أقمشة ملابس السيدات المطبوعة ثلاثية الأبعاد
3D Printed Ladies Clothes Fabrics

أ.م.د/ چيهان محمد الجمل
أستاذ مساعد _كلية الفنون التطبيقية_ جامعة دمياط

ملخص البحث Abstract:
ان تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ذات امكانات هائلة لانتاج أقمشة وملابس ذات خصائص مختلفة مقارنة بالأقمشة التقليدية المنسوجة كالقطن والكتان...الخ، وهذه الخصائص ثابته فى كل جزء من أجزاء القماش المطبوع بهذه التقنية حيث يمكن طباعة المنسوجات مع التدرج فى خصائصها من حيث ملائمتها لكينماتيكا الجسم أو اعطاء الدفء وكذا شكل وحجم ولون وملمس الوحدات الزخرفية المكون منها القماش....الخ. ويهدف البحث الحالى الى التعرف على أحدث تقنيات طباعة المنسوجات ثلاثية ورباعية الأبعاد والخامات المستخدمة فيها ومراحل تنفيذها مع توضيح أثرها على الفكر التصميمى لأقمشة السيدات المطبوعة. تتحدد مشكلة البحث فى السؤال كيف يمكن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد فى تنفيذ تصميم مطبوع لأقمشة السيدات بأقل جهد ووقت وتكلفة للانتاج وبمواصفات قياسية ؟ يعتمد البحث على المنهج الوصفى والتحليلى فى وصف وتحليل طريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال جمع البيانات والمواصفات والمميزات والعيوب المختلفة الخاصة بهذه التقنية والخامات المستدامة وتوضيح كيفية استخدامها فى مجال طباعة المنسوجات

الكلمات الدالة Keywords:
الطباعة ثلاثية الأبعاد
3D Printing
أقمشة ملابس السيدات
Ladies Clothes Fabrics

Paper received 15th May 2016, accepted 29th June 2016 , published 1st of July 2016

مقدمة Introduction:
تعد تقنيات طباعة المنسوجات أحد الركائز الأساسية للفكر التصميمى والذى يتوقف عليه تغير الثوابت والبديهيات لأفكار المصمم الطباعى، الأمر الذى يثرى التصميم بأفكار جديدة ومبتكرة، تساهم فى تحقيق أهداف العملية التصميمية الى حد يمكن معه اتخاذ اتجاه مغاير لما هو سائد من أفكار وقوانين تمكنه من البقاء لفترة من الزمن حتى يحتل فكر أخر أكثر تطورا أو اختلافا مكانه، ولأن تأثير التكنولوجيا تغلغل فى كافة المجالات الحياتية بوجه عام ومجال طباعة أقمشة السيدات بوجه خاص_ بوصفها نصف المجتمع والتى تبحث دائما عن كل جديد ومبتكر ومواكب للموضة _ فأصبح جليا تأثير التكنولوجيا فى تصميم أقمشة السيدات المطبوعة ثلاثية الأبعاد من حيث الخامة والتقنيات المستخدمة والجماليات الخاصة بها، بل الى ما يتعدى هذه الحدود بكثير.
ان تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ذات امكانات هائلة لانتاج أقمشة وملابس ذات خصائص مختلفة مقارنة بالأقمشة التقليدية المنسوجة كالقطن والكتان...الخ، وهذه الخصائص ثابته فى كل جزء من أجزاء القماش المطبوع بهذه التقنية حيث يمكن طباعة المنسوجات مع التدرج فى خصائصها من حيث ملائمتها لكينماتيكا الجسم أو اعطاء الدفء وكذا شكل وحجم ولون وملمس الوحدات الزخرفية المكون منها القماش....الخ. ويهدف البحث الحالى الى التعرف على أحدث تقنيات طباعة المنسوجات ثلاثية ورباعية الأبعاد والخامات المستخدمة فيها ومراحل تنفيذها مع توضيح أثرها على الفكر التصميمى لأقمشة السيدات المطبوعة (1).

خلفية البحث Background :
ان الطباعة ثلاثية الأبعاد بوجه عام هى تقنية ثورية تفتح الباب لأفاق ثورة صناعية جديدة فبعد أن كانت صناعة الاشياء والأدوات والألات أمرا يتطلب مهارات خاصة لا يمتلكها الا قلة محددة، أضحى بامكان ألالات الطباعة ثلاثية الأبعاد انتاجها بكفاءة أفضل وسرعة أكبر وفى مجال المنسوجات المطبوعة على وجه الخصوص أضحى من الممكن طباعة فستان تم تحديد سمك نسيجه وشكل زخارفه وارتباط جزيئاته وتصميم موديله (صيحاته) ولونه ووزنه وتكلفته وتنفيذه فى وقت قياسى _ عدة ساعات_ دون القيام بالمراحل التقليديه من حلج وغزل ونسج وصباغة وتجهيز وطباعة وقص وحياكة وتشطيب....الخ كل هذه العمليات التى تتطلب أيدى عاملة مدربه للوصول لنتائج معقوله نسبيا، أصبحت تنفذ بسرعة ودقة فائقة بل قياسية باستخدام هذه التقنية

مشكلة البحث Problem of Research :
تتحدد مشكلة البحث فى السؤال الأتى :
كيف يمكن استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد فى تنفيذ تصميم مطبوع لأقمشة السيدات بأقل جهد ووقت وتكلفة للانتاج وبمواصفات قياسية ؟

افتراضات البحث Research Assumptions:
1- ان التطور التكنولوجى فى مجال البرمجيات والألات له أثر كبير على مجال طباعة المنسوجات.
2- امكانية الحصول على منتج طباعى مطابق للمواصفات القياسية.
3- استخدام الخامات المستدامة فى صناعة المنسوجات المطبوعة ثلاثية الأبعاد ذو تكلفة أقل وأسرع وأكبر فى الانتاج.
4- يمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد فى انتاج ملابس السيدات المطبوعة مباشرة دون القيام بالعمليات المعتادة من حلج وغزل ونسج وحياكة وصباغة وتجهيز.....الخ.

أهداف البحث Purpose of research :
1- توضيح كيفية استخدام التكنولوجيا الحديثة فى تصميم المنسوجات المطبوعة ثلاثية ورباعية الأبعاد.
2- اختصار عدة مراحل لتنفيذ التصميم المطبوع ثلاثى الأبعاد.
3- ادارة مخلفات انتاج المنسوجات المطبوعة واعاده استخدامها مرة أخرى لتحقيق الاستدامة.

أهمية البحث Importance of Research:
1- امكانية انتاج ملابس مطبوعة طبقا للمواصفات القياسية العالمية.
2- سرعة وسهولة الانتاج الكمى للملابس المطبوعة ثلاثية الابعاد.
3- الخامات المستخدمة فى الانتاج صديقة للبيئة.
4- امكانية اعادة تدوير المخلفات الناتجه عن الانتاج.

حدود البحث Definitions of research:
يستعرض البحث نماذج تصميميه مختلفة لأقمشة السيدات المطبوعة ثلاثية الأبعاد فى الفترة من 2010 وحتى 2016.

منهجية البحث Research Methodology :
يعتمد البحث على المنهج الوصفى والتحليلى فى وصف وتحليل طريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال جمع البيانات والمواصفات والمميزات والعيوب المختلفة الخاصة بهذه

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

التقنية والخامات المستدامة وتوضيح كيفية استخدامها فى مجال طباعة المنسوجات

مصطلحات البحث :

الطباعة ثلاثية الابعاد 3D printing :

تتعدد طرق انتاج المنسوجات بوجه عام وخاصة المنسوجات المطبوعة حيث ارتبط مصطلح الطباعة فى أذهان الكثيرين بالمنتجات ذات البعدين (2D) وكذا تقنيات زخرفة الورق أو المنسوج أو حتى طباعة الصور الا أنه أضحى يرتبط باحدى طرق التشكيل وهى طريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد والتى ابتكرها ايما نويل ساكس Emanuel Sachs عام1993 والتى أخذت فى التطور منذ ذلك الحين من قبل عدة شركات مثل 3D Systems وStatasys و.Z Crop و (Ultimaker) بغية انتاج سريع ومرن لأجزاء النموذج الأول Prototype وكذا الأجزاء النهائية للمنتج مباشرة من النموذج المصمم على الحاسب الألى بمساعدة برنامج الأوتوكاد AutoCAD حيث أمكن انتاج أى جزء أو شكل هندسى بأى حجم وبعدة خامات مختلفة مثل الطينات الخزفية أو المعادن أو البوليمرات والعديد من المركبات الأخرى (1).

استطاع الباحثون أن يقوموا بطباعة هياكل ثلاثية الأبعاد متحركة قادرة على أن تغير شكلها مع مرور الوقت باستخدام تقنية الطباعة رباعية الأبعاد.ويذكر (دان رافيف) _ خبير علم الرياضيات في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا_انه يجرى تطوير الطباعة رباعية الأبعاد والتي تشمل نفس مواد الطباعة ثلاثية الأبعاد وصممت لكي تغير الشكل بعد طباعته. حيث تطبع أشكالاً مجسمة ثلاثية الأبعاد باستخدام مادتين مختلفتي الخصائص.مادة من البلاستيك الصلب التى تبقى كما هي بينما الأخرى ماصة للماء والتى يتضاعف حجمها عند غمرها بالماء.ويمكن أن تصمد لعدة دورات من البلل والتجفيف إلا أنه وبعد عددٍ معين من الدورات حوالي اثني عشر لفة من الطي وعدم الطي تفقد المواد قدرتها علي التشكل، ويحاول العلماء تطوير بعض المواد لتستجيب إلى عوامل أخرى غير المياه كالحرارة والضوء أو استخدام مواد قابلة للبرمجة. تتغير شكلاً ووظيفيةً بدون أي تدخل خارجي. وقادرة على التحول عند تعرضها لطاقة خارجية مما يؤدى الى تغيير شكل المجسم المطبوع باستخدامها، مضيفا أن قدرة المواد على تغيير هيكلها هو ما أدخل البعد الرابع إلى عملية الطباعة الثلاثية الأبعاد (3).

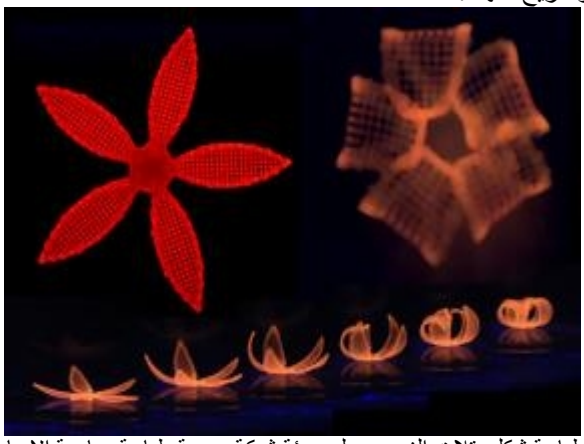
إن هذه المواد تكون قادرة على تغيير هيكلها بشكل يُمكن التنبؤ به للوصول إلى البنية النهائية المطلوبة للمُجسم المطبوع باستخدام تقنية الطباعة الرباعية الأبعاد، كما تجرى الابحاث على نسيج قماشي يستطيع تغيير شكله ليتحول إلى قبعة على سبيل المثال لدى تعرضه لقطرات المطر، حيث قام الباحثون بطبع شبكة مربعة الشكل بمقياس ثلاثة وثمانين سنتيمتراً مربعا. عندما وضعوا الشبكة بالماء وجدوا أن المادة الماصة للماء يمكنها أن تقوم بنفس عمل الوصلات حيث تتمدد وتطوي منتجة مدى واسع من الأشكال الهندسية المعقدة. هذا ويتوقع رافيف الملابس والأحذية التي سوف تؤدي دورها بشكلٍ أفضل عن طريق الاستشعار بالبيئة المحيطة والتكيف علي هذا الأساس (9).

الملابس :

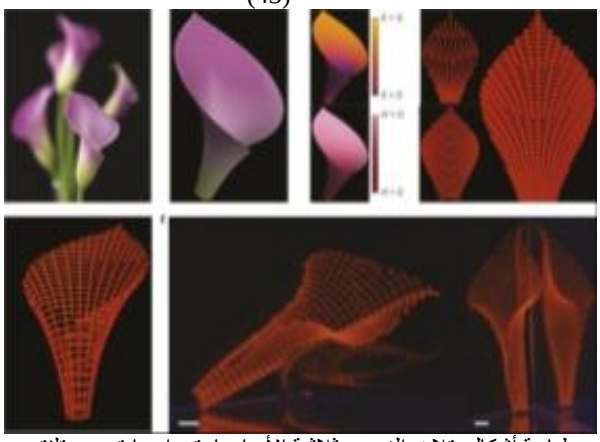
هى كل ما يلبس، فالأقمشة تحاك ثم تخاط، أو يتم تشكيلها إلى ملابس بطرق مختلفة وتشمل التنورات، والقمصان والسراويل، وملابس النساء التحتية، والمعاطف، والملابس القطنية الداخلية، والقفازات، والسترات الصوفية، وملابس السباحة، والجوارب...الخ (22).

القماش :

جاء في لسان العرب والقاموس المحيط أن القماش أصله من القَمْش وهو ما كان على وجه الأَرض من فُتاتِ الأَشياءوقُماشُ كل شيء وقُماشتُه:فُتاتُه. وهو بنية مسطحة تتكون من خيوط أو ألياف، وقد يتكون أيضًا من أصبغة وملونات ومواد كيميائية أيضًا.وهو مادة مسامية عادة. وقد تكون الخيوط مكونة من ألياف طبيعية أو صناعية أو مزيج منهما.



طباعة شكل بتلات الزهور على هيئة شبكة مربعة طباعة رباعية الابعاد وبوضعها بالماء تتمدد وتطوي منتجة مدى واسع من الأشكال الهندسية المعقدة (43)



طباعة أشكال بتلات الزهور ثلاثية الأبعاد باستخدام مادتين مختلفتي الخصائص فيتغير شكلها عند غمرها بالماء.(36)

تصنع الخيوط بغزل الألياف الطبيعية كالصوف والكتان والقطن والحرير أو من المواد المركبة صناعيًا ويطلق عليها الألياف الصناعية مثل النايلون والأكريليك وتصنع الخيوط على آلة الغزل لتصنيع حبل طويل. وتشير كلمة النسيج في الأصل إلى النسيج المنسوج، ولكنه الآن يشمل أيضا القماش المحيك، والنسيج المترابط باللصق (bonded fabric)، والنسيج الملبد (اللباد)، والمخمل والأقمشة غير المنسوجةويطلق اسم القُماش في لغة العوام على النسيج المنسوج باستخدام المِنسج، حيث تتعاشق مجموعتان من الخيوط المغزولة (خيوط السدى وخيوط اللحمة)، وقد يصنع المنسوج بأسلوب الحياكة، واللانسيج (8).

تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد :

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي أحد أشكال تكنولوجيا التصنيع بالاضافة، وطريقة لبناء أجزاء المنتج أوالنموذج الأول Prototype على هيئة طبقات Layers فهى تقوم بمحاكاة أي نموذج ثلاثي الأبعاد Form مجسم لتكوين صوره طبق الأصل منه والذى يمكن الحصول عليه من خلال بعض مواقع الويب أو بنسخ الأشياء الموجودة باستخدام ماسح ضوئى ثلاثى الابعاد أو رسمه باستخدام أحد برامج الرسم الرقمي مثل برنامج الأوتوكاد Auto Cad ثم يقسم التصميم الى رسوم محوسبة Algorithm Draw ليصبح كل شكل بيان رقمى تقوم الطابعة ثلاثية الأبعاد بطباعته مجسما، حيث يتم تكوين جسم ثلاثي الأبعاد بالمادة المحددة بدقة متناهية لكل طبقة (28)، ويتم بناء كل طبقة بنثر أو نفث مسحوق الخامة (Powder) بدقة تتراوح بين 400 ميكرون في الطابعات

البلاستيكية و25 ميكرون لطابعات الليزر أو الطابعات الضوئية فوق سطح طبقة أخرى تم اعدادها كأساس للشكل بوضع طبقات رقيقة متتالية من مادة ما فوق بعضها البعض ويتم بناء الطبقات بتقنية مشابهة لتلك المستخدمة فى الطباعة بالنفث الحبرى (Ink_Jet Printing) وتستخدم فى التقنية مواد رابطة Binders لربط حبيبات المادة وتشكيل المنتج ويقوم مكبس (Piston) بضغط طبقة المسحوق الأساسية (power bed) لتثبيتها ثم يرفع ويضغط الطبقة التالية التى سوف يتم نفثها ثم ربط حبيباتها بمواد رابطة ويتم تكرار هذه العملية عدة مرات حتى اكتمال الشكل المطلوب والذى يماثل المجسم الذي تم وضعه على الحاسوب. مع مراعاة أنه يتم نفث القطرات حسب الطلب حيث يقوم النافث Nozzle بتوزيع كميات منفصلة أومستمرة من من المواد الرابطة تترسب فوق طبقة من مسحوق المادة المستخدمة سواء أكانت مادة خزفية أومعدنية أوبوليمرات والتى تتحول الى قطاع رقيق من الشكل المطلوب ويتم تكرار النفث للخامة والمواد الرابطة عدة مرات حتى الحصول على الشكل المطلوب (34) وجدير بالاشارة أن أى خامة توجد فى صورة مسحوق (بودر Powder) يمكن تشكيلها بطريقة الطباعة ثلاثية الابعاد حيث يمكن نفثها من خلال رؤوس الطباعة المختلفة ويمكن التحكم فى تركيب الخامة وكذا الاماكن الملائمة لسقوط القطرات وذلك للحصول على ملامس محددة وكذا التركيب الجزيئى الداخلى للجزء المنتج، ثم يليها عملية المعالجة الحرارية ويتم فيها التخلص من المسحوق غير المرتبط (الفائض عن الاستخدام) وكذا المواد الرابطة الزائدة وهنا تبدأ عملية الحريق(Firing) أوالمعالجة الحرارية لدرجات تتعدى 1000 درجة مئوية حيث تحدث عملية التلبيد Sintering لاكساب الشكل صلابه ومتانه تلائم الاستخدام ويستخدم فيها نوعين من المواد الرابطة نوع يترابط مع الخامة المستخدمة _ المسحوق سواء معدن أو بوليمر _ والنوع الثانى لا يتفاعل مع الخامة ويتبخر أثناء عملية الحريق أو التلبيد(Finishing) **(4).**

ان تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تفتح الباب لثورة صناعية جديدة فهى توفر الوقت والجهد مقارنة بطرق الانتاج الأخرى كما تتيح القدرة على طباعة أجزاء متداخلة معقدة التركيب، ويمكن صناعة أجزاء من مواد مختلفة بمواصفات ميكانيكية وفيزيائية متنوعة ثم تركيبها مع بعضها البعض، والاشكال التى يتم انتاجها تكون ذات شكل وملمس ووظيفة النموذج الأول للمنتج. وفي السنوات الأخيرة، أصبح من الممكن تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد على مستوى المشروعات الصغيرة والمتوسطة، مما أدى الى انتقالها من الصناعات الثقيلة [29] إلى البيئة الداخلية حيث استخدمت فى انتاج أجزاء معقدة ورخيصة نسبيا ففى الطب أمكن استخدامها فى صناعة الحلى والأحذية والملابس والتصميم الصناعي والعمارة والهندسة والانشاءات والسيارات والطائرات والالعاب وفى مجال الطب استخدمت الأجزاء التعويضية بأسعار رخيصة نسبيا بحيث تكون أكثر مطابقة لاحتياجات المريض من حيث الشكل والمضمون[10] مثل إنتاج المفاصل والأطراف الصناعية وأطقم الأسنان، أما المتاحف الفنية قد استخدامت هذه التقنية فى انتاج نسخ طبق الأصل من التحف الأثرية للحفاظ عليها فى حالة التأكل أو السرقة أو انتاج نماذج مصغرة منها، كما أرسلت وكالة ناسا أحد صواريخها محملة بطابعة ثلاثية الأبعاد بحجم الميكروويف لصناعة واستبدال الأجزاء التالفة من المحطة وكذا تصنيع أجزاء من المركبات الفضائية مثل مكونات محركات الصواريخ للجيل القادم من مركبات الفضاء، وفى مجال صناعة الأسلحة استخدمتها منظمة غير ربحية يطلق عليها Defense Distrusted فى تصنيع مسدس يد أسمته The Liberetor أو المحرر، وفى مجال الصناعات الثقيلة أمكن استخدام هذه التقنية فى طباعة سيارة ثلاثية الأبعاد خلال 44 ساعة وقد أحدثت الطابعة ثلاثية الأبعاد ثورة فى مجال التعليم حيث أمكن انتاج خرائط مجسمة ونماذج لأعضاء الجسم، وكذا نماذج مجسمة للمركبات الكيميائية، ونماذج أولية لمشاريع الطلاب **(5).**

ويجدر الاشارة هنا الى مشروع Rep Rap Project وهو مبادرة لتطوير ألة الطباعة ثلاثية الأبعاد والذى يهدف الى طباعة الأجزاء المكونه للطابعة ثلاثية الأبعاد لصناعة آلة جديدة أو استبدال أحد أجزائها، أى أنها تصبح آلة تصنع نفسها بنفسها والتى تصنف ضمن الربوتات مفتوحة المصدر كما استخدمت هذه التقنية فى طباعة أنواع مختلفة من الطعام وبخاصة البيتزا والشيكولاته.و أمكن إنتاج النماذج الاختبارية للأدوات المختلفة والأجهزة المنزلية والهواتف الجوالة بسرعة عالية، قد وصل سعر الطابعة المنزلية الى 3000 جنيه مصرى فى عام 2016.

يد صناعية مطبوعة ثلاثية الأبعاد

تمثال أثري Venus أعيد طبعه بالطباعة ثلاثية الأبعاد

هيكل تشريحى تعليمى لجسم الانسان مطبوع ثلاثي الأبعاد

أذن صناعية مطبوعة ثلاثية الأبعاد

طابعة ثلاثية الأبعاد لطباعة واستبدال الأجزاء التالفة من المحطة الفضائية لوكالة ناسا

نموذج مصغر (تمثال) لشخص مطبوع ثلاثي الأبعاد

مشروع Rep Rap Project يعمل على طباعة الأجزاء المكونه للطابعة ثلاثية الأبعاد لصناعة آلة جديدة أو استبدال أحد أجزائها، أى أنها تصبح آلة تصنع نفسها بنفسها(32)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

رابطة عنق بطابعة ثلاثية الابعاد

كراسى ومنضدة مطبوع بطابعة ثلاثية الابعاد school of architecture _فبراير- 2016

استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد فى طباعة المنازل [33]

المسدس The Liberetor مطبوع ثلاثي الأبعاد

مميزات الطباعة ثلاثية الابعاد :

1- امكانية انتاج النموذج الأول Prototype بسهوله ويسر.
2- امكانية تعديل التصميم.
3- امكانية تحويل الشكل المجسم إلى بيانات قابلة للتشكيل الطبقي.
4- الجمع بين التصميم والتصنيع مباشرة.
5- امكانية نسخ أى تصميم باستخدام ماسح ضوئى رقمى ثلاثى الابعاد 3D Scanning للفستان المراد انتاجه.
6- سهوله الحصول على (أجزاء) كبيرة بارزة، ومتداخله ومعشقة بزاويه أقل من90 ° والتى يصعب أويستحيل الحصول عليها بالطرق التقليدية.
7- تخفض مراحل الانتاج وبالتالى تخفيض تكلفة الانتاج
8- امكانية انتاج أعقد التصميمات بمواصفات قياسية بنسبة تتعدى 99,5%.
9- المنتجات مصنعه من خامات صديقة للبيئة
10- تحسين جودة المنتج
11- وجود نظام استرجاع متكامل للخامة والمنتج.
12- زيادة معدل الانتاج.
13- امكانية اعادة استخدام الخام الراجعة (الفائض) مما يحقق التنمية المستدامة (30)، (31).

· برامج الطباعة ثلاثية الابعاد :

يوجد عدد من البرامج المجانية والمتاحة لعمل التصاميم ثلاثية الأبعاد على شبكة المعلومات الدولية_الأمر الذى يعمل على تطوير هذه التكنولوجية بشكل سريع _ويمكن استخدام أحد برامج النمذجة لعمل تصميم ثلاثى الأبعاد لفساتين السيدات المطبوعة مثل برنامج AutoCAD ويتم حفظ الملف بصيغة STL أو OBJ [2].

· طريقة تشغيل الطابعة ثلاثية الأبعاد :

ويمكن استنساخ التصميمات الطباعية للأقمشة المطبوعة بسهولة ويسر ولتشغيل الطابعة ثلاثية الأبعاد يجب توافر ملف CADللتصميم على الحاسوب للقطعة التي سيتم تصنيعها مع برنامج يحدد للطابعة كيفية نفث طبقات متتالية لانشاء مجسم للتصميم الموجود بالملف، يبدأ تشغيل الطابعة من خلال عمل تصميم للشكل المراد طباعته ببرنامج CAD باستخدام الحاسوب والذى يقوم بعمل نموذج ثلاثى الأبعاد للشكل كما يمكن عمل نسخة لأى شكل موجود فى الواقع باستخدام ماسح ضوئي ثلاثى الأبعاد للحصول على نسخة رقمية ثلاثية الأبعاد للشكل المراد تنفيذه.ثم تقوم أحد برامج النمذجة بتحويل الصورة الرقمية ثلاثية الأبعاد إلى مئات أو آلاف الطبقات الأفقية. عند تحميل ملف هذه الشرائح الى الطابعة ثلاثية الأبعاد تقرأ كل شريحة أو كل صورة بطريقة ثنائية الأبعاد وتبدأ الطابعة فى عملية بناء طبقة فوق طبقة حتى يتكون الشكل النهائى ثلاثي الأبعاد(32).

وجدير بالاشارة أن هناك اختلاف فى تكنولوجيات الطباعة الا أنها جميعا تعتمد على طريقة الاضافة لبناء طبقات وإنشاء الشكل النهائي. حيث تقوم بعضها على أسلوب تليين أو اذابة المواد لإنتاج الطبقات الا أن طريقة التلبد الانتقائية بالليزر (SLS) والنمذجة عن طريق الترسب وانصهار FDM هي التكنولوجيا الأكثر شيوعا للطباعة ثلاثية الأبعاد كما تستخدم طريقة معالجة الراتنج بصورة تفاعلية باستخدام أشعة الليزر فوق البنفسجية والتى سوف نوضحها تفصيلا فيما بعد.

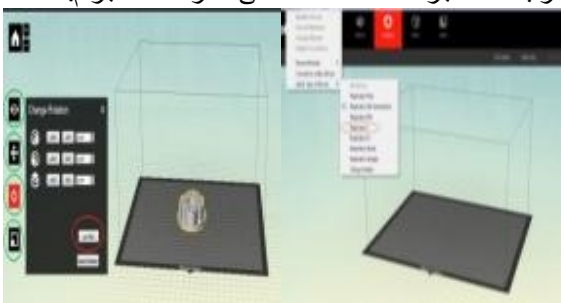
ان التحكم فى الطابعة ثلاثية الابعاد يتم من خلال الحاسوب بتحميل أحد برامج طباعة D3 مثل Make Ware أو Maker Bot Desktop والمتاح من خلال الرابط التالى [11] :

https://www. Maker Bot.com /desktop

بعد تحميل البرنامج نقوم باختيار الامر preper **فيظهر شكل محاكى لقاعدة الطابعة بنفس أبعادها ومن قائمة Devices نختار ← Replicator**

ثم نختار من قائمة Settings ← Raft
Support Checkbox
Infill ← 10 أو 15%
ومن قائمة Setting نختار ← Add File ثم نختار ملف التصميم المراد طباعته وتوجد به أربع أدوات للتحكم بالشكل :

1- View ← Change View لاختيار اتجاه رؤية التصميم.
2- Move ← من خلالها يمكنك تحريك التصميم من على قاعدة الطابعة وتثبيته فى المكان المناسب
3- Rotate باستخدامها يمكن لف التصميم أو عكسه 90 ° ° واختيار Lay Flat حتى نتأكد من اتزانه على قاعدة الطابعة وتفادى سقوطه أثناء طباعته وقبل الانتهاء منه.
4- Scale أداة الحجم من خلالها يمكن تكبير أو تصغير التصميم، والامرExport Print File من خلاله تظهر نافذة بها الوقت المستخدم فى التنفيذ وبالضغط على الأمر Print Preview تظهر نافذة بها محاكاة للتصميم المطبوع ومحدد بها الوقت المستغرق فى الطباعة وعدد الجرامات المستخدمة فى الطباعة والتى يمكن من خلالها حساب تكلفة الانتاج، بضرب عدد الجرامات المستخدمة فى سعر تكلفة الجرام.



صور توضيحية لكيفية انشاء قاعدة الشكل على الحاسب قبل الطباعة

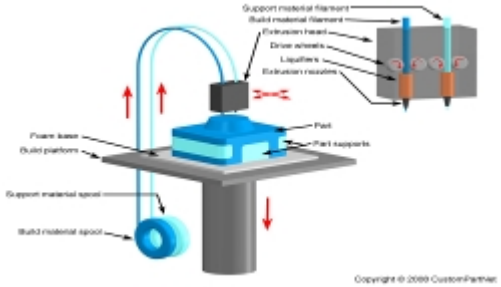
أنواع الطابعات ثلاثية الابعاد :

تتعدد طرق الطباعة ثلاثية الأبعاد ويمكن تقسيمها الى ثلاثة أنواع رئيسية من حيث الإستخدام وأوجه التطبيق كما يلى :

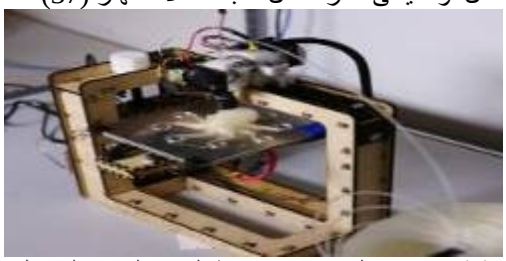
1. **طابعات الثيرموبلاستيك (طابعات الانصهار)** :

Fused Deposition Modelling(FDM)

تستخدم هذه الطابعات مواد بلاستيكية حرارية مصنعة من لب الذرة ومعالجة كيميائياً ، وتوجد على شكل خيوط رفيعة يتراوح سمكها بين 1.75 ملم أو 3 ملم والذى يعزى الى قطر سمك رأس الانصهار، حيث تنصهر هذه الخيوط عند ارتفاع درجة حرارتها فتذوب المادة البلاستيكية وتقوم الآلة برسم الطبقة الأولى على محورين أفقيين ثم الطبقة التي فوقها على المحور العمودي وهكذا حتى يكتمل تصنيع النموذج أو المجسم المراد تنفيذه من الأسفل إلى الأعلى (فكرة هذه الطابعة تشبه مسدس الشمع) على غرار أن الطابعة تتحرك آلياً على المحاور الثلاثة من خلال وحدة تحكم مركزية موصولة بجهاز الكمبيوتر**(7)** والتى توضحها الصور التالية



شكل توضيحى لفكرة عمل طابعات الانصهار (37)



طابعة ثيرموبلاستيك تستخدم خيوط البلاستيك فى التشكيل

تقنية الانصهار:

هي طريقة لعمل النماذج الأولية السريعة باستخدام خيوط البلاستيك أو الأسلاك المعدنية التي تستخدم على هيئة لفائف وتصل إلى فوهة النفث (البثق) والتى يتم تسخينها لإذابة الخيوط المراد نفثها فتتحول إلى تدفق خارجها بشكل أوتوماتيكي. وهى تتحرك بشكل منتظم في كلا الاتجاهين الأفقي والرأسي من خلال تحكم الطابعة فيها رقميا باستخدام مجموعة من برامج الحاسوب (CAM). وينتج الشكل بواسطة بثق المواد المذابة لتشكيل الطبقات والتى تتصلب فورا بعد نفثها من فوهة البثق. وتستخدم هذه التكنولوجيا على نطاق واسع مع اثنين من المواد الشائعة الاستخدام هى الخيوط البلاستيكية (Acrylonitrile Butadiene Styrene) ABS وعديد حمض اللبنيك Poly lactic acid _PLA والمصنوع من نشا الذرة، وتحتاج هذه التقنية لدعم البنية أثناء الطباعة وتم تطوير هذه النوعية من الطباعة بوجود فتحتين للنفث لاستخدام أكثرمن لون ونوع من شعيرات PLA وABS (13)، (42).

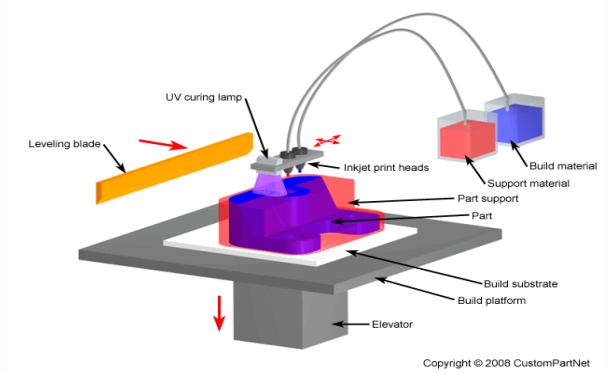
2- الطابعات نافثة المواد Material Jetting :

تتميز هذه النوعية من الطباعات باستخدام أنواع مختلفة من مواد النفث مختلفة الخصائص شديدة الدقة و**الصقل مثل مواد البلمرة الضوئية Photo polymerization والمادة الأساسية لهذا النوع من الطابعات تكون سائلة بدأ هذه العملية ماتسوبار ميتسوبيشى فى عام 1974 م، وتتمثل فى تصوير موضوع ما من زوايا** متساوية البعد وطباعتها باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد، بها حاوية ممتلئة بالراتنج السائل (البوليمر الحساس للضوء Photopolymer) والذى ينفث انتقائيا خلال الرأس النافث مع مادة داعمة للنفث فى ذات الوقت ويتصلب بتعريضه الى الضوء (الأشعة فوق البنفسجية) مع كل طبقة يتم ترسيبها فتحدث عملية البلمرة الأحادية وتتكرر هذه العملية عدة مرات حتى بناء الشكل تماما (38).

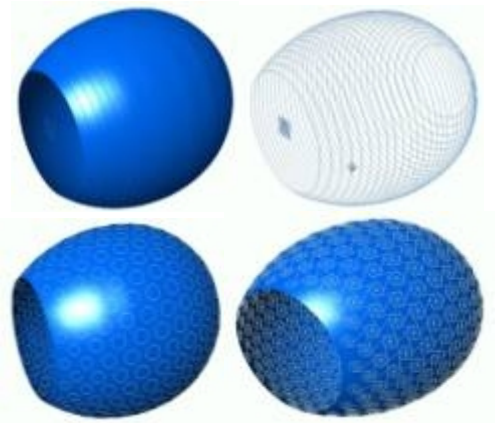
مواد النفث :

يتم تطبيق البوليمر الحساس للضوء على هيئة قطرات من خلال فوهة صغيرة القطر لقلم النفث والذى يطبق على قاعدة التشكيل طبقة فوق طبقة ثم يتصلب بواسطة الأشعة فوق البنفسجية.

الخيوط البلاستيكية PLA وABS المصنوعة من نشا الذرة



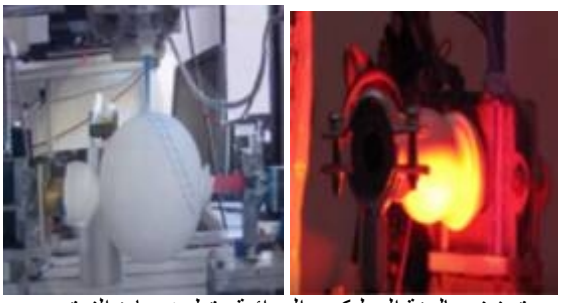
شكل يوضح فكرة عمل الطابعات النافثة للمواد



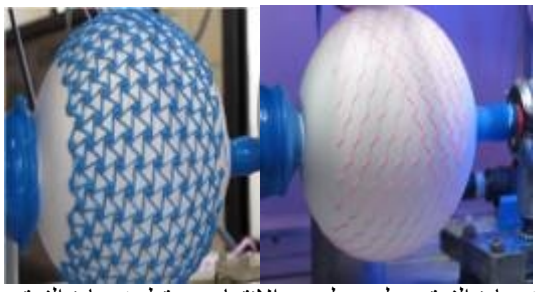
خطوات تصميم نموذج ثلاثى الأبعاد لنسيج مرن على قاعدة تشكيل كروية **للطابعات النافثة للمواد** على الحاسوب

عمل قاعدة تشكيل مطاطة (بالونة سيليكون) للنفث عليها وتشكيل نسيج مرن

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



تجفيف بالونة السيليكون الهوائية وتطبيق مادة الفوتو بوليمر عليها



تطبيق مادة الفوتو بوليمر على البالونة الهوائية فى اتجاهات عكسية وهى ممتلئة بالهواء باستخدام طابعات البلمرة الضوئية

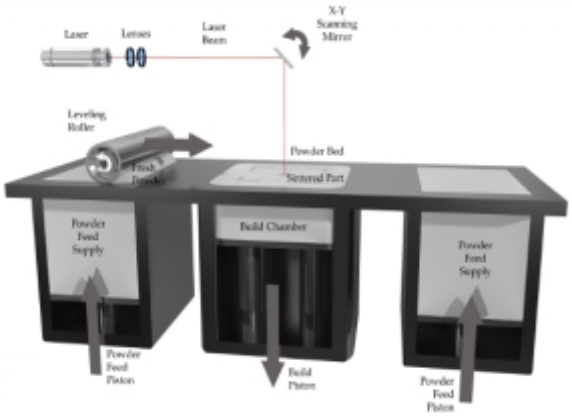
الانتهاء من تطبيق مادة الفوتو بوليمر قبل تعريضها للأشعة تحت الحمراء والتى تؤدى الى تصلبها

سحب الهواء من البالونة الهوائية فيصبح القماش المطبوع ذو مطاطية ومرونة عالية (44)

قماش مقلم مطبوع بطابعة ثلاثية الأبعاد ذو نسيج مرن

3- طابعات الليزر (التلبد بالليزر) laser Sintering :

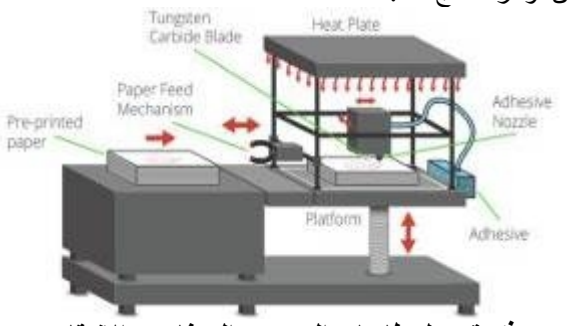
تستخدم هذه النوعية من الطابعات أشعة الليزر لدمج جزيئات المادة المستخدمة فى الطباعة سواء كانت من مسحوق البلاستيك أوالمعادن أو السيراميك أوالزجاج لتشكيل كتله ثلاثية الأبعاد وتستخدم في هذه التقنية نوعين من المواد الرابطة احداها تتفاعل وتترابط والثانية لا تتفاعل وتتبخر أثناء عملية الحريق (التلبيد). وتتم هذه العملية بتوجيه شعاع الليزر بشكل انتقائي على حوض من المواد المسحوقة والمضغوطة طبقا لبيانات النموذج المحدد ثلاثى الابعاد[16] وتبدأ الطباعة على محورين للطبقة الاولى من النموذج حيث يتفاعل الليزر مع سطح المسحوق فيتم التصاق جزيئاته مع بعضها البعض وتكوين جزء صلب من التصميم وبعد الانتهاء من الطبقة الاولى ينخفض حوض المسحوق وتمرر أسطوانه على سطح حوض المسحوق لملء الفراغ الذى حدث بسبب هبوط منطقة الطباعة السابقة قبل أن يقوم شعاع الليزر بطباعة الطبقة التالية والتى ترتبط بالطبقة السابقة والتالية ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم الانتهاء من طباعة الشكل المحدد ككل، ثم تنظيف الشكل المطبوع من المسحوق العالق به وغسله بالماء لتنظيفه تماما ثم تجفيفه.ان غرفة البناء فى هذه النوعية من الطابعات معزولة بصورة جيدة للحفاظ على درجة الحرارة أثناء عملية الطباعة وذلك لاحتاج هذه المساحيق لدرجة حرارة عالية للتلبد وانصهار مادة المسحوق وتتميز هذه الطريقة بان مسحوق المواد المستخدمة فى الطباعة يعتبر بمثابة هيكل داعم للقطعة المطبوعة، كما أن المسحوق الفائض يمكن اعادة استخدامه مرة أخرى للطباعة [39].



شكل توضيحى لفكرة عمل طابعات الليزر

1- طابعات الترسيب الصفائحى الانتقائى SDL_ Selective Deposition Lomination :

تعد شركة Mcor هى رائدة هذه النوعية من الطباعة والتى تعتمد على بناء الشكل المطبوع باستخدام ورق استنساخى قياسى يصنع من المعدن أو الورق أوالبلاستيك ويتم قطع طبقات الورق باستخدام شفرات دقيقة وحادة مصنوعة من كربيد التنغستين Tungsten Carbide Blades وتثبيت كل طبقة مع الطبقة التى تليها باستخدام لاصق ويتم ضغطهما معا باستخدام الموجات فوق الصوتية حيث ترتفع قاعدة البناء الى أعلى كلما تم اضافة ورق جديد مع اللاصق ويتم ضغط طبقات الورق باستخدام مصدر حرارى من السطح العلوى الساخن الذى يعلو طبقات الورق، وتتميز منتجات هذه النوعية من الطابعات ثلاثية الأبعاد بتنوع الالوان والخامات المستخدمة كما تحد من النفايات، وتزيد من توافر المنتج [40].



فكرة عمل طابعات الترسيب الصفائحى الانتقائى

من قبل شركة Mcor

وجدير بالاشارة أنه توجد مكاتب توفر خدمة الطباعة الثلاثية الأبعاد مثل Shape ways ، Ponoko وSculpteo حيث يقوم المستهلك بتحميل الملف الرقمي على مواقع الويب الخاصة بهم.كما يمكن بيع التصميمات ثلاثية الأبعاد الخاصة بالافراد العاديين على مواقعهم على الانترنت كما تقدم بعض الشركات خدماتها لرجال الأعمال فى مجال الهندسة المعمارية ببناء نماذج مطبوعة بناء على مقياس محدد لاستخدامها في العروض التقديمية للعملاء[17].

أهمية الطباعة ثلاثية الأبعاد :

تحد الطباعة ثلاثية الأبعاد من احتكار الشركات للمنتجات، بسبب أن تقنيات التصنيع مفتوحة المصدر متاحة على شبكة الانترنت، كما يوجد ألاف من الأشخاص حول العالم يعملون على تطويرها من حيث البرامج والأجزاء الميكانيكية وحتى الخامات المستخدمة للوصول إلى أعلى جودة وأقل تكلفة [24] .

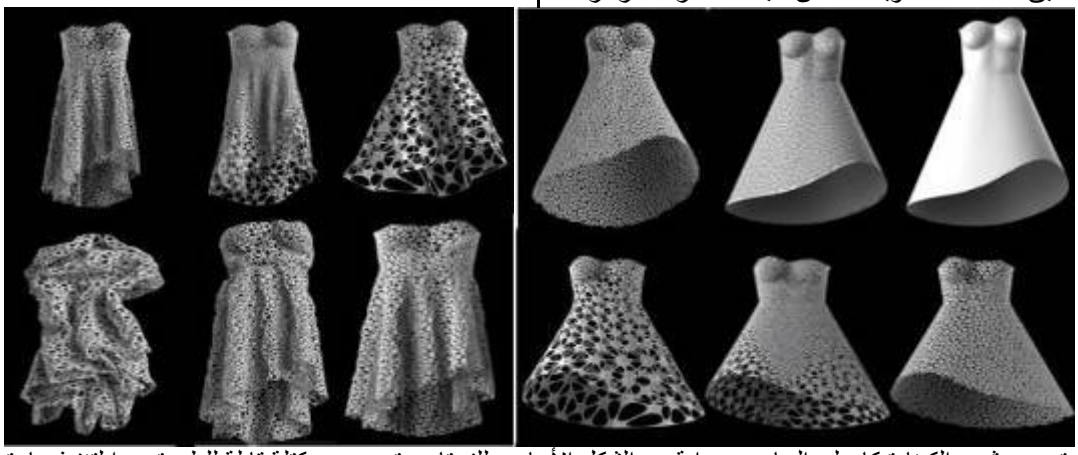
يمكن تشكيل أي خامة توجد في هيئة مسحوق بطريقة الطباعة الثلاثية الأبعاد حيث يمكن نفثها من خلال رؤوس طباعية متنوعة، كما يمكن التحكم فى تركيب الخامة وكذا أماكن سقوط القطرات بدقة متناهية وكذا التحكم في التركيب الجزيئي الداخلي للمنتج، قبل اجراء عملية المعالجة الحرارية والتخلص من المسحوق والمواد الرابطة الفائضة عن الاستخدام [41].

· مستقبل الطباعة ثلاثية الأبعاد :

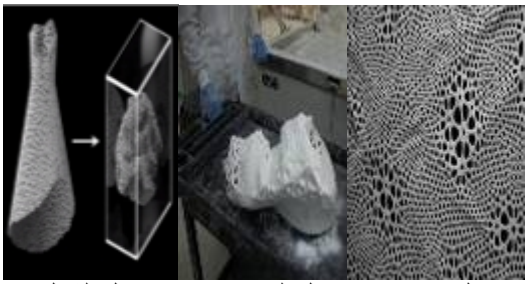
ان من يمتلك طابعة ثلاثية الأبعاد أضحى بامكانه استنساخ السلع المختلفة والتصاميم المتنوعة، حيث يقوم بتحميل ملف تصميمى لنموذج ثلاثى الأبعاد من خلال شبكة المعلومات الدولية ويقوم بارساله الى برنامج الطابعة ليحدد لها كيفية تطبيق الخامة المستخدمة على هيئة طبقات متتالية، لتشكيل المنتج والحصول على نسخة طبق الأصل منه، وبخاصة أن شبكة الانترنت تزخر بالعديد من الملفات لمنتجات حصرية فى الأسوق ويتوقع القائمون على هذه الصناعة أن يتم استخدام هذه الطابعة فى مجال العمارة واستخدامها على نطاق أوسع فى مجال الزجاج والمعادن بل وحتى فى طباعة الوجبات الغذائية طبقا لطلابات العميل دون تدخل بشرى [26]، [27].

· الطباعة رباعية الابعاد :

من خلال دراسة كينماتيكا حركات الجسم أمكن انشاء تصميم يندرج ضمن الطباعة رباعية الأبعاد والتي يتم تصميمها من مسح لحركات الجسم التى تؤدى الى حركة القماش أو الملابس وتتكون من بنية مزخرفة بشكل معقد من حوالى2279 لوحة ثلاثية مترابطة وحوالى 3316 من المفصلات. باستخدام عمليات تصنيع لتوليد أشكال معقدة، وتم تشكيل وطبع فستان واحد مطوى كقطعة واحدة بمصنع بنيويورك. ويطلق عليه "ثوب الكينماتيكا والذى يمثل نهجا جديدا للتصنيع من خلال دمج التصميم والمحاكاة والتصنيع الرقمي لانتاج ملابس ذكية مخصصة قابلة للطي تلائم حركة الجسم، ويضغط هيئة الرداء إلى أصغر تشكيل للحصول على طباعة هيكل أكبر من الحجم الذى تستطيع الآلة تنفيذه أو طباعته والتى توضح خطوات تنفيذه الصور التالية :



خطوات تصميم ثوب الكينماتيكا على الحاسوب بداية من الشكل الأساسى للفستان حتى يصبح كتلة قابلة للطى تمهيدا لتنفيذه باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد



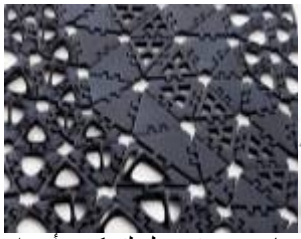
تفصيل من الزخارف المعقدة لقماش ثوب الكينماتيكا

هيكل الفستان المطبوع قبل ازالة الفائض والغسيل

تحويل الشكل الرقمى الى أصغر شكل ممكن تمهيدا لطباعته[45]

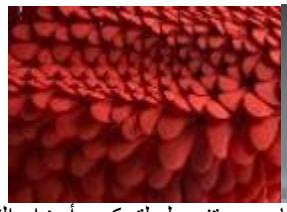
ثوب الكينماتيكا المطبوع وتظهر حركات القماش مع الحركات المختلفة لعارضة الازياء اثناء ارتدائه

ثوب الكينماتيكا المطبوع رباعى الأبعاد 2015 [46]، [46]



تفصيل لتركيب أجزاء الثوب السابق

تفصيل من ثوب الكينماتيكا رباعى الابعاد المطبوع والملون 2016 [35]



تفصيل لتركيب أجزاء الثوب السابق

ملابس السيدات المطبوعة ثلاثية الابعاد :

وفيما يلى نستعرض مجموعة من ملابس السيدات المطبوعة ثلاثية الابعاد والتى تم عرضها فى باريس فى Haute Couture

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Week وتطورها بين عامى 2010 : 2016.

هياكل لتدفق الماء أثناء القفز، طباعة ثلاثية الابعاد للمهندس المعماري الانجليزى دانيال فيردنج Widrig والتى طبعت من قبل شركة Materialise MGX. وعرضت فى أسبوع الموضة_أمستردام _ يوليو 2010.

IRIS HERPEN – Capriole تنفيذ سانت كزافييه أوكتافيوس سبتمبر 2011

فستان "Cathedral Dress" استغرق 3 أشهر للتنفيذ وهو من تصميم الهولنديه إيريس فان Iris Herpen * بالتعاون مع Isaie وشركة Materialise.MGX عرض فى شتاء_2012 فى أسبوع باريسHaute Couture ويبدو كمنحوتة حشبية تشبه منحوتات الكاتدرائيات الفلمنكية، طباعة ثلاثية الابعاد باستخدام عملية SLS لمادة البولي أميد، الى جانب حمام النحاس الكهربائي، لطلاء الثوب بطبقة رقيقة من المعدن الذي لأعطاء الثوب الهيئة البرونزية.

Iris Van Herpen من أعمال_The Fierce Fashion _شتاء _ 2012 [32]

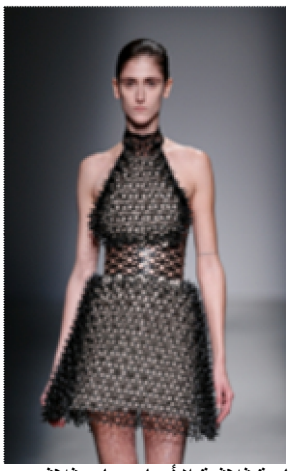
فستان من انتاج Dita Von Teese وتصميم مايكل شميدت والمهندس فرانسيس Bitonti استغرق تصنيعه 3أشهريتميزبصورة هيكلية ونسجيه تشبه شبكة صيد السمك، يتألف من 17جزء مركب لاعطاء القدرة على الحركة،يزن أكثر من 10 كيلو جرام ومرصع ب13000 كريستال من شواروفسكي _عرض فى فندق ايس بنيويورك خلال سوق Shape ways- ربيع_2013 [18]

Iris Herpen، Lawrence الدمج بين علم الأحياء والطباعة ثلاثية الأبعاد_لانتاج ملابس من أقمشة ذات لمعان وانسدالية عالية _من المزيج بين الحريرو السيليكون باللون الرمادى والفضى، ونسيج شبكى شفاف رقيق لامع شتاء 2014[19]

تفصيل من ملامس الفستان السابق

Iris Van Herpen طباعة ثلاثية الابعاد مستوحاه من الكائنات البحرية مجموعة خريف وشتاء 2015

Julia Corner _ Iris Van Herpen فستان شبه شفاف طباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام مادة TPU البولي يوريثين الحراري لتصميم يشبه الدانتيل مع دقة تلبيد الليزر والذى يعطى مرونة وليونة معقدة _2013[14]



Iris Van Herpen_طباعة ثلاثية الأبعاد بمادة ثلاثي أسيتات السليولوز والتى تعد الأصعب لتشكيل الملابس، وتعطى احساس الأقمشة الناعمة _ 2015

تفصيل من القماش السابق المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ

Susie ،Iris Van Herpen Lau , Virginia Arthur الطباعة ثلاثية الابعاد قماش مطبوع من الفولاذ المقاوم للصدأ_ ربيع 2015

تفصيل من الفستان السابق يوضح دمج بلورات الكريستال فى القماش المطبوع ثلاثى الابعاد

Iris Van Herpen دمج بلورات الكريستال فى أقمشة ملابس السيدات ثلاثية الأبعاد_ ربيع_2016

Iris Van Herpen طباعة ثلاثية الأبعاد لأجزاء هلامية من السليكون خريف_2016

Iris Van Herpen طباعة ثلاثية الأبعاد _ لأجزاء هلامية من السليكون خريف_2016

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Iris Van Herpen _ طباعة ثلاثية الابعاد
ملابس جاهزة للارتداء _ربيع_ 2016

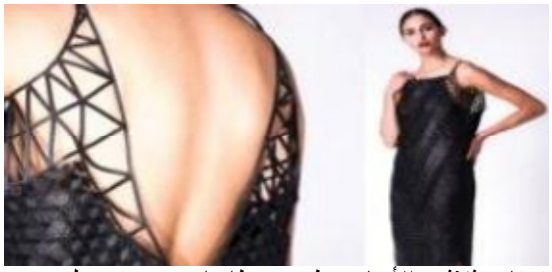
مصمم الأزياء نوا رفيف Noa_Raviv وشركة **Stratasys**، الدمج بين أنماط الشبكية المتحركة والطباعة ثلاثية الأبعاد في تصميمات الملابس الرقمية المطبوعة _ أسبوع الموضة باريس 2015

Noa_Raviv نسيج معقد من الملابس _ استخدام طريقة تلبد الليزر الانتقائي لانتاجها _ ويهدف الهيكل الشكلى الشبكى إلى ايجاد طبقات متعددة من الخطوط النسجية الرقيقة التي تحرك الجسم بطريقتة العضوية ومن خلال كينماتيكا الجسم المعتادة أسبوع الموضة باريس 2015 [20]

أزياء مبتكرة باستخدام تقنيةالطباعة ثلاثية الابعاد :

ان تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد تسير بخطى واسعة في عالم الموضة الأمر الذى يعطى فرصة لمصممى الأزياء للأبتكار وكسر القيود التصميمية.فعلى سبيل المثال قامت Danit Peleg بطباعة 5 أزياء من مجموعتها مستبعدة الخامات والمواد الصلبة والقابلة للكسر والغير مرنة وهي الخاصية الأساسية للقماش، مستخدمة خيوط Fila Flex القوية والمرنة والخفيفة فى ذات الوقت وقد طبعت لها شركة "ليبرتي" سترة صممت باستخدام برنامج Optitex وقامت بتصميم القطع الأخرى من مجموعتها، والتى استوحتها من الأشكال الهيكلية Mesostructured لانتاج أشكال متعددة من المنسوجات المطبوعة تشبه الدانتيل حيث أنتجت أربع قطع استغرقت كل قطعة حوالي 400 ساعة لانتاجها بداية من الفكرة التصميمية إلى النتيجة النهائية [20]،والتى توضحها الصور التالية :

نماذج مختلفة من الاقمشة المطبوعة ثلاثية الأبعاد والمنفذة بخيوط Fila Flex والتى تميز بالمطاطية والقوة والمرونة



فستان ثلاثى الأبعاد مطبوع بطابعات الانصهارمن Danit Peleg تفصيل من الفستان السابق

مجموعة Danit Peleg من الفساتين المطبوعة ثلاثية الأبعاد 2015 [15]

وقد بدأت دور الازياء العالمية بحلول عام 2016 فى استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد فى تنفيذ بعض تصميماتها مع اضافة بعض الاضافات لها مثل دار أزياء كوكو شانيل [12] والتى توضحها الصورة التالية :

سترة مطبوعة ثلاثية الابعاد مرصعة باللؤلؤ ومزخرفة بشرائط الستان من تصميم دار أزياء كوكو شانيل شتاء 2016

نتائج البحث Results of Research:

1-ان التطوير التكنولوجى فى مجال البرمجيات والألات له أثر كبير على مجال طباعة المنسوجات

2-امكانية الحصول على منتج طباعى مطابق للمواصفات القياسية.

3-فتح أفاق جديدة لمشروعات صغيرة صديقة للبيئة وتحتاج الى رأس مال صغير.

4-اضافة قيم جمالية وتعبيرية وتصميمية جديدة لاقمشة وهيئة أقمشة السيدات المطبوعة لاثراء التصميم الطباعي الرقمى.

5-استخدام الخامات المستدامة فى صناعة المنسوجات المطبوعة ثلاثية الأبعاد ذو تكلفة أقل وأسرع وأكبر فى الانتاج.

6- يمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد فى انتاج ملابس السيدات المطبوعة مباشرة دون القيام بالعمليات المعتادة من غزل ونسج وحياكة وصباغة وتجهيز.....الخ.

توصيات البحث Recommendations:

1-أهمية تأهيل الطلاب متخصصى وممارسى التصميم الطباعى الرقمى علميا وعمليا على مهارات التصميم الطباعى ثلاثى ورباعى الأبعاد والتي يتطلبها سوق العمل.

2-الاهتمام بتأهيل الخريجين والتدريب المستمر لهم على استخدام تقنيات الحاسوب.

3-أهمية استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد لاضافة قيم جمالية وتصميمية وتكنولوجية وبيئية متنوعة وأكثر دقة

4- ضرورة الاستفادة من الطباعة ثلاثية ورباعية الأبعاد فى تنفيذ منسوجات طباعية مبتكرة.

5-التدريب على الطرق والأساليب الحديثة فى تنفيذ المنسوجات المطبوعة لتحقيق العالمية فى التصميم.

5- التواصل مع المصانع لتحديد المشاكل البيئية التى تواجهها والعمل على حلها من خلال ربط الدراسة النظرية بالواقع العملى.

6- تبادل المعلومات والأراء لوضع حلول لخدمة البيئة وتطوير مجال طباعة المنسوجات.

المراجع :

المراجع العربية :

1- "الطباعة ثلاثية الابعاد 3D Printing " ترجمة واعداد على عبد الحكيم البلاولى, 2015

2- حسان رشيد عبد العزيز. "الطباعة ثلاثية الأبعاد (العبور السريع للمنتج)". كلية المعلمين بمحافظة جدة.

المراجع الأجنبية :

3- Billiet T, Vandenhaute M, Schelfhout J, Vlierberghe V, Dubruel P.A review of trends and limitations in hydrogel-rapid prototyping for tissue engineering Biomaerials 2012, 33(26)

4- Azari A, Nikzad S.The evolution of rapid prototyping in dentistry: a review. Rapid Prototyping J 2009,P.216

مواقع شبكة المعلومات الدولية :

5- www.designboom.com

6- https://youtu.be/Qmuf_6h7Kl86-6-

7- http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling

8- http://worldtextile.aimoo.com

9- http://news.harvard.edu/gazette/story/2016/01/4d-printed-structure-changes-shape-when-placed-in-water/

10- http://www.nytimes.com/2010/09/14/technology/14print.html?hpw&_r=0

11- http://www.makerbot.com/desktop11_

12- http://en.vogue.fr/fashion-shows/defile/automne-hiver-2016-2017-paris-chanel/16698

13- http://www.intechopen.com/books/advances-in-biomaterials-science-and-biomedical-applications/the-integrations-of-biomaterials-and-rapid-prototyping-techniques-for-intelligent

14- http://inhabitat.com/conceptual-artists-and-designers-push-boundaries-of-design-at-londons-first-3d-print-show/3d-print-show-daniel-widrig-kinesis/

15- https://www.youtube.com/watch?v=3s94mlhCyt4

16- https://www.youtube.com/watch?v=MeRH_Lm8_1g

17- http://www.shapeways.com/blog/archives/17035-3d-printing-connects-developers-and-fashion-designers.html

18- http://capsuleshow.com/wearethemarket/3d-printing-the-future-of-fashion

19- http://shocklee.com/2013/01/iris-van-herpens-paris-fashion-show-brings-3d-printed-couture-to-the-runway/

20- https://all3dp.com/3d-printed-fashion-danit-peleg-printed-her-collection-at-home/

21- https://3dprint.com/12682/3d-printing-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

fashion/
22- http://worldtextile.aimoo.com/
23- 3D Printed Fashion 23_
24- Business Week: Printing in 3D Gets Practical
25- Something Completely Different - 3D Printing
26- Times Online article - Microtrends: 3D Printing
27- Technical Articles on 3D printing
28- 3D printer reshapes world of copying
29- 3D Printing for the Masses
30- Close-Up On Technology - 3D Printers Lead Growth of Rapid Prototyping - 08/04 ." Ptonline.com .
31- "Close-Up On Technology - 3D Printers Lead Growth of Rapid Prototyping - 08/04". Ptonline.com.
32- http://ar3dprinter.com/3dprinting/
33- http://www.nytimes.com/2010/09/14/technology/14print.html?hpw
34- http://delabuzz.com/3d-printers-meet-the-fashion-industry/10074
35- https://www.seas.harvard.edu/news/2016/01/novel-4d-printing-method-blossoms-from-botanical-inspiration
36- http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling
37- http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialjetting/
38- http://www.me.vt.edu/dreams/laser-sintering/
39- http://velocirepraptor.com/les-differentes-procedes-dimpression-3d-fabrication-additive/