Abo sa3d tarek sob7y gom3a (eltyba3a tholathyat alab3ad w emkanyateha FY eltashkeel elkhazafy) kolyet eltarbya elfnyya game3t 7elwan 2017

4. العرنوس، شيرين السعيد (مدى تأثير التطور الرقمي للتصميم البارامتري على تصميم الوحدات المعمارية الخزفية). مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية العدد العشرون ٢٠٢٠ من صفحة ١١٤ لصفحة ١٣٢.

Alarnous shereen elsaid (mada ta2theer altatawor elrakamyleltasmeem albarametry 3ala tasmeem alwa7adadt el me3maria alkhazafya) magalet al emara w al fenoun w al elom alinsania al3adad al3eshroon 2020mn saf7at 114 le 132

**ثانياً: المراجع الأجنبية:**

5. B. Barnatt, Christopher, 3D Printing: The Next Industrial Revolution, Explaining The Future, London, UK, 2013.

6. Srinivasan, Vivek, and Bassan, Jarrod, 3D Printing & the Future of Manufacturing, research of CSC Company, New York, USA, 2012.

7. Dobbs, Sara , & Hayward, David, the Ultimate Guide to 3D Printing, Dennis Publishing Ltd., London, UK, 2014.

**ثالثا: مواقع الانترنت:**

8. www.3dprintingindustry.com
date of entery 30/6/2020
9.https://whatis.techtarget.com/definition/CAD-CAM-computer-aided-design-computer-aided- manufacturing
date of entery 3/5/2020
10.https://www.steinbach-ag.de/en/technical-ceramics.html?gclid=Cj0KCQjw9b_4BRCMARIsADMUIyoQ4t-q240VP77uYuXks8iihk55A7NtTc5IT126JYVG_jRyOEJwBiYaApczEALw_wcB
date of entery 20/6/2020
11.https://www.pinterest.com/pin/298222806566183118/
date of entery 4/6/2020
12.https://www.pinterest.com/pin/423831014911698019/
date of entery 30/5/2020
13.https://medium.com/@liveroomlk/3d-printing-the-internal-process-and-development-988ae9b24a6b
date of entery 7/7/202