التكامل بين الطباعة ثلاثية الأبعاد والأستدامة فى العمارة والأثاث

Integration between 3D printing and sustainability in architecture and furniture

الباحثة/ سارة يحيى عبد العزيز جابر
مرشح للدكتوراه - كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان
Researcher. Sarah Yehia Abdelaziz Gaber
PhD Candidate - Faculty of Applied Arts, Helwan University
Aplied2009@hotmail.com

ملخص البحث:

أبدي الكثير من العلماء اهتماما واضحا بالطباعة ثلاثية الابعاد منذ الستينات من القرن الماضي ولكن الظهور الاول لهذه التقنية كان في الثمانينات, وتوالت بعدها الاختراعات و الابحاث, وصدرت العديد من براءات الاختراع واعتبرت الطباعة ثلاثية الابعاد هى الثورة الصناعية الثالثة بعد الميكنة والتجميع في القرنين التاسع عشر والعشرين لأنه يمكن إنتاجها بأي شكل بغض النظر عن مادة الإنتاج ، كما أنها سمحت بطباعة النماذج الخاصة بها دون الحاجة إلى مصانع. وكذلك تقدم الطباعة ثلاثية الابعاد عروض هائلة لتطبيقات الانتاج و تستخدم هذه التقنية في التصميم الصناعي ,العمارة ,الهندسة,الانشاءات,التصميم الداخلي,....)

تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية سريعة الظهور. في الوقت الحاضر ، وتستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد على نطاق واسع في العالم الأن تستخدم تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل متزايد فى إنتاج أي نوع من التصميمات في مجال الزراعة والرعاية الصحية وصناعة السيارات وصناعة القاطرات وصناعات الطيران. يمكن لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد طباعة طبقة منتج عن طريق ترسيب طبقة للمواد مباشرة من نموذج التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD)

وتتمثل فوائد الطباعة ثلاثية الابعاد في تقليل الوقت المطلوب في التصنيع ,تقليل تكاليف التصنيع ,امكانية تصنيع تصاميم معقدة ,غير أنها تقنية مستدامة و صديقة للبيئة يمكن أن تستخدم فى نشر الفكر المعمارى المستدام والتصميم الداخلى المستدام.

مشكلة البحث الحاجة إلى إستغلال أستدامة تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد وتطبيقها فى العمارة والتصميم الداخلي.

ومن ثم **يهدف هذا البحث** إلى دراسة توظيف الطباعة ثلاثية الابعاد في العمارة والتصميم الداخلى المستدام .

حدود البحث :

حدود مكانية : حالات دراسية لنماذج تم طباعتها بالطابعات ثلاثية الأبعاد عالميا.

منهجية البحث : المنهج الوصفى التحليلى.

الكلمات المفتاحية:

الاستدامة – الطباعة ثلاثية الأبعاد - التقنيات الحديثة – التكنولوجيا المتقدمة.

Abstract:

Many scientists showed a clear interest in 3D printing since the sixties of the last century, but the first appearance of this technology was in the eighties, and then inventions and research followed, and many patents were issued. 3D printing was considered the third industrial revolution after mechanization and assembly in the nineteenth and twentieth centuries. As it is possible to produce any shape and whatever the material intended for manufacturing, it also enabled people to print their own models without the need for factories, and 3D printing offers

huge offers for production applications and this technology is used in(industrial design, architecture, engineering, construction, interior design)

3D printing technology is a fast emerging technology. Nowadays, 3D printing is widely used in the world Now 3D printing technology is increasingly used in the production of any kind of designs in the field of agriculture, health care, automobile industry, locomotive industry and aerospace industries. 3D printing technology can print a product layer by layer deposition of materials directly from a computer-aided design (CAD) model.

The benefits of 3D printing are reduced manufacturing time, lower manufacturing costs, the ability to manufacture complex designs, also it is sustainable and environmental friendly technology could be used to publish sustainable architecture and sustainable interior design thoughts.

research problem

the need of using 3D printing and applying it in architecture and interior design.

Hence, this research aims to study the employment of 3D printing in interior design and furniture.

Research goal: studding how to apply 3D printing in sustainable architecture and interior design.

Research Methodology: Descriptive analytical method

Search limits:

Spatial limits: study examples for 3D printing models around the world.

Keywords:

3D printing - Sustainability - Modern Technologies- Advanced technology.

المصطلحات المستخدمة :

*الطباعة الحجرية المجسمة (SL) : Stereo lithography هي عملية طباعة صناعية ثلاثية الأبعاد تُستخدم لإنشاء نماذج معمارية، ونماذج مستحضرات التجميل - والنماذج الأولية السريعة للمنتجات ، والأجزاء المعقدة ذات الأشكال الهندسية المعقدة في غضون يوم واحد.

*الطباعة الحجرية المجسمة (SLA): Stereo lithography هي عملية طباعة صناعية ثلاثية الأبعاد تُستخدم لإنشاء نماذج المنتجات الأولية والنماذج المعمارية وهى تعتبر الأحدث والأكثر تطورا ودقة من SL

*طباعة الترسيب المنصهر (FDM) :Modelling Deposition Fused هي تقنية تُستخدم فيها طريقة البثق المصهور لوضع خيوط اللدائن الحرارية وفقًا لنمط معين من خلال رأس طباعة قادر على التحرك على طول اتجاهات X و Y فوق منصة التصميم.

*Acrylonitrile butadiene styrene (ABS): هو بوليمر لدن بالحرارة شائع يستخدم عادة في تطبيقات القولبة بالحقن. يحظى هذا البلاستيك الهندسي بشعبية نظرًا لتكلفة إنتاجه المنخفضة وسهولة تصنيع المواد بواسطة مصنعي البلاستيك. والأفضل من ذلك ، أن فوائده الطبيعية المتمثلة في القدرة على تحمل التكاليف والقدرة على التشغيل الآلي لا تعيق الخصائص المرغوبة للمادة.

* polylactic acid(PLA) : حمض polylactic مادة بلاستيكية نباتية ، والتي تستخدم عادة نشا الذرة أو قصب السكر كمادة خام. وعادة ما يصنع المونومر من نشا نبات مخمر، وهوعبارة عن بوليمر لدن بالحرارة قابل للتحلل الحيوي بالكامل يتكون من مواد خام متجددة.

*Wood-plastic composite(WPC): عبارة عن مواد مركبة مصنوعة من ألياف الخشب / دقيق الخشب والبلاستيك الحراري (البلاستيك) مثل البولي إيثيلين PEأو البولي بروبيلين PP،أو البولي فينيل كلوريد PVCأو حمض polylactic (PLA).

*Electron Beam Melting (EBM): يستخدم شعاعًا إلكترونيًا لدمج الجزيئات المعدنية وإنشاء ، طبقة تلو الأخرى وتمكن هذه العملية من إنشاء هياكل معقدة وشديدة المقاومة.

* Selective Deposition Lamination (SLD) : التصفيح الانتقائي للترسيب هو عملية طباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام الورق، تتضمن العملية طبقات من الورق المطلي باللاصق (أو رقائق بلاستيكية أو معدنية) يتم لصقها على التوالي مع بكرة ساخنة ومقطعة لتشكيل طبقة بعد طبقة قاطعة بالليزر.

*BIM Building Information Modeling : نمذجة معلومات البناء هي العملية الشاملة لإنشاء وإدارة المعلومات للأصل المبني. استنادًا إلى نموذج ذكي وممكّن من خلال منصة سحابية ، يدمج BIM بيانات منظمة ومتعددة التخصصات لإنتاج تمثيل رقمي للأصل عبر دورة حياته ، من التخطيط والتصميم إلى البناء والعمليات.

*Additive Manufacturing (AM) : التصنيع الإضافي هو اسم مناسب لوصف التقنيات التي تبني أجسام ثلاثية الأبعاد عن طريق إضافة طبقة فوق طبقة من المواد ، سواء كانت المادة بلاستيكية أو معدنية أو خرسانية أو ذات يوم ... نسيج بشري.

مقدمة :

كان لدى العديد من العلماء بما في ذلك Kodama و Hull و Carl Deckard اهتمام واضح بالطباعة ثلاثية الأبعاد منذ الستينيات ، لكن أول ظهور لهذه التقنية يعود إلى الثمانينيات ، عندما تم تسجيل براءة اختراع طابعة Charles Hull التى تعمل بنظام SLA تبع ذلك الاختراعات والبحوث ، وتم منح العديد من براءات الاختراع ، ورأى المتنبئ المستقبلي جيريمي ريفكين أن الطباعة ثلاثية الأبعاد هي الثورة الصناعية الثالثة بعد الميكنة والتجميع في القرنين التاسع عشر والعشرين لأنه كان من الممكن إنتاج أي شكل وشكل. لقد سمحت للأفراد بطباعة نماذج DIY دون الحاجة إلى أي مواد للإنتاج وكذلك المصانع تحت ما يسمى "افعل ذلك بنفسك" وتوفر الطباعة ثلاثية الأبعاد تطبيقات تصنيع ضخمة وتستخدم هذه التكنولوجيا في المجوهرات والأحذية والتصميم الصناعي. والهندسة والبناء والسيارات والفضاء وطب الأسنان والصناعات الطبية.

وتكمن **مشكلة البحث** فى الحاجة إلى إستغلال أستدامة تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد وتطبيقها فى العمارة والتصميم الداخلي.

ومن ثم **يهدف هذا البحث** إلى دراسة توظيف الطباعة ثلاثية الابعاد في العمارة والتصميم الداخلى المستدام .

حدود البحث :

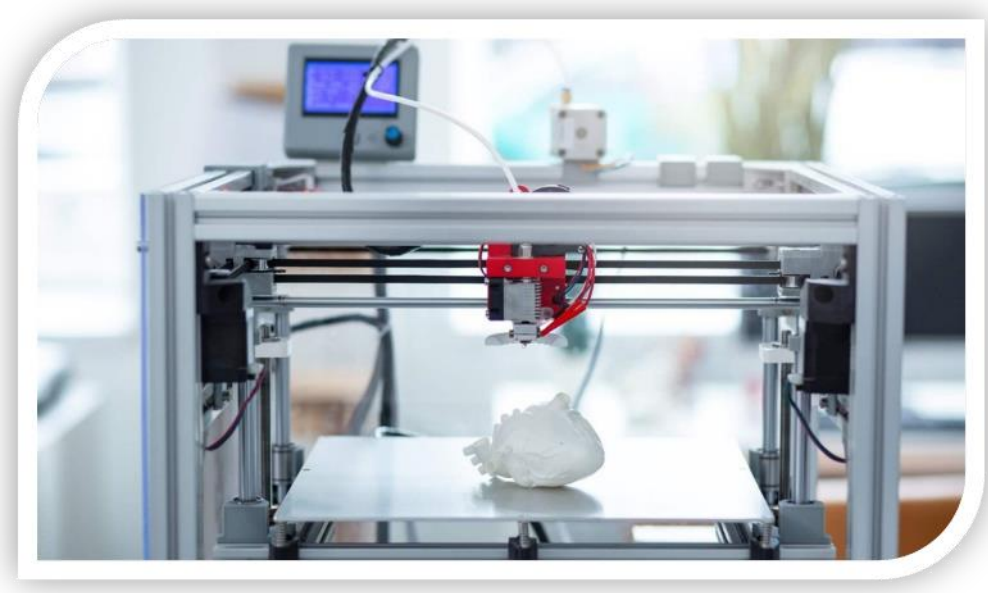
حدود مكانية : حالات دراسية لنماذج تم طباعتها بالطابعات ثلاثية الأبعاد عالميا.

منهجية البحث : المنهج الوصفى التحليلى.

١- تعريف الطباعة ثلاثية الأبعاد:

تعد الطباعة ثلاثية الأبعاد إحدى تقنيات الإنتاج التي يتم فيها إنتاج الأجزاء عن طريق تقسيم التصميمات ثلاثية الأبعاد إلى طبقات صغيرة جدًا باستخدام برامج الكمبيوتر، ثم تتم طباعة طبقة واحدة فوق الأخرى حتى يتم إنتاج الشكل النهائي في طابعات ثلاثية الأبعاد. يختلف هذا النظام عن نظامي النحت والقولبة، الذي يهدر أكثر من ٩٠٪ من المواد المستخدمة في الإنتاج ، والطابعات ثلاثية الأبعاد بشكل عام أسرع وأرخص وأسهل في الاستخدام من تقنيات التصنيع الأخرى. ويمكن صناعة أجزاء مختلفة الخواص الميكانيكية والفيزيائية ثم تجمبعها مع بعضها البعض وتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتقدمة ذات الطبقات تنتج نماذج تشبه إلى حد كبير شكل المنتج النموذجي ومظهره ووظيفته[١]

نقطة البداية لعمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تصميم نموذج رقمي ثلاثي الابعاد و التي يمكن القيام بها بواسطة العديد من البرمجيات للتصاميم ثلاثية الابعاد حيث في الصناعة تستخدم(CAD 3D) للمصنعين و المستهلكين و تتوفر العديد من البرامج سهلة الاستخدام و أيضا يمكن مسح الأشياء بأستخدام ماسحات ثلاثية الابعاد و تخزين معلومات النموذج بملف يمكن قرائته من قبل الطباعة ثلاثية الأبعاد بعد أجراء التعديلات أن لزم , و كذلك بأستخدام كاميرات تصوير أعتيادية و تحويلها الى اشكال ثلاثية الابعاد[٢].



صورة (١) توضح شكل الطابعة ثلاثية الأبعاد

٢- أنواع الطباعة ثلاثية الأبعاد:

هناك أكثر من نوع للطباعة ثلاثية الأبعاد مثل (SL,DLP,LASER MELTING,FDM) والأكثر انتشارا هما نوعان رئيسيان من الطباعة ثلاثية الأبعاد هما الصناعية المحلية أو الخفيفة ، وهما نمذجة الترسيب المنصهر(النفث) (FDM) والطباعة الحجرية المجسمة Stereo lithography (SL)، تستخدم الطابعات الصناعية الأثقل وزنًا برامج وتقنيات مملوكة لها والتي تكون عادةً أشكالًا أكثر تقدمًا من النفث أو SL مثل LASER MELTING [٣].

٢-١- الطباعة الحجرية المجسمة SL : (Stereo lithography)

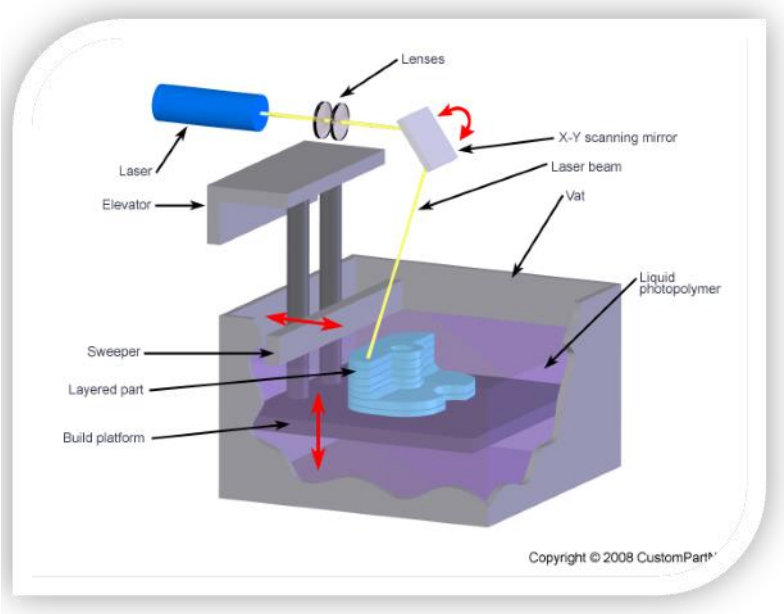
الطباعة الحجرية المجسمة (SL) هي إحدى الطرق العديدة المستخدمة لإنشاء عناصر مطبوعة ثلاثية الأبعاد، إنها العملية التي تقوم من خلالها آلة الطباعة ثلاثية الأبعاد المصممة بشكل فريد ، والتي تسمى جهاز الطباعة الحجرية المجسمة (SLA) بتحويل البلاستيك السائل إلى أجسام صلبة.

تم تسجيل براءة اختراع هذه العملية كنموذج أولى سريع في عام ١٩٨٦ من قبل تشارلز هال ، المؤسس المشارك لشركة 3D Systems Inc ، وهي شركة كبيرة في مجال الصناعة بالطابعات ثلاثية الأبعاد؛

صورة (٣،٢) توضح طريقة الطباعة بتقنية SL

و هذه العملية تعتمد فى الطباعة على الليزر و التي تعمل مع راتنجات البوليمير الضوئي و الذي يتفاعل بوجود الليزر و يتصلب بصورة دقيقة مكونة قطع ذات دقة و جودة عاليتين ، أنها عملية معقدة و لكن يمكن تبسيطها بوجود راتنج البوليمير الضوئي في حوض يحتوي على منصة متحركة ، يوجه شعاع الليزر بمحوري (س ، ص) (X, Y) خلال سطح الراتنج حسب المعلومات للشكل ثالثي االبعاد و يؤدي الى تصلب الراتنج و بالتحديد عند ضرب الليزر سطح حوض الراتنج و بصورة ادق على السطح الرقيق من الراتنج في الحوض , وعندما تنتهي الطبقة االولى تهبط المنصة في الحوض بأتجاه االسفل بشي قليل بأتجاه المحور) ز Z) لتكملة الطبقة التي تليها بواسطة شعاع الليزر حتى أكمال الشكل بالكامل و يمكن رفع المنصة فيما بعد من الحوض لفصل النموذج او الشكل المطبوع.

بسبب طبيعة عمل(SL) تحتاج بعض النماذج المطبوعة بهذه التقنية للدعم فى بعض الأجزاء و تحتاج فمثلا بعض الأجزاء تحتاج الى الازالة باليد و التنظيف و المعالجة بواسطة الة تشبه الفرن وأستخدام الضوء المكثف للتقوية من الراتنج ، وتعتبر تقنية (SL) من أدق العمليات للطباعة ثلاثية الأبعاد و تعطى سطح نهائى ممتاز رغم وجود بعض العوامل المحددة منها بعض الخطوات الأضافية للمعالجة المطلوبة بعد الطباعة و الحاجة الى أستقرارية المواد المطبوعة مع مرور الوقت و التي يمكن أن تكون هشة مع مرور الوقت.



شكل(١) توضح شرح طريقة عمل تقنية الطباعة الثلاثية SL Stereo lithography

٢-٢- طباعة الترسيب المنصهر FDM :

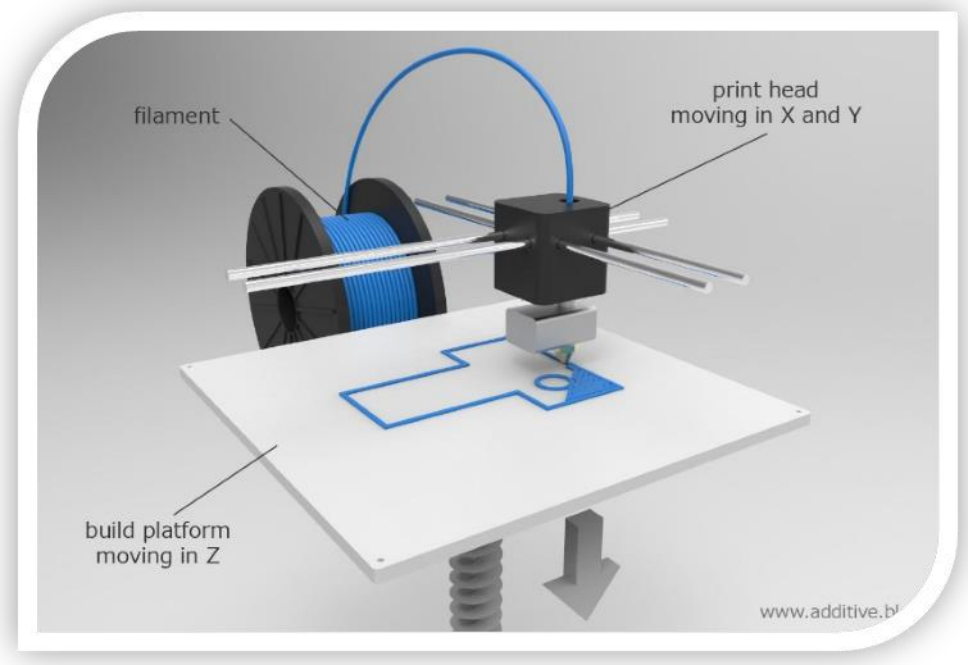
يعمل FDM مع الطارد (فوهة) والفتيل على بكرة متصلة بالماكينة ، وتقوم الآلة "بطباعة" كل طبقة بفوهة تشبه رأس الطباعة النافثة للحبر ، وقد يختلف سمك الطبقة اعتمادًا على دقة الجهاز. تعتبر العناصرالمطبوعة بطباعة FDM أكثر صلابة من المطبوعة بتقنية SL، ولكن هناك العديد من الاختلافات بين أجهزة FDM المختلفة.

في هذا النوع من الطباعة ثلاثية الأبعاد تُبثق مواد اللدائن الحرارية عادةً من خلال آلة بثق ، تُعرف عادةً باسم النمذجة المصهورة Modelling Deposition Fused (FDM) وهو الاسم التجاري المسجل لدى ستراتاسيس وهى الشركة الأم التى طورته، وتقنية(FDM) بدأت منذ أوئل عام ١١٩٩٠و أنتشرت بصورة واسعة بعد سنة ٢٠٠٩ بعد أطلاقها كشكل حر للتصنيع(Fabrication Form Free (FFF مثل أجهزة الريب راب(Rap Rep) و لكن بصورة محدودة لكون براءة الأختراع لحد الأن ملك لشركة ستراتس (Stratasys) .

صورة (٤) توضح شكل الطابعة بتقنية (FDM)

تبدأ عملية الطباعة بصهر الخيوط البلاستيكية ، والتي يتم وضعها في فوهة ساخنة تقوم بحقن طبقة مادة الطباعة بطبقة على منصة التصميم بفضل معلومات الشكل ثلاثية الأبعاد التي تم تجهيز الطابعة بها. ، حيث تتصلب كل طبقة وتجدد نفسها وتظهر خيوط بلاستيكية في الفوهة المودعة لضمان استمرارية الطباعة وفي النهاية تلتصق هذه الطبقات ببعضها البعض وتشكل العنصر المطبوع. شركة ستراتس(Stratasys) طورت مدى واسع من المواد والتي تملكها صناعيا لطابعاتها من(FDM) و التي تناسب انتاج بعض التطبيقات ، و لكن في مستوى الطابعات الموجودة في السوق حاليا هناك تحديد في المواد المستخدمة رغم النمو الذي يشهده هذا القطاع حيث ان المواد شائعة الأستخدام في هذا النوع من الطابعات هي أي بي أس (ABS)و بي إل أي (PLA)و المتوفرة بالسوق بأنواع و مصادر مختلفة[٦]

عمليات(FDM) تحتاج لدعم البنية أثناء الطباعة لتعليق الأشكال الهندسية للتطبيقات إن لزم و هذا يعتبر من احدى مساوئه ، على كل حال تتم تطوير و تحسين الطابعات من هذا النوع حاليا بوجود رأسين للنفث او اكثر بحيث يمكن أستخدام أكثر من لون و نوع من الشعيرات البالستيكية من أي بي أس(ABS) و بي إل أي (PLA)كذلك عمليات الطباعة قد تكون بطيئة لبعض أالجزاء الهندسية للشكل الذي يتم طباعته و قد يؤدي الى سيالنها بصورة قليلة و يمكن معالجتها فيما بعد بأستخدام القليل من الأسيتون.



شكل(٢) توضح طريقة عمل تقنية الطباعة الثلاثية FDM

٣- المواد المستخدمة فى الطباعة ثلاثية الأبعاد:

لقد قطعت المواد المستخدمة في الطابعات ثلاثية الأبعاد شوطًا طويلاً منذ الأيام الأولى لهذه التقنية ، واليوم هناك مجموعة واسعة من أنواع المواد المختلفة المتوفرة لحالات مختلفة (مسحوق , خيوط , حبيبات , راتنج , كريات) كذلك هناك مواد محددة يتم تطوريها لنوع محدد من الطباعة ثلاثية الأبعاد و التطبيقات خاصة (كمثال على ذلك في مجال طب الأسنان) مع خصائص للمواد تتناسب مع التطبيق المستخدم لأجله.

٣-١- مادة أي بي أس (ABS) :

أكريلونيتريل بوتادين ستايرين (ABS) كان هذا أول نوع من الخيوط يتم طرحه في السوق، عادة ما يكون أكثر صلابة من PLA ويعطي لمسة نهائية أكثر سلاسة أيضًا ، يجب تسخينها لاستخدامها في الطابعة ثلاثية الأبعاد[٧]

وهي مادة شائعة الأستخدام من البلاستيك تستخدم في الطباعة الثلاثية بشكل خيوط بالأخص في الطابعات الثالاثية الأبعاد ذات المستوى الأدنى و هي مادة قوية من البلاستيك و ذات الوان كثيرة و يمكن شرائها بصورة خيوط من العديد من المصنعين و لهذا السبب هي شائعة الأستخدام.

صورة (٥) توضح شكل مادة ال ABSالمستخدمة فى الطباعة الثلاثية

٣-٢- بي أيل أي (PLA) :

PLA (Polylactic acid) أصبح هذا النوع أكثر شيوعًا للطباعة ثلاثية الأبعاد، هناك ميزتان رئيسيتان هما أنه قابل للتحلل (لأنه مصنوع من نشا الذرة) ويمكن استخدامه بدون تسخين في طابعة ثلاثية الأبعاد، لذلك فإن العديد من الطابعات الأرخص تستخدم PLA فقط، ومع ذلك غالبًا ما تكون النهاية أكثر خشونة والعناصر المطبوعة أقل متانة من ABS[٨]

هي مواد التحلل البيولوجي للبالستيك و هذا يعطي اهمية كبيرة لها في مجال الطباعة ثالثية الأبعاد ، و يمكن أستخدامها بصورة راتنج في طريقتي الطباعة(SL) و (DLP) و كذلك على شكل خيوط لطريقة الطباعة (FDM) توجد الوان متعددة فيها و يمكن ان توجد بصورة شفافة و أثبتت أنه خيار مفيد في بعض التطبيقات للطباعة ثالثية الأبعاد ، و هي ليست متينة و مرنة مثل أي بي أسABS .

صورة (٦) توضح شكل مادة ال PLA المستخدمة فى الطباعة الثلاثية

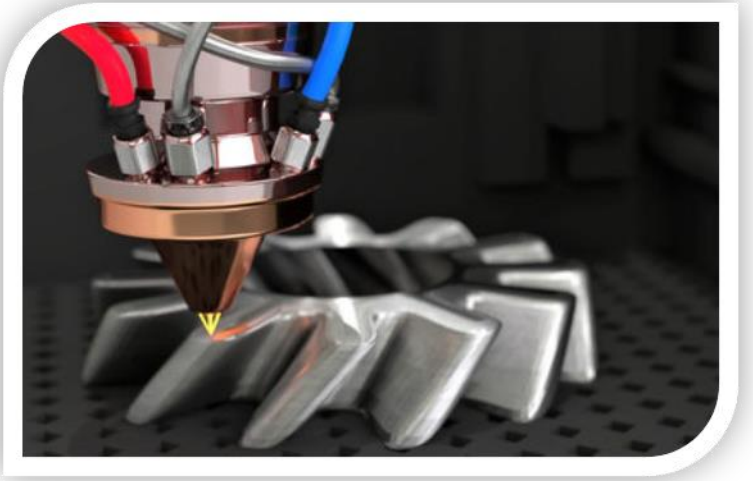
٣-٤- الخشب لى وود (LAY WOOD):

طورت هذه المادة بصورة خاصة كمواد للطابعات ثلاثية الأبعاد النافثة ذات المستوى الواطئ و تنتج بصورة خيوط و هي عبارة عن بوليمير الخشب المركب)و يشار اليها أيضا (دبليو بي سيWPC).

صورة (٨،٧) توضح شكل مادة
ال LAY WOOD وبعض نماذج المطبوعة بها

٣-٥- معادن (METAL) :

الكثير من المعادن والمعادن المركبة تستخدم كمواد للطباعة في الطابعات ثلاثية الأبعاد أثنتان منها أكثر شيوعا هما الألمنيوم و مشتقات الكوبلت، كذلك تستخدم مادة هي واحدة من أقوى و اكثر شيوعا في الطباعة ثلاثية الأبعاد وهو الفولاذ المقاوم للصدأ و يكون بصورة مسحوقة لاستخدامها في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد للتلبد و الأذابة و(EBM) و يكون لونها فضي و يمكن طلائها بمواد أخرى لأعطاء تأثير الذهب و البرونز، حاليا تتم أضافة الذهب و الفضة مع مواد معدنية كثيرة لأستخدامها في الطباعة ثلاثية االأبعاد مباشرة في تطبيقات صناعة المجوهرات؟ و هذان المعدنيين مواد قوية جدا و تتم معالجتها بصورة مسحوقة ، التيتانيوم واحدة من أقوى المعادن و هي كذلك تستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد في بعض الأحيان و تأتي فى شكل مسحوق و يمكن أستخدامها في عمليات EBM أو التلبد و الذوبان)



صورة (٩) توضح مادة المعدن اثناء الطباعة

٣-٦- السيراميك Ceramics

هو مادة أضيفت مؤخرا لمجموعة المواد المختلفة التى تستخدم فى عمليات الطباعة الثلاثية والذى أثبت نجاحه على عده مستويات، و هي تخضع الى نفس الظروف التي تحتاجها السيراميك بالطرق التقليدية لأنتاجه و التي تطلق عليها الحرق و التزجيج.

صورة (١٠) توضح مادة السيراميك اثناء الطباعة ونماذج بعد الطباعة

٣-٧- الورق(Paper) :

نوع الورق العادي (A4) عبارة عن مادة للطباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم فى طريقة الطباعة (SDL) لشركة MCOR Technologies ،وتتميز بسهولة الوصول اليها فهى متوفرة محليا وتكلفتها قليلة ، والنماذج ثلاثية الأبعاد المطبوعة بالورق صديقة للبيئة وآمنة تماما ، ويمكن إعادة تدويرها بسهولة[١].

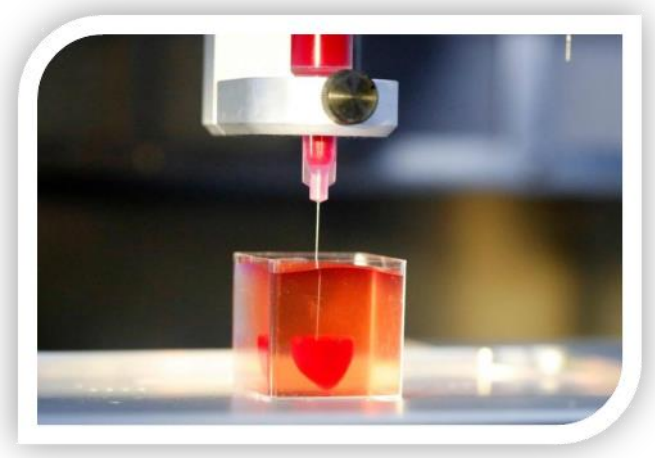
صورة (١١،١٢) توضح مادة الورق اثناء الطباعة ونماذج بعد الطباعة

٣-٨- المواد الحيوية (Material Bio):

يواكب الكثير من الأبحاث إمكانات الطباعة ثلاثية الأبعاد للمواد الحيوية في التطبيقات الطبية وغيرها ، حيث يتم إجراء البحث على الأنسجة الحية (Tissue Living) في العديد من المؤسسات الرائدة من أجل تطوير التطبيقات التي تشمل طباعة الأعضاء البشرية للزرع فضال عن أمكانية أستبدال الأنسجة الخارجية للجسم.

أحدث هذه التطورات هو تطوير "الحبر الحيوي" للمواد المطبوعة ثلاثية الأبعاد (D٣). يمكن لهذه التقنية يومًا ما أن تكون بمثابة أساسات لنمو الأنسجة البشرية لإصلاح أو استبدال الأنسجة التالفة في الجسم.

يشمل مصطلح "bioink" المواد التي تحاكي المصفوفة خارج الخلية لدعم التصاق الخلايا الحية وتكاثرها وتمايزها في بيئة ثلاثية الأبعاد. تميز Bioinks نفسها عن المواد الحيوية التقليدية مثل الهلاميات المائية وشبكات البوليمر والسقالات الرغوية نظرًا لقدرتها على أن تترسب بواسطة طابعة ثلاثية الأبعاد في هيكل محدد مسبقًا.[١٢]



صورة (١٣) توضح مادة ال Bio Ink أثناء التجارب للطباعة

٤-فوائد الطباعة ثلاثية الأبعاد٣:١

1- تقليل الوقت المطلوب فى التصنيع.

2- تقليل تكاليف التصنيع.

3- إمكانية تصنيع تصاميم معقدة.

4- تقنية مستدامة وصديقة للبيئة .

٥- إستخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد فى البناء:

في صناعة البناء ، يمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لإنشاء مكونات البناء أو "طباعة" المباني بأكملها. البناء مناسب تمامًا للطباعة ثلاثية الأبعاد حيث أن الكثير من المعلومات اللازمة لإنشاء عنصر سيكون موجودًا كنتيجة لعملية التصميم ، كما أن الصناعة لديها خبرة بالفعل في التصنيع بمساعدة الكمبيوتر. إن ظهور النمذجة لمعلومات البناء (BIM) قد سهل من إزدياد استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تجعل من الممكن بناء هياكل للعناصر المعقدة أو المخصصة بشكل أسرع وأكثر دقة ، مما يقلل من تكاليف العمالة وينتج نفايات أقل. ويمكنه أيضًا أن يُمكِّن من تنفيذ الإنشاءات في بيئات قاسية أو خطرة غير مناسبة للعمل البشري ، مثل: في الفضاء.١٤

منذ عدة سنوات تم استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد أو التصنيع الإضافي (AM) في قطاع التشييد بشكل أساسي لإنتاج العناصر الهيكلية والأجزاء الخاصة مثل ميزات الديكور الداخلي وتأثيرات الإضاءة والأثاث.

في السنوات الأخيرة ، رفعت شركات البناء والحكومات الوطنية من سقفها بمشاريع طموحة لطباعة ثلاثية الأبعاد لهياكل أكبر وأكبر. وتم تحديد الهدف لطباعة ثلاثية الأبعاد لمباني كاملة. تم وضع التحدي ولم يكن بإمكان الصناعة سوى انتظار ارتفاع المباني الأولى.

تم البدء في مشاريع الطباعة ثلاثية الأبعاد ، وقد تم الانتهاء منها الآن في بعض البلدان بالفعل كما هو موضح بالأمثلة التالية:

٥-١- أول مبنى مكتبى بدبى :

حيث افتتح فى أوائل ٢٠٢٠ وحصل على جائزة جينيس لأول مبنى مكتبى مطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد فى العالم ، تم بناء المبنى المؤلف من طابق واحد بمساحة ٢٥٠ مترًا مربعًا في ١٧ يومًا فقط باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد ومزيجًا خاصًا من الخرسانة - البلاستيك المقوى بالألياف والجبس المقوى بالألياف الزجاجية:[١٥]

كان طول الطابعة العملاقة ١٢٠ قدمًا وعرضها ٤٠ قدمًا وأرتفاعها ٢٠ قدما وعملت بمفردها تقريبًا ، حيث احتاجت إلى موظف واحد فقط للتأكد من أنها تعمل بشكل صحيح، وتألف باقي طاقم البناء المكون من ١٨ شخصًا من عمال التركيب والكهربائيين والمهندسين الميكانيكيين الذين أكملوا المشروع مقابل ١٤٠ ألف دولار فقط من تكاليف البناء والعمالة ، أي حوالي نصف سعر هيكل مشابه تم بناؤه باستخدام الطرق التقليدية، ومن المقرر أن يكون للمبنى استخدام عملي كمقر مؤقت لمؤسسة دبي للمستقبل .[١٦]

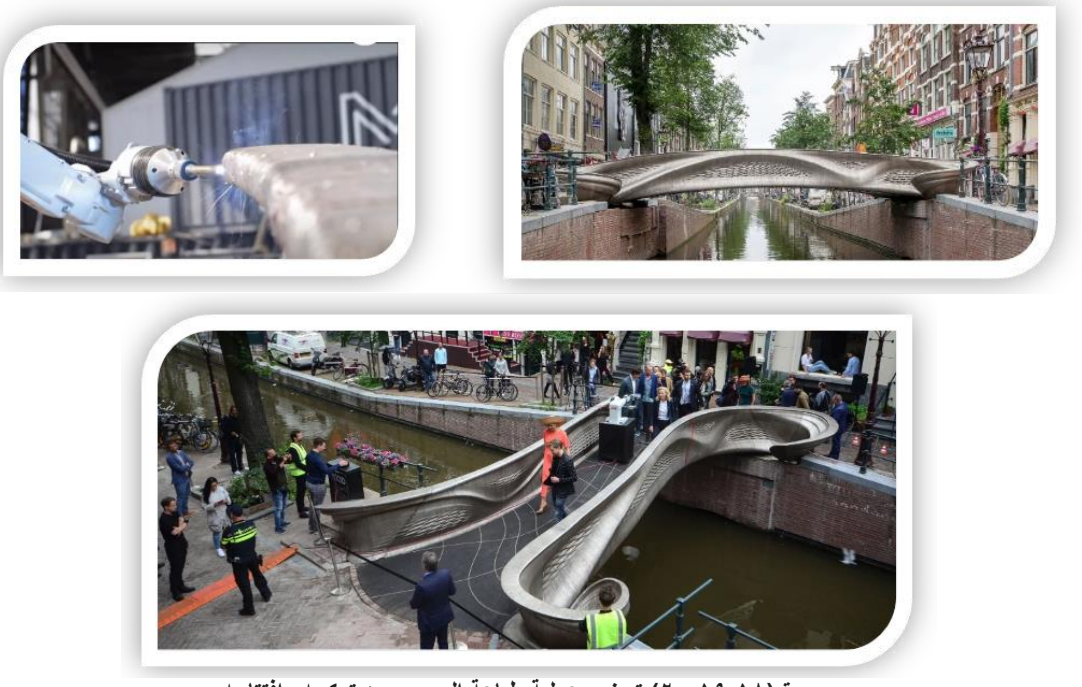
صورة (١٤،١٥) توضح نموذج المبنى الذى تم طباعته فى دبى

صورة (١٧،١٦) توضح المبنى المكتبى بدبى أثناء طباعته

٥-٢- جسر MX3D الذكى :

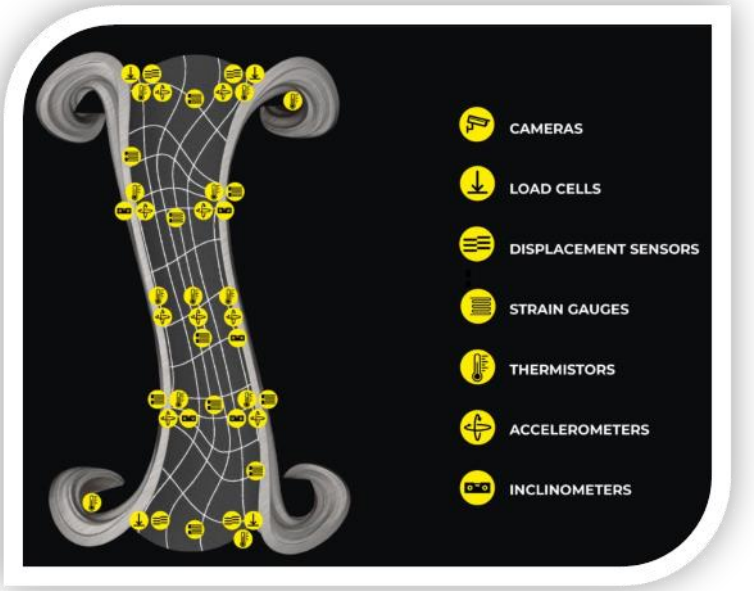
طبعت MX3D جسرًا من الفولاذ المقاوم للصدأ يعمل بكامل طاقته لعبور واحدة من أقدم وأشهر القنوات في وسط أمستردام ، وهي Oudezijds Achterburgwal وهذا الأسلوب الفريد يتيح فرصة طباعة ثلاثية الأبعاد لهياكل قوية ومعقدة ورشيقة من المعدن. الهدف من مشروع MX3D Bridge هو عرض التطبيقات المحتملة لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد متعددة المحاور وتم تصميم الجسر من قبل Joris Laarman Lab .

يبلغ طول الجسر ١٢ مترا وعرضه ٦ أمتار. تمت طباعته بواسطة أربعة روبوتات واستغرق طباعته ستة أشهر. استخدم نحو ٤٥٠٠ كجم من الفولاذ المقاوم للصدأ و ١١٠٠ كجم من الأسلاك تم وضعه في وسط مدينة أمستردام القديمة في عام ٢٠٢١ وفاز بجائزة التصميم الألمانية في عام ٢٠١٨، لقد تم التعاون مع علماء الرياضيات ومتخصصى إنترنت الأشياء لتطوير أجهزة أستشعار ذكية لتكوين شبكة لمراقبة صحة الجسر فى الوقت الفعلى وذلك يوكن مثال رائع للهندسة المتحورة حول البيانات [١٧]



صورة (٢٠،١٩،١٨) توضح عملية طباعة الجسر وبعد تركيبه وافتتاحه

ويشمل فريق عمل المشروع معهد آلان تورينج المسؤول عن تصميم وتركيب شبكة استشعار الجسر والتى ستجمع القياسات الهيكلية مثل الإجهاد والإزاحة والإهتزاز، وستقيس العوامل البيئية مثل جودة الهواء ودرجة الحرارة مما يتيح للمهندسين قياس صحة الجسر فى الوقت الفعلى ومراقبة كيفية تغيره على مدار الزمن، وستسمح أيضا هذه البيانات بتعليم الجسر فهم ما يحدث عليه وعدد الأشخاص الذين يعبرونه ومدى السرعة.[١٨]



صورة (٢١) توضح أماكن وأنواع المستشعرات الموضوعة بالجسر مثل
(الكاميرات ، خلايا التحمل، مستشعرات الإزاحة مقاييس الضغط، الثرموستات ، التسارع ، الميل)

صورة (٢٢) أثناء تركيب الجسر النهائى وتجربة المستشعرات

صورة (٢٣) أثناء أختبار الأحمال للجسر

٥-٣- أول مبنى سكنى متعدد الأدوار وفيلا ١١٠٠ متر بالعالم :

يعد المنزل المطبوع ثلاثي الأبعاد إنجازًا يفكر فيه العديد من المهندسين المعماريين والمصممين على الأقل منذ بضع سنوات حتى الآن. لقد رأينا العديد من الشركات وكذلك الأفراد يقفزون إلى الفضاء مؤخرًا ، بمفاهيم التصميم التي تأخذ البناء إلى المنزل بطريقة منفردة فى القرن الحادي والعشرين، وعلى الرغم من أن الصين تتخلف عن الولايات المتحدة وأوروبا من حيث الطباعة ثلاثية الأبعاد للمستهلكين والمصنعين ، فيبدو أن إحدى الشركات التي تتخذ من دولة الصين مقراً لها وهي شركة عالمية رائدة في الطباعة ثلاثية الأبعاد للهياكل الكبيرة مثل المنازل.

فى شهر أبريل من العام الماضي ، كشفت شركة WinSun للهندسة التصميمية ومقرها شنغهاي ، ما كان يعتقد الكثيرون أنه خدعة في البداية بأن ١٠ منازل تم طباعتها بالكامل تقريبًا بتقنية ثلاثية الأبعاد فى ٢٤ساعة باستخدام مادة خرسانية معاد تدويرها. لقد تمكنوا من الطباعة ثلاثية الأبعاد لمبنى سكني بأكمله ، يتكون من ٦ طوابق ، بالإضافة إلى منزل مثير للإعجاب ، والذي لا يبدو بالتأكيد أنه مطبوع ثلاثي الأبعاد بأي وسيلة. تم الكشف عن هذه الهياكل في حديقة سوتشو الصناعية بمقاطعة جيانغسو بشرق الصين ، ويتميز المبنى السكني وحده بهيكل تبلغ مساحته حوالي ١١٠٠ متر مربع مع كامل العناصر الزخرفية من الداخل والخارج.

وتم طباعة المبانى بمجموعة الطابعات طورها Ma Yihe ، يبلغ ارتفاعها ٦,٦ مترًا وعرضها ١٠ أمتار وطولها ٤٠ مترًا (٢٠ × ٣٣ × ١٣٢ قدمًا)[١٩]

صورة (٢٤) توضح الفيلا التى شيدت على مساحة ١١٠٠ متر مربع

صورة (٢٥) توضح المبنى السكنى المتعدد الأدوار

وخامة الطباعة تتضمن نفايات البناء مثل الألياف الزجاجية والخرسانة والرمل وعامل تصليب خاص ، وتعتبر هذه الطريقة جيدة لإعادة تدوير مواد البناء العامة - ناهيك عن أنها مرنة وعازلة ذاتيًا ومقاومة للزلازل القوية. تم تصنيع الجدران والمكونات الأخرى للهيكل خارج الموقع قطريًا ثم تم شحنها وتم بعد ذلك تجميع الهياكل في الموقع ، مع استكمالها بالتعزيزات الفولاذية والعزل من أجل الامتثال لمعايير البناء الرسمية، فقامت الشركة بوضع أعمدة كمر حديدية وحديد التسليح داخل الجدران ، إلى جانب العزل ، وتوفير مساحة لخطوط الأنابيب والنوافذ والأبواب.

هذه الطريقة قادرة على توفير ٦٠ في المائة من المواد اللازمة عادة لبناء منزل ، ويمكن طباعتها في فترة زمنية تعادل ٣٠ في المائة فقط من البناء التقليدي. في المجموع ، والعمالة أقل بنسبة ٨٠ في المائة ، مما يعني إنشاءات ميسورة التكلفة وتقليل مخاطر إصابة العمالة:[٢]

صور (٢٦: ٣٠) توضح تفاصيل البناء للفيلا والمبنى المتعدد الطوابق قبل التشطيب النهائى

٦-إستخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد فى التصميم الداخلى:

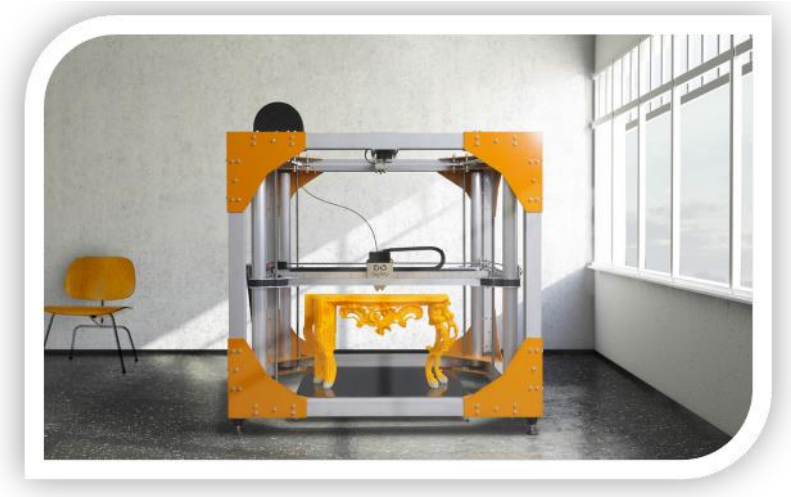
تعد عملية التصميم جزءًا من أعمال الأثاث التي تتطلب عادةً وقتًا كبيرًا واستثمارًا ماليًا. يجب عمل النماذج الأولية واختبار النماذج وإعادة تصنيع القطع للوصول إلى المنتج النهائي. تعمل الطباعة ثلاثية الأبعاد على تبسيط وتبسيط وتقليل تكلفة تصميم الأثاث. فتتيح القدرة على إنشاء نماذج أولية للأثاث خفيف الوزن بسرعة وبتكلفة بسيطة مع الطباعة ثلاثية الأبعاد وتجعل المصممين يتمكنوا من اختبار إبداعاتهم بشكل شمولى أكثر وإظهار الميزات المفيدة في المنتج النهائي.

تعاونت شركة التصميم البريطانية Cohda مع طابعة ثلاثية الأبعاد Freedom of Creative لإنتاج مجموعة Binary Furniture Collection. تم تصميمه ليشبه التصاميم التي صممتها مدرسة قديمة للسبيروجراف ، والقدرة على الرسم الإلكتروني ثم طباعة كل قطعة جعلت المجموعة في متناول الشركة وعملائها.[٢١]

بالإضافة إلى وجود مجموعة واسعة من التصميمات للاختيار من بينها والقدرة على الحصول بسهولة على قطع مخصصة ، فإن الأثاث المطبوع ثلاثي الأبعاد أسهل على المحفظة من الأثاث المصنوع تقليديًا. في حين أن الجدول المخصص سيكلف آلاف الدولارات ، فإن الجدول المطبوع سيكلف بضع مئات ، من الأسرع بكثير الحصول على الأثاث في متناول اليد أيضًا، يمكن للمصمم Dirk Vander Kooij إنشاء أثاث باستخدام طابعته ثلاثية الأبعاد ، التي يطلق عليها اسم Furoc ، في غضون ثلاث ساعات، هذا أسرع بكثير من الوقت الذي يستغرقه صنع أثاث غير مطبوع ، وحتى ٤٠ مرة أسرع من معظم الطابعات ثلاثية الأبعاد.

ستغير هذه السرعة عملية شراء الأثاث مع اهتمام المستهلكين. في المستقبل القريب ، سيتمكن العملاء من السفر بالقرب من منازلهم لطباعة ثلاثية الأبعاد على الفور للكراسي والطاولات والأثاث. تخيل أن تكون قادرًا على عرض قطعة أثاث عبر الإنترنت وطباعتها والحصول عليها في نفس اليوم - وهو احتمال حقيقي للغاية يتوقعه المشترون وتجار التجزئة خلال سنوات من الآن.انخفاض تكاليف الإنتاج ، وإمكانيات التصميم التي لا نهاية لها ، وإسعاد المستهلكين - فلا عجب في أن الطباعة ثلاثية الأبعاد تأخذ صناعة الأثاث عن طريق العاصفة.[٢٢]

صورة (٣١) نموذج لكرسى تم طباعته بالطابعة الثلاثية



صورة (٣٢) نموذج لمنضدة أثناء الطباعة الثلاثية

صورة (٣٣) نموذج لوحدات إضاءة تمت طباعته

صورة (٣٤) نموذج لكرسى يتم طباعته بالطابعة الثلاثية

٧-النتائج :

1. تقدم الطباعة ثلاثية الأبعاد ميزة هامة فى توفير الوقت المطلوب لتنفيذ المشاريع فتقلل الوقت الفعلى لأى مشروع الى الثلث تقريبا وذلك سيؤثر فى الجداول الزمنية للمشاريع ومعدلات التنفيذ والتكاليف.
2. صناعة الأثاث عنصر قوى وهام فى مصر ولكنه يحتاج الى الوقت والجودة ولكن بالطباعة ثلاثية الأبعاد يمكن أن يقوم الشخص بفرش منزله بالكامل خلال يومين.
3. يمكن إستخدمها فى صناعة المنشأت الخفيفة والمؤقتة مثل(الأكشاك الصغيرة/ ومحطات الأتوبيس/ المعارض المؤقتة...) والتى يمكن أن تصمم على أساس أن تكون قابلة للفك والتركيب وإستخدامها فى اماكن أخرى.
4. تسمح الطباعة ثلاثية الأبعاد للإنشاءات ببناء أكثر دقة للعناصر المعقدة أو المخصصة بالإضافة إلى خفض تكاليف العمالة وإنتاج نفايات أقل وذلك يؤكد على إستدامة التقنية.
5. أن كل مايصنع بالطابعات الثلاثية الأبعاد يصنع وينتج بإستخدام خامات مستدامة او بالخامات المعاد تدويرها أو خامات يمكننا إعادة تدويرها بعد الإنتهاء من العمر الإفتراضى للمبنى أو قطعة الأثاث.
6. تعتبر تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد والأستدامة مكملان لبعضهما البعض فهذه التقنية تحقق الكثير من متطلبات الأستدامة والحفاظ على البيئة وصحة المستخدمين، فدراسة النماذج أثبتت مدى فعالية توظيف التقنية فى العمارة والتصميم الداخلى المستدام.

٨- التوصيات :

1- تحتاج الدولة أن توجه أنظارها الى هذه التقنية الحديثة لتحقيق أقصى أستفادة منها فى البناء والتصميم الداخلى وخاصة التصميم المستدام.

2- يجب أن تقوم الدولة بالتوسع فى تصنيع وصيانه ماكينات الطباعة ثلاثية الأبعاد بكافة أنواعها وأحجامها لتزيد من إنتشار هذه التقنية.

3- يجب العمل على خلق كوادر بسوق العمل عن طريق البدء فى تدريسها فى أقسام الكليات الهندسية المختلفة لتعمل على سهولة إنتشار هذه التقنية.

4- تتجه الحكومة حاليا فى بناء أكشاك الخدمات الحكومية السريعة مثل البريد وهنا أوصى بإستخدام تقنية الطباعة الثلاثية فى صناعة هذه الأكشاك وكل ما هو منشأت خفيفة ومؤقتة.

5- يجب أن يكون للحكومة استراتيجية وخطوات واضحة للبدء بمشروع مطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد فى المجتمعات السكنية الجديدة مثل العاصمة الإدارية أو مدينة العالمين وذلك لإثبات مدى فعالية مشروع رؤية مصر ٢٠٣٠.

٩-المراجع :

1. www.ar.wikipedia.org (5/7/2022)
2. www.entrepreneurhandbook.co.uk (20/7/2022)
3. www.medium.com (17/7/2022)
4. www.metaltechnews.com (17/7/2022)
5. www.3dprinterchat.com (25/7/2022)
6. www.namthaja.com (10/7/2022)

7. www.designingbuildings.co.uk (10/7/2022)
8. www.worldconstructionnetwork.com (10/7/2022)
9. www.architizer.com (22/7/2022)
10. www.cnet.com (3/8/2022)
11. https://3dprint.com/38144/3d-printed-apartment-building/ (3/8/2022)
12. www.smartbridgeamsterdam.com/ (23/7/2022)
13. www.mx3d.com (16/7/2022)
14. N.ShahrubudinaT.C.LeeaR.Ramlana, An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications, (SMPM 2019)
15. XiaoyuBi,RunzhouHuang 3D printing of natural fiber and composites: A state-of-the-art review, October 2022
16. QiaoleiLi, Manufacturing of ceramic cores: From hot injection to 3D printing, July 2022
17. الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ترجمة على عبد الحكيم ، ٢٠١٥

---

[١] www.ar.wikipedia.org
[٢] الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ترجمة على عبد الحكيم ،٢٠١٥
[٣] www.entrepreneurhandbook.co.uk
[٤] www.medium.com
[٥] الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ترجمة على عبد الحكيم ،٢٠١٥
[٦] الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ترجمة على عبد الحكيم ،٢٠١٥
[٧] www.entrepreneurhandbook.co.uk
[٨] www.entrepreneurhandbook.co.uk
[٩] www.metaltechnews.com
[١٠] الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ترجمة على عبد الحكيم ،٢٠١٥
[١١] الطباعة ثلاثية الأبعاد ، ترجمة على عبد الحكيم ،٢٠١٥
[١٢] www.3dprinterchat.com
[١٣] www.namthaja.com
[١٤] www.designingbuildings.co.uk
[١٥] www.mediaoffice.ae
[١٦] www.worldconstructionnetwork.com
[١٧] www.mx3d.com
[١٨] www.smartbridgeamsterdam.com/
[١٩] https://3dprint.com/38144/3d-printed-apartment-building/
[٢٠] www.cnet.com
[٢١] www.architizer.com
[٢٢] www.architizer.com